

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

Influencia del diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación y voladura en la RP2705, nivel 1915, en la empresa minera

Aurífera Retamas S.A.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Bach. Alexander MATEO ROMAN

Bach. Heidi Kiara De La ROSA ANGEL

Asesor:

Mg. Manuel Mayer CARHUARICRA RIVERA

Cerro de Pasco - Perú - 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

Influencia del diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación y voladura en la RP2705, nivel 1915, en la empresa minera

Aurífera Retamas S.A.

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA
PRESIDENTE

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA
MIEMBRO

Mg. Carlos Edwin ROJAS VICTORIO
MIEMBRO



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
Facultad de Ingeniería de Minas
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas



Firmado digitalmente por CONDOR
SURIHUAQUI Santa Silvia FAU
20154605046 soft
MATEO Soy el autor del documento
3.12.2025 15:30:51 -05:00



"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 069-2025

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

Presentado por:

Bach. MATEO ROMAN Alexander
Bach. DE LA ROSA ANGEL HEIDI KIARA

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:
Tesis

Título del trabajo
"INFLUENCIA DEL DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN EN LOS PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LA RP2705, NIVEL 1915, EN LA EMPRESA MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A."

Asesor:
Mg. Manuel Mayer CARHUARICRA RIVERA

Índice de Similitud: **6%**

Calificativo
APROBADO

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

Cerro de Pasco, 19 de diciembre de 2025.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a nuestras familias, cuyo respaldo permanente y compromiso con nuestra formación profesional han sido determinantes para la culminación de este proyecto.

Agradecemos su confianza, orientación y fortaleza, elementos indispensables para alcanzar el presente objetivo académico

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro agradecimiento a la Facultad de Ingeniería de Minas, por brindarnos las condiciones académicas y técnicas necesarias para nuestra formación profesional.

Reconocemos de manera especial la asesoría del Ing. Manuel Mayer Carhuaricra Rivera, cuya orientación metodológica y criterio técnico fueron fundamentales para el adecuado desarrollo y validación de esta investigación.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación que tiene como título: “INFLUENCIA DEL DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN EN LOS PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LA RP2705, NIVEL 1915, EN LA EMPRESA MINERA AURIFERA RETAMAS S.A.” tiene como objetivo principal, Determinar la influencia del diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación y voladura en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.,

Como hipótesis principal menciona que Si influye el diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación y voladura en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.

Respecto a la metodología, la investigación es de tipo aplicada, de un nivel correlacional, explicativo, con un diseño no experimental, La muestra comprende rampa principal RP2705, Nivel 1915, de la empresa minera MARSA

Finalizando la investigación con las conclusiones siguientes.

Trabajando bajo las mismas condiciones de tipo de roca, los mismos equipos de perforación, el mismo personal, igual material de voladura diremos que se influye un diseño adecuado de la malla de perforación en los parámetros de perforación en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A, por los resultados obtenidos en el diseño de la segunda malla de perforación y voladura.

En cuanto a la influencia en los parámetros de perforación vemos que en la segunda malla de perforación se obtiene mejores resultados al diseñar con 43 taladros lo cual trajo consigo reducción del tiempo total de perforación, mejorar el grado de eficiencia de la perforación, menor metraje de perforación total, mayor eficiencia de perforación lo cual contribuye a reducir los costos.

Palabras claves: Malla de perforación, perforación, voladura, macizo rocoso, parámetros.

ABSTRACT

The present research work entitled: "INFLUENCE OF THE DRILLING PATTERN DESIGN ON THE DRILLING AND BLASTING PARAMETERS IN RP2705, LEVEL 1915, IN THE RETAMAS S.A. GOLD MINING COMPANY." has as

its main objective, To determine the influence of the drilling pattern design on the drilling and blasting parameters in RP2705, Level 1915, of the Retamas S.A. Gold Mining Company.

The main hypothesis is that the drilling pattern design does influence the drilling and blasting parameters in RP2705, Level 1915, of the Retamas S.A. Gold Mining Company.

Regarding the methodology, the research is applied, correlational, explanatory, and non-experimental. The sample includes the main ramp RP2705, Level 1915, of the mining company MARSA.

The research concludes with the following conclusions:

Working under the same rock type conditions, the same drilling equipment, the same personnel, and the same blasting material, we can conclude that an adequate drill pattern design influences the drilling parameters in RP2705, Level 1915, of the Retamas Gold Mining Company S.A., based on the results obtained from the design of the second drill and blast pattern.

Regarding the influence on drilling parameters, we see that the second drill pattern yields better results when designed with 43 drill holes. This resulted in a reduction in total drilling time, improved drilling efficiency, a shorter total drilling length, and greater drilling efficiency, all of which contribute to lower costs.

Keywords: Drilling pattern, drilling, blasting, rock mass, parameters.

INTRODUCCIÓN

El proceso de perforación y voladura son procesos importantes y delicados donde se puede observar contantes problemas, esto debido a que en su diseño intervienen una serie de parámetros que deben calculados y controlados de acuerdo a modelos matemáticos.

En la Empresa Minera Retamas S:A: se viene observando en estos procesos la generación de tiros cortados, soplados, anillados, taqueo de taladros, así en el nivel 1915 donde se trabaja la rampa 2705 de sección 4 x 4 m para llegar a la veta Valeria, se observa que el avance no se cumple como como está programado, alcanzando costo elevados por disparo, el trabajo de los señores perforista son deficientes tanto en la perforación como en el carguío de los taladros, en muchos casos mal diseño de la malla de perforación lo que genera incumplimiento de lo programado, poco avance, costos elevados tanto en la perforación como en la voladura.

En lo referido al contenido de la investigación se tiene la siguiente estructura:

El capítulo I trata sobre el planteamiento del problema sobre la influencia del diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación y voladura, abarcando el planteamiento del problema, Problema General y específicos, Objetivo general y específicos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de las variables. Delimitación de la investigación y limitaciones.

El Capítulo II, se ocupa del Marco Teórico donde se analiza los antecedentes de la investigación sobre mallas de perforación y voladura aplicadas en diferentes minas, también se describe las diferentes bases teóricas tratados sobre el tema.

Seguidamente, el Capítulo III, trata sobre la Metodología empleada, que contiene el método de investigación utilizado, el nivel y tipo de investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, las Técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procesamiento de Datos.

En el Capítulo IV trata sobre los resultados hallador sobre la influencia de la malla de perforación y voladura en sus parámetros.

Por último, presentamos las conclusiones y recomendaciones

También se indica las referencias bibliográficas de todos los autores utilizados para esta investigación.

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.2.1. Delimitación espacial	2
1.2.2. Delimitación temporal	2
1.3. Formación del problema	2
1.3.1. Problema general	2
1.3.2. Problemas específicos.....	2
1.4. Formulación de objetivos	2
1.4.1. Objetivo general	2
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Justificación de la investigación	3
1.6. Limitación de la investigación.....	3

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	4
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	4

2.2.	Bases teóricas científicas.....	7
2.2.1.	Malla de perforación	7
2.2.2.	Diseño de la malla de perforación	9
2.2.3.	Perforación	12
2.2.4.	Condiciones de una perforación	12
2.2.5.	Arranque o tipo de corte	14
2.2.6.	Factores de desviación del taladro	16
2.2.7.	Equipos y accesorios de perforación	18
2.2.8.	Costos de perforación y voladura	21
2.2.9.	Voladura	23
2.2.10.	Diseño de la voladura	24
2.2.11.	Parámetros de voladura	27
2.3.	Definición de términos conceptuales.....	31
2.4.	Enfoque filosófico – epistémico.....	33

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1.	Tipo de investigación	37
3.2.	Nivel de investigación	37
3.3.	Característica de la investigación.....	37
3.4.	Métodos de investigación.....	38
3.5.	Diseño de investigación	38
3.6.	Procedimiento de muestreo	38
3.6.1.	Población	38
3.6.2.	Muestra	38
3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.6.3.	Técnicas.....	38
3.6.4.	Instrumentos.....	38
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	39

3.9. Orientación ética.....	39
-----------------------------	----

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	40
4.1.1. Aspectos generales de la mina.....	40
4.1.2. Método de explotación.....	42
4.1.3. Geomecánica del macizo rocoso.....	47
4.1.4. Definición de tipos de roca presentes en la rampa.	53
4.1.5. Características de la Rampa 2705, Nivel 1915	57
4.1.6. Diseño de la primera malla de perforación.....	62
4.1.7. Diseño de segunda malla de perforación.....	70
4.2. Discusión de resultados.....	77

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Operacionalización de variables e indicadores.....	36
Tabla 2. Resistencia a la compresión.....	49
Tabla 3. Valoración Resistencia Compresión.....	49
Tabla 4. Calidad de la Roca de Acuerdo con el RQD.....	50
Tabla 5. Espaciamiento/Valoración.....	50
Tabla 6. Agua subterránea/Valoración.....	51
Tabla 7. Orientación de las Discontinuidades.....	52
Tabla 8. Escala de valores.....	52
Tabla 9. Orientación de las discontinuidades.....	53
Tabla 10. Clasificación de rocas según el total de valuación.....	53
Tabla 11. Clasificación RMR.....	53
Tabla 12. Clasificación del macizo rocoso de la Rampa Negativa.....	55
Tabla 13. Factor de ajuste por orientación de las discontinuidades.....	56
Tabla 14. Clasificación de rocas según el total de valuación.....	56
Tabla 15. Significado de la clasificación del macizo rocoso.....	56
Tabla 16. Tipo de sostenimiento en función a las características de la roca.....	57
Tabla 17. Secciones promedios.....	58
Tabla 18. Tiempo de perforación.....	63
Tabla 19. Uso de fanel MS 4.8 mts.....	65
Tabla 20. Uso de fanel LP 4.8 mts.....	65
Tabla 21. Resultados de voladura.....	66
Tabla 22. Resultados de la perforación.....	67
Tabla 23. Resultados de la voladura.....	67
Tabla 24. Distribución de carga explosiva por taladro.....	68
Tabla 25. Coeficiente del tipo de roca.....	71

Tabla 26. Uso de fanel MS 4.8 mts	74
Tabla 27. Uso de fanel LP 4.8 mts	74
Tabla 28. Resultados de voladura.....	75
Tabla 29. Resultados de la perforación.....	75
Tabla 30. Resultados de la voladura.....	76
Tabla 31. Distribución de carga explosiva por taladro	76
Tabla 32. Características de la Rampa 2705, Nivel 1915.....	78
Tabla 33. Resumen de las mallas de perforación y voladura	79
Tabla 34. Comparación de la distribución de taladros.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Trazo y denominación de los taladros	9
Figura 2. Ubicación de los taladros en perforación de avances	9
Figura 3. Malla de perforación en mina subterránea	14
Figura 4. Corte piramidal	15
Figura 5. Corte quemado	16
Figura 6. Corte cilíndrico	16
Figura 7. Factores influyentes en un disparo	18
Figura 8. Jumbo perforador	19
Figura 9. Perforadora Jack Leg	19
Figura 10. Barrenos de perforación y brocas	20
Figura 11. Compresoras para uso en la mina	20
Figura 12. Roca fragmentada después de la voladura	23
Figura 13. Distribución del explosivo en un taladro	25
Figura 14. Plano de ubicación de la minera Marsa	41
Figura 15. Método de corte y relleno ascendente	43
Figura 16. Método de Cámaras y Pilares	45
Figura 17. Diseño de Cámaras y Pilares	45
Figura 18. Recuperación de Pilares	46
Figura 19. Minado Selectivo – Circado	47
Figura 20. Jumbo Electro Hidráulico Rocket Boomer 282	62
Figura 21. Marcado de contorno de labor	64
Figura 22. Nomenclatura de taladros perfora	64
Figura 23. Malla de Perforación y Carguío para Secciones de 4.0m x 4.0m y 4.0m x 4.50m	69
Figura 24. Esquema de carguío en taladros de corona	70
Figura 25. Malla de perforación y esquema de carguío – RMR 51-60	77

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

El proceso de perforación y voladura son procesos importantes y delicados donde se puede observar contantes problemas, esto debido a que en su diseño intervienen una serie de parámetros que deben calculados y controlados de acuerdo a modelos matemáticos, estos parámetros en la práctica se tienen que corregir o adecuarlos a la realidad de cada mina.

Vemos también que en la minería todavía se emplean diseños de malla de perforación empíricamente sin sustento teórico, diseños que no involucran variables como geomecánicas, características de los explosivos.

En la Empresa Minera Retamas S:A: se viene observando en estos procesos la generación de tiros cortados, soplados, anillados, taqueo de taladros, asi en el nivel 1915 donde se trabaja la rampa 2705 de sección 3.5 x 4 m para llegar a la veta Valeria, se observa que el avance no se cumple como como está programado, alcanzando costo elevados por disparo, el trabajo de los señores perforista son deficientes tanto en la perforación como en el carguío de los taladros, en muchos casos mal diseño de la malla de perforación lo que genera incumplimiento de lo programado, poco avance, costos elevados tanto en la perforación como en la voladura.

Todos estos aspectos indican que hay necesidad de proponer o evaluar un diseño de la malla de perforación y voladura, para poder mejorar la productividad y evitar costos.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación tendrá lugar en la Unidad Minera Aurífera Retamas S.A. situada en el anexo de Llacuabamba del distrito de Parcoy, provincia de Pataz y departamento de La Libertad.

1.2.2. Delimitación temporal

El tiempo estimado será de 6 meses de julio a diciembre del 2024

1.3. Formación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo influirá el diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación y voladura en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.?

1.3.2. Problemas específicos

Problema específico a

¿Cómo influirá el diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.?

Problema específico b

¿Cómo influirá el diseño de la malla de perforación en los parámetros de voladura en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia del diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación y voladura en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.

1.4.2. Objetivos específicos

Objetivo específico a

Determinar la influencia del diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.

Objetivo específico b

Determinar la influencia del diseño de la malla de perforación en los parámetros de voladura en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.

1.5. Justificación de la investigación

La investigación justifica su realización por:

Justificación Teórica

La investigación sobre la influencia del diseño de la malla de perforación sobre los parámetros hará posible la aplicación de conocimientos teóricos sobre como el modelo matemático de Holmberg con lo cual se obtendrá nuevos resultados o nuevas informaciones que serán de gran utilidad para poder aplicar en otras realidades.

Justificación Practica

La investigación hará posible que se obtengan un nuevo diseño de la malla de perforación y sus resultados permitirán mejorar los parámetros de perforación y voladura consiguiendo mejores avances de la rampa y reducir costos en su ejecución.

Justificación económica

Si se logra obtener una malla de perforación adecuada se podrá obtener beneficios económicos en cada disparo que se realiza, debido a que se calculará la cantidad de taladros a perforar, cantidad de explosivos a usar y un avance optimo.

1.6. Limitación de la investigación

Las limitaciones podrían ser de orden económico y de tiempo en el desarrollo de la investigación.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes nacionales

Primer antecedente:

La tesis de (VILCA, 2024) titulado ANÁLISIS Y DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA MEJORAR LA FRAGMENTACIÓN EN LA UNIDAD MINERA SAN ANDRÉS – AYACUCHO, 2021, tiene como objetivo mejorar la fragmentación mediante la reducción de los disparos deficientes al emplear un nuevo diseño de malla de perforación.

Como conclusión planteo lo siguiente:

El cálculo de rendimiento de avance con el MÉTODO DE HOLMBERG se llega a 1.65 m. y con el modelo de las áreas de influencia se ajusto las medidas de burden, permitiendo menor daño en los taladros de contorno.

La fragmentación con el modelo Kruz Ram indica un P50 de 3.25 pulgadas. Y con un P80 de 15 pulgadas.

El diagrama de Pareto indica que las deficiencias de los disparos se deben a la mala concepción de la malla de perforación por lo que opta por un diseño mediante el modelo de áreas de influencia lo cual permite agregar las ayudas necesarias.

En cuanto a los costos vemos en la perforación y voladura se reduce a 302.41 \$/m. y en la producción el costo se reduce en 4.25 \$/TCS.

Segundo antecedente

La tesis de (QUISPE, 2019) titulado “DISEÑO DE MALLAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS UNITARIOS EN LA UNIDAD MINERA CHALHUANE” cuyo objetivo es ver la influencia en los costos unitarios el diseño de una malla de perforación en la mina Chalhuane.

Como conclusión plante:

Con el nuevo diseño de la malla de perforación se logra reducir los costos unitarios, llegando a tener un costo de 11 \$/TM y el costo de avance se redujo en 59.03 \$/TM. el costo por disparo se mejoró en 0.75 \$/disparo empleando la misma mano de obra y los equipos.

Se logro reducir en 5 taladros menos la malla de perforación logrando mejorar los resultados de la perforación y voladura.

Tercer antecedente

La tesis de (GARIBAY, MARTEL, 2024) que tiene como título Implementación de la malla de perforación para minimizar costos en la rampa 874-2 (+) en la unidad minera San Cristóbal Volcán S. A. C. plantea como objetivo la reducción de costos en la ejecución de la Rampa 874-2 +, al diseñar una nueva malla de perforación.

Como conclusión se tuvo:

En un diagnóstico inicial de la perforación y voladura de la rampa 874-2+ se tuvo como características lo siguiente: densidad de roca 2.7 tn/m³, resistencia a la compresión 30 Mpa, dimensiones de la rampa 4 m x 4 m, eficiencia de la perforación 94 %, eficiencia de voladura 91 %, costo de operación 936.91 \$/m.

Con la implementación de la nueva malla de perforación se logra alcanzar una eficiencia en el avance de 97 %, indicando un avance de 3.70 m de avance.

También se logró reducir el consumo de explosivos por taladro, reduciendo las cantidades de emulnor 1000, 11/2 x 12, emulnor 3000, 11/4 x 12 y no se usó emulnor

3000, 11/2 x 12, alcanzando una eficiencia de avance del 97 % significando 3.75 m/disparo.

Los costos de operación también se redujeron tanto en perforación como en voladura.

Cuarto antecedente

La tesis de (QUISPE, SILVA, TORPOCO, 2023) titulado Diseño de la malla de perforación y voladura, para mejorar la fragmentación del macizo rocoso, galería principal, Mina APMINAC Pulpera, cuyo objetivo es. El de tener una mejor fragmentación en la galería principal optimizando la malla de perforación. Como conclusión se tiene.

El diagnóstico de la geomecánica de la galería dio una roca del tipo III A, Regular, empleando para el sostenimiento malla no galvanizada y pernos helicoidales de 7 pies.

Las características de los parámetros de perforación y voladura fueron: un avance de 1.17 m, con un rendimiento de perforación de 75 %, rendimiento de voladura del 85 %, un factor de potencia de 2.42 kg/tn.

Al optimizar la malla de perforación se llegó a tener una sobre rotura de menor al 3 % en los hastiales y 4 % en la corona, un avance de 2.0 m. eficiencia de perforación de 85 %, eficiencia de voladura de 95 %.

En cuanto al costo total por metro de avance fue de 467.18 \$/m en el diagnóstico inicial y cuando se implementó el nuevo diseño de malla de perforación el costo por metro de avance fue de 454.09 \$/m.

Quinto antecedente

La tesis de (INGA, 2020) titulado El diseño de malla de perforación y su influencia en la calidad de fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S. A. Lima 2020, cuyo objetivo es ver la influencia en la fragmentación de la roca al usar una nueva malla de perforación en la mina Alpayana.

Como conclusión se tuvo:

Se logro alcanzar un avance lineal de 3.1 m. con la nueva malla de perforación formulado en base a los datos geomecánicos y uso adecuado de los explosivos.

Al tener una distribución adecuada de los taladros se logró una eficiencia de 95.71 % en la perforación y en la voladura de 92.54 %.

La cantidad de taladros de acuerdo al diseño de la malla fue de 47 taladros con un factor de potencia de 0.63 kg/tn

Sexto antecedente

La tesis de (SACRAMENTO, 2024) titulado Diseño de malla de perforación y voladura para mejorar la eficiencia de avance lineal de la Rampa 922 de la Unidad de Empresa Administradora Ticlio, como objetivo planteo ver la mejora del avance lineal de la rampa negativa 922 de la mina Ticlio, al tener una nueva malla de perforación.

Como conclusiones se tiene:

Se logro una nueva alternativa de malla de perforación, logrando una mejora en el avance lineal del 96 % lo que significó un avance lineal de 3.42 m a 3.61 m.

El uso del explosivo bajo con la nueva malla propuesta de 173.84 kg a 172 4 kg.

En conclusión, se logró los objetivos ´planteados en la investigación.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Malla de perforación

Es un conjunto de taladros que se perforan en un frente y que tienen una ubicación, dirección, inclinación y profundidad determinadas, lo cual presentan alternativas de acuerdo al tipo de roca, al equipo de perforación, al tamaño de la sección a disparar.

Objetivos de la malla de perforación

Entre los objetivos que cumple la malla de perforación podemos citar:

- Distribuir los taladros
- Establecer el orden de salida de los taladros

- Reducir los gastos de perforación y cantidad de explosivos
- Obtener un buen avance
- Mantener el tamaño o la sección de la labor en forma uniforme

Importancia de la malla de perforación

Es importante contar con una malla de perforación porque si perforamos un frente sin usar un trazo adecuado tendríamos que hacer un mayor número de taladros que el necesario, o caso contrario un menor número de taladros lo que ocasionaría un gasto excesivo, además y probablemente no conseguiríamos un avance satisfactorio, inclusive tendríamos una voladura deficiente al tener tiros soplados, cortados.

Es importante también porque en los frentes donde se realizan las perforaciones es necesario primero determinar los factores de los cuales dependen la elección del trazo, parámetros a emplear; siendo imposible establecer un solo tipo de trazo para todas las labores mineras ya que las condiciones varían de labor en labor, ahí radica la importancia de contar con una malla de perforación.

Factores que intervienen en una malla de perforación

Tenemos:

- Clase de terreno
- Tamaño del frente y número de caras libres
- Tipo de explosivo
- Equipo de perforación
- Tipo de labor que se va perforar
- Cantidad de explosivo a usar
- Número de taladros a realizar

Perforación del trazo

Para realizar el trazo de perforación de los taladros se sigue los siguientes pasos:

- Marcado del centro del frente

- Marcado del trazo
- Determinación de la dirección del trazo
- Determinación de la dirección de los taladros
- Perforación de los taladros

2.2.2. Diseño de la malla de perforación

Es el diagrama que cuenta con una estructura definida, cuya función es fragmentar y desplazar el material volado según las exigencias de las personas que lo están ejecutando, para un buen diseño de malla es necesario contar con el estudio geo mecánico del macizo rocoso (Calderón, 2015).

La perforación de los taladros depende de un diseño o malla de perforación adecuada como mostramos a continuación:

Figura 1. Trazo y denominación de los taladros

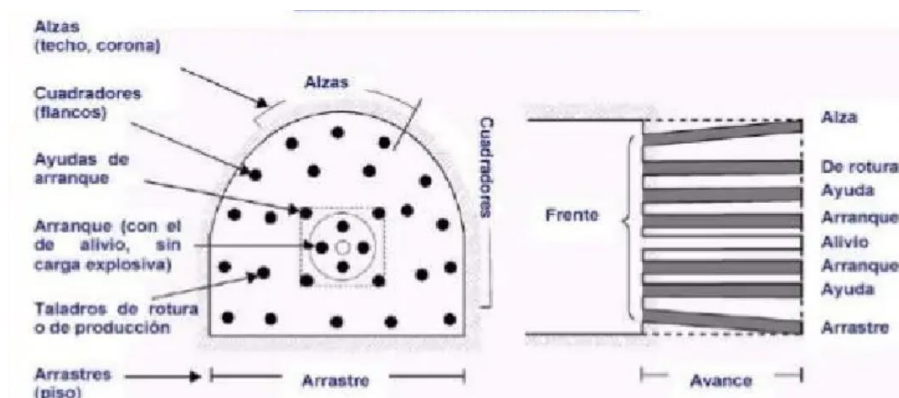


Figura 2. Ubicación de los taladros en perforación de avances



- **Taladros de arranque o corte**

Aliaga (2018) nos dice que estos taladros su función es la de abrir o añadir el número de caras libres en el frente, estos taladros son los más importantes de la voladura, ya que de ellos penderá que la voladura sea exitosa, podremos hallar ciertos tipos de corte como: corte cuña, corte piramidal, corte quemado, escalonado y otros.

- **Taladros de ayuda**

Acaro (2020) indica que estos taladros se hallan de forma paralela y su empleo es para agrandar la cara libre que se ha hecho por el corte. Estos taladros se hallan alrededor del arranque y aprueban originar las salidas, el número de taladros de ayuda penderá de la sección y estará incluido por los contractuales, segunda y terceras ayudas.

- **Taladros cuadradores**

Ayamamani (2016) dice que el número de cuadradores se va a decidir con respecto a la calidad de la roca y las dimensiones de la sección; su objetivo es conservar la forma lateral de la sección, Estos son los hastiales y se hallan en los flacos del túnel.

- **Taladros de corona**

Aliaga (2018) nos dice que estos taladros se hallan en la parte de arriba de la cara libre y son perforados con dirección al techo con el objetivo de poder mantener la sección, ellos son los que van a decidir cómo va a quedar el túnel, y se colocan con un espaciamiento pequeño, que están encaminados hacia la parte interna de la masa rocosa para el avance.

- **Taladros de arrastre**

Cari y Castro (2014) indican que son aquellos que se colocan en la parte inferior y se realiza con el fin de realizar el piso de la labor según a la gradiente

que se tiene, la cantidad de arrastres será según la calidad de la roca y el ancho de la sección. Estos son volados al final.

Parámetros del diseño de las mallas de perforación

Los más importantes son:

- Burden
- Espaciamiento
- Taco
- Sobre perforación
- Carga de columna
- Carga de fondo
- Pre – corte
- Recorte

Consideraciones para el diseño de las mallas de perforación

Tipo de roca

- Sedimentaria
- Intrusiva
- Dureza
- Densidad
- Peso
- Mineralización

Tipo de explosivo

- Velocidad de detonación
- Densidad
- Resistencia al agua
- Continuidad en la detonación
- Balance de oxígeno
- Trauzl (potencia relativa)

- Sensibilidad
- Categoría de humos

Equipo de perforación

- Diámetro
- Profundidad

Ventajas del uso de una malla de perforación

Produce superficies lisas y estables, reduce la vibración y disminuye el agrietamiento, es una alternativa para la explotación de estructuras débiles e inestables.

Desventajas del uso de una malla de perforación

Costo relativamente mayor que la voladura convencional por el mayor tiempo de preparación en la perforación y carguío

En un material detrítico o incompetente o deleznable puede no llegar a dar buenos resultados

2.2.3. Perforación

Concepto de perforación

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 al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blastholes. Dentro de este campo existe dos métodos de mecanismo de perforación los métodos rotativos y rotopercutivos. (EXSA, 2008).

2.2.4. Condiciones de una perforación

Para una buena perforación y conseguir una voladura eficiente la perforadora es tan importante como la selección del explosivo, por lo que éste trabajo debe efectuarse con buen criterio y cuidado, dentro de esto tenemos:

Diámetro

Depende del tipo de aplicación en que el taladro será utilizado como regla general el de “menor diámetro factible” será más adecuado y económico de realizar.

Longitud

Influye mucho en la selección de la capacidad del equipo perforador y naturalmente en el avance del disparo (profundidad del taladro).

Rectitud:

Varia con el tipo de roca método de perforación y características del equipo perforador. Deben tener la mayor rectitud y alineación para que el explosivo sea apropiadamente distribuido.

Estabilidad:

Los taladros deben mantenerse abiertos hasta el momento de su empleo. En terrenos sueltos tienden a desmoronarse por lo que puede ser necesario revestirlos interiormente con tubos especiales para, poderlos cargar.

Velocidad de penetración:

Esta variable no solamente depende de la aplicación de fuerza; también depende del barreno o limpieza del detritus, del taladro con el aire comprimido y/o con agua a presión.

Malla de perforación

Es el diagrama que cuenta con una estructura definida, cuya función es fragmentar y desplazar el material volado según las exigencias de las personas que lo están ejecutando, para un buen diseño de malla es necesario contar con el estudio geo mecánico del macizo rocoso (Calderón, 2015).

La malla de perforación y voladura se refiere a la forma en la que se distribuyen los taladros con carga, en esta distribución se consideran básicamente a la relación de burden con dimensiones de espaciamiento y con la profundidad de los taladros. También se toma en cuenta las diferentes formas de amarre de los accesorios de voladura y de los diferentes tiempos de encendido de modo que permita tener como

resultado la fragmentación de roca adecuada, la forma de pila de escombros, que facilitan el carguío rápido, en caso contrario si hay demora afectara la rapidez de transporte del mineral volado.

Figura 3. *Malla de perforación en mina subterránea*



2.2.5. Arranque o tipo de corte

La malla de perforación que se ejecutan para el desarrollo de las labores es variado y estas dependen de varios factores como, el equipo de perforación que se emplea, tiempo disponible para la ejecución, tipo de roca, tipo de sostenimiento, sin embargo, la variación más significativa entre las mallas es el corte o arranque empleado, estos cortes más empleados son:

- Arranque en cuña o en “V”
- Arranque piramidal
- Arranque en paralelo
- Arranque quemado
- Arranque cilíndrico

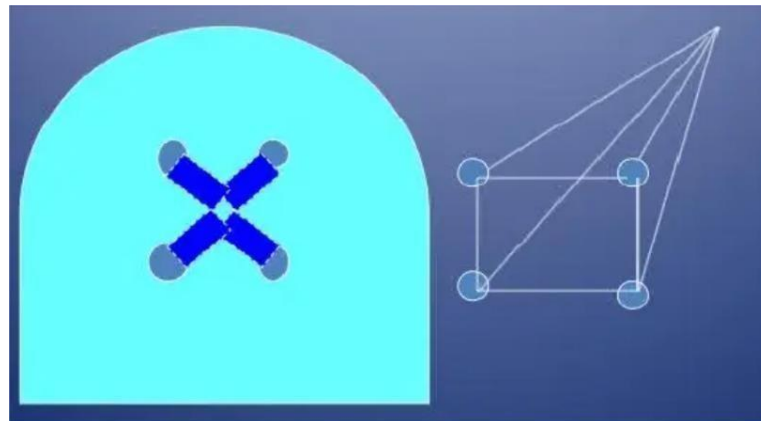
Arranque en Cuña o “V”

Dicho corte está constituido por 4, 6 o más taladros convergentes por parecen varios planos o niveles de modo que la cavidad abierta tenga la forma de una cuña, es de fácil ejecución, pero de corto avance por la dificultad de ejecución o perforación.

Arranque piramidal

Dicho corte está constituido por 4 o más taladros dirigidos en forma de haz convergente hacia un punto común imaginario ubicado en el centro y fondo de la labor a perforar, de modo que el disparo instantáneo creara una cavidad piramidal, este método requiere alta concentración de carga en el fondo de los taladros, usado mayormente en piques y chimeneas.

Figura 4. Corte piramidal



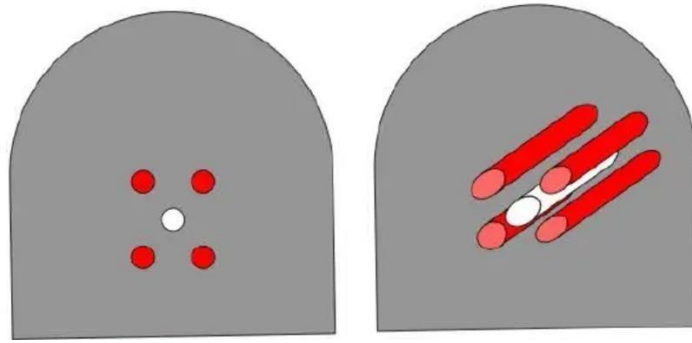
Arranque o corte paralelos

Son taladros paralelos entre sí, todos tienen la misma longitud

Corte quemado

Son taladros de igual diámetro perforados cercanamente entre si con distintos trazos o figuras de distribución algunos de los cuales no contienen carga explosiva de modo que sus espacios vacíos actúan como caras libres para la acción para los taladros con carga explosiva cuando detonan. El diseño más simple es el un rombo con cinco taladros, cuatro vacíos en los vértices y uno cargado en el centro, por condiciones de la roca se invierte el esquema con el taladro central vacío y los 4 restantes cargados

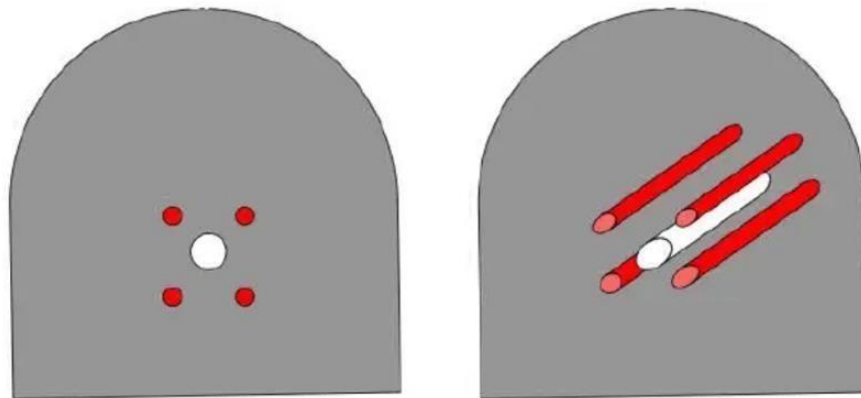
Figura 5. Corte quemado



Corte cilíndrico

Este tipo de corte es similar al corte quemado, resaltando su característica principal es el uso de taladros de alivio de mayor diámetro que el resto, lo que facilita la creación de una cavidad cilíndrica. Este tipo de corte presenta diversas ventajas frente a los demás tipos de arranque, como la posibilidad de realizar avances de mayor longitud y conseguir una buena fragmentación.

Figura 6. Corte cilíndrico



2.2.6. Factores de desviación del taladro

Se ve que la malla de perforación es la adecuada, pero a veces ocurren ciertos factores que producen desviaciones del taladro teniendo problemas con la fragmentación del mineral. Las desviaciones de perforación afectan mucho en el diseño de la malla de perforación, porque afectan varían el burden de diseño dentro de la perforación afectando a la fragmentación, al avance del disparo.

Los factores que influyen en la desviación de los taladros, podemos indicar

- Factores originados fuera del taladro: como error de posicionamiento del equipo, la selección y lectura de los ángulos y la fijación de viga de avance.
- Factores que ocurren durante el avance:
 - Como la fuerza de avance, rotación, barrido de detritus y percusión.
- Factores dentro del taladro
- Tenemos tipo de roca, tamaño de grano, fracturamiento, plegamiento.
- Factores relacionados con el equipo
- Condición mecánica de la perforadora, regulación de la perforadora, selección adecuada del varillaje de perforación, afilado oportuno de las brocas.

Factores controlables en perforación y voladura

Factores que se puede controlar o manipular para obtener buenos resultados de la perforación y voladura, así tenemos:

- Burden
- Espaciamiento
- Diámetro y longitud de taladro
- Inclinación de taladro
- Altura de taco
- Altura de carga explosiva
- Sistema y secuencia de iniciación
- Retardadores
- Tipo de explosivos
- Parámetros de detonación y explosión

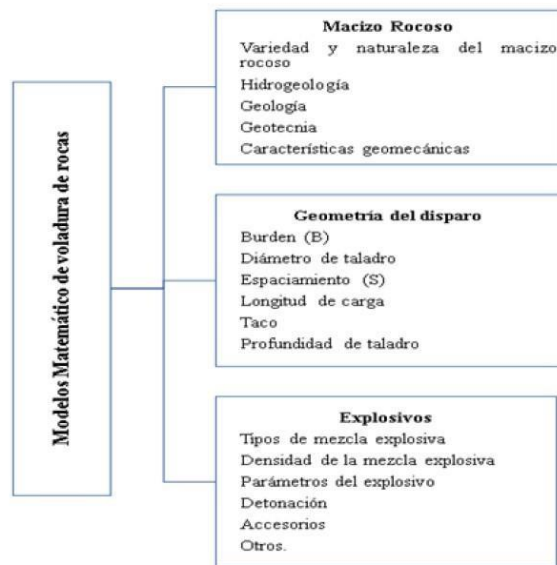
Factores no controlables en perforación y voladura

Tenemos:

- Geología
- Propiedad y resistencia del macizo rocoso
- Discontinuidades estructurales

- Geomecánica

Figura 7. Factores influyentes en un disparo



2.2.7. Equipos y accesorios de perforación

En minería la selección de los equipos y accesorios juega un papel muy importante en la actualidad, garantizando un mejor desempeño en las actividades, siendo necesario considerar la selección de los mismos en base a los criterios económicos, mantenimiento, adaptabilidad y condiciones de trabajo, así tenemos.

Perforadoras

La función principal es la transmisión de energía desde su fuente hacia la broca, tenemos perforadoras mecanizadas y manuales.

Perforadoras mecanizadas

Son las perforadoras de rotopercusión, las mismas que son montadas en un chasis sobre ruedas o orugas.

Con el grado de automatización permite un mayor control de los parámetros de perforación, como son presión de avance, de rotación y de percusión, menor consumo de energía, menor costo de los aceros de perforación, mejores condiciones ambientales, entre otros.

Figura 8. Jumbo perforador

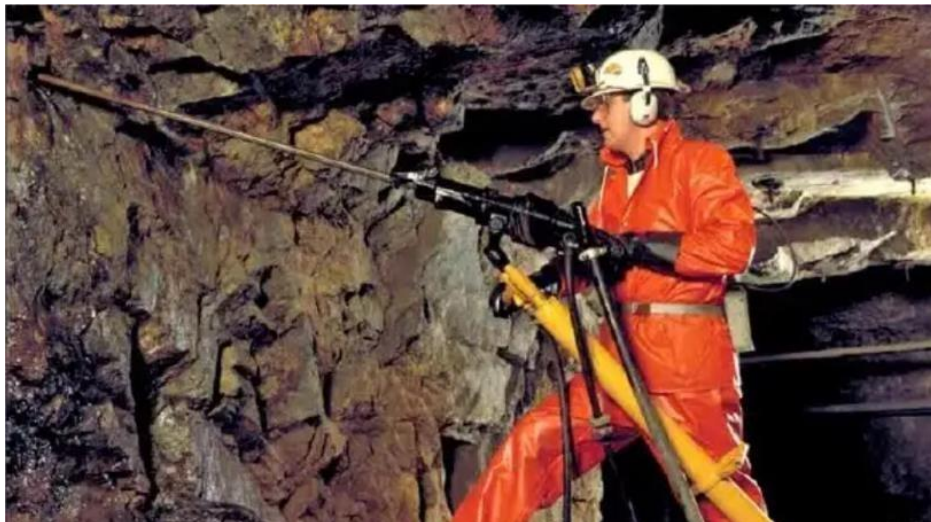


Perforadoras convencionales

Perforadoras más usadas en la pequeña minería por su facilidad de manejo, en este tipo de perforadora se usa como energía el aire comprimido para realizar los huecos de diámetros pequeños usando los barrenos integrales.

Las perforadoras más usadas son la Jack Leg para realizar taladros horizontales o inclinados y se emplea en la construcción de galerías, rampas, sub niveles. Otro tipo de perforadoras son las Stoper para realizar taladros verticales hacia arriba empleándose en la construcción de chimeneas.

Figura 9. Perforadora Jack Leg



Barreno de perforación

Son barras de acero con un conducto interior que permita el paso del agua y barrido de los detritus en uno de sus extremos posee una rosca que permite a la broca acoplarse.

Broca

Dispositivo de metal que permite realizar los hoyos, es un dispositivo que está en contacto con la roca a ser perforada, su elección depende del tipo de máquina que se tenga, características de la roca y diámetro de los cartuchos de los explosivos.

Figura 10. *Barrenos de perforación y brocas*



Compresora de aire

Muchas veces el aire comprimido es una fuente importante de energía en casi todas las operaciones mineras. Las minas muy a menudo usan sistemas industriales de aire comprimido o compresoras de aire portátiles para sus equipos o herramientas.

Figura 11. *Compresoras para uso en la mina*



Malla de perforación en avances

Las mallas de perforación en avances es una técnica que se utiliza generalmente para la excavación de túneles, galerías, rampas cruceros o cualquier tipo de desarrollo subterráneo en la mina, para lo cual es necesario tener en cuenta una serie de criterios como:

Geología de la roca

Es importante conocer el tipo de roca y sus respectivas propiedades ya que afectaran al diseño de la malla de perforación, influyendo en diámetro, profundidad de los taladros, al igual a la cantidad y tipo de explosivo a utilizar.

La geotecnia de la roca

Cuando se realizan investigaciones geotécnicas tendremos información detallada de la resistencia, estabilidad de la roca, comprendiendo mejor las propiedades y condiciones de la roca y suelo de la mina.

Modelos matemáticos

Son las representaciones matemáticas y físicas de las condiciones de la roca y de las operaciones de perforación y voladura, permitiendo predecir la reacción de la roca después de la voladura y poder optimizar el diseño de la perforación y voladura.

Dimensiones de la galería

Tener un conocimiento de las dimensiones de las galerías su altura, ancho la forma de avance va a determinar una distribución y orientación de los taladros en forma adecuada en la malla de perforación

Limitaciones de ventilación

Es importante considerar la ventilación del lugar al realizar la voladura. Los gases y el polvo de la voladura deben ser manejados adecuadamente para no perjudicar al personal

2.2.8. Costos de perforación y voladura

El costo de perforación y voladura al igual que otros procesos depende de diversos factores como maquinaria, mano de obra, materiales, utilidades entre otros

En algunos casos los costos de perforación pueden representar entre el 30 % al 50 % del costo total de la perforación y voladura, o pueden representar el 15 % del costo total de la explotación.

Indicadores de costos en minería

El control de costos es imprescindible en la industria minera, para la toma de decisiones en las operaciones de una empresa minera, para la planificación, direccionamiento del capital que se tiene y los gastos que se ejecutara a corto, mediano y largo plazo. La estimación de costos en operaciones mineras se basa en gastos unitarios y elementales, que definen el comportamiento del costo en US\$/TM o US\$/m.

Gestión de costos en minería

La gestión de costos es un proceso mediante el cual los encargados de cada área de operaciones aseguran la eficacia y la eficiencia de los recursos. Para una buena gestión se requiere de una visión global dentro de la estructura de costos de la empresa minera, para ello se necesita:

Conocer los costos a lo largo de todas las actividades operativas del proceso de explotación, identificar los factores de costos, medir el comportamiento de los costos en función de los parámetros operacionales (Chambergo, 2013).

Costos operativos de perforación y voladura

Son costos operativos en el proceso de perforación y voladura que están dados por la sumatoria de costos en las actividades o tareas unitarias como la mano de obra en la perforación, implementos de seguridad en las tareas realizadas, explosivos y accesorios requeridos para el proceso de voladura (Chambergo, 2013).

Existen dos tipos de componentes del costo uno es considerado como variable en función del proceso, mientras el segundo fijo en función de la estructura administrativa que lo asigna (López Álvarez, 2008)

Costos variables

Son costos que varían dependiendo de la actividad del proceso minero, son los costos de los procesos productivos como perforación, voladura, carguío y acarreo y actividades auxiliares en mina, definiéndose esto en los costos de personal de producción, materiales e insumos, equipos (Chambergo, 2013).

Costos fijos

Son costos que no cambian en el proceso productivo minero, se consideran independientes de la producción, estos costos varían en función del nivel de producción y no están directamente relacionados con la producción generada (Chambergo, 2013).

2.2.9. Voladura

Es la activación y detonación de los explosivos situados dentro de los taladros realizados durante la perforación. Las condiciones que se presentan están caracterizadas por dos etapas de acción. En primer lugar se produce un fuerte impacto debido a la onda de choque, vinculada a la energía durante un corto espacio de tiempo. En segundo lugar, actúan los gases producidos por las reacciones químicas que se generan a alta presión y temperatura.

Figura 12. *Roca fragmentada después de la voladura*



2.2.10. Diseño de la voladura

El proceso de voladura es uno de los medios principales de extracción de minerales en las operaciones de minería subterránea y como parámetro se utiliza factor carga, factor potencia y factor avance (López et al., 2006).

Dentro del diseño de la voladura se tendrá en cuenta los siguientes elementos.

Factor de carga

Es uno de los indicadores que permite conocer en que fragmento se emplearía el total de energía extenuada en un día, sabiendo que, si el empleo de explosivo sería alta relativamente subiría el consumo carga generando mayor costo en la tronadura de rocas (López et al., 2006) Se expresa de la siguiente manera:

$$FC = (We/V)$$

Donde:

FC = Factor de carga.

We = Peso del explosivo

V = Volumen del material roto

Columna explosiva

López et al., (2006) hace mención que la parte más activa en un taladro, es donde se genera la reacción explosiva y la presión inicial de los gases dentro de las paredes de un taladro, la distribución de carga explosiva en un taladro es importante, están basadas en el tipo de roca y la energía necesaria de un explosivo, y estas pueden estar entre 1/2 a 2/3 de la longitud total de taladro de manera continua o segmentada.

Carga de fondo (CF)

Es la carga explosiva de mayor densidad y potencia requerida al fondo del taladro para romper la parte más confinada y garantizar la rotura al piso y controlar la sobre perforación. $CF = 1.3 \times B$

Donde:

CF=Representa la carga de fondo (kg/m o lb/pie)

B=Representa al burden (m).

b) Carga de columna

Es la parte de menor potencia y baja concentración de densidad ya que en esa zona el confinamiento de roca es menor en el taladro. Se determina con la siguiente ecuación:

$$CC = L - (CF + T)$$

Donde:

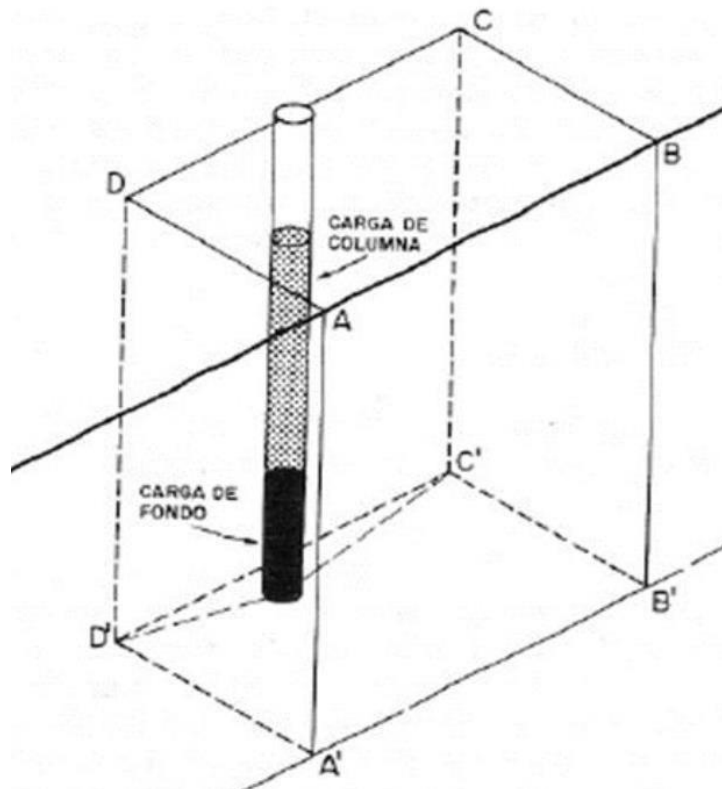
L=Longitud de taladro

CF=Carga fondo

T=Taco

B=Representa al burden.

Figura 13. Distribución del explosivo en un taladro



Estimación de la carga.

De acuerdo a López et al., (2006) hace mención a la siguiente ecuación:

$$V = (B \times E \times L)$$

Donde:

V = Volumen a romper por taladro.

B = Burden.

E = Espaciamiento.

L = Longitud del taladro.

Por lo tanto, el Tonelaje es estimado: el volumen por la densidad de la roca o mineral.

Volumen de explosivo.

De acuerdo a López et al., (2006) el volumen lo define como el diámetro de taladro por longitud de la columna explosiva o también por la sumatoria de las cargas segmentadas. $V_e = (\emptyset \times C_e)$

Donde:

V_e = Volumen de explosivo.

\emptyset = Diámetro del taladro.

C_e = Columna explosiva.

- Factor carga

EXSA, (2009) define como un indicador que determina la cantidad de explosivo requerido por metro cubico de roca volada.

$$FC = We/V$$

Donde:

FC = Factor de carga.

We = Peso del explosivo

V = Volumen del material roto.

Tonelaje roto.

Definido como el volumen del material roto por la densidad de dicho material (EXSA, 2009)

$$\text{Tonelaje roto} = (V \times p)$$

Donde:

V = Volumen del material roto ρ = Densidad del material

Densidad de carga

La densidad de carga esta expresada mediante la siguiente ecuación:

$$DC = 0.57 \times \rho_e \times \varnothing^2 \times (L-T)$$

Dónde:

DC = Densidad de carga, en kg/tal.

0.57 = Factor.

\varnothing = Diámetro del taladro ρ_e =

Densidad del explosivo a usar.

L = Longitud de perforación.

T = Taco

2.2.11. Parámetros de voladura

Existe una serie de factores o variables que intervienen directa o indirectamente en la voladura de rocas, que son mutuamente dependientes o 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:

Parámetros de la roca

Son determinantes, debiendo los explosivos y sus métodos de aplicación adecuarse a las condiciones de la roca. Entre ellos tenemos:

A. Propiedades físicas

a. Dureza

Indica aproximadamente la dificultad de perforarla.

b. Tenacidad

Indica la facilidad o dificultad de romperse bajo el efecto de fuerzas de compresión, tensión e impacto, variando entre los rangos de friable (fácil), intermedia a tenaz (difícil).

c. Densidad

Indica aproximadamente entre la dificultad para volarla y varía entre 1,0 a 4,5 g/cm³ en promedio. Rocas densas requieren también explosivos densos y rápidos para romperse.

d. Textura

Trama o forma de amarre de los cristales o granos y su grado de cementación o cohesión, también relacionada con su facilidad de rotura.

e. Porosidad

Proporción de poros u oquedades y su capacidad de captar agua. **f.**

Variabilidad

Las rocas no son homogéneas en su composición y textura. Tienen un alto índice de anisotropía o heterogeneidad.

f. Grado de alteración

Deterioro producido por efecto del intemperismo y aguas freáticas, además de fenómenos geológicos que las modifican o transforman.

B. Propiedades elásticas o de resistencia dinámica de las rocas

a. Frecuencia sísmica o velocidad de propagación de las ondas sísmicas y de sonido

Velocidad con la que estas ondas atraviesan las rocas.

b. Resistencia mecánica

Resistencia a las fuerzas de compresión y tensión.

c. Fricción interna

Habilidad de las superficies internas para deslizarse bajo esfuerzos (rocas estratificadas).

d. Módulo de Young

Resistencia elástica a la deformación.

e. Radio de Poisson

Radio de contracción transversal o extensión longitudinal del material bajo tensión.

f. Impedancia

Relación de la velocidad sísmica y densidad de la roca versus la velocidad de detonación y la densidad del explosivo. Usualmente las rocas con alta frecuencia sísmica requieren explosivos de alta velocidad de detonación.

C. Condiciones geológicas

a. Estructura

Es la forma de presentación de las rocas y está en relación con su origen o formación (macizos, estratos, etc.).

b. Grado de fisuramiento

Indica la intensidad y amplitud del fracturamiento natural de las rocas. Son importantes la orientación (rumbo y buzamiento) de los sistemas de fisuras y el espaciamiento entre ellos, así como la apertura y los tipos de relleno en las discontinuidades.

c. Presencia de agua

Define incluso el tipo de explosivo a usar.

Parámetros controlables

Parámetros del explosivo

A. Propiedades físico-químicas

a. Densidad

Peso específico en g/cm³ (a mayor densidad, mayor potencia), varía entre 0,7 a 1,6 g/cm³. Todo explosivo tiene una densidad crítica encima de la cual ya no detona.

b. Velocidad de detonación (VOD)

Velocidad de la onda de choque, en m/s, califica a los explosivos como detonantes y deflagrantes; a mayor velocidad mayor poder rompedor o brisance.

c. Transmisión o simpatía

Transmisión de la onda de detonación en la columna de carga. Una buena simpatía asegura la explosión total de la columna de carga.

d. Resistencia al agua

Varía desde nula hasta excelente (varias horas).

e. Energía del explosivo

Se puede dar en cal/g o J/g. Calculada sobre la base de su formulación, aplicable para estimar su capacidad de trabajo.

f. Sensibilidad a la iniciación

Cada explosivo requiere un iniciador o cebo mínimo para iniciarse (usualmente se tiene como referencia al detonador N° 8 para calificarlos como altos explosivos (sensibles) y agentes de voladura (insensibles), por lo que requieren un cebo más potente).

g. Volumen normal de gases

Cantidad de gases en conjunto generados por la detonación de 1 kg de explosivo a 0°C y 1 atm de presión, expresado en litros/ kg.

Indica aproximadamente la “cantidad de energía disponible” para el trabajo a efectuar y generalmente varía entre 600 y 1 000 litros/kg.

h. Presión de taladro

Fuerza de empuje que ejercen los gases sobre las paredes del taladro. Se expresa en kg/cm², en kilobares (kbar) o en Megapascales (MPa) en el sistema SI. Para evaluarla se aplican las mismas ecuaciones de estado como las que valen en el estado de detonación y explosión, tomando en cuenta la variación del volumen.

Esta presión varía con el confinamiento. Así, un explosivo con densidad 1,25 g/cm³ una presión de explosión de 3 500 MPa en taladro lleno al 100%, cuando se llena sólo al 90% llega aproximadamente a 2 600 MPa y cuando sólo se llena al 80% bajará hasta cerca de 1 900 MPa.

i. Categoría de humos

Factor de seguridad que califica su toxicidad (todos los explosivos generan gases de CO y NO en diferentes proporciones).

2.3. Definición de términos conceptuales

Burden

Es la distancia del eje del taladro a la cara libre más cercano, tomando en cuenta como la cara libre al taladro vacío sin cargar.

Cara libre

Es el lugar hacia el cual se desplaza el material cuando es disparado por acción del explosivo, la cara libre en un frente es una sola por ello la función del arranque es abrir otra cara libre

Espaciamiento

Es la distancia que existe entre taladros, determina la calidad del material disparado principalmente la granulometría

Inclinación del taladro

Es el ángulo que forma normalmente el taladro con la horizontal en un frente de avance, y no debe haber intercepción entre ellos, ventajas de una perforación inclinada son mejor fragmentación, buen desplazamiento, mejor uso de energía explosiva.

Malla de perforación

La malla de perforación y voladura se refiere a la forma en la que se distribuyen los taladros con carga, en esta distribución se consideran básicamente a la relación de burden con dimensiones de espaciamiento y con la profundidad de los taladros. También se toma en cuenta las diferentes formas de amarre de los accesorios de voladura y de los diferentes tiempos de encendido de modo que permita tener como resultado la fragmentación de roca adecuada, la forma de pila de escombros, que facilitan el carguío rápido, en caso contrario si hay demora afectara la rapidez de transporte del mineral volado.

Macizo rocoso

Es un medio discontinuo, de carácter anisótropo y heterogéneo, cuya composición deriva de la unión de diversas discontinuidades y por bloques de matriz rocosa, son determinantes como variables incontrolables.

Perforación

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 al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blastholes. Dentro de este campo existe dos métodos de mecanismo de perforación los métodos rotativos y rotopercutivos. (EXSA, 2008).

Sistema de iniciación

Los iniciadores son dispositivos que contienen altos explosivos que al recibir un alto impulso mecánico o eléctrico produce una detonación

Tacos

Es un material inerte que sirve para confinar los gases explosivos que permitirá máximo desprendimiento del material aprovechando la alta eficiencia de la explosión.

Taladros

Es el agujero o hueco de forma cilíndrica, practicado en la roca donde se ubica el material explosivo y sus accesorios iniciadores para realizar la voladura del material perforado

Taladro de alivio

Son taladros de mayor diámetro que los taladros cargados y forma la zona de debilidad que ayuda a los taladros cargados adyacentes a esta.

Voladura

Es la activación y detonación de los explosivos situados dentro de los taladros realizados durante la perforación. Las condiciones que se presentan están caracterizadas por dos etapas de acción. En primer lugar, se produce un fuerte impacto debido a la onda de choque, vinculada a la energía durante un corto espacio de tiempo. En segundo lugar, actúan los gases producidos por las reacciones químicas que se generan a alta presión y temperatura.

2.4. Enfoque filosófico – epistémico

La tesis dentro de una aproximación de tipo cualitativo es la que presentamos: La Influencia del diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación y voladura en la rp2705, nivel 1915, en la empresa minera aurífera Retamas S.A. Aun así, los resultados que obtengamos de esta problemática nos podrán parecer distintos si realizamos su aplicación en otras circunstancias o desde otras especialidades.

Se tiene que considerar esas circunstancias como un juicio o una evaluación distinta a nuestra manera de abordar el problema inicialmente. En ese sentido para

abordar la problemática específica que nos presenta la actividad minera tenemos de nuestro lado, como la herramienta más eficiente a nuestros fines académicos y empresariales, al quehacer científico, aunque siempre debemos ser conscientes de que existen distintos modos para aproximarnos a una respuesta más clara de la investigación que planteamos

Formulación de la hipótesis

Hipótesis General

Si influye el diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación y voladura en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.

Hipótesis específicas

Hipótesis específica a

Si influye el diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.

Hipótesis específica b

Si influye el diseño de la malla de perforación en los parámetros de voladura en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.

Identificación de variables

Variables para la hipótesis general

Variable independiente

Diseño de la malla de perforación

Variable dependiente

Parámetros de perforación y voladura

Variables para la hipótesis específicas

Variables para la hipótesis específica a

Variable independiente

Diseño de la malla de perforación

Variable dependiente

Parámetros de perforación

Variables para la hipótesis específica b

Variable independiente

Diseño de la malla de perforación

Variable dependiente

Parámetros de voladura

Definición operacional de términos

Tabla 1. Operacionalización de variables e indicadores

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES E INDICADORES				
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENCION	INDICADORES
<p>Identificación de variables</p> <p>Variables para la hipótesis general</p> <p>Variable independiente</p> <p>Diseño de la malla de perforación</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Parámetros de perforación y voladura</p> <p>Variables para la hipótesis específicas</p> <p>Variables para la hipótesis específica a</p> <p>Variable independiente</p> <p>Diseño de la malla de perforación</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Parámetros de perforación</p> <p>Variables para la hipótesis específica b</p> <p>Variable independiente</p> <p>Diseño de la malla de perforación</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Parámetros de voladura</p>	<p>Malla de perforación</p> <p>La malla de perforación y voladura se refiere a la forma en la que se distribuyen los taladros con carga, en esta distribución se consideran básicamente a la relación de burden con dimensiones de espaciamiento y con la profundidad de los taladros. También se toma en cuenta las diferentes formas de amarre de los accesorios de voladura y de los diferentes tiempos de encendido de modo que permita tener como resultado la fragmentación de roca adecuada, la forma de pila de escombros, que facilitan el carguío rápido, en caso contrario si hay demora afectara la rapidez de transporte del mineral volado</p> <p>Parámetros de perforación y voladura</p> <p>Existe una serie de factores o variables que intervienen directa o indirectamente en la voladura de rocas, que son mutuamente dependientes o que están relacionados uno u otro; unos son controlables y otros no.</p> <p>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.</p>	<p>La investigación determinara la influencia del diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación y voladura en la RP2705, Nivel 1915</p>	<p>-Malla de perforación</p> <p>Parámetros de perforación -</p> <p>Parámetros de voladura</p>	<p>-Distribución de taladros</p> <p>-Número de taladros</p> <p>-Burden</p> <p>-Espaciamiento -</p> <p>Profundidad de los taladros</p> <p>-tipo de explosivo</p> <p>-Factor de carga</p> <p>-Factor de potencia</p> <p>-Cantidad de explosivos</p>

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

La investigación será de tipo APLICADA porque vamos a ver la influencia del diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación y voladura en la RP2705, Nivel 1915. (BAENA, 2017).

3.2. Nivel de investigación

El nivel, será de un nivel correlacional, explicativo; porque vamos a determinar la relación entre la malla de perforación y los parámetros de perforación y voladura en la RP2705, NIVEL 1915 según (BERNAL, 2010)

3.3. Característica de la investigación

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se orienta a la medición objetiva y al análisis estadístico de la relación entre Influencia del diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación y voladura en la rp2705, nivel 1915, en la empresa minera aurífera Retamas S.A.

El estudio es de tipo aplicada, ya que se encuentra dirigido a la solución de un problema concreto identificado en el contexto de la actividad minera. En tal sentido, los resultados buscan aportar información útil para la toma de decisiones.

3.4. Métodos de investigación

La investigación se realizada mediante el método científico, apoyados en los métodos específicos analítico-inductivo; (HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, 2014)

3.5. Diseño de investigación

El diseño será el no experimental porque no haremos ninguna variación de las variables de la investigación solo nos avocaremos a observar y recoger datos de las operaciones mineras.

3.6. Procedimiento de muestreo

3.6.1. Población

La población está constituida por todas las labores donde se realizan trabajos de perforación y voladura en la Empresa Minera MARSA

3.6.2. Muestra

La muestra comprende rampa principal RP2705, Nivel 1915, de la empresa minera MARSA

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.3. Técnicas

- Observación directa
- Análisis de documentos

3.6.4. Instrumentos

Tenemos:

- Guía de observación
- Ficha de registro
- Documentos escritos

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Contando con todos los datos obtenidos durante la observación, recojo de documentos se procederá al procesamiento de datos, para el análisis de la información y la elaboración del informe final, mediante los instrumentos Excel, Word.

3.9. Orientación ética

En el desarrollo de la tesis nos guiaremos con los principios de la ética conservando aspectos como la verdad, responsabilidad, respeto a las personas e instituciones.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Aspectos generales de la mina

Ubicación

La mina se encuentra ubicado en el anexo de Llacuabamba distrito de Parcoy Provincia de Pataz Departamento de la Libertad; en el flanco Oeste de la Cordillera Oriental a 180 km. Hacia el Este de la ciudad de Trujillo a una altura de 3900 m.s.n.m.

Accesibilidad

Se tiene dos accesos

Por vía terrestre. El acceso por vía terrestre es a través de 411 km de carretera desde la ciudad de Trujillo; siendo mayormente trocha carrozable.

Partiendo de la capital como sigue:

Lima Trujillo - 562 km., asfaltado

Trujillo - Chirán - 34 km., asfaltado

Chirán Chagual - 307 km., carretera

Chagual - Mina Gigante - 70 km., carretera

Por vía aérea. Por vía aérea se llega en 45 minutos de vuelo en avioneta desde el Aeropuerto de Trujillo a Chagual y de allí 70 km de trocha carrozable

Lima - Chagual aprox. 1 h 30 min

Trujillo - Chagual aprox. 45 min

Figura 14. Plano de ubicación de la minera Marsa.



Minado

La mina produce 1 650 TMSD, mineral proveniente de la explotación, preparación y desarrollo. Los principales métodos de explotación son Cámaras y Pilares Mecanizados con rendimientos de 8 TM/h-g, Corte y Relleno Ascendente y el Long wall (convencional), en 26 perforación se utiliza perforadoras tipo jack leg, y para la limpieza winches eléctricos de arrastre en las labores convencionales y scooptrans en los tajos mecanizados, y para restablecer el macizo rocoso se usa el relleno hidráulico de alta densidad. Para desarrollar las labores de exploración, preparación se utilizan jumbos de electrohidráulicos de un brazo, scoops desde 1,5 yd³ hasta 4,5 yd³ de capacidad y palas neumáticas de 10 pies³. En todas las labores se emplea los ventiladores auxiliares desde 5 000 cfm hasta 18 000 cfm para expulsar el aire viciado hasta los tres circuitos principales de ventilación que está conformado por cruceros y

chimeneas raise boring de 6' y 8' de diámetro, en los extremos de los circuitos se tienen instalados extractores que suman 420 000 cfm.

4.1.2. Método de explotación

Los métodos de explotación que se emplean en Marsa son:

- Método de Corte y Relleno Ascendente
- Método de Cámaras y Pilares
- Método de Explotación Selectivo

Método de corte y relleno ascendente

El inicio de la explotación es a partir del subnivel base, dejando un puente de 3 m, respecto a la galería principal. Se realiza una cámara central el que servirá como cara libre para realizar la explotación; en vetas con buzamiento mayor de 30°, se realiza en cortes horizontales empleando como sostenimiento temporal puntales de madera, gatas hidroneumáticas, pernos y cuadros de madera de forma ocasional o sistemática dependiendo de la calidad de roca de la caja techo.

Concluido los cortes horizontales, se procede a la limpieza o aspirado del mineral fino, el cual es llenado a sacos de rafia para su posterior envío a Planta. Seguidamente, se construyen los tabiques para el proceso de relleno hidráulico; a medida que se rellena se van recuperando las gatas, hasta el término de la abertura.

Durante el avance ascendente de la producción, se deja pilares de 3m x 5m, adyacente a las chimeneas principales y un puente de 3m x 20m paralela a la galería, los cuales son extraídos al final de la explotación del tajeo

Condiciones de Aplicación:

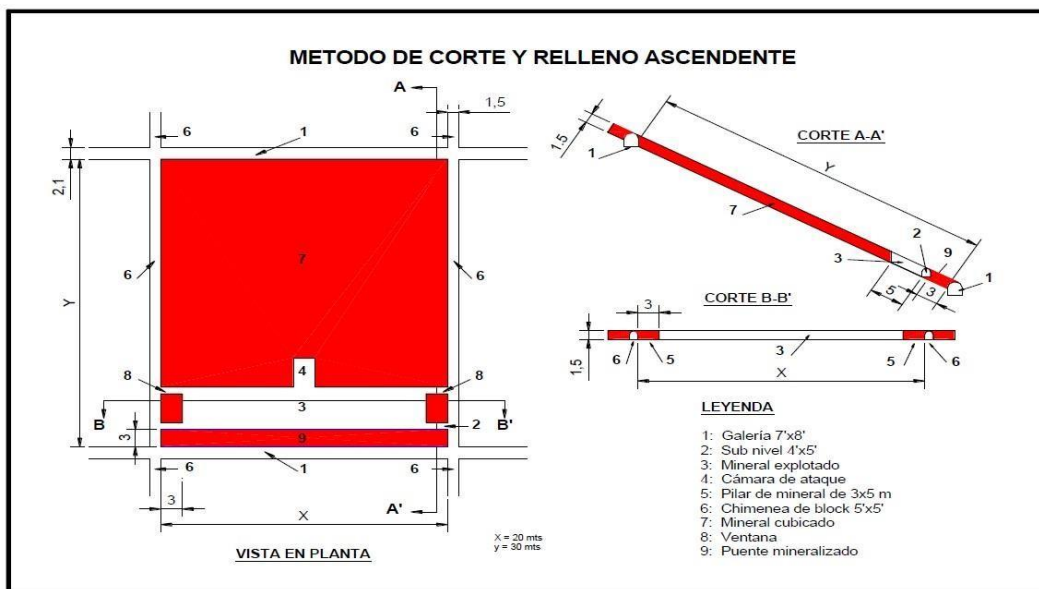
Geometría del yacimiento

- Forma: Irregular
- Potencia: variable; >0.50 m
- Buzamiento: 30° - 40°
- Altura litostática: 200 m - 600 m.

Parámetros Geométricos del Método

- Dimensiones del sub block (m): 20 x 30
- Número de cortes horizontales: 5
- Longitud de cortes horizontales (m) : 14
- Ancho de cortes horizontales (m): 5
- Altura de cortes horizontales (m): 1.20 m
- Dimensiones de los Pilares temporales (m): 3 x 5 y 3 x 20

Figura 15. Método de corte y relleno ascendente



Método de cámaras y pilares

Definido el block rectangular de mineral por chimeneas y galerías, a partir de un subnivel base, se divide el tajeo en cámaras alternadas los pilares rectangulares de 3 m de ancho.

Estas cámaras tienen la dirección del buzamiento y altura que depende a la potencia de la veta. Una vez que la cámara llega al nivel superior, se retorna desquinchando y sosteniendo los hastiales para completar el ancho de diseño. Una vez concluida la cámara se rellena.

La siguiente etapa es la recuperación de los pilares; al término de éstas, se completa el relleno de los espacios que quedan.

El método es adecuado para: Vetas sub horizontales y de moderada potencia.

Caja techo razonablemente competente.

Condiciones de Aplicación: Geometría del yacimiento

- Forma: Tabular e irregular
- Potencia: Variable; 0.30 cm a 2.5 m - Buzamiento: Sub horizontales; 10° a 30°
- Altura litostática: 200 m - 700 m.

Parámetros de Diseño de la roca

- Densidad de roca, (tn/m³) : 2.7
- Densidad del mineral, (tn/m³) : 3.0
- Angulo de fricción, (°): 31-40
- Cohesión, c (Mpa): 0.46-4.0
- Módulo de Young, E (Mpa): 3,160-30,000
- Módulo de Poisson, v: 0.25

Parámetros Geométricos del Método

- Dimensiones del sub block (m): 20x30
- Número de cortes verticales: 4
- Ancho de cortes verticales (m): 3
- Ancho de cámara (m): 14
- Número de Pilares: 3
- Dimensiones de los pilares temporales (m) : 3 x 30, 3 x 20

Figura 16. Método de Cámaras y Pilares

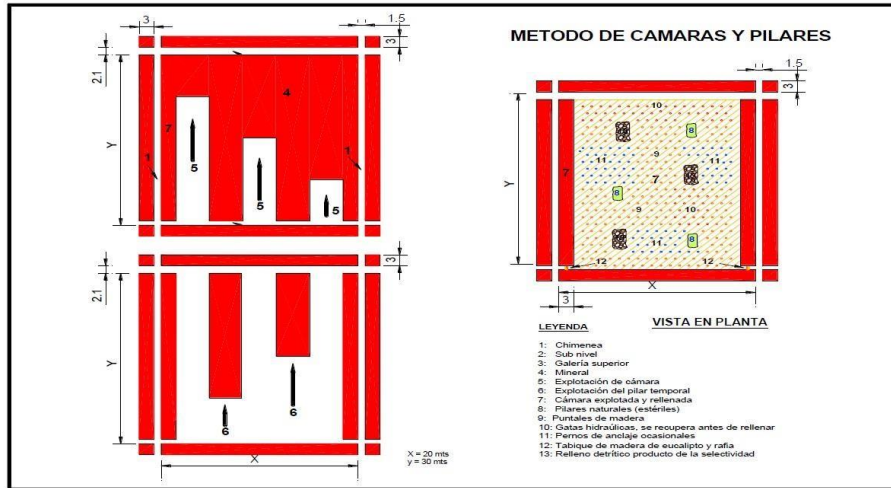


Figura 17. Diseño de Cámaras y Pilares

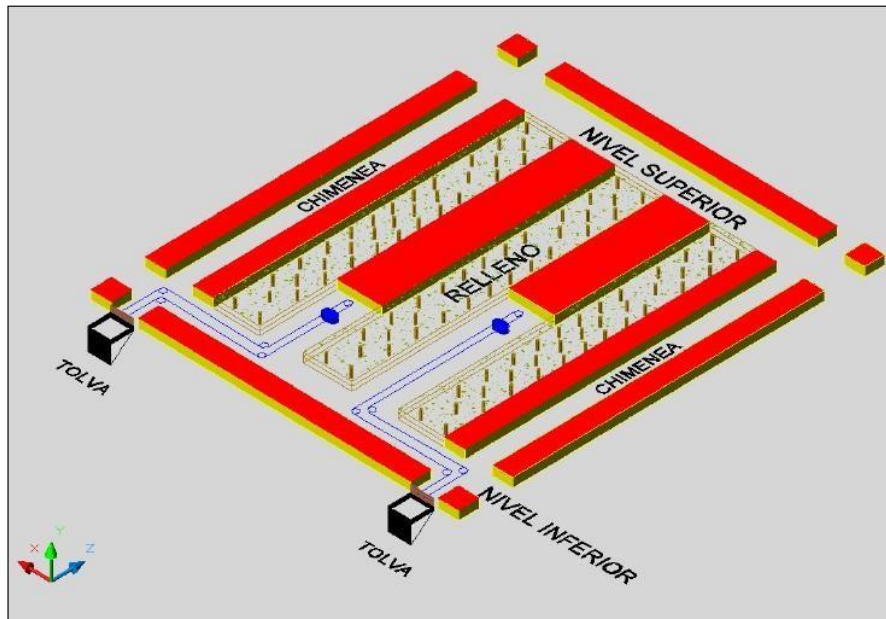
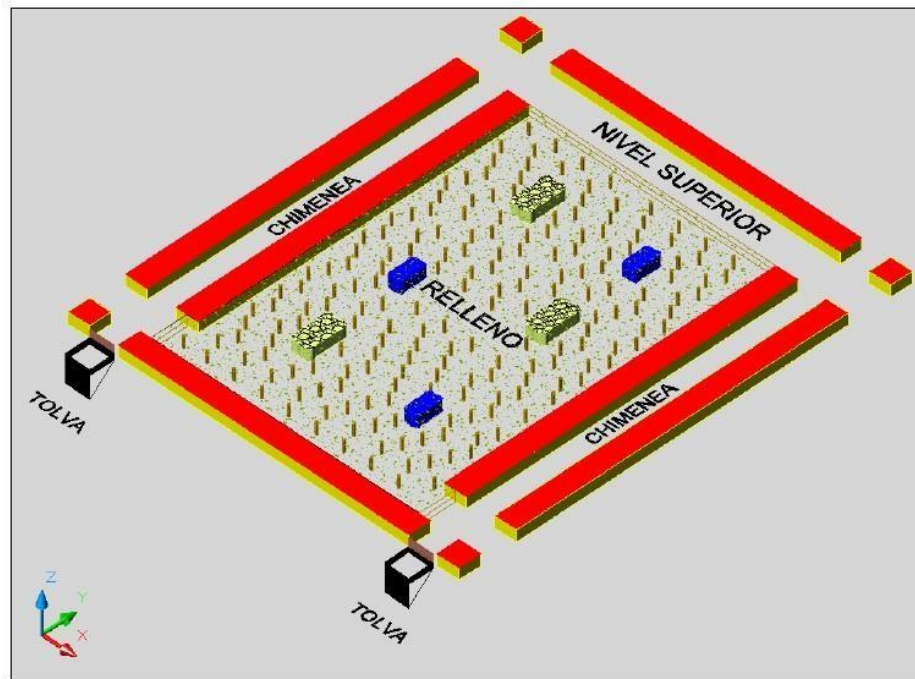


Figura 18. Recuperación de Pilares



Método selectivo

Se aplica este método para zonas mineralizadas con potencia de veta angosta (< 0.50 cm.) y altos valores de mineral.

El arranque de mineral o desmonte se realiza en dos etapas:

Primera etapa, consiste en disparar la caja techo, teniendo en cuenta 1.20m como altura de minado (de caja piso a caja techo), la siguiente operación unitaria es la limpieza del desmonte, dejando gran parte como "pirca" en el mismo tajeo.

Segunda etapa, consiste en disparar el mineral, para luego proceder con la limpieza hasta los echaderos de correspondientes.

Ver figura 19.

Condiciones de Aplicación:

Geometría del yacimiento

- Forma: irregular
- Potencia : variable; <0.50 m.
- Buzamiento: variable
- Altura litostática: 200 m - 600 m.

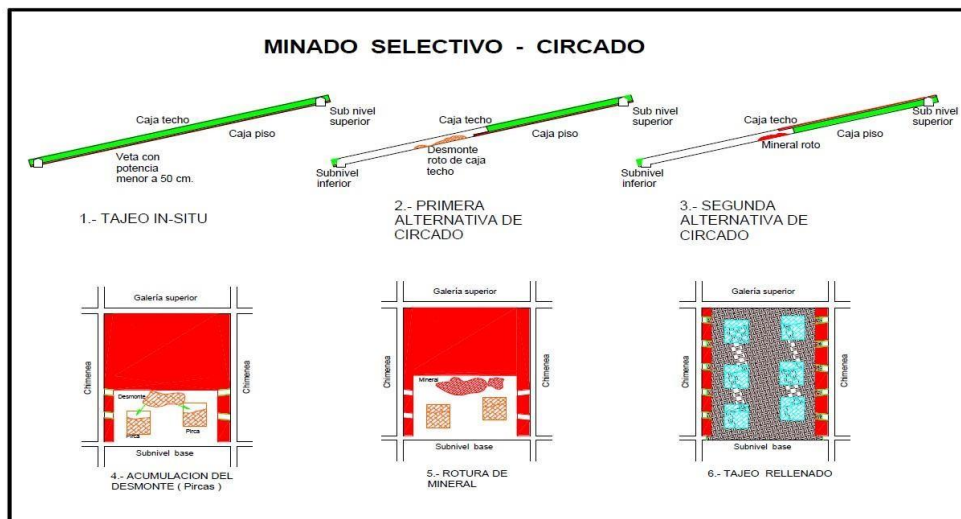
Parámetros de Diseño de la roca

- Roca encajonante: Granodiorita
- Densidad de roca, (tn/m³): 2.7
- Densidad del mineral, (tn/m³): 3.0
- Angulo de fricción, (°): 31-40
- Cohesión, c (Mpa): 0.29-4.0
- Módulo de Young, E (Mpa): 2510-30,000
- Módulo de Poisson, v: 0.25

Parámetros Geométricos del Método

- Dimensiones del sub block (m): 20x30
- Ancho de cámara (m): 14
- Ancho de cortes horizontales (m): 10 - 27
- Altura de cortes horizontales (m): 1.2
- Dimensiones de los pilares temporales (m): 3x10

Figura 19. Minado Selectivo – Circado



4.1.3. Geomecánica del macizo rocoso

Las clasificaciones geomecánicas tienen por objetivo caracterizar un determinado macizo rocoso en función de una serie de parámetros que se le asigna

un cierto valor. Por medio de la clasificación se llega a calcular un índice característico de la roca.

Para la presente evaluación se ha considerado solamente la roca que está implicada en la excavación programada, en este caso, la roca andesita y diorita.

Clasificación de Bienawski

El sistema de clasificación Rock Mass Rating o sistema RMR fue desarrollado por Z. T. Bieniawski durante los años 1972 – 73, y ha sido modificado en 1976 y 1979, en base a más de 300 casos reales de túneles, cavernas, taludes y cimentaciones.

El RMR se obtiene como de unas puntuaciones que corresponden a valores de cada uno de los seis parámetros enumerados.

El valor del RMR oscila entre 0 y 100, y es mayor cuando mejor es la calidad de la roca. Bienawski distingue cinco tipos o clase de roca según el valor de RMR:

- CLASE I: $RMR > 80$; Roca muy buena
- CLASE II: $80 < RMR < 60$ Roca buena
- CLASE III: $60 < RMR < 40$ Roca media
- CLASE IV: $40 < RMR < 20$ Roca mala
- CLASE V: $RMR < 20$ Roca muy mala

Para determinar el índice RMR de calidad de la roca se hace uso de los seis parámetros del terreno que son los siguientes:

1. Resistencia de la roca

Hay distintas maneras de determinar la resistencia a la compresión de la roca, y una de ellas es aplicando golpes con el martillo de geólogo sobre la roca. de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla 2. Resistencia a la compresión.

Resistencia a la compresión	σ_c
Solo se puede romper esquirlas de la muestra con el martillo de geólogo	>250 MPa
Con varios golpes con el martillo de geólogo se puede romper pequeños fragmentos de la muestra	175 – 200 MPa
Se requieren varios golpes con el martillo de geólogo para romper la muestra	100 – 175 MPa
Se requieren tres golpes firmes con el martillo del geólogo para romper la muestra	75 – 100 MPa
Con dos golpes con el martillo del geólogo solo se pueden producir fracturamiento en la muestra	50 – 75MPa
La muestra se puede romper con dos golpes firmes del martillo del geólogo.	38 – 50 MPa
La muestra se puede romper con un golpe firme del martillo del geólogo.	25 – 38 MPa
Se puede hacer marcas poco profundas golpeando firmemente con el martillo de geólogo.	< 25 MPa

Fuente: Bieniawski Z. T. 1989

Su valoración lo obtenemos basándonos en el siguiente cuadro:

Tabla 3. Valoración Resistencia Compresión.

σ_c	Valoración
1.- > 250 MPa	15
2.- 100-250 MPa	12
3.- 50-100 MPa	7
4.- 25-50 MPa	4
5.- < 25 MPa	2

Fuente: Bieniawski Z. T. 1989

2. Índice de calidad de la roca – RQD

Se denomina RQD a un cierto tramo del sondeo y a la relación en tanto por ciento entre la suma de las longitudes de los trozos de testigo mayores de 10 cm. entre la longitud total del sondeo.

$$RQD = \frac{\sum \text{longitud de los trozos de testigo} > 10\text{cm}}{\text{Longitud total}} \times 100$$

Longitud total

Basándose en rangos de valores de RQD, el medio rocoso es caracterizado según su calidad de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla 4. Calidad de la Roca de Acuerdo con el RQD

RQD (%)	Calidad de roca
100 – 90	Muy buena
90 – 75	Buena
75 – 50	Mediana
50 – 25	Mala
25 – 0	Muy Mala

Fuente: Bieniawski Z. T 1989

3. Separación entre discontinuidades

Es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes. Este determina el tamaño de los bloques de roca intacta. Cuanto menos espaciado tengan, los bloques serán más pequeños y cuando más espaciado tengan, los bloques serán más grandes.

Tabla 5. Espaciamiento/Valoración.

Espaciamiento	Valoración
1.- >2 m	20
2.- 0.6-2 m	15
3.- 200-600 mm	10
4.- 60-200 mm	8
5.- < 60 mm	5

Fuente: Bieniawski, Z. T. 1989.

4. Estado de las discontinuidades

Es el parámetro que más influye, con una valoración máxima de 30 puntos. Pueden aplicarse los criterios generales, en la que el estado de las diaclasas se

compone de otros cinco parámetros: persistencia, apertura, rugosidad, relleno y alteración de juntas.

5. Presencia de agua subterránea

La valoración máxima es de 15 puntos, ofrece tres posibles criterios de valoración, estado general, caudal cada 10 metros de túnel, y relación entre presión del agua y la tensión principal mayor de la roca.

Su valoración lo obtenemos basándonos en el siguiente cuadro:

Tabla 6. *Agua subterránea/Valoración.*

Agua subterránea	Valoración
1.- Completamente seco	15
2.- Húmedo	10
3.- Mojado	7
4.- Goteando	4
5.-Fluyendo	0

Fuente: Bieniawski, Z. T. 1989.

6. Orientación en las discontinuidades

Este parámetro tiene una valoración negativa, y oscila para túneles entre cero y 12 puntos, en función del buzamiento de las diaclasas y de su rumbo, en relación con el eje del túnel (paralelo o perpendicular).

Se establece una clasificación de la discontinuidad en cinco tipos desde Muy Favorable hasta Muy Desfavorable, según el tipo, se aplica la puntuación especificada en la tabla, de acuerdo a la valoración.

La orientación de las discontinuidades va influir sobre la estabilidad de las excavaciones, por lo que es necesario tomar en cuenta este hecho. En los siguientes dibujos se muestra esta influencia:

Tabla 7. Orientación de las Discontinuidades

Orientación discontinuidades	Valoración
1.- Muy favorable	0
2.- Favorable	-2
3.- Regular	-5
4.- Desfavorable	-10
5.- Muy desfavorable	-12

Fuente: Bieniawski Z. T 1989.

En resumen, La clasificación R.M.R. relaciona índices de calidad del macizo rocoso, parámetros de diseño y de sostenimiento.

Su valoración lo obtenemos basándonos en el siguiente cuadro

Clasificación RMR (Bieniawski, 1989)

A. Escala de valores

Tabla 8. Escala de valores

PARÁMETRO		ESCALAS DE VALORES							
1	Resistencia de la roca inalterada	Índice de la carga de punta	>8 MPa	4-8 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para esta escala tan baja se prefiere la prueba de la resistencia a la comp. uniaxial.		
		Resist.comp uniaxial	>200 MPa	100-200 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	10-25 MPa	3-10 MPa	1-3 MPa
Valuación			15	12	7	4	2	1	0
2	Índice de calidad de la roca, RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Valuación		20	17	13	8	3		
3	Espaciamiento de juntas		> 3 m	1-3 m	0.3-1 m	50-300 mm	< 50 mm		
	Valuación		30	25	20	10	5		
4	Estado de las discontinuidades		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación. Paredes de roca dura.	Superficies algo rugosas, separación < 1mm paredes de roca dura	Superficies algo rugosas. Separación < 1 mm paredes de roca suave	Superficies pulidas o relleno < 5 mm Esp. O fisuras abiertas 1-5 mm fisuras continuas	Relleno blando < 5 mm O fisuras abiertas < 5 mm fisuras continuas		
	Valuación		25	20	12	6	0		
5	Aguas subterráneas	Cantidad de infiltración por 10 m de túnel	Ninguna		< 25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min		
		Presión De agua	Cero		0.0-0.2	0.2-0.5	> 0.5		
		Relación ----- ----- Esfuerzo principal o mayor	Totalmente seco		Sólo húmedo (agua de intersticios)	Ligera presión de agua	Serios problemas de agua		
		Situación general	Totalmente seco		Sólo húmedo (agua de intersticios)	Ligera presión de agua	Serios problemas de agua		
Valuación			10	7	4	0			

B. Factor de ajuste por orientación de las discontinuidades

Tabla 9. *Orientación de las discontinuidades*

Orientación de las discontinuidades.

Orientación de rumbo y echado de las fisuras		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Valuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Fuente: Bieniawski, Z. T. 1989.

C. Clasificación de rocas según el total de valuación

Tabla 10. *Clasificación de rocas según el total de valuación*

Clasificación de rocas según el total de valuación

Valuación	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Clasificación N°.	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena roca	Buena roca	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala

Fuente: Bieniawski, Z. T. 1989

D. Significado de la clasificación del macizo rocoso

Tabla 11. *Clasificación RMR*

Clasificación RMR

Clasificación N°.	I	II	III	IV	V
Tiempo medio de sostenimiento	10 años para claro de 5.0 m	6 meses para claro de 4.0m	1 semana para claro de 3.0 m	5 horas para claro de 15 m	10 minutos para claro de 0.5 m
Cohesión de la roca Angulo de fricción de la roca	> 300 KPa > 45°	200-300 KPa 40°-45°	150-200 KPa 35°-40°	100-150 KPa 30°-35°	< 100 KPa < 30°

Fuente: Bieniawski, Z. T. 1989.

4.1.4. Definición de tipos de roca presentes en la rampa.

La calificación y clasificación de la roca donde se encuentra emplazado, se ha realizado siguiendo los parámetros mencionados y éstos son los resultados.

a) Resistencia de la roca intacta

Basándonos en la Clasificación de Bieniawski (1989) se ha procedido a caracterizar y clasificar la roca Andesita Porfírica.

Roca: Andesita Porfírica

Resistencia a la compresión simple: 50-100 Mpa

Calificación de Bieniawski: **7**

b) Designación de la calidad de la roca (RQD)

Sobre la base de los testigos evaluados se ha comprobado que el RQD de casi todos los afloramientos de Andesita Porfírica explorados mediante perforación diamantina con recuperación de muestras están por el orden del 75 a 90 %.

R.Q.D.: 25 - 50 %

Calificación: 8

c) Espaciamiento de las discontinuidades

El espaciamiento de las discontinuidades evaluado en los túneles exploratorios niveles 2950, son de espaciamiento medio estando en el orden de 0,20

– 0,60 metros de separación de familias evaluadas.

Espaciamiento de discontinuidades: 0,20 m hasta 0,60 m

Calificación: 10

d) Estado de las discontinuidades

Las paredes de las discontinuidades se encuentran algo rugosas con separaciones por el orden menor a 1 mm, los cuales no se encuentran alteradas las paredes, son de regular extensión y en la mayoría de los casos no presentan rellenos.

Estado de discontinuidades: Superficies algo rugosas.

Separación < 1 mm

Paredes de roca suave

Calificación: 12

e) Condición de aguas subterráneas

Las condiciones de las aguas subterráneas en la zona evaluada son favorables, debido a que no se han presentado hasta el momento presencia de aguas en los tres túneles evaluados. En el nivel 2650 aparecen un poco de agua, pero más por presencia de humedad que de goteos.

Aguas subterráneas: Ligera presión de agua

Calificación: 7

En resumen su valoración lo obtenemos basándonos en el siguiente cuadro 4,9 Clasificación RMR (Bieniawski, 1989).

Escala de valores de la Rampa Negativa

Tabla 12. Clasificación del macizo rocoso de la Rampa Negativa

PARÁMETRO			ESCALAS DE VALORES						
1	Resistencia de la roca inalterada	Índice de la carga de punta	>8 MPa	4-8 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para esta escala tan baja se prefiere la prueba de la resistencia a la comp. uniaxial.		
		Resist. comp uniaxial	>200 MPa	100-200 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	10-25 MPa	3-10 MPa	1-3 MPa
Valuación			15	12	7	4	2	1	0
2	Índice de calidad de la roca, RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Valuación		20	17	13	8	3		
3	Espaciamiento de juntas		> 3 m	1-3 m	0.3-1 m	50-300 mm	< 50 mm		
	Valuación		30	25	20	10	5		
4	Estado de las discontinuidades		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación. Paredes de roca dura.	Superficies algo rugosas, separación < 1mm paredes de roca dura	Superficies algo rugosas. Separación < 1 mm paredes de roca suave	Superficies pulidas o relleno < 5 mm Esp. O fisuras abiertas 1-5 mm fisuras continuas	Relleno blando < 5 mm O fisuras abiertas < 5 mm fisuras continuas		
	Valuación		25	20	12	6	0		
5	Aguas subterráneas	Cantidad de infiltración por 10 m de túnel	Ninguna		< 25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min		
		Presión De agua	Cero		0.0-0.2	0.2-0.5	> 0.5		
		Relación ----- Esfuerzo principal o mayor	Totalmente seco		Sólo húmedo, (agua de intersticios)	Ligera presión de agua	Serios problemas de agua		
		Situación general	Totalmente seco		Sólo húmedo, (agua de intersticios)	Ligera presión de agua	Serios problemas de agua		
Valuación			10		7	4	0		

Calificación Total: 44

Tabla 13. Factor de ajuste por orientación de las discontinuidades

Orientación de rumbo y echado de las fisuras		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Valuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Calificación = Resultado A - Resultado B

Calificación = 44 – 2

Calificación = 42

Clasificación de rocas según el total de valuación

Tabla 14. Clasificación de rocas según el total de valuación

Valuación	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Clasificación Nº.	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena roca	Buena roca	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala

Significado de la clasificación del macizo rocoso

Tabla 15. Significado de la clasificación del macizo rocoso

Clasificación Nº.	I	II	III	IV	V
Tiempo medio de sostén	10 años para claro de 5 m	6 meses para claro de 4 m	1 semana para claro de 3 m	5 horas para claro de 15 m	10 minutos para claro de 0.5 m
Cohesión de la roca	> 300 KPa	200-300 KPa	150-200 KPa	100-150 KPa	< 100 KPa
Angulo de fricción de la roca	> 45°	40°-45°	35°-40°	30°-35°	< 30°

Marsa ha determinado 2 clases de roca, y para efectos contractuales en los trabajos de rampas se usaron las Clases IIIB hasta IVA, las cuales se describen en la tabla 16.

Tabla 16. Tipo de sostenimiento en función a las características de la roca

TIPO ROCA	RMR	CALIDAD	CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA	TIPO DE SOSTENIMIENTO
III B	41-50	REGULAR B	Roca medianamente dura con regular cantidad de fracturas y presencia de algunas fallas, alteración, ligeros goteos.	Pernos sistemáticos 7pies de longitud (cementado o con resina), Split set espaciados 1.50m., Malla Electrosoldada o Straps si se trata de bloques por sostener. Alternativamente una capa de Shotcrete de 2" de espesor.
IV A	31-40	MALA A	Roca suave muy fracturada con algunas fallas panizadas de moderada a fuerte alteración, con goteo en fracturas y fallas.	Pernos sistemáticos 7pies de longitud, espaciados 1 a 1.5m. Con malla de refuerzo y una capa de Shotcrete de 2" de espesor.

4.1.5. Características de la Rampa 2705, Nivel 1915

En el caso de la Rampa Negativa en donde se ha tenido problemas de eficiencia en algunos tramos excavados describiremos algunos factores que directamente han influido en los avances y consideramos los más importantes.

1. Influencia de la litología y alteración.
2. Fracturamiento.
3. Presencia de fallas.
4. Presencia de agua.
5. Comentarios de la rampa negativa
 - a. La presencia de fallas, diaclasas y otros tipos de juntas como la presencia de planos de pseudo-estratificación, disyunciones verticales y horizontales propios de las rocas volcánicas hacen que estas controlen la energía explosiva absorbiéndola y disipándola controlando de esta manera el avance ya que estos conductos sirven de fuga de la energía dando como resultado disparos soplados.
 - b. El tipo de roca que encontramos en los avances como franjas salificadas hacen que estos se vuelvan altamente resistentes al corte, en donde se cruza

con una franja silicificada que le da una gran dureza al macizo pero a la vez lo hace altamente frágil y se quiebra fácilmente lo que también trae como consecuencia dificultad en el carguío de los taladros ya que se derrumba fácilmente.

- c. La presencia de agua en los frentes de trabajo por ser químicamente ácida hace que la carga explosiva sea remojada y deteriorada con gran facilidad y así la carga explosiva pierda su efecto rompedor.

Parámetros para diseño de la rampa negativa

Al diseñar la construcción de una rampa, se debe considerar como parámetros:

Principales: Sección, gradiente, radio de curvatura y Long. Total.

Auxiliares: Peralte y declive.

Sección

Estas secciones en promedio son como sigue:

Tabla 17. Secciones promedios

Rampas	Ancho (m)	Alto (m)
Principales	3.50 – 6.00	3.50 - 4.00
Auxiliares	2.50 - 3,50	2.50 - 3,00

Gradiente

La gradiente óptima está entre 8% a 10%, pero mayormente oscila entre 10% y 15%, siendo en nuestro país la gradiente promedio de 12%, con resultados satisfactorios.

Radio de curvatura

Lo recomendable es que las rampas deban ser lo más recta posible, o que las curvas deban tener un radio de curvatura grande.

Longitud total de la rampa

Es el metraje total de desarrollo que se realiza desde un nivel inferior a un nivel superior. Es decir es la longitud total de acceso que se desarrolla de dicha rampa.

Peralte

El peralte tiene por finalidad evitar la volcadura de los vehículos, ya que permite equilibrar la acción de la fuerza centrífuga ocasionado por el paso del equipo por una curva.

Declive

El declive que tendrá que conservar durante el desarrollo de la rampa, con el fin de ayudar al drenaje del agua, oscila entre 0% a 5% máximo. Esta será mantenida en toda la longitud de la rampa hasta su término de construcción.

Tipo de rampa

La rampa será construida de tipo "Zig - Zag".

Características generales de la rampa negativa.

- Tipo: Zig – Zag
- Gradiente negativa: -12% (un metro por cada ocho metros)
- Sección: 4,00 m × 4.00 m
- Área: 16.00 m²
- Radio de curvatura: 25.00 m
- Gradiente en curvas: 8%
- Peralte calculado: 0,20 m
- Material sobre el cual se construye: Roca Andesita
- Longitud: 3 500 metros
- Cuneta: 40 cm. X 30 cm.

Metodología de profundización de la rampa negativa.

La rampa, parte de la progresiva 4500, del nivel 2950, en el crucero XC Far West, cada 100 m aproximadamente de avance se ejecuta una cámara para acumulación y carguío del material en los camiones de bajo perfil DUMPER de 15 TN de capacidad.

Las actividades que se realizan para la ejecución del proyecto de profundización se realizan empleando el Método Mecanizado, debido a que la perforación se realiza con máquinas Equipos Jumbo Rocket Boomer 282, la limpieza se efectúa con 02 Scooptram de 6 y un Scooptram de 4 yd³ para los cruceros, trabajándose en 02 guardias/día adecuándonos a los horarios establecidos por la compañía.

- Primera guardia 08:00 a.m. a 7:00 p.m.
- Segunda guardia 09:00 p.m. a 07:00 a.m.

Una cuadrilla está conformada por el siguiente personal.

- 1 Capataz
- 1 Operador de jumbo
- 2 Perforistas
- 1 Ayudantes de perforista
- 1 Shotcretero
- 1 Electricista
- 1 Bombero (Tubero)
- 1 Cunetero
- 1 Operador de Scoop
- 1 Soldador
- 2 Operadores de scoop
- 1 Preparador de carga (Explosivos)
- TOTAL = 14 Personas

Ciclo de minado de la rampa negativa

Como en todo trabajo de ejecución de labores de desarrollo, para la construcción de las rampas se ha cumplido con el ciclo de minado establecido de acuerdo a la disponibilidad de suministro de agua, aire y equipos de limpieza cuyo orden consecutivo es como sigue:

- Ventilación
- Regado
- Desatado
- Sostenimiento
- Limpieza
- Perforación - Voladura.
- Disparo

Parámetros perforación

Por condiciones de trabajo especificados y por los parámetros de trabajo establecidos en MARSA se decidió utilizar JUMBO ELECTROHIDRAULICO DE 2 BRAZOS, en la perforación, debido a que todos los Jumbos perforan con barras de 12 y 14 pies.

Determinándose un avance de 3,30 metros en los frentes de avance de 4 x 4 m.

La eficiencia en perforación consiste en lograr la máxima penetración al menor costo.

Para la selección del equipo de perforación, se tuvo que considerar las características propias de diseño de la Rampa Negativa.

Siendo las siguientes características que se describen a continuación:

- Sección de la rampa: 4,00 m x 4,00 m
- Gradiente: 12%
- Tipo de roca: Andesita.
- Equipo de perforación: Jumbo RH-282
- Tipo de perforadora: COP 1838.
- Número de perforadoras: 2
- Longitud de la barra: 4,27 m (14" pies)
- Diámetro del escariador: 76 mm.

- Diámetro del taladro: 45 mm
- Longitud promedio del taladro: 3.60 m (12" pies) - Longitud promedio. de voladura
Avance real: 3.30 m
- Longitud de carga por taladro (2/3 partes): 2.40 m.
- Número de taladros: 47
- Densidad de La roca: 2,85 Ton/m³

Figura 20. *Jumbo Electro Hidráulico Rocket Boomer 282*



4.1.6. Diseño de la primera malla de perforación

Para el diseño de perforación se parte considerando que la sección de labor es de 4,00 m x 4,00 m, y su finalidad es el acceso y paso de vehículos altos como es el caso de volquetes.

El tipo de arranque es el de arranque en "Y" cuyo espaciamiento entre taladros de arranque varía entre 15 a 25 cm. usando 4 taladros de alivio de 76 mm de diámetro. El diseño de perforación para la malla diseñada fue de corte cilíndrico

Corte cilíndrico

Es una voladura con perforación de uno o más taladros de diámetro grande; el principio es perforar y cargar, con una baja concentración de explosivos, taladros de diámetro pequeño en puntos cercanos dispuestos estratégicamente alrededor de los taladros de diámetro grande que no llevan carga explosiva.

Tiempo de perforación

Tabla 18. *Tiempo de perforación*

Diámetro de broca (pulg)	Tiempo de maniobra (min)	Tiempo de emboquillado (min)	Tiempo Perforación (min)	Tiempo Retorno de barra (min)	Tiempo de Barrido (min)
1 ¾ 3pulg.	5	2.2	93.58	2.3	2.0
	0.77	2.2	5.6	3.0	3.2
Tiempo total perforación (min) 119.85	5.77	4.4	99.18	5.3	5.2

Tiempo total de perforación: 119.85 min.

Velocidad de penetración (VP)

$TP/T = \text{Tiempo de perforación} / N^{\circ} \text{ Taladros} = 119.85/48$

$TP/T = 2,55\text{min/Tal}$

$VP = 3,3 \text{ m} / 2,55 \text{ min.} = 1,29 \text{ m/min.}$

Eficiencia de Longitud promedio de perforación (ELP)

$ELP = \text{Longitud promedio de perforación} / \text{Longitud máxima de perforación} \times$

100

$ELP = 3.3 \text{ m} / 4,0 \text{ m} \times 100 = 82.5 \%$

Eficiencia de la Longitud promedio de Voladura (ELV)

$ELV = \text{Longitud promedio de voladura} / \text{Longitud promedio de perforación} \times$

100

$ELV = 3,3 \text{ m} / 3,6 \text{ m} \times 100 = 91,6 \%$

Longitud total de perforación (LP)

$LP = N^{\circ} \text{ Taladros} \times \text{Longitud promedio de perforación.}$

$LP = 47 \text{ tal.} \times 3,6 \text{ m/tal.} = 169.2 \text{ m.}$

Tiempo total de perforación por frente.

$TP = 169.2 \text{ m} / 1.29 \text{ m/min.} = 131.16\text{min}$

Convertido en horas = 2. horas 11 min. De perforación/frente

Volumen roto por disparo

$$V = 4 \times 4 \text{ m}^2 \times 3,3\text{m} \times 0,91 = 48.1 \text{ m}^3$$

Toneladas rotas por disparo

$$\text{TM} = 48.1 \text{ m}^3 \times 2,85 \text{ TM/m}^3 = 137.09 \text{ TM}$$

Parámetros de voladura

Figura 21. Marcado de contorno de labor

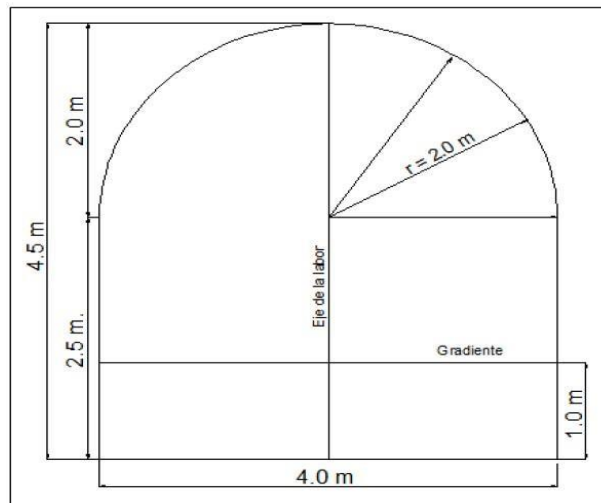
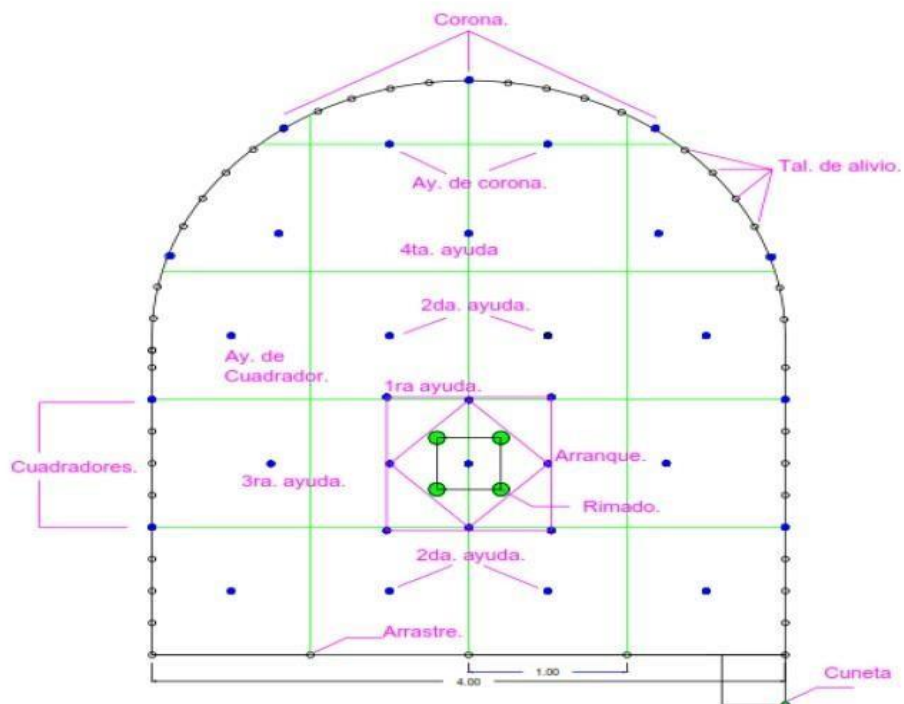


Figura 22. Nomenclatura de taladros perfora



Los parámetros de voladura se tienen en los siguientes cuadros.

Tabla 19. *Uso de fanel MS 4.8 mts.*

FANEL MS 4.8 mts	
Numero	Cantidad
1	1
9	1
14	1
17	1
19	1

Tabla 20. *Uso de fanel LP 4.8 mts*

FANEL LP 4.8 mts	
Numero	Cantidad
1	0
2	0
3	2
4	2
5	2
6	2
7	2
8	2
9	

10	4
	4
11	4
	4
12	4
	4
13	4
	0
14	0
	5
15	5
	5
16	5

Tabla 21. Resultados de voladura

RESULTADOS	UNIDAD	14 pies	12 pies
Avance	m.	3.60	3.30
Eficiencia de avance	%	91	91
Densidad de material	tn/m ³	2.85	2.85
Factor de avance	Kg/m	36.5	36.5
Factor de carga	Kg/m ³	2.3	2.3
Factor de potencia	Kg/tn	0.79	0.79

Tabla 22. Resultados de la perforación

PERFORACIÓN	UNIDAD	14 pies	12 pies
Longitud de perforación	m	3.9	3.3
Taladros cargados	Und.	47	47
Taladros rimados	Und.	4	4
Taladros alivio	Und.	10	10
Diámetro de broca	mm	45	45
Diámetro rimado	mm	102	102

Tabla 23. Resultados de la voladura

VOLADURA	UNIDAD	14 pies	12 pies
Emulnor 5000 1 ¼	cart	81	68
Emulnor 3000 1 ¼	Cart	113	95
Emulnor 1000 1 ¼	Cart	71	64
Emulnor 500 1 ¼	cart	0	0
Total explosivos	Kg	130.8	110.9
Cordon detonante	mts	60	50
Mecha rápida	mts	0.1	0.1
Fanel	pzas	47	47
Carmex 7'	pzas	2	2

Tabla 24. Distribución de carga explosiva por taladro

DISTRIBUCIÓN DE CARGA EXPLOSIVA POR TALADRO									
TIPO	N° cart	14 PIES				12 PIES			
		5000 1¼ x 24	5000 1¼ x 24	5000 1¼ x 16	5000 1¼x 12	5000 1¼x 24	5000 1¼x 24	5000 1 ¼x 16	5000 1¼x 12
Arranque	5	30				25			
1 ayuda	4	24				20			
2 ayuda	4	24				20			
3 ayuda	3	3	15			3	12		
4 ayuda	4		24				20		
Ayuda de corona	4		4	24			4	20	
Ayuda de hastial	2		12				10		
Hastial	6			24				24	
Corona	5			25				20	
Ayuda de arrastre	4		24				20		
Arrastre	5		30				25		
Cuneta	1		4				4		
TOTAL	47	81	113	73	0	68	95	64	0

Figura 23. Malla de Perforación y Carguío para Secciones de 4.0m x 4.0m y 4.0m x 4.50m

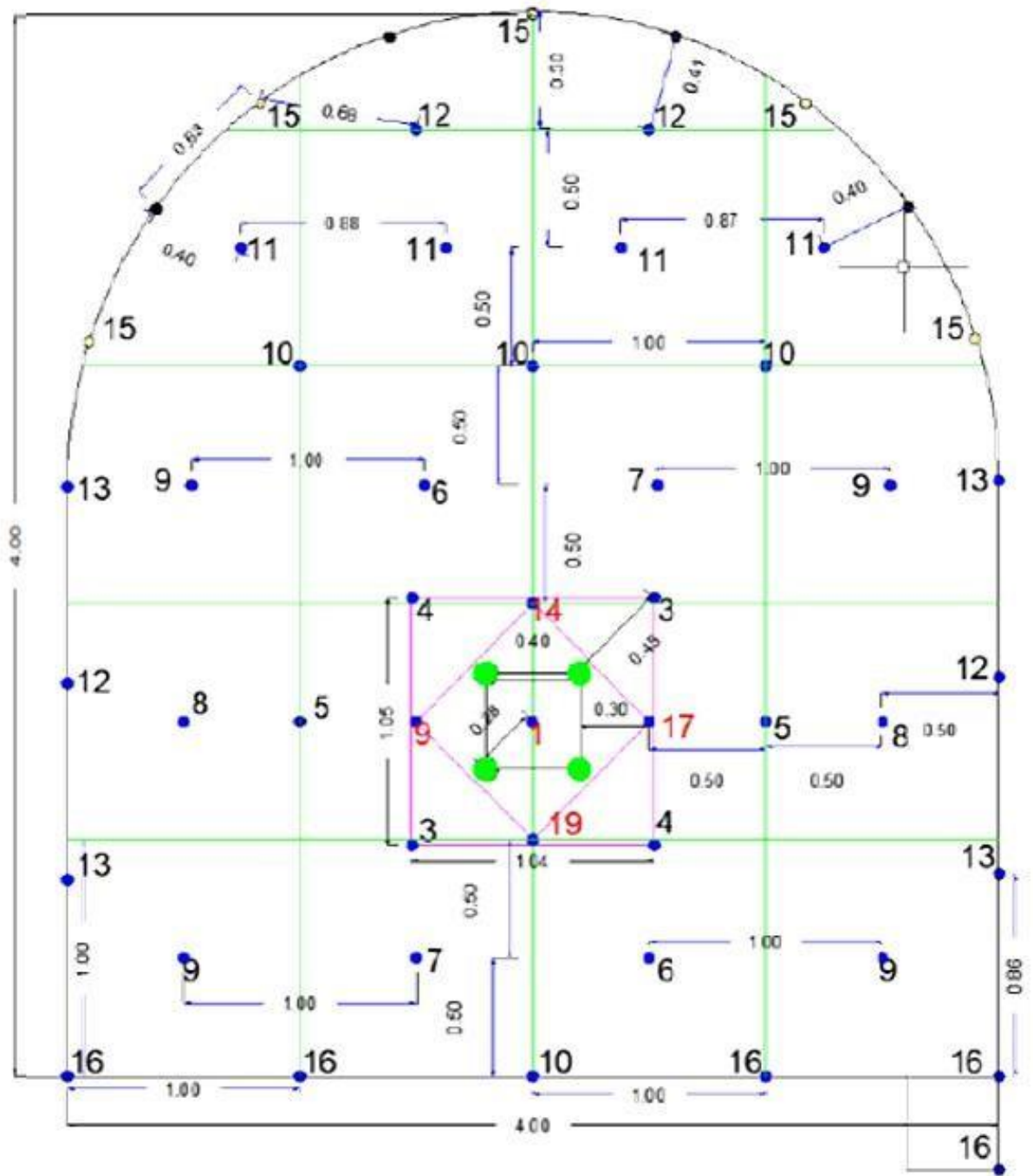
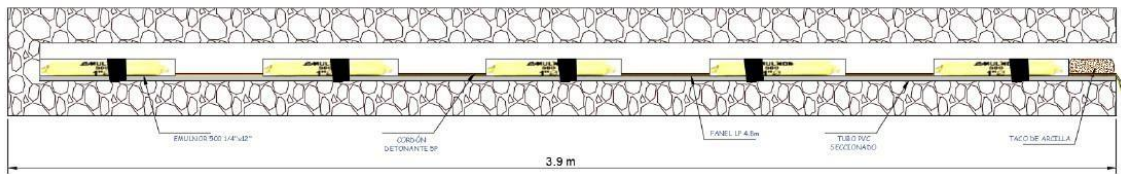


Figura 24. Esquema de carguío en taladros de corona.



4.1.7. Diseño de segunda malla de perforación

Avance por disparo

Diámetro del taladro vacío = 102 mm = 0.102 m,

Longitud del taladro

$$H = 0.15 + 34.1 \times \emptyset - 39.4 \times \emptyset^2$$

$$H = 0.15 + 34.1 \times 0.102 - 39.4 \times (0.102)^2 \quad H = 3.22 \text{ m. en la práctica equivalente}$$

a 3.60 m.

Avance por disparo.

$$H = \text{Eficiencia de perforación} \times \text{Longitud de taladro}$$

$$I = 0.92 \times H$$

$$I = 0.96 \times 3.6 \text{ m}$$

$$I = 3.31 \text{ m}$$

Cálculo del número de taladros.

$$N^{\circ} \text{ tal: } (R / C) + (K \times S)$$

Donde:

S: sección.

R: circunferencia de la sección en metros.

C: distancia entre taladros de la circunferencia o perímetros.

K: coeficiente. Se muestra en tabla

Tabla 25. Coeficiente del tipo de roca

Tipo de roca	C	k
roca dura	0.5	2
roca intermedia	0.6	1.5
roca suave y blanda	0.7	1

Fuente: EXSA (2008) Manual Práctico de Voladura.

Reemplazando datos:

$$N^{\circ} \text{ tal} = (R / C) + (K \times S) \quad N^{\circ} \text{ tal} =$$

$$(16 / 0.6) + (1.5 \times 16)$$

$$N^{\circ} \text{ tal} = 42.6 = 43 \text{ taladros.}$$

Cálculo de burden.

Primer burden.

$$B_1 = 1.5 \times \emptyset$$

Se considera 102 mm por ser el diámetro del taladro de alivio en la malla de perforación.

$$B_1 = 1.5 \times 102 \text{ mm)}$$

$$B_1 = 15.3 \text{ cm}$$

Segundo burden.

$$B_2 = B_1 \times \sqrt{2}$$

$$B_2 = 15.3 \times 1.4142$$

$$B_2 = 21.6 \text{ cm}$$

Tercer burden.

$$B_3 = B_2 \times \sqrt{2} \times 1.5 \quad B_3 = 21.6 \times$$

$$1.4142 \times 1.5$$

$$B_3 = 45.8 \text{ cm.}$$

Cálculos de parámetros de perforación y voladura.

Velocidad de penetración o perforación (VP).

$$VP = ((\text{long. taladro}) / (\text{tiempo efectivo / taladro}))$$

$$VP = 3,3 \text{ m} / 2,55 \text{ min.} = 1,29 \text{ m/min.}$$

VP = 1,29 m/min.

Tiempo de total de perforación por frente.

TP = ((N° de taladros x long. taladros) / (velocidad de perforación))

TP = (43 x 3.3) / (1.29) TP = 110 min. = 1 h. 50 min.

Eficiencia total de perforación.

Eficiencia perf. = (long. taladro) / (long. barreno) x 100

Eficiencia perf. = (3.6/4.0) x 100

Eficiencia de perf. = 90 %

Eficiencia total de la voladura.

Eficiencia vol. = (avance efectivo) / (longitud de perforación)) x 100

Eficiencia vol. = (3.3/3.6) x 100 Eficiencia vol.

= 91.6 %

Avance efectivo por disparo.

Avance disp. = (long. barreno x efic. perf. x efic. vol)

Avance disp. = (4) x 0.9 x 0.916

Avance disp. = 3.2976 = 3.30 m.

Cantidad de carga por disparo

Emulnor 5000 11/4 x 24 : 69 cartuchos = 39.20 kgs

Emulnor 3000 11/4 x 24 = 68 cartuchos = 35.42 kgs

Emulnor 1000 11/4 x 16 = 56 cartuchos = 20.00 kgs.

Total, explosivos = 193 cartuchos = 94.62 kgs.

Cantidad de carga en los taladros.

Carga / taladros = cantidad total de explosivos / taladros

Carga / taladros = 94.62 kgs/43 tal.

Carga / taladros = 2.20 kg / taladros

Análisis de la voladura.

Volumen roto de roca.

Volumen roto = sección del frente x avance efectivo

Volumen roto = $16 \times 3.0 \text{ m}$

Volumen roto = 48.0 m^3

Tonelaje de roca roto.

Tonelaje roto = (volumen roto x avance efectivo x densidad)

Tonelaje roto = $(48.0 \text{ m}^3 \times 2,85 \text{ TM/m}^3)$

Tonelaje roto = 137 TM

Factor de carga (kg /m³)

FC = (kg. Explosivos / volumen roto)

FC = $94.62 / 48$

FC = $1,97 \text{ kg /m}^3$

Factor de potencia (kg / TM).

FC = kg. Explosivo / tonelaje roto

FC = $94.62 / 137$

FC = 0.69 kg/TM

Factor de avance lineal.

FCL = (kg. Explosivos / metro lineal)

FCL = $94.62 / 3.3$

FCL = 28.7 kg/m

Malla de perforación y Carguío para Secciones de 4.0m x 4.0m y 4.0m optimizado.

Los siguientes cuadros indican las cantidades de explosivos reducidos.

Tabla 26. Uso de fanel MS 4.8 mts

FANEL MS 4.8 mts	
Numero	Cantidad
1	0
9	0
14	0
17	0
19	0

Tabla 27. Uso de fanel LP 4.8 mts

FANEL LP 4.8 mts	
Numero	Cantidad
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	2
7	2
8	2
9	2
10	2

11	2
12	4
13	1
14	
15	5
16	1

Tabla 28. Resultados de voladura

RESULTADOS	UNIDAD	14 pies	12 pies
Avance	m.	3.60	3.30
Eficiencia de avance	%	92	92
Densidad de material	tn/m ³	2.58	2.85
Factor de avance	Kg/m	32.0	31.1
Factor de carga	Kg/m ³	2.2	2.2
Factor de potencia	Kg/tn	0.78	0.76

Tabla 29. Resultados de la perforación

PERFORACIÓN	UNIDAD	14 pies	12 pies
Longitud de perforación	m	3.9	3.3
Taladros cargados	Und.	43	43
Taladros rimados	Und.	4	4
Taladros alivio	Und.	10	10
Díámetro de broca	mm	45	45
Díámetro rimado	mm	102	102

Tabla 30. Resultados de la voladura

VOLADURA	UNIDAD	14 pies	12 pies
Emulnor 5000 1 ¼	cart	82	69
Emulnor 3000 1 ¼	Cart	84	68
Emulnor 1000 1 ¼	Cart	69	56
Emulnor 500 1 ¼	cart	0	0
Total, explosivos	Kg	114.9	94.5
Cordón detonante	mts	60	55
Mecha rápida	mts	0.1	0.1
Fanel	pzas	43	43
Carmex 7'	pzas	2	2

Tabla 31. Distribución de carga explosiva por taladro

DISTRIBUCIÓN DE CARGA EXPLOSIVA POR TALADRO									
TIPO	N° cart	14 PIES				12 PIES			
		5000 1¼ x 24	5000 1¼ x 24	5000 1¼ x 16	5000 1¼x 12	5000 1¼x 24	5000 1¼x 24	5000 1 ¼x 16	5000 1¼x 12
Arranque	5	30				25			
1 ayuda	4	24				20			
2 ayuda	4	24				20			
3 ayuda	3	4	16			4	12		
4 ayuda	4		15				12		
Ayuda de corona	4		4	24			4	20	
Ayuda de hastial							10		
Hastial	4			20				16	
Corona	5			25				20	
Ayuda de arrastre	4		20				16		
Arrastre	5		25				20		
Cuneta	1		4				4		
TOTAL	43	82	84	69	0	69	68	56	0

Tabla 32. Características de la Rampa 2705, Nivel 1915

Características de la Rampa 2705, Nivel 1915	
Sección de la rampa:	4,00 m x 4,00 m
Gradiente:	12 %
Tipo de roca:	Andesítico
Equipo de perforación:	Jumbo RH - 282
Tipo de perforadora:	COP 1838
Número de perforadoras:	2
Longitud de la barra:	12 y 14 pies
Diámetro del escariador:	76 mm
Diámetro del taladro:	45 mm
Densidad de La roca:	2.85 ton/m ³
Número de taladros:	47 y 43
RMR	40 - 50
roca tipo	III B
calidad de roca	REGULAR B

Tabla 33. Resumen de las mallas de perforación y voladura

Resultados comparativos de las mallas de perforación y voladura			
Parámetros	1ra Malla	2da malla	Resultado
Tiempo de perforación	119.85 min	110 min	Positivo (+)
Numero de taladros	47 taladros	43 taladros	Positivo (+)
Taladros rimados	4	4	Igual (=)
Taladros de alivio	10	10	Igual (=)
Diámetro de broca	45 mm	45 mm	Igual (=)
Diámetro de rimado	102 mm	102 mm	Igual (=)
Velocidad de perforación	1.29 m/min	1.29 m/min	Igual (=)
Eficiencia de perforación	82.5 %	90%	Positivo (+)
Eficiencia de voladura	91.6%	91.6 %	Igual (=)
Longitud total de perforación	169.2 m.	154.8 m.	Positivo (+)
Volumen por disparo	48.0 m3	48.0 m3	Positivo (+)
Toneladas por disparo	137.09 tn	137 tn	Igual (=)
Eficiencia de avance	91%	92 %	Positivo (+)
Factor de avance	36.5 kg/m	31.1 kg/m	Positivo (+)
Factor de carga	2.3 kg/m3	2.2 kg/m3	Positivo (+)
Factor de potencia	0.79	0.76 kg/tn	Positivo (+)
Longitud de perforación	3.6 m/tal	3.6 m/tal	Igual (=)
Avance por disparo	3.3 m	3.3 m	Igual (=)
Emulnor 5000 1 ¼	68 cartuchos	69 cartuchos	Negativo (-)
Emulnor 3000 1 ¼	95 cartuchos	68 cartuchos	Positivo (+)
Emulnor 1000 1 ¼	64 cartuchos	56 cartuchos	Positivo (+)
Total de explosivos	110.9 kg.	94.62 kgs	Positivo (+)

Tabla 34. Comparación de la distribución de taladros

Comparación de la distribución de taladros en la malla de perforación		
Distribución de taladros	1ra Malla	2da Malla
Arranque	5	5
1ra. ayuda	4	4
2da ayuda	4	4
3ra ayuda	3	3
4ta ayuda	4	4
Ayuda de corona	4	4
Ayuda de hastial	2	4
Hastial	6	
Corona	5	5
Ayuda de arrastre	4	4
Arrastre	5	5
Cuneta	1	1
TOTAL	47	43

Observando los resultados obtenidos en las dos mallas de perforación y voladura investigados se tiene:

Primeramente, se trabajó bajo las mismas condiciones de tipo de roca, los mismos equipos de perforación, el mismo personal, igual material de voladura.

Lo que se observa que es posible reducir el numero de taladros y obtener mejores resultados como podemos observar en el diseño de las dos mallas de perforación y voladura

La segunda malla de perforación y voladura se puede considerar como malla mejorada u optimizada donde se observa:

El tiempo de perforación total se redujo, empleando 43 taladros distribuidos adecuadamente lo cual beneficia para la reducción de costos en el proceso de

perforación y voladura, se elevó la eficiencia de perforación, menor cantidad de metros perforados, un aumento de la eficiencia de avance, el factor de avance aumento, los factores de carga, de potencia, de avance fueron menores, la cantidad de explosivos usados fueron menores en la segunda malla.

Como conclusión podemos decir que la segunda malla de perforación y voladura es más eficiente o favorable por los resultados obtenidos, lo que va a implicar menores costos en el proceso de perforación y voladura, esto debido a que se emplea menor tiempo en la perforación, menor número de taladros, menor cantidad de materiales de voladura y mejores resultados de las eficiencias.

En cuanto a la distribución de taladros se ve una reducción de los taladros en la segunda malla porque no se utilizó taladros en la ayuda del hastial (2) y no utilizar taladros en los hastiales (2).

Como conclusión final diremos que sí influye un buen diseño de la malla de perforación en los resultados de la voladura.

CONCLUSIONES

1. Trabajando bajo las mismas condiciones de tipo de roca, los mismos equipos de perforación, el mismo personal, igual material de voladura diremos que se influye un diseño adecuado de la malla de perforación en los parámetros de perforación en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A, por los resultados obtenidos en el diseño de la segunda malla de perforación y voladura.
2. En cuanto a la influencia en los parámetros de perforación vemos que en la segunda malla de perforación se obtiene mejores resultados al diseñar con 43 taladros lo cual trajo consigo reducción del tiempo total de perforación, mejorar el grado de eficiencia de la perforación, menor metraje de perforación total, mayor eficiencia de perforación lo cual contribuye a reducir los costos.
3. En cuanto a la influencia en los parámetros de voladura vemos que la segunda malla de perforación influye en los parámetros de voladura, al obtener mayor eficiencia de voladura 91.6 %, un factor de avance, de carga, de potencia menores comparado con los parámetros de la primera malla, también el consumo de explosivos fue menor 94.62 kg, así también la cantidad de accesorios fue menor.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda usar el segundo diseño de la malla de perforación y voladura para lo cual se debe capacitar y supervisar a los trabajadores para evitar dificultades, bajo rendimiento.
2. Se debe controlar el marcado del frente, la distribución de los taladros en la malla, cantidad de explosivos de acuerdo al diseño de la malla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATLAS COPCO. (2007). Manual de equipoa mineros.
- ATLAS COPCO. (2012). Lineas de perforación Magnum SR35.
- ATLAS COPCO. (2012). Rock Drilling Tools.
- BAENA , G. (2017). Metodologia de la investigacion. En G. E. PATRIA (Ed.).
- BELTRAN, S. (2022). "DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA OPTIMIZAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA MINA SUBTERRÁNEA EN PATAZ LA LIBERTAD 2020". [tesis de licenciamiento, Universidad Privada del Norte.
- BERNAL, C. (2010). Metodologia de la investigacion (Tercera edicion ed.). (P. Educacion, Ed.)
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). Perforación y voladura de rocas en mineria. DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS, Universidad Poitecnica de Madrid.
- BERROSPI, V. (2019). Optimización de la perforación y voladura para mejorar la zona de profundización en la mina Andaychagua de la Cía. minera Volcan S.A.A. [tesis de licenciamiento de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion] repositorio de la Universidad nacional Daniel Alcides Carrion.
- BIENIAWSKI, Z. (1989). "Engineering Rock Mass Clasification". (W. -I. Publication, Ed.)
- CASTRO, ROSADO, O. (2023). Evaluación del proceso de perforación y voladura para la optimización de costo en labores de avance, Unidad Minera Santa María. [tesis de licenciamiento Universidad Continental] repositorio institucional Universidad Continental, Huancayo, Peru.
- ENAEX. (s.f.). Manual de tronadura ENAEX S.A. ENAEX, Gerencia tecnica.
- EXSA. (s.f.). Manual practico de voladura, 4ta edicion. exsa.
- FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. (2018). Emulsiones/Hidrigel a granel no sensibilizado SAN-G APU.

- GARIBAY, MARTEL, A. (2024). Implementación de la malla de perforación para minimizar costos en la rampa 874-2 (+) en la unidad minera San Cristóbal Volcán S. A. C. [tesis de licenciamiento Universidad Continental] repositorio de la Universidad Continental.
- HANCCO, R. (2022). DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA MEDIANTE LA CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO PARA UNIFORMIZAR LA FRAGMENTACIÓN EN LA EXPLOTACIÓN DE LA CANTERA OSCCOLLO - ESPINAR. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional del Altiplano] repositorio institucional UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, Puno - Peru.
- HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, R. (2014). Metodología de la investigación (sexta edición ed.). (M. e. S.A., Ed.)
- HOEK, E. (s.f.). Practical rock engineering - Rocscience.
- IBAÑEZ, C. (2020). DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN FRENTE DE AVANCE EN LA UNIDAD MINERA UCHUCHACUA DE LA CIA. MINERA BUENAVENTURA. [tesis de licenciamiento, Universidad Nacional del Centro del Peru] repositorio institucional de la U.N. del Centro del Peru.
- INGA, W. (2020). El diseño de malla de perforación y su influencia en la calidad de fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S. A. Lima 2020. [tesis de licenciamiento Universidad Continental] repositorio institucional Universidad Continental.
- LOPEZ JIMENO, C. (1987). MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA. (I. G. España, Ed.)
- Ministerio de Energía y Minas, D.S. 024 -2016. (2016). Reglamento de seguridad y salud en el trabajo. Lima: Diario El Peruano .
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEM). (2024). 2023 ANUARIO MINERO - Reporte estadístico.
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. (2012). D.S. 005-2012-TR. Reglamento de la Ley N°29783. Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.

QUISPE , N. (2019). "DISEÑO DE MALLAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS UNITARIOS EN LA UNIDAD MINERA CHALHUANE". [tesis de licenciamento Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa] repositorio institucional Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

QUISPE, SILVA, TORPOCO, A. (2023). Diseño de la malla de perforación y voladura, para mejorar la fragmentación del macizo . [tesis de licenciamento Universidad Continental] repositorio de la Universidad Continental rocoso, galería principal, Mina APMINAC Pulpera.

RESEMIN. (2016). Equipos de perforación.

ROMANI, R. (2018). Diseño de mallas de perforación y voladura para optimizar avances y sobre rotura Nv. 1225 - Mina Andaychagua - VCM S.A. [tesis de licenciamento Universidad Nacional del Centro del Perú] repositorio Institucional Universidad Nacional del Centro del Perú.

SACRAMENTO , E. (2024). Diseño de malla de perforación y voladura para mejorar la eficiencia de avance lineal de la Rampa 922 de la Unidad de Empresa Administradora Ticlio. [tesis de licenciamento Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion] repositorio institucional Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion.

SANCHEZ, REYES, H. (2006). Metodología y Diseños en la Investigación Científica. (E. V. Universitaria, Ed.) Lima.

SANDVIK. (2014). Aceros de perforación, Volcan Compañía Minera S.A.A. Cerro de Pasco.

SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA. (2004). Manual de geomecanica aplicada a la prevencion de accidentes por caida de rocas.

SUPO, CAVERO, F. (2014). FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y PROCEDIMENTALES DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN CIENCIAS SOCIALES. (E. Universitario, Ed.)

VILCA, I. (2024). ANÁLISIS Y DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA MEJORAR LA FRAGMENTACIÓN EN LA UNIDAD MINERA SAN ANDRÉS – AYACUCHO, 2021. tesis de licenciamento Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann] repositorio de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

ANEXOS

Instrumentos de Recolección de Datos

Escala de valores

PARÁMETRO		ESCALAS DE VALORES							
1	Resistencia de la roca inalterada	Índice de la carga de punta	>8 MPa	4-8 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para esta escala tan baja se prefiere la prueba de la resistencia a la comp. uniaxial.		
		Resist.comp uniaxial	>200 MPa	100-200 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	10-25 MPa	3-10 MPa	1-3 MPa
	Valuación	15	12	7	4	2	1	0	
2	Índice de calidad de la roca, RQD	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%			
	Valuación	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de juntas	> 3 m	1-3 m	0.3-1 m	50-300 mm	< 50 mm			
	Valuación	30	25	20	10	5			
4	Estado de las discontinuidades	Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación. Paredes de roca dura.	Superficies algo rugosas, separación < 1mm paredes de roca dura	Superficies algo rugosas. Separación < 1 mm paredes de roca suave	Superficies pulidas o relleno < 5 mm Esp. O fisuras abiertas 1-5 mm fisuras continuas	Relleno blando < 5 mm O fisuras abiertas < 5 mm fisuras continuas			
		Valuación	25	20	12	6	0		
5	Aguas subterráneas	Cantidad de infiltración por 10 m de túnel	Ninguna		< 25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min		
		Presión De agua	Cero		0.0-0.2	0.2-0.5	> 0.5		
		Relación ----- ----- Esfuerzo principal o mayor	Totalmente seco		Sólo húmedo (agua de intersticios)	Ligera presión de agua	Serios problemas de agua		
		Situación general	Totalmente seco		Sólo húmedo (agua de intersticios)	Ligera presión de agua	Serios problemas de agua		
Valuación	10		7	4	0				

Orientación de las discontinuidades.

Orientación de rumbo y echado de las fisuras		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Valuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Fuente: Bieniawski, Z. T. 1989.

PARÁMETRO		ESCALAS DE VALORES							
1	Resistencia de la roca inalterada	Índice de la carga de punta	>8 MPa	4-8 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para esta escala tan baja se prefiere la prueba de la resistencia a la comp. uniaxial.		
		Resist. comp uniaxial	>200 MPa	100-200 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	10-25 MPa	3-10 MPa	1-3 MPa
Valuación			15	12	7	4	2	1	0
2	Índice de calidad de la roca, RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Valuación		20	17	13	8	3		
3	Espaciamiento de juntas		> 3 m	1-3 m	0.3-1 m	50-300 mm	< 50 mm		
	Valuación		30	25	20	10	5		
4	Estado de las discontinuidades		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación. Paredes de roca dura.	Superficies algo rugosas, separación < 1mm paredes de roca dura	Superficies algo rugosas. Separación < 1 mm paredes de roca suave	Superficies pulidas o relleno < 5 mm Esp. O fisuras abiertas 1-5 mm fisuras continuas	Relleno blando < 5 mm O fisuras abiertas < 5 mm fisuras continuas		
	Valuación		25	20	12	6	0		
5	Aguas subterráneas	Cantidad de infiltración por 10 m de túnel	Ninguna		< 25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min		
		Presión De agua							
		Relación ----- - Esfuerzo principal o mayor	Cero		0.0-0.2	0.2-0.5	> 0.5		
		Situación general	Totalmente seco		Sólo húmedo, (agua de intersticios)	Ligera presión de agua	Serios problemas de agua		
Valuación			10	7	4	0			

Tiempo de Perforación

Díámetro de broca (pulg)	Tiempo de maniobra (min)	Tiempo de emboquillado (min)	Tiempo Perforación (min)	Tiempo Retorno de barra (min)	Tiempo de Barrido (min)
1 ¾ 3pulg.					
Tiempo total perforación (min) 119.85					

Matriz de consistencia

Título “INFLUENCIA DEL DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN EN LOS PARAMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LA RP2705, NIVEL 1915, EN LA EMPRESA MINERA AURIFERA RETAMAS S.A.”				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>Problema general ¿Cómo influirá el diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación y voladura en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>Problema específico a ¿Cómo influirá el diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.?</p> <p>Problema específico b ¿Cómo influirá el diseño de la malla de perforación en los parámetros de voladura en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.?</p>	<p>Objetivo general Determinar la influencia del diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación y voladura en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Objetivo específico a Determinar la influencia del diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.</p> <p>Objetivo específico b. Determinar la influencia del diseño de la malla de perforación en los parámetros de voladura en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.</p>	<p>Hipótesis General Si influye el diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación y voladura en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.</p> <p>Hipótesis específicas Hipótesis específica a Si influye el diseño de la malla de perforación en los parámetros de perforación en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.</p> <p>Hipótesis específica b Si influye el diseño de la malla de perforación en los parámetros de voladura en la RP2705, Nivel 1915, de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.</p>	<p>Identificación de variables</p> <p>Variables para la hipótesis general</p> <p>Variable independiente Diseño de la malla de perforación</p> <p>Variable dependiente Parámetros de perforación y voladura</p> <p>Variables para la hipótesis específicas</p> <p>Variables para la hipótesis específica a</p> <p>Variable independiente Diseño de la malla de perforación</p> <p>Variable dependiente Parámetros de perforación</p> <p>Variables para la hipótesis específica b</p> <p>Variable independiente Diseño de la malla de perforación</p> <p>Variable dependiente Parámetros de voladura</p>	<p>-Tipo de I. APLICADA</p> <p>-Nivel de I. Correlacional, Descriptivo, Diseño de I.es no experimental muestra</p> <p>La muestra comprende rampa principal RP2705, Nivel 1915, de la empresa minera MARSA</p>