



ANEXO 1

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON EL FINANCIAMIENTO DEL FEDU

1. Título del proyecto

REDUCCIÓN DE LOS COSTOS DE SERVICIOS AUXILIARES E INCIDENTES POR CAÍDA DE ROCAS UTILIZANDO LA VOLADURA CONTROLADA EN LA MINA TOQUEPALA – SPCC

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
Geología, Minas y Metalurgia	Servicios auxiliares requeridos en operaciones mineras	

3. Duración del proyecto (meses)

12 meses

4. Tipo de proyecto

Individual	<input type="radio"/>
Multidisciplinario	<input checked="" type="radio"/>
Director de tesis pregrado	<input type="radio"/>

4. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	Terán Dianderas Amílcar Giovanni
Código Docente	2007913
Escuela Profesional	Ingeniería de Minas
Celular	985007038
Correo Electrónico	agteran@unap.edu.pe

Apellidos y Nombres	Salas Urviola Fernando Benigno
Código Docente	2100901
Escuela Profesional	Ingeniería de Minas
Celular	978211841
Correo Electrónico	fbsalas@unap.edu.pe

Apellidos y Nombres	Chayña Rodríguez Arturo Rafael
Código Docente	2011305
Escuela Profesional	Ingeniería de Minas
Celular	932021153
Correo Electrónico	ingarturofim@unap.edu.pe

- I. Título (El proyecto de tesis debe llevar un título que exprese en forma sintética su



contenido, haciendo referencia en lo posible, al resultado final que se pretende lograr.
Máx. palabras 25)

REDUCCIÓN DE LOS COSTOS DE SERVICIOS AUXILIARES E INCIDENTES POR CAÍDA DE ROCAS UTILIZANDO LA VOLADURA CONTROLADA EN LA MINA TOQUEPALA – SPCC

II. Resumen del Proyecto de Tesis

La caída de rocas representa un peligro y riesgo para el personal de voladura de EXSA y otras contratadas, equipos de voladura, personal de SPCC, así como otros equipos de la compañía minera SPCC que labora en las tres fases de minado de la mina Toquepala. La sobrerotura además del riesgo, también genera costos excesivos en los servicios auxiliares, pues demanda mayor uso de equipos auxiliares para la remoción de escombros, limpieza de rampas para no ocasionar demoras en el transporte de los camiones y otros vehículos de transporte. Asimismo, la sobrerotura de las paredes de banco genera dilución del mineral económico por la mezcla con el desmonte y reducción del valor por tonelada del mineral. Por ello, el objetivo de esta investigación es reducir los costos y riesgos adicionales causados por la sobrerotura en las paredes y taludes de banco aplicando la voladura controlada en la fase 3, fase 4 y fase 5 del tajo Toquepala. Para lograr el objetivo principal, esta investigación será aplicada con un diseño cuantitativo - descriptivo en el que se utilizará los taladros de precorte como primera acción para perfilar las paredes del banco, y como segunda acción se empleará los taladros recorte (trim) para amortiguar el impacto de la voladura de producción sobre el contorno de las paredes y taludes de banco. Ello permitirá disminuir la amplitud de las sobreroturas (metros) ocasionadas por la voladura de producción en la fase de minado 3, 4 y 5; generándose geometrías del pit más estables y condiciones operativas más favorables, con lo cual se reducirá los riesgos en caída de rocas y los costos adicionales por demoras en el transporte de camiones, operaciones auxiliares en la remoción de escombros y la dilución del mineral en las tres fases de minado del tajo Toquepala.

III. Palabras claves (Keywords)

Voladura controlada, taladros de precorte, y recorte, perfilado de taludes de banco.

IV. Justificación del proyecto

En la mina Toquepala – SPCC la envergadura de la voladura de producción o primaria es colosal debido a que usa taladros de 11” y 12 ¼” los cuales detonan 730 kg-exp/tal y 900 kg-exp/tal en mallas de 150 a 300 taladros. De acuerdo a Yana, Hinostroza y Vera (2017), el uso del agente explosivo Quantex 73 y los detonadores electrónicos ha mitigado en gran medida las vibraciones y sus efectos adversos sobre las paredes de banco; no obstante, la caída de rocas que es un riesgo muy relevante en las operaciones del tajo Toquepala todavía es un problema latente. Se ha determinado que además de las vibraciones, la sobrerotura en las paredes y taludes de banco es un factor preponderante en la presencia de caída de rocas sobre las zonas operativas de la fase 4 y fondo de mina/fase 3, zonas de parqueo, rampas de acceso, curvas, etc. Por ello, la voladura controlada con el uso de taladros de precorte y taladros de recorte en la voladura producción puede mejorar el perfilado de las paredes de banco disminuyendo la incidencia la sobrerotura, obteniéndose así zonas más estables. Esto mitigaría la caída de rocas y el consecuente riesgo sobre el personal y equipos que labora dentro del tajo Toquepala; asimismo, se reducirían sus costos adicionales en remoción de escombros por equipos auxiliares, demoras en el transporte de camiones y dilución del mineral

V. Antecedentes del proyecto

VERA (2018): El presente trabajo es un informe profesional que tiene por objetivo describir como el agente de voladura Quantex 73, que es una emulsión gasificable de baja densidad,



ha aportado directamente al proceso de implementación de la voladura controlada moderna. Si bien la mina Toquepala implemento los detonadores electrónicos a sus disparos para reducir la dispersión de la iniciación tipo Nonel, el reemplazo del Heavy Anfo 55 por el Quantex 73, ha permitido eliminar en gran porcentaje los gases nitrosos, así como de reducir en gran medida las vibraciones. De acuerdo a sus conclusiones la VPP (velocidad pico partícula) registrado promedio fue de 133.46 mm/seg; es decir, 37% menos que la VPP Crítica promedio que es 212.43 mm/seg. Con el uso de Heavy Anfo 55, las vibraciones registradas siempre eran muy cercanos al valor crítico, y en varias ocasiones, estos valores eran mayores al valor crítico. Conforme a las técnicas modernas de voladura controlada, el uso de las emulsiones gasificables es un ítem que aporta en gran medida a la voladura controlada. No obstante, el informe se centra en los disparos donde se encuentran los tres tipos de taladros: producción, trim y precorte. Y no describe a las zonas donde todavía, por falta de disponibilidad de equipos, no se hace la implementación total de la voladura controlada. De tal manera que en la mina Toquepala, aún tiene zonas donde la voladura controlada es incompleta y todavía se presenta la sobrerotura por la falta de taladros de precorte de taladros trim. Sin embargo, el informe ya nos muestra como precedente el uso de detonadores electrónicos y el uso del Quantex para disminución de las vibraciones, además que muestra un panorama satisfactorio en zonas donde la voladura controlada es aplicada totalmente.

YANA (2017): El presente trabajo tiene por objetivo evaluar la aplicación del agente explosivo Quantex en los resultados de fragmentación para reducir los costos de voladura en el tajo de la mina Toquepala. Para obtener los resultados en esta investigación se utilizó la metodología descriptiva – explicativo. Se describió las deficiencias del Heavy Anfo 55 y se explicó a través de la hipótesis que con el explosivo Quantex se mejoraría la fragmentación de la roca con un menor costo de voladura. El Quantex 73 le dio la oportunidad a la mina Toquepala de reducir los costos de voladura hasta en un 8.64% en comparación al uso del heavy Anfo 55. Es una oportunidad, porque hubo un potencial ahorro de hasta 10 millones de dólares por año. El Quantex no solo mejora la fragmentación, sino que también ayuda en gran medida a las técnicas modernas de voladura controlada. En esta investigación se muestra la reducción de las vibraciones, la mitigación de los humos naranja y por supuesto la reducción de los costos de voladura. No obstante, en esta investigación no se muestra la variabilidad de las densidades del Quantex, el cual es determinante en la fragmentación de rocas, pues cada fase de minado y cada proyecto según su condición, utiliza una densidad de Quantex 73 distinta. Asimismo, para seguir reduciendo los costos de voladura, sería importante la inclusión de un modelo de predicción de la fragmentación, el cual ayudara mejorar la performance de los costos de perforación y voladura ya que la mina Toquepala posee la suficiente data como para crear su propio modelo de predicción de la fragmentación de sus rocas.

CUEVA (2015): El presente trabajo es una exposición donde se describe las técnicas tradicionales y modernas de la voladura controlada en minería a cielo abierto. Como tal la voladura controlada tiene los siguientes objetivos: “Mantener un equilibrio en las actividades sociales del entorno controlando los niveles permisibles de ruido, vibraciones y control de los gases residuales de la voladura; Continuidad de las operaciones y de la vida de útil de la mina; Taludes y paredes estables; Reducción de los niveles de vibraciones. No generar proyección de rocas”. No obstante, en esta exposición se recalca que aplicar técnicas modernas de voladura controlada requiere mayor inversión que para las voladuras controladas convencionales, pues la voladura controlada convencional solo se enfoca en la estabilidad de las paredes. Mientras que, las técnicas modernas de la voladura controlada son un paquete completo que requiere: 1) La perforación de tres tipos de taladros: producción, buffer (o trim como se conoce en Toquepala), y los de precorte (estos deben ser de diámetro inferior. 2) Diseño y simulación de voladuras en softwares especializados. 3) Utilización de detonadores electrónicos que eviten la dispersión de los taladros. 4) Utilización de explosivos de baja densidad (emulsiones gasificadas) 5) Utilización de taco especial.



VI. Hipótesis del trabajo

Al aplicar la voladura controlada en el tajo Toquepala se reducen las sobreroturas en las paredes y taludes de banco que causan costos adicionales en los servicios auxiliares y riesgos por caída de rocas.

VII. Objetivo general

Reducir los costos de servicios auxiliares y riesgos por caída de rocas causados por la sobrerotura en las paredes y taludes de banco del tajo Toquepala

VIII. Objetivos específicos

- Determinar las mejores actividades adicionales para reducir la sobrerotura producida por la voladura de producción en el tajo Toquepala.
- Evaluar los riesgos por caída de rocas producidas por las sobreroturas en la voladura de producción del tajo Toquepala.
- Determinar los costos aplicando mejoras en la voladura en el tajo Toquepala.

IX. Metodología de investigación

Esta investigación es de tipo Explicativo - Exploratorio. Es explicativo, pues se detallará como la caída de rocas, que es causada por la sobrerotura, genera costos y riesgos adicionales en las operaciones de la fase 3, 4 y 5 del tajo Toquepala. Ya que, los riesgos por caída de rocas, de acuerdo a las definiciones de las normas de seguridad, pueden generar daños a las personas, equipos y el ambiente; los cuales se traducen en costos por la pérdida que producen. Asimismo, la caída de rocas genera costos en las operaciones del tajo Toquepala, pues producen demoras en el transporte de camiones y otros vehículos al obstruir las rampas, ya que un camión de transporte de gran tonelaje está prohibido pisar fragmentos de rocas. Esto fragmentos necesariamente deben ser limpiados por equipos auxiliares, los cuales también generan otros costos operativos. Por último, la sobrerotura también causa dilución del mineral al mezclarlo con el desmonte. Tras aplicar la voladura controlada, se busca reducir los riesgos y los costos asociados a la caída de rocas los cuales son causados por la sobrerotura de la voladura de producción en la fase 3, fase 4 y fase de la mina Toquepala. Y es exploratorio, ya que existe solamente un antecedente referido a la aplicación de la voladura controlada, no obstante, ninguna a los costos de servicios auxiliares por limpieza de materiales y riesgos por caída de rocas que genera la sobrerotura por la voladura primaria.

X. Referencias

BERNAOLA, J., CASTILLA, J., & HERRERA, J. (2013). *Perforación y Voladura de Rocas en Minería*. Madrid, España: E.T.S. De Ingenieros de Minas de Madrid.

CUEVA, O. E. (2015). *Técnicas Modernas de Voladuras Controladas en Minería a Cielo Abierto*. Arequipa, Perú.: Encuentro: Tecnología e Investigación.

D.S. N° 024-2016-EM. (2016). *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería*. Lima, Perú: MACRO.



ENAEX S.A. (2013). *Manual de Tronadura ENAEX S.A.* Chile: S.E.

EXSA S.A. (2011). *Manual Práctico de Voladura.* Lima, Perú: S.E.

HINOSTROZA, J. R. (2014). *Optimización de la Fragmentación en las Rocas con la Aplicación de la Doble Iniciación Electrónica en la Explotación de Cobre Porfirítico a Cielo Abierto* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

VERA, J. P. (2018). *Optimizar el Uso del Quantex para Reducir Los Daños Estructurales en el Talud de la Mina Toquepala* (informe profesional). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.

YANA, F. (2017). *Evaluación del Agente Explosivo Quantex en los Resultados de Fragmentación para la Reducción de los Costos de Voladura en el Tajo de la Mina Toquepala* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto

- ❖ Las técnicas modernas de voladura controlada están siendo aplicadas en minas a tajo abierto que tienen altos estándares en control de calidad de sus operaciones; por ello, siendo la mina Toquepala perteneciente a la gran minería, ha comenzado el proceso de implementación de la voladura controlada. Como parte del proceso, los taladros de recorte y precorte, forman parte fundamental de la voladura controlada en la mina Toquepala, que implementándose en todas sus operaciones de perfilado de paredes y taludes de banco puede mejorar la performance de la estabilidad de tajos y mejorar la performance de sus operaciones haciéndolo sostenible en el tiempo.
- ❖ En este estudio de investigación se verá un análisis de costos – beneficio. El costo estará por el lado de la inversión en equipos de perforación secundaria además sus respectivos costos operativos – unitarios de la voladura secundaria. El beneficio a perseguir será la reducción de la sobrerotura en gran parte del tajo Toquepala para hacer sostenible la estabilidad del pit a lo largo del tiempo. Comparándolos se verificará si el beneficio es mayor al costo a realizar.

XII. Impactos esperados

i. Impactos en Ciencia y Tecnología

Este estudio tendrá impactos en ciencia y tecnología, referido al control de la sobrerotura en los bancos de la mina a tajo abierto.

ii. Impactos económicos

El principal impacto económico que tendrá este estudio estará en los costos de perforación y voladura, ya que implementar la voladura controlada de 30% a 70% en exigencia operativa sobre el perfilado de paredes y taludes de banco, requerirá la inversión y posterior adquisición de perforadoras para taladros de precorte y perforadoras para taladros trim. Asimismo, implementarlo en las operaciones generará un aumento en los costos operativos de perforación y voladura. Sin embargo, se espera reducir los costos de servicios auxiliares, aumentar el valor por tonelada del mineral, y reducir el costo potencial del accidente por caída de rocas.



iii. Impactos sociales

En la mina Toquepala, el campamento es casi una ciudad donde habitan familias enteras y donde se desarrolla actividades sociales como en cualquier ciudad del Perú. Al realizar una voladura controlada dentro del tajo de la mina Toquepala impactara positivamente en la tranquilidad social de los habitantes de la ciudad de Toquepala, puesto que los impactos remanentes de la voladura primaria serán minimizados positivamente.

iv. Impactos ambientales

Este estudio no tendrá impactos ambientales.

XIII. Recursos necesarios

Con respecto a los recursos necesarios, para que este estudio de investigación pueda desarrollarse satisfactoriamente, será importante la adquisición de equipos en perforación secundaria dirigida a los taladros de precorte, y también equipos en perforación primaria que cubra la exigencia de los taladros de recorte. Es por ello que la empresa "Southern Peru Copper Corporation", tiene previsto realizar una inversión en la adquisición de estos recursos.

Para la toma de datos de necesitaran herramientas y equipo:

Brújula magnética tipo brunton.

Cinta métrica y fexometro.

Cordel.

Pintura en sprite.

Picota de geólogo.

Libreta de apuntes.

Cartillas geomecanicas.

EPP completo.

Uso de computador para la elaboración de documentos.

Uso de un ordenador con software's que no sirvan de apoyo para el análisis e interpretación de datos.

Uso de información actualizada sobre tecnología de explosivos.

XIV. Localización del proyecto (indicar donde se llevará a cabo el proyecto)

La presente investigación se llevará a cabo en la mina Toquepala está ubicado geográficamente en el distrito de Ilabaya, en la parte Nor-Oeste de la Provincia de Jorge Basadre y a una altitud de 1,425 m.s.n.m., a 17°36' de altitud Sur y a 70°45' de longitud Oeste. La distancia del pueblo de Ilabaya, capital del Distrito del mismo nombre, a la capital del departamento Tacna, es de 133.06 Km.

XV. Cronograma de actividades

Actividad	Trimestres			
	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Revisión de la literatura: artículos científicos, Tesis, libros, simposios, etc.	XX	XX	XX	XX
Selección de la población y muestras, revisión de bibliografía.		XX		
Análisis de los datos obtenidos.			XX	



Elaboración del informe de resultados.			XX	XX
Elaboración del borrador de la investigación.				XX

XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Laptop i7	global	4 500.00	01	4 500.00
Impresora	global	1 500.00	01	1 500.00
Internet 30 MBS	año	100.00	12	1 200.00
Línea de celular (03 integrantes)	año	55.00	36	1 980.00
Luz eléctrica (03 integrantes)	año	0.45	3 600	1 620.00
Útiles de escritorio	global	100.00	03	300.00
Copias, fotos	global	150.00	03	450.00
Pasajes varios	global	200.00	03	600.00
Alimentación y estadía	global	500.00	03	1 500.00
Imprevistos	global	700.00	01	700.00
TOTAL				14 350