UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

T E S I S

Modelo de malla en perforación y voladura en la optimización de la fragmentación del avance de By Pass 140 - Nivel 7 Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia 2022

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Yerson Rodolfo ORBEZO DE LA ROSA

Asesor:

Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

T E S I S

Modelo de malla en perforación y voladura en la optimización de la fragmentación del avance de By Pass 140 - Nivel 7 Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia 2022

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

_____	_____
Mg. Edwin Elias SANCHEZ ESPINOZA	**Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA**
PRESIDENTE	**MIEMBRO**

_____

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA

MIEMBRO

Firma Digital UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION [TITULAR]
Firmado digitalmente por CONDOR SURICHAQUI Sarita Silvia FAU 20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 12.06.2024 13:45:28 -05:00

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería de Minas
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 018-2024

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:
Bach. Yerson Rodolfo ORBEZO DE LA ROSA

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:
Tesis

Título del trabajo
"Modelo de malla en perforación y voladura en la optimización de la fragmentación del avance de By Pass 140 - Nivel 7 Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia 2022"

Asesor:
Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS

Índice de Similitud: **7 %**

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 12 de junio de 2024.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

Ofrezco esta tesis primeramente a Dios por permitirme la vida también en seguida a mi madre y hermanos por brindarme todo el apoyo con sus constantes orientaciones y exhortaciones para ser un ser respetuoso, trabajador y responsable, especialmente por ser soporte durante mis estudios profesionales

AGRADECIMIENTOS

Mis cordiales reconocimientos a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas, por su aporte en el logro de mis anhelos de ser un buen profesional.

Por consecuente agradezco al Ing. Toribio García Contreras, por su compromiso y noble asesoramiento de la tesis, por sus consejos y enseñanzas brindadas asía mi persona durante los años de estadía en la Facultad de Ingeniería de Minas.

Finalmente agradecer a mis familiares, quienes veían con preocupación y empeño el desarrollo del proyecto.

RESUMEN

El trabajo de tesis titulado “Modelo de malla en perforación y voladura en la optimización de la fragmentación del avance de By Pass 140 - Nivel 7 Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia 2022” está orientado a conseguir la actualización del modelo de malla en perforación y voladura que permite optimar el nivel de fragmentación del material volado, con el objetivo de obtener resultados óptimos de granulometría, lo que conlleva a controlar la reducción de incidencias en las voladuras deficientes.

Al efecto se realizaron trabajos de campo, laboratorio y gabinete para la elaboración de los cálculos de los parámetros técnicos aplicados al diseño de la perforación y voladura utilizando el “Método Matemático de Holmberg”

En ese sentido, se realizaron evaluaciones de las mallas de perforación y voladura que son usadas a juicio de cada operador, cuyos resultados fueron altas incidencias de deficiencias en la voladura y como consecuencia exceso de granulometría en el material volado y que al aplicar el “método matemático de Holmberg” en la nueva estructura de la malla de perforación y voladura en el avance de By Pass 140 - Nivel 7 Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia se logró reducir notablemente las incidencias de deficiencias en la voladura y por efecto el control óptimo de la granulometría.

Palabras clave: diseños de perforación y voladura, incidencias de voladuras, voladura eficiente, método de Roger Holmberg

ABSTRACT

The present thesis work entitled “Mesh model in drilling and blasting in the optimization of the fragmentation of the advance of By Pass 140 - Level 7 Mining Unit SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia 2022” is aimed at achieving a new mesh design in drilling and blasting that allows optimizing the degree of fragmentation of the blasted material, with the aim of obtaining optimal granulometry results, which leads to controlling the reduction of incidents in poor blasting.

For this purpose, field, laboratory and office work were carried out to do the calculations of the technical parameters applied to the design of drilling and blasting using the Holmberg Mathematical Model.

In this sense, evaluations were carried out on the drilling and blasting meshes that are used at the discretion of each operator, the results of which were high incidences of deficiencies in blasting and as a consequence excess granulometry in the blasted material and that when applying the mathematical model of Roger Holmberg in the design of the drilling and blasting mesh in the advance of By Pass 140 - Level 7 SRML Magistral Mining Unit of Huaraz SAC, UEA Aquia, it was possible to significantly reduce the incidences of deficiencies in blasting and, consequently, optimal control of granulometry.

Keywords: drill and blast designs, blast incidences, blast efficiency, Roger Holmberg method

INTRODUCCIÓN

La perforación y voladura constituye una de las actividades mineras de mayor importancia por cuanto incide en producir con mayor costo y que con el propósito de menguar dichos costos y sanear los desenlaces de la perforación y voladura se hacen uso de diversos modelos matemáticos para su diseño, que sin embargo conlleva a deficientes resultados que necesariamente deben ser superadas para cumplir con lo planificado en el minado mensual.

En la malla de perforación y voladura empleada en el desarrollo del avance de By Pass 140 - Nivel 7 Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia, antes del presente trabajo de investigación se realizaba de acuerdo al criterio de cada operador lo que conllevó a altas incidencias de deficiencias en la voladura y como consecuencia exceso de granulometría en el material volado.

Razón suficiente para plantearnos como objetivo determinar el modelo de la malla de perforación y voladura que permita optimizar la fragmentación de la masa rocosa en el by pass Nivel 7 en la Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia.

Motivado por diferentes antecedentes de estudios respecto al tema a tratar, el susodicho trabajo de investigación se fundamente en el método matemático de Holmberg para diseñar la malla de perforación y voladura y que al efectuar los cálculos para determinar el burden y espaciamiento de los taladros se requiere contar con parámetros sobre las propiedades geomecánicas de la roca; parámetros de perforación y parámetro de explosivo

La práctica del nuevo diseño de perforación y voladura ha viabilizado la optimización y renovación de la eficiencia de la malla de perforación y voladura en el By Pass 140 - Nivel 7 Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia, teniendo como resultado el decrecimiento en las fallas de voladuras y por consiguiente la optimización de la fragmentación de la masa rocosa volada.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema 1

1.2. Delimitación de la investigación 2

1.2.1. Delimitación espacial 2

1.2.2. Ubicación de la mina 2

1.2.3. Delimitación Temporal 5

1.2.4. Delimitación temática 5

1.3. Formulación del problema 6

1.3.1. Problema general 6

1.3.2. Problemas específicos 6

1.4. Formulación de objetivos 6

1.4.1. Hipótesis general 6

1.4.2. Objetivos específicos 6

1.5. Justificación de la investigación 7

1.6. Limitaciones de la investigación 7

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio 8

2.1.1. Internacionales: 8
2.1.2. Nacionales: 9
2.2. Bases teóricas – científicas 10
2.2.1. Diseño de malla de perforación. 10
2.2.2. Perforación 11
2.2.3. Definición de los taladros según su distribución de perforación y detonación. 11
2.2.4. Cálculo de voladuras 12
2.2.5. Voladura 12
2.2.6. Factores a considerarse para la voladura. 12
2.2.7. Elección de explosivos y Accesorios. 14
2.2.8. Modelo matemático de Roger Holmberg 18
2.3. Definición de términos básicos 35
2.4. Formulación de hipótesis 37
2.4.1. Hipótesis general 37
2.4.2. Hipótesis especificas 37
2.5. Identificación de variables 37
2.6. Definición operacional de variables e indicadores 37

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación 38
3.2. Nivel de investigación 38
3.3. Métodos de investigación 38
3.4. Diseño de investigación 38
3.5. Población y muestra 39
3.5.1. Población 39
3.5.2. Muestra 39
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 39

3.6.1. Técnicas 39
3.6.2. Instrumentos 39
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos 39
3.8. Tratamiento estadístico 40
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica 40

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo 41
4.1.1. Diseño de la malla de perforación y voladura 41
4.1.2. Cálculos para el diseño de perforación y voladura 41
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados 58
4.3. Prueba de Hipótesis 69
4.4. Discusión de resultados 69
CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
REEFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Trayecto y condición de la vía: Cerro de Pasco a Mina 3

Tabla 2: Características de Emulnor 15

Tabla 3: Coeficiente o factor de la Roca según dureza Fuente: Manual de Perforación EXSA 21

Tabla 4: Dureza de la roca con respecto a la distancia. Fuente: Manual de Perforación EXSA 22

Tabla 5: Variable e Indicadores de variables más medida Fuente: Diseño Propio. 37

Tabla 6: Resultado de la mallade perforación y voladura anterior 61

Tabla 7: Resultado de la mallade perforación y voladura anterior 62

Tabla 8: Resultado de la mallade perforación y voladura anterior 63

Tabla 9: Resultado de la mallade perforación y voladura anterior 64

Tabla 10: Resultado de la mallade perforación y voladura anterior 65

Tabla 11: Resultado de la mallade perforación y voladura anterior 66

Tabla 12: Resultado de la malla de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Holmberg 67

Tabla 13: Resultado de la malla de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Holmberg 67

Tabla 14: Resultado de la malla de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Holmberg 68

Tabla 15: Resultado de la malla de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Holmberg 68

Tabla 16: Resultado de la malla de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Holmberg 69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Secciones o Áreas de Perforación de un frente. 19

Figura 2: Diseño de la Sección de frente e Perforación..... 21

Figura 3: Diseño de Simulación de diámetro Equivalente. 23

Figura 4: Incidencia de la desviación en la Perforación de Taladros 25

Figura 5: Arranque con Secciones de ayuda y 2 taladros de alivio 26

Figura 6: Distribución de Taco y Carga lineal de Emulsión 31

Figura 7: Malla de perforación propuesta..... 60

CAPITULO I

PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

A nivel mundial las actividades mineras son bastante desarrolladas, que cuentan con tecnologías modernas de última generación, como son: Estados Unidos, Australia, Suecia, Canadá y otros; también se encuentran los países latinoamericanos como Chile, México, etc. Por supuesto, que el Perú por ser un país minero desarrolla también, este tipo de actividades de alta tecnología en la gran y la mediana minería.

En todas las unidades mineras se realiza la extracción y explotación de los recursos minerales, siendo el Perú uno de los productores de metales diversos, esto refleja la cantidad de reservas de mineral que se tiene y que necesita ser extraído a través de las diferentes operaciones unitarias que se desarrollan en las minas, una de las más importantes es la perforación y voladura; siendo su propósito de realizar taladros de acuerdo a una distribución geométrica, donde se colocan cargas explosivas para generar la fragmentación de la roca y/o mineral.

La U. E. A. Aquia de la S.M.R.L. Magistral de Huaraz S.A.C. se encuentra realizando diferentes actividades mineras, entre ellas tenemos avances de

galerías, by pass, niveles y otros. En la ejecución de las operaciones unitarias, se está investigando el modelo de la malla de perforación hacia la optimización del fracturamiento de la masa rocosa; considerando las pruebas después de una voladura que puede expresarse en porcentajes de medida en centímetros. Al estar realizando los avances en el by pass – Nivel 7, el objetivo es la determinación del grado de fracturamiento a través del modelamiento de la malla de perforación, la optimización consistirá si los parámetros son óptimos y que cumplan los estándares para hallar los objetovos esperados.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

By Pass 140 - Nivel 7 Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz S.A.C. U.E.A. Aquia, ubicada en el NEVADO TUCU, Distrito de Aquia, Perteneciente a la Provincia de Bolognesi, Departamento de Ancash, a la altitud de 4708.52 msnm.

1.2.2. Ubicación de la mina

La unidad minera Magistral (Mina Tuco) está ubicada al pie del pueblo, lado occidental de la Cordillera Blanca de los Andes, a 20 km al noreste de Conococha. unidad minera políticamente pertenece a la zona minera de Aquia, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash, y se localiza entre los 4.500 y 5.000 metros sobre el nivel del mar.

Las coordenadas son:

- Longitud: 9° 57' 40.3" S
- Latitud: 77° 12' 06.8" W

La distancia de Cerro De Pasco a la mina son 492.6 Km.

1.2.2.1. Accesibilidad

La entrada por vía terrestre es por medio de 492.6 km desde la ciudad de Cerro De Pasco; por medio de vías asfaltadas hasta el desvió

hacia mina y desde este punto hasta la unidad minera es trocha carrozable con un viaje de 2 horas a la mina Tuco.

Tabla 1:

Trayecto y condición de la vía: Cerro de Pasco a Mina

VIA	TIPO DE VIA	DISTANCIA EN KM	TIEMPO EN HORAS
Cerro de Pasco – Lima	Asfaltado	251.2	8
Lima – Conococha	Asfaltado	215.4	7.5
Conococha - Desvió Mina	Asfaltado	7	0.5
Desvió Mina - Unidad Minera	Trocha	19	2
	TOTAL	492.6	18

1.2.2.2. Clima y vegetación

En la zona prevalece el clima correspondiente a la zona fría por el efecto de la altura a la que se encuentra. Durante los meses de lluvia de junio a octubre son muy pequeños debido a los días calurosos y las bajas temperaturas por la noche bajo los 0 °C, esto indica el desarrollo de escarcha por la Cordillera Blanca y Negra. En diciembre a abril, ambos se caracterizan por un régimen de lluvias, tormentas de nieve a gran altura por la tarde y por la noche por encima de los 4000m la temperatura desciende hasta -0°C, la vegetación reducida a una vigorosa especie de bajo crecimiento que consiste principalmente en pastos. La alholva crece en las áreas pantanosas del fondo del valle de espesor, y en las zonas más altas y secas se desarrolla la conocida

especie "Ichu". A medida que desciende la altura, las gargantas quedan más protegidas y forman "queñuales". (polilepsis), árboles verdes de hasta 5 m de altura con un tronco retorcido.

1.2.2.3. Fisiografía y Topografía

La zona de estudio está licalizada en la ladera noroeste del Cañón del Tuco, un cruce de cañones de hasta 700 m de elevación y valles localmente ondulados. Este estadio fue creado por un rápido levantamiento que condujo a un profundo barranco que corta el borde del estadio en el valle. La rápida erosión durante esta etapa diseccionó la caliza del Grupo Goiralis Kizuga, revelando intrusiones de composición granodiorita.

La superficie de la mina principal tiene suelos irregulares en la parte más alta de la mina, los cuales son inaccesibles en algunos lugares, en la parte media el terreno es más parejo con una pendiente de 15° a 20° y cerca del río Tuco. ampliamente plano en comparación con el valle del río**.**

1.2.2.4. Entorno Geológico.

La Geología regional

Desde el enfoque regional, el área de estudio presenta sedimentos del Jurásico-Cretácico de la parte occidental, constituido por lutitas altamente plegadas, cuarcitas y calizas, y en la discordancia más allá de esta esquina, los volcánicos terciarios. Las intrusiones son del tipo tonalita y algunas apófisis de cuarcíferos.

- Formación Chimú

  La formación en su mayoría se encuentra en el punto NE del área, fundamentalmente es plegada y fallada, los tipos son de areniscas cuarzosas limpias con estratificación mezcladas y cuarcitas blancas, se encuentra en bancos grandes y fuertemente cizallados. Los

espacios donde se halla es debido a su dureza que constituye zonas escambrosas y abruptas.

El espesor varía entre 150 a 400 mts.

- Formación Santa

  El tema de la cartografía las calizas grises en estratificación delgada, de vez en cuando con parte de conchíferos y horizontes de calizas dolomíticas prevaleciendo la ankerita por sus relieves positivos a la erosión. Principalmente esta cadena se encuentra incrustada en discordancia, pudiendo verse fuertemente sobre escurrimientos en el punto de estudio, principalmente en el yacimiento. Su espesor varía entre 100 a 350 mts.

- Formación Carhuaz

  La formación principalmente es de lutitas con pequeñas partes de areniscas grises que por un tipo de meteorización se tiene un color marrón amarillenta. Geológicamente es blando e insuficiente algo dúctil que yace en su mayoría sobre la formación Santa.

- Formación Parihuanca

  Esta formación Pariahuanca se encuentra en bancos regulares de calizas finas de un color grisáceo, el espesor es de un aproximado de 50mts. En el punto donde se realiza la investigación por el margen derecho del barranco Tuco y geológicamente consiste de un sinclinal recumbente que esta sobre las lulitas Carhuaz.

1.2.3. Delimitación Temporal

El horizonte temporal del proyecto comprende un periodo de 6 meses de junio a noviembre 2022.

1.2.4. Delimitación temática

Bajo un estudio de métodos de perforación y voladura, estudio de la estructura y comportamiento del macizo rocoso se busca demostrar la eficiencia

de la fragmentación y la optimización del avance, por tanto, basado a lo mencionado, en este estudio se buscará aplicar y demostrar los resultados en el By Pass 140 – nivel 7 UEA Aquia.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo el modelo de la malla de perforación y voladura aplicando el Método de Holmberg permite optimizar la fragmentación de la masa rocosa en el by pass Nivel 7 en la Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia?

1.3.2. Problemas específicos

a. ¿Cómo debe ser el nuevo modelo del diseño de la malla de perforación en el by pass Nivel 7 en la Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia?
b. ¿Cómo debe ser las condiciones de voladura que permita optimizar la fragmentación con la malla de perforación propuesta en el by pass Nivel 7 en la Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Hipótesis general

Determinar el modelo de la malla de perforación y voladura que permita optimizar la fragmentación de la masa rocosa en el by pass Nivel 7 en la Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia.

1.4.2. Objetivos específicos

a. Determinar el nuevo modelo del diseño de la malla de perforación y voladura en el by pass Nivel 7 en la Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia
b. Identificar las condiciones de voladura que permita optimizar la fragmentación con la malla de perforación propuesta en el by pass

Nivel 7 en la Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia.

1.5. Justificación de la investigación

La investigación encuentra justificación dado a que la Empresa minera, tiene necesidad de tomar conocimiento de la situación del proceso de voladura, considerando la eficiencia y el rendimiento, para lo cual es importante determinar y obtener datos renovados en relación a la fragmentación de la masa rocosa, considerando la velocidad de detonación, precisión de perforación, nivel de taqueo, lo que nos va a permitir encontrar las modificaciones necesarias para superar los problemas existentes.

Por tanto, se tiene la exigencia de investigar el proceso de perforación y voladura para poder distinguir estas deficiencias. Con los resultados encontrados la Unidad Minera obtendrá mejores rendimientos que le beneficien directamente.

También, podemos mencionar que la investigación propuesta contribuirá en aplicar los resultados encontrados para poder comparar en relación a las otras unidades mineras.

1.6. Limitaciones de la investigación

El estudio de investigación que se propone, considera que se realizará sin ninguna limitación que impidan su ejecución; asimismo, es viable la obtención de datos en la mina porque se dispone de recursos indispensables para su consecución.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

Se tomaron en cuenta diversas informaciones referentes al modelo de la de perforación en la optimización de diversas fuentes como: repositorios nacionales e internacionales, revistas indizadas, bibliotecas virtuales, etc.

2.1.1. Internacionales:

Según la investigadora Sanchez Y. (2012), en la tesis “Optimización en los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa en la mina Bethzabeth” de Ecuador, concluye que:

“Las propiedades de los explosivos adyacente con las propiedades físico –mecánicas de la maza rocosa son relevantes al diseñar el modelo de la malla de perforación, ya que al reducir la cantidad de taladros se influye en la menor duración de las operaciones, lográndose maximizar los procesos.”

Como plantea Guamán M. (2016), en su tesis “Optimización de los procesos de perforación y voladura en el túnel fase A-B de interconexión del Proyecto Sopladora” Ecuador, en la que llega a determinar lo siguiente:

En la traza para optimizar la perforación se requiere el cálculo de la masa explosiva que requiere la voladora al utilizar en el carguío el anfo explogel amón y recomendando cargar la columna con anfo para disminuir los costos, En ese

sentido, la puesta en operación de la malla de perforación proyectada representa para la Hidroeléctrica Sopladora economizar en explosivo del 66% por voladura, y que si se perfora con jumbo disminuye en un 50% el tiempo de perforación.

Según los investigadores Puma K. y Llenera J. (2021), en la tesis "Optimización del proceso de Perforación y Voladura en una mina dedicada a la extracción metálica a pequeña escala en la comunidad La Fortuna" Ecuador, concluye:

Aplicando la malla de perforación propuesta se logra un avance del 97.03%, se reduce el costo de perforación a $ 0.07 por cada metro y rconomizar $18.80 por frente de explotación; pero es necesario recomendar que además de una buena malla de perforación es necesario la habilidad del operario para un resultado óptimo.

2.1.2. Nacionales:

Desde la posición de Barrientos R. y Duran G. (2020), "Diseño de la malla de perforación para optimizar la fragmentación en el tajeo 6662 nivel 3780 veta Lilia en la Mina Socorro– Unidad Minera Uchucchacua – Compañía de Minas Buenaventura S.A.A." considera:

Se plantea un nuevo diseño de la malla de perforación utilizando el modelo de Langefors para determinar un burden de 0.87 m, utilizando el modelo de López Jimeno para determinar el espaciamiento de 0.94 m, con lo que se mejora el grado de fragmentación; al mismo tiempo que se logró disminuir la masa explosiva cargado en una columna explosiva.

Según el investigador Ricse K. (2020) en el título de tesis "Diseño de malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación de roca en mina Paola de compañía minera san Lucas S.A.C." refieren que:

Utilizando el modelo matemático de Holmberg para diseñar el nuevo modelo de malla de perforación y voladura se logra superar las fallas en la

voladura, logrando optimizar y uniformizar la fragmentación en un cincuenta por ciento, teniendo en cuenta que la roca es de tipo III-A, también, se redujo el factor de carga a 2.09 kg/m3. Se recomienda un registrol constante en la perforación y voladura, la selección correcta del explosivo en el frente con lo que se puede lograr un desarrollo de 3,48 metros lineales/disparo.

Según la tesis, presentado por Choque E. (2017) en su tesis “Diseño de perforación y voladura por el método Roger Holmberg, para reducir las incidencias de voladuras deficientes en CIA Minera ARES S.A.C. U.O. Arcata”, considera:

Utilizando el modelo matemático de Holmberg para diseñar el nuevo modelo de malla de perforación y voladura se logra controlar las fallas en la voladura, reduciendo de:61 informes/mes de voladuras deficientes a: 4 informes/mes lográndose mejorar en avances lineales de:2.33 m./disparo a: 2.97 m/disparo. Como efecto de la solución obtenida en el susodicho trabajo de investigación el nuevo modelo de malla de perforación y voladura propuesto ha sido implementado en la unidad como modelo de trabajo.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Diseño de malla de perforación.

Es el diagrama que muestra la repartición de los taladros junto con detalles de la distancia, carga explosiva y orden de disparo a aplicar. El conjunto de taladros de la malla de perforación presenta una localización y longitud determinada, bajo una dirección e inclinación definidas; dirigidos a:

Aminorar los costos de perforación y uso de explosivos, obteniendo un avance eficiente y logrando controlar el tamaño deseado de la labor minera, siendo necesario para ello controlar el orden y salida de los taladros.

2.2.2. Perforación

- **Perforación Neumática**

  Realizada mediante la rotación y percusión de un barreno que está adaptado en la punta a una broca, la rotopercusión es ejecutado por un equipo convencional denominado Jack Leg que es energizado por aire comprimido.

- **Perforación Mecanizada**

  Es la perforación que utiliza uno o varios martillos perforadores montados en brazos hidráulicos que sirve para instalar una cabina de control para que se instalen uno o dos operarios, permitiendo la entrada a cualquier parte del frente, normalmente es autopropulsado por un tractor instalado sobre neumáticos o cadenas altamente sofisticado, entre los más conocidos como Jumbo, Simba.

2.2.3. Definición de los taladros según su distribución de perforación y detonación.

- **Arranque**: Los taladros de arranque son los que se detonan en primer lugar, ubicados en la zona céntrica (opcional) de la malla de perforación**.**
- **Ayudas:** Son taladros que son detonados después de los taladros de arranque, estas son perforadas en distribución alrededor de los taladros de arranque.
- **Cuadradores:** Taladros ubicados en los hastiales y detonados en tercer lugar, estos determinan el ancho del By Pass.
- **Corona:** Son los taladros ubicados en la parte superior del frente de perforación, estas son las que forman el arco del By Pass, los taladros de la corona son detonados en penúltimo lugar.

- **Arrastre:** Son detonados en último lugar, estos taladros están ubicados en la parte inferior del frente de perforación, dando la formación del piso del By Pass**.**

2.2.4. Cálculo de voladuras

Se hace uso de modelos matemáticos que hacen más fácil y rápido llegar a un diseño óptimo de voladura, considerando las propiedades geológicas y geomecánicas del macizo rocoso, la clase de explosivo y las propiedades del equipo utilizado.

2.2.5. Voladura

La voladura se puede definir como la detonación de una masa de explosivo. El proceso de voladura consiste en cargar los taladros realizados mediante la Perforación. El uso de sustancias explosivas que, al actuar, producen una onda de choque y, por reacción, liberan gases de alta presión y temperatura de manera esencialmente inmediata, desgarrando, fracturando o removiendo una porción de rica de acuerdo con los parámetros de diseño de la explosión.

2.2.6. Factores a considerarse para la voladura.

Para poder realizar una voladura en minería subterránea se debe considerar factores que intervienen de manera directa e indirecta, estos factores pueden ser controlables, como la elección de explosivos y los factores que no pueden ser controlables, como las propiedades propias de la roca.

Propiedades físicas y químicas del explosivo.

- **Densidad Relativa.** Determina el cociente entre la masa explosiva contenido en un determinado volumen que se da en g/cm^3 y varia de 0.7 a 1.6, considerando que si se tiene mayor densidad la potencia es mayor, otro dato a mencionarse es que si el explosivo sobrepasa su densidad critica no se ejecuta su detonación.

- **Velocidad de detonación.** Está determinada por el tamaño del explosivo y la distribución de las burbujas distribuidas, estas se dan m/s.
- **Presión de detonación.** Determinado en Kbar. y considerado como la característica del explosivo para romper la roca ya que en este factor interviene la densidad del explosivo y la velocidad de detonación.
- **Energía.** Factor con la capacidad de trabajo que se determina en base a su formulación y se da en Kcal/kg.
- **Volumen normal de Gases.** Es la magnitud de gases que se genera al detonarse 1kg de explosivo a 0 °C y atm y determinada en l/kg el volumen de gases a trabar varia en el intervalo de 600 a 1000.
- **Potencia relativa en volumen.** Es el cociente encontrado al dividir la potencia absoluta del explosivo entre la potencia absoluta del explosivo patrón.
- **Sensibilidad al fulminante.** Para que se genere la detonación de todo el explosivo se debe de contar con un cebo o iniciador, la que es usada con mayor demanda es el fulminante N°8 que es la que detona y da inicio a la explosión masiva del taladro cargado.
- **Resistencia al agua.** Actualmente la perforación se realiza empleando el agua y estas al término de la perforación quedan en los taladros, como también hay labores que tienen presencia de agua, por tanto, la selección del explosivo debe de ser con excelente resistencia al agua, para que pueda detonar todos los taladros y de esa manera tener una óptima fragmentación.
- **Categoría de Humos.** Es un factor que determina su toxicidad de los gases generados en su detonación.

2.2.7. Elección de explosivos y Accesorios.

2.2.7.1. Explosivo

Cada Explosivo y accesorio tiene características que se debe de tomar en cuenta para que no se tenga inconvenientes durante el proceso de ejecución y los resultados sean lo que se planeó.

Diámetro y Longitud

Esta será definida de acuerdo al diámetro de la broca de perforación y longitud del taladro perforado para que pueda permitir la facilidad de carga de taladros y para cubrir el largo de carga explosiva en el taladro sin sobre pasar la planeada.

Características de la Excavación

Tomar en cuenta la característica de roca, como dureza de la roca, discontinuidades, hasta el cambio litológico según el avance, área de la labor y la longitud del taladro, el volumen de roca triturada a obtener, las características del explosivo deben estar en la capacidad de dar resultados esperados a cada voladura.

Stock en Polvorín

Para iniciar un proyecto minero, se selecciona los explosivos necesarios, es diferente cuando ya se cuenta con un stock de explosivos y accesorios en almacén (polvorín) por tanto la selección tiene que ser con las que ya se cuenta, la que presenta mejores características requeridas para el diseño que se va a presentar.

Características de la emulsión y accesorios en stock usadas en el presente trabajo

El Stock de explosivos que cuenta la empresa son de emulsiones de la empresa Famesa, tales son Emulnor en sus presentaciones de 1000, 3000 y 5000.

También se cuenta con la guía de seguridad, fulminante y conector, estas tres son ensambladas en la misma unidad, para dar inicio al proceso de voladura se cuenta con la guía rápida esta última también de la línea Famesa.

A continuación, en la Tabla Nº 2 se presenta las características de las tres presentaciones de Emulnor:

Tabla 2:

Características de Emulnor

Característica Técnica		EMULNOR 1000	EMULNOR 3000	EMULNOR 5000
DENSIDAD RELATIVA (g/cm³)		1,13	1,14	1,16
VELOCIDAD DE DETONACIÓN (m/s)	CONFINADO	5 800	5 700	5 500
	S/CONFINAR	4 500	4 400	4 200
PRESIÓN DE DETONACIÓN (kbar)		95	93	88
ENERGÍA (kcal/kg)		785	920	1010
VOLUMEN NORMAL DE GASES (L/kg)		920	880	870
POTENCIA RELATIVA EN PESO (%)		85	100	105
POTENCIA RELATIVA EN VOLUMEN (%)		120	145	155
SENSIBILIDAD AL FULMINANTE		Nº 8	Nº 8	Nº 8
RESISTENCIA AL AGUA		Excelente	Excelente	Excelente
CATEGORÍA DE HUMOS		Primera	Primera	Primera

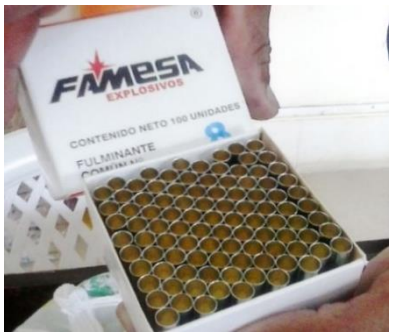
2.2.7.2. Accesorios

Fulminante.

Es un auxiliar de voladura conformado por una envoltura de aluminio de forma cilíndrica, cerrada en uno de los extremos y abierto el otro extremo por donde ingresa la guía de seguridad; es pues, un explosivo primario de elevada sensibilidad para ser activada por una chispa de fuego que atraviesa toda la guía de seguridad.

Imagen 1:

Fulmínate N°8



Fuente: Propia

Guía de Seguridad.

Es el auxiliar de voladura destinado a la iniciación, muy flexible cuya función es llevar la chispa de fuego mediante la pólvora que contiene en su núcleo hasta el fulminante**,** con una velocidad de 150 a 165 segundos por metro.

Imagen 2:

Guía de Seguridad (Mecha lenta)



Fuente: Propio

Conector.

Es un auxiliar de voladura conformado por una envoltura de aluminio que contiene un explosivo de tipo pirotécnico y que por intermedio de una ranura se fija la guía rápida o mecha rápida cuya función es iniciar el fuego en la guía de seguridad.

Imagen 3:

Conector Cabeza Roja N°8



Fuente: Revista Famesa

Guía rápida.

Usada en el proyecto es la mecha rápida Z-18, la mecha rápido es un iniciador que va conectada al conector de aluminio, compuesta por dos hilos de alambre y una composición pirotécnica cubierta por material plástico que al dar inicio a su combustión da inicio a la cadena de una llama que recurre llegando a cada conector y esta tiene la velocidad de 35 segundos por metro.

Imagen 4:

Guía Rápida Z-18 (Mecha Rápida)



Fuente: Revista Famesa

2.2.8. Modelo matemático de Roger Holmberg

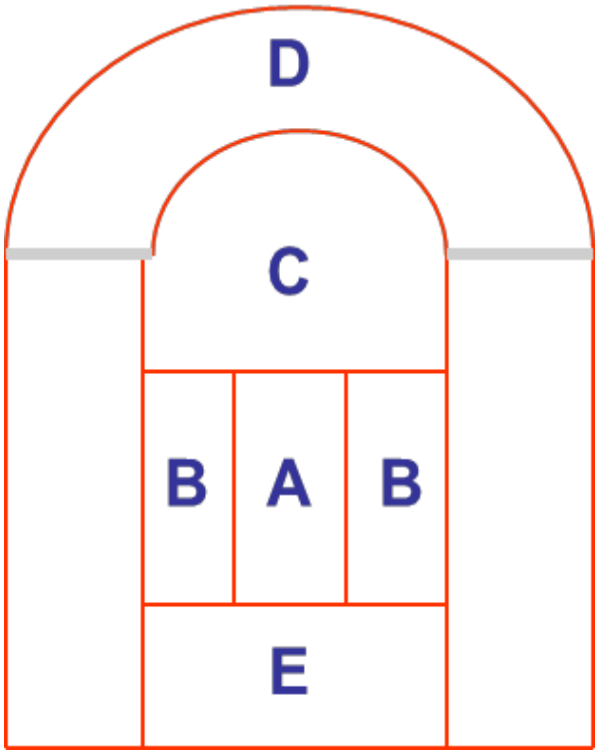
Para facilitar los cálculos en minería subterránea y en túneles, Holmberg dividió el frente en 5 secciones distintas, cada una de las cuales tuvo que ser tratada de manera especial durante los cálculos, el diámetro del taladro de alivio y la desviación de los taladros perforados determinan el avance lineal efectivo que se estima hasta en un 95% de la longitud real de la barra con el que se ha perforado.

La metodología de Holmberg toma características indispensables como la geomecánica del macizo rocoso, dimensiones y detalles de los accesorios de perforación, contando con las características necesarias para el diseño de malla de perforación y la voladura se obtendrá un resultado de fragmentación y avance como lo planificado, para tal, se realizan cálculos matemáticos que indican la selección correcta de la cantidad y tipo de explosivo, accesorios de perforación, longitud y diámetro.

Las áreas en las que se dividen los frentes de perforación por el método Holmberg se presentan en la figura 01:

Figura 1:

Secciones o Áreas de Perforación de un frente.



Fuente: Diseño Propio

Cuyos sectores son:

A: Relacionado al sector se arranque.

B: En relación al sector de los hastiales

C: En relación a las ayudas de contorno

D: En relación a la ayuda de contorno superior

E: En relación a los de arrastre

2.2.8.1. Modelo matemático para cálculo de numero de taladros

Cálculo del Área de la Sección

El cálculo del área de la labot tiene que ser hallada previamente, para diseñar la perforación y voladura, con los primeros datos, según las medidas de la labor a fragmentar y el área se obtiene mediante la siguiente fórmula matemática:

Ecuación 1

$$S = \left(\frac{\pi * r^2}{2}\right) + (r * (A - (2 * r))) + (A * (H - r))$$

Donde:

S: Área de la sección del By Pass.

Π: Valor de la constante.

r: Radio del Arco.

A_{Bp}: Ancho del By Pass.

H_{Bp}: Altura de By Pass.

Cálculo del Perímetro de la Sección

Tener el perímetro de la Sección calculada es indispensable para poder continuar con los cálculos siguientes, esta es hallada con la siguiente fórmula que esta adecuada a la manera de excavar el By Pass.

Ecuación 2

$$P = (\pi * r) + 2 * (H_{Bp} - r) + 2 * (A_{Bp} - r)$$

Donde:

P: Perímetro de la Sección del By Pass

H_{Bp}: Altura de la Sección del By pass

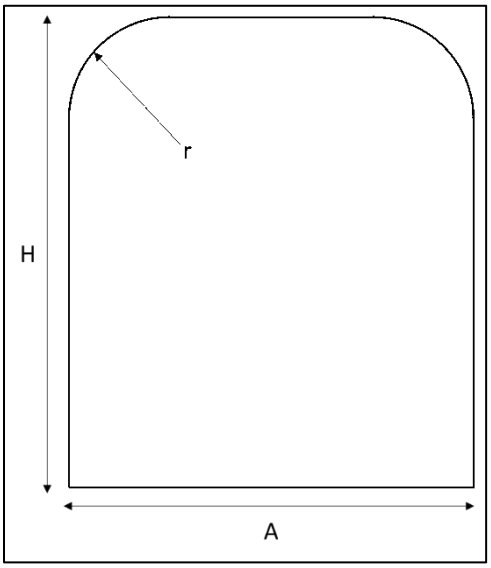
A_{Bp}: Ancho de la Sección del By Pass

Π: Valor constante

r: Radio del arco de la Sección del By Pass

Figura 2:

Diseño de la Sección de frente e Perforación



Fuente: Diseño Propio

Cálculo de Numero de Taladros

Para determinar la cantidad de taladros a perforarse según la sección del By pass, se tiene dos datos a considerarse, que es el factor de roca “C” que varía de acuerdo al tipo de roca, y el dato correcto debe de ser elegido de acuerdo a las propiedades de la roca existente en la zona de excavación, los datos del factor de roca “C” se encuentra en la Tabla Nº 3.

Tabla 3:

Coeficiente o factor de la Roca según dureza

COEFICIENTE O FACTOR DE ROCA "C"	
TIPO DE ROCA	**VALOR**
Roca Dura	2
Roca Intermedia	1.5
Roca Suave	1

Fuente: Manual de Perforación EXSA

El segundo dato a considerarse es la constate de distancia entre taladros “dt”, en el caso del presente proyecto el dato a tomarse es del Tipo de Roca Intermedia, en la Tabla Nº4 se presenta los datos de la constante de distancia entre taladros “dt”.

Tabla 4:

Dureza de la roca con respecto a la distancia.

DISTANCIA ENTRE TALADROS "dt"			
TIPO DE ROCA	**VALOR**		
Roca Dura	0.5	0.55	0.53
Roca Intermedia	0.6	0.65	0.63
Roca Suave	0.7	0.75	0.73

Fuente: Manual de Perforación EXSA

El cálculo de la cantidad de taladros a perforarse va en relación a la siguiente fórmula matemática, en esta se dan uso los resultados obtenidos en la Ecuación 01 y Ecuación 02.

Ecuación 3

$$N\ Taladros = \left(\frac{P}{dt}\right) + (S * C)$$

Donde:

P: Perímetro de la sección del By pass

dt: Distancia de taladro a taladro

S: Área de la Sección del By Pass

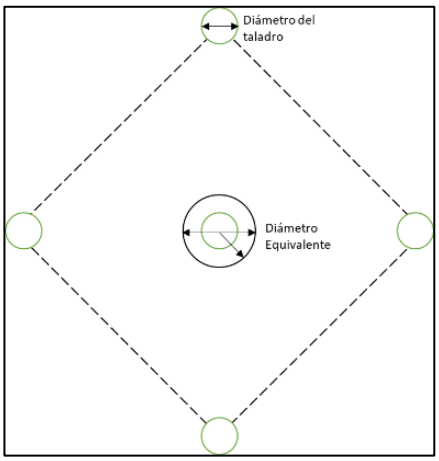
C: Coeficiente o factor de roca

Cálculo del Diámetro Equivalente

El diámetro equivalente es el diámetro generado al combinar todos los taladros de alivio, tratándolo como un solo taladro de alivio, y se calcula mediante la siguiente formula y tal como se le observa a la siguiente imagen.

Figura 3:

Diseño de Simulación de diámetro Equivalente.



Fuente: Diseño Propio

Ecuación 4

$$\emptyset_e = \emptyset_a * \sqrt{N}$$

Donde:

Øe: Diámetro equivalente

Øa: Diámetro de los taladros de Alivio

√N: Cantidad de taladros de alivio

Cálculo para la Simulación de la longitud de taladro.

El cálculo para la Simulación de la longitud de taladro en función del diámetro de perforación y el número de taladros de alivio se puede lograr el cálculo de simulación de la longitud de la perforación del taladro, pero a este resultado solo se le puede dar un 95% de eficiencia de perforación según Roger Holmberg.

Ecuación 5

$$L = 0.15 + 34.1 * (\emptyset_e) - 39.4 * (\emptyset_e)^2$$

Donde:

L: Longitud del taladro en función al taladro equivalente.

Øe: Diámetro Equivalente.

Cálculo de eficiencia de avance por disparo

El avance real de la voladura está condicionado al diámetro de la broca de perforación y la deviación de los taladros a cargarse con los explosivos siempre en cuando la desviación sea menor al 2%, el avance real ´puede llegar hasta el 95% de eficiencia con respecto a la longitud "H" del barreno de perforación. Esta va a ser obtenida usando la siguiente fórmula matemática.

Ecuación 6

$$L = E_a * H$$

Donde:

L: Longitud real de avance

Ea: Porcentaje de eficiencia de avance

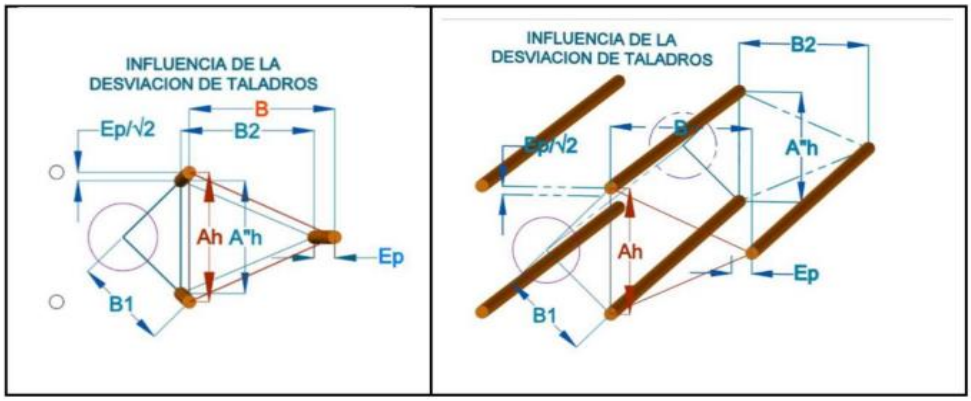
H: longitud total del barreno de perforación

Cálculo de Error de Perforación

El error de perforación debe de ser estimada para el diseño de la malla de perforación puesto que el error de perforación altera el burden o espaciamiento entre taladros y se afecta directamente al nivel de fragmento y el avance lineal de la voladura.

Figura 4:

Incidencia de la desviación en la Perforación de Taladros



Fuente: Manual de Perforación - López Jimeno

Ecuación 7

$$\varphi = (\alpha * L) + e$$

Donde:

φ: Error de perforación

α: Desviación angular

L: Profundidad de taladro

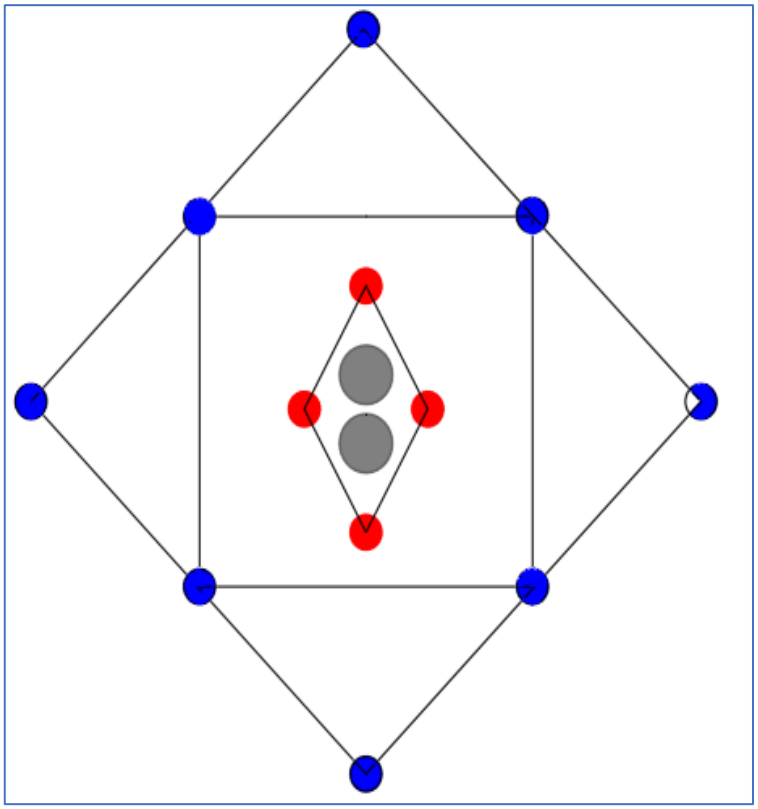
e: Error de emboquille o empate

Cálculos para el diseño de Arranque.

El corte cilíndrico con taladros paralelos empleando el taladro de alivio con mayor diámetro que el diámetro de los taladros cargados y la cantidad de taladros de alivio no deben de ser menor a dos.

Figura 5:

Arranque con Secciones de ayuda y 2 taladros de alivio



Fuente: Diseño Propio

Según Langefors y Kilhstrom, (1963), el espacio existente drl taladro central de expansión a los taladros de la primera sección, debe ser menor de (1,7 $\emptyset e$) para lograr una fragmentación y salida correcta de la roca. Así mismo López Jimeno (2001). Afirma que una correcta fragmentación depende de una buena selección del tipo de explosivo, de las propiedades geológicas y geomecánicas de la roca, además del espaciamiento entre el taladro cargado y el vacío.

Cálculo del Burden Equivalente Máximo.

El burden equivalente es la distancia calculada perpendicularmente desde el diámetro equivalente hacia el taladro cargado, siendo esta medida tomada de eje a eje; para nuestro caso calculamos el burden equivalente con la siguiente fórmula matemática.

Ecuación 8

$$B_{e-max} = \frac{\pi * Ø_e}{2}$$

Donde:

Be-max: Burden máximo equivalente

Π: Valor constante

Øe: Diámetro Equivalente

Cálculo del Burden Practico.

Ecuación 9

$$B_p = B_{e-max} - \Psi$$

Donde:

Bp: Burden practico

Be-max: Burden máximo equivalente

φ: error de perforación

Cálculo de ancho de abertura.

En definición el ancho de abertura es el espacio generado después de la detonación de los taladros de arranque.

Ecuación 10

$$A_h = Ø_p + Ø_a + (2 * B_p)$$

Donde:

Ah: Ancho de abertura

Øp: Diámetro de taladro cargado

Øa: Diámetro de taladro de alivio

Bp: Burden practico

Cálculo de Consumo especifico de uso de explosivos

El consumo especifico relaciona la cantidad de explosivos que se debe de usar para la fragmentación de la roca, y el consumo de explosivo que se necesita es en Kg/m^3 y se calcula con la fórmula establecida que se muestra a continuación.

Ecuación 11

$$CE = \frac{0.56 * \rho_r * Tg\left(\frac{GSI + 15}{2}\right)}{\sqrt[3]{\frac{115 - RQD}{3.3}}}$$

Donde:

CE: Consumo especifico de explosivo.

ρr: Densidad de la roca, dato brindado por el área de Geomecánica

GSI: Dato correspondiente al análisis geomecánica

RQD: Dato correspondiente al análisis geomecánica

Cálculo de la Constante de la Roca.

Para poder conocer los criterios de rotura se debe de determinar la resistencia a la compresión simple de las rocas, ya que estas son el estandar más común que se utiliza para dicha determinación, por tanto, mediante la siguiente formula, se va a determinar el valor de la Constante de la roca.

Ecuación 12

$$C = 0.8784 * CE + 0.052$$

Donde:

C: Constante de la roca.

CE: Consumo especifico de explosivo.

Cálculo del factor de Roca para pronosticar el grado de Fragmentación.

Según, Cunningham (1983), nos menciona que basado a su experiencia se puede pronosticar el grado del fragmento de la roca viendo que el límite más bajo para “A” incluso en las rocas poco competentes o mu pobres es A=8 y el límite superior es de A=12, basado al intervalo de valores mencionados, Cunningham tiene razón ya que la geomecánica determina que esto es incompetente, basado a eso, el factor de la roca se determina con la siguiente fórmula matemática.

Ecuación 13

$$G_f = 96.667 * (CE)^3 - 138.5 * (CE)^2 + 75.883 * CE - 4.41$$

Donde:

Gf: Factor de la roca.

CE: Consumo especifico de explosivo.

Cálculo del índice de Volabilidad de Lilly B.I

La base del índice de volabilidad de Lilly tiene una similitud al método de clasificación del macizo rocoso que desarrollo, Bieniawski, Barton y Hansagi, para ser empleado con el modelo Kuz-Ram sugerido por Cunningham (1983).

Ecuación 14

$$BI = \frac{CE}{0.004}$$

Donde:

BI: Índice de volabilidad.

CE: Consumo especifico de explosivo.

Cálculo del Factor de Energía "F.E."

Ecuación 15

$$FE = 30 * CE$$

Donde:

FE: Factor de energía

CE: Consumo especifico de explosivo.

Cálculo de densidad de carga en el arranque.

Proporciona la dimensión de un llenado de taladro perfecto, prácticamente dejando la menor cantidad de espacio vacío, por tanto, según la definición se dará un valor igual a 1.

Ecuación 16

$$Q_0 = 55 * \emptyset_p * \left(\frac{B_e}{\emptyset_e}\right)^{1.5} * \left(B_e - \frac{\emptyset_e}{2}\right) * \left(\frac{C}{0.4}\right) * \left(\frac{1}{RWS_{ANFO}}\right)$$

Donde:

Q_0: Densidad de la carga inicial en el arranque.

Øp: Diámetro del taladro de producción.

Be: Burden equivalente.

Øe: Diámetro equivalente.

C: Constante de la roca.

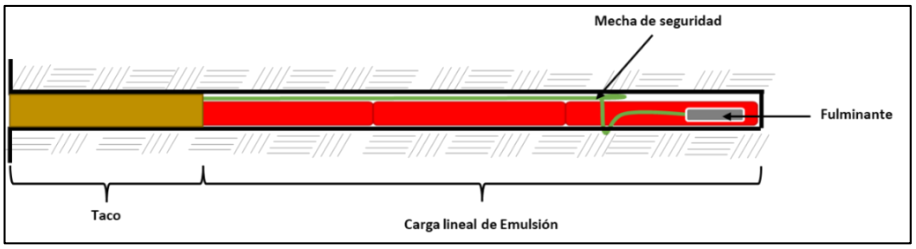
RWS_{ANFO}: Potencia relativa en peso del explosivo con referencia al ANFO.

Cálculo de Longitud de Taco.

Es la parte superior del taladro perforado que almacena el explosivo que se llena con un material inerte para contener la carga y confinar la misma en todo el segmento considerado para esta.

Figura 6:

Distribución de Taco y Carga lineal de Emulsión



Fuente: Diseño Propio

Ecuación 17

$$L_t = 10 * Ø_p$$

Donde:

Lt: Longitud de Taco.

Øp: Diámetro del taladró de producción.

Cálculo de longitud de carga en el arranque.

Esta nos indica toda la longitud del taladro que alojara a los cartuchos de emulsión, considerando la longitud de taco y el factor de confinamiento del explosivo, para tal calculo tenemos la siguiente ecuación matemática.

Ecuación 18

$$L_{Carga} = L - L_{taco}$$

Donde:

L_{Carga}: Longitud de carga.

L: Longitud del barreno de perforación.

L_{Taco}: Longitud de taco.

Cálculo de número de cartuchos por taladro en el arranque.

Se va a determinar el número de cartuchos que se van a emplearr en cada taladro de arranque, considerando el tipo de explosivo a usarse en la primera detonación basado en la potencia relativa con referencia al ANFO, para tal se usa la siguiente formula.

Ecuación 19

$$N° = \frac{L - (0.5 * B_{e-maximo})}{L_{Cartucho}}$$

Donde:

N°: Numero de cartuchos / Taladros a usarse.

L: Longitud del barreno de perforación

Be-máximo: Burden equivalente máximo.

Lcartucho: Longitud de cartucho.

Cálculo de la cantidad de masa explosiva usado en arranque por taladro.

La cantidad de explosivo en kilogramos usado para el arranque y esta es determinada con la ecuación siguiente.

Ecuación 20

$$Q_e = Q_0 * N° * L_{cartucho}$$

Donde:

Qe: Kg de explosivo usado.

Q_0: Densidad de la carga inicial.

N°: Numero de cartuchos en el un taladro.

$L_{Cartucho}$: Longitud de cartucho.

2.2.8.2. Resistencia dinámica de la roca

Las resistencias en el modo de estáticas a comprensión y a tracción se emplearon en su principio de estándares indicativos de las características de la roca a la voladura. El tratamiento del problema obliga entonces a considerar la resistencia dinámica; que incrementan con el estándar de carga, siempre que la intensidad de onda de choque va a superar a la resistencia dinámica a la comprensión de esta manera

se produce la fragmentación de la roca circundante en los contornos del barreno por ende en el macizo rocoso.

2.2.8.3. Modelo de KUZ RAM - roca fragmentada por voladura

Al fragmentar el macizo rocoso por medio de la voladura, chancado y la molienda hay una enorme diseminación de los fragmentos, es decir de la roca, presentándose con fragmentos de roca de volumen grueso, mediano, como también de alguna porción de fragmentos finos.

Entonces, se define dos factores que determina el lugar geométrico de repartición de los fragmentos; la porción peculiar (XC) que determina un tamaño determinado en la curva de repartición, representado por acuerdo previo la porción por medio del cual el 63.2% de los fragmentos pasan, y el índice de uniformidad (n) que se da en la curva de repartición para esta porción característico. Entonces, las características de una curva de repartición de porciones de fragmentos van a depender de la forma de las acciones de fragmentación y la propiedad de rotura natural del macizo rocoso (NBC, Natural Breakage Characteristic).

Luego, siendo muy complejo el mecanismo para fragmentar roca por voladura, gran parte de los modelos de fragmentación relacionados a la técnica de voladura de rocas para la fragmentación tienen aplicación en la práctica.

Este caso, se presenta en el modelo planteado por Kuz Ram, que se define en ecuaciones empíricas, donde se pronostican la dimensión del fragmento relacionado en un factor de potencia, un factor de roca y la determinación de parámetros de los explosivos. Con la dimensión característica de los fragmentos Xc y el índice de uniformidad n, se grafica la curva de grados de fragmentos.

Exclusivamente, la práctica demuestra, que la fórmula de Kuz Ram pronostica, con una aproximación la fracción de las partículas gruesas de la repartición de las dimensiones durante la fragmentación (Djordjevic 1999, Cunningham 1987).

En este modelo de Kuz Ram, posibilita valorar la repartición de las dimensiones del macizo rocoso fragmentado por voladura, ya que, el modelo complementa cinco ecuaciones tal como se describe en la figura 4.4 y donde se determina una diversidad de composiciones de propiedades de la masa rocosa, geometrías de voladura, y de las propiedades de los explosivos.

Pronóstico de fragmentación de Kuz Ram.

El análisis granulométrico por el nivel de fragmentos de la roca obtenida luego de la voladura, hace necesario determinar el grosor de fragmentación para poder evitar tener la presencia de bancos, ya que todo este material es extraído por tolvas con parrillas de 15*15 centímetros, el máximo de diámetro del material post voladura debe de ser menor a 15 centímetros.

Ecuación 21

$$X = A_{f-roc} * (CE)^{\frac{4}{5}} * (Q_e)^{\frac{1}{6}} * \left(\frac{115}{RWS_{Anfo}}\right)^{\frac{19}{30}}$$

Donde:

X: Tamaño promedio del material post voladura

$A_{f\text{-}roc}$: factor de la roca

CE: Consumo especifico de explosivo

Qe: Kg de explosivo utilizado

RWS_{Anfo}: PRP del explosivo a emplear con respecto al ANFO.

2.3. Definición de términos básicos

- **Broca**

  Dispositivo de corte que tiene el barreno, constituida de carburo de tungsteno, que le da una naturaleza sumamente duro

- **Burden**

  Es la distancia que existe de la cara libre de un enmallado de perforación al taladro cargado de explosivos.

- **Densidad**

  Masa del explosivo por cada unidad de volumen que lo contiene

- **Dinamita**

  Es un explosivo que generalmente utiliza la nitroglicerina como sensibilizador al fulminante como transmisor primordial que despliega la energía,

- **Emulsión**

  Son explosivos constituidos de dos fases acuosas de agua en aceite, que no se mezclan entre sí.

  Una fase discontinua que se esparce en forma de pequeñas gotas de nitrato de amonio de una solución líquida de sales oxidantes dentro de la fase continúa compuesta esencialmente por una fusión de hidrocarburos

- **Espaciamiento**

  Es el espacio que se halla entre los taladros cargados de explosivos y ubicados en la misma fila de la malla de perforación

- **Explosivo**

  Son componentes que tienen escasa estabilidad química, por lo que tienen la capacidad de reaccionar violentamente transformándose en gases, debido ya sea a un golpe, impacto o a una combustión

- **Fulminante común**

  Es un auxiliar de voladura conformado por una envoltura de aluminio de forma cilíndrica, clausurada en uno de los bandoss y abierto el otro extremo por donde ingresa la guía de seguridad; es pues, un explosivo primario de elevada sensibilidad para ser activada por una chispa de fuego que atraviesa toda la guía de seguridad.

- **Macizo rocoso**

  Constituida por el seno rocoso y sus discontinuidades, de características heterogéneas, discontinuas y anisótropas a causa de la naturaleza, repetición y disposición de los planos de discontinuidad que reflejan su comportamiento geomecánico e hidráulico

- **Proceso de voladura**

  Son secuencias operativas en los que se utilizan diversos explosivos y accesorios o iniciadores de ignición que al actuar sistemáticamente dentro de un taladro fragmenta la roca del área de operación.

- **Roca**.

  Composición natural de uno o más minerales, que constituyen la litosfera (corteza terrestre).

- **Factor de carga.**

  Estándar originado por la división del volumen de la roca que se desea fragmentar entre la cantidad de explosivo que se utilizará

- **Velocidad de Detonación.**

  Es la rapidez de reacción del material detonante a través de la columna explosiva.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Si se desarrolla la modelación de la malla de perforación y voladura, entonces se optimizará la fragmentación del avance de By Pass 140 – Nivel 7 Unidad Minera SRLM Magistral de Huaraz UEA Aquia.

2.4.2. Hipótesis especificas

a. Si se ejecuta un nuevo modelo de perforación entonces va influir en el by pass Nivel 7 en la En la Unidad Minera SRML Magistral Huaraz SAC, UEA Aquía

b. Si se controla las condiciones de voladura permitirá optimizar la fragmentación con la malla de perforación propuesta en el by pass Nivel 7 en la Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia.

2.5. Identificación de variables

Variable independiente: Modelo de perforación y voladura

Variable dependiente: Fragmentación de la roca

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 5:

Variable e Indicadores de variables más medida

Variable	Indicadores	Unidad
Independiente Modelo de perforación y Voladura	Sección	m^2
	Taladros (longitud)	M
	Carga	M
	Diámetro de Taladro	Mm
	Burden	M
	Espaciamiento	M
Dependiente Fragmentación de la Roca	Tamaño de Fragmento	Cm
	Calidad de Roca	Adimensional
	Tipo de Roca	Adimensional

Fuente: Diseño Propio.

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

Nuestra investigación corresponde al tipo aplicada; por poner en práctica los conocimientos teóricos respecto a perforación y voladura con el fin de conocer y analizar las variables que se viene utilizando.

3.2. Nivel de investigación

Corresponde a un nivel descriptivo y correlacional; dado que, describirá las circunstancias que se encuentran los factores relacionados a la perforación, el nivel de fragmentación, la densidad del explosivo utilizado, proporción de taco utilizado, y la efectividad de la perforación realizada.

3.3. Métodos de investigación

El método utilizado es inductivo y deductivo, mediante la aplicación de instrumentos y técnicas, que nos ayuden a evaluar los parámetros de perforación y voladura, en base al método de análisis.

3.4. Diseño de investigación

Es no experimental debido a que no requerirá alteración de las variables y a la vez será transversal transeccional, porque lo realizaremos en un solo momento para calcular los estándares de la perforación y voladura.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población comprende a todo el conjunto de las labores subterráneas que se realizan en la mina como La U. E. A. Aquia de la S.M.R.L. Magistral de Huaraz S.A.C.

3.5.2. Muestra

La muestra que se considera está limitada exclusivamente al By Pass 140 - Nivel 7 Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Se hará uso de la observación y la recopilación de informe de la mina.

En la técnica de observación, se empleará con frecuencia los resultados de la voladura en cuanto a su grado de fragmentación, velocidad de detonación, densidad de la emulsión, la perforación.

En la recopilación general, se recogerá los reportes de cada voladura y también de los informes que realizan los jefes de guardia en su turno y de los informes que se tiene en la mina.

3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos serán: la guía de observación, registros escritos, registros estadísticos, registros de imagen, ficha de registro, y como registros auxiliares tendremos, los equipos de perforación, emulsiones, accesorios de voladura, y laptop.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para poder procesar los datos de cada voladura realizada en la investigación y poder obtener resultados de cada parámetro realizaremos un análisis para la exactitud en la perforación de taladros, para el taco final de

diseño, estandarización de la densidad, rapidez de detonación de la emulsión y para el análisis de fragmentación al frente de minado.

3.8. Tratamiento estadístico

El procesamiento estadístico será simple usando la estadística descriptiva, para ello se hará uso del Excel y otros softwares estadísticos.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Durante y después de la investigación se respetará la confidencialidad, la ética, los valores en cuanto a un actuar responsable, veraz, de respeto a las personas observado el anonimato.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Diseño de la malla de perforación y voladura

La malla de perforación y voladura propuesta dio como resultado una buena distribución de los taladros con una correcta carga distribuida, para lo cual se hizo uso del modelo matemático de Roger Holmberg que considera como factores las características geomecánica de la roca (RMR, GSI, RQD, factor de carga, coeficiente de roca), el diámetro de los taladros de producción, el diámetro de los taladros de alivio y las cualidades técnicas de los explosivos.

4.1.2. Cálculos para el diseño de perforación y voladura.

Cálculo del área de la sección del By Pass

$$S = \left(\frac{\pi * r^2}{2}\right) + (r * (A - (2 * r))) + (A * (H - r))$$

$$S = \left(\frac{3.1416 * 0.53^2}{2}\right) + (0.53 * (2.1 - (2 * 0.53))) + (2.1 * (2.4 - 0.53))$$

$$S = 4.78\ m^2$$

Cálculo del perímetro del BY Pass

$$P = (\pi * r) + 2 * (H_{Bp} - r) + 2 * (A_{Bp} - r)$$

$$P = (3.1416 * 0.53) + 2 * (2.4 - 0.53) + 2 * (2.1 - 0.53)$$

$P = 8.55\ m$

Cálculo Numero de taladros

Considerando para una roca intermedia una distancia entre taladros de 0.65 y un coeficiente o factor de roca de 1.5, se tiene:

$$N\ Taladros = \left(\frac{P}{dt}\right) + (S * C)$$

$$N\ Taladros = \left(\frac{8.55}{0.65}\right) + (4.78 * 1.5)$$

$$N\ Taladros = 20.32$$

$$N\ Taladros = 21$$

Cálculo del Diámetro Equivalente

Para 2 taladros de alivio con un diámetro de 0.064 se tiene:

$$\emptyset_e = \emptyset_a * \sqrt{N}$$

$$\emptyset_e = 0.064 * \sqrt{2}$$

$$\emptyset_e = 0.090\ m$$

$$\emptyset_e = 90\ mm$$

Calculo para la Simulación de la profundidad de taladro en vinculación con el diámetro de perforación según Holmberg.

$$L = 0.15 + 34.1 * (\emptyset_e) - 39.4 * (\emptyset_e)^2$$

$$L = 0.15 + 34.1 * (0.090) - 39.4 * (0.090)^2$$

$$L = 2.80\ m$$

La Perforación se puede realizar con un barreno de hasta como máximo de 8 Pies, sin embargo, por las condiciones geológicas, equipo de perforación, el máximo de perforación se realizará usando barreno de 6 pies.

Eficiencia de Avance

La longitud del barreno efectivo es de 6 pies y en metros es:

$$L_B = 6 * 0.3048$$

$$L_B = 1.8288$$

Por lo tanto, la longitud lograda en la perforación (EA) asumiendo el 93% de eficiencia de perforación.es:

$$EA = 1.8288 * 0.93$$

$$EA = 1.70$$

Cálculo de Error de Perforación

$\varphi = (\alpha * EA) + e,$

donde alfa (desviación angular) es 0.01

$\varphi = (0.01 * 1.70) + 0.02$

$\varphi = 0.037$

Diseño de Arranque

Por el fundamento de tamaño de Arco se va a calcular el Burden Equivalente **B_e**, para una Roca con RMR 41% – 60%.

Cálculo del Burden Equivalente Máximo

$$B_{e-max} = \frac{\pi * \emptyset_e}{2}$$

$$B_{e-max} = \frac{3.1416 * 0.090}{2}$$

$$B_{e-max} = 0.14\ m$$

Cálculo del Burden Práctico

$$B_p = B_{e-max} - \varphi - 0.02$$

$$B_p = 0.14 - 0.037 - 0.02$$

$$B_p = 0.083\ m$$

Cálculo de ancho de abertura

$$A_h = \emptyset_p + \emptyset_a + (2 * B_p)$$

$$A_h = 0.038 + 0.064 + (2 * 0.083)$$

$$A_h = 0.27\ m$$

Cálculo de Consumo especifico de uso de explosivos

$$CE = \frac{0.56 * \rho_r * Tg\left(\frac{GSI + 15}{2}\right)}{\sqrt[3]{\frac{115 - RQD}{3.3}}}$$

$$CE = \frac{0.56 * 2.8 * Tg\left(\frac{43 + 15}{2}\right)}{\sqrt[3]{\frac{115 - 49}{3.3}}}$$

$$CE = \frac{1.628 * Tg(29)}{\sqrt[3]{20}}$$

donde Tg (**29**°) = 0.88714284379822

$$CE = \frac{1.39}{2.71}$$

$$CE = 0.51\ kg/m^3$$

Cálculo de la Constante de la Roca

$$C = 0.8784 * CE + 0.052$$

$$C = 0.8784 * 0.51 + 0.052$$

$$C = 0.49\ Kg/m^3$$

Cálculo del factor de Roca para predicción del grado de Fragmentación

$$G_f = 96.667 * (CE)^3 - 138.5 * (CE)^2 + 75.883 * CE - 4.41$$

$$G_f = 96.667 * 0.51^3 - 138.5 * 0.51^2 + 75.883 * 0.51 - 4.41$$

$$G_f = 12.82 - 36.02 + 38.70 - 4.41$$

$$G_f = 11.09$$

Cálculo de la ratio de Voladura de Lilly B.I

$$BI = \frac{CE}{0.004}$$

$$BI = \frac{0.51}{0.004}$$

$$BI = 127.4$$

Cálculo del Factor de Energía "F.E."

$$FE = 30 * CE$$

$$FE = 30 * 0.51$$

$$FE = 15.3 \text{ MJ/Ton}$$

Cálculo de densidad de carga en el arranque.

La densidad de carga nos indica el espacio del llenado de un taladro, siendo igual a 1 si el llenado es perfecto, es decir sin dejar espacio vacío

$$Q_0 = 55 * \emptyset_p * \left(\frac{B_e}{\emptyset_e}\right)^{1.5} * \left(B_e - \frac{\emptyset_e}{2}\right) * \left(\frac{C}{0.4}\right) * \left(\frac{1}{RWS_{ANFO}}\right)$$

$$Q_0 = 55 * 0.038 * \left(\frac{0.14}{0.090}\right)^{1.5} * \left(0.14 - \frac{0.090}{2}\right) * \left(\frac{0.49}{0.4}\right) * \left(\frac{1}{0.90}\right)$$

$$Q_0 = 0.52\ Kg/m$$

Cálculo de Longitud de Taco.

$$L_t = 10 * \emptyset_p$$

$\emptyset_p$ = diámetro del taladro

$$L_t = 10 * 0.038$$

$$L_t = 0.38m$$

La longitud calculada redondeamos a **0.40m**

Cálculo de longitud de carga en el arranque.

$$L_{Carga} = L - L_{taco}$$

$$L_{Carga} = 1.80 - 0.40$$

$$L_{Carga} = 1.40m$$

Cálculo de la cantidad de cartuchos por taladro en el arranque.

$$N° = \frac{L - (0.5 * B_{e-maximo})}{L_{Cartucho}}$$

$$N° = \frac{1.80 - (0.5 * 0.14)}{8" * 0.026m}$$

$$N° = \frac{1.80 - (0.07)}{0.21}$$

$$N° = 8.2$$

Redondeamos a 8 unidades de cartucho a usar.

Cálculo de la masa explosiva usado en arranque por taladro (Qe)

$$Q_e = q_0 * N° * L_{cartucho}$$

$$Q_e = 0.52 * 8 * 0.21$$

$$Q_e = 0.874\ kg/taladro$$

Por cada taladro se va a consumir 874 gramos de explosivo en el arranque.

Cálculo del pronóstico de fragmentación

$$X = A_{f-roc} * (CE)^{\frac{4}{5}} * (Q_e)^{\frac{1}{6}} * \left(\frac{115}{RWS_{Anfo}}\right)^{\frac{19}{30}}$$

Conociendo que:

X: Promedio de tamaño de los fragmentos

$A_{f\text{-}roc}$: Factor de carga

C.E.: Consumo especifico de uso de explosivos

Qe: cantidad de masa explosiva por taladro

$$X = 11.09 * (0.51)^{\frac{4}{5}} * (0.874)^{\frac{1}{6}} * \left(\frac{115}{113}\right)^{\frac{19}{30}}$$

$$X = 6.35cm$$

El promedio esperado de la medida de la roca triturada después de la fragmentación va a ser 7.00 centímetros.

Calculo Para el Cuadrante Primero

Cálculo del burden máximo en el Cuadrante Primero Bmax-1

Hacemos uso de la siguiente fórmula:

$$B_{max-1} = 0.088 * \sqrt{\frac{A_{h0} * q_0 * RWS_{ANFO}}{Ø_p * C}}$$

$$B_{max-1} = 0.088 * \sqrt{\frac{0.27 * 0.52 * 1.13}{0.038 * 0.49}}$$

$$B_{max-1} = 0.18m$$

Cálculo del burden practico Bp-1 en el Cuadrante Primero

$B_{p-1} = (B_{max-1} - \Psi) - 0.1,$

Siendo 0.1 el factor de adecuación a nuestro caso y error de perforación (Ψ) de 0.037

$B_{p-1} = (0.18 - 0.037) - 0.1$

$B_{p-1} = 0.043\text{m}$

Calculo de la longitud Xc y Xd

$$X_c = X_d = sen45° + \left(\frac{\emptyset_e}{2} + B_p\right) + B_{p-1}$$

$$X_c = X_d = sen45° + \left(\frac{0.090}{2} + 0.083\right) + 0.043$$

$X_c = X_d = 0.89m$

Cálculo de ancho de abertura del Cuadrante Primero.

$$A_{h1} = \sqrt{{X_c}^2 + {X_d}^2}$$

$$A_{h1} = \sqrt{0.89^2 + 0.89^2}$$

$A_{h1} = 1.26m$

Cálculo del número de cartuchos por taladro en el Cuadrante Primero.

$$N° = \frac{L - (0.5 * B_{max-1})}{L_{Cartucho}}$$

$$N° = \frac{1.80 - (0.5 * 0.18)}{8" * 0.026m}$$

$N° = 8.2$ unidades/taladro

En el primer cuadrante se usarán 08 unidades de cartucho por taladro

Cálculos para el Cuadrante segundo

Cálculo del burden máximo en el Cuadrante segundo Bmax-2

Hacemos uso de la siguiente fórmula:

$$B_{max-2} = 0.088 * \sqrt{\frac{A_{h1} * q_0 * RWS_{ANFO}}{Ø_p * C}}$$

Conociendo:

A_{h1} (Ancho de abertura del Cuadrante segundo =1.26)

q^0 (densidad de carga explosiva en el arranque = 0.52)

RWS_{ANFO} (PRP del explosivo seleccionado en relación al ANFO = 1.13)

$Ø_p$ (diámetro del taladro de producción = 0.038)

C (constante de roca = 0.49)

$$B_{max-2} = 0.088 * \sqrt{\frac{1.26 * 0.52 * 1.13}{0.038 * 0.49}}$$

$$B_{max-2} = 0.56m$$

Cálculo del burden practico Bp-2 en el Cuadrante segundo

$$B_{p-2} = (B_{max-2} - \Psi) - 0.1$$

$$B_{p-2} = (0.56 - 0.037) - 0.1$$

$$B_{p-2} = 0.42m$$

Cálculo de la longitud Xe y Xf

$$X_e = X_f = \frac{A_{h1}}{2} + B_{p2}$$

$$X_e = X_f = \frac{1.26}{2} + 0.42$$

$$X_e = X_f = 1.05m$$

Cálculo de ancho de abertura del Cuadrante segundo.

$$A_{h2} = \sqrt{{X_e}^2 + {X_f}^2}$$

$$A_{h2} = \sqrt{1.05^2 + 1.05^2}$$

$$A_{h2} = 1.5m$$

Cálculo del número de cartuchos por taladro en el Cuadrante segundo.

$$N° = \frac{L - (0.5 * B_{max-2})}{L_{Cartucho}}$$

$$N° = \frac{1.80 - (0.5 * 0.56)}{8 * 0.026}$$

$$N° = 7.3\ unidades/taladro$$

En el segundo cuadrante se usarán 7 cartuchos por taladro

Comprobación si se requiere diseñar más cuadrantes.

$$A_{h2} \leq \sqrt{L}$$

$$1.5 \leq \sqrt{1.80}$$

$$1.5 \leq 1.34$$

Con el valor calculado se comprueba que estamos por encima de la condición dada para poder poner otro cuadrante más por tanto solo se tiene dos cuadrantes.

Cálculos para taladros de ayuda de hastiales, corona y arrastre.

Reajuste del factor C

$$B \leq 0.6 * L$$

$$B \leq 0.6 * 1.80$$

$$B \leq 1.08$$

Con el resultado obtenido podemos determinar el rango el que se encuentra el valor hallado para hacer el reajuste de la constante C, para eso tenemos la siguiente fórmula matemática.

B ≤ 0.6 ∗ L (Profundidad del taladro) ≤ 0.6 ∗ 1.80 ≤ 1.08

$$B \geq 1.4 => C" = C + 0.05$$

$$1.08 \geq 1.4 => C" = 0.49 + 0.05$$

$$1.08 \geq 1.4 => C" = 0.54$$

$$C" = 0.54$$

Cálculo de burden máximo para ayuda de los hastiales

$$B_{max-AH} = 0.9 * \sqrt{\frac{Q_0 * RWS_{ANFO}}{C" * Ff * Fr}}$$

$$B_{max-AH} = 0.9 * \sqrt{\frac{0.52 * 1.13}{0.54 * 1.45 * 1.25}}$$

$$B_{max-AH} = 0.70m$$

Cálculo del burden práctico de ayuda de los hastiales con respecto a la sección del By pass.

$$B_{Prac-AH} = \frac{A_{Bp} - A_{h2}}{2}$$

$$B_{Prac-AH} = \frac{2.1 - 1.5}{2}$$

$$B_{Prac-AH} = 0.30m$$

Cálculo de la cantidad de taladros a usarse en los taladros de ayuda de los hastiales

$$N°_{TAH} = \left(\frac{A_{Bp} - A_{h2}}{Fr}\right)$$

$$N°_{TAH} = \left(\frac{2.1 - 1.50}{1.25}\right) + 2$$

$$N°_{TAH} = 2.00\ taladros\ en\ ayuda\ de\ hastial$$

Cálculo de espaciamiento en los taladros de ayuda de hastiales.

$$Es_{AH} = \left(\frac{A_{h2}}{N°_{TAH}}\right)$$

$$Es_{AH} = \left(\frac{1.50}{2}\right)$$

$$Es_{AH} = 0.75m$$

Cálculo de ancho de abertura en los taladros de ayuda de hastiales

$$A_{hAH} = A_{h2} + ((2 * B_{Prac-H}) * Es_H)$$

$$A_{hAH} = 1.50 + ((2 * 0.30) * 0.75)$$

$$A_{hAH} = 1.95m$$

Cálculo de la cantidad de Cartuchos en los taladros de ayuda hastiales.

$$N°_{AH} = \frac{L - (0.5 * B_{max-AH})}{L_{Cartucho}}$$

$$N°_{AH} = \frac{1.80 - (0.5 * 0.70)}{8 * 0.026}$$

$$N°_{AH} = 6.97\ Unidades/Taladro$$

$$N°_{AH} = 7\ Unidades/taladro$$

Cálculos para taladros de ayuda en corona

$$H_{D-Tj} = 0.64 * (H_{Bp} - A_{h2})$$

$$H_{D-Tj} = 0.64 * (2.4 - 1.5)$$

$$H_{D-Tj} = 0.58m$$

Cálculo del burden máximo para taladro de ayuda en corona.

$$B_{max-AC} = 0.9 * \sqrt{\frac{Q_0 * RWS_{ANFO}}{C" * Ff * Fr}}$$

$$B_{max-AC} = 0.9 * \sqrt{\frac{0.52 * 1.13}{0.54 * 1.20 * 1.25}}$$

$$B_{max-AC} = 0.77m$$

Cálculo del burden práctico para taladros de ayuda de corona.

$$B_{prac-AC} = 0.51 * H_{D-Tj}$$

$$B_{prac-AC} = 0.51 * 0.58$$

$$B_{prac-AC} = 0.30m$$

Cálculo de la longitud del segmento para ubicar los taladros de ayuda de corona.

$$L_{S-AC} = 0.6533 * A_{Bp}$$

$$L_{S-AC} = 0.6533 * A_{Bp}$$

$$L_{S-AC} = 1.37m$$

Cálculo de espaciamiento de taladros en ayuda de corona.

$$Es_{AC} = 0.3333 * L_{S-AC}$$

$$Es_{AC} = 0.3333 * 1.37$$

$$Es_{AC} = 0.46m$$

Cálculo de la cantidad de taladros para ayuda de corona.

$$N°_{AC} = \left(\frac{L_{S-AC}}{Fr}\right) + 2$$

$$N°_{AC} = \left(\frac{1.37}{1.25}\right) + 2$$

$$N°_{AC} = 3.09$$

$$N°_{AC} = 3\ taladros\ de\ ayuda\ en\ corona$$

Cálculo de ancho de abertura de ayuda de corona.

$$A_{hAC} = L_{S-AC}$$

$$A_{hAC} = 1.37m$$

El ancho de abertura, es el mismo de la longitud del segmento donde se ubicarán los taladros de ayuda en corona.

Cálculo de la cantidad de cartuchos por taladro de ayuda de corona.

$$N°_{AC} = \frac{L - (0.5 * B_{max-AC})}{L_{Cartucho}}$$

$$N°_{AC} = \frac{1.80 - (0.5 * 0.77)}{8 * 0.026}$$

$$N°_{AC} = \frac{1.80 - (0.5 * 0.77)}{8 * 0.026}$$

$$N°_{AC} = 6.8$$

$$N°_{AC} = 7\ Unidades/taladro$$

Cálculo para taladros en ayuda de arrastre.

$$H_{D-Tj} = 0.36 * (H_{Bp} - A_{h2})$$

$$H_{D-Tj} = 0.36 * (2.4 - 1.5)$$

$$H_{D-Tj} = 0.32m$$

Cálculo de burden máximo para taladros de ayuda de arrastre

$$B_{max-AA} = 0.9 * \sqrt{\frac{Q_0 * RWS_{ANFO}}{C" * Ff * Fr}}$$

$$B_{max-AA} = 0.9 * \sqrt{\frac{0.52 * 1.13}{0.54 * 1.45 * 1.25}}$$

$$B_{max-AA} = 0.9 * \sqrt{\frac{0.52 * 1.13}{0.54 * 1.45 * 1.25}}$$

$B_{max-AA} = 0.70\text{m}$

Cálculo del burden practico para taladros de ayuda de arrastre.

$$B_{prac-AA} = \frac{B_{max-AA}}{2}$$

$$B_{prac-AA} = \frac{0.70}{2}$$

$B_{prac-AA} = 0.35m$

Cálculo de la longitud del segmento para ubicar los taladros de ayuda de arrastre.

$L_{S-AA} = 0.72 * A_{Bp}$

$L_{S-AA} = 0.72 * 2.10$

$L_{S-AA} = 1.5m$

Cálculo de espaciamiento de taladros en ayuda de arrastre.

$Es_{AA} = 0.3333 * L_{S-AA}$

$Es_{AA} = 0.3333 * 1.50$

$Es_{AA} = 0.50m$

Cálculo de la cantidad de taladros para ayuda de arrastre.

$$N°_{AA} = \left(\frac{L_{S-AA}}{Fr}\right) + 2$$

$$N°_{AA} = \left(\frac{1.50}{1.25}\right) + 2$$

$N°_{AA} = 3.2$

$$N°_{AA} = 3.0\ taladros$$

Cálculo de ancho de abertura de ayuda de arrastre.

$$A_{hAA} = L_{S-AA}$$

$$A_{hAC} = 1.5m$$

El ancho de abertura, es el mismo de la longitud del segmento donde se ubicarán los taladros de ayuda en Arrastre.

Cálculo de la cantidad de cartuchos por taladro de ayuda de arrastre.

$$N°_{AA} = \frac{L - (0.5 * B_{max-AA})}{L_{Cartucho}}$$

$$N°_{AA} = \frac{1.80 - (0.5 * 0.70)}{8 * 0.026}$$

$$N°_{AA} = 6.97$$

$$N°_{AA} = 7\ unidades/taladro$$

Cálculo de taladros en Hastiales

Cálculo del burden máximo para taladros de hastiales.

$$B_{max-TH} = 0.9 * \sqrt{\frac{Q_0 * RWS_{ANFO}}{C" * Ff * Fr}}$$

$$B_{max-TH} = 0.9 * \sqrt{\frac{0.52 * 1.13}{0.54 * 1.45 * 1.25}}$$

$$B_{max-TH} = 0.70m$$

Cálculo del burden práctico para taladros de hastiales.

$$B_{prac-TH} = \frac{0.2755 * A_{Bp}}{2}$$

$$B_{prac-TH} = \frac{0.2755 * 2.10}{2}$$

$$B_{prac-TH} = 0.29m$$

Cálculo de la altura disponible para la ubicación de los taladros hastiales.

$$H_{DH} = H_{Bp} - r_c$$

$$H_{DH} = 2.40 - 0.53$$

$$H_{DH} = 1.87m$$

Cálculo de espaciamiento de taladros hastiales.

$$Es_{TH} = 0.3345 * H_{DH}$$

$$Es_{TH} = 0.3345 * 1.87m$$

$$Es_{TH} = 0.63m$$

Cálculo de la cantidad de taladros para los hastiales.

$$N°_{TH} = \left(\frac{H_{DH}}{F_r}\right) + 2$$

$$N°_{TH} = \left(\frac{1.87}{1.25}\right) + 2$$

$$N°_{TH} = 1.49 + 2$$

$$N°_{TH} = 4$$

Cálculo de ancho de abertura de los hastiales.

$$A_{hH} = H_{DH}$$

$$A_{hH} = 1.87m$$

El ancho de abertura generada por los taladros de hastiales es igual a la altura disponible del By Pass

Cálculo de la cantidad de cartuchos de explosivo por taladro en los hastiales.

$$N°_{AH} = \frac{L - (0.5 * B_{max-AA})}{L_{Cartucho}}$$

$$N°_{AH} = \frac{1.80 - (0.5 * 0.70)}{8 * 0.026}$$

$$N°_{AH} = 7\ Unidades/Taladro$$

Para el caso de hastiales, se reduce -1 cartucho para evitar la sobre rotura o en su defecto cambiar el tipo de cartucho emulnor de 3000 a 1000

Cálculos para taladros de corona o techo.

Cálculo de espaciamiento en taladros de corona.

$$Es_{TC} = K * \emptyset_p$$

$$Es_{TC} = 15 * 0.038$$

$$Es_{TC} = 0.57m$$

Cálculo de burden máximo para taladros de corona.

$$\frac{Es_{TC}}{B_{max-TC}} = 0.80$$

$$B_{max-TC} = \frac{Es_{TC}}{0.80}$$

$$B_{max-TC} = \frac{0.57}{0.80}$$

$$B_{max-TC} = 0.71m$$

Cálculo de burden práctico para taladros de corona.

$$B_{prac-TC} = B_{max-TC} - (L * sen\omega) - \varphi$$

$$B_{prac-TC} = 0.71 - (1.80 * sen3°) - 0.037$$

$$B_{prac-TC} = 0.58m$$

Cálculo de la cantidad de taladros en corona.

$$N°_{TC} = \left(\frac{A_{Bp}}{B_{max-TC} * \frac{Es_{TC}}{B_{max-TC}}} \right)$$

$$N°_{TC} = \left(\frac{2.10}{0.71 * 0.80} \right)$$

$$N°_{TC} = 3.69$$

$$N°_{TC} = 4\ taladros\ en\ Corona$$

Cálculo de la cantidad de cartuchos de explosivo por taladro en la corona.

$$N°_{AC} = \frac{L - (0.5 * B_{max-AC})}{L_{Cartucho}}$$

$$N°_{AC} = \frac{1.80 - (0.5 * 0.70)}{8 * 0.026}$$

$$N°_{AC} = 7 unides/taladro$$

Para el caso de la cantidad de cartuchos en corona, se reduce -1 cartucho para evitar la sobre rotura o en su defecto cambiar el tipo de cartucho emulnor de 3000 a 1000

Cálculos para taladros de arrastre o piso.

Para determinar los diversos cálculos de los taladros de arrastre se va a tomar los siguientes datos fijos:

Fr: Factor de Relación de Burden = 1

Ff: Factor de Fijación = 1.45

Cálculo de burden máximo para taladros de arrastre o piso.

$$B_{max-TA} = 0.9 * \sqrt{\frac{Q_0 * RWS_{ANFO}}{C" * Ff * Fr}}$$

$$B_{max-TA} = 0.9 * \sqrt{\frac{0.52 * 1.13}{0.54 * 1.45 * 1}}$$

$$B_{max-TA} = 0.78m$$

Cálculo del burden práctico para taladros de arrastre o piso.

$$B_{prac-TA} = B_{max-TA} - (L * sen\omega) - \varphi$$

$$B_{prac-TA} = 0.78 - (1.80 * sen3°) - 0.037$$

$$B_{prac-TA} = 0.72m$$

Cálculo de la cantidad de taladros en arrastre o piso.

$$N°_{TA} = \left(\frac{A_{Bp} + (2 * L * sen\varphi)}{B_{max-TA} * Fr}\right)$$

$$N°_{TA} = \left(\frac{2.10 + (2 * 1.80 * sen3°)}{0.78 * 1}\right)$$

$$N°_{TA} = 2.93$$

$$N°_{TA} = 3\,Taladros$$

Cálculo de espaciamiento para el taladro central de arrastre.

$$N°_{TAc} = \left(\frac{A_{Bp} + (2 * L * sen\varphi)}{N°_{TA} - 1}\right)$$

$$N°_{TAc} = \left(\frac{2.10 + (2 * 1.80 * sen3°)}{3 - 1}\right)$$

$$N°_{TcA} = 0.96m$$

Cálculo de espaciamiento para taladros laterales del arrastre.

$$N°_{TAs} = 0.97 - \left(A_{Bp} * sen\varphi\right)$$

$$N°_{TAs} = 0.97 - (2.10 * sen3°)$$

$$N°_{TAs} = 0.86m$$

Cálculo de ancho de abertura de los taladros de arrastre.

$$A_{hH} = A_{Bp}$$

$$A_{hH} = 2.10m$$

Cálculo de la cantidad de cartuchos de explosivo por taladro en el arrastre

$$N°_{AA} = \frac{L - (0.5 * B_{max-TA})}{L_{Cartucho}}$$

$$N°_{AA} = \frac{1.80 - (0.5 * 0.78)}{8 * 0.026}$$

$$N°_{AA} = 7unides/taladro$$

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

Al considerar el nuevo modelo de diseño de perforación y voladura por el modelo matemático de Holmberg se tuvo que recurrir al apoyo de la geomecánica para conocer las propiedades de la roca, seleccionar el explosivo,

calcular los índices y factores de voladura y por último la repartición de los taladros observando el burden y espaciamientos calculados.

En la figura inmediata se presenta el nuevo diseño de perforación y voladura de acuerdo a los cálculos realizados haciendo uso del modelo matemático de Holmberg, llegándose a controlar notablemente una disminución en las fallas de voladura, consecuentemente obteniéndose una buena fragmentación de acuerdo a lo planificado.

Figura 7:

Malla de perforación propuesta

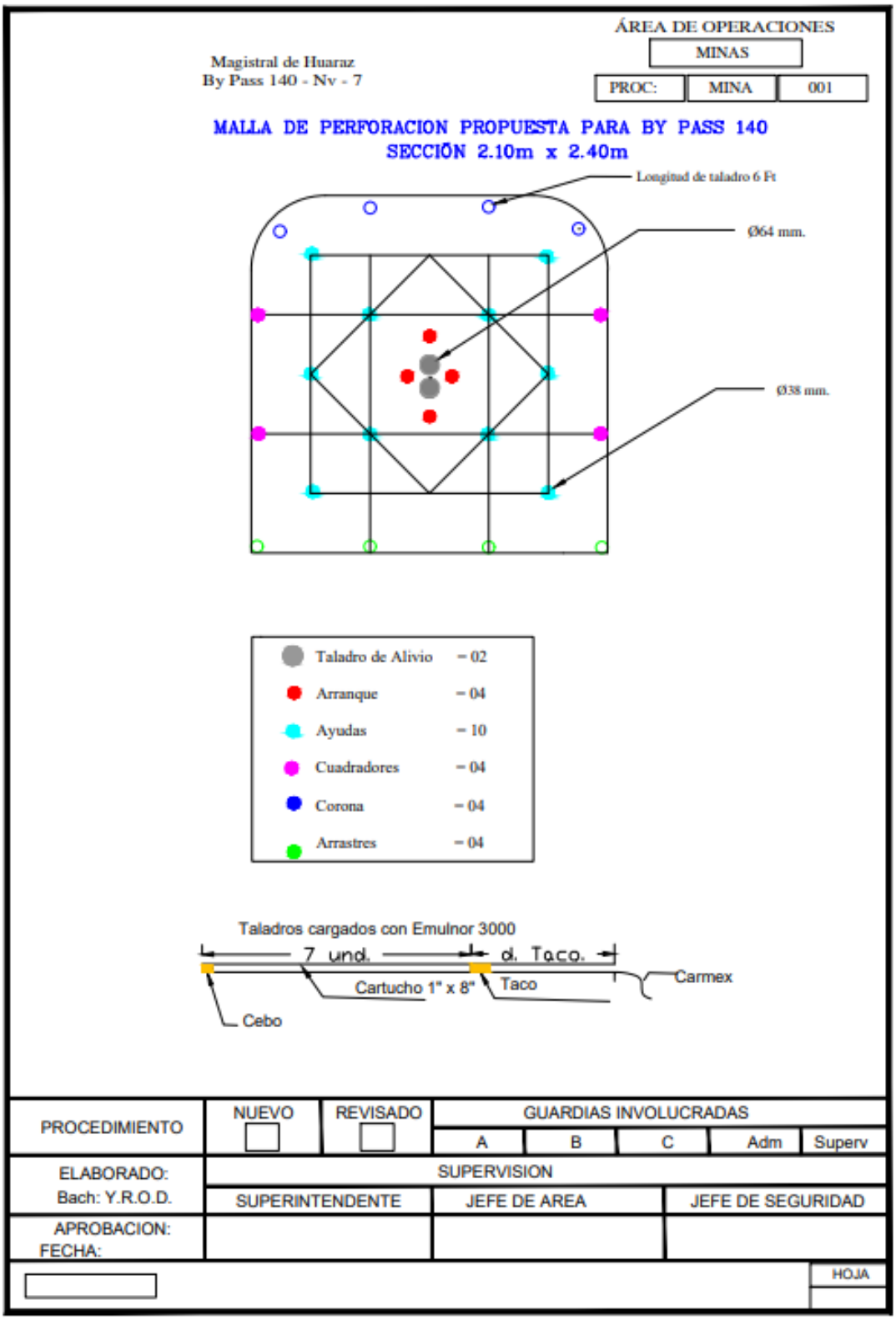


Tabla 6:

Resultado de la mallade perforación y voladura anterior

Fecha	Labor	Guardia	Nivel	Perforista	Exadit 65%(und)	EMULNOR (und) 1000	EMULNOR (und) 3000	Fulminte (und)	Mecha Lenta(m)	Conector (und)	Anfo (kg)examon	SEMEXA 65%	Penta Cord (m)	Tipo Disp.	Nº Tal Perf. Totales	Tal. Cargados	Tal. Alivio (41mm)	Prof. de Tal.(pies)	Ancho (m)	Alto (m)	Avance efect.(m)	Explos (kg)	Ton	kg/ton	kg/tal	GRANULOMETRIA
28/02/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE			29	29	69.6	29	34.8			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.65	38.07	24.95	1.53	1.31	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
28/02/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			PERFORACION Y VOLADURA	28	25	3	6	2.4	2.1	1.60	19.71	24.19	0.81	0.79	68% de 7" y 32% 3"
1/03/2022	BY PASS 141	DIA	7	YONY VERDE			29	29	69.6	29	34.8			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.65	38.07	24.95	1.53	1.31	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
1/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ			0	0	0.0	0	0			NA	0	0	0	0	2.8	2.9	1.40	0.00	34.10	0.00	0.00	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
2/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE			29	29	69.6	29	34.8			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.05	38.07	15.88	2.40	1.31	68% de 7" y 32% 3"
2/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			PERFORACION Y VOLADURA	28	25	3	6	2.4	2.1	1.10	19.71	16.63	1.18	0.79	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
3/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE			25	5	12.0	5	0			DESQUINCHE	5	5	0	5	2	1.7	0.00	2.82	0.00	0.00	0.56	68% de 7" y 32% 3"
3/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.10	19.71	16.63	1.18	0.68	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
4/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE			29	29	69.6	29	34.8			PERFORACION Y VOLADURA	28	25	3	6	2.4	2.1	1.05	38.07	15.88	2.40	1.52	70% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
4/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			PERFORACION Y VOLADURA	28	25	3	6	2.4	2.1	1.10	19.71	16.63	1.18	0.79	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
5/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE			12	3	7.2	0	0			DESQUINCHE	3	3	0	4	2.4	2.1	0.00	1.35	0.00	0.00	0.45	68% de 7" y 32% 3"
5/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			PERFORACION Y VOLADURA	18	15	3	6	2.4	2.1	1.10	19.71	16.63	1.18	1.31	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
6/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE			29	29	69.6	29	34.8			PERFORACION Y VOLADURA	16	13	3	6	2.4	2.1	1.45	38.07	21.92	1.74	2.93	68% de 7" y 32% 3"
6/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			PERFORACION Y VOLADURA	28	25	3	6	2.4	2.1	1.65	19.71	24.95	0.79	0.79	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
7/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE			29	29	69.6	29	34.8			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.45	38.07	21.92	1.74	1.31	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
7/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			PERFORACION Y VOLADURA	28	25	3	6	2.4	2.1	1.05	19.71	15.88	1.24	0.79	70% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
8/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE			29	29	69.6	29	34.8			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.00	38.07	15.12	2.52	1.31	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
8/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			LIMPIEZAY SOSTENIMIENTO	28	25	3	6	2.4	2.1	1.65	19.71	24.95	0.79	0.79	68% de 7" y 32% 3"
9/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE			29	29	69.6	29	34.8			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.05	38.07	15.88	2.40	1.31	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
9/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ			0	0	0.0	0	0			NA	0	0	0	0	0	0	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	68% de 7" y 32% 3"
10/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.10	22.86	16.63	1.37	0.79	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
10/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE			15	4	9.6	0	0			DESQUINCHE	4	4	0	4	2.4	2.1	1.65	1.69	24.95	0.07	0.42	68% de 7" y 32% 3"
11/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.42	22.86	21.47	1.06	0.79	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
11/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE			80	20	48.0	20	0			RECARGA	0	0	0	0	2.4	2.1	1.40	9.01	21.17	0.43	0.00	68% de 7" y 32% 3"
12/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.45	22.86	21.92	1.04	0.79	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
12/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE			29	29	69.6	29	34.8			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.45	38.07	21.92	1.74	1.31	68% de 7" y 32% 3"
13/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.10	22.86	16.63	1.37	0.79	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
13/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE			85	17	40.8	17	0			RECARGA	0	0	0	0	2.4	2.1	1.05	9.57	15.88	0.60	0.00	68% de 7" y 32% 3"
14/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.15	22.86	17.39	1.31	0.79	68% de 7" y 32% 3"
14/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE			29	29	69.6	29	34.8			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.60	38.07	24.19	1.57	1.31	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
15/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.45	22.86	21.92	1.04	0.79	68% de 7" y 32% 3"
15/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.40	22.86	21.17	1.08	0.79	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
16/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO			80	15	36	15	0			RECARGA	0	0	0	0	2.4	2.1	1.45	9.01	21.92	0.41	0.00	68% de 7" y 32% 3"
16/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE			29	29	69.6	29	34.8			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.05	38.07	15.88	2.40	1.31	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
17/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.10	22.86	16.63	1.37	0.79	68% de 7" y 32% 3"
17/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE			29	29	69.6	29	34.8			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.60	38.07	24.19	1.57	1.31	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
18/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.40	22.86	21.17	1.08	0.79	68% de 7" y 32% 3"
18/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE			29	29	69.6	29	34.8			DESQUINCHE	4	4	0	5	2.4	2.1	1.40	38.07	21.17	1.80	9.52	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
19/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.45	22.86	21.92	1.04	0.79	68% de 7" y 32% 3"
19/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE			29	29	69.6	29	34.8			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.60	38.07	24.19	1.57	1.31	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
20/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			PERFORACION Y VOLADURA	28	25	3	6	2.4	2.1	1.05	19.71	15.88	1.24	0.79	68% de 7" y 32% 3"
20/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO			36	6	14.4	6	0			DESQUINCHE	6	6	0	5	2.4	2.1	1.60	4.05	24.19	0.17	0.68	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
21/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			PERFORACION Y VOLADURA	28	25	3	6	2.4	2.1	1.15	19.71	17.39	1.13	0.79	68% de 7" y 32% 3"
21/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.60	22.86	24.19	0.94	0.79	68% de 7" y 32% 3"
22/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			PERFORACION Y VOLADURA	28	25	3	6	2.4	2.1	1.40	19.71	21.17	0.93	0.79	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
22/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO			100	20	48	20	0			RECARGA	0	0	0	0	0	0	0.00	11.26	0.00	0.00	0.00	68% de 7" y 32% 3"
23/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			PERFORACION Y VOLADURA	28	25	3	6	2.4	2.1	1.60	19.71	24.19	0.81	0.79	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
23/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.40	22.86	21.17	1.08	0.79	68% de 7" y 32% 3"
24/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			PERFORACION Y VOLADURA	28	25	3	6	2.4	2.1	1.15	19.71	17.39	1.13	0.79	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
24/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.60	22.86	24.19	0.94	0.79	68% de 7" y 32% 3"
25/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			PERFORACION Y VOLADURA	28	25	3	6	2.4	2.1	1.05	19.71	15.88	1.24	0.79	68% de 7" y 32% 3"
25/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO			100	20	48	20	0			RECARGA	0	0	0	0	0	0	1.05	11.26	0.00	0.00	0.00	68% de 7" y 32% 3"
26/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			PERFORACION Y VOLADURA	28	25	3	6	2.4	2.1	1.05	19.71	15.88	1.24	0.79	68% de 7" y 32% 3"
26/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.05	22.86	15.88	1.44	0.79	68% de 7" y 32% 3"
27/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ			24	6	14.4	0	0			DESQUINCHE	6	6	0	4	2.4	2.1	1.05	2.70	15.88	0.17	0.45	68% de 7" y 32% 3"
27/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.05	22.86	15.88	1.44	0.79	68% de 7" y 32% 3"
28/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			PERFORACION Y VOLADURA	28	25	3	6	2.4	2.1	1.05	19.71	15.88	1.24	0.79	68% de 7" y 32% 3"
28/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.05	22.86	15.88	1.44	0.79	68% de 7" y 32% 3"
29/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ			175	25	60.0	0	0			PERFORACION Y VOLADURA	28	25	3	6	2.4	2.1	1.05	19.71	15.88	1.24	0.79	68% de 7" y 32% 3"
29/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO			203	29	69.6	29	0			PERFORACION Y VOLADURA	32	29	3	6	2.4	2.1	1.05	22.86	15.88	1.44	0.79	68% de 7" y 32% 3"

Tabla 7:

Resultado de la mallade perforación y voladura anterior

Fecha	Labor	Guardia	Nivel	Perforista	Exadit 65%(und)
28/02/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE	
28/02/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ	
1/03/2022	BY PASS 141	DIA	7	YONY VERDE	
1/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ	
2/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE	
2/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ	
3/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE	
3/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ	
4/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE	
4/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ	
5/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE	
5/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ	
6/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE	
6/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ	
7/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE	
7/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ	
8/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE	
8/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ	
9/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE	
9/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	LUGO RODRIGUEZ	
10/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO	
10/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE	
11/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO	
11/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE	
12/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO	
12/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE	
13/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO	
13/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE	
14/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO	
14/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE	
15/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO	
15/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE	
16/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO	
16/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE	
17/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO	
17/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE	
18/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO	
18/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE	
19/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO	
19/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	YONY VERDE	
20/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ	
20/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO	
21/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ	
21/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO	
22/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ	
22/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO	
23/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ	
23/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO	
24/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ	
24/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO	
25/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ	
25/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO	
26/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ	
26/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO	
27/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ	
27/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO	
28/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ	
28/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO	
29/03/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ	
29/03/2022	BY PASS 140	NOCHE	7	REMIGIO BRICEÑO	

Tabla 8:

Resultado de la mallade perforación y voladura anterior

EMULNOR (und) 1000	EMULNOR (und) 3000	Fulminte (und)	Mecha Lenta(m)	Conector (und)	Anfo (kg)examon
	29	29	69.6	29	34.8
	175	25	60.0	0	0
	29	29	69.6	29	34.8
	0	0	0.0	0	0
	29	29	69.6	29	34.8
	175	25	60.0	0	0
	25	5	12.0	5	0
	175	25	60.0	0	0
	29	29	69.6	29	34.8
	175	25	60.0	0	0
	12	3	7.2	0	0
	175	25	60.0	0	0
	29	29	69.6	29	34.8
	175	25	60.0	0	0
	29	29	69.6	29	34.8
	175	25	60.0	0	0
	29	29	69.6	29	34.8
	175	25	60.0	0	0
	29	29	69.6	29	34.8
	0	0	0.0	0	0
	203	29	69.6	29	0
	15	4	9.6	0	0
	203	29	69.6	29	0
	80	20	48.0	20	0
	203	29	69.6	29	0
	29	29	69.6	29	34.8
	203	29	69.6	29	0
	85	17	40.8	17	0
	203	29	69.6	29	0
	29	29	69.6	29	34.8
	203	29	69.6	29	0
	203	29	69.6	29	0
	80	15	36	15	0
	29	29	69.6	29	34.8
	203	29	69.6	29	0
	29	29	69.6	29	34.8
	203	29	69.6	29	0
	29	29	69.6	29	34.8
	203	29	69.6	29	0
	29	29	69.6	29	34.8
	175	25	60.0	0	0
	36	6	14.4	6	0
	175	25	60.0	0	0
	203	29	69.6	29	0
	175	25	60.0	0	0
	100	20	48	20	0
	175	25	60.0	0	0
	203	29	69.6	29	0
	175	25	60.0	0	0
	203	29	69.6	29	0
	175	25	60.0	0	0
	100	20	48	20	0
	175	25	60.0	0	0
	203	29	69.6	29	0
	24	6	14.4	0	0
	203	29	69.6	29	0
	175	25	60.0	0	0
	203	29	69.6	29	0
	175	25	60.0	0	0
	203	29	69.6	29	0

Tabla 9:

Resultado de la mallade perforación y voladura anterior

SEMEXA 65%	Penta Cord (m)	Tipo Disp.	Nº Tal Perf. Totales	Tal. Cargados
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	28	25
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		NA	0	0
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	28	25
		DESQUINCHE	5	5
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	28	25
		PERFORACION Y VOLADURA	28	25
		DESQUINCHE	3	3
		PERFORACION Y VOLADURA	18	15
		PERFORACION Y VOLADURA	16	13
		PERFORACION Y VOLADURA	28	25
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	28	25
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		LIMPIEZAY SOSTENIMIENTO	28	25
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		NA	0	0
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		DESQUINCHE	4	4
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		RECARGA	0	0
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		RECARGA	0	0
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		RECARGA	0	0
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		DESQUINCHE	4	4
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	28	25
		DESQUINCHE	6	6
		PERFORACION Y VOLADURA	28	25
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	28	25
		RECARGA	0	0
		PERFORACION Y VOLADURA	28	25
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	28	25
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	28	25
		RECARGA	0	0
		PERFORACION Y VOLADURA	28	25
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		DESQUINCHE	6	6
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	28	25
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29
		PERFORACION Y VOLADURA	28	25
		PERFORACION Y VOLADURA	32	29

Tabla 10:

Resultado de la mallade perforación y voladura anterior

Tal. Alivio (41mm)	Prof. de Tal.(pies)	Ancho (m)	Alto (m)	Avance efect.(m)
3	6	2.4	2.1	1.65
3	6	2.4	2.1	1.60
3	6	2.4	2.1	1.65
0	0	2.8	2.9	1.40
3	6	2.4	2.1	1.05
3	6	2.4	2.1	1.10
0	5	2	1.7	0.00
3	6	2.4	2.1	1.10
3	6	2.4	2.1	1.05
3	6	2.4	2.1	1.10
0	4	2.4	2.1	0.00
3	6	2.4	2.1	1.10
3	6	2.4	2.1	1.45
3	6	2.4	2.1	1.65
3	6	2.4	2.1	1.45
3	6	2.4	2.1	1.05
3	6	2.4	2.1	1.00
3	6	2.4	2.1	1.65
3	6	2.4	2.1	1.05
0	0	0	0	1.60
3	6	2.4	2.1	1.10
0	4	2.4	2.1	1.65
3	6	2.4	2.1	1.42
0	0	2.4	2.1	1.40
3	6	2.4	2.1	1.45
3	6	2.4	2.1	1.45
3	6	2.4	2.1	1.10
0	0	2.4	2.1	1.05
3	6	2.4	2.1	1.15
3	6	2.4	2.1	1.60
3	6	2.4	2.1	1.45
3	6	2.4	2.1	1.40
0	0	2.4	2.1	1.45
3	6	2.4	2.1	1.05
3	6	2.4	2.1	1.10
3	6	2.4	2.1	1.60
3	6	2.4	2.1	1.40
0	5	2.4	2.1	1.40
3	6	2.4	2.1	1.45
3	6	2.4	2.1	1.60
3	6	2.4	2.1	1.05
0	5	2.4	2.1	1.60
3	6	2.4	2.1	1.15
3	6	2.4	2.1	1.60
3	6	2.4	2.1	1.40
0	0	0	0	0.00
3	6	2.4	2.1	1.60
3	6	2.4	2.1	1.40
3	6	2.4	2.1	1.15
3	6	2.4	2.1	1.60
3	6	2.4	2.1	1.05
0	0	0	0	1.05
3	6	2.4	2.1	1.05
3	6	2.4	2.1	1.05
0	4	2.4	2.1	1.05
3	6	2.4	2.1	1.05
3	6	2.4	2.1	1.05
3	6	2.4	2.1	1.05
3	6	2.4	2.1	1.05
3	6	2.4	2.1	1.05

Tabla 11:

Resultado de la mallade perforación y voladura anterior

Explos (kg)	Ton	kg/ton	kg/tal	GRANULOMETRIA
38.07	24.95	1.53	1.31	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
19.71	24.19	0.81	0.79	68% de 7" y 32% 3"
38.07	24.95	1.53	1.31	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
0.00	34.10	0.00	0.00	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
38.07	15.88	2.40	1.31	68% de 7" y 32% 3"
19.71	16.63	1.18	0.79	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
2.82	0.00	0.00	0.56	68% de 7" y 32% 3"
19.71	16.63	1.18	0.68	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
38.07	15.88	2.40	1.52	70% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
19.71	16.63	1.18	0.79	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
1.35	0.00	0.00	0.45	68% de 7" y 32% 3"
19.71	16.63	1.18	1.31	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
38.07	21.92	1.74	2.93	68% de 7" y 32% 3"
19.71	24.95	0.79	0.79	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
38.07	21.92	1.74	1.31	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
19.71	15.88	1.24	0.79	70% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
38.07	15.12	2.52	1.31	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
19.71	24.95	0.79	0.79	68% de 7" y 32% 3"
38.07	15.88	2.40	1.31	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
0.00	0.00	0.00	0.00	68% de 7" y 32% 3"
22.86	16.63	1.37	0.79	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
1.69	24.95	0.07	0.42	68% de 7" y 32% 3"
22.86	21.47	1.06	0.79	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
9.01	21.17	0.43	0.00	68% de 7" y 32% 3"
22.86	21.92	1.04	0.79	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
38.07	21.92	1.74	1.31	68% de 7" y 32% 3"
22.86	16.63	1.37	0.79	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
9.57	15.88	0.60	0.00	68% de 7" y 32% 3"
22.86	17.39	1.31	0.79	68% de 7" y 32% 3"
38.07	24.19	1.57	1.31	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
22.86	21.92	1.04	0.79	68% de 7" y 32% 3"
22.86	21.17	1.08	0.79	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
9.01	21.92	0.41	0.00	68% de 7" y 32% 3"
38.07	15.88	2.40	1.31	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
22.86	16.63	1.37	0.79	68% de 7" y 32% 3"
38.07	24.19	1.57	1.31	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
22.86	21.17	1.08	0.79	68% de 7" y 32% 3"
38.07	21.17	1.80	9.52	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
22.86	21.92	1.04	0.79	68% de 7" y 32% 3"
38.07	24.19	1.57	1.31	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
19.71	15.88	1.24	0.79	68% de 7" y 32% 3"
4.05	24.19	0.17	0.68	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
19.71	17.39	1.13	0.79	68% de 7" y 32% 3"
22.86	24.19	0.94	0.79	68% de 7" y 32% 3"
19.71	21.17	0.93	0.79	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
11.26	0.00	0.00	0.00	68% de 7" y 32% 3"
19.71	24.19	0.81	0.79	83% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
22.86	21.17	1.08	0.79	68% de 7" y 32% 3"
19.71	17.39	1.13	0.79	81% de 7 1/2" y 33% 3 1/2" 1 1/2"
22.86	24.19	0.94	0.79	68% de 7" y 32% 3"
19.71	15.88	1.24	0.79	68% de 7" y 32% 3"
11.26	0.00	0.00	0.00	68% de 7" y 32% 3"
19.71	15.88	1.24	0.79	68% de 7" y 32% 3"
22.86	15.88	1.44	0.79	68% de 7" y 32% 3"
2.70	15.88	0.17	0.45	68% de 7" y 32% 3"
22.86	15.88	1.44	0.79	68% de 7" y 32% 3"
19.71	15.88	1.24	0.79	68% de 7" y 32% 3"
22.86	15.88	1.44	0.79	68% de 7" y 32% 3"
19.71	15.88	1.24	0.79	68% de 7" y 32% 3"
22.86	15.88	1.44	0.79	68% de 7" y 32% 3"

Tabla 12:

Resultado de la malla de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Holmberg

Fecha	Labor	Guardia	Nivel	Perforista
17/06/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE
18/06/2022	BY PASS 140	DIA	7	YONY VERDE
19/06/2022	BY PASS 141	DIA	7	YONY VERDE
20/06/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO
21/06/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO
22/06/2022	BY PASS 140	DIA	7	REMIGIO BRICEÑO
30/06/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ
1/07/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ
2/07/2022	BY PASS 140	DIA	7	LUGO RODRIGUEZ

Tabla 13:

Resultado de la malla de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Holmberg

Exadit 65%(und)	EMULNOR (und) 1000	EMULNOR (und) 3000	Fulminte (und)	Mecha Lenta(m)
		168	24	57.6
		168	24	57.6
		168	24	57.6
		168	24	57.6
		168	24	57.6
		168	24	57.6
		168	24	57.6
		168	24	57.6
		168	24	57.6

Tabla 14:

Resultado de la malla de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Holmberg

Conector (und)	Anfo (kg)examon	SEMEXA 65%	Mecha Rapida(m)	Tipo Disp.
24	0		8	PERFORACION Y VOLADURA
24	0		8	PERFORACION Y VOLADURA
24	0		8	PERFORACION Y VOLADURA
24	0		8	PERFORACION Y VOLADURA
24	0		8	PERFORACION Y VOLADURA
24	0		8	PERFORACION Y VOLADURA
24	0		8	PERFORACION Y VOLADURA
24	0		8	PERFORACION Y VOLADURA
24	0		8	PERFORACION Y VOLADURA

Tabla 15:

Resultado de la malla de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Holmberg

Nº Tal Perf. Totales	Tal. Cargados	Tal. Alivio (41mm)	Prof. de Tal.(pies)	Ancho (m)	Alto (m)
26	24	2	6	2.1	2.4
26	24	2	6	2.1	2.4
26	24	2	6	2.1	2.4
26	24	2	0	2.1	2.4
26	24	2	6	2.1	2.4
26	24	2	6	2.1	2.4
26	24	2	5	2.1	2.4
26	24	2	6	2.1	2.4
26	24	2	6	2.1	2.4

Tabla 16:

Resultado de la malla de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Holmberg

Avance efect.(m)	Explos (kg)	Ton	kg/ton	kg/tal	GRANULOMETRIA
1.68	18.92	25.40	0.74	0.79	78" de 4.5" 22% de 6"
1.68	18.92	25.40	0.74	0.79	78" de 4.5" 22% de 6"
1.68	18.92	25.40	0.74	0.79	78" de 4.5" 22% de 6"
1.68	18.92	25.40	0.74	0.79	80" de 4.5" 20% de 6"
1.68	18.92	25.40	0.74	0.79	80" de 4.5" 20% de 6"
1.68	18.92	25.40	0.74	0.79	80" de 4.5" 20% de 6"
1.68	18.92	25.40	0.74	0.79	70" de 4.5" 30% de 6"
1.68	18.92	25.40	0.74	0.79	70" de 4.5" 30% de 6"
1.68	18.92	25.40	0.74	0.79	70" de 4.5" 30% de 6"

4.3. Prueba de Hipótesis

Si se desarrolla la modelación de la malla de perforación y voladura, entonces se optimizará la fragmentación del avance de By Pass 140 – Nivel 7 Unidad Minera SRLM Magistral de Huaraz UEA Aquia**.**

Nuestra hipótesis queda demostrada con los resultados conseguidos al aplicar la nueva malla de perforación y voladura que, al utilizar una adecuada carga explosiva calculada por taladro, reduce notablemente la deficiencia de la voladura, obteniéndose un buen avance lineal y consecuentemente se consigue una buena fragmentación

4.4. Discusión de resultados

El avance de By Pass 140 – Nivel 7 Unidad Minera SRLM Magistral de Huaraz UEA Aquia fue muy deficiente por cuanto al no aplicar ningún modelo de diseño de la malla de perforación y voladura, la misma que estaba de acuerdo al criterio del operador, generó fallas en la voladura que no ha permitido obtener una buena fragmentación, por cuanto al utilizar el ANFO sin tener en cuenta la calidad de roca del By Pass 140 – Nivel 7 generó hasta un 24% de sobre rotura

lo que conlleva a utilizar un mayor tiempo en la limpieza, retrasa el sostenimiento y por lo tanto no se cumpla lo planificado en perforación y voladura por guardias. Así mismo, el exceso de taladros en la malla de perforación y voladura, el incorrecto cargado de taladros da como resultado el tiro taqueado haciendo ineficiente el avance y la fragmentación programadas. También al detonar los taladros en tiempos iguales produce los tiros anillados hace ineficiente la fragmentación del frente de disparo del By Pass.

Aplicando el nuevo modelo de diseño de la malla de perforación y voladura calculado de acuerdo con el modelo matemático de Holmberg se disminuyó las fallas en la voladura, obteniéndose una buena fragmentación, según los siguientes resultados por guardia:

- Voladura eficiente: de un promedio de 19.30 toneladas a 25.40 toneladas
- Avance efectivo: de un promedio de 1.28 m a 1.68 m. en la actualidad
- Factor de carga: de un promedio de 0.99 kg/tal. a 0.79 kg/tal
- Factor de avance: de un promedio de 1.38 kg/ton. a 0.74 kg/ton
- Cantidad de taladros: de 30 taladros perforados anteriormente a 26 taladros en la actualidad
- Taladros cargados: de 25 cargados anteriormente a 24 taladros en la actualidad
- Granulometría: de un promedio de 81% de 7.5” y 19% de 3.5” a 76% de 4.5” y 24% de 6”

CONCLUSIONES

- Entre los factores que más afectan la eficiencia de la perforación y voladura son las propiedades estructurales de la rocosa que no se puede cambiar en un diseño de malla de perforación y voladura, es pues el diseño de malla que debe adecuarse a las mencionadas propiedades, de tal forma que para que sea óptimo se requiere de cálculos de los estándares que controlan la perforación y voladura.
- En ese sentido, los caculos realizados en el planteamiento del nuevo diseño de perforación y voladura empleando el método matemático de Roger Holmberg resultaron exitosos a nuestro objetivo pues su empleo redujo notablemente las fallas en la voladura, mejorándose por guardia en:
    1. Eficiencia de la Voladura: de un promedio de 19.30 toneladas anteriormente a 25.40 toneladas en la actualidad.
    2. Avance efectivo: de un promedio de 1.28 m anteriormente a 1.68 m. en la actualidad
    3. Factor de carga: de un promedio de 0.99 kg/tal. anteriormente a 0.79 kg/tal en la actualidad.
    4. Factor de avance: de un promedio de 1.38 kg/ton. anteriormente a 0.74 kg/ton en la actualidad.
    5. Cantidad de taladros: de 30 taladros perforados anteriormente a 26 taladros en la actualidad
    6. Taladros cargados: de 25 cargados anteriormente a 24 taladros en la actualidad
- Se consiguió perfeccionar y maximizar la granulometría, pues de una granulometría de 80 cm antes de la Investigación a una granulometría promedio de 81% de 7.5” y 19% de 3.5” a 76% de 4.5” y 24% de 6”, posterior al desarrollo del trabajo de Investigación aplicando el Modelo Matemático de Holmberg; demostrado que se

logró optimizar la fragmentación de la masa rocosa en el by pass Nivel 7 en la Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz SAC, UEA Aquia.

RECOMENDACIONES

- En todas las operaciones de perforación y voladura deberá utilizarse las malas de perforación y voladura diseñadas usando el método matemático de Roger Holmberg porque garantiza una excelente eficiencia en la voladura.
- Se debe capacitar al personal y mantener las respectivas maquinarias en perfectas condiciones de mantenimiento y operación para garantizar la eficiencia del método alternativo propuesto como resultado de la investigación.
- Se debe practicar un control constante de los diseños de perforación y voladura considerando factores que afectan la eficiencia de los disparos, así tenemos errores en la simetría de los taladros perforados que no guardan paralelismo, errores en la distribución de retardos, el uso de guiadores no adecuados, etc.

REEFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Barton, N. (1992- 1993). Predicting the behavior of underground openings in rock. New Delhi.

Barrientos R. y Duran G. (2020), Diseño de la malla de perforación para optimizar la fragmentación en el tajeo 6662 nivel 3780 veta Lilia en la Mina Socorro– Unidad Minera Uchucchacua – Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. [Tesis de Licenciamiento Universidad Continental] Facultad de Ingeniería de Minas.

Choque E. (2017) en su tesis “Diseño de perforación y voladura por el método Roger Holmberg, para reducir las incidencias de voladuras deficientes en CIA Minera ARES S.A.C. U.O. Arcata” [Universidad Nacional del Altiplano] Facultad de Ingeniería de Minas.

Gaona, A. (2015). *"O*ptimización de la voladura, mina La Virgen - de la Compañía Minera San Simón S.A. - Huamachuco Trujillo*".* [tesis de licenciamiento, U.N. de Piura]repositorio de la U.N. de Piura.

Guamán M. (2016), en su tesis **“**Optimización de los procesos de perforación y voladura en el tunel fase A-B de interconexión del Proyecto Sopladora” Escuela Politécnica de Chimborazo del Ecuador]

Oviedo, L. (2017). “Diseño de mallas de perforación y voladura haciendo uso del software drill and blast vulcan 8.0 para obtener una óptima fragmentación en E.E. Ajani Unidad Minera Anabi”*.* [Tesis de licenciatura, U.N: San Agustin de Arequipa] repositorio U.N. San Agustin de Arequipa.

Puma K. y Llenera J. (2021), en la tesis “Optimización del proceso de Perforación y Voladura en una mina dedicada a la extracción metálica a pequeña escala en la comunidad La Fortuna” [Escuela Politecnica del Litoral en Ecuador]. Facultad de Ingeniería de la Ciencia.

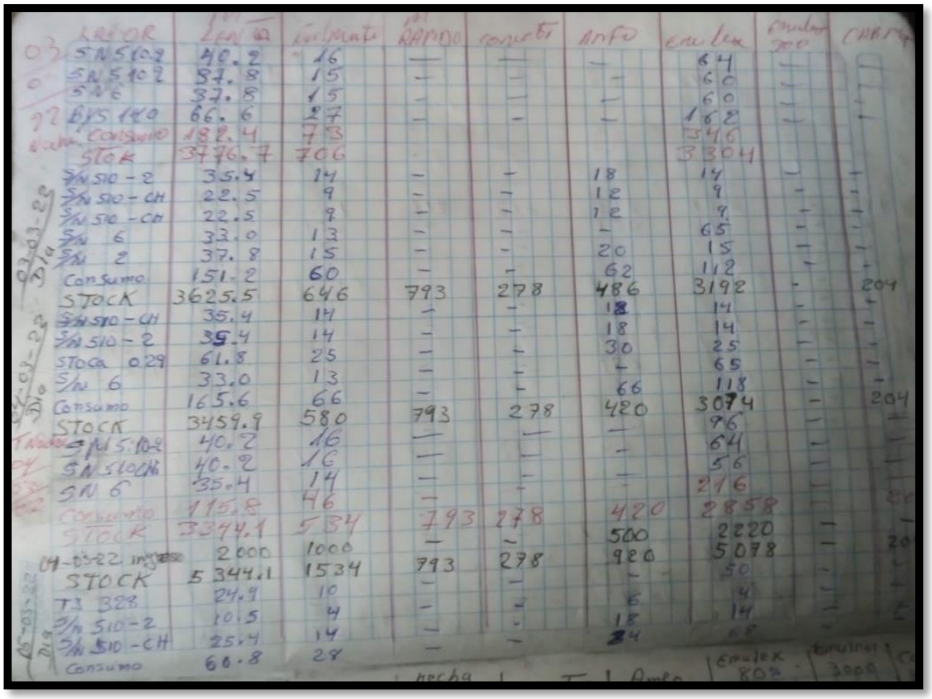
República de Colombia, Ministerio de Minas y Energia. (2003). Glosario Técnico Minero.

Ricse, K. (2020). Diseño de malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación de roca en Mina Paola de Compañía Minera San Lucas S.A.C.” [Tesis de licenciamiento, del Centro del Perú] repositorio institucional U.N.C.P.

Sánchez Y. (2012), en la tesis” Optimización en los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa en la mina Bethzabeth” [Universidad Central del Ecuador] Facultad de Ingeniería, Minas.

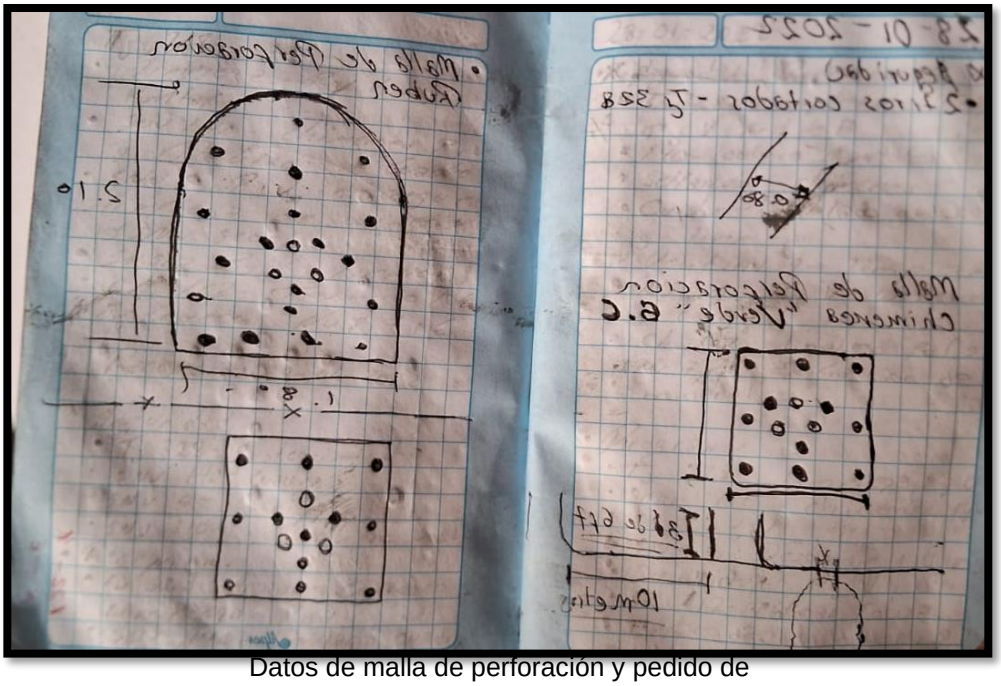
ANEXOS

Instrumentos de Recolección de Datos

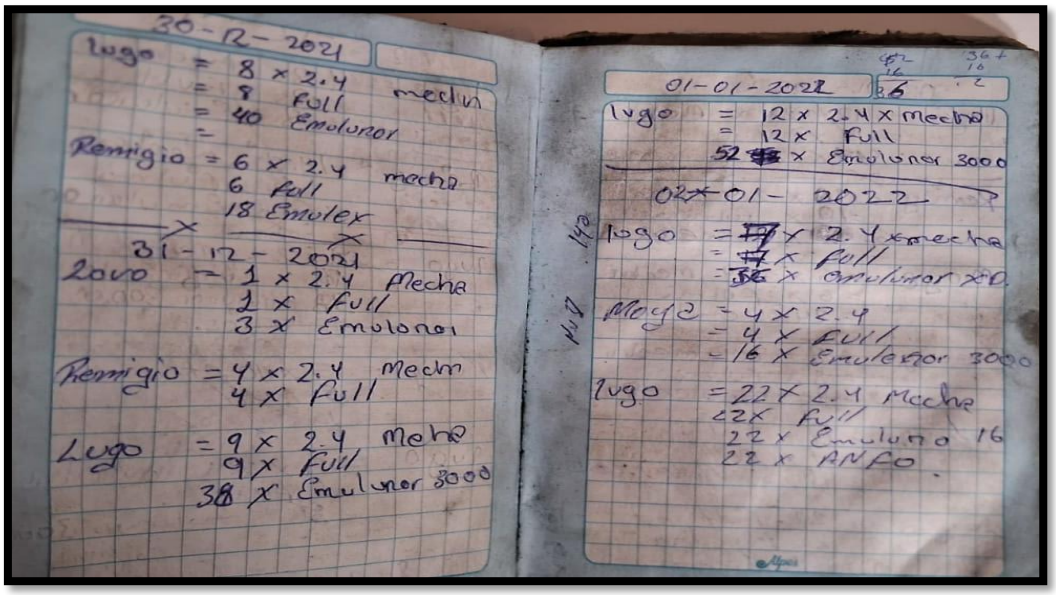


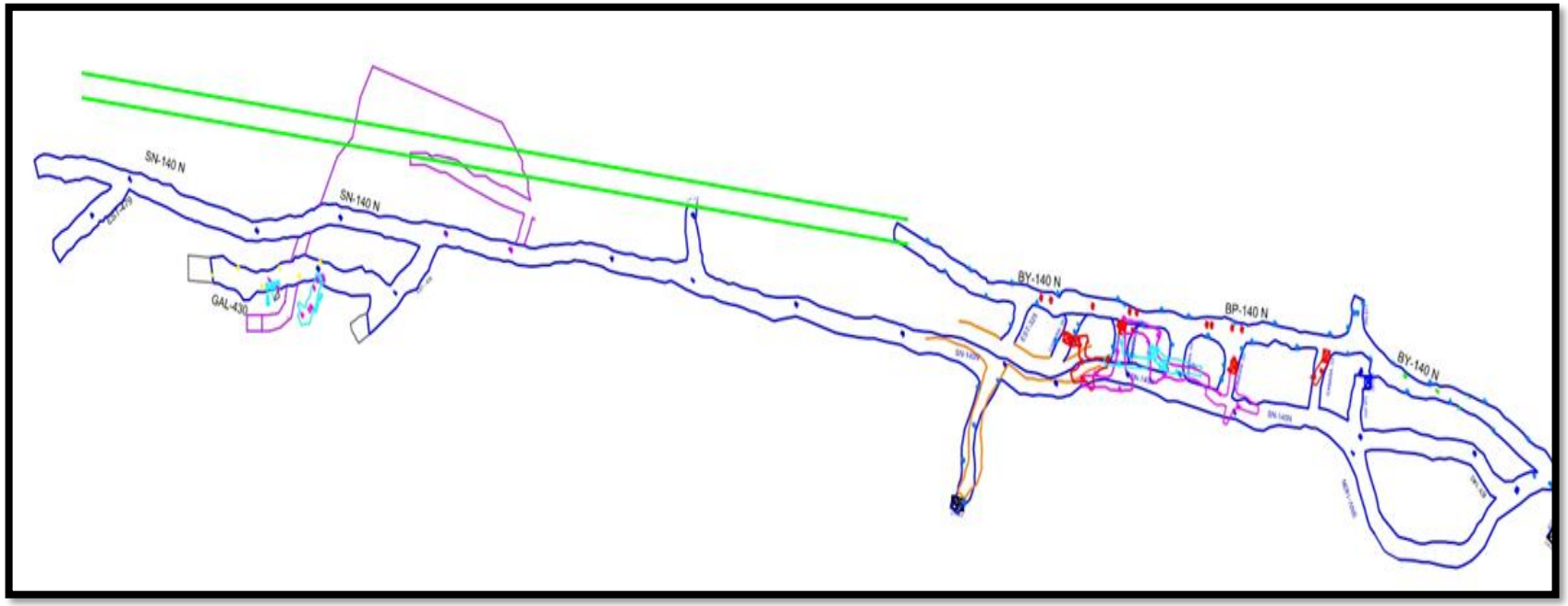
Datos de control de explosivos en polvorín temporal





Datos de malla de perforación y pedido de explosivos



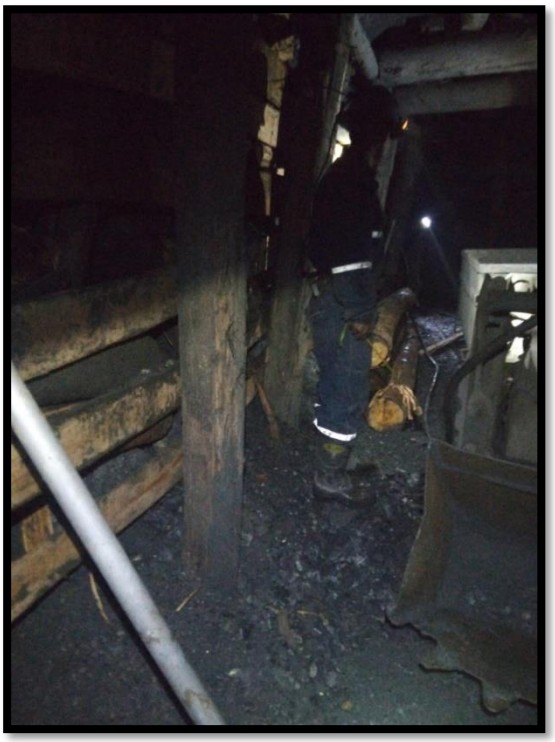


By Pass 140 - Nivel 7 Unidad Minera SRML Magistral de Huaraz S.A.C. U.E.A. Aquia, ubicada en el NEVADO TUCU, Distrito de Aquia, Perteneciente a la Provincia de Bolognesi, Departamento de Ancash, a la altitud de 4708.52 msnm

Panel Fotográfico



Encebado de emulnor, con guía sin conector.



Encostillado de hastiales con cantoneras.



Acarreo de desmonte con carros U-36 jalados por locomotora a batería.



Campaña de desate de rocas en acceso al SN-140.



SN-140, Frente cargado sin sostenimiento y con chispeo directo.



Frente Listo para Perforación.



Perforación de frente en el SN-140.



Cuadro de madera afectado por disparo.



Toma de punto dirección y gradiente.



Frente disparado, granulometría estimada y disparo efectivo.