



UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y METALURGIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS:

**DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN UTILIZANDO EL
MODELO MATEMÁTICO DE HOLMBERG PARA MEJORAR LA
FRAGMENTACIÓN DE LA VOLADURA EN LA CONSTRUCCIÓN
DEL INCLINADO VIRGEN DE LA PUERTA 2, MINA SANTA
BARBARA DE TRUJILLO SAC - 2020**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

Bach. GAMARRA BEDÓN, Jhonny Emerson

ASESOR:

MBA. Ing. CASTILLEJO MELGAREJO, Ricardo Cayo

HUARAZ - PERÚ

2020

FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, CONDUCENTES A OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL**1. Datos del autor:**Apellidos y Nombres: GAMARRA BEDON JHONNY EMERSONCódigo de alumno: 092.0802.353Teléfono: 986971906E-mail: emerson_1532@hotmail.comD.N.I. n°: 46458542

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

- ☒ Tesis ☐ Trabajo de Suficiencia Profesional
☐ Trabajo Académico ☐ Trabajo de Investigación
☐ Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Para optar el Título Profesional de:INGENIERO DE MINAS**4. Título del trabajo de investigación:**"DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACION UTILIZANDO EL MODELO MATEMATICO DE HOLMBERG PARA MEJORAR LA FRAGMENTACION DE LA VOLADURA EN LA CONSTRUCCION DEL INCLINADO VIRGEN DE LA PUERTA 2, MINA SANTA BARBARA DE TRUJILLO SAC - 2020"**5. Facultad de:** Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia**6. Escuela o Carrera:** INGENIERÍA DE MINAS**7. Asesor:**Apellidos y nombres CASTILLEJO MELGAREJO RICARDO CAYOD.N.I n°: 31660457E-mail: rcastillejo77@gmail.com

ID ORCID: _____

8. Referencia bibliográfica: Tesis en formato APA**9. Tipo de acceso al Documento:**

- ☒ Acceso público* al contenido completo. Acceso
☐ restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

10. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

Firma del autor

11. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia Creative Commons, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

12. Para ser verificado por la Dirección del Repositorio Institucional

Fecha de Acto de sustentación:

Huarez, 17/08/2021

Firma:



Varillas William Eduardo

Asistente en Informática y Sistemas

- UNASAM -

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,
GEOLOGÍA Y METALURGIA



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En la ciudad de Huaraz, siendo las Diez horas con cero minutos de la mañana (10:00 a.m.) del día Diecisiete de Agosto del Dos mil Veintiuno (17/08/2021), se reunieron los miembros del jurado calificador nominados según Resolución Nro. 120-2021-FIMGM/CF, de fecha 10 de Agosto del 2021, integrado por los siguientes Docentes: **Dr. Ing. JAVIER ENRIQUE SOTELO MONTES**, como **Presidente**; **Dr. Ing. GUSTAVO ROBERTO BOJORQUEZ HUERTA**, como **Secretario** y el **Dr. Ing. JUAN ROGER QUIÑONES POMA**, como **Vocal**; para la sustentación de la tesis Titulada: **"DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACION UTILIZANDO EL MODELO MATEMATICO DE HOLMBERG PARA MEJORAR LA FRAGMENTACION DE LA VOLADURA EN LA CONSTRUCCION DEL INCLINADO VIRGEN DE LA PUERTA 2, MINA SANTA BARBARA DE TRUJILLO SAC - 2020"** presentado por el Bachiller **JHONNY EMERSON GAMARRA BEDON**, para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional "Santiago Antúñez de Mayolo", se procedió con el acto de sustentación bajo las siguientes consideraciones, el Presidente del Jurado calificador, invitó a los docentes, alumnos y público en general a participar en este acto; luego invitó al Secretario del Jurado calificador a dar lectura de la Resolución N° 120-2021-FIMGM/CF de fecha 10 de Agosto del 2021. Acto seguido invitó al sustentante a la defensa de su tesis por un lapso de veinte minutos (20), concluida con la misma, se procedió con el rol de preguntas de parte de los miembros del Jurado Calificador, finalmente se invitó al público en general a hacer abandono del Auditorium de la FIMGM por un lapso de diez (10) minutos con el propósito de deliberar la nota del sustentante, **ACORDANDO: APROBAR CON EL CALIFICATIVO (*)de: DIECISIETE (17) Aprobado con Distinción.** Siendo las once horas y un minuto (11:01 a.m.) del mismo día, se dio por concluida el acto de sustentación.

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúñez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO DE MINAS** de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la UNASAM.


Dr. Ing. JAVIER ENRIQUE SOTELO MONTES
Presidente


Dr. Ing. GUSTAVO ROBERTO BOJORQUEZ HUERTA
Secretario


Dr. Ing. JUAN ROGER QUIÑONES POMA
Vocal


MBA Ing. RICARDO CAYO CASTILLEJO MELGAREJO
Asesor

(*) De acuerdo con el Artículo 84º Reglamento de Grados y Títulos de la UNASAM, están deben ser calificadas con términos de: **APROBADO CON EXCELENCIA** (19-20), **APROBADO CON DISTINCIÓN** (17-18), **APROBADO** (14-16), **DESAPROBADO** (00-13).



UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,
GEOLOGÍA Y METALURGIA



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los Miembros del Jurado, luego de evaluar la tesis titulada: **"DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACION UTILIZANDO EL MODELO MATEMATICO DE HOLMBERG PARA MEJORAR LA FRAGMENTACION DE LA VOLADURA EN LA CONSTRUCCION DEL INCLINADO VIRGEN DE LA PUERTA 2, MINA SANTA BARBARA DE TRUJILLO SAC - 2020"** presentado por el Bachiller JHONNY EMERSON GAMARRA BEDON y sustentada el día 17 de Agosto del 2021, por Resolución de Consejo de Facultad N° 120-2021-FIMGM-/CF, la declaramos CONFORME.

En consecuencia queda en condiciones de ser publicada.

Huaraz, 17 de Agosto del 2021

Dr. Ing. JAVIER ENRIQUE SOTELO MONTES
Presidente

Dr. Ing. GUSTAVO ROBERTO BOJORQUEZ HUERTA
Secretario

Dr. Ing. JUAN ROGER QUINONES POMA
Vocal

MBA Ing. RICARDO CAYO CASTILLEJO MELGAREJO
Asesor

DEDICATORIA

*El presente trabajo está dedicado a mi abuela
Camila Dextre Lugo por su último deseo de
verme estudiar y progresar en esta hermosa
carrera.*

AGRADECIMIENTO

A los ingenieros de la facultad de ingeniería de minas de la universidad Santiago Antúnez de Mayolo que con su experiencia esfuerzo y dedicación encaminaron mi formación profesional.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado: “Diseño de malla de perforación utilizando modelo matemático Holmberg para mejorar fragmentación de la voladura en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020”, tiene como objetivo general el diseñar la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg para mejorar la fragmentación de la voladura en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020. La hipótesis planteada fue; El diseño de la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg mejorara la fragmentación de la voladura en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020. La metodología está basada en el método científico, los resultados mas importantes fueron que se obtuvo un buen avance lineal de 1.733 m. que representa el 95%, poca sobre rotura y una buena fragmentación donde el P80 es igual a 19.10 cm. que es mucho menor a 30 cm. El número total de taladros calculados es de 42 y tres son taladros de alivio. La conclusión más importante fue que se diseñó la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg, que obtuvo 42 taladros, con tres taladros de alivio, el cual mejoro la fragmentación obteniéndose un P80 = 19.1 centímetros que es mucho menos a 30 centímetros, reduciendo de esta manera los costos de transporte y acarreo del material que resulta de la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020.

Palabras claves: Diseño de malla de perforación, modelo matemático, Holmberg, fragmentación, voladura, construcción, Inclinado, Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020.

ABSTRACT

The present brought of research entitled: "Design of drilling mesh using Holmberg mathematical model to improve fragmentation of the blasting in the construction of the Inclined Virgen de la Puerta 2, Santa Barbara de Trujillo SAC mine - 2020", its general objective is to design the drilling mesh using Holmberg's mathematical model to improve the fragmentation of the blasting in the construction of the Inclined Virgen de la Puerta 2, Santa Barbara de Trujillo SAC mine - 2020. The planar hypothesis was; The design of the drilling mesh using the mathematical model of Holmberg will improve the fragmentation of the blasting in the construction of the Inclined Virgen de la Puerta 2, Santa Barbara de Trujillo SAC mine - 2020. The methodology is based on the scientific method, the The most important results were that a good linear advance of 1,733 m was obtained. which represents 95%, little overbreak and good fragmentation where the P80 is equal to 19.10 cm. which is much less than 30 cm. The total number of holes calculated is 42 and three are relief holes. The most important conclusion was that the perforation mesh was designed using Holmberg's mathematical model, which obtained 42 holes, with three relief holes, which improved fragmentation obtaining a P80 = 19.1 centimeters, which is much less than 30 centimeters, reducing in this way the costs of transportation and hauling of the material that results from the construction of the Inclined Virgen de la Puerta 2, Santa Barbara de Trujillo SAC mine - 2020.

Keywords: Drilling mesh design, mathematical model, Holmberg, fragmentation, blasting, construction, Inclined, Virgen de la Puerta 2, Santa Barbara de Trujillo SAC mine – 2020.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPITULO I.....	14
GENERALIDADES	14
1.1. Entorno Físico.....	14
1.1.1. Ubicación y acceso.....	14
1.1.2. Topografía.....	15
1.2. Entorno Geológico	16
1.2.1. Geología regional.....	16
1.2.2. Geología local	17
1.2.3. Geología estructural	19
1.2.4. Geología económica	19
CAPITULO II.....	21
FUNDAMENTACIÓN	21
2.1. Marco Teórico.....	21
2.1. Antecedentes de la investigación	21
2.2. Fundamentación teórica.....	25

2.2.1. Malla de perforación.....	25
2.2.2. Modelos matemáticos	25
2.2.3. Modelo matemático de Holmberg para diseñar y calcular los parámetros de perforación y voladura para minería subterránea.....	25
2.2.4. Perforación	32
2.2.5. Voladura.....	32
2.2.6. Análisis de fragmentación modelo KUZ RAM.....	34
2.3. Definición de Términos.....	35
CAPITULO III	41
METODOLOGÍA.....	41
3.1. <i>El Problema.</i>	41
3.1.1. Formulación del Problema.....	42
3.1.1.1. Formulación del problema General.	42
3.1.1.2. Formulación de problemas específicos.....	42
3.1.2. Objetivos de la investigación.....	42
3.1.2.1. Objetivo General.	42
3.1.2.2. Objetivos Específicos.	43
3.1.3. Justificación e importancia.....	43
3.1.4. Alcances.....	43
3.1.5. Delimitación De La Investigación	43
3.2. <i>Hipótesis.</i>	43
3.3. <i>Variables.</i>	44
3.3.1. Operacionalización de variables	45
3.4. <i>Diseño de la investigación</i>	45

3.4.1. Tipo de investigación	45
3.4.2. Nivel de la investigación	46
3.4.3. Método.....	46
3.4.4. Población y muestra	46
3.4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	46
3.4.6. Forma de tratamiento de los datos	47
CAPITULO IV	48
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	48
4.1. <i>Descripción de la realidad y procesamiento de datos.</i>	48
4.2. <i>Influencia del modelo Roger Holmberg en el diseño de la malla de perforación y voladura</i>	48
4.2.1. Diseño de malla de perforación y voladura	49
4.3. <i>Mejora de la fragmentación, empleando el nuevo diseño de la malla de perforación</i>	53
4.4. <i>Calculo del factor de carga de explosivo para la voladura, según el modelo matemático de Roger Holmberg</i>	55
4.5. <i>Discusión de resultados</i>	55
4.6. <i>Aportes del tesista</i>	56
CONCLUSIONES.....	57
RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	60
ANEXOS.....	63

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIAS	64
ANEXO N° 02: PETS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. <i>Ubicación de la Mina Santa Bárbara</i>	15
Figura N° 1. Malla de perforación	53
Figura N° 3. Tamaño de los fragmentos	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. <i>Acceso a la mina Santa Bárbara.</i>	14
Tabla N° 2. <i>Longitudes de los cuadradores</i>	27
Tabla N° 3. <i>Operacionalización de variables.</i>	45
Tabla N° 4. <i>Diseño de malla de perforación y voladura.</i>	49
Tabla N° 5. <i>Tipo de roca</i>	51
Tabla N° 6. <i>Valores de P</i>	54

INTRODUCCIÓN

La perforación y voladura de rocas tiene una alta incidencia en las demás operaciones unitarias mineras motivo por el cual su éxito depende del buen diseño de la malla de perforación y voladura. Un modelo matemático con base científica y tecnológica incluye variables estocásticas para el estudio de una adecuada relación entre la masa, energía y una adecuada fragmentación de la masa rocosa. La importancia de los modelos matemáticos es reemplazar a los métodos empíricos basados en la experiencia personal (Ensayos de prueba y error). Muchos investigadores han propuesto modelos matemáticos para calcular el Burden, el cual que es una de las variables más importante de determinar. Entre los modelos matemáticos tenemos el método postulado por el doctor Roger Holmberg para diseñar y calcular los parámetros de perforación y voladura para minería subterránea y tunelería. Los factores que influyen principalmente en los resultados de un disparo son de acuerdo a muchas investigaciones realizadas macizo rocoso, explosivo y geometría del disparo El principal problema que se presenta en un diseño de voladura es el cálculo del número de taladros que deben perforarse en el frente y calcular la carga explosiva a colocar en cada uno de ellos.

La tesis consta de: La dedicatoria; el agradecimiento, el resumen, el índice general, índice de tablas, índice de figuras y la introducción.

Capítulo I: Generalidades, en la que se describe algunas características de la mina Santa Bárbara de Trujillo, tales el entorno físico y el entorno geológico.

Capítulo II: Fundamentación, relacionados al marco teórico, los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y la definición de términos.

Capítulo III: Metodología, se plantea la pregunta de investigación, así como los objetivos, la justificación e importancia. Redacción de la hipótesis, las variables, metodología incluyendo a la población y muestra del estudio.

Capítulo I: Resultados de la investigación, se presentan los resultados obtenidos en la investigación.

Finalmente se presentan las conclusiones, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Entorno Físico

1.1.1. Ubicación y acceso

La concesión minera metálica Santa Bárbara tiene una extensión de 99.8017 hectáreas en favor de Sociedad Minera de Responsabilidad Limitada Santa Bárbara de Trujillo, según la Resolución Jefatural N° 00194 – 2001 - INACC/J. Se encuentra ubicada en las vertientes del flanco Occidental de la Cordillera Oriental de los Andes del Perú. Políticamente pertenece a las comunidades de la Paccha y Llampao, en el sector de Alto los Canales, distrito de Buldibuyo, provincia de Pataz, departamento de la Libertad. A una altitud promedio de 4142 m.s.n.m. Geográficamente está ubicada en la Hoja Topográfica de Tayabamba (17-i) del Instituto Geográfico Nacional, en las coordenadas UTM 233,000 E y 9 106,000 N (WGS84, zona 18S). (Guizábalo, 2017).

Acceso:

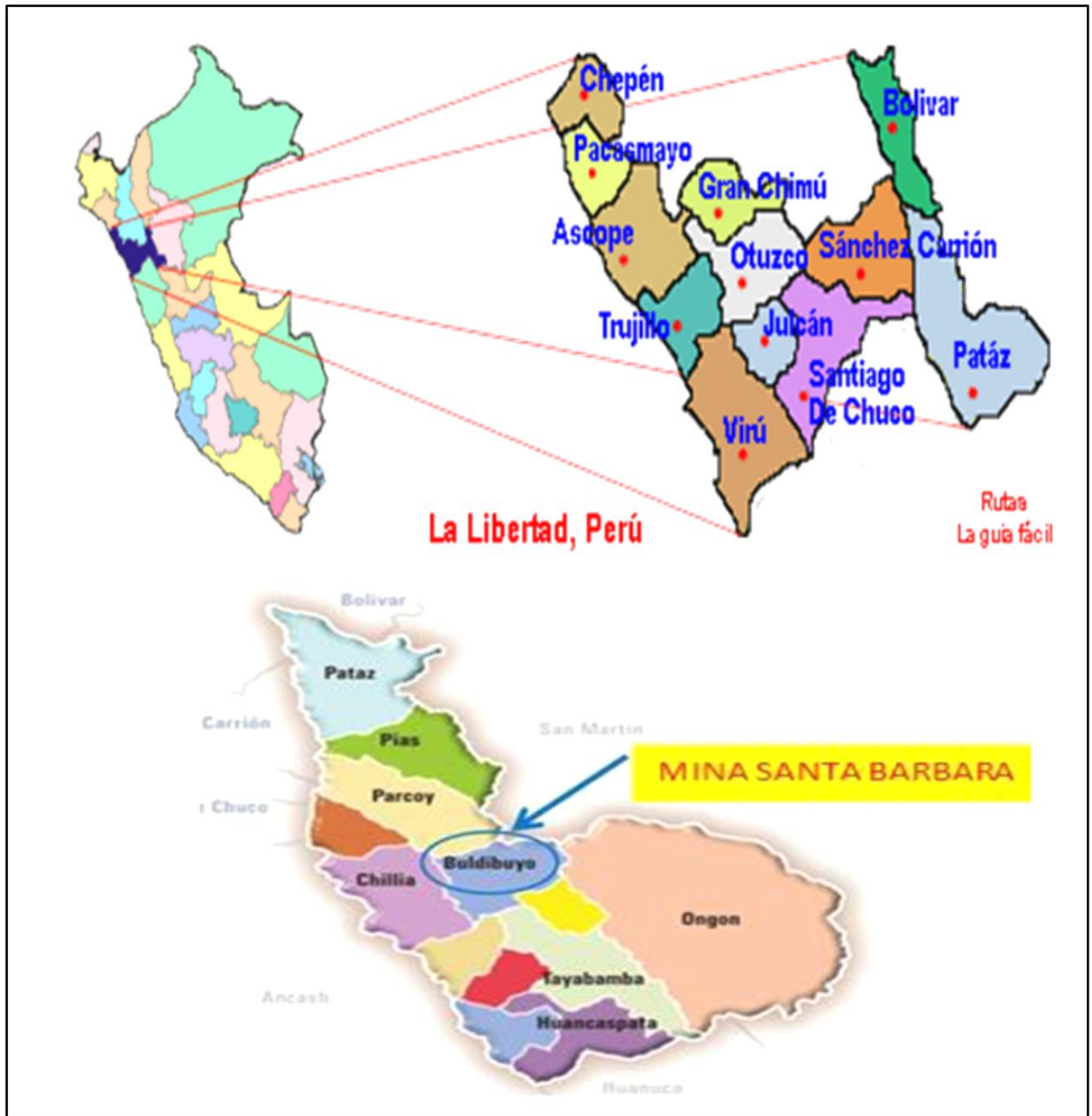
Es accesible desde la ciudad de Huaraz es la siguiente:

Tabla N° 1. *Acceso a la mina Santa Bárbara.*

Vía de acceso	Distancia (km)	Tiempo	Medios de
Huaraz-Trujillo	338.00	7:00	Bus
Huaraz – Sihuas – Tayabamba - Mina Santa Bárbara	395.00	15:00	Bus.
Trujillo-Mina Santa Bárbara	465.00	14:00	Bus

Fuente: Departamento de Geología de Cía. Minera Santa Bárbara de Trujillo S.A.C., (2017). Citado por Olórtegui, (2019).

Figura N° 2. Ubicación de la Mina Santa Bárbara



Fuente: Jackson Andrade Guizábalo Correa, 2017.

1.1.2. Topografía

Las actividades de la Minera Santa Bárbara de Trujillo S.A.C., tanto de explotación como de tratamiento, se encuentran ubicadas en la parte alta de la corallera Occidental, muy cerca de las cumbres que limitan las cuencas hidrográficas. Aquí el rasgo morfológico no supera los 4,250 m.s.n.m, por

encima de los 4100 m.s.n.m se manifiesta en forma de colinas sub-redondeadas y depresiones poco profundas amplias. En la parte baja el relieve típico son valles y quebradas con flancos de pendientes y fondos angosto rodeados por agentes aluviales antiguos. (Departamento de Geología de Cía. Minera Santa Bárbara de Trujillo S.A.C., (2017). Citado por Olórtegui, (2019).

1.2. Entorno Geológico

1.2.1. Geología regional

Litología. - Para la geología regional de la Mina Santa Bárbara de Trujillo se ha considerado el cuadrángulo de Pataz (Hoja N° 16-h) y destacan varias formaciones de las cuales se describen el Batolito de Pataz y el Complejo Marañón que son las que destacan en esta zona. (Guizábalo, 2017).

Batolito de Pataz. - El Batolito de Pataz se extiende aproximadamente 50 Km. entre Vijus al norte y Buldibuyo al sur, con un ancho promedio de 2.5 Km., limitado por el E - NE con el Complejo del Marañón y Volcánicos Lavasén, y por el W-SW con las rocas sedimentarias mesozoicas de la Formación Crisnejas. Al NW del batolito, afloran pequeños intrusivos de pórfido diorita-andesita, que intruyen a las rocas paleozoicas, pertenecientes posiblemente al Cretáceo Superior. En el distrito minero de Pataz, las zonas de fallamientos y fracturamientos pre-existentes dentro del intrusivo, han servido de canales de circulación de las soluciones mineralizantes hidrotermales, depositándose en las trampas estructurales, dando lugar a la formación de vetas; posteriormente, estas vetas han sido falladas y plegadas en más de dos eventos tectónicos; razón por la cual, se presentan muy

irregulares en su comportamiento estructural y en continuidad. El relleno de las estructuras mineralizadas está constituido por cuarzo lechoso, pirita, marmatita, esfalerita, calcopirita, galena y oro en estado nativo y libre. (Guizábalo, 2017).

Complejo Maraón. - La base de la columna estratigráfica de la región está formada por un complejo metamórfico al cual se le da el nombre del Complejo Maraón. Las rocas del complejo afloran a lo largo del río Maraón sobre un ancho aproximado de 15 Km. El profundo corte del valle del Maraón permite la observación de un grosor máximo de más de 2 Km. En éste complejo metamórfico se distinguen tres unidades, pero no se ha podido descubrir las relaciones estratigráficas entre ellas. Lo cierto es que la unidad inferior consiste en mica-esquistos, sobre la cual aflora una filita negra y localmente una meta-andesita verdosa. Las relaciones entre éstas dos últimas quedan desconocidas, pero la presencia de intercalaciones esquistosas dentro de la meta- andesita, sugiere que estratigráficamente ésta viene entre la mica-esquisto y la filita. Por lo tanto, el orden supuesto de las unidades del Complejo Maraón es: Filita Negra, Meta-andesita verdosa y Mica-esquisto gris verdoso. (Guizábalo, 2017).

1.2.2. Geología local

La mina santa barbara, presenta rocas ígneas de composición granítica-granodiorita-dioritas del Batolito de Pataz hacia el Centro y Sur de la propiedad, y pizarras-filitas del complejo del Maraón hacia el Norte, presentándose en el contacto zonas de Skarn distal asociados a un intenso fallamiento. En el Batolito de Pataz, se observa rocas de composición básicas

a intermedias englobados en rocas acidas en forma de xenolitos, con una granulometría variada de grano fino a medio, fenocristales de cuarzo con textura porfirítica, con presencia de pirita puntualmente a trazas, cloritizados y silicificados. Estas rocas son cortados por delgados paquetes de diques subvolcanicos de textura porfiroafanítica, cloritizados y silicificados fuertemente, así como metavolcanicos, con calcita en venillas. Se ha identificado rocas denominadas “metasomatitas” (sin rastros del protolito), las cuales están asociadas y acompañan a las estructuras mineralizadas en sus cajas, presentando una granulometría media con granos de cuarzo y sericita, cortados por cuarzo y calcita. Dentro del complejo del Marañón, se observa pizarras filitas fuertemente fracturadas, falladas y plegadas con tramos carbonosos, mineralógicamente presenta cuarzo en bandas, venillas y brechas, pirita y pirrotita diseminada y en bandas milimétricas, hacia el contacto son silicificadas y de menor intensidad hacia las partes distales. Estructuralmente, el contacto de la del Batolito de Pataz y el Complejo del Marañón, está definida por la Falla Los Loros, la cual presenta un rumbo andino con buzamiento de 60° a 80° SW, con fallas tensionales que conjugan a esta dentro de la propiedad, generando zonas de intenso fallamiento con potencias de hasta 70 m, donde se observa zonas de brecha silíceas con pirita diseminada débilmente y cajas alteradas. Así mismo, se observa fallas de rumbo E-W y N-S hacia el Sur y Oeste de la concesión formando bloques, los cuales definen el comportamiento de las estructuras mineralizadas. (Guizábalo, 2017).

1.2.3. Geología estructural

Las estructuras mineralizadas son vetas angostas con un buzamiento de 0° a 15°. Las potencias de estas estructuras varían desde 10 cm. hasta potencias mayores a 1.0 m. Geología estructural se ha logrado determinar tres fallas importantes que controlan los mantos mineralizados, NE-SW falla Qulqui, NW-SE falla veta Pumas, y falla Morenas. En exploración para su posterior interpretación. Los comportamientos de las estructuras están gobernados por múltiples fallas verticales normales e inversas y en algunas zonas se presentan fallas horizontales dextrales y sinestrales. Debido a las fallas, las estructuras mineralizadas se presentan en forma escalonada. Es decir que van profundizando de sur a norte conforme se avanza con la operación. Actualmente, se ha realizado sondajes con perforación diamantina, por lo que se han encontrado estructuras mineralizadas a mayor profundidad siguiendo el mismo comportamiento de las estructuras ya conocidas. (Departamento de Geología de Cía. Minera Santa Bárbara de Trujillo S.A.C., (2017). Citado por Olórtegui, (2019).

1.2.4. Geología económica

En la región de Pataz se localizan muchas minas grandes tales como Marsa, Poderosa, Consorcio Minero Horizonte, Caravelí, Santa Barbara de Trujillo y muchas minas artesanales, todas ellas son minas auríferas debido al comportamiento del mineral de la zona. Entre todas estas minas los recursos y reservas de la región las minas tienen para muchos años de vida teniendo en cuenta que el precio del oro y los metales que acompañan a este se mantengan o suban (John J. Wilson y Luis Reyes R). El yacimiento es

orogénico, con alteraciones hidrotermales, sobre el nivel Santa Mónica, San José, Milagros y el Nivel Consuelo la mineralización es del tipo filoniano o vetas, las cuales a la fecha no se explotan.

En el nivel Carla Sofía encontramos la mineralización tipo manto, el cual se está explotando, las leyes de esta mineralización dependen de los controles en mayor medida por el control estructural: en la mina Santa Bárbara es el control que predomina en el emplazamiento de la mineralización, está determinada por un conjunto de fallas tensionales, de compresión y en menor escala por fallas de cizalla.

Control litológico: Básicamente la roca diorita, es la más favorable para el emplazamiento de la mineralización y en menor porcentaje las rocas granodioritas.

Control Mineralógico: el cuarzo blanco y la esfalerita representan el control de la zona con mayores leyes de oro. El mineral que se explota es el oro, y como minerales de ganga tenemos la pirita, arsenopirita, calcopirita, galena argentífera y la esfalerita entre los más resaltantes. (Departamento de Geología de Cía. Minera Santa Bárbara de Trujillo S.A.C., (2017). Citado por Olórtegui, (2019).

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

Altamirano (2014), en la tesis titulada “*Diseño de tronadura en una fase - aplicación a minería continua - Codelco - División Andina*”, cuyo objetivo fue evaluar de manera integrada de los diagramas de disparo de las bateas para la tronadura en una fase en el módulo de Minería Continúa en División Andina, y desarrollar una metodología donde se pueda establecer los parámetros adecuados para diseñar la tronadura en una sola fase. La metodología de la tesis considera la revisión bibliográfica, el uso de modelos y simuladores de tronadura (1) JKSimBlast, para la determinación del daño y geometrías finales de los Pilares, y (2) PHASE2, el cual usa elementos finitos elasto-plásticos para analizar los esfuerzos inducidos en la roca y la estabilidad de los pilares entre bateas. Los modelos de daño serán calibrados con mediciones y parámetros realizados en Andina. Del análisis de esfuerzos realizados para el caso particular de la batea Diseño MC 1, se puede observar que la redistribución de esfuerzos después de la tronadura se concentra en la parte superior e inferior del pilar, generando una mayor concentración en los alrededores de la galería de producción, por lo que es importante tenerlo en cuenta para un futuro estudio de estabilidad de los pilares. Se recomienda realizar un análisis de elementos finitos 3D para observar la influencia de la tronadura en las propiedades del macizo rocoso y cómo afecta el Crown Pilar. La conclusión más importante

fue: Los tres diseños iniciales presentados por el proyecto MC debe ser modificados, si se utiliza explosivo ANFO, ya que no cumplen con los índices comparativos de perforación específica, razón de esponjamiento, área de sobrequebre y grado de interacción entre los tiros que presenta el Canalón de Andina el cual es realizada la tronadura en una fase. Específicamente, se puede observar que el área de sobre quiere para los tres diseños se encuentran por debajo del 50%, según experiencia del equipo consultor BCTEC y por debajo del 53% presente en el Canalón de Andina.

Music (2007), en la tesis titulada *“Diagnóstico y optimización de disparos en desarrollo horizontal, mina El Teniente”*, El objetivo fue efectuar un diagnóstico técnico de las operaciones de Perforación y Tronadura de desarrollo horizontal en la “Mina Reservas Norte” de Codelco Chile División El Teniente, específicamente en el Nivel de Producción (Teniente Sub-6). Mediante la aplicación de nuevas tecnologías se estima posible determinar los estándares de aquellos parámetros que regulan el comportamiento y los resultados de esta operación. Con esto se espera minimizar el daño transmitido al macizo rocoso circundante, la sobre excavación, la perforación y el consumo de explosivos, junto con maximizar el rendimiento de la perforación y el grado de avance de cada disparo. Las metodologías que se aplicaron para esta evaluación son de dos tipos: la primera referente al análisis del registro de vibraciones producto de las tronaduras, donde se cuantificó su comportamiento a través del macizo rocoso y su efecto sobre el contorno, y la segunda relacionada con la implementación en sí del disparo. Como resultado final de este trabajo se elaboró una propuesta de diseño de tronadura alternativo en el nivel de

producción, de la cual se pueden esperar impactos importantes en la operación, tales como:

- Reducción del número de perforaciones por disparo, 10%.
- Reducción de la sobre excavación de un 24% a un 6%.
- Menor exposición al riesgo por desprendimientos y caídas de rocas.
- Disminución de los tiempos de trabajo.
- Disminución de los costos directos de perforación y tronadura.

A partir de los avances logrados en este trabajo, se recomienda implementar el nuevo diseño y continuar con el mejoramiento de la tronadura en otras excavaciones, incluyendo desarrollos mineros como galerías, piques, zanjas y otros; no sólo con el fin de disminuir el daño y la sobre excavación, sino para obtener una optimización global en estos procesos.

Según Rivera (2019) en la tesis titulada “*Optimización de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Roger Holmberg en el proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III 4*”. El Objetivo fue optimizar las operaciones de perforación y voladura en el túnel de la central hidroeléctrica San Gabán III, mediante la aplicación del modelo matemático de Roger Holmberg. La hipótesis formulada fue La aplicación del modelo matemático Roger Holmberg optimizará la perforación y voladura en el túnel central hidroeléctrica San Gabán III. El método es aplicativo, cuantitativo y cuasi experimental, la metodología fue por

objetivos. Se diseñó una malla de perforación y voladura con el modelo matemático Holmberg modificando. Se concluyó que “se estandariza la nueva malla de perforación y voladura, logrando reducir la cantidad de taladros mediante el diseño de malla por el modelo matemático Holmberg de 65 taladros perforados a 52 taladros perforados y tener una buena distribución de acuerdo a los resultados obtenidos de los cálculos del burden y espaciamiento entre taladros en la sección del túnel”, “con el nuevo diseño de malla de perforación y voladura por el método Roger Holmberg modificado implementado en la construcción del túnel se logró una eficiencia en cuanto a avances lineales de 2.77 metros a 3.55 metros y de esta manera se mejoró el avance lineal en el túnel, logrando cumplir el planeamiento mensual programado en avance lineal” y “con el nuevo diseño de malla de perforación y voladura implementado en el proyecto hidroeléctrico se logra reducir el factor de carga explosiva de 3.47 Kg/m³ a 2.52 Kg/m³, obteniendo una voladura controlada y no tener sobre excavación, mayor control de los hastiales y corona distribuyendo el explosivo de acuerdo a los cálculos realizados.

Vidal y Correa (2017) en la tesis titulada “*Modelo matemático de Holmberg para mejorar la perforación y voladura en la zona alta de la Compañía Minera Lincuna S.A – 2017*”, el objetivo fue aplicar el Modelo Matemático de Holmberg para mejorar la Fragmentación y voladura en la zona Caridad de la Compañía Minera Lincuna S.A. La hipótesis planteada fue modelo Matemático de Holmberg mejora la perforación y voladura en la Zona Caridad de la Compañía Minera Lincuna S.A. La investigación que se realizó fue aplicada, porque se utilizó la información bibliográfica

existente y experiencias de otras unidades mineras que aplican el Modelo Matemático de Holmberg a fin de optimizar una adecuada malla de perforación y voladura, por tanto la óptima fragmentación del macizo rocoso en la Zona Caridad de la Compañía Minera Lincuna S.A. La conclusión más importante fue las condiciones geo mecánicas realizadas para este tipo de roca son: Tipo de roca regular: III A, RMR: 51 – 60.

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Malla de perforación

Es la forma en la que se distribuyen los taladros de una voladura, considerando básicamente a la relación de burden y espaciamiento y su dirección con la profundidad de taladros. (Exsa, 2014, P. 177. Citado por Mendoza, 2014, p. 26).

2.2.2. Modelos matemáticos

Empleando los modelos matemáticos se puede predecir el comportamiento de las variables. Cuando un modelo matemático es auténtico, o representa lo más cercanamente posible a la operación y/o sistema en estudio, es adecuadamente manipulado, puede dar resultados cuantitativamente muy reales, representativos, confiables y aplicables en el campo. (Mendoza, 2014, p. 28).

2.2.3. Modelo matemático de Holmberg para diseñar y calcular los parámetros de perforación y voladura para minería subterránea

“Holmberg define que la operación más importante en el proceso de voladura en túneles es la creación de la cara libre en el frente del túnel”. El éxito o fracaso de la voladura de rocas en tunelería está en función directa a la creación de las caras libres, razón que el primer arranque debe ser cuidadosamente diseñado.

La disposición y secuencia de retardos en el corte deben ser tal que permitan hacer una abertura con un incremento gradual en su tamaño hasta que los taladros de ayuda puedan tener sus propias caras libres.

Para efecto de simulación del Burden para los cuatro cuadrantes se ha diseñado un simulador donde se especifica todos los parámetros de diseño que Holmberg define, la cual será presentado en digital.

a. Avance por disparo

$$L = 0.15 + 34.1\varnothing_e - 39.4\varnothing_e^2$$

- L_t : Longitud de avance por disparo teórico (m).
- \varnothing_e : Diámetro de alivio equivalente (m).

La relación es válida solamente cuando la desviación de taladro no sea mayor de 2%.

b. Burden nominal (Bn)

Los demás cuadradores están basados de acuerdo a la teoría de Holmberg Simplificada por Oloffsson de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla N° 2. *Longitudes de los cuadradores*

Sección del Corte	Valor de Burden
Primera	$B1 = 1.5 \times D2$
Segunda	$B2 = B1 \times \text{Raíz}$
Tercera	$B3 = 1.5 \times B2 \times \text{raíz}$
Cuarta	$B4 = 1.5 \times B3 \times \text{raíz}$

Fuente: Mendoza, 2014.

c. Error de perforación

$$Ep = ((a \times L)) + e'$$

Dónde:

a: Desviación angular (m/m).

L: Profundidad de los barrenos (m).

e: Error de emboquille (m).

Si la desviación del taladro es (0.5%-1%), usar $B1 = 1.5 (\varnothing e)$;
 caso contrario si la desviaciones $> 1\%$ $1.7 (\varnothing e) - Ep$.

d. Burden Practico o ideal (Bp)

$$Bp = Bn - Ep$$

Dónde:

Ep = Desviación de perforación

Bn = Burden nominal

e. Concentración lineal de carga para los taladros

La concentración lineal de carga para los taladros del arranque se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$q = 55 \times \frac{\phi_1}{\phi_2} \times \frac{(B_1)^{1.5}}{2} \times \frac{(b_1 - \phi_2)}{0.4} \times \frac{(c)}{PRP_{Anfo}} \times (1)$$

Dónde:

q = Concentración lineal de carga por taladro (kg/m)

ϕ_1 = Diámetro del taladro de producción (m).

ϕ_2 = Diámetro del taladro de alivio (m).

B1 = Burden del primer cuadrante (m)

c = Constante de Roca (0.4)

PRP Anfo = Potencia relativa en peso del explosivo referido al Anfo.

Antes de dar por válido el resultado que arroja la expresión anterior, es necesario comparar con la densidad de carga dada por el explosivo, si la concentración de la carga lineal es menor que la densidad de carga del explosivo, por lo tanto, será suficiente el tipo de explosivo que se está usando, caso contrario elegir un explosivo de mayor potencia.

La densidad de carga del explosivo, está en función volumen de taladro y volumen del explosivo dentro del taladro,

Dónde: $dc \leq 1$

Está dada por la siguiente expresión:

$$dc = \frac{\delta \times \pi \times \varnothing e^2 \times 10^{-6}}{4}$$

Dónde:

dc = Densidad de carga explosivo (kg/m).

δ = Densidad del explosivo (kg/m³).

$\varnothing e$ = diámetro del explosivo (mm).

Si $q_1 < q_e$, se puede afirmar que el explosivo es suficiente para realizar la voladura. Los cálculos de concentración lineal de carga por taladro en Marsa, es como sigue:

f. Longitud del taladro “Ltal”

La longitud del taladro en perforación subterránea varía según la longitud del barreno “Lb” y la eficiencia de perforación “Ep”.

$$L_{tal} = L_b \times E_p$$

g. Longitud de carga del taladro “Lc”

$$L_c = L_{cc} + L_{cf}$$

Dónde:

Lc = Longitud carga

Lcc = Longitud de carga de columna

L_{cf} = Longitud de carga de fondo

h. Acoplamiento del explosivo “ A_e ”

El acoplamiento está en función al diámetro del explosivo” Φ_e ” y diámetro del taladro” Φ_{tal} ”,

Dónde:

$$A_e \leq 1$$

$$A_e: \phi_e / \phi_{tal}$$

ϕ_e : diámetro explosivo (m)

ϕ_{tal} : diámetro taladro (m)

i. Longitud de carga explosiva “ L_c ”.

La longitud de carga está en función del diámetro del explosivo” Φ_e ”, longitud del explosivo “ L_e ”, numero de cartuchos por taladro” $N^o_{c/tal}$ ” y el acoplamiento “ e ”.

Dónde:

$L_c \leq 3/4 L_{tal}$ cuando la roca es buena a muy buena, en caso la roca sea de regular a muy mala: $L_c \leq 2/3 L_{tal}$.

Determinamos el volumen del explosivo desacoplado dentro del taladro:

$$V_e = \frac{\pi \times \phi_e^2}{4} \times L_c \times N^o_{c/Tal}$$

Dónde:

V_e : Volumen del explosivo(m³).

Φ_e : Diámetro del explosivo (m).

L_e : Longitud del explosivo (m).

N°c/Tal: Numero de cartuchos por taladro.

Determinamos el volumen del explosivo acoplado dentro del taladro

$$V_e = \frac{\pi \times \Phi_{Ae}^2}{4} \times L_c$$

Dónde:

Φ_{Ae} = Diámetro del acoplamiento del explosivo (m) Φ_t = Diámetro del taladro (m).

L_c = Longitud carga (m).

A_e = Acoplamiento del explosivo.

j. Determinando el Taco o retacado mínimo

En este caso se tomara en consideración lo planteado por el Algoritmo de HOLMBERG; en los taladros de arranque el taco es igual al diámetro del taladro y en los taladros restantes 10 veces el diámetro del taladro. (Mendoza, 2014, pp. 60-64).

2.2.4. Perforación

La perforación de las rocas en el campo de la voladura es la primera operación unitaria que se realiza en la actividad minera; tiene como propósito abrir unos huecos (taladros), en una distribución geométrica adecuada en los macizos rocosos para su posterior arranque, aquí se alojara el explosivo y los accesorios de los sistemas de iniciación a usar. (Ames, 2008, p. 10).

2.2.5. Voladura

La teoría de la voladura es quizás uno de los más interesantes, que provoca pensamientos, retos, y áreas controversiales en nuestra industria. Esto abarca muchas áreas en la ciencia de la química, física termodinámica, interacciones de la onda de choque, y la mecánica de rocas. En términos generales, el fracturamiento de la roca mediante explosivos involucra la acción de un explosivo y la respuesta de masa rocosa circundante dentro del dominio de la energía, tiempo y masa. A pesar de la gran cantidad de investigaciones realizadas no solamente una sola teoría ha sido aceptada de explicar adecuadamente el mecanismo de fracturamiento en todas las condiciones de voladura y tipos de material. Dando ambientes específicos para los ensayos, condiciones y suposiciones, los investigadores han contribuido información útil y deducciones como parámetros en las teorías de voladura. Las teorías de voladura han sido formuladas y basadas son de pura especulación, años de experiencia en voladura con

procedimientos de ensayo y error, pruebas de laboratorio, y modelos matemáticos y físicos adaptados de otras disciplinas de la ciencia.

Los mecanismos de fracturamiento principales han sido basados en:

- Energía de la onda de choque de compresión y tensión.
- Reflexión de la onda de choque en una cara libre.
- Presurización del gas en la masa rocosa circulante.
- Rotura por flexión.
- Ondas de corte.
- Liberación de carga.
- Nucleación de las grietas en fallas y discontinuidades.
- Colisiones en vuelo.

Debido a la existencia de muchas escuelas respecto a la teoría de la voladura, se debe estar preparado para investigar no solamente las teorías sino también todas las variables campo que ingresan (input) que son inherentes en cualquier diseño de la voladura, para que la teoría tenga un significado práctico.

Dando la naturaleza diversa de las condiciones de campo encontradas y el número abrumador de las variables del diseño de

voladura a elegir, los resultados de la voladura no siempre podrían ser fácilmente predecibles. (Ames, 2008, p. 35).

2.2.6. Análisis de fragmentación modelo KUZ RAM

La mayor parte de esta información ha sido adaptada de las publicaciones hechas por Cunningham (1983,1987). Una relación entre el tamaño medio del fragmento y la energía aplicada a la voladura por unidad de volumen de la roca (carga específica) ha sido desarrollada por Kuznetsov (1973) en función del tipo de roca. Su ecuación es la siguiente:

$$\bar{x} = A \left(\frac{V_o}{V_e} \right)^{0.8} Q_e^{1/6} \left(\frac{S_{ANFO}}{115} \right)^{-19/30}$$

Dónde:

\bar{x} = Diámetro intermedio de fragmentos (cm) 27

A = Índice de volabilidad (7 para roca media, 10 roca dura, altamente fracturadas, 13 para roca dura débilmente fracturadas).

V_o = Cantidad de roca (m3)

Q_e = Masa del explosivo utilizado (Kilogramos)

SANFO = Fuerza relativa por peso del explosivo ANFO; igual a 100.

Q_t = Masa (kg) de TNT que contiene la energía equivalente de la carga explosiva en cada taladro.

$$\frac{V_o}{Q_e} = \frac{1}{K}$$

Si se sabe que:

Dónde: K= Factor triturante (carga específica) (Kg/m³)

Generalizando tenemos: $\bar{x} = A(K)^{0.8} Q_s^{1/6} \left(\frac{S_{ANFO}}{115} \right)^{19/30}$ (Montoya y Vilchez, 2019, p 26).

2.3. Definición de Términos.

- **Anfo:** Acrónimo de (ammoniumnitrate and fuel oil) nitrato de amonio y óleo combustible, mezcla utilizada en muchas minas como agente detonador. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Atacar:** Hace actuar sobre un mineral ciertos reactivos químicos, con el objeto de obtener elementos en solución. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Atacado:** Es usado en la parte sin carga superior del taladro y consiste de arena seca, detrito o similares. El propósito del atacado es, por ejemplo, evitar que al momento de la detonación los gases de dirijan hacia arriba arrastrando partículas de roca alrededor del collar (boca) del taladro. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Broca:** Extremidad cortante de un taladro, generalmente hecha de un material muy duro, como diamante industrial o carburo de tungsteno. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Cara libre:** Se llama cara libre de labor a una zona o roca que se quiere volar, a cada uno de los lados que están en contacto con el

aire, según un cubo imaginario tomado para comparación. (Taípe y Marcañaupa, 2015).

- **Carga específica:** Es la cantidad de explosivo usada por m³ de roca volada. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Carga de fondo:** Es la carga más potente que es requerida en el fondo del taladro, debido a que la roca es más resistente en esa parte. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Carga de columna:** Es la carga encima de la carga de fondo. Puede ser de menor potencia ya que la roca, en esta parte, no es tan resistente. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Cordón Detonante:** Es un cordón flexible que contiene un alma sólida de alto poder explosivo y resistencia a la tensión. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Detonador:** Es todo dispositivo que contiene una carga detonante para iniciar un explosivo, al que normalmente se le conoce con el nombre de fulminante. Pueden ser eléctricos o no, instantáneos o con retardo. El término detonador no incluye al cordón detonante. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Diámetro del taladro:** Es el diámetro del agujero que se va a perforar, y que tiene forma de cilindro alargado. (Taípe y Marcañaupa, 2015).

- **Dilución:** Residuos de roca de bajo grado, inevitablemente retirados con el material en el proceso de mineralización, que contribuyen a bajar el grado de mineral. (Taipe y Marcañaupa, 2015).
- **Sucamec:** La Superintendencia Nacional de Control de Servicios de Seguridad, Armas, Municiones y Explosivos de Uso Civil - SUCAMEC es una institución técnica especializada de alcance nacional, adscrita al Ministerio del Interior, con autonomía administrativa, funcional y económica, encargada de, entre otros, controlar, administrar, autorizar, capacitar, supervisar, fiscalizar, normar y sancionar las actividades en el ámbito de los servicios de seguridad privada, fabricación, comercio y uso de armas, municiones y conexos, explosivos y productos pirotécnicos de uso civil. (<https://www.sucamec.gob.pe>).
- **Fulminante común:** Es una cápsula cilíndrica de aluminio cerrada en un extremo, en cuyo interior lleva una determinada cantidad de explosivo primario muy sensible a la chispa de la mecha de seguridad y otro, secundario, de alto poder explosivo. (Taipe y Marcañaupa, 2015).
- **Gaseado:** Es un término que se emplea para indicar que una persona o varias han sido afectadas por un gas que sobrepasa sus límites permisibles. (Taipe y Marcañaupa, 2015).
- **Grado de compactación de la carga de fondo:** Es el peso del volumen del explosivo en el fondo de la carga. (Taipe y Marcañaupa, 2015).

- **Inclinación de taladro:** Los taladros en un banco pueden ser perforados verticalmente o inclinados. Cuanto más se inclinen los taladros, menos constricción tendrán ya que el ángulo de deflexión en el fondo aumenta con el incremento de inclinación. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Longitud del taladro:** Es el largo del hueco perforado, el mismo que por una causa de la inclinación y la sobre perforación, será más largo que la altura del banco. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Mecha armada:** Es un sistema seguro de iniciación convencional de explosivos, integrado por accesorios tradicionales que son el fulminante corriente, la mecha de seguridad y un conector, ensamblados con máquinas neumáticas de alta precisión. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Mecha Lenta:** Es un accesorio para voladura que posee capas de diferentes materiales que cubren el reguero de pólvora. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Mecha Rápida:** Es un accesorio (cordón flexible) que contiene dos alambres, uno de fierro y el otro de cobre; uno de los cuales está envuelto en toda su longitud por una masa pirotécnica especial, y ambos a la vez están cubiertos por un plástico impermeable. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Mecánica de las rocas:** Estudio de las propiedades mecánicas de las rocas, que incluye condiciones de tensión alrededor de las galerías y

la capacidad de las rocas, y de las estructuras subterráneas de soportar estas tensiones. (Taípe y Marcañaupa, 2015).

- **Mineral:** Es todo compuesto químico inorgánico, que tiene propiedades particulares en cuyo origen no han intervenido los seres orgánicos, y se encuentran en lo interior o en la superficie de la tierra, tales como metales, piedras, etc. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Mineralogía:** Ciencia que se ocupa de la descripción y el análisis de los minerales, sus propiedades físicas y químicas, su forma, composición, origen, yacimientos; estudia asimismo las leyes que determinan dichas características. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Perforadora:** Agujereador hidráulico para perforar las rocas formando agujeros de diámetro pequeño destinados a la detonación o a la instalación de pernos de anclaje para la roca. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Perforación Específica Ó Factor De Perforación:** Es la expresión usada para el número de metros que deben ser perforados por m³ de roca volada. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Proceso de Voladura:** Es un conjunto de tareas que comprende: el traslado del explosivo y accesorios de los polvorines al lugar del disparo, las disposiciones preventivas antes del carguío, el carguío de los explosivos, la conexión de los taladros cargados, la verificación de las medidas de seguridad, la autorización y el encendido del disparo. (Taípe y Marcañaupa, 2015).

- **(PETS). Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro:** Documento que contiene la descripción específica de la forma cómo llevar a cabo o desarrollar una tarea de manera correcta desde el comienzo hasta el final, dividida en un conjunto de pasos consecutivos o sistemáticos. Resuelve la pregunta: ¿Cómo hacer el trabajo/ tarea de manera correcta? (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Roca:** Cualquier combinación natural de minerales, las rocas forman parte de la corteza terrestre. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Sobre Perforación:** Es el exceso de longitud de un taladro, situado bajo el fondo teórico del banco. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Techo:** Techo o bóveda de una galería subterránea. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Trabajo de Alto Riesgo:** Aquella tarea cuya realización implica un alto potencial de daño grave a la salud o muerte del trabajador. La relación de actividades calificadas como de alto riesgo será establecida por el titular minero y por la autoridad minera. (Taípe y Marcañaupa, 2015).
- **Zonas de Alto Riesgo:** Son áreas o ambientes de trabajo donde están presentes las condiciones de peligro inminente. (Taípe y Marcañaupa, 2015).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. *El Problema.*

En la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, de la mina Santa Bárbara de Trujillo se presentan problemas de perforación y voladura que acarrearán inestabilidades de la labor, y mala fragmentación que al final aumentan los costos de construcción de dicha labor, también ocasionan retraso en su avance.

La perforación y voladura de rocas tiene una alta incidencia en las demás operaciones unitarias mineras motivo por el cual su éxito depende del buen diseño de la malla de perforación y voladura.

Un modelo matemático con base científica y tecnológica incluye variables estocásticas para el estudio de una adecuada relación entre la masa, energía y una adecuada fragmentación de la masa rocosa. La importancia de los modelos matemáticos es reemplazar a los métodos empíricos basados en la experiencia personal (Ensayos de prueba y error). Muchos investigadores han propuesto modelos matemáticos para calcular el Burden, el cual que es una de las variables más importante de determinar.

Para solucionar estos problemas es necesario optimizar la perforación y voladura de rocas, dentro de un proceso de mejora continua, la optimización fundamentalmente tiene que ver con la maximización de la productividad, así mismo, con la minimización de los costos y accidentes de trabajo; para obtener un proceso de construcción tal como el planificado.

3.1.1. Formulación del Problema.

3.1.1.1. Formulación del problema General.

¿Cómo diseñar la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg para mejorar la fragmentación de la voladura en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020?

3.1.1.2. Formulación de problemas específicos.

1. ¿Cómo influirá el modelo Roger Holmberg en el diseño de la malla de perforación y voladura?
2. ¿Cómo mejorara la fragmentación, con el nuevo diseño de la malla de perforación?
3. ¿Cuál será el factor de carga de explosivo para la voladura, según el modelo matemático de Roger Holmberg?

3.1.2. Objetivos de la investigación.

3.1.2.1. Objetivo General.

Diseñar la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg para mejorar la fragmentación de la voladura en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020.

3.1.2.2. Objetivos Específicos.

1. Determinar la influencia del modelo matemático de Roger Holmberg en el diseño de la malla de perforación y voladura.
2. Mejorar la fragmentación, con el nuevo diseño de la malla de perforación.
3. Determinar el factor de carga de explosivo para la voladura, según el modelo matemático de Roger Holmberg.

3.1.3. Justificación e importancia.

La presente investigación se justifica porque, empleado el modelo matemático de Roger Holmberg se mejorará la fragmentación en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020.

3.1.4. Alcances.

Los alcances de la tesis están dirigidos a todas las mallas de perforación empleadas en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC.

3.1.5. Delimitación De La Investigación

La investigación se realizará exclusivamente en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC.

3.2. Hipótesis.

Hipótesis General.

El diseño de la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg mejorara la a fragmentación de la voladura en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020.

Hipótesis Nula.

El **NO** diseño de la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg **NO** mejorara la a fragmentación de la voladura en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020.

Hipótesis Específicas.

1. Se determinará la influencia del modelo matemático de Roger Holmberg en el diseño de la malla de perforación y voladura.
2. Se mejorará la fragmentación, empleando el nuevo diseño de la malla de perforación.
3. Se determinará el factor de carga de explosivo para la voladura, según el modelo matemático de Roger Holmberg.

3.3. Variables.

Variable Independiente (x):

Diseño de la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg.

Variable dependiente (y):

Mejorar la fragmentación de la voladura en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020.

3.3.1. Operacionalización de variables

Tabla N° 3. *Operacionalización de variables.*

Nombre de la Variable	Dimensiones	Indicadores
V.I.	Sección del frente	m2
Diseño de la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg.	Diseño de malla	metros
	Tipo de roca	RQD, RMR, GSI
V.D.	N° de taladros	Unidades.
Mejorar la fragmentación de la voladura en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Bárbara de Trujillo SAC – 2020.	Avance lineal	Metros/turno
	Factor de carga	Kg / m3s.

Fuente: Adaptación de Harry Rivera, 2019.

3.4. *Diseño de la investigación*

3.4.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es APLICADA, porque se diseñar la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg con la finalidad de mejorar la fragmentación de la voladura en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020.

3.4.2. Nivel de la investigación

El nivel será de investigación descriptiva, porque describe los resultados obtenidos después del diseño de la malla de perforación y voladura de rocas.

3.4.3. Método

El método es no experimental debido a que la manipulación de variables no es deliberada y solo se observa al fenómeno en su ambiente natural para después analizarlo.

3.4.4. Población y muestra

Población

Todos los inclinados de la mina Santa Barbara de Trujillo SAC en el año 2020.

Muestra

Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020.

3.4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se aplicarán las técnicas de:

Análisis bibliográfico y documental: que permitirán obtener información sobre la influencia de factores directos e indirectos en las vibraciones producidas de dicha unidad minera.

Encuesta: La encuesta permitirá trabajar con una muestra amplia, mediante un dialogo directo para la obtención de una valida y certera información.

Observación: recolección de datos de campos en Inclinado Virgen de la Puerta 2.

Instrumentos:

Fichas bibliográficas: Es un instrumento que nos permite recolectar datos bibliográficos.

Cuestionario: Conformado por preguntas dirigidas a recolectar toda la información necesaria sobre nuestra investigación.

3.4.6. Forma de tratamiento de los datos

La aplicación del instrumento de medición va a producir un conjunto de datos, pero, tal como son recolectados serán poco informativos y difícilmente interpretables. Es por ello que será necesaria la elaboración de tablas para el ordenamiento de datos operacionales:

- Tabla de orden de indicadores de perforación y voladura.
- Tabla de distribución de carguío de taladros

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. *Descripción de la realidad y procesamiento de datos.*

En la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020, es necesario emplear un nuevo diseño de malla de perforación y voladura, con una nueva distribución de los taladros en el frente, con una buena distribución de cargas por taladro, para de esta manera garantizar el éxito de la esta actividad unitaria, Para ello es importante calcular el número de taladros, el burden y el esparcimiento por método de Roger Holmberg, para estandarizar estos parámetros de perforación y voladura, garantizando una fragmentación

4.2. *Influencia del modelo Roger Holmberg en el diseño de la malla de perforación y voladura*

En la voladura el parámetro más importante es la creación de caras libres para de esta manera tener una voladura eficiente con un avance satisfactorio para es necesario calcular en base a los parámetros geo mecánicos el número de taladros, el Burden, el espaciamiento y la cantidad de carga explosiva por taladro con el método de Roger Holmberg para ello calcularemos:

Calculo del corte:

- Primer cuadrante.
- Segundo cuadrante.
- Tercer cuadrante

- Cuarto cuadrante

Calculo de arrastres:

- Cálculo de taladros de contorno (piso).
- Calculo de taladros de contorno (paredes).

4.2.1. Diseño de malla de perforación y voladura

Tabla N° 4. *Diseño de malla de perforación y voladura.*

LABOR	DESCRIPCIÓN DEL LUGAR	Unidad	
	Labor: Inclinado Virgen de la Puerta 2		Frente
	Nivel: Inclinado Virgen de la Puerta 2		N1
	SECCIÓN Ancho de Labor:	m	3
	Largo de Labor:	m	3
	Altura del arco:	m	
DATOS DE CAMPO	Distancia a la zona crítica:	m	
	PARÁMETROS DE ROCA	Unidad	
	Tipo de roca:		Dura
	RQD	%	
	RMR		
	GSI		45
	Q		
	Resistencia a la compresión	Mpa	
	Densidad de la roca:	Tm	2.5
	PARÁMETROS DE PERFORACIÓN	Unidad	
	Diámetro de la broca:	mm	38
	Diámetro de la rimadora:	mm	76.1
	Longitud de barreno:	m	1.8288

	Eficiencia de perforación:	%	90
	Porcentaje de acoplamiento:	%	
	Angulo de los taladros de contorno:	°	
	Desviación angular:	mm/m	
	Error de emboquille:	mm	
	Voladura		
	Eficiencia de voladura:	%	100
DATOS DE EXPLOSIVO	TIPO DE EXPLOSIVOS	Unidad	
	Tipo de explosivo:		SEMEXA 65
	Dimensiones: diámetro:	mm	28
	largo:	mm	200
	Peso por caja:	Kg	
	Número de cartuchos por caja:		
	Densidad:	gr./cc	1.12
	Velocidad de detonación:	m/s	
	Presión de detonación:	Kbar	
	RWS anfo	%	
	Resistencia al agua:	horas	
	Calor de explosión:	MJ/Kg	4.5
	volumen de gases:	m ³ /Kg	0.85

Fuente: El tesista

a) Calculamos el área de la sección:

$$A = 9$$

b) Calculamos el número de taladros:

Ecuación 01:

Donde: S : Sección

R : Circunferencia de la sección (m)

C : Distancia entre taladros de la circunferencia o perímetros.

K : Coeficiente de tipo roca.

Tabla N° 5. *Tipo de roca*

Tipo de roca	C	K
Dura	0.5	2
Intermedia	0.6	1.5
Suave y blanda	0.7	1
Seleccionado	0.5	2

Fuente: El tesista

$$\begin{aligned} N^{\circ} \text{ tal} &= 42 \approx 42 \text{ taladros} \quad \text{Taladros de alivio} = 3 \\ N^{\circ} \text{ tal} &= 42 \quad \text{Tal / disparo} \end{aligned}$$

c) Cálculo de la cantidad de dinamita por disparo (Factor de Carga Lineal):

Factor de Carga Lineal según la ecuación de Calvin Konya

Ecuación 02:

$$dc = 0.69 \quad \text{Kg/m}$$

d) Cálculo del volumen total volado:

Ecuación 03:

$$V_v = 14.813 \quad \text{m}^3 / \text{disparo}$$

e) Cálculo del tonelaje total:

Ecuación 04:

$$T_n = 37.033 \quad \text{TM/disparo}$$

DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN

a) Cálculo del diámetro equivalente:

$$\begin{aligned} Dh &= 38 \quad \text{Se utiliza el corte quemado} \\ dh &= 38 \end{aligned}$$

b) Calculamos todos los Burden máximos

Cálculo del Burden 01:

$$B1 = 5.7 \text{ cm} \approx 6 \text{ cm}$$

Cálculo del Espaciamiento 01:

$$E1 = 8.5 \text{ cm} \approx 8.00 \text{ cm}$$

Cálculo del Burden 02:

$$B2 = 8.49 \text{ cm} \approx 8.00 \text{ cm}$$

Cálculo del Espaciamiento 02:

$$E2 = 16.97 \approx 17.00$$

Cálculo del Burden 03:

$$B3 = 16.97 \approx 17.00$$

Cálculo del Espaciamiento 03:

$$E3 = 36.06 \approx 36.10$$

DISTRIBUCIÓN DE EXPLOSIVOS POR TALADRO

Cálculo de la carga de explosivo por cada taladro:

- Para SEMEXSA 65%

Ecuación:

$$T = 0.55 \approx 0.50 \text{ m}$$

$$Lc = 1.146 \approx 1.15 \text{ m}$$

$$q_{prom} = 0.79 \text{ Kg / tal}$$

Cálculo de la cantidad de cartuchos para cada taladro:

- Calculamos el area del SEMEXSA 65%:

$$A_e = 6.16 \text{ cm}^2$$

- Calculamos el volumen del cartucho

$$V_e = 123.15 \text{ cm}^3$$

- Calculamos la masa (peso) del SEMEXSA 65%:

$$m_e = 137.93 \text{ gr/cartucho}$$

- calculamos los cartuchos por taladro:

$$\text{Nro. Cart} = 5.75 \approx 6 \text{ cart/tal}$$

Cálculo de acoplamiento:

$$L_{des} = 120 \text{ cm} \quad L_{acop} = L_c = 115 \text{ cm}$$

$$St_{des} = 5.184 \text{ cm}^2 \quad St_{acop} = 11.341 \text{ cm}$$

$$Vol_{des} = 622.037 \text{ cm}^3/\text{cart} \quad Vol_{acop} = 1304.235 \text{ cm}^3/\text{tal}$$

$$Vol_{des} = 3732.221 \text{ cm}^3/\text{tal}$$

$$\text{Factor de desac} \quad Facop = 34.945 \%$$

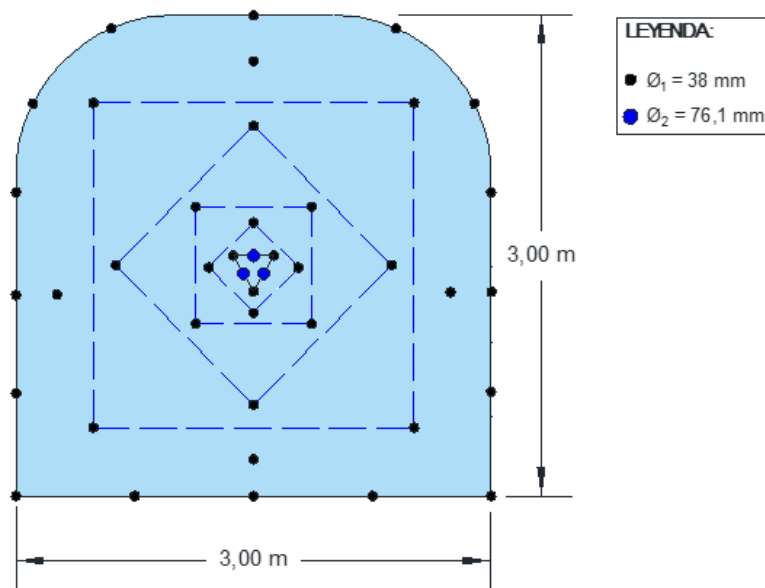
$$\text{comprobando:} \quad vol_{acop} = 1304.235 \text{ cm}^3/\text{tal}$$

Figura N° 3. *Malla de perforación.*

MALLA DE PERFORACIÓN - MINA SANTA BARBARA

Labor: Inclinado Virgen de la puerta 2

Sección 3,00 x 3,00 - 42 taladros



Fuente: Elaboración propia

4.3. Mejora de la fragmentación, empleando el nuevo diseño de la malla de perforación

Del diseño de la nueva malla de perforación y voladura empleando el modelo matemático de Roger Holmberg se puede predecir la granulometría aplicando el modelo Kuz - Ram, empleando la siguiente ecuación:

$$\bar{X} = A(K)^{-0.8} Q_e^{1/6} \left(\frac{115}{S_{ANFO}} \right)^{19/30} \quad \text{Ec.....1}$$

Donde:

X = Tamaño medio de los fragmentos

A = Factor de roca = 10.08

Qe = Masa del explosivo utilizado / taladro (kg)

RWSANFO = Fuerza relativa por el peso de explosivo con respecto al ANFO

K = Factor Triturante (consumo específico de explosivo) (kg/m³) = 2.079 kg/m³

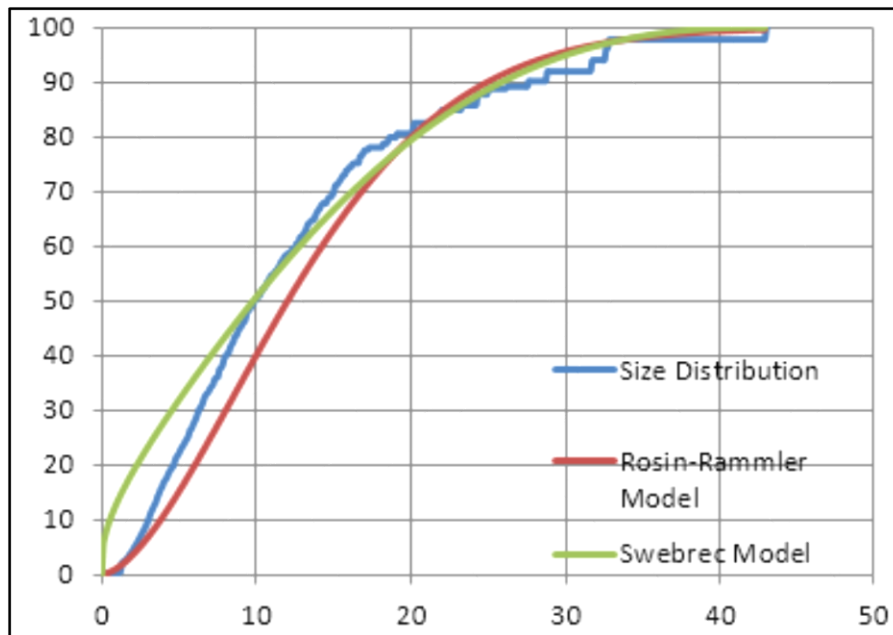
De acuerdo al modelo matemático de Kuz – Ram, el p80 es igual a 19.10 cm. que es mucho menor que 30 cm.

Tabla N° 6. Valores de P

P10	3.10 cm
P20	4.70 cm
P30	6.30 cm
P40	8.10 cm
P50	9.90 cm
P60	12.60 cm
P70	15.00 cm
P80	19.10 cm
P90	27.60 cm
P100	43.00 cm

Fuente: El Tesista

Figura N° 3. *Tamaño de los fragmentos*



Fuente: Elaboración propia

4.4. *Calculo del factor de carga de explosivo para la voladura, según el modelo matemático de Roger Holmberg*

Cálculo del Factor de Potencia Teórico:

Tenemos que calcular la cantidad total de explosivos por disparo:

$$Q_t = 33.31 \text{ Kg/disparo}$$

Ahora calculamos el Factor de Potencia

$$F_p = 0.9 \text{ Kg/TM.}$$

4.5. *Discusión de resultados*

Cuando diseñamos y aplicamos la nueva malla de perforación y voladura con el método de Roger Holmberg se aprecia que existe una optimización ya que la voladura es buena obteniéndose un buen avance lineal de 1.733 m. que representa el 95%, poca

sobre rotura y una buena fragmentación donde el P80 es igual a 19.10 cm. que es mucho menor a 30 cm. El numero total de taladros calculados es de 42 y tres son taladros de alivio.

4.6. *Aportes del tesista*

Con el presente trabajo de investigación el tesista contribuye con el diseño de la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg, el cual influye con el mejoramiento de la fragmentación producto de una buena voladura en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020. Obteniéndose que el P80 es igual a 19.1 centímetros que es mucho menos a 30 centímetros, que contribuye a reducir los costos de transporte y acarreo, también es notable que el avance esta encima del 95% con eso aporte se reduce los costos de construcción del inclinado.

CONCLUSIONES.

1. Se diseño la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg, que obtuvo 42 taladros, con tres taladros de alivio, el cual mejoro la fragmentación obteniéndose un $P80 = 19.1$ centímetros que es mucho menos a 30 centímetros, reduciendo de esta manera los costos de transporte y acarreo del material que resulta de la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020.
2. Se determino que si influye el modelo matemático de Roger Holmberg en el diseño de la malla de perforación y voladura porque en la voladura el parámetro más importante es la creación de caras libres para ello es necesario calcular en base a los parámetros geo mecánicos el número de taladros, el Burden, el espaciamiento y la cantidad de carga explosiva por taladro con el método de Roger Holmberg para ello calcularemos el corte y el cálculo de los arrastres.
3. Se mejoro la fragmentación obteniendo fragmentos menores a 30 centímetros y que antes del diseño de la malla de perforación había bloques de rocas mayores a 80 centímetros, que dificultaban la operación de carguío encareciendo de esta manera esta actividad unitaria.
4. Se determino el factor de carga de explosivo para la voladura, que fue $Q_t = 33.31$ Kg/disparo y el Factor de Potencia, $F_p = 0.9$ Kg/TM.
5. Se mejoró la eficiencia de la voladura, mediante una óptima distribución de la energía en el macizo rocoso que llega a una eficiencia de la voladura de 95 % que equivale a un avance de 1.73 m., promedio por disparo.

6. La aplicación de la nueva malla de perforación y voladura ha permitido controlar y reducir la sobre excavación en un 8 % del promedio por disparo.
7. Con el diseño de la malla de perforación y voladura mediante el Modelo matemático de Holmberg con un diámetro de perforación con los tres taladros de alivio el Factor de Potencia, $F_p = 0.9 \text{ Kg/TM}$, nos indica que este parámetro representa una buena eficiencia de voladura.

RECOMENDACIONES

1. Para el diseño de malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación, se recomienda utilizar la metodología implementado la mayor cantidad de parámetros geomecánicos, con el fin, de que la predicción de la fragmentación sea más óptima.
2. Se recomienda realizar un análisis más completo en base a los índices de fragmentación.
3. Se recomienda realizar el llenado de un formato con la medición por parte de los ingenieros de guardia sobre los tamaños de los bloques de roca para realizar una buena predicción de la fragmentación.
4. Antes se realizar la perforación en el frente del inclinado se debe de realizar el desatado y si necesita sostenimiento realizarlo, para dotar al perforista de un área de trabajo seguro.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Altamirano, A. (2014). *Diseño de tronadura en una fase - aplicación a minería continua - Codelco - División Andina*. (Tesis de Posgrado). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería de Minas. Santiago de Chile, Chile.
- Ames, V. (2008). *Perforación y Voladura de Rocas I*. Tercera Edición, Huancayo, Perú.
- Departamento de Geología. (2017). *Departamento de Geología de Cía. Minera Santa Bárbara de Trujillo S.A.C*. Trujillo, Perú.
- EXSA. (2014). *Manual práctico de voladura*. Lima, Perú.
- Guizábalo, J. (2017). *Modelamiento predictivo del flujo de aire para la optimización del sistema de ventilación en el nivel 4093 de la unidad minera Santa Bárbara de Trujillo, 2017*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas. Trujillo, Perú .
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Hernández Sampieri Roberto, FernMetodología de la Investigación. México: Editorial Mc Graw Hill, Cuarta Edición*. México.
- <https://www.sucamec.gob.pe>. (s.f.).
- Mendoza, N. (2014). *Optimización de la voladura controlada aplicando un Modelo Matemático en la unidad minera Paraíso - Ecuador*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Peru Facultad de Ingeniería de Minas. Huancayo, Perú.
- Montoya, G. y Vilchez, R. (2019). *Diseño de malla de perforación utilizando modelo matemático Holmberg para mejorar fragmentación de la voladura - Mina Santa Clotilde 7 – Chongoyape*. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo. Facultad

de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería De Minas. Chiclayo, Perú.

Montoya, G. y Vilchez, R. (2019). *Diseño de malla de perforación utilizando modelo matemático Holmberg para mejorar fragmentación de la voladura - Mina Santa Clotilde 7 – Chongoyape.*

Music, G. (2007). *Diagnóstico y optimización de disparos en desarrollo horizontal, mina El Teniente.* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería de Minas. Santiago de Chile, Chile.

Olórtegui, J. (2019). *Modelo de reemplazo de equipos en minería subterránea para realizar el cambio de las máquinas perforadoras en la empresa minera Santa Bárbara de Trujillo S.A.C. - 2018.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas. Huaraz, Perú.

Rivera, H. (2019). *Optimización de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Roger Holmberg en el proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería de Minas. Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, Puno, Perú.

Taípe, J. y Marcañupa, D. (2015). *Implementación de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura en frentes de avance, en la mina San Cristóbal de la Cía. minera Bateas S.A.C.*

Vidal, C. y Correa, I. (2017). *Modelo matemático de Holmberg para mejorar la perforación y voladura en la zona alta de la Compañía Minera Lincuna S.A – 2017.* Tesis de pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

Facultad de Ingeniería de Minas Geología y Metalurgia. Escuela Académico
Profesional de Ingeniería de Minas. Huaraz, Perú.

ANEXOS

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIAS

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGIA	POBLACION
Problema General ¿Cómo diseñar la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg para mejorar la fragmentación de la voladura en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020?	Objetivo General Diseñar la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg para mejorar la fragmentación de la voladura en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020.	Hipótesis General El diseño de la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg mejorara la a fragmentación de la voladura en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020. Hipótesis Nula. El NO diseño de la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg NO mejorara la a fragmentación de la voladura en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020.	Tipo El tipo de investigación es APLICADA, porque se diseñar la malla de perforación utilizando el modelo matemático de Holmberg con la finalidad de mejorar la fragmentación de la voladura en la construcción del Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Bárbara de Trujillo. Nivel de la investigación. El nivel será de investigación descriptiva, porque describe los resultados obtenidos después del diseño de la malla de perforación y voladura de rocas. Método. El método es no experimental debido a que la manipulación de variables no es deliberada y solo se observa al fenómeno en su ambiente natural para después analizarlo.	Población y Muestra Población Todas los inclinados de la mina Santa Bárbara de Trujillo SAC en el año 2020. Muestra Inclinado Virgen de la Puerta 2, mina Santa Barbara de Trujillo SAC – 2020.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específica		
¿Cómo influirá el modelo Roger Holmberg en el diseño de la malla de perforación y voladura?	Determinar la influencia del modelo matemático de Roger Holmberg en el diseño de la malla de perforación y voladura.	Se determinará la influencia del modelo matemático de Roger Holmberg en el diseño de la malla de perforación y voladura.		
¿Cómo mejorara la fragmentación, con el nuevo diseño de la malla de perforación?	Mejorar la fragmentación, con el nuevo diseño de la malla de perforación.	Se mejorará la fragmentación, empleando el nuevo diseño de la malla de perforación.		
¿Cuál será el factor de carga de explosivo para la voladura, según el modelo matemático de Roger Holmberg?	Determinar el factor de carga de explosivo para la voladura, según el modelo matemático de Roger Holmberg.	Se determinará el factor de carga de explosivo para la voladura, según el modelo matemático de Roger Holmberg.		

Fuente: El tesista

ANEXO N° 02: PETS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

MINA SANTA BÁRBARA DE TRUJILLO SAC	Asistencia Técnica Subterránea	ATS-PETS-001
		EDICIÓN 01
	PETS: PINTADO DE MALLAS DE PERFORACIÓN	VALIDO DESDE:
		Página 2 de 2

1. PERSONAL Y RESPONSABILIDADES

- 1.1. Ingeniero de Asistencia Técnica.
- 1.2. Jefe de Guardia.
- 1.3. Capataz de turno.
- 1.4. Líder de labor.
- 1.5. Ayudante.

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1. Protector de cabeza con cintas reflectante.
- 2.2. Barbiquejo.
- 2.3. Tafiote.
- 2.4. Lámpara Minera.
- 2.5. Tapones de oído.
- 2.6. Lentes de Seguridad.
- 2.7. Respirador con filtros de particular y gas.
- 2.8. Guantes de cuero.
- 2.9. Mameluco con cintas reflectante de dos pulgadas.
- 2.10. Chaleco con cintas reflectante de dos pulgadas.
- 2.11. Correa Minera.
- 2.12. Botas de jebe con punta de acero

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES.

- 3.1. Tubo PVC de 4', 6', 8' o 10' de longitud.
- 3.2. Pintura Latex color amarillo.
- 3.3. Brocha.
- 3.4. Pintura en Spray.
- 3.5. Flexómetro de 5m.

4. PROCEDIMIENTO

- 4.1. Verificar si el frente de trabajo demuestra buena estabilidad del techo y los hastiales, asimismo, el frente de la labor.
- 4.2. Verificar las dimensiones de la labor, según lo que se contempla en el proyecto.
- 4.3. Utilizar el tubo de PVC con la brocha y la pintura para pintar la línea de dirección y la gradiente de la labor que se va a perforar.
- 4.4. Señalizar, usando la pintura spray y el flexómetro, la ubicación de los taladros de arranque, ayudas y “cuadradores”. Esto según el diseño contemplado.
- 4.5. Utilizar el tubo PVC con la brocha y la pintura para realizar una marca que sirva de guía al perforista donde irán los taladros restantes.
- 4.6. Verificar la cantidad de taladros pintados y sus ubicaciones antes de comenzar a perforar.

5. RESTRICCIONES

- 5.1. En caso de que la zona se encuentre con presencia de gases fuera de los límites máximos permitidos.
- 5.2. En caso de que la zona no demuestre buena estabilidad del techo y los hastiales, asimismo, el frente de la labor.

GENERADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

MINA SANTA BÁRBARA DE TRUJILLO SAC	Asistencia Técnica Subterránea	ATS-PETS-001
		EDICIÓN 01
	PETS: PERFORACIÓN DE FRENTE CON JACKLEG	VALIDO DESDE:
		Página 4 de 4

1.- PERSONAL DE CONTROL

- 1.1 Maestro Perforista
- 1.2 Ayudante perforista.

2.- EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1 Casco minero tipo sombrero con portalámparas y barbiquejo.
- 2.2 Protector de Oídos.
- 2.3 Respirador con filtros contra polvo.
- 2.4 Guantes de Neoprene o cuero.
- 2.5 Botas de jebe con punta de Acero.
- 2.6 Correa Portalámparas.
- 2.7 Mameluco con cinta reflectiva.
- 2.8 Lentes de seguridad.
- 2.9 Ropa de jebe (o y pantalón).
- 2.10 Lámpara minera con batería.

3.- EQUIPO/HERRAMIENTAS / MATERIALES

- 3.1 Máquina perforadora Jackleg, con su barra de avance y lubricadora.
- 3.2 Juego de barrenos de perforación de 2', 4', 6 y 8' en caso de ser integrales y si fueran brocas con sus respectivas barras de las mismas longitudes.
- 3.3 Saca brocas.
- 3.4 Cuchilla
- 3.5 Flexómetro
- 3.6 Guiadores (03 mínimo).
- 3.7 Cordel, pintura y brocha.
- 3.8 Llave Stylson o francesa de 14"
- 3.9 Aceitera
- 3.10 Pico

- 3.11 Lampa
- 3.12 Plataforma de perforación (parrilla)
- 3.13 02 juegos de 04 barretillas (4, 6, 8 y 10)
- 3.14 Saca barreno.
- 3.15 Llave Stylson y/o francesa de 14"
- 3.16 Combo de 6 lb.
- 3.17 Cintas bandit.
- 3.18 Fast lock (ensunchador).
- 3.19 Fosforo.

4.- PROCEDIMIENTO

- 4.1 Verificar la ventilación, desatado de rocas antes de la perforación y sostenimiento de la labor.
- 4.2 Lavar el frente con agua para detectar la existencia de posibles tiros cortados; proceder a eliminar si se diera el caso, tomando las precauciones y procedimiento de eliminación de tiros cortados.
- 4.3 Para conectar las mangueras de agua y aire se deben soplar con el agua y aire respectivamente, el ayudante abrirá la válvula de la tubería de aire, constatando que las válvulas de la máquina perforadora estén cerradas para prevenir que la máquina se levante violentamente ocasionando accidentes.
- 4.4 Instalado los servicios de aire y agua el perforista verificara:
 - El buen funcionamiento de la máquina perforadora
 - Las conexiones de aire y agua para las cuales debe contar con una llave Stylson o francesa de 14", con el cual debe hacer los ajustes correspondientes.
 - Los empalmes de las mangueras estarán asegurados a los niples correspondientes con cintas bandit.
 - El aire que debe tener la presión mínima de 4,92 kg/cm² (70 Lbs/pulg²) y el agua en la perforación debe aplicarse a presión no menor de tres (03) kg/cm² y en cantidad mínima de medio litro por segundo (½ l/s).
- 4.5 Marcar la malla de perforación, tomando en cuenta el punto de dirección, inclinación y sección; según proyecto de planeamiento y control topográfico respectivo, marcar línea de dirección en el techo para ubicar la máquina perforadora con esa dirección.
- 4.6 Se iniciará la perforación:

- Ubicando la máquina y barreno según la línea de dirección planificada, para los siguientes taladros utilizar guiadores para mantener el paralelismo de todos los taladros.
- Perforar siempre con el juego de barrenos: patero, seguidor y pasador.
- Durante el proceso de perforación, el perforista y su ayudante están en la obligación de verificar constantemente la existencia de rocas sueltas para eliminarlas (desatado de rocas durante la perforación)
- Al perforar, el trabajador debe posicionarse correctamente, siempre a un lado de la máquina, nunca al centro, y cuidar los ojos al descargar partículas cuando se sopla el taladro.
- Para perforar los taladros de la corona se utilizará las plataformas o parrillas para el personal y mantener la horizontalidad durante la perforación y arco de la corona.

4.7 Perforar taladros de servicios según estándar para aire, agua, energía eléctrica y puntos topográficos.

4.8 Al Final de perforación; cerrar las válvulas de aire y agua para desfogar, luego desconectar las mangueras de aire y agua, y guardar todo el equipo de perforación en lugar seguro dejando ordenado los servicios de aire y agua.

5.- RESTRICCIONES:

Se restringe cuando:

- 5.1 Personal no capacitado o entrenado en la tarea.
- 5.2 Falta de ventilación y/o mangas alejadas mayores a 15 metros del tope.
- 5.3 Cuando no tenga las barretillas adecuadas para el desatado de rocas (juego de barretillas)
- 5.4 Desatado de rocas incorrecto o incompleto de la labor (antes, durante y después de la perforación).
- 5.5 Máquina malograda o incompleta (grampa rota o floja), falta lubricación.
- 5.6 Sostenimiento inadecuado y/o incompleto (sostenimiento cerrado hasta el tope).
“Labor avanzada, Labor sostenida”.
- 5.7 Si no hay evaluación geomecánica y/o recomendación, el personal debe parar el avance y comunicar a su jefe inmediato quien pedirá su evaluación y recomendación respectiva.

- 5.8 Cuando hay fugas de aire y/o agua o estén atortolados con alambre.
- 5.9 Cuando los EPP están desgastados o rotos y fuera de su vida útil (o y pantalón de jebe, botas, guantes, respirador, lentes, protector).
- 5.10 Iluminación personal defectuosa (lámpara minera).
- 5.11 Cuando las mangueras de aire y agua y otros materiales están desordenadas que impide el fácil escape en caso de derrumbes.
- 5.12 Cuando se tenga indicios de la cercanía de una masa de agua subterránea se deberá realizar un taladro piloto de por lo menos diez (10) metros de profundidad antes de avanzar con las labores de trabajo.

6. - REGISTROS

6.1 Check List

6.2 IPERC

7. – ANEXOS

7.1 D.S. N°024-2016-EM.

8. IDENTIFICACIÓN DE LOS CAMBIOS.

8.1 No aplica por ser primera versión.

GENERADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

MINA SANTA BÁRBARA DE TRUJILLO SAC	Asistencia Técnica Subterránea	ATS-PETS-001
		EDICIÓN 01
	PETS: DESATADO DE ROCAS EN LABORES	VALIDO DESDE:
		Página 3 de 3

1.- PERSONAL DE CONTROL

- 1.1.Maestro
- 1.2.Ayudante

2.- EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1.Casco minero tipo sombrero con portalámparas y barbiquejo.
- 2.2.Lentes de Seguridad.
- 2.3.Protector de oídos
- 2.4.Respirador con filtros contra polvo.
- 2.5.Guantes de cuero.
- 2.6.Botas de jebe con punta de acero.
- 2.7.Correa porta lámparas
- 2.8.Mameluco con cintas reflectivas.
- 2.9.Lámpara minera con batería.

3.- EQUIPO/HERRAMIENTAS / MATERIALES

- 3.1. 02 juegos de 4 barretillas (4', 6', 8', 10' ó 12')
- 3.2. Fósforo.
- 3.3. Reflector sobre trípode.

4.- PROCEDIMIENTO

- 4.1 Verificar la ventilación del acceso y la labor; con el encendido de fósforos, para comprobar la presencia normal del oxígeno, en caso de deficiencia, ventilar hasta que las condiciones sean aceptables dando el tiempo adecuado.
- 4.2 Verificar los 02 juegos de 04 barretillas; las puntas y uñas, si no se encuentran en buenas condiciones proceder a su cambio inmediato para un eficiente desatado.

Seleccionar las barretillas de longitud adecuada según la sección de la labor a desatar.

- 4.3 Buscar un lugar seguro para empezar el regado de la labor; efectuando pruebas de estabilidad con la barretilla desde 15 metros atrás del tope en caso sea labor sin sostenimiento; si la labor se sigue con sostenimiento revisar los sostenimientos anteriores al disparo, aproximarse a 5 metros del tope para de allí regar.

Realizar el regado de la carga, techo y hastiales de la labor, se debe regar con agua a presión, para eliminar el polvo, neutralizar los gases y finalmente

- 4.4 mejorar la visibilidad de las posibles fracturas en la corona, hastiales y frente de trabajo.

- 4.5 Proceso del desate de rocas.

- Posicionarse adecuadamente en piso firme y uniforme para el desatado, “no arriesgue su vida”. Mantener la vía de escape, libre de bancos, herramientas y materiales.
- Iniciar el desatado desde el lugar más seguro, es decir en avanzada hacia el tope, el desatado de rocas se realizara entre 02 personas mínimo, uno de ellos desata y el otro alumbra y cuida al que está desatando de posibles desprendimientos del techo o hastiales. Mantener siempre la barretilla a un costado del cuerpo y separado, con una inclinación de 45°, terminado el desatado en avanzada, re desatar en retirada.
- A medida que vaya desatando la roca identifique las rocas sueltas, constantemente golpeando con la punta de la barretilla, si el sonido de la roca es agudo significa solidez o duro, si el sonido es opaco (bombo) significa que la roca esta suelta y requiere el desate inmediato.
- Tenga por principio que una vez que mueva un fragmento o banco de roca, hágalo caer no lo deje colgado, puede caer más tarde y accidentarlo.

- 4.6 Terminado el desatado de rocas guarde las barretillas en los percheros o portabarretillas en lugares establecidos, dejar ordenado y limpio la labor.

5. RESTRICCIONES:

Se restringe cuando:

- 5.1 El desatado de rocas nunca haga en retirada, del tope hacia afuera.
- 5.2 Cuando una roca suelta no se puede desatar o son de grandes dimensiones que no caen con una o dos barretillas, inmediatamente proceda al plasteo o cachorro perforando desde un lugar seguro y con barrenos largos. Esta actividad previamente se debe coordinar con su Jefe inmediato.
- 5.3 En caso de que la labor ingrese a un valor crítico (desprendimiento constante de rocas), por tipo o calidad de rocas se procederá al retiro del personal y se buscará la alternativa de colocar sostenimiento adecuado según evaluación geomecánica.
- 5.4 Falta de ventilación,
- 5.5 Presencia de tiros cortados
- 5.6 Barretillas defectuosas (desgastadas, rotas las puntas o uñas, dobladas)
- 5.7 Barretilla inadecuada para la sección que se va a desatar. (demasiada larga o corta, que no forme el ángulo 45°).

6. REGISTROS

- 6.1 Checklist.
- 6.2 IPERC

7. – ANEXOS

- 7.1 D.S. N°024-2016-EM.

8. IDENTIFICACIÓN DE LOS CAMBIOS.

- 8.1 No aplica por ser primera versión

GENERADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

MINA SANTA BÁRBARA DE TRUJILLO SAC	Asistencia Técnica Subterránea	ATS-PETS-001
		EDICIÓN 01
	PETS: Inspección De Perforación	VALIDO DESDE:
		Página 2 de 93

1. PERSONAL Y RESPONSABILIDADES

- 5.3. Ingeniero de Asistencia Técnica.
- 5.4. Líder de labor.
- 5.5. Ayudante.

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 5.6. Protector de cabeza con cintas reflectante.
- 5.7. Barbiquejo.
- 5.8. Tafiote.
- 5.9. Lámpara Minera.
- 5.10. Tapones de oído.
- 5.11. Lentes de Seguridad.
- 5.12. Respirador con filtros de particular y gas.
- 5.13. Guantes de cuero.
- 5.14. Mameluco con cintas reflectante de dos pulgadas.
- 5.15. Chaleco con cintas reflectante de dos pulgadas.
- 5.16. Correa Minera.
- 5.17. Botas de jebe con punta de acero

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES.

- 5.18. Cuaderno de Apuntes

4. PROCEDIMIENTO

- 5.19. Verificar si el frente de trabajo muestra buena estabilidad del techo y los hastiales, asimismo, el frente de la labor.
- 5.20. Analizar, junto el perforista, la mejor estrategia a utilizar para la perforación de los taladros.

- 5.21. Verificar junto al perforista que la barra se encuentre bien posicionada antes de comenzar con la perforación.
- 5.22. Estar atento a las presiones de perforación, rotación y avance que se obtienen mientras se ejecuta la perforación de los taladros. Se recomienda tomar nota de éstos valores para futuros registros.
- 5.23. En caso las presiones señaladas se encuentren en valores fuera de lo normal, consultar, en primera instancia, al perforista por si ha encontrado algo atípico durante la perforación como geodas o fallas. Para luego comunicar al personal que se encarga del carguío de taladros.

5. RESTRICCIONES

- 5.24. En caso de que la zona se encuentre con presencia de gases fuera de los límites máximos permitidos.
- 5.25. En caso de que la zona no demuestre buena estabilidad del techo y los hastiales, asimismo, el frente de la labor.

GENERADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

MINA SANTA BÁRBARA DE TRUJILLO SAC	Asistencia Técnica Subterránea	ATS-PETS-001
		EDICIÓN 01
	PETS: CARGUIO DE FRENTE CON EMULNOR	VALIDO DESDE:
		Página 3 de 93

1. PERSONAL.

- 1.1 Maestro Perforista
- 1.2 Ayudante Perforista

2. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1 Protector (casco)
- 2.2 Botas con puntera de acero
- 2.3 Guantes (cuero, neopreno)
- 2.4 Mameluco con cintas reflectoras
- 2.5 Respirador contra polvo
- 2.6 Tapón auditivo
- 2.7 Correa porta lámpara
- 2.8 Lámpara minera con batería.
- 2.9 Lente de seguridad.
- 2.10 Ropa de Jebe.

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES

- 3.1 Atacadores de Madera de 10´
- 3.2 Cucharilla de Cu. de $\frac{3}{4}$ "Ø X 3 mts.
- 3.3 Soplete de Tubo de $\frac{3}{4}$ "Ø X 3 mts.
- 3.4 Pico.
- 3.5 Lampa.

4. PROCEDIMIENTO.

Disposición de herramientas necesarias, para desate de rocas sopleteo de taladros y atacado de taladros

- 4.1 Repaso de desate de roca, antes de iniciar el carguío del frente.
- 4.2 Verificar la condición de los taladros; introduciendo el atacador y procediendo a su limpieza, si así lo requiere, con la cucharilla o sopleteando con aire los detritos del taladro.
- 4.3 traslado de explosivos y accesorios de voladura, llevar al frente, siguiendo el procedimiento del transporte de explosivo.
- 4.4 Colocar los cebos y cartuchos en los taladros, utilizando atacadores de madera y atacar sin golpear demasiado, dar golpes suaves, ubicar los cebos en orden numérico en los taladros.
- 4.5 Tacos; colocar tacos inertes, arcilla o detritus.
- 4.6 Amarre con pentacord, luego de concluido el carguío se conecta los ganchos de los faneles, exeles o tecneles con el pentacord el cual a su vez se conecta al iniciador que viene a ser el fulminante corriente N° 6 que está preparado ya en una prima con la guía blanca y conectar para mecha rápida y dejar listo para el chispeo.
- 4.7 Colocar caballete o cintas de seguridad, con prohibición de ingreso al frente cargado con explosivos a personas no autorizadas y esperar para chispear en el horario preestablecido.

2. RESTRICCIONES.

Se restringe cuando:

- 5.1 Ventilación deficiente.
- 5.2 Desate de rocas deficiente o no realizado.
- 5.3 Accesorios inadecuados numeración de faneles incompletos para la secuencia adecuada.
- 5.4 No se cuente herramientas apropiadas: atacador de madera, punzón, cucharilla, escaleras adecuadas.
- 5.5 Cuando se emplea equipos en movimiento para carguíos: scooptram, jumbo, camiones.
- 5.6 Se paraliza el carguío cuando se observa que el terreno es inestable hasta colocar el sostenimiento adecuado.
- 5.7 Temperaturas altas en los taladros

6. - REGISTROS

6.1 Check List

6.2 IPERC

7. – ANEXOS

7.1 D.S. N°024-2016-EM.

8. IDENTIFICACIÓN DE LOS CAMBIOS.

8.1 No aplica por ser primera versión.

GENERADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

MINA SANTA BÁRBARA DE TRUJILLO SAC	Asistencia Técnica Subterránea	ATS-PETS-001
		EDICIÓN 01
	PETS: TRANSPORTE DE EXPLOSIVOS EN INTERIOR MINA	VALIDO DESDE:
		Página 2 de 2

1. PERSONAL.

- 1.1 Maestro Perforista
- 1.2 Ayudante Perforista.

2. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1 Protector (casco)
- 2.2 Botas con puntera de acero
- 2.3 Guantes (cuero, neopreno)
- 2.4 Mameluco con cintas reflectoras
- 2.5 Respirador contra polvo
- 2.6 Tapón auditivo
- 2.7 Correa porta lámpara
- 2.8 Lámpara minera con batería.
- 2.9 Lente de seguridad.

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES

- 3.1 Mochilas de nylon para el transporte de explosivos.
- 3.2 Letrero que diga “PELIGRO EXPLOSIVO”.

4. PROCEDIMIENTO.

- 4.1 **Revisión de la labor o labores a disparar;** el capataz o jefe de turno, debe verificar las cantidades necesarias de accesorios de voladuras y explosivos, para las labores a disparar.
- 4.2 **Generar la orden de pedido de explosivos y accesorios,** después de conocer en detalle la cantidad exacta de labores a disparar y número de taladros perforados en cada labor, se designa al personal responsable.
- 4.3 **Retiro de explosivos;** el personal o personas designadas retirarán los explosivos en sus respectivas mochilas.
- 4.4 **Retiro de accesorios de voladura;** el personal designado retirará los accesorios de voladura en mochila y transportará con una separación de 10 mts. respecto al que transporta explosivos.

4.5 **Depositar el explosivo y accesorios;** verificar las condiciones de las zonas donde han de depositarse los explosivos y los accesorios de voladura , siempre separados y correctamente colocados, evitando golpearlos

4.6 **Comunicación;** al personal encargado del carguío de taladros del frente, que los explosivos y accesorios ya están en su labor.

5. RESTRICCIONES.

5.1 Se paraliza el transporte cuando en el trayecto hay instalaciones eléctricas o trabajos eléctricos que están produciendo chispas, que puede ocasionar una explosión; o cuando se está transportando explosivos y accesorios juntos.

6. - REGISTROS

6.1 Check List

6.2 IPERC

7. – ANEXOS

7.1 D.S. N°024-2016-EM.

8. IDENTIFICACIÓN DE LOS CAMBIOS.

1.1 No aplica por ser primera versión.

GENERADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

MINA SANTA BÁRBARA DE TRUJILLO SAC	Asistencia Técnica Subterránea	ATS-PETS-001
		EDICIÓN 01
	PETS: ELIMINACIÓN DE TIROS FALLADOS	VALIDO DESDE:
		Página 2 de 2

1. PERSONAL DE CONTROL

- 1.1 Maestro
- 1.2 Ayudante

2.- EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1.Casco minero tipo sombrero con portalámparas y barbiquejo.
- 2.2.Protector de Oídos.
- 2.3.Respirador con filtros contra polvo.
- 2.4.Guantes de neoprene y/o cuero.
- 2.5.Botas de jebe con punta de Acero.
- 2.6.Correa Portalámparas.
- 2.7.Mameluco con cinta reflectiva.
- 2.8.Lentes de seguridad.
- 2.9.Lámpara minera con batería.

3.- EQUIPO/HERRAMIENTAS / MATERIALES

- 3.1.Atacador
- 3.2.Punzón de cobre / madera / PVC,
- 3.3.Cuchilla
- 3.4.Fósforo
- 3.5.Explosivo
- 3.6.Accesorio de voladura
- 3.7.Arcilla
- 3.8.Mochilas de lona.
- 3.9.Dispositivos de restricción

4.- PROCEDIMIENTO

- 4.1. Detectado el tiro fallado, poner restricciones por todos los accesos a la labor.
- 4.2. Comunicar al jefe inmediato superior del tiro fallado, pedir la autorización para llevar explosivo y accesorios necesarios para la recarga. Tener en cuenta que los

explosivos y accesorios se llevan por separado aunque sea mínima la cantidad de carga a utilizar y deben ser transportadas por personas diferentes distanciados a 10 metros.

- 4.3. Recargar los tiros fallados
- 4.4. Poner vigías en los accesos a la labor para evitar ingreso de personal extraño y comunicar a labores aledañas de la eliminación de tiro cortado.
- 4.5. Encender el tiro fallado y retirarse a una distancia prudente de 100 metros.
- 4.6. El ingreso a la labor deberá ser pasado los 30 minutos de la explosión del tiro fallado (tiro cortado), regresar a la labor y verificar si el tiro cortado fue eliminado, caso contrario continuar nuevamente con los procedimientos ya establecidos.

5.- RESTRICCIONES:

- 5.1 Personal no capacitado o entrenado en la tarea
- 5.2 Cuando hay más de 6 tiros cortados. (se efectuará a media guardia o fin de guardia).
- 5.3 Cuando no se tiene una buena ventilación.
- 5.4 Falta de personal para colocar vigías en los accesos.
- 5.5 Cuando hay emergencias cerca a la labor y que puedan ser afectadas por los gases.

6. - REGISTROS

- 6.1 Check List
- 6.2 IPERC

7. – ANEXOS

- 7.1 D.S. N°024-2016-EM.

8. IDENTIFICACIÓN DE LOS CAMBIOS.

No aplica por ser primera versión

GENERADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

MINA SANTA BÁRBARA DE TRUJILLO SAC	Asistencia Técnica Subterránea	ATS-PETS-001
		EDICIÓN 01
	PETS: INSPECCIÓN DE LABORES	VALIDO DESDE:
		Página 2 de 2

1. PERSONAL Y RESPONSABILIDADES

- 1.1. Ingeniero de Asistencia Técnica.
- 1.2. Jefe de Guardia.
- 1.3. Capataz de turno.
- 1.4. Líder de labor.
- 1.5. Ayudante.

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1. Protector de cabeza con cintas reflectante.
- 2.2. Barbiquejo.
- 2.3. Tafilete.
- 2.4. Lámpara Minera.
- 2.5. Tapones de oído.
- 2.6. Lentes de Seguridad.
- 2.7. Respirador con filtros de particular y gas.
- 2.8. Guantes de cuero.
- 2.9. Mameluco con cintas reflectante de dos pulgadas.
- 2.10. Chaleco con cintas reflectante de dos pulgadas.
- 2.11. Correa Minera.
- 2.12. Botas de jebe con punta de acero

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES.

- 3.1. Barretillas de 4', 6', 8' o 10' de longitud.
- 3.2. Equipo de Monitoreo de Gases.

4. PROCEDIMIENTO

- 4.1. Coordinar con el jefe de guardia las labores donde se realizarán los trabajos de seguimiento de perforación y voladura.

- 4.2. Verificar si el frente de la labor y los accesos a éste muestran buena estabilidad del techo y los hastiales.
- 4.3. Verificar si la labor cuenta con presencia de gases dentro de los límites máximos permisibles por el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo DS-024-2016-EM.
- 4.4. En caso de hallar una condición insegura durante la inspección, coordinar con los líderes de labor para tomar las acciones inmediatas que disminuyan el potencial de la condición.
- 4.5. Presentarse ante el personal que se encuentra en la labor, con la consigna de indicarle los trabajos que se tendrían contemplados en dicha zona.
- 4.6. Coordinar con el capataz de turno y el personal de labor el objetivo que tiene la labor encomendada dentro del plan de minado.

5. RESTRICCIONES

- 5.1. En caso de que la zona se encuentre con presencia de gases fuera de los límites máximos permitidos.
- 5.2. En caso de que la zona no demuestre buena estabilidad del techo y los hastiales, asimismo, el frente de la labor.

GENERADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

	Asistencia Técnica Subterránea	ATS-PETS-001
		EDICIÓN 01
	PETS: INSPECCIÓN DE POLVORINES	VALIDO DESDE:
		Página 2 de 2

1. PERSONAL Y RESPONSABILIDADES

- 1.1. Ingeniero de Asistencia Técnica.
- 1.2. Jefe de Guardia.

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1. Protector de cabeza con cintas reflectante.
- 2.2. Barbiquejo.
- 2.3. Tafilete.
- 2.4. Lámpara Minera.
- 2.5. Tapones de oído.
- 2.6. Lentes de Seguridad.
- 2.7. Respirador con filtros de particular y gas.
- 2.8. Guantes de cuero.
- 2.9. Mameluco con cintas reflectante de dos pulgadas.
- 2.10. Chaleco con cintas reflectante de dos pulgadas.
- 2.11. Correa Minera.
- 2.12. Botas de jebe con punta de acero

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES.

- 3.1. Equipo de monitoreo de Gases
- 3.2. Carnet Sucamec Vigente

4. PROCEDIMIENTO

- 4.1. Coordinar con el jefe de guardia el horario mas adecuado para realizar la inspección al polvorín tanto principal como secundario.
- 4.2. Verificar si dicha labor y los accesos a éste muestran buena estabilidad del techo y los hastiales.

- 4.3. Verificar si dicha labor cuenta con presencia de gases dentro de los límites máximos permisibles por el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo DS-024-2016-EM.
- 4.4. En caso de hallar una condición insegura durante la inspección, coordinar con los líderes de labor para tomar las acciones inmediatas que disminuyan el potencial de la condición.
- 4.5. Presentarse ante el personal que se encuentra en el punto, con la consigna de indicar los trabajos que se tendrían contemplados en dicha zona.
- 4.6. Verificar que las condiciones de almacenamiento estén dentro del estándar establecido y stocks que tienen nuestros productos en dicho polvorín.
- 4.7. Reportar al jefe de guardia de turno alguna sugerencia u observación encontrada en dicho lugar.

5. RESTRICCIONES

- 5.1. En caso de que la zona se encuentre con presencia de gases fuera de los límites máximos permitidos.
- 5.2. En caso de que la zona no demuestre buena estabilidad del techo y los hastiales, asimismo, el frente de la labor.

GENERADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

MINA SANTA BÁRBARA DE TRUJILLO SAC	Asistencia Técnica Subterránea	ATS-PETS-001
		EDICIÓN 01
	PETS: MEDICIÓN DE TRAYECTORIA DE TALADROS	VALIDO DESDE:
		Página 2 de 2

1. PERSONAL Y RESPONSABILIDADES

- 1.1. Ingeniero de Asistencia Técnica.
- 1.2. Jefe de Guardia.
- 1.3. Capataz de turno.
- 1.4. Líder de labor.
- 1.5. Ayudante.

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1. Protector de cabeza con cintas reflectante.
- 2.2. Barbiquejo.
- 2.3. Tafiote.
- 2.4. Lámpara Minera.
- 2.5. Tapones de oído.
- 2.6. Lentes de Seguridad.
- 2.7. Respirador con filtros de particular y gas.
- 2.8. Guantes de cuero.
- 2.9. Mameluco con cintas reflectante de dos pulgadas.
- 2.10. Chaleco con cintas reflectante de dos pulgadas.
- 2.11. Correa Minera.
- 2.12. Botas de jebe con punta de acero

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES.

- 3.1. Tubo PVC de 4', 6', 8' o 10' de longitud.
- 3.2. Barretillas de 4', 6', 8' o 10' de longitud.
- 3.3. Pintura en Spray.
- 3.4. Flexómetro de 5m.

4. PROCEDIMIENTO

- 4.1. Verificar si el frente de trabajo demuestra buena estabilidad del techo y los hastiales, asimismo, el frente de la labor.

- 4.2. Verificar la ubicación de los taladros de arranque, ayudas y “cuadradores”, haciendo uso de la pintura spray.
- 4.3. Verificar el estado del flexómetro antes de comenzar la actividad.
- 4.4. Elegir un tubo PVC o barretilla teniendo en consideración que el largo de éste debe ser mayor a la longitud perforada; asimismo, debe permitir una luz mínima de 1’ fuera del taladro.
- 4.5. Introducir los tubos de PVC o barretillas en los taladros de arranque y ayudas, principalmente, haciendo uso de los guantes de cuero.
- 4.6. Verificar que todos los taladros de arranque y ayudas cuentan con tubo PVC o barretilla en su interior antes de comenzar el análisis.
- 4.7. Medir con el flexómetro la trayectoria de los taladros, realizando mediciones empezando desde la “boca” de dos de éstos y sus “proyecciones” generadas por los tubos PVC o barretillas utilizadas para esta tarea.
- 4.8. Anotar las dimensiones obtenidas y reportar al supervisor mas cercano. En caso exista alguna observación, coordinar entre las partes involucradas el levantamiento respectivo.
- 4.9. Retirar los tubos PVC o barretillas utilizadas antes de corregir las observaciones o continuar con el carguío.

5. RESTRICCIONES

- 5.1. En caso de que la zona se encuentre con presencia de gases fuera de los límites máximos permitidos.
- 5.2. En caso de que la zona no demuestre buena estabilidad del techo y los hastiales, asimismo, el frente de la labor.

GENERADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

MINA SANTA BÁRBARA DE TRUJILLO SAC	Asistencia Técnica Subterránea	ATS-PETS-001
		EDICIÓN 01
	PETS: MEDICION DE VOD	VALIDO DESDE:
		Página 3 de 93

1. PERSONAL

- 1.1. Ingeniero de asistencia técnica

2. EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

- 2.1. Protector de cabeza con cintas reflectante.
- 2.2. Barbiquejo.
- 2.3. Tafilete.
- 2.4. Lámpara Minera.
- 2.5. Tapones de oído.
- 2.6. Lentes de Seguridad.
- 2.7. Respirador con filtros de particular y gas.
- 2.8. Guantes de cuero.
- 2.9. Mameluco con cintas reflectante de dos pulgadas.
- 2.10. Chaleco con cintas reflectante de dos pulgadas.
- 2.11. Correa Minera.
- 2.12. Botas de jebe con punta de acero

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES

- 3.1. Equipo Microtrap
- 3.2. Cable Resistivo (10.8 Ohmios/m.)
- 3.3. Cable Coaxial R-59
- 3.4. Multitester
- 3.5. Alicata de corte y cuchilla
- 3.6. Cinta aislante
- 3.7. Caja metálica de protección del monitor Microtrap
- 3.8. Lampa.
- 3.9. Pintura en Spray.

4. PROCEDIMIENTO

4.1. COORDINACIONES DE LABOR

- 4.1.1.** Comunicar al supervisor de turno que se realizará la medición de VOD para su conocimiento y aprobación.

4.2. PRE USO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- 4.2.1.** Inspeccionar de todos los equipos a utilizarse antes de emprender la tarea, estos deben estar cargados, la memoria debe estar vacía para guardar los datos registrados y deben estar calibrados.
- 4.3. Analizar, identificar y minimizar riesgos del área de labor.
 - 4.4. Señalizar con pintura Spray los taladros para realizar la medición, se recomienda que estos deben de ser los primeros de la secuencia de salida de la malla y necesariamente en taladros sin agua.
 - 4.5. Se realiza el cortocircuitado en un extremo del cable resistivo, luego se procede a aislar con la cinta aislante.
 - 4.6. Se introduce el iniciador o prima adherido con la cinta aislante el extremo cortocircuitado del cable resistivo.
 - 4.7. Se procede a cargar el taladro cuidando no dañar el cable resistivo.
 - 4.8. Se verifica con el multítester la continuidad del cable resistivo.
 - 4.9. Se une el cable resistivo con el cable coaxial (debe verificarse que este en perfecto estado y debe tener continuidad).
 - 4.10. Con la ayuda de la lampa cubrir el cable resistivo que sale del taladro.
 - 4.11. Se debe aplicar un buen criterio de ubicación para el Monitor Microtrap, pues este debe de estar en zona segura fuera del alcance de alguna proyección de la voladura o circulación de equipos en la zona.
 - 4.12. Se instala el equipo Microtrap, uniendo éste y el cable coaxial N° 58.
 - 4.13. Se activa el equipo, se cubre con la caja metálica, señalizamos con conos y cintas y se evacua a un lugar seguro.
 - 4.14. Culminado el proceso de voladura y ventilación, ingresar al área, apagar el equipo y posteriormente realizar el análisis.
 - 4.15. Con la ayuda del software Mrel se analiza el registro y la información obtenida se añade al informe de mejora continua.
 - 4.16. **MEDIO AMBIENTE**
 - 4.16.1.** Disponer y/o reciclar los residuos sólidos generados en el proceso

5. RESTRICCIONES

- 5.1. El personal tendrá que ser capacitado y autorizado para ingresar en zonas cargadas con explosivos.
- 5.2. Retirarse de cualquier área de trabajo al detectar un peligro de alto riesgo que atente contra su seguridad, dando aviso inmediato a sus superiores.

GENERADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

MINA SANTA BÁRBARA DE TRUJILLO SAC	Asistencia Técnica Subterránea	ATS-PETS-001
		EDICIÓN 01
	PETS: MEDICION DE VIBRACIONES	VALIDO DESDE:
		Página 2 de 2

1. PERSONAL

- 1.1 Ingeniero de asistencia técnica

2. EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

- 2.1. Protector de cabeza con cintas reflectante.
- 2.2. Barbiquejo.
- 2.3. Tafilete.
- 2.4. Lámpara Minera.
- 2.5. Tapones de oído.
- 2.6. Lentes de Seguridad.
- 2.7. Respirador con filtros de particular y gas.
- 2.8. Guantes de cuero.
- 2.9. Mameluco con cintas reflectante de dos pulgadas.
- 2.10. Chaleco con cintas reflectante de dos pulgadas.
- 2.11. Correa Minera.
- 2.12. Botas de jebe con punta de acero

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES

- 3.1. Sismógrafo INSTANTEL.
- 3.2. Geófonos de superficie INSTANTEL.
- 3.3. Caja metálica de protección del monitor.
- 3.4. Conos y cinta delimitadora roja.

4. PROCEDIMIENTO

- 4.1. Inspeccionar todos los equipos a utilizarse antes de emprender la tarea, estos deben estar cargados, la memoria debe tener suficiente espacio como para almacenar los datos registrados y deben estar calibrados.
- 4.2. Analizar el área de posible ubicaciones de los equipos a instalar

- 4.3. Ubicar un lugar seguro para realizar la medición el cual debe estar alejado aproximadamente 35 metros de la voladura o a sugerencia del cliente.
- 4.4. Colocar las tres púas al geófono para anclarlo a la superficie, luego enterrar el equipo con detrito a una distancia de 20 cm aproximadamente.
- 4.5. Verificar que la dirección de la flecha que lleva este, debe de apuntar hacia el disparo.
- 4.6. Conectar el geófono al monitor Instantel, se programará el equipo con los parámetros de grabación solicitados y/o dependiendo del tipo de registro a obtener.
- 4.7. Colocar encima del monitor la caja metálica de protección, se delimitará el área con conos y cinta y se evacuará el área ante el anuncio del “chispeo”.
- 4.8. Dejar el equipo en proceso de monitoreo.
- 4.9. Luego del disparo, esperar un tiempo no menor de 30 min para una correcta ventilación de la labor. En seguida, recoger el equipo, para posteriormente analizar las mediciones obtenidas.
- 4.10. Analizar los datos obtenido con ayuda del software Blastware y toda la información obtenida se registrará en el formato SVE-F-049.

5. RESTRICCIONES

- 5.1. El personal tendrá que ser capacitado en el uso del equipo Instantel.
- 5.2. Se deberá respetar las distancias que se mencionan en el punto 4.3 y 4.2 para salvaguardar el bienestar del equipo.

GENERADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR: