

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“DISEÑO DE MALLA DE PERFORACION PARA  
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL  
CRUCERO 8946, EN MINERA CORIWAYRA –  
2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero de Minas**

**Autores:**

Daniel Sepulveda Colchado  
Juan Carlos Muñoz Rodriguez

**Asesor:**

Mg. Ing. Eduardo Manuel Noriega Vidal  
<https://orcid.org/0000-0001-7674-7125>

Trujillo - Perú

2023

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Jorge Omar Gonzales Torres</b>	<b>43703713</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Ronald Antonio Alvarado Obeso</b>	<b>44562630</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Wilberto Effio Quezada</b>	<b>42298402</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### Tesis

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>www.redalyc.org</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>www.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.unamba.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>www.repositorio.unasam.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

## Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1.    Realidad problemática	11
1.2.    Formulación del problema	25
1.3.    Objetivos	25
1.4.    Hipótesis	255
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	266
CAPÍTULO III: RESULTADOS	31
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	64
REFERENCIAS	688
ANEXOS	722

## Índice de tablas

Tabla 1 Medición de Variables .....	28
Tabla 2 Tabla de Datos para la Elaboración del Pareto .....	32
Tabla 3 Análisis de necesidades de capacitación en las actividades de perforación y voladura – parte 1. ....	34
Tabla 4 Análisis de necesidades de capacitación en las actividades de perforación y voladura – parte 2. ....	35
Tabla 5 Cálculo de índice de calidad de la roca (RQD) .....	37
Tabla 6 Tabla de Clasificación del Rock Mass Rating (RMR) .....	38
Tabla 7 Tabla de Datos de Parámetros de Perforación y Voladura .....	40
Tabla 8 Costo unitario por disparo. ....	43
Tabla 9 Costo Unitario por Disparo.....	44
Tabla 10 Costo unitario por disparo de una voladura secundaria. ....	46
Tabla 11 Tabla de Datos de Parámetros de Perforación y Voladura. ....	50
Tabla 12 Tabla de Datos de Parámetros de Perforación y Voladura .....	51
Tabla 13 Tabla de Datos de Parámetros de Perforación y Voladura .....	51
Tabla 14 Costo unitario por diseño 1- parte 2.....	57
Tabla 15 Costo unitario por diseño 1- parte 2.....	58
Tabla 16 Costo unitario por diseño 2 – parte 2. ....	59
Tabla 17 Costo unitario por diseño 2 – parte 2 .....	60
Tabla 18 Costo unitario por diseño 3 – parte 2 .....	61
Tabla 19 Costo unitario por diseño 3 – parte 2 .....	62
Tabla 20 Diferencia de Costos en los Resultados por Diseños. Analizar nuevamente los costos.....	63
Tabla 21 Matriz de Consistencia .....	72
Tabla 22 Matriz de Operación .....	73
Tabla 23 Recuento de los Problemas Encontrados en el Análisis del Reporte de Operaciones .....	76

## Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de Ishikawa para determinar las causas de las fallas en el proceso unitario de Perforación y Voladura. ....	31
Figura 2. Análisis del Diagrama de Pareto .....	33
Figura 3. Plan de Acción a Través de la Elaboración de un Cronograma de Capacitación con los Temas Respectivos Para la Mejora del Diseño de Perforación y Voladura .....	36
Figura 4. Diseño de Malla de Perforación Existente, de sección 3.5 m x 3.5m .....	39
Figura 5. Análisis del Parámetro de Voladura en el Factor de Carga. ....	41
Figura 6. Análisis de sobre rotura como resultado de la voladura .....	42
Figura 7. Figura de tiro cortado .....	45
Figura 8. Evidencia los Taladros de Quedados sin ser rotos por efecto del pre-corte. ....	45
Figura 9. Gráfico que indica el efecto del de la técnica de voladura del pre-corte .....	48
Figura 10. Diseño de Malla de Perforación Para un Terreno de Clasificación Geomecánica de Rocas de un RMR de 31-40.....	50
Figura 11. Malla de Perforación Para un Terreno de Clasificación de la Roca RMR de 21-30. ....	51
Figura 12. Malla de Perforación Para un Terreno de Clasificación de la Roca RMR de 11-20. ....	512
Figura 13. Análisis del Parámetro de voladura tomando en cuenta el factor de carga. ....	533
Figura 14. Porcentaje de sobre rotura por efecto de la voladura. ....	544
Figura 15. Tipo de arranque para incrementar el avance del disparo. ....	55
Figura 16. Tipo de Distribución de Carga Explosiva Para Controlar la Voladura.....	555
Figura 17. Resultados de la Voladura Controlada. ....	566
Figura 18. Instrumento de Recolección de Información de la labor.....	745
Figura 19. Hoja de evidencia de capacitación al personal .....	756

## RESUMEN

El nivel de productividad de las empresas mineras gira en entorno a la perforación y voladura para extraer el mineral, de ello dependen las demás operaciones, por ello el objetivo general de este estudio es elaborar un diseño adecuado de malla para mejorar la productividad en el CX8946, CONSTRUCTORA S & MT SAC – 2022. Este estudio es cuasi experimental y está enfocado en recolectar datos numéricos utilizando instrumentos como una ficha de control de datos para los parámetros de perforación y voladura, y un formato de capacitación para el personal de operación mina. Durante esta investigación se realizó un diagnóstico del diseño de malla existente y las fallas en los procesos unitarios de perforación y voladura; luego se diseñó adecuadamente la malla de perforación y voladura considerando la evaluación geo mecánica de la roca, así como la técnica de voladura del recorte, así como un programa de capacitación y plan de supervisión basados en las causas raíz identificadas. Finalmente se determinó que el diseño de malla redujo los costos e incrementó los avances en la exploración para cortar las vetas auríferas, dando como resultado una mejor productividad, reduciendo los costos en un 8% y obteniendo un ahorro de \$ 2115.29 mensuales.

**PALABRAS CLAVES:** Perforación, Voladura, Diseño de mallas, productividad.

## ABSTRACT

The level of productivity of mining companies revolves around drilling and blasting to extract the mineral, the other operations depend on it, therefore the general objective of this study is to develop an adequate mesh design to improve productivity in the CX8946, CONSTRUCTORA S & MT SAC – 2022. This study is quasi-experimental and is focused on collecting numerical data using instruments such as a data control sheet for drilling and blasting parameters, and a training format for mine operation personnel. During this investigation, a diagnosis was made of the existing mesh design and the failures in the unitary drilling and blasting processes; then the drilling and blasting grid was adequately designed considering the geomechanical evaluation of the rock, as well as the cutting blasting technique, as well as a training program and supervision plan based on the identified root causes. Finally, it was determined that the mesh design reduced costs and increased exploration advances to cut gold veins, resulting in better productivity, reducing costs by 8% and obtaining savings of \$2115.29 monthly.

**Keywords:** Drilling, blasting, mesh design, productivity.

## **NOTA**

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto**, por determinación de los propios autores amparados en el Texto Integrado del Reglamento RENATI, artículo 12.

## Referencias

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: sexta edición. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Manterola, C., & Otzen, T. (2015). Estudios Experimentales 2ª Parte. Estudios Cuasi-Experimentales. *Int. J. Morphol.* 33(1):382-387, 2015., 384. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v33n1/art60.pdf>
- Mauricio, N. J. (2016). "Mejoramiento de la producción en tajo mediante la optimización de las operaciones de perforación y voladura en la veta Milagros PEC nivel 2360 de la mina de la Compañía Consorcio Minero Horizonte S.A. -2016". *TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO DE MINAS*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO, TRUJILLO, PERÚ. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Desktop/Mauricio%20Laguna%20Nelson%20Jenry.pdf
- Agencia Peruana de Noticias. (7 de Mayo de 2019). Perú lidera ranking mundial de producción y reservas mineras. *Perú lidera ranking mundial de producción y reservas mineras*. Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-peru-lidera-ranking-mundial-produccion-y-reservas-mineras-750788.aspx>
- Ayamamani, C. (2016). "Diseño De Perforación Y Voladura Y Su Incidencia En Los Costos Unitarios En Balcón Iii De La Corporación Minera Ananea S. A.". *Para Optar El Título Profesional De: Ingeniero De Minas*. Universidad Nacional Del Altiplano, Puno - Perú. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2978/Ayamamani\\_Pachari\\_Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2978/Ayamamani_Pachari_Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bautista, J. S. (2017). "Diseño Y Planeamiento De Minado Subterráneo Para Incrementar La Producción Diaria De La Unidad Operativa Pallancata – Proyecto Pablo – Compañía Minera Ares S.A.C". (*Para Optar El Título Profesional De: Ingeniero De Minas*). Universidad Nacional Del Altiplano, Puno - Perú. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4072/Bautista\\_Condori\\_Julio\\_Sarae\\_en.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4072/Bautista_Condori_Julio_Sarae_en.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). *"Perforación y Voladura de rocas en Minería"*. Madrid - España: Copyright © 2013. Todos los derechos reservados. Obtenido de [http://oa.upm.es/21848/1/20131007\\_PERFORACION\\_Y\\_VOLADURA.pdf](http://oa.upm.es/21848/1/20131007_PERFORACION_Y_VOLADURA.pdf)
- Bono, R. (2012). Diseños Cuasi-Experimentales Y Longitudinales. *Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento*, Universidad de Barcelona. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/16207194.pdf>

- Cáceres, L. (2017). "Optimización De La Perforación Y Voladura Con Nuevo Diseño De Malla En El Crucero 10014 De La Empresa Minera Marsa". *Para Optar El Título Profesional De Ingeniero De Minas*. Universidad Nacional Del Altiplano, Puno - Perú. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4491/C%c3%a1ceres\\_Navarro\\_Ludtwin.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4491/C%c3%a1ceres_Navarro_Ludtwin.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Carhuallanqui, O. J. (2019). "INCIDENCIA DE LA CAPACITACIÓN, SUPERVISIÓN Y CONTROL EN PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LOS TRABAJADORES-CONTRATA JRC-UNIDAD MINERA EL BROCAL-COLQUIJIRCA-PASCO". (PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL: DE INGENIERO DE MINAS). UNIVERSIDAD CONTINENTAL, Peru.
- Castañeda , N. (2019). "Reducción De La Sobrerotura Mediante La Mejora De Los Parámetros De Voladura En La Profundización De La Rampa 2705, En La Unidad Minera De Parcoy De Consorcio Minero Horizonte S.A. –La Libertad". (Para Optar Al Título Profesional De Ingeniero De Minas). Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco, Cusco - Perú. Obtenido de [http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/4441/253T20190474\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/4441/253T20190474_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chancasanampa, W. (2019). "Diseño De La Malla De Perforación Y Voladura Para Incrementar La Productividad De Tajeos En La Compañía Minera Great Panther Coricancha S.A.". Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Huancayo-Perú. Obtenido de [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5431/T010\\_74357222\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5431/T010_74357222_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Choque, E. (2017). "Diseño De Perforación Y Voladura Por El Método Roger Holmberg Para Reducir Las Incidencias De Voladuras Deficientes En Cía Minera Ares S.A.C. – U.O. Arcata". (Para Optar El Título De Ingeniero De Mina). Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Perú. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4654/Choque\\_Velarde\\_Emerson.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4654/Choque_Velarde_Emerson.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Friess, S., & Brötz , H. (Julio de 2011). La Minería en los Países en Desarrollo, Desafíos y Propuestas de Acción. *Misereor IHR Hilfswerk*. Obtenido de [https://www.misereor.org/fileadmin/user\\_upload\\_misereororg/publication/es/documento-de-posicion-mineria-en-paises-desarrollo.pdf](https://www.misereor.org/fileadmin/user_upload_misereororg/publication/es/documento-de-posicion-mineria-en-paises-desarrollo.pdf)
- Galindo, M. y. (Agosto de 2015). Productividad. *México ¿cómo vamos?*, 1. Obtenido de [https://scholar.harvard.edu/files/vrios/files/201508\\_mexicoproductivity.pdf](https://scholar.harvard.edu/files/vrios/files/201508_mexicoproductivity.pdf)
- Huayta, F. (2021). *Diseño de malla de perforación y voladura en tajeos para incrementar producción en Unidad Minera San Andrés - Minera aurífera Retamas S.A. - 2020*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Recuperado el 25 de setiembre de 2023, de

[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7204/T010\\_74386305\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7204/T010_74386305_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Luis , P., & Martínez, A. D. (2017). "Diseño Del Sistema De Perforación Y Voladura En Los Bancos D, E Y F En La Mina De Caliza El Tesoro, Contrato De Concesión Ili-16111 Ubicada En La Vereda Las Caleras Del Municipio Denobsa-Boyacá". (*Propuesta De Grado Para Optar Al Título De Ingenieros De Minas Modalidad Monografía.*). Universidad Pedagógica Tecnológica De Colombia, Colombia. Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2242/1/TGT-782.pdf>
- Méndez, M. R. (2019). "Mejoramiento De La Perforación Y Voladura En La Construcción De La Rampa 2705 De La Unidad Minera Parcoy Consorcio Minero Horizonte S.A. (*Para Optar El Título Profesional De Ingeniero De Minas*). Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga, Ayacucho – Perú. Obtenido de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3542>
- Montalvo Morales, B. (2022). *Diseño de malla de perforación y voladura para el control de dilución en el subnivel de producción "Los Gemelos", en la explotación minera subterránea de la Mina "Pique", Compañía Oroconcent S.A., Portovelo-Ecuador.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Macas. Recuperado el 25 de marzo de 2023, de <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/18114/1/53T0060.pdf>
- Montaño, J., Rincón, J., Vargas, W., & Alvarado, H. (2021). Incremento del desempeño del sistema de perforación y voladura en la explotación minera el Lucero. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 19 (1)(70-74). doi:<https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2021.946>
- Ortega-Ramos, C., Jaramillo-Gil, A., & Molina-Escobar, J. (julio de 2016). Modificación de las mallas de perforación de voladuras a partir del índice de esfuerzo geológico (GSI), caso mina "La Maruja", Colombia. *Boletín de Ciencias de la Tierra*(40), 32-38. Recuperado el 25 de setiembre de 2023, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169546751004>
- Quispe , N. (2019). "Diseño De Mallas De Perforación Y Voladura Y Su Incidencia En Los Costos Unitarios En La Unidad Minera Chalhuané". (*Para Optar El Título Profesional: De Ingeniero De Mina*). Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, Arequipa – Perú. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9432/IMqcen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ríos, D. M. (2017). "Implementacion Del Sistema Integrado De Gestión Para Mejorar La Productividad En La Empresa Extreme Services Sac - Cia Minera Antamina Año 2016". (*Para Optar El Título Profesional De: Ingeniero De Minas*). Universidad Nacional "Santiago Antúnez De Mayolo, Huaraz – Perú. Obtenido de [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1849/T033\\_46838120\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1849/T033_46838120_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Rodriguez , E. (2005). *Metodología de la investigacion*. Mexico, Mexico. Obtenido de [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=r4yrEW9Jhe0C&oi=fnd&pg=PA7&dq=rodr%C3%ADguez+\(2005\)&ots=8C84ZOHdj-&sig=ooxiEoFO7TSxo41PnUPeAd9gSf8#v=onepage&q=rodr%C3%ADguez%20\(2005\)&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=r4yrEW9Jhe0C&oi=fnd&pg=PA7&dq=rodr%C3%ADguez+(2005)&ots=8C84ZOHdj-&sig=ooxiEoFO7TSxo41PnUPeAd9gSf8#v=onepage&q=rodr%C3%ADguez%20(2005)&f=false)
- Rodríguez, A. (Diciembre de 2019). Reporte De Análisis Económico Sectorial. *GPAE-Osinergmin*, 4. Obtenido de [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/RAES/RAES-Mineria-diciembre-2019-GPAE-OS.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/RAES/RAES-Mineria-diciembre-2019-GPAE-OS.pdf)
- Sahuinco, E. A. (2019). "Diseño De Perforación Y Voladura En Minería Convencional Para Minimizar Los Costos En El Frente De Labores De Desarrollo Compañía Minera Yanaquihua S.A.C.". (*Para Optar El Título Profesional De Ingeniero De Minas*). Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, Arequipa – Perú. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9952/IMSacuea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Universidad del Pacífico. (2016). *Productividad En El Perú: Medición, Determinantes E Implicancias* (1 ed.). (N. Céspedes, L. Lavado, & N. Ramírez, Edits.) Lima, Peru. Obtenido de <https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1083/C%a9spedesNikita2016.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Vega , J. F. (2019). "Incremento De La Productividad En El Tonelaje Movido Mediante La Aplicación De La Mejora De Métodos En Una Empresa Minera". (*Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial*). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Obtenido de [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11297/Vega\\_rj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11297/Vega_rj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Velásquez , Y., & Rodríguez , C. (Octubre de 2014). Percepción De La Gerencia Sobre Los Factores Que Afectan La Productividad En La Pyme Del Sector Metalúrgico Y Minero De Venezuela. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 39. Obtenido de [http://oa.upm.es/32731/1/INVE\\_MEM\\_2014\\_193614.pdf](http://oa.upm.es/32731/1/INVE_MEM_2014_193614.pdf)