

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



USO DE CABLE BOLTING PARA EXPLOTACIONES MINERAS

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

DEYSI JUDITH NINA JALIXTO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO DE MINAS

PUNO-PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
USO DE CABLE BOLTING PARA EXPLOTACIONES MINERAS
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PRESENTADO POR:
DEYSI JUDITH NINA JALIXTO
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS

APROBADO POR:
PRESIDENTE



M.Sc. Marjo Serafin Cuentas Alvarado

PRIMER MIEMBRO:



Ing. Owal Alfredo Velasquez Viza

SEGUNDO MIEMBRO:



Ing. Juan Carlos Chayña Contreras

TEMA: Uso de cable bolting para explotaciones mineras.

ÁREA: Ingeniería de Minas

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 08 de noviembre del 2019

DEDICATORIA

A Dios, a mi madre Carmen Jalixto Ccama por su amor, sus sabios consejos y sus palabras de aliento, mi padre Adolfo Damian Nina Molina, mis hermanas Milagros Nina Jalixto y Mirian Nina Jalixto, y a todas las personas que conocí y se hicieron mis amigos en mi vida profesional.

Atte: Deysi Judith Nina Jalixto

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por ser mi guiador en esta travesía e iluminarme el día a día, sacarme de los malos momentos y hoy en día ser una profesional exitosa.

A mi mamá Carmen Jalixto por su amor infinito, comprensión en momentos de rebeldía y su gran apoyo indispensable en mi vida universitaria.

A mi papá Adolfo Nina por su cariño y apoyo.

A mi hermana Milagros por su amor, cariño y darme ánimos.

A mi hermana Mirian por su amor y su paciencia.

Agradezco a toda la gente que en algún momento me tendieron la mano para un apoyo, me dieron alegrías y ganas de seguir adelante en momentos de dificultad.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

Resumen.....	9
Abstract.....	10
I. Introducción.....	10
II. Metodología.....	12
III. Resultados y discusión.....	13
Referencias.....	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Métodos de inyección de cables de anclaje (Hoek & Brown, 1995).....	14
Figura 2. Propiedades geométricas del cable bolting (Mucha A. , 2019).....	14

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Geometría del Yacimiento para el uso de cables bolting.....	15
Tabla 2. Aspectos técnicos para el uso de cables bolting.	16
Tabla 3. Aspectos económicos para el uso de Cables Bolting.....	16
Tabla 4. Costo de instalación en materiales del cable bolting	17

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

S.A.A: Sociedad Anónima Abierta.

S.A.: Sociedad Anónima.

VID: Vitual Desktop Infraestructure.

Mpa: Mega pascal.



Uso de cable bolting para explotaciones mineras

Bach. Deysi Judith Nina Jalixto

*Facultad de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional del Altiplano. Av. Floral N° 1153 –
Puno, jalixtodeysi@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2441-6898>*

Resumen

La presente investigación titulada uso de cable bolting para explotaciones mineras, lo cual tenemos el problema de sostenimiento y su relación en cuanto a costo por el uso de cable bolting en diferentes unidades mineras, el objetivo es comparar el costo del cable bolting en minería subterránea aplicado en Compañía Minera Volcán S.A.A. y Compañía Minera Milpo S.A. La metodología parte de un análisis de las investigaciones anteriores por profesionales en el área de ingeniería de minas lo cual se trabaja bajo una metodología de investigación de tipo descriptivo y analítico, con un diseño de investigación no experimental de corte transaccional – descriptiva, cuyas muestras a trabajar son la cantidad de 8 investigaciones basados en el uso de cable de anclaje utilizados en la minería, llegando a los resultados que el cable bolting es muy económicos en el sostenimiento y para ello se toma los aspectos de la galería de explotación como: La forma, características aceptables, aspectos geotécnicos y económicos. Se concluye que el costo de instalación de cable bolting es variable en donde un análisis comparativo de instalación de las empresas como la Compañía minera Volcán S.A.A el costo por metros de cable instalado es de 1.9 \$/m dicha investigación en el año 2019, y de la Compañía Minera Milpo tiene un costo por metro de cable instalado es de 2.21 \$/m la investigación se realizó en el año 2016.

Palabras clave: Anclaje, Cables Bolting, sostenimiento.

Use of bolting cable for mining exploitations

Abstract

The present investigation entitled use of cable bolting for mining operations, which we have the problem of sustainability and its relation in terms of cost for the use of cable bolting in different mining units, the objective is to compare the cost of cable bolting in underground mining applied at Compañía Minera Volcán SAA and Compañía Minera Milpo S.A. The methodology is based on an analysis of previous research by professionals in the area of mining engineering, which works under a descriptive and analytical research methodology, with a design of non-experimental transactional-descriptive cutting, whose samples are Work is the amount of 8 investigations based on the use of anchor cable used in mining, reaching the results that the bolting cable is very economical in the support and for this the aspects of the exploitation gallery are taken as: , acceptable characteristics, geotechnical and economic aspects. It is concluded that the cost of cable bolting installation is variable in which a comparative analysis of the installation of companies such as the Volcan SAA mining company, the cost per meter of installed cable is 1.9 \$ / m said research in 2019, and The Milpo Mining Company has a cost per meter of installed cable is \$ 2.21 / m the investigation was carried out in 2016.

Keywords: Anchoring, Bolting Cables, Holding.

I. Introducción

En la explotación subterránea la actividad de sostenimiento es una actividad vital para el logro de los objetivos operacionales y son clave para asegurar la continuidad del minado y así obtener el beneficio del mineral.

Con este contexto muchas empresas mineras que realizan explotaciones subterráneas que viene aplicando el método de tajeo por subniveles, optan por el sostenimiento como pernos de anclaje y con el sistema de cable bolting cementados

para el refuerzo de cámaras. Esto se realiza actualmente en los tajeos donde terminada la explotación se observa el problema el desprendimiento de bloques de roca de la caja techo de las explotaciones; razón por la cual se proceden a tomar dichas medidas como reforzar rellenándose la cámara en su totalidad.

Es por esta razón que se realiza la presente investigación, realizando un análisis al sistema de refuerzo con cable bolting cementados en la explotación realizadas por las tesis publicadas de las diferentes

universidades, cuyas publicaciones se encuentran en los repositorios nacionales y locales como el Consejo Nacional de ciencia, tecnología e innovación tecnológica que es un repositorio nacional de ciencia y tecnología con una cantidad de 48 mil archivos de acceso abierto lo cual trae una facilidad de escoger los mejores investigaciones sobre el uso de cables de anclaje en las explotaciones mineras

Mucha, A. (2019), con el objetivo de estabilizar las labores mineras al usar cable bolting como reforzamiento del sostenimiento en las operaciones mineras en Compañía Minera Volcán S.A.A. – Unidad Carahuacra, durante el año 2018. Concluyendo lo siguiente: En la explotación subterránea se logra la estabilización tanto de labores pequeñas como de cámaras de grandes dimensiones con el sistema de cables cementados.

Campos, A. (2009), con el objetivo de seleccionar adecuadamente el cable en base a la carga que se vaya a manejar considerando los materiales por los que está compuesto el cable de acero. Donde concluyó: La resistencia por unidad de área se ve más afectada en los alambres de mayor diámetro que en los de menor diámetro frente a la oxidación, debido a que los alambres de mayor diámetro presentan mayor superficie de contacto con el medio.

Huamán, K. (2016), cuyo objetivo fue analizar el sostenimiento con cable bolting de las labores subterráneas. Concluyo: El Porvenir son el resultado de la interacción de los esfuerzos, estructuras y el tipo de roca, provocados por las excavaciones subterráneas. Las observaciones, monitoreo y ensayos realizados nos han permitido definir el dimensionamiento de las labores, para un trabajo seguro.

Sovero, O. (2017), el objetivo diseñar un sistema amortiguador mediante la metodología del diseño VDI 2221 y 2225 para controlar desgaste de cable de acero del sistema de carguío de mineral de Sociedad Minera Corona S.A. – Yauricocha. Llegando a la conclusión: Utilizando el método normalizado VDI 2221 - 2225 se diseñó un Sistema amortiguador para controlar el desgaste de cable de acero en el sistema de carguío de mineral de la empresa Sociedad Minera Corona en su unidad Yauricocha para una carga total de 12 Toneladas.

Bustamante, A. (2008), cuyo objetivo fue lograr una producción eficiente y una buena productividad en las operaciones, sin lesiones, daños en equipo, ni paradas de las operaciones. Concluyendo: El software phase2 es una herramienta importante que permite determinar entre cosas el tipo de sostenimiento de labores, tipo de voladura a realizar, que se

determina la sección de excavaciones subterráneas a realizar.

Luna, A. y Muñante, J. (2016), cuyo objetivo fue sustentar de qué manera la mejora del proceso de cambio de cables de acero en el sistema de Izaje en Piques de socavón mejoraría el proceso de mantenimiento en la Cía. Minera Casapalca 2016. Conclusión: Se pudo observar que la reducción de horas en el proceso de cambio de cables de acero en el sistema de izaje de piques de socavón es viable.

En el año 2013 la empresa incimmet presto el primer servicio a nivel nacional.

1.1 Objetivos de la investigación

El objetivo del estudio es comparar el costo del cable bolting en minería subterránea aplicado en Compañía Minera Volcán S.A.A. y Compañía Minera Milpo S.A., realizar la comparación de la aplicación de cable bolting de la Compañía Minera Volcan S.A.A. y Unidad Minera del Porvenir.

II. Metodología

La Empresa Minera Volcán – Unidad Minera Carahuacra y Unidad Minera Porvenir –Compañía Minera Milpo. La presente investigación referenciando como un tipo de investigación analítica lleva una metodología de un análisis bibliográfico usando la referencia de Niño, V. (2011) “*Metodología de Investigación*” donde

especifica realizar un análisis bibliográfico de los repositorios nacionales.

2.1 Población de muestra

La población en la presente investigación está conformada de todas las investigaciones nacionales y las muestras son de tipo no probabilístico de los cuales solo toma la cantidad de cinco investigaciones realizadas en diferentes empresa mineras subterráneas.

La descripción de materiales a utilizar en la investigación, son de manera básica y social los cuales son:

Software Mendeley: para el uso de las citas de los textos, tesis, revistas y artículos citados en la presente investigación

Referencias Bibliográficas: como fuente de información.

2.2 Tipo de investigación

Siendo la investigación de tipo descriptivo analítico, mediante el criterio de Hernández, R, Fernández, C, y Baptista, P. (2013), lo cual menciona “*que los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de grupos (...) que sea sometido a análisis*”.

Además Hernández, R, Fernández, C, y Baptista, P. (2013), lo cual menciona “*desde el punto de vista científico , describir es medir, esto es un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así - y valga la*

redundancia – describir lo que se investiga”

2.3 Diseño de investigación

Según Carrasco, S. (2005), menciona que *“es un conjunto de estrategias procedimentales y metodológicas definidas previamente para desarrollar el proceso de Investigación”*. En el diseño de investigación es un diseño no experimental de un diseño general Transaccional - Descriptiva lo cual esta clase de investigación no se manipula ninguna de las variables, y se realiza el proceso de recolección de datos por una sola vez o un solo tiempo.

2.4 Método de investigación

Bajo un método de investigación de enfoque cuantitativo un método fenomenológico se toma la explicación de la autor Behar, D. (2008) Donde menciona *“el método fenomenológico no parte de un diseño de una teoría, sino de un mundo conocido, del cual hace un análisis descriptivo en base a las experiencias compartidas”*, las experiencias compartidas tomadas son las tesis ya realizadas mencionadas en el acápite del obra de arte lo cual serán analizados este fenómeno en la presente investigación, esto se recalca que se toma un método fenomenológico teniendo los siguiente procedimientos.

Primero se opta por la búsqueda de información de la investigación en diferentes repositorios a nivel nacional.

Segundo se realiza el método de tamizaje de investigaciones mediante el diagnóstico de la matriz de consistencia con los respectivos objetivos y los logros alcanzados en la investigación, dicha selección se introduce al software de mendeley para el citado correspondiente previo análisis.

Las investigaciones seleccionadas se realizan el resumen correspondiente de objetivo y conclusiones y redactados en el acápite de estado de arte para luego su respectivo análisis documental.

III. Resultados y discusión

3.1 Características del cable bolting como uso para sostenimiento en minería

En minería subterránea, los cables de anclaje son efectivos para detener el movimiento de la roca encajonante de los tajeos de explotación y otras excavaciones mayores.

- En la instalación de los cables deberá tenerse en cuenta lo siguiente: El diámetro de la perforación debe ser tal que permita el ingreso del cable y de las mangueras de inyección y purga. La relación agua/cemento (a/c) de la pasta de cemento deberá ser lo suficientemente baja (ej. a/c = 0.3) para que el cable adquiera una alta

resistencia al arranque. El empleo de aditivos ayudará a reducir al máximo la relación agua/cemento. (ej. súper plastificantes, agentes reductores de agua etc.).

- La elección de la bomba adecuada es fundamental para la inyección de pasta de cemento muy viscosa (baja relación agua/cemento).
- De los dos métodos de inyección que existen: inyección por la boca de taladro y/o por el fondo del taladro, se deberá elegir aquel que garantice el llenado total del taladro, sin que se produzcan vacíos (burbujas) interiores que reducirán el esfuerzo de confinamiento. El diámetro mínimo de la manguera de purga deberá permitir la circulación de la pasta de cemento por ella. El retorno de la pasta de cemento por la manguera de purga, indica que el taladro ha quedado completamente inyectado.

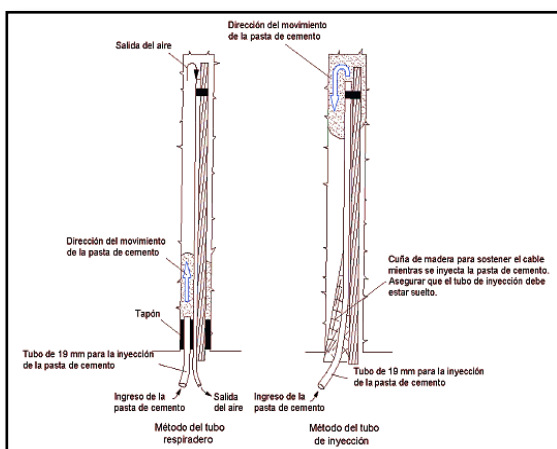


Figura 1. Métodos de inyección de cables de anclaje (Hoek & Brown, 1995)

“El cable bolting es un cable de acero que tiene una estructura conformada por 7 hilos de acero con un diámetro total de 5/8” y una longitud de 20 metros, a los cuales se le inyecta pasta de cemento para darle mayor estabilidad a las labores de explotación” (ver figura 1). (Ortega & Pozo, 2014)

Las propiedades de los cables bolting utilizados para el sostenimiento en la minería subterránea deben tener el peso unitario de 1.10 Kg/m, con una longitud de 20 metros, y el diámetros del cable es de 5/8” x 7 Hebras, a más detalles se muestra en la figura 2

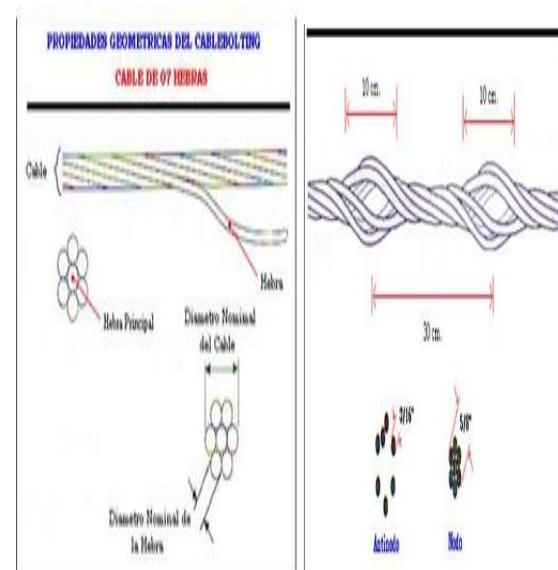


Figura 2. Propiedades geométricas del cable bolting (Mucha A. , 2019).

3.2 Equipos usados y materiales para la instalación de cables bolting

Entre los equipos utilizados para la instalación de los cables bolting usualmente se utilizados son las perforadoras de taladros largos como por

ejemplo en la compañía minera volcán, se utiliza en Jumbo Cabol 7 que es un equipo de bajo perfil, Long Hole, diseñado para realizar perforaciones radiales en un radio de 360° y una longitud de 20 metros, tiene incorporado una bomba para bombear pasta de cemento más un carrete con cable de acero el cual inserta en forma automática al taladro.

“Las herramientas y materiales utilizados son el cable de acero de tipo conveniente (Ejemplo Nutcaged 5/8” ø con una longitud variable de 20 m, con abultamiento cada 0.30 cm, Tubo de polietileno HDPE de 19 mm de diámetros, Waype , Cuñas de madera 2” x 3” x 15, Cinta aislante de plástico de 3/4” x 20.00 mm(rollo), Bomba de Inyección, Cizalla, Probador de energía, Cutter, llave francesa, alicate de presión, Comba de 4Lb, arco de cierra, Cordón con banderines de bloqueo de seguridad, Bastón luminoso, pantalla luminaria, Ganchos en forma de S aisladas, Cuaderno de Reporte.” (Mucha A. , 2019).

3.3 Características aceptables y óptimas de la labor para el uso de cables bolting para sostenimiento

Las propiedades aceptables se dividen de acuerdo a la geometría del yacimiento, aspectos Geotécnicos, Aspecto

Económicos, que se desarrollan a continuación.

3.3.1 Geometría del yacimiento

Para empezar la geometría el primer requisito es que debe ser una forma tabular, con una potencia media sin importar el buzamiento de las labores debido a que muchos sostenimientos se realiza mediante perforaciones de tipo abanico pero lo más óptimo es de buzamiento vertical, a más detalles de muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Geometría del Yacimiento para el uso de cables bolting

Descripción	Aceptable	Óptimo
Forma	Tabular	Tabular
Potencia	Media	Grande
Buzamiento	Cualquiera	Vertical
Tamaño	Medio	Grande
Regularidad	Media	Alta

Fuente: (Mucha A. , 2019)

3.3.2 Aspectos geotécnicos

En los aspecto geotécnicos la resistencia del yacimiento es sumamente importante en el procesos de uso de los cables bolting lo cual las propiedades aceptables son Resistencias del techo mayores a 100Mpa y para resistencia de mena mayores a 50 MPa., y se espera la fracturaciones sean de media a alta para lograr enlazar los cuerpos y evitar la caída de Rocas (Campos, 2009) (ver tabla 2).

Tabla 2. Aspectos técnicos para el uso de cables bolting.

Descripción	Aceptable	Óptimo
Resistencia (Techo)	.> 100MPa	.> 50MPa
Resistencia (Mena)	.> 50MPa	.> 50MPa
Fracturación (Techo)	Media-Alta	Alta
Fracturación (Mena)	Media	Baja
Campo Tensional In-situ (Profundidad)	< 1000 m	< 500 m
Comportamiento Tenso-Deformacional	Elástico	Elástico

Fuente: (Mucha A. , 2019)

3.3.3 Aspectos económicos

Dentro de aspectos económicos lo más importantes a considerar es el ritmo de la explotación y es muy dependiente de la productividad de la empresa debido a la generación de costos en el ámbito de la instalación, para más detalles ver tabla 3.

Tabla 3. Aspectos económicos para el uso de Cables Bolting

Descripción	Aceptable	Óptimo
Valor Unitario de la Mena	Bajo	No aplicable
Productividad y ritmo de Explotación	Alto	No aplicable

Fuente: (Mucha A. , 2019)

3.3.4 Ventajas y desventajas del cable bolting

Ventajas se detallan a continuación

- El método puede ser aplicado en roca "de muy competente a moderadamente competente".

- Puede adecuarse a cuerpos irregulares y angostos.
- Dadas las características de configuración y de operación, este método es altamente mecanizable, permitiendo importantes reducciones de costos operativos.
- Al no quedar pilares sin explotar, la recuperación puede ser alta.
- El método es aplicable a recuperación de pilares en labores explotadas.
- Se puede variar el ritmo de producción con facilidad permitiendo gran flexibilidad.
- La estandarización y especialización de las actividades mineras y del equipamiento permite una alta flexibilidad de las operaciones y una utilización de los equipos en distintos niveles.

Desventajas se detallan a continuación:

- Se debe admitir un cierto grado de dilución del mineral.
- Se debe implementar un control de producción acucioso.
- Existen pérdidas de mineral; al llegar al punto límite de extracción, el mineral altamente diluido remanente se pierde, además se pueden generar zonas pasivas, es decir, sin escurrimiento, lo que implica pérdidas.
- El método requiere un alto grado de desarrollos y preparaciones.

3.3.5 Costo de instalación de cable bolting

Para el análisis de la instalación de cables bolting se analiza dos procedimientos en distintas investigaciones cuyos títulos son “*Aplicación de cable bolting como reforzamiento del sostenimiento para poder estabilizar al macizo rocoso, en la unidad de producción Carahuacra – Compañía Minera Volcán S.A.A*” (Mucha A. , 2019), y la otra investigación titulada “*El cable Bolting como sostenimiento del macizo rocoso en la unidad minera del porvenir compañía minera Milpo*” (Huaman, 2016) ambos de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, donde se detalla los resultados en la tabla 4.

Tabla 4. Costo de instalación en materiales del cable bolting

Descripción	(Mucha A. , 2019)*	(Huaman, 2016)**
Tonelaje	5720	5720
Espesor de Cable	1.5 x 2.50	1.5 x 2.50
N° de Cables	57	57
Costo cable 6.00 mts(US\$)	308	308
Costo cable 4.00 mts(US\$)	7.6	10
Costo Cuña barril (US\$)	4.55	6.6
Placa (US\$)	7.9	6.5
Costo Cemento (US\$)	3.6	3.6
Costo Tubería (US\$)	0.55	0.58
Costo Material (US\$)	1680.85	1790.84
Costo por tonelada (US\$)	0.29	0.31
Costo por metros de Cable	1.9	2.21

*Compañía Minera Volcán S.A.A

**Unidad minera del porvenir compañía minera Milpo

Fuente: análisis de las investigaciones

IV. Conclusiones

En el análisis comparativo según los resultados obtenidos en las empresas mencionadas se evidencia que en como la Compañía minera Volcán S.A.A tiene un costo de 0.29 \$/tm y el costo por metros de cable instalado es de 1.9 \$/m siendo la investigación en el año 2019, y a diferencia del unidad minera porvenir de la compañía minera Milpo tiene un costo de 0.31 \$/tm y en costo por metro de cable instalado es de 2.21 \$/m recalando que dicha investigación se realizó en el año 2016.

La instalación de cable bolting también se ejecuta en los tajos para evitar dilución de mineral al explotar.

Se utiliza para labores antiguas expuestas dando una estabilidad con la inyección de cable bolting.

Agradecimientos

A mi mamá Carmen Jalixto por su amor infinito, compresión en momentos de rebeldía y su gran apoyo indispensable en mi vida universitaria. A mi papá Adolfo Nina por su cariño y apoyo.

A mi hermana Milagros por su amor, cariño y darme ánimos, a mi hermana Mirian por su amor y su paciencia.

Agradezco a toda la gente que conocí en este camino, me dieron alegrías y ganas de seguir adelante en momentos de dificultad.

Referencias

- Behar, D. S. (2008). Metodología de la Investigación. Editorial Shalom.
- Bustamante, A. (2008). Geomecánica aplicada en la prevención de pérdidas por caída de rocas Mina Huanzala.-CIA Santa Luisa S.A. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.(Tesis)
- Campos, A. (2009). Análisis y selección de cables formados por torones para el manejo de cargas en grúas. Mexico: Instituto Politecnico Nacional. Recuperado el 17 de octubre de 2019, (Tesis)
- Carrasco, S. (2005). Metodología de investigación científica. Lima, Peru: San Marcos. doi:9972 - 34 - 242 - 5
- Crisóstomo, M. (2016). Tendido de cable y conexión en subestación. G&C, 2,9.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2013). Metodología de Investigación (Vol. 5ta Edición). Mexico: MCGRAW-HILL. doi:ISBN 968-422-931-3
- Hoek, E., & Brown, C. (1995). Excavaciones Subterráneas en Rocas. Mexico: Mc Graw Hill.
- Huaman, K. (2016). El cable Bolting como sostenimiento del macizo rocoso en la unidad minera del porvenir compañía minera Milpo. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion. Recuperado el 17 de octubre de 2019, (Tesis)
- Lopez, C. (2002). Manual de Perforacion y voladura de roicas. Escuela Tecnica Superior de Ingeniero de Minas.
- Luna, A., & Muñante, J. (2016). Mejora del proceso de cambio de cables de acero en el sistema de Izaje en piques de socavón de la compañía minera Casapalca. Lima: Universidad Privada del Norte. Recuperado el 17 de octubre de 2019 (Tesis)
- Mucha, A. (2019). Aplicación de cable bolting como reforzamiento del sostenimiento para poder estabilizar al macizo rocoso, en la unidad de producción Carahuacra – Compañía Minera Volcán S.A.A. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion. Recuperado el 17 de octubre de 2019, (Tesis)
- Navarro, R. (2004). Manual de anclajes en ingeniería civil (Riesgo en la Minería Subterránea, ed.). Chile, Gobierno Nacional de Chile: U.D. Proyectos Servicio Nacional de Geología y Minería (SNGM).
- Niño, V. (2011). Metodología de la Investigación. Bogota, colombia: Ediciones de la U 2011.
- Sovero, O. (2017). Diseño de sistema amortiguador para controlar desgaste del cable de acero en sistema de carguío de mineral de S.M.C.S.A. – Yauricocha. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru. (Tesis)