



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



**INFLUENCIA DE LA OPTIMIZACIÓN DE LOS ESTÁNDARES EN
LA OPERACIÓN MINERA SUBTERRÁNEA.**

EXAMEN DE SUFICIENCIA DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

VICTOR APARICIO MAMANI ORTEGA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO - PERÚ

2019



DEDICATORIA

El trabajo realizado lo dedico con mucho amor para mí amada esposa Vilma que ha sido mi apoyo y soporte fundamental para lograr mis objetivos propuestos ya que, con su ejemplo y amor profundo, me encamino a seguir con la propuesta informativa quien siempre me dio esperanzas y fe en mí.

También se la dedico a mis padres Juan Gregorio y Modesta Teresa que fueron el sustento en todo momento para la realización de esta tesis que me ha permitido continuar pese a todos los obstáculos que se presentaron en el trayecto de esta investigación. A mis hijos Rommel, Juan Víctor y mi pequeña Dana que gracias a su apoyo y amor incondicional me permitieron permanecer con empeño, dedicación y cariño, y a toda mi familia a quienes estimo tanto.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mis padres por darme la vida, por los valores y fuerzas para afrontar el día a día, siempre dispuestos a escucharme y darme su apoyo incondicional, también por el sacrificio que ellos realizaron para que yo culmine la carrera profesional de Ingeniería de Minas.

Agradezco a los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas, que fueron parte de mi formación académica – profesional, y que estuvieron siempre dispuestos a responder mis preguntas y aclarar mis dudas, impartiendo conocimiento y experiencias que fueron vitales en mi aprendizaje.

A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, mi alma mater que me tuvo entre sus aulas durante los años de mi formación profesional, otorgándome parte del conocimiento que eh adquirido y que me servirá en mi desenvolvimiento profesional.

Víctor Aparicio



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
IV. CONCLUSIONES	16
V. BIBLIOGRAFÍA.....	16

Área: Ingeniería de Minas
Tema: Operaciones Mineras

FECHA DE SUSTENTACION: 13 de noviembre de 2019



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis del costos real versus el optimizado de las operaciones en tajo.....	12
Tabla 2. Análisis del costos real versus el optimizado de las operaciones de desarrollo.	13



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cantidad de taladros perforados	14
Figura 2. Avance.....	15



INFLUENCIA DE LA OPTIMIZACIÓN DE LOS ESTÁNDARES EN LA OPERACIÓN MINERA SUBTERRÁNEA.

Bach. Víctor Aparicio Mamani Ortega
Universidad Nacional del Altiplano
Facultad de Ingeniería de Minas
Dirección: Av. Floral 1153, Ciudad Universitaria
Correo electrónico: chelitortex@hotmail.com, Fono: 992726043

RESUMEN

El trabajo describe estrategias que se desarrolló para determinar la influencia de la optimización de los estándares de operación minería, cuya elaboración se realizó en la facultad de Ingeniería de Minas del mes de octubre del año 2019, cuyos objetivos, es analizar la optimización de los estándares operacionales para el control y reducción de los costos operativos de la actividad minera y el adecuado diseño de los componentes mineros. Dentro del método se realiza evaluaciones de la legislación nacional, observación del comportamiento prácticas y condiciones físicas de los colaboradores, elaboración y análisis de tareas críticas, talleres interdisciplinarios, implementación de modelos, pautas, patrones, controles, medición y mejoramiento de los estándares. Cuyos análisis son escritos en computadora e imprimidos en papel, los análisis de los talleres serán expuestos. Como resultados tenemos la optimización de estándares, incremento la productividad de las operaciones, redujo los costos de la actividad de perforación y voladura y de la actividad minera, la implementación de los estándares ayuda a la recuperación y control del mineral, la optimización de los estándares permitió tener un orden y patrón para el mejor desarrollo de las actividades. Las conclusiones de la optimización de los estándares, realizando la revisión, determinación de las tareas críticas y mejorando los estándares influyen en la mejora de los procesos operativos. Así como la optimización del estándar en perforación y voladura redujeron los tiempos de perforación, consumo de aceros, explosivos y los costos de mina, cuyo parámetro es importante para el desarrollo de la mina.

PALABRAS CLAVE

Estándares, optimización, costos, perforación y voladura, operación minera.



ANALYSIS OF THE OPTIMIZATION OF THE STANDARDS THE UNDERGROUND MINING OPERATION.

ABSTRACT

The work describes strategies that were developed to determine the influence of the optimization of the mining operation standards, the elaboration of which was carried out in the Faculty of Mining Engineering in October 2019, whose objectives are to analyze the optimization of the standards operations for the control and reduction of the operating costs of the mining activity and the adequate design of the mining components. Within the method, evaluations of national legislation are carried out, observation of the behavior, practices and physical conditions of the collaborators, elaboration and analysis of critical tasks, interdisciplinary workshops, implementation of models, guidelines, patterns, controls, measurement and improvement of standards. Whose analyzes are written on a computer and printed on paper, the analyzes of the workshops will be exposed on small pieces of paper written with markers. As a result we have the optimization of standards, increased productivity of operations, reduced costs of drilling and blasting activity and mining activity, the implementation of standards in ore control help to recover and control the mineral, optimization of the standards allowed to have an order and pattern for the best development of mining activities. The conclusions of the optimization of the standards, carrying out the review, determining the critical tasks and improving the standards influence the improvement of the operational processes. As well as the optimization of the drilling and blasting standard, they reduced drilling times, consumption of steels, explosives and mine costs, whose parameter is important for the development of the mine.

KEYWORDS

Standards, optimization, costs, drilling and blasting, implementation.



I. INTRODUCCIÓN

Una problemática muy importante que asume la actividad minera es el precio de los metales, el cual no puede ser controlado por las empresas mineras, es por ello que actualmente todas las empresas mineras realizan grandes esfuerzos de ingeniería y administración para desarrollar proyectos que permitan reducir sus costos operativos. Jáuregui (2011). Y una de las estrategias del control operacional es la aplicación de los estándares operacionales de cada actividad minera, herramienta de gestión que nos ayuda a realizar controles operativos de la actividad, mediante la ejecución de un orden secuencial de las tareas a realizar en una actividad minera, herramienta que en muchas oportunidades ayuda a la reducción de costos, al rediseño de la labores mineras, al rediseño de las actividades básicas del ciclo de minado las que en su gran mayoría ayudaron a la optimización de los costos operativos de la mina. Según Martínez (2017) Nos indica que la ineficiencia en la productividad está relacionado entre la deficiencia del personal y la supervisión en las labores subterráneas, es por ello también que esta herramienta es aplicada a la línea de mando de la unidad minera, para el mejoramiento continuo de todas las actividades mineras de la unidad minera.

El estado del arte de la optimización de los estándares operacionales en minería subterránea está fundamentada en los siguientes párrafos; y uno de los factores es que; luego de

varios años de producción las unidades mineras están enfrentando una disminución natural de las reservas, lo que conlleva a revisar su estado actual como la de optimización de los estándares (Lazo, 2017).

Una problemática muy común dentro de la operaciones de minado es la actividad de perforación y voladura, donde el área de planeamiento en su trabajo diario diseña mallas de perforación y voladura, las cuales son entregados al maestro perforista, y muchas veces este colaborador no toma en cuenta la configuración y realiza los trabajos de acuerdo a su criterio y experiencia (Rodríguez & Rojas, 2019).

Por ello la problemática más común que afronta la minería subterránea, es el incremento en los costos de perforación y voladura, incremento debido a las perdidas en el momento de realizar el carguío de los talaros y a la habilidad de los colaboradores que muchas veces no mantienen el paralelismo y la longitud de perforación requerida (Chambi, 2019). Y por ende la afectación al sobre costo de las demás actividades productivas del ciclo de minado, como el carguío y acarreo, al tratamiento de mineral en planta concentradora.

Según Zorrilla, (2017), nos indica que parte del problema en lo estándares está referido al estudio geomecanico del macizo rocoso, y la acción de la contaminación del mineral en la actividad de producción y/o



recuperación de mineral afecta en la dilución del mineral (Huamani, 2017).

Según Lazo, (2017) Indica que toda empresa buscan optimizar en los procesos productivos y administrativos para tan efecto buscan reducir ciertos gastos y para ello se requiere de implementar proyectos para reducir costos de explotación.

Merma (2018) nos indica que en CIA Minera Ares, para la buena misión de las operaciones, se ha divisado por favorable optimizar algunos estándares de trabajo tales como perforación y voladura con la finalidad de incrementar la productividad y disminuir los costos directos de operación

En la Unidad Minera Corihuarmi Condori, (2017), se realizó una optimización en diseño de vías en dicha unidad la cual obtuvieron buenos resultados y teniendo beneficios en cuanto a la reducción de costos y así incrementar la efectividad del transporte de materiales.

Según & Molina, (2006), nos muestra que los resultados son obtenidos teniendo un cálculo a partir de las mediciones tomadas en campo y comparadas con la base teniendo ciertos ajustes con resultados de trabajo que con ellos son posible una mejora continua

En las operaciones de una mina subterránea ubicado en la Libertad se lograron realizar estudios de optimización en perforación y voladura con la finalidad de tener

una análisis comparativo de los K'pis con el método que se trabaja, proponiendo uno nuevo diseño de malla de perforación, aplicando dicha optimización se obtuvo un logro en reducir los costos operativos en dicha unidad minera. (Rodríguez & Rojas, 2019).

Gutierrez (2019), Nos indica que es importante utilizar estándares y procedimientos comparativos para lograr una buena prevención en cuanto a caída de rocas y tener un buen estudio del macizo rocoso para un diseño adecuado en el sostenimiento de las labores y tener una buena estabilidad en las labores mineras

El análisis y la optimización de los estándares operacionales influyen en el control operacional y la reducción de costos operativos de la actividad minera.

En tal sentido el presenta trabajo de investigación como objetivo fundamental es el de analizar y optimizar los estándares operacionales para el control y reducción de los costos directos operativos de la actividad minera y el adecuado diseño ingenieril de los componentes mineros.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, en el mes de octubre del año 2019, así mismo se aprecia Los lugares donde se realizaron investigaciones de optimización de estándares



de operación minera las que fueron en la Mina Atacocha donde se realizaron la optimización de los estándares de la flota de scooptrams. Así como en Minera Yanaquihua se realizó la implementación del departamento de un control mediante el plan de acción control de la dilución elaborando estándares con una serie de tareas ordenadas, secuenciales y con responsables, la cual estarían directamente involucrados con la ejecución de la misma. Haciendo frente a la reducción de costos operativos, en la Libertad se realiza la optimización de los estándares en las operaciones de perforación y voladura en el crucero NW 4 Nivel 1800 y en el tajo 8000 nivel 1837. En minera el Porvenir se implementó de estándares y procedimientos corporativos establecidos como parte de un sistema de control del macizo rocoso y la prevención de caída de rocas. En Mina Tambomayo se llegó a implementar estándares que controlan la perforación, diseño de la malla de perforación, distribución de la carga explosiva y la designación de maestros perforistas expertos en el frente de trabajo. De igual modo (Jáuregui, 2011), en su proyecto reducción de costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura logro la reducción de los costos operativos, aplicando para ello estándares óptimos de trabajo en las principales operaciones unitarias de minado.

Los materiales que se utilizaron dentro de la investigación son los siguientes:

- Computadora con acceso a internet
- Impresora láser.
- Papel bond A4.
- Marcador.
- Retroproyector.
- Plumones.
- Lapiceros.
- Lápiz.
- Papelotes.

La metodología que se aplico fue la revisión de diferentes proyectos de investigación relacionados a la optimización de estándares en minería subterránea. Cuya bibliografía revisada fue relacionada al tema, tales como tesis, artículos científicos, y para ampliar los conocimientos se realizó el análisis de los resultados de los proyectos de investigación.

Las siguientes acciones, son técnicas de levantamiento de información cuyas actividades son; inspecciones de áreas de trabajo para la recopilación de la información a través de entrevistas a trabajadores y observación sistemática, a través de la herramienta de gestión denominada observaciones planeadas de las tareas (OPT) que es una herramienta que se enmarca en ciclo de la disciplina operativa en su etapa de calidad y cumplimiento, asegurando el riguroso, continuo seguimiento y cumplimiento de los procedimientos. En esta primera etapa en el

sitio sirvió para detectar las deficiencias en las operaciones de perforación y voladura, en el acarreo con scooptrams, en el diseño de vías de acceso, en la falta de control de la dilución del mineral a recuperar y en la falta de procedimientos sobre el manejo geomecánico de las operaciones de minado. Después de las observaciones sistemáticas, se elaboraron las tareas críticas y luego se realizaron los estándares operacionales.

Para la medición de la longitud y espaciado de los taladros de perforación se utilizaron flexómetros, distanciómetros, para la determinación de los gases de combustión de los equipos de acarreo se utilizaron medidores de gases, en los procedimientos del mapeo geomecánico se utilizaron tablas geomecánicas, brújula *brunton*

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la siguiente investigación se ha analizado los estándares de las actividades

operativas donde se demuestra la reducción de costos en las operaciones unitarias del ciclo de minado, en la Tabla 1 se puede apreciar que en mayor porcentaje de reducción del costo de sostenimiento con pernos split set con respecto al costo sin optimizar se ha reducido en 16,97 % realizando un ahorro de 2,35 dólares, seguido luego de la perforación con una ahorro del 4,27 % con respecto al costo sin optimizar de donde se ahorra 6,59 dólares, en voladura se llega a ahorra un 10,72 % con respecto al costo sin optimizar llegando a un ahorro de 0,64 dólares, limpieza – acarreo se ha reducido 4,76 % con respecto al costo sin optimizar ahorrando 0,16 dólares. Así mismo el sostenimiento con shocreate se redujo en un 5,54% con respecto al costo sin optimizar ahorrando 1,53 dólares. Toda esta descripción pertenece al análisis del costo unitario en las operaciones de tajo.

Tabla 1. Análisis del costos real versus el optimizado de las operaciones en tajo.

Costos unitarios de las operaciones en tajos					
	Costo real	Costo optimizado	Diferencia de costo	Unidad	Diferencia porcentual %
Perforación	154,34	147,75	- 6,59	US\$/m	- 4,27
Voladura	5,97	5,33	- 0,64	US\$/m ²	- 10,72
Limpieza	3,36	3,2	- 0,16	US\$/m ²	- 4,76
Acarreo					
Sostenimiento Split set	13,85	11,5	- 2,35	US\$/Perno	- 16,97
Sostenimiento Shocreate	27,6	26,07	- 1,53	US\$/m ²	- 5,54

Fuente: Rodríguez & Rojas, 2019

En las labores de desarrollo descrito en la tabla 2 se puede apreciar una diferencia de 10,63 dólares del costo sin optimizar con el optimizado, evidenciando que haciendo una

optimización de los estándares se llega a la reducción de costos.

Tabla 2. *Análisis del Costos real versus el optimizado de las operaciones de desarrollo.*

Costos unitarios de las operaciones en labores de desarrollo					
	Costo real	Costo optimizado	Diferencia de costo	Unidad	Diferencia porcentual %
Perforación	144,74	134,11	- 10,63	US\$/m	- 7,34
Voladura	7,15	6,23	- 0,92	US\$/m ²	- 12,87
Limpieza – Acarreo	3,37	3,03	- 0,34	US\$/m ²	- 10,09
Sostenimiento Split set	10,56	10,08	- 0,48	US\$/Perno	- 4,55
Sostenimiento Shotcrete	27,1	26,3	- 0,8	US\$/m ²	- 2,95

Fuente: Rodríguez & Rojas, 2019

Merma, (2018), indica que un buen diseño y una buena aplicación de burden se logra una reducción en la perforación de taladros adicionales, dando a conocer que la reducción de taladros adicionales interfiere en la reducción de costos operativos de la mina. Como se muestra en la tabla 3, el número de taladros sin optimizar es de 39 luego del proceso de optimización se llegó a perforar una

cantidad de 33 taladros. Realizando un comparativo de costos se puede determinar que la perforación de taladros sin realizar la optimización es de 7340,13 dólares y optimizando 6018,21 dólares llegando a una reducción de 1321,92 dólares. Evidenciando así que la optimización del burden estándar ha reducido los costos.

Tabla 3: *Resultados Comparativos de optimización.*

PARAMETROS (Pot Ore <=2.1)	Und.	Estándares		Costos (\$)		
		Anterior	Optimizado	Anterior	Optimizado	Reducido
Nro. de taladros 64 mm	tal.	39,00	33,00	7 340,13	6 018,21	1 321,92
Nro. de taladros Alivio 64 mm	tal.	0	5,00	0	911,85	-911,85
Nro. de taladros 127 mm	tal.	6,00	6,00	1 129,25	1 129,25	0
Nro. de taladros cargados 64 mm	tal.	27,00	27,00	-	-	-
Long. De taladro	m.	16,00	16,00	-	-	-
Emulnor 5000 1 ½ "x 24"	kg.	335,16	290,63	556,49	482,55	73,94
Emulnor 3000 1 ½ "x 24"	kg.	319,85	330,88	510,40	528,00	-17,60
Carmex 7 pies	pza.	4,00	4,00	2,08	2,08	0
Mecha Rápida Z-18	m.	1,00	1,00	0,32	0,32	0
Cordón detonante 5P	m.	50,00	50,00	8,90	8,90	0
Cordón detonante 10P	m.	471,00	471,00	122,46	122,46	0
Fanel PL 1 al 16 de 4.2m	pza.	24,00	0	22,63	0	22,63
Fanel PL 1 al 15 de 12m	pza.	24,00	27,00	41,78	47,01	-5,22
Fanel PL 1 al 15 de 15m	pza.	0	27,00	0	53,82	-53,82

Fanel PC 1 al 15 de 12m	pza.	15,00	0	39,86	0	39,86
Fanel PC 1 al 15 de 15m	pza.	15,00	0	44,17	0	44,17
Tubo PVC 2" x 3m	pza.	66,00	148,50	62,70	141,08	-78,38
Cartuflex A. E. rígido 2" x 3m	pza.	82,50	0	227,25	0	227,25
COSTO TOTAL	\$	-	-	10 108,41	9 445,52	662,89
RATIO DE COSTO	\$/tn	-	-	12,59	11,76	0,83

Fuente: Rodríguez & Rojas, 2019

De acuerdo a los datos obtenidos de la empresa y campo obtuvimos que al realizar la estandarización a un solo tipo de explosivo y diseñar una malla de perforación y voladura, obtendremos mayor avance y volumen de material extraído, reduciendo el tiempo, taladros perforados y explosivos utilizados. Cuyos resultados son reflejados de la siguiente manera

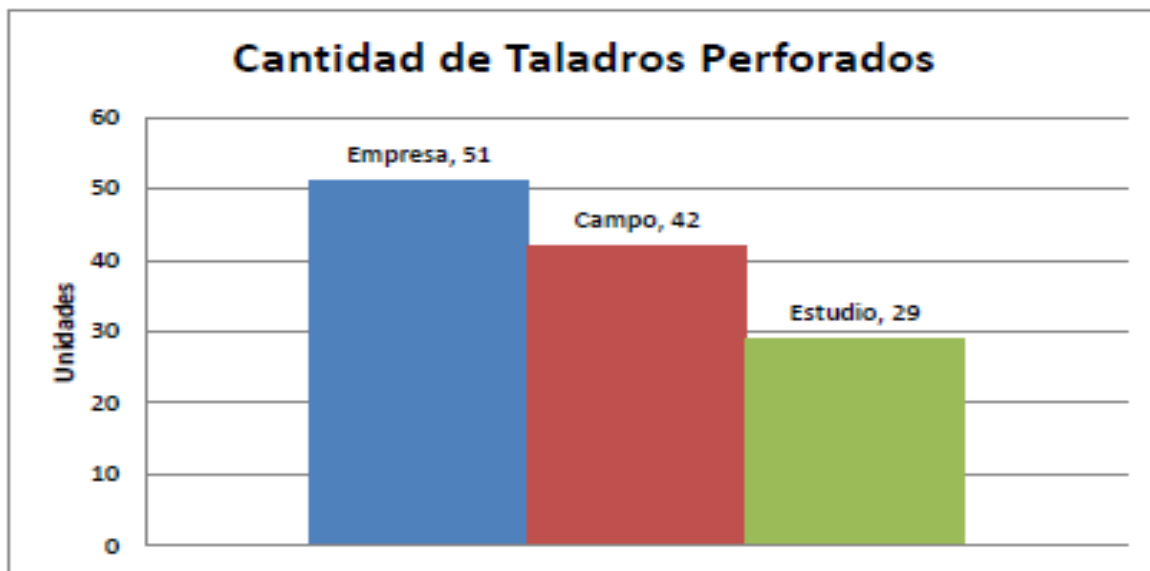


Figura 1. Cantidad de taladros perforados

Fuente: Rodríguez & Rojas, 2019

En la figura se muestra la cantidad de taladros perforados en el frente de 2,5 m x 2,5 m en los distintos casos. Datos de la empresa: 51 taladros. Datos de campo: 42 taladros. Datos del estudio: 29 taladros. Se observa que la cantidad de taladros perforados con la propuesta de malla de perforación y voladura es menor que el establecido por la empresa y el realizado en el campo. Al evidenciar la disminución de los taladros obviamente se disminuye la cantidad de taladros cargados, la cantidad de explosivo utilizado, la reducción de tiempos de perforación indica la disminución de la utilización de aire comprimido.

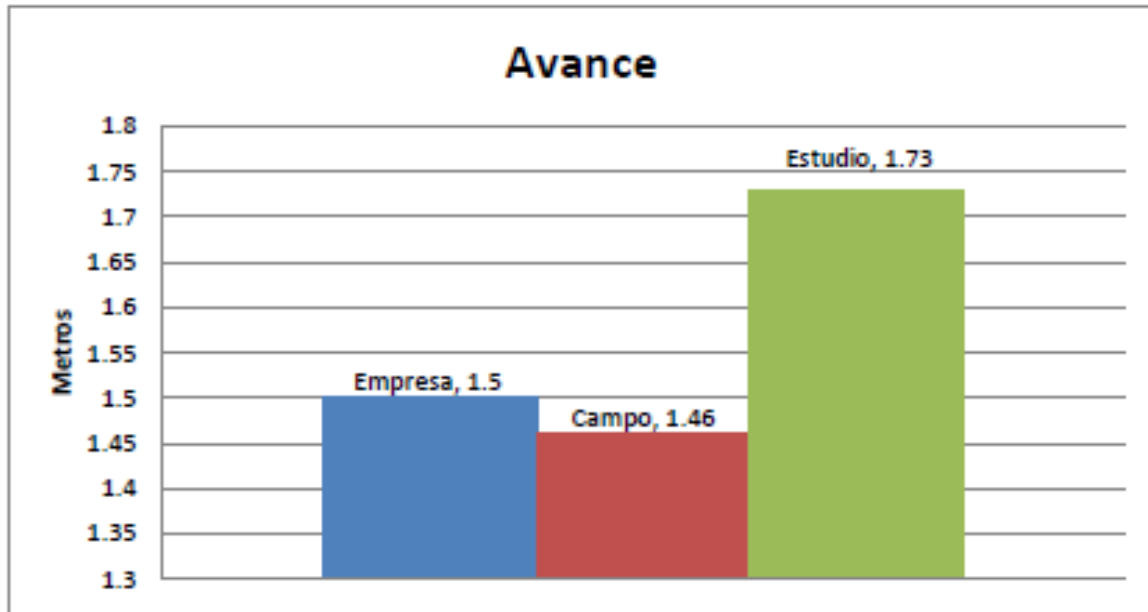


Figura 2. Avance
Fuente: Rodríguez & Rojas, 2019

Con referencia al avance, la figura 2 muestra el avance después de la voladura en un frente de 2,5 m x 2,5 m. Datos obtenidos de la empresa: 1,5 m. Datos de campo: 1,46 m. Datos del estudio: 1,73 m. Se observa que el avance después de la voladura es mayor cuando se aplica la propuesta de malla de voladura que el establecido por la empresa y el realizado en el campo. Si se aplicara la malla propuesta de perforación y voladura en el Tajo 8000 NV 1837, se lograría disminuir en promedio 13 taladros, 71 minutos en tiempo de perforación, 137 explosivos, un aumento de 0,27 metros de avance y 4,64 toneladas de producción.

Si se aplicara la malla propuesta de perforación y voladura en el Crucero NW4 NV 1800 se lograría disminuir en promedio 12 taladros, 69 minutos en tiempo de perforación, 110 explosivos, un aumento de 0,25 metros de avance y 6,18 toneladas de producción.

DISCUSIÓN

Para la parametrización de las labores, no solo es que los trabajadores realicen un trabajo de la misma forma y bien hecho tal como lo plantea Jiménez & Molina, (2006), sino que también se debe realizar el planeamiento de las operaciones en conjunto con las áreas de operaciones mina, geología y geomecánica para luego desarrollar la parametrización de las labores.

Por los antecedentes de investigación revisadas se puede expresar que es de suma importancia aplicar la optimización de los estándares, no solamente a las actividades directas de la mina, también es de suma importancia optimizar los estándares en las actividades conexas de la unidad minera, actividad que no ha sido tomada en cuenta por las investigaciones anteriores.



De acuerdo a las tablas y gráficos enunciados se puede apreciar que la optimización de los estándares influye en la reducción de costos de operación mina, tal como lo muestra en los resultados de las investigaciones.

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo a las investigaciones realizadas podemos obtener que la determinación de las tareas críticas, la mejora y la optimización de estándares operacionales influyen en la mejora de los procesos operativos de la unidad minera.

Se optimizó los estándares de perforación y voladura en cada frente de trabajo, es decir en el Tajo 8000 NV 1837, reduciendo el costo operativo en 10,42%.

La optimización de los estándares de perforación y voladura, reduce el tiempo de perforación, el consumo de aceros, el consumo de explosivos, y por ende se reduce los costos operativos de la actividad descrita.

V. BIBLIOGRAFIA

Arata C. P. (2012). *Optimización de la gestión operacional en consorcio Minero Horizonte S.A.* Universidad Nacional de san Cristobal de Huamanga. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2148>

Chambi, J. R. (2019). *Análisis y optimización de las operaciones de perforación y voladura para el desarrollo de estándares*

técnicos e incremento de utilidades en Mina Tambomayo. Universidad Nacional de san Agustín de Arequipa;Vol.1. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9075>

Condori, R. F. (2017). *Optimización de la operación unitaria de transporte con la aplicación de estándares de diseño de vías en la unidad Minera Corihuarmi.* Universidad Nacional del Altilpano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5753>

Gutierrez, E. S. (2019). *Aplicación del sostenimiento activo y pasivo en etapas iniciales de la operación para mejorar la estabilidad y la seguridad, Unidad Minera el Porvenir Empresa Incimmet.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8607>

Huamani, H. L. (2017). *Implementación del ore control en la U.P. - Alpacay Minera Yanaquihua, Codesuyos - Arequipa.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5037>

Jáuregui, O. A. (2011). *Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las*



- operaciones unitarias de perforación y voladura.* Pontificia Universidad Católica del Perú.
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/696>
- Jiménez, I., & Molina, J. (2006). Propuesta de medición de la propuesta de medición de la productividad en minería de oro vetiforme y reconocimiento de estándares productivos sostenibles. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, 19, 73–86.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/722/1193>
- Lazo, J. A. (2017). *Optimización de los estándares de operación de la flota de scooptrams para reducir los costos de explotación en la mina Atacocha.* Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”.
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1933>
- Merma, A. R. (2018). *Optimización de los estándares en perforación y voladura de taladros largo, para el incremento de la productividad y la reducción de los costos de operación en la CIA. Minera Ares SAC U.O. Inmaculada.* Universidad Nacional del Altiplano.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10607>
- Rodríguez, D. A., & Rojas-Mendoza, E. E. (2019). *Propuesta de malla de perforación y voladura en el crucero NW 4 y el tajo 8000 para reducción de costos en mina subterránea en la libertad.* Universidad Privada del Norte).
<http://hdl.handle.net/11537/21032>
- Zorrilla, L. A. (2017). *La seguridad en el sostenimiento con criterios geomecánicos en la excavación subterránea de la central Hidroeléctrica Cerro del Aguila.* Universidad Nacional del Centro.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5037>