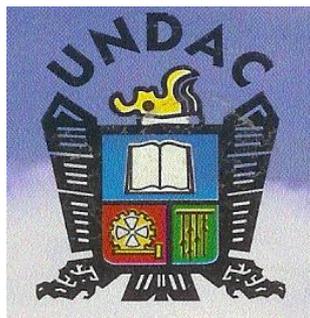


**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES
CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE
MINAS**



**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SOSTENIMIENTO
EN LA COMPAÑÍA MINERA SANTA LUISA – UNIDAD
HUANZALA DANDO ENFASIS AL SOSTENIMIENTO
CON SHOTCRETE PARA SU OPTIMIZACION”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. AGUILAR RAMOS, Juan Carlos

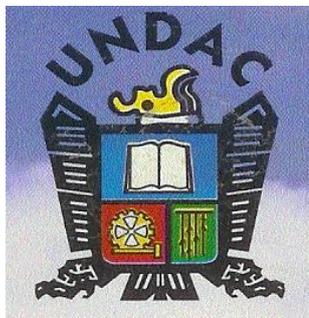
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

CERRO DE PASCO – Perú

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES
CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE
MINAS**



**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SOSTENIMIENTO
EN LA COMPAÑÍA MINERA SANTA LUISA – UNIDAD
HUANZALA DANDO ENFASIS AL SOSTENIMIENTO
CON SHOTCRETE PARA SU OPTIMIZACION”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. AGUILAR RAMOS, Juan Carlos

**Sustentado y aprobado ante la Comisión de
Jurados**

**Mg. VICENTE DAVILA CORDOVA
PRESIDENTE**

**Mg. TEODORO R. SANTIAGO ALMERCÓ
MIEMBRO**

**Ing. JULIO. SANTIAGO RIVERA
MIEMBRO**

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a Él he logrado concluir mi carrera.

A mis padres, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

INDICE

CARATULA
DEDICATORIA
INDICE
INTRODUCCION
RESUMEN

CAPITULO I **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

- 1.1 Identificación y planteamiento del problema
- 1.2 Delimitación de la Investigación
 - 1.2.1 Delimitación espacial
 - 1.2.2 Delimitación temporal
 - 1.2.3 Delimitación Conceptual
- 1.3 Formulación del Problema
 - 1.3.1 Problema general
 - 1.3.2 Problemas específicos
- Formulación de Objetivos
 - 1.4.1 Objetivo general
 - 1.4.2 Objetivos específicos
- 1.5 Justificación e importancia de la investigación
- 1.6 Limitaciones de la investigación
- 1.7 Lugar donde se desarrollara la investigación

CAPITULO II **MARCO TEORICO**

- 1 Antecedentes del problema
- 2 Bases teóricas – Científicos
 - 2.2.1 Generalidades teóricas
- 3 Formulación de hipótesis
 - .3.1 Hipótesis general
 - .3.2 Hipótesis específicas
- 4 Identificación de variables
 - .4.1 Variables para la hipótesis general
 - .4.2 Variables para la hipótesis específicas

CAPITULO III **METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN**

- 3.1 Tipo y nivel de investigación
- 3.2 Métodos de investigación
- 3.3 Diseño de investigación

3.4 Población y muestra

3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de Datos

CAPITULO IV GENERALIDADES DE LA MINA

4.1 Mina Huanzalá

4.2 Ubicación y acceso

4.3 Marco Geológico

4.3.1 Geología local

4.3.2 Geología Económica

4.3.3 Geología Estructural

4.5 Aspectos del minado

4.4.1 Estructura de la Mina

4.4.2 Método de Minado

4.4.3 Operaciones Unitarias

CAPITULO V SISTEMA DE SOSTENIMIENTO EN LA UNIDAD HUANZALA

5.1 Sostenimiento con pernos

5.1.1 Pernos helicoidales con resina

5.1.2 Cartuchos de resina

5.1.3 Pernos split set (estabilizador de fricción)

5.2 Sostenimiento con cimbras

5.2.1 Generalidades

5.2.2 Cuadros metálicos

5.2.3 Ventajas de la sección Ω y sus uniones (grapas)

5.2.4 Tipos de cimbras

5.3 Sostenimiento con Shotcrete

5.3.1 Generalidades

5.3.2 Aplicaciones y usos

5.3.2 Aplicaciones y usos

5.3.4 Requerimientos del shotcrete

5.3.5 Componentes del shotcrete

5.3.6 Fibras de acero

5.3.7 Diseño de Mezcla

5.4 Sostenimiento con mallas metálicas

CAPITULO VI EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SOSTENIMIENTO EN LA UNIDAD HUANZALA

6.1 Evaluación del sostenimiento con pernos

6.1.1 Evaluación

6.1.2 Optimización

6.2 Evaluación del sostenimiento con cimbras

6.2.1 Evaluación

6.2.2 Optimización

6.3 Evaluación del sostenimiento con mallas metálicas

- 6.3.1 Evaluación
- 6.3.2 Optimización
- 6.4 Evaluación del sostenimiento con Shotcrete
 - 6.4.1 Evaluación
 - 6.4.2 Optimización

CAPITULO VII

EVALUACIÓN DEL USO DE SHOCRETE PARA SOSTENIMIENTO

- 7.1 Rebote de material
- 7.2 Equipos usados
- 7.3 Desconocimiento de los parametros tecnicos del proceso de sostenimiento con Shokcrete
- 7.4 Insumos en la preparación y el lanzado del Shotcrete

CAPITULO VIII

OPTIMIZACION DEL USO DE SHOCRETE PARA EL SOSTENIMIENTO DE LABORES MINERAS

- 8.1 Alternativas para el control de rebote del material
 - 8.1.1 Alternativas frente a la Baja presión de aire
 - 8.1.2 Alternativas frente a la Granulometría muy gruesa
 - 8.1.3 Alternativas frente al Angulo y distancia de lanzado inadecuados
 - 8.1.4 Alternativas frente a la Dosificación inadecuada de los insumos en la preparación de la mezcla (sin estándares).
 - 8.1.5 Alternativas frente al Intervalo de tiempo prudente desde el preparado de mezcla hasta el momento de lanzado
- 8.2 Mejoras en el uso de los equipos
 - 8.2.1 Alternativas frente a la Falta de un programa de mantenimiento programando y preventivo.
- 8.3 ALTRNATIVAS AL PROBLEMA N°3: DESCONOCIMIENTO DE LOS PARAMETROS TECNICOS DEL PROCESO DE SOSTENIMIENTO CON SHOKCRETE
 - 8.3.1 Alternativas frente a la Falta de un Programa de capacitación
 - 8.3.2 Alternativas frente a las Cuadrillas con personal improvisado que desconocen el proceso y aprende por experiencias prácticas.
- 8.4 Mejoras en el uso de los insumos en la Preparación y lanzado de la mezcla
 - 8.4.1 Alternativas frente a la Dosificación inadecuada de los insumos en la preparación de la mezcla (sin estándares).
 - 8.4.2 Alternativas frente al Intervalo de tiempo prudente desde el preparado de mezcla hasta el momento de lanzado
 - 8.4.3 Alternativas frente al Desconocimiento de las propiedades físicas y químicas de los insumos.
 - 8.4.4 Análisis de Aguas

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación intitulado **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SOSTENIMIENTO EN LA COMPAÑÍA MINERA SANTA LUISA – UNIDAD HUANZALA DANDO ENFASIS AL SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE PARA SU OPTIMIZACION”** se ha realizado con la intención de evaluar el sostenimiento para poder optimizarlo y poder disminuir los accidentes por caída de rocas,

En estos tiempos toda empresa en producción busca el mejoramiento continuo de sus operaciones con el fin de optimizar sus procesos y la reducción de costos para garantizar la viabilidad y permanencia en el tiempo.

En ese contexto, se hace necesario optimizar los gastos y dirigir oportunamente las inversiones con el fin de mantener niveles de rentabilidad que posibiliten el sostenimiento de las operaciones

Referente a las operaciones de la mina de la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala vemos que las condiciones actuales del macizo rocoso que se viene presentado en los niveles que se van explotando, se encuentran afectados por muchos factores inestabilizadores, tales como presión litostática, efectos de desequilibrio de fuerzas por efectos de minado, diseño de minado (anchos y alturas) fuera del estándar, sostenimiento inoportuno, instalación y orientación de elementos inadecuados.

Como podemos apreciar estos factores se pueden controlar, con una supervisión constante y un continuo monitoreo. Ante esto y las condiciones que se vienen afrontando, se vio la necesidad de evaluar el sistema de sostenimiento y poder optimizarlo, con el apoyo de la Empresa.

EL AUTOR

RESUMEN

La presente investigación que en esta oportunidad tengo a bien de presentar trata sobre el **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SOSTENIMIENTO EN LA COMPAÑÍA MINERA SANTA LUISA – UNIDAD HUANZALA DANDO ENFASIS AL SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE PARA SU OPTIMIZACION”**

Cuyo desarrollo es de nueve capítulos que brevemente lo resumo a continuación.

El Capítulo I, desarrolla aspectos generales enfocando la problemática de la investigación, considerando aspectos como: identificación y planteamiento del problema, delimitación de la investigación, formulación del problema, objetivos, justificación, limitación de la investigación, y lugar del desarrollo.

El Capítulo II, trata sobre el marco teórico considerando antecedentes del problema, bases teóricas, tratando aspectos como antecedentes del problema, bases teóricas sobre sostenimiento, definición de términos. Formulación de la hipótesis, sus variables.

El capítulo III, describe la metodología y técnicas de investigación; comprendiendo el tipo y nivel de investigación, método de investigación, diseño, población y muestra y las técnicas e instrumento de recolección de datos.

El Capítulo IV, trata sobre los aspectos generales de la empresa, en cuanto a su ubicación, acceso, geología local, mina, planta.

El Capítulo V, se refiere al sistema de sostenimiento en la Unidad Huanzala. Abordando los diferentes sostenimiento usados en la mina

como; Sostenimiento con pernos, Sostenimiento con cimbras, Sostenimiento con Shotcrete, Sostenimiento con mallas metálicas.

El Capítulo VI se refiere a la evaluación del sistema de sostenimiento en la Unidad Huanzala, en cuanto a la evaluación de: Evaluación del sostenimiento con pernos, Evaluación del sostenimiento con cimbras, Evaluación del sostenimiento con mallas metálicas

El Capítulo VII, en dicho capítulo se evalúa el uso de shotcrete para sostenimiento, en cuanto a: Rebote de material, Equipos usados, Estándares de dosificación de las muestras, Insumos en la preparación y el lanzamiento del Shotcrete

El Capítulo VIII, se refiere a la optimización del uso de shotcrete para el sostenimiento de labores mineras, tratando aspectos como: Alternativas para el control de rebote del material, Mejoras en el uso de los equipos, Mejoras en la dosificación de la mezcla, Mejoras en el uso de los insumos en la Preparación y lanzamiento de la mezcla; concluyendo con las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 IDENTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En estos tiempos toda empresa en producción busca el mejoramiento continuo de sus operaciones con el fin de optimizar sus procesos y la reducción de costos para garantizar la viabilidad y permanencia en el tiempo. En ese contexto, se hace necesario optimizar los gastos y dirigir oportunamente las inversiones con el fin de mantener niveles de rentabilidad que posibiliten el sostenimiento de las operaciones.

Referente a las operaciones de la mina de la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala vemos que las condiciones actuales del macizo rocoso que se viene presentado en los niveles que se van explotando, se encuentran afectados por muchos factores inestabilizadores, tales como presión litostática, efectos de desequilibrio de fuerzas por efectos de minado, diseño de minado (anchos y alturas) fuera del estándar, sostenimiento inoportuno, instalación y orientación de elementos inadecuados.

Como podemos apreciar estos factores se pueden controlar, con una supervisión constante y un continuo monitoreo. Ante esto y las condiciones que se venían afrontando, se vio la necesidad de evaluar el sistema de sostenimiento y poder optimizarlo, con el apoyo de la Empresa.

1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Delimitación espacial.

El presente trabajo de investigación se ha realizado en la Compañía Minera Santa Luisa - Unidad Huanzala.

1.2.2 Delimitación Temporal.

La presente tesis tendrá una duración de 6 meses; Julio 2015 – Diciembre 2015.

1.2.3 Delimitación conceptual.

La presente tesis está enmarcada dentro del aspecto de las optimizaciones con fines de mejora. Dentro de los aspectos conceptuales que se desarrollan se considera los conceptos sobre: Sistemas de sostenimiento, evaluación, optimización.

1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA

1.3.1 Problema general.

¿El sistema de sostenimiento que se viene aplicando en la Compañía Minera Santa Luisa – Unida Huanzala. Tiene una serie de dificultades tanto en la operación misma, como en el manejo de sus estándares. Qué factores no se están aplicando adecuadamente; y cómo podemos optimizarlos?

1.3.2 Problemas específicos.

- a. ¿Qué inconvenientes técnicos presentan el sistema de sostenimiento de las labores mineras en la Compañía Minera Santa Luisa – Unida Huanzala?
- b. ¿Se estará realizando adecuadamente el proceso del shotcreteo en cuanto a los insumos en la preparación y el lanzamiento de la mezcla de Shotcrete; en la Compañía Minera Santa Luisa – Unida Huanzala?

1.4 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general.

Determinar los factores que no se están aplicando adecuadamente en el sistema de sostenimiento en la Compañía Minera Santa Luisa – Unida Huanzala y poder optimizarlo.

1.4.2 Objetivo Específico.

- a. Conocer los inconvenientes técnicos que se presentan en el sistema de sostenimiento de las labores mineras en la Compañía Minera Santa Luisa – Unida Huanzala.
- b. Lograr un adecuado proceso de shotcreteo en cuanto a insumos en la preparación y el lanzamiento de la mezcla; en la Compañía Minera Santa Luisa – Unida Huanzala.

1.5 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Como parte de los nuevos retos que afronta la actividad minera en nuestro país, en los últimos años se han generado una serie de cambios que buscan insertar en las actividades mineras una serie de herramientas de gestión que permitan diseñar evaluaciones asociados a las labores de sostenimiento.

Por otra parte al no poder controlar los precios de los minerales, básicamente somos una industria de costos. Entonces tenemos que hacer un esfuerzo enorme por reducir los gastos que permiten mantener las operaciones y esa es una labor del día a día porque normalmente en el tiempo se elevan.

En ese sentido el estudio tiene importancia fundamental ya que nos permitirá evaluar y mejorar el sistema de sostenimiento y poder mejorarlo.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación por la naturaleza de su contenido e impacto, en la gestión; afrontó una serie de limitaciones en el proceso de su formulación, situación que fue superado a través del tiempo con el apoyo de la empresa

1.7 LUGAR DONDE SE DESARROLLARA LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se ha realizado en las instalaciones de la Compañía Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Habiendo realizado una revisión de la literatura sobre Sistema de sostenimiento en minería vemos que existe una buena información sobre este tema en las diferentes minas del Perú y del Mundo.

Así tenemos:

Sostenimiento en la Empresa Minera Huarón

Sostenimiento en Empresa Minera Volcán unidad San Cristóbal,
Andaychagua, Carahuacra.

Sostenimiento en la Empresa Minera Chungar

Sostenimiento en la Empresa Minera Milpo, Unidad El Porvenir, Cerro Lindo.

Sostenimiento en la Empresa Minera Huarón S.A.

Sostenimiento en la Empresa Minera Casapalca S.A.

Sostenimiento en la Empresa Minera Yauliyacu S.A.

En todas las minas que explotan por el sistema subterráneo.

2.2 BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS

Durante el desarrollo de la presente Tesis haremos usos de una serie de información tanto bibliográficos, de campo, experimentales que dan evidencias sobre la optimización del sistema de sostenimiento.

2.2.1 Generalidades Teóricas

- Ubicación
- Accesibilidad
- Antecedentes
- Reseña Histórica
- Geología General
- Geología Local
- Geología Regional
- Geología Estructural
- Sistema de Explotación
- Características Geomecánicos del cuerpo Mineralizado
- Sistemas de sostenimiento
- Uso de shotcrete
- Tecnología del shotcrete
- Material usados en el shotcrete

- Principios de operación de Shotcrete
- Estándares de aplicación
- Rebote
- Curado de Shotcrete
- Equipos usados

2.3 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

2.3.1 Hipótesis General

Si nosotros logramos determinar los factores que se están aplicando inadecuadamente en el sistema de sostenimiento, entonces podemos proponer una mejoría de las mismas y por consiguiente conseguir una optimización del sostenimiento de las labores de la Compañía Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala.

2.3.2 Hipótesis Específica

- a. Si logramos determinar los inconvenientes técnicos que se presentan en el sistema de sostenimiento de las labores mineras en la Compañía Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala entonces podremos mejorar los resultados optimizándolos.
- b. Al conseguir un proceso adecuado del shotcreteo en cuanto a los insumos en la preparación y el lanzado de la mezcla de Shotcrete; en la Compañía Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala logramos optimizar los resultados del shotcrete.

2.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

2.4.1 Variables para la hipótesis general

- **Variable Independiente:**

Factores inadecuados del sistema de sostenimiento

- **Variable Dependiente:**

Mejora y optimización del sostenimiento.

2.4.2 Variables para las hipótesis específicas

- **Para la hipótesis a.**

Variable independiente

Inconvenientes técnicos del sostenimiento

Variable dependiente

Mejora de resultados

- **Para la hipótesis b.**

Variable independiente

Proceso adecuado del shotcrete

Variable dependiente

Optimización del proceso de shotcrete

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es de carácter APLICATIVO, conforme a los propósitos y naturaleza de la investigación; el estudio se ubica en el nivel descriptivo, explicativo y de correlación.

3.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a los resultados de localizarse todos los factores que intervienen en el problema planteado, se empleó métodos: deductivos, inductivos, análisis y síntesis.

3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño a utilizarse en la investigación será por objetivos conforme al siguiente esquema:

OG	=	OBJETIVO GENERAL
HG	=	HIPÓTESIS GENERAL
CG	=	CONCLUSIÓN GENERAL

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

La población está constituida por todas las labores mineras de la Unidad Huanzala.

Muestra

En el procedimiento de discriminación de muestra se determinó tomar como muestras La rampa principal, una galería y un tajeo.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas

Las principales técnicas que utilizaré en la investigación es:

- Entrevistas
- Encuestas
- Análisis documental
- Observación
- Clasificación de Archivos

Instrumentos

Los principales instrumentos que utilizaré en la investigación son:

- Guía de entrevista
- Cuestionario
- Guía de análisis documental
- Guía de observación
- Técnicas de procesamiento de datos.

CAPITULO IV

GENERALIDADES DE LA MINA

4.1 MINA HUANZALÁ

4.1.1 Generalidades

Las primeras investigaciones geológicas fueron realizadas por MITSUI MINING & SMELTING CO. Ltda. Japonés en 1961. En el año 1964 se formó la COMPAÑÍA MINERA SANTA LUISA S.A. que prosiguió las exploraciones en forma sistemática, iniciando posteriormente la explotación.

Cabe resaltar que se inició su explotación con un promedio de 500 toneladas/día (Junio 1968), lo que ha permitido conocer paulatina y sistemáticamente los principales rasgos geológico-mineros

característicos del yacimiento llegando a la actualidad a una explotación promedio de 1,100 toneladas/día.

Compañía Minera Santa Luisa, es una empresa privada dedicada a la exploración, extracción y procesamiento de minerales de Plomo y Zinc, así mismo, obtiene como subproductos, concentrados de Cobre y Plata. Cuenta con 3 Unidades Económicamente Activas: SANTA LUISA, RECUERDO y BERLIN (PALCA), las dos primeras en el Asentamiento Minero Huanzalá. Estas U.E.A. vienen trabajando con el Método de Minado de Corte y Relleno Ascendente (OverCut and Fill) con Relleno Detrítico, con variantes en algunas zonas según la particularidad del mineral, realizando Perforación y Voladura en BREASTING, AVANCE (cuando no se cuenta con cara libre) y REALCE (TALADROS LARGOS).

Las Unidades anteriormente nombradas se subdividen en las siguientes zonas de Trabajo, como se muestra a continuación:

Cuadro N° 4.1, Zonas de Trabajo en Huanzalá

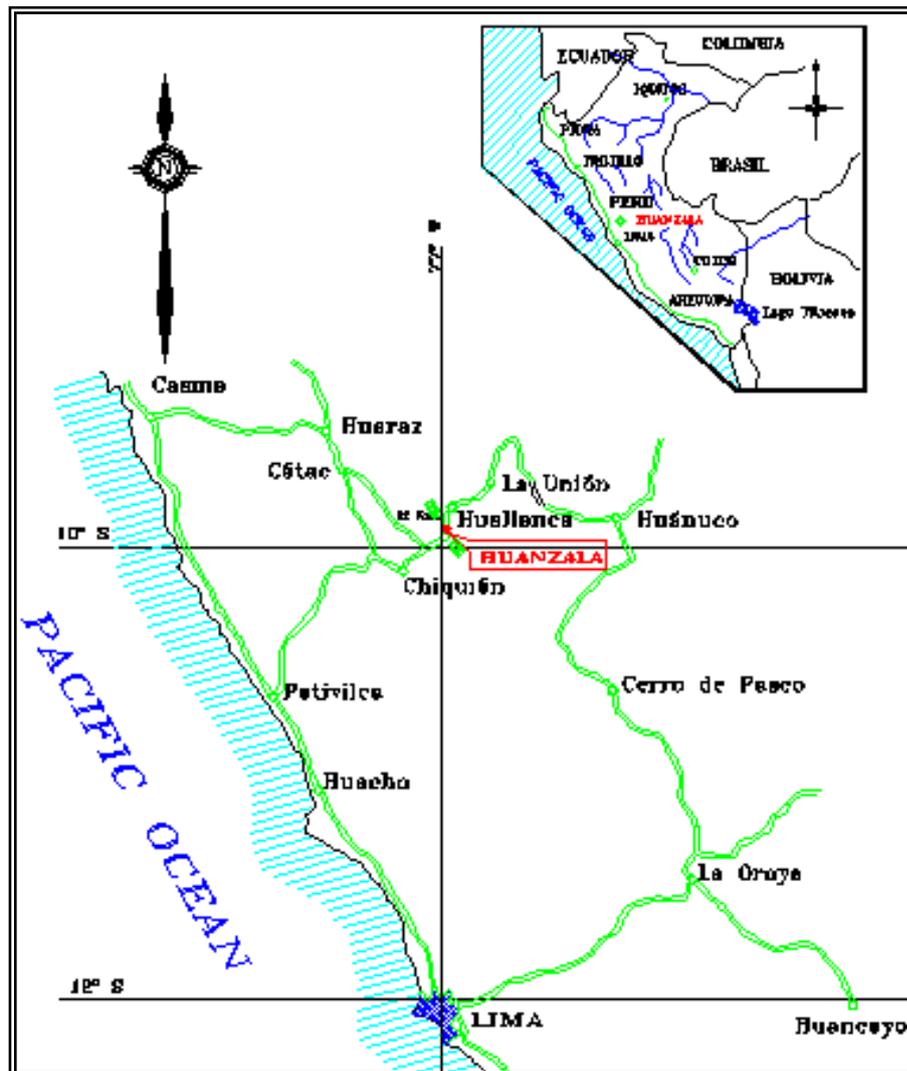
UEA	ZONA
SANTA LUISA	Huanzalá Sur
	Huanzalá Principal
RECUERDO	Recuerdo

Es importante resaltar que la compañía ha asumido de forma voluntaria dos certificaciones internacionales: ISO 14001 (Serie de Evaluación de Gestión Ambiental) y OHSAS 18001 (Serie de Evaluación de la Seguridad y Salud Ocupacional).

4.2 UBICACIÓN Y ACCESO:

La Mina Huanzalá está ubicada en el distrito de Huallanca, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash a una altitud promedio de 4,000 m.s.n.m.; siendo accesible desde la ciudad de Lima mediante la Carretera Panamericana Norte hasta Pativilca, luego la Vía de Penetración a Huaraz con un desvío a la altura de Conococha / Antamina con un tramo final a la mina con una distancia de 420 Km (Ver Figura N°4.1).

Figura N°4.1, Ubicación de Huanzalá



4.3 MARCO GEOLÓGICO

4.3.1 Geología local

En la Mina Huanzalá sobreyacen concordantemente las Formaciones Chimu, Santa, Carhuaz, Farrat y Pariahuanca del Jurásico Superior-Cretáceo Inferior (Grupo Goyllarisquizga) principalmente las 3 primeras formaciones se ubican en el flanco invertido de un sinclinal volcado, de tal manera que dichas formaciones suprayacen de la más reciente a la más antigua, intruidas luego por un Pórfido Cuarzífero como una manifestación extrusiva de una Granodiorita (Ígnea) en profundidad datada del Pleistoceno (Stewart y otros 1,974). Ver Figura N° 4.2.

El Pórfido Cuarzífero al parecer intruye a la Formación Chimú a manera de un Lacolito y en la Formación Santa esta presente a manera de Diques y Sills relativamente paralelos a la estratificación.

El Stock tiene una forma elipsoidal con aproximadamente 2 Km de longitud y 200 m de ancho, los Diques y Sills tienen anchos variables que oscilan entre 2 m y 50 m con una exposición total de aproximadamente 6 Km (epigenético).

Figura N° 4.2,Columna Estratigráfica de Huanzalá

ERA	FORMACION	COLUMNA		LITOLOGIA
CRETACEO	I. PARIANICO		100 m.	Calizas y fangos con areniscas de grano fino, calizas nodulosas de grano fino, lutitas y gres oscuros.
			250 m. +	Sióncil incluido de grano medio nodulosas. Calizas de grano medio a grueso, calizas gres oscuras con nódulos de grano medio y areniscas con areniscas finas y cuarzitas intercaladas con areniscas.
	I. PARIAN HUANCA	40 m.	Oolíticas intercaladas con lutitas.	
	I. CARRIZAL	750 m.	Arenisca y lutita alternada de grano fino a grueso, gres oscuros, areniscas de grano medio.	
		1400 m.	Alrededor 1500 m. Calizas de grano fino a grueso y medio fino, lutitas y gres. Intersección de calizas y gres oscuros de grano fino.	
I. SANTA	100 m. 150 m.	Calizas de grano fino a grueso y gres oscuros con nódulos de grano medio y areniscas de grano fino.		
I. CHIMU	400 m. +	Oolíticas con gres oscuros y areniscas de grano fino intercaladas con lutitas y gres.		

a) **Formación Chimu**, formada básicamente por rocas metamórficas, cuarcitas. Representa los horizontes inferiores del cretácico inferior, se expone en el sector Sur Oeste (flanco Occidental) y Nor Oeste (flanco Este) de la cordillera negra. Regionalmente la región chimú, está constituido por paquetes de arenisca y cuarcitas blancas grises de grano fino y grueso y formas sub redondeadas, con intercalaciones de lutitas, pizarras con estratigrafía delgada y colores generalmente oscuras o negras.

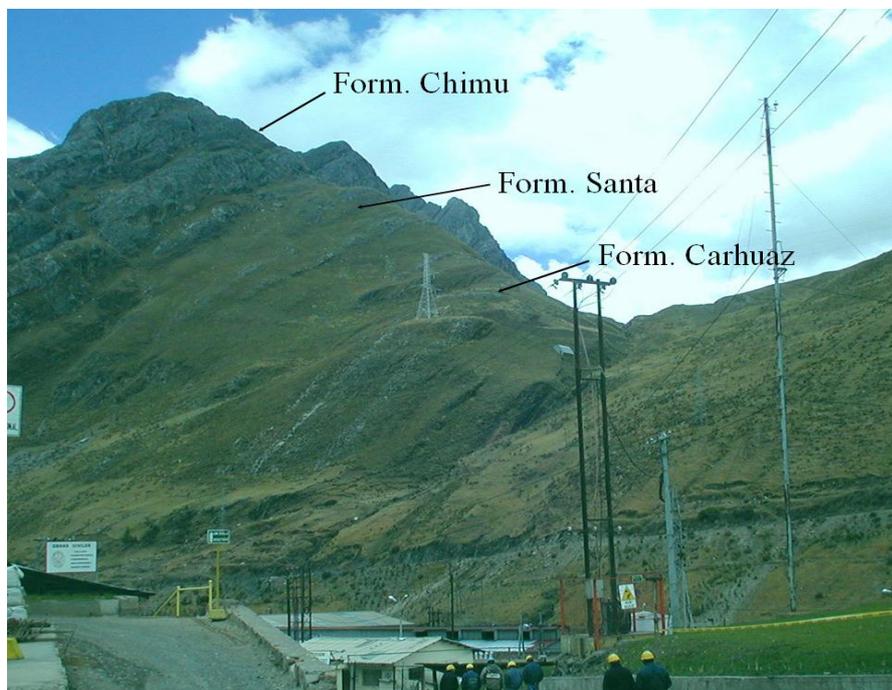
b) **Formación Santa**, Secuencia marina compuesta por Calizas oscuras con intercalaciones de lutitas negras que suprayace a las cuarcitas chimú

e infrayace a la formación Carhuaz. La formación Santa se compone en la parte inferior de una serie estratigráfica de lutitas negras a gris Oscuras y calizas arcillosas Negras, que pasan hacia la parte superior a lutitas oscuras con intercalaciones de limonitas y capas de calizas. La potencia de la formación es variable, las afloraciones tienen entre 100 m a 150 m. La formación Santa tiene interés económico por cuanto en sus niveles calcáreos se ubican algunos depósitos de mineral de plomo, Plata y Zinc. En Huanzalá, la Formación Santa está constituida de 2 miembros: El miembro superior de un espesor de 120m compuesta de calizas con intercalaciones de lutitas y el miembro inferior con un espesor de 40m compuesto de areniscas, lutitas, calcarenitas y capas delgadas de calizas, la estratificación presenta un rumbo de N 30°-50° W y un buzamiento de 50° a 70° NE con la presencia de ritmitas (sin genético).

c) Formación Carhuaz, Litológicamente la formación Carhuaz está constituido por una gruesa secuencia de lutitas arenosas pardo rojiza estratificada en lechos delgados, contienen intercalaciones de limonita marrón Rojiza en capas, gruesas y medianas en lechos de cuarcita pardo grisáceo con tonos rojizos por intemperismo, en los niveles inferiores se presentan ocasionalmente capas delgadas con calizas negras de grano fino.

d) La formación Carhuaz yace concordantemente sobre las lutitas y calizas de la formación Santa, e infrayace en concordancia a la cuarcitas Farrat. En la siguiente imagen se puede resaltar la ocurrencia de las formaciones en el basamento de Huanzalá.

Fotografía N° 4.1, Formaciones en Huanzalá



4.3.2 Geología Económica

Los cuerpos de mineral de Zn, Pb, Ag y Cu se presentan en forma estratiforme, lenticular, inter-digitada y masiva irregular en las 5 vetas, Vetas 1, 2, 3 y 4 en la Formación Santa y la Veta 5 en la Formación Carhuaz de rumbo N 30°-50° W y buzamientos entre 50° a 70° NE con anchos variables entre 2.0m y 20.0m (Veta 5 y V1T respectivamente) con longitudes de hasta 300 metros.

En zona de Huanzalá Superior es posible apreciar cavidades de disolución en caliza (Karst / Paleo Karst y Neo Karst) con áreas de Enriquecimiento Súper génico (lixiviación de aguas meteóricas en descenso y aguas magmáticas en ascenso-combinación de las mismas-convección)

Sobre esta base la ocurrencia de los minerales de Pb, Zn. se han dividido en tres tipos:

- Minerales de Pb y Zn en Pirita
- Minerales de Pb y Zn en Skarn
- Minerales de Pb y Zn en Shiroji (Alteración Argilica).

El mineral tipo Shiroji es un producto de alteración hidrotermal de minerales de piritita y skarn.

Algunas lutitas del miembro superior de la Formación Santa nos sirven como capas guías para poder diferenciar 4 horizontes principales de mineralización (Veta 1 a Veta 4).

SECUENCIA DE LA MINERALIZACIÓN:

Piritización casi simultánea de la intrusión del Pórfido Cuarcífero.

Skarnización y mineralización de Esfalerita roja.

Mineralización de galena, seguido por minerales de Cu(Calcopirita).

Alteración de tipo Shiroji y mineralización de Esfalerita negra.

Mineralización de Bornita con Calcopirita.

Mineralización de Tennantita.

4.3.3 Geología Estructural:

Existen 2 sistemas de fallas de desplazamiento de rumbo de N 10° a 20° E y otro de N 70° a 80° E. Se tiene una falla de empuje conocida como la "Lower Fault" inversa, con otras fallas paralelas menores en Huanzala Sur disminuyendo hacia Recuerdo las que tienen una buena influencia en la concentración de la mineralización económica ya que han servido de conductos y a la vez de entrapamiento de la misma. Al parecer el Pórfido Cuarcífero es posterior al fallamiento habiendo cortado y/o intruído sobre las fallas.

Se considera para la Génesis del yacimiento de Huanzalá que fue producto de una piritización y skarnización con un proceso de remplazamiento hidrotermal ocasionando una re movilización con una posterior sustitución de iones metálicos con el consecuente remplazamiento en horizontes calcáreos favorables (Formación Santa) relacionado a una Granodiorita en profundidad cuya manifestación

extrusiva es el Pórfido Cuarcífero relacionado a diques y sills del mismo (no se excluyen el carácter sin genético con el epigenético).

En la Figura N°4.3 se muestra, la representación esquemática de la relación entre los sistemas de fallas y las rocas ígneas en la mina Huanzalá. Así mismo, de manera más esquemática y descriptiva se puede observar la Fotografía N°4.2.

Fotografía N° 4.2, Esquema de la Formación Santa, las vetas y fallas

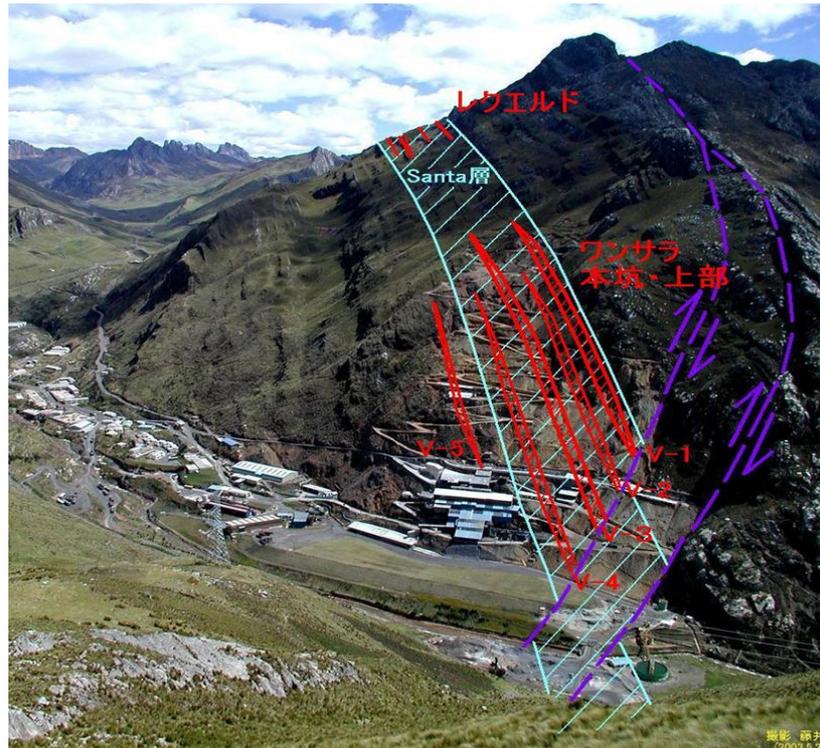
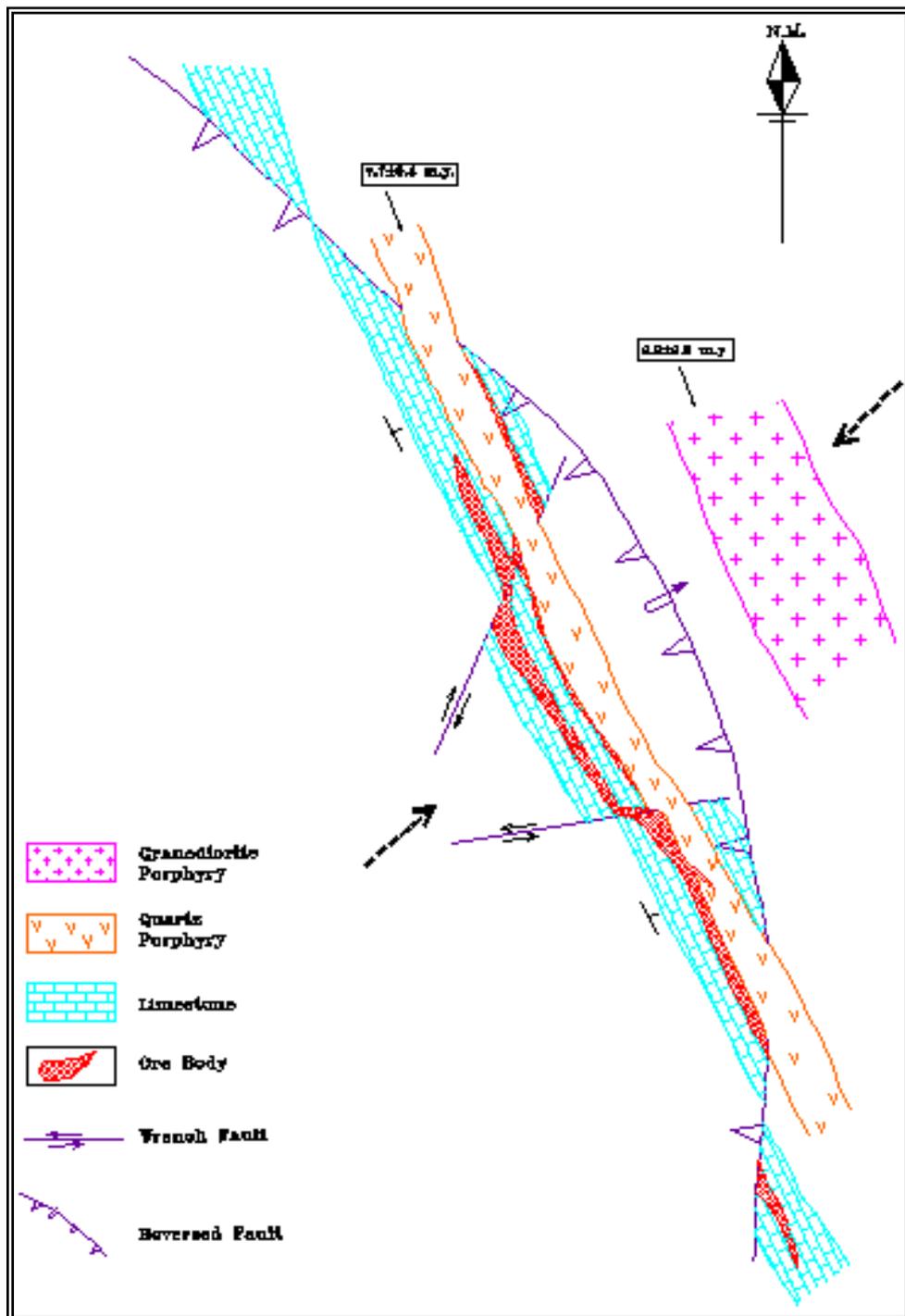


Figura N°4.3, Representación Esquemática de relación entre los sistemas de fallas y el intrusivo.



4.4 ASPECTOS DEL MINADO

Evaluando los factores de selección del método de explotación: geometría de yacimiento, buzamiento, potencia, profundidad, características Geomecánicas del mineral y cajas; además, realizando la

evaluación económica se prioriza por optar el método de explotación por Corte y Relleno ascendente. El mineral roto es cargado y extraído completamente del tajo, cuando todo el subnivel ha sido disparado, el vacío generado es rellenado con material estéril (relleno detrítico) para el soporte de las cajas, consiguiendo una plataforma para el próximo corte,

El material de relleno es de roca estéril proveniente de labores de desarrollo y preparación de la mina y es distribuido mecánicamente sobre el área tajeada.

4.4.1 Estructura de la Mina:

Las Labores de Desarrollo, contemplan Niveles Principales y Rampas; las labores de Preparación, están representado por accesos; finalmente, las labores de explotación, por subniveles y sus posteriores cortes (tajeos).

Los tajos están señalados de acuerdo al nivel que se encuentran, la línea de referencia, la veta en la que se encuentra, el número de block y el grado de certeza; así tenemos, por ejemplo: A2450 V1T 89 AZ, que indica, que el tajo se encuentra en el Nivel A, línea de referencia 2450, Veta 1, el block 89 y mineral probable.

Las cotas entre niveles se dan como se presenta en el Cuadro N° 4.2.

Cuadro N° 4.2, Cotas de Niveles

Nivel	Cota(m)
J	4415
I	4375
H	4315
G	4255

F	4195
E	4155
D	4125
C	4095
B	4055
A - (3810)	4015
P	3950
R	3890
S	3850
T	3800
U	3750
V	3700
W	3650
X	3600
Y	3550
Z	3500

Los **accesos**, poseen una sección de avance 4.0 x 3.5 m, con gradiente negativa (mínima) y positiva (máxima) de 15%.

Los avances en la Zona de Profundización, se realizan mediante **Rampas** con sección de 5 x 4.5 m y gradiente de 11%. Dichas rampas se ejecutan de nivel a nivel.

Los **subniveles** y **tajeos** con sección 4.0 x 4.5 m en perforación horizontal tipo avance y breasting respectivamente.

4.4.2 Método de Minado:

El método de explotación que se aplica es el de “Corte y Relleno ascendente Mecanizado con Relleno Detrítico”, mediante perforación horizontal tipo breasting y perforación sub vertical con simba tipo realce para la recuperación de puentes y tajeo por subniveles mediante

taladros largos (sublevel stoping), en este último caso, la limpieza de mineral se realiza con equipos a control remoto.

Es importante recalcar, que según las características de la mineralización se tiene una potencia de Veta que varía de 3.5 m a 4.0 m, siendo está una situación usual; pero, también se tiene vetas que van de 8.0m - 10.0m a más, para lo cual se ejecutan algunas variantes, procurando respetar siempre el estándar de sección (4.0 x 4.5).

A partir de Niveles Principales ó Rampas se realizan accesos a las diferentes estructuras mineralizadas por tajar:

- 1) Ejecución del acceso con pendiente que no supere 15%, según el rendimiento del equipo, en este caso: Jumbos, Scoop 6.3 Yd³, Anfotruck y Rockbolt. Una vez interceptado el mineral se procede con la tajada horizontal en galerías sobre veta (sub-niveles), al terminar de tajar se procede a rellenar dejando un espacio entre el relleno y el techo de aproximadamente 0.50 m, de manera que se tenga una cara libre para la Voladura (Breasting).
- 2) Se procede con el Segundo corte, para ello se desquincha el acceso disminuyendo el valor de la gradiente, con la generación de bloques producto de esa rotura se rellena y perfila el nuevo acceso para la segunda tajada horizontal.
- 3) Idem. Caso anterior, cortes subsecuentes.
- 4) Se rellena todo el tajo.
- 5) Se construye un nuevo acceso para seguir minando en forma ascendente.

Al tener vetas que varían entre 6.0m y 7.0m, una vez terminado el tajo siguiendo la caja techo, se recupera mineral haciendo

desquinche en la caja piso, extraído el mineral se prosigue con el relleno en retirada a medida que se desquincha.

Para el caso de vetas con potencias mayores a 8.00m, se realizan ventanas y estocadas, espaciadas según la ley del mineral.

Para vetas entre 16.0m y 20.0m, se procede como Cámaras y Pilares, con pilares irregulares de aproximadamente 5.0m x 5.0m.

Finalmente, aquellos tajos que vienen a ser los últimos cortes, se realiza una Perforación en Realce, es decir, se perforan taladros sub-verticales de 4.0m – 7.0m, con equipos de perforación Simba y la limpieza en este tipo de tajos se realizan con Scoop a control Remoto.

4.4.3 Operaciones Unitarias:

a) Perforación:

La actividad de perforación de avance y de tajeo se realizara con jumbos electrohidráulicos marca Tamrock con barra de 12' y/o Boomer con barras de 14' de longitud y brocas de 45" o 51" de Ø. De igual manera, realiza taladros para la instalación de Servicios Auxiliares para las diferentes actividades de Operación Minera. Para relaces o minado por subniveles se usa equipo de perforación vertical Simba con taladros de 7.0m.

b) Voladura:

Para la voladura en tajeos y avances se está usando ANFO, EMULSION y como accesorios de voladura: fulminante FANEL no eléctrico de período corto para tajeos y periodo largo en los avances, guías de seguridad, cordón detonante (pentacord 3P).El carguío se realiza con equipo Anfotruck que tiene una capacidad de porongo de 150 Kg de explosivo.

c) Desatado:

La técnica tradicional es empleando un juego de barretillas de 5', 8', 10' y 12', se realiza entre dos personas. Siempre el desatado es de una zona segura a una zona por desatar, uno de los trabajadores alumbra y el otro realiza el desatado. En caso que existan labores de alto riesgo de desprendimiento de roca y las dimensiones de la labor no den las condiciones para realizar la actividad, se usarán equipos de perforación "Jumbos o Robolt", los cuales provocarán la caída de los bloques mediante percusión o en su defecto realizarán taladros para alojar el explosivo e inducir la caída de los bloques de roca inestable.

d) Limpieza, acarreo y transporte:

Esta actividad se realiza mediante equipos Scooptrams (CAT 1600G y Atlas CopcoST 1000 de 6.2 yd³), desde las labores de explotación hasta las cámaras de carguío y chimeneas de transferencia (ore pass). El desmonte de los frentes de avance es depositado en las cámaras de acumulación para luego ser llevados a los tajos para el respectivo relleno. El transporte de mineral se realiza mediante locomotoras (línea trolley) sobre rieles con carros de 12Tn de capacidad, extraídos por el nivel 3810. Así mismo, volquetes de 25 Tn, desde las cámaras de carguío hasta las canchas de acumulación de mineral en planta concentradora.

e) Sostenimiento:

El objetivo del sostenimiento es conservar la resistencia inherente del macizo rocoso circundante en las excavaciones subterráneas, para ello, se utilizan elementos de refuerzo tales como:

- la barra de acero helicoidal con lechada / cartuchos de cemento

- Pernos Split set
- Cimbras
- mallas metálicas
- shotcrete.

f) Relleno del Tajeo:

Después de haber culminado la extracción a lo largo de toda la longitud del subnivel y dejado limpio de mineral se procede al relleno; en todas las unidades se emplea el relleno detrítico al 100 %, tratando en lo posible que el relleno sea un 95 % seco y con una buena fragmentación. La disponibilidad de este material es de las labores de avance y preparación, el traslado del material es con Scoop de 6.2 Yd³ hasta los tajeos.

CAPITULO V

SISTEMA DE SOSTENIMIENTO EN LA UNIDAD HUANZALA

5.1 SOSTENIMIENTO CON PERNOS

5.1.1 Pernos helicoidales con resina.

Los pernos fabricados en barra construcción instalados en una resina resiste el movimiento del terreno debido a los puntos de contacto del enclavamiento mecánico del perno. La unión resina o lechada con la roca depende de las irregularidades encontradas dentro de la perforación y de la estructura de la roca. Se recomienda para todos tipos de estructuras para el sostenimiento a largo plazo.

- Dimensiones y características mecánicas:

Longitud	Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	Carga de Fluencia	Carga máxima	Peso Nominal
2.25 m	19.0 mm	21.4 mm	146 kN	195 kN	2.19 Kg/m

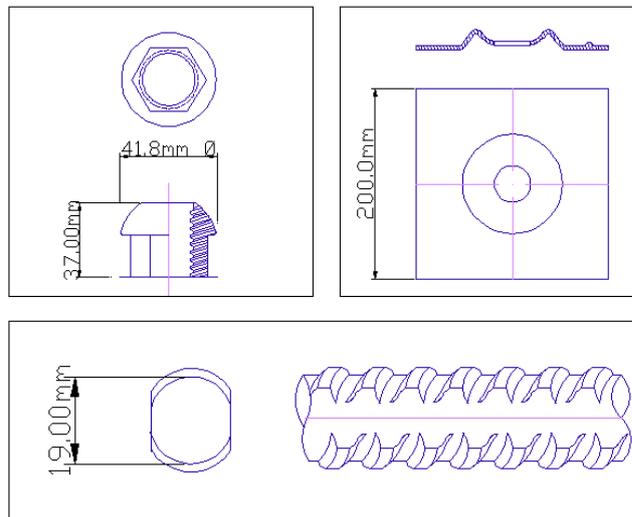
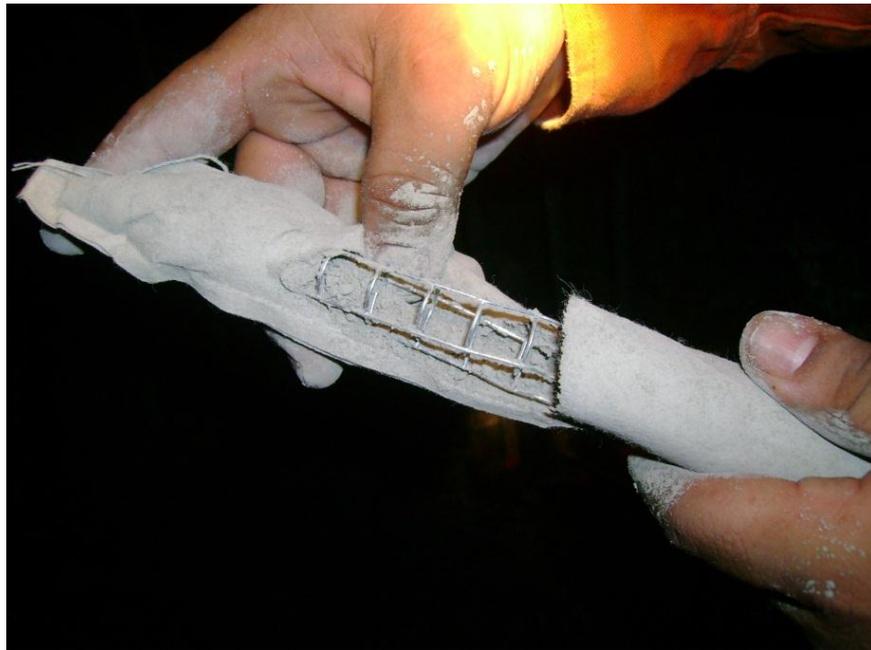


Figura 5.1

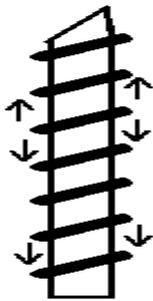
- La instalación de la barra de acero helicoidal, se realiza mediante la confinación en el taladro con lechada ó cartuchos de cemento, es un perno que trabaja sin tensionar y únicamente funcionan por adherencia con las paredes del taladro perforado a lo largo de la longitud completa del elemento de refuerzo. La dimensión del taladro para la instalación del perno debe ser:
 - Diámetro del Taladro: 34 a 39 mm, en Huanzalá el diámetro es de 38 mm.
 - Longitud del Taladro: 2.05 a 2.15 m.
- La mezcla de cemento y agua debe ser de 10 a 12 Lts de agua por bolsa de cemento, dependiendo de la presencia de agua. Se debe rellenar como mínimo el 90% del volumen del taladro.
- Los cartuchos de cemento “aguiluc”, poseen un enmallado de alambre dentro de su estructura, que durante la instalación tiene un efecto de resorte evitando de esta manera la caída del cartucho, además de comportarse como una fibra metálica en el mortero (Fotografía N° 5.1).

- La capacidad de anclaje, de acuerdo a los ensayos de tracción realizada y la experiencia del suscrito, debe ser superior a 3Tn/pie en roca tipo III y II y 2 Tn/pie para rocas tipo IV y V, según el sistema de clasificación geomecánica RMR, esto sobre las 24 horas de fraguado del mortero.
- La instalación se realiza con equipo electro-hidráulico Robotl (Fotografía N°5.2), actualmente, en Huanzalá se cuenta con 04 equipos, uno de ellos, con el sistema de inyección neumática de cartuchos de cemento.

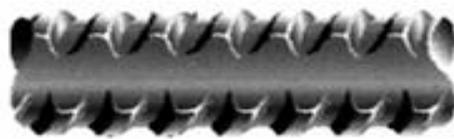
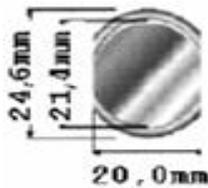
Fotografía N° 5.1, Estructura de los cartuchos de cemento



Fotografía N° 5.2 Robolt N° 04, instalación de barra de acero helicoidal con lechada de cemento.



Perno barra helicoidal de punta aguzada

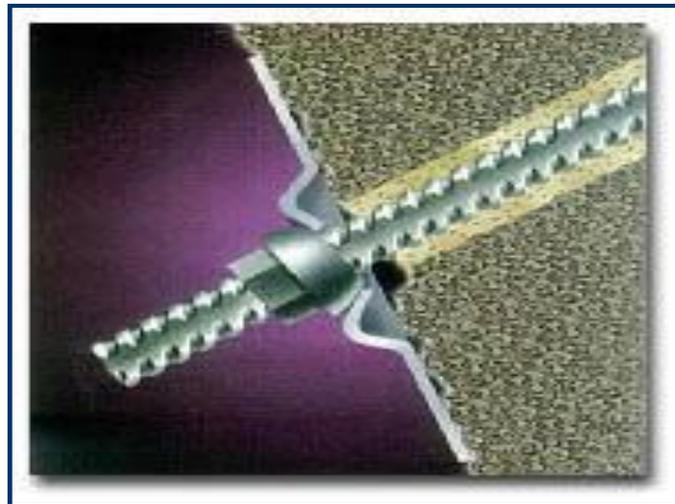


Diámetro 20 mm

Este tipo de elementos son los más seguro para terrenos brechoso y muy fracturados es por eso que en estos momentos tenemos utilizándolos en las labores de acceso por ser estas labores permanentes y en los tajeo de las labores críticas con es el caso de las labores T-3800V1T50AZ, V3700R, R3890V5T60AZ, los cuales viene dando una buena calidad en el sostenimiento. A diferencia de los

efectos mecánicos este tiene un soporte final de 15 toneladas por toda la longitud del perno.

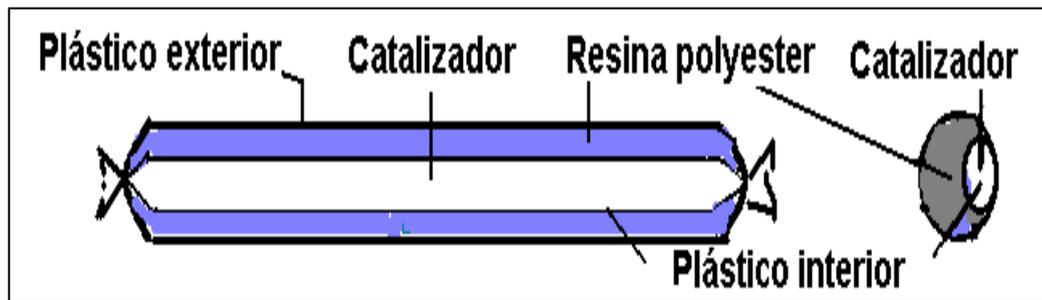
FOTOGRAFIA Nº 5.3 foto del tajo, elemento perno helicoidal, bien instalado y trabajando en forma adecuada



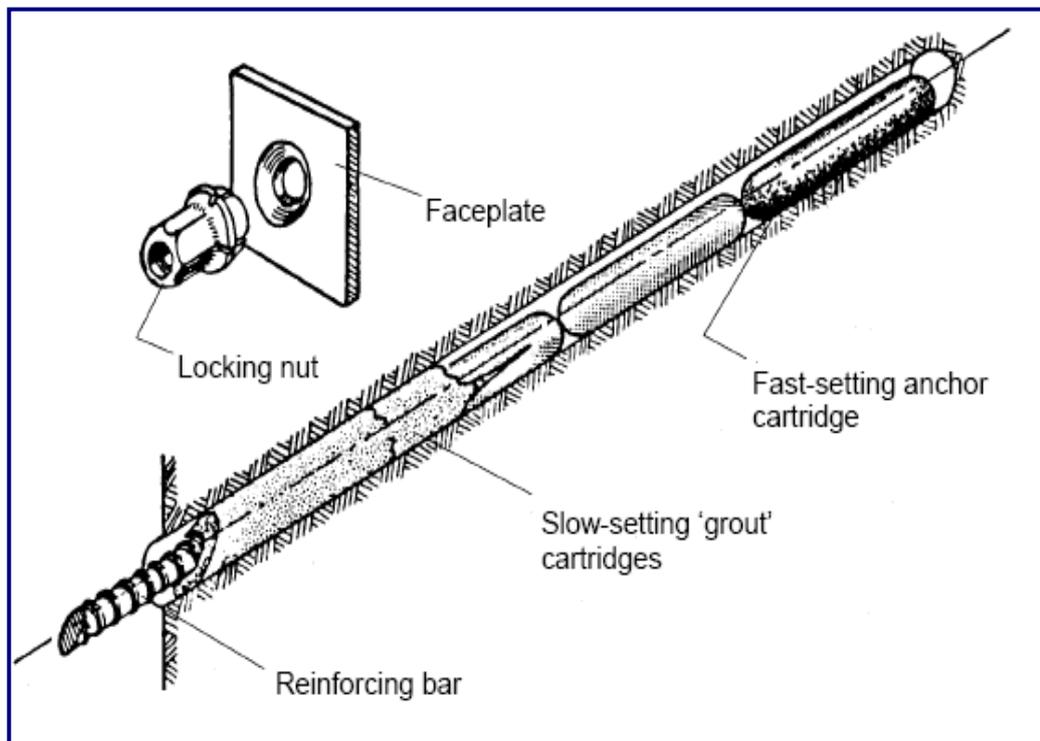
5.1.2 Cartuchos de resina.

Los cartuchos de resina son usados como complementos de la barra helicoidales para darle la mayor resistencia y agilidad en el fraguado por la velocidad con que este trabajo se requiere para tener un sostenimiento adecuado en el tiempo de autoporte indicado.

En esta oportunidad vamos trabajando con el fabricante Dupont quienes muestran mucha ventaja ante las otras nacionales.



En la barra de perforación de siete pies se viene instalando en el momento 5 cartuchos de resina para mejor rendimiento del sostenimiento, estos son batidos con el adaptador en el momento de ingreso después de colocados las resinas y batidos por dos minutos hasta completar el ingreso de resina a todos las oquedades y el fraguado necesario.



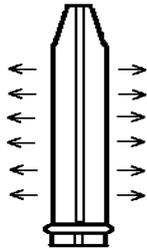
Informaciones General

Almacenamiento: guardar los cartuchos en un lugar fresco y seco, evitar la exposición directo a la luz del sol o a temperaturas altas.

Vencimiento: los cartuchos vencen un año después de la fecha de elaboración tiempo de la rotación: un mínimo de 15 a un máximo de 20 segundos.

5.1.3 Pernos split set (estabilizador de fricción).

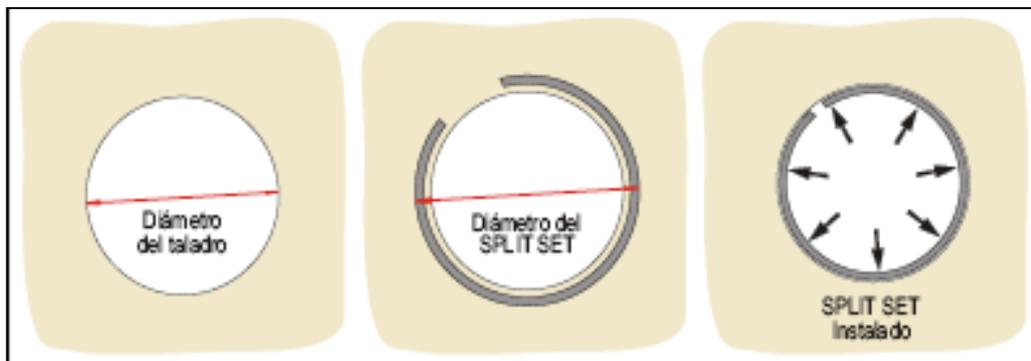
Los split set son elementos constituidos por un trozo de tubo de acero más ancho que el diámetro de la perforación y que es partido a lo largo por el centro. La fricción ejercida por los costados del perno lo mantiene en su lugar creando fuerzas que se extiendan radicalmente. Este proceso provee la fuerza de fricción que actúa previniendo el movimiento o separación del terreno. Utilizado generalmente en roca severamente agrietada o fracturada sujeta a condiciones de baja tensión.



Split set



Los pernos Split Set son elemento activos de sostenimiento que realizan trabajo en toda la columna perforada en este caso los 7 pies de longitud mas unos 5 centímetros más, este perforación se debe realizar con una broca inferior de diámetro de unos 3 - 4 milímetros, la cual al insertar el elementos Split Set esta ejerza el efecto de fricción toda esa parte del terreno, de lo contrario no estará trabajando bien.

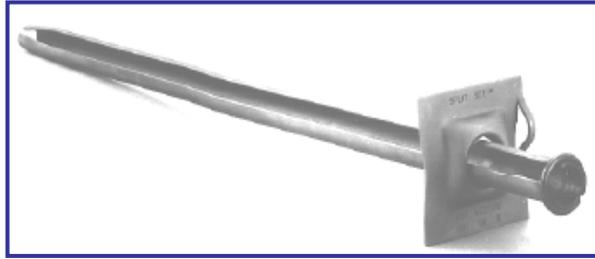


Dimensiones en existencia

L = 1.2 M (4'), 1.5M (5'), 1.8 M (6'), 2.1M (7')

D = 39mm (39.5 mm)

Este tipo de pernos se utilizan en macizos de roca tipo brecha donde requieres un sostenimiento en toda la columna de perforación para ejercer así un sostenimiento por fricción, logrando una tensión en terrenos sueltos caso labores tales como C2 , C3.



Perno split Set en tajo bien instalado y trabando sobre terreno brechoso

5.2 SOSTENIMIENTO CON CIMBRAS

5.2.1 Generalidades

Este típico sostenimiento pasivo o de soporte es utilizado generalmente para el sostenimiento permanente de labores de avance, en condiciones de masa rocosa intensamente fracturada y/o muy débil, que le confieren calidad mala a muy mala, sometida a condiciones de altos esfuerzos. Para lograr un control efectivo de la estabilidad en tales condiciones de terreno, las cimbras son utilizadas debido a su excelente resistencia mecánica y sus propiedades de deformación, lo cual contrarresta el cierre de la excavación y evita su ruptura prematura. La ventaja es que este sistema continúa proporcionando soporte después que hayan ocurrido deformaciones importantes.

Las cimbras son construidas con perfiles de acero, según los requerimientos de la forma de la sección de la excavación, es decir, en

forma de baúl, herradura o incluso circulares, siendo recomendable que éstos sean de alma llena. Hay dos tipos de cimbras, las denominadas “rígidas” y las “deslizantes o fluyentes”. Las primeras usan perfiles como la W, H, e I, conformadas por dos o tres segmentos que unidos por platinas y pernos con tuerca. Las segundas usan perfiles como las V y U, conformadas por dos o tres segmentos que se deslizan entre sí, sujetados y ajustados con uniones de tornillo. En La Compañía Minera Santa Luisa - Huanzala. se utilizan dos tipos de cimbra siendo la más utilizada desde el año 2007 hasta la fecha las cimbras deslizantes de perfil omega por las razones que se verán más adelante.

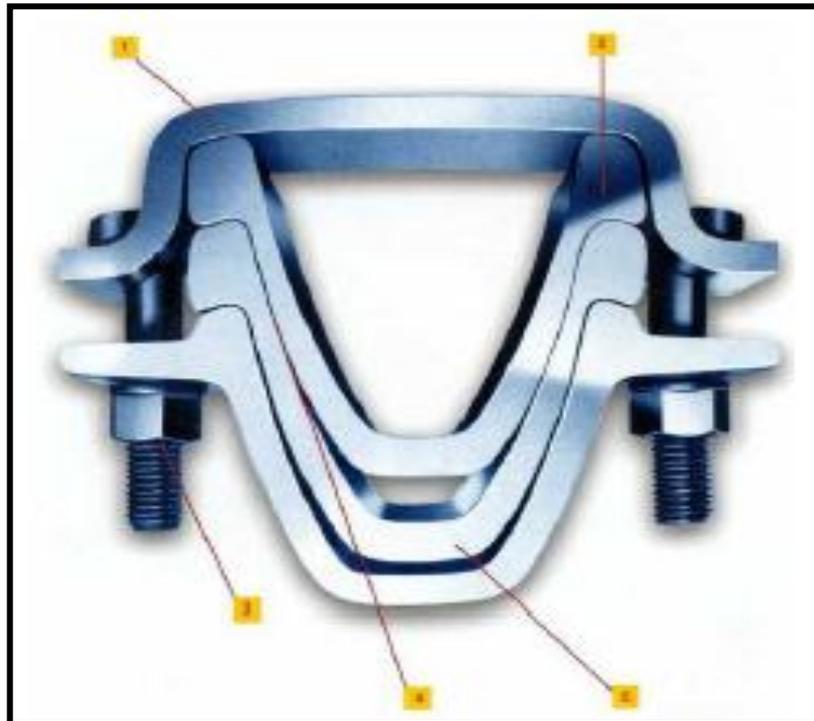
5.2.2 Cuadros metálicos

- Los arcos metálicos, denominados también como cerchas o cimbras, es un sistema pasivo, de sostenimiento debido al hecho que los arcos de acero no interactúan con la roca de la misma forma que como ocurre con los pernos ; en este caso, los elementos se hacen parte de la masa rocosa
- Estos soportes son altamente efectivos para resistir cargas pesadas, incluso después que se han producido fuertes deformaciones.
- Si no están bien colocados, en contacto continuo con el medio rocoso, son ineficientes y propensos a torcerse.

5.2.3 Ventajas de la sección Ω y sus uniones (grapasp)

- Una unión, abrazando los perfiles éstos da una resistencia la flexión muy elevada.
- Una forma estudiada de las superficies de apoyo suprime todo juego entre perfiles y grapasp.

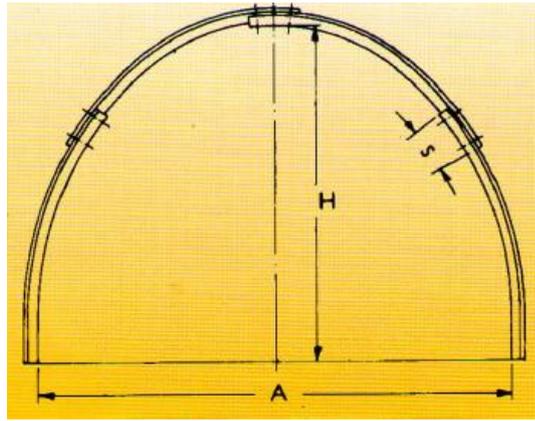
- El apriete recomendado de los tornillos de alta resistencia se transforma en una correcta resistencia al deslizamiento.
- El rozamiento entre perfil y grapas se realizan sobre una gran superficie de apoyo.
- Características estáticas y equilibrado
 - resistencia elevada al pandeo.
 - resistencia elevada en la zona plástica
- La entibación de acero ofrece la ventaja de ser resistente tanto a los esfuerzos de compresión así como de tracción.
- El sostenimiento de acero es adaptable a casi cualquier forma de excavación subterránea, las secciones más utilizadas en túneles y galerías con sostenimiento de acero son: circular, en forma de arco (herradura), rectangular/cuadrado



5.2.4 Tipos de cimbras

- a. Cuadros en perfil Ω simétricos, deslizantes, en tres elementos.

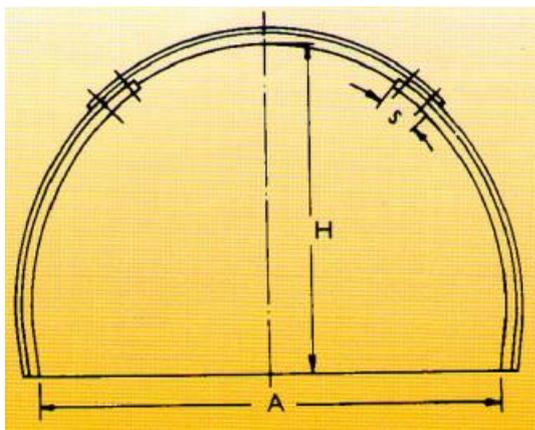
Cuadros en perfil Q, simétricos, deslizantes, en tres elementos



Normas de ejecución

1. Con segmentos de apoyo ojivados: en caso de presión lateral importante,
2. Con los segmentos de apoyo extendidos: para piso fuertemente hinchado.
3. Apuntado: para empuje de techo predominante.
4. Redondo: para presiones multilaterales o direcciones de empuje no definibles previamente

b. Cuadros deslizantes en perfil Q para galería, en cuatro partes



Posibilidad de aplicación universal ya que cumple con su función aún en condiciones de inclinación variable y grandes convergencias. Mejor posibilidad de adaptación a los empujes del terreno modificando la

geometría de los cuadros y conservando la longitud original de los segmentos.

En condiciones normales estos cuadros consisten en cuatro segmentos de igual longitud. Los segmentos son más cortos al ser los cuadros de cuatro partes, con lo que ofrecen mejores posibilidades de transporte y son más fáciles de colocar.

5.3 SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE

5.3.1 Generalidades

El Shotcrete es actualmente un elemento de sostenimiento de primer orden para la minería subterránea, en estos últimos años se ha demostrado que es una herramienta de fácil aplicación, que actúa en la superficie de excavación y reemplaza a los elementos pasivos de sostenimiento a un menor costo; el uso continuo a permitido utilizar tecnologías más avanzadas para el transporte y aplicación de este elemento.

- El refuerzo con shotcrete (concreto lanzado) en Huanzalá se realiza mediante Vía Húmeda “mecanizado”. El lanzado con un equipo autónomo “spraymec” y el transporte de la mezcla con mixers, tal y como se ilustra en la Fotografía N° 4.5.

**Fotografía N° 5.5, Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda
mecanizado Huanzalá**



- El diseño de mezcla es de acuerdo al cuadro N° 4.3. Con ello, se espera obtener una resistencia mínima de 28 MPa a los 28 días.

Cuadro N° 5.3, Diseño de Mezcla de shotcrete

DISEÑO DE 1.0 METRO CÚBICO DE SHOTCRETE RELACIÓN A/C = 0.45 (10 BOLSAS DE CEMENTO)			
COMPONENTES	CANTIDAD AGREGADO SECO	CANTIDAD 5% HUMEDAD	UNIDAD
Cemento	425	425	Kilogramos
Agua	51	43	Galones
Agregado Cantera	820	861	Kilogramos
Agregado Chancado	820	861	Kilogramos
Fibra Metálica	20	20	Kilogramos

El aditivo para acelerar el tiempo de fraguado durante la proyección del shotcrete en las labores es un libre de álcali, con una dosificación entre 5 y 6 Gl por m³.

El shotcrete posee ventajas enormes dependiendo de la calidad y del proceso de aplicación para el soporte de rocas de muy mala calidad a críticas; ahora, sumado las investigaciones realizadas en cuanto a los insumos, equipos y conocimientos de aplicación, ha hecho de éste elemento una alternativa viable y necesaria para los trabajos de operación minera; el avance tecnológico experimentado y realizado con en el shotcrete por vía húmeda y vía seca, ha beneficiado el campo del sostenimiento del laboreo subterráneo.

Actualmente el Shotcrete reforzado con fibras de acero y aditivos adecuados se utiliza en Compañía Minera Santa Luisa - Huanzala, con excelentes resultados, y el uso es variado principalmente como sostenimiento de excavaciones mineras, túneles, hasta rehabilitación de infraestructuras subterráneas temporales.

Se está investigando y desarrollando en Compañía Minera Santa Luisa - Huanzala con pruebas de campo y laboratorio sobre el comportamiento del Shotcrete para el sostenimiento de rocas muy complejas y extremas con resultados positivos, que ha permitido el minado selectivo y el incremento de producción.

Se cuenta con personal capacitado y laboratorio de concreto completo, para la investigación realización ensayos y el control de calidad del shotcrete aplicado; además, para pruebas con nuevos insumos, como fibras y aditivos esto nos facilita variación del diseño de acorde a las necesidades de la roca, se ha logrado conseguir resistencia tempranas que nos permiten agilizar los ciclos de operación minera; además, la ganancia de resistencia inicial, su adherencia del concreto en las rocas, facilitan la instalación de un soporte rápido eficiente y seguro de las labores; mejoran la plasticidad de la mezcla y el aumento en la durabilidad del concreto.

El shotcrete ha permitido sostener labores de hasta 17m de ancho por 6.50m de altura en rocas muy malas a extremadamente mala con 2" a 3" de espesor.

5.3.2 Aplicaciones y usos

Básicamente la aplicación y uso se simplifica a lo siguiente:

1. Sostenimiento de labores subterráneas, como: Rampas, Galerías, By Pass, Accesos, Estocadas, Cámaras, Sub Niveles, Tajos.
2. Labores para servicios Mineros como: Túneles, Piques, complejos de bombas, Sub Estaciones Eléctricas, Comedores, Cámaras de Perforación Diamantina, Cámaras para RB, cámaras de ventilación y otros.
3. Reparaciones de shotcrete deteriorado en las distintas labores.
4. Reforzamiento y sostenimiento de taludes en superficie.

5.3.3 Propiedades del shotcrete

Las propiedades de importancia del shotcrete que consideramos para nuestro control son:

- 1. Aspecto:** La superficie natural del shotcrete debe ser rugosa. Esta rugosidad depende sobre todo del tamaño de los áridos utilizado y de la técnica de proyección, o sea del operador.
- 2. Coloración:** Las variaciones de matices son de un gris oscuro a un gris verdoso, depende del cemento y de la distribución del agua en la superficie, sobre todo cuando se utilizan mayor cantidad de acelerante y quema la mezcla, en este caso la coloración es gris clara o cuando se ejecuta el tratamiento en varias fases.
- 3. Adherencia:** La adherencia es una propiedad importante, está en función a condiciones en que la roca sea sólida, limpia y exenta de partes sueltas. Su resistencia al desprendimiento viene dada por la variación de la naturaleza de la superficie de aplicación, la presencia de arcillas minimiza la adherencia. La unión del shotcrete con la roca debe ser lo más inmediata para evitar el proceso de relajación y descompresión.
- 4. Porosidad:** La granulometría del shotcrete normalmente contiene un alto contenido de arena fina y cemento que un concreto convencional, por lo que la porosidad es menor.
- 5. Densidad aparente:** Las densidades que se obtienen están entre 2,300 kg/m³ a 2,450 kg/m³.
- 6. Resistencia a compresión:** Esta resistencia se rige a los principios de la tecnología del concreto.

Como dato en Compañía Minera Santa Luisa - Huanzala las resistencias tempranas son las más importantes nuestra base es la resistencia a la compresión de 120kg/cm² a las 24 horas y por encima de 380 Kg/cm² a los 28 días. Sin embargo, una característica fundamental del concreto lanzado o proyectado es la evolución de

resistencias con el tiempo a causa de su contenido elevado de cemento.

7. Resistencia a la tenacidad: esta prueba se realiza con los paneles cuadrados acopiados en mina y los resultados requeridos están entre 800 a 1200 Joules, dependiendo de la cantidad de fibra y nuestro requerimiento.

5.3.4 Requerimientos del shotcrete

1. Requerimientos mecánicos:

Debe poseer resistencia a edad temprana 45kg/cm^2 a las 3:00 horas y 120kg/cm^2 a las 24 horas, esto para contrarrestar las tensiones o relajaciones particularmente en el último tramo excavado.

Obtener resistencias suficientes para equilibrar los esfuerzos de corte o cizalla flexo-tracción, para de esa manera soportar eficazmente a las sollicitaciones del “empuje de roca”.



Medición de resistencia del shotcrete a edad temprana.

2. Requerimientos físicos

- Protección contra la alteración meteórica, la erosión o deterioro de los rellenos de los rellenos de discontinuidad o superficie rocosa del macizo rocoso atravesado.
- Formar superficies rugosas, en planos lisos, de las discontinuidades.

3. Requerimientos químicos

- Protección de la roca a la acción de aguas agresivas, humos, gases.
- Impedir que la roca circundante a la excavación sufra desestabilización por efectos de las aguas ácidas.

5.3.5 Componentes del shotcrete

Insumos para el Shotcrete

Los insumos esenciales para el shotcrete son: el cemento, áridos o agregados y agua. Para mejorar sus propiedades y aplicaciones se le añade otros componentes, que elevan su calidad en cuanto a resistencia y absorción de energía. Por consiguiente es importante con el shotcrete no cambiar demasiados parámetros al mismo tiempo durante la etapa de pruebas. Solamente el diseño que cumpla con las características técnicas y económicas viables:

a. Cemento

En Compañía Minera Santa Luisa - Huanzala, se utiliza cemento Portland 1, las mismas que cumplen requisitos de la norma ASTM C150 o C595 y los estándares solicitados; estos son transportados en bolsas Big Bag de 1.5 toneladas desde Trujillo.



Abastecimiento de Cemento

b. Agua de mezclado

Debe cumplir con los requisitos de “Agua para el amasado de concreto” de acuerdo a la Norma Nacional vigente o se seguirá la recomendación del ACI.

El agua debe ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto y al acero.

Los análisis químicos realizados al agua para la preparación de mezcla están dentro parámetros requeridos.

c. Agregados o áridos

Llamados también áridos o arena y constituyen alrededor del 75% en volumen de una mezcla típica para el shotcrete. Para esto hay seleccionarlo en una Planta de selección de áridos naturales de canteras cercanas

Los agregados para el shotcrete son muy buenos de matriz de rocas ígneas, alto contenido de de granos de cuarzo y cumple con los requisitos de las especificaciones Standard ASTM C-33 y ACI 506-R.

El contenido límite de humedad en los áridos para la mezcla de shotcrete que se utiliza, está comprendido entre 3.5 a 6%.



Agregados o áridos para concreto lanzado.

d. Aditivos

Para mejorar el cumplimiento del shotcrete se emplea aditivos super-plastificantes y acelerantes de fragua, que nos asegura una buena aplicación de este y se obtiene mayores resistencias tempranas.

d.1 Aditivo super-plastificante

Este elemento de última generación nos permite beneficios en el concreto como la plasticidad y tiempos de retardo de hasta cuatro horas, además:

- Minimiza la cantidad de agua a de mezcla y de este modo mejorar la resistencia final.
- Amplio rango de plasticidad
- Le da a la mezcla la debida consistencia y para mayor trabajabilidad.
- Mayor retención que prolonga el asentamiento hasta 4:00 horas

- Permite que la mezcla sea cohesiva y segregación y mínima exudación
- Mayor beneficio por resistencia del shotcrete endurecido
- Mayores resistencias iniciales y finales a compresión.
- Mayor módulo de elasticidad
- Mayor resistencia de adhesión al acero
- Baja permeabilidad y alta durabilidad
- Menor retracción y deformación
- Integridad estructural del elemento terminado altamente confiable.

d.2 Aditivos acelerante de fragua

Se optó por un aditivo libre de álcali que acelera el endurecimiento o desarrollo de la resistencia inicial del shotcrete y en la vía húmeda modifican instantáneamente el asentamiento para su colocación en el soporte. Además, su uso incrementa el espesor de las capas

5.3.6 Fibras de acero

Fue necesaria e indispensable la adición de fibras de acero a la mezcla para shotcrete con las cuales se mejoró ampliamente las características de tenacidad del shotcrete.

En base a ensayos y pruebas de laboratorio, se determinó la utilización de dos tipos de fibras:

- Fibra para vía seca: Suelta 45/35
- Fibra para vía húmeda: Encolada 65/35



Características requeridas

- El Acero deben ser hechas de alambre trefilado en frio, con una resistencia a la tensión del alambre de acero mayor a 1000 MPa, con una alta resistencia a la tensión, y debe tener un bajo contenido de Carbono.
- La longitud de la fibra seleccionada debe ser dos veces el tamaño máximo del árido más grueso, en nuestro caso es de 35 mm.
- Diámetro 0.55mm para la fibra suelta y 0.50mm para la fibra encolada
- La relación Longitud /diámetro debe ser igual ó mayor de 45 para la suelta y 65 para la encolada.
- Debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM A 820 –tipo I, ya que este tipo de fibra es la única diseñada para reemplazar la malla electro-soldada.
- Además, las fibras deben cumplir con la Norma Europea EN 14889-1, donde se indica la dosificación mínima (kg/m³) necesaria para cada tipo de fibra.
- Debe presentar Certificación Europea (CE)

Sistema 1, donde se indique un nivel mínimo de desempeño por cada tipo de fibra.

- Debe poseer anclajes mecánicos en forma de ganchos en los extremos.

Al iniciarse la fisuración del shotcrete, las fibras metálicas ancladas a ambos lados de la fisura actúan de tirantes, resistiendo a la propagación y aumento de ésta. Así continúan hasta que se rompe a tracción o se deslizan al perder la adherencia.

5.3.7 Diseño de Mezcla

- Fue una tarea lenta y gradual el encontrar la dosificación más adecuada para el shotcrete en proporciones del agregado, cemento, agua, fibra y aditivo; que en estado fresco cumpla con los requisitos de trabajabilidad, asentamiento y apariencia; mientras que en estado endurecido cumpla con la resistencia a la compresión especificada, durabilidad, resistencia a la flexión y a un costo razonable. El diseño de mezcla es de acuerdo al cuadro N° 5.3. Con ello, se espera obtener una resistencia mínima de 28 MPa a los 28 días.

Cuadro N° 5.3, Diseño de Mezcla de shotcrete

DISEÑO DE 1.0 METRO CÚBICO DE SHOTCRETE RELACIÓN A/C = 0.45 (10 BOLSAS DE CEMENTO)			
COMPONENTES	CANTIDAD AGREGADO SECO	CANTIDAD 5% HUMEDAD	UNIDAD
Cemento	425	425	Kilogramos
Agua	51	43	Galones
Agregado Cantera	820	861	Kilogramos
Agregado Chancado	820	861	Kilogramos
Fibra Metálica	20	20	Kilogramos

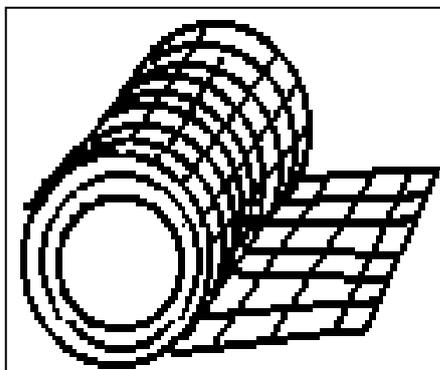
El aditivo para acelerar el tiempo de fraguado durante la proyección del shotcrete en las labores es un libre de álcali, con una dosificación entre 5 y 6 Gl por m³.

Proporciones del Shotcrete reforzado con fibra de acero para vía húmeda y vía seca utilizado

- Para el diseño del Shotcrete nos basamos en la resistencia a la compresión (inicial y final), que varía generalmente por la calidad de los insumos, el tipo de proceso usado y la mano de obra.
- Para evitar el fenómeno de contracción de fragua y el agrietamiento, decidimos por el uso de fibras metálicas.
- Establecimos estándares de aplicaciones especiales donde exigimos el cumplimiento de parámetros distintos: durabilidad, permeabilidad, tenacidad, tiempos, etc.

5.4 SOSTENIMIENTO CON MALLAS METÁLICAS

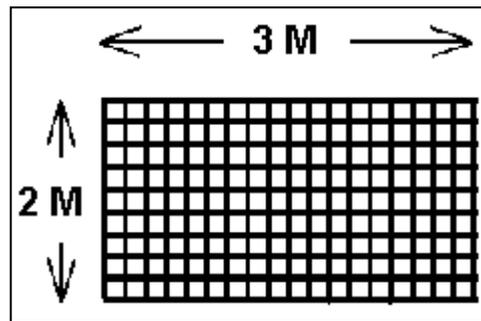
Las mallas electro soldado usado en **Compañía Minera Santa Luisa - Huanzala** es un accesorio muy importante para evitar la caída de rocas la cual se usan 100 % en todas las labores de producción y también de desarrollo.



Tiene los siguientes usos:

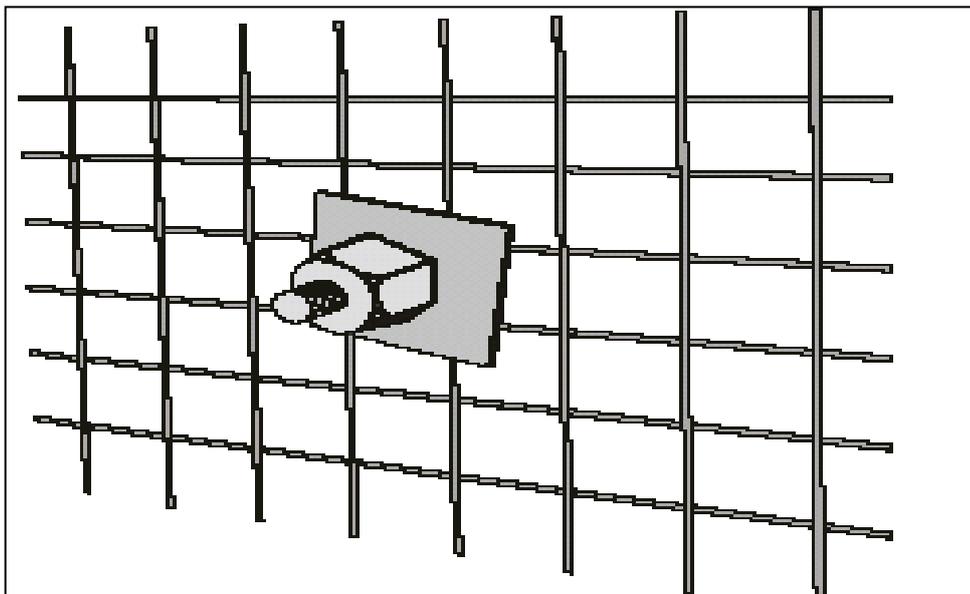
- Prevenir la caída de rocas entre los pernos (seguridad)

- Sostener la superficie de la roca entre los pernos
- Preparación por la aplicación de “shotcrete” (concreto proyectado)



Especificaciones técnicas:

La malla viene en rollos o en planchas. Los rollos tienen 25 m de longitud x 2.0 m de ancho y las planchas usualmente tienen 3.0 m de longitud x 2.0 m de ancho.



Malla electro soldada usada para proteger de caída bloques > 100 mm que pueden causar daño.



Instalación de elementos de sostenimientos

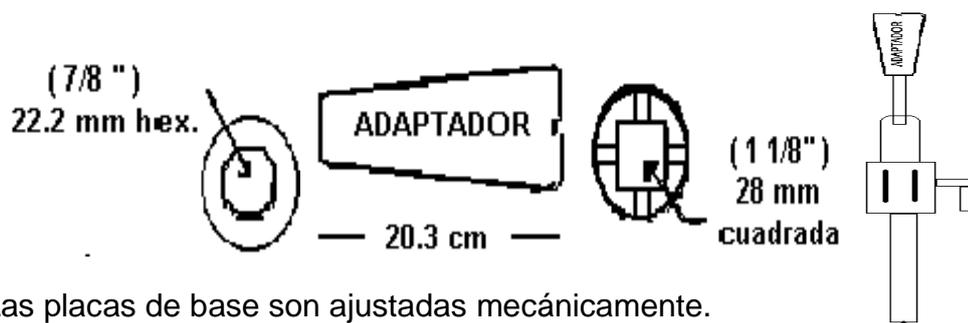


Pernos con anclaje de expansión.

- Se perforan los taladros, se colocan las varillas en los taladros, Instalación con perforadoras tipo jackleg o stoper. Los cuales tiene que tener las brocas con las dimensiones adecuadas para evitar problemas en instalación.



- Para instalar los anclajes de expansión mecánico se requiere un adaptador para colocar posterior a la perforación.



Las placas de base son ajustadas mecánicamente.

El tensionamiento de los pernos de anclaje mecánico es un aspecto importante, para ello se puede usar una llave de impacto o una perforadora. A medida que gira la tuerca, se fija el anclaje y la tuerca comienza a empujar al perno contra la superficie de la roca

CAPITULO VI
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SOSTENIMIENTO EN LA UNIDAD
HUANZALA

6.1 EVALUACIÓN DEL SOSTENIMIENTO CON PERNOS

Los pernos son elementos metálicos que se utiliza como “armadura” del terreno para evitar su descompresión y aumentar la resistencia al corte en el plano de las juntas.

El anclaje al terreno se realiza mediante resinas, inyecciones de lechada de cemento o bien por mecanismos friccionales mediante la expansión de la sección del perno una vez introducido en el barreno (bulones swellex, split-set...). Este último tipo de pernos presenta una considerable ventaja en cuanto a seguridad. Su instalación es muy sencilla y rápida y, sobre

todo, proporcionan sostenimiento desde el momento mismo de su instalación, sin necesidad de esperar al fraguado de la lechada o al endurecimiento de la resina.

6.1.1 Evaluación

Al evaluar los pernos en el lugar de las labores se ha podido detectar los siguientes consideraciones:

- a) Caída de bloques durante la perforación
- b) Nivel sonoro superior a 80 dB durante la perforación
- c) Caídas en altura durante la colocación de bulones
- d) Caída del bulón colocado con resina en caso de mal estado de ésta o en caso de no adherencia resina – terreno
- e) Atropellos por vehículos.
- f) Proyección de fragmentos o partículas.
- g) Atrapamiento por o entre objetos
- h) Golpes y heridas con maquinaria, materiales o herramientas.
- i) Exposición a ruido.
- j) Caídas distinto nivel.
- k) Caída de objetos desprendidos del terreno.
- l) Sobreesfuerzos

6.1.2. Optimización

Después de un análisis cuidadoso se recomienda las siguientes acciones para poder optimizar el sostenimiento.

- a) Proceder previamente a una cuidadosa limpieza de la sección y del frente dirigido por persona experta y competente. No realizar jamás trabajos de perforación con trabajos de colocación de bulones en forma simultánea.

- b) Utilizar protectores auditivos homologados. Organizar el tajo de tal modo que el menor número de trabajadores permanezca en las cercanías del frente mientras se perfora.
- c) Bajo ningún concepto debe utilizarse maquinaria de movimiento de tierras para la elevación del material. Los únicos medios de elevación adecuados son las plataformas especialmente diseñadas para personas.
- d) Es conveniente comenzar a empujar por el techo e ir descendiendo hacia los hastiales. Comprobar el buen estado de las cargas de resina. Comprobar previamente la adecuada adherencia entre bulones y terreno (llevar especial cuidado en macizos kársticos)
- e) Antes de comenzar la tarea se identificarán las zonas de roca o terreno donde se deberán colocar los pernos de sostenimiento.
- f) Se segregará el área de trabajo mediante cenefas o conos de señalización.
- g) El área deberá encontrarse suficientemente iluminada y libre de piedras u obstáculos.
- h) Los trabajadores que se encuentren sobre plataforma elevadora de personas deberán hacer uso de sistema de protección anti-caída (arnés de seguridad).
- i) Mediante el martillo del jumbo se realizarán los taladros en la roca donde se colocará el perno de anclaje.
- j) El bulón es insertado en el taladro hasta que la placa de reparto quede en contacto con el terreno.
- k) Una vez se introduce el bulón en el agujero, se bombea agua a presión, lechada o resina en su interior para consolidar y fijar el bulón contra el terreno.

- l) No está permitido detener con las manos los bulones, pernos o barrenas que se encuentren en rotación, y se usarán guantes para evitar cortes y contactos térmicos.

6.2 EVALUACIÓN DEL SOSTENIMIENTO CON CIMBRAS

Cuando la calidad geomecánica del terreno es baja (RMR inferior a 40) es usual emplear cerchas metálicas en el sostenimiento. Se introduce así un elemento de especial riesgo debido al manejo de cargas pesadas en un espacio cerrado y con las peculiaridades de la obra subterránea. Las cerchas de uso más habitual en sostenimiento de túneles son las TH y los perfiles HEB.

Las cerchas son elementos metálicos arriostrados entre sí, que se apoyan contra el terreno recién excavado con el fin de soportar los empujes del macizo rocoso. El uso de cerchas o marcos se requiere cuando la roca excavada presenta tal grado de fracturación que hace muy factible la caída de bloques grandes que no pueden ser soportados por el método de pernos de anclaje y gunita o concreto lanzado.

6.2.1 Evaluación

Al evaluar las cimbras colocadas en las labores se ha podido detectar los siguientes consideraciones:

- a) Riesgos generales de trabajo con estructuras metálicas, en particular con la soldadura y el oxicorte
- b) Son extremadamente frecuentes los golpes y atrapamientos en el manejo de las cerchas, fundamentalmente por la no utilización de medios auxiliares y herramientas adecuadas
- c) Atropellos por vehículos.
- d) Atrapamiento por o entre objetos.

- e) Golpes y heridas con maquinaria, materiales o herramientas.
- f) Exposición a ruido
- g) Caídas distinto nivel.
- h) Caída de objetos desprendidos del terreno.
- i) Sobreesfuerzos

6.2.2 Optimización

Después de un análisis cuidadoso se recomienda las siguientes acciones para poder optimizar el sostenimiento con cimbras:

- a) Las generales para el trabajo con estructuras metálicas, pero con dos importantes puntos de atención: hay que prestar un cuidado extremo en los trabajos de soldadura debido a la frecuente presencia de agua en las proximidades del frente y, respecto al oxicorte, tener en cuenta que las consecuencias del incendio de una botella de acetileno en un túnel pueden ser mucho más graves que si se produce al aire libre.
- b) Las cerchas deben moverse con medios de elevación adecuados, sujetas por eslingas por al menos dos puntos. El movimiento debe controlarse con ganchos o cuerda guía. Toda cercha debe ser acodalada hasta su completo anclaje al terreno.
- c) Se delimitará el área de trabajo mediante conos de señalización.
- d) El área deberá encontrarse suficientemente iluminada y libre de piedras u obstáculos.
- e) Se prohibirá la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.
- f) Para el izado y posicionamiento del marco se empleará el equipo de levante o retroexcavadora, llevando la cercha hasta su posición final.

- g) Se arriostrará firmemente hasta conseguir su completa estabilidad mediante separadores al marco anterior o contra el terreno.
- h) No está permitido dirigir la carga suspendida directamente con las manos, se emplearán cabos de guía.

6.3 EVALUACIÓN DEL SOSTENIMIENTO CON MALLAS METÁLICAS

El sistema de sostenimiento consiste en la colocación de las mallas metálicas entre sucesivos cuadros de cerchas (normalmente HEB), de tal modo que entre la malla y el terreno queda un hueco que posteriormente es hormigonado. Son frecuentes cuando se aplica este método los accidentes causados por desprendimientos del frente mientras se ejecuta el tape para el posterior hormigonado. La ejecución de este tape (de ejecución bastante “artesanal”) exige la presencia durante bastante tiempo de personal junto al frente del túnel

Para evitar la posibilidad de la fractura superficial de la roca y prevenir accidentes a consecuencia de la caída de dichos fragmentos, el sistema de sostenimiento debe ser reforzado con la colocación de mallas o paños de malla a lo largo del contorno del túnel.

6.3.1 Evaluación

Al evaluar la colocación de las mallas en las labores se ha podido detectar los siguientes consideraciones:

- a) Los ya mencionados en el manejo de cerchas
- b) Cortes con las mallas durante su colocación. Golpes y heridas (que pueden resultar muy graves) por caída de alguna malla
- c) Desprendimientos durante la colocación de la malla para el hormigonado
- d) Atropellos por vehículos.

- e) Atrapamiento por o entre objetos.
- f) Golpes y heridas con maquinaria, materiales o herramientas.
- g) Exposición a ruido.
- h) Caídas distinto nivel.
- i) Caída de objetos desprendidos del terreno.
- j) Sobreesfuerzos

6.3.2 Optimización

Después de un análisis cuidadoso se recomienda las siguientes acciones para poder optimizar el sostenimiento con las mallas metálicas:

- a) Las ya mencionadas para el manejo de cerchas
- b) Medidas de protección individual adecuadas. Fijar con puntos de soldadura las mallas.
- c) Se debe proceder tras la excavación a una limpieza muy cuidadosa del frente.
- d) Se deben suspender tareas como excavación, reperfilado, perforación, etc... Que por sus peculiaridades pueden aflojar nuevos bloques. Existen sistemas para la ejecución del enmallado que permiten reducir el tiempo de ejecución
- e) Se segregará el área de trabajo mediante cenefas o conos de señalización.
- f) El área deberá encontrarse suficientemente iluminada y libre de piedras u obstáculos.
- g) Se prohibirá la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.
- h) Se empleará plataforma elevadora con techo rígido donde se apoyarán y fijarán previamente los paños de malla.

- i) Los trabajadores emplearán arnés de seguridad, guantes y casco de protección.
- j) La malla deberá quedar perfectamente fijada al contorno del túnel antes de proceder con la instalación de los sucesivos paños de malla.
- k) Existirá comunicación inalámbrica entre el operador del equipo de levante y los trabajadores sobre la plataforma de trabajo.

6.4 EVALUACIÓN DEL SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE

El hormigón proyectado es básicamente un hormigón convencional, normalmente sin árido grueso, y que se aplica proyectándolo con aire comprimido sobre una superficie. Por sus características se trata de un hormigón con bastantes aditivos, en particular por la presencia de acelerante, necesario para que la gunita adquiriera rápidamente elevadas resistencias iniciales y se fije a los paramentos de la excavación.

6.4.1 Evaluación

Al evaluar el sostenimiento con shotcrete de las labores se ha podido detectar los siguientes consideraciones:

- a) Proyección de polvo, especialmente en gunitas por vía seca
- b) Riesgo químico por la presencia de determinados aditivos
- c) Rebote de los áridos y de las fibras metálicas contra los paramentos que pueden provocar daños en los ojos
- d) Desprendimientos de bloques durante el gunitado

- e) Atascos en la manguera de gunitado. Posibles proyecciones y/o movimientos violentos de la misma Atropellos por vehículos.
- f) Atrapamiento por o entre objetos.
- g) Golpes y heridas con maquinaria, materiales o herramientas.
- h) Exposición a ruido.
- i) Proyección de partículas
- j) Caída de objetos desprendidos del terreno.
- k) Exposición a polvo

6.4.2 Optimización

Después de un análisis cuidadoso se recomienda las siguientes acciones para poder optimizar el sostenimiento con shotcrete:

- a) Es imprescindible que todo el personal que participe en tareas de gunitado utilice mascarillas y protectores oculares homologados.
- b) Deben usarse aditivos de casas comerciales reconocidas, en cuyo envase figuren las precauciones de uso, las medidas a adoptar en caso de exposición accidental y los elementos de protección colectiva o individual necesarios. Todo el personal debe estar informado de los riesgos de uso.
- c) Protectores oculares homologados. Guardar distancias de al menos un metro respecto al paramento
- d) Son recomendables los robots de gunitado, pero en cualquier caso, los operarios no deben situarse nunca bajo la vertical de la zona que se esté gunitando sino, en la medida de lo posible, bajo la zona adyacente ya sostenida.

- e) Se delimitará el área de trabajo mediante cenefas o conos de señalización.
- f) El área deberá encontrarse suficientemente iluminada y libre de piedras u obstáculos.
- g) Antes de comenzar se verificará el estado de todas las mangueras y ductos para verificar que cuentan con los correspondientes seguros.
- h) Los trabajadores emplearán máscara facial “full-face” y protectores auditivos durante todo el proceso.
- i) El equipo de trabajo irá dotado con “mando” a distancia, permitiendo al trabajador poder operar desde una posición de seguridad.
- j) Queda prohibido desconectar las mangueras y conductos hasta que no se compruebe que el fluido que contiene carece de presión.
- k) El hormigón se proyectará de forma homogénea, evitando acumular zonas con demasiado espesor susceptibles de no ser estables por su propio peso.
- l) Se comenzará la proyección de shotcrete empezando por la parte baja de los hastiales y siempre desde una zona segura para evitar riesgo de desprendimiento de piedras o material mal saneado.

CAPITULO VII

EVALUACIÓN DEL USO DE SHOCRETE PARA SOSTENIMIENTO

7.1 REBOTE DE MATERIAL

a. Descripción.

Según el control que se realizó durante 10 días en sus tres guardias se pudo identificar que el porcentaje de rebote se encuentra en un rango de 20% a 25%.

b. Factores que Causan el Problema.

El alto porcentaje de rebote es causado por los siguientes factores:

- Baja presión de aire por uso simultáneo en otras labores y procesos del ciclo de minado.
- Granulometría muy gruesa y alta humedad de la arena de shotcrete.
- Angulo y Distancia de lanzado.
- Dosificación inadecuada de los insumos en la preparación de la mezcla (sin estándares).
- Intervalo de tiempo prudente desde el preparado de mezcla hasta el momento de lanzado.

7.2 EQUIPOS USADOS

a. Descripción.

Según el control que se realizó durante 10 días en sus tres guardias se pudo identificar que en su mayoría los equipos de shotcrete (alivas) tienen desperfectos y fallas mecánicas.

b. Factores que Causan el Problema.

Las deficiencias operacionales de los equipos son causado por los siguientes factores:

- Falta de un programa de mantenimiento programando y preventivo.
- Falta de limpieza de equipos al final e inicio de guardia.
- Ausencia y fallas en abastecimiento de servicios (Agua, energía y aire).

7.3 DESCONOCIMIENTO DE LOS PARAMETROS TECNICOS DEL PROCESO DE SOSTENIMIENTO CON SHOKCRETE

a. Descripción.

Según el control que se realizó durante 10 días en sus tres guardias se pudo identificar que la gran mayoría de cuadrillas de shotcrete desconocen acerca de los Parámetros Técnicos en el proceso de Sostenimiento con Shotcrete y propiedades de los insumos.

b. Factores que causan el problema.

Esto es causado por los siguientes factores:

- Falta de un Programa de capacitación.
- Cuadrillas con personal improvisado que desconocen el proceso y aprende por experiencias prácticas.

7.4 INSUMOS EN LA PREPARACIÓN Y EL LANZADO DEL SHOTCRETE

a. Descripción.

Según el control que se realizó durante 10 días en sus tres guardias se pudo identificar que la pérdida de insumos se genera por la falta de conocimiento de las propiedades físicas y químicas de los insumos utilizados en los procesos.

b. Factores que causan el problema.

Esto es causado por los siguientes factores:

- Dosificación inadecuada de los insumos en la preparación de la mezcla (sin estándares).
- Intervalo de tiempo prudente desde el preparado de mezcla hasta el momento de lanzado.

Desconocimiento de las propiedades físicas y químicas de los insumos

CAPITULO VIII
OPTIMIZACION DEL USO DE SHOCRETE PARA EL SOSTENIMIENTO DE
LABORES MINERAS

8.1 ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE REBOTE DEL MATERIAL

8.1.1 Alternativas frente a la Baja presión de aire

Presión de 25 a 30 PSI, que se mantiene

Los equipos shotcreteras (alivas) deben contar con un pulmón secundario (comprensoras portátiles), para mantener la presión de aire adecuada y abastecer el mismo en caso que baje la presión

Siendo el estándar para el lanzado de shotcrete 40 PSI como mínimo, y por debajo de este no se obtiene una buena adherencia de la mezcla en la pared.

8.1.2 Alternativas frente a la Granulometría muy gruesa

Partículas mayores a ¼" de Ø.

Se pudo notar durante el seguimiento realizado del análisis de paredes shotcreteadas que el rebote generalmente está compuesto por partículas gruesas que superan tamaños de $\frac{1}{4}$ " y a razón de este el rebote alcanza porcentajes de 20 a 25%,

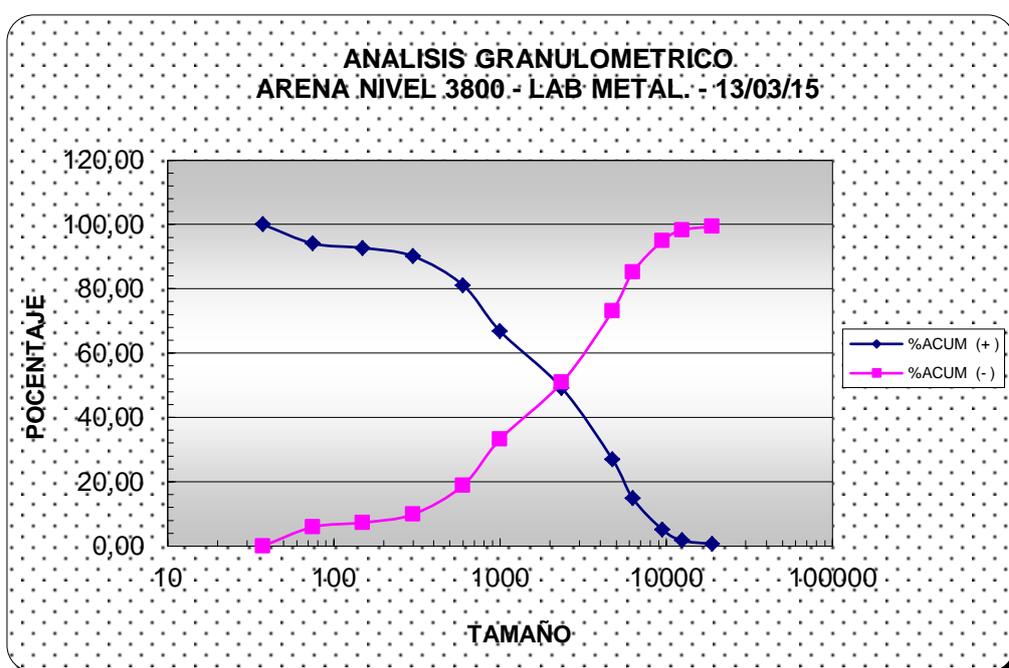
Para comprobar la granulometría gruesa se realizó pruebas de análisis granulométrico de las arenas por niveles en Laboratorio de suelos y Metalúrgico llegando a las conclusiones siguientes:

Después de haber realizado el análisis granulométrico e identificado que el rebote está compuesto por partículas mayores a $\frac{1}{4}$ " a razón de ello se decidió clasificar la arena (zarandear) a partículas menores de $\frac{1}{4}$ " y lanzar y verificar su porcentaje de rebote. Dicha prueba se realizó en el nivel 3800, tajeo T-3800V1T50AZ, se preparó 1m^3 de mezcla con partículas menores a $\frac{1}{4}$ " con los estándares propuestos del uso de insumos, siendo su porcentaje de rebote 12.5% con una presión de 30 PSI, con ángulo y distancia apropiada, comparado con otra mezcla de 1m^3 arena sin clasificar con los estándares propuestos del uso de insumos, siendo su porcentaje de rebote 22.5% con una presión de 30 PSI, con ángulo y distancia apropiada. Con dicha prueba se pudo notar que el porcentaje de rebote disminuyó casi en un 50%.

Recomendamos llevar un control acerca de la humedad de las arenas para evitar alteraciones en el preparado de mezclas.

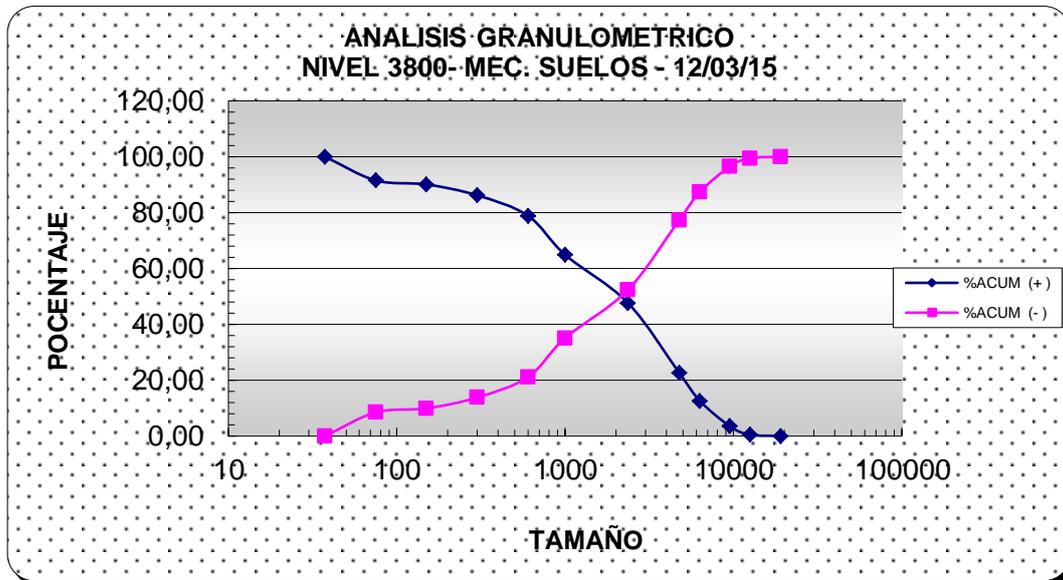
Análisis Granulométrico Arena Nivel 3800 – 13/03/15

Malla	Micrones	Pesos	%pesos	%ACUM (+)	%ACUM (-)
3/4"	19000	31.38	0.49	0.49	99.51
1/2"	12500	76.90	1.19	1.67	98.33
3/8"	9500	322.48	4.99	6.66	93.34
1/4"	6300	664.15	10.27	16.93	83.07
4	4750	736.55	11.39	28.32	71.68
8	2360	1298.06	20.07	48.39	51.61
16	1000	1087.74	16.82	65.21	34.79
30	600	948.76	14.67	79.88	20.12
50	300	622.10	9.62	89.50	10.50
100	150	173.15	2.68	92.18	7.82
200	75	90.98	1.41	93.59	6.41
-200	37.5	414.84	6.41	100.00	0.00
Total		6467.09	100.00		



Análisis Granulométrico Nivel 3800 - 12/03/15

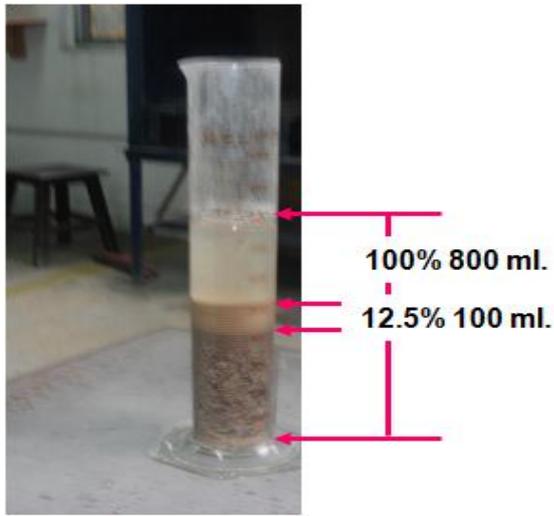
Malla	micrones	pesos	%pesos	%ACUM (+)	%ACUM (-)
3/4"	19000		0.00	0.00	100.00
1/2"	12500	31.00	1.54	1.54	98.46
3/8"	9500	55.00	2.74	4.29	95.71
1/4"	6300	169.00	8.42	12.71	87.29
4	4750	182.00	9.07	21.77	78.23
8	2360	503.00	25.06	46.84	53.16
16	1000	363.00	18.09	64.92	35.08
30	600	283.00	14.10	79.02	20.98
50	300	140.00	6.98	86.00	14.00
100	150	77.00	3.84	89.84	10.16
200	75	30.00	1.49	91.33	8.67
-200	37.5	174.00	8.67	100.00	0.00
Total		2007.00	100.00		



Parámetros de Shotcrete

Variables	Arena sin zarandear	Arena zarandeada - 1/4"
Insumos		
Arena (m3)	0.784	0.784
Cemento (bolsas)	10	10
Aditivo meycó (gal)	4	4
Fibra metálica (kg)	20	20
Parámetros operacionales		
Presión de aire (psi)	30	30
Forma de lanzado	Haciendo círculos	Haciendo círculos
Distancia de lanzado (m)	1.25	1.25
Angulo de lanzado	85-90	85-90
Resultados		
Porcentaje de rebote	22.50%	12.50%
Espesor de shotcrete	2"	2"

Finalmente para determinar el porcentaje de finos malla – 200 se realizó una prueba de laboratorio utilizando probeta el cual nos da un resultado de 12.5% de finos conteniendo arcilla.



8.1.3 Alternativas frente al Angulo y distancia de lanzado inadecuados.

En el proceso de control se pudo notar que el ángulo y la distancia de lanzado estaban fuera de los estándares con ángulos que superan los 90° y distancias mayores a 1.5 m. Por lo que se recomendó a las cuadrillas de shotcrete lanzar en forma perpendicular a una distancia de 1.2 a 1.5m en forma circular para lograr una buena adherencia y menor porcentaje de rebote.



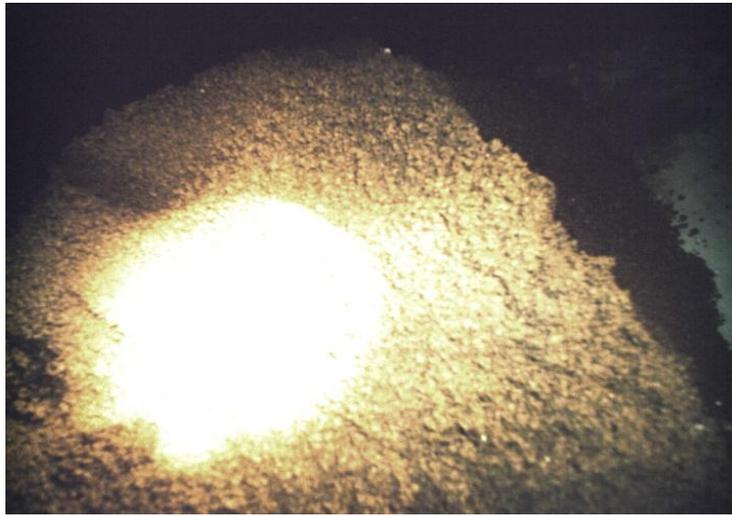
8.1.4 Alternativas frente a la Dosificación inadecuada de los insumos en la preparación de la mezcla (sin estándares).

La mayoría de cuadrillas de shotcrete no preparan la mezcla de acuerdo a los estándares establecidos, haciéndolos por debajo y encima, alterando los mismos.

Por lo que se les recomendó realizar la mezcla con las siguientes composiciones de insumos para 1m³ de mezcla.

- 240 lampas de Arena.
- 4 gal. de aditivo (Meyco 160 SA).
- 10 bolsas de cemento (Pórtland tipo I)
- 20 kg de fibra.





8.1.5 Alternativas frente al Intervalo de tiempo prudente desde el preparado de mezcla hasta el momento de lanzado

Generalmente no se cumple con el tiempo prudente desde la finalización de preparación de mezcla con el inicio de lanzado de la misma, esto genera el endurecimiento de la mezcla y por lo tanto la alteración de las propiedades de resistibilidad. Por lo que se recomendó planificar y analizar los trabajos y no tener imprevistos por la falta de equipos para el traslado y demás demoras operativas, tratando en lo posible de no sobrepasar las 2 horas máximas (Ver anexos de plantillas de control).

8.2 MEJORAS EN EL USO DE LOS EQUIPOS

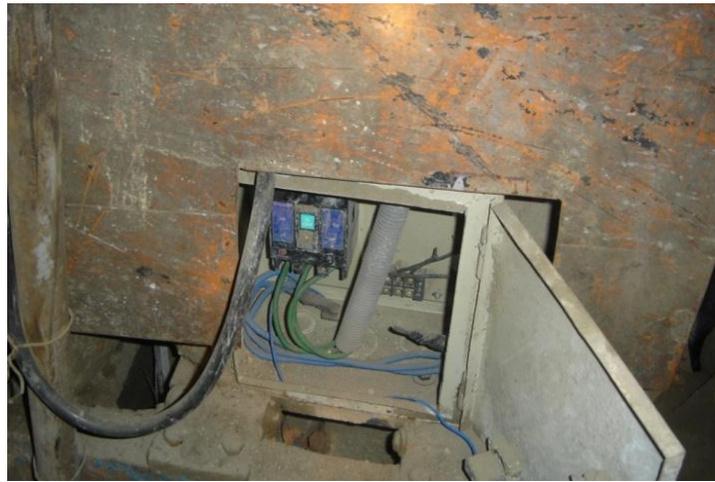
8.2.1 Alternativas frente a la Falta de un programa de mantenimiento programando y preventivo.

Se realizó los check lists de los equipos de shotcreteras se encontró que los equipos tienen problemas en:

- Manómetros en mal estado, no se sabe cuál es la presión de aire.
- Plumillas (toberas) con las boquillas de lanzado desgastadas y/o rotas, generando chorreo de partículas finas por la plumilla.
- En su mayoría no realizan la limpieza de los equipos al final de la guardia, tampoco al inicio de guardia dejando a veces la carga dentro del equipo el cual contribuye al deterioro del equipo.
- Algunos equipos por la baja presión y la falta de mantenimiento sufren obstrucción y deterioros en los dispositivos de impulsión de mezcla.

Por lo que se recomendó realizar un mejor control y mantenimiento mecánico.









8.3 ALTERNATIVAS AL PROBLEMA N°3: DESCONOCIMIENTO DE LOS PARAMETROS TECNICOS DEL PROCESO DE SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE

8.3.1 Alternativas frente a la Falta de un Programa de capacitación.

Al realizar los controles del proceso de lanzamiento e interrogar a las cuadrillas de shotcrete pudimos notar que en su gran mayoría desconocen los estándares del proceso de sostenimiento con shotcrete. Por tal motivo es vital la recomendación de diseñar un Programa de Capacitaciones con la finalidad de mejorar el desempeño laboral de los trabajadores.

8.3.2 Alternativas frente a las Cuadrillas con personal improvisado que desconocen el proceso y aprende por experiencias prácticas.

Es otro de los factores primordiales que se debe revertir, se identificó que la gran mayoría de cuadrillas de shotcrete está compuesta por personal improvisado que desconocen el proceso y aprenden por experiencias prácticas, por lo que se recomienda revisar la ficha técnica y experiencia laboral del personal involucrado en el sostenimiento con shotcrete.

8.4 MEJORAS EN EL USO DE LOS INSUMOS EN LA PREPARACIÓN Y LANZADO DE LA MEZCLA

8.4.1 Alternativas frente a la Dosificación inadecuada de los insumos en la preparación de la mezcla (sin estándares).

La mayoría de cuadrillas de shotcrete no preparan la mezcla de acuerdo a los estándares establecidos, haciéndolos por debajo y encima alterando los mismos. Por lo que se les recomendó realizar la mezcla con las siguientes composiciones de insumos para 1m³ de mezcla.

- 240 lampas de Arena.
- 4 gal. de aditivo (Meyco 160 SA).
- 10 bolsas de cemento (Pórtland tipo I)
- 20 kg de fibra.





8.4.2 Alternativas frente al Intervalo de tiempo prudente desde el preparado de mezcla hasta el momento de lanzado

Generalmente no se cumple con el tiempo prudente desde la finalización de preparación de mezcla con el inicio de lanzado de la misma, esto genera el endurecimiento de la mezcla y por lo tanto la alteración de las propiedades de resistibilidad. Por lo que se recomendó planificar y analizar los trabajos y no tener imprevistos por la falta de equipos para el traslado y demás demoras operativas, tratando en lo posible de no sobrepasar las 2 horas máximas.



8.4.3 Alternativas frente al Desconocimiento de las propiedades físicas y químicas de los insumos.

Es otro de los factores primordiales que se debe revertir, se identificó que la gran mayoría de cuadrillas de shotcrete está compuesto por personal improvisado por lo mismo que desconocen las propiedades físicas y químicas de los insumos del shotcrete, a consecuencia de ello hay pérdidas de mezcla debido a que dejan mezclas preparadas al final de guardia y al inicio de la otra guardia lanzan con esas mezclas, debilitando y alterando sus propiedades de la mezcla, por lo que se recomienda diseñar un programa de capacitaciones para la cuadrilla de shotcrete.

8.4.4 Análisis de Aguas

Para observar si el agua suministrada a mina para la preparación de la mezcla influía en o alteraba de manera directa la mezcla con reacciones adverbias con algún componentes, también se realizó el análisis de aguas por niveles.

ASUNTOS AMBIENTALES					
COMPANÍA MINERA SANTA LUISA - HUANZALA					
MONITOREO DE AGUA DE MINA SUBTERRANEA					
12 DE MARZO DEL 2015					
CODIGO	Descripción	pH	Temp. °C	Potencial mV	Conduct uS/cm
1	Nv 1400 Piso 22	7.13	14.0	-18	761
2	Nv 1400 Piso 27	7.31	13.7	-29	759
3	Nv 1400 Piso 16	7.34	13.5	-29	760
4	Nv 1200	7.50	8.9	-37	887
5	Nv 800	7.13	10.7	-17	1060
	* VALOR EN CUALQUIER MOMENTO	6 A 9	----		
	* VALOR PROMEDIO ANUAL	6 A 9	----		

* LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES SEGUN RESOLUCION MINISTERIAL N° 011-96-EM/VMM (MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS)



CONCLUSIONES

1. Al realizar el control de Parámetros Técnicos de sostenimiento no se encontró el uso de lonas en el piso para evitar la contaminación y pérdidas de mezcla.
2. La mayoría de las maquinas shotcreteras no cuentan con un ROL de mantenimiento Programado y Preventivo que conlleva a un mayor rendimiento.
3. La presión de aire es demasiado baja llegando a 35PSI, si se logra incrementar a por lo menos 50 PSI se concadenaría las mejoras en disminución de porcentaje de rebote y la mejor adherencia de la mezcla, menor consumo de aditivo, menos tiempo de lanzado por la no obstrucción de las alivas.
4. La gran mayoría de cuadrillas de shotcrete está compuesto por personal improvisado que desconocen el proceso y aprenden por experiencias prácticas por lo que es necesario contar con personal calificado y diseñar un programa de capacitaciones Técnicas de sostenimiento con shotcrete.
5. Para tener un buen sostenimiento con shorcrete es necesario usar los calibradores de forma sistemática y cumplir con los estándares de 2 pulg de espesor de manera uniforme y no perder mezcla en relleno de cavidades y mallas embolsadas, ya que el personal no es consciente de ello.
6. Falta de planificación y coordinación de trabajo, ya que existe demoras no operativas como: la falta de insumos, falta de disponibilidad de scoop para el traslado de material y alivas, tiempos muertos del personal. Esto con la

finalidad de no acelerar el trabajo al final de guardia dando como resultado la sobra de mezcla que ya no sirve, esto solo en algunos casos.

7. Finalmente para determinar el porcentaje de finos malla –200 se realizo una prueba de laboratorio. Utilizando probeta el cual nos da un resultado de 12.5% de finos conteniendo arcilla.

RECOMENDACIONES

1. Realizar más pruebas de lanzado de shotcrete utilizando otros aditivos como plastificantes, fibra de y verificar su resistencia ala compresión.
2. Realizar una prueba con el cono de ABRANS para determinar la relación optima de agua cemento, agregado en función al porcentaje de humedad, esto de mide con la consistencia de la mezcla.
3. Llevar a Análisis Químico las arenas para determinar el porcentaje real de arcillas contenidos en la arena.
4. Se recomienda que el personal prepare la mezcla de respetando los estándares y la cantidad planificada a lanzar para evitar sobra mezcla al final de la guardia.
5. Se sugiere un control exhaustivo de la calidad de arena que nos provee, que debe ser INSITU (cantera).

BIBLIOGRAFÍA

1. Bernardo de la Peña R: Consideraciones básicas del hormigón proyectado en túneles
2. Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala. departamento de planeamiento
3. Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala. departamento de Minas.
4. Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala. departamento de Geología
5. Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala. departamento de Ingeniería
6. Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala. departamento de Geotecnia y sostenimiento
7. Geoconsult Latinoamérica Ltd: proyecto y construcción de túneles
8. Howard, L. Hartman: “SME Mining Engineering Handbook”. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Colorado, 1992.
9. Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía: Manual de geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de roca.
10. Geoconsult Latinoamérica Ltd: proyecto y construcción de túneles.
11. Tom McIbby: Shocrete para soporte de rocas.
12. Sika Perú S.A: Concreto lanzado
13. Sika Perú S.A: Shocrete segurite – 49 AF
14. Víctor Tolentino Iparraguirre: Excavaciones subterráneas sostenimiento con shocrete. Volcan compañía minera S.A.A UEA Cerro de Pasco.
- 15 Volcan compañía minera S.A.A UEA Cerro de Pasco: estándares de trabajo mina subterránea, planeamiento de ingeniera.