

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA
PARA OPTIMIZAR LA FRAGMENTACIÓN DE LA ROCA
CALIZA EN LA CANTERA CLAUDINA 8, CAJAMARCA 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

Autores:

Carlos Saul Lopez Eugenio

Nicolas Miranda Mori

Asesor:

Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán

Cajamarca - Perú

2022

Tabla de contenido

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Realidad problemática.....	8
1.2. Formulación del problema	25
1.3. Objetivos	25
1.3.1. Objetivo general.....	25
1.3.2. Objetivos específicos	25
1.4. Hipótesis.....	25
1.4.1. Hipótesis general.....	25
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	26
2.1. Tipo de investigación	26
2.2. Población y muestra	27
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	27
2.4. Procedimiento.....	31
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	35
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	50
REFERENCIAS.....	55
ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de diseño de voladura de cantera de caliza.....	15
Tabla 2. Parámetros de diseño de voladura de cantera de caliza abril 2012	17
Tabla 3. Comparación de análisis químico de la caliza en tres laboratorios; Error! Marcador no definido.	
Tabla 4. Instrumento 1: Guía de observación características de la voladura; Error! Marcador no definido.	
Tabla 5. Instrumento 2: Guía de Experimentación Diseño de cargas	28
Tabla 6. Instrumento 3: Guía de Experimentación Tamaño de la caliza fragmentada.....	30
Tabla 7. Instrumento 4: Guía de Estadística descriptiva de la caliza fragmentada	31
Tabla 8. Características geomecánicas del macizo rocoso del banco 3984 de la cantera	35
Tabla 9. Medición en campo de las propiedades de las discontinuidades.....	35
Tabla 10. Clasificación del macizo rocoso RMR – Bieniawski 89	36
Tabla 11. Clasificación de la calidad de la roca según el RMR	37
Tabla 12: Primer diseño de cargas del proyecto de voladura del banco 3984_16/01/2021	37
Tabla 13. Segundo diseño de cargas del proyecto de voladura del banco 3984_16/01/2021 ..	39
Tabla 14. Características de la voladura en la cantera Claudina 8	39
Tabla 15. Tamaño del producto volado a diferentes porcentajes pasantes.....	42
Tabla 16. Cuadros de distribución de frecuencia del tamaño de la caliza fragmentada a un porcentaje pasante P20.....	45
Tabla 17. Cuadros de distribución de frecuencia del tamaño de la caliza fragmentada a un porcentaje pasante P50.....	46
Tabla 18. Cuadros de distribución de frecuencia del tamaño de la caliza fragmentada a un porcentaje pasante P80.....	47
Tabla 19. Cuadros de distribución de frecuencia del tamaño de la caliza fragmentada a un porcentaje pasante P90.....	47
Tabla 20. Cuadros de distribución de frecuencia del tamaño de la caliza fragmentada a un porcentaje pasante P100.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Columna estratigráfica de la cantera Claudina 8.....	18
Figura 2. Muestras de cores de la cantera Claudina 8.	19
Figura 3. Delimitación por bloques de la cantera Claudina 8.	
Figura 4. Mezcla explosiva Quantex.	22
Figura 5. Esquema de carga.....	
Figura 6. Primer diseño de cargas para taladros de 10 m de altura. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 7. Plano de carguío banco 3984.	40
Figura 8. Fotos de pre voladura del banco 3984.	41
Figura 9. Tamaño de la caliza fragmentada a diferentes porcentajes pasantes.	43
Figura 10. Estadística descriptiva del tamaño de la caliza fragmentada a diferentes porcentajes pasantes.....	44
Figura 11. Costo de las mezclas explosivas.	48

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado Diseño de la malla de perforación y voladura para optimizar la fragmentación de la roca caliza en la cantera Claudina 8, Cajamarca 2021; se basa en la problemática que, la antigua malla de voladura fue de $B \times E = 4.5 \text{ m} \times 4.8 \text{ m}$ y diámetro de perforación de 9”, utilizando explosivo HA 46, la voladura proporciona un producto muy fragmentado, con p80 de 90.69% $-3/4$ ”, perdiéndose mucho material fino de roca caliza, en lugar de destinarlo a producción. La granulometría deseada en la Planta de cal de la empresa en estudio, es de 6” y 19 1/2” con un valor promedio de 12 3/4” y un porcentaje de finos -200 mallas del 20% como máximo. La investigación de acuerdo a su finalidad es Aplicada, por su alcance es predictiva, por su enfoque es cuantitativa con diseño Experimental del tipo Cuasi experimental. La muestra está constituida por el total de las reservas minables en el banco 3984 de la cantera Claudina 8. Las técnicas de recolección de datos fueron la observación directa, el análisis documental y la experimentación. Se realizó la evaluación granulométrica de la fragmentación de la roca por medio del software Metrics Manager Pro, obteniendo datos estadísticos del porcentaje pasante de 19 imágenes de los correspondientes tamaños previstos por una escala granulométrica. Luego se realizó un análisis estadístico descriptivo del tamaño de la roca fragmentada vs porcentaje pasante, para luego a través de las tablas de distribución determinar la granulometría de la roca caliza con el nuevo diseño de malla de voladura. Se concluye que al diseñar la nueva malla de perforación y voladura a $B \times E = 5.5 \text{ m} \times 6.5 \text{ m}$ y del diámetro de perforación a 9 7/8”, utilizando explosivo MEQ 73 de 1.10 gr/cc, la voladura proporciona un producto de mayor tamaño con un P100, donde el 68.42 % de los fragmentos tienen un tamaño desde 12.33” a menos de 14.05”. Se concluye que el costo por tonelada de la mezcla explosiva MEQ 73 es 614.2 US\$/TM, en comparación con HA 46, cuyo costo es de 674.0 US\$/TM, que representa una diferencia de 59.80 US\$/TM.

Palabras clave: Cantera, Caliza, fragmento, MEQ 73, P80, P100.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.

REFERENCIAS

- Alfaro, Rene (2016). *Diseño de malla de perforación y voladura en la cantera Sur para producción de roca escollera en la Cia Miera El Brocal, Cerro de Pasco*. Tesis (Título profesional de ingeniero de minas). Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú.
- Barona, Alejandro (2014). *Evaluación del funcionamiento de sistemas de análisis digital de imágenes Wipfrag (edición manual) y Split on line*. Tesis (Título profesional de ingeniero técnico de minas). Universidad Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía, Madrid – España.
- Bieniawski, Z.T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. John Wiley and sons, Inc.
- Cáceres, Carlos y Depaz, Lizeth (2016). *Geomecánica aplicada al diseño de malla de perforación de la GEA – 475E del nivel 2050 en la unidad Alpacay, MYSAC año 2016*. Tesis (Título profesional de ingeniería de minas). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo- Huáraz.
- Carhuancho, Erwin (2011). *Optimización de la fragmentación aplicando valores de energía en voladura al tajo Vidal, nivel 4190 cantera de caliza Cerro Palo Cemento Andino*. Tesis (Título profesional de ingeniero de minas). Huancayo: Universidad nacional del centro del Perú, 2011. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3161>
- Choqueña Jubel (2017). *Optimización de la fragmentación de la roca mediante las características geomecánicas y doble iniciación no electrónica en la perforación y voladura de bancos - U. M. Apumayo S.A.C*. Tesis (Título profesional de ingeniero de minas). Universidad Nacional del Altiplano. Disponible en:

file:///C:/Users/ACER/Downloads/Choque%C3%B1a_Ccallata_Jose_Jubel.pdf

Correa, Donny (2016). *Factibilidad económica de la explotación de roca caliza para producir Oxido de calcio en la concesión minera no metálica José Gálvez, Bambamarca, Cajamarca*. Tesis (Título profesional de ingeniero de minas). Cajamarca: Universidad privada del norte, 2016. Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/7578>

Devore, Jay (2008). “*Probabilidad y Estadística, para Ingeniería y Ciencias*”, International Thomson Editores Séptima Edición. México.

EXSA S.A. (2016). *Tecnología Quantex. Recuperado el Enero de 2018, de Exsa - soluciones exactas para fragmentación de roca, voladura y explosivos*: <http://www.exsasoluciones.pe/exsa-yla-tecnologia-quantex-en-el-pdac-2016/>

EXSA S.A. (2018). *Manual de voladura EXSA*. Lima. Ficha técnica del Quantex 73, recuperado de: <https://www.exsa.net/image/pdf/QUANTEX%2073.pdf>

Konya, C., & Albarrán, E. (1998). “*Diseño de voladuras*”. Cuicatl.

Mamani, I. (2016). *Análisis y optimización de costos de perforación y voladura en la construcción del canal San Antonio de Miña*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

Mendoza G. (2019). *Optimización de la fragmentación y costos de voladura utilizando el explosivo Heavy Anfo 64 y ME Quantex 73 en la cantera de caliza Cuadratura, Cajamarca 2019*. Tesis de pregrado para obtener el título de Ingeniero de Minas. Universidad Privada del Norte. Cajamarca-Perú.

Minera Yanacocha, (2008). *Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Claudina 8*. Cajamarca-Perú.

Miranda, A.; Vergara A. (2019). *Diseño de un sistema de perforación y voladura de rocas aplicando modelos matemáticos para optimizar la fragmentación de la roca caliza en la cantera PROVEN III en Cerro Collique - Zaña*. Tesis de pregrado para obtener el título de Ingeniero de Minas. Universidad César Vallejo. Chiclayo-Perú.

Quispe M. (2018). *Optimización de la fragmentación en la Mina Toquepala, mediante la aplicación de explosivo gasificado*. Tesis de pregrado para obtener el título de Ingeniero de Minas. Universidad Continental. Arequipa-Perú.

Walpole y Myers (2007). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*” PRENTICE HALL, INC. Octava Edición. México.

Yahuana, W. (2015). *Control de la fragmentación, proyección y apilamiento de roca en voladuras de canteras en la cantera Cerro Negro*. Tesis de pregrado para obtener el título de Ingeniero de Minas. Universidad Nacional de Piura. Piura-Perú.