

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
MINERA Y METALURGIA



MEJORA Y AMPLIACIÓN DE LA GEOMECÁNICA EN LA MINA PORACOTA

INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO GEÓLOGO

PRESENTADO POR:
JHON FELIPE QUIJANO CHAVEZ

LIMA – PERÚ

2011

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este trabajo a Dios que me ha dado la vida y fortaleza para culminar este proceso de formación profesional.

A mis Padres por estar ahí cuando más los necesité; en especial a mi esposa por su ayuda y constante cooperación; a mi hijo por ser mi fuerza diaria y a todos y cada uno de mis maestros, quienes con esmero y paciencia supieron impartir sus enseñanzas durante este proceso de formación.

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi especial agradecimiento:

A la Compañía de Minas Buenaventura SAA, en la persona del Ing. Alberto Benavides de la Quintana, por permitir mi formación profesional.

A las distintas Universidades del País, por ser esta de mucha vitalidad para culminar nuestra formación universitaria.

Asimismo deseo extender mi agradecimiento a todo el personal que labora en Mina Poracota, en especial a los Ingenieros Marco Oyanguren y Javier Rendon, por su invaluable apoyo en el aprendizaje de muchos aspectos geológicos y mineros, además de su amistad brindada durante el desarrollo de la misma.

INDICE

PORTADA	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
CAPITULO 1:	
GENERALIDADES	08
1.1 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO	08
1.2 UBICACIÓN Y ACCESO	08
1.3 FISIOGRAFIA	09
1.4 CLIMA Y RECURSOS	10
CAPITULO 2:	
MARCO GEOLÓGICO – MINERO	11
2.1 GEOLOGIA REGIONAL	11
2.1.1 LITO-ESTRATIGRAFIA REGIONAL	11
2.1.2 Geología estructural	13
2.2 GEOLOGÍA DISTRITAL Y LOCAL	21
2.3. GEOLOGÍA ECONÓMICA	25
2.3.1 Alteraciones hidrotermales	26
2.4 MÉTODO DE EXPLOTACIÓN	30
CAPITULO 3:	
MEJORA E IMPLEMENTACIÓN DE LA GEOMECÁNICA EN LA MINA PORACOTA	
3.1 ANTECEDENTES	33
3.3 GRUPO DE TRABAJO DE GEOMECÁNICA	33
3.4 CONCEPTOS TEORICOS	34
3.4.1 CARACTERISTICAS DE LA ROCA	34
3.4.2 DISCONTINUIDADES DE LA MASA ROCOSA	35
3.4.3 PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES	37
3.5 TABLAS GEOMECANICAS	55
3.5.1 CARTILLA GEOMECANICA ACTUAL	58
3.5.2 CARTILLA GEOTÉCNICA PROPUESTA	62

CAPITULO 4:

TIPOS DE SOPORTES USADOS EN PARACOTA	68
4.1 SOSTENIMIENTO	68
4.1.1 DEFINICIÓN	68
4.1.2 OBJETIVOS	68
4.1.3 IMPORTANCIA	68
4.2 TIPOS DE SOSTENIMIENTO	68
4.2.1 SOSTENIMIENTO EXTERNO - SOPORTE EXTERNO	68
4.2.2 SOSTENIMIENTO INTERNO - SOPORTE INTERNO – DE ROCA	69
4.2.3 SISTEMA DE SOSTENIMIENTO	69
4.2.4 ESFUERZOS EN LOS SISTEMAS DE SOPORTE	69
4.2.5 DE REFUERZO Ó ACTIVOS:	69
4.3 CONTROL DE CALIDAD DE INSTALACIÓN DE LOS PERNOS	86
4.4 DE SOPORTE Ó PASIVOS	87
4.4.1 MALLA ELECTROSOLDADA	88
4.4.2 MALLA ELECTROSOLDADA EN ROLLO	88
4.4.3 CONCRETO LANZADO (SHOTCRETE)	90
4.4.4 CIMBRAS METÁLICAS	90
4.4.5 JACKPACK CON WOOD PACK	100
4.4.6 GATAS MECÁNICAS	105

CAPITULO 5:

MEJORA E IMPLEMENTACIÓN DE SOSTENIMIENTO ACTIVO Y PASIVO	108
5.1 INTRODUCCION	108
5.2 EN EL SOSTENIMIENTO ACTIVO:	108
5.2.1 IMPLEMENTAR EL ELEMENTO DE SOSTENIMIENTO ACTIVO HYDRABOLT	108
5.2.2 RESULTADOS DE PRUEBAS DE ARRANQUE EN PERNOS HELICOIDALES	117
5.3 EN EL SOSTENIMIENTO PASIVO:	125
5.3.1 ANALISIS CRÍTICO Y VIAS DE OPTIMIZACIÓN DE APLICACIÓN DEL CONCRETO LANZADO	125

5.3.2	IMPLEMENTACION DE UN NUEVO DISEÑO DE DISTRIBUCION DE ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (SPLIT SET E HYDRABOLT) EN MALLA ELECTROSOLDADA, APLICANDO EL METODO DE ANALISIS MECÁNICO ESTRUCTURAL	144
5.3.3	COMPARACION DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO EN U.E.A. PORACOTA	157
5.3.4	COMPARACION DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO EN TAJOS CON PAQUETE DOBLE DE MADERA (Pilar) VS EL SOSTENIMIENTO CON PAQUETE SIMPLE MAS EL ELEMENTO PRE-TENSIONADO (JACK PACK)	172
5.3.5	IMPLEMENTACION DEL SISTEMA COMBINADO DE SOSTENIMIENTO	176
5.3.6	IMPLEMENTACIÓN DEL LOS MINI SPLIT SET de 1'	177
5.3.7	MEDICION DE CONVERGENCIA LATERAL DE LAS CIMBRAS INSTALADAS EN ZONAS CON ALTERACION ARGILICA	188
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES	193
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	195

RESUMEN

La mineralización de Poracota tienen una edad de 13.6 Ma y está relacionada a capas silicificadas alojadas en litologías permeables de origen Volcánica, alimentadas por fallas y fracturas orientadas de N 50° a 75° E, generando cuerpos de mena irregulares en la intersección de los conductos y las capas. La alteración hidrotermal que está íntimamente ligada a la mineralización aurífera exhibe texturas sacaroideas o cavernosas sobre impuestas por varias generaciones de alunita seguida por sílice con pirita y enargita con importantes concentraciones auríferas. Estudios microscópicos registran la presencia de rutilo, anatasa, zircón y trazas de alunita; a veces con restos irregulares de material orgánico carbonizado cuya presencia está íntimamente asociada a la secuencia volcano-sedimentaria que aloja al Manto Águila.

Las alteraciones hidrotermales que afectaron las litológicas del edificio volcánico, presentan afinidad con los sistemas de alta sulfuración. En orden secuencial del núcleo hacia las cajas, mencionamos los siguientes tipos: Silicificación, argilización avanzada, argílica y propilítica.

En Mina Poracota se utiliza el Método de Explotación Corte y Relleno Ascendente con Perforación en Breasting, el cual tiene las siguientes características:

1. Se adapta a las condiciones geomecánicas del yacimiento.
2. En los Tajeos se emplea la perforación horizontal (Breasting), con sostenimiento de Wood packs simples mas Jack pack, mallas electrosoldadas en rollos + split sets de 7 pies.
3. En los tajeos se emplea el enmaderado de dos compartimientos (tolva y camino).
4. La extracción de mineral en los tajeos se realiza con Scoops eléctricos.
5. El transporte de mineral de interior mina hasta la superficie se realiza con carros mineros gramby de 80 pies³; y con 2 tipos de locomotoras (de 6 y 10 TM).
6. El transporte de mineral desde la cancha (Poracota) hasta la planta de procesos (Orcopampa) se realiza con volquetes de 28 TM.

INTRODUCCION

Dependiendo de sus características y condiciones, del macizo rocoso puede variar de una mina a otra, como también de área en área dentro de una misma mina.

Con el paso del tiempo crecen las labores mineras y el minado se realiza a mayores profundidades, desarrollándose así diferentes problemas de inestabilidad en la roca.

A fin de mantener una adecuada estrategia de control de la estabilidad de la roca en las labores mineras, el personal de una mina debe estar familiarizado con las características y condiciones del macizo rocoso el cual en Mina Poracota está muy relacionado con las Alteraciones Hidrotermales como la Silicificación y Argilitización.

Cuando el personal de la mina sea capaz de conocer la roca y los procesos Geológicos que modifican las condiciones del macizo rocoso, va a estar en capacidad de identificar los peligros potenciales que podrían causar accidentes.

Conocer la roca permitirá tomar decisiones correctas en las labores mineras, se podrá establecer la dirección en la cual se deben avanzar las excavaciones, el tamaño de las mismas, el tiempo de exposición abierta de la excavación, el tipo de sostenimiento a utilizar, etc.

CAPITULO 1: GENERALIDADES

1.1. Objetivos y Alcances del Estudio

El objetivo del Informe de Experiencia Profesional es la de obtener el Título profesional de Ingeniero Geólogo, mediante el desarrollo y aplicación de los conocimientos de la Geomecánica en la Mina Poracota.

La aplicación del **RMR** (Rock Mass Rating) o Valoración de la Masa Rocosa dada por Bieniawski en 1989 y el Método de Análisis Mecánico Estructural nos permitió definir el tipo de roca, de sostenimiento y mejora a implementar.

1.2. Ubicación y Acceso

Políticamente la Mina Poracota, se ubica en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, región y departamento de Arequipa (Fig. 01) está situada sobre los 4,600 m.s.n.m. y ubicada a 32.5 Km. del distrito de Orcopampa, abarca una extensión aproximada de 20 Km², alrededor de las siguientes coordenadas.

Latitud: 15°14 S (UTM 8, 315,500 N)

Longitud: 72°32 W (UTM 764,000 E)

Accesibilidad

El acceso a la mina Poracota se puede realizar tanto por vía terrestre como aérea.

Por carretera se accede por dos vías:

- La primera ruta une Arequipa-Sibayo-Caylloma-Orcopampa-Poracota: 352 Km.

- La segunda ruta por la carretera Arequipa-Aplao-Viraco-Orcopampa, o por Arequipa-Aplao-Chuquibamba-Orcopampa-Poracota: 402 Km.
- Utilizando el aeropuerto de Orcopampa, se tiene servicio semanal de avionetas en la ruta Lima-Orcopampa-Arequipa-Lima.

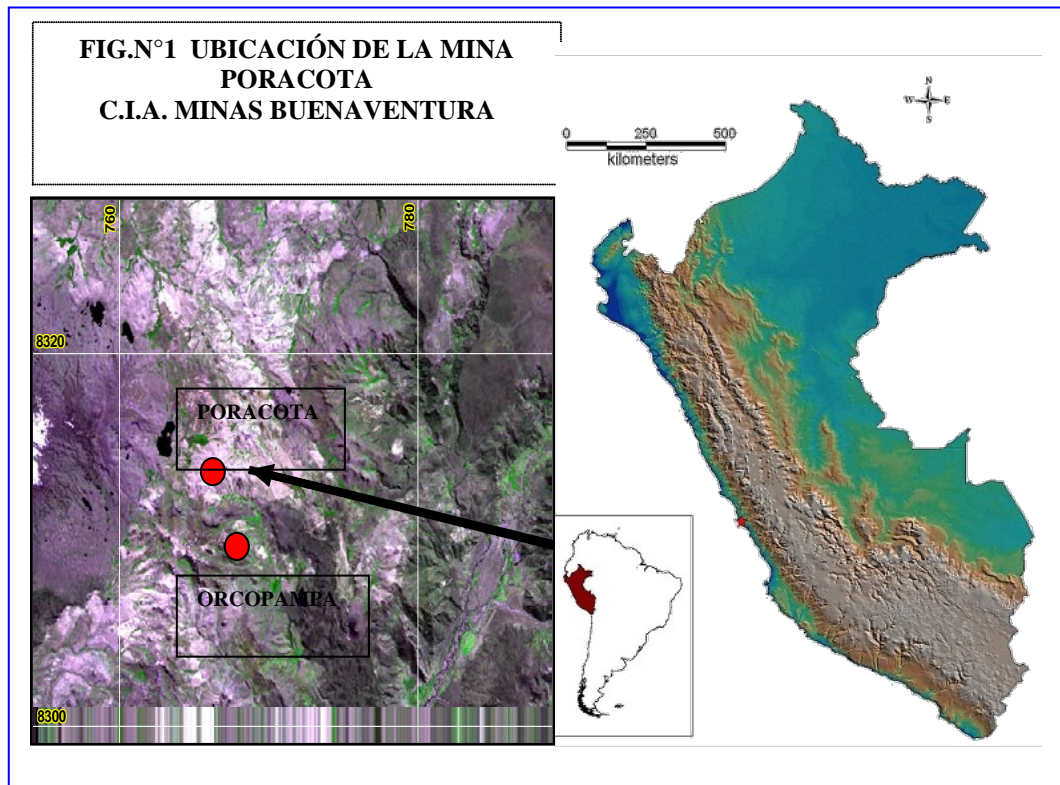


Fig. 01. Mapa de ubicación de la Mina Poracota

1.3. Fisiografía

La fisiográfica principal, presenta un alineamiento de cerros en dirección andina, que rodean la laguna Tintar cocha, constituyendo una divisoria de aguas entre las cuencas de los ríos Arma y Andahua. Destacando los cerros Faculla, Poracota, Huamanihuayta, Quellococha y Firura, los que tienen amplias laderas con pendientes suaves, disectadas por una red de drenajes, formando en conjunto bofedales. Hacia el flanco oriental, se observan laderas de menor extensión, con pendientes moderadas a fuertes, configurando

escarpas que denotan un estado juvenil y procesos tectónicos recientes. Al Noreste del proyecto, destacan las quebradas Ciuto y Huamanihuayta que confluyen en una extensa planicie denominada pampa Atojoachana.

1.4. Clima y Recursos

El clima es frígido y está supeditado a cambios estacionales propios de la región Puna. La estación seca está comprendida entre los meses de Abril a Diciembre y la lluviosa el resto del año. El clima y la altitud imperantes determinan una escasa biodiversidad. La escasa vegetación del lugar está restringida en los bofedales y quebradas, formando pequeñas áreas verdes con pastos naturales de ichu. La presencia de la laguna Tintar cocha (volumen aproximado 13'500,000 m³) en estado natural, favorece en gran medida a la fauna variada de la zona.

La hidrología del proyecto está representada por la laguna Tintar cocha y riachuelos que discurren por las quebradas Ciuto, Huamanihuayta, Pichihua, Poracota, Ashillo y Orjopuñuna; las que se incrementan de Diciembre a Abril, por las precipitaciones pluviales.

CAPITULO 2: MARCO GEOLÓGICO – MINERO

2.1 Geología Regional

2.1.1. Lito-Estratigrafía Regional

Definido por una secuencia plegada de facies sedimentarias de edad Mesozoica, y un manto compacto de facies volcánicas emplazadas desde el Terciario Medio al Cuaternario reciente. Que a su vez se encuentran instruidas por varias generaciones de stocks y diques sub. Volcánicos.

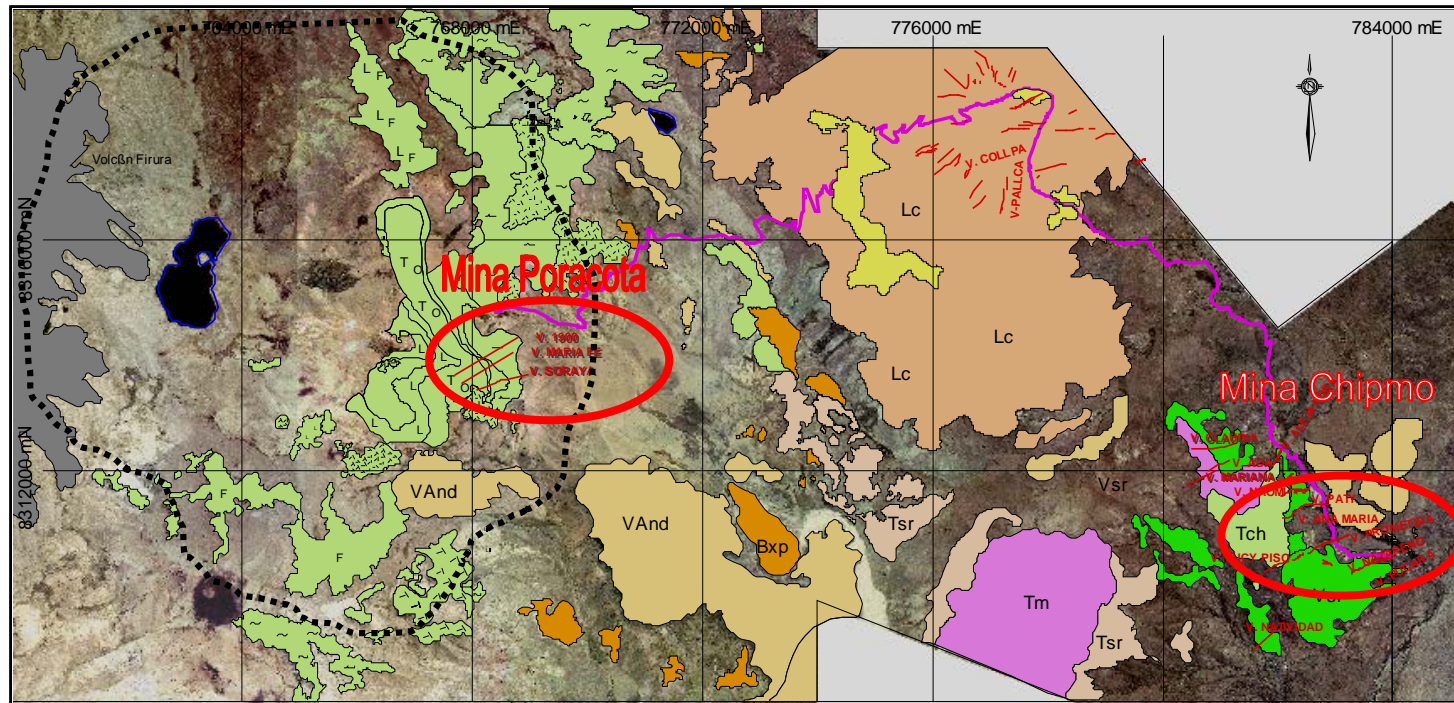
El basamento sedimentario en la región, consta de areniscas de tonalidad gris clara con tintes amarillentos y areniscas cuarzosas correspondientes a las Formaciones:

Labra y Hualhuani del Grupo Yura, sobreyacen a estas formaciones facies de areniscas de coloración rojiza de la Formación Murco y calizas brechosas, fosilíferas gris azuladas de la Formación Arcurquina.

En discordancia erosional a la facie sedimentaria descansa un edificio volcánico cuya base, está definido por grandes volúmenes de rocas fragmentales, tufos y lavas, por lo general de naturaleza dacítica a andesítica correspondientes al Grupo Tacaza.

Rellenando un paleo-relieve accidentado, en discordancia angular sobre el Grupo Tacaza, se encuentra una gruesa secuencia horizontal a sub.-horizontal de tufos, ignimbritas y facies volcano-sedimentarias asimilables a la Formación Alfabamba de 13.8 a 16.8 Ma. (Fig. 03) Tardía a esta secuencia, se inicia el vulcanismo Barroso con derrames lávicos de naturaleza andesítica que forman mesetas lávicas, sobre las cuales sobresalen aparatos volcánicos preservados como los volcanes Coropuna, Solimana y Firura.

Rellenando una Cubeta tectónica se encuentran grandes volúmenes de cenizas y flujos basálticos del Grupo Andahua con pequeños aparatos volcánicos groseramente alineados en dirección Noroeste.



8.0 Km

VAnd: Volcánicos Andahua

0.2 Ma

Vba: Volcánicos Barroso

Iqu-LF: Volcánicos Poracota

14.1 Ma

LC: Volcánicos Collpa

Vsr: Volcánicos Sarpane

Tm: Tufo Manto

Tsr: Tufo Santa Rosa

22.9 Ma

Jr- Y: Grupo Yura

Fig. 02 Vulcanismo desde el Mioceno inferior hasta el plioceno entre Orcopampa y Poracota.

2.1.2 Geología estructural

2.1.2.1 *Deformación Tectónica Local y Distrital*

2.1.2.1.1 Tectónica del Eoceno-Oligoceno

El régimen tectónico que afectó las secuencias sedimentarias podría ser el resultado de: 1) Fase Peruana descrita por Vicente (1979 y 1989), 2) Tectonismo del Eoceno inferior (Fase Inca I), 3) Tectonismo del Eoceno medio (Fase Inca II) o la sobreimposición de dos o de todos éstos pulsos de deformación.

Independiente a las fases tectónicas, las unidades sedimentarias de la región presentan dislocaciones tipo cabalgamientos además de plegamientos abiertos mejor expuestos en las cercanías de los poblados de Chapacocos, Andahua y Ayo. El aparente factor para que no se produjera una zona de mayor plegamiento en los sedimentos, podría ser la carga litostática que tuvo está área durante el proceso compresivo cuando el Batolito de la Costa completo su consolidación.

2.1.2.1.2 Tectónica del Mioceno Inferior

De la interpretación de imágenes ASTER y la cartografía a detalle del depósito Poracota y sus alrededores. Se ha configurado una estructura de deformación regional compuesta por fallas de rumbo N 50° a 60° W, que corren por más de 80 km mostrando una inflexión a la altura del poblado de Andahua, evidenciando movimientos de rumbo tipo sinestral. La expresión más importante de éste sistema estructural viene a ser la depresión Poracota-Andahua-Ayo (Fig. 3). Cubierta en la actualidad por flujos y cenizas del Grupo Andahua. Esta deformación tectónica y otras de carácter distensivo que provocaron fallas normales en el sector de Orcopampa, podrían corresponder a la Fase Tectónica Quechua I ~20 Ma citada por Mckee y Noble (1982), Megard et al. (1984) y Gibson et al. (1992).

Las fallas más representativas y mejor documentadas afloran largamente sobre la superficie de la Mina Orcopampa, las mismas que guardan relación directa con la ubicación de los cuerpos ricos en metales preciosos. Un claro ejemplo viene a ser la Veta/falla Calera cuyo afloramiento menor a 30 m

coincide con una zona de hundimiento cubierto por material coluvial. La estructura de relleno en su verdadera magnitud ha sido reconocida con labores mineras superando los 4.0 km de longitud con una inclinación entre 50° y 70° Noroeste evidenciando movimientos en dirección al buzamiento con un salto mayor a 400 m poniendo en contacto litologías de diferentes edades. Dentro de esta zona de falla se han desarrollado zonas de bonanzas con Ag y Au en un intervalo de 1.5 km (D. Noble y K. Swanson, 1989; P. Gibson, 1992). Otro juego de fallas del mismo sistema pero con buzamientos convergentes al grupo anterior, encontramos sobre el Cerro Chipmo, evidenciando movimientos tempranos con caída normal. Pero así como las otras controlan la ubicación de las vetas Nazareno y Prometida.

La geometría de los “ore shorts” tanto en las vetas de la Mina Calera como en la Mina Chipmo muestran cierta inclinación al Suroeste y Noreste, indicando que los deslizamientos entre los planos de falla, fueron con cierto plunge o existió una segunda reactivación, esta vez compresivo formando aperturas dextrales pre-metalización.

2.1.2.1.3 Tectónica del Mioceno Medio

Durante el Mioceno medio ~15 Ma, fase Tectónica Quechua II. Ocurre la reactivación de las fallas de régimen Andino dislocando las litologías del centro volcánico Poracota. Y como respuesta a los movimientos de corte sinistral, se abren un juego de fallas ordenadas de Este a Oeste. Este juego estructural nos es tan expresivo sobre las imágenes satelitales, pero muy evidentes en la superficie. Las fallas de mayor importancia a escala del depósito son las Fallas Vizcacha, Lourdes, Plumosa y Perseverancia. Estas fallas durante su formación han generado otro grupo de fracturas tipo echelón que coinciden con la ocurrencia de crestones, canales de brechas y estructuras tabulares silíceas. Entre ellas citamos las vetas Fátima, María Fé, 1900, 320, Soraya y Soraya 1; orientadas en un rango de N 55° a 75° E (Fig. 5). Pero, los afloramientos silíceos y argílico avanzados más notorios de este sistema Trans-andino se extienden discontinuamente a lo largo de los prospectos Wendy y Huamanihuayta por más de 1.0 km de longitud, ordenadas a manera de rectas paralelas en un ancho de 0.5 km.

Un cuarto sistema de menor expresión superficial aparentemente de actividad más reciente respecto a las anteriores, son los lineamientos en dirección Norte-Sur, que coinciden con la presencia de domos, derrames y diques domos. La estructura más saltante se ha reconocido en el proyecto Soras relacionado a domos y brechas del sistema “Don Victor”

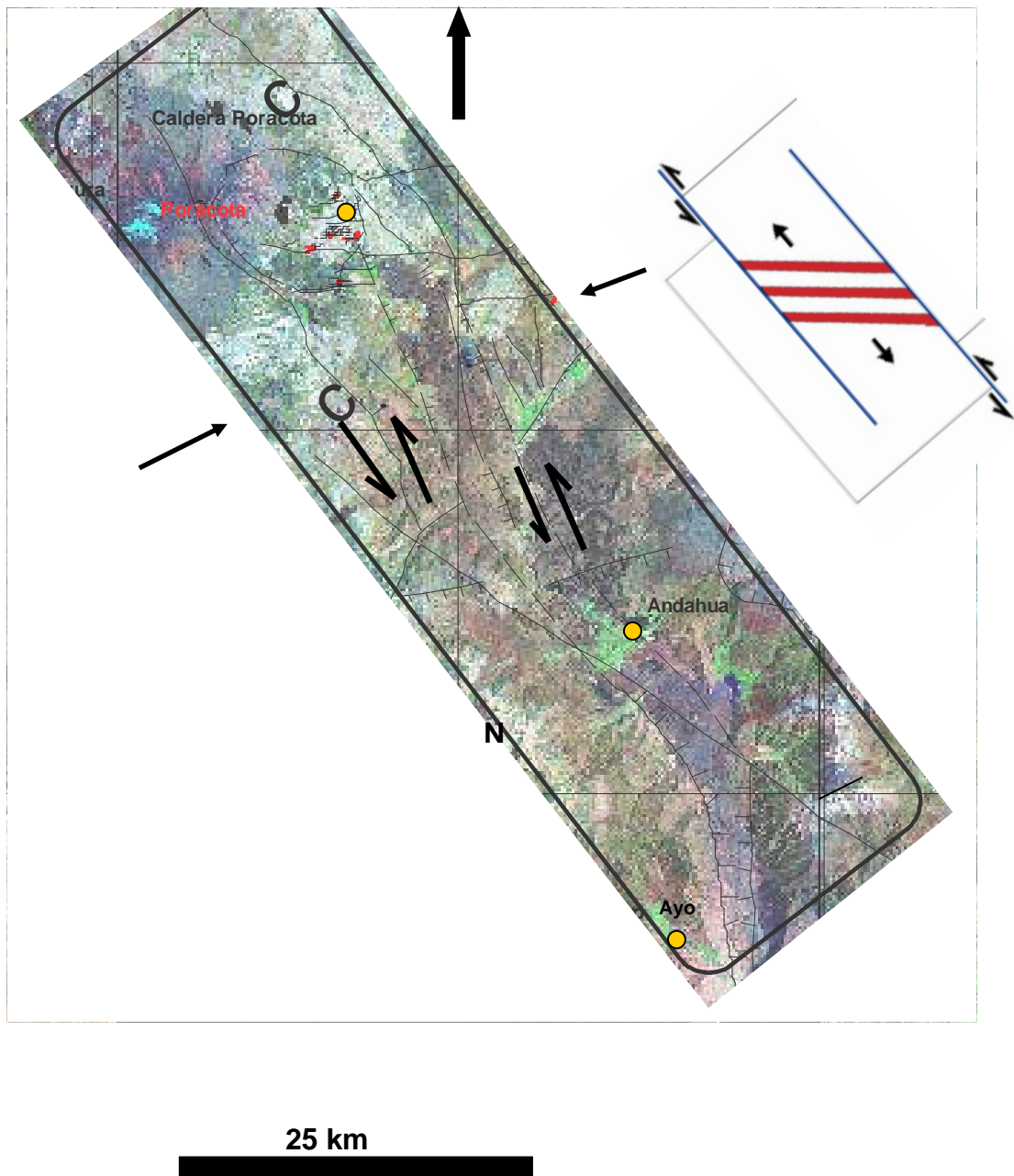


Fig. 3. Régimen estructural distrital a lo largo de la franja Poracota-Ayo

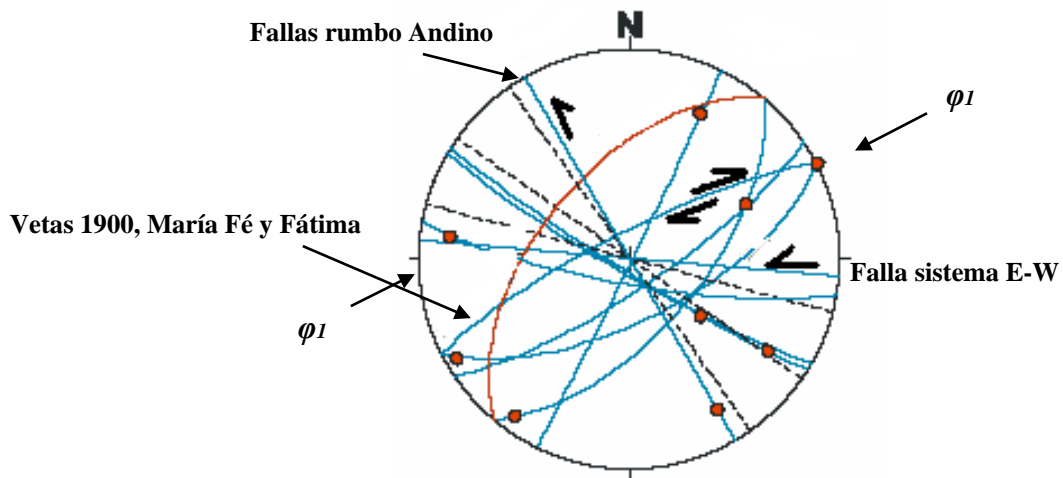
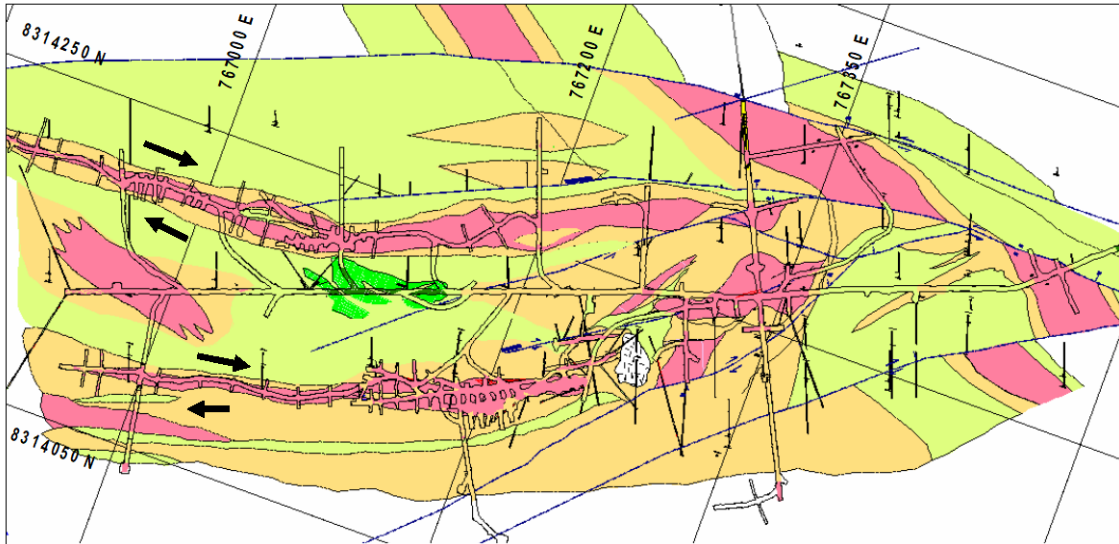


Fig. 4 .a) Plano geológico, vetas María Fé y 1900, Nivel 4720. La geometría de los clavos mineralizados evidencian aperturas de rumbo en sentido dextral, previos a la fase hidrotermal. b) Diagrama estereográfico de las principales fallas y vetas del depósito, mostrando fallas transcurrentes con un punto de compresión inicial $\phi_1 \sim 70^\circ$.

2.1.2.1.4 Tectónica del Pleistoceno

Otro grupo de fallas con movimientos gravitacionales orientadas al N 70° E han sido descritas por Huamán et al, (1993) y Mering et al, (1996) ellas se encuentran cortando las terrazas lávicas del Holoceno, Volcán Puca Mauras así como otras escarpas sobre lavas Pleistocénicas. A este evento extensional Norte-Sur, atribuimos la reactivación de las fallas Este-Oeste y la generación de otras. Las segmentan con movimientos gravitacionales las litologías y cuerpos mineralizados en Poracota (Figs. 5 y 6).

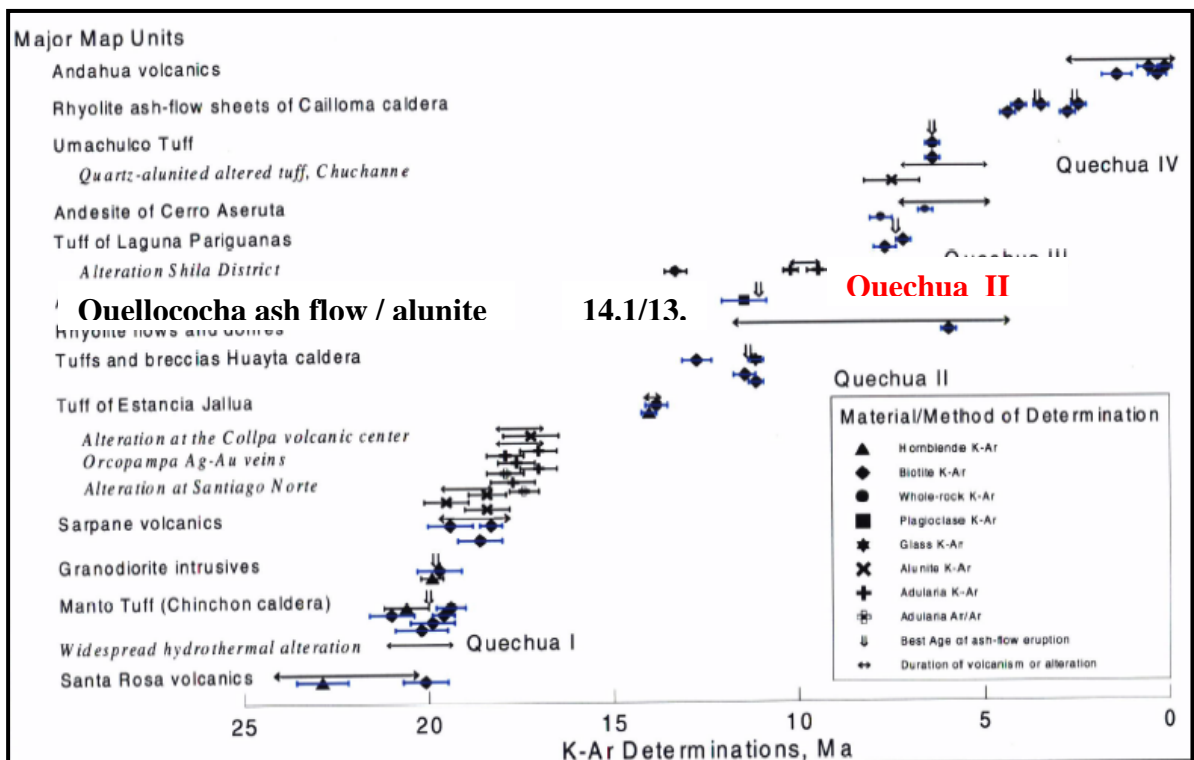
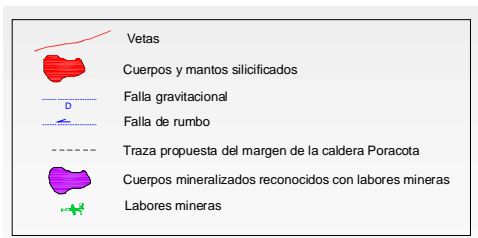
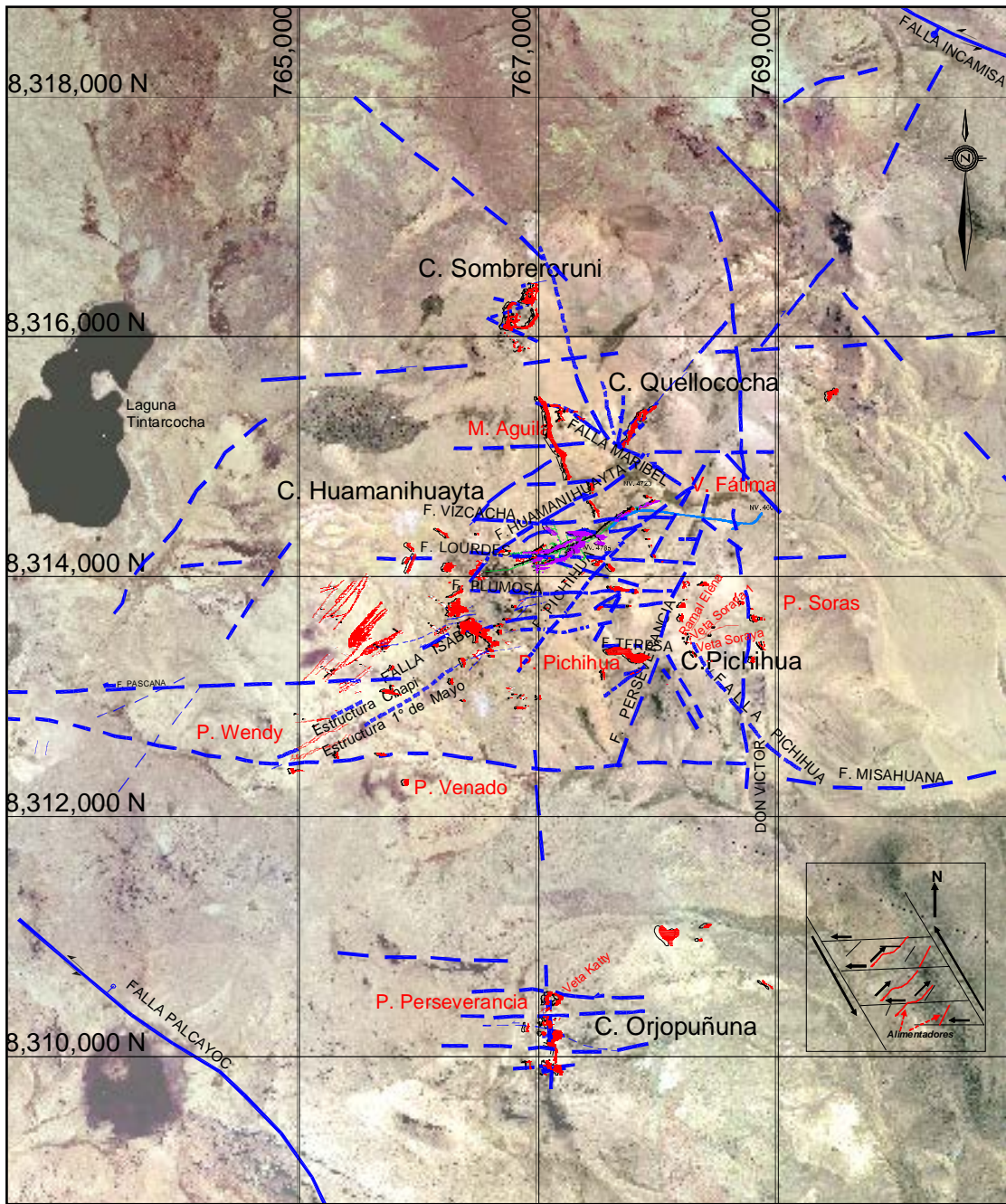


Fig. 5. Relación entre las edades radiométricas de las rocas hospedantes y las mineralogías de alteración coetáneas con la mineralización K. Swanson (1998).

Modificado por M. Miranda (2007).

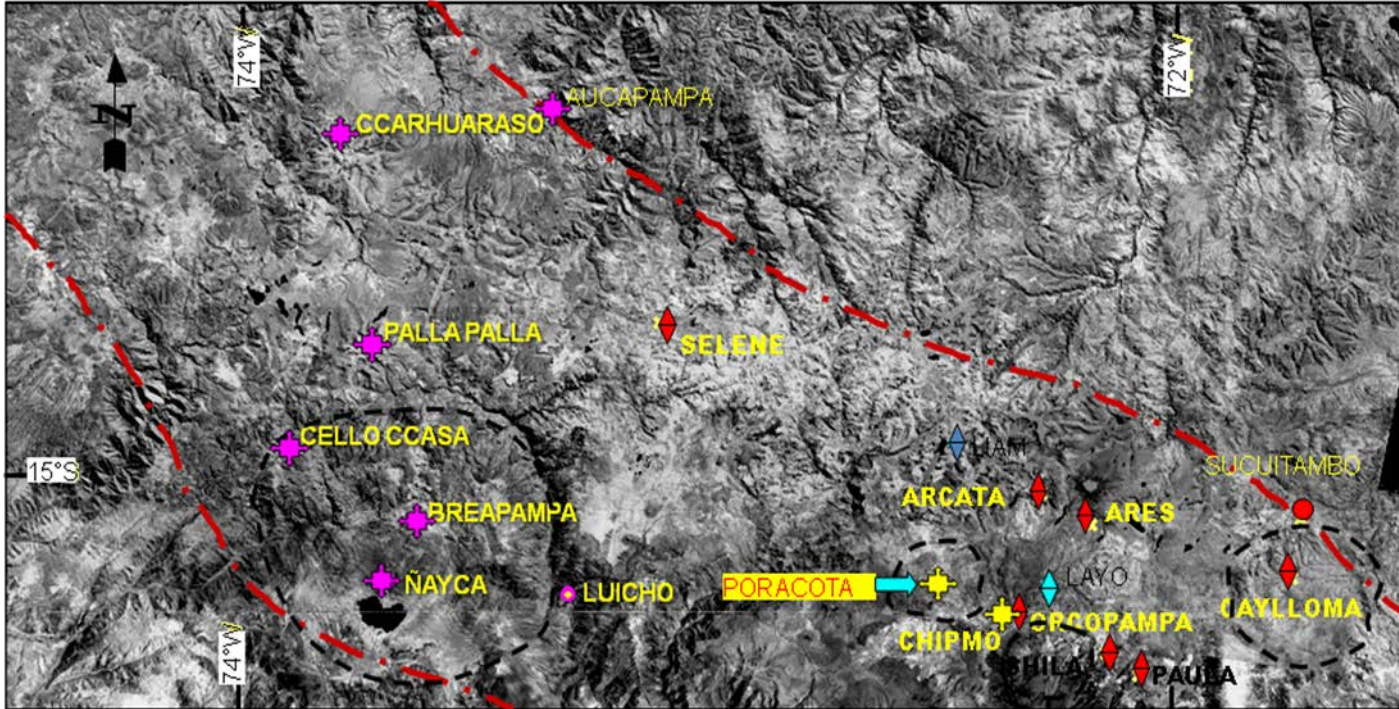


2.0 km

Fig. 6. Geología estructural y control de mineralización del depósito Poracota.

2.1.3 Mineralización regional

Desde el punto de vista económico, la región se encuentra dentro la franja Metalógenética **Puquio-Caylloma** (Fig, 8) que incluye depósitos metálicos en explotación y exploración como **Caylloma, Sucuytambo, Orcopampa, Chipmo, Arcata, Ares, Paula** y **Shila**. La mineralización poli metálica está relacionada a filones tabulares, como relleno de fracturas y fallas con orientación Noreste. Esta mineralización se ha efectuado en una secuencia que va desde los 18 Ma. para la mina Orcopampa, 9 Ma. mina Shila y 5 Ma. mina Arcata. La mineralogía de la mena muestra asociaciones mineralógicas, complejas poli metálicas con concentraciones económicas en Ag y Au. El enorme potencial la región, la convierte en una de las mayores reservas auro-argentíferas del segmento Sur de la Cordillera de los Andes del Perú. Constituyéndose así en un distrito minero potencialmente económico.



-  Alta Sulfuración
-  Baja Sulfuración
-  Minas

Fig. 07 Franja Puquio – Caylloma: 700 M oz. Ag y 8.0 M oz. Au

2.2 Geología Distrital y Local

El emplazamiento del edificio volcánico (fig. 08) probablemente está relacionado a una zona de debilidad estructural de 8 Km. de ancho que se orienta en dirección Noroeste a Sureste por más de 30 Km. de longitud, afectado por movimientos sucesivos de compresión y extensión formando una cubeta semejante a un graben, la cual se habría iniciado en el Mioceno Superior.

Como base de la columna estratigráfica volcánica tenemos las lavas Collpa de composición andesítica base de la extinta caldera Poracota con la presencia de fallas distensivas del ciclo Andino que actuaron como conductos de salida de una temprana fase explosiva denominada localmente ignimbrita Quello Cocha datada en 14.1 Ma.

En general la litología muestra textura fiámica microporforítica con una pasta microcristalina a criptocristalina constituida principalmente por plagioclasas, cuarzo, sanidina, biotitas, xenolitos lenticulares y cristales de obsidiana. La unidad inmediata está representada por la toba chistalo-lítica Pichihua con una matriz granular, fragmental feldespática que engloba fragmentos líticos de diversas naturalezas y escasos fragmentos de cuarcita. Seguidamente se produce una fase efusiva andesítica, de textura afanítica fina traquítica de pasta microgranular a criptocristalina compuesta por microcristales de plagioclasas y piroxenos, denominada lava fina.

Posteriormente se depositaron en un inicio litologías volcano-sedimentarias ricas en líticos con diámetros variados con enclaves centimétricos de carbón, además contamos con intercalaciones de tufos y coladas cristalo-líticas con horizontes de auto brechas, todas de naturaleza andesítica rica en biotitas; éstas litologías son agrupadas como el Tufo Poracota.

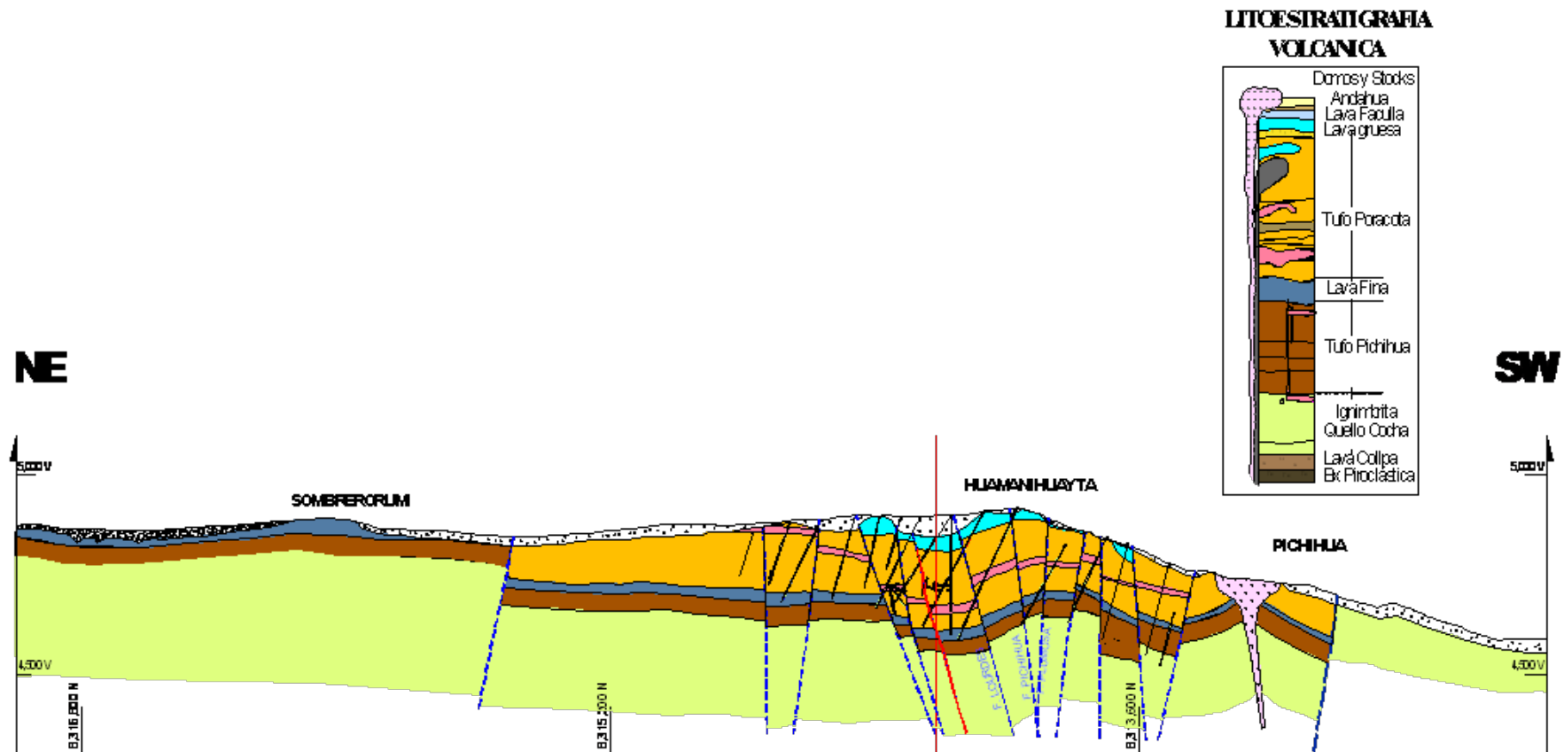


Figura N° 08 El emplazamiento del edificio volcánico

Sobre este se cuenta con intercalaciones de lavas y tufos. Generalmente los horizontes traquiandesíticos se encuentran frescos mostrando fenocristales de plagioclasas y anfíboles, designado como lava gruesa, por la composición textural desarrollada, finalmente coronando el cerro Huamanihuayta se tiene un prominente afloramiento calcedónico con halos sílico argílicos que denotan un protolito de brecha volcánica. Durante el Mioceno Superior al Pleistoceno, aparentemente la cámara magmática estuvo activa formando un conjunto de intrusiones resurgentes tempranas y tardías al evento hidrotermal, relacionadas a la intersección de fallas profundas y márgenes de caldera. Como ejemplos citamos los domos, Venado, Quello Cocha, Pichihua, Huamanihuayta, Don Víctor y Perseverancia. Posteriormente se inicia el vulcanismo Barroso con derrames lávicos de naturaleza traqui-andesítica formando mesetas lávicas, sobre las cuales sobresalen aparatos volcánicos preservados como el Volcán Firura. El vulcanismo más reciente se encuentra asociado a flujos traquiandesíticos y cenizas basálticas del Grupo Andahua de 0.5 Ma formando pequeños aparatos volcánicos conocidos como Misahuana, Yana Mauras y otros.

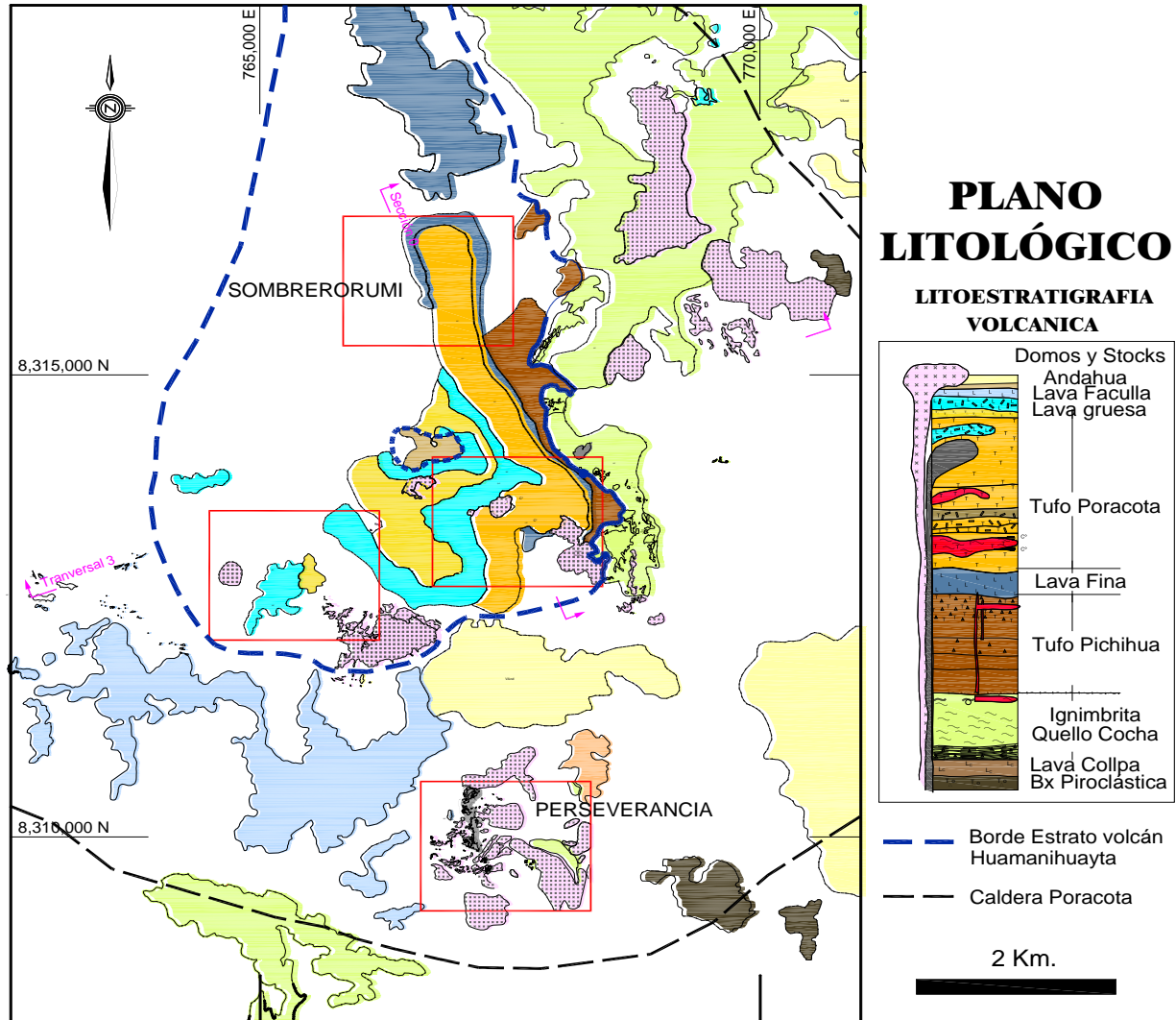


Figura N° 9, Plano Litológico

2.3. Geología Económica

La mineralización de Poracota tienen una edad de 13.6 Ma y está relacionada a capas silicificadas alojadas en litologías permeables, alimentadas por fallas y fracturas orientadas de N 50° a 75° E, generando cuerpos de mena irregulares en la intersección de los conductos y las capas. La alteración hidrotermal que está íntimamente ligada a la mineralización aurífera exhibe texturas sacaroideas o cavernosas sobre impuestas por varias generaciones de alunita seguida por sílice con pirita y enargita con importantes concentraciones auríferas. Estudios microscópicos registran la presencia de rutilo, anatasa, zircón y trazas de alunita; a veces con restos irregulares de material orgánico carbonizado cuya presencia está íntimamente asociada a la secuencia volcano-sedimentaria que aloja al Manto Águila.

2.3.1 Alteraciones hidrotermales

Las alteraciones hidrotermales que afectaron a las litologías del edificio volcánico, presentan afinidad con los sistemas de alta sulfuración. Formado en ambientes ácidos con mineralogías estables a temperaturas menores a 350°C y pH entre 1 y 4. Cinco tipos de alteración hidrotermal han sido diferenciados (Fig. 10), los cuales se disponen simétricamente a ambos lados del núcleo silíceo. En orden secuencial del núcleo hacia las cajas, mencionamos los siguientes tipos: Silicificación, agilización avanzada, argílica y propilitica (terminología postulada Heald et. al., 1987, Meyer y Hemley, 1967)

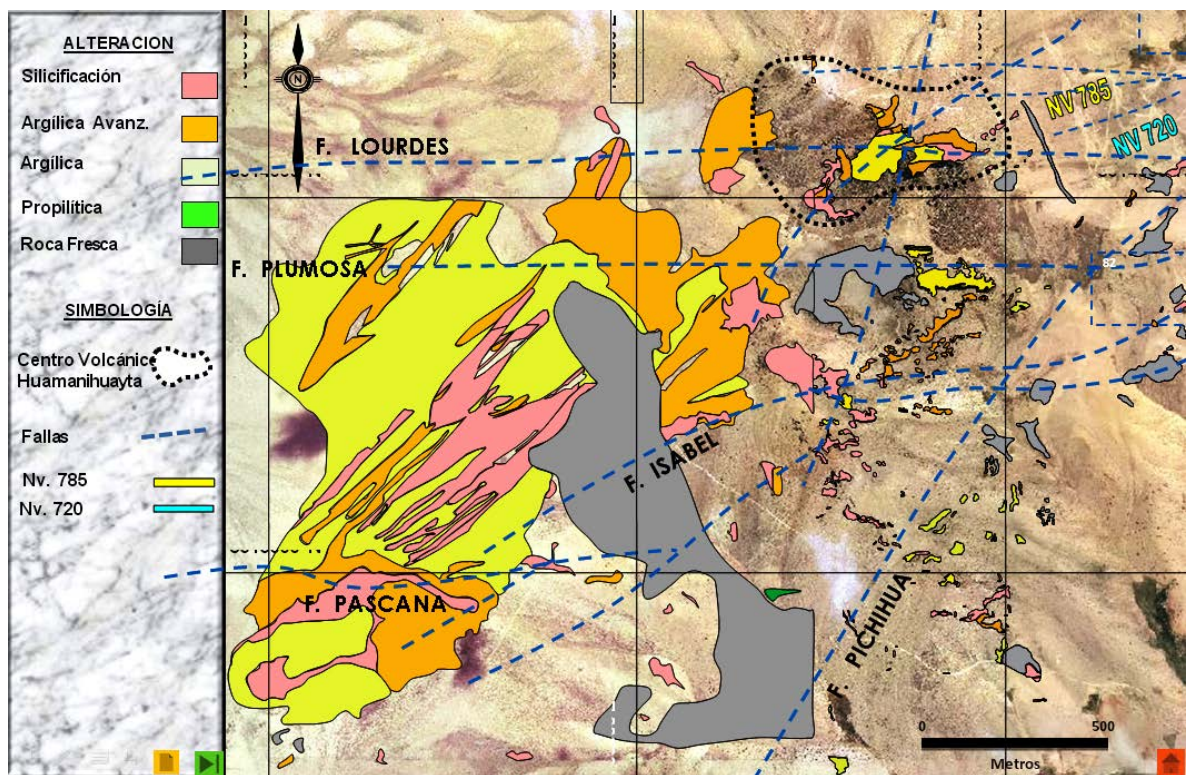


Fig. N°10: Cinco tipos de alteración hidrotermal han sido diferenciados

La alteración hidrotermal más importante es la Silicificación, se observan estructuras silíceas con texturas sacaroideas o cavernosas tempranamente afectadas por fluidos ácidos en ambientes de vapor caliente que remueven todos los componentes de la roca; luego se han identificado dos ensambles de alteración;

El primero comprende mineralogías como cuarzo, alunita y pirita adyacente al núcleo silíceo y

El segundo, con ensambles mineralógicos de cuarzo, dickita, caolinita y pirita, ocurre próximo a la zona neutral de illita-montmorillonita. Esta última muestra textura plástica y muestra un sustancial incremento en metales base como plomo, zinc y cobre.

Silicificación

El rasgo geomorfológico de esta alteración, está representado por crestones impregnados por limonitas que sobresalen, contrastando con la suave superficie de relleno y rocas con débil contenido de sílice.

Sílice residual I

La Sílice residual I corresponden a ambientes dominados por fluidos y vapores ácidos que ascendieron por fracturas hasta alcanzar la superficie en su recorrido se mezclan con aguas superficiales, y como resultado lixivian los aluminosilicatos de la roca reduciendo un ~25% el volumen primario, quedando sólo sílice y mineralogías de titanio, obteniendo una roca porosa que conserva la cavidad euédral de los feldespatos. Esta alteración hidrotermal, económicamente menos importante, marca el paso de las soluciones hidrotermales que interactúan con aguas meteóricas, formando soluciones extremadamente ácidas que lixivian los líticos y fenocristales de la roca, formando estructuras porosas, con cavidades lixiviadas limpias sin presencia de drusas de cuarzo u otros sulfatos.

Sílice residual II

La Sílice residual II de textura porosa y granular con mayor o menor grado de compactación. Esta alteración se caracteriza por exhibir numerosos espacios abiertos de fenocristales y líticos, removidos por fluidos extremadamente ácidos en ambientes de vapor caliente, lixiviando los aluminosilicatos y otros componentes de la roca. Dentro, las cavidades lixiviadas, se observan diminutos cristales de cuarzo, baritina y alunita cristalizada Estudios

minera gráficos muestran que esta alteración, se conforma por un mosaico de granos microscópicos de cuarzo con relictos irregulares de **rutilo, anatasa, zircón** y trazas de **alunita**. Ocasionalmente, se puede tener presencia de material orgánico.

En general, la Silicificación puede ser tentativamente dividida en más de tres estados paragenéticos de sílice, diferenciados por la relación con los contenidos auríferos. Respecto a la sílice residual I no se tiene ninguna relación porque esta ocurre posteriormente y siempre se encuentra formando diminutos cristales dentro de la Sílice residual I.

Sílice masiva

La Silicificación masiva ocurre como prominentes crestones de coloración rojiza. Esta alteración se caracteriza por presentar, textura criptocristalina; donde la alteración destruye, casi por completo, la textura original de las rocas. Rellenando con sílice los espacios abiertos de una sílice porosa inicial, tardía a esta alteración, se observan eventos de cuarzo calcedónico que cortan, formando texturas brechosas y fluidales de coloración gris-crema. Con Respecto a la sílice residual I y II no se tiene ninguna relación porque esta ocurre posteriormente y siempre se encuentra cercana a la superficie.

Argilización avanzada

Ocurre como halo proximal de los núcleos silíceos, se han diferenciado dos ensambles mineralógicos. La primera, que comprende de mineralogías de **cuarzo, alunita y pirita**, ocurre adyacente al núcleo silíceo y, la segunda, con ensamble mineralógico de **cuarzo, dickita, caolinita y pirita**, ocurre próxima a la zona de **illita-montmorillonita**. La textura es la original de la roca. Donde los feldespatos y líticos se encuentran alunitizados o argilizados, englobados por una matriz silíceo de grano fino.

Argilización

Las rocas con esta profusa alteración hidrotermal, muestran mineralogías comprendidas dentro el grupo de las arcillas como **illita, caolinita,**

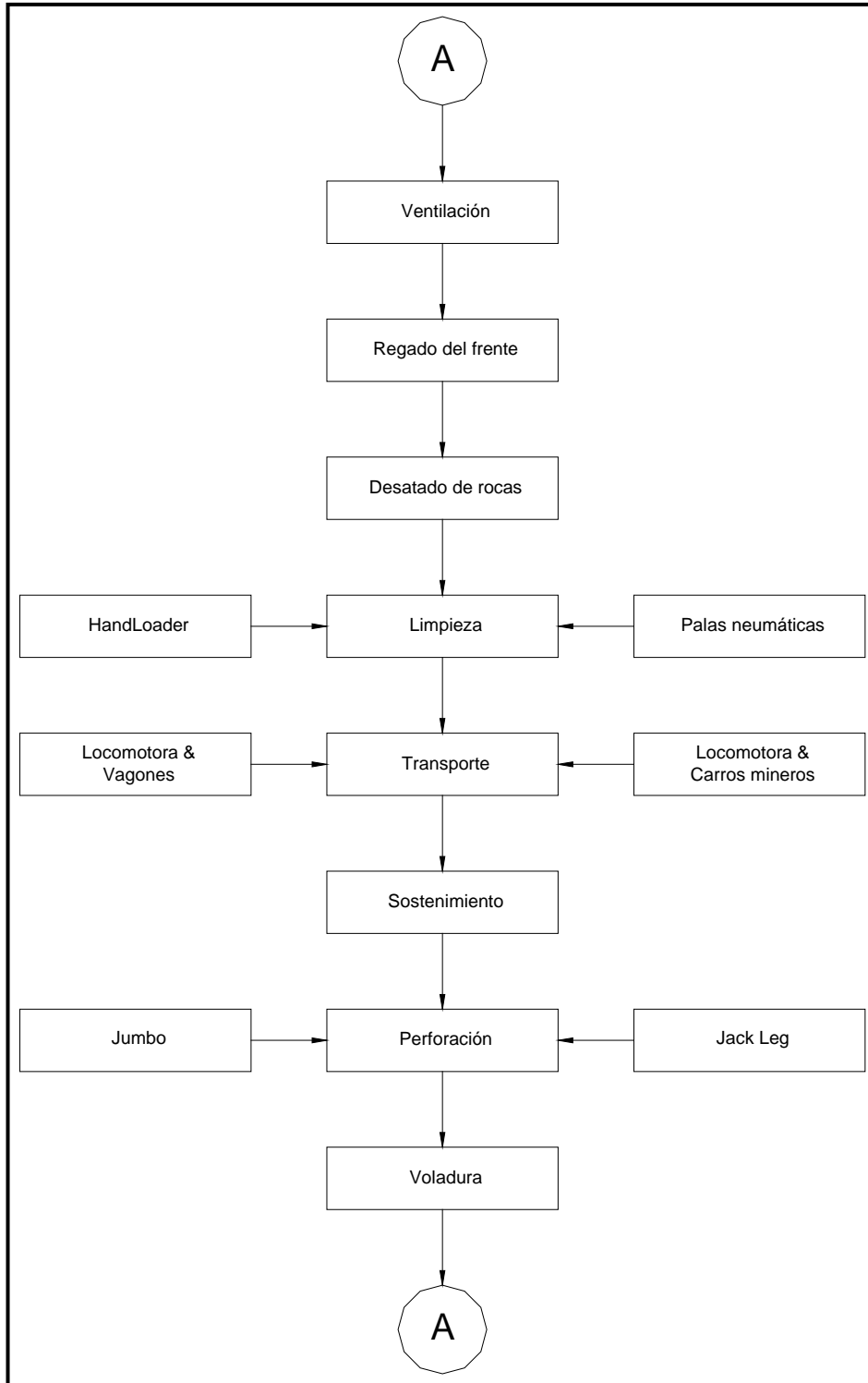
montmorillonita, esmectita y halloysita con escasa presencia de sílice. Los afloramientos se encuentran por lo general, cubiertos por material fluvio-glaciar.

Propilitización

Esta alteración se encuentra muy restringida y se caracteriza por presentar mineralogías como Biotita, **clorita, esmectita, illita, calcita, epidota y magnetita**. Las rocas con esta alteración muestran coloración gris-verdosa y textura preservada, donde los máficos están pseudomorfizados a clorita y epidota, mientras que las plagioclasas están argilizadas o alteradas a calcita.

2.4 MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

FLUJOGRAMA CICLO DE MINADO PORACOTA



Cuadro N° 03 - Flujoograma Ciclo De Minado

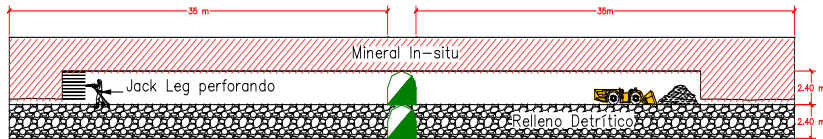
Corte y Relleno Ascendente

En todas las labores lineales se cumple el siguiente ciclo de minado:

Limpieza – Sostenimiento – Perforación - Voladura.

Fig. Nº 11
CICLO DE MINADO, METODO DE EXPLOTACION
CORTE Y RELLENO ASCENDENTE CONVENCIONAL

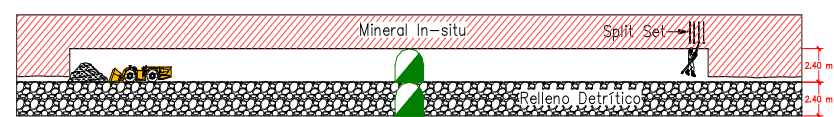
1.-Perforación y Voladura en Breasting con Jack Leg 1.-Producción: Acarreo de Mineral



1.-Perforación

VARIABLE	UNID	CANTIDAD	OBSERVACION
Personal por turno	c/u	4	2 Parejas
N° Taladros por disparo	c/u	50-60	Con Jack-Leg
Longitud de taladro	Pies	6'	con brocas de 38 mm
Explosivos por disparo	Cartuc.	250-300	Dinamita + Carmex
Tiempo neto de perforación	Hr.	1.50-2.50	

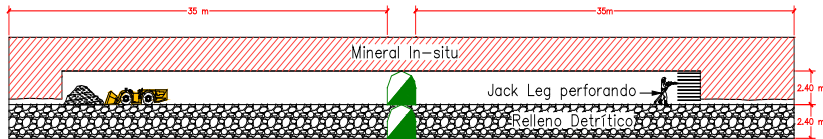
4.-Producción: Acarreo de Mineral 4.-Desatado + Sostenimiento (Malla + Split Set)



2.-Acarreo

VARIABLE	UNID	CANTIDAD	OBSERVACION
Scoop	c/u	1	De 1.50 a 2.20 yd3
Personal	c/u	1	Operador
Mineral roto	TMS	150	Total corte (1.70 m)
Tiempo	Hr	2.5-3.0	Un disparo (150 TMS/Turno)

2.-Limpieza del Mineral excedente 2.-Perforación y Voladura en Breasting con Jack Leg



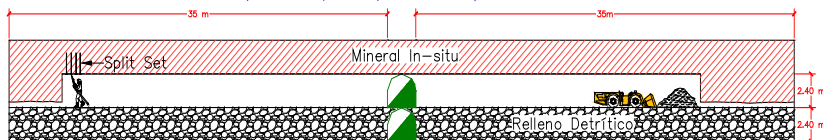
5.- Relleno del Tajo con Desmorte 5.- Relleno del Tajo con Desmorte



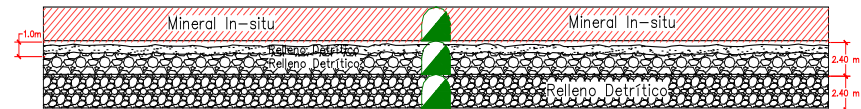
3.-Relleno

VARIABLE	UNID	CANTIDAD	OBSERVACION
Volumen total corte (1.70m)	m3	70	Detritico
Personal	c/u	3	1 Motorista y su Ayudante + Scoopero
Tiempo	Hr	7	Rendimiento: 10 m3/Hr

3.-Desatado + Sostenimiento (Malla + Split Set) 3.-Limpieza del Mineral excedente



6.- Rebatido de la Ventana 6.- Rebatido de la Ventana



7.- Inicio del Nuevo Corte 7.- Inicio del Nuevo Corte

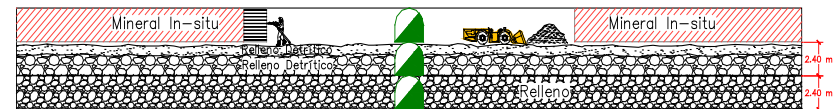
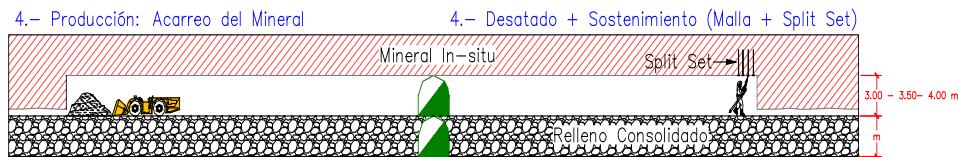
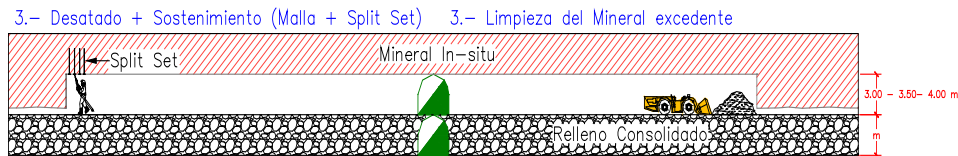
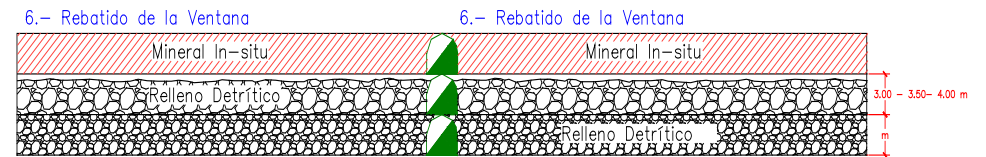
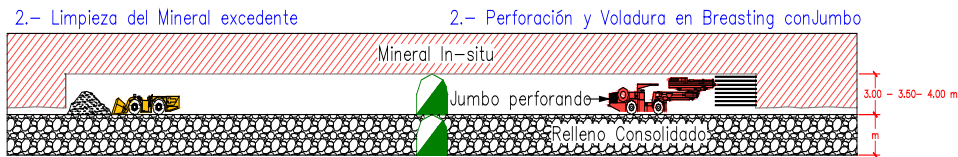
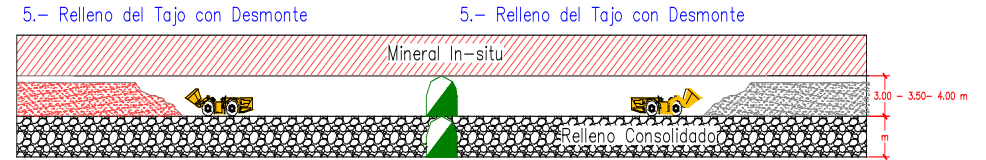
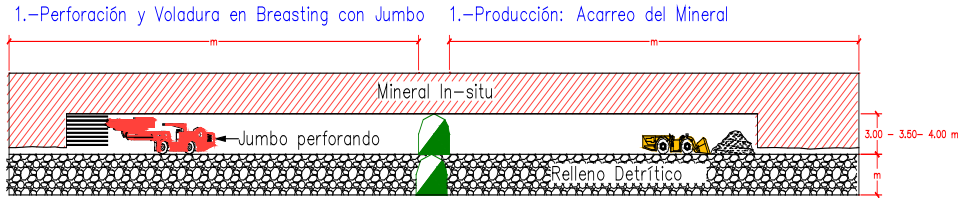


Fig. Nº 12:

CICLO DE MINADO, METODO DE EXPLOTACIÓN CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO



CAPITULO 3:

MEJORA E IMPLEMENTACIÓN DE LA GEOMECÁNICA EN LA MINA PORACOTA

3.1 Antecedentes

Durante el periodo anterior (año 2006 a 2008), el Área de Geomecánica de Mina Poracota no ha contado con un Ingeniero encargado del área, por lo mismo que ha habido una insuficiente y discontinua ejecución de los trabajos geomecánicos. Esto es obvio debido a que no se contaba con un área bien estructurada en cuanto a recursos humanos, materiales y equipos.

En el periodo 2008 el Área de Geomecánica de Mina Poracota ha sido reestructurada y reforzada a nivel Técnico- Profesional en orden a darle un vigoroso empuje a los trabajos actuales y proyección hacia el futuro.

Esta disciplina ha entregado un importante apoyo para la optimización de las operaciones de manera segura y estable de las labores. Se programó trabajos y metodología de ejecución de geomecánica de tal manera que se mantengan constantes durante la vida útil de la mina en adelante y tal así que se cuente con una documentación útil y actualizada de los registros, evaluación y estudios de Mecánica de Rocas.

3.2 Objetivos

El presente Informe tiene como finalidad mostrar el desarrollo de los trabajos efectuados por el Área de Geomecánica durante el periodo 2008 a 2011 en la Mina Poracota de Compañía de Minas Buenaventura.

3.3 Grupo de Trabajo de Geomecánica

La constitución del Área de Geomecánica en Mina Poracota, ha sido conformada por el Jefe de Geomecánica, por un Técnico Minero y un practicante en diferentes etapas del periodo del año 2008 a 2011.

3.4 Conceptos Teóricos

3.4.1 Características de la Roca

La roca es un conjunto de sustancias minerales que formando masas, constituye gran parte de la corteza terrestre. Según su origen, las rocas pueden ser ígneas, sedimentarias y metamórficas.

3.4.1.1 Rocas ígneas

Son aquellas que han sido formadas por la consolidación del magma. La roca difiere de la mayoría de otros materiales utilizados en la ingeniería. Ésta tiene discontinuidades (fracturas) de diferentes tipos, que hacen que su estructura sea discontinua.

Además, debido a los procesos geológicos que la han afectado entre el tiempo de su formación y la condición en la cual la encontramos en la actualidad, presenta heterogeneidades y propiedades variables. Todas estas características requieren ser evaluadas en forma permanente durante el laboreo minero.

Primero es necesario distinguir lo que es el “material rocoso” o denominado También “roca intacta” y lo que es la “masa rocosa” o también denominada “macizo rocoso”.

3.4.1.2 Roca intacta

Es el bloque ubicado entre las discontinuidades y podría ser representada por una muestra de mano o trozo de testigo (Fig. N° 13) que se utiliza para ensayos de laboratorio.



Fig. N° 13. Roca Intacta

3.4.1.3 Macizo Rocoso

Es el medio in-situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales. Dependiendo de cómo se presenten estas discontinuidades o rasgos estructurales dentro del macizo rocoso (Fig. N° 14), ésta tendrá un determinado comportamiento frente a las operaciones de minado.



Fig. N° 14. Macizo rocoso

3.4.2 Discontinuidades de la Masa Rocosa

Los principales tipos de discontinuidades presentes en la masa rocosa son:

- **Planos de estratificación:** dividen en capas o estratos a las rocas sedimentarias.



Fig. N° 15 Plano de Estratificación

- **Fallas:** Son fracturas que han tenido desplazamiento. Éstas son estructuras menores que se presentan en áreas locales de la mina o estructuras muy importantes que pueden atravesar toda la mina.



Img. Nº 16 Falla

- **Contactos Litológicos:** Que comúnmente forman, por ejemplo, la caja techo, veta y caja piso.



Img. Nº 17 Contacto Litológico

3.4.3 Propiedades de las Discontinuidades

Todas las discontinuidades presentan propiedades geomecánicas importantes que las caracterizan y que influyen en el comportamiento de la masa rocosa.

El Sistema de Clasificación Geomecánica de la masa rocosa utilizado en la Unidad Minera Poracota es el Sistema RMR (Rock Mass Rating) o Valoración de la Masa Rocosa dada por Bieniawski en 1989. Mediante este sistema señalado se realizan una serie de aplicaciones tales como:

La estimación de los aberturas máximas de las excavaciones, la estimación de los tiempos de autosostenimiento, la estimación del sostenimiento permanente o temporal y de acuerdo al resultado del R.M.R. que nos da el tipo y calidad de la roca se aplica el sostenimiento adecuado, ya sea de refuerzo (Split set de 5' y 7', pernos helicoidales con resinas entre los más utilizados).

Para la Clasificación Geomecánica in situ se tiene en cuenta una serie de métodos sugeridos para la descripción cuantitativa de las discontinuidades del Macizo Rocoso. Para la Unidad Minera se utiliza un formato que se detalla:

- **Orientación**

Es la posición de la discontinuidad en el espacio y comúnmente es descrito por su rumbo y buzamiento. Cuando un grupo de discontinuidades se presentan con similar orientación o en otras palabras son aproximadamente paralelas, se dice que éstas forman un “sistema” o una “familia”

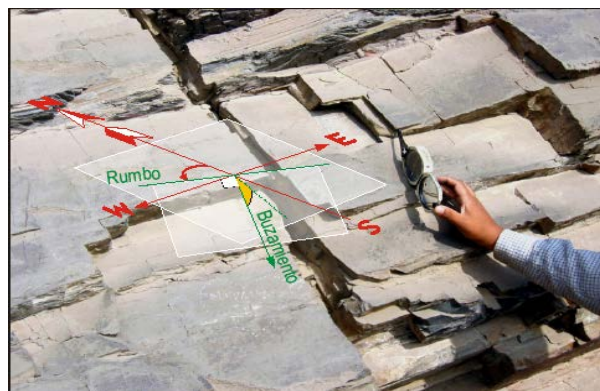


Fig. Nº 18. Buzamiento y Dirección de Buzamiento

En el diagrama que se muestra a continuación se indica el rumbo, buzamiento y dirección de buzamiento de un plano. (Fig. N° 19).

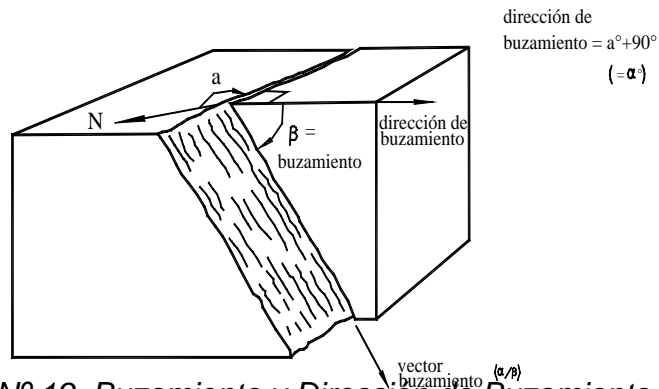


Fig. N° 19 Buzamiento y Dirección de Buzamiento

- Espaciamiento

Es la distancia entre las discontinuidades de un sistema medido perpendicularmente a las mismas (Fig. N° 20)

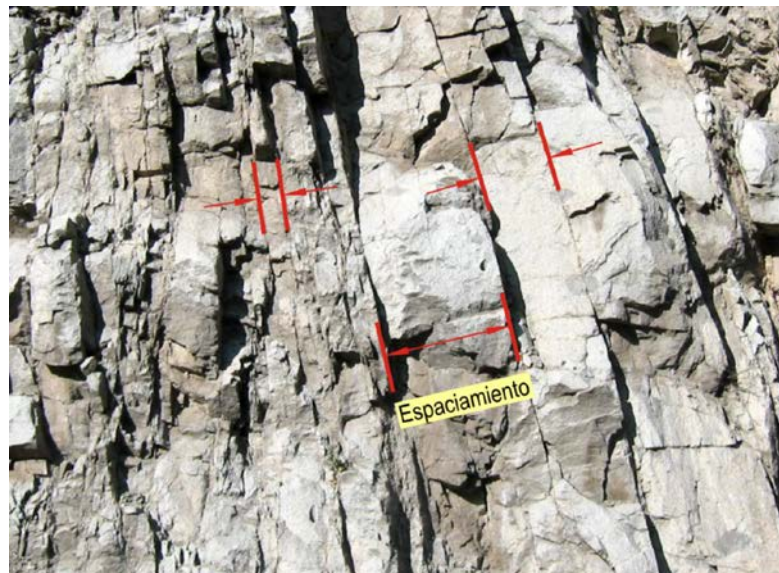


Fig. N° 20 Distancia entre las Discontinuidades de un Sistema Medido Perpendicularmente a las mismas.

En el formato de Clasificación Geomecánica se presenta de la siguiente manera:

Space (m)	> 2 m	20
	0.6 - 2 m	15
	0.2 - 0.6 m	10
	0.06 - 0.2 m	8
	< 0.06 m	5

Cuadro. 04. Espaciamiento

- **Persistencia**

Es la longitud o extensión superficial observada de la discontinuidad.

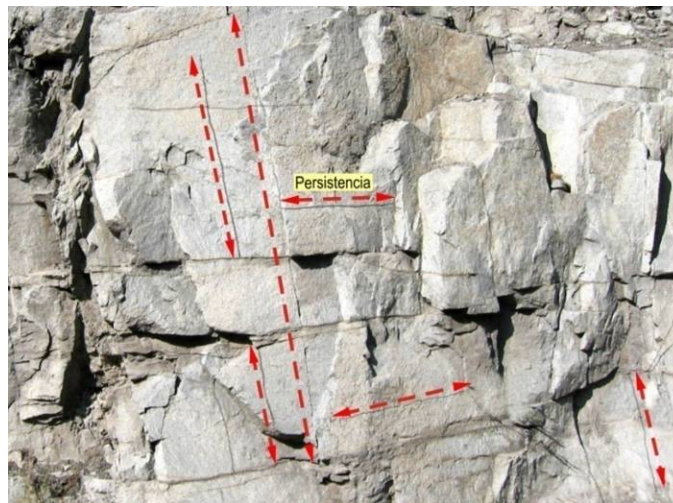


Fig. N° 21 Persistencia de dos familias de discontinuidades.

En la hoja de clasificación del macizo rocoso se presenta de la siguiente manera:

Persistencia	<1 m	6
	1 - 3 m	4
	3 - 10 m	2
	10 - 20 m	1
	> 20 m	0

Cuadro N° 05 - Persistencia

- **Rugosidad**

Este parámetro es importante porque termina en parte la resistencia al corte de las mismas y nos muestra en el campo el grado de aspereza o grado de ondulación que se presenta en las discontinuidades (Fig. N° 22)

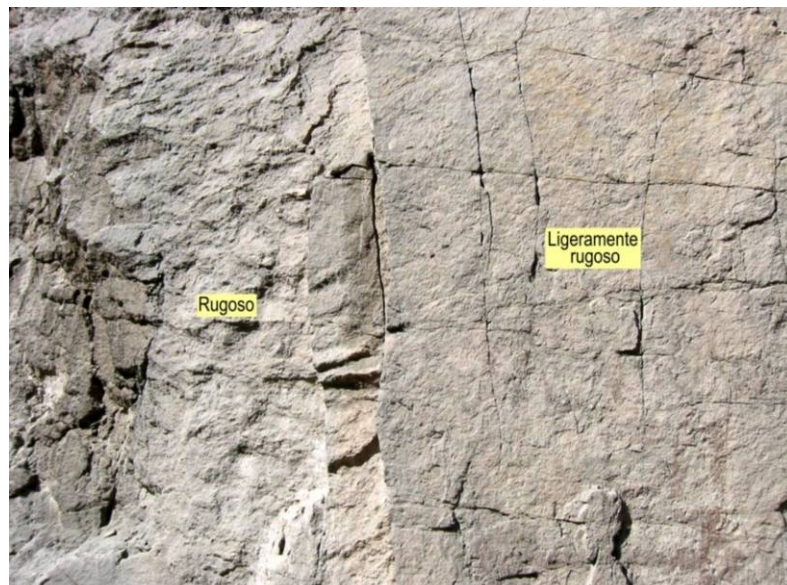


Fig. N° 22 Grado de Aspereza o grado de ondulación

En el cuadro de Clasificación geomecánica se presenta de la siguiente manera.

Rugosidad	Muy rugosa	6
	Rugosa	5
	Lig. Rugosa	3
	Lisa	1
	Espj. De falla	0

Cuadro. 06. Rugosidad

- **Resistencia de las paredes**

La resistencia a compresión simple de la pared de una discontinuidad es un parámetro que influye en la resistencia al corte y deformabilidad del plano de discontinuidad, sobre todo si éstas no presentan relleno o tienen sus paredes en contacto (aparecen cerradas). Suele ser menos que la resistencia de la roca intacta debido a la meteorización o alteración de las paredes.

- a) Utilizando normas sugeridas por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM) – ver Lámina ubicada abajo.

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LAS PAREDES DE LAS DISCONTINUIDADES

Grado	Descripción	Identificación de Campo	Rango aprox. Sigma c - MPa
S1	Arcilla muy blanda	El puño de la mano penetra fácilmente varios centímetros.	< 0.025
S2	Arcilla blanda	El dedo pulgar penetra fácilmente varios centímetros.	0.025 - 0.05
S3	Arcilla firme	El dedo pulgar puede penetrar varios centímetros con moderado esfuerzo.	0.05 - 0.10
S4	Arcilla rígida	El dedo pulgar penetra pero con mucho esfuerzo.	0.10 - 0.25
S5	Arcilla muy rígida	Puede ser fácilmente rayado por la uña del pulgar.	0.25 - 0.50
S6	Arcilla dura	Puede ser rayado con dificultad por la uña del pulgar.	> 0.50
R1	Roca muy débil	Desmenuzable bajo golpes firmes con la punta de un martillo de geólogo, puede desconcharse con una navaja.	1.0 - 5.0
R2	Roca débil	Puede desconcharse con dificultad con una navaja, se puede hacer marcas poco profundas golpeando firmemente con el martillo de geólogo.	5.0 - 25
R3	Roca medianamente dura	No se puede rayar o desconchar con una navaja, las muestras se pueden romper con un golpe firme del martillo de geólogo.	25 - 50
R4	Roca dura	Se requiere mas de un golpe con el martillo de geólogo para romper la muestra.	50 - 100
R5	Roca muy dura	Se requieren varios golpes con el martillo de geólogo para romper la muestra.	100 - 250
R6	Roca extremadamente dura	Solo se puede romper esquirlas de la muestra con el martillo geólogo.	> 250

NOTA: Los Grados S1 a S6 son aplicables a suelos cohesivos, por ejemplo a arcillas, acillas limosas y combinaciones de limos y arcillas con arena, generalmente de drenaje lento. La resistencia de las paredes de las discontinuidades generalmente serán caracterizadas por los Grados R1 a R6 (roca), mientras que los Grados S1 a S6 serán aplicados generalmente a discontinuidades con relleno.

Cuadro N° 07 Estimación de la resistencia de las paredes de las discontinuidades

- b) Actualmente no se cuenta con el martillo Schmidt en la Unidad Minera Poracota, este instrumento mide la Estimación De la Resistencia de la pared de una discontinuidad.



Fig. N° 23. Martillo de Schmidt de dureza

- c) En base otro tipo de clasificación se ha elaborado un cuadro de Estimación de la Roca utilizada en la Unidad Minera Poracota:

RESIST. DE LA ROCA	6c
Solo se puede romper esquirlas de la muestra con el martillo de geólogo.	> 259 Mpa
Con varios golpes con el martillo de geólogo se pueden romper pequeños fragmentos de la muestra.	175 - 200 Mpa
Se requiere tres golpes firmes con el martillo de geólogo para romper la muestra	75 - 100 Mpa
Con dos golpes con el martillo de geólogo solo se puede producir fracturamiento en la muestra	50 - 75 Mpa

<p>No se puede rayar o desconchar con una navaja.</p> <p>La muestra se puede romper con dos golpes firmes del martillo de geólogo</p>	38 - 50 Mpa
<p>Se puede rayar con dificultad con una navaja.</p> <p>La muestra se puede romper con un golpe firme del martillo de geólogo.</p>	25 - 38 Mpa
<p>Puedes desconchar con dificultad con una navaja</p> <p>Se puede hacer marcas poco profundas golpeando firmemente con el martillo de geólogo.</p>	< 25 Mpa

Cuadro. 08. Resistencia de la roca y sus unidades

De acuerdo a estos parámetros aplicamos en el formato de Clasificación Geomecánica para determinar su valor:

R.U.C.(Mpa)	>250 Mpa	15
	100 - 250 Mpa	12
	50 - 100 Mpa	7
	25 - 50 Mpa	4
	<25 Mpa	2

Cuadro. 09 Resistencia

- **Abertura**

La distancia perpendicular que separa las paredes adyacentes de una discontinuidad sin relleno. En superficie puede ser elevada pero decae al profundizar.

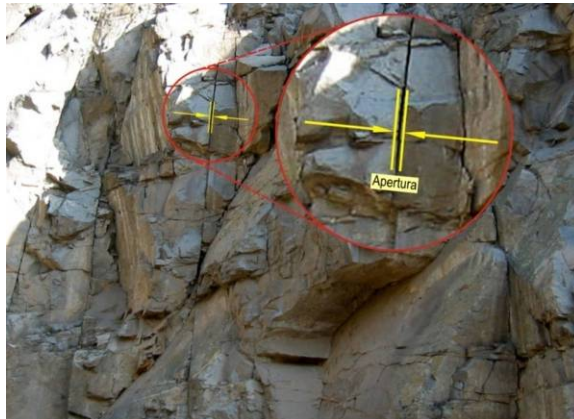
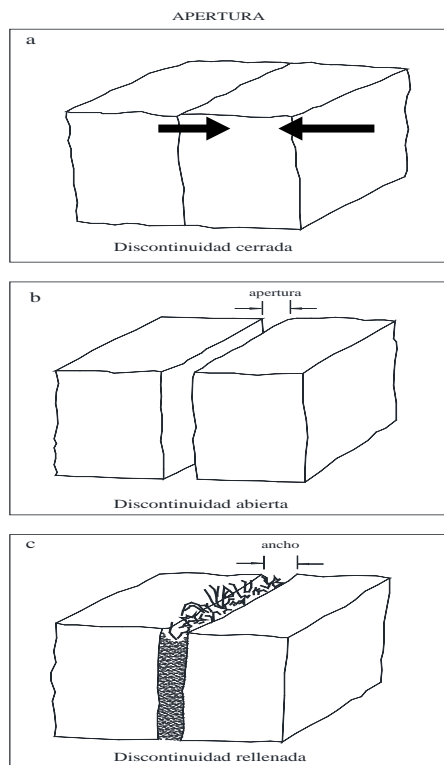


Fig. Nº 24. Distancia perpendicular que separa las paredes adyacentes



Diagramas que muestran las definiciones sugeridas de la apertura

Fig. Nº 25. Diagrama que muestran las definiciones sugeridas de la apertura

TERMINOLOGÍA DE LA ABERTURA

Apertura	Descripción	
< 0.1 mm	Muy cerrado	
0.1 – 0.25 mm	Cerrado	Rasgos “cerrados”
0.25 – 0.5 mm	Parcialmente abierto	
0.5 – 2.5 mm	Abierto	
2.5 – 10 mm	Moderadamente amplio	Rasgos “semiabiertos”
> 10 mm	Amplio	
1 – 10 cm.	Muy amplio	
10 – 100 cm.	Extremadamente amplio	Rasgos “abiertos”
> 1 m	Cavernoso	

Cuadro 10 Este diagrama muestra las definiciones sugeridas de abertura

En el formato de Clasificación Geomecánica dependiendo del grado de abertura se le dan los siguientes valores:

Abertura	cerrada	6
	< 0.1 mm	5
	0.1 - 1 mm	4
	1. 5 mm	1
	> 5 mm	0

Cuadro. 11 Abertura

- **Relleno**

Es el material contenido en una discontinuidad, en el caso de las discontinuidades simples con relleno, la amplitud de la rugosidad de las paredes y el espesor del relleno puede ayudar a indicar la cantidad de desplazamiento de corte requerido para que ocurra el contacto rocoso. (Fig. N° 26)



Fig. N° 26 Martillo de Schmidt de dureza

En el formato de Clasificación Geomecánica dependiendo del grado de relleno se le dan los siguientes valores:

Relleno	Limpio	6
	Duro < 5 mm	4
	Duro > 5 mm	2
	Suave < 5 mm	1
	Suave > 5 mm	0

Cuadro 12. Relleno

- **Filtraciones**

Flujo de agua que circula por las discontinuidades. Se observarán si están limpias o con relleno. (Fig.Nº 27).

Este tipo de parámetro está considerado de mucha importancia ya que mediante su grado de humedad puede debilitar la masa rocosa o generar zonas de fácil debilidad.



Fig. Nº 27 Son las filtraciones a través de discontinuidad especialmente con relleno.

Al momento de la Evaluación Geomecánica se le determina un valor en base a la cantidad de agua que posee de acuerdo al siguiente cuadro.

Agua	Seco	15
	Húmedo	10
	Mojado	7
	Goteo	4
	Flujo	0

Cuadro 13 Valor del agua

- **RQD (Rock Quality Designation)**

R.Q.D. Índice de Calidad de la Roca es uno de los parámetros a ser tomados en cuenta, para determinar la estimación se puede calcular de diferentes maneras:

Por cálculos matemáticos o mediante la medición de los testigos y de los sondajes de perforación.

Para determinar R.Q.D. se debe conocer el número de discontinuidades presentes en la labor a ser evaluada en un metro de distancia.

Procedimiento para medir y calcular el RQD en testigos de perforación diamantina (Según Deere, 1989)

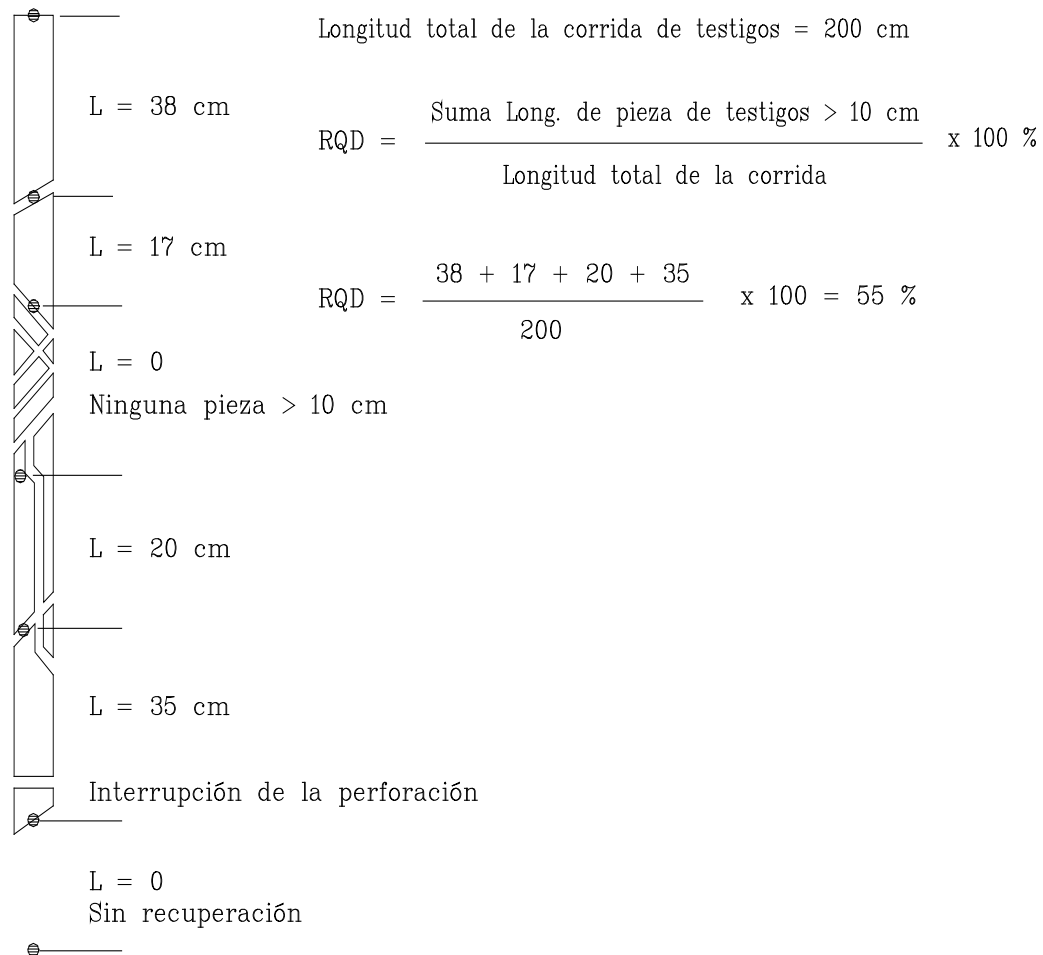


Fig. N° 28 R.Q.D. Índice de Calidad de la Roca

También lo determinamos por el método matemático usando la siguiente formula.

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda(0.1\lambda+1)}$$

Donde $\lambda = \frac{\#discontinuidades}{metrolineal}$

Aplicando la formula y conociendo el numero de discontinuidad (λ) calculamos el total de R.Q.D. en la cual nos da como resultado que a menor número de discontinuidades (λ) mayor será el R.Q.D. y que a mayor numero de discontinuidades (λ) menor será el R.Q.D.

RQD (%)	λ	Total RQD
RQD (%)	1	70
RQD (%)	2	69
RQD (%)	3	68
RQD (%)	4	67
RQD (%)	5	68
RQD (%)	6	69
RQD (%)	7	70
RQD (%)	8	71
RQD (%)	9	72
RQD (%)	10	73
RQD (%)	11	74
RQD (%)	12	75
RQD (%)	13	76
RQD (%)	14	77
RQD (%)	15	78
RQD (%)	16	79
RQD (%)	17	80
RQD (%)	18	81
RQD (%)	19	82
RQD (%)	20	83
RQD (%)	21	84
RQD (%)	22	85
RQD (%)	23	86

RQD (%)	24	87
RQD (%)	25	88
RQD (%)	26	89
RQD (%)	27	90
RQD (%)	28	91
RQD (%)	29	92

Cuadro 14. De cálculo de RQD del macizo rocoso

De acuerdo a ese cálculo podemos determinar el R.Q.D. del macizo rocoso en la Evaluación Geomecánica:

R.Q.D. (%)	90 - 100 %	20
	75 - 90 %	17
	50 - 75 %	13
	25 - 50 %	8
	< 25 %	3

Cuadro 15 De cálculo de RQD del macizo rocoso

- Ajuste de orientación de discontinuidades

Este parámetro es el último en ser utilizado, el ajuste se da una vez obtenido el valor de este **R.M.R.** el que se obtiene sumando los parámetros detallados líneas arriba, está relacionado con la orientación de discontinuidades lo que se muestra en las figuras que sigue:

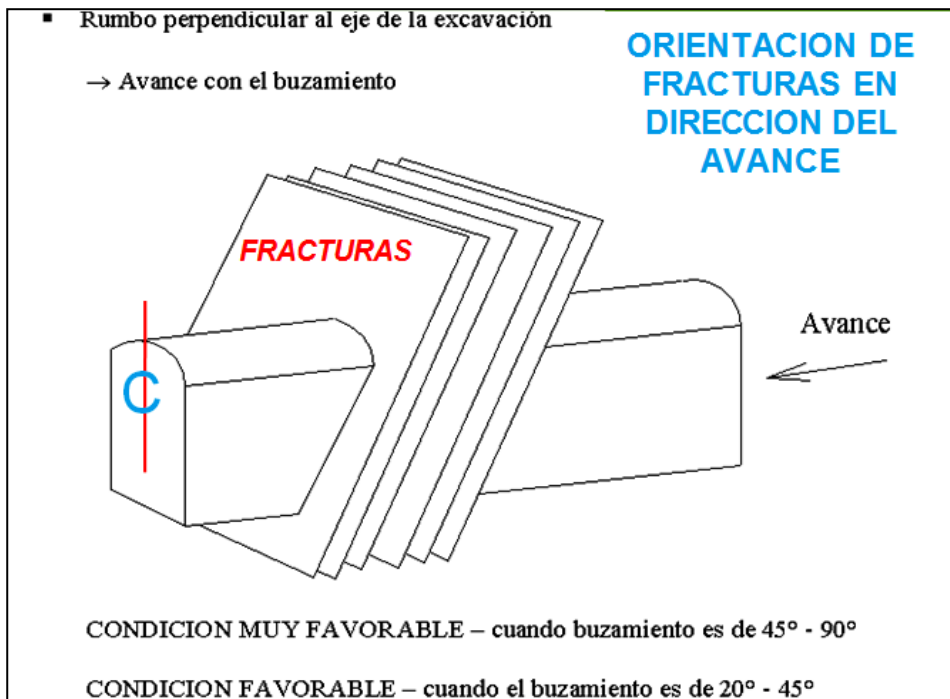


Fig. Nº 29 Orientación de fracturas en dirección del avance

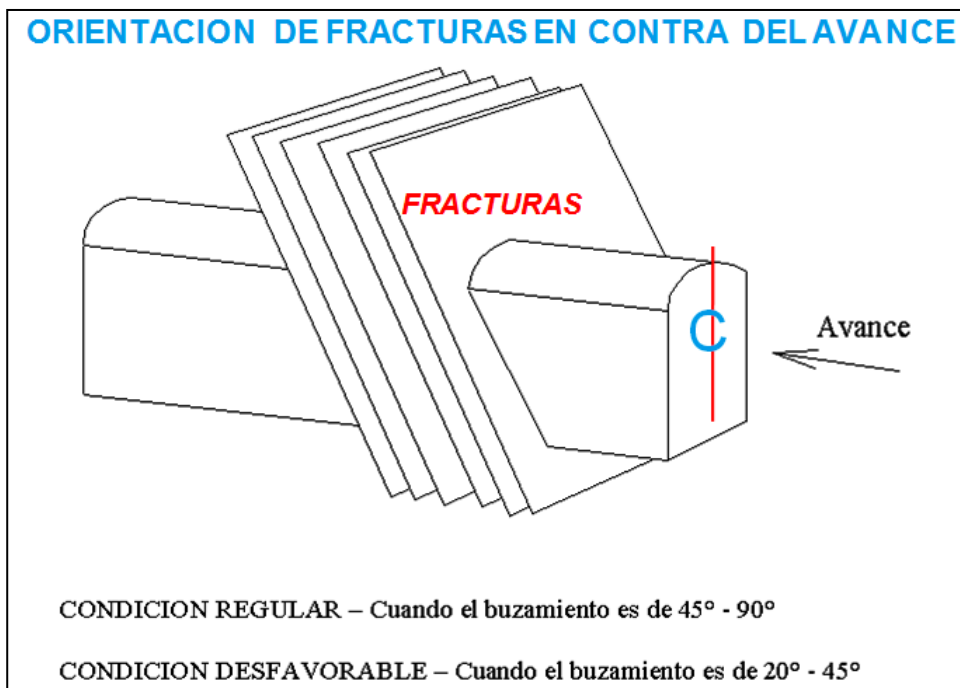


Fig. Nº 30 Orientación de fracturas en contra del avance

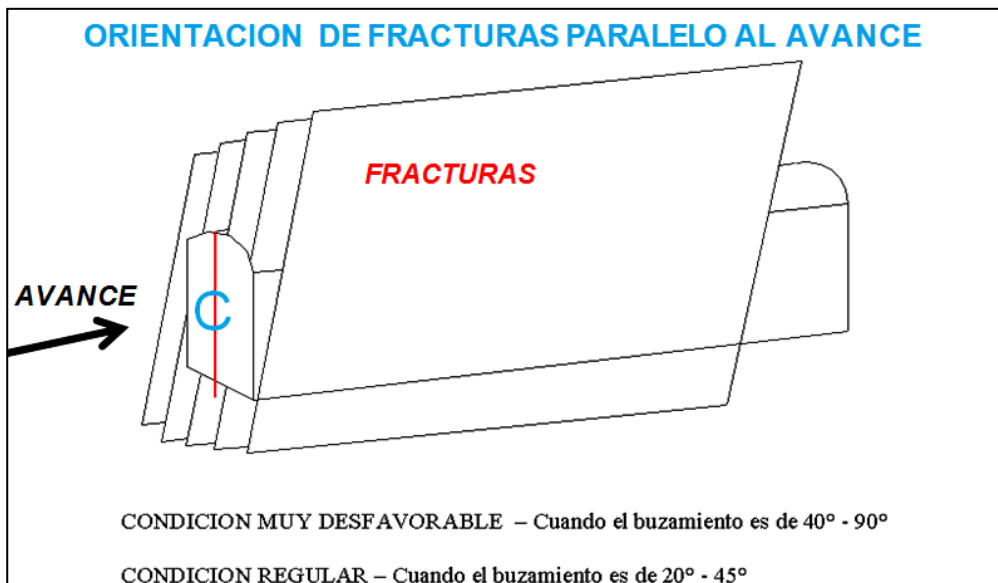


Fig. Nº 31 Orientación de fracturas paralelo al avance

En el formato de Clasificación Geomecánica dependiendo orientación de las discontinuidades perpendiculares o paralelas se realiza su respectivo ajuste:

AJUSTE	PERPENDICULAR		0°-20° (-5)
	EN SENTIDO	EN CONTRA	
	45°-90° (-0)	45°-90° (-5)	
	20°-45° (-2)	20°-45° (-10)	
	PARALELO		
45°-90° (-12)			
20°-45° (-5)			
R.M.R.	(Ajustado)		

Cuadro 16. Ajuste

Formato de Clasificación Geomecánica (Fig. N° 32) que se utiliza en la Unidad Minera Poracota, esta hoja de Evaluación Geomecánica es utilizada por la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. en su Unidad Minera Poracota

B **CLASIFICACIÓN GEOMECAICA**

Mina: *Poracota*
 Labor: *210*
 Nivel: *2.5 x 3.5*
 Sección: *1000x*
 Resp.: *10/2/10*
 Fecha: *12/03/11*
 Hora: *12:05 pm*
 % Cumpl.: *80%*

TIPO	RMR
I	81-100
II	61-80
III-A	51-60
III-B	41-50
IV-A	31-40
IV-B	21-30
V	1-20



R.C.U. (Mpa)	RQD (%)	Aperturas (mm)	Permeabilidad
>250 Mpa	90-100 %	> 2 m	< 1 m
100-250 Mpa	75-90 %	0.6 - 2 m	1-3 m
50-100 Mpa	50-75 %	0.2 - 0.6 m	3-10 m
25-50 Mpa	25-50 %	0.06 - 0.2 m	10-20 m
<25 Mpa	<25 %	< 0.06 m	>20 m

Aperturas	Rugosidad	Resiliencia	Alteración
Cerrada < 0.1 mm	Muy rugosa	Limpio	Sana
0.1 - 1 mm	Rugosa	Duro < 5 mm	Lig. Alterada
1 - 5 mm	Lig. Rugosa	Duro > 5 mm	Mod. Alterada
> 5 mm	Lisa	Suave < 5 mm	Muy Alterada
	Espi. de falla	Suave > 5 mm	Descompuesto

Agua	AJUSTE PERPENDICULAR	Set	Tipo	Dip/Dir
Seco	En sentido			
Humedo	En contra			
Mojado	45°-90° (-0)			
Goteo	20°-45° (-2)			
Flujo	PARALELO			
	45°-90° (-12)			
	20°-45° (-5)			

R.M.R.: *36*
 R.M.R. (Ajustado):

SOSTENIMIENTO

Recomendaciones:
 Deredado de Kean Suellos: Suellos
 Snt. Malla Spot, al Capa de Shotcrete de 3" pulgada
 todo la sección, desde Cumbra al Topo.

Mail. Correccións: *Se cumplen con indicación*

% DE CUMPLIMIENTO: FECHA DE CUMPL.: *15/03/11*

[Signature] Supervisor de Turno

14-20-13-0024

Img. N° 32 Ajuste

En la Unidad Minera Poracota se aplica la Geomecánica teniendo como objetivos fundamentales:

- Mejorar las condiciones de estabilidad para la seguridad de los trabajadores ya sean obreros e ingenieros que permanecen en el interior de las labores subterráneas y las maquinarias.
- Se debe asegurar que las labores subterráneas en la Unidad Minera Poracota cumplan con la función para la cual fueron diseñadas.
- Por lo general se tiene la consigna de reducir los gastos de sostenimiento, pero eso depende del terreno en el cual se encuentra la mineralización, ya que en esta Unidad Minera dependiendo del tipo y calidad de roca se puede determinar qué tipo de sostenimiento se tiene que utilizar.

3.5 Tablas Geomecánicas

El sistema de clasificación geomecánica (R.M.R.) permite hacer la clasificación del macizo rocoso in situ y estimar el tiempo de autosostenimiento de una labor ya sea permanente o temporal. Por lo general el R.M.R. se obtiene estimando nueve parámetros: El R.U.C (Mpa), el R.Q.D. (%), el space (m), la persistencia, la apertura, la rugosidad, el relleno, el tipo de alteración y la cantidad de agua.

Al resultado de cada uno de estos parámetros en el formato de Clasificación Geomecánica se le asigna según las tablas indicadas anteriormente, un valor y se suman todos ellos para obtener el índice de calidad R.M.R. El factor de ajuste definido cualitativamente, depende de la orientación de las discontinuidades y tiene valores distintos. El índice de R.M.R. se obtiene de restar a los valores el factor de ajuste, este valor puede variar entre 0 y 100 y define cinco clases de rocas designadas con números romanos que se corresponden a cinco calidades del macizo rocoso: muy buena, buena, media, mala y muy mala. Una vez determinado el tipo de roca se procede a las recomendaciones del Geomecánico, dependiendo como se cataloga la labor (permanentes y temporales) para determinar el tipo de sostenimiento a utilizar.

El sistema RMR es presentado en la siguiente Tabla.

A. PARAMETROS DE CLASIFICACIÓN Y SUS VALORACIONES							
Parámetro		Rango de valores					
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de carga puntual	> 10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Para este rango bajo, es preferible el ensayo de compresión uniaxial
		Resistencia compresiva uniaxial	> 250 Mpa	100 - 250 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50 Mpa	5 - 25 MPa 1 - 5 MPa < 1 MPa
	Valoración		15	12	7	4	2 1 0
2	Calidad de testigo de perforación RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%
		Valoración	20	17	13	8	3
3	Espaciamiento de discontinuidades		> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	60 - 200 mm	< 60 mm
		Valoración	20	15	10	8	5
4	Condición de las discontinuidades		Superficies muy rugosas no continuas Cerradas, sin apertura Paredes rocosas sanas	Superficies ligeram. rugosas Apertura < 1 mm Paredes ligeramente intemperizadas	Superficies ligeram. rugosas Apertura < 1 mm Paredes altamente intemperizadas	Espejo de falla o panizo < 5 mm de espesor Apertura de 1 - 5 mm Juntas continuas	Panizo suave > 5 mm de espesor o apertura > 5 mm Juntas continuas
		Valoración	30	25	20	10	0
5	Agua subterránea		Ninguno	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125
		Flujo por 10 m de longitud de túnel (l/m) Presión de agua / principal máximo Condición general	0 Completamente seco	< 0.1 Húmedo	0.1 - 0.2 Mojado	0.2 - 0.5 Goteo	> 0.5 Flujo
	Valoración	15	10	7	4	0	

Tabla 01 parámetros de clasificación y sus valores

B. AJUSTE DE LA VALORACIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES (Ver F)						
Parámetro		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Valoraciones	Túneles y minas	0	- 2	- 5	- 10	- 12
	Cimentaciones	0	- 2	- 7	- 15	- 25
	Taludes	0	- 2	- 25	- 50	
C. CLASE DE MASA ROCOSA DETERMINADAS POR LAS VALORACIONES TOTALES						
Valoración	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 21	
Número de clase	I	II	III	IV	V	
Descripción	Roca muy buena	Roca buena	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala	
D. SIGNIFICADO DE LAS CLASES DE ROCAS						
Número de clase	I	II	III	IV	V	
Tiempo de auto sostenimiento	20 años span 15 m	1 año span 10 m	1 semana span 5 m	10 hrs span 2.5 m	30 minutos span 1 m	
Cohesión de la masa rocosa KPa	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100	
Ángulo de fricción de masa rocosa	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°	

Tabla 02 Ajustes de la valoración por orientación de las discontinuidades.

E. PAUTAS PARA LA CLASIFICACION DE LAS CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Longitud de discontinuidades (persistencia)	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m
Valoración	6	4	2	1	0
Separación (apertura)	Cerrada	< 0.1 mm	0.1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeram. rugosa	Lisa	Espejo de falla
Valoración	6	5	3	1	0
Relleno (panizo)	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5mm	Relleno suave < 5 mm	Relleno suave > 5 mm
Valoración	6	4	2	1	0
Intemperización	Sana	Ligera	Moderada	Muy intemperiz.	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
F. EFECTO DE LA ORIENTACION Y BUZAMIENTO DE LAS DISCONTINUIDADES EN TUNELERIA					
Rumbo perpendicular al eje del túnel			Rumbo paralelo al eje del túnel		
Avance con el buzam. Buzam. 45 - 90°	Avance con el buzam. Buzam. 20 - 45°		Buzamiento 45 - 90°	Buzamiento 20 - 45°	
Muy favorable	Favorable		Muy desfavorable	Moderado	
Avance contra el buzam. Buzam. 45 - 90°	Avance contra el buzam. Buzam. 20 - 45°		Buzamiento 0 - 20° , independiente del rumbo		
Moderado	Desfavorable		Moderado		

Tab. 03. Pautas para la clasificación de las condiciones de las discontinuidades

EJEMPLOS:

- Para una determinado macizo rocoso se tienen los siguientes parámetros:

		Valor
• Resistencia compresiva:	45 Mpa	4
• RQD:	45 %	8
• Espac. de las descont.:	0.6 - 0.2 m	15
• Condición de las discontinuidades:		
Persistencia	3-10 m	2
Apertura	0.1- 1.0 mm	4
Rugosidad	Ligera	3
Relleno	Suave < 5 mm	1
Alteración	Moderada	3
• Presencia de agua:	Húmedo	10
• Orientación de la labor	Muy desfav.	-12
		RMR=38

- Para una determinado macizo rocoso se tienen los siguientes parámetros:

		Valor
• Resistencia compresiva:	90 Mpa	7
• RQD:	45 %	8
• Espac. de las descont.:	0.06 - 0.2 m	15
• Condición de las discontinuidades:		
Persistencia	3-10 m	2
Apertura	0.1- 1.0 mm	4
Rugosidad	Ligera	3
Relleno	Suave < 5 mm	1
Alteración	Ligera	5
• Presencia de agua:	Húmedo	10
• Orientación de la labor	Muy desfav.	-12
		RMR=43

MUESTRA CUADRO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ROCAS

TIPO	R.M.R.	CALIDAD
I	81 – 100	EXCELENTE
II	61 – 80	MUY BUENA
III-A	51 – 60	BUENA
III-B	41- 50	MEDIA
IV-A	31 – 40	MALA -A
IV-B	21 – 30	MALA-B
V	0 – 20	MUY MALA

Cuadro N° 17 Diferentes tipos de rocas

En la Mina Poracota por lo general de acuerdo a los planos de zoneamiento se ha determinado los diferentes tipos de rocas:

- En el nivel 4600 se ha determinado los tipos de roca (Tufo Polacota): IIIA, (Tufo Polacota) IIIB, (Ignimbrita) IV A, (Ignimbrita) IV B.
- En el nivel 4660 se ha determinado los tipos de roca: (Tufo Polacota): IIIA, (Tufo Polacota) IIIB, (Ignimbrita) IV A, (Ignimbrita) IV B
- En el nivel 4720 se ha determinado mayormente los tipos de roca: (Tufo Polacota): IIIA, (Tufo Polacota) IIIB, (Ignimbrita) IV A, (Ignimbrita) IV B En el nivel 4785 se ha determinado los tipos de roca: (Tufo Polacota): IIIA, (Tufo Polacota) IIIB, (Ignimbrita) IV A, (Ignimbrita) IV B

3.5.1 Cartilla Geomecánica Actual

Hasta la fecha se ha estado difundiendo a todo el personal el uso de cartillas de Geomecánica de tal manera que se familiaricen con los códigos de colores para los diferentes tipos y calidades de roca en sus respectivas labores tanto temporales como permanentes. Esta cartilla es utilizada para la clasificación del macizo rocoso en toda la Mina Poracota en la cual se detalla el tipo de roca, la calidad de la roca (img. N° 44), el color (img N° 45), el valor del RMR (Valoración del Macizo Rocosos) (img. N° 46), características de cómo puede diferenciarse una roca de otra y por último se detalla la resistencia de la roca.



TIPO DE ROCA		RMR BIENIAWSKI	CALIDAD DE LA ROCA	FIGURA RELACIONADA	CARACTERISTICAS	RESIST. DE LA ROCA
TIPO	COLOR					
III	III-A	51 - 60	REGULAR "A"		Roca de regular dureza , con regular a mayor cantidad de fracturas,ligeramente a moderadamente alterada , pequeñas fallas con panizo , terreno con ligero humedecimiento.	Se requiere varios golpes firmes con el martillo del Geologo para romper la muestra.
	III-B	41 - 50	REGULAR "B"		Roca poco blanda con regular a mayor cantidad de fracturas , ligeramente a moderadamente alterada , pequeñas fallas con panizo , terreno con goteo ocasional.	Se requiere dos golpes firmes con el martillo de Geologo para producir fracturamiento.
IV	IV-A	31 - 40	MALA "A"		Roca blanda que presenta muchas fracturas ,roca alaterada, fallas un poco significativas con panizo y goteo de agua .	Se puede rayar o desconchar con una navaja.La muestra se rompe con un 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 constante de agua.	Se indenta profundamente
V	V	0 - 20	MUY MALA		Roca muy blanda completamente triturada , intensamente alterada , goteo o flujo constante de agua .	Se disgrega o indenta profundamente

Fig. Nº 33 Sistema de clasificación del macizo rocoso

TIPO DE ROCA		RMR BIENIAWSKI	CALIDAD DE LA ROCA	EXCAVACIONES	
TIPO	COLOR			LABOR TEMPORAL	LABOR PERMANENTE
III	III-A	51 - 60	REGULAR "A"	Si requiere algun perno esporadico (split set) de 3',5' y 7' de longitud	Sostenimiento esporadico si el terreno lo requiere , con pernos helicoidales (con resina o cemento) de 5' , 7' de longitud(dependera del ancho de labor)
	III-B	41 - 50	REGULAR "B"	Sostenimiento con split set de 5' , 7' de longitud mas Malla electrosoldada de 3"x3" en condiciones normales de esfuerzo .En condiciones de altos esfuerzo reforzar con una capa de shotcrete simple 3" de espesor.	Sostenimiento con Malla electrosoldada de 3"x3" y pernos helicoidales de 5' , 7' de longitud con resina mas una capa de shotcrete simple de 3" de espesor.
IV	IV-A	31 - 40	MALA "A"	Cuadros de madera espaciadas de 0.80 a 1.0mts de distancia, de ser necesario lanzar una capa de shotcrete de 3" de espesor como preventivo.	Cimbras tipo 6W20 o equivalente (*), espaciadas de 0.8 a 1.2mts de distancia, previamente una capa de shotcrete reforzado con fibras de acero de 3" de espesor como preventivo, avanzar con spilling bar de fierro corrugado de 1" de diametro
	IV-B	21 - 30	MALA "B"	Lanzar una capa de shotcrete de 4" de espesor como preventivo, cuadros de madera espaciados de 0.60 a 0.80mts de distancia , avanzar con marchavantes.	Cimbras de 6W20 o equivalentes (*), espaciadas de 0.60 a 0.80mts de distancia ,previamente una capa de shotcrete reforzado con fibras de acero de 3" de espesor como preventivo,avanzar el frente con spilling bar de fierro corrugado de 1" de diametro 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 espaciadas menor a 0.60mts de distancia , avanzar el frente con marchavantes.	Cimbras tipo 6W20 o equivalente (*), espaciadas menor a 0.60mts de distancia , previamente una capa de shotcrete reforzado con fibras de acero de 4" de espesor preventivo ,avanzar el frente con marchavantes de riel







(*) En el caso que se atravezse un tramo de rocas expansivas usar CIMBRAS con INVERT

Fig. Nº 34 Sostenimiento en labores del avance

 TIEMPO DE AUTOSOSTENIMIENTO POR TIPO DE ROCA PARA TAJEOS						
TIPO DE ROCA	RMR	CALIDAD	FIGURA	Tajeos de hasta 5mts de Ancho		Tajeos Mayores a 5mts de Ancho
TIPO	COLOR	DE LA ROCA	RELACIONADA			
III	III-A	51 - 60	REGULAR "A"		25 Dias	4 Dias
	III-B	41 - 50	REGULAR "B"		2.5 Dias	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

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

Fig. N° 35 Tiempo de autosostenimiento por tipo de roca para tajeos

 TIEMPO DE AUTOSOSTENIMIENTO POR TIPO DE ROCA PARA LABORES DE AVANCE						
TIPO DE ROCA	RMR	CALIDAD	FIGURA	Tiempo de Autosostenimiento		
TIPO	COLOR	DE LA ROCA	RELACIONADA			
III	III-A	51 - 60	REGULAR "A"		1.5 Meses	
	III-B	41 - 50	REGULAR "B"		5 Dias	
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 (Hoek& Brown-1980)

Fig. N° 36 Tiempo de autosostenimiento por tipo de roca para labores de avance

El Área de Geomecánica elaboro UNA NUEVA CARTILLA GEOMECANICA DE SOSTENIMIENTO, ya que se observó en las distintas labores la necesidad de optimizar el sistema de sostenimiento. Para lo cual se visitaron las labores donde se realizaban los avances e insitu; se recolecto toda la información sobre el tipo y la calidad de roca, orientación de fracturas y fallas importantes así como las características de las discontinuidades realizando la clasificación Geomecánica haciendo uso del formato que utiliza la Unidad

Minera Poracota, llegando a la conclusión que se podía optimizar el sistema de sostenimiento activo y pasivo.

Esta nueva cartilla nos servirá para poder mejorar la distribución de nuestros elementos de sostenimiento, en las diferentes labores (temporales y permanentes) y para optimizar el tipo de sostenimiento que emplearemos en las diferentes secciones que seguimos (sección 2.7x2.7 m, 3.0x3.0 m, 3.5x3.5 m, 3.7x3.5 m, secciones mayores a 5 m.). Siendo el diseño de esta cartilla de forma clara y entendible para que el obrero pueda conocer y entender el comportamiento real del macizo rocoso in situ.

3.5.2 Cartilla Geotécnica Propuesta

TABLA GEOMECÁNICA Y TIPO DE SOSTENIMIENTO - MINA PORACOTA

Código de Colores	Tipo de Roca	Descripción	Valuación Índice RMR		SOSTENIMIENTO
			De	A	
Amarillo (A)	III A	Regular "A"	51	60	Según Sección de Excavación
Anaranjado (B)	III B	Regular "B"	41	50	Según Sección de Excavación
Rojo (C)	IV A	Mala "A"	31	40	Según Sección de Excavación
Marrón (D)	IV B	Mala "B"	21	30	Según Sección de Excavación

LABORES TEMPORALES SECCIÓN DE LABOR 2.7 X 2.7 m.

Código de Colores

TIPO DE SOSTENIMIENTO

A	Pernos de Fricción 5' Sistemáticos a 1.5 x 1.5 m.
B	Pernos de Fricción 5' Sistemáticos a 1.5 x 1.5 m. + Malla 1.7 x 6.2 m.
C	Pernos de Compresión 5' Sistemáticos a 1.3 x 1.3 m.+ Malla(Sección 1.5x6.7 m.) + Shotcrete Estructural. 3"
D	Pernos de Compresión 5' Sistemáticos a 1.3 x 1.3 m. + Malla 1.5 x 6.7 m.+ Shotcrete Estructural 4"

LABORES TEMPORALES SECCIÓN DE LABOR 3.0 X 3.0 m.

Código de Colores

TIPO DE SOSTENIMIENTO

A	Pernos de Fricción 5' Sistemáticos a 1.5 x 1.5 m.
B	Pernos de Fricción 5' Sistemáticos a 1.5 x 1.5 m. + Malla 1.7 x 6.2 m.
C	Pernos de Compresión 5' Sistemáticos a 1.3 x 1.3 m.+ Malla 1.5 x 6.7 m. + Shotcrete Estructural. 3"
D	Pernos de Compresión 5' Sistemáticos a 1.3 x 1.3 m. + Malla 1.5 x 6.7 + Shotcrete Estructural 4"

LABORES TEMPORALES SECCIÓN DE LABOR 3.7 X 3.5 m.

Codigo de Colores

TIPO DE SOSTENIMIENTO

A	Pernos de Fricción 5' Sistemáticos a 1.5 x 1.5 m.
B	Pernos de Fricción 5' Sistemáticos a 1.5 x 1.5 m. + Malla 1.7 x 7.7 m.
C	Pernos de Compresión 5' Sistemáticos a 1.3 x 1.3 m.+ Malla 1.5 x 8.0 m. + Shotcrete Estructural. 3"
D	Pernos de Compresión 5' Sistemáticos a 1.3 x 1.3 m. + Malla 1.5 x 8.0 m. + Shotcrete Estructural 4"

LABORES TEMPORALES SECCIÓN MAYORES A 5 m.

Codigo de Colores

TIPO DE SOSTENIMIENTO

A	Pernos de Fricción 7' Sistemáticos a 1.5 x 1.5 m.
B	Pernos de Fricción 7' Sistemáticos a 1.5 x 1.5 m. + Malla 1.7 x 6.2 m. (Relajamiento hasta 1.2 m.) + Wood Pack Simple espaciado de 4 a 5 m. + Jack Pack
C	Pernos de Compresión 7' Sistemáticos a 1.3 x 1.3m + Malla 1.5 x 5.4 m. (Relajamiento de 1.2 hasta 1.8m) + Shotcrete Estructural 3" + Wood Pack Simple espaciado de 4 a 5 m.+ Jack Pack
D	Pernos de Compresión 7' Sistemático a 1.3 x 1.3m + Malla 1.5 x 5.4 m. + Shotcrete Estructural 4" + Wood Pack Simple espaciado de 4 a 5 m. + Jack Pack

LABORES PERMANENTES SECCIÓN DE LABOR 2.7 X 2.7 m.

Codigo de Colores

TIPO DE SOSTENIMIENTO

A	Pernos de Fricción 5' Sistemáticos a 1.5 x 1.5 m.
B	Pernos de Fricción 5' sistemáticos a 1.5 x 1.5 m. + Malla 1.7 x 6.2 m.
C	Pernos de Compresión 5' Sistemáticos a 1.3 x 1.3 m. + Malla 1.5 x 6.7 m. + Shotcrete Estructural. 3"
D	Shotcrete Estructural 3" + Cimbras de 6W20 o equivalentes (*) espaciamiento de 0.6x0.8 m. + Spilling bar de 1" + marchavantes de riel

LABORES PERMANENTES SECCIÓN DE LABOR 3.0 X 3.0 m.

Codigo de Colores

TIPO DE SOSTENIMIENTO

A	Pernos de Fricción 5' Sistemáticos a 1.5 x 1.5 m.
B	Pernos de Fricción 5' Sistemáticos a 1.5 x 1.5 m. + Malla 1.7 x 6.2 m.
C	Pernos de Compresión 5' Sistemáticos a 1.3 x 1.3 m. + Malla 1.5 x 6.7 m. + Shotcrete Estructural. 3"
D	Shotcrete Estructural 3" + Cimbras de 6W20 o equivalentes (*) espaciamiento de 0.6x0.8 m. + Spilling bar de 1" + marchavantes de riel

LABORES PERMANENTES SECCIÓN DE LABOR 3.7 X 3.5 m.

Codigo de Colores

TIPO DE SOSTENIMIENTO

A	Pernos de Fricción 5' Sistemáticos a 1.5 x 1.5 m.
B	Pernos de Fricción 5' Sistemáticos a 1.5 x 1.5 m. + Malla 1.7 x 7.7 m.
C	Pernos de Compresión 5' Sistemáticos a 1.3 x 1.3 m. + Malla 1.5 x 8.0 m. + Shotcrete Estructural. 3"
D	Shotcrete Estructural 3" + Cimbras de 6W20 o equivalentes (*) espaciamiento de 0.6x0.8 m. + Spilling bar de 1" + marchavantes de riel

LEYENDA

Pernos de Fricción	Split Set
Pernos de Compresión	Hydrabolt
Shotcrete Estructural	Shotcrete con Fibra Metálica 30 Kg/m3.
Malla	Malla Electro-soldada cocada 3"x3" Alambre nº 10
Cimbras Metálicas	Cimbras Metálicas de 6"x6"x 20 Libras por pie.
Jack Pack	Es un elemento Pre-tensionado de dimensiones 0.75 x 0.75 m. y 1.0 x 1.0 m.
Wood Pack	Paquetes de madera 0.6 x 0,2 x 1.0 m.
Spilling bar	Elemento de fierro corrugado de 5" y 7"

(*) En el caso que se atravesase un tramo de rocas expansivas usar CIMBRAS con INVERT.

Por último se presenta la cartilla geomecánica práctica para determinar el tipo de roca que se utiliza en la Unidad Minera Poracota, esta cartilla usa criterios geomecánicos básicos que el colaborador pueda identificar en su labor.

CRITERIOS GEOMECANICOS BASICOS		DESCRIPCION	HERRAMIENTA A USAR	TIPO DE ROCA	CRITERIOS GEOMECANICOS BASICOS				
APLICANDO EL METODO "RAFO"	R	RESISTENCIA DE LA ROCA	BARRETILLA	III	R	Resistencia Media			
					A	Alteracion Silica			
	A	ALTERACION DE LA ROCA			F	Moderadamente Fracturada			
					O	Fracturas con Rumbo perpendicular al eje de excavacion: A. Avance en direccion del buzamiento			
	F	FRACTURAMIENTO DE LA ROCA			FLEXOMETRO	IV	R	Resiste Baja	Resistencia Media
							A	Alteracion Argilica	Alteracion Silica
							F	Muy Fracturada	Muy Fractura
	O	ORIENTACION DE LA FRACTURAS					O	Fracturas con Rumbo perpendicular al eje de excavacion: A. Avance en direccion del buzamiento y B.Avance en contra de la direccion de buzamiento. Fracturas con Rumbo paralelo al eje de excavacion	Fracturas con Rumbo perpendicular al eje de excavacion: A. Avance en direccion del buzamiento y B.Avance en contra de la direccion de buzamiento. Fracturas con Rumbo paralelo al eje de excavacion

EN UN TIPO DE ROCA III Y IV EL DESATADO Y REDESATADO SE REALIZARA CUANTAS VECES SEA NECESARIO

Fig. Nº 37 Cartilla Geomecánica para determinar el tipo de roca

EJEMPLOS:

- Para un determinado macizo rocoso se aplica el Método "RAFO":

CRITERIO GEOMECANICO	DATO
• "R" Resistencia de la Roca:	Existe rebote al golpe con la Barretilla de punta.
• "A" Alteración de la Roca:	Coloración oscura y al contacto con los dedos es rugosa.
• "F" Fracturamiento de la Roca:	10 fracturas por metro lineal.
• "O" Orientación de las Fracturas:	Fracturas con Rumbo perpendicular y avance en dirección del buzamiento

Según datos de campo el tipo de roca es III.

- Para un determinado macizo rocoso se aplica el Método “RAFO”:

CRITERIO GEOMECANICO	DATO
• “R” Resistencia de la Roca:	Existe hundimiento superficial al golpe con la Barretilla de punta.
• “A” Alteración de la Roca:	Coloración plomiza y al contacto con los dedos es lisa.
• “F” Fracturamiento de la Roca:	18 fracturas por metro lineal.
• “O” Orientación de las Fracturas:	Fracturas con Rumbo perpendicular y avance en contra del buzamiento

Según datos de campo el tipo de roca es IV.

CAPITULO 4:

TIPOS DE SOPORTES USADOS EN PARACOTA

4.1 Sostenimiento

4.1.1 Definición

Se denomina sostenimiento al conjunto de elementos que se instalan, durante la construcción de una labor subterránea, con el fin de compensar los desequilibrios de los esfuerzos provocados por dicha excavación

4.1.2 Objetivos

Es brindar estabilidad a la roca circundante de una excavación simple como: un tajeo, una galería, un crucero, una estación de pique, una rampa, etc, depende de los esfuerzos y de las condiciones estructurales de la masa rocosa detrás de los bordes de la abertura. El sostenimiento es muy importante porque resuelve el problema de la estructura de la masa rocosa y de los esfuerzos, controlando el movimiento y reduciendo la posibilidad de falla en los bordes de la excavación.

4.1.3 Importancia

El sostenimiento es vital, en la operación. Ya que cualquier excavación realizada en un medio rocoso, produce un desequilibrio en el mismo; al extraer volúmenes de roca, se produce inevitablemente la eliminación del soporte natural de la masa rocosa circundante, esto da origen a la alteración de las condiciones de desequilibrio y produce redistribución de los esfuerzos que actúan sobre el macizo rocoso, generando la inestabilidad en forma de caída o desprendimiento de roca, el sostenimiento se debe instalar de acuerdo al tipo de roca.

4.2 Tipos de Sostenimiento

4.2.1 Sostenimiento Externo - Soporte Externo

Son estructuras que restringen el movimiento del macizo, pero que no están incluidos en él.

Fueron los primeros que se usaron, tal vez desde los comienzos de la minería, tiene como objetivo principal actuar sobre la deformación de la zona inmediata a la excavación y estas pueden ser: cimbras o cerchas de acero, concreto lanzado, y mallas.

4.2.2 Sostenimiento Interno - Soporte Interno - Refuerzo de Roca

Son aquellos que en cierto modo forman parte del macizo rocoso y su función apunta más allá de las cercanías de la excavación: barras de acero, pernos de anclaje, cables.

Es la instalación de pernos, cables u otro tipo de refuerzo en la roca que permita reforzar el macizo rocoso. Son refuerzos de roca todos aquellos elementos que quedan incluidos en el macizo rocoso.

4.2.3 Sistema de Sostenimiento

Es el conjunto de refuerzo y soporte externo.

4.2.4 Esfuerzos en los Sistemas de Soporte

Son los requerimientos a los que se somete a los sistemas de soporte, lo más habitual es que sean fuerzas o presiones, pero hay otras que también se deberían considerar, como la corrosión y temperatura entre otras.

4.2.5 De Refuerzo ó Activos:

Refuerzo de roca con pernos de anclaje

El perno de anclaje consiste de un tubo o barra sólida de acero o fibra. Existen 2 clases de pernos, por adhesión y fricción, cada uno de ellos es explicado a detalle en la Fig N° 38.

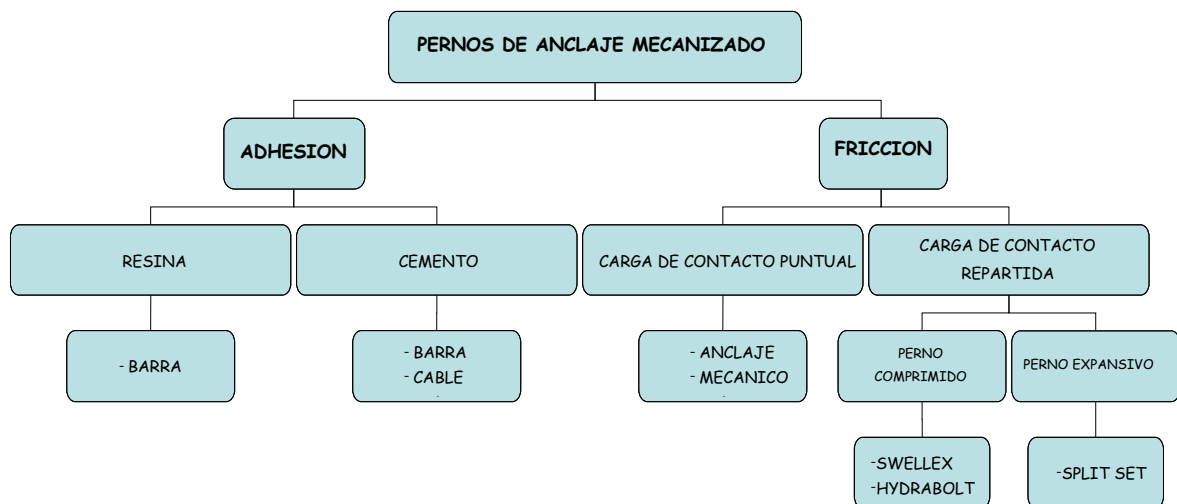


Fig. Nº 38 Clasificación de pernos de anclaje

Secuencia de trabajo del empernado

1. Desatado de roca.
2. Visualización in-situ de la orientación de las fracturas.
3. Instalación de equipos de perforación.
4. Marcado de puntos.
5. Perforación perpendicular a la orientación de fracturas.
6. Instalación de equipo de inyección (en caso de pernos cementados).
7. Colocado o inyección de pernos de roca.

Técnicas de Perforación

- Observación in-situ del área de trabajo y si es posible realizar un nuevo desatado de roca desprendida.
- Seccionamiento de puntos de perforación con pintura de acuerdo al tipo de malla de perforación.
- Instalación adecuada de la máquina perforadora; si la sección de la labor es menor de 2.0 m utilizar máquina perforadora stopper con barra telescópica.
- El diámetro de los taladros debe ser no mayor de 32mm a 38mm (usar barrenos desgastados).

- Orientar de acuerdo a los tipos de diseño de malla de perforación tal como se han descrito anteriormente.

4.2.5.1 Pernos De Fricción

Los pernos de roca considerados de fricción son aquellos que no requieren de otro elemento de adhesión, es decir se instalan solos y se les llaman también pernos activos por que actúan inmediatamente. Dentro de esta clasificación tenemos:

a) **Pernos Split Set**

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, ver Fig. N° 39

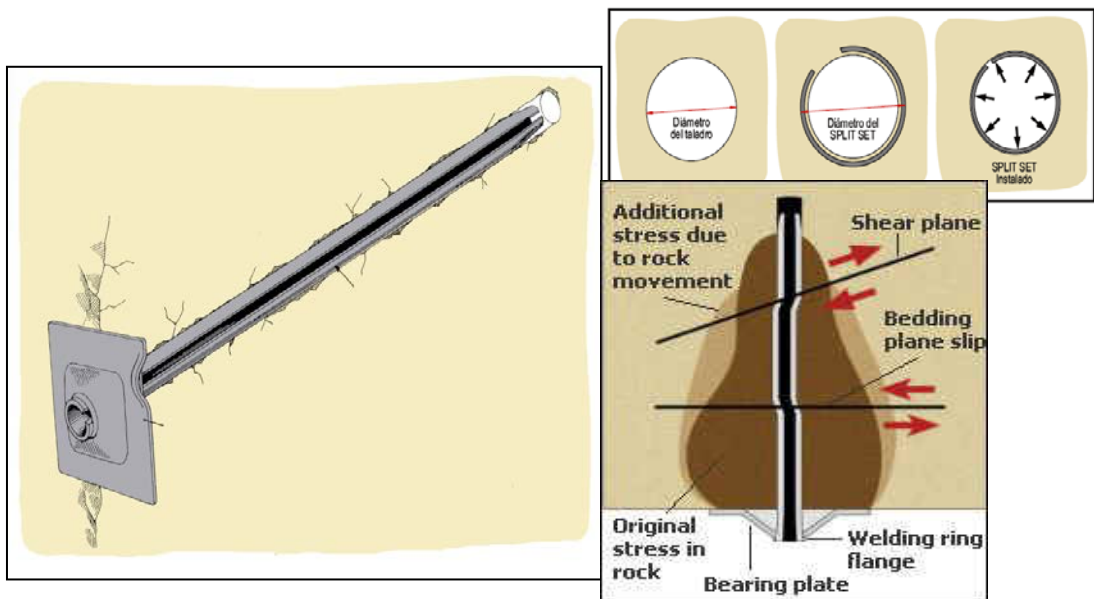


Fig. N° 39 Perno Split Set

- **Instalación:**

Para su instalación correcta, se requiere en primer lugar, realizar los taladros bien orientados con un diámetro adecuado que debe fluctuar entre 4 a 1mm menor que el diámetro del perno, de tal manera que la pared del taladro en toda la longitud actúe con el perno por fricción. La instalación se realiza

mediante un adaptador que por presión y percusión de la máquina perforadora se introduce el perno al taladro (Fig. N° 40).



Fig. N° 40 Instalación del Perno Split Set

- **Ventajas:**

- ✓ Es un perno activo, porque actúa desde el momento de su instalación.
- ✓ Es fácil de instalar cuando se tiene un adaptador adecuado de fábrica.
- ✓ Es económico en comparación con otros pernos.
- ✓ Es empleado en labores de explotación, como tajos y frentes.
- ✓ Actúa excelente cuando la roca es competente y presenta estructuralmente capas con filtración de agua.
- ✓ Por la abertura interna, permite drenar, estabilizando el macizo rocoso con presencia de agua.
- ✓ En el colocado de malla es un buen tensionador.
- ✓ No requiere elemento de adhesión como el perno cementado que necesita de una pasta de cemento y/o resina, etc.

- **Desventajas:**

- ✓ Para una correcta instalación requiere hacer taladros de menor diámetro que del perno.

- ✓ No actúa en terreno suelto, fracturado.
- ✓ Cuando el taladro presenta sinuosidades no se adecua a la forma, por lo que la fricción solamente es puntual entre la pared del taladro y el perno, disminuyendo la capacidad de soporte.
- ✓ La resistencia de soporte solamente alcanza de 6 a 9 TN (estos datos para un perno de 6 pies y un diámetro de taladro 38 mm.).
- ✓ Para su instalación, requiere de un adaptador de fábrica con aire de perforación entre 80 a 90 libras /plg2.
- ✓ Cuando el taladro perforado no está bien orientado el perno no actúa más al contrario ayuda a la inestabilidad.
- ✓ Cuando las longitudes de los split sets son relativamente largos en comparación con el diámetro o ancho de la excavación puede ser dificultosa su correcta instalación.

b) Pernos Swellex

Es un perno de roca que tiene resultados óptimos en macizos rocosos intensamente fracturados a triturados, incluso en arenas confinadas y arcillas (Fig. 41). Se trata de una “bolsa” metálica de acero especialmente tratado para efectos corrosivos, que luego de introducirse en el taladro, se procede a inflar con agua a una presión aproximada de 300 kg/cm², generando fuerzas friccionantes (radiales) por compresión en las paredes de la perforación.

- Diámetros del Swellex: de 25 a 28mm
- Diámetro de taladro óptimo: 32 – 38 mm.

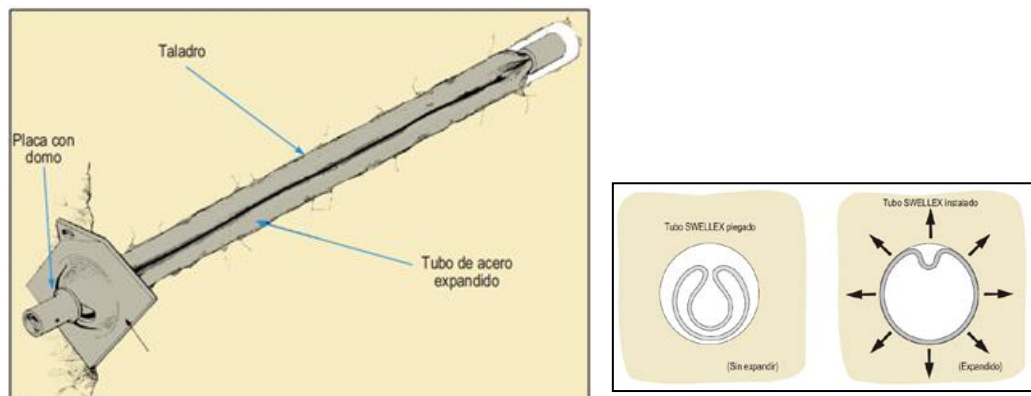


Fig. N° 41. Perno Swellex

- **Instalación:**

- ✓ Realizar varios taladros conforme a la malla de perforación.
- ✓ Instalar la bomba Swellex, conectando primeramente la manguera de agua a la bomba luego el aire.
- ✓ Colocar el perno Swellex con su platina al taladro.
- ✓ Una vez colocado el perno, expandir (inflar) con el chuck del brazo de la bomba Swellex.
- ✓ El manómetro de la bomba Swellex debe indicar de 280 a 300 bares de presión. Cuando se ha llegado a esta presión el perno queda inflado, momento en el cual se debe retirar el chuck de la bocina del perno.

Nota importante:

- Usar agua limpia.
- Al desinstalar la bomba Swellex cerrar primero la válvula de aire, luego el de agua.
- Cada 300 pernos colocados, la bomba debe ingresar a mantenimiento.
- El chuck del brazo de la bomba Swellex y la bocina del perno deben estar completamente limpios.

- **Ventajas:**

- ✓ Existen distintos tipos de swellex, que cubren un amplio rango de aplicación desde rocas duras a suaves y en terrenos muy fracturados.
- ✓ Debido a su gran flexibilidad, se pueden instalar en longitudes de hasta 3 veces la altura de la labor.
- ✓ Su instalación es rápida y sencilla, cuyo efecto de refuerzo es inmediato.
- ✓ Está provisto de arandelas para colocar la malla en cualquier momento.

- **Desventajas:**

- ✓ El principal problema es la corrosión, aunque en las últimas versiones son de acero inoxidable o vienen cubiertas con una capa elástica protectora.
- ✓ Necesariamente tiene que utilizarse una bomba, para la expansión del perno.

4.2.5.2 Pernos de Adhesión

Los pernos de adhesión son aquellos que para ser instalados requieren de un elemento de adhesión así como los pernos helicoidales, fierro corrugado (con variedades como el perno posi-mix), cable boltec, etc. Así mismo son pernos pasivos puesto que requieren de un tiempo para su actuación.

a) Pernos Helicoidales

Consiste en una varilla de fierro acerado de diámetro de 19 mm y 22 mm, que en toda la longitud presenta ranuras helicoidales que para la sujeción se adapta una tuerca hexagonal que son adaptadas a las ranuras helicoidales del perno. Es un perno pasivo puesto requiere de un elementos de adhesión ya sea, resina, cemento u otro material de fragua.

- **Resina:**

La resina es una sustancia compuesta por resina poliéster, sellador, acelerante que viene embolsados tipo salchichas (Fig. N° 42), estas son sustancias de fragua con acelerantes que al ser introducidos al taladro y conjuntamente con el perno helicoidal permiten adherirse al macizo rocoso formando una estructura de soporte.



Fig. N° 42. Cartuchos de Resina

Instalación:

- ✓ Realizar el taladro con orientación adecuada.
- ✓ Introducir la resina al fondo del taladro, ya sea manualmente o mediante un dispositivo de presión.
- ✓ Introducir el perno helicoidal en el taladro con resina, con la ayuda de la máquina perforadora, que mediante el adaptador es impulsado el perno realizando movimiento de rotación y percusión, y a su vez las resinas son mezcladas entre sus sustancias de fragua en toda la longitud del taladro; dependiendo del tiempo de fragua el perno adquirirá resistencia de soporte en el macizo rocoso.
- ✓ Una vez introducida el perno se hará el ajuste correspondiente con la arandela y la placa de sujeción entre la pared de la roca (Fig. N° 43).



Fig. N° 43 *Ajuste de los pernos Helicoidales*

Ventajas:

- ✓ La instalación es sencilla.
- ✓ El perno a pesar de ser de adhesión pasivo, puede actuar desde el momento del fraguado, teniendo en consideración que hay resinas que fraguan instantáneamente.
- ✓ Alcanza hasta los 13 a 18 Toneladas de capacidad de soporte.
- ✓ Es utilizado mayormente en labores principales de extracción inclusive es posible reforzar el macizo rocoso dentro del ciclo del minado.

Desventajas:

- ✓ No es posible emplear cuando el macizo recoso presenta mucha filtración de agua porque la resina es lavada del taladro.
- ✓ Es más costoso que los pernos split set, perno de expansión y pernos de fierro corrugado.
- ✓ Para su colocado requiere de dos dispositivos una para el colocado de la resina y el adaptador para el perno helicoidal.
- ✓ Es un perno pasivo de adhesión porque depende para su actividad del tiempo y grado de fraguado de la resina.

- Cartucho de cemento:

Este material viene a ser un concentrado de cemento embolsado tipo salchicha (Fig. N° 44) que contiene los elementos componentes del cemento y una sustancia desacelerante que no permite fraguar a la temperatura del ambiente.



Fig. N° 44. *Cartuchos de cemento*

Instalación.- Es similar al de la resina.

Ventajas.:

- ✓ Alcanza una capacidad de soporte de 15 a 20 Tn.
- ✓ Su instalación es sencilla tan igual que la resina.
- ✓ El cámbol y la resina son fáciles de transportar ya que se encuentran embolsados tipo salchicha de aproximadamente de 100 gr.
- ✓ Es menos costoso que las resinas.

Desventajas.

- ✓ No es aplicable en macizo recoso con bastante filtración de agua.
- ✓ Es un perno pasivo que para su actividad de soporte depende del tiempo de fraguado.
- ✓ Requiere de dos dispositivos para su instalación; el adaptador y el instrumento de presión para el colocado del cartucho en el interior del taladro.
- ✓ No es posible su aplicación en labores de extracción o de avance por el tiempo de fraguado (requiere mínimamente de 3 días).

- Cementado:

El perno helicoidal cementado como su nombre indica consiste en la utilización de una masa pura de cemento que es adherido en el taladro juntamente con el perno.

Instalación:

- ✓ Previamente se debe perforar con la orientación adecuada y por lo menos 6 taladros.
- ✓ Preparar una mezcla de cemento puro en un recipiente y batir.
- ✓ Preparar la mezcla cemento agua a una proporción de 12 litros por una bolsa de cemento (batir la mezcla hasta lograr una pasta similar al de kolynos). Las relaciones agua vs. cemento pueden varias hasta conseguir la mezcla adecuada.
- ✓ Instalar la bomba manual previa una limpieza de los conductos de salida de mezcla e ingreso de aire.
- ✓ Ingresar la mezcla preparada a la bomba luego tapar esta herméticamente evitando fugas de aire y/o mezcla.
- ✓ Empalmar la manguera de jebe de 1" a la salida de la bomba aproximadamente de 5m, conectar el tubo PVC al taladro perforado. Soltar el aire a la bomba para que la mezcla sea transportada y embebida en la columna del taladro.

- ✓ Introducir el perno helicoidal en el taladro con cemento, evitando que la mezcla fluya del taladro al piso haciendo tapones de papel, ajustar mediante el perno de sujeción la platina contra la pared de la roca.

NOTA IMPORTANTE: Luego de concluido la instalación dejar la bomba bien lavada sin presencia de partículas de cemento.

Ventajas:

- ✓ La resistencia de la capacidad de soporte sobre pasa los 22 Tn.
- ✓ Es empleado para sostenimiento de labores principales sean de acceso principal, cámaras de subestaciones, bodegas, talleres o vestuarios en interior mina, etc.

Desventajas:

- ✓ Para su instalación requiere de una bomba neumática como la dificultad de transporte del cemento a las labores internas de sostenimiento.
- ✓ Requiere de accesorios para el preparado de la mezcla como batea, pala, y agua limpia.
- ✓ El costo unitario es más en comparación de los otros pernos, como, split set, perno de fierro corrugado.
- ✓ Solamente es aplicable en labores donde no influye la voladura.
- ✓ Este tipo de perno es pasivo, por ser de adhesión puesto que depende del fraguado del cemento que normalmente alcanza a las 48 horas de su instalación.

b) Pernos Hydrabolt

Es un perno de fricción, de inmediata instalación (Fig. 45), al que se le inyecta agua a altas presiones (250-300 Bares).

Se expande de los 29mm (día. inicial), hasta los 41mm y debido a su válvula de no retorno, el agua que se mantiene en el interior ejerce presión constante en todo momento, en forma radial a lo largo de la longitud del taladro.

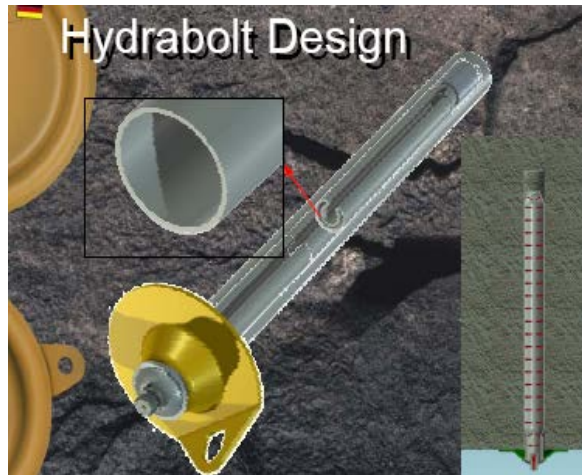


Fig. N° 45 Es un perno de fricción, de inmediata instalación

Alcances:

- Con sólo 1pie inflado correctamente = 10ton. mínimo de soporte
- Sostenimiento inmediato.
- No necesita ningún tipo de aditivo, cemento, resina; se inyecta solamente agua.

- **Instalación:**

- ✓ Inspeccionar la zona de trabajo realizando el IP de campo, llenar el check list diario de operación mina (COEMSA-FO-001) y llenar el plan de trabajo del día, donde debe constar la orden impartida por el supervisor.
- ✓ Delimitar el área de trabajo.
- ✓ Realizar un correcto desatado en los hastiales y de la caja techo.



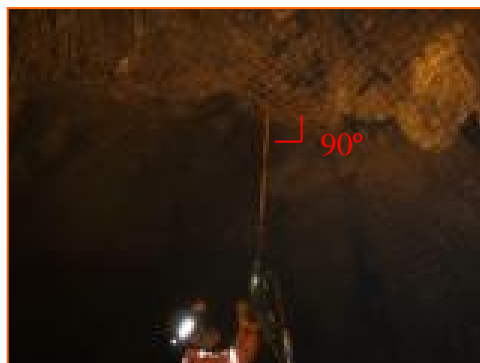
- ✓ Preparar la malla de sostenimiento 6x2 metros.



- ✓ Mida y marque en la malla las posiciones donde serán instalados los pernos HYDRABOLT.



- ✓ Perfore un primer taladro en la caja techo en un ángulo de 90° o lo más cercano posible a este, con un diámetro de broca entre (36-38 mm.).



- ✓ Prepare la bomba de alta presión conectando las mangueras de aire comprimido y agua.

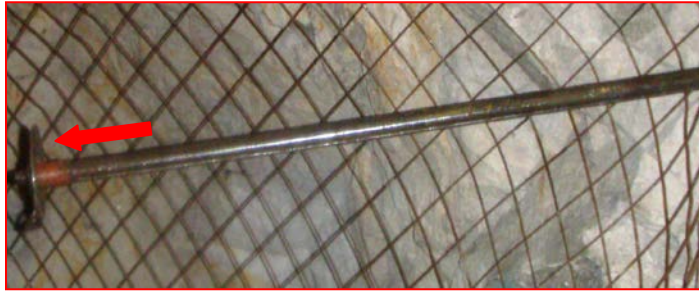


Abrir primero la válvula de ingreso de agua y luego la del aire.

- ✓ Revisar la presión de salida, colocando el manómetro en la boquilla ubicada al final de la manguera y presione el gatillo, debe de estar en una presión de 25-30 Mpa.



- ✓ Revise también las condiciones de cómo se encuentran los pernos de expansión Hydrabolt.
Luego se procede a poner la placa en el Hydrabolt.



- ✓ Se procede a colocar la malla con la ayuda de un bastidor y colocamos el perno Hydrabolt en el primer taladro que realizamos para después quitarle la protección plástica de la válvula.



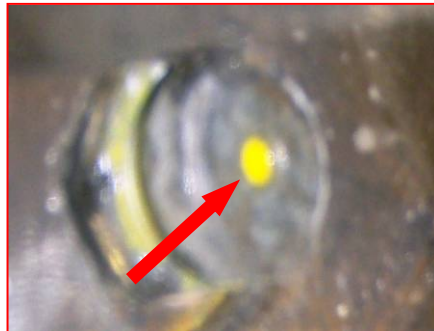
- ✓ Revisamos la válvula que se encuentre limpia y le damos una correcta lavada a la válvula del Hydrabolt.



- ✓ Se coloca la boquilla en la válvula del Hydrabolt.
- ✓ Presione el gatillo de la pistola de seguridad y empieza a bombear agua al perno hydrabolt. Hasta que salga agua por la válvula de alivio de la pistola de seguridad.



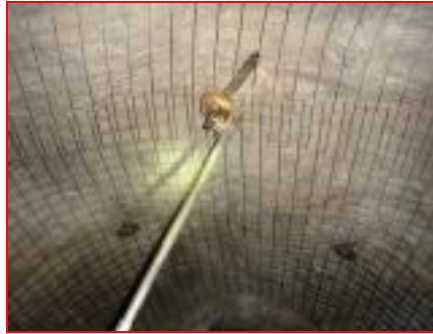
- ✓ Retire la boquilla de la válvula de perno y verifique que es indicador de carga o el pin sean visibles.



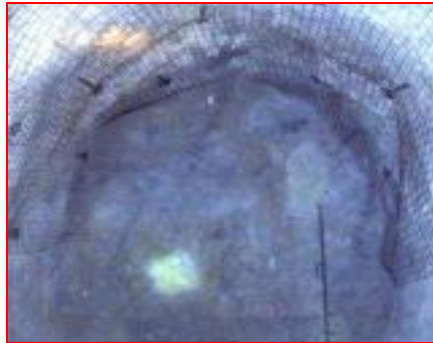
- ✓ Si es terreno es deleznable use la ayuda de un empujador diseñado en mina.



- ✓ Si la caja techo es muy elevada mayor a los 3 metros usemos una extensión telescópica.



- ✓ Luego procedemos a seguir con la perforación de los de más taladros según la ubicación que tenemos en la malla.
- ✓ Y luego se procede con la instalación de los de más pernos.



- ✓ Una vez concluido la instalación de los pernos hydrabolt cerrar la válvula de aire y después la de agua.
- ✓ Después jalar el gatillo de la pistola de pistola de seguridad para despresurizar la bomba.
- ✓ Luego ubique la bomba de alta presión en un lugar limpio y seguro. Hasta su próxima instalación.

Ventajas

- ✓ Presión radial constante.
- ✓ Instalación rápida y fácil.
- ✓ No necesita resina o cemento.
- ✓ No es susceptible a las vibraciones de la Voladura.
- ✓ La carga es distribuida a lo largo de la longitud el perno.
- ✓ Sostenimiento inmediato (Activo).

- ✓ Cuenta con indicador de carga (Pin).
- ✓ Calidad certificada (ISO 9001:2008)
- ✓ Aparte de los controles del diámetro, densidad, orientación, espaciamiento, etc, de los pernos, para verificar la capacidad de soporte de los pernos siempre se debe realizar ensayos de tracción (Fig. N° 46).



Fig. N° 46. *Ensayo de tracción*

4.3 Control de Calidad de Instalación de los Pernos

Al realizar el conteo por unidad; se toman en cuenta los siguientes criterios para su valorización:

- ✓ Orientación del empernado.
- ✓ Densidad del empernado
- ✓ Buena respuesta a pruebas arranque (pernos pasivos)
- ✓ Buena respuesta a pruebas de confinamiento (pernos activos)
- ✓ Espaciamiento de acuerdo a indicaciones.

4.4 De Soporte ó Pasivos

4.4.1 Malla Electrosoldada

Este tipo de malla consiste de una cuadrícula de alambres soldados en sus intersecciones, generalmente de # 10/08, con cocadas de 3"x3", construidas en material de acero negro que pueden ser galvanizada (Fig. N° 47).

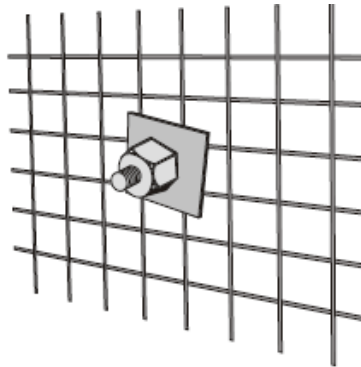


Fig. N° 47 *Malla electrosoldada*

- a) **Instalación.** Su instalación es similar al de las mallas eslabonadas. (Fig. N° 48).



Fig. N° 48. *Malla electrosoldada instalada*

b) Ventajas.- Tiene las mismas ventajas de la malla eslabonada excepto:

- ✓ Esta malla es recomendada para su uso como refuerzo del concreto lanzado (shotcrete), porque evita el rebote.

c) Desventajas.- Tiene las mismas desventajas de la malla eslabonada excepto:

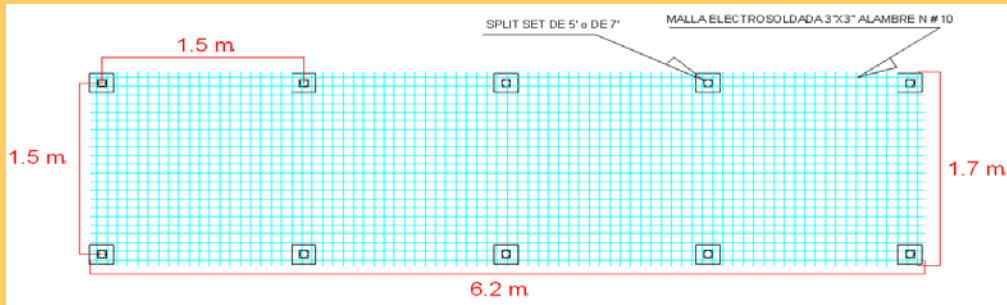
- ✓ Por la forma electrosoldada es menos flexible que las mallas eslabonadas.

4.4.2 Malla Electrosoldada en Rollo



Fig. N° 49 *Instalación de malla electrosodada en rollo.*

Instalación:

PROCEDIMIENTO	
	SOSTENIMIENTO EN GALERÍAS, CRUCEROS, ESTOCADAS.
	1. Mantener ordenada y limpia la labor.
	2. Inspeccionar la zona de trabajo realizando el IP de campo, llenar el check list diario de operación de mina (COEMSA-FO-001), check list de máquina perforadora (COEMSA-FO-005) y elaborar la orden de trabajo del día en el cuaderno de reporte, donde debe constar la orden impartida por el supervisor
	3. Realizar el desatado de la labor de acuerdo al PETS (COEMSA-PO-001) - "Desatado de Rocas".
	4. La zona a sostener debe tener piso nivelado o plataforma de trabajo con altura de sostenimiento.
	5. Trasladar el equipo, materiales y herramientas a utilizar.
	6. Realizar el sostenimiento en avanzada, perforar siempre desde una zona ya sostenida.
Pasos:	7. Para la perforación se usara guantes de neoprene. Para el resto de actividades es OBLIGATORIO el uso de guantes de cuero.
	8. Preparar la malla electrosoldada, esta debe cortarse de acuerdo al diámetro de la sección (para Tipo de Roca III-B).
	 <p>El diagrama muestra una malla electrosoldada rectangular con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dimensiones: 1.5 m de altura por 6.2 m de longitud. Material: MALLA ELECTROSOLDADA 3"X3" ALAMBRE N # 10. Configuración: Se indican posiciones para "SPLIT SET DE 5" o DE 7" instaladas a lo largo de la malla. Detalle: Se muestra un recuadro de 1.5 m de altura y 1.7 m de longitud en la parte superior derecha.
	9. Mida y marque en la malla las posiciones donde serán instalados los split set.
	10. Presentar la malla en el área a sostener con ayuda de los bastidores.
	11. Perfore un primer taladro en la corona con un ángulo de 90° o lo más cercano posible a este. Continuar con los demás taladros hasta completar

	con el sellado de la malla.
	12. Posicionar correctamente la máquina y colocar el split set en el taladro preparado. Para empujar la malla contra la superficie rocosa se utilizará un suple para evitar extender el pie de avance.
	13. La platina del split set debe estar siempre en contacto con la malla electrosoldada y esta a su vez a la roca.
	SOSTENIMIENTO EN TAJEOS.
	14. Para realizar el sostenimiento en tajeos, seguir del 1 al 9.
	15. Presentar la malla con ayuda de los bastidores en toda la sección (de hastial a hastial).
	16. Perforar los taladros cada 1.5.m, iniciando de los hastiales inferiores.
	17. Colocar el split set con ayuda de la máquina perforadora con su mandrill, los split set deben ser colocados en forma intercalada, con la finalidad de traslapar la siguiente malla.
	18. Para tener un tensado uniforme, se colocara mini split set, hasta completar el área de la malla.
	19. Al final de la guardia dejar la labor limpia y ordenada.
	20. Reportar los incidentes que puedan ocurrir durante la actividad.
	21. Cumplir con la limpieza del área y la clasificación de residuos sólidos.
	NOTA: Nunca cortar insulsamente la malla si no hay necesidad, para evitar derroche. La plataforma de perforación se utilizará solo para facilitar el trabajo del perforista. Por ningún motivo se utilizará la plataforma para sostener el pie de avance de la máquina perforadora. Se evitará realizar trabajos simultáneos con el ayudante sobre la plataforma.

4.4.3 Concreto Lanzado (Shotcrete)

Es una actividad que consiste en lanzar mezcla de concreto (cemento, aditivo y agregados) mediante una máquina ALIVA empleando un flujo de aire comprimido, hasta la tobera, desde el cual el operador dirige el chorro contra la

superficie de aplicación sobre el cual se adhiere el material de proyección, compactándose al instante por la fuerza del impacto. La proyección del material se puede efectuar por vía seca y húmeda, los cuales se distinguen por la mezcla previamente confeccionada y por el empleo del equipo mecánico.

4.4.3.1 Técnicas de Aplicación de Concreto Lanzado

Las especificaciones de este rubro corresponden a las obras de un concreto simple, según normas ACI 318.83.

Los siguientes factores son determinantes para un eficiente resultado de refuerzo:

- Preparado de área (desatado, lavado y colocado de calibradores).
- Diseño de mezcla, teniendo una injerencia directa la calidad de los materiales.
- Técnicas de aplicación:
 - i. Distancia entre la boquilla del pistón vs. pared de roca (1m- 1.50m).
 - ii. Angulo de orientación del pistón con respecto a la horizontal (0 - 30)
 - iii. Movimiento del pistón (formas elipsoidales)

Por ser de importancia la selección de los materiales para el diseño de mezcla a manera de ejemplo describimos las características de los siguientes materiales:

Cemento.- El cemento a utilizarse será el Portland tipo I que cumpla con las normas ASTM C-150. Debe contarse con un almacenamiento adecuado para que no se produzcan cambios en su composición y características físicas.

Agregados.- Las especificaciones están dadas por las normas ASTM C – 33, para los agregados finos como gruesos, los finos se encuentran en los ríos, o canteras, deben ser limpias, silicosos, resistentes a la abrasión, lustrosos,

libres de polvo; terrones, partículas suaves y escamosas, esquistos, pizarras, álcalis y materiales orgánicos.

La arena utilizada para la mezcla del concreto será bien gradada y al probarse por medio de mallas estándar deberá cumplir los siguientes límites:

MALLA	% QUE PASA
1''	100
½''	90 – 100
3/8	70 - 85
8	50--70
16	35-55
30	20-35
50	8-20
100	2-10

El ejecutor en coordinación con la supervisión deberá extraer muestras representativas de la cantera, debiendo someter a ensayos de abrasión y contenido de micas; siendo éste un requisito indispensable para la aprobación de uso de la cantera.

Cantera de agregados.- La Mina Poracota, debe ubicar una cantera de agregados cercana a su centro de operaciones para emplearla en trabajos de obras civiles y en sostenimiento de mina mediante concreto lanzado.

Los trabajos preliminares a realizarse para su explotación serán:

- Construcción de una caseta para el personal que trabajará.
- Realizar la toma de muestras para su análisis respectivo en laboratorio.

Agua.- El agua a emplearse en la preparación del concreto lanzado en principio debe ser LIMPIA y si es posible potable, libre de sustancias perjudiciales como aceite, ácido, álcalis sales minerales, materiales orgánicas

etc. La supervisión deberá someter a ensayos de laboratorio para determinar el contenido de sulfuros y carbonatos.

Aditivos.- Se usará acelerantes de fragua no Alcalinos con calidad reconocida y comprobada. Así como el Apral, Gunitoc L-33 y otro etc.

ALMACENAMIENTO DE MATERIALES:

Agregados.- Para almacenar el agregado debe existir una cancha de agregados cubierta para evitar el humedecimiento en tiempo de lluvia.

Cemento.- El cemento debe ser almacenado en zona seca cubierta y máximo deben ser consumidas en un tiempo prudencial (30 días desde su almacenamiento en zona seca).

DISEÑO DE MEZCLA

Todo concreto lanzado deberá alcanzar luego de 3 días una resistencia a la compresión uniaxial mínima de 15.3Mpa. (150Kg/cm²) y a los 7 días una compresión uniaxial de 21Mpa. (210Kg/cm²).

Para alcanzar estas especificaciones, la dosificación de cemento y agregados estará en una relación de 1.0: 3.5 en volumen (10 bolsas de cemento para 1 m³ de mezcla). En la dosificación del aditivo acelerantes se debe tener especial cuidado, si se aplica en exceso se obtendrá un concreto de menor resistencia a la compresión (la dosis ideal es el 8 % en volumen de la cantidad de agua y si es en polvo la relación es 1:15 en peso de la cantidad de cemento).

El concreto final deberá tener una densidad de 2,275 Kg/m³ como mínimo. El ejecutor de la obra de sostenimiento debe presentar su diseño de mezcla indicando la calidad de agregados.

TIPOS DE LANZADO DEL CONCRETO

a) Vía seca

Los componentes seco o ligeramente pre-humedecidos, son alimentados a una tolva con agitación continua (Img N° 61). El aire comprimido es introducido a través de un tambor giratorio o caja de alimentación para transportar los materiales en un flujo continuo hacia la manguera de suministro. El agua es adicionado a la mezcla en la boquilla.

Ventajas:

- ✓ Este sistema es el método clásico y no requiere mecanización especializada.
- ✓ Se adapta a las condiciones cambiantes del terreno, sobretodo en presencia de agua.
- ✓ Todos los materiales, incluyendo los aditivos son mezclados previo al recorrido del material por la manguera hasta la tobera.
- ✓ El equipo es más compacto, por lo tanto más adaptable a excavaciones con espacio limitado o sección pequeña.

Desventajas:

- ✓ Requiere gran habilidad del operador para regular manualmente la hidratación de la mezcla cuando llega a la boquilla.
- ✓ Se produce polvo mediante la operación de lanzado.
- ✓ La pérdida por rebote es alta.
- ✓ La producción es relativamente baja en comparación a los otros métodos.

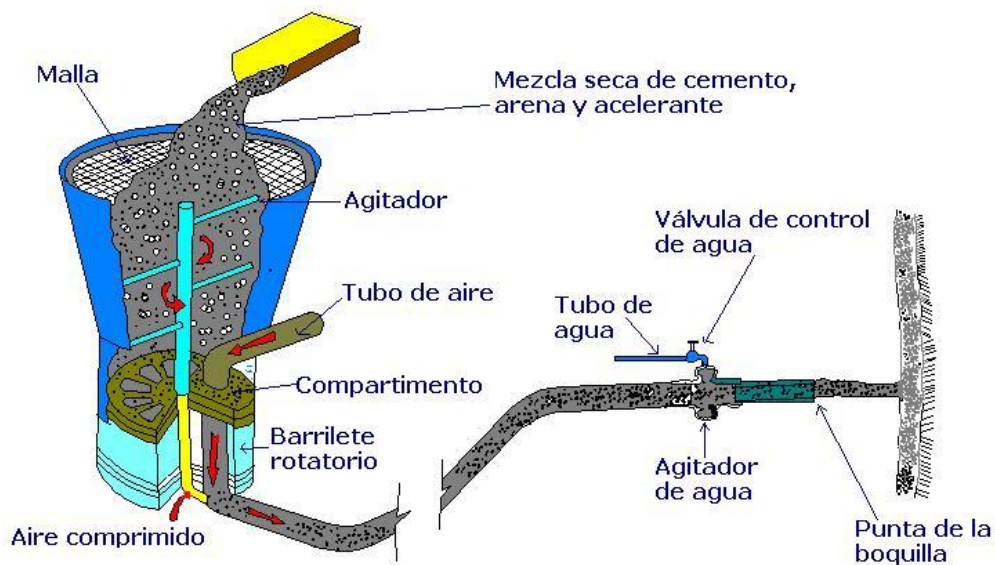


Fig. 50 Operación característica de concreto lanzado de mezcla seca

b) Vía húmeda

Los componentes y el agua son mezclados antes de la entrega a una unidad de bombeo de desplazamiento positivo, la cual luego suministra la mezcla hidráulicamente hacia la boquilla, donde es añadido el aire para proyectar el material sobre la superficie rocosa (Img. N° 62).

Ventajas:

- ✓ Los equipos están diseñados para proyectar altos volúmenes de mezcla en operación continua.
- ✓ Existe menor rebote durante el lanzado.
- ✓ Se puede controlar la relación agua-cemento porque no depende del operador.
- ✓ Se puede controlar la velocidad de impacto de las partículas, porque el operador maneja la regulación de aire durante el lanzado.

Desventajas:

- ✓ La compactación de la mezcla en la pared resulta relativamente menor, porque el aire comprimido necesita mayor energía.

- ✓ La mezcla puede contener agregados hasta ½ pulgada de diámetro como tamaño máximo.
- ✓ No es recomendable este método en operaciones de soporte inmediato, después de la excavación por la discontinuidad de la operación.

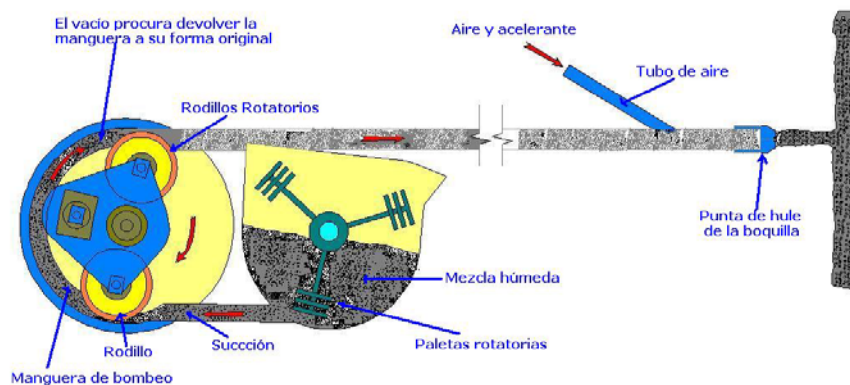


Fig. 51 . Operación característica de concreto lanzado de mezcla húmeda

CONCRETO LANZADO CON FIBRAS

La desventaja del concreto lanzado sin fibras o normal es su baja resistencia a la tensión y muchas veces se le ve agrietado por los movimientos de la roca después del fraguado del concreto. Este problema se puede superar con la colocación de la malla electrosoldada, pero tal instalación requiere tiempo y por lo tanto genera más costos. Debido a esto nació la idea de mezclar directamente el refuerzo de alambre con el concreto durante la aplicación.

El concreto lanzado y las fibras se mezclan en la boquilla, de esta manera se reduce la pérdida de fibra hasta en un 15% y los apelmazamientos. Las fibras deben formar una red tridimensional, en la estructura de concreto. En función con la granulometría que forma la textura, la distancia entre las fibras debe ser muy pequeña.

Las fibras tienen la capacidad considerable de mantener el concreto lanzado unido.

Ventajas:

- ✓ Como material que trabaja a compresión, tiene muy alta resistencia y es bastante económico.
- ✓ Los componentes del concreto (cemento, agregados, agua, etc.) se obtienen con facilidad y en cualquier cantidad.
- ✓ El concreto puede colocarse con facilidad en la mayoría de los lugares.
- ✓ La aplicación (mezclado, transporte, colado) se puede mecanizar, por consiguiente se reduce el costo.
- ✓ Es el material más seguro con respecto a la resistencia al fuego.
- ✓ Debido a que proporciona una superficie lisa en los revestimientos, disminuye la resistencia al flujo del aire.
- ✓ No es afectado por las condiciones atmosféricas, por lo tanto tiene una vida larga.

Desventajas:

- ✓ Se fractura de repente sin previo aviso, lo que no sucede con otras estructuras y elementos de sostenimiento como las cimbras, pernos de anclaje, etc.
- ✓ El concreto fracturado no tiene ningún valor a diferencia del acero o la madera, no se puede volver a utilizar, y por lo tanto se debe eliminar.
- ✓ La utilización del concreto requiere mayor supervisión que la que se necesita para el uso de las otras estructuras y elementos de sostenimiento, dado que sus propiedades de resistencia están en función a su elaboración, cantidad de componentes, tiempo de curado, etc.

Ensayos De Control Para El Efecto De Shotcrete

Alguno de los ensayos que se realizan son:

- Resistencia a la compresión y tracción
- Ensayo de adherencia y Permeabilidad

4.4.4 Cimbras Metálicas

Las cimbras metálicas son utilizadas generalmente para el sostenimiento permanente de labores de avance, en condiciones donde el macizo rocoso está

sometido a altas presiones, debido a ello se encuentra intensamente fracturado y/o muy débil, que le dan una calidad mala a muy mala.

Las cimbras son construidas con perfiles de acero, según los requerimientos de la forma de la sección de la excavación (Fig.52), es decir, en forma de baúl, herradura o incluso circulares, siendo recomendable que éstos sean de alma llena.

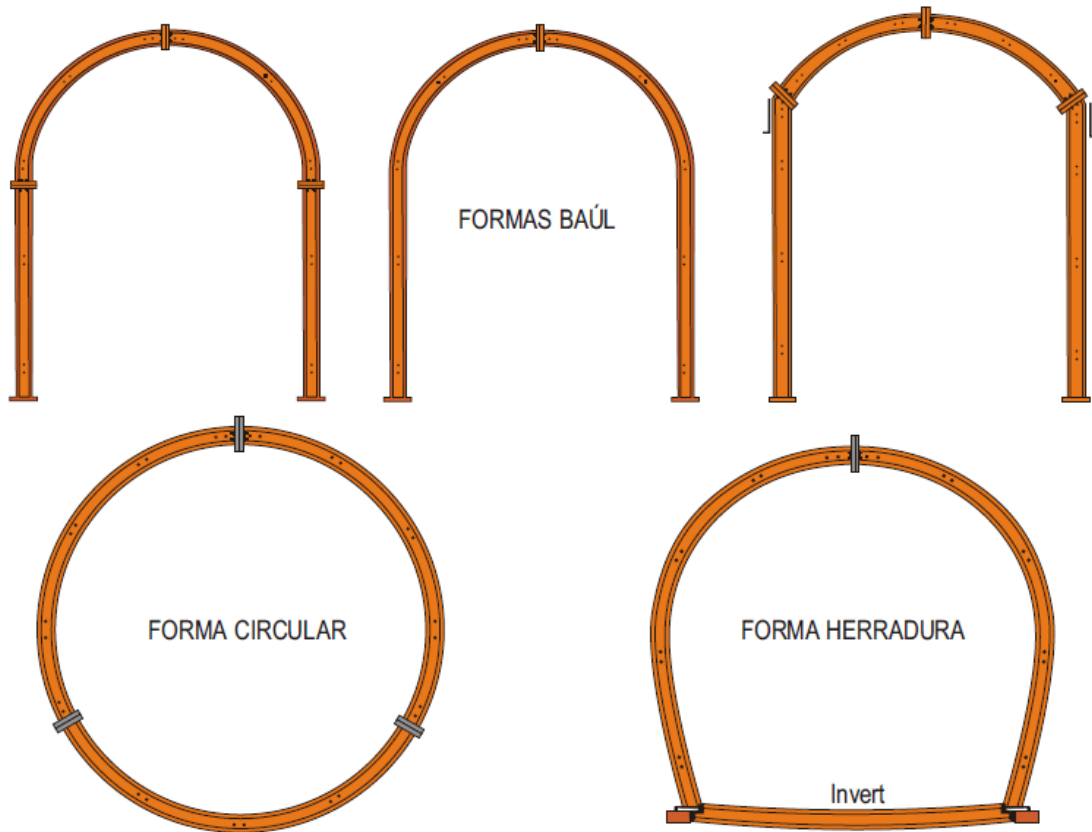


Fig. 52. Secciones para cimbras

4.4.4.1 Accesorios del Sostenimiento con las Cimbras Metálicas

Entre los accesorios del sostenimiento que actúan conjuntamente con las cimbras metálicas tenemos:

Tirantes: conectan a las cimbras, consistentes de varillas de fierro corrugado o liso generalmente de 1 pulgada de diámetro u otro elemento estructural.

Encostillado: Puede ser realizado por planchas metálicas acanaladas o en las minas se utilizan tablonces de madera.

Elementos de bloqueo: Pueden ser la madera o los bolsacretos (sacos conteniendo agregados con cemento, los cuales son rociados con agua para permitir su fraguado una vez colocados entre las cimbras y la pared rocosa); el concreto débil así formado proporciona un adecuado bloqueo para transferir las cargas uniformemente sobre las cimbras (Fig. 53).



Fig. 53. Elementos de bloqueo – bolsacretos

4.4.4.2 Tipos De Cimbras Metálicas

a) Cimbras Rígidas

Usan comúnmente perfiles como la W, H, e I, conformadas por dos o tres segmentos que son unidos por platinas y pernos con tuerca (Fig 54).



Fig. 54. Instalación de Cimbras 6W20

4.4.5 Jackpack Con Wood Pack

El Jackpack es una almohadilla de acero que se expande hidráulicamente (Fig. 55) Trabaja en conjunto con los puntales de madera y/o “cribbing” (woodpack) haciendo la función de pilares o columnas de sostenimiento.

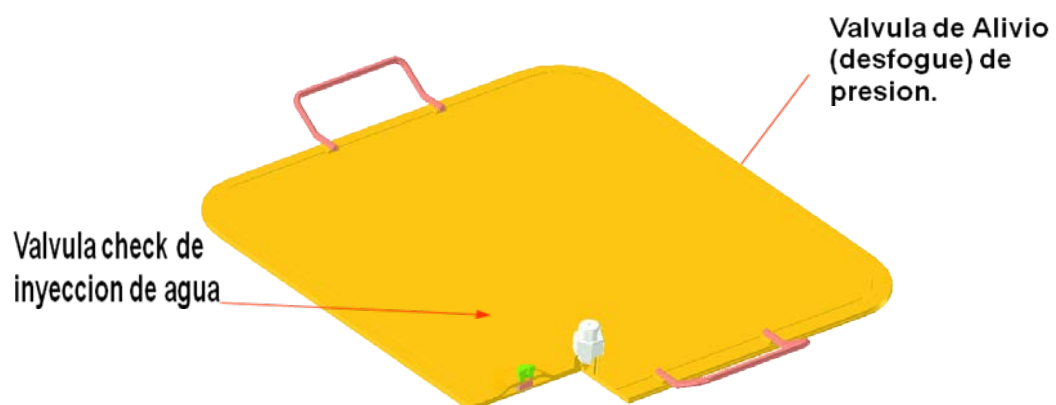


Fig. Nº 55 El Jackpack es una almohadilla de acero que se expande hidráulicamente

Instalación:

- Realizar orden y limpieza en la labor.
- Inspeccionar la zona de trabajo realizando el IP de campo, llenar el check list diario de operación mina (COEMSA-FO-001) y llenar el plan de trabajo del día, donde debe constar la orden impartida por el supervisor.
- Delimitar el área de trabajo según el PETS (COEMSA-PO-043) – Uso de cinta delimitadora de seguridad de color amarillo.
- Realizar el desatado de rocas sueltas según el PETS (COEMSA-PO-001).
- El piso donde se colocará los paquetes de madera debe estar firme y nivelado (material compactado).
- Para iniciar la colocación de los paquetes, estos deberán estar debidamente apilados cerca a la zona donde se armará la estructura.
- Durante la colocación del armado de la estructura, debe realizarse el redesatado de rocas – PETS (COEMSA-PO-027) de acuerdo al tipo y condiciones del terreno.
- Se colocara 2 unidades (Wood pack) frente a frente, formando un cuadrado.
- Los 2 primeros pisos deben estar bien asentados y nivelados, para esto ayudarse con una comba de 6 Lbs. y nivel.
- Para el armado, se deberá usar una plataforma metálica donde se posicionara el maestro que está levantando los paquetes.
- Para izar los paquetes a partir de 1.10.m de altura, se utilizará con carácter obligatorio el sistema cuerda polea descrito el cual estará anclado según estándar. El maestro se ubicará en la parte superior de la estructura sobre una plataforma construida con listones de 2” x 3” haciendo uso del sistema de protección contra caídas, desde donde guiará la operación de izaje; esto deberá hacerse de la siguiente manera:
 - a) Una persona debe amarrar y asegurar el paquete en la parte inferior. Haciendo uso de un gancho metálico adosado a la cuerda de nylon.
 - b) Una vez amarrado el paquete comunicará al tercer hombre para conjuntamente jalar la carga valiéndose de la polea y de la cuerda de nylon.

- c) Durante el izaje deberá existir una comunicación y coordinación permanente entre el maestro y los dos colaboradores que están jalando la cuerda. Estos deberán permanecer alejados de la proyección lineal de la carga en caso de una caída accidental de la misma.
- d) Una vez que se encuentre el paquete en la parte superior, se desatará la cuerda y se soltará para repetir el ciclo de izaje.
- e) El maestro que se encuentra en la parte superior colocará el paquete debidamente nivelado y alineado; para esto hará uso de una comba de 6 Lbs., evitando en todo momento levantar el paquete manualmente.
- f) Continuar con el ciclo colocando los elementos formando una estructura vertical (uso de plomada).

4.4.5.1 Instalación de Backpack Con Wood Pack:

- a) Colocar el backpack luego de alcanzar las $\frac{3}{4}$ partes de la altura total de la estructura, tratando de cubrir toda el área de la estructura con los elementos del wood pack.
- b) La base donde se colocará el backpack debe ser en forma de “cama” de modo que al instalarlo e inyectarle el agua, se infle uniformemente en toda su superficie y trabaje haciendo presión en toda el área por igual.



- c) Desde una posición segura colocar los backpack, estos deberán estar con las válvulas boca abajo y un tanto sobresalidas, dejando espacio para insertar la boquilla del dispositivo de inyección de agua.



- d) Seguir armando la estructura colocando elementos de Wood pack en forma de cama hasta cubrir en su totalidad el jackpack, esto evitará que al momento de inflarse el jackpack se deforme.



- e) Al terminar de armar la estructura, se deberá tener en cuenta que los espacios libres se encuentren lo mas topeado posible a la corona antes de empezar con el inflado.



- f) Insertar en la boquilla del jackpack el manómetro de presión hydrabolt (de 0 a 60 Mpa) para medir la presión que debe estar entre los 25 a 30 Mpa.

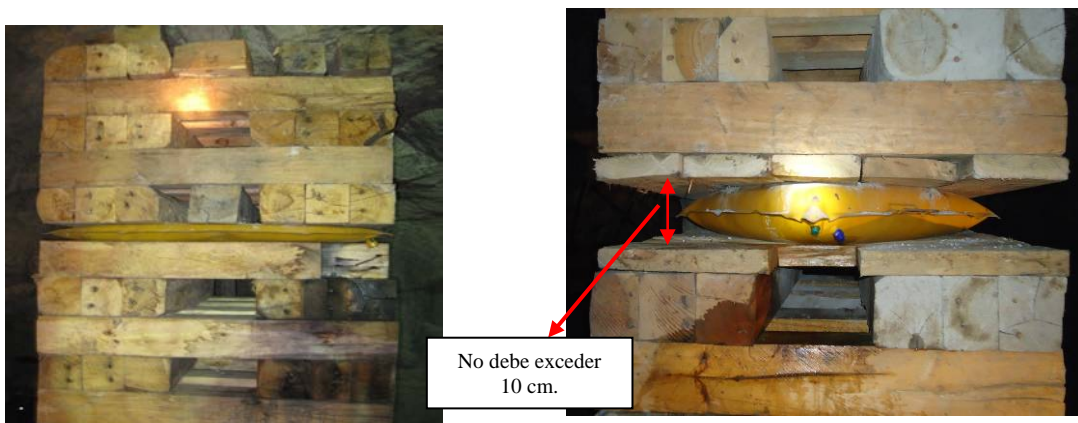


- g) Procedemos a lavar la válvula check de inyección de agua. Luego colocar la boquilla en la válvula de inyección de agua del jackpack.



4.4.5.2 Inflado Del Jackpack:

- Instalación utilizando la bomba de aire: Colocada la boquilla, presione el gatillo en la pistola de seguridad y empiece a bombear el agua al jackpack. Cuando el jackpack empiece a inflarse retírese a una distancia segura y continúe presurizando.
- La altura de inflado del jackpack no debe exceder 10 cm.



- Culminada la presurización, proceder a retirar el equipo de bombeo de alta presión a un lugar seguro previa limpieza.
- Dejar ordenada y limpia la labor cumpliendo con la clasificación de residuos sólidos.
- Reportar todo incidente que se pudo haber producido durante la ejecución de los trabajos.

PROHIBICIONES:

- Nunca usar paquetes en mal estado (rajados o descuadrados).
- Para topear nunca utilizar otro tipo de materiales como: redondos, tablas, listones, rocas u otros. Se deberá utilizar cuñas de madera según estándar.
- Nunca reusar el elemento de sostenimiento jackpack.



Armado de paquetes simples de madera mas Jack pack en labores de explotación.

4.4.6 Gatas Mecánicas

Constituyen unidades de soporte mecánico de los techos de las excavaciones, que funcionan a manera de puntales, generalmente utilizadas en el minado de rocas suaves como es típicamente el minado por frentes largos

en los yacimientos de carbón; sin embargo, en el minado en roca dura tienen algunas aplicaciones, por ejemplo, como elemento auxiliar antes de la instalación de los pernos de roca o para la instalación de la malla metálica y en el minado de vetas de buzamiento echado, tipo manto, para complementar el sostenimiento del techo con pilares naturales. Aisladamente se utilizan para soportar bloques o cuñas potencialmente inestables del techo de los tajeos.

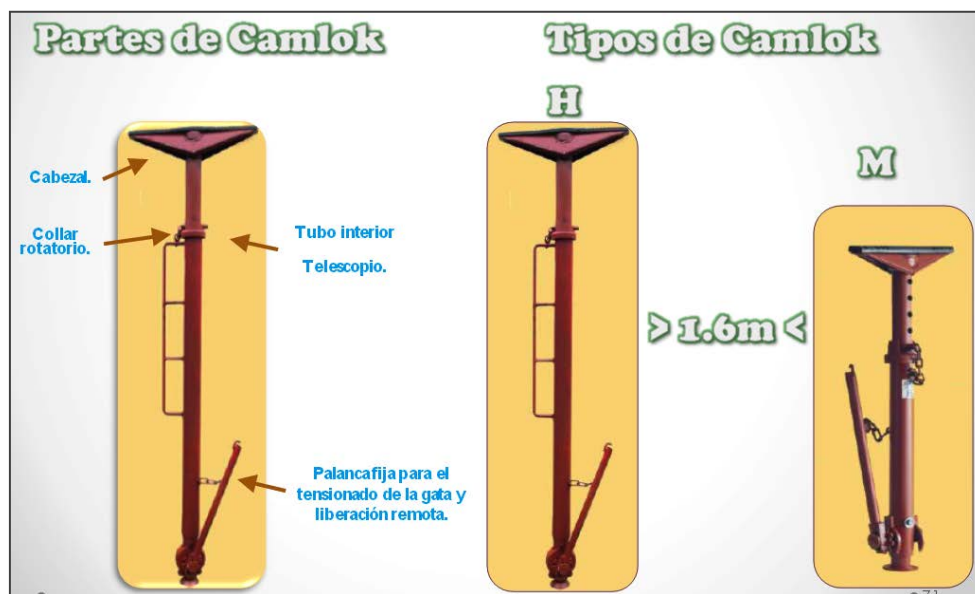


Fig. N° 56 partes y tipos de gatas mecánicas

Las gatas usualmente utilizadas son las de “fricción” y las “hidráulicas o neumáticas”. Las primeras funcionan a manera de tubos telescópicos, fijándose los tubos inferior y superior mediante mecanismos de cuñas o pines con la ayuda de un mecanismo expansor para el topeo al techo. Las segundas son elementos que tienen características de fluencia a una carga específica, la cual es complementada por un cilindro de soporte hidráulico o neumático equipado con válvulas de liberación de presión.

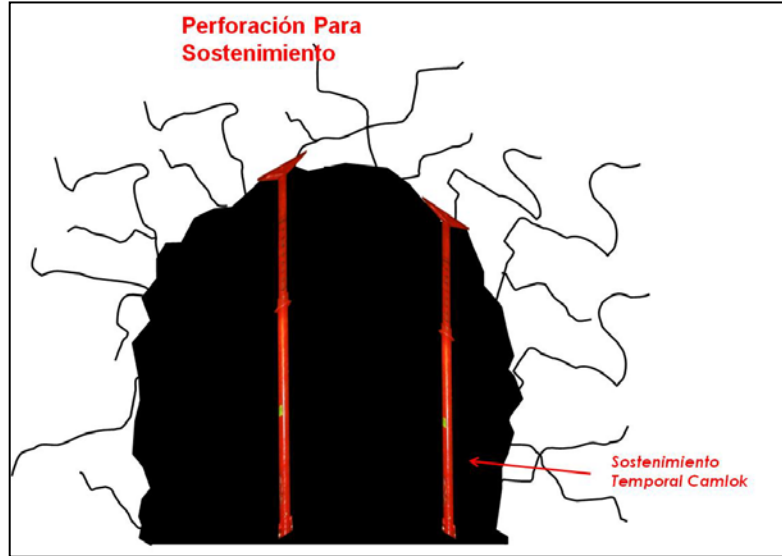


Fig. Nº 57 Instalación de las gatas mecánicas

CAPITULO 5:

MEJORA E IMPLEMENTACIÓN DE SOSTENIMIENTO ACTIVO Y PASIVO

5.1 Introducción

En este capítulo se menciona los trabajos realizados en la mejora de e implementación del sostenimiento Activo y Pasivo

5.2 En el Sostenimiento Activo:

5.2.1 Implementar El Elemento De Sostenimiento Activo Hydrabolt

5.2.1.1 Antecedentes

Empresas mineras en el Perú como: El Brocal, Castrovirreyna, Ares en su unidad minera Payancata, Consorcio Minero Horizonte, Marsa, Volcán en sus unidades mineras Andaychagua, Yauli, Chungar han implementado el elemento de sostenimiento activo Hydrabolt como mucho éxito y es de resaltar que en el año 2005 la Empresa minera Volcán en su unidad minera Chungar implemento el Hydrabolt en un 100% en sus labores de avance y explotación teniendo buenos resultados en seguridad e incremento de productividad.

El elemento de sostenimiento activo Hydrabolt:

- Es un perno de fricción y compresión que se expande hidráulicamente.
- De inmediata instalación, al que se le inyecta agua a altas presiones (250-300 Bares), formando un arco de auto-soporte con la propia roca.

Se expande de los 29mm (diámetro inicial), hasta los 41mm y debido a su válvula de no retorno, el agua que se mantiene en el interior ejerce presión constante en todo momento, en forma radial a lo largo de la longitud del taladro.

5.2.1.2 Objetivo

Se tiene los siguientes objetivos que se pretende conseguir:

- Tener labores de avance y explotación más seguras.
- Minimizar el costo de sostenimiento por metro lineal de avance.

- Mejorar los metros lineales en las labores de avance.
- Mejorar la productividad en las labores de explotación.

5.2.1.3 Desarrollo Y Beneficios

a) Labores de avance

Actualmente en nuestras labores de avance se usa como elemento sostenimiento activo Split set de 5' el cual en pruebas de arranque (Capacidad de carga) en tipo de roca III el resultado es de 7 a 7.5TN y en tipo de roca IV el resultado es de 4 a 5TN. Al implementar el elemento de sostenimiento activo Hydrabolt de 5' en las labores de avance en rocas de tipo III y IV se tendrá resultados de prueba de arranque (Capacidad de carga) mayores a 12TN con lo cual en términos de seguridad se tendrá una corona de labor más estable.

Actualmente en nuestras labores de avance con sección 3x3mts con calidad de roca III y IV el espaciamiento de Split set a Split set de 5' es de 0.75mts con lo cual se llega a instalar 14 Split set de 5' mas 10 accesorios mini Split set de 1' para los empalmes en disparos con longitud de 6'. Al implementar el elemento de sostenimiento activo Hydrabolt de 5' en las labores de avance con sección 3x3mts con tipo de roca III y IV el espaciamiento será de 1.3 a 1.5mts con lo cual se llega a instalar 11 Hydrabolt de 5' en disparos de 8' de longitud con lo cual se minimiza el costo de sostenimiento por metro lineal y se aumentaría los metros lineales.

b) Labores de explotación:

Actualmente en nuestras labores de explotación se usa como elemento sostenimiento activo Split set de 7' el cual en pruebas de arranque (Capacidad de carga) en tipo de roca III el resultado es de 10 a 10.5TN. Al implementar el elemento de sostenimiento activo Hydrabolt de 7' en las labores de avance en rocas de tipo III se tendrá resultados de prueba de arranque (Capacidad de carga) mayores a 14TN con lo cual se tendrá una corona de labor más estable, garantizar la seguridad del personal y equipos que transiten por el área.

Actualmente en una labor de explotación con sección 10x5mts con calidad de roca III el espaciamiento de Split set a Split set de 7' es de 0.75mts con lo cual se llega a instalar 56 Split set de 7' mas 35 accesorios mini Split set de 1'

para los empalmes en disparos de 6' de longitud. Al implementar el elemento de sostenimiento activo Hydrabolt de 7' en una labor de sección 10x5mts de avance con tipo de roca III el espaciamiento será de 1.3 a 1.5mts con lo cual se llega a instalar 37 Hydrabolt de 7' en disparos de 8' de longitud con lo cual se minimiza el costo de sostenimiento por metro lineal y se aumentaría los cubos de mineral.

5.2.1.4 Pruebas de Arranque en Pernos de Fricción Hydrabolt:



PRUEBAS DE ARRANQUE EN PERNOS DE FRICCIÓN HYDRABOLT

FECHA: 19/01/2010
LABOR: RAMPA 140 NORTE
E.E: ZICSA
SUPERVISOR GEOMECANICO: ING. JHON QUIJANO CHAVEZ
ELEMENTO: PERNO DE FRICCIÓN HYDRABOLT DE 5'(29 MM Ø)

TIPO ROCA	PRESENCIA AGUA	CARACTERISTICAS
TIPO I	SECO	ALTERACIÓN: Moderada(Argílica)
TIPO II	HÚMEDO	FRACTURAM.: Moderada
TIPO III	GOTEO	RESISTENCIA.: Media
TIPO IV		
TIPO V		

PRUEBA N°	HASTAL (H) TECHO (T)	DIAM. PERFORACION (mm)	LONGITUD PERNO (m)	TIEMPO DE INFLADO(seg)	RESISTENCIA A TRACCION (ton)	DESPLAZAMIENTO (mm)	OBSERVACIONES
1	H	38	5'	65	13	0	NO CEDIO
2	H	38	5'	65	14	0	NO CEDIO
3	H	38	5'	65	13	0	NO CEDIO

Cuadro N° 17 prueba de arranque en pernos de fricción hydrabolt

PRUEBAS DE ARRANQUE EN PERNOS DE FRICCION HYDRABOLT

FECHA: 19/01/2010
LABOR: RAMPA 140 NORTE
E.E: ZICSA
SUPERVISOR GEOMECANICO: ING. JHON QUIJANO CHAVEZ
ELEMENTO: PERNO DE FRICCION HYDRABOLT DE 7'(29 MM ϕ)

TIPO ROCA	PRESENCIA AGUA	CARACTERISTICAS
TIPO I	SECO	ALTERACIÓN: Moderada(Argilica)
TIPO II	HÚMEDO	FRACTURAM.: Moderada
TIPO III	GOTEO	RESISTENCIA.: Media
TIPO IV		
TIPO V		

PRUEBA N°	HASTIAL (H) TECHO (T)	DIAM. PERFORACION (mm)	LONGITUD PERNO (m)	TIEMPO DE INFLADO(seg)	RESISTENCIA A TRACCION (ton)	DESPLAZAMIENTO (mm)	OBSERVACIONES
1	H	38	7'	90	14	0	NO CEDIO
2	H	38	7'	90	18	0	NO CEDIO
3	H	38	7'	90	16	0	NO CEDIO

Cuadro N° 18 prueba de arranque en pernos de fricción hydrabolt

PRUEBAS DE ARRANQUE EN PERNOS DE FRICCION HYDRABOLT

FECHA: 14/04/2010
LABOR: CRUCERO 720(ZONA TOPE)
E.E: ZICSA
SUPERVISOR GEOMECANICO: TEC. PEDRO AYMA
ELEMENTO: PERNO DE FRICCION HYDRABOLT DE 5'(29 MM ϕ)

TIPO ROCA	PRESENCIA AGUA	CARACTERISTICAS
TIPO I	SECO	ALTERACIÓN: Moderada(Silicificacion)
TIPO II	HÚMEDO	FRACTURAM.: Moderada
TIPO III	GOTEO	RESISTENCIA.: Media
TIPO IV		
TIPO V		

PRUEBA N°	HASTIAL (H) TECHO (T)	DIAM. PERFORACION (mm)	LONGITUD PERNO (m)	TIEMPO DE INFLADO(seg)	RESISTENCIA A TRACCION (ton)	DESPLAZAMIENTO (mm)	OBSERVACIONES
1	H	38	5'	65	12	0	NO CEDIO
2	H	38	5'	65	14	0	NO CEDIO
3	H	38	5'	65	12	0	NO CEDIO

Cuadro N° 19 prueba de arranque en pernos de fricción hydrabolt

PRUEBAS DE ARRANQUE EN PERNOS DE FRICCIÓN HYDRABOLT

FECHA: 14/04/2010
LABOR: CRUCERO 935-917-NE
E.E: ZICSA
SUPERVISOR GEOMECAÁNICO: TEC.PEDRO AYMA
ELEMENTO: PERNO DE FRICCIÓN HYDRABOLT DE 5'(29 MM ϕ)

TIPO ROCA	PRESENCIA AGUA	CARACTERÍSTICAS
TIPO I	SECO	ALTERACIÓN: Moderada(Argílica)
TIPO II	HÚMEDO	FRACTURAM.: Moderada
TIPO III	GOTEO	RESISTENCIA.: Media
TIPO IV		
TIPO V		

PRUEBA N°	HASTIAL (H) TECHO (T)	DIAM. PERFORACION (mm)	LONGITUD PERNO (m)	TIEMPO DE INFLADO(seg)	RESISTENCIA A TRACCIÓN (tonf)	DESPLAZAMIENTO (mm)	OBSERVACIONES
1	H	38	5'	65	16	0	NO CEDIO
2	H	38	5	65	18	0	NO CEDIO
3	H	38	5'	65	16	0	NO CEDIO

Cuadro N° 20 prueba de arranque en pernos de fricción hydrabolt

5.2.1.5 Comparacion De Costos:

COMPARACION DE COSTO DE SOSTENIMIENTO POR METRO LINEAL DE AVANCE CON SPLIT SET E HYDRABOLT				
	SOSTENIMIENTO ACTUAL POR METRO LINEAL DE AVANCE			COSTO TOTAL(\$)
	9 SPLIT SET de 5'	1.3 de MALLA ELECTROSOLDADA, de ALAMBRE N° 08, de COCADA 3"X3" de 1.5x3.0m(4.5m2)	5 ACCESORIOS de MINI SPLIT SET 1'	
COSTO DE SUMINISTROS (\$)	47,51	15,76	16	
COSTO DE INSTALACION (\$)	58,89	22,74	5,93	
SUB TOTAL(\$)	106,4	38,5	21,93	166,83
	SOSTENIMIENTO PROPUESTO POR METRO LINEAL DE AVANCE			COSTO TOTAL(\$)
	5 HYDRABOLT de 5'	0.5 de MALLA ELECTROSOLDADA, de ALAMBRE N° 10, de COCADA 3"X3" de 2.0x6.0m(12m2)	4 GRAPAS DE FIERRO CORRUGADODE3/8'X50cm LONG. TIPO RANA	
COSTO DE SUMINISTROS (\$)	45,87	13,7	5,32	
COSTO DE INSTALACION (\$)	34,71	22,74	3,56	
SUB TOTAL(\$)	80,58	36,44	8,88	125,9

5.2.1.6 Conclusiones Y Recomendaciones

- a) El elemento de sostenimiento activo Hydrabolt tiene ventaja frente al Split set en pruebas de arranque (Capacidad de carga) por que el agua que se mantiene en su interior ejerce presión en todo momento, en forma radial a lo largo de la longitud del taladro.
- b) Debido a que el elemento de sostenimiento activo Hydrabolt frente al Split set tiene mayor Capacidad de carga se tendrá mayor área de influencia y el espaciamiento entre ellas será mayor a 1.3mts.
- c) El implementar el Hydrabolt en labores de avance y labores de explotación implica:
 - En labores de avance y explotación coronas más estables.
 - Menos taladros para sostenimiento de coronas.
 - Minimizar el costo de sostenimiento en un 25% por metro lineal.
 - Mejorar la productividad en labores de explotación.
 - Mejorar los avances lineales en un 33% más.
- d) Para implementar el Hydrabolt se tiene que:
 - Cambiar las mallas electrosoldadas de alambre N°8 de cocada 3"x3" de 1.5x3mts por mallas electrosoldadas de alambre N°10 de cocada 3"x3" de 2.0x6.0mts en la brevedad.
 - Concientizar al personal de mina que los disparos de avance debe ser de 8' y en labores de explotación mayores a 8'.
 - Realizar un trabajo en conjunto entre Cía. y E.E.
- e) Se recomienda realizar la adquisición como inicio de:
 - 50 Planchas de Malla electrosoldada de alambre N°10, cocada de 3"x3" de 2.00mtx6.00mt, puntas de 0.5cm largo en los 4 lados.
 - 250 unidades de Pernos Hydrabolt 1.50m (5pies) long. 29 mm. (min.dia.) y 250 unidades de Pernos Hydrabolt 2.10m (7pies) long. x 29mm. (min.dia.).

- 100 sujetadores (Grapa de Fierro Corrugado de 3/8"x50cmde long.) de malla electrosoldada.

Todos estos elementos de sostenimiento se van implementar en las labores de avance y explotación y aumentara el consumo a medida que el personal se familiarice y se obtenga los resultados mencionados (mayor seguridad, mayor productividad y reducción de costos).

- f) Al adquirir estos nuevos elementos de sostenimiento se tiene el compromiso de los proveedores de dar capacitación y entrenamiento al personal de mina.

SE MUESTRAN FOTOS DE LA INSTALACION DEL HYDRABOLT ASI COMO LA PRUEBA DE ARRANQUE



El personal es capacitado sobre la parte técnica del Hydrabolt



El personal es capacitado sobre correcto instalado del Hydrabolt



Correcta distribución del Hydrabolt en mallas la malla electrosoldada



Correcto sellado de electrosoldadas con el Hydrabolt

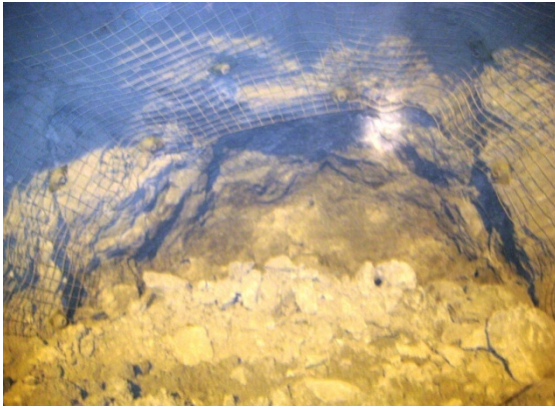


**Prueba de arranque del Hydrabolt
arranque instalado**



**Resultado de la prueba de
de un Hydrabolt bien instalado**

Implementar el Hydrabolt en el sistema combinado de sostenimiento que consta de una **Primera Etapa:** Hydrabolt mas malla Electrosoldada y **Segunda Etapa:** shotcrete con 3" de espesor.



Primera Etapa



Segunda Etapa

El Sistema Combinado de Sostenimiento permite Minimizar los trabajos de Sostenimiento Pasivo (cuadros de madera y cimbras) en frentes de avance con calidad de roca IV A y IV B.

Sostenimiento Actual



Sostenimiento anterior



Sostenimiento Anterior



5.2.2 Resultados de Pruebas de Arranque en Pernos Helicoidales

5.2.2.1 *Objetivos*

Este informe tiene por finalidad presentar los resultados de las pruebas de Arranque en pernos helicoidales de roca de diámetro de \varnothing (22 mm) de 5' de longitud con cartuchos de Resina Epoxica y cartuchos de Resina Dupont.

5.2.2.2 *Antecedentes*

De acuerdo a observaciones propias de campo y manifestación de los Directores de labores de la E.E. GYM se realizó la prueba del uso de mortero de cartuchos de Resina EPOXICA (*Empleado en las labores del Nivel 4600-E.E. GYM*) y cartuchos de Resina DUPONT (*Empleado en las labores del Nivel 4690 y Nivel 4720 –E.E. ZICSA y E.E.COEMSA*) en la instalación de pernos helicoidales de diámetro \varnothing (22 mm) X 5' de longitud que actualmente se vienen utilizando en labores de Desarrollo.

5.2.2.3 *Material y Equipo Empleado*

Las pruebas de Arranque en Pernos Helicoidales han sido efectuadas de acuerdo al PLAN DE TRABAJO elaborada conjuntamente con el Supervisor Geomecanico-U.E.A. Poracota y el Residente(e) Modesto Vega de la E.E. GYM.

Equipos:

- 01 probador hidráulico para pernos ENERPAC de 30 TN de capacidad de propiedad de Area Geomecanica Orcopampa.
- 01 perforadora Jack Leg
- Barrenos integrales de perforación de 4 y 6 pies de longitud de $\varnothing\varnothing$ 38 mm

Materiales:

- Pernos helicoidales de \varnothing (22 mm) x 5' con tuerca hemisférica con placa de 12.5 x 12.5 cm (ACEROS AREQUIPA S.A.).
- Cartuchos de resina "DUPONT" 28 mm x 305 mm fragua rápida de 1 a 3 minutos.

- Cartuchos de resina "EPOXICA" 28 mm x 305 mm fragua rápida de 1 a 3 minutos.

5.2.2.4 Resultados

U.E.A. PORACOTA

AREA DE GEOMECANICA

PRUEBAS DE ARRANQUE EN PERNOS HELICOIDALES CON CARTUCHOS DE RESINAS DUPONT

FECHA: 25/09/2009

LABOR: GALERIA -254-210-SW

MORTERO: CARTUCHOS DE RESINAS DUPONT (R)

ELEMENTO: PERNO HELICOIDAL DE 5' (22 MM ϕ)

TIPO ROCA

TIPO I

TIPO II

TIPO III

TIPO IV

TIPO V

PRESENCIA AGUA

SECO

HÚMEDO

GOTEO

CARACTERISTICAS

ALTERACIÓN: Moderada(silicificación)

FRACTURAM.: Moderada

RESISTENCIA.: Media

PRUEBA N°	HASTIAL (H) TECHO (T)	DIAM. PERFORACION (mm)	LONGITUD PERNO (m)	TIPO MORTERO	DIAMETRO MORTERO (mm)	TIEMPO BATIDO (Seg)	TIEMPO FRAGUADO (min)	RESISTENCIA A TRACCION (ton)	DESPLAZAMIENTO (mm)	OBSERVACIONES
1	H	38	5'	4R	28	25	15	15	12	NO CEDIO
2	H	38	5'	4R	28	25	30	18	8	NO CEDIO
3	H	38	5'	4R	28	25	20	16	10	NO CEDIO

**PRUEBAS DE ARRANQUE EN PERNOS HELICOIDALES CON
CARTUCHOS DE RESINAS EPOXICA**

FECHA: 25/09/2009

LABOR: GALERIA -254-210-SW

MORTERO: CARTUCHOS DE RESINAS EPOXICA (E)

ELEMENTO: PERNO HELICOIDAL DE 5' (22 MM ϕ)

TIPO ROCA	PRESENCIA AGUA	CARACTERISTICAS
TIPO I	SECO	ALTERACIÓN: Moderada(silicificacion)
TIPO II	HÚMEDO	FRACTURAM.: Moderada
TIPO III	GOTEO	RESISTENCIA.: Media
TIPO IV		
TIPO V		

PRUEBA N°	HASTIAL (H) TECHO (T)	DIAM. PERFORACION (mm)	LONGITUD PERNO (m)	TIPO MORTERO	DIAMETRO MORTERO (mm)	TIEMPO BATIDO (Seg)	TIEMPO FRAGUADO (min)	RESISTENCIA A TRACCION (ton)	DESPLAZAMIENTO (mm)	OBSERVACIONES
1	H	38	5'	4E	28	25	15	7	8	NO CEDIO
2	H	38	5'	4E	28	25	30	9	13	NO CEDIO
3	H	38	5'	4E	28	25	20	8	10	NO CEDIO

5.2.2.5 Costos

Los precios unitarios son:

Material	(US \$/Pza)
Precio 01 Cartucho RESINA DUPONT	1.06
Precio 01 Cartucho RESINA EPOXICA	0.87

5.2.5.6 Conclusiones

Según los resultados de las Pruebas de Arranque que se ensayaron:

- 03 pernos de barra helicoidal de \square (22 mm) X 5' con resina EPOXICA se determina que todas alcanzaron una capacidad de resistencia a la tracción MENOR a 10 TN en un tiempo de fraguado que varió entre 10 minutos a 30 minutos.
- 03 pernos de barra helicoidal de \square (22 mm) X 5' con resina DUPONT, se determina que todas alcanzaron una capacidad de resistencia a la

tracción MAYOR a 15 TN en un tiempo de fraguado que varió entre 10 minutos a 30 minutos.

- En cuanto al número de cartuchos de resina DUPONT se utilizaron en total 04 cartuchos por perno.
- En cuanto al número de cartuchos de resina EPOXICA se utilizaron en total 04 cartuchos por perno.
- De acuerdo a los resultados se recomienda IMPLEMENTAR EL USO de 04 cartuchos de Resina DUPONT por perno instalado para obtener sostenimiento en corto tiempo con una resistencia a la tracción mayor a 15 TN en las labores de DESARROLLO del NV -4600.
- Otra de las ventajas de los cartuchos de resina, es que se puede utilizar de manera adecuada para sostenimiento con pernos de anclaje en ZONAS DE PRESENCIA DE AGUA (filtración de agua).
- Con este sistema, también se elimina las bombas de inyección para la lechada de cemento. En cambio, para el batido de de los cartuchos de resina se utiliza la propia rotación de perforación del equipo.
- Según las especificaciones de soporte con pernos de anclaje indica: “Cada perno instalado deberá superar las 10 tn”. Por lo tanto se concluye que pernos helicoidales con RESINA DUPONT probados, cumplen este requerimiento.
- Culminado la instalación de los pernos en el frente de avance (hastial/techo), el tensado de los mismos (ajuste de la tuerca) debe realizarse después de 10 minutos. Para tal fin, el perforista deberá ayudarse con la máquina perforadora y un torqueador para dar un mayor torque. La tensión ejercida sobre la tuerca se transmite en presión sobre la planchuela de apoyo para crear un área de influencia mayor e inmediata sobre la roca.

**FOTO 01:
TORQUEADOR**



**FOTO 02:
PRUEBA DEL TORQUEADOR**



FOTOS 03: CARTUCHOS DE RESINA EPOXICA (PROVEEDOR RYM INGENIEROS)



No presenta fecha de VENCIMIENTO

No menciona tiempo de fraguado

FOTO 04: CARTUCHOS DE RESINA DUPONT (PROVEEDOR REMICSA)



FRAGUA UN 1 MINUTO



USAR ANTES

FOTO 05:

MOMENTO DE COLOCADO DE CARTUCHOS DE RESINA EPOXICA EN EL TALADRO



FOTO 06:
BATIDO DE LOS CARTUCHOS CON LA BARRA HELICOIDAL
(INSTALACIÓN)



FOTO 07:
PRUEBA DE TRACCIÓN DE PERNOS (PRUEBA DE ARRANQUE)



5.3 En el Sostenimiento Pasivo:

5.3.1 Análisis Crítico y Vías de Optimización de Aplicación del Concreto Lanzado

5.3.1.1 Antecedentes

El objeto del concreto lanzado es ayudar a que la masa rocosa alrededor de una labor minera subterránea en roca de insuficiente calidad sea reforzada adecuadamente para mejorar las propiedades de la masa rocosa.

El sostenimiento adecuado para el control de estabilidad en las labores mineras en rocas de baja calidad consiste generalmente en la aplicación sistemas combinados de sostenimiento que pueden estar conformadas por: concreto lanzado, pernos de Fricción y malla metálica.

En Mina Poracota en la actualidad tiene varias labores con demanda que requieren de la aplicación de concreto lanzado, además que tiene previsto ampliar su producción; para lo cual tiene la necesidad optimizar el sistema de sostenimiento con concreto lanzado.

5.3.1.2 Objetivo

Se tiene los siguientes objetivos que se pretende conseguir:

- Obtener una Shotcrete de buena calidad.
- Utilizar una adecuada técnica de optimización de las actividades.
- Implementar el Shotcrete, pernos de Fricción y malla metálica (Sistema Combinado de Sostenimiento) en rocas de baja calidad (ROCA IVA y IV B).
- Obtener bajos costos por metro cuadrado de shotcrete.
- Cubrir con la demanda de shotcrete en las diferentes labores.

5.3.1.3 Especificaciones Técnicas Del Concreto Lanzado Según Normas

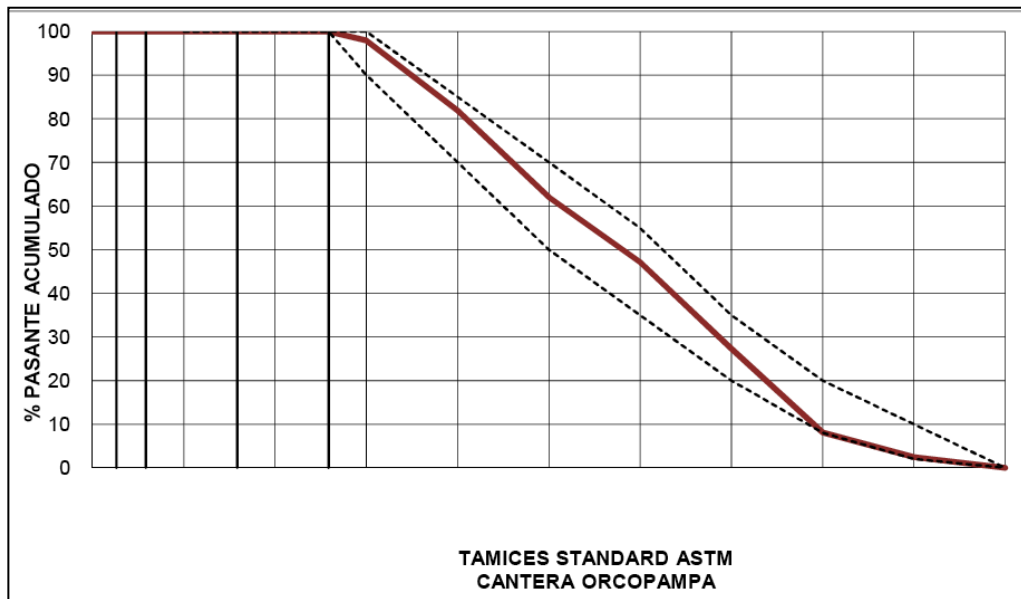
a) **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:**

En la mina Poracota se usa el agregado que emplea Mina Chipmo el cual cumple las normas ASTM (Estándar Especificaciones for Concreto Agregates) C33.

CUADRO 21

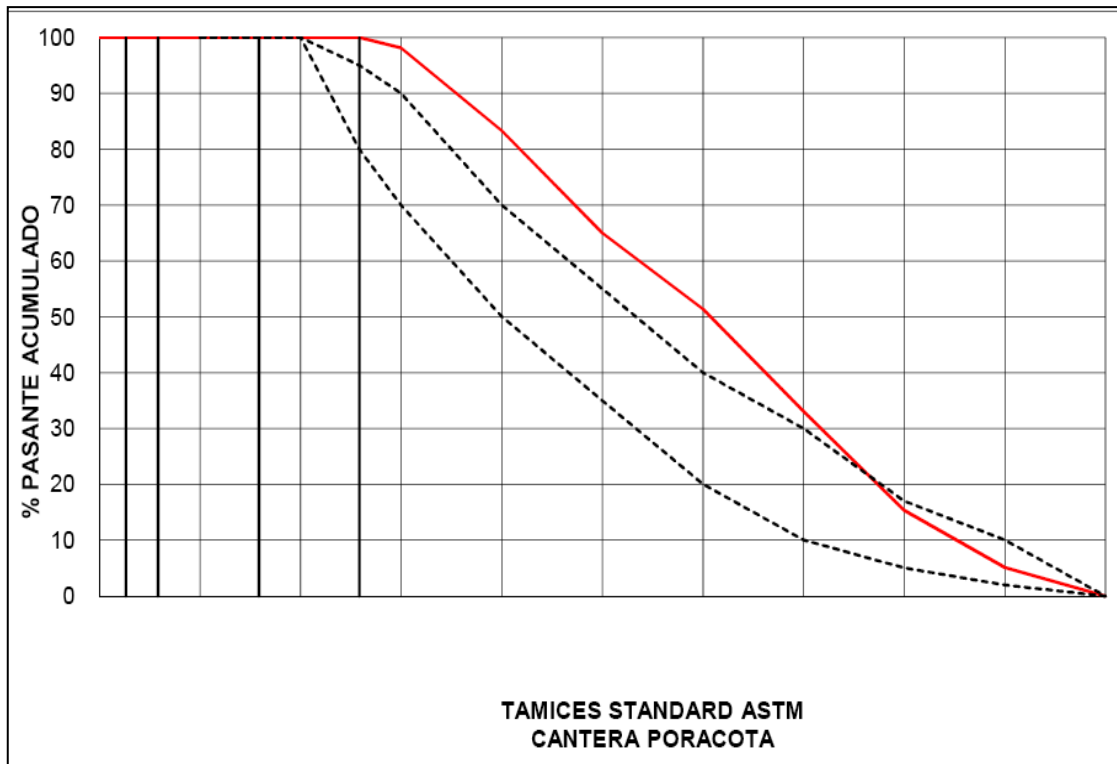
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO						
Malla	peso gr	% Retiene	% Ret.Ac.	% Pasa	ASTM C 33	ASTM C 33
3/8"	12,6	0,7	0,7	99,3	100	100
n 4	115,3	6,4	7,1	92,9	95	100
n 8	193,5	10,8	17,9	82,1	80	100
n 16	498,6	27,7	45,6	54,4	50	85
n 30	456,3	25,4	71,0	29,0	25	60
n 50	225,4	12,5	83,6	16,4	5	30
n 100	168,9	9,4	93,0	7,0	0	10
FONDO	69,8	3,9	96,8	0,0	0	0

Módulo de Fineza
4,16



3/8"	n 4	n 8	n 16	n 30	n 50	n 100	Fondo
------	-----	-----	------	------	------	-------	-------

La muestra procedente de Orcopampa se encuentra dentro de la Graduación N°2 ACI 506.



3/8"	n 4	n 8	n 16	n 30	n 50	n 100	Fondo
------	-----	-----	------	------	------	-------	-------

La muestra procedente de Poracota presenta una tendencia de materiales que no cumple la gradación N°2 ACI 506.

5.3.1.4 Diseño De Mezcla:

CUADRO 22:

**DISEÑO DE MEZCLA PARA SHOTCRETE
SISTEMA VIA SECA - U.E.A. PORACOTA
PARA ROCA III B ,IV A y IV B**

Por Metro Cúbico de Concreto

9 Bolsas

0,5 Relacion Agua/Cemento

5,00% Respecto al peso del cemento

Pesos Específicos de los Materiales

Item	Kg/m3	Producto
Cemento	3100	Cemento Yura
Agua	1000	Corriente
Aditivo acelerante	1350	SHURE SHOT
Arena	2680	Cantera
Fibra de acero	7850	Wirand

Cálculo de Volumen de los Materiales

Item	Peso (kgs)	Volumen (m3)
Cemento	382,5	0,1234
Agua	191,3	0,1913
Aditivo acelerante	19,1	0,0142
Arena	1708,2	0,6374
Fibra de acero	30,0	0,0038
Aire		0,0300
Volumen total		1,0000

Cálculo de Materiales en Terreno

Cálculo de Aditivo	
Aditivo Acelerante:	3,74 GlS
	14,2 Lts
Cálculo Volumen de Arena	
Volumen requerido (m3)	0,6374
Peso unitario suelto (kg/m3)	1637
Volumen de agregado suelto (m3)	1,64
Pies cubicos de arena (pie3/m3)	36,85
Tandas por metro cubico (bls cem/m3)	9
Pies cubicos por tanda (pie3/bls cem)	4,09
Número lampadas por pie cubico	6
Número lampadas por tanda	24,6
<i>Nota: 1 tanda de arena es para 1 bolsa de cemento</i>	

CUADRO 23:**Resumen de Proporciones de MEZCLA SISTEMA VIA SECA**

MATERIALES	PREPARACION MEZCLA
	Mezcla 01 m3
Cemento	09 bolsas
Arena	225 lampadas
Fibra de acero (Wirand FS3N)	30 kilogramos
Agua	45 Galones
Aditivo Acelerante (Shure Shot (5%))	4 Galones

Nota: *Espesor de capa de Shotcrete en Tipo de Roca III B es 2" y Tipo de Roca IV A es 3"*

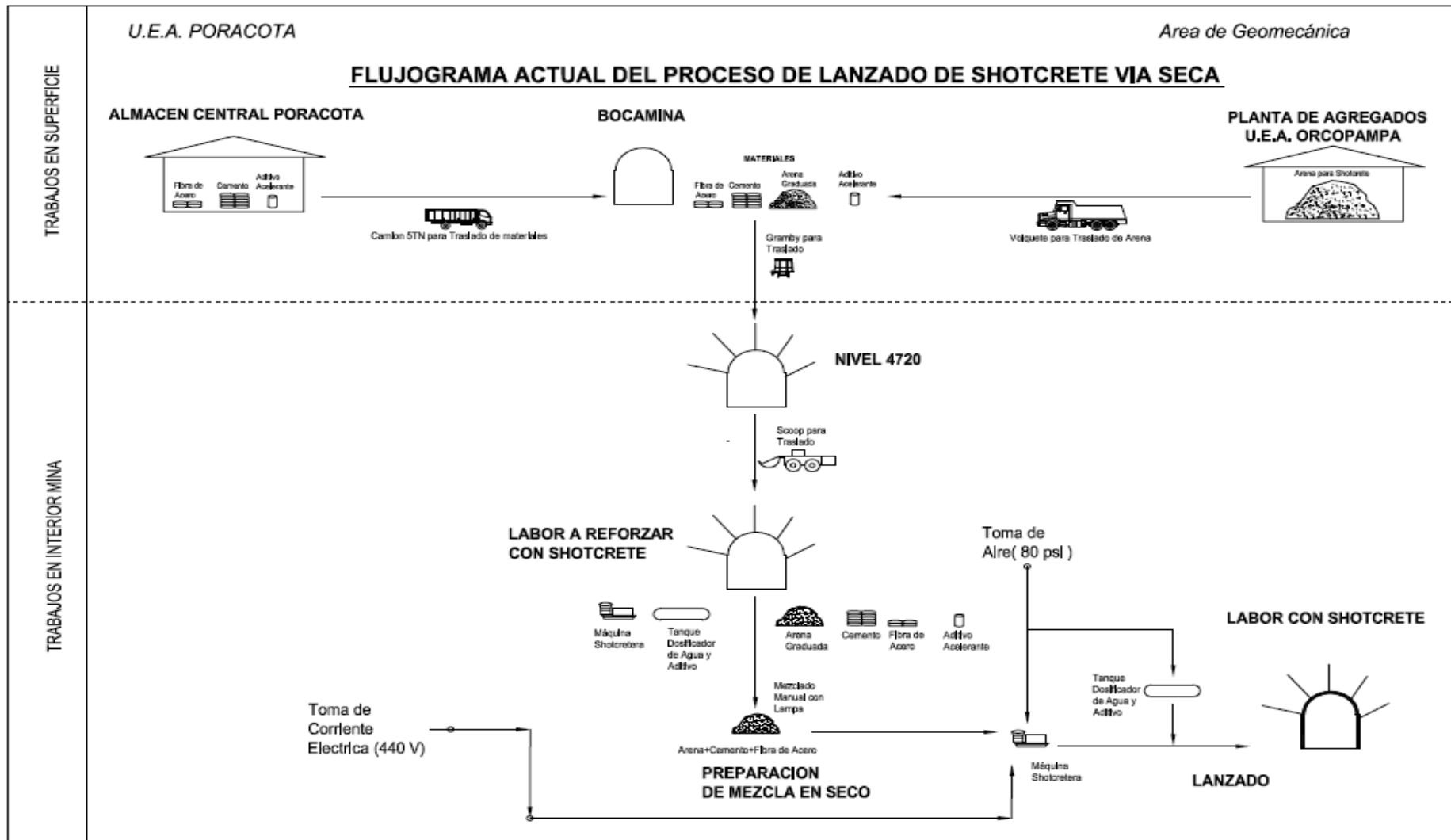


Fig. Nº 58 Flujoograma actual del proceso de lanzado de shotcrete vía seca

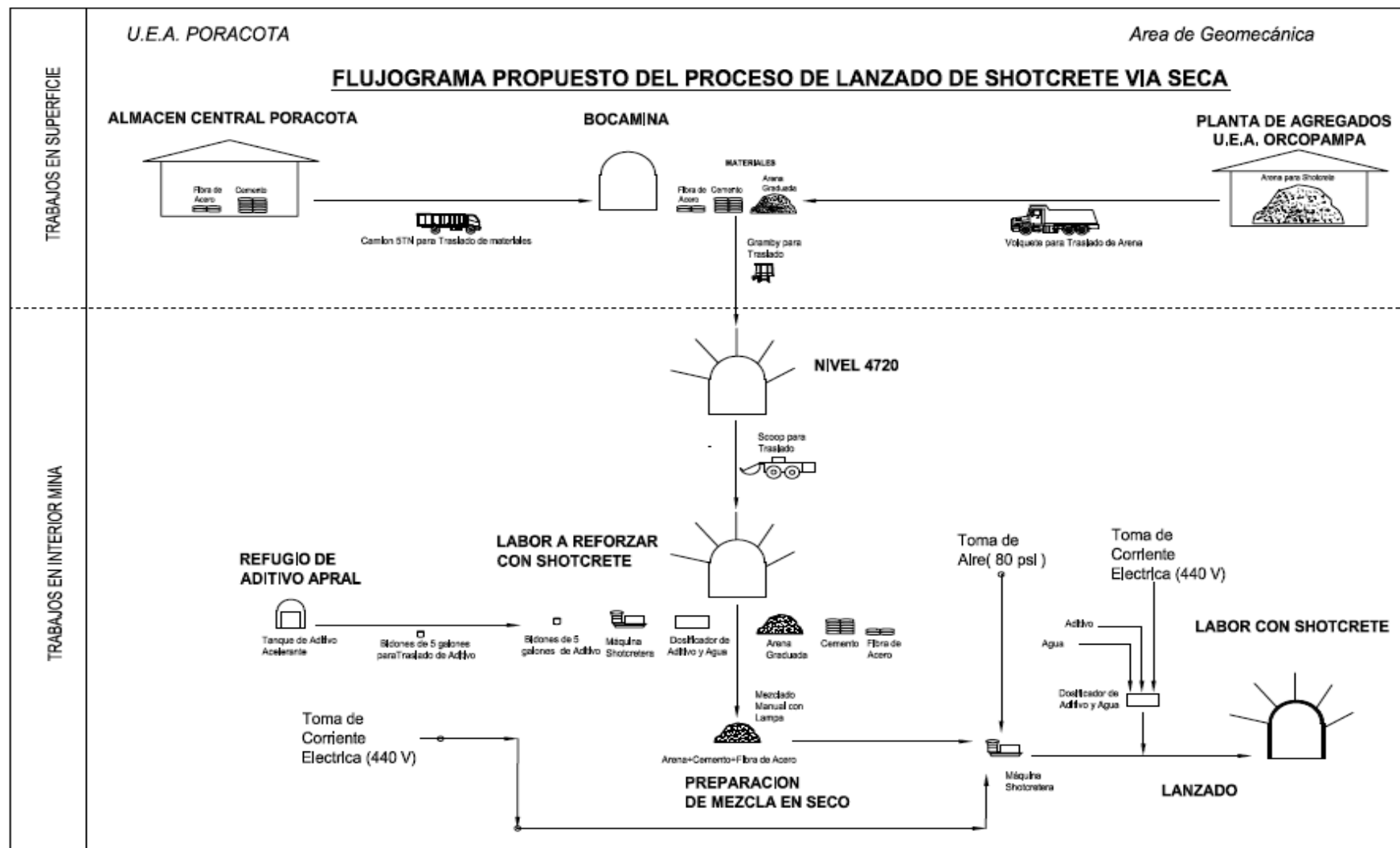


Fig. N° 59 propuesta del proceso de lanzado de shotcrete vía seca.

5.3.1.5 *Comparación de costo por metro lineal de avance del Sostenimiento Pasivo (Cimbras y Cuadros de Madera) entre el sistema combinado de sostenimiento (Split Set, Mallas Electrosoldada Y Shotcrete).*

En el cuadro N° 04 se hace comparación del costo por metro lineal de avance del sostenimiento pasivo entre el sistema combinado de sostenimiento en labores permanentes y labores temporales con calidad de roca IVA y IV B, en la cual se puede observar que con el sistema combinado de sostenimiento en labores permanentes se tendría un ahorro de \$ 237.47 por metro lineal de avance y un mejor resultado en los avance de las labores permanentes y temporales.

CUADRO 23

COMPARACION DE COSTO POR METRO LINEAL DE AVANCE DEL SOSTENIMIENTO PASIVO(Cimbras y Cuadros de Madera) ENTRE EL SISTEMA COMBINADO DE SOSTENIMIENTO(Split Set , Mallas Electrosoldada y Shocrete)						
	LABORES PERMANENTES	LABORES TEMPORALES	LABORES PERMANENTES Y LABORES PERMANENTES			
	SOSTENIMIENTO PASIVO		SISTEMA COMBINADO DE SOSTENIMIENTO			
	CIMBRAS	CUADROS DE MADERA	SPLIT SET DE 5'	MALLAS ELECTROSOLDADA	SHOTCRETE (Con Arena de Chipmo)	SUBTOTAL
COSTO DE SUMINISTROS (\$/ML)	515,4	173,48	36,63	35,55	145,96	218,14
COSTO DE INSTALACION (\$/ML)	198,97	191,15	56,79	11,37	190,6	258,76
COSTO TOTAL(\$/ML)	714,37	364,63				476,9

5.3.1.6 *Identificación de Principales Inconvenientes y Medidas de Optimización*

En el cuadro N° 24 se hace un resumen de los diferentes aspectos de la situación actual de los trabajos de concreto lanzado que se viene realizando en la mina Poracota Así mismo, se efectúa los respectivos planteamientos de mejoría para cada caso.

Cuadro Nº 24. Resumen de Situación del Concreto Lanzado (Shotcrete)

Nº	DESCRIPCION	CONDICION ACTUAL	CONDICION OPTIMA
1	MATERIALES		
a	Arena	-Granulometría adecuada(ver cuadro de Nº 01) , que es traída de la Planta de Agregado de U.E.A ORCOPAMPA,actualmente no se cuenta con techo en la zona de acumulacion de arena en bocamina NV 4720 en temporadas de lluvias	-Con el Proveedor MACCAFERRI se tomo muestra de arena de la cantera de PORACOTA "eje de presa" al cual se le realizaron pruebas granulometricas obteniendose resultados no favorables por la presencia de Finos por encima de lo aceptable, por lo que se debe continuar con el agregado de la planta de agregados de U.E.A. PORACOTA. Queda pendiente implentar techo la zona de acumulacion de arena en la bocamina nv 4720 para que en temporada de lluvias tengamos la arena con humedad de 2% a 4%.
b	Aditivo acelerante	-Actualmente en la mina se utiliza aditivo "Sure Shot AF" en cilindros de 300kg teniendo mucho manipuleo en las labores , se usa 4 gls/m3 en una roca de Calidad de III B con 2" de espesor y en una roca de calidad IV A con 3" de espesor	-Con el Proveedor MACCAFERRI se realizaron capacitaciones al personal de shotcrete y varias pruebas insitu con su aditivo libre de alcali "APRAL"4 gls/m3 en una roca de Calidad de III B con 2" de espesor y en una roca de calidad IV A con 3" de espesor ,opteniendose buenos resultados en cuanto a resistencia(kg/cm2), por lo que se indica realizar la compra de este aditivo el cual tiene presentacion en tanque de 1350kg (equivale a 4.5cilindros de sure shot AF) con el cual NO se tendría manipuleo pues este se ubicaria en un REFUGIO para que de ahi el personal en bidones traslade el aditivo a sus labores, aparte que tendríamos la asistencia tecnica del proveedor, se continuara con el proveedor realizando pruebas de resistencia del SHOTCRETE hasta tener la dosificación adecuada.
c	Fibra de acero	-Actualmente se utiliza fibra de acero marca Wirand F3SN las características de geometría y resistencia cumple con lo requerido. Se tiene claro la Cantidad fibra de acero a utilizar en la Mezcla de acuerdo a la Calidad de roca Presente en la labor.	-Se debe seguir con los mismos proveedores ya que continuara dandonos asistencia tecnica . El dosaje a utilizar para rocas con calidad de roca III B debera ser cero , para rocas con calidad de roca IV A debera ser 30kg/m3 y rocas con calidad de roca IV B como minimo deberá ser de 30 kg/m3 de mezcla de concreto lanzado.Ademas de contar con medidores manuales de 30kg/m3.
d	Agua	-Se usa agua recolectada de superficie proveniente de la Poza de tratamiento del agua de Interior Mina siendo esta fresca ,limpia y libre de sustancias perjudiciales.Actualmente esta agua es almacenada en tanque dosificador para ser mezclada con el aditivo.	-Para eliminar el uso de tanques dosificadores los cuales generan riesgo de manipuleo y por encerrar aire a alta presion , se indico implementar el DOSIFICADOR DE AGUA Y ADITIVO , aparte de tener un mejor control de aporte de aditivo y agua en la dosificación.
e	Volumen de arena	-En interior mina no se cuenta con un dispositivo de medida para medir la proporción de arena a utilizar por m3 de arena. Solo se utiliza el número de cierta cantidad lampadas para una m3 (muy inefectivo y variable).	-Recomendable utilizar cuberas (méticas o de madera) en Superficie e Interior mina para que se efectue una medición correcta del volumen de arena, en cada zona de trabajo con shotcrete deberá implementarse con estos dispositivos y deberán ser de uso obligatorio.

Cuadro Nº 25
Cuadro Resumen de Situación del Concreto Lanzado (Shotcrete)

N°	DESCRIPCION	CONDICION ACTUAL	CONDICION OPTIMA
4	PROCEDIMIENTOS		
a	P.E.T.S	-El actual procedimiento de trabajo con shotcrete no está siendo cumpliendo a cabalidad. El PETS debe considerar todos los aspectos como: se debe utilizar andamios en techos altos, se debe utilizar calibradores, se debe utilizar cuberas (para arena), etc. Así mismo se debera ajustar las cantidades de aditivo y fibra de acero.	-Es muy importante que se modifique y adicione nuevos pasos al actual PETS de shotcrete el cual debe considerar e indicar todos los aspectos de manera clara y concisa. Al iniciar cualquier trabajo de shotcrete la supervisión y personal deberá cumplir con el PETS.
b	Especificaciones	-En mina Poracota se cuenta con las Especificaciones Técnicas para el concreto lanzado, con el actual proveedor no se tiene ningún tipo de elemento de soporte. La supervisión y personal de shotcrete conoce las especificaciones técnicas para obtener un buen shotcrete.	-Mina debería contar con las especificaciones tecnicas del shotcrete para que se efectúe valorizaciones, aprobación de nuevos proyectos, control y coordinaciones para las desiciones operativas. Con ello se conseguirá la estandarización del shotcrete.Con el proveedor propuesto se tendría soporte tecnico para mejorar la especificaciones tecnicas del shotcrete.
5	CONTROL DE CALIDAD		
a	Calibradores	-No se está colocando el dispositivo de calibradores de manera regular a una densidad de 1 calibrador/m2, por lo mismo que no se está controlando el espesor deseado del shotcrete. Se ha podido constatar que los espesores muchas veces solo llegan de 1 a 2 cm. en varias labores.	-Se debe colocar siempre los calibradores a una densidad de 1 calibrador/m2. de esta manera se controlará el espesor especificado para la labor según el tipo de roca.
b	Calidad de materiales	-Muchas veces las arenas gruesas y/o mojadas, los aditivos pasados (enbolados), cementos pasados, se vienen utilizando a pesar de conocer los inconvenientes, los cuales estan dando como resultado una pesima calidad de shotcrete.	-Por ninguna circunstancia debería permitirse utilizarse materiales inadecuados: arena gruesa y/o mojada, aditivos pasados, etc. El abastecimiento de estos deben provenir de lugares de comprobada calidad dentro de la fecha de vigencia.
c	Capacidad resistente	-La calidad del shotcrete que se ha estado aplicando en las labores subterráneas no es de buena calidad para cumplir con su fin de soporte, ya que ha estado siendo restringida por los diferentes inconvenientes citados anteriormente. Ello se puede observar en el prematuro fisuramiento y/o descostramiento de la capa de shotcrete en diferentes labores.	-Al subsanar todos los inconvenientes indicados, será posible obtener un shotcrete de calidad que haga un buen trabajo de estabilización. Será necesario tener un presupuesto para efectuar pruebas de resistencia en reconocidos laboratorios de manera periódica con el fin de conocer la calidad obtenida del shotcrete.
d	Curado con agua	-Luego de que se finaliza la aplicación del shotcrete en las diferentes labores, se ha podido comprobar que no se esta efectuando ningún tipo de curado con chorro de agua en las paredes del shotcrete.	-Es importante realizar el curado sobre la cara del shotcrete lanzado con abundante chorro de agua durante los primeros dias. Con ello se obtendrá una mejor resistencia del shotcrete aplicado.

Cuadro N° 26

Cuadro Resumen de Situación del Concreto Lanzado (Shotcrete)

N°	DESCRIPCION	CONDICION ACTUAL	CONDICION OPTIMA
6	RESULTADOS		
a	Rendimientos	-El rendimiento obtenido en el shotcrete con las condiciones actuales de trabajo es calificada como de BAJA (promedio 3 m3/gdía), debido a tener algunas veces tener que postergar o retrasar los trabajos programados para la otra guardia por los diferentes inconvenientes que se presentan durante el trabajo (falta o falla de material, equipo, etc.)	-Para lograr BUENOS rendimientos (4-5 m3/gdía) de lanzado de shotcrete de manera sostenida, se debe preveer y resolver con todos los inconvenientes detectados. Ello permitirá el ahorro de tiempo y una buena calidad, con lo que se abastecería en gran parte con los trabajos de shotcrete que se tienen pendientes en varias labores.
b	Optimización y Costos	-Actualmente no se ha realizado ningún tipo de cuantificación y optimización para los trabajos de shotcrete, considerando que los inconvenientes detectados estan ocasionando retrasos a los demas actividades unitarias de minado (perforación, voladura, limpieza y sostenimiento). Los COSTOS directos e indirectos del shotcrete por m2 que se obtienen son ALTOS.	-En la mina Poracota es posible mejorar los trabajos de concreto lanzado, siempre en cuanto se tome en cuenta y se subsanen los inconvenientes detectados. Los resultados finales serían OPTIMIZACIÓN de los ciclos del shotcrete y de las demás actividades unitarias que además representaría una notable REDUCCION DE COSTOS del shotcrete aplicado.
c		-se reemplazo el sostenimiento pasivo cimbras (labores permanentes) y cuadros de madera (labores temporales) por el sistema combinado de sostenimiento : split set ,malla electrosoldada y shotcrete en frentes de avance con calidad de roca IV A y IV B teniendo buenos resultados al REDUCIR EL COSTO de sostenimiento por metro y ELIMINAR los RIESGOS que se generan al manipular estos materiales (cuadros de madera y Cimbra)	-En la mina Poracota es posible disminuir los costo de sostenimiento y tener labores mas seguras al implementar el elemento de sostenimiento HYDRABOLT en el sistema combinado de sostenimiento en labores de avance con tipo de roca IV A y IV B.

5.3.1.7 *Implantación de Medidas a Corto Plazo*

- De acuerdo a los inconvenientes identificados, lo más razonable a realizar para lograr buenos rendimientos, optimización y reducción de costos, es establecer las siguientes medidas de mejoras en un corto plazo:
- La arena deberá ser de una granulometría adecuada (CUADRO N# 01) y seca.
- Se debe realizar control de calidad al concreto Lanzado(uso de CALIBRADORES y uso de la PERFORADORA MANUAL HILTI para verificar el ESPESOR).
- Se deberá instalar estructuras con techo cercanas a la bocamina con la finalidad de cubrir de la lluvia la arena seca que se designe para realizar los trabajos de Mezcla previo ingreso para uso en interior mina.
- Se deberá designar un mezclador (un trompo) de una capacidad mínima de 11 pie³ u otro equipo similar con el objeto de realizar una mezcla homogénea y uniforme de los componentes (arena, cemento, y fibra de acero), y obtener un suficiente volumen de mezcla preparada, ello ayudará estandarizar el control de volumen de mezcla a las diferentes labores. Por otro lado, se permitirá que el personal de shotcrete mejore sus rendimientos de lanzado por guardia.
- Mina deberá efectuar una orden de trabajo para la elaboración de andamios metálicos o deberá solicitar su adquisición la orden de adquisición para uso exclusivo en trabajos de aplicación de shotcrete en labores de techo alto.
- La mina cuenta con 3 equipos de shotcrete "Alivas" 1 de la E.E. ZICSA y 2 de la E.E. COEMSA las mismas que deberán estar en condiciones óptimas de operación y disponibilidad mecánica.

- La E.E. ZICSA deberá implementar un equipo mas de shotcrete “Aliva” con el fin de abarcar labores temporales y permanentes.
- La E.E. ZICSA debe implementar una Aliva Via Seca y 2 Dosificadores de aditivo y agua, la E.E. COEMSA deberá implementar un dosificador de aditivo y agua con lo cual en la U.E.A.PORACOTA se tendría en total 4 maquinas shotcreteras con su respectivo DOSIFICADOR de aditivo y agua, con lo cual se eliminaría TOTALMENTE LOS TANQUES DOSIFICADORES, y se tendría menos % de rebote ,menos polución y mejor resistencia de de concreto.
- Se debe realizar la compra del ADITIVO LIBRE DE ALCALI APRAL el cual tiene presentación en tanque de 1350kg (equivale a 4.5cilindros de sure shot AF) con el cual NO se tendría manipuleo pues este se ubicaría en un REFUGIO para que de ahí el personal en bidones traslade el aditivo a sus labores, aparte que tendríamos la asistencia técnica del proveedor, se continuara con el proveedor realizando pruebas de resistencia del SHOTCRETE hasta tener la dosificación adecuada.

5.3.1.8 Conclusiones y Recomendaciones

- Al implantar las medidas de mejoras al sistema de sostenimiento con concreto lanzado, se permitirá una mayor versatilidad y dinamismo acorde con el ritmo de ejecución de las labores subterráneas. Ello significa optimización de los trabajos de shotcrete.
- Los rendimientos por metro cúbico de concreto lanzado por equipo de Aliva son bajos, debido a las diferentes restricciones operativas que se tiene en la actualidad. Mediante el sistema propuesto se obtendrá mayores rendimientos, lo cual significa la conclusión de los trabajos en menores plazos.

- La resistencia compresiva del concreto lanzado que se obtendrá será mayor a la actual (el mínimo requerido es 22 MPa), obteniendo con ello estabilizar de manera adecuada las labores con criticidad y garantizar la seguridad al personal y equipos que transiten por el área.
- Al aplicar el sistema combinado de sostenimiento: Split set, mallas electrosoldadas y shotcrete en frentes de avance con calidad de roca IVA y IV B se tendrá BAJO COSTO de sostenimiento, MAYOR AVANCE en las labores y se ELIMINARA los riesgos que se generan en el manipuleo de materiales (cimbras y cuadros de madera)
- Se puede concluir que para obtener buenos resultados del sistema combinado de sostenimiento se deben eliminar los inconvenientes y restricciones que se tienen actualmente en los trabajos de shotcrete, los cuales repercuten notablemente.

FOTOS



Foto 01: El personal de la E.E. COEMSA es capacitado en el uso del Dosificador de Aditivo y Agua



TANQUE DOSIFICADOR

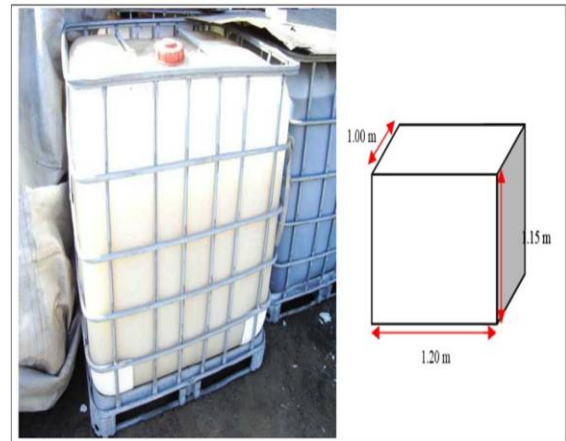


DOSIFICADOR

Foto 02: Los tanques dosificadores están siendo reemplazados por el Dosificador de aditivo y agua



ADITIVO (SURE SHOT AF)

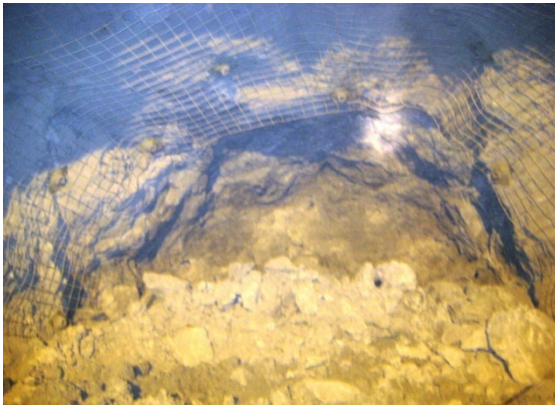


ADITIVO APRAL

Foto 03: Se realizara el cambio del aditivo Sure Shot AF por el Aditivo Apral por razones de Seguridad, costo y apoyo técnico



Foto 04: Ambas E.E. deberán tener el stock de materiales críticos (disco de jebe, etc) de sus respectivas maquinas SHOTCRETERAS



Primera Etapa



Segunda Etapa

Foto 05: El sistema combinado de sostenimiento consta de una Primera Etapa: Split set mas Malla Electrosoldada; y Segunda Etapa: shotcrete con 3" de espesor



Verificación de espesor de Shotcrete



Medición de espesor de shotcrete

Foto 06: Se debe realizar el control de espesor del shotcrete (USO DE CALIBRADORES Y USO DE LA PERFORADORA MANUAL HILTI)

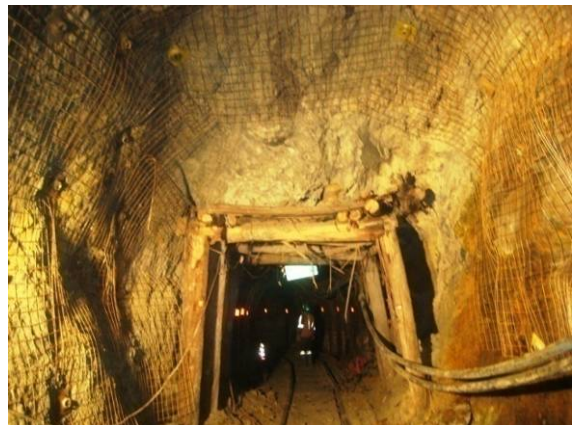


Foto 07: Con el sistema combinado de sostenimiento: Split set, malla electro soldada y shotcrete se ha reemplazado el sostenimiento pasivo (cuadros de madera y cimbras) en frentes de avance con calidad de roca IV A y IV B con el fin de bajar los COSTOS y LIMINAR los riesgos que se generan en el manejo de materiales (cuadros de madera y cimbras)



Foto 08: Se debe realizar pruebas de EPP adecuado por las E.E. para el personal Involucrado en el lanzado de concreto.



Foto 09: Tener en cuenta por tratarse de un sistema lanzado por vía seca se genera mucha polución y se tiene muy poca visibilidad



Foto 10: Observar que rebote o rechazo de arena gruesa al final de la jornada del trabajo de concreto lanzado



Foto 11: Las E.E. en coordinación con el área de Geomecánica obtendrán un panel de muestra para ser ensayada en un laboratorio de concretos. Prueba in situ de tiempo inicial de fraguado.

5.3.2 Implementación de un Nuevo Diseño de Distribución de Elementos de Sostenimiento (Split Set e Hydrabolt) en Malla Electrosoldada, aplicando el Método de Análisis Mecánico Estructural

El Sistema de Clasificación Geomecánica de la masa rocosa utilizado en la Unidad Minera Poracota fue el Sistema RMR (Rock Mass Rating) o Valoración de la Masa Rocosa dada por Bieniawski en 1989. Mediante este sistema señalado se realizan una serie de aplicaciones tales como:

La estimación de los abiertos máximos de las excavaciones, la estimación de los tiempos de autosostenimiento, la estimación del sostenimiento permanente o temporal y de acuerdo al resultado del R.M.R. que nos da el tipo y calidad de la roca se aplica el sostenimiento adecuado, ya sea de refuerzo (SPLIT SET de 5 pie y 7 pie, HYDRABOLT de 5 pie y 7 pie).

Este tipo de sostenimiento de refuerzo también conocido como activos nos brindan las siguientes ventajas:

- Por lo general suspenden bloques sueltos.
- Forman un arco compresivo por encima de la corona.
- Aumentan el tamaño efectivo de los bloques.

Se ingresa los diferentes parámetros que intervienen en el Análisis Mecánico Estructural, para calcular el de Espaciamiento Sistemático, tanto para Roca III y Roca IV.

5.3.2.1 Espaciamiento Sistemático para Roca III

PARAMETROS:

- Longitud de Perno (m) : 1.5
- Espesor de Bloque (t) : 0,6
- Densidad (kg/m³) Minera : 2370
- Factor de Seguridad : 1.5
- Capacidad de Perno (Tn) : 6

Espaciamiento Sistemático		ROCA III
End-anchored bolts		
Bolt length (m)		1,5
Thickness of beam, t, to be suspended (m)		0,6
ρ (kg/m ³)		2370
Factor of safety		1,5
Bolt capacity (tons)		6
Unknown - What should the spacing S be?		
$\text{Factor of Safety} = \frac{\text{Capacity of bolt}}{\text{Demand on bolt}}$		
Demand on bolt should therefore not exceed (tons):		4
Demand on bolt in kilograms (kg)		4000
Mass of block:	$m = \rho \cdot \mathcal{A} \cdot t = \rho S^2 t$	
Rearranging to give S:	$S = \sqrt{\frac{m}{\rho}}$	
Spacing S (m)		1,677182
Practical spacing S (m)		1,7
Friction anchors		
Pull-out resistance (kN/m)		50
Maximum bond length (m)		0,5

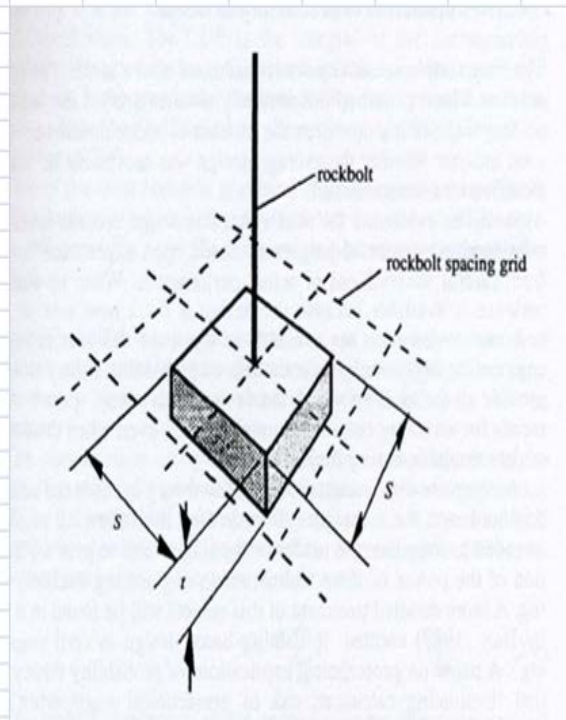


Fig. N° 60 Calculo del espaciamiento sistemático en roca III

5.3.2.2 Espaciamiento Sistemático Para Roca IV

PARAMETROS:

- Longitud de Perno (m) : 1.5
- Espesor de Bloque (t) : 0,6
- Densidad (kg/m³) Minera : 2370
- Factor de Seguridad : 1.5
- Capacidad de Perno (Tn) : 6

Espaciamiento Sistemático		ROCA IV
End-anchored bolts		
Bolt length (m)		2,1
Thickness of beam, t, to be suspended (m)		1,2
ρ (kg/m ³)		2700
Factor of safety		1,8
Bolt capacity (tons)		10
Unknown - What should the spacing S be?		
$\text{Factor of Safety} = \frac{\text{Capacity of bolt}}{\text{Demand on bolt}}$		
Demand on bolt should therefore not exceed (tons):		5,555556
Demand on bolt in kilograms (kg)		5555,556
Mass of block:	$m = \rho V = \rho S^2 t$	
Rearranging to give S:	$S = \sqrt{\frac{m}{\rho}}$	
Spacing S (m)		1,309457
Practical spacing S (m)		1,3

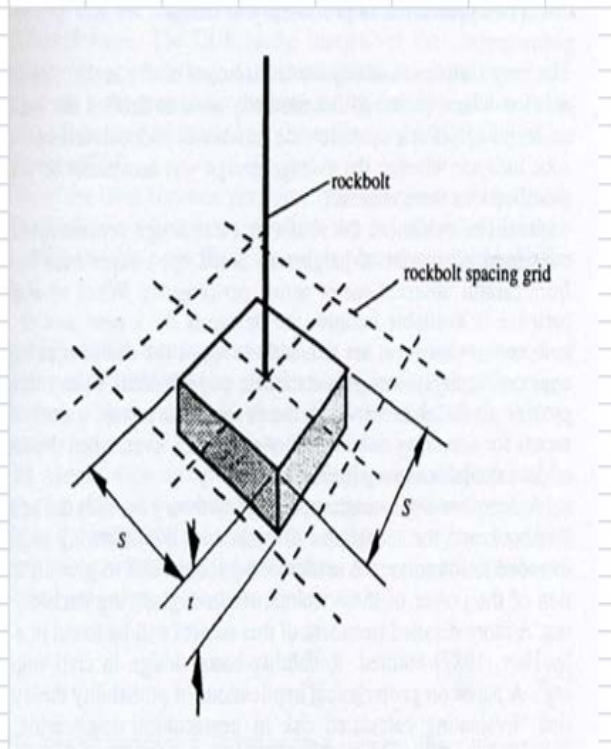
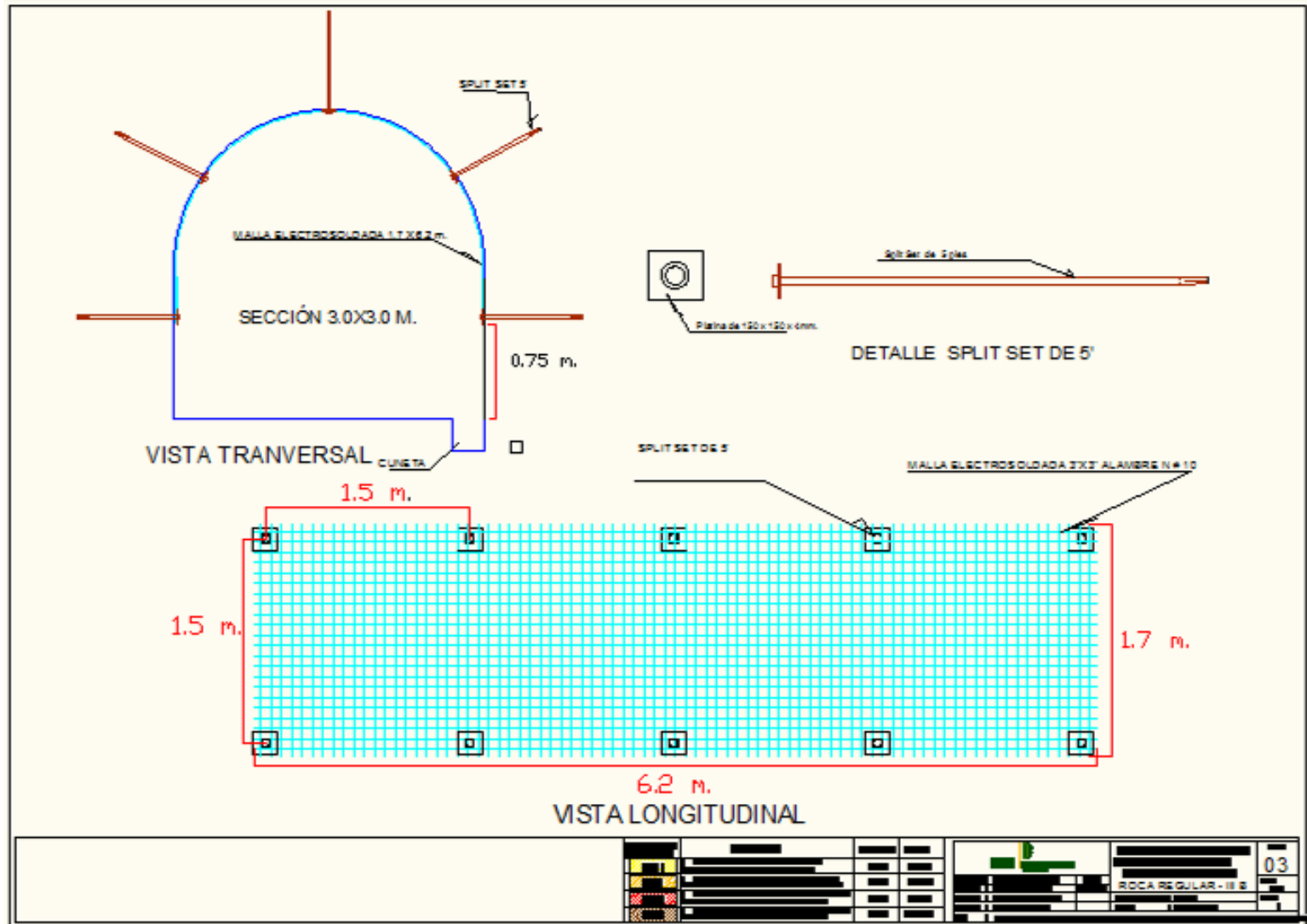


Fig. N° 61 Calculo del espaciamiento sistemático en roca IV

5.3.2.3 Diseño de Espaciamiento Sistemático de Split Set de 5 Pies en Malla Electrosoldada para Roca III.

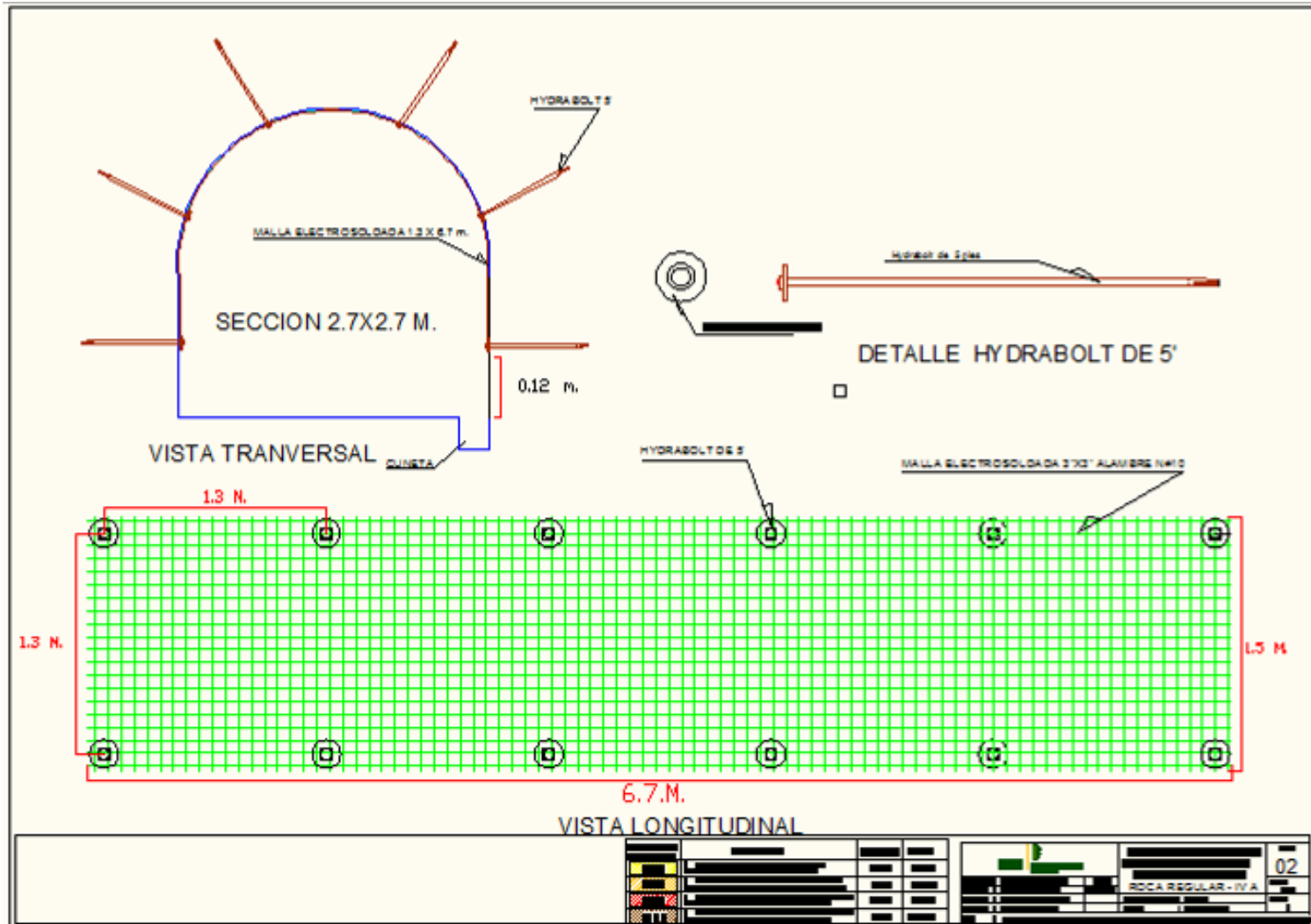
Una vez obtenida toda la información, esta fue procesada en gabinete y haciendo uso del METODO DE ANALISIS MECANICO ESTRUCTURAL, se realizo el diseño de la nueva distribución de SPLIT SET E HYDRABOLT, en el cual se propone que nuestros elementos de sostenimiento se distribuyan en forma SISTEMÁTICA y ya no en forma empírica (en rombo).

- PARA SECCION 3.0 X 3.0 M.

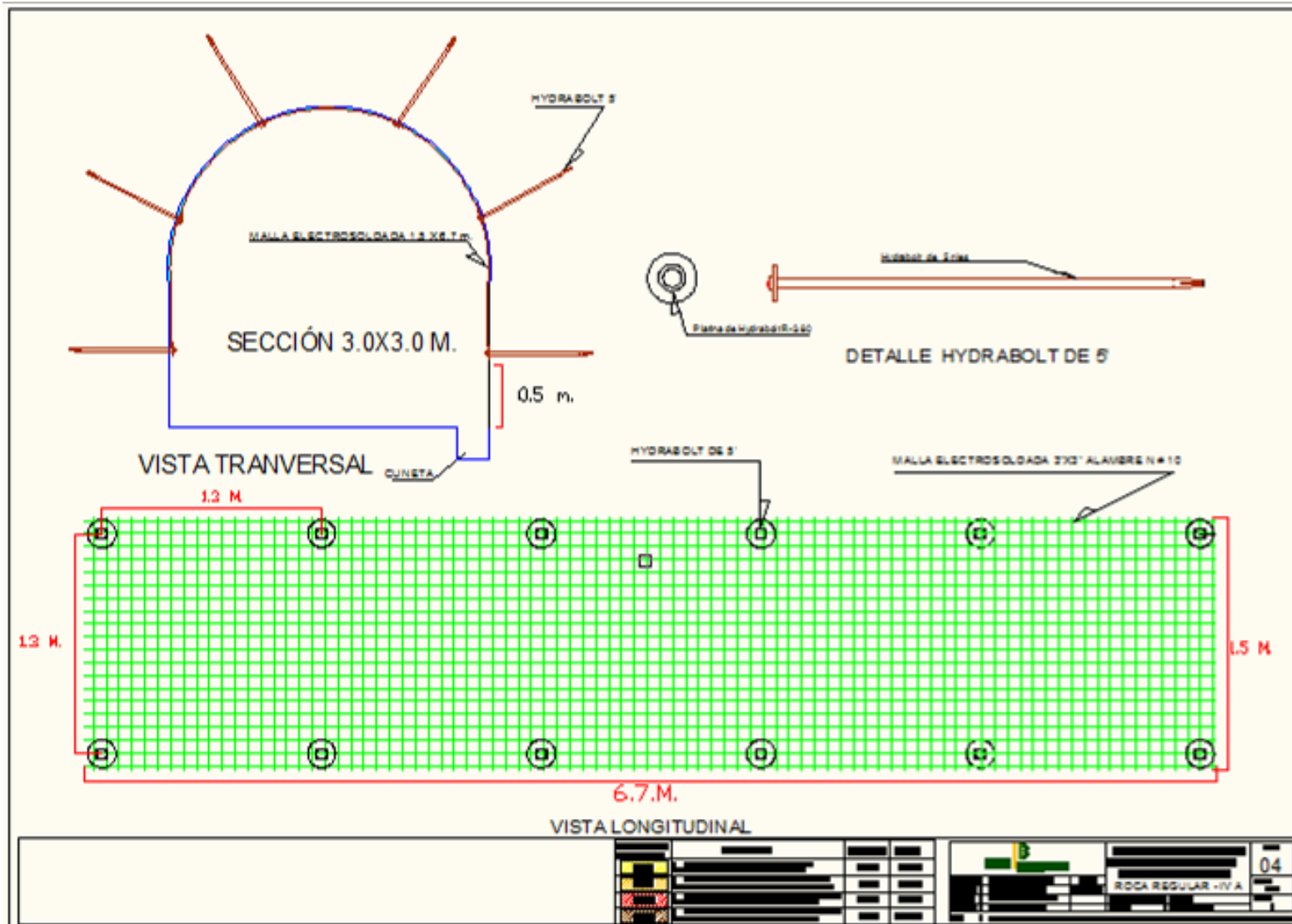


5.3.2.4 Diseño de Espaciamiento Sistemático de Hydrabolt de 5 Pies en Malla Electrosoldada para Roca IV.

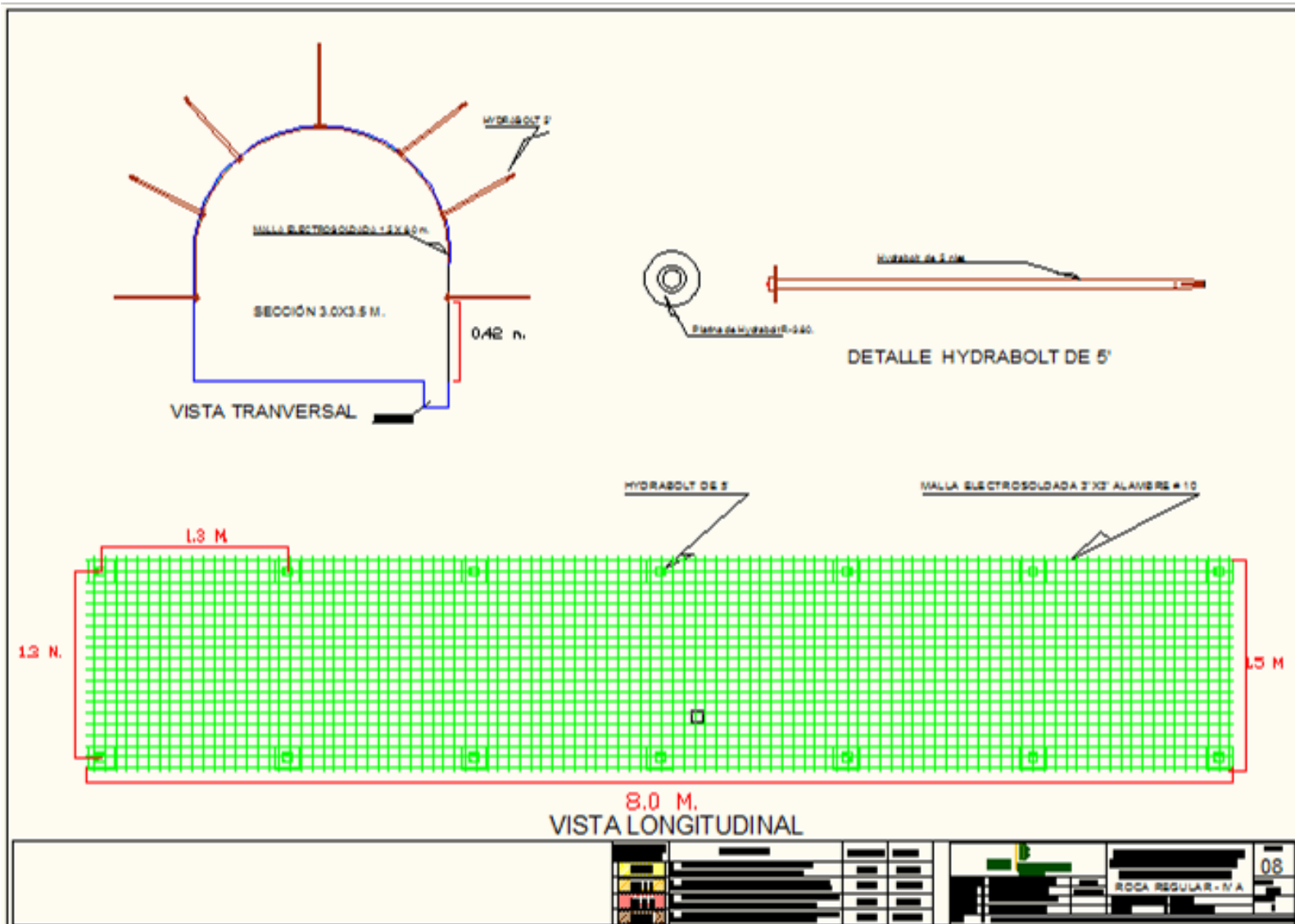
- PARA SECCION 2.7 X 2.7 M.



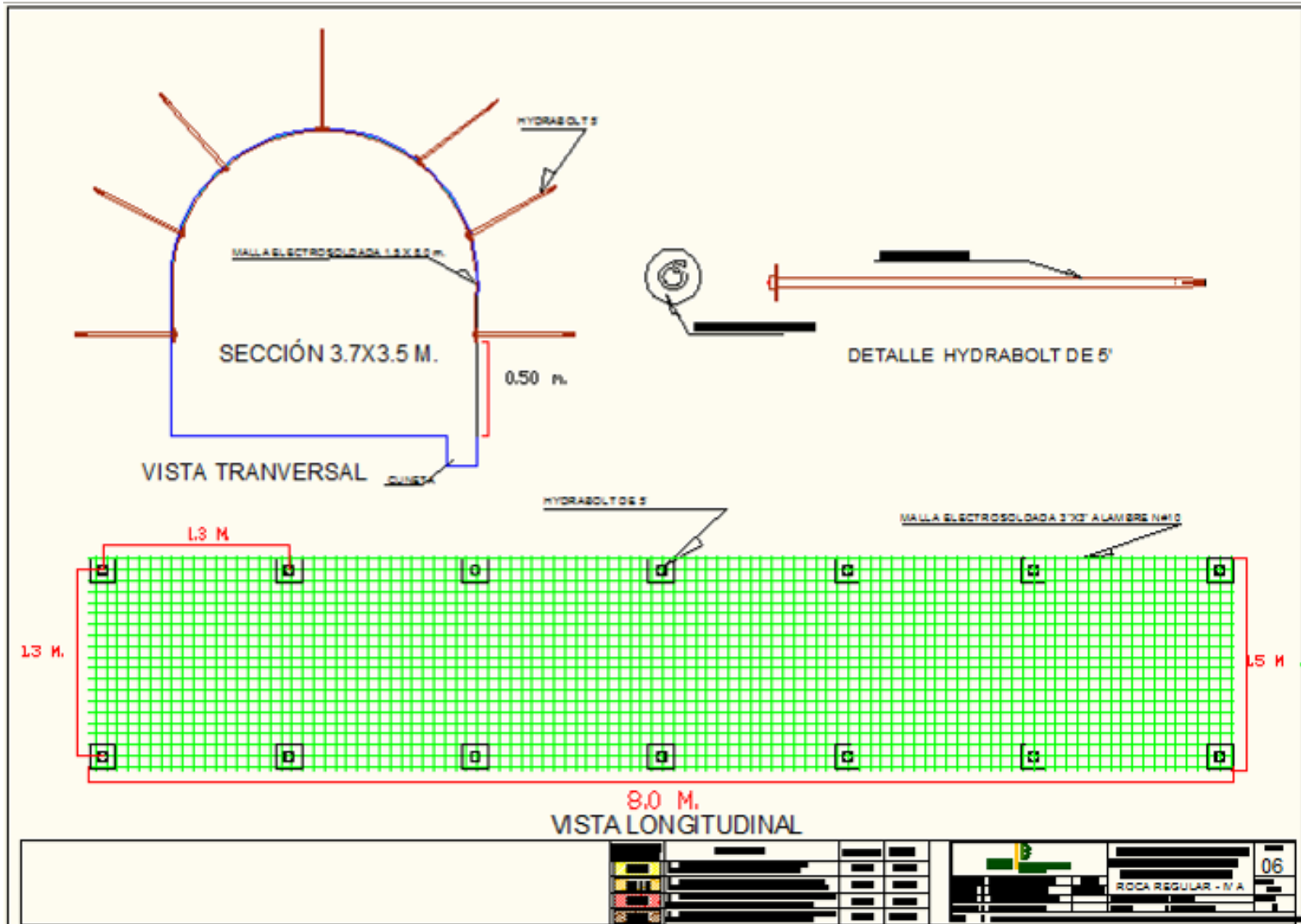
- PARA SECCION 3.0 X 3.0 M.



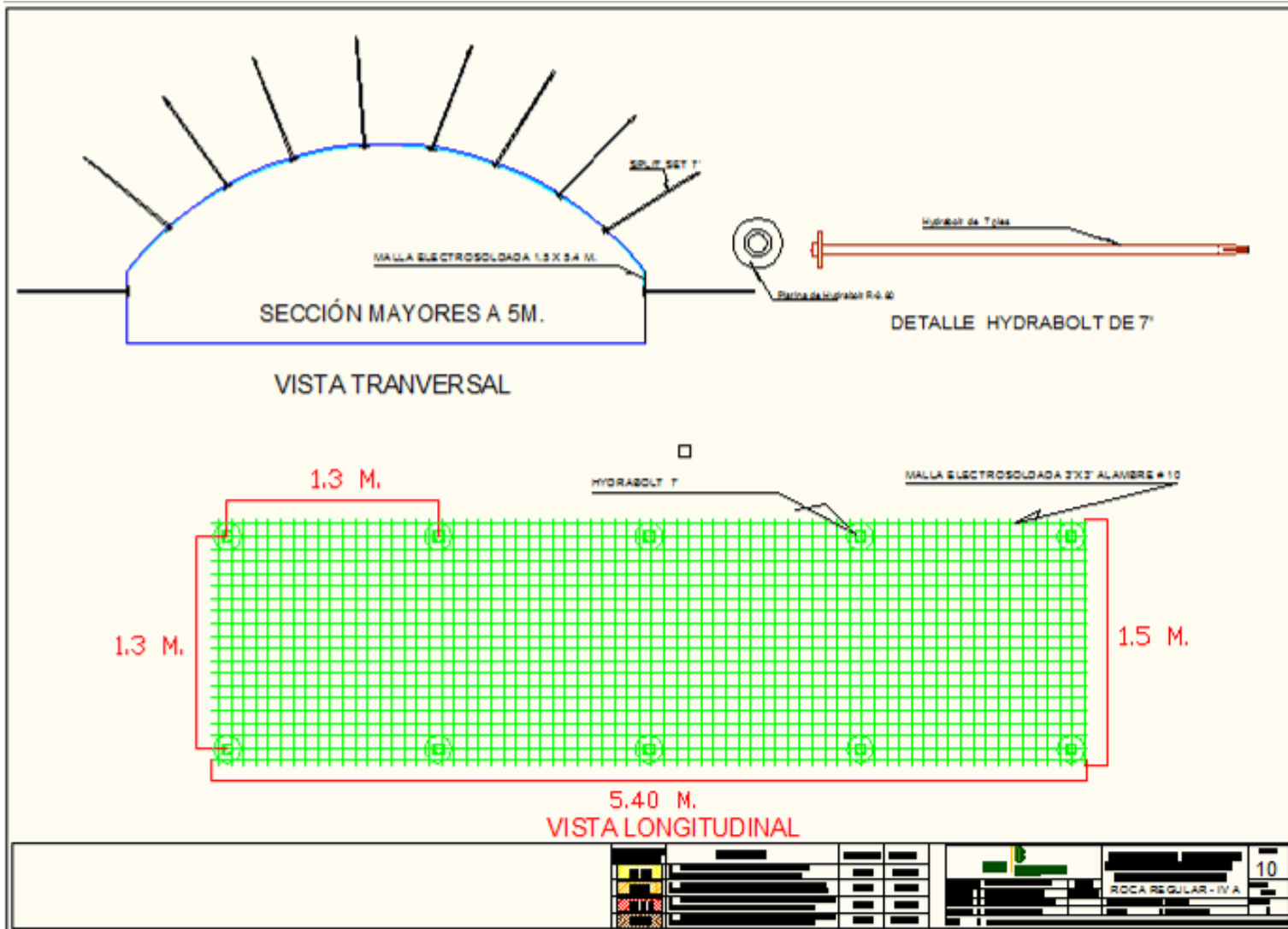
- PARA SECCION 3.0 X 3.5 M.



- PARA SECCION 3.7 X 3.5 M.



- PARA SECCIONES MAYORES A 5M



5.3.3 Comparación de Costos de Sostenimiento en U.E.A. Poracota

5.3.3.1 *Comparación de Costo por Metro Lineal de Avance con Split Set Actual vs. Propuesto en Secciones 2.7 x 2.7 y 3.0 x 3.0 m. en roca III*

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO USADOS ACTUALMENTE

	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO			
	SPLIT SET 5'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA (ALAMBRE N° 08, COCADA 3"x3" de 1.5x3.0m(4.5m2))	ACCESORIO MINI SPLIT SET 1'	
COSTO DE SUMINISTROS (\$)	5,11	17,08	2,68	
COSTO DE INSTALACION (\$)	7,00	4,00	1,00	COSTO TOTAL(\$)
SUB TOTAL(\$)	12,11	21,08	3,68	36,87

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO PROPUESTOS

	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO			
	SPLIT SET 5'	Rollos de MALLA ELECTROSOLDADA(ALAMBRE N° 10, COCADA 3"x3" de 1.7x6.2m(10.54m2))	ACCESORIO MINI SPLIT SET 1'	
COSTO DE SUMINISTROS (\$)	5,11	18,76	2,68	
COSTO DE INSTALACION (\$)	7,00	4,00	1,00	COSTO TOTAL(\$)
SUB TOTAL(\$)	12,11	22,76	3,68	38,55

A. **ACTUAL: Empleo de sostenimiento con Split Set y Malla Electrosoldada.**

En el 2010 el COSTO de sostenimiento en labores de avance, con calidad de roca tipo III, tuvo una tendencia a AUMENTAR, debido a que se está usando una distribución de pernos en forma empírica (en rombo), por ende el uso de mayor número de elementos de sostenimiento activos como Split Set, Mini Split Set, Malla Electrosoldada.

El avance lineal en labores con calidad de roca tipo III tuvo una tendencia NEGATIVA (Avance Prom.Mensual **400mts.**), debido a que se avanzo menos metros lineales en relación a la cantidad de elementos de sostenimiento pasivos que se uso en los frentes.

COSTO DE SOSTENIMIENTO ACTUAL POR METRO LINEAL DE AVANCE CON SPLIT SET Y MALLA ELECTROSOLDADA				
	SOSTENIMIENTO ACTUAL POR METRO LINEAL DE AVANCE			
	Und. SPLIT SET de 5'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA (ALAMBRE N° 08, COCADA 3"X3" de 1.5x3.0m(4.5m2))	Und. de MINI SPLIT SET 1'	
CANTIDAD	9	1,3	5	
COSTO DE SUMINISTROS (\$/ML)	45,99	22,00	13,40	
COSTO DE INSTALACION (\$/ML)	63,00	23,20	5,00	COSTO TOTAL(\$/ML)
SUB TOTAL(\$/ML)	108,99	45,2	18,4	172,59

B. PROPUESTA: Empleo de sostenimiento con Split Set y Malla Electrosoldada en rollo.

Con el fin de tener un menor costo de sostenimiento por metro lineal de avance es necesario cambiar LA DISTRIBUCION ACTUAL DE SPLIT SET usando el método Análisis Mecánico Estructural, para reducir el número de elementos de sostenimiento activos como Split Set, Mini Split Set, Malla Electrosoldada.

COSTO DE SOSTENIMIENTO PROPUESTO POR METRO LINEAL DE AVANCE CON SPLIT SET Y MALLA ELECTROSOLDADA EN ROLLO				
	SOSTENIMIENTO PROPUESTO POR METRO LINEAL DE AVANCE			
	Und. SPLIT SET de 5'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA(ALAMBRE N° 10, COCADA 3"X3" de 1.7x6.2m(10.54m2))	Und. de MINI SPLIT SET 1'	
CANTIDAD	5	0,6	5	
COSTO DE SUMINISTROS (\$/ML)	25,55	18,76	13,40	
COSTO DE INSTALACION (\$/ML)	35,00	24,80	5,00	COSTO TOTAL(\$/ML)
SUB TOTAL(\$)	60,55	43,56	18,4	122,51

C. CONCLUSIONES:

Del cuadro anterior se puede concluir que implementando el método Análisis Mecánico Estructural en labores con calidad de roca tipo III se tiene:

- En labores permanentes y temporales se obtiene una reducción del 29% (**US\$ 122.51**) en e203*0.2
- El costo por metro lineal de avance.
- En labores permanentes y temporales se obtendría un mayor avance en los metros lineales el cual representa un 30% (0.20mts) más.

- En labores permanentes y temporales habría un mejor control del relajamiento del macizo rocoso.

DISTRIBUCION DE SPLIT SET UTILIZANDO EL SISTEMA IMPIRICO (EN ROMBO)



DISTRIBUCION DE SPLIT SET UTILIZANDO EL ANALISIS SISTEMATICO ESTRUCTURAL



5.3.3.2 Comparación de costo por metro lineal de avance con Split Set Actual vs. Propuesto en sección 3.7 x 3.5 m. en roca III

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO USADOS ACTUALMENTE

	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO			
	SPLIT SET 5'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA (ALAMBRE N° 08, COCADA 3"X3" de 1.5x3.0m(4.5m2))	ACCESORIO MINI SPLIT SET 1'	
COSTO DE SUMINISTROS (\$)	5,11	17,08	2,68	
COSTO DE INSTALACION (\$)	7,00	4,00	1,00	COSTO TOTAL(\$)
SUB TOTAL(\$)	12,11	21,08	3,68	36,87

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO PROPUESTOS

	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO			
	SPLIT SET 5'	Rollos de MALLA ELECTROSOLDADA(ALAMBRE N° 10, COCADA 3"X3" de 1.7x6.2m(10.54m2))	ACCESORIO MINI SPLIT SET 1'	
COSTO DE SUMINISTROS (\$)	5,11	31,78	2,68	
COSTO DE INSTALACION (\$)	7,00	4,00	1,00	COSTO TOTAL(\$)
SUB TOTAL(\$)	12,11	35,78	3,68	51,57

A. ACTUAL: Empleo de sostenimiento con Split Set y Malla Electrosoldada.

En el 2010 el COSTO de sostenimiento en labores de avance, con calidad de roca tipo III, tuvo una tendencia a AUMENTAR, debido a que se está usando una distribución de pernos en forma empírica (en rombo), por ende el uso de mayor número de elementos de sostenimiento activos como Split Set, Mini Split Set, Malla Electrosoldada.

El avance lineal en labores con calidad de roca tipo III tuvo una tendencia NEGATIVA (Avance Prom.Mensual **400mts.**), debido a que se avanzo menos metros lineales en relación a la cantidad de elementos de sostenimiento pasivos que se uso en los frentes.

COSTO DE SOSTENIMIENTO POR METRO LINEAL DE AVANCE CON SPLIT SET ACTUAL Y MALLA ELECTROSOLDADA				
	SOSTENIMIENTO ACTUAL POR METRO LINEAL DE AVANCE			
	Und. SPLIT SET de 5'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA (ALAMBRE N° 08, COCADA 3"X3" de 1.5x3.0m(4.5m2))	Und. de MINI SPLIT SET 1'	
CANTIDAD	13	8,4	7	
COSTO DE SUMINISTROS (\$/ML)	66,43	31,88	18,76	
COSTO DE INSTALACION (\$/ML)	91,00	33,60	7,00	COSTO TOTAL(\$/ML)
SUB TOTAL(\$/ML)	157,43	65,48	25,76	248,67

B. PROPUESTA: Empleo de sostenimiento con Split Set y Malla Electrosoldada en rollo.

Con el fin de tener un menor costo de sostenimiento por metro lineal de avance es necesario cambiar LA DISTRIBUCION ACTUAL DE SPLIT SET usando el método Análisis Mecánico

Estructural, para reducir el número de elementos de sostenimiento activos como Split Set, Mini Split Set, Malla Electrosoldada.

COSTO DE SOSTENIMIENTO PROPUESTO POR METRO LINEAL DE AVANCE CON SPLIT SET Y MALLA ELECTROSOLDADA EN ROLLO				
	SOSTENIMIENTO PROPUESTO POR METRO LINEAL DE AVANCE			
	Und. SPLIT SET de 5'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA(ALAMBRE N° 10, COCADA 3"X3" de 1.7x6.2m(10.54m2))	Und. de MINI SPLIT SET 1'	
CANTIDAD	6	7,7	6	
COSTO DE SUMINISTROS (\$/ML)	30,66	23,30	16,08	
COSTO DE INSTALACION (\$/ML)	42,00	30,80	6,00	COSTO TOTAL(\$/ML)
SUB TOTAL(\$)	72,66	54,1	22,08	148,84

C. CONCLUSIONES:

Del cuadro anterior se puede concluir que implementando el método Análisis Mecánico Estructural en labores con calidad de roca tipo III se tiene:

- En labores permanentes y temporales se obtiene una reducción del 30% **(US\$ 99.83)** en el costo por metro lineal de avance.
- En labores permanentes y temporales se obtendría un mayor avance en los metros lineales el cual representa un 30% (0.20mts) más.
- En labores permanentes y temporales habría un mejor control del relajamiento del macizo rocoso.

**DISTRIBUCION DE SPLIT SET UTILIZANDO EL SISTEMA IMPIRICO
(EN ROMBO)**



**DISTRIBUCION DE SPLIT SET UTILIZANDO EL ANALISIS SISTEMATICO
ESTRUCTURAL**



5.3.3.3 Comparación de costo por metro lineal de avance con Split Set Actual vs. Propuesto en sección mayores a 5 m. en roca III.

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO USADOS ACTUALMENTE

	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO			
	SPLIT SET 7'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA (ALAMBRE N° 08, COCADA 3"X3" de 1.5x3.0m(4.5m2))	ACCESORIO MINI SPLIT SET 1'	
COSTO DE SUMINISTROS (\$)	6,38	17,08	2,68	
COSTO DE INSTALACION (\$)	9,00	4,00	1,00	COSTO TOTAL(\$)
SUB TOTAL(\$)	15,38	21,08	3,68	40,14

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO PROPUESTOS

	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO			
	SPLIT SET 7'	Rollos de MALLA ELECTROSOLDADA(ALAMBRE N° 10, COCADA 3"X3" de	ACCESORIO MINI SPLIT SET 1'	
COSTO DE SUMINISTROS	6,38	31,78	2,68	
COSTO DE INSTALACION	9,00	4,00	1,0	COSTO TOTAL(\$)
SUB TOTAL(\$)	15,38	35,78	3,68	54,84

A. ACTUAL: Empleo de sostenimiento con Split Set y Malla Electrosoldada.

En el 2010 el COSTO de sostenimiento en labores de avance, con calidad de roca tipo III, tuvo una tendencia a AUMENTAR, debido a que se está usando una distribución de pernos en forma empírica (en rombo), por ende el uso de mayor número de elementos de sostenimiento activos como Split Set, Mini Split Set, Malla Electrosoldada.

El avance lineal en labores con calidad de roca tipo III tuvo una tendencia NEGATIVA (Avance Prom.Mensual **400mts.**), debido a que se avanzo menos metros lineales en relación a la cantidad de elementos de sostenimiento pasivos que se uso en los frentes.

COSTO DE SOSTENIMIENTO ACTUAL POR METRO LINEAL DE AVANCE CON SPLIT SET Y MALLA ELECTROSOLDADA				
	SOSTENIMIENTO ACTUAL POR METRO LINEAL DE AVANCE			
	Und. SPLIT SET de 7'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA (ALAMBRE N° 08, COCADA 3"X3" de	Und. de MINI SPLIT SET 1'	
CANTIDAD	17	11,4	11	
COSTO DE SUMINISTROS (\$/ML)	108,46	43,26	29,48	
COSTO DE INSTALACION (\$/ML)	153,00	45,60	11,00	COSTO TOTAL(\$/ML)
SUB TOTAL(\$/ML)	261,46	88,86	40,48	390,80

B. PROPUESTA: Empleo de sostenimiento con Split Set y Malla Electrosoldada en rollo.

Con el fin de tener un menor costo de sostenimiento por metro lineal de avance es necesario cambiar LA DISTRIBUCION ACTUAL DE SPLIT SET usando el método Análisis Mecánico Estructural, para reducir el número de elementos de sostenimiento activos como Split Set, Mini Split Set, Malla Electrosoldada.

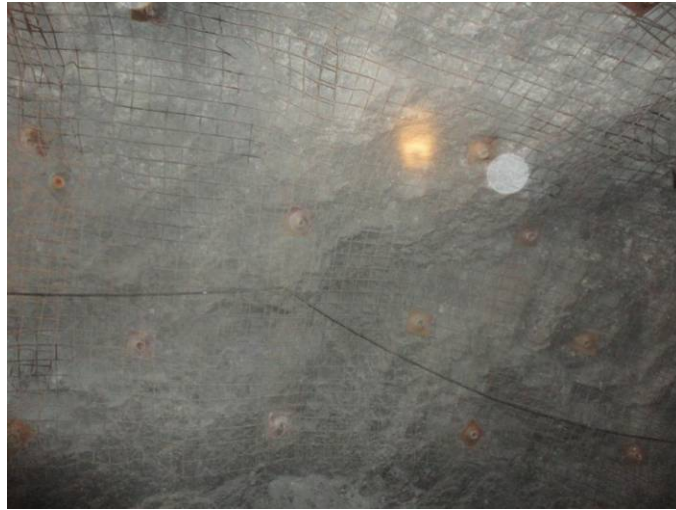
COSTO DE SOSTENIMIENTO PROPUESTO POR METRO LINEAL DE AVANCE CON SPLIT SET Y MALLA ELECTROSOLDADA EN ROLLO				
	SOSTENIMIENTO PROPUESTO POR METRO LINEAL DE AVANCE			
	Und. SPLIT SET de 7'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA(ALAMBRE N° 10, COCADA 3"X3" de	Und. de MINI SPLIT SET 1'	
CANTIDAD	8	12,2	8	
COSTO DE SUMINISTROS (\$/ML)	51,04	36,92	21,44	
COSTO DE INSTALACION (\$/ML)	72,00	48,00	8,00	COSTO TOTAL(\$/ML)
SUB TOTAL(\$)	123,04	84,92	29,44	237,4

C. CONCLUSIONES:

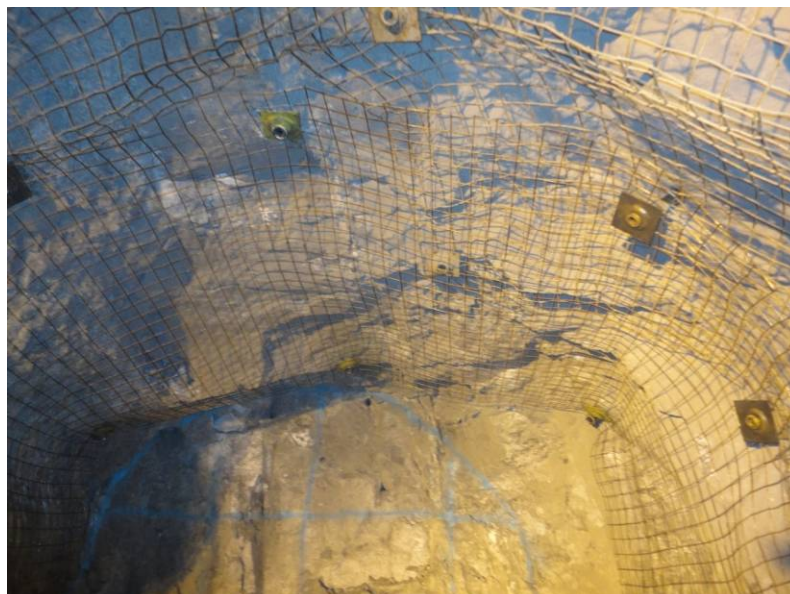
Del cuadro anterior se puede concluir que implementando el método Análisis Mecánico Estructural en labores con calidad de roca tipo III se tiene:

- En labores permanentes y temporales se obtiene una reducción del 29% (**US\$ 153.4**) en el costo por metro lineal de avance.
- En labores permanentes y temporales se obtendría un mayor avance en los metros lineales el cual representa un 30% (0.20mts) más.
- En labores permanentes y temporales habría un mejor control del relajamiento del macizo rocoso.

**DISTRIBUCION DE SPLIT SET UTILIZANDO EL SISTEMA IMPIRICO
(EN ROMBO)**



**DISTRIBUCION DE SPLIT SET UTILIZANDO EL ANALISIS SISTEMATICO
ESTRUCTURAL**



5.3.3. 4 Comparación de costo por metro lineal de avance con Hydrabolt Actual vs. PROPUESTO en secciones 2.7 x 2.7 y 3.0 x 3.0 m. En roca IV.

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO USADOS ACTUALMENTE

	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO			
	HYDRABOLT 5'	Rollos de MALLA ELECTROSOLDADA(ALAMBRE N° 10, COCADA 3"X3" de 1.7x6.2m(10.54m2))	ACCESORIO SPLIT SET 3'	
COSTO DE SUMINISTROS (\$)	9,17	16,27	3,00	
COSTO DE INSTALACION (\$)	7,00	4,00	5,00	COSTO TOTAL(\$)
SUB TOTAL(\$)	16,174	20,27	8	44,444

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO PROPUESTOS

	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO			
	SPLIT SET 5'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA (ALAMBRE N° 08, COCADA 3"X3" de 1.5x3.0m(4.5m2))	ACCESORIO MINI SPLIT SET 1'	
COSTO DE SUMINISTROS (\$)	5,11	17,08	2,68	
COSTO DE INSTALACION (\$)	7,00	4,00	1,00	COSTO TOTAL(\$)
SUB TOTAL(\$)	12,11	21,08	3,68	36,87

A. ACTUAL: Uso de Split Set y Malla Electrosoldada.

El costo de sostenimiento por metro lineal de avance con Split set y malla electrosoldada está sujeta a la cantidad, costos de suministros (Split set, malla electrosoldada y mini Split set de 1') y al costo de instalación determinados por precios unitarios.

El avance lineal en labores con calidad de roca tipo IV tuvo una tendencia NEGATIVA (Avance Prom.Mensual **300mts.**), debido a que se avanzo menos metros lineales en relación a la cantidad de elementos de sostenimiento pasivos que se uso en los frentes.

COSTO DE SOSTENIMIENTO ACTUAL POR METRO LINEAL DE AVANCE CON SPLIT SET Y MALLA ELECTROSOLDADA				
	SOSTENIMIENTO ACTUAL POR METRO LINEAL DE AVANCE			
	Und. SPLIT SET de 5'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA (ALAMBRE N° 08, COCADA 3"X3" de 1.5x3.0m(4.5m2))	Und. de MINI SPLIT SET 1'	
CANTIDAD	9	5,8	5	
COSTO DE SUMINISTROS (\$/ML)	45,99	22,00	13,40	
COSTO DE INSTALACION (\$/ML)	63,00	23,20	5,00	COSTO TOTAL(\$/ML)
SUB TOTAL(\$/ML)	108,99	45,2	18,4	172,59

B. PROPUESTA: Uso de Hydrabolt y Malla Electrosoldada

Con el fin de tener un menor costo de sostenimiento por metro lineal de avance es necesario cambiar el Split set por el Hydrabolt y la malla electrosoldada de alambre N°8 por malla electrosoldada de alambre N°10, además emplear otro accesorio (Split set de 3').

COSTO DE SOSTENIMIENTO PROPUESTO POR METRO LINEAL DE AVANCE CON HYDRABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA EN ROLLO				
	SOSTENIMIENTO PROPUESTO POR METRO LINEAL DE AVANCE			
	Und. HYDRABOLT de 5'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA (ALAMBRE N° 10, COCADA 3"X3" de 1.5x3.0m(4.5m2))	Und. de SPLIT SET 3'	
CANTIDAD	5	5,4	5	
COSTO DE SUMINISTROS (\$/ML)	45,87	16,27	15,00	
COSTO DE INSTALACION (\$/ML)	35,00	21,60	25,00	COSTO TOTAL(\$/ML)
SUB TOTAL(\$)	80,87	37,87	40	158,74

C. CONCLUSIONES:

La implementación de Hydrabolt en labores de avance y labores de explotación implica:

- Minimizar el costo de sostenimiento en un 8% (**US\$ 13.85**) por metro lineal.
- Mejorar el avance lineal.
- Menos taladros para sostenimiento de coronas.
- En labores de avance y explotación coronas más estables.
- Mejorar la productividad en labores de explotación.

5.3.3.5 Comparación de costo por metro lineal de avance con Hydrabolt Actual vs. Propuesto en secciones 3.7 x 3.5 en roca IV.

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO USADOS ACTUALMENTE

	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO			
	SPLIT SET 5'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA (ALAMBRE N° 08, COCADA 3"X3" de 1.5x3.0m(4.5m2))	ACCESORIO MINI SPLIT SET 1'	
COSTO DE SUMINISTROS (\$)	5,11	17,08	2,68	
COSTO DE INSTALACION (\$)	7,00	4,00	1,00	COSTO TOTAL(\$)
SUB TOTAL(\$)	12,11	21,08	3,68	36,87

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO PROPUESTOS

	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO			
	HYDRABOLT 5'	Rollos de MALLA ELECTROSOLDADA(ALAMBRE N° 10, COCADA 3"X3" de 1.7x6.2m(10.54m2))	ACCESORIO SPLIT SET 3'	
COSTO DE SUMINISTROS (\$)	9,17	18,68	3,00	
COSTO DE INSTALACION (\$)	7,00	4,00	5,00	COSTO TOTAL(\$)
SUB TOTAL(\$)	16,17	22,68	8	46,85

A. ACTUAL: Uso de Split Set y Malla Electrosoldada.

El costo de sostenimiento por metro lineal de avance con Split set y malla electrosoldada está sujeta a la cantidad, costos de suministros (Split set, malla electrosoldada y mini Split set de 1') y al costo de instalación determinados por precios unitarios.

El avance lineal en labores con calidad de roca tipo IV tuvo una tendencia NEGATIVA (Avance Prom.Mensual **300mts.**), debido a que se avanzo menos metros lineales en relación a la cantidad de elementos de sostenimiento pasivos que se uso en los frentes.

COSTO DE SOSTENIMIENTO POR METRO LINEAL DE AVANCE CON SPLIT SET ACTUAL Y MALLA ELECTROSOLDADA				
	SOSTENIMIENTO ACTUAL POR METRO LINEAL DE AVANCE			
	Und. SPLIT SET de 5'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA (ALAMBRE N° 08, COCADA 3"X3" de 1.5x3.0m(4.5m2))	Und. de MINI SPLIT SET 1'	
CANTIDAD	13	8,4	7	
COSTO DE SUMINISTROS (\$/ML)	66,43	31,88	18,76	
COSTO DE INSTALACION (\$/ML)	91,00	33,60	7,00	COSTO TOTAL(\$/ML)
SUB TOTAL(\$/ML)	157,43	65,48		222,91

B. PROPUESTA: Uso de Hydrabolt y Malla Electrosoldada

Con el fin de tener un menor costo de sostenimiento por metro lineal de avance es necesario cambiar el Split set por el Hydrabolt y la malla electrosoldada de alambre N°8 por malla electrosoldada de alambre N°10, además emplear otro accesorio (Split set de 3').

COSTO DE SOSTENIMIENTO PROPUESTO POR METRO LINEAL DE AVANCE CON HYDRABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA EN ROLLO				
	SOSTENIMIENTO PROPUESTO POR METRO LINEAL DE AVANCE			
	Und. HYDRABOLT de 5'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA(ALAMBRE N° 10, COCADA 3"X3" de 1.7x6.2m(10.54m2))	Und. de SPLIT SET 3'	
CANTIDAD	7	8	7	
COSTO DE SUMINISTROS (\$/ML)	64,19	24,10	21,00	
COSTO DE INSTALACION (\$/ML)	49,00	32,00	35,00	COSTO TOTAL(\$/ML)
SUB TOTAL(\$)	113,19	56,1	56	225,29

C. CONCLUSIONES:

La implementación de Hydrabolt en labores de avance y labores de explotación implica:

- Minimizar el costo de sostenimiento por metro lineal.
- Mejorar el avance lineal.
- Menos taladros para sostenimiento de coronas.
- En labores de avance y explotación coronas más estables.
- Mejorar la productividad en labores de explotación.

5.3.3.6 Comparación de costo por metro lineal de avance con Hydrabolt Actual vs. Propuesto en secciones mayores a 5 m. en roca IV.

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO USADOS ACTUALMENTE

	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO			
	SPLIT SET 7'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA (ALAMBRE N° 08, COCADA 3"X3" de 1.5x3.0m(4.5m2))	ACCESORIO MINI SPLIT SET 1'	
COSTO DE SUMINISTROS (\$)	6,38	17,08	2,68	
COSTO DE INSTALACION (\$)	9,00	4,00	1,00	COSTO TOTAL(\$)
SUB TOTAL(\$)	15,38	21,08	3,68	40,14

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO PROPUESTOS

	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO			
	HYDRABOLT 7'	Rollos de MALLA ELECTROSOLDADA(ALAMBRE N° 10, COCADA 3"X3" de 1.7x6.2m(10.54m2))	ACCESORIO SPLIT SET 3'	
COSTO DE SUMINISTROS	11,17	18,68	3,00	
COSTO DE INSTALACION	9,00	4,00	5,00	COSTO TOTAL(\$)
SUB TOTAL(\$)	20,17	22,68	8	50,85

A. ACTUAL: Uso de Split set y Malla electrosoldada.

El costo de sostenimiento por metro lineal de avance con Split set y malla electrosoldada está sujeta a la cantidad, costos de suministros (Split set, malla electrosoldada y mini Split set de 1') y al costo de instalación determinados por precios unitarios.

El avance lineal en labores con calidad de roca tipo IV tuvo una tendencia NEGATIVA (Avance Prom.Mensual **300mts.**), debido a que se avanzo menos metros lineales en relación a la cantidad de elementos de sostenimiento pasivos que se uso en los frentes.

COSTO DE SOSTENIMIENTO ACTUAL POR METRO LINEAL DE AVANCE CON SPLIT SET Y MALLA ELECTROSOLDADA				
	SOSTENIMIENTO ACTUAL POR METRO LINEAL DE AVANCE			
	Und. SPLIT SET de 7'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA (ALAMBRE N° 08, COCADA 3"X3" de 1.5x3.0m(4.5m2))	Und. de MINI SPLIT SET 1'	
CANTIDAD	17	11,4	11	
COSTO DE SUMINISTROS (\$/ML)	108,46	43,26	29,48	
COSTO DE INSTALACION (\$/ML)	153,00	45,60	11,00	COSTO TOTAL(\$/ML)
SUB TOTAL(\$/ML)	261,46	88,86	40,48	390,80

B. PROPUESTA: Uso de Hydrabolt y Malla electrosoldada

Con el fin de tener un menor costo de sostenimiento por metro lineal de avance es necesario cambiar el Split set por el Hydrabolt y la malla electrosoldada de alambre N°8 por malla electrosoldada de alambre N°10, además emplear otro accesorio (Split set de 3').

COSTO DE SOSTENIMIENTO PROPUESTO POR METRO LINEAL DE AVANCE CON HYDRABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA EN ROLLO				
	SOSTENIMIENTO PROPUESTO POR METRO LINEAL DE AVANCE			
	Und. HYDRABOLT de 7'	Planchas de MALLA ELECTROSOLDADA(ALAMBRE N° 10, COCADA 3"X3" de	Und. de SPLIT SET 3'	
CANTIDAD	10	11,9	10	
COSTO DE SUMINISTROS (\$/ML)	111,7	35,86	30,00	
COSTO DE INSTALACION (\$/ML)	90,00	47,60	50,00	COSTO TOTAL(\$/ML)
SUB TOTAL(\$)	201,7	83,46	80	365,16

C. CONCLUSIONES:

La implementación de Hydrabolt en labores de avance y labores de explotación implica:

- Minimizar el costo de sostenimiento en un 6.6%(**US\$ 25.64**) por metro lineal.
- Mejorar el avance lineal
- Menos taladros para sostenimiento de coronas.
- En labores de avance y explotación coronas más estables.
- Mejorar la productividad en labores de explotación.

IMPLEMENTACION DEL HYDRABOLT MAS MALLA ELECTROSOLDADA



Personal capacitado en la parte
Técnica del Hydrabolt



Personal capacitado en el correcto
Instalado del Hydrabolt



Correcta distribución del Hydrabolt en la
la malla electrosoldada



Correcto sellado de mallasc electrosol
con el Hydrabolt



Prueba de arranque del Hydrabolt instalado



Resultado de la prueba de
arranque de un Hydrabolt bien instalado

5.3.4 Comparación de Costos de Sostenimiento en Tajos con Paquete Doble de Madera (Pilar) Vs El Sostenimiento con Paquete Simple Mas el Elemento Pre-Tensionado (Jack Pack)

A. ANTECEDENTES: Uso de Paquete Doble de Madera

COSTO DE ARMADO DE PAQUETE DOBLE DE MADERA	
	SOSTENIMIENTO PASIVO ACTUAL EN LOS TAJOS
	80 Unid. DE PAQUETE DE MADERA
COSTO DE SUMINISTROS (\$/PILAR)	924,8
COSTO DE INSTALACION (\$/PILAR)	174,2
SUB TOTAL(\$/PILAR)	1099

El costo de armado de un paquete doble de madera (pilar) está relacionado al número de unidades de paquetes a usar.(Fig N° 62)



Fig. N° 62 EL JACKPACK

- El Jackpack es una almohadilla de acero que se expande hidráulicamente. Trabaja en conjunto con los puntales de madera y/o “cribbing” (woodpack) haciendo la función de pilares o columnas de sostenimiento.

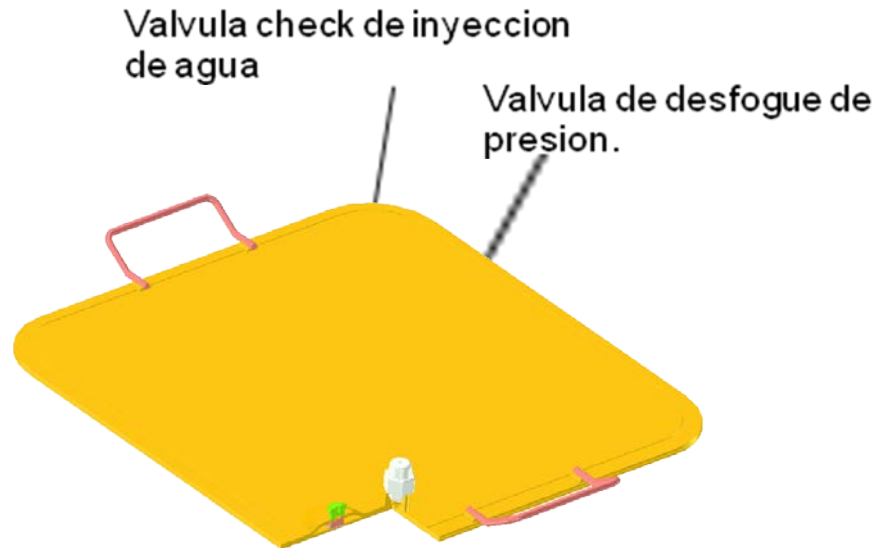


Fig N° 63 Jackpack

Ventajas

- Jack packs se fabrican en varios tamaños y formas como rectangulares, cuadrados, ovalados y triangulares.
- Otorga un sostenimiento de hasta 380Ton.
- Fácil de instalar.
- El jack pack convierte a la madera en un sostenimiento activo.
- No es susceptible a las vibraciones de la voladura por estar sometido a altas presiones de confinamiento.
- Calidad certificada (ISO 9001:2008)

B. PROPUESTA:

COSTO DE ARMADO DE PAQUETE SIMPLE DE MADERA MAS JACK PACK			
	SOSTENIMIENTO PASIVO PROPUESTO EN LOS TAJOS		
	40 Und. DE PAQUETE DE MADERA	1 JACK PACK DE 0.75X0.75mts	
COSTO DE SUMINISTROS (\$/PILAR)	462,4	25,97	
COSTO DE INSTALACION (\$/PILAR)	87,2	4,36	COSTO TOTAL(\$/PILAR)
SUB TOTAL(\$/PILAR)	549,6	30,33	579,93

Con el fin de reducir el costo de sostenimiento pasivo es necesario disminuir el número de unidades de paquetes de madera e implementar el elemento pre-tensionado (Jack pack) (Fig. 64)



Fig. N° 64 Armado de Jack pack

C. CONCLUSIONES:

Al implementar el elemento pre-tensionado (Jack pack) es necesario armar paquetes simples, con lo cual el costo de sostenimiento pasivo disminuirá en 47%(US\$ 519.07).

IMPLEMENTACION DEL ELEMENTO PRE-TENSIONADO (JACK PACK)



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA COMBINADO DE SOSTENIMIENTO (SCS):



C. CONCLUSIONES:

AL COMPARAR LOS COSTOS DE UN METRO LINEAL DE AVANCE ENTRE EL SOSTENIMIENTO PASIVO CON CIMBRAS Y CUADROS DE MADERA VS. EL SISTEMA COMBINADO DE SOSTENIMIENTO(Shocrete ,Split Set y Mallas Electrosoldada)					
SOSTENIMIENTO PASIVO					
			LABORES PERMANENTES	LABORES TEMPORALES	
			CIMBRAS	CUADROS DE MADERA	
COSTO DE SUMINISTROS (\$/ML)			515,4	173,48	
COSTO DE INSTALACION (\$/ML)			198,97	191,15	
COSTO TOTAL(\$/ML)			714,37	364,63	
SISTEMA COMBINADO DE SOSTENIMIENTO					
LABORES PERMANENTES Y LABORES PERMANENTES					
	SPLIT SET DE 5'	MALLAS ELECTROSOLDADA	SHOTCRETE (Con Arena de Chipmo)		SUBTOTAL(\$/ML)
COSTO DE SUMINISTROS (\$/ML)	36,63	35,55	145,96		218,14
COSTO DE INSTALACION (\$/ML)	56,79	11,37	190,6		258,76
COSTO TOTAL(\$/ML)	93,42	46,92	336,56		476,9

Del cuadro anterior se puede concluir que implementando el sistema combinado de sostenimiento (SCS) en labores con calidad de roca tipo IV se tiene:

- En labores permanentes una reducción del 33% (**US\$ 237.47**) en el costo por metro lineal de avance.
- En labores permanentes y temporales mayor avance en los metros lineales.
- En labores permanentes y temporales se eliminan los riesgos que se generan en el manipuleo de materiales como Cimbras y Puntales de madera.

5.3.5 Implementación del Sistema Combinado de Sostenimiento

Sostenimiento Actual



Sostenimiento Anterior



5.3.5.1 Comparación de Costo Total de Sostenimiento

En el año 2010 el costo total de sostenimiento tuvo tendencia de AUMENTO(Costo Prom.Mensual **US\$ 294,256.00**) esto debido a que en las labores de avance con calidad de roca tipo IV se tuvo un mayor consumo de elementos de sostenimiento pasivo (cimbras y cuadros de madera).

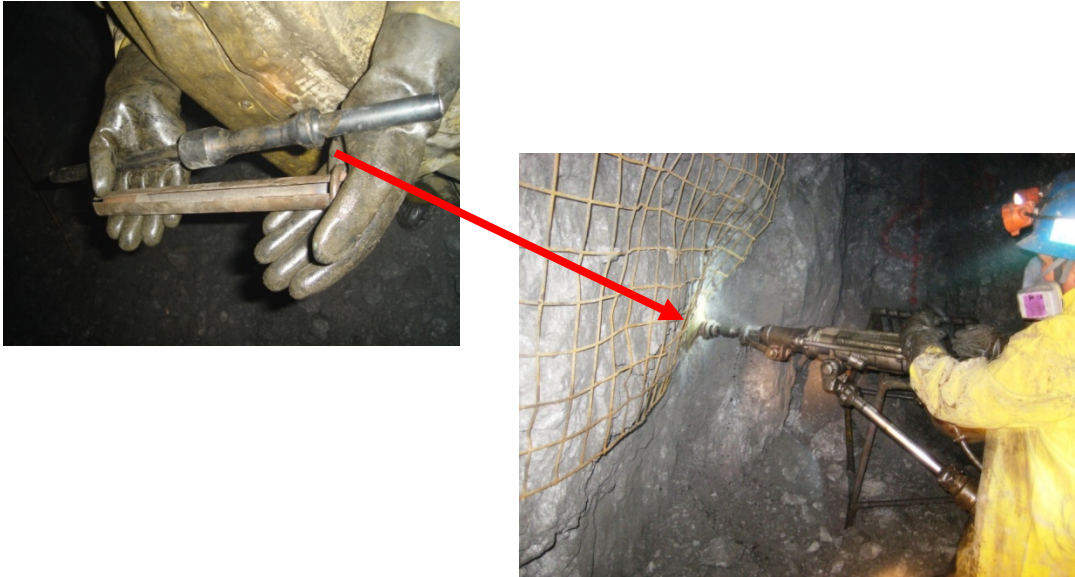
En los últimos 5 meses el costo total de sostenimiento ha tenido una disminución significativa(Costo Prom.Mensual **US\$ 272,759.00**), debido a que en las labores de avance con calidad de roca tipo IV se ha implementado el Sistema Combinado de Sostenimiento (Shotcrete, Split set y malla electrosoldada).

5.3.6 Implementación de los Mini Split Set de 1'

Se Implemento el Accesorio Mini Split set de 1', en las operaciones, para el empalme de Mallas Electrosoldadas. Dicho Accesorio garantiza que los frentes de avance y labores de explotación, no tengan Mallas colgadas y estén sostenidas hasta el tope. Esto se ve reflejado en la disminución del costo de Sostenimiento, al evitar usar nuevamente un Split Set mas, para el empalme de las Mallas electrosoldadas.

Prueba – Capacidad de Carga:

Labor de Desarrollo -Galería 212



*Fig 65 Adaptador especial para el colocado
Del accesorio mini Split set de 1'*



Como se observa la cuña queda activada una vez instalada, con la ayuda del adaptador especial.



Después de estar activada la cuña se procede con la medición de CAPACIDAD DE CARGA el cual registra un valor de 7 Tn

Labor de Explotación -Tajo 044 NW



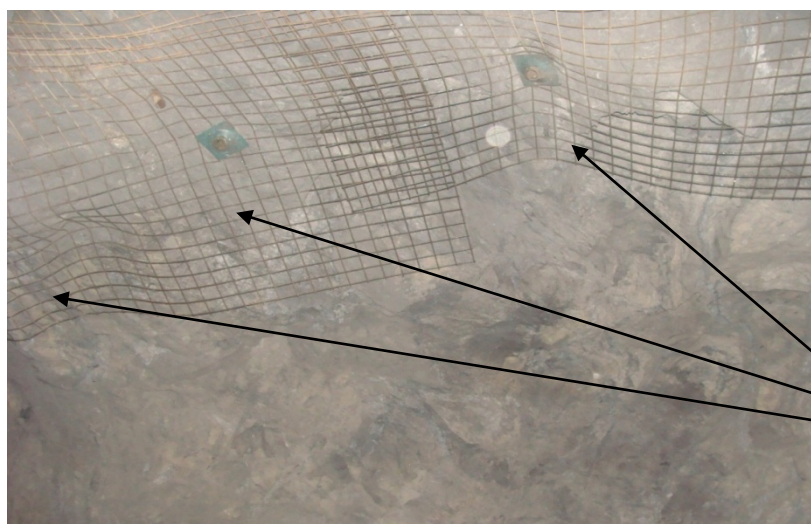
Como se observa la cuña queda activada una vez instalada, con la ayuda del adaptador especial.



Después de estar activada la cuña se procede con la medición de CAPACIDAD DE CARGA el cual registra un valor de 7 Tn

El 27 de Agosto del 2008 se efectuó la PRUEBA DE USO DEL ACCESORIO MINI SPLIT SET DE 1' en la labor de *Desarrollo - Gal 257- E de la E.E.Coemsa* y en la labor de *Explotación -Tajo 084- NW de la E.E. Zicsa* con la finalidad de verificar la mejora durante los empalmes de las Mallas Electrosoldada:

-Sostenimiento antes del Disparo tanto en Frentes de Avance como Tajeos:

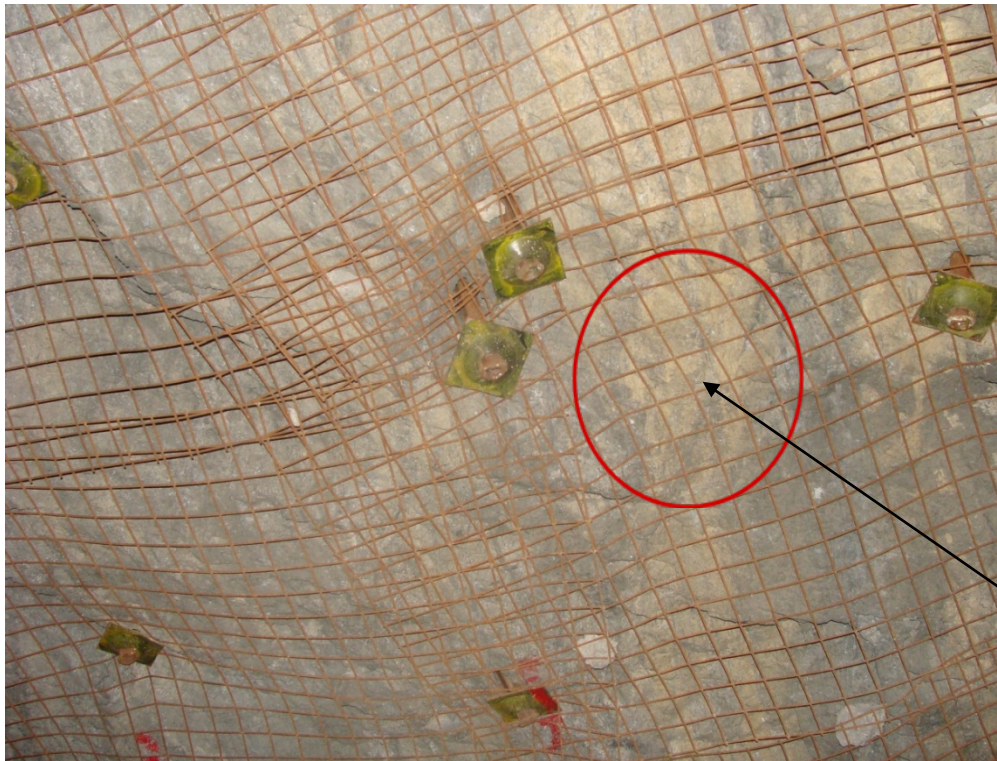


**Mallas
Electrosoldadas
colgadas**

Como se observa nuestro problema actual es que no se está completando con la instalación de Split Set en toda la Malla Electrosoldada, dejando

colgada la Malla Electrosoldada para luego empalmarla después del disparo y así exponiendo al personal de Mina .

-Se está Instalando Nuevamente un Split Set más para realizar el empalme de Mallas Electrosoldadas en los Tajeos:

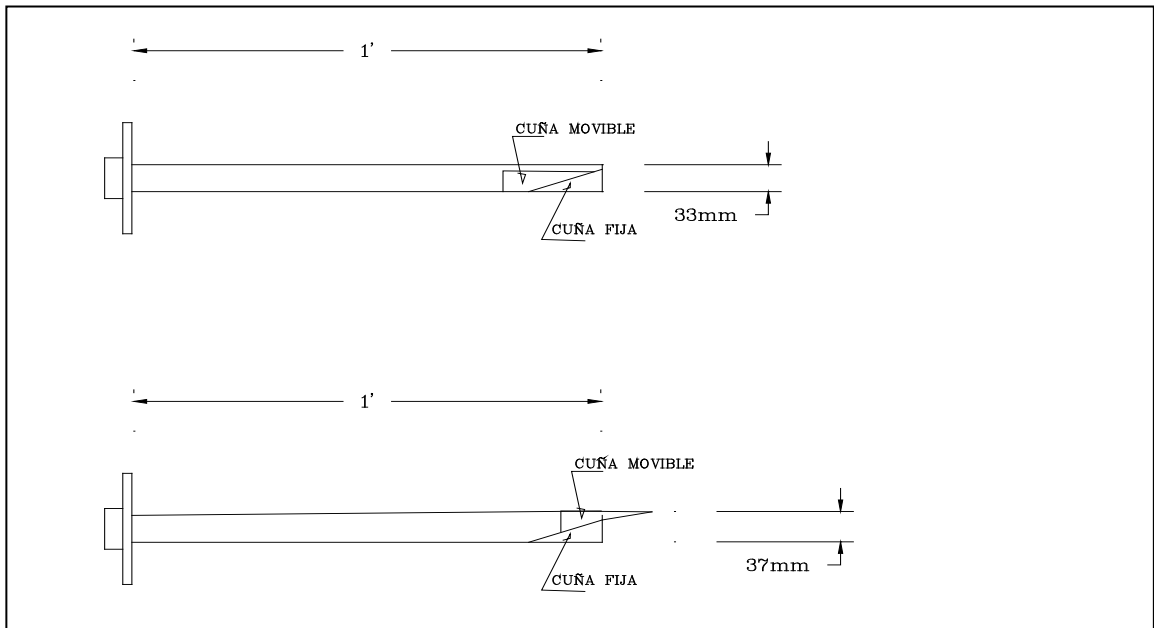


El uso de un Split set mas para el Empalme de la Malla Electrosoldada

Como se observa nuestro problema actual es se Instalando nuevamente un Split set mas para poder realizar el empalme de la Malla Electrosoldada en el Techo del Tajeo.

Diseño del Mini Split Set:

A continuación se presenta el diseño del Split set de 1' que actualmente se está usando en la Mina Chipmo obteniendo buenos resultados:



Accesorios usados para la Instalación de los Mini Split:



Se observa el Mini Split y el Adaptador diseñado para la Instalación de los Mini Split Set.



Se observa la manera correcta de colocar el Adaptador para Activar la Cuña Interna movable sobre el Mini Split Set. Tener en cuenta que es necesario el uso de Platinas recuperadas para la Instalación de Mini Split set.

Secuencia de la instalación del ACCESORIO MINI Split Set de 1':

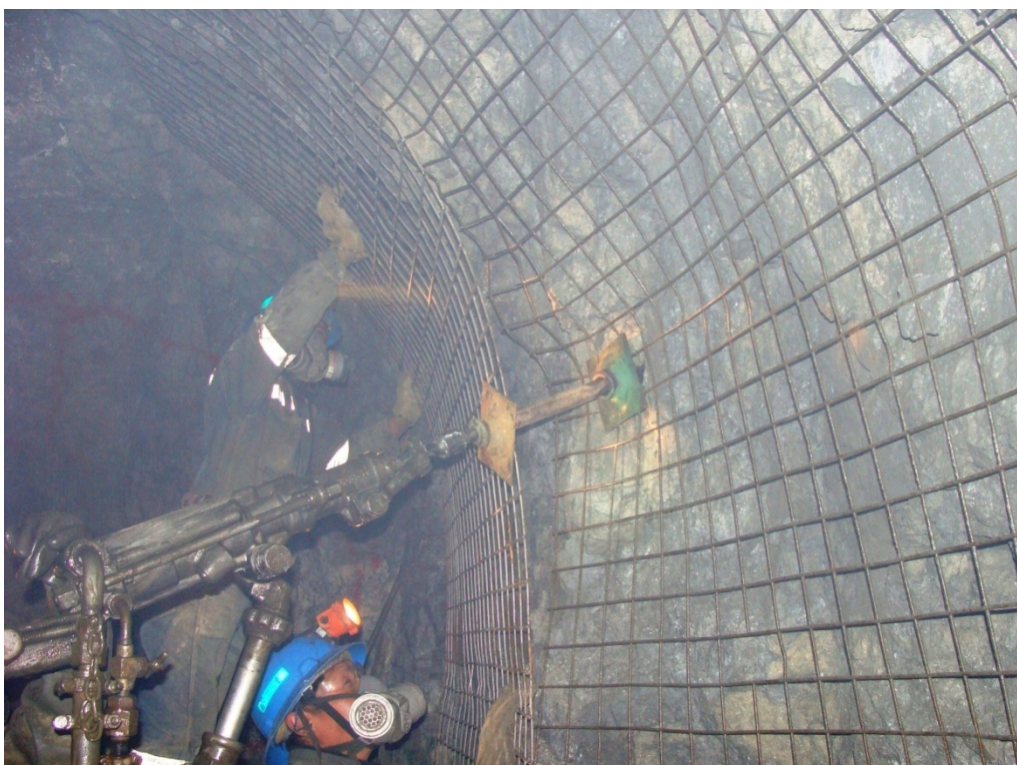
Labor de Desarrollo - Gal 257- E

A continuación se presenta la secuencia que se tomo en cuenta para la instalación del Split Set de 1':

Primero: Se deberá tener completo la instalación se Split Set en toda la Malla Electrosoldada antes del disparo



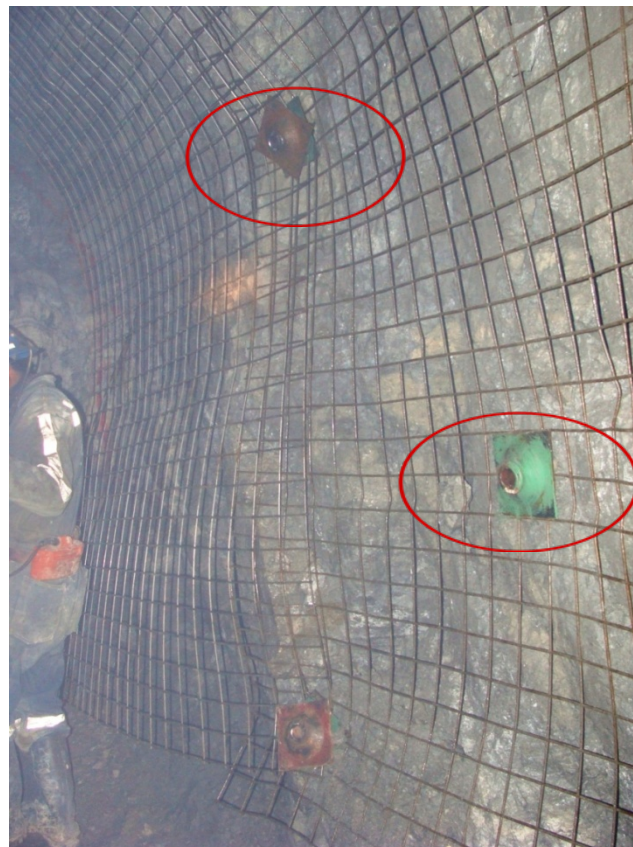
Segundo: Se debe proceder a Instalar el Primer Mini Split Set en la parte central de empalme entre las Mallas electrosoldadas.



Tercero: Se debe proceder a Instalar el Segundo Mini Split Set en la parte Inferior de empalme entre las Mallas electrosoldadas



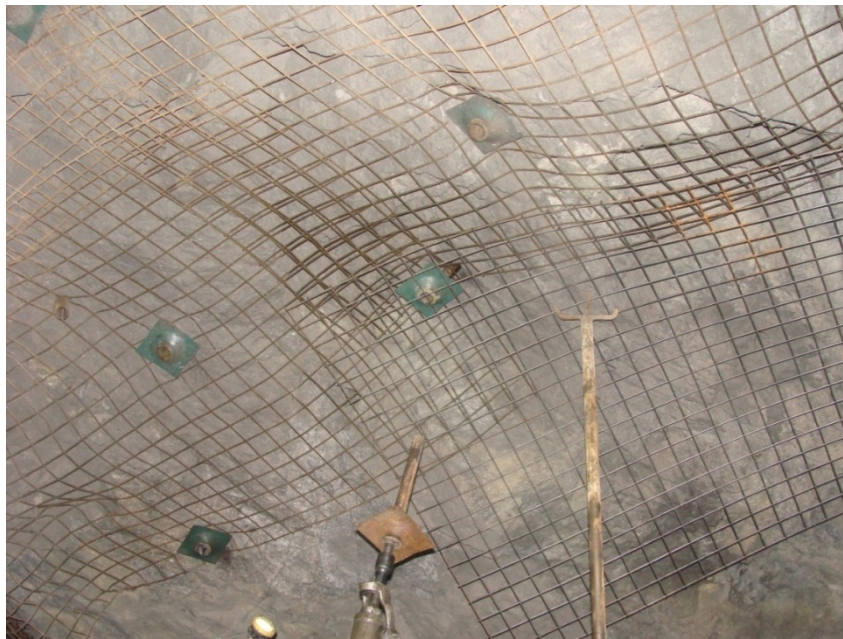
Quinto: Presentación de la Malla Electrosoldada con el ACCESORIO MINI Split Set de 1'



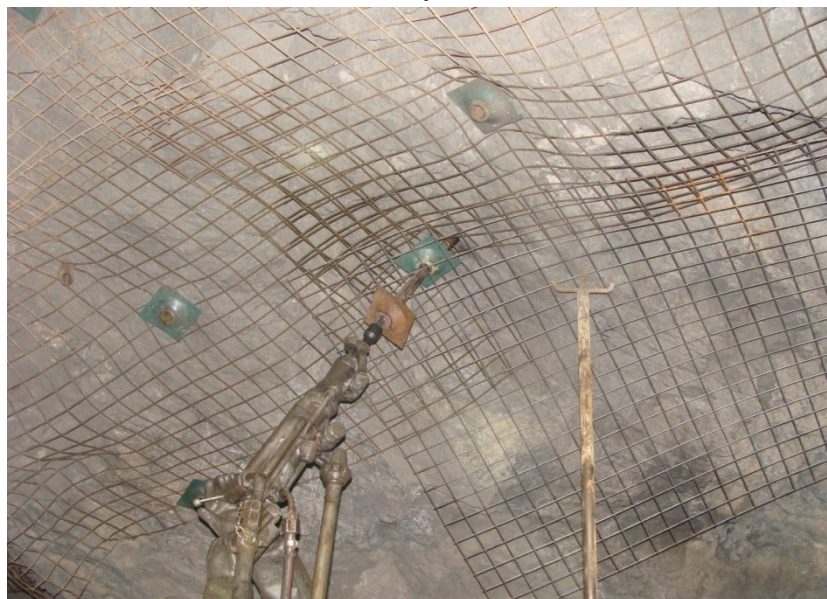
Labor de Explotación-TAJO 084-NW

A continuación se presenta la secuencia que se tomo en cuenta para la instalación del Split Set de 1':

Primero: Se deberá tener completo la instalación se Split Set en toda la Malla Electrosoldada antes del disparo



Segundo: Se debe proceder a Instalar el Primer Mini Split Set para el empalme entre las Mallas electrosoldadas con la ayuda del Bastidor.



Tercero: Se debe proceder a Instalar el Segundo Mini Split Set para el empalme entre las Mallas electrosoldadas con las ayuda de los Bastidores.



Quinto: Presentación de la Malla Electrosoldada los ACCESORIOS MINI Split Set de 1'



De lo expuesto anteriormente se RECOMIENDA IMPLEMENTAR EL USO DEL ACCESORIO MINI SPLIT SET DE 1' en nuestras operaciones (LABORES DE EXPLORACION, DESARROLLO, PREPARACION y EXPLOTACION) con un CONSUMO inicial de 3000 Unidades el cual se verá reflejado en los avances CON SEGURIDAD (EMPALME DE LAS MALLAS ADECUADAMENTE) y con la disminución del costo de Sosténimiento, para lo cual el Departamento de Geomecánica realizara la Capacitación y el seguimiento de su Implementación

5.3.7 Medición de Convergencia lateral de las Cimbras Instaladas en Zonas con Alteración Argílica

El proceso geológico de Alteración es el que más influye en las condiciones de resistencia de la roca y se produce por la ascensión de fluidos o gases magmáticos a altas temperaturas a través de fracturas o zonas de falla. Éstos originan reemplazamientos y rellenos, que modifican las condiciones del macizo rocoso en los cuales se emplazan.

Algunos tipos de alteración, son: la silicificación, la calcificación, la propilitización, la sericitización y la argilitización (aumento de minerales arcillosos). La Alteración Argílica es la que más problemas ha traído a Mina Poracota en las labores Permanentes con Sosténimiento con Cimbras los cuales se evidencia con la deformación y Rotura.

Todo esto es causado por arcillas expansivas por lo general este tipo de arcilla pertenece a un grupo mineralógico muy amplio de naturaleza química silicea denominado silicatos y en función al tipo de arcilla entre lámina y lámina se emplaza en mayor o menor medida las moléculas de agua que producirán el hinchamiento.

Los materiales arcillosos susceptibles a sufrir hinchamientos o procesos de expansividad permiten una entrada muy grande de agua entre las laminas de su estructura, por lo general son las pertenecientes al grupo de la esméctica.

Grupo de las esmectitas (arcillas expansivas más representativas)		
montmorillonita $((\text{Na}, \text{Ca})_{0.3}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O})$	nontronita $(\text{Na}, \text{Fe}^{2+})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	saponita $((\text{Ca}, \text{Na})_{0.3}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Si}_4\text{Al}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$

Fig. N° 77 Cuadro de arcillas expansivas

Causas de la expansión.-

Los aumentos de volumen son particularmente importantes en las zonas que contienen minerales arcillosos de estructura laminar expansiva, entre ellos tenemos el grupo de la montmorillonita y la vermiculita. La expansión se debe pues a causas físico – químico.

Además de la inestabilidad volumétrica, típicos de las arcillas denominadas expansivas, existen otros que originan hinchamientos de terrenos aunque este no sea arcilloso.

En la Unidad Minera Poracota se ha determinado que la arcilla Montmorillonita está considerada como uno de los problemas mas frecuentes en lo que se refiere a la convergencia de cimbras, la arcilla Montmorillonita está considerada dentro de las arcillas cristalinas de 3 capas, pertenece a una Red Expandible cuya formula es: Montmorillonita: $[\text{Al}3.34 \text{Mg}0.66]\text{Si}_8 \text{O}_{20} (\text{OH})_4$

Mecanismos de Expansión.-

El cambio de volumen de las rocas expansivas se debe interpretar entonces como un fenómeno producido por la hidratación de los minerales de arcilla expansivas (Ej. la montmorillonita) o, mas precisamente, a la absorción de moléculas de agua en las superficies exteriores e interiores del mineral de arcilla para equilibrar la deficiencia del cambio inherente de la partícula.

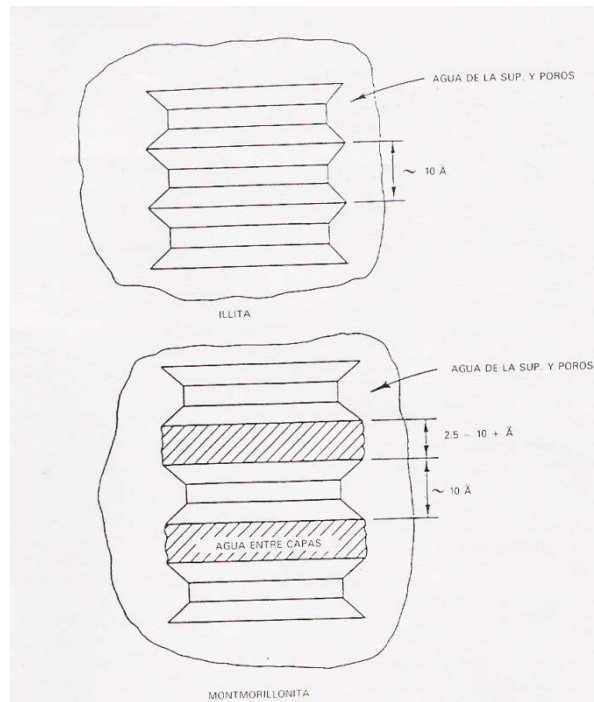


Fig. N° 66 Esquema del agua de la superficie de la partícula y del agua entre capas estructurales

Por lo general el grado de hidratación depende de la cantidad y tipo de iones en el espacio intersticial.

Para que una arcilla, denominada expansiva, pueda experimentar un hinchamiento, se deben satisfacer 3 condiciones:

- Disponer de una fuente de agua
- Contar con un gradiente que origine el movimiento del agua
- Actualización de un mecanismo o grupo de mecanismos, causando el cambio de volumen

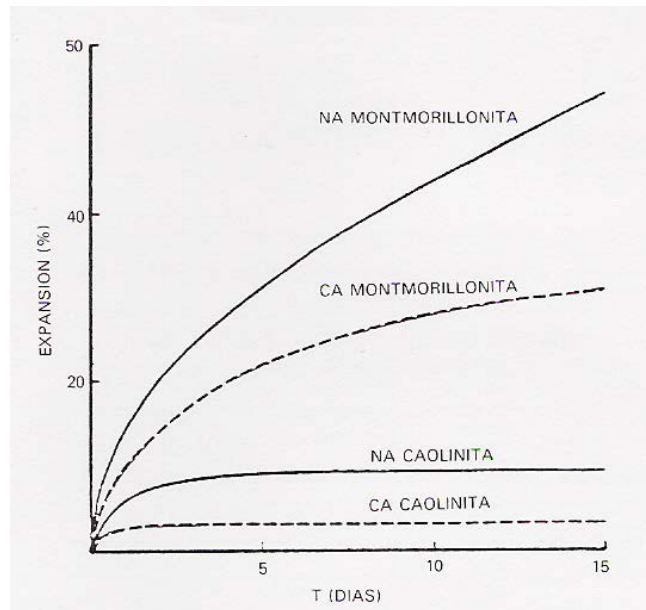


Fig. Nº 67 Cambios de volumen de la montmorillonita y caolinita durante el proceso de absorción de agua

De entre los minerales se reconoce que la montmorillonita es el que normalmente exhibe mayor potencial de expansión, debido a su estructura básica, elevada superficie específica y elevada capacidad de cambio de cationes, lo que hace al estar saturado desarrolle capas dobles de gran espesor en relación al tamaño de los cristales.

5.3.7.1 Medida de Convergencia Lateral de las Cimbras:

Para poder realizar una buena medida de la convergencia lateral se conto con el apoyo del personal de Topografía los cuales cada cierto tiempo entregaban un histórico de mediciones .Una vez obtenido los resultados, ya en la oficina se procede a cargarlos en un cuadro Excel donde se tiene el histórico de convergencias de los datos tomados en las anteriores fechas y se compara la diferencia de la convergencia, ahí claramente se muestra en que algunos sectores está sufriendo convergencia, mientras que en otros se mantiene estable. para luego elaborar Gráficos Estadísticos Lineales.



Fig. N° 68 Medida de la convergencia

5.3.7.2 Elaboración de Gráficos Estadísticos Lineales:

En base a los datos de las mediciones de convergencia lateral de las cimbras se procede a elaborar y comparar con los datos anteriores, a continuación se muestran Históricos de Medición de Convergencia lateral de las cimbras instaladas en dos labores importantes:

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES:

SOSTENIMIENTO ACTIVO:

- En el sistema antiguo de sostenimiento se tenía problemas de seguridad por manipuleo de materiales lo que se minimiza con el sistema actual de sostenimiento.
- En la roca tipo IV A, con los pernos Split set de 5' y 7' la capacidad de carga es menor a 3tn, lo que aumenta a 10 TN con los pernos Hydrabolt.
- En el sistema antiguo de sostenimiento se tenía una distribución y espaciamiento empírico de los Split set lo cual con el sistema actual de sostenimiento se tiene un diseño sistemático fundamentado a través del Análisis Mecánico Estructural.
- Con el sistema actual de sostenimiento se tiene una reducción de costo de \$50 a \$100 por metro lineal programado en avances con roca de tipo III B.
- Con el sistema actual de sostenimiento no se tiene variación de costo en avances con roca de tipo IV A, pero el uso de los Hydrabolt en este tipo de roca se tiene coronas más estables y aumenta el factor de seguridad.

SOSTENIMIENTO PASIVO EN LABORES DE AVANCE:

- En el sistema antiguo de sostenimiento se tenía problemas de seguridad por manipuleo de materiales lo que se minimiza con el sistema actual.
- Con el sistema actual de sostenimiento se tiene una reducción de costo de \$200 a \$300 por metro lineal programado en avances con roca de tipo IV A.
- Con el sistema actual de sostenimiento se tiene mayor avance en labores de tipo de roca IV A.
- Actualmente se ha eliminado el uso de cuadros de madera y el uso de cimbras es de manera puntual en tramos de avance con calidad de roca IV B.

SOSTENIMIENTO PASIVO EN LABORES DE EXPLOTACION:

- En el sistema antiguo de sostenimiento se tenía problemas de seguridad por manipuleo de materiales lo que se minimiza con el sistema actual.
- En el sistema actual de sostenimiento se tiene una reducción de costo de \$500 a \$550 por cada pilar armado.
- Con el sistema actual de sostenimiento se tiene labores de explotación mas seguras, esto debido a la implementación del elemento pre-tensionado Jack Pack.

RECOMENDACIONES

- La ampliación y mejora de la Geomecanica puede ser aplicado en cualquier mina con las Condiciones Geomecanicas Semejantes a la U.E.A. PORACOTA.
- Capacitar periódicamente al personal de mina en la aplicación de los Criterios Geomecánicos básicos para la determinación del tipo de Roca, ayudara a concientizaremos al personal para la aplicación del sostenimiento oportuno en las labores.
- Continuar con la Implementación del elemento de sostenimiento Hydrabolt con malla electrosoldada en las labores de Explotacion.
- El Jack pack es un elemento de sostenimiento que nos ha dado buenos resultados tanto en la parte operacional como en la disminución de costos, se recomienda ampliar el uso de este elemento.

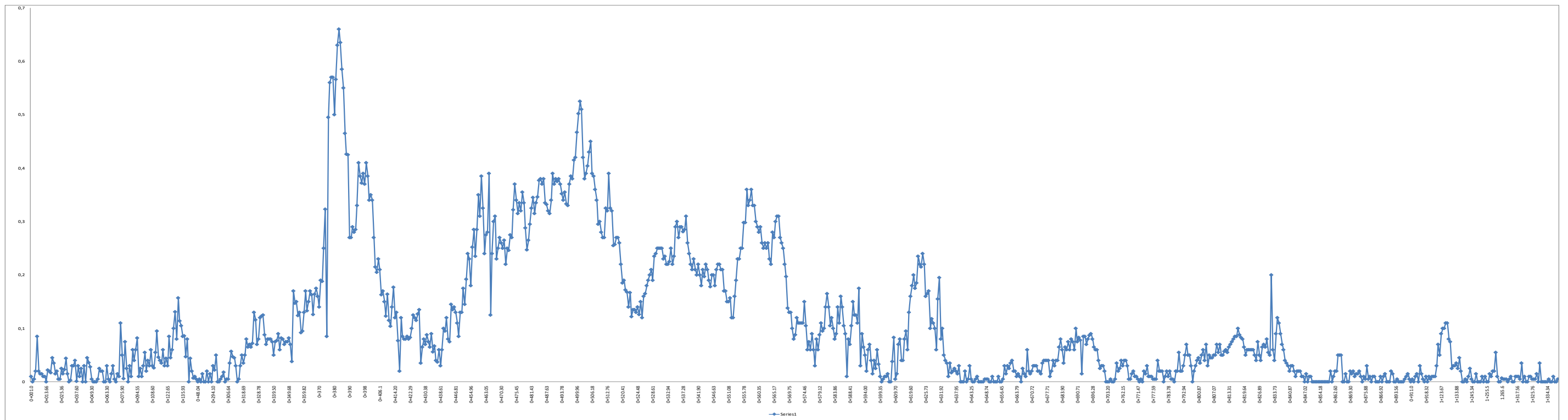
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. E. Hoek & Brown, Excavaciones Subterráneas en roca, 1981.
2. Brady & Brown, Rock Mechanics for Underground Mining, 1985.
3. Ing. David Córdova R., Informes Técnicos y evaluaciones de la mina Poracota.
4. Proyecto Poracota “Informes, planos base y otros” Proporcionados por el personal de Poracota. Marzo – Abril, 2006.
5. Gonzales de Vallejo, L.I. (1998). Las Clasificaciones Geomecánicas para Túneles, en Ingeotúneles. Ed López Jimeno Entorno Gráfico. Madrid Capítulo 1.

HISTORICO DE CONVERGENCIA LATERAL DEL NV 4600

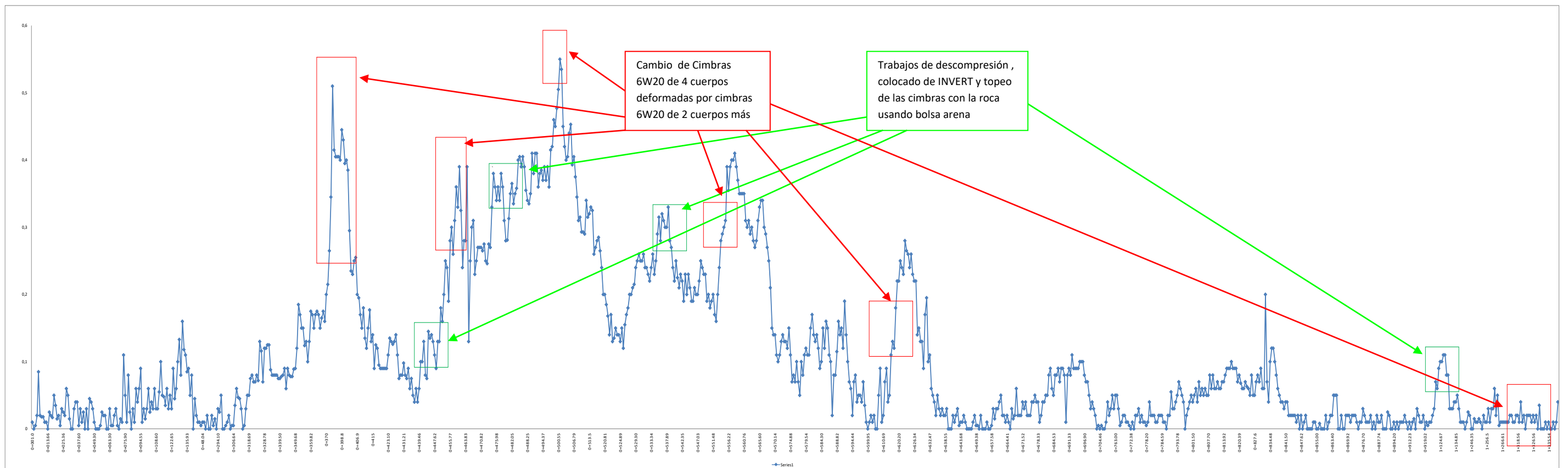
MEDICION DE CONVERGENCIA LATERAL DE LAS CIMBRAS DEL CRUCERO 4600 (Progresiva 0+000 a 1+481.74)

La medición de Convergencia Lateral de las cimbras del Crucero 4600 en el tramo de la **Progresiva 0+000 a 1+343** se realizó el día **13/02/2008**



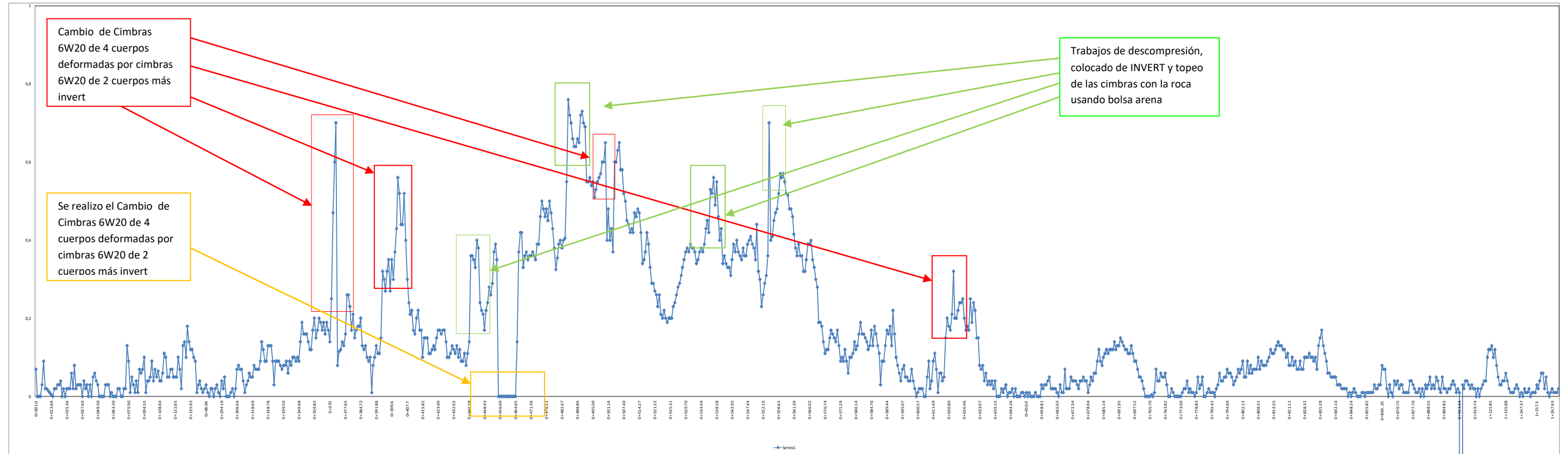
MEDICION DE CONVERGENCIA LATERAL DE LAS CIMBRAS DEL CRUCERO 4600 (Progresiva 0+000 a 1+481,74)

La medición de Convergencia Lateral de las cimbras del Crucero 4600 en el tramo de la **Progresiva 0+000 a 1+481,74** se realizó el día **15/05/2008**



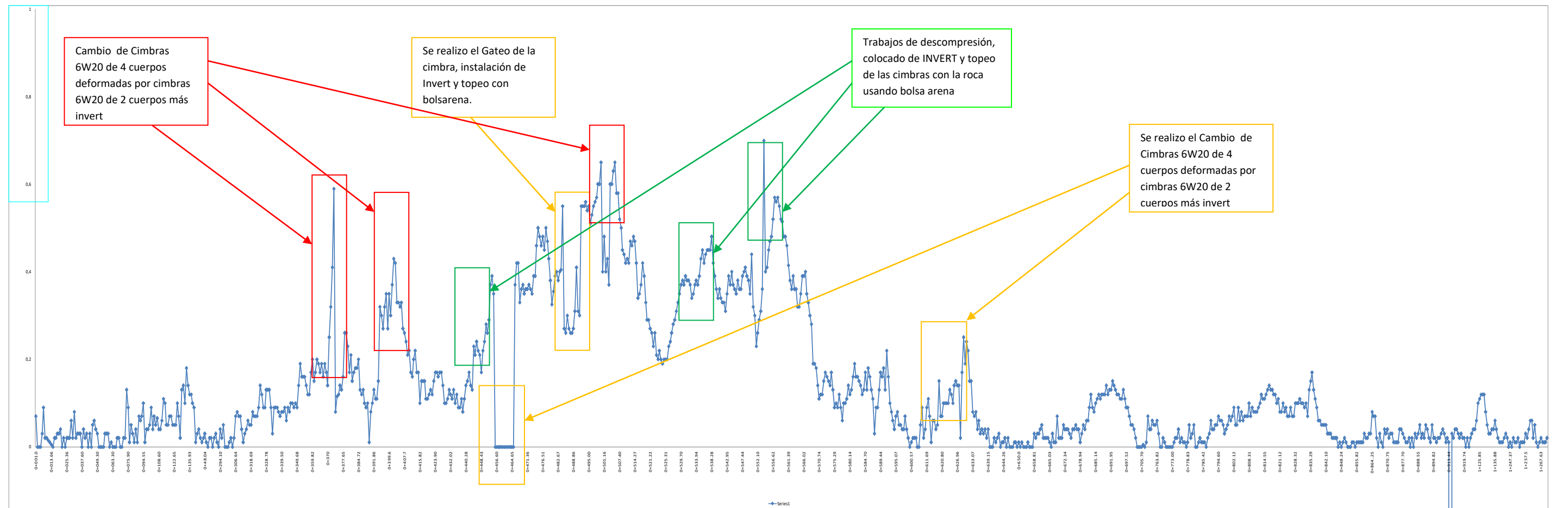
MEDICION DE CONVERGENCIA LATERAL DE LAS CIMBRAS DEL CRUCERO 4600 (Progresiva 0+000 a 1+481.74)

La medición de Convergencia Lateral de las cimbras del Crucero 4600 en el tramo de la **Progresiva 0+000 a 1481.74** se realizó el día **03/12/2009**



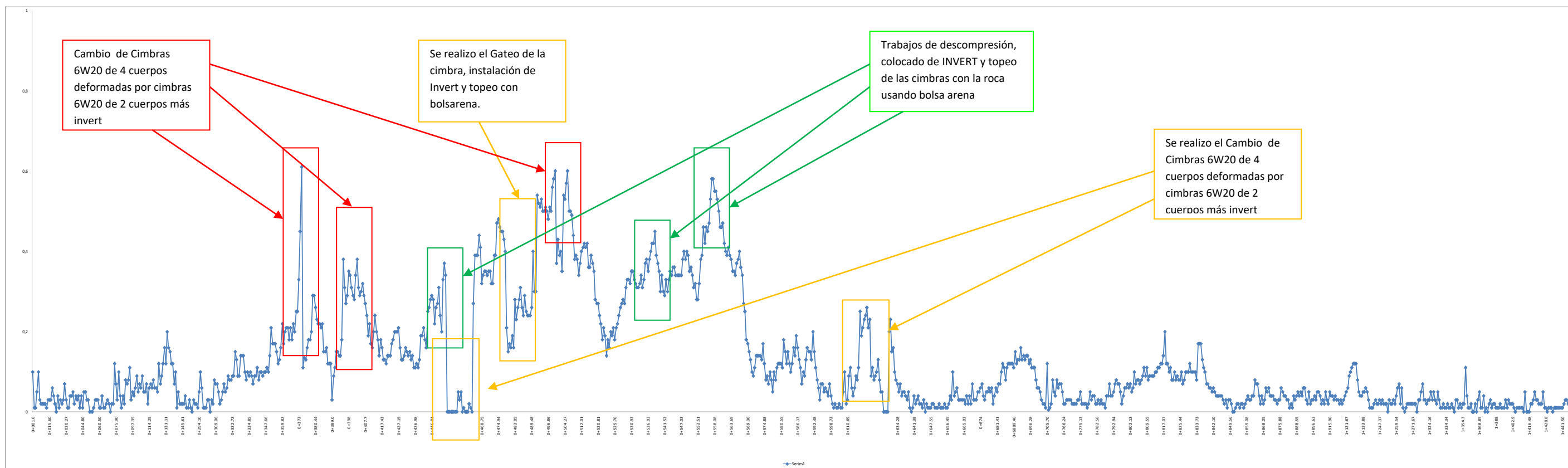
MEDICION DE CONVERGENCIA LATERAL DE LAS CIMBRAS DEL CRUCERO 4600 (Progresiva 0+000 a 1+481.74)

La medición de Convergencia Lateral de las cimbras del Crucero 4600 en el tramo de la **Progresiva 0+000 a 1481.74** se realizó el día **24/07/2010**



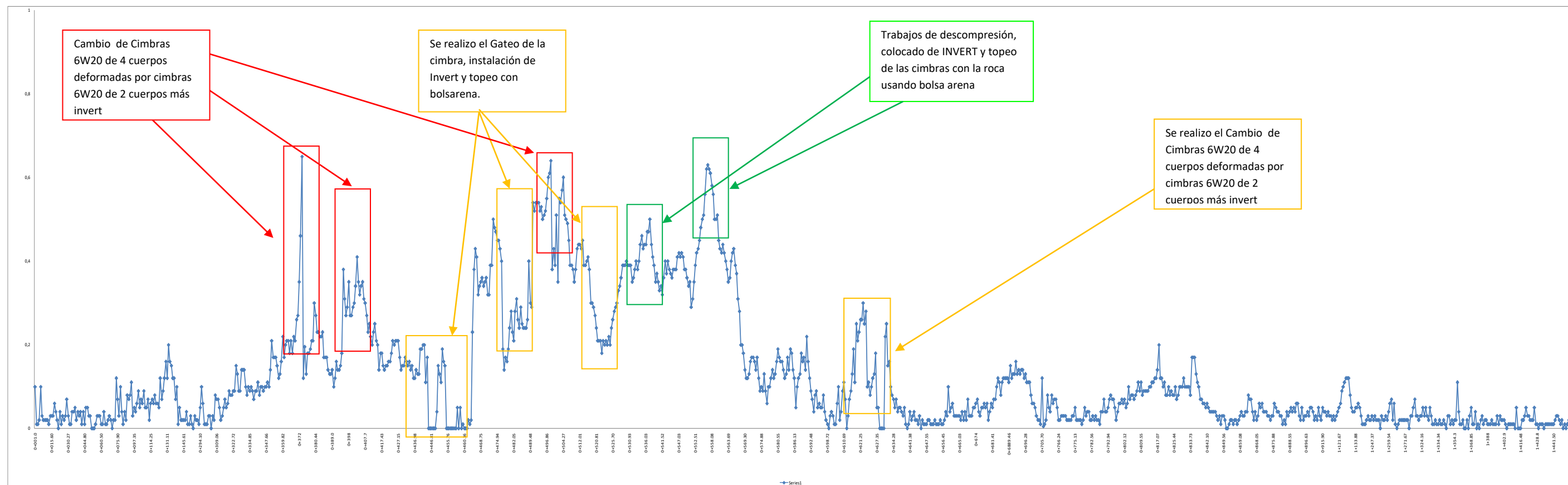
MEDICION DE CONVERGENCIA LATERAL DE LAS CIMBRAS DEL CRUCERO 4600 (Progresiva 0+000 a 1+481.74)

La medición de Convergencia Lateral de las cimbras del Crucero 4600 en el tramo de la **Progresiva 0+000 a 1481.74** se realizó el día **16/12/2010**



MEDICION DE CONVERGENCIA LATERAL DE LAS CIMBRAS DEL CRUCERO 4600 (Progresiva 0+000 a 1+481.74)

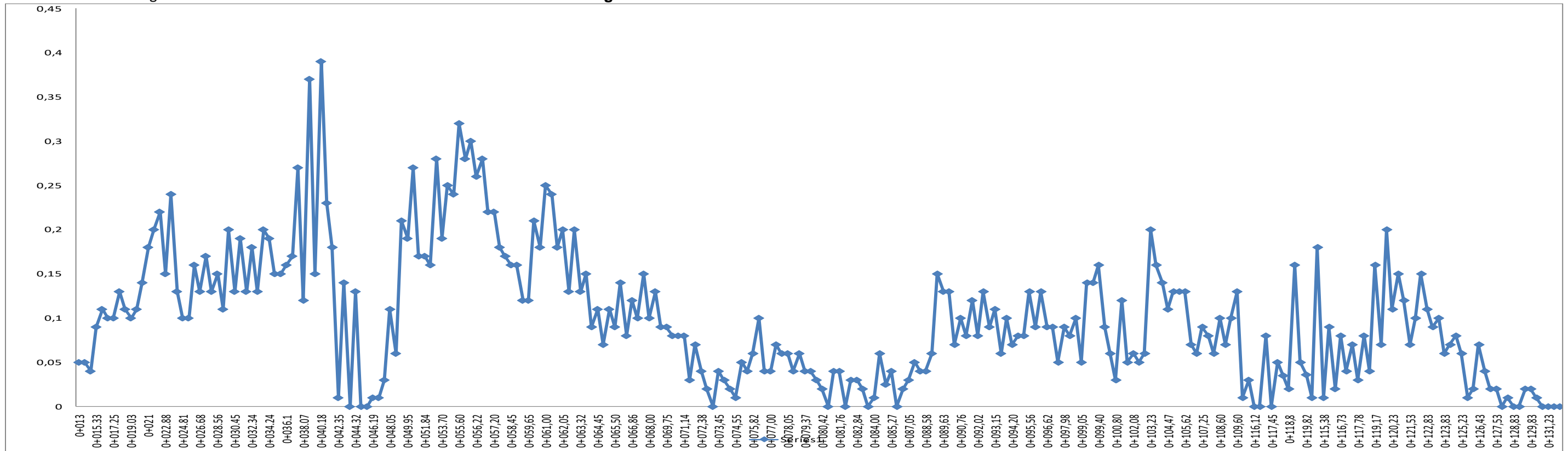
La medición de Convergencia Lateral de las cimbras del Crucero 4600 en el tramo de la **Progresiva 0+000 a 1481.74** se realizó el día **05/02/2011**



HISTORICO DE CONVERGENCIA LATERAL DEL BY PASS 490 EN ELN V 4600

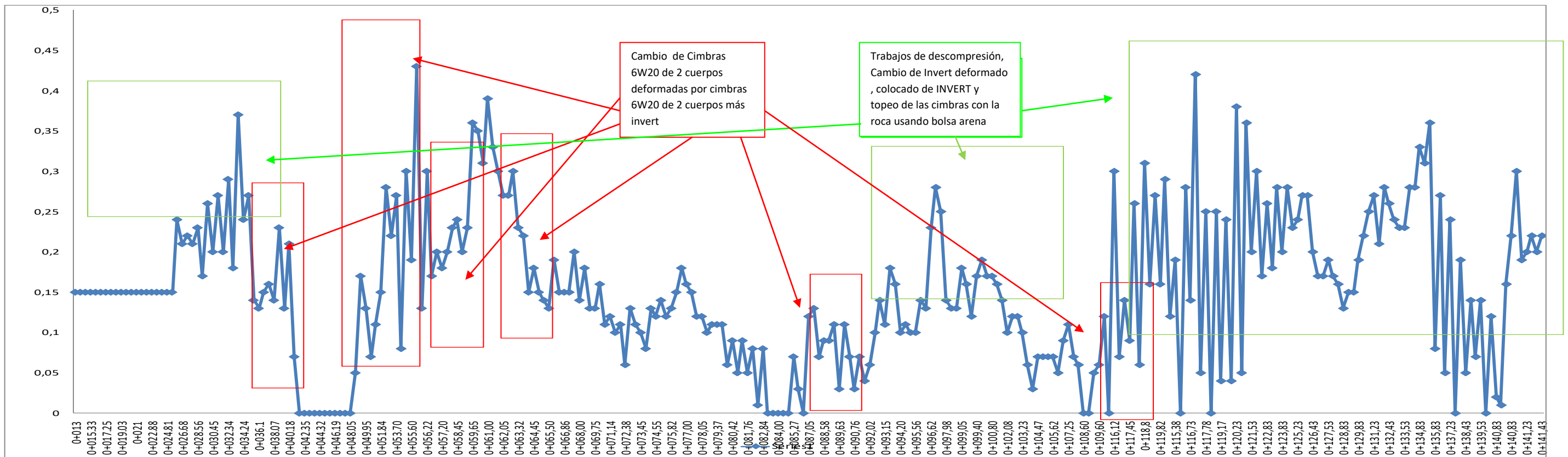
MEDICION DE CONVERGENCIA LATERAL DE LAS CIMBRAS DEL BY PASS 490 (Progresiva 0+000 a 1+481.74)

La medición de Convergencia Lateral de las cimbras del Crucero 4600 en el tramo de la **Progresiva 0+013 a 0+148.70** se realizó el día **05/12/2008**



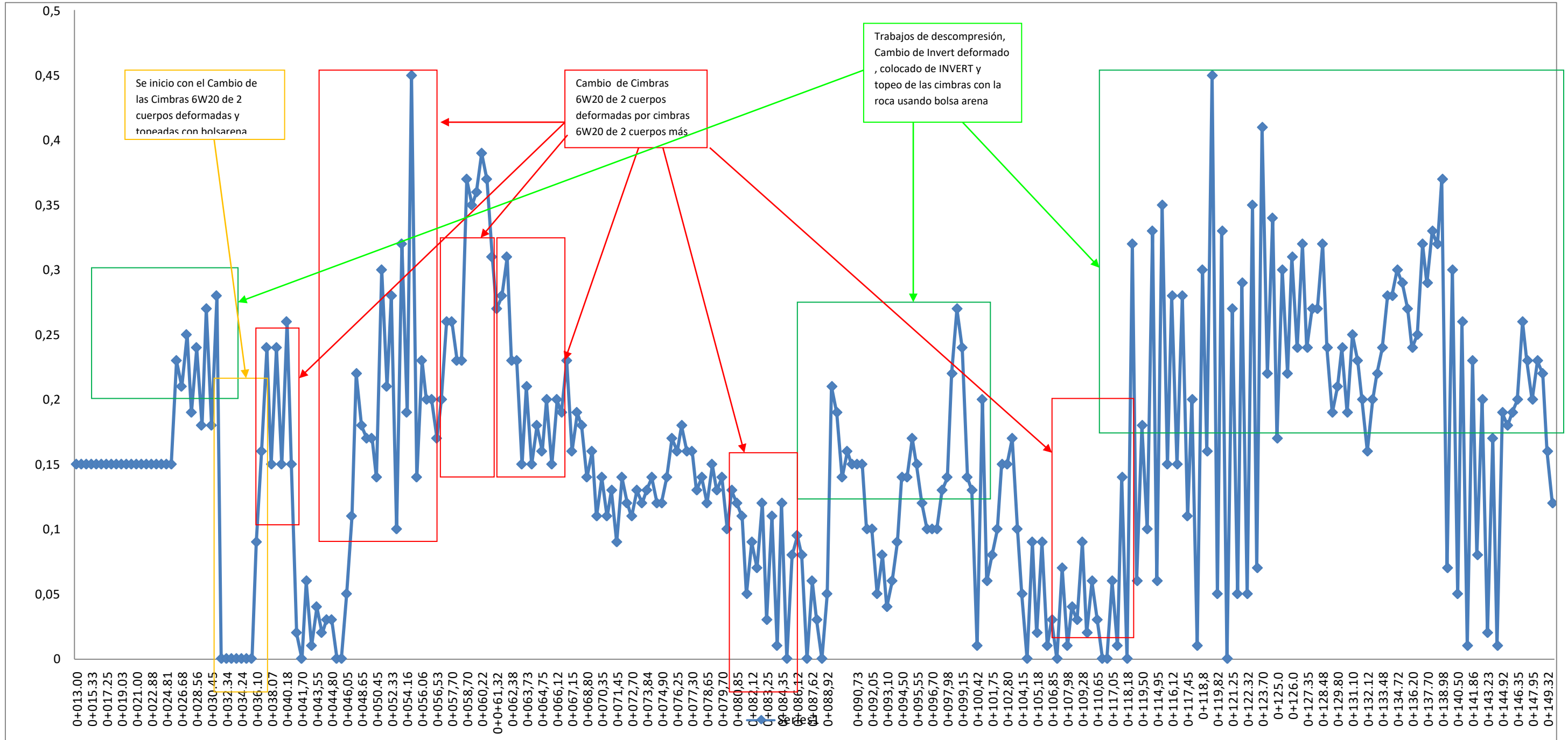
MEDICION DE CONVERGENCIA LATERAL DE LAS CIMBRAS DEL BY PASS 490 (Progresiva 0+000 a 1+481,74)

La medición de Convergencia Lateral de las cimbras del By pass 490 en el tramo de la **Progresiva 0+013 a 0+148.70** se realizó el día **25/05/2010**



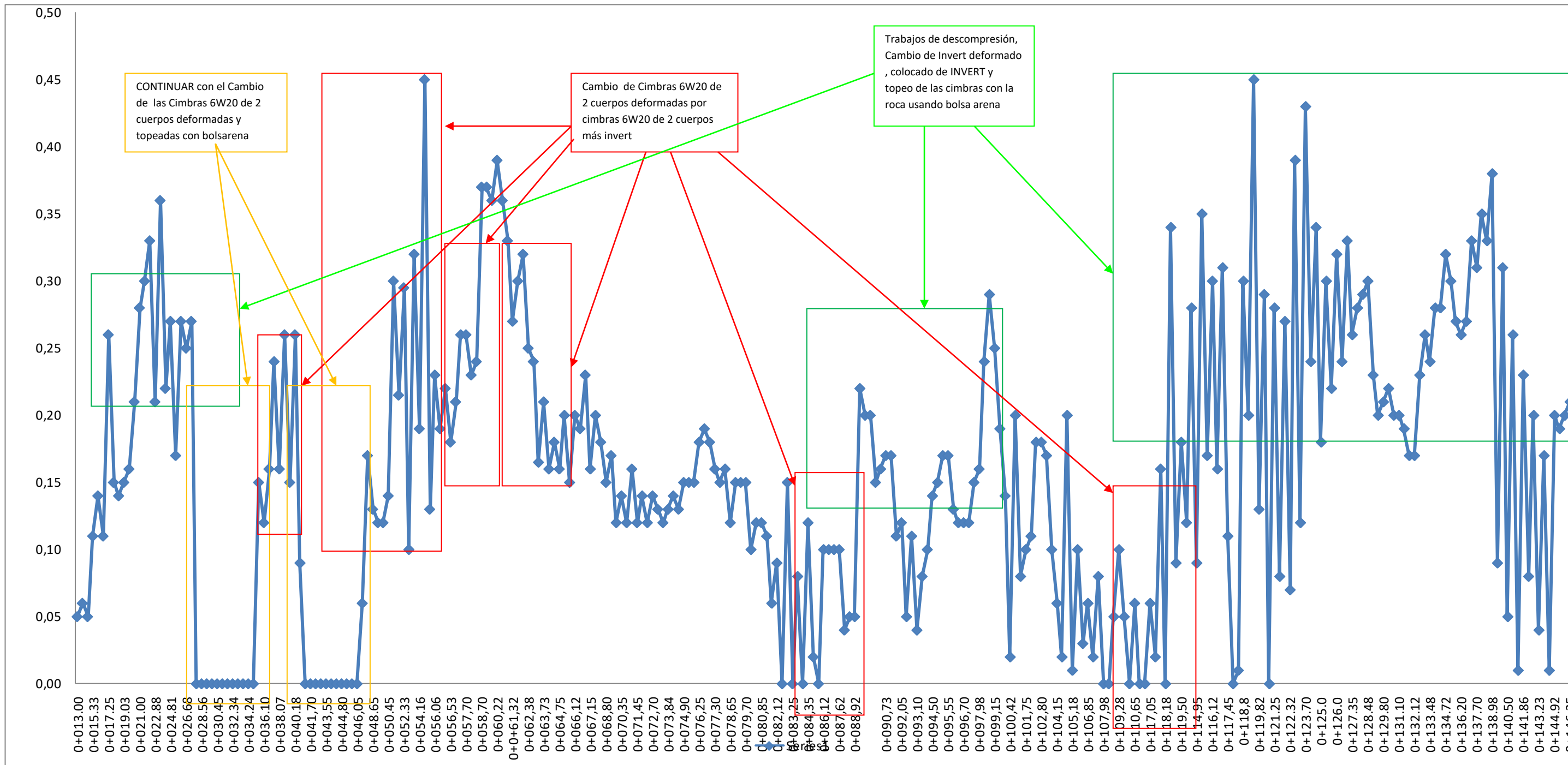
MEDICION DE CONVERGENCIA LATERAL DE LAS CIMBRAS DEL BY PASS 490 (Progresiva 0+000 a 1+150,00)

La medición de Convergencia Lateral de las cimbras del By pass 490 en el tramo de la **Progresiva 0+013 a 0+150.0** se realizó el día **27/08/2010** en cual se puede observar que hay un avance en el cambio de cimbras deformadas, queda pendiente la instalación de INVERT



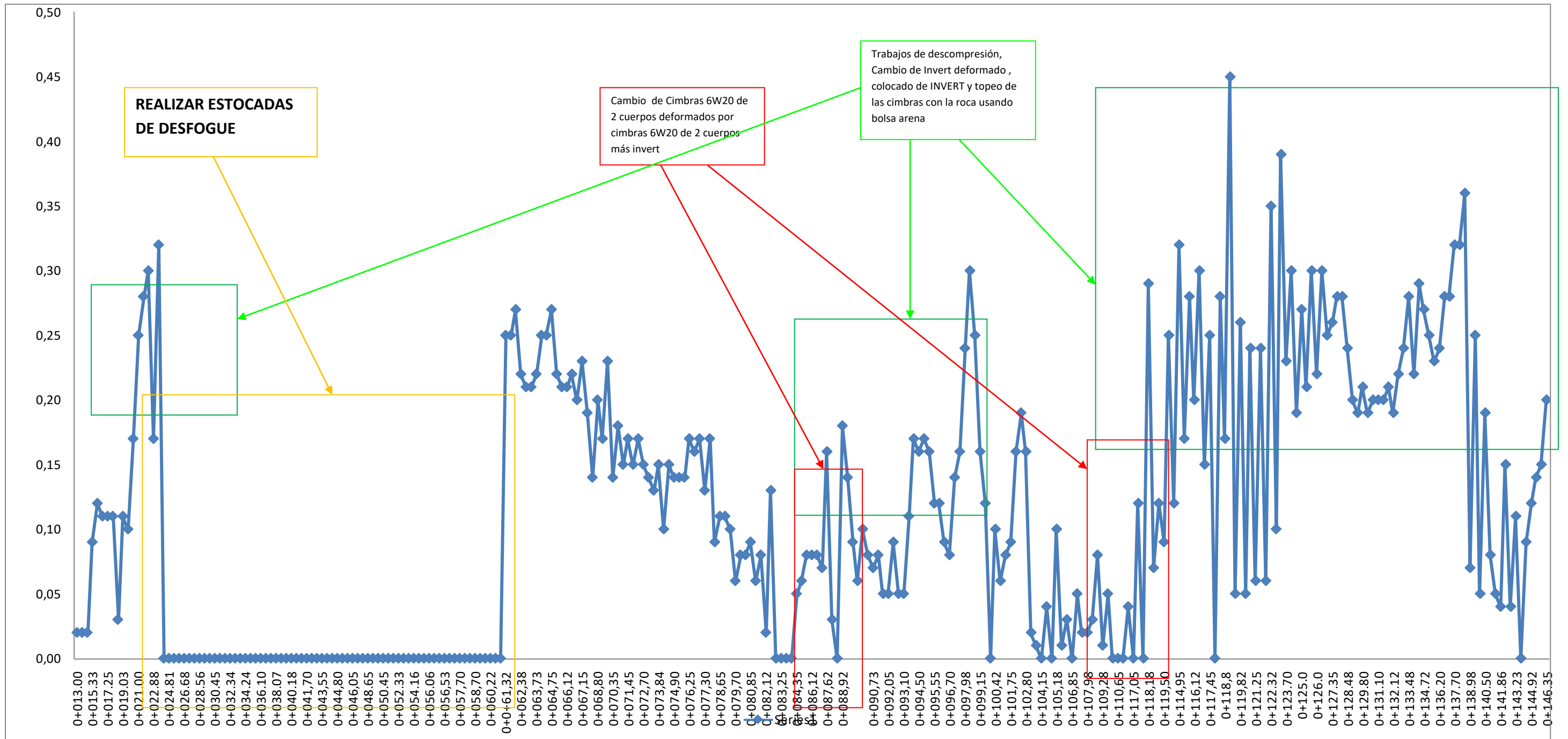
MEDICION DE CONVERGENCIA LATERAL DE LAS CIMBRAS DEL BY PASS 490 (Progresiva 0+000 a 1+150,00)

La medición de Convergencia Lateral de las cimbras del By pass 490 en el tramo de la **Progresiva 0+013 a 0+150.0** se realizó el día **27/08/2010** en cual se puede observar que hay un avance en el cambio de cimbras deformadas, queda pendiente la instalación de INVERT



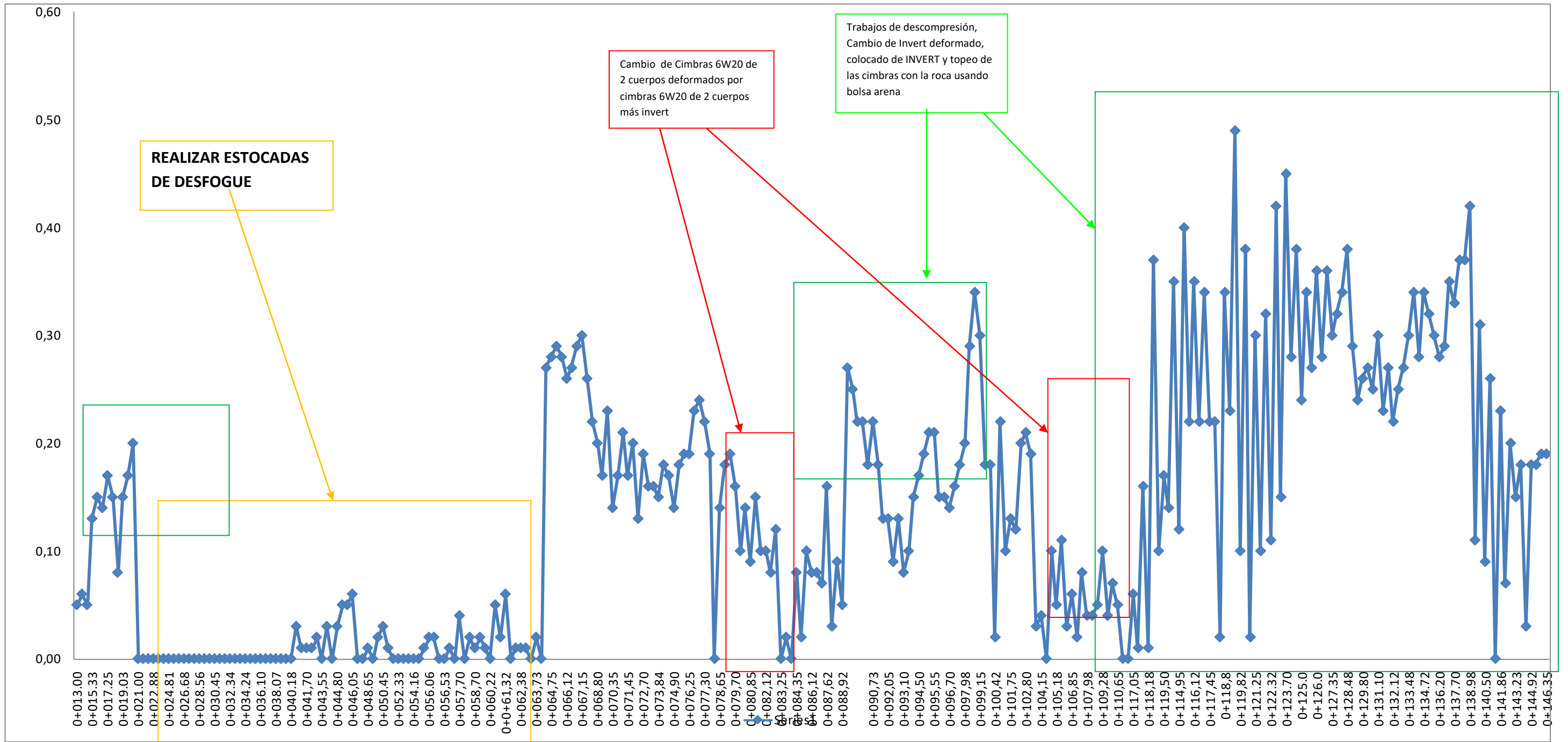
MEDICION DE CONVERGENCIA LATERAL DE LAS CIMBRAS DEL BY PASS 490 (Progresiva 0+000 a 1+150,00)

La medición de Convergencia Lateral de las cimbras del By pass 490 en el tramo de la **Progresiva 0+013 a 0+150.0** se realizó el día **15/12/2010** en cual se puede observar que hay un avance en el cambio de cimbras deformadas, queda pendiente la instalación de INVERT.



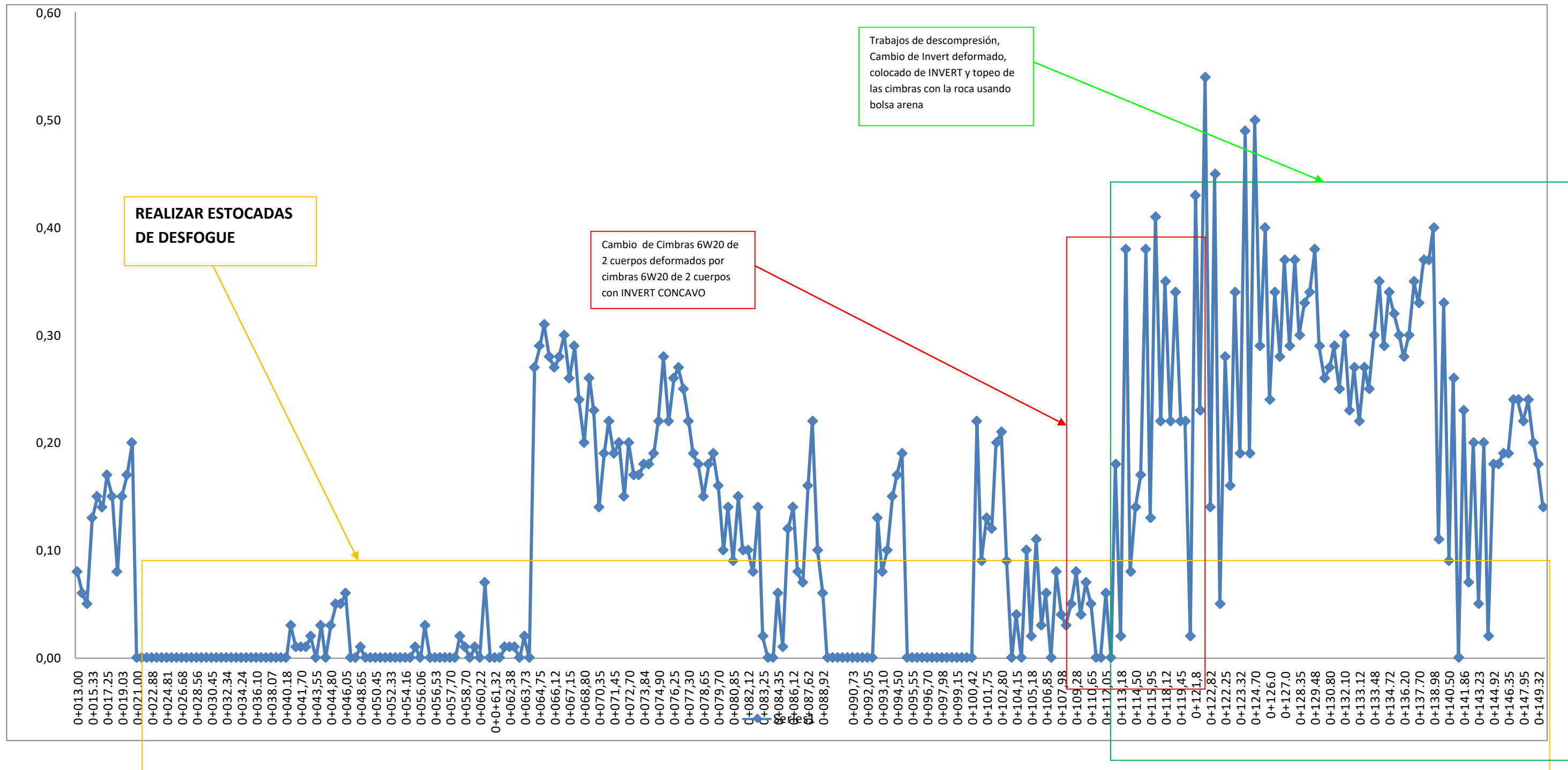
MEDICION DE CONVERGENCIA LATERAL DE LAS CIMBRAS DEL BY PASS 490 (Progresiva 0+000 a 1+150,00)

La medición de Convergencia Lateral de las cimbras del By pass 490 en el tramo de la **Progresiva 0+013 a 0+150.0** se realizó el día **25/02/2011** en cual se puede observar que hay un avance en el cambio de cimbras deformadas, queda pendiente la instalación de INVERT.



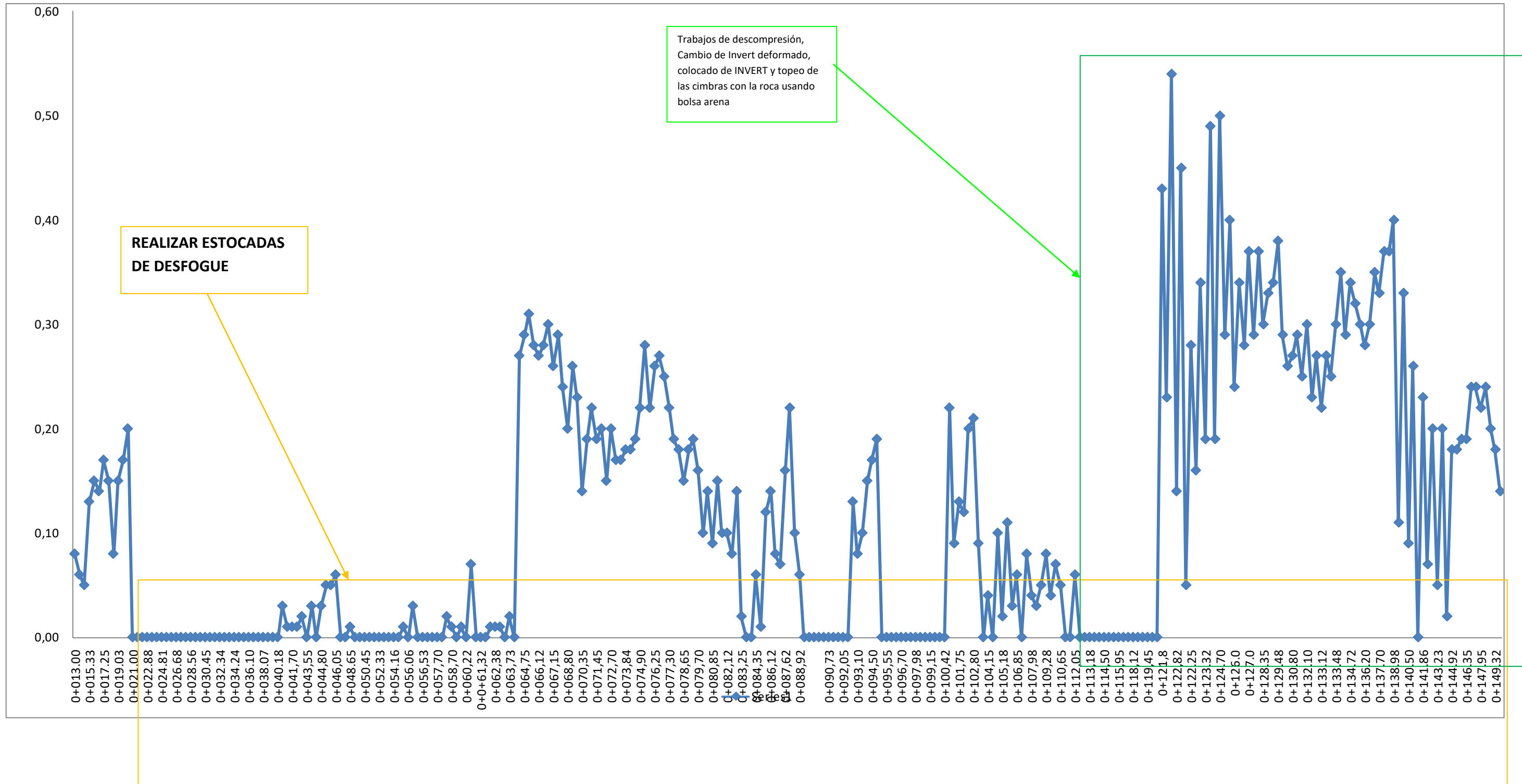
MEDICION DE CONVERGENCIA LATERAL DE LAS CIMBRAS DEL BY PASS 490 (Progresiva 0+000 a 1+150,00)

La medición de Convergencia Lateral de las cimbras del By pass 490 en el tramo de la **Progresiva 0+013 a 0+150.0** se realizó el día **18/03/2011** en cual se puede observar que hay un avance en el cambio de cimbras deformadas, queda pendiente la instalación de INVERT.



MEDICION DE CONVERGENCIA LATERAL DE LAS CIMBRAS DEL BY PASS 490 (Progresiva 0+000 a 1+150,00)

La medición de Convergencia Lateral de las cimbras del By pass 490 en el tramo de la **Progresiva 0+013 a 0+150.0** se realizó el día **06/05/2011** en cual se puede observar que **SE COMPLETO** el cambio de cimbras deformadas, queda pendiente **COMPLETAR** la instalación de INVERT y las ESTOCADAS DE DESFOQUE.



ESTOCADAS DE DESFOGUE DEL BY PASS 490

Estocadas de Desfogue:
-Sección: 1.5x1.8mts
-Longitud: 5mts
-Cada estocada espaciada 10mts

Estocadas de Desfogue:
-Sección: 1.5x1.8mts
-Longitud: 5mts
-Cada estocada espaciada 20mts

Estocadas de Desfogue:
-Sección: 1.5x1.8mts
-Longitud: 5mts
-Cada estocada espaciada 10mts

