

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**ESTANDARIZACIÓN DE MALLAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA
DISMINUIR EL CONSUMO DE EXPLOSIVOS EN MINEROS ARTESANALES DE
LA ZONA PARAÍSO EN CIA MINERA PODEROSA S.A 2022**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

AUTOR:

Bach. Ayala Chilón Shirley Katheryne.

ASESOR:

Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.

CAJAMARCA – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: SHIRLEY KATHERYNE AYALA CHILÓN
2. DNI: 71381750
Escuela Profesional: INGENIERÍA DE MINAS
3. Asesor: Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique
Facultad: Ingeniería
4. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
5. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
6. Título de Trabajo de Investigación:
ESTANDARIZACIÓN DE MALLAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE EXPLOSIVOS EN MINEROS ARTESANALES DE LA ZONA PARAÍSO EN CIA MINERA PODEROSA S.A 2022.
7. Fecha de evaluación: 27/06/2025
8. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (ORIGINAL) (*)
9. Porcentaje de Informe de Similitud: 12%
10. Código Documento: oid: 3117:470189223
11. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 27/06/2025

Firmado digitalmente por:



Ing. Alejandro C. Lagos Manrique



BAZAN DIAZ Laura Sofia

FAU 20148258601 soft

Motivo: En señal de
conformidad

Fecha: 27/06/2025 15:04:52-0500

FIRMA DEL ASESOR
ALEJANDRO CLAUDIO LAGOS MANRIQUE
DNI: 09224934

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : ESTANDARIZACIÓN DE MALLAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE EXPLOSIVOS EN MINEROS ARTESANALES DE LA ZONA PARAÍSO EN CIA MINERA PODEROSA S.A. 2022

ASESOR : Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0411-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 21 de julio de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **ocho días del mes de agosto de 2025**, siendo las ocho horas (08:00 a.m.) en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica (Ambiente 4J - 210), se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

- Presidente : Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.
- Vocal : M.Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.
- Secretario : M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada ESTANDARIZACIÓN DE MALLAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE EXPLOSIVOS EN MINEROS ARTESANALES DE LA ZONA PARAÍSO EN CIA MINERA PODEROSA S.A. 2022, presentado por la Bachiller en Ingeniería de Minas SHIRLEY KATHERYNE AYALA CHILÓN, asesorada por el Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : 04 PTS.
 EVALUACIÓN PÚBLICA : 11 PTS.
 EVALUACIÓN FINAL : 15 PTS

..... Quince (En letras)

En consecuencia, se lo declara Aprobado con el calificativo de Quince acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 9:00 am horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.
Presidente

M.Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.
Vocal

M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.
Secretario

Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.
Asesor

AGRADECIMIENTO

A Dios y la Virgen María, por guiarme en el camino y demostrarme que su tiempo es

sabio.

A la Universidad Nacional de Cajamarca por haberme inculcado y formado como profesional. Asimismo, un agradecimiento especial a mi asesor Dr. Ing. Lagos Manrique, Alejandro. Quien me guio con paciencia y sabiduría en cada proceso.

A todo el equipo de Acopio de Cia. Minera Poderosa por compartirme sus conocimientos y alentarme a sacar adelante cada proceso de esta investigación.

DEDICATORIA

A Dios por guiarme y no dejarme en los momentos más difíciles.

A mi abuelita Victoria Camacho por ser la primera persona que creyó en mí y por el amor incondicional que siempre me brindo.

A mi mamá Maritza Chilón por ser mi soporte y la persona que me da el ejemplo día a día de seguir a pesar de las adversidades.

A mi hermana Stefany Ayala por ser mi mejor amiga y acompañarme en todo este proceso.

A mis Padrinos Wilfredo Poma y Miriam Chilón por ser mis segundos padres y siempre apoyarme para seguir creciendo en mi carrera profesional.

ÍNDICE

	pág.
AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales	4
2.1.3. Antecedentes locales	6
2.2. BASES TEÓRICAS	8
2.2.1. Estandarización del proceso de Perforación y Voladura.....	8
2.2.2. Ventajas de la estandarización del proceso de Perforación y Voladura.....	9
2.2.3. Clasificación Geomecánica.....	9
2.2.4. Índice de Calidad de la Roca (RQD).....	9
2.2.5. Valoración de la Masa Rocosa (RMR)	10
2.2.6. Índice de Resistencia Geológica (GSI)	13
2.2.7. Malla de perforación y Voladura	15
2.2.8. Perforación	15
2.2.9. Voladura de rocas.....	17
2.2.10. Voladura en Túneles.	17
2.2.11. Trazos de arranque	18
2.2.12. Diseño básico para voladura subterránea en el túnel	19
2.2.13. Modelo matemático de Holmberg para diseñar y calcular los parámetros de perforación y voladura para minería subterránea.	21

	pág.
2.2.14. Cálculo del burden aplicando la fórmula del Dr.Konya.....	24
2.2.15. Tipos de Explosivos Industriales.	24
2.2.16. Definición de explosivos.....	25
2.2.17. Propiedades de los explosivos.....	25
2.2.18. Velocidad de detonación.....	25
2.2.19. Perforación y voladura de los Mineros Artesanales en la Zona Paraíso en CMPSA.....	26
2.2.20. Eficiencia de perforación	28
2.2.21. Cantidad de producción por avance	28
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.	29
CAPÍTULO III	31
MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1. UBICACIÓN.....	31
3.1.1. Geográfica	31
3.1.2. Política	31
3.2. ACCESIBILIDAD.....	33
3.3. CLIMA	33
3.4. VEGETACIÓN.....	34
3.5. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.	34
3.5.1. Tipo, Nivel, Diseño y Método de Investigación.	34
3.5.2. Población.....	35
3.5.3. Muestra	36
3.5.4. Unidad de Estudio.....	36
3.5.5. Definición de Variables	37
3.5.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.	37
3.5.6. Análisis e interpretación de datos	38
3.5.7. Procedimientos.....	38
3.6. GEOLOGÍA LOCAL.....	39
3.6.1. Rocas Intrusivas	39
3.7. GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	41
3.9. RECOPIACIÓN DE DATOS EN LAS LABORES ASIGNADAS DE LOS MINEROS ARTESANALES EN LA ZONA PARAÍSO	43
3.9.1. Datos Tomados en la labor del Minero Artesanal N°1 Ubicado en el NV 1720.	43

	pág.
3.9.2. Datos Tomados en la labor del Minero Artesanal N°2 ubicado en el NV 2020.	44
3.9.3. Datos Tomados en la labor del Minero Artesanal N°3 Ubicado en el NV 1987.	45
3.9.4. Datos Tomados en la labor del Minero Artesanal N°4 en el NV 1730.	46
3.9.5. Datos Tomados en la labor del Minero Artesanal N°5 1875.	47
3.10. Diseño de Malla de Perforación y Voladura en las labores de los M.A.	48
3.10.1. Prueba realizada en la labor del Minero Artesanal N°1.	48
3.10.2. Prueba realizada en la labor del Minero Artesanal N°2.	57
3.10.3. Prueba realizada en la labor del Minero Artesanal N°3.	66
3.10.4. Prueba realizada en la labor del Minero Artesanal N°4.	72
3.10.5. Prueba N°1 realizada en la labor del Minero Artesanal N°5.	78
3.10.6. Prueba N°2 realizada en la labor del Minero Artesanal N°5.	85
3.11. Estandarización de mallas	91
3.12. Implementación de las nuevas mallas de P&V diseñada de acuerdo a las características propias del macizo rocoso.	97
CAPÍTULO IV	98
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	98
4.1. Análisis de la comparación de los resultados de eficiencia entre la malla diseñada y la malla de perforación inicialmente utilizada por los M.A en la Zona Paraíso.	98
4.1.1. Análisis de la comparación de KPI: avance por disparo (m)	99
4.1.2. Análisis de la comparación de KPI: producción/avance (m ³)	100
4.1.3. Análisis de la comparación de KPI: factor de carga(kg/m)	101
4.1.4. Análisis de la comparación de costos de las mallas antes y después de la estandarización en las labores de los M.A.	102
4.2. Contrastación de la hipótesis.	113
CAPÍTULO V	114
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114
5.1. Conclusiones	114
5.1. Recomendaciones.....	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
ANEXOS	118

ÍNDICE DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Interpretación de Valores de RQD. Deere, 1964.	10
Tabla 2. Interpretación de los valores del RMR. Bieniawski, 1989.....	11
Tabla 3. Criterios para valorar el RMR. Bieniawski 2003.....	12
Tabla 4. Fórmula resumida para hallar Burden.....	21
Tabla 5. Distancia Promedio de Taladros	23
Tabla 6. Coeficiente de Roca	23
Tabla 7. Características técnicas Emulnor 3000.	26
Tabla 8. Rutas de acceso hacia la bocamina Papapagayo.	33
Tabla 9. Diseño de la investigación.....	35
Tabla 10. Operacionalización de variables.....	37
Tabla 11. Cálculo del RMR en la labor del M.A N°1.....	49
Tabla 12. Calidad del macizo rocoso en función del RMR en la labor del M.A N°1	50
Tabla 13. Calidad del macizo rocoso en función del GSI en la labor del M.A N°1.	50
Tabla 14. Cálculo del RMR en la labor del M.A N°2.....	58
Tabla 15. Calidad del macizo rocoso en función del RMR en la labor del M.A N°2.....	59
Tabla 16. Calidad del macizo rocoso en función del GSI en la labor del M.A N°2.	59
Tabla 17. Cálculo del RMR en la labor del M.A N°3.....	67
Tabla 18. Calidad del macizo rocoso en función del RMR en la labor del M.A N°3.....	68
Tabla 19. Calidad del macizo rocoso en función del GSI en la labor del M.A N°3.	68
Tabla 20. Cálculo del RMR en la labor del M.A N°4.....	73
Tabla 21. Calidad del macizo rocoso en función del RMR en la labor del M.A N°4.....	74
Tabla 22. Calidad del macizo rocoso en función del GSI en la labor del M.A N°4.	74
Tabla 23. Cálculo del RMR en la labor del M.A N°5-Prueba 1.....	79
Tabla 24. Calidad del macizo rocoso en función del RMR en la labor del M.A N°5-Prueba 1.	80
Tabla 25. Calidad del macizo rocoso en función del GSI en la labor del M.A N°5-Prueba 1.	80
Tabla 26. Cálculo del RMR en la labor del M.A N°5-Prueba 2.....	86
Tabla 27. Calidad del macizo rocoso en función del RMR en la labor del M.A N°5-Prueba 2.	87
Tabla 28. Calidad del macizo rocoso en función del GSI en la labor del M.A N°5-Prueba 1.	87
Tabla 29. Pruebas realizadas en el Nivel 1720-2020.	91

	pág.
Tabla 30. Pruebas realizadas en el Nivel 1987-1730	93
Tabla 31. Pruebas realizadas en el Nivel 1875.....	95
Tabla 32. Cuadro comparativo de empleo de explosivos.....	98
Tabla 33. Análisis de costo s/m ³ en la malla inicial del M.A 1	103
Tabla 34. Análisis de costo s/m ³ en la malla estandarizada del M.A 1	104
Tabla 35. Análisis de costo s/m ³ en la malla inicial del M.A 2.....	105
Tabla 36. Análisis de costo s/m ³ en la malla estandarizada del M.A 2.	106
Tabla 37. Análisis de costo s/m en la malla inicial del M.A 3.....	107
Tabla 38. Análisis de costo s/m en la malla estandarizada del M.A 3.	108
Tabla 39. Análisis de costo s/m en la malla inicial del M.A 4.....	109
Tabla 40. Análisis de costo s/m en la malla estandarizada del M.A 4.	110
Tabla 41. Análisis de costo s/m en la malla inicial del M.A 5.....	111
Tabla 42. Análisis de costo s/m ³ en la malla estandarizada del M.A 5.	112

ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de Implementación de un Modelo Estandarizado	8
Figura 2. Criterios de Estimación del GSI. Hoek – Brown 2000.....	14
Figura 3. Arranque de Cuatro Secciones.....	15
Figura 4. Principios de Perforación mecánica de las Rocas.....	16
Figura 5. Voladura en minas subterráneas	18
Figura 6. Trazo de arranque	19
Figura 7. Tipos de arranque.	20
Figura 8. Carmex y emulnor 3000.	27
Figura 9. Distancia entre conectores para garantizar la correcta secuencia.	28
Figura 10. Mapa de ubicación de la Concesión Poderosa – 3 y Poderosa – 4.	32
Figura 11. El tiempo por mes en la Libertad.....	33
Figura 12. Muestra de granodiorita.	40
Figura 13. Muestras de mineral con estructuras de interés económico.....	42
Figura 14. Malla de perforación y voladura, especificaciones Minero Artesanal N°1.	43
Figura 15. Malla de perforación y voladura, especificaciones Minero Artesanal N°2.	44
Figura 16. Malla de perforación y voladura, especificaciones Minero Artesanal N°3.....	45
Figura 17. Malla de perforación y voladura, especificaciones Minero Artesanal N°4.....	46
Figura 18.Malla de perforación y voladura, especificaciones Minero Artesanal N°5.	47
Figura 19. Diseño de malla de perforación en la labor del M.A n°1.	52
Figura 20. Circado en la labor del M.A N°1, se muestra la parte mineralizada en la parte B y el cargado de explosivos en la parte A.....	53
Figura 21. Diseño de malla de perforación y distribución de explosivos en los taladros de la parte B en la labor del M.A n°1.	54
Figura 22. Secuencia de salida en voladura y vista isométrica de avance en la parte B de la labor del M.A n°1.	55
Figura 23. Diseño de malla de perforación y distribución de explosivos en los taladros de la parte A en la labor del M.A n°1.	56
Figura 24. Diseño de malla de perforación en la labor del M.A n°2.	61
Figura 25. Marcación de malla de circado en la labor del M.A N°2, se muestra la parte mineralizada en la parte A.....	62
Figura 26. Diseño de malla de perforación y voladura y distribución de explosivos en los taladros.	63

Figura 27. Secuencia de salida en voladura y vista isométrica de avance P01-M2.	64
Figura 28. Diseño de malla de perforación y distribución de explosivos en los taladros de la parte B en la labor del M.A n°2.	65
Figura 29. Diseño de malla de perforación en la labor del M.A n°3.	70
Figura 30. Secuencia de salida en voladura y vista isométrica de avance P01-M3.	71
Figura 31. Diseño de malla de perforación en la labor del M.A n°4.	76
Figura 32. Secuencia de salida en voladura y vista isométrica de avance P01-M4.	77
Figura 33. Diseño de malla de perforación en la labor del M.A N°5 P01.	83
Figura 34. Secuencia de salida en voladura y vista isométrica de avance P01-M5.	84
Figura 35. Diseño de malla de perforación en la labor del M.A n°5 P02.	89
Figura 36. Secuencia de salida en voladura y vista isométrica de avance P02-M5.	90
Figura 37. Estandarización de Malla de Py V para circado de 2.00mx2.20m.	92
Figura 38. Estandarización de Malla de Py V para subnivel de 1.7mx 1.4m.	94
Figura 39. Estandarización de Malla de Py V para subnivel de 1.5mx 1.8m.	96
Figura 40. Personal de acopio y capataces apoyando en la capacitación in situ(práctica) sobre estandarización de mallas en la zona Paraíso.	97
Figura 41. Gráfico de avance por disparo: malla inicial vs diseñada para estandarización.	99
Figura 42. Gráfico de producción/avance: malla inicial vs diseñada para estandarización. ...	100
Figura 43. Gráfico de factor de carga: malla inicial vs malla estandarizada.	101

LISTA DE ABREVIATURAS

Cía.	: Compañía Minera
C.M.P.S.A.	: Compañía Minera Poderosa S.A.
M.A.	: Minero Artesanal
ft.	: Pies
m	: Metros
m ³	: Metros Cúbicos
mm	: Milímetros
Tn	: Toneladas
Kg	: Kilogramos
Nv.	: Nivel
PyV	: Perforación y Voladura
P M	: Prueba en la labor del Minero
RMR	: Índice del macizo rocoso
RQD	: Índice de la Calidad de la Roca
GSI	: Índice Resistencia Geológica
S/.	: Soles
N	: Norte
S	: Sur
E	: Este
W	: Oeste
KPI	: Key performance indicator (Indicador clave de rendimiento)

RESUMEN

El trabajo de investigación busca determinar la influencia de la estandarización de mallas de perforación y voladura en el consumo de explosivos de mineros artesanales en la Zona Paraíso en Cia Minera Poderosa S.A El proceso metodológico se basa en las etapas de campo y gabinete, en la primera etapa de gabinete se realizó la revisión de antecedentes, información topográfica e informes brindados por Minera Poderosa; así también se toma en cuenta la bibliografía citada en el manual de perforación y voladura de Exsa. En la etapa de campo se realizó pruebas en las labores de 5 mineros artesanales pertenecientes a la zona Paraíso de las concesiones poderosa-3 y poderosa-4; donde se recopilaron datos sobre la operación de perforación y voladura existente; se realizaron mediciones en la sección de la labor, avance lineal y el análisis del factor de carga (kg de explosivo/m de avance). En la etapa final de gabinete se utilizaron los datos mencionados anteriormente para el diseño de las mallas de perforación y voladura logrando la estandarización de las mallas. La pertinente estandarización del proceso de perforación y voladura permitió obtener los resultados: la eficiencia de perforación lograda es del 95% considerando un avance en una longitud de perforación de 3ft de 0.87m y en 4ft de 1.15m; el factor de carga se redujo desde 3.97kg hasta 4.72kg en las mallas estandarizadas; logrando una disminución considerable. Así mismo permitió mejorar la rentabilidad y e ficiencia operativa; logrando la reducción de costos desde 76.5 S//m³ a 137.4 S//m³ en los diferentes tipos de mallas utilizadas.

Palabras clave: Estandarización, mallas de perforación y voladura, minería artesanal, explosivos, labores.

ABSTRACT

The present research work seeks to determine the influence of the standardization of drilling and blasting meshes on the consumption of explosives by artisanal miners in the Paraíso Zone in Cia Minera Poderosa S.A. The methodological process is based on the field and office stages, in the In the first stage of the cabinet, the background review, topographic information and reports provided by Minera Poderosa were carried out; The bibliography cited in the Exsa drilling and blasting manual is also taken into account. In the field stage, tests were carried out on the work of 5 artisanal miners belonging to the Paraíso area of the Poderosa-3 and Poderosa-4 concessions, where data on the existing drilling and blasting operation was collected; Measurements were made in the section of the work, linear advance and the analysis of the load factor (kg of explosive/m of advance). In the final cabinet stage, the data mentioned above was used for the design of the drilling and blasting meshes, achieving standardization of the meshes. The pertinent standardization of the drilling and blasting process allowed us to obtain the results: the drilling efficiency achieved is 95% considering an advance in a drilling length of 3ft of 0.87m and in 4ft of 1.15m; the load factor was reduced from 3.97kg to 4.72kg in the standardized meshes; achieving a considerable decrease. Likewise, it allowed improving profitability and operational efficiency; achieving cost reduction from 76.5 S//m³ to 137.4 S//m³ in the different types of meshes used.

Keywords: Standardization, drilling and blasting meshes, artisanal mining, explosives, work.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La producción de la minería en el Perú este año fue por debajo del nivel prepandemia 2019, a pesar de que creció un 3.9 % en relación con el año del 2021. En lo que corresponde a la producción de oro, el incremento vino por parte de una mayor producción proveniente de Compañía Minera Poderosa S.A. (+22.3%), Minera Aurífera Retamas S.A. (+13.7%), Compañía Minera Ares S.A.C. (+2.0%), Shahuindo S.A.C. (+18.0%) y Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. (+90.8%). (MINEM, 2022)

Las operaciones de la empresa Cia Minera Poderosa se encuentran a 320km de la ciudad de Trujillo, cuenta actualmente con un total de 280 mineros artesanales. En la zona Norte (Paraíso) se cuenta con un total de 78 mineros artesanales de labor asignada.

El consumo de explosivos en el año 2021 se ve reflejado por un consumo de dinamita semi gelatina 65% con un total de 44.4875Tn; se muestra que desde el mes de septiembre el consumo de Emulnor 3000 aumento; terminando el mes de diciembre con consumo mayor de Emulnor 5000 de un total de 0.3375 Tn.

Para el año 2022 se pronosticó un consumo del explosivo Emulnor 3000 de 30.36Tn; sin embargo, el consumo de explosivos desde enero a octubre fue de 38.85Tn. Obteniéndose un consumo mayor de 14.6 Tn. Por consiguiente, en base al consumo de explosivos desde el mes de enero a octubre del 2022 y los altos indicadores en el pedido de estos por parte de los mineros artesanales a Cia Minera Poderosa S.A, se dispone a la evaluación de una estandarización de mallas de perforación y voladura.

Se ha planteado la siguiente interrogante: ¿Cuál es la variación del consumo de explosivo de los mineros artesanales al estandarizar una malla de perforación y voladura en la zona Paraíso de Cia Minera Poderosa S.A?

El propósito de esta investigación es evaluar la alternativa del uso de una malla en labores asignadas, cuya base es disminuir el consumo de explosivos y la optimización de costos operativos; por otro lado, tiene una importancia metodológica porque permitirá poner en práctica la investigación científica y utilizar técnica para llegar a conclusiones válidas y confiables.

Los alcances son de nivel local, porque sus aportes han de contribuir en la implementación y aplicación de una malla de perforación en las labores asignadas de la zona Paraíso en Minera Poderosa considerando los factores que involucra.

La hipótesis de la investigación propone que la estandarización de las mallas de perforación trae consigo la reducción del consumo de explosivos; y por consiguiente se va a tener un impacto positivo productivo y económico. Como hipótesis específicas tenemos que: contrastando las nuevas mallas de perforación y voladura versus las antiguas utilizadas por los mineros artesanales se van a evidenciar mejores resultados en productividad con menor cantidad de explosivos, de esta manera se optimizará la operación y que al determinar la cantidad adecuada de explosivos en los frentes de las minas artesanales se evidenciará la reducción de los costos de voladura.

La presente investigación tiene como objetivo principal: determinar la influencia de la estandarización de mallas de perforación y voladura en el consumo de explosivos de mineros artesanales en la Zona Paraíso en Cia Minera Poderosa S.A; así también se plantea como objetivos específicos: estandarizar mallas de perforación y voladura para disminuir el consumo de explosivos, y calcular el beneficio económico en base a la variación del consumo de explosivos, al aplicar la estandarización de una malla de perforación.

El contenido de los capítulos es:

El capítulo II incluye lo siguiente: Marco teórico, donde se colocan los diferentes antecedentes relevantes al tema, bases teóricas que sustenten la realización de la investigación y la Definición de los Términos Básicos. El capítulo III, titulado Materiales y Métodos, abarca: la ubicación del área de estudio, procedimientos, métodos de investigación, identificación de variables, técnicas, instrumentos y equipos, además describe la geología del área de estudio. El Capítulo IV, contiene el Análisis y Discusión de Resultados, en donde está ubicado los resultados de la investigación, y la Contrastación de la Hipótesis en donde se comparan los resultados con la hipótesis. El capítulo V corresponde a las conclusiones y recomendaciones, donde las conclusiones son el resultado de los objetivos planteados. En la última parte de este informe se presenta la bibliografía y los anexos.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Gonzáles (2022) la presente investigación desarrollada en la Universidad del Azuay-Ecuador, titulada “Optimización de los procesos de perforación y voladura en la Sociedad Minera Nueva Rojas, concesión Bella Rica, Camilo Ponce Enríquez-Azuay” tiene como objetivo desarrollar una metodología que permitió optimizar el avance de las voladuras en la Sociedad Minera Nueva Rojas, para ello se realizó el levantamiento de información de las operaciones de perforación y voladura correspondiente a una labor en preparación. Se llevaron a cabo una serie de pruebas que consistieron en modificar la secuencia de carguío de explosivos y aplicar un nuevo diseño para la carga de columna, además de corregir errores comunes de perforación y lograr establecer un proceso aplicable que permita aumentar la eficiencia de la voladura, lo que equivale a lograr un mayor avance y por ende disminuir los costos de operación. Las pruebas llevadas a cabo se dividieron en dos métodos y al final de los ensayos se pudo establecer la secuencia y el proceso de carguío de los explosivos con lo que se logró mejorar la eficiencia de la voladura superando la actual hasta llegar a un 94%.

Mejita (2019) la presente investigación desarrollada en la Universidad del Azuay-Ecuador, titulada “Optimización del proceso de Perforación y Voladura subterránea para la Sociedad Minera Oro Sol Uno”; tiene por objetivo optimizar el sistema de perforación y voladura subterránea para la Sociedad Minera Oro Sol Uno. El proceso consiste en realizar un levantamiento de información de campo, análisis de las características geomecánicas del macizo rocoso y aplicación del método de Langerfors y Kihlstrom, con el fin de obtener una nueva propuesta de diseño tecnificada en sustitución del método empírico actual; consiguiendo así un mayor volumen de arranque, consumo específico y avance del túnel; por ende el proceso investigativo y de campo determinó que la nueva propuesta alcanza resultados favorables sugiriendo a la empresa minera utilizar este diseño.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Noreña (2020) la presente investigación se desarrolla en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas en la ciudad de Lima, lleva el nombre de “Estandarización del proceso de perforación y voladura en labores de exploración y desarrollo, mediante la aplicación de emulsiones y detonadores no eléctricos, en la unidad minera santa filomena de la empresa Sotrami S.A”. El presente trabajo de investigación busca implementar una metodología de diseño de mallas de perforación y voladura en la empresa Minera Sotrami S.A, perteneciente al rubro de pequeña minería, con fines de estandarizarlo. La ejecución de dicha investigación se realiza mediante la utilización del algoritmo matemático de Holmberg que permite definir un modelo numérico para el diseño de una malla de perforación. La oportuna y pertinente estandarización del proceso de perforación y voladura permitió obtener los siguientes resultados: el avance por disparo pasó a 1.62 m, el factor de carga se redujo a 13.46 kg/m y el factor de potencia disminuyo considerablemente.

Madueño (2020) la presente investigación se desarrolla en la Universidad Nacional del Centro del Perú, lleva el nombre de “Optimización de costos unitarios mediante el diseño de un estándar de malla de perforación y voladura en la galería 091 en la compañía Minera la Soledad S.A.C.” tiene por objetivo optimizar los costos mediante la determinación de un estándar de malla de perforación y voladura en la Galería 091W. La táctica para el nuevo cálculo y/o diseño y trazo de perforación y voladura, fue realizado con el método de Holmberg con un arranque tipo quemado. La presente investigación es del tipo descriptivo. Con esta estandarización e implementación de un nuevo trazo de malla de perforación y voladura se consiguió un avance promedio de 1.59 m/disparo; obteniendo una reducción en costo de un 14%, asimismo disminuyendo los costos de perforación y voladura en un 24%. Lo cual representa la disminución de mi costo operativo total de 12%. Que es una reducción de costo de 74, 979.216 US\$ anuales.

Aquepucho (2019) la presente investigación se desarrolla en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco en la ciudad de Cusco, lleva el nombre de “Estandarización de malla de perforación y voladura y su influencia en costos”. Caso cx 200, Unidad Minera Untuca- Cori puno S.A.C”. tiene por objetivo principal estandarizar la malla de perforación y voladura para incrementar la eficiencia del avance por disparo y reducir los costos operativos. De acuerdo a su naturaleza y las características del presente trabajo de

investigación, la metodología será de tipo descriptivo – aplicativo. Para el procesamiento de los datos se aplicaron instrumentos y procedimientos donde se presentaron cuadros estadísticos de los reportes de avance por guardia, información de costos operativos en perforación y voladura. Para el cálculo y diseño de la malla de perforación se utiliza el modelo de Roger Holmberg, que involucra en sus cálculos, características geomecánicas como, el RMR, GSI, RQD, la resistencia a la compresión uniaxial y la resistencia a la tensión. Con la estandarización de la malla de perforación y voladura se logra obtener una mayor eficiencia en el avance y se reduce los costos en consumo de explosivo.

Leiva (2019) la presente investigación se desarrolla en la Universidad Continental, lleva el nombre de “Influencia de la estandarización de la malla de perforación y voladura en las sobre roturas para labores de sección 3.5 m. X 3.5 m”. En un macizo rocoso de clase IV aplicando el modelo matemático de áreas de influencias; en la compañía Minera Raura S.A.2018”. La presente tesis tiene como propósito dar a conocer la importancia de la ampliación de un estándar en la actividad unitaria de perforación y voladura en labores subterráneas en labores con un macizo rocoso de calidad IV o altamente fracturado basándose en el diseño de la malla aplicando un modelo matemático como es “Áreas de Influencias”. Para ello se propone la interpretación de la fórmula matemática para determinar el burden y espaciamiento que genera la influencia de un taladro cargado con explosivo en un macizo rocoso en labores de avance en secciones de 3.50m x 3.5m dentro las operaciones de la Compañía Minera Raura. Metodológicamente fue una investigación de método científico, tipo aplicado, nivel explicativo y diseño experimental y de corte longitudinal. La muestra de estudio fue de 15 registros de rotura antes de la aplicación y de 15 después de la aplicación. Los resultados finales nos indica que existe una reducción de la sobre rotura en dichas labores aplicando el nuevo estándar propuesto con el modelo matemático “Áreas de Influencias”, pero también se realiza la implementación controles de procesos en la perforación y voladura, como el seguimiento, capacitación y monitoreo de labores en condiciones críticas.

2.1.3. Antecedentes locales

Quispe (2021) la presente investigación desarrollada en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, tiene por nombre “Estandarización de la malla de perforación y voladura, y análisis económico en el avance de la galería de la veta Guadalupe-U.P.Santa Maria-Compañía Minera Poderosa-Pataz-2016” posee el objetivo incrementar la eficiencia de avance por disparo con la finalidad de lograr óptimamente con los metros lineales programados mensualmente y analizar su influencia en el aspecto económico. Según el Nivel de la Investigación es descriptivo, correlacional y aplicativo ya que se enfoca en conocer y aplicar el estándar de esquema de distribución de los taladros a perforar y la cantidad de explosivo para la voladura “in situ” y actuar con medidas correctivas a las desviaciones que pueden ocurrir en la operación. Se ha desarrollado la tipificación geomecánica del macizo rocoso mediante los estudios y modelos de Bieniawski y Barton; así como para el cálculo del burden y variables que intervienen, se ha incorporado las teorías de área de influencia. Con el esquema base de la distribución de taladros de perforación y voladura se ha optimizado las siguientes variables: se ha aumentado el avance por disparo de 1,35 a 1,53 metros por disparo, se ha logrado aumentar el avance lineal promedio de ejecución mensual de 98,53 a 123,55 metros obteniendo una diferencia positiva de 25,02m.

González (2019) la presente investigación desarrollada en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, lleva el nombre de “Reducción de costos operativos en labor Carmen NV.3040 mediante la optimización de estándares de perforación y voladura, Cia. Minera poderosa S.A-2018” tiene por objetivo determinar un diseño de malla de perforación y voladura para reducir costos unitarios con un estándar optimizado para el desarrollo de la Cortada NE nivel 3040 de la labor Carmen y lograr mayor avance lineal. Es una investigación causa efecto y analítico, pues se determina el análisis de los estándares en perforación en la CIA Minera Poderosa SA. -2018. Como resultados se obtiene que la cantidad de taladros anteriormente determinado es de 52 taladros y lo propuesto es de 39 taladros con el diseño de la nueva malla, reduciendo el consumo de explosivo de 45 .04 kg/disparo a 34.51 kg/disparo obteniéndose una diferencia de 10.53 kg/disparo por consiguiente se redujo los costos unitarios de perforación y voladura por metro de avance de 292.27 US\$/ml a 223.28 US\$/ml.

De la Cruz (2018) la presente investigación se desarrolla en la Universidad Nacional de Trujillo en la ciudad de Trujillo, lleva el nombre de “Optimización de costos en perforación y voladura estandarizando malla para sección 2.40m x 2.40m en la empresa Cáncer E.I.R.L– Marsa” Este trabajo de investigación tiene por objetivo optimizar los costos de perforación y voladura mediante la estandarización de malla. Con el presente informe de investigación, se buscó el desarrollo del mejoramiento de la malla de voladura aplicando el método de Holmberg, para hacer de esa manera más rentable económicamente la operación, para iniciar el proyecto se ha tomado como muestra el XC 10318- SW y GAL 10299-S ubicados en el Nv. 2670-Cámara 21. El presente informe se realizó debido a la falta de una malla estándar dentro de la Unidad San Andrés; la malla anterior empleada contaba con 42 taladros y en la nueva malla se tiene 39 taladros optimizando costos y tiempo, a la vez se tuvo una disminución en el consumo de explosivos de S/. 215.30 a S/. 175.20 por metro lineal avanzado. Como resultado la reducción de costos operativos por metro lineal de S/. 86.61.

Ever (2018) la presente investigación desarrollada en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, lleva el nombre de “Diseño de malla de perforación y voladura según Holmberg, para reducir los costos unitarios en la cortada SW nivel 2760. Contrata Minera Arca.S.A.C-Unidad de Producción Santa Maria- Cia. Minera Poderosa S. A, 2017” tiene como objetivo reducir los costos unitarios de perforación y voladura con un nuevo diseño de malla propuesto por Holmberg; en la Cortada SW nivel 2760. De acuerdo con la naturaleza del trabajo de investigación y por las características del estudio es de tipo descriptivo y aplicativo. La cantidad de taladros anteriormente determinado es de 51 taladros y lo propuesto es de 49 taladros, por consiguiente, se redujo los costos unitarios de perforación por avance de 94.45 US\$/m de avance a 83.47 US\$/m.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Estandarización del proceso de Perforación y Voladura

La estandarización de procesos es una especie de guía de ejecución que proporciona reglas para realizar ciertas tareas. Su objetivo es proporcionar procedimientos para realizar de manera óptima una tarea o actividad y garantizar que el proceso desarrollado se realice de manera consistente. Es importante asegurarse de que los procesos cumplan con los criterios y condiciones para lograr los mismos resultados. Como herramienta fundamental para la mejora continua, el proceso de normalización debe adaptarse a los posibles cambios del entorno, el cual debe estar en consonancia con las necesidades de la empresa.

En la Figura. 1 se presenta un modelo de proceso a establecerse para la implementación de un estándar para la ejecución de un trabajo.

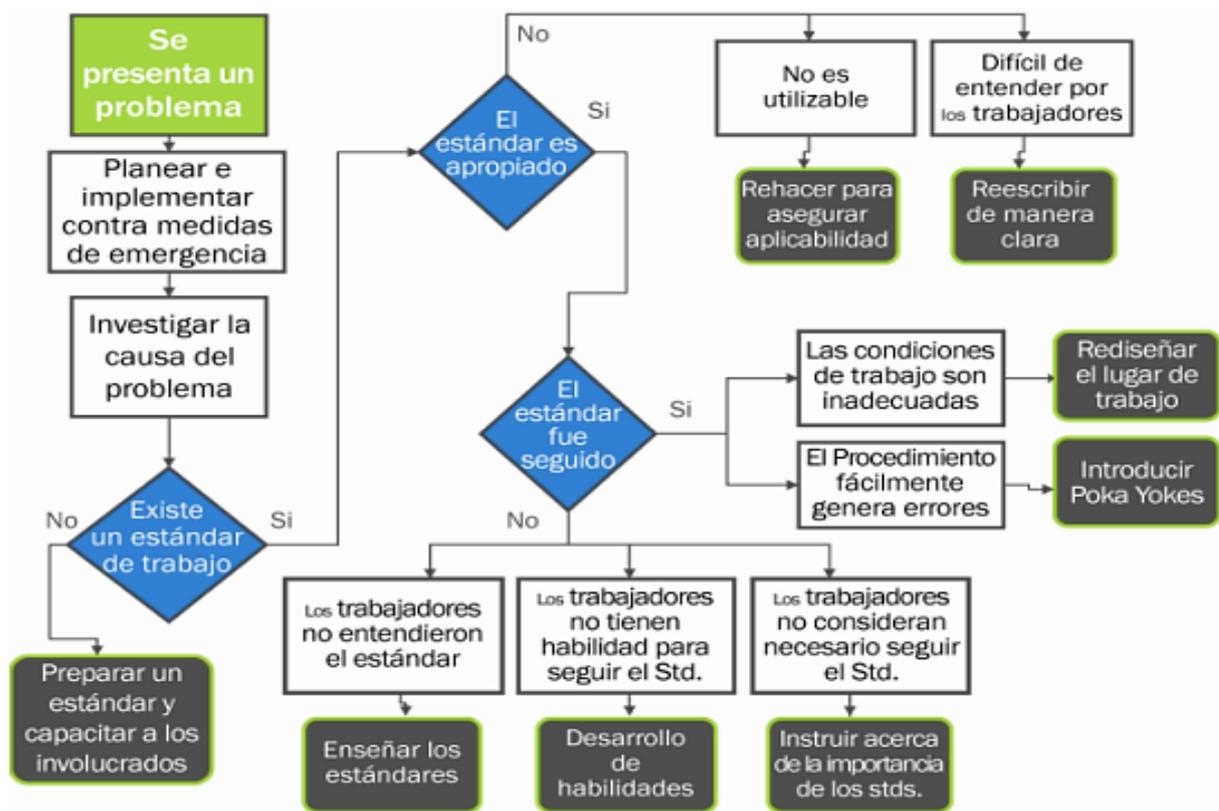


Figura 1. Diagrama de Implementación de un Modelo Estandarizado

Fuente: Tomado y modificado de Ramos, 2016.

2.2.2. Ventajas de la estandarización del proceso de Perforación y Voladura

- La estandarización de este proceso permite la adaptación de métodos de trabajo óptimos. Esto sirve como guía para que el personal nuevo de la empresa aprenda a realizar tareas más rápidamente.
- Proveen medios para prevenir la recurrencia de errores que afecten el proceso y la seguridad de las personas.
- Es la base para la mejora continua.

2.2.3. Clasificación Geomecánica

La geomecánica permite analizar el mecanismo tensional de una masa rocosa permitiendo es este caso proyectos ingenieriles subterráneos viables, por lo que se las clasifica teniendo en cuenta valoraciones de las características del macizo rocoso. Las clasificaciones geomecánicas son índices de calidad relacionados con el comportamiento geomecánico del macizo rocoso para el diseño de sostenimiento de túneles (González, 2004)

2.2.4. Índice de Calidad de la Roca (RQD)

La calidad estructural de un macizo rocoso puede ser estimada a partir de la información dada por la recuperación de testigos intactos. El índice cuantitativo RQD (Rock Quality Designation) define el porcentaje de testigos recuperables, con una longitud mayor o igual a 10 cm (Deere,1988)

Para una distribución exponencial negativa de espaciados de discontinuidad, Priest y Hudson (1976) derivaron la siguiente relación entre RQD y la frecuencia de discontinuidad lineal λ :

$$\text{RQD} = 100e^{-0.1(\lambda)} \times (0.1\lambda + 1) \quad \text{Ecuación 1.}$$

$$\lambda = \frac{\text{Número de discontinuidades}}{\text{Longitud}} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Según el informe Osinergmin (2017) el RQD se expresa cuantitativamente la competencia de un macizo rocoso enfocándonos en metodologías de forma lineal y volumétrica relacionada cada una con la calidad de la matriz rocosa, siendo uno de los sistemas más empleados para caracterizar la competencia, mostrada en la tabla N°1.

Tabla 1. Interpretación de Valores de RQD. Deere, 1964.

Descripción del índice de calidad de roca	Valor del RQD
Muy pobre	0-25
Pobre	25-50
Regular	50-75
Buena	75-90
Excelente	90-100

Fuente: Osinergmin, 2017.

2.2.5. Valoración de la Masa Rocosa (RMR)

El RMR, introducido por Bieniawski 1976, es posiblemente la clasificación geomecánica más usada, inicialmente pensado para valorar la estabilidad y los soportes requeridos en túneles, ha resultado ser apto también para la valoración de la estabilidad en taludes.

El RMR es una clasificación geomecánica, en la que se tienen en cuenta los siguientes parámetros del macizo rocoso:

1. Resistencia del material intacto que se obtiene mediante ensayo de carga puntual o compresión simple.
2. RQD.
3. Espaciado de las discontinuidades, hace referencia a la longitud entre discontinuidades dentro de la zona a estudio.
4. Condición de las discontinuidades, que incluye:
 - Longitud de la discontinuidad.
 - Abertura.
 - Rugosidad.
 - Relleno.
 - Alteración.

5. Presencia de agua subterránea A cada uno de los parámetros anteriores se le asigna un valor, el RMR se obtiene como la suma de todos ellos. (UPC 2009)

$$\mathbf{RMR} = \mathbf{(1)} + \mathbf{(2)} + \mathbf{(3)} + \mathbf{(4)} + \mathbf{(5)} \quad \text{Ecuación 3.}$$

Hay que tener en cuenta que existen dos versiones para la obtención del RMR, el RMR₇₆, del año 1976 y el RMR₈₉, del año 1989. La diferencia reside en los valores que se les asignan a los parámetros de: presencia de agua subterránea, condición de las discontinuidades, y RQD juntamente con el espaciado de las discontinuidades. (Bieniawski et al.,1968)

Según el informe Osinergmin (2017) fue desarrollado por Bieniawski calificándola de 0 a 100 puntos, siendo 0 para roca muy mala y 100 para roca muy buena, mostrada en la tabla 2.

Tabla 2. Interpretación de los valores del RMR. Bieniawski, 1989.

Descripción	RMR	Clase de Macizo Rocoso
Roca Muy buena	81-100	I
Roca Buena	61-80	II
Roca Regular	41-60	III
Roca Mala	21-40	IV
Roca muy mala	0-20	V

Fuente: Osinergmin, 2017.

Por otra parte, López (2011) indica que el RMR es asignar a cada tipo de terreno un índice de calidad roca que depende de:

- Resistencia a la comprensión simple de la roca matriz.
- Condiciones del diaclasado.
- Efectos del agua.
- Posición relativa de la excavación con respecto a las diaclasas.

Los criterios para valorar el RMR por Bieniawski (1989), se muestra la tabla N°3.

Tabla 3. Criterios para valorar el RMR. Bieniawski 2003.

PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN			PUNTUACIÓN						RMR
1	Resistencia de la matriz rocosa intacta	Ensayo Carga puntual	> 10 MPa	4 – 10 MPa	2 – 4 MPa	1 – 2 MPa			
		Compresión Simple	> 250 MPa	100 – 250 MPa	50 – 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Valor	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Valor		20	17	13	6	3		
3	Espaciado de las discontinuidades		> 2 m	0,6 - 2 m	0,2 - 0,6 m	0,06 - 0,2 m	< 0,06 m		
	Valor		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m		
		Valor	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1 - 1,0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		Valor	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		Valor	6	5	3	1	0		
Sumatoria									
5	Flujo de agua en las discontinuidades	Caudal por 100 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10 - 25 litros/min	25 - 125 litros/min	> 125 litros/min		
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5		
		Condiciones Generales	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
	Valor		15	10	7	4	0		
RMR									

Fuente: López, 2011.

Junto con esto, existen diversos autores que establecen correlaciones más precisas entre ambas clasificaciones. Bieniawski (1976) indica en la ecuación que:

$$\mathbf{RMR = 9 \ln Q + 44} \qquad \text{Ecuación 4.}$$

2.2.6. Índice de Resistencia Geológica (GSI)

Hoek y Brown (1980) propone el Índice Resistencia Geológica (GSI), para evaluar la calidad del macizo rocoso en función del grado y las características de la fracturación, estructura geológica, tamaño de bloques y alteración de las discontinuidades.

G. Vallejo (2004) lo modifica con el objetivo de utilizar las tablas originales de manera práctica y sencilla para clasificar cualitativamente al macizo rocoso y recomendar el sostenimiento requerido, cabe señalar que el índice GSI fue originalmente desarrollado con la finalidad de obtener parámetros para el criterio de falla de Hoek y Brown, por lo que Vallejo recurre a las equivalencias del GSI con RMR para recomendar y dimensionar el sostenimiento.

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA (GSI) PARA LAS ROCAS METAMORFICAS DE LA CORDILLERA DE LA COSTA DE VENEZUELA		CONDICION DE LA SUPERFICIE				
A partir de la descripción de la estructura y las condiciones de la superficie de la masa rocosa, seleccionar el intervalo apropiado de esta gráfica. Estimar el valor promedio del Índice de Resistencia Geológica (GSI) de dicho intervalo. No intentar ser tan preciso. Escoger un rango de GSI de 36 a 42 es más aceptable que fijar un GSI = 38. También es importante reconocer que el criterio de Hoek-Brown debería ser aplicado solamente en macizos rocosos donde el tamaño de los bloques o fragmentos es pequeño comparado con el tamaño de la excavación a ser evaluada. Cuando el tamaño de los bloques individuales es aproximadamente mayor a un cuarto de la dimensión de la excavación, generalmente la falla estaría controlada por la estructura y el criterio de Hoek-Brown no debería ser utilizado.		MUY BUENA Rugosa, superficies cerradas sin meteorización	BUENA Rugosa, ligeramente meteorizada, abertura < 1mm, rellenos duros	MEDIA Plana, moderadamente meteorizada, abertura 1-5 mm, rellenos duros y blandos	MALA Espejos de falla, superficies muy meteorizadas con abertura > 5 mm, predominan los rellenos blandos	MUY MALA Espejos de falla, superficies muy meteorizadas y abiertas con rellenos blandos
ESTRUCTURA		DISMINUCION EN CALIDAD DE SUPERFICIE				
	INTACTA O MASIVA – macizo rocoso con pocas discontinuidades, carentes de planos de foliación <i>Ej: Cuarzitas, anfibolitas o mármoles</i>	90	80	N/A	N/A	N/A
	POCO FOLIADA – macizo rocoso parcialmente fracturado con hasta tres sistemas de discontinuidades. Puede contener intercalaciones delgadas de rocas foliadas <i>Ej: Cuarzita fracturada intercalada ocasionalmente con esquistos y/o filitas</i>		70			
	MODERADAMENTE FOLIADA – macizo rocoso fracturado constituido por intercalaciones de rocas foliadas y no foliadas en proporciones semejantes <i>Ej: Intercalaciones de esquistos y/o filitas con mármoles fracturados en proporción similar</i>		60			
	FOLIADA – macizo rocoso plegado y/o fallado, muy fracturado, donde predominan las rocas foliadas, con ocasionales intercalaciones de rocas no foliadas <i>Ej: Esquistos y/o filitas muy fracturadas intercaladas ocasionalmente con mármoles lenticulares</i>			50		
	MUY FOLIADA – macizo rocoso plegado, altamente fracturado, constituido únicamente por rocas muy foliadas <i>Ej: Esquistos y/o filitas muy fracturadas sin la presencia de mármoles, gneises o cuarzitas</i>			40		
	BRECHADA/CIZALLADA – macizo rocoso muy plegado, alterado tectónicamente, con aspecto brechoide. <i>Ej: Brecha de falla o zona influenciada por fallas cercanas</i>			30	20	
						10
		N/A	N/A			5

Figura 2. Criterios de Estimación del GSI. Hoek – Brown 2000.

Fuente: Tomado de Lopez, 2011.

2.2.7. Malla de perforación y Voladura

Romero (2018) nos dice que una malla de perforación y voladura son líneas de pintura cuadrículadas ya pre calculado, que se marca en un frente para guiar al perforista. Cada tipo de roca tiene sus tipos de malla estandarizada con la cual se puede hacer el diseño de la malla, todas las mallas siempre en el techo tienen taladros de alivio para que la labor tenga acabado arqueado para un mejor control del terreno. (pág.27).

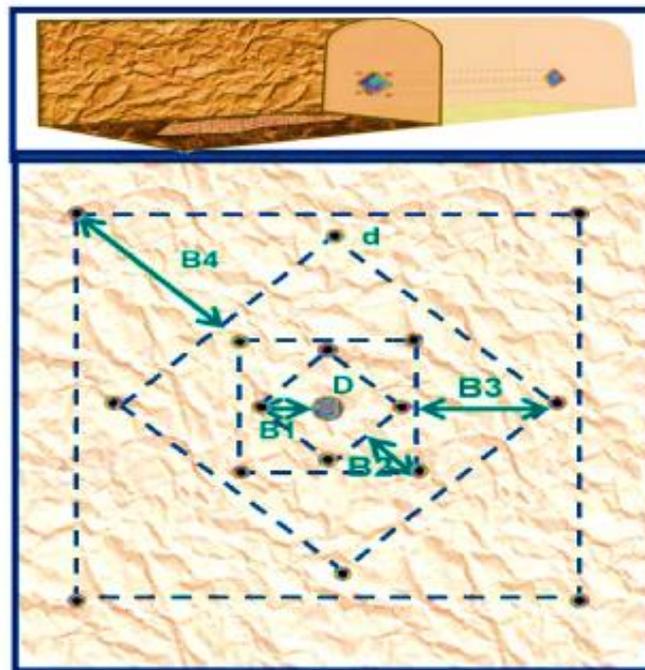


Figura 3.Arranque de Cuatro Secciones

Fuente: Tomada de Perez,2006.

2.2.8. Perforación

Exsa (2014) nos indica que la perforación es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar el explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blast holes.

Se basa en principios mecánicos de percusión y rotación, cuyos efectos de golpe y fricción producen el aislamiento y trituración de la roca en un área equivalente al diámetro de la broca y hasta una profundidad dada por la longitud del barreno utilizado. La eficiencia en perforación consiste en lograr la máxima penetración al menor costo. (pág. 79)

La perforación se efectúa por los siguientes medios:

- Percusión, con efecto de golpe y corte como el cincel y martillo. Ejemplo, el proporcionado por los martillos neumáticos pequeños y rompepavimentos.
- Percusión, con efecto de golpe, corte y giro, como el producido por las perforadoras neumáticas comunes, trackdrills, jumbos hidráulicos.
- Rotación con efecto de corte por fricción y rayado con material muy dura (desgaste de la roca, sin golpe), como el producido por las perforadoras diamantinas para exploración.

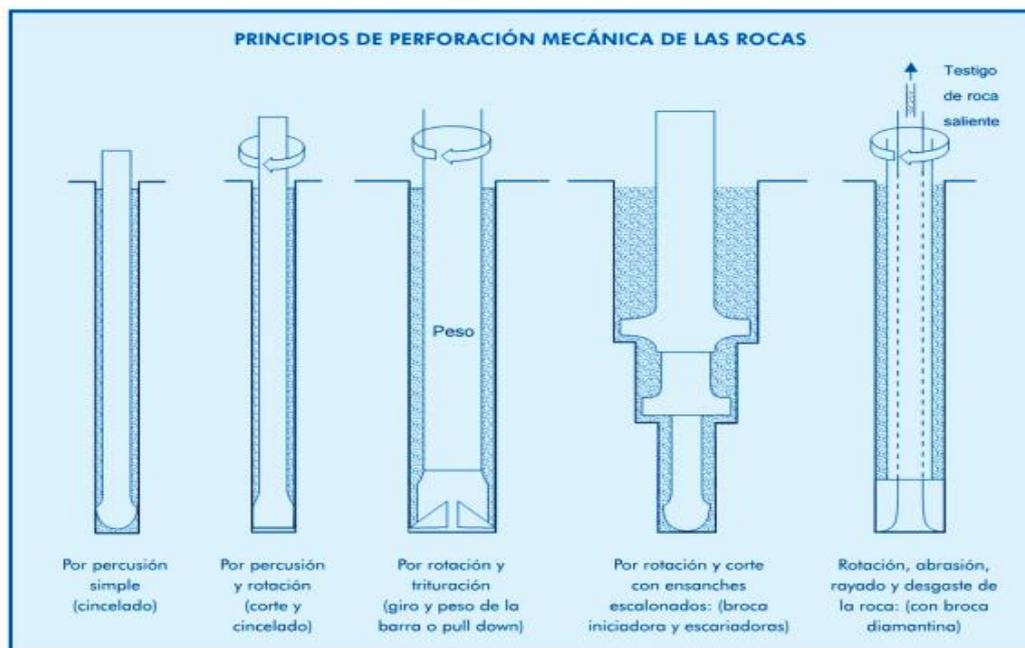


Figura 4.Principios de Perforación mecánica de las Rocas.

Fuente: Tomada de Exsa,2019.

2.2.9. Voladura de rocas

Pachas (2017) nos indica que, de acuerdo a los criterios de la mecánica de rotura, la voladura es un proceso tridimensional, en el cual las presiones generadas por explosivos confinados dentro de taladros perforados en la roca, originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento. Una adecuada fragmentación es importante para facilitar la remoción y transporte del material volado y está en relación directa con el uso al que se destinará este material, lo que calificará a la “mejor” fragmentación. Así, en la explotación de minerales se busca preferentemente fragmentación menuda, que facilita los procesos posteriores de conminución en las plantas metalúrgicas, mientras que, algunas veces se requiere que sea en grandes bloques, como los que se emplean para la construcción de ataguías o rompeolas. Existe una serie de factores o variables que intervienen directa o indirectamente en la voladura, que son mutuamente dependientes que están relacionados uno u otro; unos son controlables y otros no. Son controlables, por ejemplo, las variables de diseño, de perforación o del explosivo a emplear, mientras que no podemos modificar la geología o las características de la roca. Para facilidad de interpretación se resume a estos factores afines en grupos, que suelen denominarse variables, factores, parámetros o condiciones fundamentales que comprenden. (pág. 29)

2.2.10. Voladura en Túneles.

Pérez (2016) indica que las voladuras en túneles se caracterizan por contar únicamente con una superficie libre, la del propio frente de ataque. Es por ello que, se requiere crear un hueco hacia el cual dar salida a los materiales del resto de la voladura. Dicho hueco inicial podrá oscilar entre 1 y 4 m², en función de las dimensiones de la sección. Al considerar la destroza, y con independencia de su similitud con las voladuras en banco, los consumos específicos suelen situarse entre 4 y 10 veces superiores, por el mayor confinamiento, errores de perforación, y otros. Los barrenos de contorno, que marcan la forma final de la excavación, cuentan con un espaciamiento reducido y suelen ir perforados con una inclinación hacia el exterior, de tal manera que permitan un hueco suficiente para la ubicación de las perforadoras. El cuele y su ubicación influyen en la dirección de proyección del escombros, y también en aspectos como la fragmentación y el número de barrenos. (pág 45)

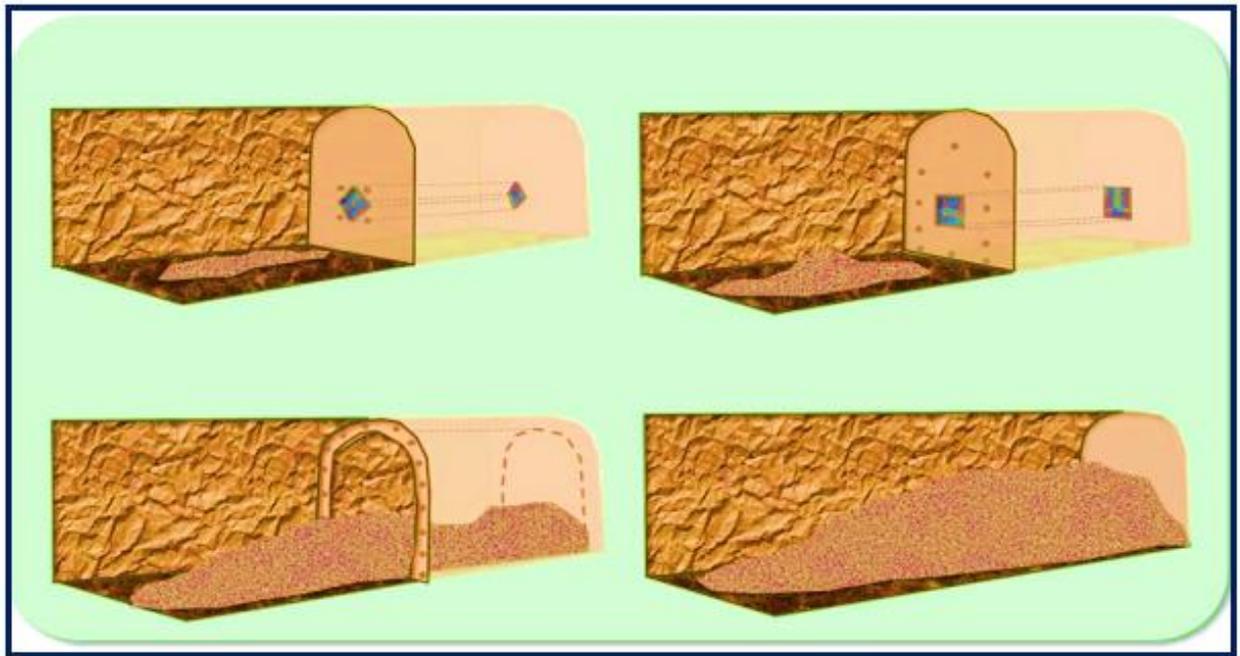


Figura 5. Voladura en minas subterráneas

Fuente: Tomada de Pérez, 2006.

2.2.11. Trazos de arranque

Ynquilla (2018) indica que el principio de la palabra voladura de túneles reside, en la apertura de una cavidad inicial, denominada corte, cuele o arranque, destinada a crear una segunda cara libre de gran superficie. Facilitar la subsiguiente rotura del resto de la sección, de modo que los taladros del núcleo y de la periferia pueden trabajar destruyendo la roca en dirección hacia dicha cavidad.

Al formarse la cavidad el frente cerrado del túnel se transforma en un “banco anular”, donde los factores de cálculo para el destroce serán semejantes a los empleados en un banco de superficie, pero como ya se mencionó, exigiendo cargas considerablemente mayores para desplazar el material triturado. Según las dimensiones de un túnel y el diámetro de los taladros, el área de la cavidad de arranque puede ser de 1 a 2 m², normalmente adecuada para facilitar la salida de los taladros del núcleo hacia ella, pero con taladros de diámetros mayores el área necesaria puede llegar a 4 m². (Pág. 58)

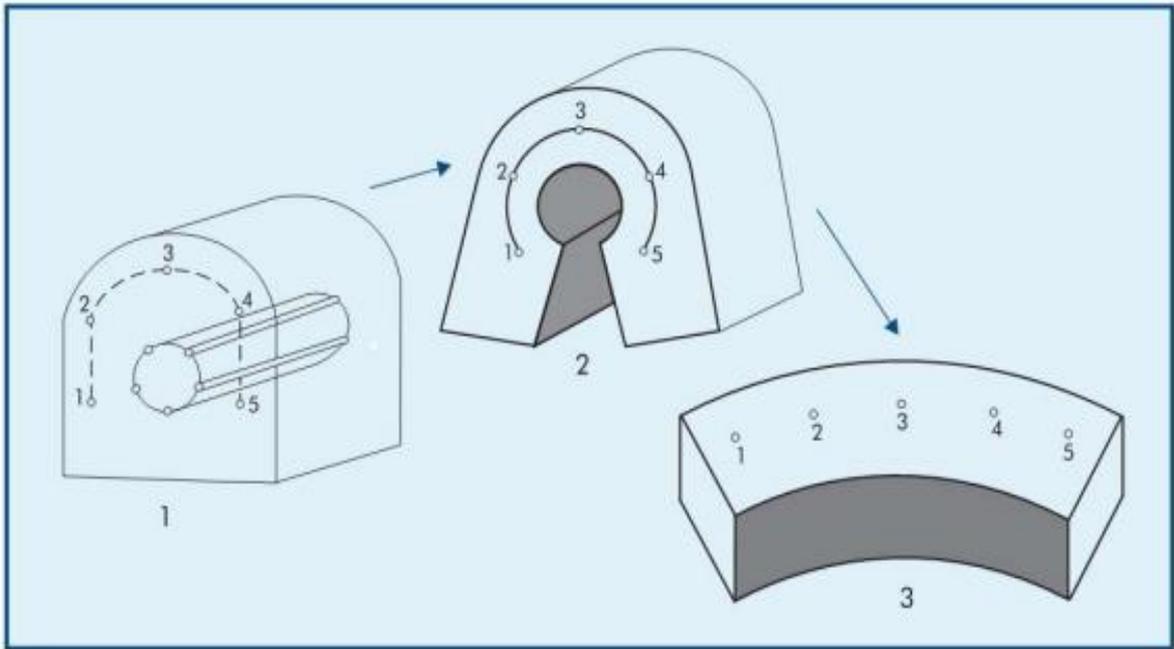


Figura 6.Trazo de arranque

Fuente: Tomada de Exsa,2019.

2.2.12. Diseño básico para voladura subterránea en el túnel

Exsa(2019) indica que el trazo o diagrama de distribución de taladros y de la secuencia de salida de los mismos presenta numerosas alternativas, de acuerdo a la naturaleza de la roca y a las características del equipo perforador, llegando en ciertos casos a ser bastante complejo.

Como guía inicial para preparar un diseño básico de voladura en túnel mostramos el ya conocido método de cuadros y rombos inscritos, con arranque por corte quemado en rombo, y con distribución de los taladros y su orden de salida.

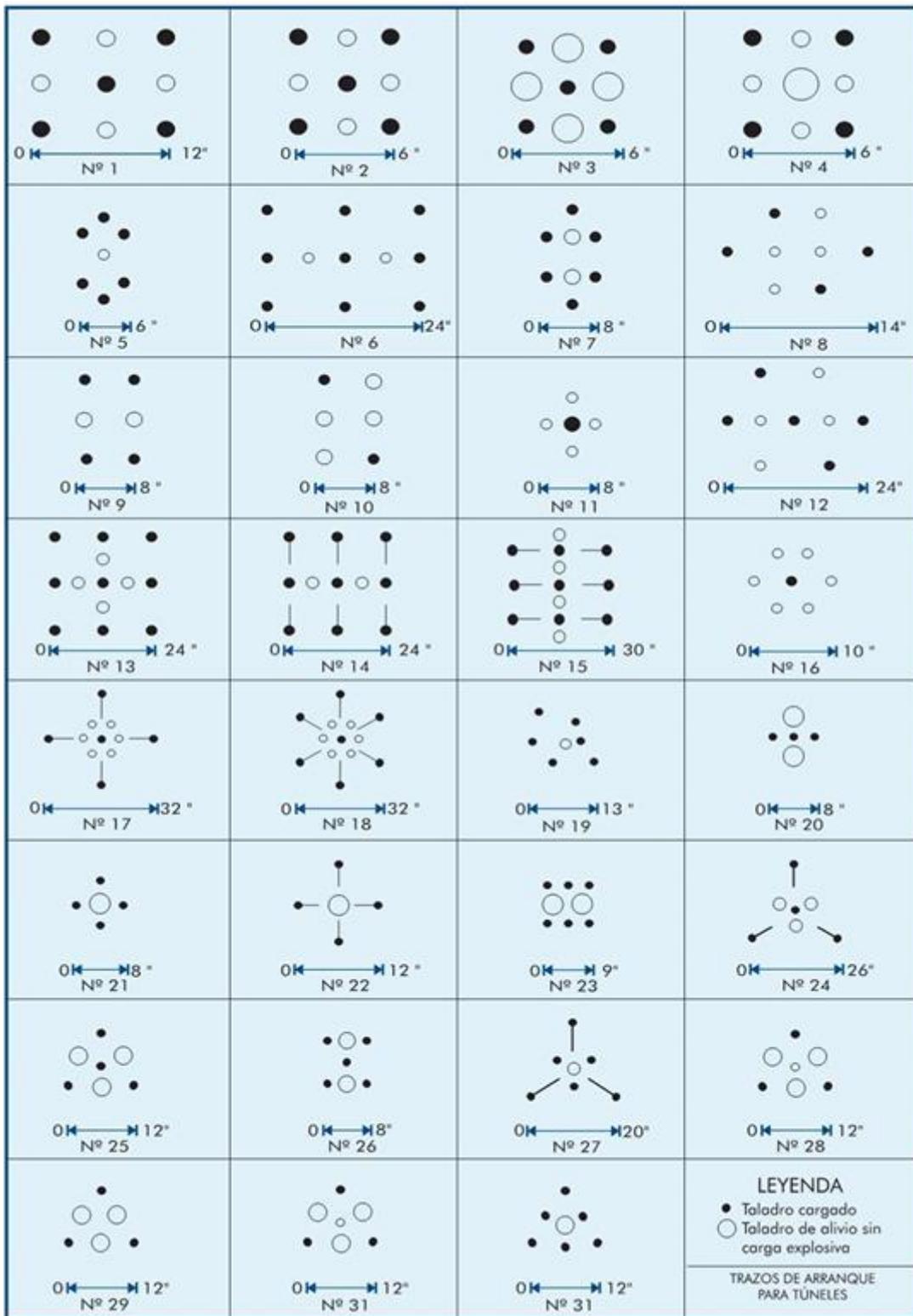


Figura 7.Tipos de arranque.

Fuente: Tomada de Exsa,2019.

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

Holmberg (1994) define que la operación más importante en el proceso de voladura en túneles es la creación de la cara libre en el frente del túnel. El éxito o fracaso de la voladura de rocas en tonelería está en función directa a la creación de las caras libres, razón que el primer arranque debe ser cuidadosamente diseñado. La disposición y secuencia de retardos en el corte deben ser tal que permitan hacer una abertura con un incremento gradual en un tamaño hasta que los taladros de ayuda puedan tener sus propias caras libres. Para efecto de simulación del Burden para los cuatro cuadrantes se ha diseñado un simulador donde se especifica todos los parámetros de diseño que Holmberg define, la cual será presentado en digital. Se describirá brevemente las fórmulas utilizadas en los cálculos:

a. Avance por disparo:

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

Lt: Longitud de avance por disparo teórico (m)

\varnothing : Diámetro de alivio equivalente (m)

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

b. Burden nominal (Bn)

Los demás cuadrados están basados de acuerdo a la teoría de Holmberg Simplificada por Oloffsson de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 4. Fórmula resumida para hallar Burden

Sección del corte	Valor de Burden	Lado de la Sección
Primera	$B = 1.5 \times \varnothing_1$	$B_1 \times \sqrt{2}$
Segunda	$B_2 = B_1 \times \sqrt{2}$	$1.5 \times B_2 \times \sqrt{2}$
Tercera	$B_3 = 1.5 \times B_2 \times \sqrt{2}$	$1.5 \times B_3 \times \sqrt{2}$
Cuarta	$B_4 = 1.5 \times B_3 \times \sqrt{2}$	$1.5 \times B_4 \times \sqrt{2}$

Fuente: Tomada de Exsa, 2019.

Donde:

B1 = Burden del primer cuadrante.

B2 = Burden del segundo cuadrante.

B3 = Burden del tercer cuadrante.

B4 = Burden del cuarto cuadrante.

c. Concentración lineal de carga para los taladros.

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

$$q = 55 \times \emptyset t_1 \frac{(B_1)^{1.5}}{\emptyset 1} \times \frac{(b_1 - \emptyset t_2)}{2} \times \frac{(c)}{0.4} \times \frac{(1)}{PRPanfo}$$

Dónde:

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

$\emptyset t_1$ = Diámetro del taladro de producción (m)

$\emptyset t_2$ = Diámetro del taladro de alivio (m)

B1 = Burden del primer cuadrante (m)

c = Constante de Roca (0.4)

d. Cálculo del Número de Taladros

Depaz (2018) indica que el número de taladros a perforar con la siguiente fórmula, la misma que también se aplica de acuerdo con nuestra sección de excavación, también se considera una constante que, de acuerdo al tipo de roca varia, se debe elegir el dato que corresponde a las características del macizo rocoso que se encuentran en distintas bibliografías, con respecto a nuestro tema de investigación. En el cuadro, tenemos los valores de “C”, coeficiente o factor de roca según tipo de roca que se tiene en los frentes de trabajo en nuestro caso se considera para un tipo de roca dura y con el valor que corresponde se calcula el número de taladros a perforar. (pág. 40)

$$N^{\circ} \text{ Tal} = (P/dt) + (K \times S)$$

Donde:

P = Perímetro de la sección del túnel.

$$P = (A) (1/2) \times 4$$

Donde:

A = área de la sección

$$S = H \times AL$$

Donde:

H = ancho de la labor

Al = altura de la labor

dt = Distancia entre taladros. Se describe en la tabla N°5)

Tabla 5.Distancia Promedio de Taladros

Dureza de Roca	Distancia de Taladros(m)	
Roca dura	0.5	0.55
Roca intermedia	0.6	0.65
Roca suave	0.7	0.75

Fuente: Tomada de Exsa,2019.

C = Coeficiente o factor de roca

Tabla 6.Coeficiente de Roca

Dureza de Roca	Coeficiente de Roca (m)
Roca dura	2
Roca intermedia	1.5
Roca suave	1

Fuente: Tomada de Exsa,2019.

2.2.14. Cálculo del burden aplicando la fórmula del Dr.Konya

Fórmula del Dr. Konya para determinar el cálculo del Burden, que relaciona el diámetro del explosivo, las densidades del explosivo y la roca. (EXSA, 2006)

$$B = 3.15x\phi_e x \left(\frac{\delta_e}{\rho_r}\right)^{1/3}$$

Donde:

B: Burden

ϕ_e : Diámetro del explosivo

δ_e : densidad del explosivo

ρ_r : peso específico de la roca

2.2.15. Tipos de Explosivos Industriales.

Sánchez (2012) señala que los explosivos químicos se clasifican en dos grandes grupos según la Velocidad de su onda de choque.

- Explosivos rápidos y detonantes

Los explosivos detonantes se dividen en primarios y secundarios según su aplicación; los primarios por su alta energía y sensibilidad se emplean como Iniciadores para detonar a los secundarios; estos son los que efectúan el arranque y rotura de las rocas y aunque son menos sensibles que los primarios desarrollan mayor trabajo útil. Estos explosivos tienen velocidades entre 2000 y 7000 m/s.

- Explosivos lentos y deflagrantes

Los explosivos deflagrantes comprenden a las pólvoras, compuestos pirotécnicos y compuestos propulsores para artillería y cohetería, casi sin ninguna aplicación en la minería o ingeniería Civil; es importante mencionar que el único uso es la pólvora que es utilizada para el núcleo de la mecha de seguridad. Estos explosivos tienen velocidades menores a 2000m/s. (pág. 28)

2.2.16. Definición de explosivos

González (2015) señala que son mezclas de sustancias químicas que por acción externa se transforman, esta transformación genera una gran cantidad de gases a altas temperaturas que a su vez ocasiona una gran presión, lo que hace que se presente la fracturación en la roca.

2.2.17. Propiedades de los explosivos

González (2015) indica que estas propiedades son muy importantes para el diseño de las voladuras, además permite elegir el más adecuado de ellos para algún caso específico. Estas son:

- Fuerza o Potencia; usado para describir varios grados de explosivos, aunque no es una medida real de la capacidad de estos de realizar trabajo; a este término en ocasiones se le llama potencia
- Densidad; es usualmente indicada en términos de Gravedad específica, la gravedad específica de explosivos comerciales varía de 0.6 a 1.7. Los explosivos densos usualmente generan mayores velocidades de detonación y mayor presión; estos suelen ser utilizados cuando es necesaria una fina fragmentación de la roca.

2.2.18. Velocidad de detonación

Por otro lado, Sánchez (2012) nos indica que la de detonación es la onda se propaga a través del explosivo, es el parámetro que define el ritmo de liberación de energía, también se la puede definir como la velocidad con que viaja la onda a lo largo de una columna explosiva, sea al aire libre o en confinamiento dentro de un Taladro de voladura.

Esta velocidad tiene un rango que va de 1.524 a 7.620m/s en los productos explosivos. La velocidad de detonación puede usarse como una herramienta para determinar la eficiencia de una reacción explosiva en el uso práctico. (pág. 32)

2.2.19. Perforación y voladura de los Mineros Artesanales en la Zona Paraíso en CMPSA

La perforación de los frentes o tajos se realiza con maquina neumática, o éstas maquinas cuentan con barrido de agua y principalmente con aire comprimido. En algunas labores también se trabaja con perforadora eléctrica. (CMPSA,2022)

- Maquina: Jack Leg o bosch.
- Barrenos de perforación: 3, 4 pies.
- Brocas (Ø): 36 mm

El carguío de los taladros se realiza de manera coordinada entre el maestro perforista y los ayudantes, la distribución de la carga depende de la perforación y labor realizada en el frente. El atacado se realiza con una vara de madera de 2 m aproximadamente. El carguío del explosivo se realiza de manera manual. (CMPSA,2022)

Los explosivos usados por los M.A en Cia Minera Poderosa S.A tenemos:

- Emulnor 3000. Es una emulsión explosiva encartuchada en una envoltura plástica que posee propiedades de seguridad, potencia, resistencia al agua y buena calidad de los gases de voladura. (FAMESA, 2022)

Tabla 7. Características técnicas Emulnor 3000.

EMULNOR 3000	
DENSIDAD RELATIVA (g/cm ³)	1,14
VELOCIDAD DE DETONACIÓN * (m/s) confinado	5 700
VELOCIDAD DE DETONACIÓN * (m/s) sin confinar	4 400
PRESIÓN DE DETONACIÓN (kbar)	93
ENERGÍA (kcal/kg)	920
VOLUMEN NORMAL DE GASES (L/kg)	880
POTENCIA RELATIVA EN PESO ** (%)	100
POTENCIA RELATIVA EN VOLUMEN ** (%)	145
RESISTENCIA AL AGUA	Excelente
CATEGORÍA DE HUMOS	Primera

Fuente: Tomada de Famesa, 2022

Accesorios usados por los M.A en Cia Minera Poderosa S.A tenemos:

- El CARMEX es un sistema de iniciación convencional de explosivos, compuesto por accesorios tradicionales de voladura especiales y ensamblado por personal especializado, mediante el uso de máquinas fijadoras neumáticas de precisión, garantizando con ello la preparación de herméticos ensambles Mecha de Seguridad, que permitirán minimizar la ocurrencia de tiros cortados. (FAMESA, 2022). En la figura 8 se muestra el carmex y emulsión explosiva.

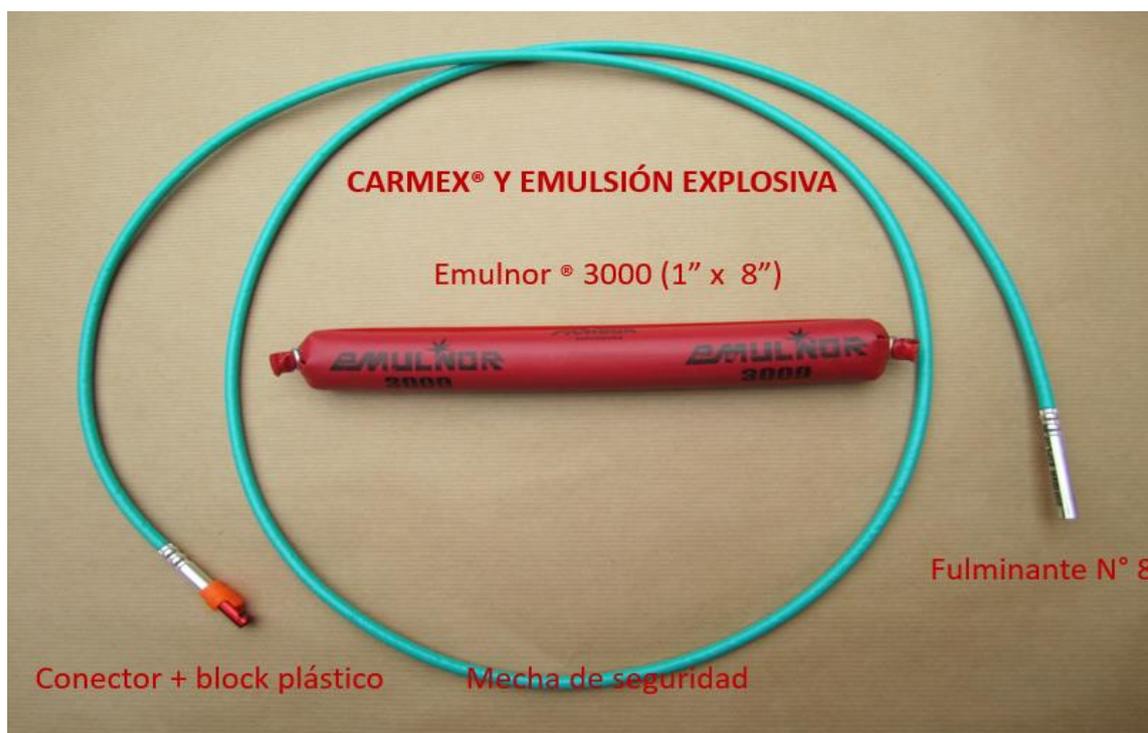


Figura 8. Carmex y emulnor 3000.

Fuente: Tomado de Minera Poderosa, 2022.

- Mecha rápida Z-18 es un componente del sistema tradicional de iniciación de voladuras, compuesto por una masa pirotécnica, dos alambres y una cobertura exterior de material plástico. La mecha rápida produce una llama incandescente durante su combustión con la suficiente temperatura para activar la masa pirotécnica del conector para mecha rápida, el que a su vez asegura el eficiente encendido de la mecha de seguridad.



Figura 9. Distancia entre conectores para garantizar la correcta secuencia.

Fuente: Fuente: Tomado de Minera Poderosa, 2022.

2.2.20. Eficiencia de perforación

Para que la perforación sea eficiente, se debe contar con una simetría adecuada de los taladros, contar con longitud y calidad adecuada, asimismo el paralelismo correcto, estos son algunos de los criterios se obtiene la fragmentación adecuada el cual contribuye en la reducción de costos en el proceso de ejecución. Por tanto, en actividades de perforación la eficiencia comprende en el lograr penetración mayor a costo reducido. (Tinta, 2022)

$$Eff.perf = \frac{Long. Efect. Perf.}{Longitud de Barreno} \times 100$$

2.2.21. Cantidad de producción por avance

Para calcular la producción de avance se debe multiplicar el área del frente por la longitud de avance efectivo que se realiza en cada perforación, generalmente se aplica la formula siguiente: (Tinta, 2022)

$$Produccion / avance = Long. efect \times Seccion del Frente$$

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

Estandarización: La estandarización se define como el proceso de crear normas o modelos específicos que establecen características comunes que deben utilizarse para lograr un objetivo. Estas normas deben respetarse plenamente.

Explosivos: “Son productos químicos que encierran un enorme potencial de energía, que bajo la acción de un fulminante u otro estímulo externo reaccionan instantáneamente con gran violencia. Se fabrican con diferentes potencias, dimensiones y resistencia al agua, según se requiera” (Exsa, 2014)

Perforación: Es una operación mecánica que consiste en hacer taladros en mineral o roca con la finalidad que en su interior se pueda depositar carga explosiva, que al detonar sean capaces de arrancar del seno de estos materiales, porciones de roca o mineral. (EXSA,2014).

Burden. Distancia desde el barreno al frente libre de la roca, medida perpendicular al eje del taladro. También denominado piedra, bordo o línea de menor resistencia a la cara, distancia desde el pie o eje del taladro a la cara libre perpendicular más cercana. También la distancia entre filas de taladros en una voladura. (Rodgers, 2002).

Taladros de producción: Es la voladura principal en cuanto al volumen de arranque se refiere el esquema suele ser más abierto que el arranque y ayuda de arranque y con menores consumos específicos de explosivos (Exsa, 2006)

Arranque. Los del centro, que se disparan primero para formar la cavidad inicial. Por lo general se cargan de 1,3 a 1,5 veces más que el resto. (Exsa, 2006)

Ayuda. Aquellos orificios acompañan y rodean el orificio de arranque y ayudan a la saliente o concavidad de inicio. (Exsa, 2006)

Cuadradores: Son los taladros laterales (hastiales) que forman los flancos del túnel. (Exsa, 2006)

Alzas o techos. - Son los taladros que forman el techo o bóveda del túnel, también se le denomina taladros de corona (Exsa, 2006)

Arrastre o pisos: Son los taladros que corresponden al piso del frente, por lo general se dispara al final de toda la tanda. (Exsa, 2006)

Circado Consiste en la explotación de una estructura de mineral de poca potencia para extraer el mineral de manera selectiva. Primeramente, se extrae el material no económico y luego se realiza la voladura del mineral de alta ley. (Acosta, 2019)

Paralelismo. El paralelismo en perforación de minería se denomina al paralelismo geométrico entre las direcciones de las rectas de los taladros que perforan una misma estructura mineralizada o sección de labor. (Exsa, 2006)

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

3.1.1. Geográfica

La compañía Minera Poderosa se divide en 3 unidades operativas: Vijus, Paraíso y Santa María. El presente Trabajo de investigación se realizó en Unidad de Paraíso; específicamente en las concesiones Poderosa-3, Poderosa-4.

Se encuentra ubicada en el flanco nororiental de la cordillera de los Andes, la mineralización está emplazada en el Batolito de Patáz, en el margen derecho del Río Marañón.

3.1.2. Política

Políticamente la Unidad Minera Poderosa está ubicada en el Anexo de Vijus, Distrito de Patáz, Provincia de Patáz, Departamento de La Libertad a 360 Km al N.E de la ciudad de Trujillo.

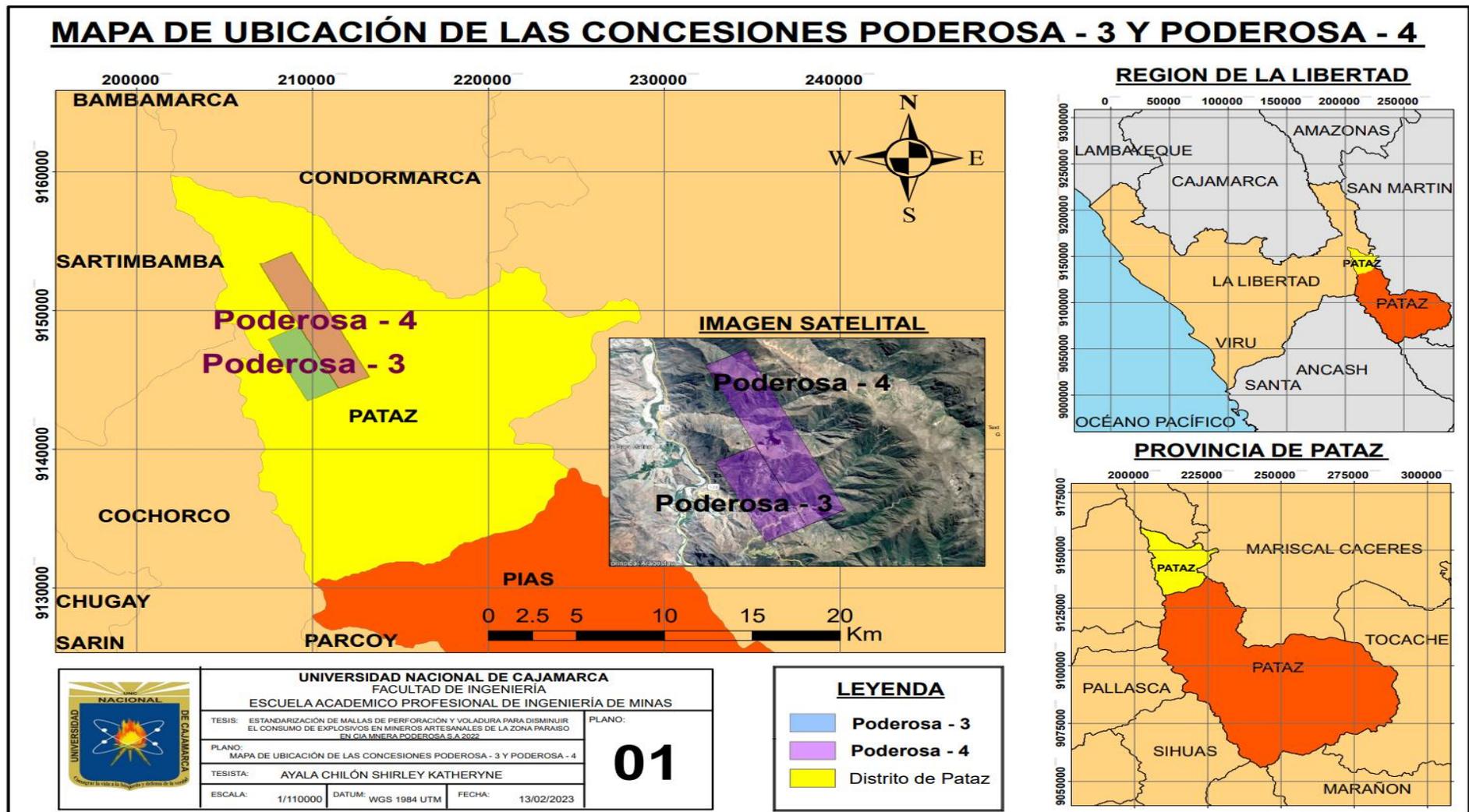


Figura 10. Mapa de ubicación de la Concesión Poderosa – 3 y Poderosa – 4.

3.2. ACCESIBILIDAD

Para acceder al área de estudio se llega de la siguiente manera:

La primera de ellas, mediante la vía saliendo de Pataz con dirección a la bocamina Papagayo.

La segunda vía desde Vijus con Dirección a la Bocamina Papagayo.

Tabla 8. Rutas de acceso hacia la bocamina Papagayo.

RUTA	LONGITUD (m)	LONGITUD (Km)	TIEMPO(h)
PATAZ- BOCAMINA PAPAGAYO	31973.55	31.97355	2 h 45 min
VIJUS- BOCAMINA PAPAGAYO	12050.07	12.05007	1 h 30 min

Fuente: Tomado de Minera Poderosa, 2023.

3.3. CLIMA

El distrito de Pataz tiene un clima cálido a frío con una amplia variación entre el día y la noche. En particular, la temporada de lluvias comprende los meses de noviembre a abril y la temporada seca de mayo a octubre. A mayor altitud el clima es cálido a frío, muy seco, con fuertes fluctuaciones de temperatura y frecuencia de lluvia.

Según SENAMHI (2021), La temperatura promedio es de 20 °C en el distrito de Pataz; puede llegar a la máxima de 25 °C y la mínima de 13 °C, aproximadamente.

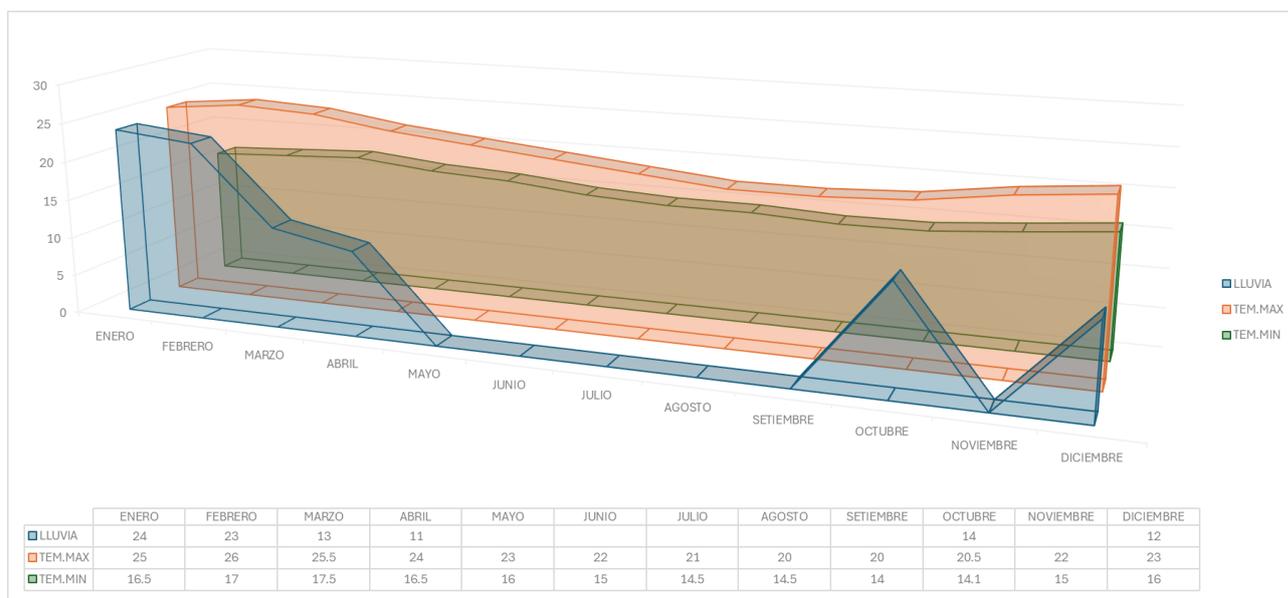


Figura 11. El tiempo por mes en la Libertad.

Fuente: Tomada de SENAMHI, 2022.

3.4. VEGETACIÓN

La vegetación natural de la zona varía según el clima, topografía y elevación del terreno. Encima de los 3700 metros existe la vegetación típica de la puna, que está limitada a algunas especies de hierbas. En los niveles inferiores aparecen pequeños arbustos y una cubierta escasa de hierbas. Por debajo de los 2300 metros los arbustos son tan abundantes que hacen difícil el progreso fuera de los caminos de herradura, además los árboles son bastante comunes. Esta vegetación de arbustos y árboles bajos llega hasta la ribera del río Marañón

Existen pastizales, manglares, dunas costeras y distintos tipos de vegetación acuática distribuidos a lo largo de la franja costera y vertiente interior, así como selvas medianas, bosques de montaña en las partes más húmedas.

Las zonas agrícolas abarcan 21% de la superficie del estado. Ichu, Cardos, Eucalipto – el cual es abundante en la zona – hierba de forraje, matico; además, papa, tarwi, arveja, trigo, quinua, cebada y otras. (CMPSA, 2022).

3.5. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

3.5.1. Tipo, Nivel, Diseño y Método de Investigación.

- **Tipo de Investigación**

Es un tipo de investigación aplicada ya que el propósito fundamental es dar solución a un problema práctico.

- **Nivel de Investigación**

El nivel de investigación es explicativo ya que tiene como propósito describir, sistematizar y completar, cuantitativamente el fenómeno estudiado.

- **Diseño de investigación**

La presente investigación se categoriza como experimental, porque se estandarizará las mallas de perforación, y se evaluará el efecto que tendrá sobre el consumo de explosivos.

Tabla 9.Diseño de la investigación

G	O1	X	O2
Grupo de sujetos experimentales	Medición-Etapa preprueba	Condición experimental	Medición-Etapa Posprueba
Labores asignadas de la Zona Paraiso en Cia Minera Poderosa	Medición del consumo de explosivos de acuerdo al tipo de perforación y voladura utilizada actualmente	Aplicación de la estandarización de mallas de perforación y voladura en labores asignadas	Medición del consumo de explosivos luego de estandarizar las mallas de perforación y voladura

Fuente: Modificado de metodología de la investigación, Hernández,2010.

- **Método de Investigación**

El método usado en la investigación es el método científico, porque en el proceso observamos los hechos, se formulan hipótesis, se procesan los datos y se llega al final a las conclusiones.

3.5.2. Población

Para el presente estudio, se considera los mineros artesanales que tienen una concesión de contrato en La Poderosa-3 y Poderosa-4 pertenecientes a la Zona Paraíso de Cia Minera Poderosa.

3.5.3. Muestra

Para el tamaño de la muestra cuando el universo es finito; aplico la siguiente formula (García, Reding, & Lopez, 2013):

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q}$$

Donde:

N=población=12

Z_a=seguridad. Se considera un Factor de seguridad al 90%=1.6

p=proporción esperada (3%) =0.03

q=1-p=1-0.03=0.975

d=precisión (5%) =0.05

n=5

- Para el presente estudio se consideran 5 mineros artesanales que participan en la actividad de operaciones del sector Papagayo, zona Paraíso en Cia Minera Poderosa S.A.

3.5.4. Unidad de Estudio

Para la unidad de estudio se considera el diseño de mallas de perforación y voladura de labores asignadas en la Zona Paraíso Niveles (1720,1730,1875,1987,2020) de Minera Poderosa.

3.5.5. Definición de Variables

3.5.5.1. Variable independiente

Estandarización de malla de Perforación y Voladura.

b) Variable dependiente

Consumo de Explosivos.

Tabla 10.Operacionalización de variables.

Variables	Definición operacional		
	Dimensión	Subdimensiones	Indicadores
Variable independiente			
Estandarización de una malla de perforación y voladura	Perforación y voladura	Diámetro del taladro	mm
		Longitud de taladro	m
		Burden	m
		Espaciamiento	m
		Numero de taladros	unidades
Variable dependiente			
Consumo de explosivos	Voladura	Explosivo	Kg

3.5.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

3.5.6.1. Técnicas

La recolección de datos se realizará mediante instrumentos como: observación, formatos de campo, base de datos.

La observación directa en los procesos de perforación y voladura de acuerdo al diseño de pruebas estandarizadas, tomando datos en los formatos de campo.

También se controlará el consumo de explosivos, pies perforados, día de entrega de reportes y repartición de explosivos.

3.5.6.2. Instrumentos, materiales y equipos

- Libreta de campo y lapicero: para apuntar los datos de las mallas de perforación y voladura, especificaciones de las labores de los M.A, resultados de la experimentación, etc.
- Wincha o flexómetro: para medir las secciones y longitudes de las labores de los M.A.
- Laptop: para el procesamiento de la información utilizando softwares.
- Planos: para la ubicación del lugar de la ubicación y el avance de la experimentación en las labores de los M.A.
- Spray en aerosol: para la marcación de mallas en las labores de los M.A.
- GPS Navegatorio: para ubicar las coordenadas de los M.A.
- Picota de geólogo: para medir la resistencia de la roca de los M.A.
- Brújula: para medir el azimut y buzamiento de las labores de los M.A.

3.5.6. Análisis e interpretación de datos

Los datos tomados en campo serán posteriormente plasmados en el plano topográfico y geológico, para su tratamiento en ArcGIS, AutoCAD para su posterior análisis e interpretación en Excel.

3.5.7. Procedimientos

Para llevar a cabo la investigación, he considerado apropiado dividirlo en 2 fases, una de gabinete y de campo, de manera que pueda recopilar información precisa para realizar el cálculo detallado y brindar una estandarización de mallas beneficiando a los M.A en CMPSA.

3.5.7.1. Etapa preliminar de Gabinete

En esta etapa hacemos énfasis en la revisión de antecedentes, información geológica, topográfica e informes brindados por CMPSA; así también tome en cuenta la bibliografía citada en el manual de perforación y voladura de Exsa, donde se presenta diferentes fórmulas para el diseño de las mallas de perforación y voladura.

3.5.7.2. Etapa de campo

Etapa que sirve para realizar la toma de datos en las labores de los mineros artesanales, así como la experimentación de las pruebas del diseño de mallas de perforación y voladura logrando la estandarización de las mallas.

3.5.7.3. Etapa Post campo

Etapa donde elabore el diseño de las mallas de perforación y voladura donde se calculó la cantidad de carga de explosivos en cada prueba y la secuencia de salida en voladura. Asimismo, se realizó el cálculo del costo unitario por metro o metro cubico de avance de acuerdo a la labor de cada minero artesanal.

La elaboración del diseño de las mallas de perforación y voladura se realizaron en Autocad y los datos fueron procesados en Microsoft Excel con el fin de mantener el orden de los datos y la elaboración correcta y precisa de los cálculos para lograr una estandarización de mallas de perforación y voladura en las labores de los M.A en Minera Poderosa.

3.6. GEOLOGÍA LOCAL

3.6.1. Rocas metamórficas

Están compuestas principalmente por filitas tono verde oliva y textura fina, se identifican minerales como talco, clorita, sericita y calcita. También se los conoce como metavolcánicos, ya que provienen de antiguas rocas volcánicas que han sufrido transformaciones. Algunas de estas rocas muestran minerales más grandes y presentan colores que varían entre gris y verde grisáceos.

3.6.2. Rocas Intrusivas

Corresponde al Batolito de Pataz, con dirección NNW – SE y abarca cerca de 200km² en superficie. Este compuesto principalmente por rocas de tipo ácido, como granodiorita, cuarzo, granito y tonalita.

- **Granodiorita:**

Se describe como una roca de color gris caro y tiene una textura formada por granos visibles. Entre los minerales mas comunes que la componen se encuentran plagioclasas, feldespato potásico y cuarzo. También se puede notar algunos minerales en menor proporción, como biotita y clorita.

Las plagioclasas representan entre el 35% y 45%; alcanzando tamaños superiores a 0.5 mm, el cuarzo constituye entre un 20% y 25%.



Figura 12. Muestra de granodiorita.

Fuente: Tomada de Minera Poderosa, 2023.

- **Diorita**

Se presentan en varias zonas del área de estudio, generalmente en forma de pequeños cuerpos como diques, y su textura varía dependiendo del lugar. En algunos sitios aparecen como micro dioritas y en otros como andesitas. Suelen estar vinculadas a zonas con fallas o fracturas.

- **Aplitas**

Se caracterizan por su color claro, predomina el blanco y en tonalidades rosadas. Su textura inequigranular de diferente tamaño tanto finos como gruesos, aunque en general son de dimensiones pequeñas. Están compuestas principalmente de cuarzo, feldespato y plagioclasa.

3.7. GEOLOGÍA ECONÓMICA

Las fracturas pre-existentes a la mineralización tienen un rumbo paralelo a las grandes fallas N-S con buzamiento variable al Nor Este, la mineralización relleno estas fracturas con cuarzo, pirita que posteriormente fueron afectadas por fallas transversales; esto dió origen a que las vetas presenten un modelo tipo rosario.

Las vetas son típicamente mesotermales donde prima la asociación “cuarzo, pirita, galena, esfalerita” así como otros minerales asociados en menor magnitud como clorita, sericita, calcita, ankerita y ocasionalmente oro libre.

Las vetas se alinean a una dirección dominante NW con buzamientos al NE, siendo casi todo el resultado del emplazamiento del sistema de fallas de cizalla, así mismo se han identificado “sistemas” de vetas, constituidos por una veta central o principal con ramales y sigmoides asociados. La mayoría de las vetas presentan marcadas variaciones en rumbo y buzamiento, generando zonas de mayor apertura y enriquecimiento, emplazados en zonas de debilidad y cizallamiento que favorecieron el relleno mineralizante. La extensión horizontal e individual de las estructuras en algunas decenas de metros las cuales están controladas por fallas transversales sinextrales en la mayoría de los casos, de actividad tanto pre como post al emplazamiento de la mineralización (CMPSA, 2022).

Los minerales que conforman las estructuras de interés económico son: Cuarzo lechoso con pirita, algunas zonas se observa galena, esfalerita y arsenopirita. También se observa oro nativo en el cuarzo, entre otros minerales de ganga ocasionalmente distinguidos son: Calcita, Sericita, Arsenopirita, Calcopirita, Pirrotita, limonita y goethita (CMPSA, 2022).

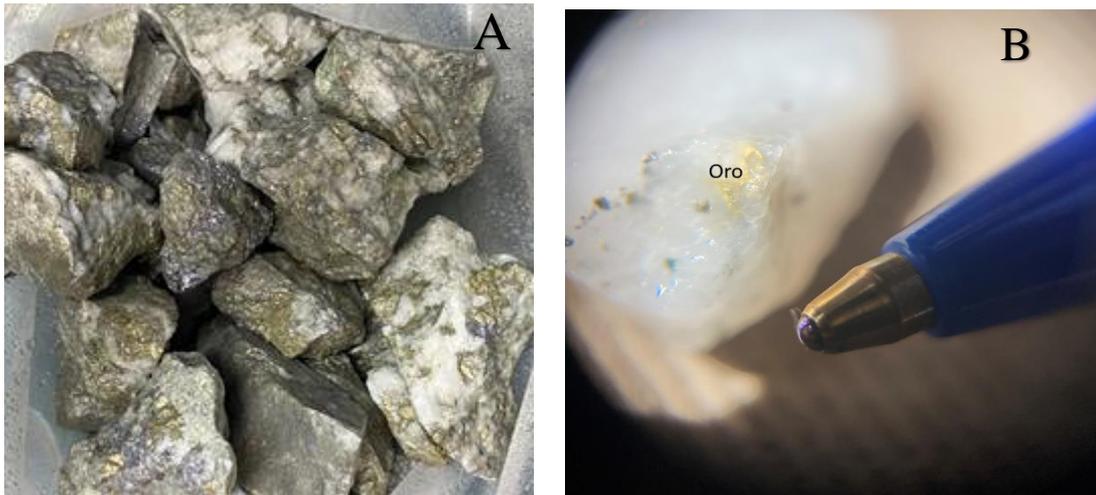


Figura 13. Muestras de mineral con estructuras de interés económico.

Fuente: Tomada de Minera Poderosa, 2023.

Nota: A) Mineral con ley superior a 30 gr/TM producto de vetas de cuarzo con sulfuros.

B) Cuarzo blanco con oro libre, corresponde a la veta La Lima.

Entre las alteraciones hidrotermales principalmente se presenta:

- Sericítica: En la zona de alteración el cuarzo es el único mineral primario no alterado, el resto de los minerales fue reemplazado por sericita, cloritas y pirita; a veces la clorita, como producto de alteración temprana, es reemplazada en una fase posterior por mica blanca (moscovita). En general, la roca alterada presenta un color crema. El halo de alteración se extiende a pocos centímetros o a veces a varios metros de la estructura mineralizada (CMPSA, 2022).
- Propilítica: Es una alteración hidrotermal temprana y está afectando a los ferromagnesianos de los diferentes tipos de rocas. Está ampliamente distribuida como halos externos y adyacentes a la alteración sericítica (CMPSA, 2022).

3.9. RECOPIACIÓN DE DATOS EN LAS LABORES ASIGNADAS DE LOS MINEROS ARTESANALES EN LA ZONA PARAÍSO

Aspectos técnicos de diseño y construcción de las labores ubicadas en los Niveles 1720, 1730,1875,1987 y 2020.

El diseño de las mallas de perforación y voladura utilizadas en las labores de los M.A se realizan de acuerdo al criterio y experiencia de los maestros perforistas.

3.9.1. Datos Tomados en la labor del Minero Artesanal N°1 Ubicado en el NV 1720.

Se tomó los datos de circado, este se realiza con un total de 46 taladros, el consumo de explosivos fue de 160 emulnor, 40 carmex y 5m de mecha rápida; con un total de consumo de explosivos de 12.90 kg. El avance es un total de 2m de largo, 2m de ancho y 0.9m de profundidad; obteniendo una producción/avance de 3.6m³. La eficiencia de perforación es del 74.3%. Se muestra en la figura 13 las especificaciones de los datos tomados en campo en la labor del MA N°1; la voladura se realiza en 2 partes, la parte B que contiene el desmonte y la parte A que contiene la parte mineralizada.

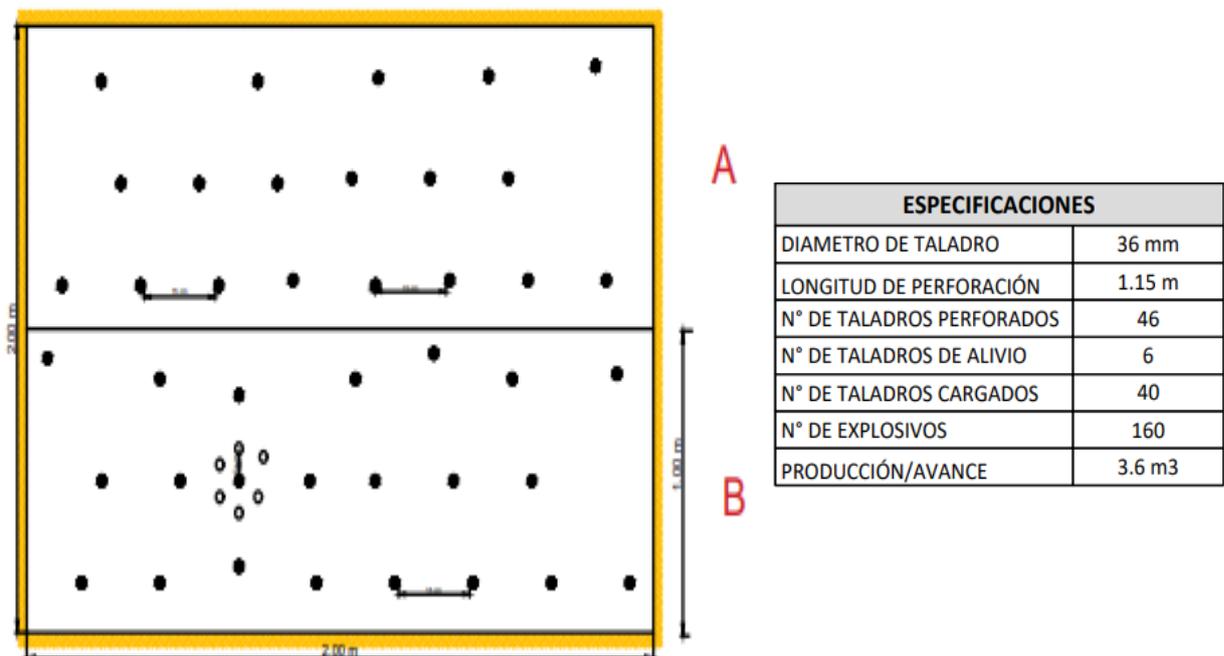
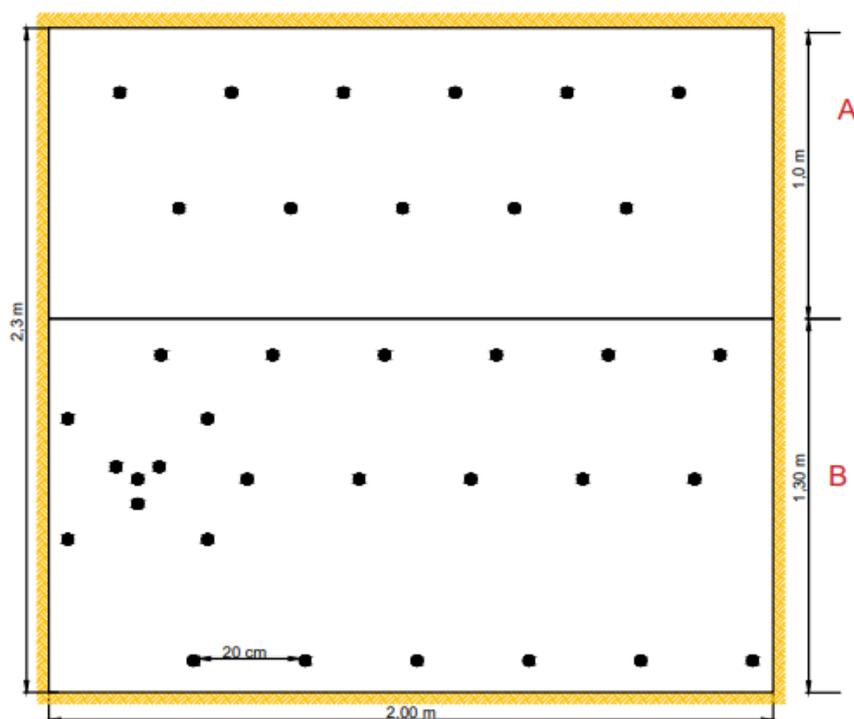


Figura 14. Malla de perforación y voladura, especificaciones Minero Artesanal N°1.

3.9.2. Datos Tomados en la labor del Minero Artesanal N°2 ubicado en el NV 2020.

Se tomó los datos de circado, este se realiza con un total de 36 taladros, el consumo de explosivos fue de 144 emulnor, 36 carmex y 5m de mecha rápida; con un total de consumo de explosivos de 11.61 kg. El avance es un total de 2.3m de largo, 2m de ancho y 0.65m de profundidad; obteniendo una producción/avance de 2.99m³. La eficiencia de perforación es del 70.97%. Se muestra en la figura 14 las especificaciones de los datos tomados en campo en la labor del MA N°2; la voladura se realiza en 2 partes, la parte A que contiene el desmonte y la parte B que contiene la parte mineralizada.



ESPECIFICACIONES	
DIAMETRO DE TALADRO	36 mm
LONGITUD DE PERFORACIÓN	0.87 m
N° DE TALADROS PERFORADOS	36
N° DE TALADROS DE ALIVIO	0
N° DE TALADROS CARGADOS	36
N° DE EXPLOSIVOS	144
PRODUCCIÓN/AVANCE	2.99 m ³

Figura 15. Malla de perforación y voladura, especificaciones Minero Artesanal N°2.

Nota: No presenta ningún taladro de alivio a pesar de no tener cara libre.

3.9.3. Datos Tomados en la labor del Minero Artesanal N°3 Ubicado en el NV 1987.

Se tomó los datos de la malla empleada en un subnivel ubicado en la labor del MA N°3, este se realiza con un total de 17 taladros, el consumo de explosivos fue de 124 emulnor, 31 carmex y 4m de mecha rápida; con un total de consumo de explosivos de 9.99 kg. El avance es un total de 1.6m de largo, 1.4m de ancho y 0.85m de profundidad; obteniendo una producción/avance de 1.904m³. La eficiencia de perforación es del 92%. Se muestra en la figura 15 las especificaciones de los datos tomados en campo en la labor del MA N°3.

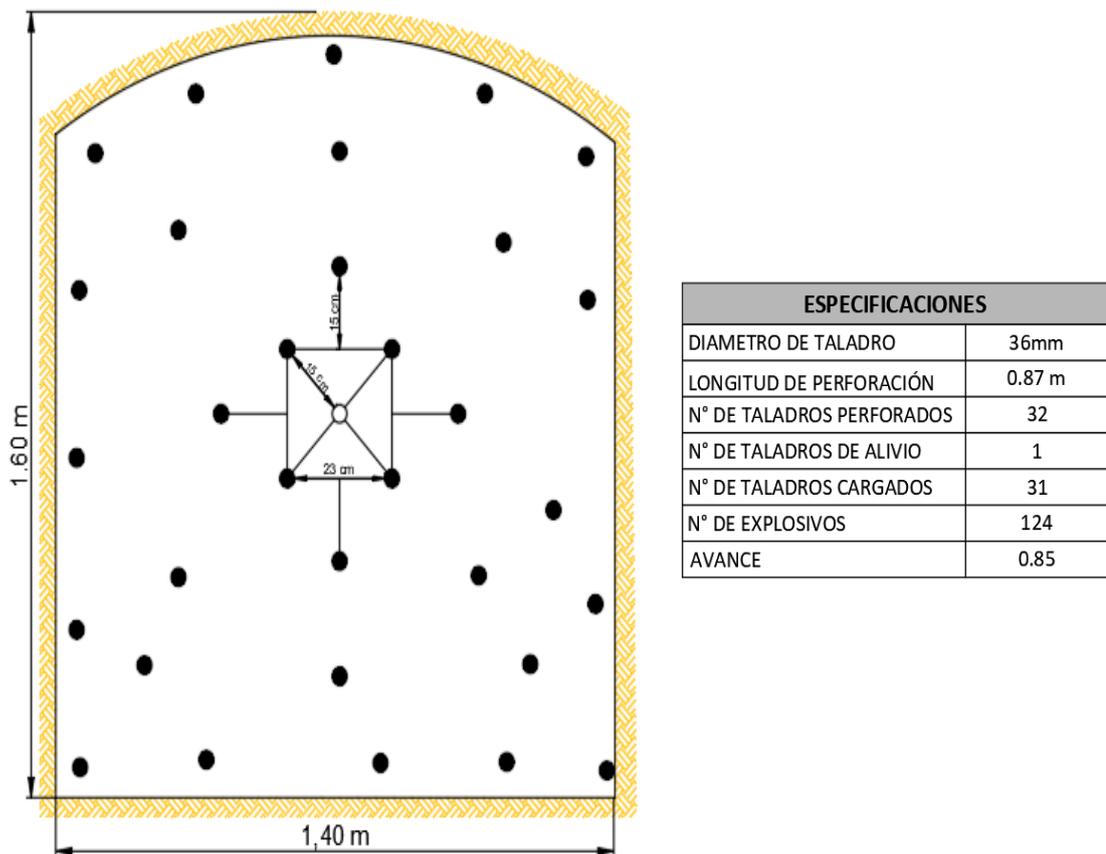


Figura 16.Malla de perforación y voladura, especificaciones Minero Artesanal N°3.

3.9.4. Datos Tomados en la labor del Minero Artesanal N°4 en el NV 1730.

Se tomó los datos de la malla empleada en un subnivel ubicado en la labor del MA N°4, este se realiza con un total de 31 taladros, el consumo de explosivos fue de 116 emulnor, 29 carmex y 4m de mecha rápida; con un total de consumo de explosivos de 9.35 kg. El avance es un total de 1.60 de largo, 1.40m de ancho y 0.85m de profundidad; obteniendo una producción/avance de 1.904m³. La eficiencia de perforación es del 92%. Se muestra en la figura 16 las especificaciones de los datos tomados en campo en la labor del MA N°4.

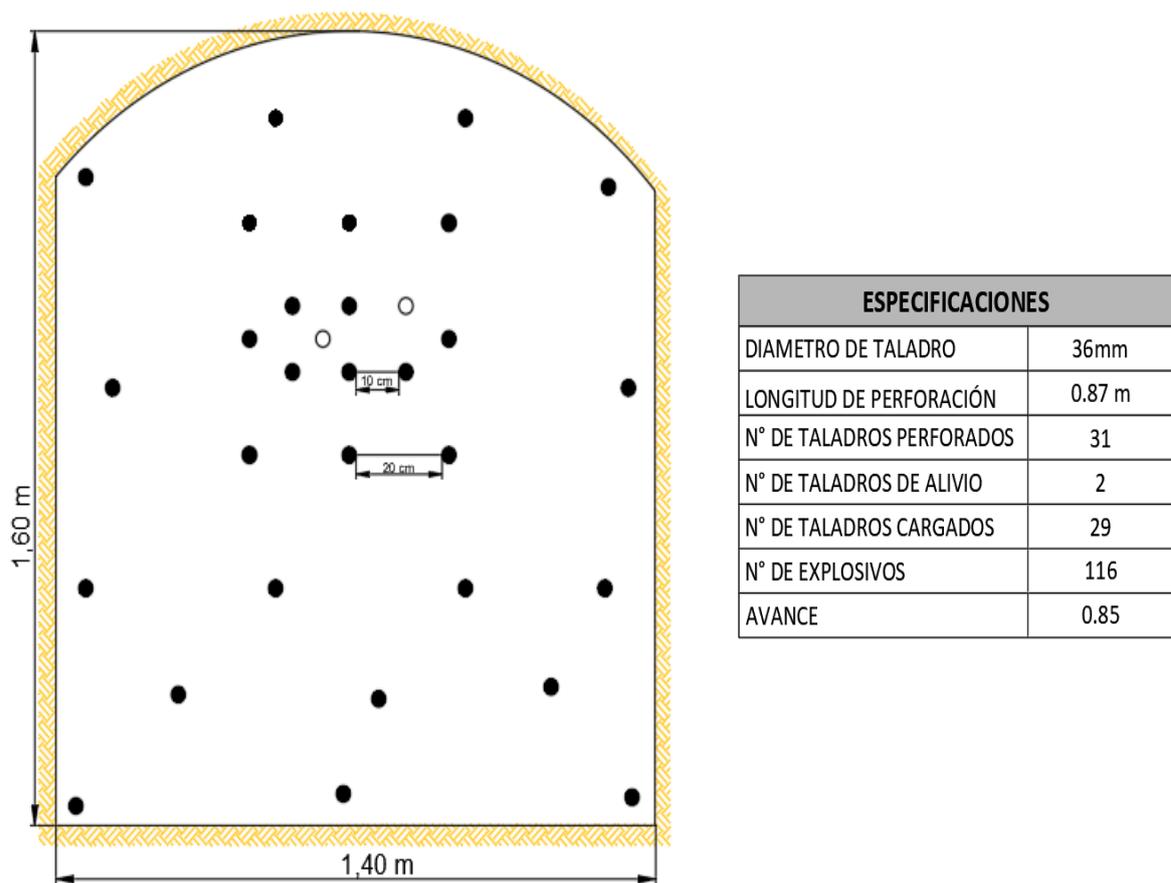


Figura 17. Malla de perforación y voladura, especificaciones Minero Artesanal N°4.

3.9.5. Datos Tomados en la labor del Minero Artesanal N°5 1875.

Se tomó los datos de la malla empleada en una cortada ubicado en la labor del MA N°5, este se realiza con un total de 47 taladros, el consumo de explosivos fue de 168 emulnor, 42 carmex y 5m de mecha rápida; con un total de consumo de explosivos de 13.54 kg. El avance es un total de 1.80 de largo, 1.50m de ancho y 1.15m de profundidad; obteniendo una producción/avance de 3.105m³. La eficiencia de perforación es del 95%. Se muestra en la figura 17 las especificaciones de los datos tomados en campo en la labor del MA N°5.

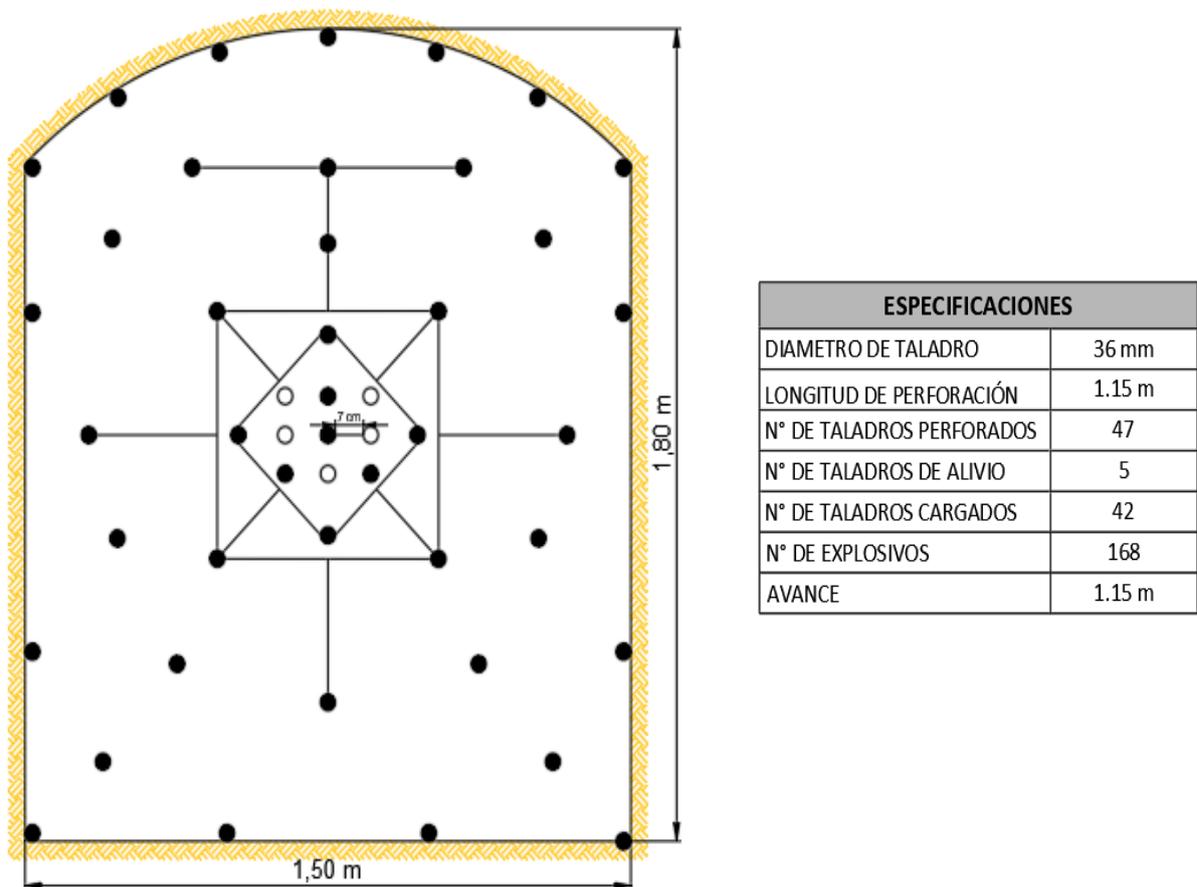


Figura 18. Malla de perforación y voladura, especificaciones Minero Artesanal N°5.

3.10. Diseño de Malla de Perforación y Voladura en las labores de los M.A.

Todo parámetro de perforación y voladura debe basarse en un modelo matemático, para nuestro estudio se ha utilizado el Modelo matemático de Konya y Holmberg para diseñar y calcular los parámetros de perforación y voladura para minería subterránea así también el manual de perforación y voladura de Exsa; además se hizo un ajuste de parámetros en base a la realidad operativa de cada labor, con la finalidad de obtener una estandarización de mallas.

3.10.1. Prueba realizada en la labor del Minero Artesanal N°1.

La sección de prueba es de 2m de ancho y 2.20 m de largo, la longitud de perforación es de 1.15 m, se emplea una broca de 36mm para la perforación. Se realiza el análisis del macizo rocoso in-situ para realizar posteriormente el diseño de la malla de perforación y voladura.

- **ANÁLISIS DEL MACIZO ROCOSO IN-SITU.**
A. Índice de calidad.

$$\lambda = \frac{\#discontinuidades\ que\ cortan}{Longitud} \quad \dots (1)$$

$$RQD = 100 \times e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1) \quad \dots (2)$$

Longitud: 2m

Número de discontinuidades que cortan: 11

Reemplazando en (1):

$$\lambda = \frac{11}{2}$$

$$\lambda = 5.5 \quad \dots (3)$$

Reemplazando (3) en (2):

$$RQD = 100 \times e^{-0.1(5.5)}(0.1(5.5) + 1)$$

$$\mathbf{RQD = 89 \%}$$

B. Cálculo del ROCK MASS RATING (RMR)

Tabla 11. Cálculo del RMR en la labor del M.A N°1.

Azimut discontinuidad							158			
Buzamiento discontinuidad							70			
Azimut de la labor							189			
PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN				PUNTUACIÓN					RMR	
1	Resistencia de la matriz rocosa intacta	Ensayo Carga puntual	> 10 MPa	4 – 10 MPa	2 – 4 MPa	1 – 2 MPa				12
		Compresión Simple	> 250 MPa	100 – 250 MPa	50 – 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa	
Valor			15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%			17
	Valor		20	17	13	6	3			
3	Espaciado de las discontinuidades		> 2 m	0,6 - 2 m	0,2 - 0,6 m	0,06 - 0,2 m	< 0,06 m			10
	Valor		20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1 - 1,0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm			6
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			5
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm			4
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta			5		
Valor	6	5	3	1	0					
Sumatoria			24							
5	Flujo de agua en las discontinuidades	Caudal por 100 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10 - 25 litros/min	25 - 125 litros/min	> 125 litros/min			10
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5			
		Condiciones Generales	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			
RMR									73	

Fuente: Tomado de López, 2011.

- **Análisis y Resultado.**

Tabla 12.Calidad del macizo rocoso en función del RMR en la labor del M.A N°1

Clase	RMR	Calidad
I	81 – 100	Muy buena
II	61 – 80	Buena
III	41 – 60	Regular
IV	21 – 40	Mala
V	0 – 20	Muy mala

Según el RMR la calidad de la Roca es **Buena.**

C. INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA (GSI)

- **Cálculo del GSI.**

$$GSI = RMR - 5$$

$$GSI = 73 - 5$$

$$GSI = 68$$

- **Análisis y Resultado.**

Tabla 13.Calidad del macizo rocoso en función del GSI en la labor del M.A N°1.

CLASE	GSI	CALIDAD DE LA ROCA
I	81 – 100	Muy buena
II	61 – 80	Buena
III	41 – 60	Regular
IV	21 – 40	Mala
V	0 – 20	Muy mala

Según el GSI la calidad de la Roca es **Buena.**

- **CÁLCULO DE PARÁMETROS UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LA LABOR DEL MINERO ARTESANAL N°1.**

Para el cálculo de los parámetros se utilizaron diversas fórmulas que se especifican en el manual de perforación y voladura de Exsa; este especifica que para la elaboración de una malla para circado o tajeo se debe utilizar la fórmula del Dr. Konya.

- Cálculo del número de taladros utilizados en el diseño de malla de perforación y voladura en la labor del MA N°1.

Número de Taladros = (P/dt) + (c*s)				26.00
Se agregan 3 taladros, haciendo un total de 29 taladros.				
Distancia entre Taladros				
Dureza de la Roca:	Tenaz	Intermedia	Friable	Tenaz
Distancia (m):	0.50 - 0.55	0.60 - 0.65	0.70 - 0.75	0.50
Coefficiente de la Roca				
Dureza de la Roca:	Tenaz	Intermedia	Friable	Tenaz
Coefficiente:	2.00	1.50	1.00	2
Alto de la Labor(m):				2.20
Ancho de la Labor (m):				2.00
Longitud de Perforación (m):				1.15
Taladros de Alivio				
Diámetro Equivalente (m):				0.07
Diámetro del Taladro (mm):				36
Cantidad de Taladros de Alivio:				4

- Cálculo del burden.

Burden del Primer Cuadrante = $3.15 \cdot \phi_{exp} \cdot (\delta_{exp}/\rho_r)^{1/3}$				7
Diámetro del Explosivo (cm):				2.50
Densidad del Explosivo (g/cm3):				1.6
Peso Específico de la Roca (g/cm3):				2.8
Burden				
	Sección	Valor (m):	Lado de Sección (m):	
	B1	0.07	0.10	
	B2	0.10	0.21	
	B3	0.21	0.45	
	B4	0.45	0.95	

- Cálculo de cantidad de carga promedio por taladro.

Cantidad de Carga (Kg)=movimiento de roca(m3)* kg/m3				10.12
Movimiento de Roca (m3):				5.06
Movimiento de Roca (Tn):				14.17
Densidad de la Roca (Tn/m3):				2.8
Kilos de Explosivo/m3				Kg/m3
Área del Tunel (m2)	Dura y Tenaz	Intermedia	Suave y Friable	2.6
1 a 5	2.60 a 3.20	1.80 a 2.30	1.20 a 1.50	
5 a 10	2.00 a 2.60	1.40 a 1.80	0.90 a 1.20	
10 a 20	1.65 a 2.00	1.10 a 1.40	0.60 a 0.90	
20 a 40	1.20 a 1.65	0.75 a 1.10	0.40 a 0.60	
40 a 60	0.80 a 1.20	0.50 a 0.75	0.30 a 0.40	
Carga Promedio por Taladro = Qt/Nt				0.39
Número de Explosivos por Taladro:				5
Peso Unitario del Explosivo:				0.0806

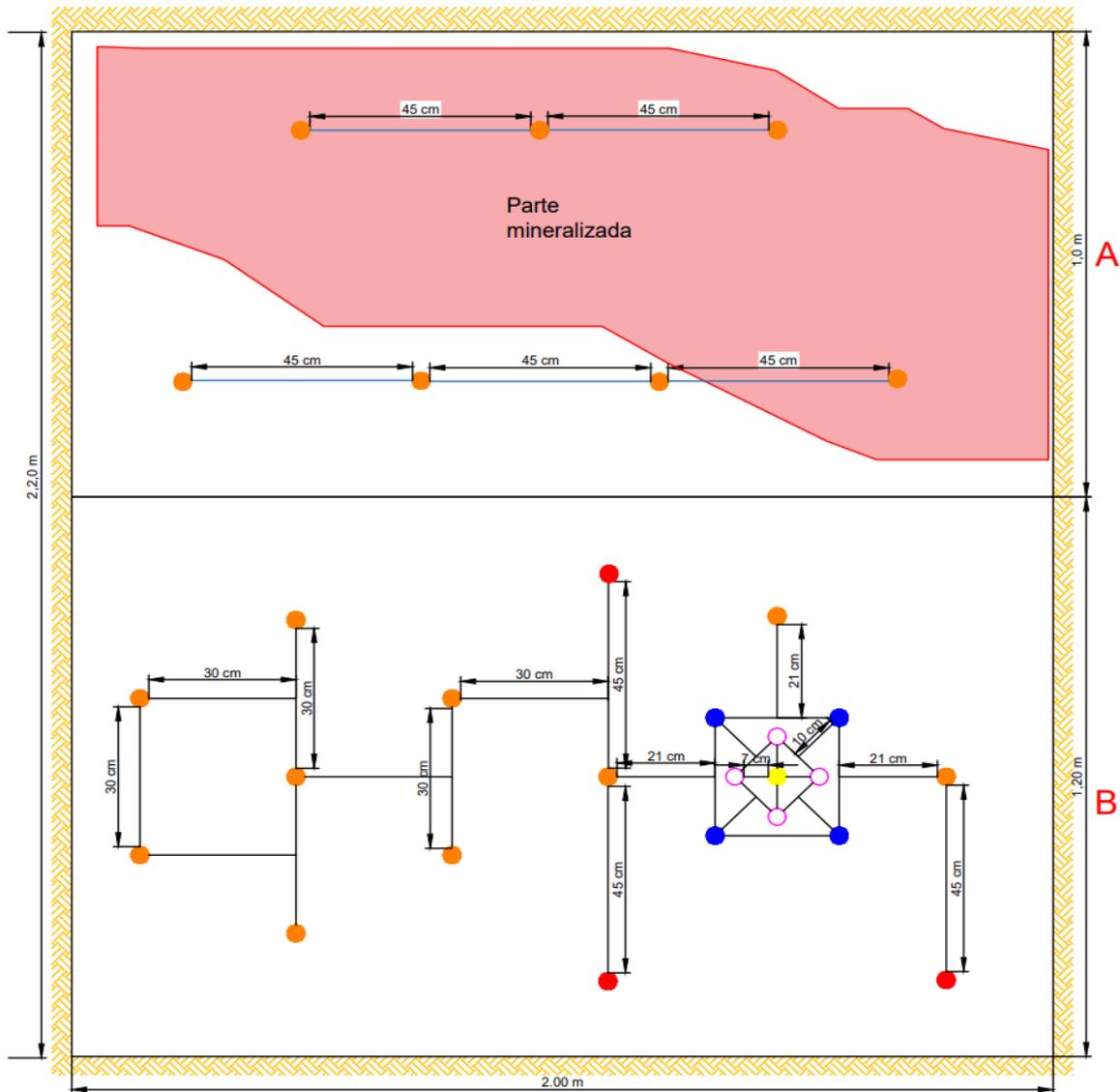


Figura 19. Diseño de malla de perforación en la labor del M.A n°1.

En la figura 18, se muestra el diseño de una malla de perforación en la labor del M.A n°1. Esta malla presenta un total de 29 taladros, donde 22 taladros se encuentran en la parte de desmonte con un alto de 1.20m, mientras que los 7 taladros, se encuentran en la parte mineralizada, que tiene un alto de 1.00m. En la parte B se muestra una malla de perforación que tiene un arranque tipo corte quemado, con 4 taladros alivio, de manera que genera una cara libre, permitiendo la salida de los demás taladros.

El diseño de malla en la parte mineralizada es de tipo zigzag, con burden de 0.45m. Se realizan la voladura en 2 días. Se muestra el cargado de los explosivos de la parte B en la siguiente figura.

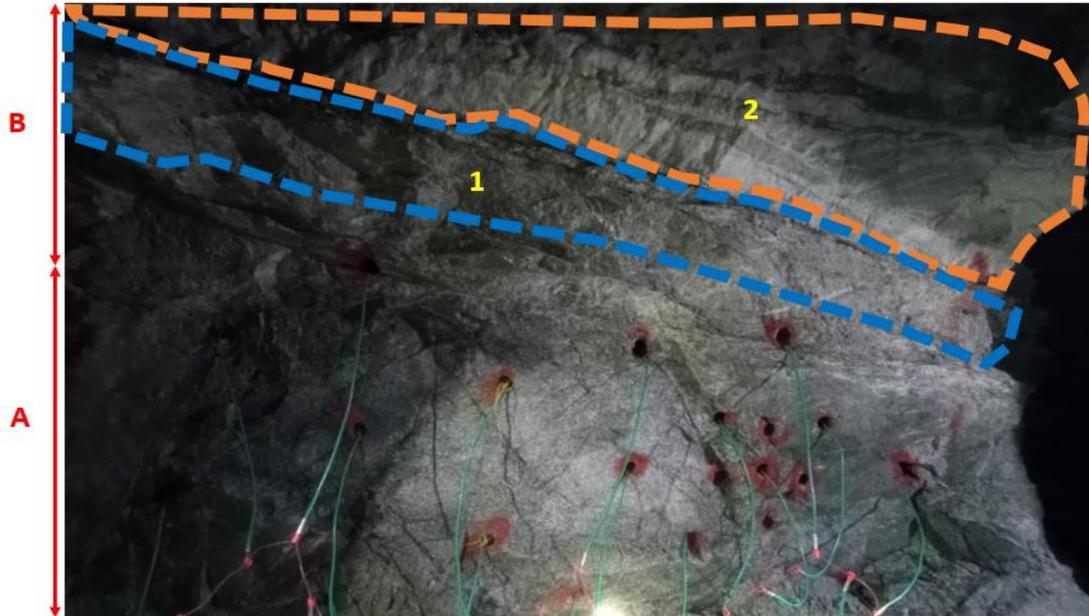


Figura 20. Circado en la labor del M.A N°1, se muestra la parte mineralizada en la parte B y el cargado de explosivos en la parte A.

Nota: 1) Alteración al piso compuesto por pirita diseminada y ramales de cuarzo.

2) Veta de cuarzo con parches de sulfuros (pirita y galena).

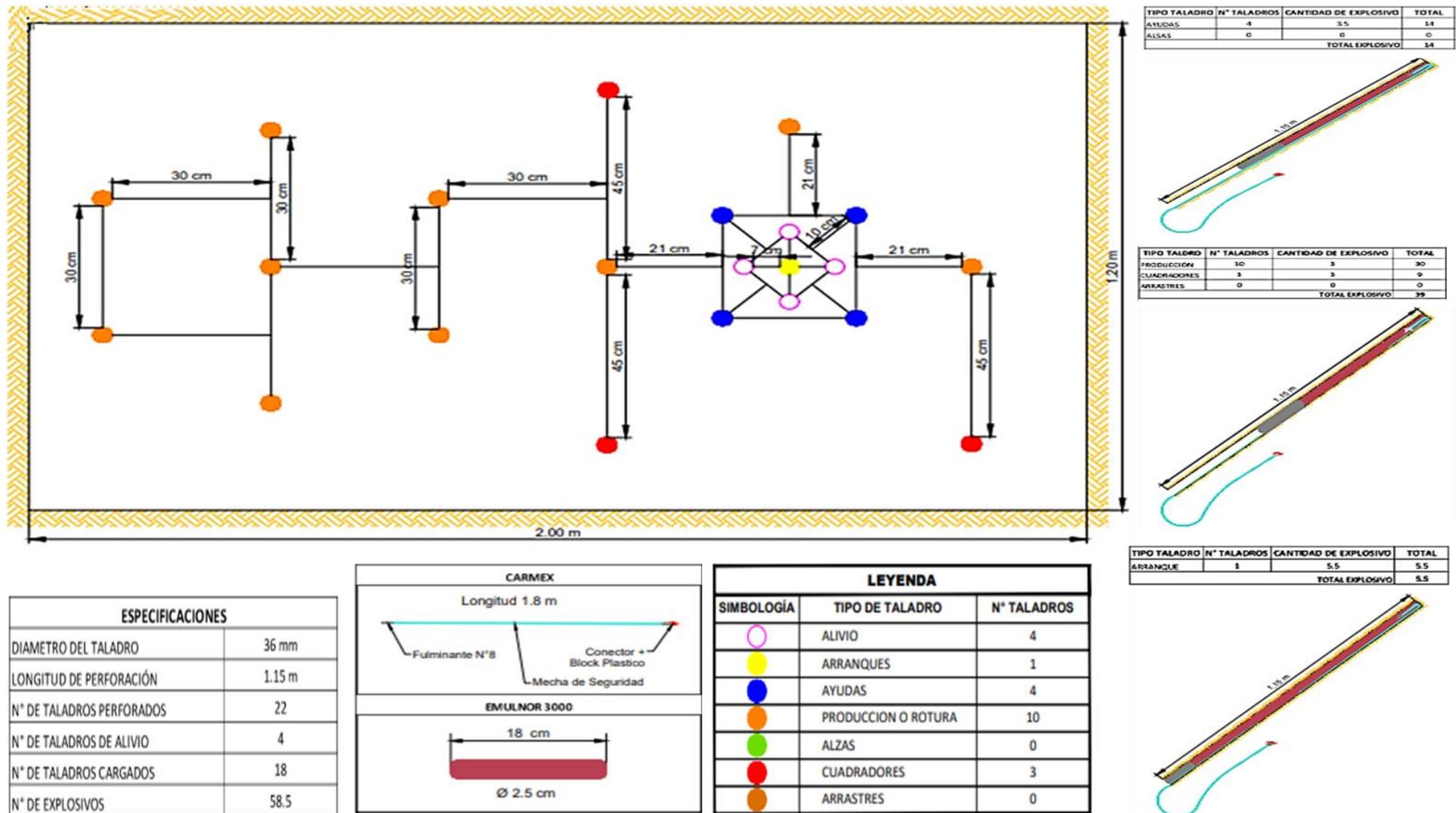


Figura 21. Diseño de malla de perforación y distribución de explosivos en los taladros de la parte B en la labor del M.A n°1.
 Nota: En las ayudas se consideraron 3.5 explosivos y en los taladros de producción y cuadradores 3 explosivos.

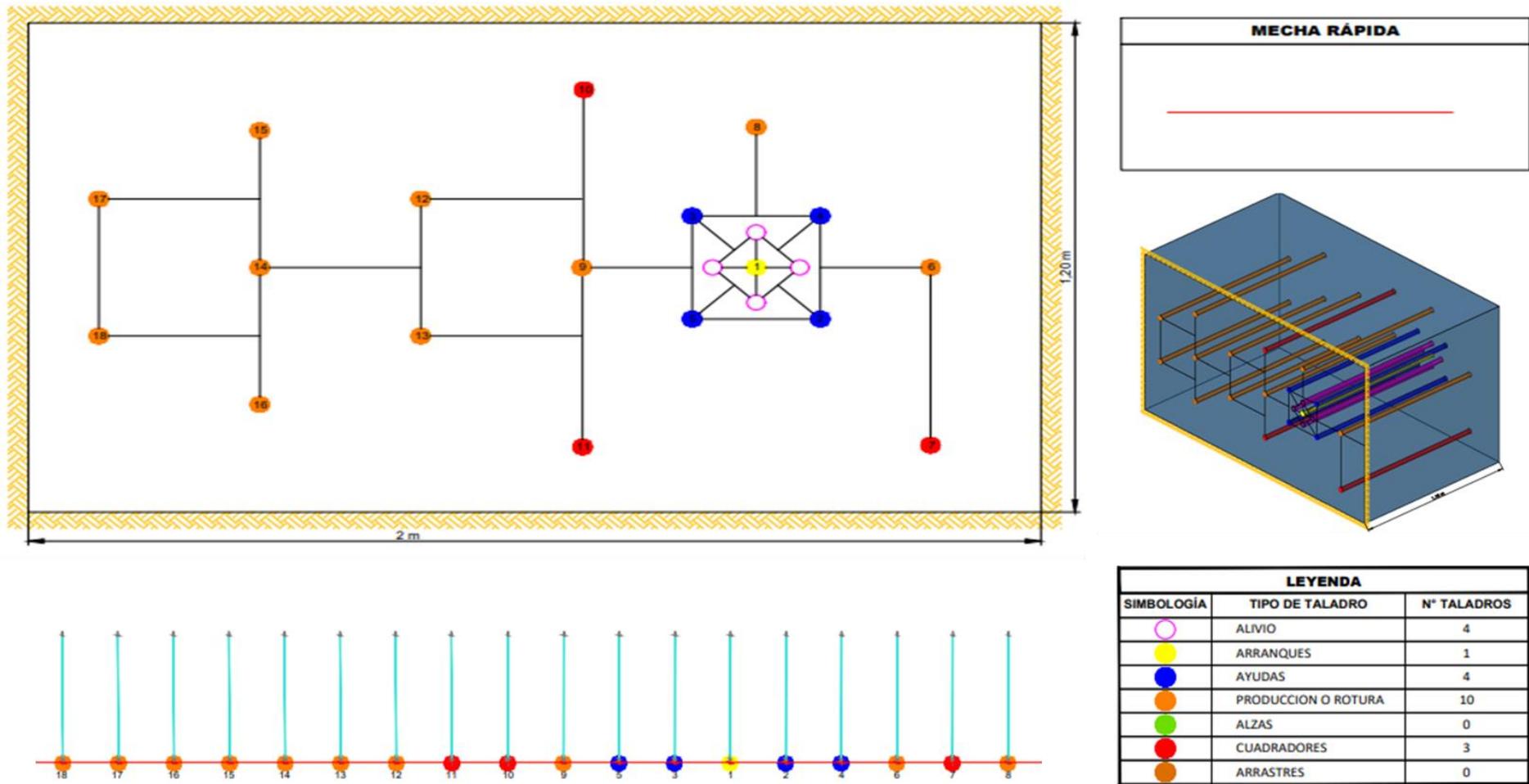


Figura 22. Secuencia de salida en voladura y vista isométrica de avance en la parte B de la labor del M.A n°1.

Nota: se obtiene una producción de avance de 2.64m³ considerando 1.1 m de profundidad. La eficiencia de perforación es del 90%.

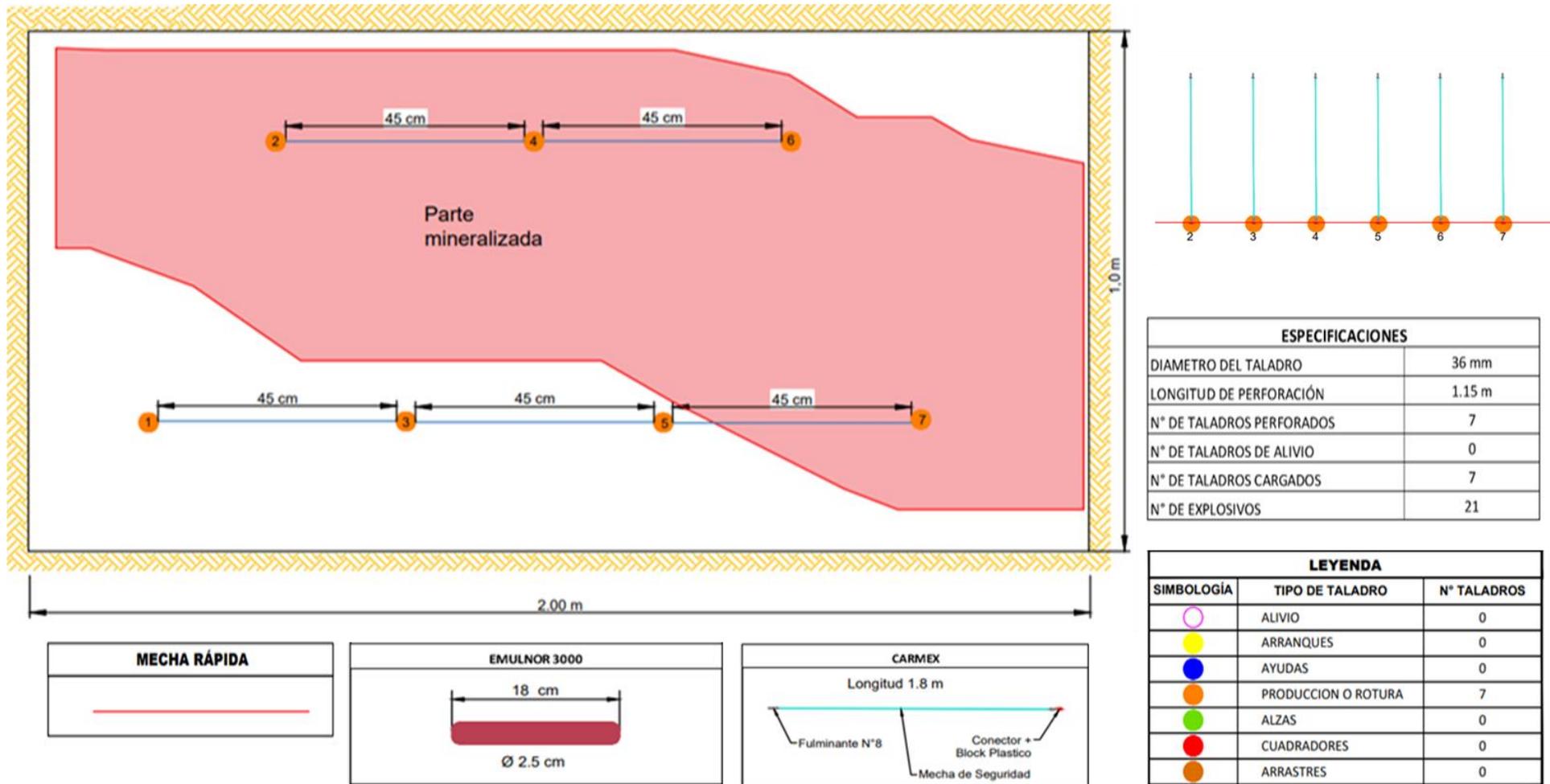


Figura 23. Diseño de malla de perforación y distribución de explosivos en los taladros de la parte A en la labor del M.A n°1.

Nota: se obtiene una producción/avance de 2.2m³ considerando 1.1 m de profundidad. La eficiencia de perforación es del 90%. En las dos voladuras se obtiene una producción de avance 4.84m³ con una eficiencia del 90%.

3.10.2. Prueba realizada en la labor del Minero Artesanal N°2.

La sección de prueba es de 2m de ancho y 2.0 m de largo, la longitud de perforación es de 0.87 m, se emplea una broca de 36mm de diámetro para la perforación. Se realiza el análisis del macizo rocoso in-situ para realizar posteriormente el diseño de la malla de perforación y voladura.

- **ANÁLISIS DEL MACIZO ROCOSO IN-SITU.**

A. Índice de calidad.

$$\lambda = \frac{\#discontinuidades\ que\ cortan}{Longitud} \quad \dots (1)$$

$$RQD = 100 \times e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1) \quad \dots (2)$$

Longitud: 2m

Número de discontinuidades que cortan: 11

Reemplazando en (1):

$$\lambda = \frac{9}{2}$$

$$\lambda = 4.5 \quad \dots (3)$$

Reemplazando (3) en (2):

$$RQD = 100 \times e^{-0.1(5.5)}(0.1(5.5) + 1)$$

$$\mathbf{RQD = 93 \%}$$

B. Cálculo del ROCK MASS RATING (RMR)

Tabla 14. Cálculo del RMR en la labor del M.A N°2.

Azimut discontinuidad							125			
Buzamiento discontinuidad							50			
Azimut de la labor							255			
PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN		PUNTUACIÓN						RMR		
1	Resistencia de la matriz rocosa intacta	Ensayo Carga puntual	> 10 MPa	4 – 10 MPa	2 – 4 MPa	1 – 2 MPa				12
		Compresión Simple	> 250 MPa	100 – 250 MPa	50 – 100 MPa	25 – 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa	
	Valor	15	12	7	4	2	1	0		
2	RQD	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%			20	
	Valor	20	17	13	6	3				
3	Espaciado de las discontinuidades	> 2 m	0,6 - 2 m	0,2 - 0,6 m	0,06 - 0,2 m	< 0,06 m			10	
	Valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1 - 1,0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm			5
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			6
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm			4
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta			6		
Valor	6	5	3	1	0					
Sumatoria		25								
5	Flujo de agua en las discontinuidades	Caudal por 100 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10 - 25 litros/min	25 - 125 litros/min	> 125 litros/min			10
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5			
		Condiciones Generales	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0				
RMR							77			

Fuente: López, 2011.

- **Análisis y Resultado.**

Tabla 15.Calidad del macizo rocoso en función del RMR en la labor del M.A N°2

Clase	RMR	Calidad
I	81 – 100	Muy buena
II	61 – 80	Buena
III	41 – 60	Regular
IV	21 – 40	Mala
V	0 – 20	Muy mala

Según el RMR la calidad de la Roca es **Buena.**

C. INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA(GSI)

- **Cálculo del GSI.**

$$GSI = RMR - 5$$

$$GSI = 77 - 5$$

$$GSI = 72$$

- **Análisis y Resultado.**

Tabla 16.Calidad del macizo rocoso en función del GSI en la labor del M.A N°2.

CLASE	GSI	CALIDAD DE LA ROCA
I	81 – 100	Muy buena
II	61 – 80	Buena
III	41 – 60	Regular
IV	21 – 40	Mala
V	0 – 20	Muy mala

Según el GSI la calidad de la Roca es **Buena.**

- **CÁLCULO DE PARÁMETROS UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LA LABOR DEL MINERO ARTESANAL N°2.**

Para la prueba 1 del M.A N°2 se tomará en cuenta los mismos parámetros de la prueba 1 del M.A N°1; considerando que la longitud de perforación es 0.87m.

- Cálculo del número de taladros utilizados en el diseño de malla de perforación y voladura en la labor del MA N°2.

Número de Taladros = $(P/dt) + (c*s)$				26.00
Se agregarán 3 taladros haciendo un total de 29 taladros perforados.				
Distancia entre Taladros				
Dureza de la Roca:	Tenaz	Intermedia	Friable	Tenaz
Distancia (m):	0.50 - 0.55	0.60 - 0.65	0.70 - 0.75	0.50
Coefficiente de la Roca				
Dureza de la Roca:	Tenaz	Intermedia	Friable	Tenaz
Coefficiente:	2.00	1.50	1.00	2
Alto de la Labor(m):				2.20
Ancho de la Labor (m):				2.00
Longitud de Perforación (m):				0.87
Taladros de Alivio				
Diámetro Equivalente (m):				0.07
Diámetro del Taladro (mm):				36
Cantidad de Taladros de Alivio:				4

- Cálculo del burden.

Burden del Primer Cuadrante = $3.15*\phi_{exp}*(\delta_{exp}/pr)^{1/3}$			7
Diámetro del Explosivo (cm):			2.50
Densidad del Explosivo (g/cm3):			1.6
Peso Específico de la Roca (g/cm3):			2.8
Burden			
Sección	Valor (m):		Lado de Sección (m):
B1	0.07		0.10
B2	0.10		0.21
B3	0.21		0.45
B4	0.45		0.95

- Cálculo de cantidad de carga promedio por taladro.

Cantidad de Carga (Kg)=movimiento de roca(m3)* kg/m3				8.80
Movimiento de Roca (m3):				3.83
Movimiento de Roca (Tn):				10.72
Densidad de la Roca (Tn/m3):				2.8
Kilos de Explosivo/m3				Kg/m3
Área del Tunel (m2)	Dura y Tenaz	Intermedia	Suave y Friable	2.6
1 a 5	2.60 a 3.20	1.80 a 2.30	1.20 a 1.50	
5 a 10	2.00 a 2.60	1.40 a 1.80	0.90 a 1.20	
10 a 20	1.65 a 2.00	1.10 a 1.40	0.60 a 0.90	
20 a 40	1.20 a 1.65	0.75 a 1.10	0.40 a 0.60	
40 a 60	0.80 a 1.20	0.50 a 0.75	0.30 a 0.40	
Carga Promedio por Taladro = Qt/Nt				0.34
Número de Explosivos por Taladro:				4
Peso Unitario del Explosivo:				0.080645161

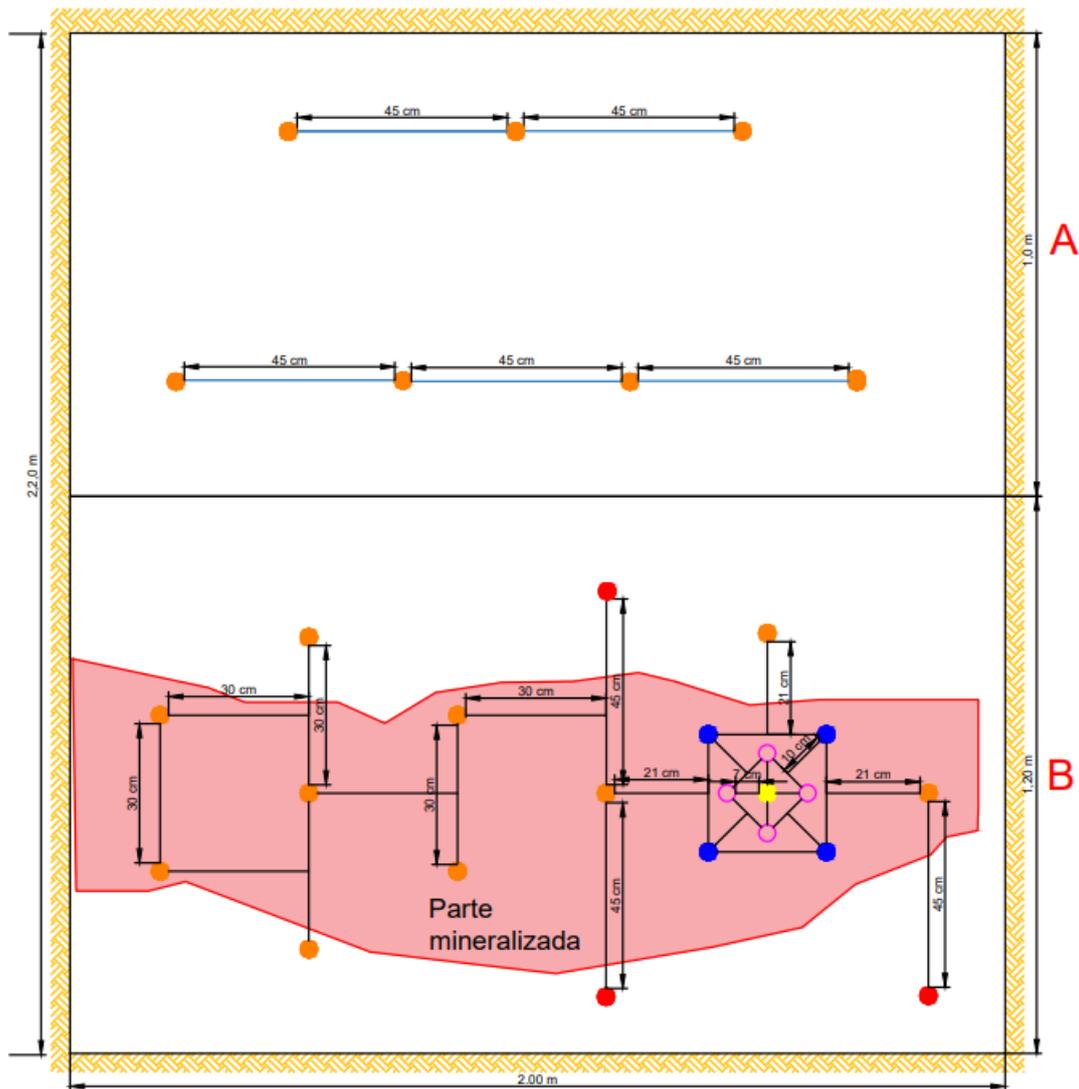


Figura 24. Diseño de malla de perforación en la labor del M.A n°2.

En la figura 22, se muestra el diseño de una malla de perforación en la labor del M.A n°2. Esta malla presenta un total de 29 taladros, donde 22 taladros se encuentran en la parte mineralizada con un alto de 1.20m, mientras que los 7 taladros, se encuentran en la parte de desmonte, que tiene un alto de 1.00m. En la parte B se muestra una malla de perforación que tiene un arranque tipo corte quemado, con 4 taladros alivio, de manera que genera una cara libre, permitiendo la salida de los demás taladros.

El diseño de malla en la parte de desmonte es de tipo zigzag, con burden de 0.45m. Se realizan la voladura en 2 días. Se muestra la marcación de la malla de la parte B en la siguiente imagen.



Figura 25. Marcación de malla de circado en la labor del M.A N°2, se muestra la parte mineralizada en la parte A.

Nota: 1) Veta de cuarzo con parches y bandas de sulfuros (pirita - galena y esporádica esfalerita)

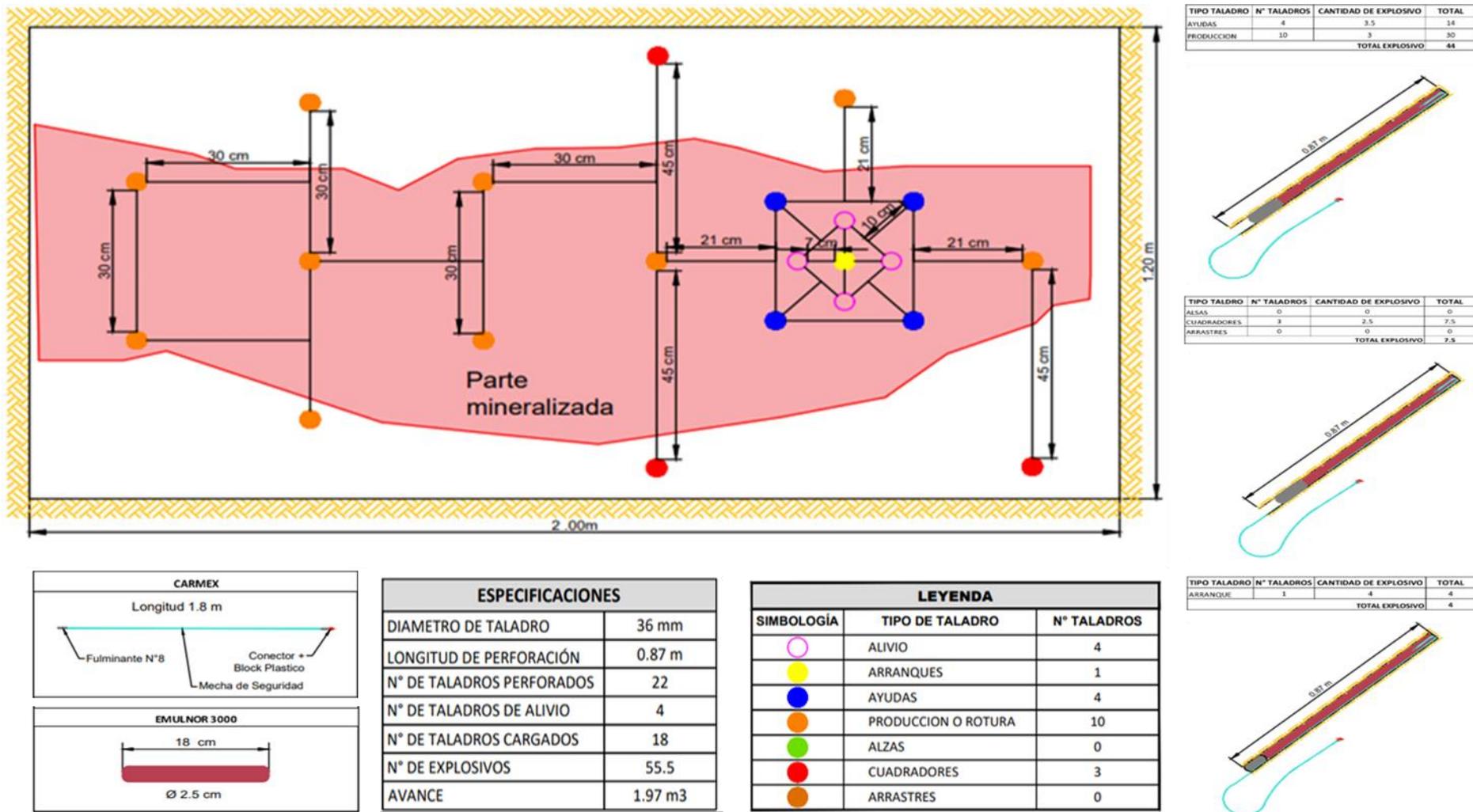
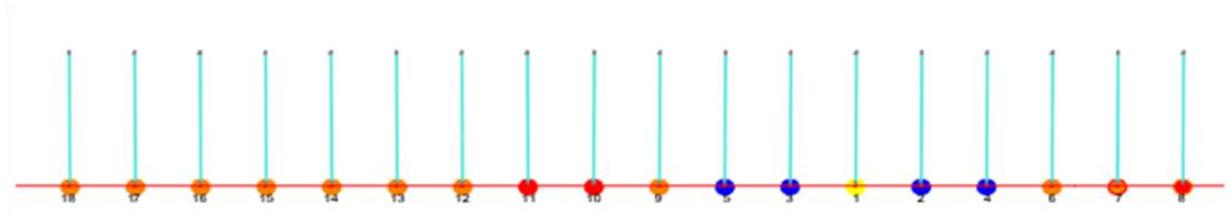
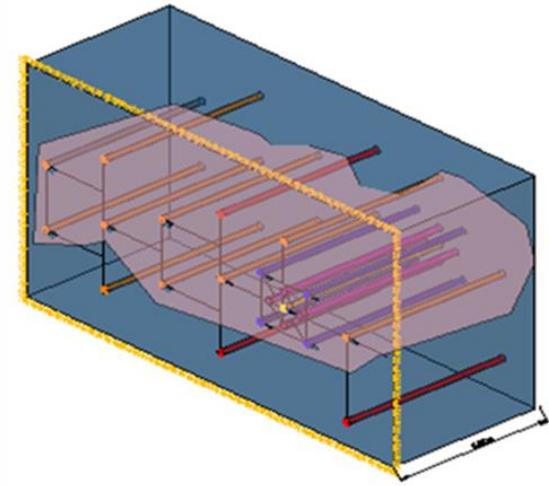
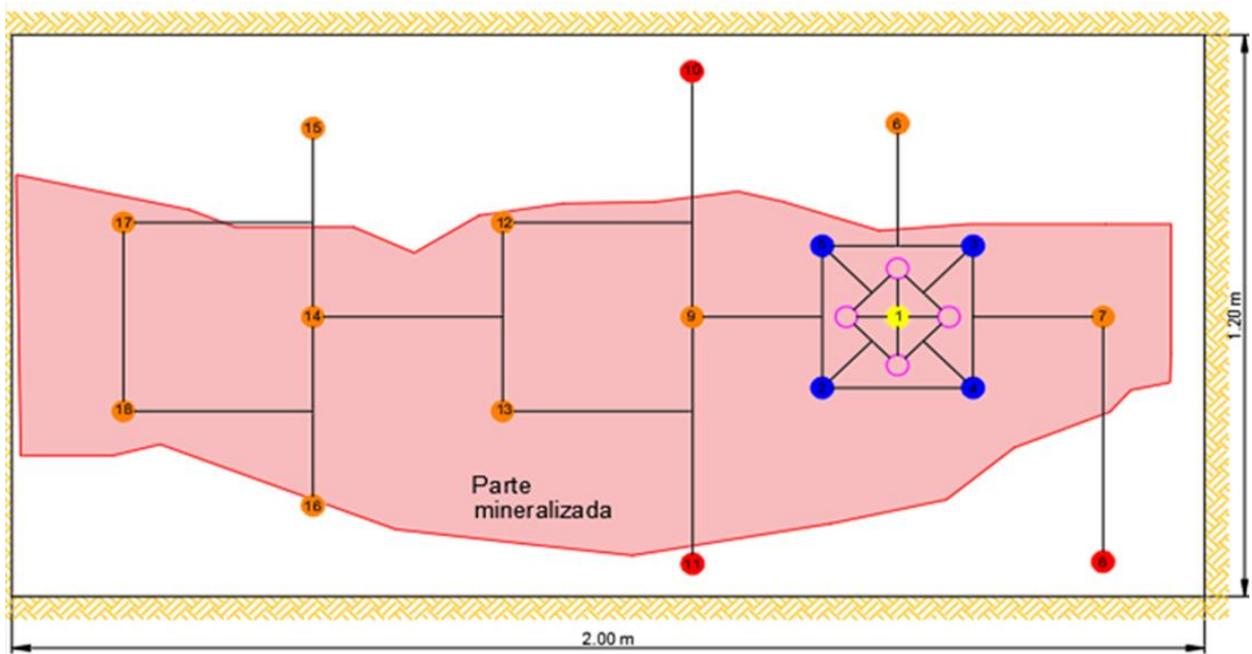


Figura 26. Diseño de malla de perforación y voladura y distribución de explosivos en los taladros.

Nota: En las ayudas se consideraron 3.5, en los taladros de producción 3 y en los cuadradores 2.5 explosivos relativamente.



LEYENDA		
SIMBOLOGIA	TIPO DE TALADRO	N° TALADROS
○ (pink)	ALIVIO	4
● (yellow)	ARRANQUES	1
● (blue)	AYUDAS	4
● (orange)	PRODUCCION O ROTURA	10
● (green)	ALZAS	0
● (red)	CUADRADORES	3
● (brown)	ARRASTRES	0

Figura 27. Secuencia de salida en voladura y vista isométrica de avance P01-M2.

Nota: se obtiene una producción/avance de 1.97m³ considerando 0.82 m de profundidad. La eficiencia de perforación es del 89.5%.

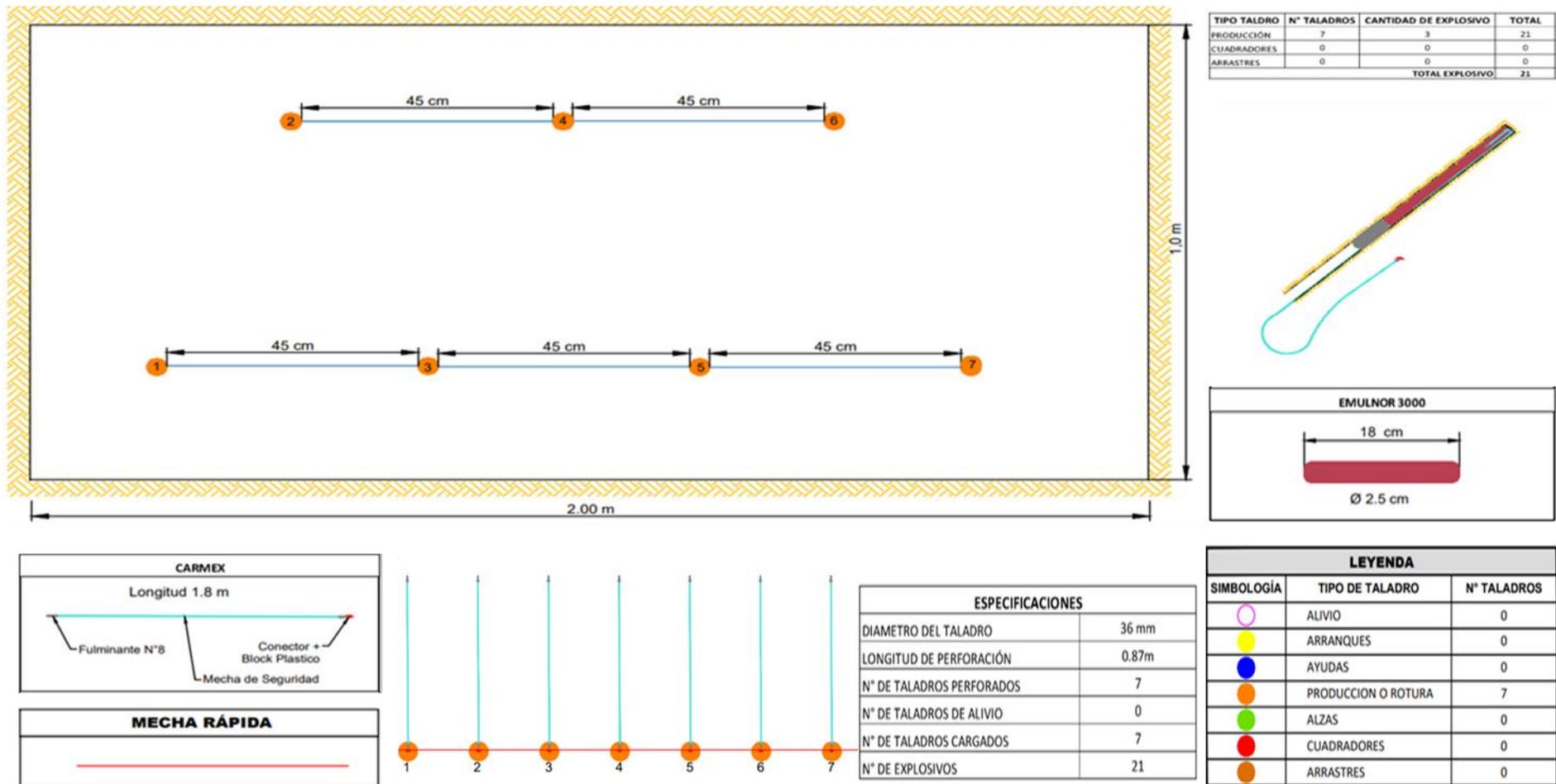


Figura 28. Diseño de malla de perforación y distribución de explosivos en los taladros de la parte B en la labor del M.A n°2.

Nota: se obtiene una producción de avance de 1.64m³ considerando 0.82 m de profundidad. La eficiencia de perforación es del 89.5%. En las dos voladuras se obtiene una producción/avance 3.61m³ con una eficiencia del 89.5%.

3.10.3. Prueba realizada en la labor del Minero Artesanal N°3.

La sección de prueba es de 1.4m de ancho y 1.7m de largo considerando que la persona más alta que trabaja en las labores mide 1.65m, la longitud de perforación es de 0.87m, se emplea una broca de 36mm para la perforación. Se realiza el análisis del macizo rocoso in-situ para realizar posteriormente el diseño de la malla de perforación y voladura.

- **ANÁLISIS DEL MACIZO ROCOSO IN-SITU.**

A. Índice de calidad.

$$\lambda = \frac{\#discontinuidades\ que\ cortan}{Longitud} \quad \dots (1)$$

$$RQD = 100 \times e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1) \quad \dots (2)$$

Longitud: 2m

Número de discontinuidades que cortan: 11

Reemplazando en (1):

$$\lambda = \frac{11}{2}$$

$$\lambda = 5.5 \quad \dots (3)$$

Reemplazando (3) en (2):

$$RQD = 100 \times e^{-0.1(5.5)}(0.1(5.5) + 1)$$

$$\mathbf{RQD = 83\%}$$

B. Cálculo del ROCK MASS RATING (RMR)

Tabla 17. Cálculo del RMR en la labor del M.A N°3.

Azimut discontinuidad				62						
Buzamiento discontinuidad				43						
Azimut de la labor				231				-5		
PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN			PUNTUACIÓN						RMR	
1	Resistencia de la matriz rocosa intacta	Ensayo Carga puntual	> 10 MPa	4 – 10 MPa	2 – 4 MPa	1 – 2 MPa				15
		Compresión Simple	> 250 MPa	100 – 250 MPa	50 – 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa	
Valor			15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%			17
	Valor		20	17	13	6	3			
3	Espaciado de las discontinuidades		> 2 m	0,6 - 2 m	0,2 - 0,6 m	0,06 - 0,2 m	< 0,06 m			10
	Valor		20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1 - 1,0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm			6
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			5
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm			4
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta			5		
Valor	6	5	3	1	0					
Sumatoria			24							
5	Flujo de agua en las discontinuidades	Caudal por 100 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10 - 25 litros/min	25 - 125 litros/min	> 125 litros/min			15
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5			
		Condiciones Generales	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			
RMR									76	

Fuente: López, 2011.

- **Análisis y Resultado.**

Tabla 18.Calidad del macizo rocoso en función del RMR en la labor del M.A N°3.

Clase	RMR	Calidad
I	81 – 100	Muy buena
II	61 – 80	Buena
III	41 – 60	Regular
IV	21 – 40	Mala
V	0 – 20	Muy mala

Según el RMR la calidad de la Roca es **Buena.**

C. INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA(GSI)

- **Cálculo del GSI.**

$$GSI = RMR - 5$$

$$GSI = 76 - 5$$

$$GSI = 71$$

- **Análisis y Resultado.**

Tabla 19.Calidad del macizo rocoso en función del GSI en la labor del M.A N°3.

CLASE	GSI	CALIDAD DE LA ROCA
I	81 – 100	Muy buena
II	61 – 80	Buena
III	41 – 60	Regular
IV	21 – 40	Mala
V	0 – 20	Muy mala

Según el GSI la calidad de la Roca es **Buena.**

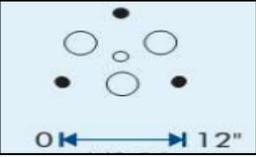
- **CÁLCULO DE PARÁMETROS UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LA LABOR DEL MINERO ARTESANAL N°3.**

Se realiza el diseño de una malla para un subnivel con 1.70m de alto y 1.40 m de ancho, esto a consecuencia de que los datos tomados en campo no alcanzan el promedio de avance óptimo de 0.87 m. El cálculo del burden será de una longitud de 12'' según el manual de Exsa, para esta prueba utilizaremos el Burden con una longitud de 9cm, debido a que el minero artesanal no cuenta con una arrimadora.

- Cálculo del número de taladros utilizados en el diseño de malla de perforación y voladura en la labor del MA N°3.

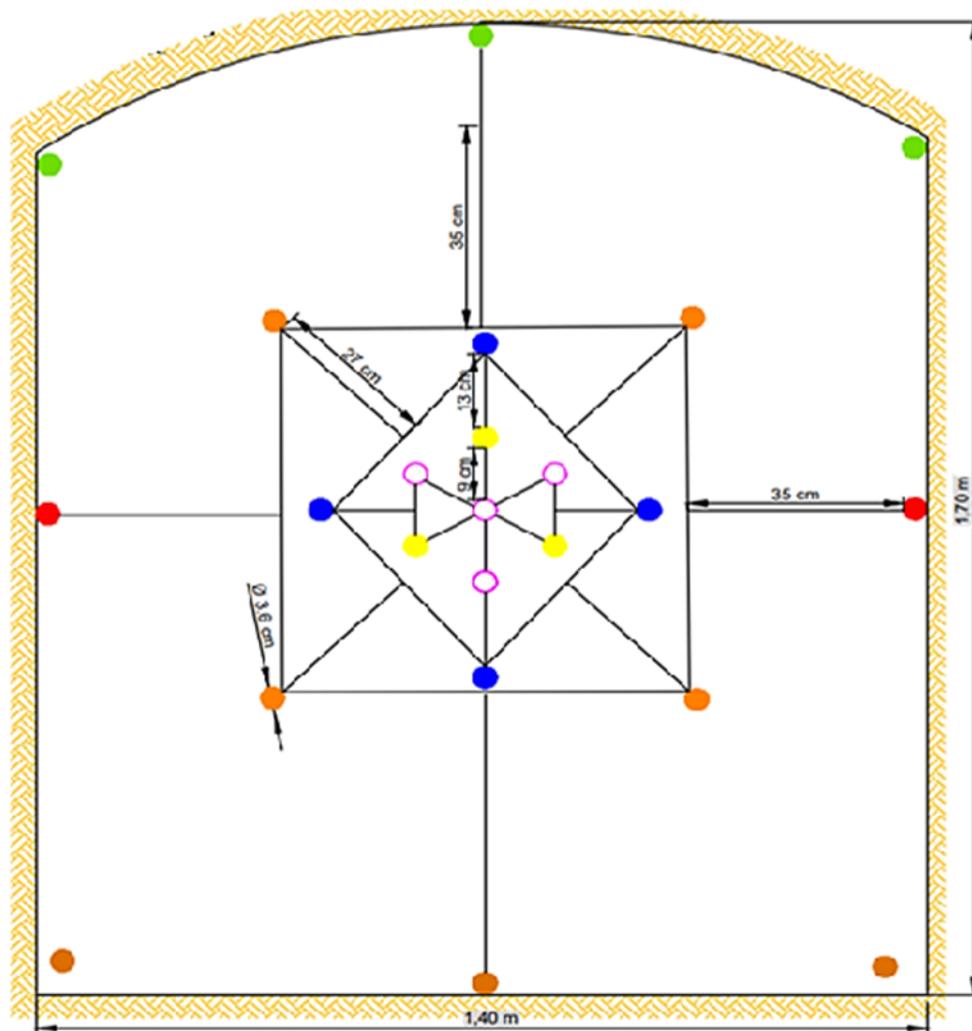
Número de Taladros = (P/dt) + (c*s)				18.00
Se agregarán 5 taladros para tener un arranque de 12"; haciendo un total de 23 taladros perforados.				
Distancia entre Taladros				
Dureza de la Roca:	Tenaz	Intermedia	Friable	Tenaz
Distancia (m):	0.50 - 0.55	0.60 - 0.65	0.70 - 0.75	0.50
Coefficiente de la Roca				
Dureza de la Roca:	Tenaz	Intermedia	Friable	Tenaz
Coefficiente:	2.00	1.50	1.00	2
Alto de la Labor(m):				1.70
Ancho de la Labor (m):				1.40
Longitud de Perforación (m):				0.87
Taladros de Alivio				
Diámetro Equivalente (m):				0.07
Diámetro del Taladro (mm):				36
Cantidad de Taladros de Alivio:				4

- Cálculo del burden.

Burden del Primer Cuadrante		
Se determinó que el primer burden será de 9 cm; teniendo en cuenta que la longitud del arranque es de 12 pulgadas (30 cm), basándonos en el Manual de Perforación y Voladura de EXSA.		
Burden		
Sección	Valor (m):	Lado de Sección (m):
B1	0.09	0.13
B2	0.13	0.27
B3	0.27	0.57
B4	0.57	1.22

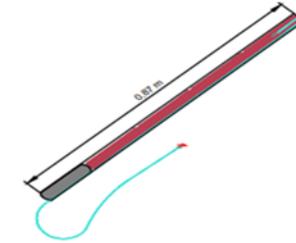
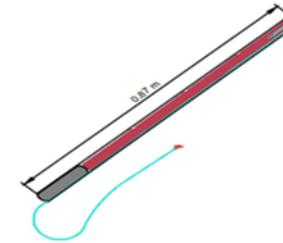
- Cálculo de cantidad de carga promedio por taladro.

Cantidad de Carga (Kg):				5.59
Movimiento de Roca (m3):				2.07
Movimiento de Roca (Tn):				6.00
Densidad de la Roca (Tn/m3):				2.9
Kilos de Explosivo/m3				Kg/m3
Área del Tunel (m2)	Dura y Tenaz	Intermedia	Suave y Friable	2.7
1 a 5	2.60 a 3.20	1.80 a 2.30	1.20 a 1.50	
5 a 10	2.00 a 2.60	1.40 a 1.80	0.90 a 1.20	
10 a 20	1.65 a 2.00	1.10 a 1.40	0.60 a 0.90	
20 a 40	1.20 a 1.65	0.75 a 1.10	0.40 a 0.60	
40 a 60	0.80 a 1.20	0.50 a 0.75	0.30 a 0.40	
Carga Promedio por Taladro = Qt/Nt				0.31
Número de Explosivos por Taladro:				4
Peso Unitario del Explosivo:				0.0806

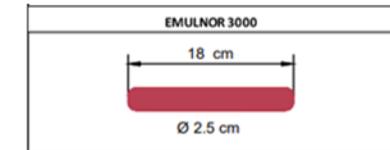
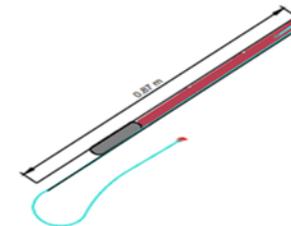
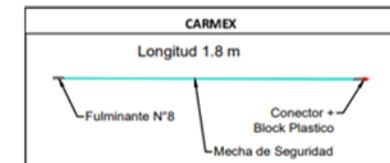


TIPO TALADRO	N° TALADROS	CANTIDAD DE EXPLOSIVO	TOTAL
ARRANQUE	3	4	12
TOTAL EXPLOSIVO			12

TIPO TALADRO	N° TALADROS	CANTIDAD DE EXPLOSIVO	TOTAL
AYUDAS	4	4	16
PRODUCCION	4	3	12
TOTAL EXPLOSIVO			28



TIPO TALADRO	N° TALADROS	CANTIDAD DE EXPLOSIVO	TOTAL
ALZAS	3	3	9
CUADRADORES	2	3	6
ARRASTRES	3	3	9
TOTAL EXPLOSIVO			24



ESPECIFICACIONES	
DIAMETRO DE TALADRO	3.6 cm
LONGITUD DE PERFORACIÓN	0.87 m
N° DE TALADROS PERFORADOS	23
N° DE TALADROS DE ALIVIO	4
N° DE TALADROS CARGADOS	19
N° DE EXPLOSIVOS	62
AVANCE	0.80m

SIMBOLOGÍA	TIPO DE TALADRO	N° DE TALADROS
○	ALIVIO	4
●	ARRANQUES	3
●	AYUDAS	4
●	PRODUCCIÓN O ROTURA	4
●	ALZAS	3
●	CUADRADORES	2
●	ARRASTRES	3

Figura 29. Diseño de malla de perforación en la labor del M.A n°3.

Nota: En taladros de producción, alzas, cuadradores y arrastres se consideraron 3 explosivos para disminuir la cantidad de explosivos.

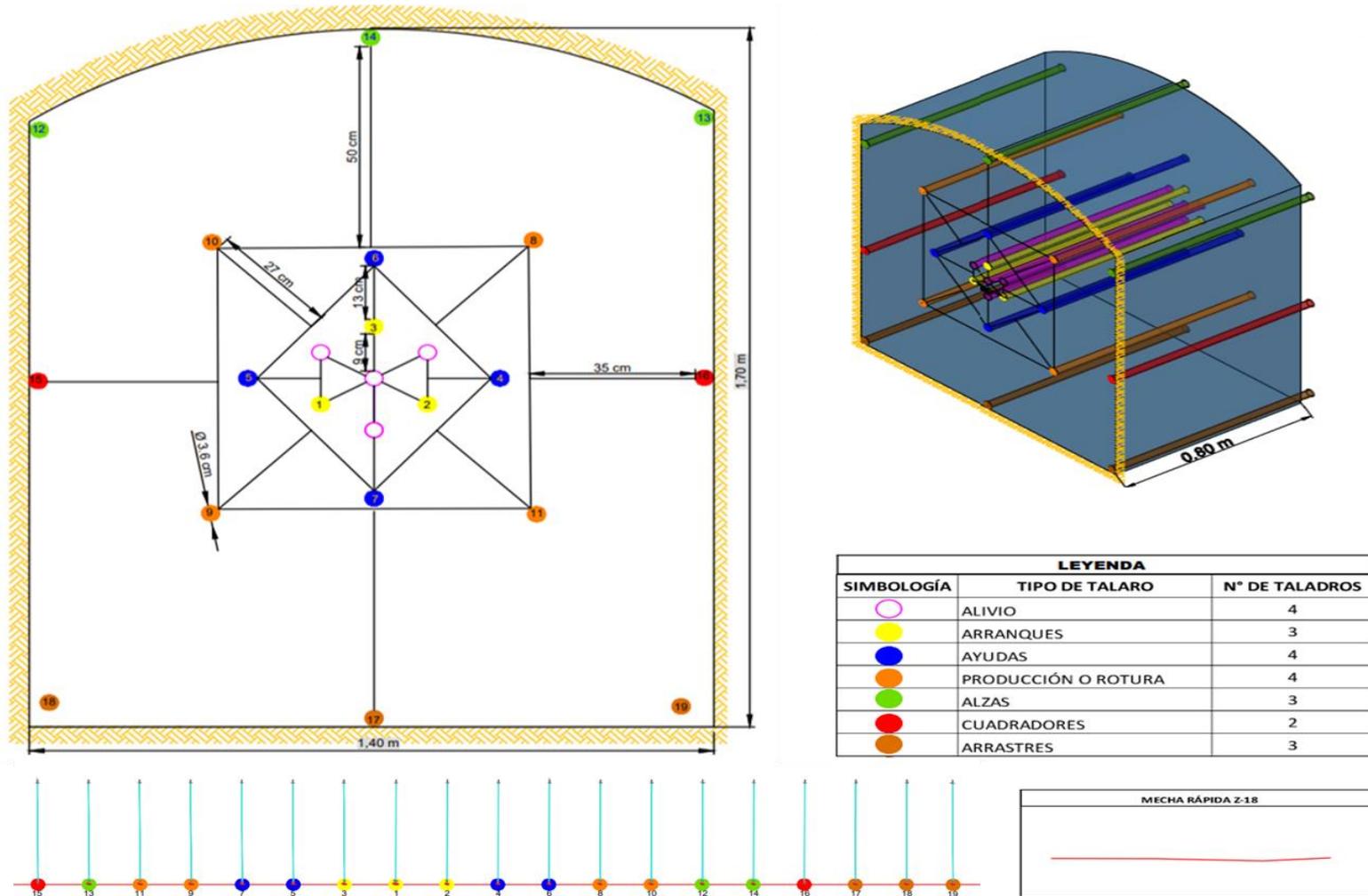


Figura 30. Secuencia de salida en voladura y vista isométrica de avance P01-M3.
 Nota: se obtiene una producción/avance de 1.904m³ considerando 0.80 m de profundidad.
 La eficiencia de perforación es del 87%.

3.10.4. Prueba realizada en la labor del Minero Artesanal N°4.

Se considera para la sección de prueba el ancho de 1.7m, el largo de 1.4 y la longitud de perforación es de 0.87m; se emplea una broca de 36mm para la perforación. Se realiza el análisis del macizo rocoso in-situ para realizar posteriormente el diseño de la malla de perforación y voladura.

- **ANÁLISIS DEL MACIZO ROCOSO IN-SITU.**
A. Índice de calidad.

$$\lambda = \frac{\#discontinuidades\ que\ cortan}{Longitud} \quad \dots (1)$$

$$RQD = 100 \times e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1) \quad \dots (2)$$

Longitud: 2m

Número de discontinuidades que cortan: 11

Reemplazando en (1):

$$\lambda = \frac{9}{2}$$

$$\lambda = 4.5 \quad \dots (3)$$

Reemplazando (3) en (2):

$$RQD = 100 \times e^{-0.1(5.5)}(0.1(5.5) + 1)$$

$$\mathbf{RQD = 92\%}$$

B. Cálculo del ROCK MASS RATING (RMR)

Tabla 20. Cálculo del RMR en la labor del M.A N°4.

Azimut discontinuidad							198			
Buzamiento discontinuidad							33			
Azimut de la labor							315			-2
PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN				PUNTUACIÓN						RMR
1	Resistencia de la matriz rocosa intacta	Ensayo Carga puntual	> 10 MPa	4 – 10 MPa	2 – 4 MPa	1 – 2 MPa				12
		Compresión Simple	> 250 MPa	100 – 250 MPa	50 – 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa	
Valor			15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%			20
	Valor		20	17	13	6	3			
3	Espaciado de las discontinuidades		> 2 m	0,6 - 2 m	0,2 - 0,6 m	0,06 - 0,2 m	< 0,06 m			15
	Valor		20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m			6
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1 - 1,0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm			5
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			5
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm			4
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta			6		
Valor	6	5	3	1	0					
Sumatoria			26							
5	Flujo de agua en las discontinuidades	Caudal por 100 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10 - 25 litros/min	25 - 125 litros/min	> 125 litros/min			10
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5			
		Condiciones Generales	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			
RMR									81	

Fuente: Lopez,2011.

- **Análisis y Resultado.**

Tabla 21.Calidad del macizo rocoso en función del RMR en la labor del M.A N°4.

Clase	RMR	Calidad
I	81 – 100	Muy buena
II	61 – 80	Buena
III	41 – 60	Regular
IV	21 – 40	Mala
V	0 – 20	Muy mala

Según el RMR la calidad de la Roca es **muy buena.**

C. INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA(GSI)

- **Cálculo del GSI.**

$$GSI = RMR - 5$$

$$GSI = 81 - 5$$

$$GSI = 76$$

- **Análisis y Resultado.**

Tabla 22.Calidad del macizo rocoso en función del GSI en la labor del M.A N°4.

CLASE	GSI	CALIDAD DE LA ROCA
I	81 – 100	Muy buena
II	61 – 80	Buena
III	41 – 60	Regular
IV	21 – 40	Mala
V	0 – 20	Muy mala

Según el GSI la calidad de la Roca es **Buena.**

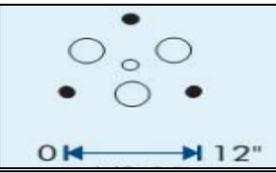
- **CÁLCULO DE PARÁMETROS UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LA LABOR DEL MINERO ARTESANAL N°4.**

Para la prueba 1 del M.A N°4 se tomará en cuenta los mismos parámetros de la prueba 1 del M.A N°3; considerando que la longitud de perforación es 0.87m. Se muestra el diseño de la malla en la Figura 28.

- Cálculo del número de taladros utilizados en el diseño de malla de perforación y voladura en la labor del MA N°4.

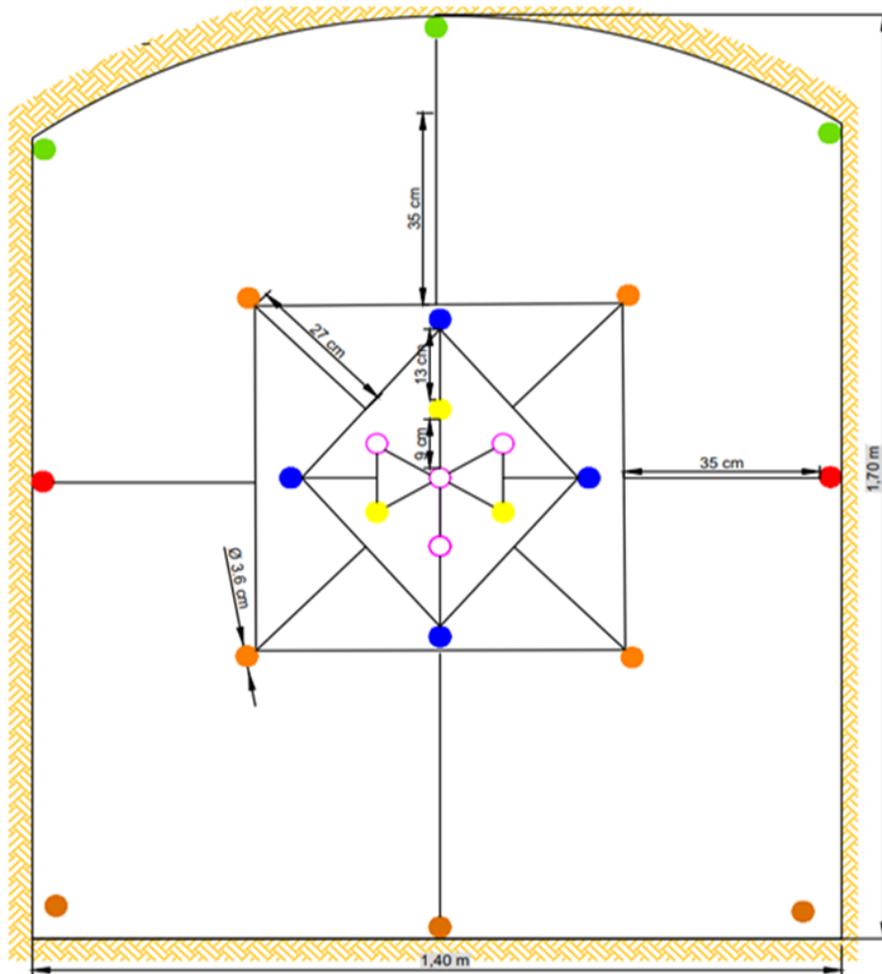
Número de Taladros = (P/dt) + (c*s)				18.00
Se agregarán 5 taladros para tener un arranque de 12"; haciendo un total de 23 taladros perforados.				
Distancia entre Taladros				
Dureza de la Roca:	Tenaz	Intermedia	Friable	Tenaz
Distancia (m):	0.50 - 0.55	0.60 - 0.65	0.70 - 0.75	0.50
Coefficiente de la Roca				
Dureza de la Roca:	Tenaz	Intermedia	Friable	Tenaz
Coefficiente:	2.00	1.50	1.00	2
Alto de la Labor(m):				1.70
Ancho de la Labor (m):				1.40
Longitud de Perforación (m):				0.87
Taladros de Alivio				
Diámetro Equivalente (m):				0.07
Diámetro del Taladro (mm):				36
Cantidad de Taladros de Alivio:				4

- Cálculo del burden.

Burden del Primer Cuadrante		
Se determinó que el primer burden será de 9 cm; teniendo en cuenta que la longitud del arranque es de 12 pulgadas (30 cm), basándonos en el Manual de Perforación y Voladura de EXSA.		
Burden		
Sección	Valor (m):	Lado de Sección (m):
B1	0.09	0.13
B2	0.13	0.27
B3	0.27	0.57
B4	0.57	1.22

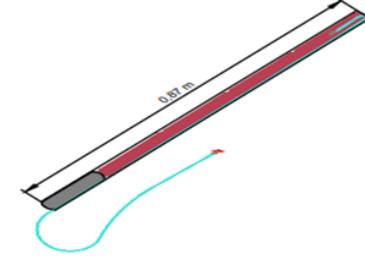
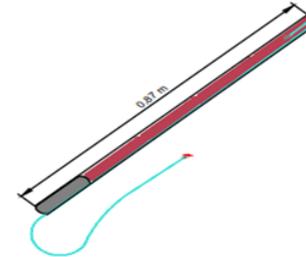
- Cálculo de cantidad de carga promedio por taladro.

Cantidad de Carga (Kg):				5.59
Movimiento de Roca (m3):				2.07
Movimiento de Roca (Tn):				6.00
Densidad de la Roca (Tn/m3):				2.9
Kilos de Explosivo/m3				Kg/m3
Área del Tunel (m2)	Dura y Tenaz	Intermedia	Suave y Friable	2.7
1 a 5	2.60 a 3.20	1.80 a 2.30	1.20 a 1.50	
5 a 10	2.00 a 2.60	1.40 a 1.80	0.90 a 1.20	
10 a 20	1.65 a 2.00	1.10 a 1.40	0.60 a 0.90	
20 a 40	1.20 a 1.65	0.75 a 1.10	0.40 a 0.60	
40 a 60	0.80 a 1.20	0.50 a 0.75	0.30 a 0.40	
Carga Promedio por Taladro = Qt/Nt				0.31
Número de Explosivos por Taladro:				4

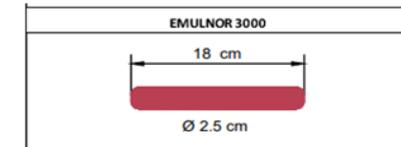
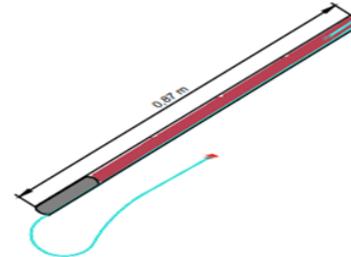
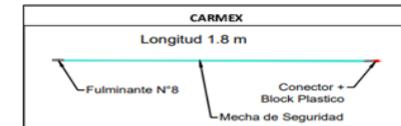


TIPO TALADRO	N° TALADROS	CANTIDAD DE EXPLOSIVO	TOTAL
ARRANQUE	3	4	12
TOTAL EXPLOSIVO			12

TIPO TALADRO	N° TALADROS	CANTIDAD DE EXPLOSIVO	TOTAL
AYUDAS	4	4	16
PRODUCCION	4	4	16
TOTAL EXPLOSIVO			32



TIPO TALADRO	N° TALADROS	CANTIDAD DE EXPLOSIVO	TOTAL
ALZAS	3	4	12
CUADRADORES	2	4	8
ARRASTRES	3	4	12
TOTAL EXPLOSIVO			32



ESPECIFICACIONES	
DIAMETRO DE TALADRO	3.6 cm
LONGITUD DE PERFORACIÓN	0.87 m
N° DE TALADROS PERFORADOS	23
N° DE TALADROS DE ALIVIO	4
N° DE TALADROS CARGADOS	19
N° DE EXPLOSIVOS	76
AVANCE	0.87m

SIMBOLOGÍA	TIPO DE TALADRO	N° DE TALADROS
○	ALIVIO	4
●	ARRANQUES	3
●	AYUDAS	4
●	PRODUCCIÓN O ROTURA	4
●	ALZAS	3
●	CUADRADORES	2
●	ARRASTRES	3

Figura 31. Diseño de malla de perforación en la labor del M.A n°4.

Nota: Al obtener una eficiencia de perforación del 87% en la prueba 1 del M.A n°3: se aumentó la cantidad de explosivos en los taladros de producción, alzas, cuadradores y arrastres.

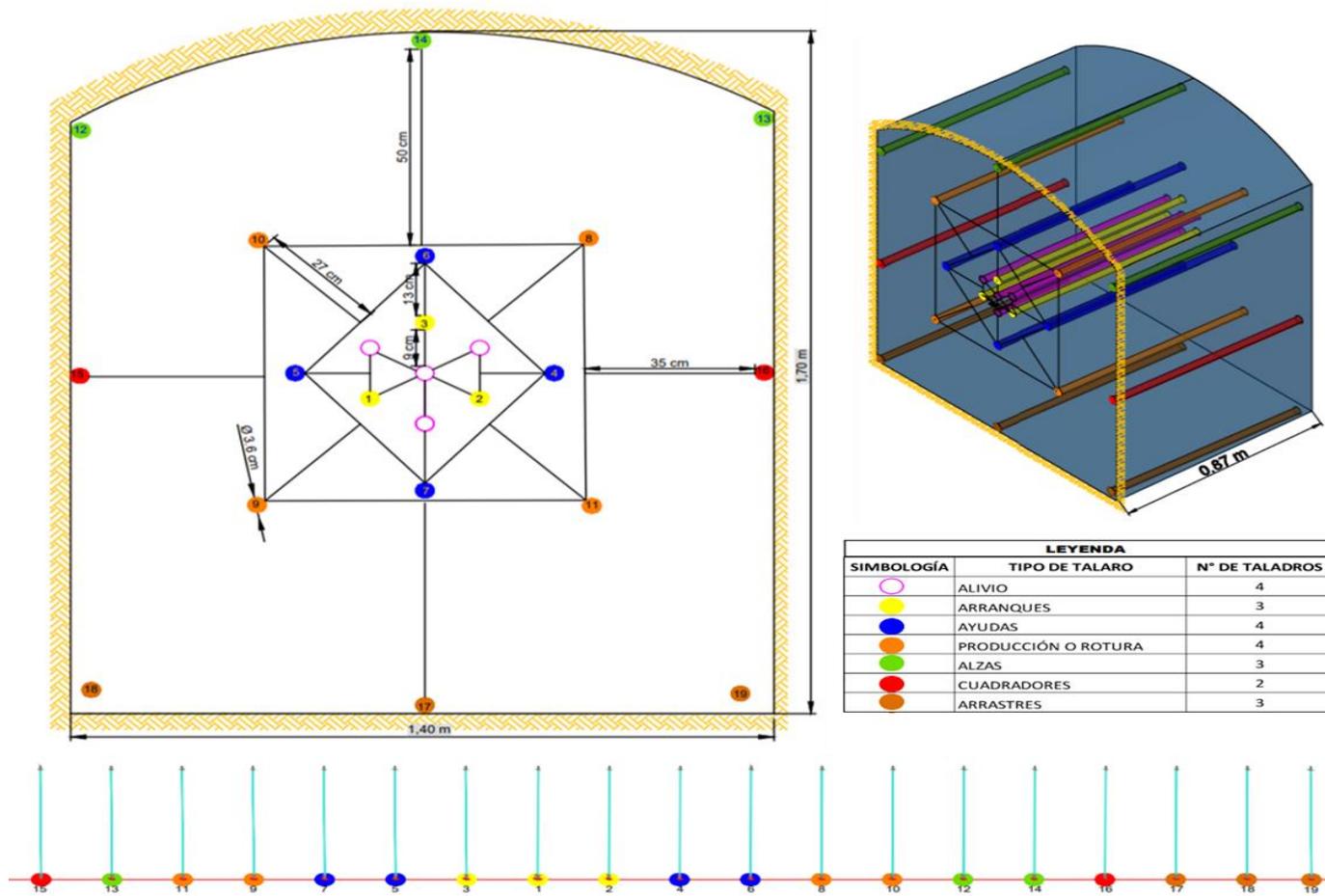


Figura 32. Secuencia de salida en voladura y vista isométrica de avance P01-M4.
 Nota: se obtiene una producción/avance de 2.07m³ considerando 0.87 m de profundidad.
 La eficiencia de perforación es del 95%.

3.10.5. Prueba N°1 realizada en la labor del Minero Artesanal N°5.

La sección de prueba es de 1.5m de ancho y 1.8m de largo considerando que la persona más alta que trabaja en las labores mide 1.65m y que el carguío se hace con carretilla, la longitud de perforación es de 1.15m, se emplea una broca de 36mm para la perforación. Se realiza el análisis del macizo rocoso in-situ para realizar posteriormente el diseño de la malla de perforación y voladura.

- **ANÁLISIS DEL MACIZO ROCOSO IN-SITU.**

A. Índice de calidad.

$$\lambda = \frac{\#discontinuidades\ que\ cortan}{Longitud} \quad \dots (1)$$

$$RQD = 100 \times e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1) \quad \dots (2)$$

Longitud: 2m

Número de discontinuidades que cortan: 11

Reemplazando en (1):

$$\lambda = \frac{11}{2}$$

$$\lambda = 5.5 \quad \dots (3)$$

Reemplazando (3) en (2):

$$RQD = 100 \times e^{-0.1(5.5)}(0.1(5.5) + 1)$$

$$\mathbf{RQD = 88\%}$$

B. Cálculo del ROCK MASS RATING (RMR)

Tabla 23. Cálculo del RMR en la labor del M.A N°5-Prueba 1.

Azimut discontinuidad							85			
Buzamiento discontinuidad							58			
Azimut de la labor							231			0
PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN		PUNTUACIÓN							RMR	
1	Resistencia de la matriz rocosa intacta	Ensayo Carga puntual	> 10 MPa	4 – 10 MPa	2 – 4 MPa	1 – 2 MPa				12
		Compresión Simple	> 250 MPa	100 – 250 MPa	50 – 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa	
Valor		15	12	7	4	2	1	0		
2	RQD	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%			17	
	Valor	20	17	13	6	3				
3	Espaciado de las discontinuidades	> 2 m	0,6 - 2 m	0,2 - 0,6 m	0,06 - 0,2 m	< 0,06 m			15	
	Valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m			6
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1 - 1,0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm			5
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			5
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm			6
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta			6		
Valor	6	5	3	1	0					
Sumatoria		28								
5	Flujo de agua en las discontinuidades	Caudal por 100 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10 - 25 litros/min	25 - 125 litros/min	> 125 litros/min			15
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5			
		Condiciones Generales	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			
RMR									87	

Fuente: López, 2011.

- **Análisis y Resultado.**

Tabla 24.Calidad del macizo rocoso en función del RMR en la labor del M.A N°5-Prueba 1.

Clase	RMR	Calidad
I	81 – 100	Muy buena
II	61 – 80	Buena
III	41 – 60	Regular
IV	21 – 40	Mala
V	0 – 20	Muy mala

Según el RMR la calidad de la Roca es **muy buena**.

C. INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA(GSI)

- **Cálculo del GSI.**

$$GSI = RMR - 5$$

$$GSI = 87 - 5$$

$$GSI = 82$$

- **Análisis y Resultado.**

Tabla 25.Calidad del macizo rocoso en función del GSI en la labor del M.A N°5-Prueba 1

CLASE	GSI	CALIDAD DE LA ROCA
I	81 – 100	Muy buena
II	61 – 80	Buena
III	41 – 60	Regular
IV	21 – 40	Mala
V	0 – 20	Muy mala

Según el GSI la calidad de la Roca es **muy buena**.

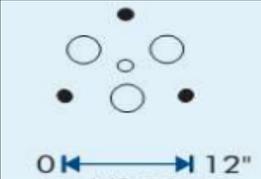
- **CÁLCULO DE PARÁMETROS UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LA LABOR DEL MINERO ARTESANAL N°5-PRUEBA 1.**

Se realiza el diseño de una malla para una cortada con 1.80m de alto y 1.50 m de ancho, esto a consecuencia de que los datos tomados en campo muestran un gran consumo de explosivos. El arranque será de una longitud de 12'' basándome en el manual de Exsa, para esta prueba utilizaremos el Burden con una longitud de 9cm, debido a que el minero artesanal no cuenta con una arrimadora.

- Cálculo del número de taladros utilizados en el diseño de malla de perforación y voladura en la labor del MA N°5 P1.

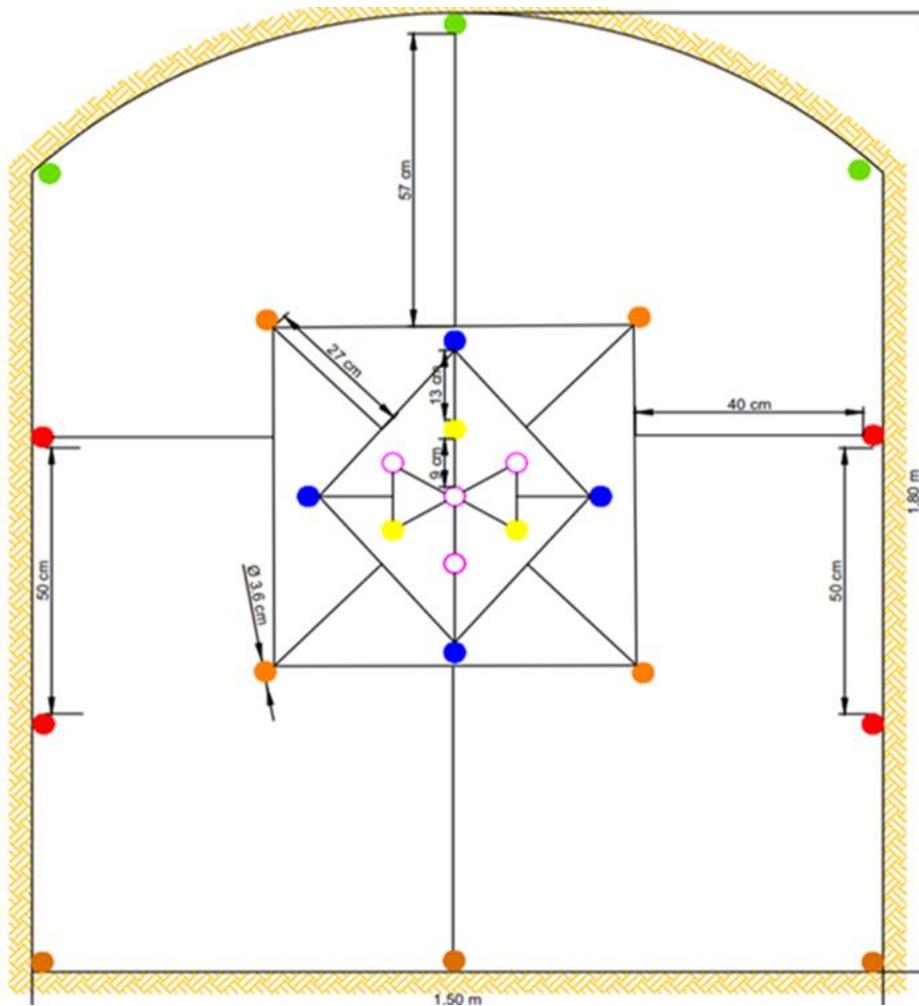
Número de Taladros = (P/dt) + (c*s)				19.00
Se agregarán 6 taladros para tener un arranque de 12"; haciendo un total de 23 taladros perforados.				
Distancia entre Taladros				
Dureza de la Roca:	Tenaz	Intermedia	Friable	Tenaz
Distancia (m):	0.50 - 0.55	0.60 - 0.65	0.70 - 0.75	0.50
Coficiente de la Roca				
Dureza de la Roca:	Tenaz	Intermedia	Friable	Tenaz
Coficiente:	2.00	1.50	1.00	2
Alto de la Labor(m):				1.80
Ancho de la Labor (m):				1.50
Longitud de Perforación (m):				1.15
Taladros de Alivio				
Diámetro Equivalente (m):				0.07
Diámetro del Taladro (mm):				36
Cantidad de Taladros de Alivio:				4

- Cálculo del burden

Burden del Primer Cuadrante		
Se determinó que el primer burden será de 9 cm; teniendo en cuenta que la longitud del arranque es de 12 pulgadas (30 cm), basándonos en el Manual de Perforación y Voladura de EXSA.		
Burden		
Sección	Valor (m):	Lado de Sección (m):
B1	0.09	0.13
B2	0.13	0.27
B3	0.27	0.57
B4	0.57	1.22

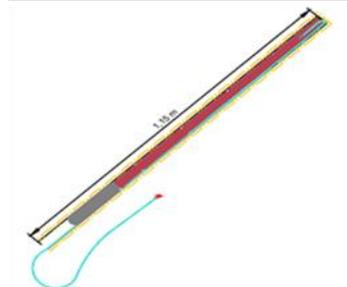
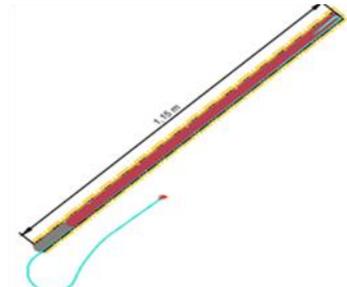
- Cálculo de cantidad de carga promedio por taladro.

Cantidad de Carga (Kg):				8.07
Movimiento de Roca (m3):				3.11
Movimiento de Roca (Tn):				9.00
Densidad de la Roca (Tn/m3):				2.9
Kilos de Explosivo/m3				Kg/m3
Área del Tunel (m2)	Dura y Tenaz	Intermedia	Suave y Friable	2.6
1 a 5	2.60 a 3.20	1.80 a 2.30	1.20 a 1.50	
5 a 10	2.00 a 2.60	1.40 a 1.80	0.90 a 1.20	
10 a 20	1.65 a 2.00	1.10 a 1.40	0.60 a 0.90	
20 a 40	1.20 a 1.65	0.75 a 1.10	0.40 a 0.60	
40 a 60	0.80 a 1.20	0.50 a 0.75	0.30 a 0.40	
Carga Promedio por Taladro = Qt/Nt				0.42
Número de Explosivos por Taladro:				5
Peso Unitario del Explosivo:				0.0806
Burden				
Sección		Valor (m):		Lado de Sección (m):
B1		0.09		0.13
B2		0.13		0.27
B3		0.27		0.57
B4		0.57		1.22

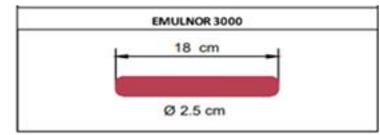
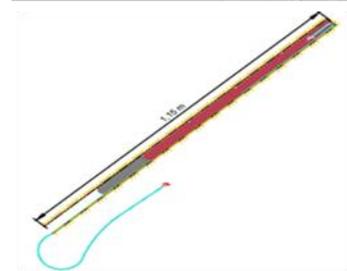
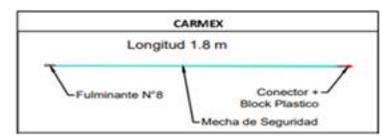


TIPO TALADRO	N° TALADROS	CANTIDAD DE EXPLOSIVO	TOTAL
ARRANQUE	3	5.5	16.5
		TOTAL EXPLOSIVO:	16.5

TIPO TALADRO	N° TALADROS	CANTIDAD DE EXPLOSIVO	TOTAL
AYUDAS	4	4.5	18
PRODUCCION	4	4.5	18
		TOTAL EXPLOSIVO:	36



TIPO TALADRO	N° TALADROS	CANTIDAD DE EXPLOSIVO	TOTAL
ALZAS	3	4	12
CUADRADORES	4	4	16
ARRASTRES	3	4	12
		TOTAL EXPLOSIVO:	40



ESPECIFICACIONES	
DIAMETRO DEL TALADRO	36 mm
LONGITUD DE PERFORACION	1.15 m
N° DE TALADROS PERFORADOS	25
N° DE TALADROS DE ALIVIO	4
N° DE TALADROS CARGADOS	21
N° DE EXPLOSIVOS	92.5

SIMBOLOGÍA	TIPO DE TALADRO	N° DE TALADROS
○	ALIVIO	4
●	ARRANQUES	3
●	AYUDAS	4
●	PRODUCCIÓN O ROTURA	4
●	ALZAS	3
●	CUADRADORES	4
●	ARRASTRES	3

Figura 33. Diseño de malla de perforación en la labor del M.A N°5 P01.

Nota: En taladros de producción, ayudas se consideran 4.5 explosivos; en alzas, cuadradores y arrastres se consideraron 4 explosivos para disminuir la cantidad de explosivos.

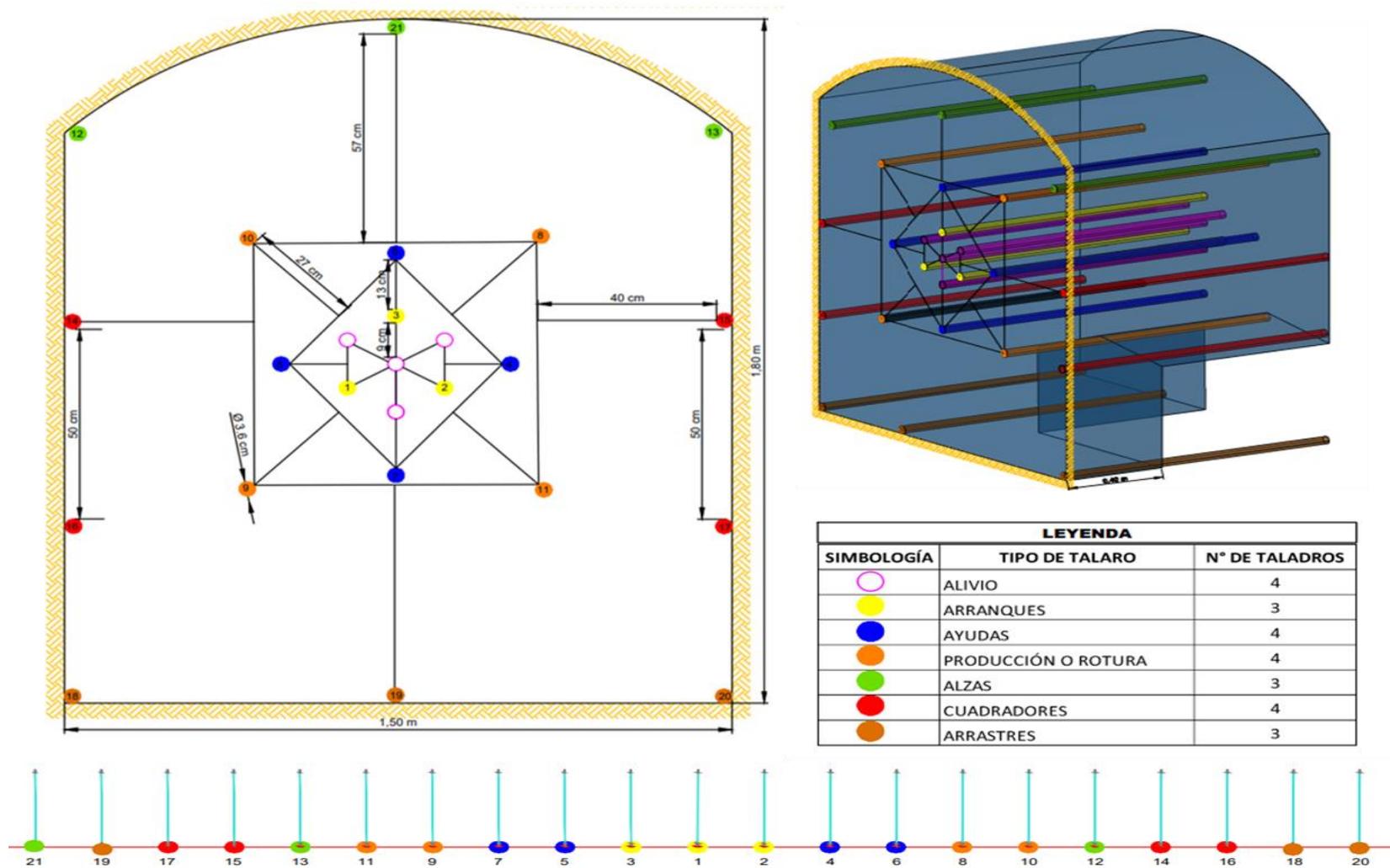


Figura 34. Secuencia de salida en voladura y vista isométrica de avance P01-M5.

Nota: se obtiene una producción/avance de 2.99m³ considerando 1.15m y 0.40m de profundidad. La eficiencia de perforación es del 80%.

3.10.6. Prueba N°2 realizada en la labor del Minero Artesanal N°5.

La sección de prueba es de 1.5m de ancho y 1.8m de largo considerando que la persona más alta que trabaja en las labores mide 1.65m y que el carguío se hace con carretilla, la longitud de perforación es de 0.87m, se emplea una broca de 36mm para la perforación. Se realiza el análisis del macizo rocoso in-situ para realizar posteriormente el diseño de la malla de perforación y voladura.

- **ANÁLISIS DEL MACIZO ROCOSO IN-SITU.**

A. Índice de calidad.

$$\lambda = \frac{\#discontinuidades\ que\ cortan}{Longitud} \quad \dots (1)$$

$$RQD = 100 \times e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1) \quad \dots (2)$$

Longitud: 2m

Número de discontinuidades que cortan: 11

Reemplazando en (1):

$$\lambda = \frac{11}{2}$$

$$\lambda = 5.5 \quad \dots (3)$$

Reemplazando (3) en (2):

$$RQD = 100 \times e^{-0.1(5.5)}(0.1(5.5) + 1)$$

$$\mathbf{RQD = 86\%}$$

B. Cálculo del ROCK MASS RATING (RMR)

Tabla 26. Cálculo del RMR en la labor del M.A N°5-Prueba 2.

Azimut discontinuidad							83			
Buzamiento discontinuidad							58			
Azimut de la labor							231			0
PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN		PUNTUACIÓN							RMR	
1	Resistencia de la matriz rocosa intacta	Ensayo Carga puntual	> 10 MPa	4 – 10 MPa	2 – 4 MPa	1 – 2 MPa				15
		Compresión Simple	> 250 MPa	100 – 250 MPa	50 – 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa	
Valor		15	12	7	4	2	1	0		
2	RQD	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%			17	
	Valor	20	17	13	6	3				
3	Espaciado de las discontinuidades	> 2 m	0,6 - 2 m	0,2 - 0,6 m	0,06 - 0,2 m	< 0,06 m			15	
	Valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1 - 1,0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm			5
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			6
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm			6
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta			5		
Valor	6	5	3	1	0					
Sumatoria		26								
5	Flujo de agua en las discontinuidades	Caudal por 100 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10 - 25 litros/min	25 - 125 litros/min	> 125 litros/min			15
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5			
		Condiciones Generales	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			
RMR									88	

Fuente: Lopez,2011.

- **Análisis y Resultado.**

Tabla 27. Calidad del macizo rocoso en función del RMR en la labor del M.A N°5-Prueba 2.

Clase	RMR	Calidad
I	81 – 100	Muy buena
II	61 – 80	Buena
III	41 – 60	Regular
IV	21 – 40	Mala
V	0 – 20	Muy mala

Según el RMR la calidad de la Roca es **muy buena**.

C. INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA(GSI)

- **Cálculo del GSI.**

$$GSI = RMR - 5$$

$$GSI = 88 - 5$$

$$GSI = 83$$

- **Análisis y Resultado.**

Tabla 28. Calidad del macizo rocoso en función del GSI en la labor del M.A N°5-Prueba 1

CLASE	GSI	CALIDAD DE LA ROCA
I	81 – 100	Muy buena
II	61 – 80	Buena
III	41 – 60	Regular
IV	21 – 40	Mala
V	0 – 20	Muy mala

Según el GSI la calidad de la Roca es **muy buena**.

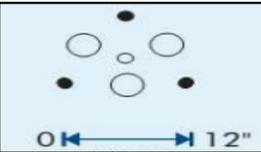
• **CÁLCULO DE PARÁMETROS UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LA LABOR DEL MINERO ARTESANAL N°5-PRUEBA 2.**

Para la prueba 2 del M.A N°5 se tomará en cuenta los mismos parámetros de la prueba 1 del M.A N°5; considerando que en esta prueba hubo una eficiencia de perforación de 80% se agregaran 2 taladros cuadradores para lograr una eficiencia de perforación del 95%. Se muestra el diseño de la malla en la Figura 34.

- Cálculo del número de taladros utilizados en el diseño de malla de perforación y voladura en la labor del MA N°5 P2.

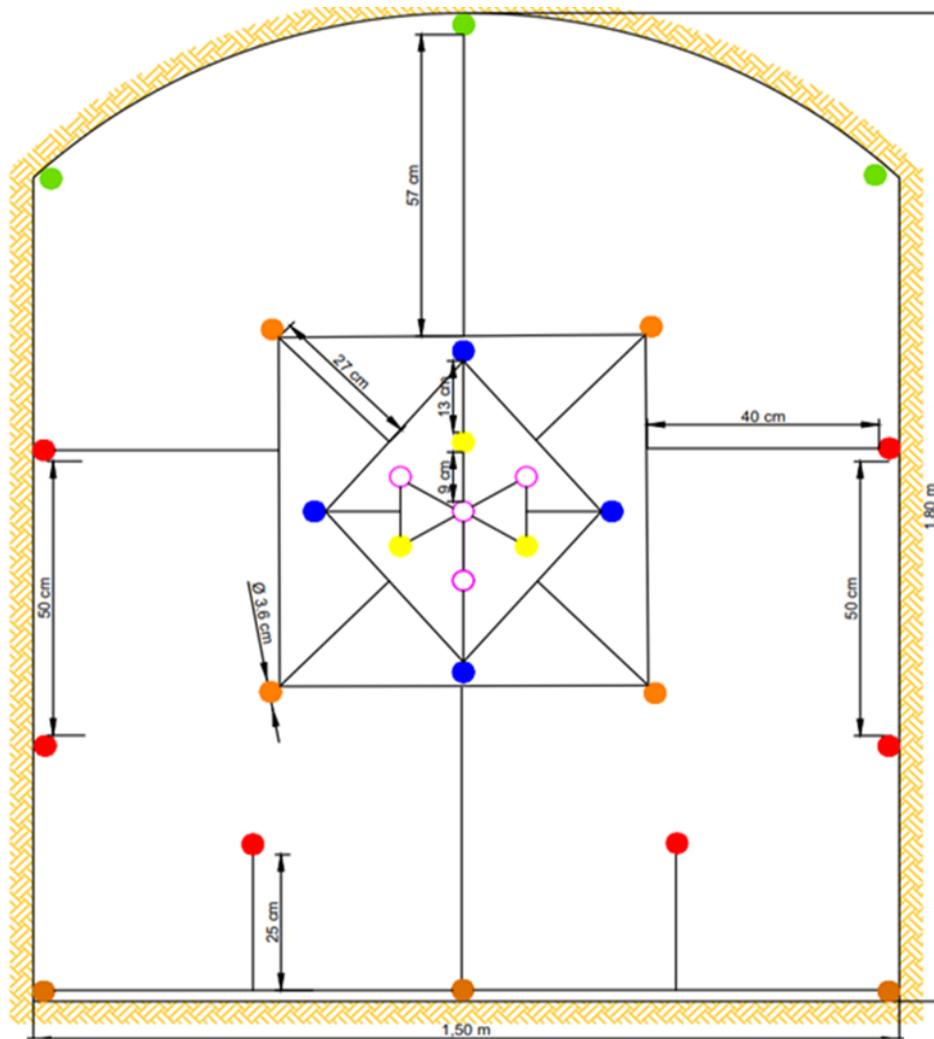
Número de Taladros = (P/dt) + (e*s)				19.00
Se agregarán 6 taladros para tener un arranque de 12"; haciendo un total de 23 taladros perforados.				
Distancia entre Taladros				
Dureza de la Roca:	Tenaz	Intermedia	Friable	Tenaz
Distancia (m):	0.50 - 0.55	0.60 - 0.65	0.70 - 0.75	0.50
Coefficiente de la Roca				
Dureza de la Roca:	Tenaz	Intermedia	Friable	Tenaz
Coefficiente:	2.00	1.50	1.00	2
Alto de la Labor(m):				1.80
Ancho de la Labor (m):				1.50
Longitud de Perforación (m):				1.15
Taladros de Alivio				
Diámetro Equivalente (m):				0.07
Diámetro del Taladro (mm):				36
Cantidad de Taladros de Alivio:				4

- Cálculo del burden

Burden del Primer Cuadrante		
Se determinó que el primer burden será de 9 cm; teniendo en cuenta que la longitud del arranque es de 12 pulgadas (30 cm), basándonos en el Manual de Perforación y Voladura de EXSA.		
Burden		
Sección	Valor (m):	Lado de Sección (m):
B1	0.09	0.13
B2	0.13	0.27
B3	0.27	0.57
B4	0.57	1.22

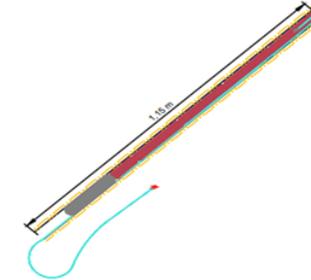
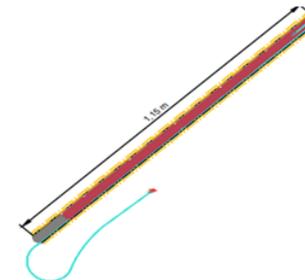
- Cálculo de cantidad de carga promedio por taladro.

Cantidad de Carga (Kg):				8.07
Movimiento de Roca (m3):				3.11
Movimiento de Roca (Tn):				9.00
Densidad de la Roca (Tn/m3):				2.9
Kilos de Explosivo/m3				Kg/m3
Área del Tunel (m2)	Dura y Tenaz	Intermedia	Suave y Friable	2.6
1 a 5	2.60 a 3.20	1.80 a 2.30	1.20 a 1.50	
5 a 10	2.00 a 2.60	1.40 a 1.80	0.90 a 1.20	
10 a 20	1.65 a 2.00	1.10 a 1.40	0.60 a 0.90	
20 a 40	1.20 a 1.65	0.75 a 1.10	0.40 a 0.60	
40 a 60	0.80 a 1.20	0.50 a 0.75	0.30 a 0.40	
Carga Promedio por Taladro = Qt/Nt				
Número de Explosivos por Taladro:				5
Peso Unitario del Explosivo:				0.0806
Burden				
Sección	Valor (m):	Lado de Sección (m):		
B1	0.09	0.13		
B2	0.13	0.27		
B3	0.27	0.57		
B4	0.57	1.22		

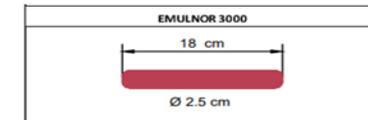
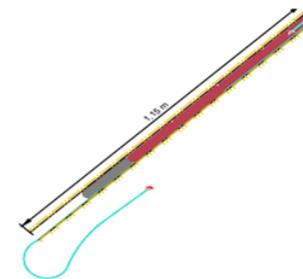
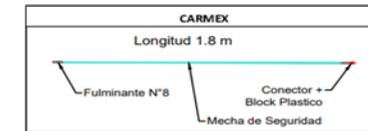


TIPO TALADRO	N° TALADROS	CANTIDAD DE EXPLOSIVO	TOTAL
ARRANQUE	3	5.5	16.5
		TOTAL EXPLOSIVO	16.5

TIPO TALADRO	N° TALADROS	CANTIDAD DE EXPLOSIVO	TOTAL
AYUDAS	4	4.5	18
PRODUCCION	4	4.5	18
		TOTAL EXPLOSIVO	36



TIPO TALADRO	N° TALADROS	CANTIDAD DE EXPLOSIVO	TOTAL
ALZAS	3	4	12
CUADRADORES	6	4	24
ARRASTRES	3	4	12
		TOTAL EXPLOSIVO	48



SIMBOLOGÍA	TIPO DE TALADRO	N° DE TALADROS
○ (pink)	ALIVIO	4
● (yellow)	ARRANQUES	3
● (blue)	AYUDAS	4
● (orange)	PRODUCCIÓN O ROTURA	4
● (green)	ALZAS	3
● (red)	CUADRADORES	6
● (brown)	ARRASTRES	3

ESPECIFICACIONES	
DIAMETRO DEL TALADRO	3.6 cm
LONGITUD DE PERFORACIÓN	1.15 m
N° DE TALADROS PERFORADOS	27
N° DE TALADROS DE ALIVIO	4
N° DE TALADROS CARGADOS	23
N° DE EXPLOSIVOS	100.5

Figura 35. Diseño de malla de perforación en la labor del M.A n°5 P02.

Nota: En taladros de producción, ayudas se consideran 4.5 explosivos; en alzas, cuadradores y arrastres se consideraron 4 explosivos para disminuir la cantidad de explosivos.

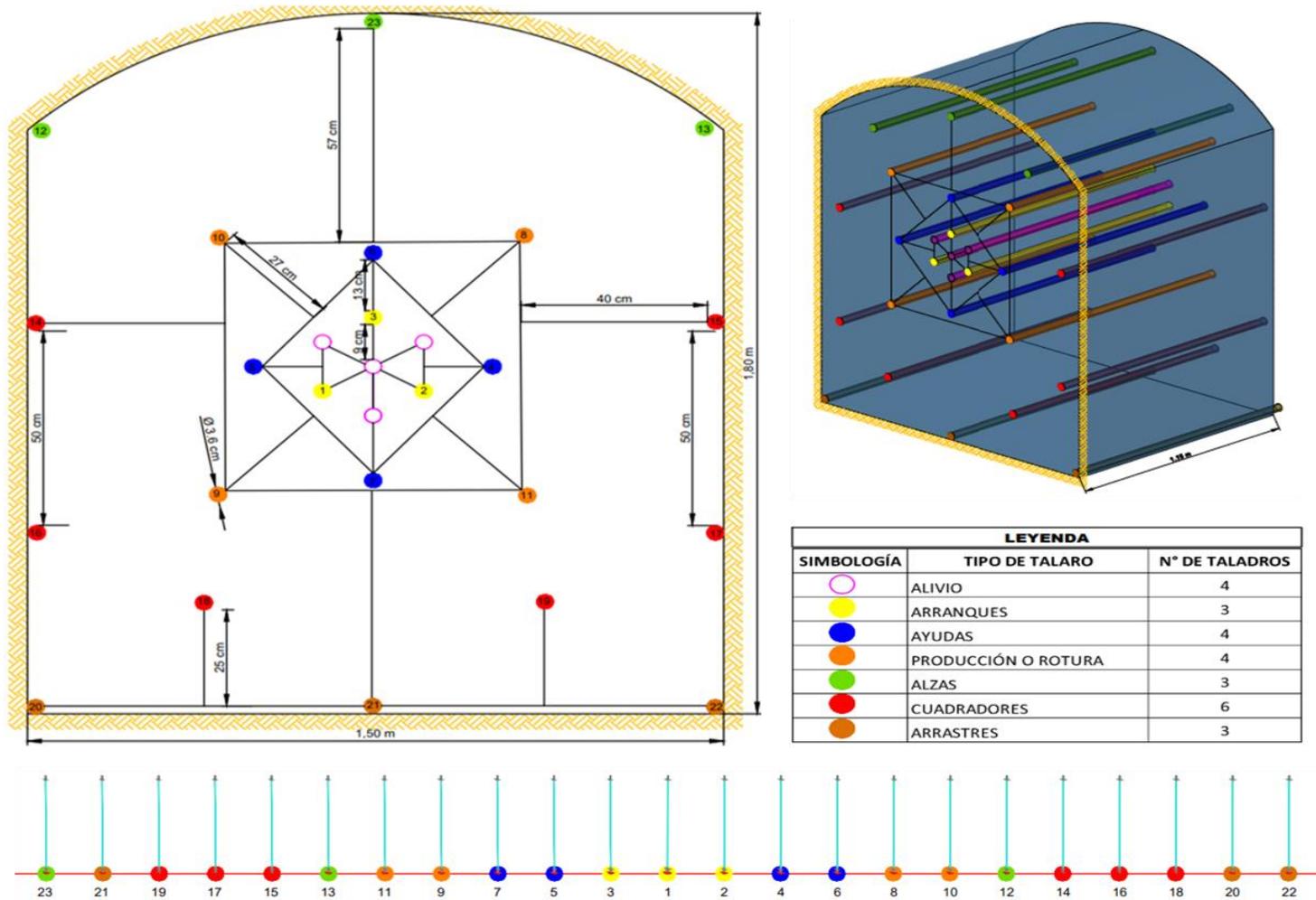


Figura 36. Secuencia de salida en voladura y vista isométrica de avance P02-M5.
 Nota: se obtiene una producción/avance de 3.10m³ considerando 1.15m de profundidad.
 La eficiencia de perforación es del 95%.

3.11. Estandarización de mallas

Para cada labor de los mineros artesanales se realizó pruebas en las cuales se aplicó un diseño propuesto considerando los datos tomados en campo, así también el tipo de roca, tipo de explosivo y dimensiones de la labor.

Para el diseño de las mallas el arranque utilizado en cada prueba en las labores de los mineros artesanales busca una eficiencia del 95% con la intención de lograr la estandarización de las mallas de perforación.

- **Estandarización de malla de perforación y voladura de circado en el Nivel 1720-2020.**

Se realizaron 2 pruebas donde se disminuyó la cantidad de explosivos por cada prueba, la efectividad fue del 89.5 al 90%; de los resultados concluimos lo siguiente:

Tabla 29. Pruebas realizadas en el Nivel 1720-2020.

Minero Artesanal	Largo	Ancho	N° de taladros	N°T. Carg.	N°T Arranq.	N°T Alivio	Producción /avance	m Perf.	N° Expl.
Minero Artesanal N°1	2.2	2	29	25	1	4	4.84	1.15	79.5
Minero Artesanal N°2	2.2	2	29	25	1	4	3.61	0.87	76.8

En las pruebas la efectividad fue la esperada aun cuando se utilizó diferentes tipos de perforadora, la observación es que la cantidad de explosivos se ha disminuido a comparación de los datos tomados en campo anteriormente.

Para demostrar la efectividad se realizó una prueba en el Minero Artesanal N°1 y Minero Artesanal N°2, la sección de prueba es de 2.2m de alto y 2 m de ancho, longitud de perforación es de 1.15 m y 0.87m respectivamente y una broca de 36 mm para la perforación.

Al tener un barreno de 4ft(1.21m) la eficiencia de perforación esperada es del 95%: $1.21m \times 0.95 = 1.15m$. Para lograr una eficiencia del 95% se propone aumentar 1/2 explosivo a los taladros de producción. Se realizo una prueba N°2 en el M.A N°1 para lograr la estandarización; el tipo de roca es buena y se utilizó el diseño de malla mostrado en la figura34.

Luego de la prueba de estandarización la producción de avance en la labor del M.A N°1 fue de 2.76m³ logrando 95% de eficiencia. El plano N°2 muestra el lugar de ubicación donde se realizó la prueba de estandarización de la malla.

En la labor del M.A N°2 se realizó una prueba N°2 para lograr la estandarización; el tipo de roca es buena y se utilizó el diseño de malla mostrado en la figura 34. Luego de la prueba N°2 se logró una producción de avance de 3.82 m³. El plano N°3 muestra el lugar de ubicación donde se realizó la prueba de estandarización de la malla.

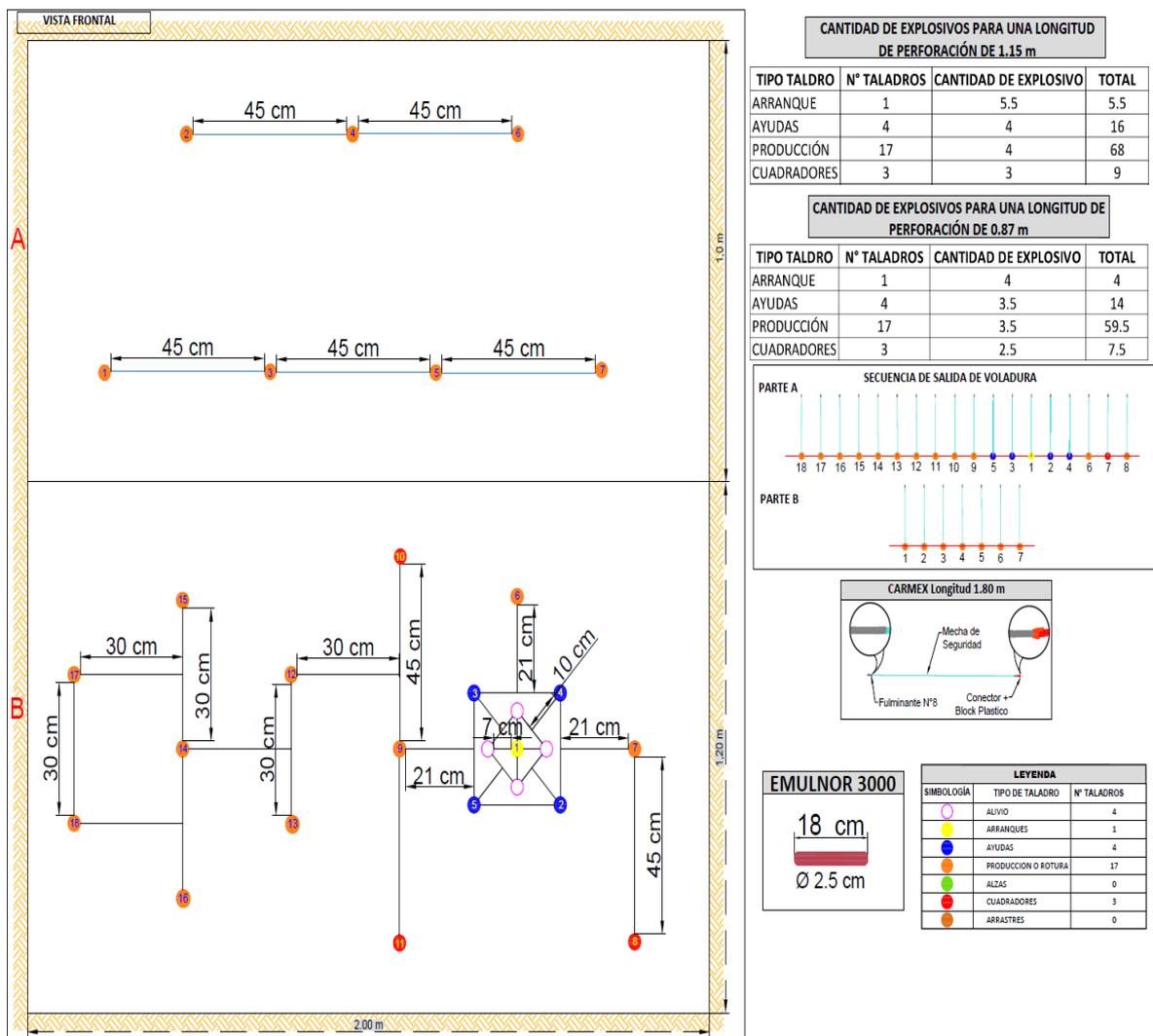


Figura 37. Estandarización de Malla de Py V para circado de 2.00mx2.20m.

Nota: Para una longitud de perforación de 0.87m se necesita una cantidad de 85 explosivos, para una perforación de 1.15m se necesita una cantidad de 98.5 explosivos.

- **Estandarización de malla de perforación y voladura de subnivel en el Nv 1987-1730.**

Se realizaron 2 pruebas donde se disminuyó la cantidad de explosivos por cada prueba, la efectividad fue del 87% al 95%; de los resultados concluimos lo siguiente:

Tabla 30. Pruebas realizadas en el Nivel 1987-1730

Minero Artesanal	Largo	Ancho	N° de taladros	N°T. Cargados	N°T Arranque	N°T Alivio	Producción/ avance	m perforados	N° Explosivos
Minero Artesanal N°3	1.7	1.4	23	19	3	4	1.904	0.87	62
Minero Artesanal N°4	1.7	1.4	23	19	3	4	2.07	0.87	76

Para demostrar la efectividad del diseño de la malla de perforación planteada se realizó una prueba en el Minero Artesanal N°3 y Minero Artesanal N°4, la sección de prueba es de 1.7m de alto y 1.4 m de ancho, longitud de perforación es de 0.87m respectivamente y una broca de 36 mm para la perforación.

Al tener un barreno de 3ft(0.91m) la eficiencia de perforación esperada es del 95%: $0.91m \times 0.95 = 0.87m$. Se logro la eficiencia esperada en la prueba 1 del M.A N°4.

A partir de esto se logra realizar la malla de estandarización, para esto se realiza una prueba en el M.A N°3 donde se logró la eficiencia del 95%. El plano N°4 muestra el lugar de ubicación donde se realizó la prueba de estandarización de la malla.

En la labor del M.A N°4 se realizó una prueba N°2 para lograr la estandarización; el tipo de roca es buena y se utilizó el diseño de malla mostrado en la figura 35. Luego de la prueba N°2 se logró una producción de avance de 1.70 m3. El plano N°5 muestra el lugar de ubicación donde se realizó la prueba de estandarización de la malla.

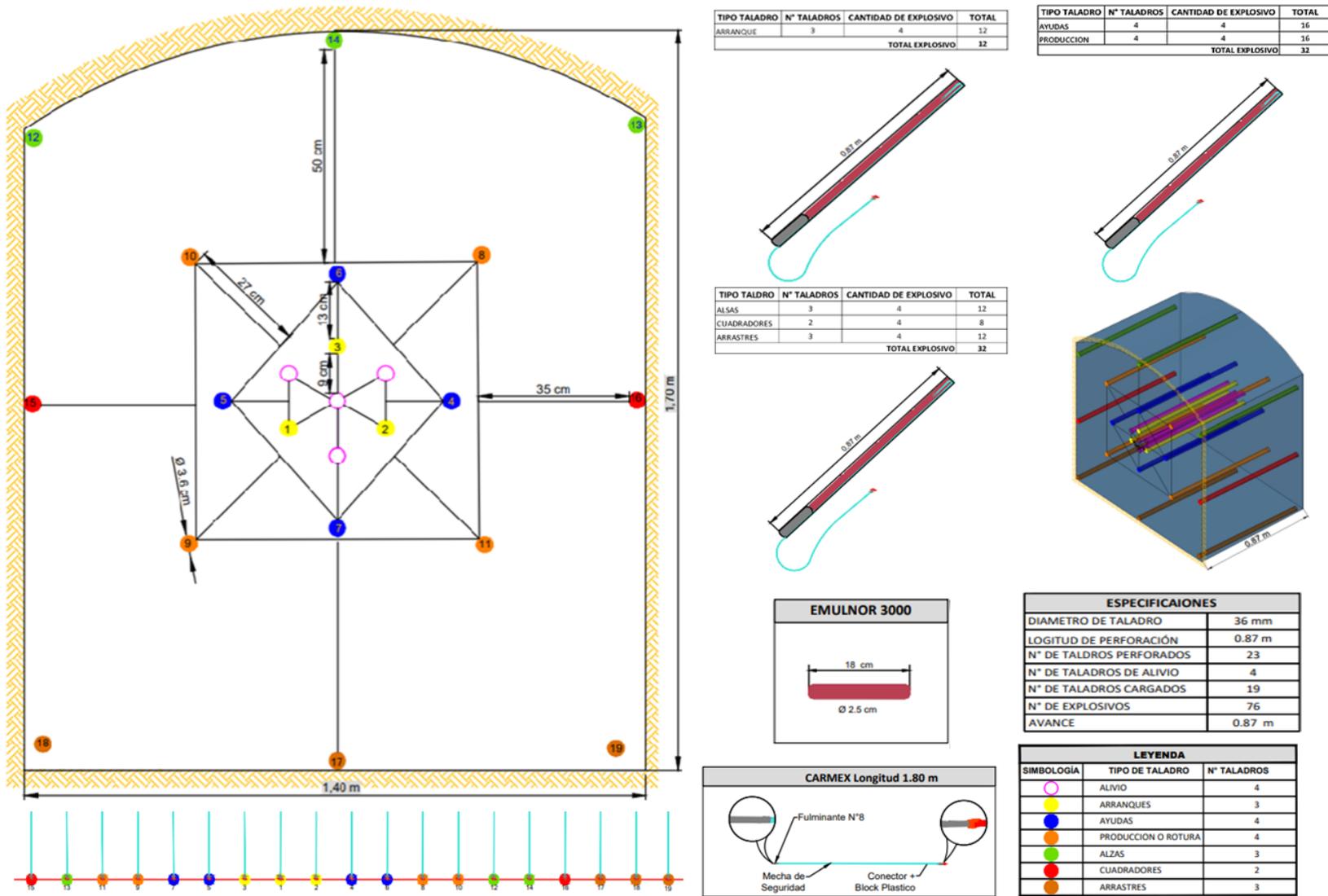


Figura 38. Estandarización de Malla de Py V para subnivel de 1.7mx 1.4m.

- **Estandarización de malla de perforación y voladura de una cortada en el Nv 1875.**

Se realizaron 2 pruebas donde se disminuyó la cantidad de explosivos por cada prueba, la efectividad fue del 80% al 95%; de los resultados concluimos lo siguiente:

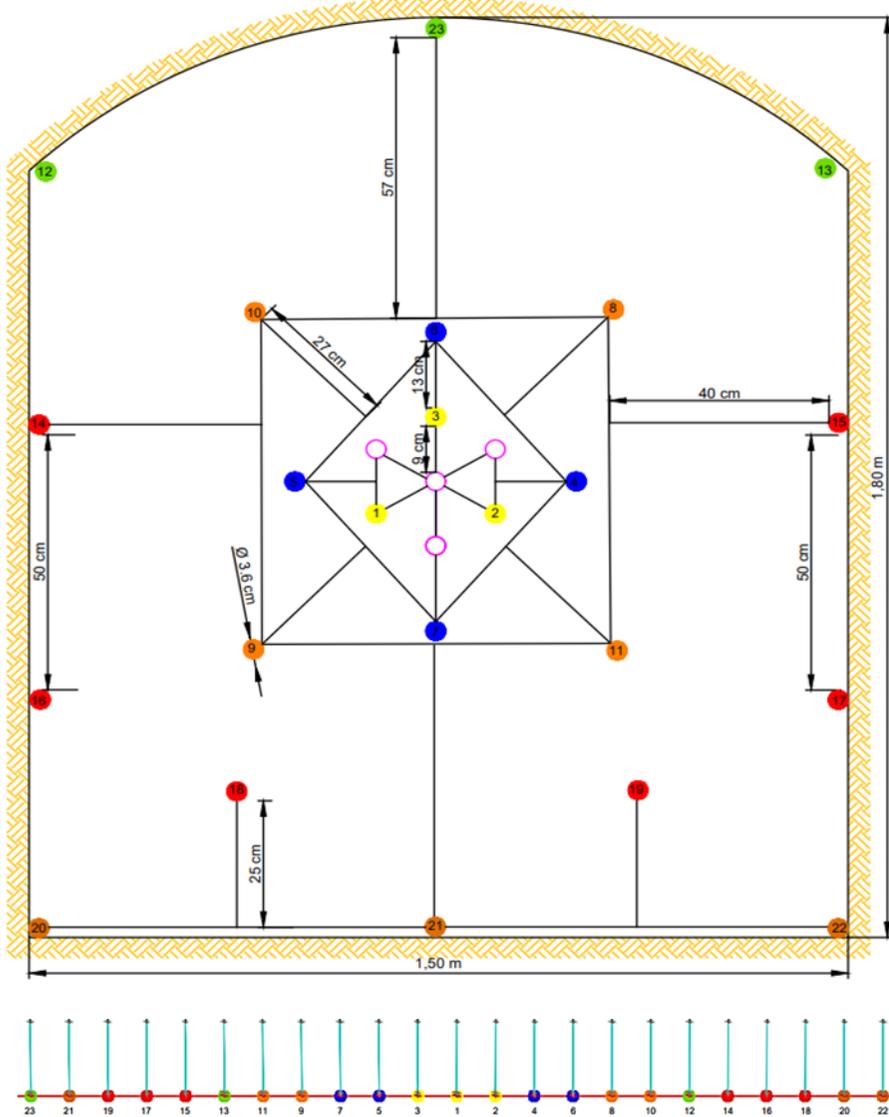
Tabla 31. Pruebas realizadas en el Nivel 1875

Minero Artesanal	Largo	Ancho	N° de taladros	N°T. Cargados	N°T Arranque	N°T Alivio	Producción/ avance	m perforados	N° Explosivos
Prueba 1 Minero Artesanal N°5	1.8	1.5	25	21	3	4	2.99	1.15	92.5
Prueba 2 Minero Artesanal N°5	1.8	1.5	27	23	3	4	3.105	1.15	100.5

Para demostrar la efectividad del diseño de la malla de perforación planteada se realizó una prueba 1 y 2 en el Minero Artesanal N°5, la sección de prueba es de 1.8m de alto y 1.5 m de ancho, longitud de perforación es de 1.15m respectivamente y una broca de 36 mm para la perforación.

Al tener un barreno de 4ft(1.21m) la eficiencia de perforación esperada es del 95%: $1.21m * 0.95 = 1.15m$. Se logro la eficiencia esperada en la prueba 2 del M.A N°5.

A partir de esto se logra realizar la malla de estandarización, para esto se realizó una prueba N°3 en la labor del M.A N°5 para lograr la estandarización; el tipo de roca es buena y se utilizó el diseño de malla mostrado en la figura 36. Luego de la prueba N°3 se logró una producción de avance de 3.105 m³. El plano N°6 muestra el lugar de ubicación donde se realizó la prueba de estandarización de la malla.

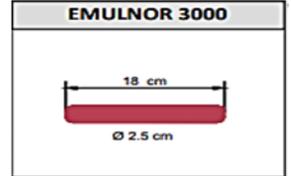
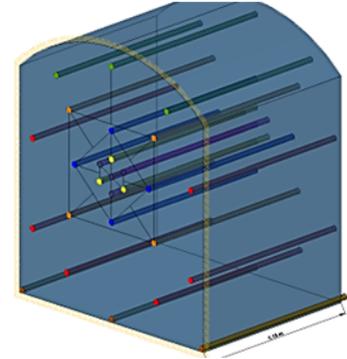


TIPO TALADRO	N° TALADROS	CANTIDAD DE EXPLOSIVO	TOTAL
ARRANQUE	3	5.5	16.5
		TOTAL EXPLOSIVO	16.5

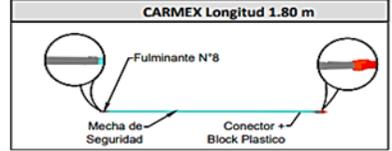
TIPO TALADRO	N° TALADROS	CANTIDAD DE EXPLOSIVO	TOTAL
AYUDAS	4	4.5	18
PRODUCCION	4	4.5	18
		TOTAL EXPLOSIVO	36



TIPO TALADRO	N° TALADROS	CANTIDAD DE EXPLOSIVO	TOTAL
ALSAS	3	4	12
CUADRADORES	6	4	24
ARRASTRES	3	4	12
		TOTAL EXPLOSIVO	48



ESPECIFICACIONES	
DIAMETRO DE TALADRO	36 mm
LOGITUD DE PERFORACION	1.15 m
N° DE TALADROS PERFORADOS	27
N° DE TALADROS DE ALIVIO	4
N° DE TALADROS CARGADOS	23
N° DE EXPLOSIVOS	100.5
AVANCE	1.15m



LEYENDA		
●	ALIVIO	4
●	ARRANQUES	3
●	AYUDAS	4
●	PRODUCCION O ROTURA	4
●	ALZAS	3
●	CUADRADORES	6
●	ARRASTRES	3

Figura 39. Estandarización de Malla de Py V para subnivel de 1.5mx 1.8m.

3.12. Implementación de las nuevas mallas de P&V diseñada de acuerdo a las características propias del macizo rocoso.

La implementación de una malla de perforación con el objetivo de estandarizar el proceso de perforación y voladura implica el uso correcto de los explosivos y accesorios por parte de los maestros perforistas. Estos elementos requieren una manipulación correcta; así como técnicas de carguío y amarre específicas.

Con el fin de garantizar el correcto y adecuado uso de explosivos y accesorios, es fundamental proporcionar una capacitación integral que abarque tanto aspectos teóricos como prácticos. Para ello, se llevó a cabo una charla en colaboración con el personal de Acopio de Cia Minera Poderosa S.A. Esta capacitación se detalla en el Anexo 7.

Además, se contará con maestros experimentados, quienes poseen conocimientos en la manipulación y uso correcto de explosivos. Su experiencia permite mejorar la enseñanza práctica relacionada con el nuevo diseño de las mallas de perforación y voladura.



Figura 40. Personal de acopio y capataces apoyando en la capacitación in situ (práctica) sobre estandarización de mallas en la zona Paraíso.

Fuente: Cia Minera Poderosa S.A.

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de la comparación de los resultados de eficiencia entre la malla diseñada y la malla de perforación inicialmente utilizada por los M.A en la Zona Paraíso.

Para poder comparar los resultados de eficiencia entre la malla de perforación inicial tomada en campo y la diseñada, se comparará los resultados de ambas mallas con respecto a las ratios más importantes en el proceso de perforación y voladura, tales como: avance lineal(m), producción/avance(m³) y factor de carga(kg/m). Adicional, se elaboró una tabla comparativa, donde se desea ver la cantidad de explosivos utilizados por cada malla de perforación.

Tabla 32.Cuadro comparativo de empleo de explosivos.

Malla	M.A	Nivel	Longitud de perforación	Cantidad de explosivos					
				Malla inicial			Malla propuesta para la estandarización		
				Emulnor 3000	Carmex	Mecha rápida(m)	Emulnor 3000	Carmex	Mecha rápida(m)
Circado	1	1720	1.15	164	41	5	98.5	25	6
Circado	2	2020	0.87	144	36	5	85	25	6
Subnivel	3	1987	0.87	124	31	4	76	19	5
Subnivel	4	1730	0.87	116	29	4	76	19	5
Cortada	5	1875	1.15	168	42	5	100.5	23	6

Se puede observar en la Tabla 38, que los valores numéricos presentados muestran que las mallas iniciales había un gran consumo de explosivos, y en las mallas diseñadas se ha logrado optimizar el mismo; no obstante, en función a las ratios indicadas se compararan los valores.

4.1.1. Análisis de la comparación de KPI: avance por disparo (m)

El avance línea o avance por disparo nos permite conocer la cantidad de metros que se avanzó por cada disparo empleado en la malla inicial y en la malla estandarizada de perforación y voladura; en la tabla 38 se especifica la longitud de perforación utilizada en cada M.A; igual que la cantidad de explosivos y accesorios de voladura. Se especifica en la figura 38.

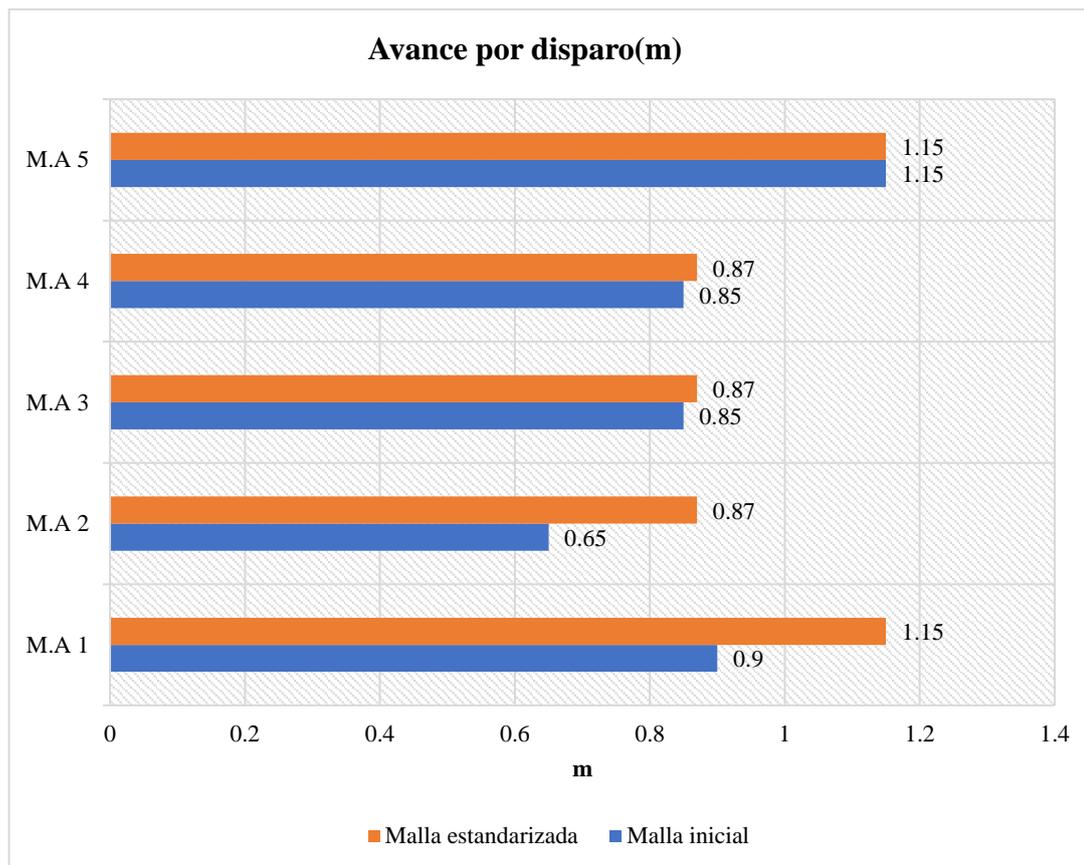


Figura 41.Gráfico de avance por disparo: malla inicial vs diseñada para estandarización.

La figura 38 muestra el avance en metros por cada disparo antes y después de aplicar las mallas estandarizadas. En el MA1 se obtuvo un avance de 1.15 m, con incremento del 27%. El M.A2 obtuvo un avance de 0.87m con un incremento del 33.8%. de avance. El minero artesanal 3 y 4 obtuvieron un avance de 0.87, con un incremento del 2.4% de avance. El M.A5 obtuvo un avance de 1.15 m, no tiene un incremento; sin embargo, el resultado positivo de dicha estandarización se ve reflejada en la disminución del consumo de explosivo detallado en la figura 40.

4.1.2. Análisis de la comparación de KPI: producción/avance (m3)

La producción/avance nos permite conocer la cantidad de material fragmentado, expresado en m3, como resultado de las voladuras realizadas en las labores de los M.A. Se especifica en la figura 39.

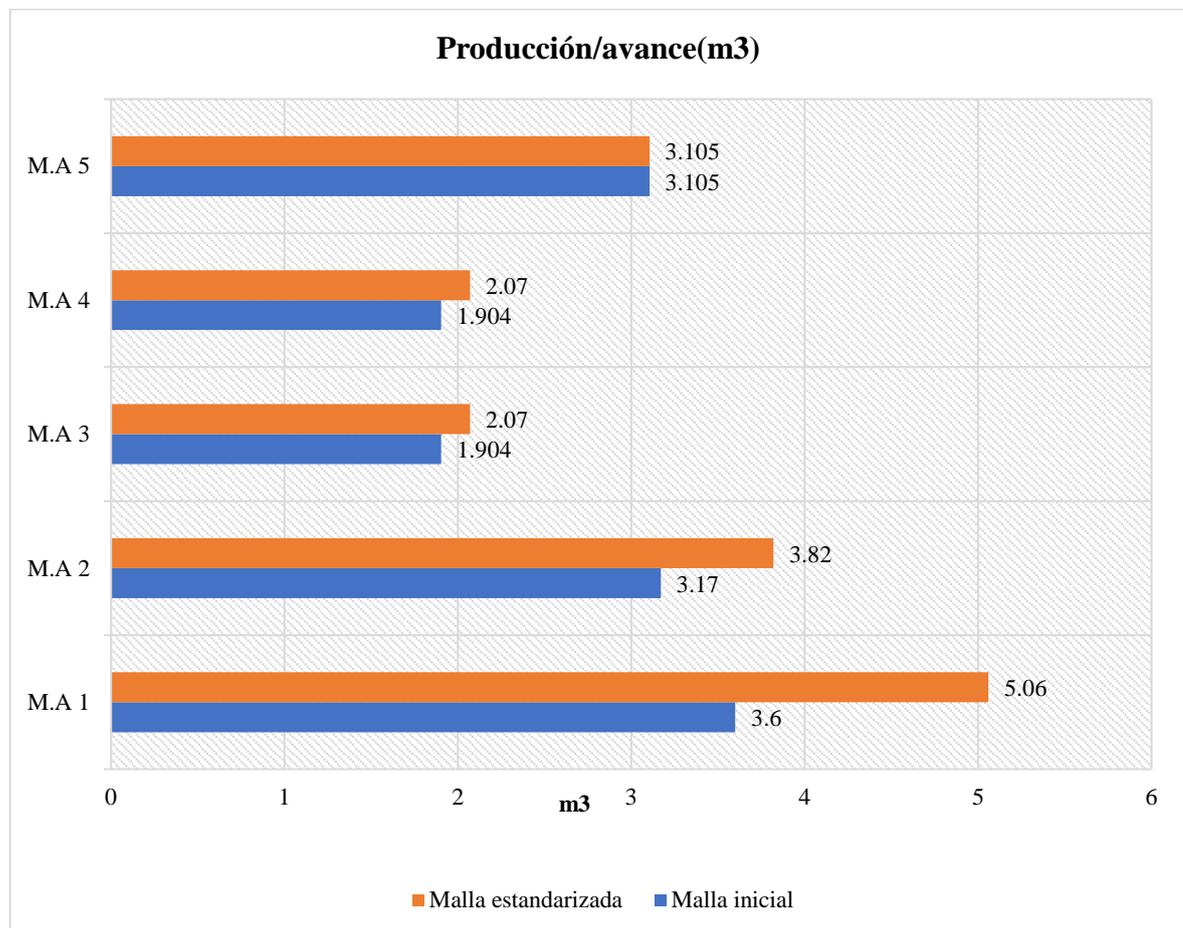


Figura 42. Gráfico de producción/avance: malla inicial vs diseñada para estandarización.

La figura 39 muestra la productividad/avance en m3 antes y después de aplicar la malla estandarizada. El M.A 1 obtuvo una productividad/avance de 5.06m3, con un incremento del 40.6%. El M.A 2 obtuvo una productividad/avance de 3.82 m3, con un incremento del 20.5%. El minero artesanal 3 y 4 obtuvieron una productividad de 2.07m3, con un incremento de 8.72%. El M.A5 obtuvo una productividad de 3.105 m3, no tiene ningún aumento o disminución en la productividad; sin embargo, el resultado positivo de dicha estandarización se ve reflejada en la disminución del consumo de explosivo. Ver figura 40.

4.1.3. Análisis de la comparación de KPI: factor de carga(kg/m)

El factor de carga nos proporciona información sobre la cantidad de explosivo en kg utilizada por disparo, ya sea empleado la malla inicial o la malla propuesta de estandarización de perforación y voldura. En ambos casos se utilizó emulnor 3000, carmex y mecha rápida. Al comparar la cantidad de carga se considera la cantidad de emulnor utilizada, no se considera carmex y mecha rápida. Se centro principalmente en comparar el uso de explosivos emulnor empleados. Se muestra en la figura 40.

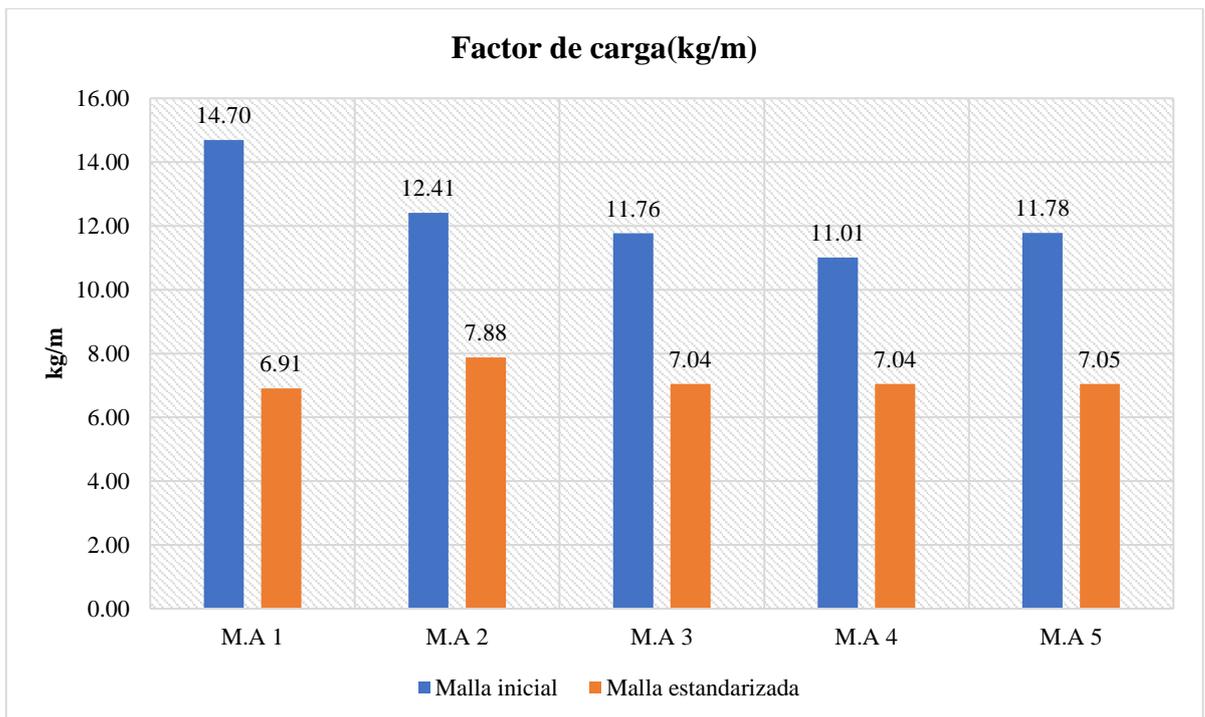


Figura 43.Gráfico de factor de carga: malla inicial vs malla estandarizada.

La Figura 40 muestra el factor de carga kg/m usado en cada disparo antes y después de aplicar la malla estandarizada. El M.A 1 obtuvo un factor de carga de 6.91 kg/m, con una disminución de 52.9% de explosivo usado. El M.A 2 obtuvo un factor de carga de 7.88 kg/m, con una disminución de 36.5% de explosivo usado. El M.A 3 obtuvo un factor de carga de 7.04 kg/m, con una disminución de 40.1% de explosivo usado. El M.A 4 obtuvo un factor de carga de 7.04kg/m, con una disminución del 36.1% de explosivo usado. El M.A5 obtuvo un factor de carga de 7.05kg/m, con una disminución de 40.2% de explosivo usado.

4.1.4. Análisis de la comparación de costos de las mallas antes y después de la estandarización en las labores de los M.A.

El presente trabajo de investigación consta en crear mallas de perforación y voladura y estandarizar así las labores, dado que no se cuenta con ningún estándar de trabajo en los M.A zona Paraíso en lo que concierne al proceso de perforación y voladura. Se realiza el análisis de costos en comparación de los tipos de mallas de perforación estudiadas (mallas iniciales y mallas propuestas para la estandarización), en donde se tomará en cuenta como costos fijos (pago maestro y ayudante perforista), los gastos generales (materiales, equipos, epp, herramientas, otros,). Se tiene como costos variables en función al consumo de explosivos y accesorios de voladura empleados.

El costo en soles de avance en la labor del M.A 1 antes de usar la malla estandarizada fue de S/. 1090 con un avance de 3.6 m³; mientras que el costo de avance luego de usar la malla estandarizada es de S/. 759.9 con un avance de 5.06 m³; ahorrando un total de S/. 330.01 por cada m³ de avance. En el caso del M.A 2 el costo de avance antes de usar la malla estandarizada fue de S/. 535.7 con un avance de 3.17 m³; mientras que el costo de avance después de usar la malla estandarizada es de S/. 427.9 con un avance de 3.82m³; ahorrando un total de S/. 107.8 por cada m³ de avance. El costo en soles de avance del minero artesanal 3 antes de usar la malla estandarizada fue de S/. 854 con un avance de 0.85 m; mientras que el costo de avance después de usar la malla estandarizada es de S/. 767.9 con un avance de 0.87 m; ahorrando un total de S/. 86.1 por cada m de avance. El costo en soles de avance del minero artesanal 4 antes de usar la malla estandarizada fue de S/. 924.8 con un avance de 0.85m; mientras que el costo de avance después de usar la malla estandarizada es de S/. 848.3 con un avance de 0.87 m; ahorrando un total de S/. 76.5 por cada m de avance. Finalmente, el costo en soles de avance del minero artesanal 5 antes de usar la malla estandarizada fue de S/.566.8 con un avance de 1.15 m; mientras que el costo de avance después de usar la malla estandarizada es de S/. 429.4 con un avance de 1.15 m; ahorrando un total de S/. 137.4 por cada m de avance.

4.1.4.1. Análisis de costo antes y después de aplicar la malla estandarizada en la labor del M.A 1.

- Análisis de costo en la labor del minero artesanal N°1 en la malla inicial utilizada.

Tabla 33.Análisis de costo s/m3 en la malla inicial del M.A 1

Avance	3.6	m3					P.U
Mano Obra						393.33	109.26
Sueldos Neto:			N°Personas	Días trabajados	Horas trabajadas	S/hora	Costo
Perforista	3,500.00		1	30	8	14.58	233.33
Ayudante	2,400.00		1	30	8	10	160.00
Materiales e insumos						2737.27	760.35
	Unidad	C.u s/					Costo
Madera 7" x 8" x 3m	40	49.94	-	-	-	-	1997.60
Madera 5" x 6" x 3m	0	26.39	-	-	-	-	0.00
Escalera	0	48.24	-	-	-	-	0.00
Tabla aserrada	40	13.32	-	-	-	-	532.80
Explosivo Emulnor	164	0.78	-	-	-	-	127.27
Explosivo Carmex	41	1.81	-	-	-	-	74.09
Explosivo Mecha rapida (m)	5	1.1012	-	-	-	-	5.51
Equipos	COSTO OPERACIONAL					17.25	4.79
	Costo	Vida Año	Costo/ Hora	Costo/ Hora	Costo/hora	Costo	-
Perforadora (Atlas Copco TY29)	2800	4	0.24	0.19	0.4375	-	3.50
Ventilador trifasico 5HP	5500	4	0.48	0.38	0.859375	-	13.75
Herramientas						765.53	212.65
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/guardia			Costo
Broca 36mm	750	15	1	46.88	-	-	750.0
Barreno 4ft	100	6	6	0.42	-	-	6.7
Carretillas	180	3	6	0.38	-	-	6.0
Combo 6 lbr	35	4	24	0.02	-	-	0.4
Combo 10 lbr	45	3	24	0.02	-	-	0.4
Alicate	17	5	6	0.06	-	-	0.9
Chispero	0.1	150	24	0.00	-	-	0.0
Manga de ventilación	100	1	6	0.1	-	-	1.1
EPP						10.5	2.9
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/Hora			Costo
Protector	5	2	12	0.003	-	-	0.06
Lentes	3	2	1	0.025	-	-	0.40
Tapones de oido	1	2	1	0.008	-	-	0.13
Respirador	40	2	6	0.056	-	-	0.89
Filtros para respiradores	10	2	1	0.083	-	-	1.33
Barbiquejos	1	2	1	0.008	-	-	0.13
Polo de malla	28	2	1	0.233	-	-	3.73
Pantalon	33	2	3	0.092	-	-	1.47
Guantes	6	2	1	0.050	-	-	0.80
Botas	72	2	6	0.1	-	-	1.6
Costo/avance						s//m3	1090.0

Fuente: Minera Poderosa,2022.

El costo de la malla inicial utilizada para circado por el M.A 1 es de 1090 s//m3. Se considera que la longitud de perforación es de 1.15m.

- **Análisis de costo en el minero artesanal N°1 en la malla estandarizada.**

Tabla 34. Análisis de costo s/m3 en la malla estandarizada del M.A 1

Avance	5.06	m3					P.U
Mano Obra							393.33 77.734
Sueldos Neto:			N°Personas	Días trabajados	Horas trabajadas	s/hora	Costo
Perforista		3,500.00	1	30	8	14.58	233.33
Ayudante		2,400.00	1	30	8	10	160.00
Materiales e insumos							2658.62 525.42
	Unidad	C.u s/					Costo
Madera 7" x 8" x 3m	40	49.94	-	-	-	-	1997.6 -
Madera 5" x 6" x 3m	0	26.39	-	-	-	-	0 -
Escalera	0	48.24	-	-	-	-	0 -
Tabla aserrada	40	13.32	-	-	-	-	532.8 -
Explosivo Emulnor	98.5	0.78	-	-	-	-	76.4405 -
Explosivo Carmex	25	1.81	-	-	-	-	45.1759 -
Explosivo Mecha rapida (m)	6	1.1012	-	-	-	-	6.6072 -
Equipos			COSTO OPERACIONAL				17.25 3.4091
	Costo	Vida Año	Costo/ Hora	Costo/ Hora	Costo/hora		Costo
Perforadora (Atlas Copco TY29)	2800	4	0.24	0.19	0.4375	-	3.5 -
Ventilador trifasico 5HP	5500	4	0.48	0.38	0.859375	-	13.75 -
Herramientas							765.53 151.29
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/guardia			Costo
Broca 36mm	750	15	1	46.88	-	-	750 -
Barreno 4ft	100	6	6	0.42	-	-	6.66667 -
Carretillas	180	3	6	0.38	-	-	6 -
Combo 6 lbr	35	4	24	0.02	-	-	0.38889 -
Combo 10 lbr	45	3	24	0.02	-	-	0.375 -
Alicate	17	5	6	0.06	-	-	0.94444 -
Chispero	0.1	150	24	0.00	-	-	0.04167 -
Manga de ventilación	100	1	6	0.1	-	-	1.11111 -
EPP							10.5 2.0839
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/Hora			Costo
Protector	5	2	12	0.003	-	-	0.05556 -
Lentes	3	2	1	0.025	-	-	0.4 -
Tapones de oido	1	2	1	0.008	-	-	0.13333 -
Respirador	40	2	6	0.056	-	-	0.88889 -
Filtros para respiradores	10	2	1	0.083	-	-	1.33333 -
Barbiquejos	1	2	1	0.008	-	-	0.13333 -
Polo de malla	28	2	1	0.233	-	-	3.73333 -
Pantalón	33	2	3	0.092	-	-	1.46667 -
Guantes	6	2	1	0.050	-	-	0.8 -
Botas	72	2	6	0.1	-	-	1.6 -
Costo/avance							s//m3 759.94

Fuente: Minera Poderosa,2022.

El costo de la malla estandarizada utilizada para circado por el M.A 1 es de 759.9 s//m3.Se considera que la longitud de perforación es de 1.15m.

4.1.4.2. Análisis de costo antes y después de aplicar la malla estandarizada en la labor del M.A 2.

- Análisis de costo en la labor del minero artesanal N°2 en la malla inicial utilizada.

Tabla 35. Análisis de costo s/m3 en la malla inicial del M.A 2.

Avance	3.17	m3							
Mano Obra								393.33	124.08
Sueldos Neto:			N°Personas	Días trabajados	Horas trabajadas	s/hora	Costo		
Perforista	3,500.00	1	30	8	14.58	233.33			
Ayudante	2,400.00	1	30	8	10	160.00			
Materiales e insumos								245.44	77.43
	Unidad	C.u s/						Costo	
Madera 7" x 8" x 3m	1	49.94	-	-	-	-	49.94	-	-
Madera 5" x 6" x 3m	0.5	26.39	-	-	-	-	13.195	-	-
Escalera	0	48.24	-	-	-	-	0	-	-
Tabla aserrada	0	13.32	-	-	-	-	0	-	-
Explosivo Emulnor	144	0.78	-	-	-	-	111.75062	-	-
Explosivo Carmex	36	1.81	-	-	-	-	65.053296	-	-
Explosivo Mecha rapida(m)	5	1.1012	-	-	-	-	5.506	-	-
Equipos				COSTO OPERACIONAL				33.90	10.69
	COSTO	Vida Año	Costo/ Hora	Costo/ Hora	Costo/hora		Costo		
Transformador (440 a 220) 8kva	2300	5	0.16	0.13	0.2875	-	2.3	-	-
Perforadora (Makita)	6840	2	1.19	0.95	2.1375	-	17.1	-	-
Ventilador trifasico 5HP	5800	4	0.50	0.40	0.90625	-	14.5	-	-
Herramientas								1014.975	320.18
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/guardia			Costo		
Broca 36mm	600	25	1	62.50	-	-	1000	-	-
Barreno 3ft	100	5	6	0.35	-	-	5.5555556	-	-
Carretillas	230	3	6	0.48	-	-	7.6666667	-	-
Combo 6 lbr	35	1	24	0.01	-	-	0.0972222	-	-
Combo 10 lbr	45	1	24	0.01	-	-	0.125	-	-
Alicate	17	2	6	0.02	-	-	0.3777778	-	-
Chispero	0.15	100	24	0.00	-	-	0.0416667	-	-
Manga de ventilación	100	1	6	0.07	-	-	1.1111111	-	-
EPP								10.544444	3.33
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/Hora			Costo		
Protector	5	2	12	0.003	-	-	0.0555556	-	-
Lentes	3	2	1	0.025	-	-	0.4	-	-
Tapones de oido	1	2	1	0.008	-	-	0.1333333	-	-
Respirador	40	2	6	0.056	-	-	0.8888889	-	-
Filtros para respiradores	10	2	1	0.083	-	-	1.3333333	-	-
Barbiquejos	1	2	1	0.008	-	-	0.1333333	-	-
Polo de malla	28	2	1	0.233	-	-	3.7333333	-	-
Pantalón	33	2	3	0.092	-	-	1.4666667	-	-
Guantes	6	2	1	0.1	-	-	0.8	-	-
Botas	72	2	6	0.1	-	-	1.6	-	-
Costo/avance								s//m3	535.71

Fuente: Minera Poderosa, 2022.

El costo de la malla inicial utilizada para circado por el M.A 2 es de 535.7 s//m3. Se considera que la longitud de perforación es de 0.87m.

- **Análisis de costo en el minero artesanal N°2 en la malla estandarizada.**

Tabla 36. Análisis de costo s/m3 en la malla estandarizada del M.A 2.

Avance	3.82	m³						
Mano Obra							393.33 102.97	
Sueldos Neto:			N°Personas	Días trabajados	Horas trabajadas	s/hora	Costo	
Perforista	3,500.00		1	30	8	14.58	233.33	
Ayudante	2,400.00		1	30	8	10	160.00	
Materiales e insumos							180.88 47.35	
	Unidad	C.u s/					Costo	
Madera 7" x 8" x 3m	1	49.94	-	-	-	-	49.94	
Madera 5" x 6" x 3m	0.5	26.39	-	-	-	-	13.195	
Escalera	0	48.24	-	-	-	-	0	
Tabla aserrada	0	13.32	-	-	-	-	0	
Explosivo Emulnor	85	0.78	-	-	-	-	65.96391	
Explosivo Carmex	25	1.81	-	-	-	-	45.1759	
Explosivo Mecha rapida(m)	6	1.1012	-	-	-	-	6.6072	
Equipos			COSTO OPERACIONAL					33.90 8.87
	COSTO	Vida Año	Costo/ Hora	Costo/ Hora	Costo/hora		Costo	
Transformador (440 a 220) 8kva	2300	5	0.16	0.13	0.2875	-	2.3	
Perforadora (Makita)	6840	2	1.19	0.95	2.1375	-	17.1	
Ventilador trifasico 5HP	5800	4	0.50	0.40	0.90625	-	14.5	
Herramientas							1016.0861 265.99	
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/guardia			Costo	
Broca 36mm	600	25	1	62.50	-	-	1000	
Barreno 3ft	100	6	6	0.42	-	-	6.6666667	
Carretillas	230	3	6	0.48	-	-	7.6666667	
Combo 6 lbr	35	1	24	0.01	-	-	0.0972222	
Combo 10 lbr	45	1	24	0.01	-	-	0.125	
Alicate	17	2	6	0.02	-	-	0.3777778	
Chispero	0.15	100	24	0.00	-	-	0.0416667	
Manga de ventilación	100	1	6	0.07	-	-	1.1111111	
EPP							10.544444 2.76	
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/Hora			Costo	
Protector	5	2	12	0.003	-	-	0.0555556	
Lentes	3	2	1	0.025	-	-	0.4	
Tapones de oido	1	2	1	0.008	-	-	0.1333333	
Respirador	40	2	6	0.056	-	-	0.8888889	
Filtros para respiradores	10	2	1	0.083	-	-	1.3333333	
Barbiquejos	1	2	1	0.008	-	-	0.1333333	
Polo de malla	28	2	1	0.233	-	-	3.7333333	
Pantalon	33	2	3	0.092	-	-	1.4666667	
Guantes	6	2	1	0.1	-	-	0.8	
Botas	72	2	6	0.1	-	-	1.6	
Costo/avance							s//m³ 427.94395	

Fuente: Minera Poderosa,2022.

El costo de la malla estandarizada utilizada para circado por el M. A 2 es de 427.9 s//m3.

Se considera que la longitud de perforación es de 0.87m.

4.1.4.3. Análisis de costo antes y después de aplicar la malla estandarizada en la labor del M.A 3.

- Análisis de costo en la labor del minero artesanal N°3 en la malla inicial utilizada.

Tabla 37. Análisis de costo s/m en la malla inicial del M.A 3.

Avance	0.85	m					P.U
Mano Obra							166.67 196.08
Sueldos Neto:			N°Personas	Días trabajados	Horas trabajadas	s/hora	Costo
Perforista	3,000.00	1	30	8	####	100.00	
Ayudante	2,000.00	1	30	8	8.333	66.67	
Materiales e insumos							219.79 258.57
	Unidad	C.u s/					Costo
Madera 7" x 8" x 3m	1	49.94	-	-	-	-	49.94
Madera 5" x 6" x 3m	0.5	26.39	-	-	-	-	13.195
Escalera	0	48.24	-	-	-	-	0
Tabla aserrada	0	13.32	-	-	-	-	0
Explosivo Emulnor	124	0.78	-	-	-	-	96.229704
Explosivo Carmex	31	1.81	-	-	-	-	56.018116
Explosivo Mecha rapida(m)	4	1.1012	-	-	-	-	4.4048
Equipos				COSTO OPERACIONAL			26.65 31.35
	COSTO	Vida Año	Costo/ Hora	Costo/ Hora	Costo/hora		Costo
Transformador (440 a 220) 8kva	2300	5	0.16	0.13	0.2875	-	2.3
Perforadora (Makita)	6840	2	1.19	0.95	2.1375	-	17.1
Ventilador trifasico 5HP	5800	4	0.50	0.40	0.90625	-	7.25
Herramientas							307.4875 361.75
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/guardia			Costo
Broca 36mm	600	15	1	37.50	-	-	300.00
Barreno 3ft	100	5	6	0.35	-	-	2.78
Carretillas	230	3	6	0.48	-	-	3.83
Combo 6 lbr	35	1	24	0.01	-	-	0.05
Combo 10 lbr	45	1	24	0.01	-	-	0.06
Alicate	17	2	6	0.02	-	-	0.19
Chispero	0.15	100	24	0.00	-	-	0.02
Manga de ventilación	100	1	6	0.07	-	-	0.56
EPP							5.27 6.20
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/Hora			Costo
Protector	5	2	12	0.003	-	-	0.03
Lentes	3	2	1	0.025	-	-	0.20
Tapones de oido	1	2	1	0.008	-	-	0.07
Respirador	40	2	6	0.056	-	-	0.44
Filtros para respiradores	10	2	1	0.083	-	-	0.67
Barbiquejos	1	2	1	0.008	-	-	0.07
Polo de malla	28	2	1	0.233	-	-	1.87
Pantalon	33	2	3	0.092	-	-	0.73
Guantes	6	2	1	0.1	-	-	0.4
Botas	72	2	6	0.1	-	-	0.8
Costo/avance						s//m	854.0

Fuente: Minera Poderosa,2022.

El costo de la malla inicial utilizada para circado por el M.A 3 es de 854 s//m. Se considera que la longitud de perforación es de 0.87m.

- **Análisis de costo en el minero artesanal N°3 en la malla estandarizada.**

Tabla 38. Análisis de costo s/m en la malla estandarizada del M.A 3.

Avance	0.87	m							
Mano Obra								166.67	191.57
Sueldos Neto:			N°Personas	Días trabajados	Horas trabajadas	s/hora	Costo		
Perforista	3,000.00		1	30	8	12.50	100.00		
Ayudante	2,000.00		1	30	8	8.3333333	66.67		
Materiales e insumos								161.95	186.15
	Unidad	C.u s/					Costo		
Madera 7" x 8" x 3m	1	49.94	-	-	-	-	49.94	-	-
Madera 5" x 6" x 3m	0.5	26.39	-	-	-	-	13.195	-	-
Escalera	0	48.24	-	-	-	-	0	-	-
Tabla aserrada	0	13.32	-	-	-	-	0	-	-
Explosivo Emulnor	76	0.78	-	-	-	-	58.979496	-	-
Explosivo Carmex	19	1.81	-	-	-	-	34.333684	-	-
Explosivo Mecha rapida(m)	5	1.1012	-	-	-	-	5.506	-	-
Equipos								26.65	30.63
	COSTO	Vida Año	Costo/ Hora	Costo/ Hora	Costo/hora		Costo		
Transformador (440 a 220) 8kva	2300	5	0.16	0.13	0.2875	-	2.3	-	-
Perforadora (Makita)	6840	2	1.19	0.95	2.1375	-	17.1	-	-
Ventilador trifasico 5HP	5800	4	0.50	0.40	0.90625	-	7.25	-	-
Herramientas								307.4875	353.43
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/guardia			Costo		
Broca 36mm	600	15	1	37.50	-	-	300.00	-	-
Barreno 3ft	100	5	6	0.35	-	-	2.78	-	-
Carretillas	230	3	6	0.48	-	-	3.83	-	-
Combo 6 lbr	35	1	24	0.01	-	-	0.05	-	-
Combo 10 lbr	45	1	24	0.01	-	-	0.06	-	-
Alicate	17	2	6	0.02	-	-	0.19	-	-
Chispero	0.15	100	24	0.00	-	-	0.02	-	-
Manga de ventilación	100	1	6	0.07	-	-	0.56	-	-
EPP								5.27	6.06
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/Hora			Costo		
Protector	5	2	12	0.003	-	-	0.03	-	-
Lentes	3	2	1	0.025	-	-	0.20	-	-
Tapones de oido	1	2	1	0.008	-	-	0.07	-	-
Respirador	40	2	6	0.056	-	-	0.44	-	-
Filtros para respiradores	10	2	1	0.083	-	-	0.67	-	-
Barbiquejos	1	2	1	0.008	-	-	0.07	-	-
Polo de malla	28	2	1	0.233	-	-	1.87	-	-
Pantalon	33	2	3	0.092	-	-	0.73	-	-
Guantes	6	2	1	0.1	-	-	0.4	-	-
Botas	72	2	6	0.1	-	-	0.8	-	-
Costo/avance								s//m	767.9

Fuente: Minera Poderosa,2022.

El costo de la malla estandarizada utilizada para circado por el M.A 3 es de 767.9 s//m.

Se considera que la longitud de perforación es de 0.87m.

4.1.4.4. Análisis de costo antes y después de aplicar la malla estandarizada en la labor del M.A 4.

- Análisis de costo en la labor del minero artesanal N°4 en la malla inicial utilizada.

Tabla 39. Análisis de costo s/m en la malla inicial del M.A 4.

Avance	0.85	m				196.67	231.37	
Mano Obra								
Sueldos Neto:			N°Personas	Días trabajados	Horas trabajadas	s/hora	Costo	
Perforista	3,500.00	1	30	8	14.58	116.67	-	
Ayudante	2,400.00	1	30	8	10	80.00	-	
Materiales e insumos						209.97	247.02	
	Unidad	C.u s/					Costo	
Madera 7" x 8" x 3m	1	49.94	-	-	-	49.94	-	
Madera 5" x 6" x 3m	0.5	26.39	-	-	-	13.195	-	
Escalera	0	48.24	-	-	-	0	-	
Tabla aserrada	0	13.32	-	-	-	0	-	
Explosivo Emulnor	116	0.78	-	-	-	90.021336	-	
Explosivo Carmex	29	1.81	-	-	-	52.404044	-	
Explosivo Mecha rapida(m)	4	1.1012	-	-	-	4.4048	-	
Equipos				COSTO OPERACIONAL		26.65	31.35	
	COSTO	Vida Año	Costo/ Hora	Costo/ Hora	Costo/hora		Costo	
Transformador (440 a 220) 8kva	2300	5	0.16	0.13	0.2875	-	2.3	
Perforadora (Makita)	6840	2	1.19	0.95	2.1375	-	17.1	
Ventilador trifasico 5HP	5800	4	0.50	0.40	0.90625	-	7.25	
Herramientas							347.4875	408.81
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/guardia			Costo	
Broca 36mm	600	17	1	42.50	-	-	340.00	
Barreno 3ft	100	5	6	0.35	-	-	2.78	
Carretillas	230	3	6	0.48	-	-	3.83	
Combo 6 lbr	35	1	24	0.01	-	-	0.05	
Combo 10 lbr	45	1	24	0.01	-	-	0.06	
Alicate	17	2	6	0.02	-	-	0.19	
Chispero	0.15	100	24	0.00	-	-	0.02	
Manga de ventilación	100	1	6	0.07	-	-	0.56	
EPP							5.27	6.20
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/Hora			Costo	
Protector	5	2	12	0.003	-	-	0.03	
Lentes	3	2	1	0.025	-	-	0.20	
Tapones de oido	1	2	1	0.008	-	-	0.07	
Respirador	40	2	6	0.056	-	-	0.44	
Filtros para respiradores	10	2	1	0.083	-	-	0.67	
Barbiquejos	1	2	1	0.008	-	-	0.07	
Polo de malla	28	2	1	0.233	-	-	1.87	
Pantalon	33	2	3	0.092	-	-	0.73	
Guantes	6	2	1	0.1	-	-	0.4	
Botas	72	2	6	0.1	-	-	0.8	
Costo/avance						s/m	924.8	

Fuente: Minera Poderosa, 2022.

El costo de la malla inicial utilizada para circado por el M.A 4 es de 924.8 s//m. Se considera que la longitud de perforación es de 0.87m.

- **Análisis de costo en el minero artesanal N°4 en la malla estandarizada.**

Tabla 40. Análisis de costo s/m en la malla estandarizada del M.A 4.

Avance	0.87	m							
Mano Obra								196.67	226.05
Sueldos Neto:			N°Personas	Días trabajados	oras trabajad	s/hora	Costo		
Perforista	3,500.00		1	30	8	14.58	116.67		-
Ayudante	2,400.00		1	30	8	10	80.00		-
Materiales e insumos								161.95	186.15
	Unidad	C.u s/					Costo		
Madera 7" x 8" x 3m	1	49.94	-	-	-	-	49.94		-
Madera 5" x 6" x 3m	0.5	26.39	-	-	-	-	13.195		-
Escalera	0	48.24	-	-	-	-	0		-
Tabla aserrada	0	13.32	-	-	-	-	0		-
Explosivo Emulnor	76	0.78	-	-	-	-	58.979496		-
Explosivo Carmex	19	1.81	-	-	-	-	34.333684		-
Explosivo Mecha rapida(m)	5	1.1012	-	-	-	-	5.506		-
Equipos								26.65	30.63
	COSTO	Vida Año	Costo/ Hora	Costo/ Hora	Costo/hora		Costo		
Transformador (440 a 220) 8kva	2300	5	0.16	0.13	0.2875	-	2.3		-
Perforadora (Makita)	6840	2	1.19	0.95	2.1375	-	17.1		-
Ventilador trifasico 5HP	5800	4	0.50	0.40	0.90625	-	7.25		-
Herramientas								347.4875	399.41
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/guardia			Costo		
Broca 36mm	600	17	1	42.50	-	-	340.00		-
Barreno 3ft	100	5	6	0.35	-	-	2.78		-
Carretillas	230	3	6	0.48	-	-	3.83		-
Combo 6 lbr	35	1	24	0.01	-	-	0.05		-
Combo 10 lbr	45	1	24	0.01	-	-	0.06		-
Alicate	17	2	6	0.02	-	-	0.19		-
Chispero	0.15	100	24	0.00	-	-	0.02		-
Manga de ventilación	100	1	6	0.07	-	-	0.56		-
EPP								5.27	6.06
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/Hora			Costo		
Protector	5	2	12	0.003	-	-	0.03		-
Lentes	3	2	1	0.025	-	-	0.20		-
Tapones de oido	1	2	1	0.008	-	-	0.07		-
Respirador	40	2	6	0.056	-	-	0.44		-
Filtros para respiradores	10	2	1	0.083	-	-	0.67		-
Barbiquejos	1	2	1	0.008	-	-	0.07		-
Polo de malla	28	2	1	0.233	-	-	1.87		-
Pantalón	33	2	3	0.092	-	-	0.73		-
Guantes	6	2	1	0.1	-	-	0.4		-
Botas	72	2	6	0.1	-	-	0.8		-
Costo/avance								s/m	848.3

Fuente: Minera Poderosa,2022.

El costo de la malla estandarizada utilizada para circado por el M. A 4 de 848.3 s/m. Se considera que la longitud de perforación es de 0.87m.

4.1.4.5. Análisis de costo antes y después de aplicar la malla estandarizada en la labor del M.A 5.

- Análisis de costo en la labor del minero artesanal N°5 en la malla inicial utilizada.

Tabla 41. Análisis de costo s/m en la malla inicial del M.A 5.

Avance	1.15	m						166.67	144.93
Mano Obra								166.67	144.93
Sueldos Neto:			N°Personas	Días trabajados	Horas trabajadas	s/hora	Costo		
Perforista		3,000.00	1	30	8	12.50	100.00		
Ayudante		2,000.00	1	30	8	8.3333	66.67		
Materiales e insumos								211.78	184.15
	Unidad	C.u s/							Costo
Madera 7" x 8" x 3m	0	49.94	-	-	-	-	0		
Madera 5" x 6" x 3m	0	26.39	-	-	-	-	0		
Escalera	0	48.24	-	-	-	-	0		
Tabla aserrada	0	13.32	-	-	-	-	0		
Explosivo Emulnor	168	0.78	-	-	-	-	130.376		
Explosivo Carmex	42	1.81	-	-	-	-	75.8955		
Explosivo Mecha rapida (m)	5	1.1012	-	-	-	-	5.506		
Equipos	COSTO OPERACIONAL							10.38	9.02
	Costo	Vida Año	Costo/ Hora	Costo/ Hora	Costo/hora		Costo		
Perforadora (Atlas Copco TY29)	2800	4	0.24	0.19	0.4375	-	3.5		
Ventilador trifasico 5HP	5500	4	0.48	0.38	0.859375	-	6.875		
Herramientas								257.764	224.1
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/guardia					Costo
Broca 36mm	750	10	1	31.25	-	-	250		
Barreno 4ft	100	6	6	0.42	-	-	3.33		
Carretillas	180	3	6	0.38	-	-	3.00		
Combo 6 lbr	35	4	24	0.02	-	-	0.19		
Combo 10 lbr	45	3	24	0.02	-	-	0.19		
Alicate	17	5	6	0.06	-	-	0.47		
Chispero	0.15	100	24	0.00	-	-	0.02		
Manga de ventilación	100	1	6	0.07	-	-	0.56		
EPP								5.27	4.6
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/Hora					Costo
Protector	5	2	12	0.003	-	-	0.03		
Lentes	3	2	1	0.025	-	-	0.20		
Tapones de oido	1	2	1	0.008	-	-	0.07		
Respirador	40	2	6	0.056	-	-	0.44		
Filtros para respiradores	10	2	1	0.083	-	-	0.67		
Barbiquejos	1	2	1	0.008	-	-	0.07		
Polo de malla	28	2	1	0.233	-	-	1.87		
Pantalón	33	2	3	0.092	-	-	0.73		
Guantes	6	2	1	0.050	-	-	0.40		
Botas	72	2	6	0.1	-	-	0.8		
Costo/avance								s//m	566.83

Fuente: Minera Poderosa,2022.

El costo de la malla inicial utilizada para circado por el M.A 5 es de 566.8 s//m. Se considera que la longitud de perforación es de 1.15m.

- **Análisis de costo en el minero artesanal N°5 en la malla estandarizada.**

Tabla 42. Análisis de costo s/m3 en la malla estandarizada del M.A 5.

Avance	1.15	m					166.67	144.93
Mano Obra							166.67	144.93
Sueldos Neto:			N°Personas	Días trabajados	Horas trabajadas	s/hora	Costo	
Perforista	3,000.00		1	30	8	12.50	100.00	
Ayudante	2,000.00		1	30	8	8.3333	66.67	
Materiales e insumos							126.16	109.71
	Unidad	C.u s/					Costo	
Madera 7" x 8" x 3m	0	49.94	-	-	-	-	0	
Madera 5" x 6" x 3m	0	26.39	-	-	-	-	0	
Escalera	0	48.24	-	-	-	-	0	
Tabla aserrada	0	13.32	-	-	-	-	0	
Explosivo Emulnor	100.5	0.78	-	-	-	-	77.9926	
Explosivo Carmex	23	1.81	-	-	-	-	41.5618	
Explosivo Mecha rapida (m)	6	1.1012	-	-	-	-	6.6072	
Equipos	COSTO OPERACIONAL						10.38	9.02
	Costo	Vida Año	Costo/ Hora	Costo/ Hora	Costo/hora		Costo	
Perforadora (Atlas Copco TY29)	2800	4	0.24	0.19	0.4375	-	3.5	
Ventilador trifasico 5HP	5500	4	0.48	0.38	0.859375	-	6.875	
Herramientas							257.764	224.1
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/guardia			Costo	
Broca 36mm	750	10	1	31.25	-	-	250	
Barreno 4ft	100	6	6	0.42	-	-	3.33	
Carretillas	180	3	6	0.38	-	-	3.00	
Combo 6 lbr	35	4	24	0.02	-	-	0.19	
Combo 10 lbr	45	3	24	0.02	-	-	0.19	
Alicate	17	5	6	0.06	-	-	0.47	
Chispero	0.15	100	24	0.00	-	-	0.02	
Manga de ventilación	100	1	6	0.07	-	-	0.56	
EPP							5.27	4.6
	Costo	Unidades	Vida Util mes	Costo/Hora			Costo	
Protector	5	2	12	0.003	-	-	0.03	
Lentes	3	2	1	0.025	-	-	0.20	
Tapones de oido	1	2	1	0.008	-	-	0.07	
Respirador	40	2	6	0.056	-	-	0.44	
Filtros para respiradores	10	2	1	0.083	-	-	0.67	
Barbiquejos	1	2	1	0.008	-	-	0.07	
Polo de malla	28	2	1	0.233	-	-	1.87	
Pantalon	33	2	3	0.092	-	-	0.73	
Guantes	6	2	1	0.050	-	-	0.40	
Botas	72	2	6	0.1	-	-	0.8	
Costo/avance							s/m	492.4

Fuente: Minera Poderosa,2022.

El costo de la malla estandarizada utilizada para circado por el M. A 5 de 492.4 s/m. Se considera que la longitud de perforación es de 1.15m.

4.2. Contrastación de la hipótesis.

En la investigación realizada, se pudo constatar que la estandarización de las mallas de perforación y voladura en las actividades de los mineros artesanales de la zona Paraíso resultó en una significativa reducción del consumo de explosivos. Este cambio no solo optimizó el uso de recursos, sino que también permitió una disminución considerable en los costos operativos al proceso de perforación y voladura. Estos hallazgos **afirman la hipótesis** planteada inicialmente, demostrando que la implementación de prácticas estandarizadas en las operaciones mineras artesanales contribuye de manera efectiva la eficiencia y a la sostenibilidad económica de dichas actividades.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La estandarización de las mallas de perforación y voladura ha demostrado una reducción del consumo de explosivos desde el 40.1% hasta el 52.9% en las labores de los mineros artesanales de la Zona Paraíso en Cia Minera Poderosa S.A; así también la implementación de las mallas estandarizadas ha mejorado la productividad/avance con un aumento hasta del 41% por cada m³.

La estandarización de las mallas de perforación y voladura permitió reducir el consumo de explosivos de la siguiente manera; en mallas de circado de 4.53 kg/m a 7.79 kg/m; en subniveles 4.72 kg/m; y en cortadas hasta 4.73 kg/m.

El beneficio económico de la estandarización de las mallas de perforación permitió a los mineros artesanales mejorar su rentabilidad y eficiencia operativa; para la malla de circado se logró una reducción desde 330.1s//m³ hasta 107.8 S//m³; para subniveles desde 76.5 S//m³ hasta 86.1 S//m³; finalmente para cortadas 137.4S//m³.

5.1. Recomendaciones.

Se recomienda a los mineros artesanales de la Zona Paraíso en Cia Minera Poderosa S.A implementar un área de geomecánica para hacer un seguimiento periódico a las características geomecánicas del macizo rocoso y en función de las mismas rediseñar periódicamente la malla de perforación y voladura estandarizada para seguir obteniendo un proceso productivo y eficiente.

Se recomienda al área de Acopio de Cia Minera Poderosa S.A. supervisar y controlar siempre las labores, con el fin de ver la correcta perforación, manipulación y cargado de explosivos; para seguir controlando el consumo de explosivos y/o accidentes.

Se recomienda la implementación de perforadoras Atlas Copco en las labores de los M.A que aún trabajan con perforadoras eléctricas, con la intención de disminuir los costos de perforación y voladura, y lograr una mayor producción/avance.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R, 2019. Explotación de vetas angostas con métodos de circado - corte y relleno ascendente para mejorar productividad - Unidad Minera Virgen de Chapi 87 de Ica S.A.C. - 2019. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5892>
- Aquepucho Cruz,2019. Estandarización de malla de perforación y voladura y su influencia en costos”. Caso CX 200, Unidad Minera Untuca- Cori Puno SAC. Perú. Consultado 30 ago.2023. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12918/4533>.
- Buele Gaona,2017. Optimización en los parámetros de perforación y voladura en el avance del túnel de la mina Cabo de Hornos. Ecuador. Disponible en <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7439>.
- Calderón Aranibar, 2017. Estudio geologico del yacimiento mineral de la veta esperanza en el batolito pataz minera poderosa pataz – la libertad. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3376>
- CMPSA,2022. Informe de Geología Económica CMPSA 2022.
- De la Cruz Graus,2018. Optimización de costos en perforación y voladura estandarizando malla para sección 2.40m x 2.40m en la empresa Cáncer E.I.R.L– Marsa. Perú.
- Ever, T, 2018. “Diseño de malla de perforación y voladura según Holmberg, para reducir los costos unitarios en la cortada SW nivel 2760. Contrata Minera Arca.S.A.C- Unidad de Producción Santa Maria- Cia. Minera Poderosa S. A, 2017. Perú.
- EXSA,2006. Manual de Perforación y Voladura.
- FAMESA,2022. Famesa Explosivos.
- García, J. A., Reding, A., & Lopez, J. C. (2013). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación.
- Gonzáles Dota, 2022. Optimización de los procesos de perforación y voladura en la sociedad minera Nueva Rojas, concesión Bella Rica, Camilo Ponce Enríquez- Azuay. Ecuador. Disponible en <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12500>
- Gonzáles Hialres,2019. Reducción de costos operativos en labor Carmen NV.3040 mediante la optimización de estándares de perforación y voladura, Cia. Minera poderosa S.A-2018. Perú.
- Ingemmet, 2006. Cuadrángulo de Pataz.
- Leiva Mendoza,2019. Influencia de la estandarización de la malla de perforación y voladura en las sobre roturas para labores de sección 3.5 m. x 3.5 m. Perú.
- Madueño Clemente, 2020. Optimización de costos unitarios mediante el diseño de un estándar de malla de perforación y voladura en la galería 091 en la compañía

Minera la Soledad S.A.C. Perú. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12894/7203>.

Mejia Salazar, 2019. Optimización del proceso de Perforación y Voladura subterránea para la Sociedad Minera Oro Sol Uno. Ecuador.

MINEM, 2022. Boletín Estadístico Minero. Perú.

Ministerio de Energía y Minas, 2003. Glosario técnico minero. Bogotá, Colombia.

Mostacero Sagastegui & Rodriguez Anticona, 2017. Optimización del diseño de perforación y voladura, para reducir costos en labores de avance en la mina Santa Maria - Poderosa S.A. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.14414/9318>.

Noreña Vásquez, 2020. Estandarización del proceso de perforación y voladura en labores de exploración y desarrollo, mediante la aplicación de emulsiones y detonadores no eléctricos, en la Unidad Minera Santa Filomena de la Empresa Sotrami S.A. Perú. Disponible en <http://hdl.handle.net/10757/653131>

Quispe Laguna, 2021. Estandarización de la malla de perforación y voladura, y análisis económico en el avance de la galería de la veta Guadalupe – U.P. Santa Maria - Compañía Minera Poderosa-Pataz-2016. Perú.

Sulcacondor Misarayme, 2018. Optimización de Operaciones Unitarias de Perforación y Voladura mediante voladura controlada en labores horizontales en la Cia Minera Poderosa S.A. Perú.

Tinta Paredes, 2022. Optimización del proceso de perforación y voladura para mejorar la eficiencia de operaciones en la unidad minera Las Bravas, Ica II.

Wilson & Reyes, 1964. Geología del cuadrángulo de Pataz.

ANEXOS

Anexo 1. Fotografía de toma de datos en campo del cargado de explosivos para la malla de estandarización-circado.....	119
Anexo 2. Fotografía de perforación de malla marcada en la labor del M. A N°1.....	120
Anexo 3. Fotografía de la labor del M.A N°5 luego de la realización de pruebas,.....	121
Anexo 4. Capacitación realizada sobre estandarización de mallas de perforación y voladura a los mineros artesanales de la zona Paraíso pertenecientes a la Concesión Poderosa 3- Poderosa 4 de CMPSA.	122



Anexo 1. Fotografía de toma de datos en campo del cargado de explosivos para la malla de estandarización-circado.



Anexo 2. Fotografía de perforación de malla marcada en la labor del M. A N°1.



Anexo 3. Fotografía de la labor del M.A N°5 luego de la realización de pruebas,

		REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS DE EMERGENCIA			VERSIÓN: 001
					Páginas 1 de
DATOS DE LA EMPRESA					
RAZÓN SOCIAL		RUC N°	ACTIVIDAD ECONÓMICA		CAPACITACIÓN
Cia Minera Poderosa S.A		20137025354	Minera Aurífera		
TEMA					
Estandarización de mallas de perforación y voladura Mineros artesanales - Paraíso					
NOMBRE DEL CAPACITADOR					
Shirley Ayala Chión					
N° HORAS					
N°	NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CARGO	FIRMA	SECTOR
1	Roberto Marquis A.	41012241	Administrador	RB	Papagayo
2	Wilson Oyola Ruiz	40649073	Gerente	Rud	Papagayo
3	Javier Villegas Pazón	47218891	Ayudante Perforista	Juphan	Papagayo
4	Ricardo Villegas L.	74252362	Ayudante Perforista	Kaps	Papagayo
5	Angel Luchanaga M.	71651658	Ayudante Perforista	Angel	Papagayo
6	Mario Jaime Peregrin	62248743	Ayudante Perforista	Mario	Papagayo
7	Dainer Valdiviezo L.	47954501	Ayudante Perforista	Dainer	Papagayo
8	Sholom de Luluz V.	48301319	Supervisor	Sholom	Papagayo
9	Agreda Wado I.	47516397	Ayudante Perforista	Agreda	Papagayo
10	Ramirez Lopez E.	70235003	Ayudante Perforista	Ramirez	Papagayo
11	Mega Huacón L.	48412523	Supervisor	Mega	Papagayo
12	Castroza Escobedo N.	73796430	Ayudante Perforista	Castroza	Papagayo
13	Castillo Fernandez S.	71047170	Ayudante Perforista	Castillo	Papagayo
14	Osorio Montañedo R.	47467632	Maestro Mina	Osorio	Papagayo
15	Miranda Aguirre L.	47177074	Ayudante Perforista	Miranda	Papagayo
16	Polo Paredes Santos	46027074	Maestro Mina	Polo	Papagayo
17	Valdivia Aguilan G.	43844308	Ayudante Perforista	Valdivia	Papagayo
18	Valdivia Aguilan E.	70778350	Ayudante Perforista	Valdivia	Papagayo
19	Yelvis Rojas C.	73539148	Ayudante Perforista	Yelvis	Papagayo
20	Ever Rojas Lopez	70885115	Perforista	Ever	Papagayo
RESPONSABLE DEL REGISTRO			RESPONSABLE DEL REGISTRO		
NOMBRE	Ing. Eduardo O.		NOMBRE	Ing. Amidy A.	
CARGO	Sofe Turno Oficina		CARGO	Ecólogo	
FIRMA			FIRMA		

Anexo 4. Capacitación realizada sobre estandarización de mallas de perforación y voladura a los mineros artesanales de la zona Paraíso pertenecientes a la Concesión Poderosa 3- Poderosa 4 de CMPSA.

Cajamarca, 1 de abril 2022

Doctor:
Ing. Gaspar V. Méndez Cruz,
Decano de la Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de Cajamarca

Presente. -

De mi especial consideración: Es grato dirigirme a usted para expresarle mi cordial saludo y agradecimiento a nombre de Cía. Minera Poderosa por habernos considerado como una opción para el Desarrollo y crecimiento profesional de sus estudiantes. Asimismo, confirmamos que nuestra representado, ha decidido aceptar el desarrollo del tema de tesis "Estandarización de Mallas de Perforación y Voladura para disminuir el consumo de explosivos en mineros artesanales de la zona Paraíso en Cía. Minera Poderosa S.A 2022", que investigará el Bachiller de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Shirley Katheryne Ayala Chilón DNI 71381750.

La información brindada para la elaboración de la tesis debe ser considerada estrictamente para fines académicos y debe mantenerse de manera confidencial.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para expresarle mis sentimientos de especial consideración y Estima.

Atentamente,



Ing. Dennis Iván Marcos Álvarez.

SUPERINTENDENTE DEL ÁREA DE ACOPIO

Ing. Dennis Marcos Alvarez
SUPERINTENDENTE DE ACOPIO
CIA. MINERA PODEROSA S.A.

VISTA PLANTA

ESCALA 1/500

209,700-E



9'148,800-N

AREA 1

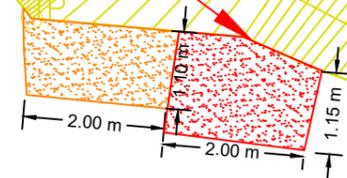
Nv 1720 GL SE

PROYECCION BETA
13/02/19



CIRCADO

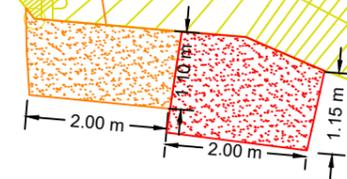
ESTANDARIZACION



ESCALA 1/100

CIRCADO

PRUEBA 01



ESCALA 1/100

LEYENDA

SIMBOLOGÍA	TIPO DE LABOR
	GALERIA
	ESTOCADA
	CORTADA
	RAMPA
	CHIMENEA, PIQUE
	SUBNIVEL
	CIRCADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Tesis: ESTANDARIZACIÓN DE MALLAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE EXPLOSIVOS EN MINEROS ARTESANALES DE LA ZONA PARAISO EN CIA MINERA PODEROSA S.A 2022



Plano: AVANCE TOPOGRÁFICO LABOR M.A N°1 Nv.1720
Tesisista: Bach. AYALA CHILÓN SHIRLEY KATHERYNE.
Asesor: Dr. Ing. LAGOS MANRIQUE ALEJANDRO CLAUDIO.
Cajamarca, Perú

Escola: Especificada

PLANO N°
02

VISTA PLANTA

ESCALA 1/500

9'148,000-N

ZONA DE PRUEBAS

NV 2020

NV 2020

04/03/22

56
56CIA

LABOR RELENADA

3CIA

3A

27/02/22

28/04/21

27/02/22
29/01/22
22/06/21

9'147,900-N

ESCALA 1/50

LEYENDA	
SIMBOLOGÍA	TIPO DE LABOR
	GALERIA
	ESTOCADA
	CORTADA
	RAMPA
	CHIMENEA, PIQUE
	SUBNIVEL
	CIRCADO

ESTANDARIZACION

PRUEBA 01

0.87 m

0.82m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Tesis:
 ESTANDARIZACIÓN DE MALLAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA DISMINUIR
 EL CONSUMO DE EXPLOSIVOS EN MINEROS ARTESANALES DE LA ZONA PARAISO
 EN CIA MINERA PODEROSA S.A 2022



Plano:
 AVANCE TOPOGRÁFICO LABOR M.A N°2 Nv.2020
 Tesis:
 Bach. AYALA CHILÓN SHIRLEY KATHERYNE.
 Asesor:
 Dr. Ing. LAGOS MANRIQUE ALEJANDRO CLAUDIO.
 Cajamarca, Perú

PLANO N°

03

Escala:
Especificada

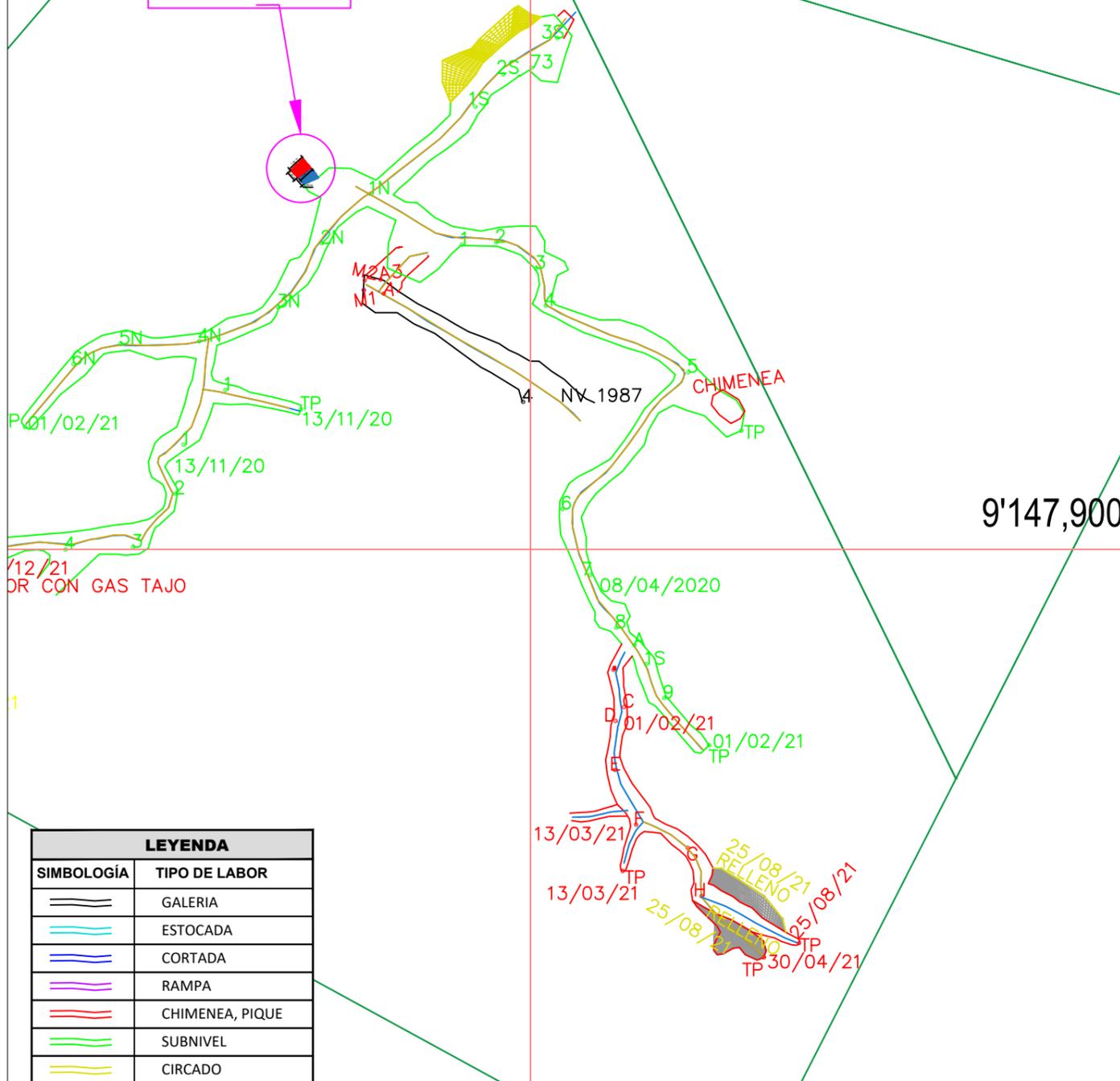
VISTA PLANTA

ESCALA 1/500

ESCALA 1/50

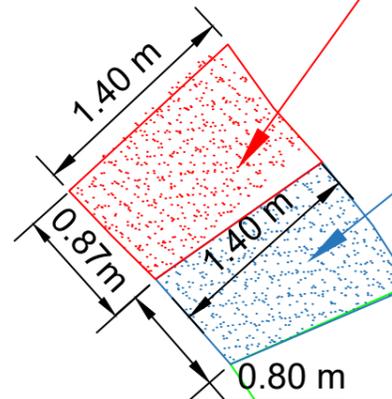


ZONA DE PRUEBAS



ESTANDARIZACION

PRUEBA 01

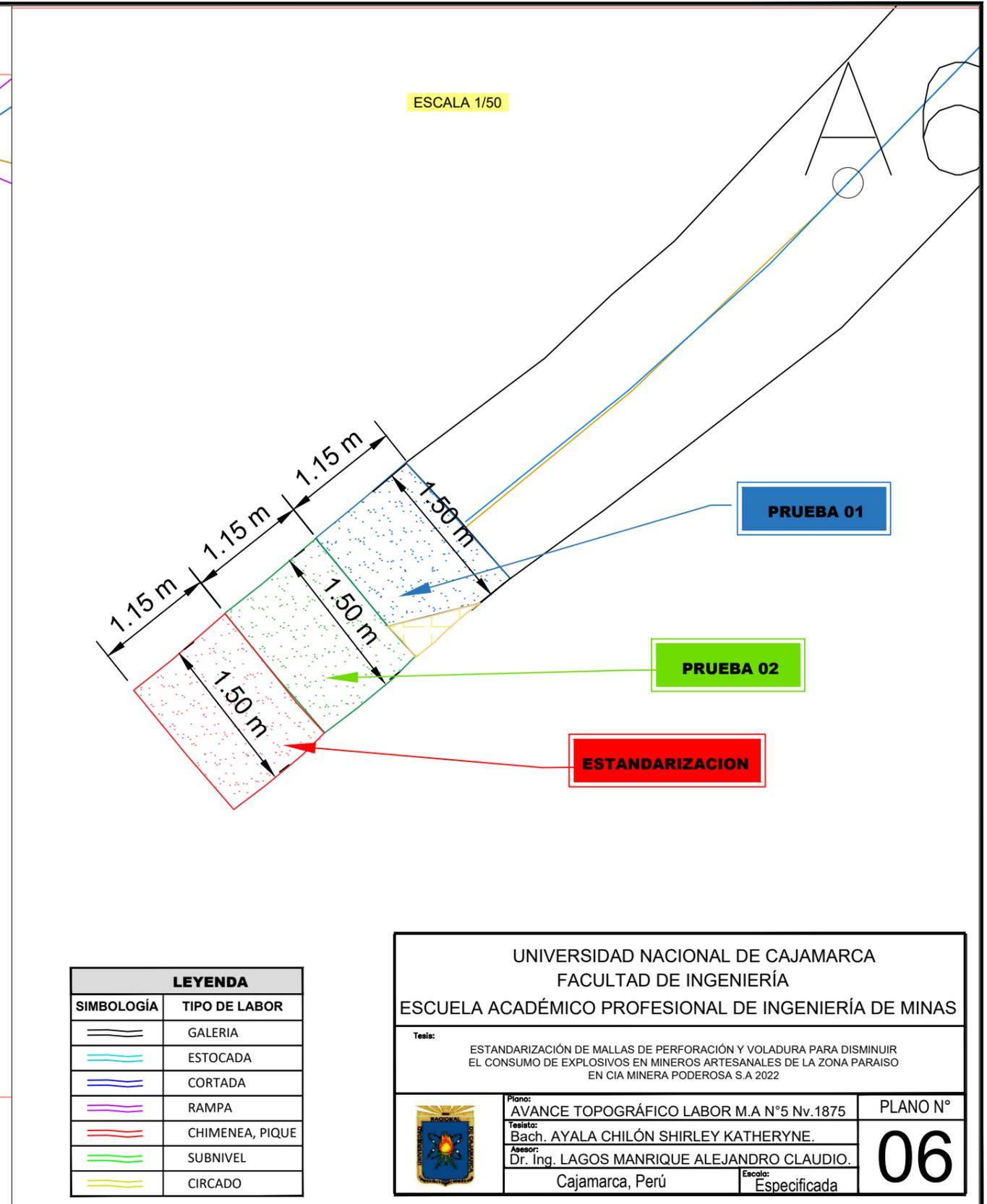
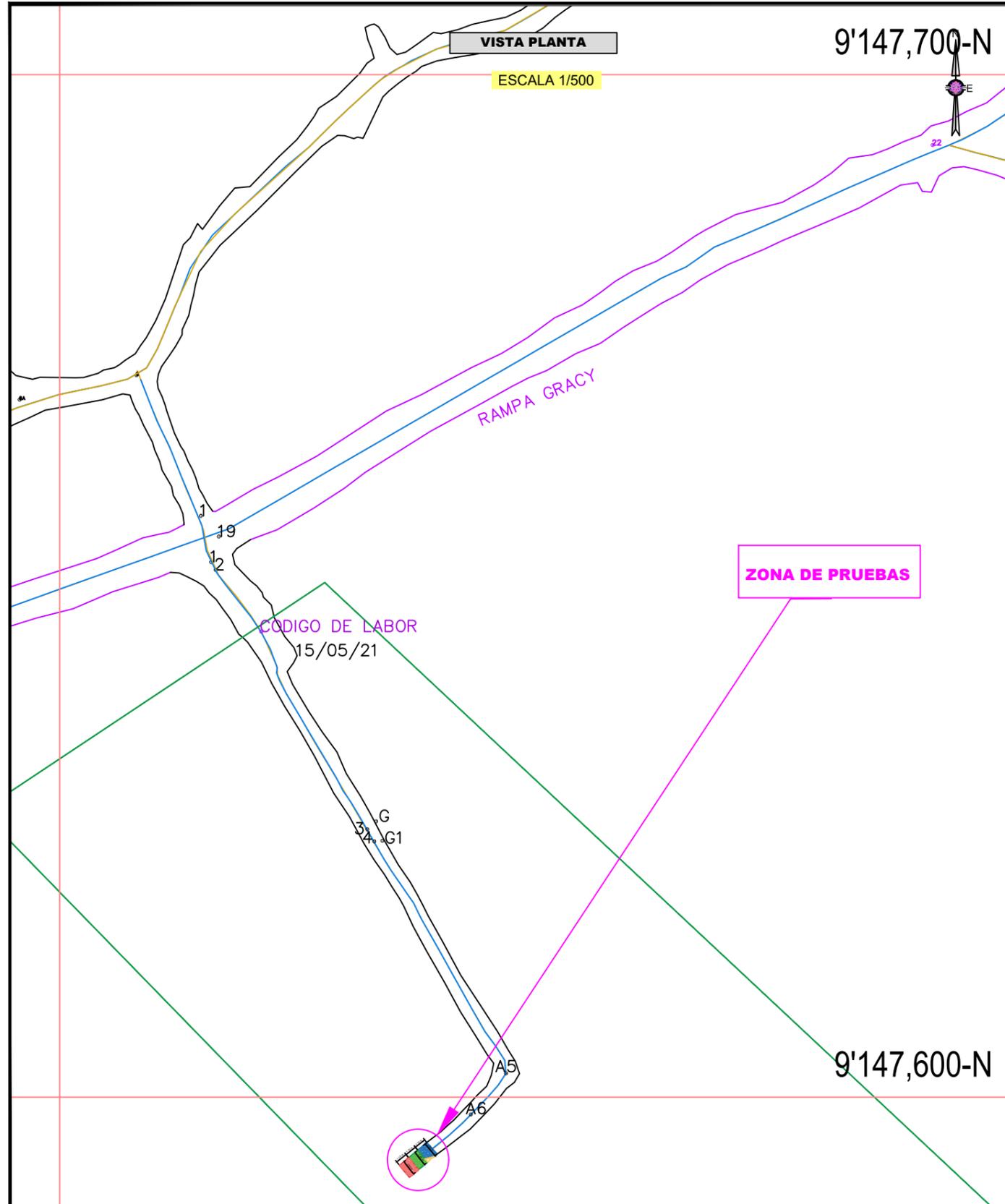


LEYENDA	
SIMBOLOGÍA	TIPO DE LABOR
	GALERIA
	ESTOCADA
	CORTADA
	RAMPA
	CHIMENEA, PIQUE
	SUBNIVEL
	CIRCADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Tesis: ESTANDARIZACIÓN DE MALLAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE EXPLOSIVOS EN MINEROS ARTESANALES DE LA ZONA PARAISO EN CIA MINERA PODEROSA S.A 2022

	Plano: AVANCE TOPOGRÁFICO LABOR M.A N°3 Nv.1987	PLANO N°
	Tesista: Bach. AYALA CHILÓN SHIRLEY KATHERYNE.	04
Asesor: Dr. Ing. LAGOS MANRIQUE ALEJANDRO CLAUDIO.		
Cajamarca, Perú	Escala: Especificada	

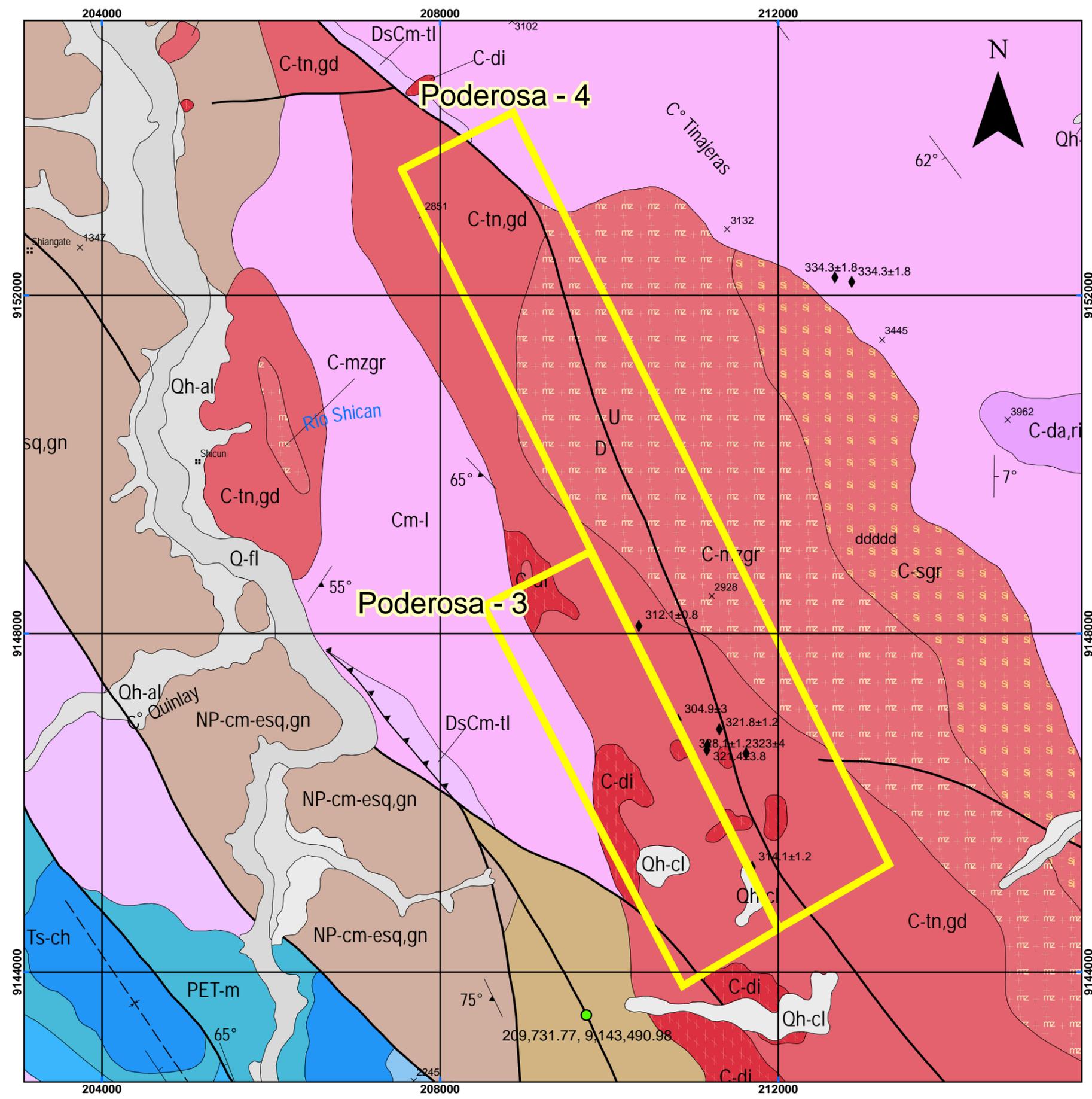


LEYENDA	
SIMBOLOGÍA	TIPO DE LABOR
	GALERIA
	ESTOCADA
	CORTADA
	RAMPA
	CHIMENEA, PIQUE
	SUBNIVEL
	CIRCADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Tesis: ESTANDARIZACIÓN DE MALLAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE EXPLOSIVOS EN MINEROS ARTESANALES DE LA ZONA PARAISO EN CIA MINERA PODEROSA S.A 2022

	Plano: AVANCE TOPOGRÁFICO LABOR M.A N°5 Nv. 1875	PLANO N°
	Tesista: Bach. AYALA CHILÓN SHIRLEY KATHERYNE.	06
Aesor: Dr. Ing. LAGOS MANRIQUE ALEJANDRO CLAUDIO.		
	Cajamarca, Perú	Escala: Especificada



LEYENDA

ERA	PERIODO	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	MORFOESTRUCTURAS VOLCANICAS	ROCAS INTRUSIVAS Y SUBVOLCANICAS
CUATERNARIO	PLEISTOCENO	Q-fl	Deposito fluvial	
		Qh-al	Gravas y arenas en matriz limosa. Incluye conos aluviales	
		Q-al	Gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limosa formando terrazas	
		Q-la	Acumulaciones de gravas, arenas, limos y arcillas formando terrazas	
		Q-lu	Deposito lacustino	
		Qh-cl	Arquias limosas y arenas	
		Qh-cl	Bloques rocosos a subangulosos	
		Qp-cl	Limoarcillas, areniscas de grano medio a fino, clastos y bloques de roca volcánica en matriz aren-arcillosa	
		Q-gl	Gravas y arenas en matriz limosa	
		Q-gf	Fragmentos de roca angulosos a subangulosos, diametro variable en matriz arenolimsa	
MESOZOICO	SUPERIOR	KaP-sho	Conglomerados, arcillas abigarradas y areniscas de grano anguloso de origen continental	
		Ks-cp	Calizas en capas medianas, intercaladas con calizas nodulares alternadas con margas y areniscas calcareas	
		Ks-ca	Calizas gris oscuras a gris azules asociadas a secuencias margosas verdosas	
		Ks-qu	Arcillas fosilíferas y calizas margosas delgadas	
		Ks-pu	Secuencia de calizas y margas gris claras en estratos medios	
		Ks-c	Lutitas, margas y calizas en la parte anterior predominan lutitas fosilíferas intercaladas con margas grises y calizas.	
		Ks-gf	Formación Paratambo	
		Ki-chu	Formación Chilue	
		Ki-chu,p	Formación Parahuanca, Chilue, Palatambo	
		Ki	Formación Farrat	
MESOZOICO	INFERIOR	Ki-ca	Areniscas gris verdosas intercaladas con lutitas negras y limolitas margosas	
		Ki-s	Calizas gris oscuras con venitas de calcita con lentes de lutitas grises	
		Ki-chi	Areniscas cuerosas blancas masivas en estratos de 1 a 3m de grosor	
		Ki-sy	Areniscas en capas delgadas intercaladas con capas de carbon, restos de plantas	
		Js-ch	Lutitas pizarrosas, areniscas y limolitas	
		J-c	Calizas intercaladas con delgados niveles de areniscas, arenitas y margas con ocasional contenido de chert	
		J-gf	Formación Aramachay	
		Ts-ch	Formación Chicama	
		PET-m	Grupo Mito	
		PET-c	Grupo Copcabana	
PALEOZOICO	SUPERIOR	Cm-l	Formación Lavasán	
		Cm-a	Formación Arriba	
		DsCm-tl	Formación Tres Lagunas	
		Om-c	Formación Contaya	
		CAD-ma	Formación Macno	
		NP-cm-esq,gn	Complejo del Manañón	
		Cm-l	Decitas, rollas	
		Cm-gr	Monzogranito	
		Cm-gd	Diorita, granodiorita	
		C-g	Tonalita granodiorita	
PALEOZOICO	MEDIO	Cm-l	Decitas, rollas	
		Cm-gr	Monzogranito	
		Cm-gd	Diorita, granodiorita	
		C-g	Tonalita granodiorita	
		C-g	Diorita	
		Om-g	Granito Gneisificado	

SÍMBOLOS

	Rumbo y buzamiento de estratos		Localidad común
	Rumbo y buzamiento de diastases		Cota cerrada
	Rumbo y buzamiento de Foliación		Mina activa
	Estratos verticales		Carretera asfaltada dos o mas vías
	Rumbo y buzamiento de estratos 30-60°		Carretera afirmada, transitable
	Rumbo y buzamiento de estratos >60°		Contorno de ciudad
	Falla normal		
	Falla inversa		
	Falla inversa inturada		
	Falla de rumbo lateral		
	Falla de rumbo sinistral		
	Eje de anticlinal		
	Eje de sinclinal		
	Eje de anticlinal tumbado		
	Eje de sinclinal inturado		
	Eje de anticlinal inturado		
	Eje de sinclinal tumbado inturado		
	Distancias radiométricas		
	Contacto geológico		
	Contacto geológico inferido		
	Línea de sección geológica		

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Tesis: **ESTANDARIZACIÓN DE MALLAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE EXPLOSIVOS EN MINEROS ARTESANALES DE LA ZONA PARAISO EN CIA MINERA PODEROSA S.A 2022**

	Plano: GEOLÓGICO	PLANO N° 07
	Tesisista: Bach. AYALA CHILÓN SHIRLEY KATHERYNE.	
	Asesor: Dr. Ing. LAGOS MANRIQUE ALEJANDRO CLAUDIO.	
	Cajamarca, Perú	Escala: 1:50 000