



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

INFLUENCIA DEL CAMBIO DE BOOSTER EN TALADROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LOS COSTOS OPERATIVOS DE UNA MINA DE ORO A TAJO ABIERTO EN CAJAMARCA 2021

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Brain Adrian Torres Hidrogo
Flor Yaneli Uriarte Sanchez

Asesor:

Ing. Víctor Eduardo Alvarez León

<https://orcid.org/0000-0001-8466-6616>

Cajamarca – Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Ing. Miguel Ricardo Portilla Castañeda	CIP 122707
	Nombre y Apellidos	N° DNI

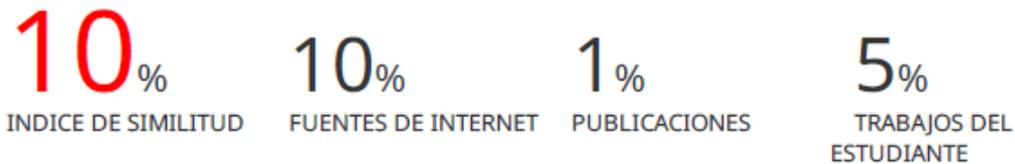
Jurado 2	Ing. Danyer Stewart Girón Palomino	CIP 121969
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3	Ing. Gladys Sandi Licapa Redolfo	CIP 121969
	Nombre y Apellidos	N° DNI

INFORME DE SIMILITUD

TESIS V1 FLOR URIARTE Y ADRIAN TORRES

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
5	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	www.studocu.com Fuente de Internet	<1%
7	core.ac.uk Fuente de Internet	<1%
8	www.elsevier.es Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.uesiglo21.edu.ar Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

A mi familia que siempre confió, creyó y apoyó en todo este largo camino para ser un profesional, tanto padre y madre inculcaron siempre los valores de la humildad, superación y mucho sacrificio, teniendo en cuenta que sin su gran ayuda no lo hubiera logrado, lo que contribuyó en el día a día para la consecución de este logro, esperando contar siempre con su valioso apoyo, por tales motivos les dedico el presente trabajo a ellos. Los quiero infinitamente.

Brain Torres

Dedico este trabajo a Dios por ser el creador de todas las cosas y guiar mi camino. A mis padres y demás familiares por ser mis primeros maestros y mi razón de ser, por su apoyo incondicional que me dan la fortaleza necesaria para seguir adelante.

Flor Uriarte

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitirte vivir, tener una gran familia y amigos que me apoyaron siempre para lograr mi objetivo, me siento muy feliz por la confianza que depositaron en mí y en la carrera profesional que elegí sin juzgarme, sin ellos nada hubiera sido posible, no fue un camino sencillo, pero con sus consejos y valores que me inculcaron desde siempre todo se hizo menos complicado, por todos esos motivos agradezco a ellos el culminar exitosamente esta tesis, haciéndoles presente mi gran afecto hacia ustedes. Gracias totales.

Brain Torres

Con gratitud a mi asesor de tesis Ing. Víctor Eduardo Alvarez León, gracias por su apoyo, por su tiempo, así como la sabiduría que me brindo en el desarrollo de mi formación profesional.

Flor Uriarte

Tabla de contenidos

JURADO EVALUADOR	4
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDOS	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	14
CAPITULO III: RESULTADOS	18
CAPITULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	23
REFERENCIAS.....	29
ANEXOS.....	30

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	18
Tabla 2.....	20
Tabla 3.....	21

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	18
Figura 2	20
Figura 3	21
Figura 4	21
Figura 5	21
Figura 6	31
Figura 7	31

RESUMEN

El estudio tiene por objetivo determinar la influencia de cambio de booster en taladros de perforación y voladura en los costos operativos del epitermal de oro de Yanacocha, Cajamarca durante el año 2021. Para ello se realiza una investigación aplicada, con diseño experimental y con un enfoque cuantitativo. Para la recopilación de información se emplean técnicas como análisis documental que consiste en la toma de datos de los reportes de guardia, hojas de la voladura haciendo uso de 2 tipos de booster de ½ libra y 1 libra en diferentes taladros. La observación, pues consiste en verificar el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, para poder determinar la influencia. También se emplea los siguientes instrumentos de recolección de datos: Instrumento 01: Base de datos de reportes diarios de trabajo, haciendo uso del booster de ½ libra y 1 libra en diferentes taladros para afianzar la buena fragmentación del macizo rocoso. Ver anexo 01. Instrumento 02: Datos estadístico del factor de potencia de acorde al booster utilizado en diferentes taladros en un proyecto minero de oro, Cajamarca 2021. Ver anexo 02. Para los cuales, se utilizaron hojas de campo y se diseñaron formatos de evaluación en Excel, de acuerdo al procedimiento en las etapas que integran el proceso de la investigación (planificación, obtención de datos, análisis de la información contenida en las variables y comunicación de resultados). De los resultados, se concluye que, el cambio de booster en los taladros de perforación y voladura, influyen significativamente en los costos operativos; es decir que en un trimestre al cambiar un booster de ½ libra por una libra, se obtuvo un ahorro de US\$12,000, estimándose así un ahorro en el año 2021 de US\$ 860,000 en el costo total de minado. La hipótesis se acepta debido que cumple con la optimización de costos.

Palabras clave: Booster, Iniciador, Perforación y Voladura, Costos operativos

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Actualmente la industria minera se encuentra en la búsqueda de excelentes productividades en sus operaciones y procesos, de calidad a bajo costo, que sean sostenibles y seguras. Por ello, en la voladura se tiene que obtener una óptima fragmentación del macizo rocoso, debido a que una mena más fragmentada y homogénea, disminuye los costos de chancado, favorece el carguío y acarreo, por ende, incrementa el tonelaje tratado en la molienda primaria. Esto repercute en la optimización de costos del ciclo de minado (Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, 2020).

Aunado a lo anterior la (Revista de Minería & Energía, 2019) de Perú, señalan que la fracturación de rocas es el aspecto más importante de la producción y ha sido objeto de muchas investigaciones, ya que se considera que influye en el costo de la perforación y voladura, así como en la eficiencia de todos los subsistemas como la carga, transporte y otros aspectos de las operaciones mineras. Y si no se controla, conducirá a un deterioro económico, social y ambiental.

Metódicamente y con el fin de respaldar la efectividad en el desarrollo de la investigación, se presentan antecedentes Internacionales, Nacionales y Regionales.

En Panamá, (Flores, 2018) señaló que para obtener minerales lo más fragmentados posible desde el punto de vista de la medición del tamaño de las partículas, el iniciador debe cambiarse continuamente, porque este es un punto importante en todo el proceso, ya que obtuvo como resultado porcentajes altos de reducción de costos en cuanto el chancado y molienda afianzando así una notable optimización de costos en todo el ciclo de minado. Se

puede concluir que el costo mensual de perforación y voladura por metro cúbico planificado antes de la optimización es de S/. 111,375.26; luego se redujo significativamente a S/. 109,038.72, lo que equivale a un ahorro mensual de S/. 2.336,54.

En Apurímac, (Durán, 2017) indica que la importancia de este estudio, es el impacto significativo de las voladuras y la importancia del uso de detonadores electrónicos en este proceso. Para desarrollar un análisis comparativo que detalla si algunos sistemas de iniciación electrónico (booster) son mejores que otros en principio, con lo que se puede establecer criterios para identificar sistemas similares en las condiciones geológicas a las que se aplica y decidir qué sistemas gestionar, de esta manera se inicia una serie de aportaciones a la literatura y futuros estudios que serán propuestos y abordados por investigadores posteriores.

En Toquepala (Paredes, 2017) en su investigación concluye que el uso de iniciadores electrónicos (booster) en la voladura es 100% seguro, asegura voladuras periódicas según el plan planificado, mejora los parámetros de perforación y voladura y mejora la fragmentación del macizo rocoso en un 13,0%, lo que reduce la cobertura de volumen. 43,0%. Los arrancadores de voladura electrónicos permitieron reducir el factor de carga hasta en un 9,0%, lo que redujo las voladuras por tonelada. Además, las voladuras y la minería ahorraron US\$ 29.162,56, lo que en 2014 supondrá un ahorro en costos globales de minado de US\$ 1.425.034,35

En relación con los antecedentes abordados, se presentan las siguientes bases teóricas guiadas a cada variable para una mejor comprensión.

La perforación y voladura de rocas en superficie implica el uso de canteras y tajos abiertos, movimientos de tierras y construcción de carreteras, como excavaciones, canales, zanjas, cortes en media ladera y operaciones especiales como rotura de rocas secundarias, demolición controlada y voladuras, pero éstas se realizan principalmente en bancos. El objetivo de la voladura de rocas en minería superficial es, fracturar y remover el material a una granulometría adecuada (Departamento Técnico EXSA S.A, 2016).

Los Booster, están formulados con pentrita y nitroglicerina para asegurar su desempeño cuando son usados con detonadores comerciales (Manual de Perforación, Explosivos y Voladuras, 2020).

La optimización de costos optimiza simultáneamente los costos y una o más respuestas para determinar una configuración de factores que sea económicamente deseable y proporcione valores aceptables de las respuestas. (Lopez & Valencia, 2017).

La investigación, se justifica por los siguientes factores: el primero es el factor económico, de modo que al mejorar la fragmentación del macizo rocoso debido al impacto del cambio de booster en la voladura, el tamaño de los fragmentos que solicita planta en más óptimo, reduciendo los costos de todo el proceso minero metalúrgico (carguío y acarreo en mina, chancado y molienda en planta concentradora). En segundo lugar, tenemos el factor operacional: El booster de media y una libra se utilizan en diferentes perforadoras para reducir los costos operativos, acortar los tiempos de carga, hacer que los equipos de minería y la producción de minerales sean más productivos en la planta y, en última instancia, generar mayores ganancias.

Frente a este suceso, y con la intención de optimizar costos operativos de una mina de oro a tajo abierto en Cajamarca, a través del cambio de booster en taladros de perforación y voladura, el presente trabajo de investigación se basa en la línea de tecnologías emergentes y la sub – línea aplicación de materiales. Puesto que se aplicarán boosters diferentes en un mismo terreno, el cual determinará de manera sustancial la nueva aplicación de material para dar solución enfática a dicha problemática.

1.2. Formulación del problema

A partir de todo lo indicado la investigación se realizó bajo la siguiente pregunta: ¿De qué manera el cambio de booster en los taladros de perforación y voladura, influye en los costos operativos de una mina de oro a tajo abierto en Cajamarca, 2021?

1.3. Objetivo general

Determinar la influencia del cambio de booster en taladros de perforación y voladura en los costos operativos de una mina de oro a tajo abierto en Cajamarca, 2021.

1.4. Objetivos específicos

Determinar la influencia de la aplicación del booster de ½ libra y 1 libra en diferentes taladros en los costos operativos de una mina de oro a tajo abierto en Cajamarca, 2021.

Evaluar el factor de potencia de acorde al booster utilizado en diferentes taladros en una mina de oro a tajo abierto en Cajamarca, 2021.

Identificar los beneficios económicos que dan paso a la optimización de costos operativos de una mina de oro a tajo abierto en Cajamarca, 2021.

1.5. Hipótesis

El cambio de booster en los taladros de perforación y voladura, influye significativamente en los costos operativos de una mina de oro a tajo abierto en Cajamarca,

2021.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación, es del tipo aplicada ya que según el autor (Valderrama, 2015) está estrechamente vinculada a la investigación básica, ya que pueden utilizarse para resolver problemas dependiendo de sus aportes teóricos en sus descubrimientos.

Tiene un enfoque cuantitativo debido a que utiliza la recopilación y el análisis de datos para responder preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas, al mismo tiempo que se basa en el recuento de medidas numéricas y métodos estadísticos para identificar patrones de comportamiento en una población (Arias, 2016).

Asimismo, según (Hernández y otros, 2014) las intervenciones de investigación son experimentales, porque recopilan datos a través de experimentos y los comparan con variables constantes para determinar las causas y/o efectos del fenómeno que se estudia. A menudo se le llama método científico experimental.

La variable independiente, es el cambio de booster en taladros de perforación y voladura, por lo que su hallazgo se determina a través de su aplicación en el mismo terreno.

La variable dependiente, se aprecia en los costos operativos del epitermal de oro, por lo que se depende de su población y muestra.

2.2. Población y muestra

Población

La población se conformó por la utilización de boosters de las empresas FAMESA y EXSA de ½ libra y 1libra, aplicados en diferentes taladros de una mina de oro a tajo abierto en Cajamarca.

Muestra

Por tanto, la muestra se dio mediante la utilización de los 2 tipos de booster de la empresa EXSA, de ½ libra y 1 libra aplicados en diferentes taladros de una mina de oro a tajo abierto en Cajamarca.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Recopilación de la información documental

Al tener en cuenta el esquema de investigación delimitado por población y muestra, se analizó la información recopilada de acuerdo con la pregunta de investigación, palabras claves como Booster, Iniciador, Perforación y Voladura, Costos y prolongada antigüedad de 10 años de estudio, analizando un total de 30 artículos científicos.

En la recopilación de información, se emplean las técnicas del análisis documental y la observación directa. El análisis documental consiste en la toma de datos de los reportes de guardia, hojas de la voladura haciendo uso de 2 tipos de booster de ½ libra y 1 libra en diferentes taladros. La observación, pues consiste en verificar el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, para poder determinar la influencia. También se emplea los siguientes instrumentos de recolección de datos: Instrumento 01: Base de datos de reportes diarios de trabajo, haciendo uso del booster de ½ libra y 1 libra en diferentes taladros para afianzar la buena fragmentación del macizo rocoso. Ver anexo 01. Instrumento 02: Datos estadístico del factor de potencia de acorde al booster utilizado en diferentes taladros en un proyecto minero de oro, Cajamarca 2021. Ver anexo 02. Para ello se utilizó un cuestionario de campo y se diseñó un formato de evaluación en Excel, siguiendo el planteamiento de cada etapa del proceso de investigación (planificación, recolección de datos, análisis de información contenida en variables, comunicación de

resultados).

2.4. Procedimiento

El procedimiento en el cual se desarrolló la investigación se presenta a detalle por etapas:

2.4.1. Primera etapa: Gabinete o Precampo

En la etapa de gabinete, se realizó una búsqueda muy intensa y extensa en buscadores profesionales: Elsevier, EBSCO, Scielo y Redalyc de la información relacionada con el tema, incluyendo la realidad problemática, los antecedentes a nivel internacional, nacional y local, las palabras claves utilizadas para amenizar información fueron los siguientes: Booster, Iniciador, Perforación y Voladura, Costos; dando paso directo a identificar la importancia del cambio de booster en diferentes taladros, definiciones de las variables, así como el planteamiento de la pregunta de investigación, de los objetivos tanto general como específicos y de la hipótesis.

2.4.2. Segunda etapa: Etapa de campo

En la etapa de campo, se tomaron datos de acorde a la aplicación de los diferentes booster en el mismo terreno, después de la voladura, para ello se utilizaron las hojas de campo.

2.4.3. Tercera etapa: Análisis de datos

En la etapa de análisis de datos, ya que en este proyecto se determina la influencia del cambio de booster analizando los instrumentos registrados en hojas de cálculos. En primera instancia, se hace énfasis de la aplicación del booster de ½ libra y 1 libra en diferentes taladros para ver la influencia que tiene en los costos operativos de un proyecto minero de oro, Cajamarca 2021, haciendo uso para ello del software Microsoft Excel 2019. Se elaboraron cuadros donde solo intervienen el uso de los dos booster en el mismo terreno,

haciendo alusión a quien obtiene la mejor fragmentación y granulometría, tomando en cuenta quien efectúa menos la voladura secundaria. Se interpretó de manera concisa la influencia que cada booster obtiene en lo económico, ambiental y social, en lo complejo en los costos operativos de la mina en estudio. Asimismo, a través de los datos estadísticos de costo por aplicación unitaria \$ 4.76 y \$6.55 en los meses de enero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto y setiembre relacionados a la medición del factor de potencia de acuerdo con cada booster utilizado en el mismo terreno, se interpreta que iniciador es el más elegible en cuanto a costos y sostenibilidad. Se identifican los beneficios económicos que dan paso a la optimización de costos operativos en un proyecto minero de oro, determinando así la influencia que acoge la problemática del tema, y finalmente se recomienda que booster es el adecuado para la optimización de costos operativos en un proyecto minero de oro, así como también los factores que se debe de tener en cuenta para una mejor operatividad en el desarrollo del ciclo operativo de la mina.

2.5. Aspectos éticos

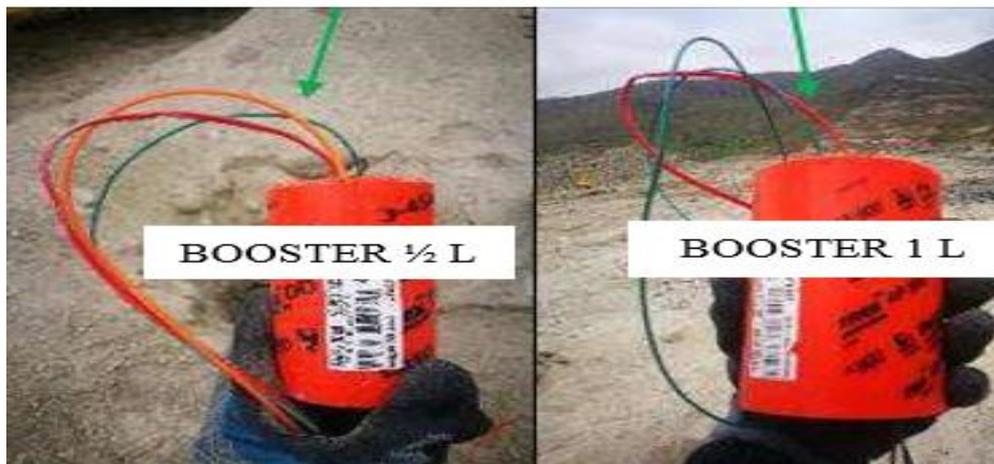
Secuencialmente a esto, se tomó en cuenta los aspectos éticos investigativos los cuales se respetan citando todas las fuentes que han sido consultadas y consideradas en esta investigación. También se cuenta con la autorización de la institución en estudio para recolectar la información necesaria, ya que dicha información será utilizada para fines académicos. Veracidad, todos los resultados se presentan sin alterar datos reales.

CAPITULO III. RESULTADOS

Resultado 1: Influencia de la aplicación del booster de ½ libra y 1 libra en diferentes taladros en los costos operativos del epitermal de oro Yanacocha, Cajamarca 2021.

Figura 1

Aplicación del booster de ½ libra y 1 libra



Nota. En la presente figura se muestra el tipo de booster a utilizar en diferentes taladros, pero en un mismo terreno.

Tabla 1

Costos unitarios del booster de ½ libra y 1 libra

Nota. Esta tabla representa el valor unitario de cada booster en dólares, predominando

Mezcla	Densidad del explosivo (gr/cc)	Booster (Libras)	Costo del Booster (\$)
Emulsión	1.15	1/2	4.76
		1	6.55

con mayor valor monetario el booster de una libra.

Tabla 2

Costos del tipo de booster por mes aplicado

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
N° DE BOOSTER	1,344.73	1,568.86	1,568.85	1,863	1,602	1,143	1,323	1,333	1,153
BOOSTER 1/2	6,400.91	7,467.77	7,467.68	8,867.88	7,625.52	5,440.68	6,297.48	6,345.08	5,488.28
BOOSTER 1	8,807.98	10,0276	10,0276	12,202.65	1,0493	7,486.65	8,655.65	8,731.15	7,552.15

Figura 2

Distribución de costo por mes de la aplicación del booster de 1/2 de libra y 1 libra

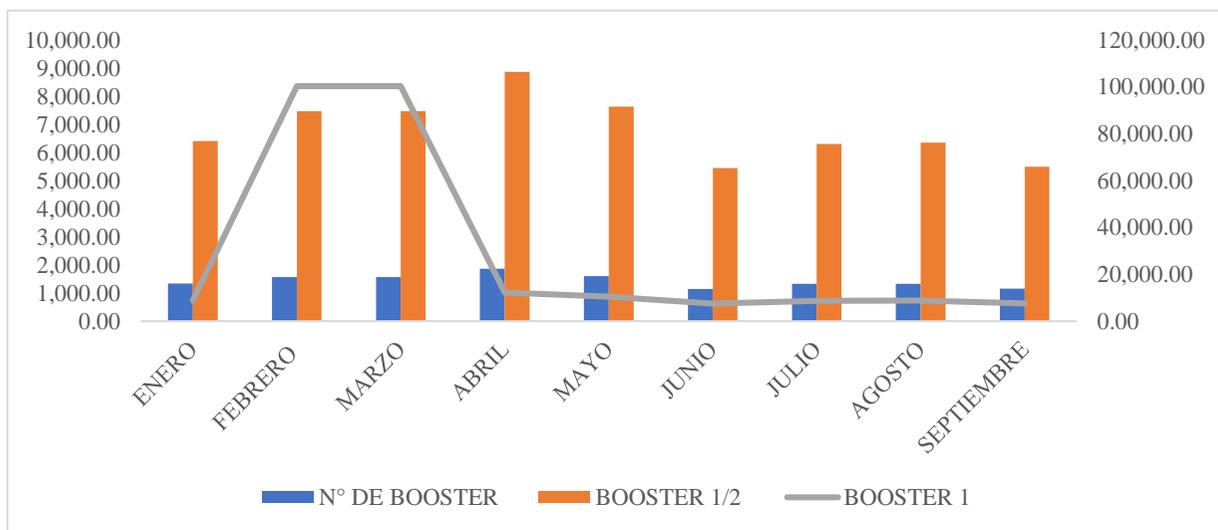


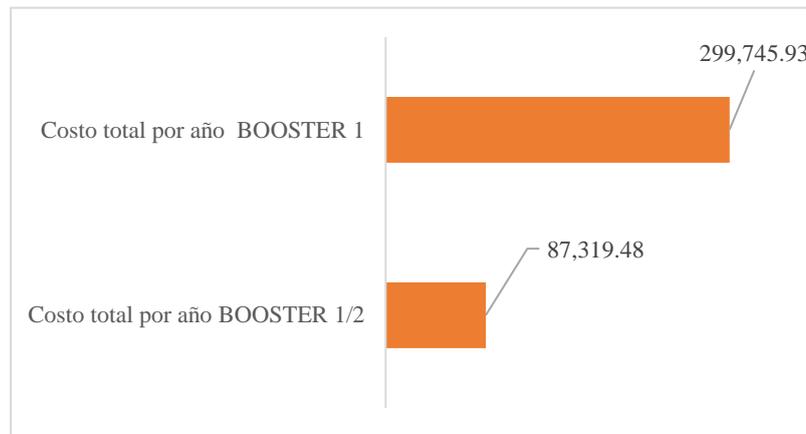
Tabla 3

Costo total de acuerdo a la aplicación del booster de 1/2 libra y 1 libra

	Costo total por año BOOSTER 1/2	Costo total por año BOOSTER 1
2021	87,319.48	299,745.93

Figura 3

Costo total por booster



Resultado 2: Evaluación del factor de potencia de acorde al booster utilizado en diferentes taladros en el epitermal de oro.

Figura 4

Factor de potencia utilizando el booster de 1/2 libra

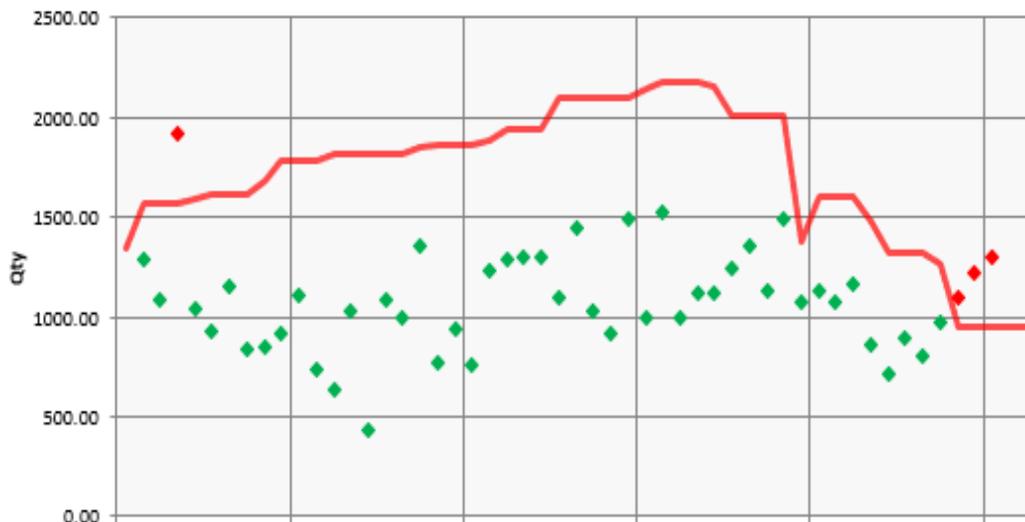
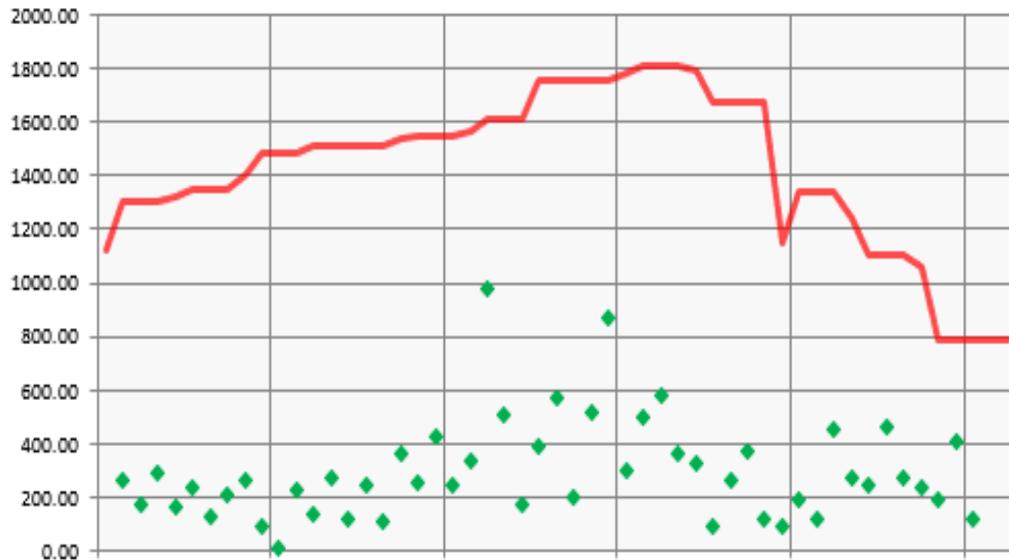


Figura 5

Factor de potencia utilizando el booster de 1 libra



Resultado 3: Identificación de los beneficios económicos que dan paso a la optimización de costos operativos del epitermal de oro, Cajamarca 2021.

De acuerdo a los registros obtenidos en el área de perforación y voladura, la utilización de diferentes boosters en diferentes taladros de producción, han tenido resultados favorables, debido a que, mediante la utilización y el desempeño de ambos iniciadores, se identificó beneficios económicos que asocian la optimización de costos operativos.

Beneficio en el área de voladura, debido a que el booster de 1 libra tuvo un factor de potencia significativo que aseguró una buena voladura, evitando bolonería y formación de pisos bajos.

Beneficio en la fragmentación, porque la voladura registrada obtuvo la granulometría requerida por el área de planta, afianzando paso directo a una optimización

de costos en el proceso de carguío, acarreo, chancado, tratamiento y producción.

En base a los diseños de taladros y mallas se determinó en base a resultados que la utilización del iniciador de 1 libra, garantizó resultados óptimos tanto económicamente como técnicamente. Es así que se puede señalar, que al analizar los diferentes enfoques y estudios que se ha hecho en base a los boosters, se garantizó la disminución de costos de la operación unitaria de voladura.

Beneficio en arranque, debido a la gran compatibilidad entre el iniciador y el taladro de producción, se utilizó menos explosivo en una misma sección, removiendo una competitiva cantidad de volumen de material, ya sea mineral o estéril.

Beneficio económico del ciclo de minado, porque se determinó que el booster de 1 libra es ideal para el área de terreno, debido a que contó con estándares económico adecuados en toda la operatividad, permitiendo economizar y al mismo tiempo obtener buenos resultados en la parte técnica.

A partir de todos los beneficios descritos líneas arriba, se contrasta que la influencia del cambio de booster en taladros de producción, optimizan costos operativos, por lo que el proyecto planeado trae una significancia positiva.

CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

Del resultado 1, se refleja que la aplicación de booster de 1 libra tiene mayor valor monetario que el del booster de 1/2 libra, sin embargo, esta se compensa por la optimización en todos los procesos de la empresa minera y el menos consumo de explosivos. Por lo que se identifica de gran manera al iniciador de una libra como predominante para la aplicación de todo el proyecto. Influyendo de manera positiva en toda la vida del proyecto, ya que su mejora radica en todos los procesos operativos.

Este resultado se afianza con (Flores, 2018) debido a que en su “Comparación de iniciadores en la compañía minera Santa Luisa – Panamá” señaló que para la obtención de un mineral lo más fragmentado posible en términos de granulometría, necesita de cambios constantes de iniciadores (boosters) ya que es un punto vital de todo el procedimiento a seguir; obtuvo como resultado porcentajes altos de reducción de costos en cuanto el chancado y molienda afianzando así una notable optimización de costos en todo el ciclo de minado. Concluyendo así que el costo mensual de Perforación y voladura por metros cúbicos programada antes de la optimización S/. 111,375.26 redujo notablemente después de la programada en S/. 109,038.72, lo que significa un ahorro mensual de S/. 2,336.54.

Del resultado 2, tras la evaluación el factor de potencia de acorde al booster utilizado en diferentes taladros en el epitermal de oro, se muestra que el factor de potencia para el booster de 1/2 libra es deficiente en todo su proceso analítico, debido a que su valor produce boconerías y pisos falsos. Por otra parte, el booster de 1 libra toma en cuenta todo el perfil de talud, y el área de voladura explotar cubriendo de manera efectiva su detonación y producen do una buena fragmentación con una granulometría adecuada para el área de

planta.

Este resultado se ve reflejado en (Durán, 2017) en su “Análisis comparativo de la eficiencia de la triple iniciación electrónica en Perú”, donde indica que la importancia de esta investigación puede tener una trascendencia notable sobre los estudios acerca de voladuras y la importancia que tiene la aplicación de detonadores electrónicos en el proceso. En principio, porque desarrolla un análisis comparativo y con ello se detalla si hay algún sistema de iniciación electrónico (booster) predominante sobre los demás, con lo que se podrá establecer criterios para manejar similares sistemas de factor de potencia en las condiciones geológicas en las que se aplica, lo cual abre una serie de aportes a la literatura y trabajos pendientes a ser propuestos y resueltos por investigadores posteriores.

Del resultado 3, se identifica que los beneficios económicos que dan paso a la optimización se dan en el área de perforación y voladura, en los diseños de taladro y mallas, en el ciclo de minado correspondiente a la operatividad, y predominantemente en el menos consumo de explosivo y mayor grado de fragmentación. Esta realidad refleja la necesidad de cambiar de booster. Por lo tanto, en base a la recopilación y análisis de la información, se establece que la influencia en el cambio de booster es significativo y cuenta con una optimización de costos operativos a largo plazo.

Esta identificación de beneficios se compara con el estudio de (Paredes, 2017) “Empleo de iniciadores electrónicos (booster) en diferentes bancos para optimizar la fragmentación en el sector yeso anhidrita en mina modelo a tajo abierto – Toquepala” debido a que concluye que el uso de iniciadores electrónicos (booster) en voladura con respecto a la seguridad es de un 100%, garantiza una detonación ordenada de acuerdo con

el diseño planificado, mejorando los parámetros de perforación y voladura y mejorando la fragmentación del macizo rocoso en un 13.0%, disminuyendo la bolonería en un 43.0%. Los iniciadores electrónicos en voladura permitieron la reducción de del factor de carga hasta 9.0%, reduciendo el costo por tonelada métrica volada. Además, se ha tenido un ahorro en voladura y minado de 29 162.56 US\$, permitiendo proyectar un ahorro anual de 1 425 034.35 US\$ para el año 2014 en costos globales de minado.

Conclusiones

El cambio de booster en los taladros de perforación y voladura, influye significativamente en los costos operativos del epitermal de oro de Yanacocha, Cajamarca 2021. Es decir que al cambiar un booster de ½ libra por una libra, se ha tenido un ahorro trimestral en voladura y minado de 12000 US\$, permitiendo proyectar un ahorro anual de 860000 US\$ para el año 2021 en costos globales de minado. La hipótesis se acepta debido que cumple con la optimización de costos.

De acuerdo a los datos consignados en la determinación de la influencia de la aplicación del booster de ½ libra y 1 libra en diferentes taladros en los costos operativos del epitermal de oro Yanacocha, Cajamarca 2021, se evalúa directamente que el booster de 1 libra, tiene mayor valor monetario, sin embargo, con la tabla cruzada de reporte de voladura eficiente presentada en la figura de distribución, indica que la detonación por parte del booster de ½ de libra es deficiente; por lo que afianza paso directo a un beneficio por el uso de booster de 1 libra, ya que al tener una buena detonación se disminuyen el número de explosivos a utilizar. Al tener en consideración los costos totales de la aplicación de cada booster por meses aplicados lo cuales son booster ½ libra (\$ 87,319.48) booster 1 libra (\$ 299,745.93), apreciamos que el booster de 1 libra tiene mayor costo, sin embargo, en la voladura que proporciona indica un índice de fragmentación favorable que luego optimiza costos en carguío, acarreo, tratamiento y producción, entre otros, por lo que el precio se compensa. Proyectando paso directo a un ahorro anual de 860000 US\$.

En la evaluación del factor de potencia de acorde al booster utilizado en diferentes taladros en el epitermal de oro, se interpreta que el factor de potencia de ½ libra es significativo, sin embargo, existe bolonería en los meses de enero y setiembre, meses que

son cruciales en la investigación, debido a que es el inicio y el fin del recojo de datos. De acuerdo al target, la aplicación de cada una va de una forma eficiente, pero simultánea, dando paso a deficiencias al momento de medir la granulometría por parte de la fragmentación. Por lo que aun cuando esta aplicación monetaria baja, no compensa con las demás áreas de trabajo, por lo que genera gastos innecesarios en los demás procesos y no optimiza la voladura desde un principio. Por otra parte, el booster de 1 libra, interpreta que el factor de potencia es significativo, y abarca todo el terreno a explotar por lo que su índice en incidentes por bolonería o pisos falsos es inminente. De acuerdo al target, presenta seguridad en los perfiles de talud, por lo que tiene gran ventaja sobre la aplicación del booster de ½ de libra. Si bien es cierto su costo es más elevado que el booster anterior, esta se compensa, debido a que tiene grandes beneficios en la voladura, en la fragmentación en la optimización de procesos de carguío, acarreo, chancado, tratamiento y producción, en los diseños de taladros y mallas, bajo consumo de explosivos y buen arranque.

En la identificación de los beneficios económicos que dan paso a la optimización de costos operativos del epitermal de oro, Cajamarca 2021. De acuerdo a los registros obtenidos en el área de perforación y voladura, la utilización de diferentes boosters en diferentes taladros de producción, han tenido resultados favorables, debido a que, mediante la utilización y el desempeño de ambos iniciadores, se identificó beneficios económicos que asocian la optimización de costos operativos como: Beneficio en el área de voladura, Beneficio en la fragmentación, En base a los diseños de taladros y mallas, Beneficio económico del ciclo de minado. A partir de todos los beneficios descritos líneas arriba, se contrasta que la influencia del cambio de booster en taladros de producción, optimizan costos operativos, por lo que el proyecto planeado trae una significancia positiva. Esta realidad refleja la necesidad de cambiar de booster. Por lo tanto, en base a la recopilación

y análisis de la información, se establece que la influencia en el cambio de booster es significativo y cuenta con una optimización de costos operativos a largo plazo.

Las principales limitaciones son la escasa información respecto al cambio de boosters dentro de los 5 años a la actualidad, en los repositorios académicos se encuentra la información como iniciadores, por ende, se recomienda conocer el glosario de perforación y voladura.

REFERENCIAS

Arias. (2016). *Enfoque cuantitativo*.

Departamento Técnico EXSA S.A. (2016). *Manual de Perforación y Voladura*.

Durán, E. V. (2017). “*Análisis comparativo de la eficiencia de la triple iniciación electrónica en Perú*”.

Flores, L. A. (2018). “*Comparación de iniciadores en la compañía minera Santa Luisa – Panamá*”.

Hernández, Fernández, & Bautista. (2014). *Metodología. universitaria*

Lopez, A., & Valencia, E. (2017). *Costos en minería., optimización*

Manual de Perforación, Explosivos y Voladuras. (2020). *Perforación y voladura*.

Paredes, J. A. (2017). *Empleo de iniciadores electrónicos (booster) en diferentes bancos para optimizar la fragmentación en el sector yeso anhidrita en mina modelo a tajo abierto – Toquepala. .*

Revista de Minería & Energía. (2019). *Perforación y voladura en Perú*.

Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. (2020). *Perforación y voladura*.

Valderrama, E. I. (2015). *Metodología Universitaria*. Coprygth.

ANEXOS

Anexo 01

Figura 6

Instrumento 01: Base de datos de reportes diarios de trabajo, haciendo uso del booster de ½ libra y 1 libra en diferentes taladros.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	TARGET SEMANAL													
38	2. FC - CHAQUICOCHA (Kg/Ton).	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39	3. FC - CHINA LINDA (Kg/Ton)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	4. FC - QM. (Kg/Ton)	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
41	5. FC - LQ SUR GRAVAS (Kg/Ton)	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
42	6. FC - MARLENY (Kg/Ton)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43	7. FC - TO GABRIELA. (Kg/Ton)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
44	8. FC - TO LAYBACK. (Kg/Ton)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
45	9. FC - YA F-MACK (Kg/Ton)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
46	10. FC - CARACHUGO PAD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
47	11. FC - CARACHUGO ALTO	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
48	12. FC - YA PINOS (Kg/Ton)	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
49	13. FC - YA SHORT CUT (Kg/Ton)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	14. FC - YA BUSSINES PLANING (Kg/Ton)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	15. FC - YA LAYBACK. (Kg/Ton)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
52	16. FC - ALL MINE. (Kg/Ton)	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.28	0.27	0.27	0.27	0.27
53	17. US\$/Ton.	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
54	TOTAL TALADROS CARGADOS	1,120.61	1,307.38	1,307.38	1,307.38	1,323.33	1,344.60	1,344.60	1,344.60	1,403.88	1,482.91	1,482.91	1,482.91	1,515.68
55	TONELADAS VOLADAS	906.95	1,058.11	1,058.11	1,058.11	1,067.55	1,080.15	1,080.15	1,080.15	1,129.65	1,195.65	1,195.65	1,195.65	1,253.22
56	EMULSION KG	177,444	207,018.29	207,018.29	207,018.29	206,528.76	205,876.04	205,876.04	205,876.04	217,737.42	233,552.60	233,552.60	233,552.60	240,252.38
57	NITRATO KG	75,772	88,400.72	88,400.72	88,400.72	88,191.68	87,912.95	87,912.95	87,912.95	92,977.99	99,731.37	99,731.37	99,731.37	102,592.28
58	DETONADORES ELECTRICOS	840.46	980.54	980.54	980.54	992.50	1,008.45	1,008.45	1,008.45	1,052.91	1,112.19	1,112.19	1,112.19	1,136.77
59	DETONADORES PIROTECNICOS	1,120.61	1,307.38	1,307.38	1,307.38	1,323.33	1,344.60	1,344.60	1,344.60	1,403.88	1,482.91	1,482.91	1,482.91	1,515.68
60	BOOSTER	1,344.73	1,568.86	1,568.86	1,568.86	1,588.00	1,613.53	1,613.53	1,613.53	1,684.66	1,779.50	1,779.50	1,779.50	1,818.88
61	EXPLODECK	1,120.61	1,307.38	1,307.38	1,307.38	1,323.33	1,344.60	1,344.60	1,344.60	1,403.88	1,482.91	1,482.91	1,482.91	1,515.68
62		1	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0
63		6	7	7	7	3	7	7	7	3	7	7	7	7
64		0	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
65	SEMANAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
66	2. FC - CHAQUICOCHA (Kg/Ton).	#¡VALOR!	#N/D	0.13										
67	3. FC - CHINA LINDA (Kg/Ton)	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
68	4. FC - QM. (Kg/Ton)	#N/D	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21

Anexo 02

Figura 7

Instrumento 02: Datos estadístico del factor de potencia de acorde al booster utilizado en diferentes taladros en un proyecto minero de oro, Cajamarca 2021.

