

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**SOSTENIMIENTO CON CABLE BOLTING PARA ESTABILIZAR EL MACIZO
ROCOSO EN MINERÍA SUBTERRANEA MECANIZADA UNIDAD PALLANCATA –
COMPAÑÍA MINERA HOSCHIELDS S.A.A**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADA POR:

Bach. JORGE LUIS VELASQUEZ MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



SOSTENIMIENTO CON CABLE BOLTING PARA ESTABILIZAR EL MACIZO
ROCOSO EN MINERÍA SUBTERRANEA MECANIZADA UNIDAD PALLANCATA –
COMPAÑÍA MINERA HOSCHIELDS S.A.A

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PRESENTADO POR:


Bach. JORGE LUIS VELASQUEZ MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS


APROBADO POR:

PRESIDENTE:




Ing. David Velásquez Medina

PRIMER MIEMBRO:



MSc. Ing. Lucio-Quea Gutierrez

SEGUNDO MIEMBRO:



Ing. Emmanuel Hernán Tummy Gómez

TEMA : Sostenimiento en minería peruana

AREA : Ingeniería de Minas

Fecha de sustentación: 15 de noviembre del 2019

DEDICATORIA

A mi madre, padre y

hermana por su apoyo

incondicional en mí desarrollo

personal y profesional

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a la **Universidad Nacional del Altiplano de Puno**, institución donde me forme y estudie la carrera de **Ingeniería de**

Minas en la **Facultad de Ingeniería de Minas**, y cumplir con el objetivo de ser profesional.

También el agradecimiento a los docentes de la mencionada facultad de Ingeniería de Minas y a mis asesores del presente trabajo de investigación, quienes influyeron, con sus enseñanzas y consejos, a que me introdujera al fascinante mundo de la geomecánica.

A los ingenieros de la Unidad Minera Pallancata, con quienes siempre se aprende las nuevas innovaciones de la aplicación de la geomecánica.

Por último, agradecer a mi familia, su apoyo incondicional, su comprensión, su cariño... para mi formación como Ingeniero de Minas.

Jorge Luis Velasquez Mamani

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INDICE DE ACRONIMOS

I	RESUMEN.....	9
II	ABSTRACT.....	10
III	INTRODUCCIÓN.....	11
IV	MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
VI	CONCLUSIONES.....	20
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1 Ubicación de la mina Pallancata	11
FIGURA N° 2 Caracterización de los cables bolting	13
FIGURA N° 3 Tipos de cable bolting	14
FIGURA N° 4 Metodo Malkoski	14
FIGURA N° 5 Instalacion del cable bolting.....	14
FIGURA N° 6 Partes del cable bolting	15
FIGURA N° 7 Metodo de Inyeccion de cable bolting FUENTE: IESA	16
FIGURA N° 8 cable bolting	17
FIGURA N° 9 Sección transversal de distribución de cable bolting	18

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Especificaciones del cable bolting.....	15
Tabla 2 Interpretación de valores del RQD	16
Tabla 3 Mezcla referencial de concreto lanzado con aditivo	17
Tabla 4 Análisis de tiempo de cable bolting.....	18
Tabla 5 Parámetros de sostenimiento de cable bolting.....	18
Tabla 6 Sostenimiento lechada	19
Tabla 7 Costo de perforación para los cables bolting.....	19
Tabla 8 Costo de aceros de perforación.....	19
Tabla 9 Costo por metro de instalación de cable bolting	19

INDICE DE ACRONIMOS:

- **GSI:** índice de resistencia geológica
- **Tj:** tajos
- **Bp:** by Pass
- **Cm:** cámara
- **Ga:** galería
- **Rp:** rampa
- **Cx:** crucero
- **MEM:** Ministerio de Energía y Minas

SOSTENIMIENTO CON CABLE BOLTING PARA ESTABILIZAR EL MACIZO ROCOSO
EN MINERÍA SUBTERRANEA MECANIZADA UNIDAD PALLANCATA – COMPAÑÍA
MINERA HOSCHIELDS S.A.A

Bach. Jorge Luis Velasquez Mamani

Facultad de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional del Altiplano. Av. Floral N° 1153 – Puno,
jorge093511@gmail.com

I RESUMEN.

El presente informe por servicios profesionales está enfocado a la aplicación de estándares y procedimientos corporativos establecidos como parte de un sistema de control del macizo rocoso y prevención de caída de rocas orientado al diseño de sostenimiento para mejorar la estabilidad de las labores mineras de la Unidad Operativa Pallancata – Compañía Minera Ares S.A.C. , se aplicó la geomecánica y según las condiciones se diseñó el sostenimiento adecuado, en este sentido se buscó las respuestas al por qué de la importancia de la geomecánica y como este se relaciona con el diseño de sostenimiento. Después de implementar el sostenimiento, no se tuvo la ocurrencia de incidentes y accidentes por desprendimiento de rocas en la perforación y carguío, al mantener controlada la corona, hastiales y en adelante los frentes de trabajo; asegurándose, las cuñas, bloques, planchones, entre otros que pudieran generarse. Se fortaleció la confianza de los colaboradores al realizar las labores en áreas de trabajo debidamente fortificadas (corona, hastiales y frentes) reduciendo así su nivel de exposición a la caída de rocas.

PALABRAS CLAVE.

Geomecánica, macizo rocoso, tipos de sostenimiento, labores mineras

II ABSTRACT

This report by professional services is focused on the application of established corporate standards and procedures as part of a system of control of the rocky massif and prevention of falling rocks oriented to the design of support to improve the stability of the mining operations of the unit Operative Pallancata the Compañía Minera Ares S.A.C's property, geomechanics was applied and according to the conditions the appropriate support was designed, in this sense the answers to why of the importance of geomechanics and how this relates to the design of support were sought. After implementing the support, there was no occurrence of incidents and accidents due to rockfall in the drilling and loading, by keeping the crown, gables and the work fronts under control; making sure, wedges, blocks, slabs, among others that could be generated.

Employee confidence was strengthened by performing work in duly fortified work areas (crown, gables and fronts) thus reducing their level of exposure to rock falls.

KEYWORDS.

Geomechanics, rock massif, types of support, mining

III INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la presente artículo científico está enfocado en la Unidad Operativa Pallancata, la cual pertenece a la Compañía Minera Ares S.A.C. se trata de una mina subterránea con vetas que varían de 0.3 – 3.0 m. de potencia que produce plata con leyes de 254 g/TM y oro con leyes 1.82 g/TM, está ubicado en la zona sur del Perú.

El tipo de sostenimiento que usaremos en la Unidad Operativa Pallancata , es el colocado de cable bolting para estabilizar el macizo rocoso en las Tj, Bp, Cm, Ga, Rp, Cx y Intersecciones.

El yacimiento de Pallancata donde se ubica la veta Explorador Pablo se localiza en el distrito de Coronel Castañeda, provincia de Parinacochas, departamento de Ayacucho, a una altitud de 4200 m.s.n.m., se accede a la zona mediante la vía Lima-Nazca-Puquio-Izcahuaca, con un recorrido aproximado de 770 km. de carretera asfaltada, y continua por una trocha carrozable de 45 km. hasta llegar

a la propiedad de la mina, considerando un tiempo de duración estimado de 13 horas.

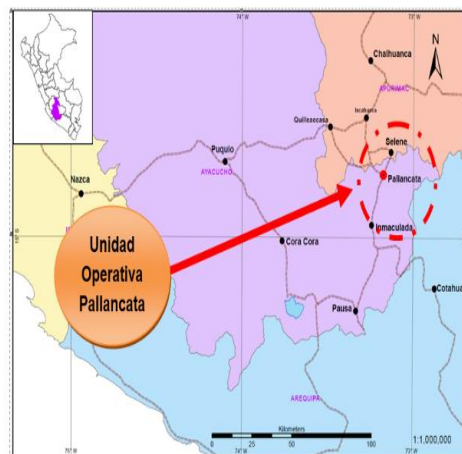


FIGURA N° 1 Ubicación de la mina Pallancata

FUENTE: Área de geología

Antecedentes

Según los informes de la Empresa Minera Suyamarca S.A.C., el 13 de diciembre del 2005, Internacional Mineral Corp. (IMC) y Compañía Minera Ares S.A.C. (Ares); firman una carta de intención para formar un Joint Venture sobre el Proyecto Pallancata; propiedad de IMC. Ares, fue elegida entre otras 4 compañías, previamente seleccionadas por IMC.

Anterior a la firma del contrato del Joint Venture, Ares disponía de 60 días de tiempo a partir de la fecha de emisión de los permisos Medio Ambientales otorgados por el

Ministerio de Energía y Minas (MEM); para luego ejecutar 2,500 m. de perforación diamantina y relagueo y remuestreo a cuarto de cores, de los principales sondajes ejecutados por IMC, principalmente en el sector denominado Brecha Oeste; ya que el mayor volumen y potencial de Recursos se ubican en este sector.

El 18 de enero del 2006 y previo al permiso de perforación que debería otorgar el MEM; Ares inicia el relagueo y remuestreo a cuarto de core shack (sala de muestras), de 5255.53 m. distribuidos en 18 sondajes diamantinos, perforados anteriormente por IMC en la Brecha Oeste. Los datos del relagueo geológico - geotécnico y el remuestreo geoquímica, han sido ingresados al GEMM (software Base de datos geológicos), previo control de QAQC (quality analysis, quality, control), para posterior Modelamiento de los recursos. Es importante informar, que Ares muestreo los mismos intervalos de muestreo de IMC, con fines de comparación.(Guillen Chipana, 2017)

El proceso de la explotación de las operaciones mineras con la ejecución, ingreso a las labores de desarrollo, preparación y explotación en la Unidad Minera Pallca se tendrán en cuenta la estabilidad de las labores, debido a la presencia de alteraciones en las cajas y un fallamiento bastante fuerte del macizo rocoso. El diseño del método de explotación y sostenimiento conlleva la aplicación de la geomecánica con el objetivo de garantizar la estabilidad de las labores mineras de dicha Unidad Minera.(Cadillo Toledo, 2017)

Trabajo técnico “Caracterización y clasificación geomecánica del macizo rocoso del sector la sierra, Sogamoso, Boyacá, Colombia”, en cuyas conclusiones indica:

De acuerdo a los datos tomados en campo y mediante la utilización del software Dips se determinaron dos familias de discontinuidades en el macizo, las cuales se pueden observar en los diagramas de polos, frecuencias y roseta.

Según las clasificaciones RMR, Q, y el índice de calidad de la roca RQD, las

propiedades geo mecánicas del macizo tienden a ser de mala calidad.(Liza Zarpan, 2017)Albarracín O. Gómez D. (2000)

IV MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de investigación es descriptivo, debido a que se determinaron e identificaron particularidades propias de la mina Pallancata en relación a la estabilidad de las labores mineras subterráneas aplicando la instalación de cables bolting.

4.1 Diseño de investigación

El nivel de investigación es transversal y retrospectivo. Fue transversal o transeccional, debido a que se realizó una evaluación de la aplicación de cable bolting en un solo momento o repetición. Fue retrospectivo, porque se analizaron los datos existentes cuando la instalación de cable bolting estuvo por concluir.

4.1.1 Importancia de la estabilidad del macizo rocoso

Dependiendo de sus características y condicione, la masa rocosa varia de una

mina a otra, como también de área en área dentro de una misma mina.

4.1.2 Cables bolting y sus funciones

Los cables son elementos de reforzamiento, hechos normalmente de alambres de acero trenzados, los cuales son fijados con cemento. El cable comúnmente usado es el denominado “trenzado simple” conformado por 6 alambres arrollado alrededor de un séptimo denominada “alma”, 5/8” de diámetro, con una capacidad de anclaje de 25 – 30 Ton

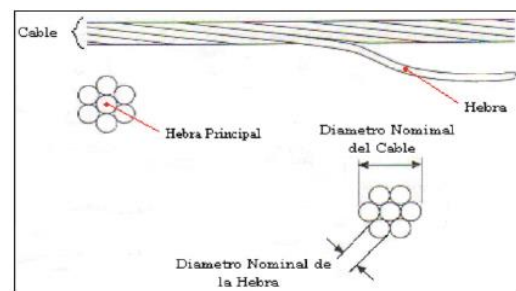


FIGURA N° 2 Caracterización de los cables bolting
FUENTE: IESA

Puede ser usado en cualquier longitud, en el rango de 5 a 20 m. Desde luego hay una gran variedad de cables, los cables standard y los cables bulbados, para mejorar la adherencia del cable con el cemento.

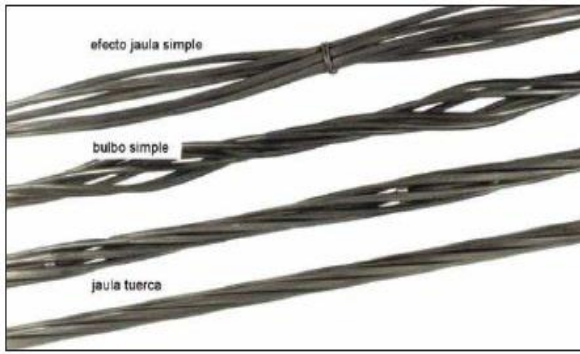


FIGURA N° 3 Tipos de cable bolting

FUENTE: www.google.com/search?hl=tipos+de+cable+bolting

4.1.3 Consideración de la utilización de los cables bolting

Son utilizados en condiciones de rocas duras, moderadamente fracturadas o fracturadas, que presenten bloques grandes a medianos, con RMR mayor o igual a 40 o cuando se quiere asegurar una franja de roca débil entre dos franjas de roca competente.

4.1.4 Aplicación del cable bolting

El cable bolting es uno de los sistemas de sostenimiento más usados en las grandes aberturas subterráneas como tajeos de explotación, debido al requerimiento de sostenimiento de grandes longitudes

Método Malkoski

Elementos utilizados:

Manguera PVC de 3/4", cable bolting de 5/8", tapon cuña y/o papel, descarga de pasta de cemento, pasta de cemento, cinta adhesiva, inyección de lechada de cemento.

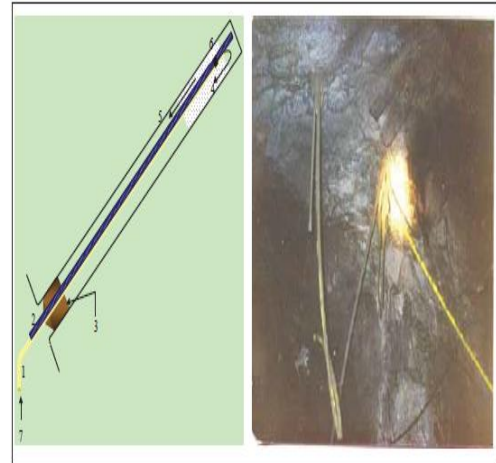


FIGURA N° 4 Metodo Malkoski
FUENTE: IESA

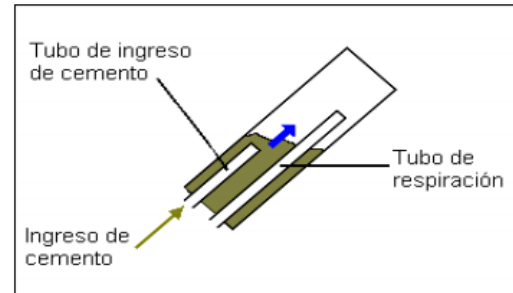


FIGURA N° 5 Instalacion del cable bolting
FUENTE: IESA

4.1.5 Materiales

El cable bolting cementado es la estructura formada por el cable de acero, tubo de inyección, cuña barril y platina de acero. Los materiales que se utilizan en la instalación de cable bolting comprenden:

- Cable bolting, Cemento, Agua
- Accesorios (tubo de plástico, cuña barril y platina de acero.

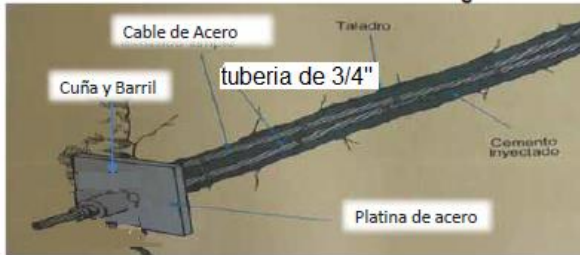


FIGURA N° 6 Partes del cable bolting
FUENTE: IESA

Tabla 1 Especificaciones del cable bolting

ESPECIFICACIONES DE CABLE BOLTING - TIPO BULBADO

diametro total del cable	5/8 pulgadas
cantidad de hilos	7
peso unitario	1.10 Kg por metro
resistencia a la ruptura mínima (Ton)	26.5
norma	ASTM A416 270
elongacion minima en 2 pies	3.50%
area transversal	140mm ²

FUENTE: IESA

4.1.6 Sistema RMR

El sistema Rock Mass Rating (RMR) fue desarrollado por Bieniawski y clasifica los macizos rocosos de 0 a 100 puntos, siendo 0 para roca muy mala y 100 para roca muy buena de acuerdo a la tabla 2.

El puntaje total de RMR está definido por:

$RMR = (i) + (ii) + (iii) + (iv) + (v) - \text{ajuste por orientación}$

Donde:

- (i) : resistencia de la roca intacta
- (ii) : RQD (Rock Quality Designation)
- (iii): espaciamiento de discontinuidades
- (iv): condiciones de las discontinuidades
- (v) : agua subterránea

4.1.7 Sistema de clasificación del índice Q

El índice Q de clasificación de macizos rocosos fue desarrollado en Noruega por (Barton y Lude, 1974).

El índice Q está basado en una evaluación numérica de seis parámetros, agrupados en tres cocientes para dar la calidad del macizo rocoso Q como sigue:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF}$$

Donde:

RQD: índice de calidad de la roca

J_n : número de familias juntas

J_r : índice de rugosidad de las juntas

J_a : índice de alteración de las juntas

J_w : factor de reducción por presencia de agua en las juntas

SRF: factor de reducción por esfuerzos

4.1.8 Índice de la calidad de la roca RQD

El índice de la calidad de la roca RQD fue desarrollada por (Deere, 1964) para proporcionar un estimado cuantitativo de la calidad del macizo rocoso.

Tabla 2 Interpretación de valores del RQD

RQD (%)	CALIDAD DE ROCA
25	muy pobre
25 - 50	pobre
50 - 75	regular
75 - 90	bueno

FUENTE: DEERE (1964)

4.1.9 MÉTODO DE OPERACIÓN

Ciertamente existen diversos métodos de lechada de cables instalados dentro del taladro, pero lo que nosotros empleamos es el método de **PRE-CARGADO**, consiste en llenar totalmente el taladro con lechada de cemento antes de que el cable sea instalado.

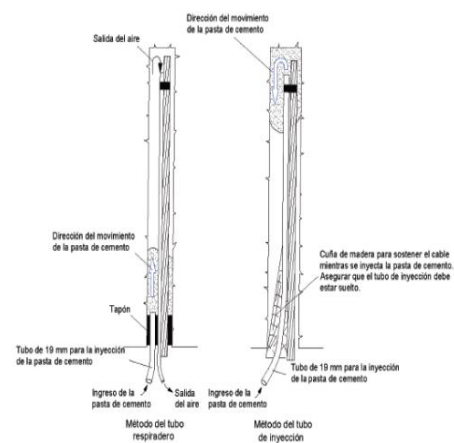


FIGURA N° 7 Metodo de Inyeccion de cable bolting
FUENTE: IESA

4.2.0 DISEÑO DE LA DISPOSICIÓN DEL CABLEADO

Mostramos una relación empírica para calcular el numero de cables cementados a instalar, con miras a tener un tajo con mayor avance.

ECUACION:

$$N = \frac{FHEPG}{CL}$$

Donde:

N : numero de cables por línea

F : factor de seguridad

H : altura (m)

E : espaciamiento entre líneas (m)

P : ancho de la zona de debilitamiento potencial por tencion (m)

G : densidad de la roca (TM/m³)

C : capacidad de tensión (TM/m)

L : longitud de cable efectivo empotrado (m)

REEMPLAZANDO:

F = 1.7 se considera menor de 1.3 como critico, nosotros deseamos 1.7 por que va estar expuesto (vacío) menos de 7 dias

H = 12 mts (10mts de corte y 2 mt de cara libre)

E = 2.40 mts

P = 35 mts

G = 2.8 Ton/M³

C = 25 Tm /mt

L = 10 mt

$$N = \frac{1.7 * 12mts * 2.4mts * 35mts * 2.8tm/m^3}{\frac{25tm}{mt} * 10mt}$$

$$N = 19.19$$

Luego adoptamos 19 cables por línea

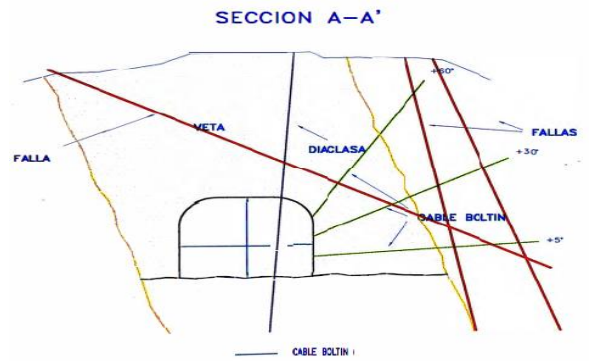


FIGURA N° 8 Cable bolting
FUENTE: IESA

Tabla 3 Mezcla referencial de concreto lanzado con aditivo

componentes	kg/m ³	% de materiales	kg/m ³	% de materiales húmedos
Cemento	420	19	420	18.2
Aditivo de sílice	50	2.2	40	1.7
Mezcla de agregados	1670	75.8	1600	69.2
Fibras de acero	50	2.2	50	2.2
Acelerante	13	0.6	13	0.6
Superplastificante	-	-	6 litros	0.2
Reductor de agua	-	-	2 litros	0.08
Incorporador de aire	-	-	-	si requiere
Agua	controlado a la boquilla	-	180	7.8
Total	2203	100	2311	100

FUENTE: IESA

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo como propósito: Controlar las características negativas del macizo rocoso que generan inestabilidad en las labores minera subterránea con la finalidad de mejorar y optimizar los avances de las operaciones mineras de la Mina Pallancata.

De los resultados obtenidos, se infiere que:

Para poder evaluar si los cables están llegando a cumplir con su resistencia, se tiene que hacer las pruebas de Pull Test después de que se realice la voladura de las labores mineras subterráneas y los cables cumplan la función de sostenimiento

La elección de la aplicación del cemento es importante porque este elemento ayuda a transmitir las cargas de la roca al cable.

Por último, la investigación tiene una validez externa alta, debido a que los hallazgos realizados pueden aplicarse a otras labores mineras subterráneas en la minera ARES, del mismo modo pueden desarrollarse a otras unidades mineras.

5.1 PROCESO DE EJECUCION DE INSTALACION DE CABLES BOLTING

En primer lugar se realiza el marcado del área a perforar con la finalidad de insertar los cables bolting, para dar estabilidad al macizo rocoso en relación al gran vacío y desarrollar el avance sin ningún inconveniente.

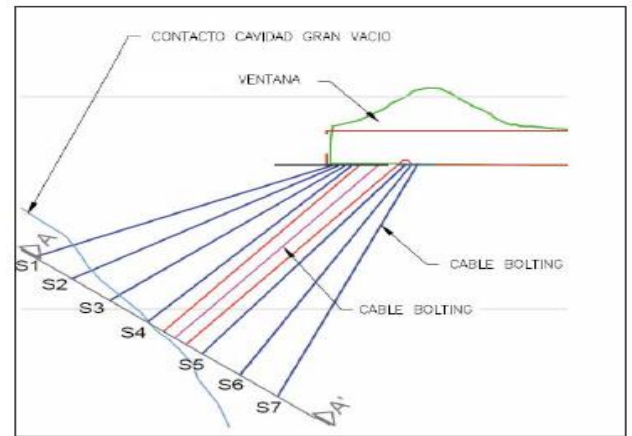


FIGURA N° 9 Sección transversal de distribución de cable bolting
FUENTE: Geomecánica mina Pallancata

Tabla 4 Análisis de tiempo de cable bolting

CABLE	PUNTO DE CONVERGENCI A	ANGULO DE INCLINACION	ANGULO HORIZONTAL RESPECTO							Long. Cable (m)
			I3	I2	I1	c	D1	D2	D3	
S1	P1	-21.00	-26	-18	-9	0	9	18	26	10
S2	P1	-29.00	-26	-18	-9	0	9	18	26	10
S3	P1	-38.00	-26	-18	-9	0	9	18	26	10
S4	P1	-47.00	-26	-18	-9	0	9	18	26	10
S5	P2	-52.00	-32	-23	-12	0	2	23	32	10
S6	P2	-60.00	-37	-27	-14	0	14	27	37	10
S7	P2	-21.00	-45	-34	-18	0	18	34	45	10

FUENTE: IESA

Tabla 5 Parámetros de sostenimiento de cable bolting

Resistencia a la rotura por cada cable bolting (Tn)	25
Resistencia a la adherencia (Tn/m)	10
Diámetro nominal del cable (pulg)	5/8
Numero de cables por taladro	1
Numero de taladros para el tajo	49

FUENTE: IESA

Como se aprecia en la tabla, la resistencia por cada cable bolting será de 25 Tn, se instalaran 49 cable por cada uno en uno de los tajo.

Tabla 6 Sostenimiento lechada

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS
relacion agua cemento 42.5 Kg cemento y 17 lts. Agua	0.4
Resistencia tensiva al deslizamiento (interface cable-lechada)	3.5MN
Resistencia a la traccion	13 Ton/mt
Rendimiento lechada	30 tal/gda

FUENTE: IESA

Costo de perforación por cable bolting

Es el costo de perforación de los 49 taladros para la instalación de los cables bolting. Rendimiento por guardia: 50.00 Mano de Obra

Tabla 7 Costo de perforación para los cables bolting

Descripción de mano de obra	Unidad	Cantidad	Costo por guardia	Costo por metro
Operador de simba	Tarea	1.0	66.38	1.33
ayudante de operador de simba	Tarea	1.0	43.73	0.87
ayudante de sostenimiento	Tarea	1.0	43.73	0.87
costo total				3.08

FUENTE: IESA

Tabla 8 Costo de aceros de perforación

Descripción de aceros de perforación	Unidad	Cantidad	Costo por guardia	Costo por metro
Barra SP T38-RD38-T38x4"	mp	50.0	39.0	0.78
Broca Retractil FP T38 X 64MM	mp	50.0	12.6	0.25
Shank COP 1838/1638 T38 X 435 MM	mp	50.0	4.8	0.1
Copas de Afilado	mp	50.0	2.4	0.05
Aceite de Hidraulico Tellus T68	gln	1.0	9.6	0.19
Pantalla Reflectora	glb	1.0	0.16	0
Letreros Informativos	glb	1.0	0.15	0
Costo Total				1.37

FUENTE: IESA

Tabla 9 Costo por metro de instalación de cable bolting

Descripción del costo	Unidad	Cantidad	Costo por Guardia	(\$/m)
Costo directo	USD		562.82	10.05
gasto general	%	56%	315.18	5.63
Utilidad	%	10%	87.8	1.57
Costo indirecto	USD		402.98	7.2
COSTO TOTAL (\$/m)				17.25

FUENTE: IESA

5.2 Factor de seguridad de los cables bolting

El factor de seguridad de la zona en estudio sin instalación de los cables bolting es menor a 1 , según la escala que pertenece al modelo; contituyendose en una zona sumamente peligrosa, por la posible caída y desprendimiento de rocas, no solo con impacto en la producción, sino en la seguridad y salud de los trabajadores.

(Conde Castelo, 2019)Esta investigación tuvo como propósito: Controlar las características negativas del macizo rocoso que generan inestabilidad en los echaderos de relleno detrítico con la finalidad de mejorar y optimizar las operaciones mineras de la Mina San Rafael.

La muestra estudiada ha sido seleccionada considerando aspectos comunes en cuanto a

las características de investigación. El grado de adecuación para el estudio fue óptimo debido a que los instrumentos fueron validados.

(Oblitas Perez, 2019) explicaron que las causas que originan accidentes por desprendimiento de rocas está enfocado a tres puntos importantes: Calidad del terreno, perforación y voladura, para evitar accidentes se debe iniciar con una correcta evaluación geomecánica.

(Mucha Armas, 2019) Se ha considerado como parte del reforzamiento a nivel de las intersecciones; la instalación del cable bolting de 10 m. sobre todo en las intersecciones por tener mayor problema cuando se está terminando de minar como último tramo por lo que se detalla los tramos donde se deberá reforzar con cables bolting en la siguiente ubicación:

(Alberto, Yupanqui, Alejandro, & Castro, 2010) Los resultados obtenidos, empleando el criterio de falla de Hoek-Brown, son ingresados al software phase II para analizar los esfuerzos inducidos alrededor de la

excavación, cuyos resultados se muestran en los cortes A-A', B-B' y C-C' para la roca de la caja techo obteniéndolas de la caracterización geomecánica del macizo rocoso.

VI CONCLUSIONES

En la explotación subterránea se logra la estabilización tanto de labores de avance como de cámaras de grandes dimensiones con el sistema de cable bolting. Por los métodos de explotación que se viene llevando a cabo en la unidad minera Pallancata SUB LEVEL STOPING con taladros largos; para lograr la estabilidad de las labores mineras hay necesidad de usar como reforzamiento los cables bolting.

Para el sostenimiento de techos de los tajeos se ha llevado a cabo un análisis de estabilidad utilizando el Método Gráfico de Estabilidad. Estos indican la necesidad de utilizar refuerzo del techo con cable bolting,

el espaciamiento de los mismos es 2.5 m y con una longitud de 10 m.

Se ha considerado como parte del reforzamiento a nivel de las intersecciones; la instalación del cable bolting de 10m, sobre todo en las intersecciones por tener mayor problema cuando se esta terminando de minar como ultimo tramo.

VII REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

Alberto, L., Yupanqui, T., Alejandro, A., & Castro, R. (2010). *Geomecánica aplicada al control de las labores mineras para la minimización de caída de rocas en la mina Madrugada Cía . minera Huinac SAC-Ancash-2009* *Geomechanics applied to the control of mining work for the minimization of fall of*. 3(1), 35–40.

Cadillo Toledo, M. H. (2017). *Geomecánica Aplicada Al Diseño Del Sostenimiento En La Unidad Minera Pallca De La Compañía Minera Santa Luisa S.a.- 2017* (Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo). Retrieved from <https://www.mendeley.com/catalogue/geomecánica-aplicada-al-diseño-del-sostenimiento-en-la-unidad-minera-pallca-la-compañía-minera-santa/>

Conde Castelo, Y. (2019). *Cusco – Perú*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO DE ABAD DEL CUZCO.

Enrique, F., Garay, T., Romero, A., Elard, B., & León, F. (2017). Ingeniería del concreto lanzado reforzado para el sostenimiento de rocas deleznales en excavaciones subterráneas. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 19(37), 63–74. Retrieved from http://www.mendeley.com/research/ingeniería-del-concreto-lanzado-reforzado-para-el-sostenimiento-rocas-deleznales-en-excavaciones-su-1/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.4&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%257Bfde1b5fb-39d6-47b2-ae1a-818dd223e4af%25

Espinoza Bustillos, J. C. (2011). *Juan carlos espinoza bustillos. para optar el titulo profesional de: ingeniero de minas huancayo – 2011* (Universidad Nacional del Centro

del Peru). Retrieved from <https://www.mendeley.com/catalogue/sostenimiento-mecanizado-en-labores-mineras-en-la-compañía-minas-volcan-saa-unidad-produccion-andayc/>

Guillen Chipana, R. (2017). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL* (Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga). Retrieved from <https://www.mendeley.com/catalogue/universidad-nacional-san-1/>

Huanca Mamani, M. (2019). *Universidad Nacional Mayor de San Marcos Reducción de los accidentes incapacitantes por caída de rocas en minería subterránea , teniendo en cuenta la planificación , la negligencia del personal y su cambio de cultura Para optar el Grado Académico de Magis* (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Retrieved from <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/10502>

Liza Zarpan, S. (2017). Santiago Antúnez de Mayolo (Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo; Vol. 4). Retrieved from <https://www.mendeley.com/catalogue/santiago-antúnez-mayolo/>

Mamani Escarcena, H. M. (2014). Universidad nacional de san agustín de arequipa (Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa). Retrieved from <https://www.mendeley.com/catalogue/universidad-nacional-san-agustín-arequipa/>

Mucha Armas, A. R. (2019). *TESIS: Para Optar el Título Profesional de* (Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion). Retrieved from <https://www.mendeley.com/catalogue/tesis-para-optar-el-título-profesional-abogado/>

Oblitas Perez, C. L. (2019). Universidad Nacional De Huancavelica Jurados. *Tesis*, 55. Retrieved from <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1378/TP - UNH. ENF. 0101.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Orellana Mendoza, E. E. (2016). *Influencia de la calidad del macizo rocoso en accidentes por caída de rocas en minas subterráneas* (Universidad Nacional del Centro del Peru). Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4598/Orellana Mendoza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sari Chalco, J. P., & Rodas Andrade, D. E. (2013). *Propuesta del sistema de fortificación que se debe emplear a lo largo de la veta F-10 de la mina subterránea Liga de Oro de la empresa SOMILOR S.A.* Universidad de Cuenca.