

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



T E S I S

**Implementación de diseño de malla de perforación y voladura para reducir
costos en la ejecución del nivel - 450 de la compañía minera Casapalca S.A.C.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Jesmy Zarela PEÑA REYNOSO

Asesor:

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA

Cerro de Pasco – Perú - 2025

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



T E S I S

**Implementación de diseño de malla de perforación y voladura para reducir
costos en la ejecución del nivel - 450 de la compañía minera Casapalca S.A.C.**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Joel Enrique OSCULVILCA TAPIA
PRESIDENTE

Mg. Vicente Cesar DÁVILA CORDOVA
MIEMBRO

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA
MIEMBRO



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

Facultad de Ingeniería de Minas

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

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



Firmado digitalmente por CONDOR SURICHAGUI Santa Silvia FAU 20154605046 soft
Soy el autor del documento 11.2025 20:07:21 -05:00



INFORME DE ORIGINALIDAD N° 043-2025

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

Presentado por:

Bach. PEÑA REYNOSO Jesmy Zarela

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

Título del trabajo

"Implementación de diseño de malla de perforación y voladura para reducir costos en la ejecución del nivel - 450 de la compañía minera Casapalca S.A.C."

Asesor:

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA

Índice de Similitud: **13 %**

Calificativo

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 11 de noviembre de 2025.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis lo dedico a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres: Cesar Peña y Eva Reynoso, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y ser un profesional de éxito. También quiero agradecer a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, directivos y Docentes por la enseñanza brindada en todos estos años. A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más sincero reconocimiento a los docentes universitarios de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, y de manera muy especial a mi asesor:

Mg. Nelson Montalvo Carhuaricra por apoyarme en la elaboración del presente informe. También reconocer a todos aquellos que con sus conocimientos, consejos y orientación han hecho una mayor estructuración del presente trabajo.

RESUMEN

Compañía Minera Casapalca S.A.C., generando nuevas alternativas de mejora en sus operaciones permite la elaboración del proyecto de Investigación que fue intitulada “Implementación de diseño de malla de perforación y voladura para reducir costos en la ejecución del nivel - 450 de la compañía minera Casapalca S.A.C”, con la cual se genera nuevas mallas de perforación de acuerdo al tipo de roca de la mina.

El estudio nos permite analizar y evaluar la calidad de masa rocosa, los parámetros de geomecánicos de la masa rocosa, y en base a este estudio determinar y analizar el tipo de malla a aplicar en las secciones planificadas para la ejecución del Nv. 450, que son sección de 4m x 4m y 3.5m x 3.5m, para la Galería y Cruceros.

El presente trabajo fue desarrollado en cuatro Capítulos:

Capitulo I. Planteamiento del Problema, en la que desarrollamos el por qué la necesidad del presente estudio.

Capitulo II. Marco Teórico, determinando el fundamento teórico de la investigación.

Capitulo III. Metodologías y Técnicas de la Investigación, detallando las herramientas que fueron aplicadas para concretar la Investigación.

Capitulo IV. Resultados y Discusión, en esta parte se detalla el esquema de las nuevas mallas de perforación efectuadas para ejecución del Nv. 450.

La información fue desarrollada en gabinete; a las conclusiones que se llegó fue en base a las características y parámetros geomecánicos del macizo rocoso, determinados en la Compañía Minera Casapalca S.A.C.

Palabras claves: Perforación y Voladura, Malla de perforación, Reducción de costos.

ABSTRACT

Casapalca Mining Company S.A.C., generating new alternatives for improvement in its operations, allows the development of the research project entitled "Implementation of drilling and blasting mesh design to reduce costs in the execution of level - 450 of the Casapalca Mining Company S.A.C.", with which new drilling meshes are generated according to the type of rock in the mine.

The study allows us to analyze and evaluate the quality of the rock mass, the geomechanical parameters of the rock mass, and based on this study, determine and analyze the type of mesh to be applied in the sections planned for the execution of Lv.

450, which are sections of 4m x 4m and 3.5m x 3.5m, for the Gallery and Cruises.

This work was developed in four chapters:

Chapter I. Statement of the Problem, in which we develop why the need for this study.

Chapter II. Theoretical Framework, determining the theoretical foundation of the investigation.

Chapter III. Research Methodologies and Techniques, detailing the tools that were applied to carry out the Research.

Chapter IV. Results and Discussion, this part details the scheme of the new perforation meshes made for the execution of Nv. 450.

The information was developed in cabinet; The conclusions reached were based on the geomechanical characteristics and parameters of the rock mass, determined in the Compañía Minera Casapalca S.A.C.

Keywords: Drilling and Blasting, Drilling mesh, Cost reduction.

INTRODUCCION

El Trabajo de Investigación, que se presenta como parte del proceso de desarrollo de la formación profesional, lo cual conlleva a realizar el estudio de la Ingeniería de Referencia del Nivel 450, en el que se aplica un nuevo diseño de perforación y voladura que permitirá realizar los trabajos de las operaciones de la Compañía Minera Casapalca, reduciendo los costos en el proceso de desarrollo y construcción del Nivel 450, integrando las operaciones de la profundización de la mina de la Minera Casapalca.

El Nivel 450, se ejecutará una sección de 4.0m x 4.0m y 3.5m x 3.5m, con gradiente de 0.5%, la galería tendrá una longitud de 950 metros, de acuerdo a lo planificado, la ejecución del Nivel 450, ha sido planificada para lograr un avance diario de 10 m/d, la construcción del túnel se ejecutará usando equipos de perforación (Jumbo), equipos de carguío (scooptrams), equipos de transporte (locomotora). Debido a que las operaciones de perforación atravesarán rocas de tipo III y IV que va de “regular” a “muy mala”, por lo cual se emplearán técnicas de voladura controlada a fin de evitar los deterioros en el macizo rocoso y consiguientemente disminuir la sobre excavación, el consumo de elementos de soporte, problemas de inestabilidad, sobre carga de voladura, etc.

En la Investigación se presentan los resultados obtenidos, en los estudios geológicos, geotécnicos e hidrológicos desarrollados por la Compañía Minera Casapalca.

Como objetivos se tienen desarrollar la Ingeniería de detalle para la ejecución del Nivel 450, esta ingeniería comprende establecer y definir los parámetros del diseño, diagramas de perforación y voladura, sostenimiento, ciclo de avance, drenaje, ventilación, equipos, sistema de extracción, iluminación, refugios, señalización y demás instalaciones complementarias, necesarias para su puesta en servicio.

Entre los objetivos considerados se encuentran, obtener un avance óptimo que cumpla con los estándares de seguridad y calidad, alineado con los intereses de la Compañía Minera Casapalca.

INDICE

Paginas

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la Investigación	2
1.2.1. Ubicación	2
1.2.2. Geología	3
1.2.3. Geología Local	4
1.2.4. Geología Estructural.....	5
1.2.5. Geología Económica	7
1.2.6. Alteración	8
1.2.7. Geomecánica	8
1.3. Formulación del problema.....	10
1.3.1. Problema general.....	10
1.3.2. Problemas específicos	10
1.4. Formulación de objetivos	10
1.4.1. Objetivo general	10
1.4.2. Objetivos específicos.....	10

1.5. Justificación de la investigación	10
1.6. Limitaciones de la Investigación	11

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	13
2.2. Bases teóricas – científicas	15
2.2.1. Fundamentos de perforación y voladura	15
2.2.2. Tipología de la perforación en el arranque con explosivos.....	15
2.2.3. Campos de aplicación de los métodos de perforación	16
2.2.4. Las operaciones de perforación y voladura.....	17
2.2.5. Factores que influyen en un disparo.....	18
2.2.6. Propiedades de las rocas que influyen en la perforación y voladura.....	19
2.2.7. Propiedades de los macizos rocosos.....	21
2.2.8. Fundamentos del uso de Explosivos	22
2.2.9. Clasificación de los explosivos	23
2.2.10. Propiedades de los explosivos.....	25
2.3. Definición de términos básicos	27
2.4. Formulación de hipótesis.....	29
2.4.1. Hipótesis general	29
2.4.2. Hipótesis específicos	29
2.5. Identificación de las variables	29
2.5.1. Variable independiente:.....	29
2.5.2. Variable dependiente:.....	29
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	30

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	31
3.2. Nivel de investigación	31
3.3. Métodos de investigación	31
3.4. Diseño de investigación.....	32
3.5. Población y Muestra	32
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	33
3.8. Tratamiento estadístico.....	33
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica	33

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	34
4.1.1. Compañía Minera Casapalca S.A.C. antecedentes, ubicación del yacimiento.	34
4.1.2. Ubicación y acceso	35
4.1.3. Geología Casapalca	36
4.1.4. Perforación y Voladura	43
4.2. Presentación, análisis e Interpretación de Resultados	44
4.2.1. Perforación de Taladros	44
4.2.2. Longitud de Taladros	45
4.2.3. Descripción del Procedimiento Constructivo.....	60
4.3. Prueba de hipótesis	69
4.4. Discusión de Resultados.....	69
4.4.1. Elemento Básico para la Composición de los Precios Unitarios	71

4.4.2. Aplicación de parámetros de cálculo del secuenciamiento	73
--	----

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Paginas
Ilustración 1. Altos Explosivos.....	24
Ilustración 2. Materiales Pirotécnicos	24
Ilustración 3. Propelantes	25
Ilustración 4. Clasificación práctica de los Explosivos	25
Ilustración 5. Sección de Perforación	46
Ilustración 6. Distancia Estimada del Alivio al Primer Taladro de Arranque.....	48
Ilustración 7. Esquema Geométrico de Arranque.....	48
Ilustración 8. Selección de Explosivo	51
Ilustración 9. Malla 3.5.x.3.5.....	58
Ilustración 10. Ciclo de Avance	62

ÍNDICE DE TABLAS

	Paginas
Tabla 1. Operación de Variables	30
Tabla 2. Factor de Carga	45
Tabla 3. Parámetros de Explosivo.....	51
Tabla 4. Kilogramos de Explosivo Estimado por m3 de Roca	52
Tabla 5. Parámetros para el Diseño de Malla Sección - 4.0x4.0	53
Tabla 6. Parámetros para el Diseño de Malla Sección – 3.5x3.5.....	56
Tabla 7. Equipos Túnel	68
Tabla 8. Ciclo de Avance Sección 3.5 x 3.5	70
Tabla 9. Velocidad de Avance por Tipo de Roca y Sección.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

	Paginas
Figura 1. Ubicación de la mina Casapalca.....	36
Figura 2. Secuencia Estratigráfica de Casapalca	39
Figura 3. Fisiografía del Perú.....	41
Figura 4. Geología del Perú	41
Figura 5. Metalogenia del Perú.....	42

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En la actualidad las empresas mineras se ven obligados a optimizar todos sus proyectos que se ejecutan en cada una de sus operaciones de la mina; los gerentes que administran los yacimientos mineros deben considerar todos los factores más importantes para minimizar los costos en todas las operaciones del ciclo de minado para lograr una alta productividad, los mismos que resultan ser muy importantes las mejoras de los procesos cuando se ejecuta utilizando la ciencia y tecnología actualizada con todas las herramientas que se tiene en el mercado.

En esta última década en la minera Casapalca se ha desarrollado un pique principal con una proyección de 1350 metros así mismo tiene programado en ejecutar el nivel - 450 de 950 metros de longitud, con una sección de 4 m. x 4 m., el mismo se encuentra en ejecución a partir del pique principal. En la ejecución de esta labor se tiene deficiencias en la perforación y voladura, por un mal diseño de malla de perforación, demasiados taladros con un inapropiado burden, mal diseño del espaciamiento y un consumo de carga explosiva muy alto por cada voladura.

Estos parámetros hacen que se tenga altos costos en el proceso de su desarrollo por lo que se tiene efectos en los resultados del avance lineal y no lograr el metraje programado.

Por lo que es imprescindible minimizar los costos, para lo cual es necesario replantear la ejecución de la labor para generar mayores avances a un costo menor. Un adecuado diseño de malla de perforación y cantidad de carga explosiva apropiada generará una reducción de costos en la minera Casapalca S.A.C.

Así mismo estos efectos de perforación y voladura causan la suma de altos costos en la perforación de la galería a US\$ 167,14 por disparo, con una distribución de explosivo de 145,42 kg, el consumo de accesorios y explosivos de la voladura totaliza a US\$ 258,66 por cada voladura; llegando a la sumatoria total de US\$ 425,80 los costos de la perforación y voladura.

Una adecuada malla de perforación y una carga explosiva apropiada en los avances de la galería de la minera Casapalca ayudará a reducir los costos de perforación y voladura, por ello se realiza este estudio de investigación apoyado con la data de campo, informes pertinentes para luego demostrar la hipótesis, logrando los beneficios en cuanto a costos.

1.2. Delimitación de la Investigación

1.2.1. Ubicación

La minera Casapalca se encuentra ubicado en la región Lima, provincia de Huarochirí, en el distrito de Chicla, La cota sobre el nivel del mar se encuentra entre los 4,450 m.s.n.m. y 5,350 m.s.n.m. Se encuentra geográficamente en la zona central del flanco Oeste en la Cordillera Occidental de los andes, las coordenadas dentro de la carta nacional son: 8 712 000N; 366 000E a 8 704 000N; 366 000E, en el sistema PSAD56.

El acceso a la unidad de operaciones mineras, se parte de la ciudad de Lima mediante la carretera central, continuando por las localidades de Lima, Chosica, Surco, Matucana, San Mateo, Chicla y Casapalca hasta el Kilómetro 115 donde se encuentran las instalaciones de la Empresa Minera los Quenuales S.A.; finalmente se continua por una carretera afirmada de 8 Kilómetros, pasando por la quebrada El Carmen orientado al Sureste, y que mediante se llega a las operaciones de Compañía Minera Casapalca; el tiempo que demora en el viaje por estas vías de comunicación son de 3 horas y 20 minutos.

1.2.2. Geología

Geología Regional

La geología regional de la mina está constituida básicamente por las siguientes rocas areniscas silicificadas, lutitas, pizarras, calcáreas, calizas brechas, y rocas ígneas.

Formación Casapalca

Comprende rocas sedimentarias de ambiente continental. Esta formación ha sido dividida en tres miembros que son de abajo hacia arriba:

- **Miembro Capas Rojas:** Este componente se califica por la presencia de rocas sedimentarias de granos finos como la lutita, predominando las de color rojo por la presencia de óxidos de fierro.
- **Miembro Carmen:** Este componente esta sobre las Capas Rojas, donde predominan los conglomerados que son rocas sedimentarias formadas por agentes fluviales. Tiene dimensiones mayores a 80 metros hasta los 100 metros.

Formación Carlos Francisco

La Formación Carlos Francisco consiste en una serie de rocas volcánicas que ha sido dividida en tres miembros:

- **Tablachaca:** Esta zona predomina las rocas volcánicas ígneas como las andesitas que son rocas formadas por cristales de feldespatos y plagioclasas.
- **Volcánicos Carlos Francisco:** Presentan en su mayor proporción rocas ígneas magmáticas de tipo afanítico.
- **Tufos Yauliyacu:** Principalmente conformado por rocas ígneas porosas y ligeras, que fueron formadas por acumulación de cenizas.

Formación Bellavista

La formación Bellavista consiste en una serie de tufos volcánicos intercalados con calizas grises. En los niveles inferiores de la Mina Casapalca se encontró unos horizontes de anhidrita intercalados con lutitas.

Formación Río Blanco

La formación Río Blanco consiste en una serie de tufos bien estratificados que descansa concordantemente sobre la formación Bellavista. Los volcánicos de Río Blancos debe ser una de las rocas más jóvenes del Perú.

1.2.3. Geología Local

Las rocas que contienen las dos formas de mineralización están formadas por una secuencia plegada de sedimentos cretáceos continentales, en los extremos Este y Oeste de la mina, conocidos como Formación Casapalca, con dos miembros litológicos: el miembro inferior “Capas Rojas Casapalca”, formado por areniscas, limolitas y lutitas rojizas, con algunos niveles de calizas blanquecinas y el miembro superior conocido como conglomerado Carmen formado por areniscas arcillosas silicificadas de color rojizo, blanqueadas por efecto de la alteración hidrotermal, con algunos horizontes lenticulares de conglomerados. Los clastos de estos conglomerados son muy redondeados, de un tamaño bastante uniforme compuesto principalmente por cuarcitas de grano fino del Grupo Goyllarizquisga, y en menor proporción por calizas de la

formación Jumasha, areniscas arcillosas pertenecientes a las capas Rojas y aún en menor proporción por chert que se supone sean inclusiones de las calizas Jumasha; es en este Miembro donde se encuentra emplazada los cuerpos mineralizados. Es importante indicar que las vetas en las Capas rojas forman pequeños lazos sigmoide y fracturamiento con relleno de mineral y en el conglomerado Carmen forman cuerpos de mineral rellenando la matriz de los conglomerados.

Ligeramente concordantes se presentan las rocas de la formación Carlos Francisco, compuestas al piso por el “Conglomerado Tablachaca” con clastos redondeados de cuarcita, volcánicos andesíticos y menor cantidad de clastos calcáreos; y al techo de la secuencia, se presenta un conjunto de derrames volcánicos andesíticos e intrusiones sub volcánicas que en conjunto afloran en la parte central y superior de Casapalca. Intrusiones hipabisales, dioríticas porfiríticas a granodioríticas, se presentan en el sector central y noreste de la zona de vetas, conocidos como Pórfidos Taruca y Victoria. En estos volcánicos de la formación Carlos Francisco e intrusivos se encuentra la mineralización de vetas, en la cual presentan ensanchamientos y ramales mineralizados.

Al Sur, en la parte alta y formando parte de un sinclinal, se presentan afloramientos de calizas grises de la Formación Bellavista. Estas rocas también se fracturan favorablemente para el emplazamiento de vetas con mineralización económica.

1.2.4. Geología Estructural

El aspecto estructural es uno de los factores más importantes en la mina Casapalca, los múltiples movimientos durante la tectónica Andina han generado la formación del marco estructural presente en la zona, aprovechando de estas grandes zonas débiles previamente formadas, la actividad magmática del Mioceno Tardío ha

permitido el emplazamiento de intrusivos ácidos que son los causantes de la mineralización.

El sistema de esfuerzos producidos en los ciclos de la tectónica Andina, en el Terciario y pleistoceno en el centro del Perú en especial en la región de Casapalca, San Cristóbal y Morococha ha formado un sistema de estructuras extensas con pliegues, fallas y fracturas. Es importante mencionar que estas estructuras controlan el emplazamiento de los intrusivos y la mineralización de las vetas.

Anticlinales-Sinclinales

Siendo los más importantes el gran sinclinal de PumatareaAguascocha, el cual tiene una dirección de NW-SE y una longitud de hasta 9 km. el cual controla todo el sector de Casapalca, seguido se tiene el anticlinal de Casapalca que tiene hasta 2 km. 28 con su eje paralelo al sinclinal, y el anticlinal de Antupuquio de 1 km. de longitud con su eje paralelo al eje del sinclinal.

Este plegamiento controla todo el fallamiento y fracturamiento transversal al eje del sinclinal que es la principal estructura debido a que la mineralización se realizó en estas estructuras.

Fallas

Las estructuras más importantes en el distrito minero de Casapalca son las fallas perpendiculares al eje del sinclinal PumatareaAguascocha, las cuales tienen una dirección N-S y se encuentran rellenadas de soluciones hidrotermales, y en algunos casos sirvieron como ductos para la circulación de dichas soluciones. Las fallas y fracturas están controladas por las rocas encajonante de acuerdo a su competencia, por ejemplo, las lutitas y conglomerados de la Fm. Casapalca permiten la fuerte alteración y el fuerte fracturamiento respectivamente y en otros casos cuando la roca no es

favorable se observan solo fracturas menores como en la roca del Miembro Tablachaca; Fm. Bellavista y la Fm. Río Blanco.

1.2.5. Geología Económica

La Mina Casapalca es un yacimiento polimetálico del tipo “cordillerano” con minerales de plata, plomo, zinc y cobre, cuya mineralogía cambia de acuerdo al zoneamiento vertical y horizontal, debido al carácter mesotermal de las vetas estas van a tener una gran extensión vertical que alcanzaría por debajo de la cota 3900 m.s.n.m.

En las rocas sedimentarias se emplazan cuerpos mineralizados de forma muy irregular, producto del reemplazamiento de la matriz calcárea por soluciones hidrotermales. Con presencia de alteración propilitica y silicificación muy leve a regular. En el área de la concesión minera Casapalca se encuentra diversos afloramientos desde simples fracturas rellenadas con carbonato (calcita), hasta vetas muy potentes rellenadas con carbonatos, cuarzo y sulfuros.

Mineralización

En la zona de vetas la mina Casapalca es productora de plata (tetraedrita, freibergita) de plomo (galena), Zinc (esfalerita), y cantidades menores de cobre (calcopirita, bornita), los cuales son los minerales de mena de mayor abundancia; los minerales de ganga están representados principalmente de pirita, calcita, rodocrosita, rodonita y cuarzo.

Vetas

Actualmente se tiene cinco son las vetas más importantes de la mina Casapalca estos son: Esperanza-Mariana-Mercedes; Oroya; Ximena, Don Reynaldo y Juanita. También ocurre Split, lazos, cimoides de varios tipos, mantos, brechas y cuerpos de reemplazamiento.

1.2.6. Alteración

Desde un punto de vista general, la alteración de la roca encajonante sigue una secuencia normal que va de la propilitización a cierta distancia de las vetas, a la piritización, sericitización y silicificación cerca de las vetas.

La alteración en las rocas encajonante muestra una estrecha relación con la distribución zonal de los minerales y la potencia de la veta (a mayor potencia mayor halo de alteración, a menor potencia menor halo de alteración). En la zona central (zona I) la roca está intensamente silicificada y piritizada, esto se puede observar en el contacto de veta con roca caja. Pasando hacia la zona II el ancho de alteración decrece hasta aproximadamente 40 m. y en la zona III la alteración es solamente de algunos metros.

En las rocas volcánicas extrusivas, las zonas de mayor alteración (cerca de la veta) presentan a la roca de color gris claro conformada por cuarzo, pirita y feldespatos alterados a sericita no siendo estos distinguibles macroscópicamente. A mayor distancia de la veta, la epidotización es común y los cristales de feldespatos son visibles. Los ferromagnesianos son alterados a clorita y epidota con presencia de pirita. Las Capas Rojas y los conglomerados, en la zona central de la mina, están intensamente alterados, en esta zona la silicificación y la piritización se extiende por varias decenas de metros. La pirita se presenta en cristales cúbicos y en delgadas vetillas. La roca se presenta blanqueada hasta unos 10 a 15 metros 31 en las proximidades de las vetas, la silicificación no es muy intensa. En la zona de alteración moderada la roca es epidotizada.

1.2.7. Geomecánica

Dado las características morfológicas y geomecánicas de las estructuras mineralizadas referida a la veta Ximena, demanda un método de minado distinto a los

que usualmente se viene realizando, es decir, Sublevel Stopping, metodología de minado que asocia una explotación adecuada, compatibles con los criterios de seguridad y economía operacional.

Por los factores asociados al método de minado subterráneo, se indica, que en primer lugar el método de “minado Sublevel Stopping” es la que mejor se adapta a las condiciones naturales encontradas en este yacimiento. Además de considerar las condiciones naturales del yacimiento, que son los factores importantes para seleccionar el método de minado desde el 34 punto de vista técnico, deberá también considerarse los aspectos operativos como: velocidad en los ciclos de minado, voladura controlada, relleno y una evaluación económica del método, de tal manera que este resulte técnica y económica factible.

Esta metodología de minado se utiliza para yacimientos que poseen competencias de cajas de calidad Regular a Buena, es decir, $RMR > 50$ Donde es posible construir caserones y conservar la estabilidad de la abertura durante el tiempo de la explotación del minado. El objetivo del Área de Geomecánica es realizar la evaluación de la masa rocosa de la estructura económica de la veta Ximena, con el fin de dimensionar los diferentes parámetros asociados al minado de este yacimiento, compatibilizando los criterios de seguridad y eficiencia operacionales.

Los alcances concurrentes con la finalidad planteada son:

- Descripción detallada de la masa rocosa.
- Zonificación Geomecánica del macizo rocoso.
- Simulación de deformación y esfuerzos mediante el programa de cómputo PHASES.
- Evaluar las condiciones de estabilidad de las labores mineras mediante el Método Gráfico de Estabilidad.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Es posible reducir los costos en la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C. al aplicar un nuevo diseño de perforación y voladura?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Al implementar un diseño de la malla de perforación es factible reducir los costos de perforación en la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C.?
- b) ¿Al aplicar un diseño en la carga explosiva es factible reducir los costos de voladura en la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C.?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Reducir los costos mediante la aplicación de un nuevo diseño de perforación y voladura en la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Reducir los costos de perforación con la aplicación de un nuevo diseño de la malla de perforación en la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C.
- b) Reducir los costos de voladura con la optimización del diseño de la carga explosiva en la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C.

1.5. Justificación de la investigación

La ejecución del Nivel - 450 se desarrolla de acuerdo al cálculo de reservas que posee un gran potencial de yacimientos polimetálicos por lo tanto la empresa tiene

programado ejecutar diferentes labores de desarrollo y profundizar labores de preparación para poder extraer el yacimiento mineralizado para obtener mayor productividad de las vetas y cuerpos mineralizados costos reducidos en el ciclo de la perforación y voladura, con un diseño de malla eficiente de perforación y la determinación de una carga explosiva adecuada, de acuerdo a los parámetros de la geología estructural.

Con un rediseño de este ciclo la empresa va mejorar su productividad al reducir los costos en perforación y voladura con la optimización del diseño de malla que se utilizará en la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C., todo el personal involucrado aplicará los nuevos modelos replanteados en la malla de perforación y voladura. Así mismo también serán modelos que se pueda emplear en otras labores similares con los parámetros idénticos del macizo rocoso ya que el yacimiento de la mina Casapalca es generalmente un tipo de roca caliza.

Actualmente la Compañía Minera Casapalca viene ejecutando varias labores de desarrollo y preparación, por lo que el desarrollo del presente estudio de investigación es muy importante para lograr los objetivos considerados ya que también será como modelo para realizar el ciclo de perforación y voladura el que redundara en la minimización de costos en los diferentes proyectos de desarrollo que se están llevando a efecto en la Unidad Minera. Así mismo le valdrá a otras empresas mineras como fundamento para el inicio del diseño de mallas y distribución de explosivos de diferentes labores similares.

1.6. Limitaciones de la Investigación

En la ejecución del presente estudio de investigación no se tuvo limitaciones en cuanto a la obtención de la data de campo e informes, ya que la empresa ha permitido

el desarrollo del estudio en la misma labor, también se nos apoyó con todas las facilidades por parte de las áreas respectivas de la Compañía Minera Casapalca S.A.C.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

a. Antecedentes nacionales

- **Jáuregui, O. (2009).** Reducción de los Costos Operativos en Mina, mediante la Optimización de los Estándares de las operaciones unitarias de Perforación y Voladura. La investigación de grado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Considera en su conclusión número doce el autor manifiesta que un control operativo y seguimiento de la perforación y voladura debe considerarse examinar el diseño de la malla de perforación de acuerdo al tipo de roca y el cumplimiento del mismo, inspeccionar el modo de perforación (paralelismo en la perforación de todo el barreno) y la adecuada señalización o delineado de la malla de perforación (los puntos de perforación del espaciamiento y burden diseñados en la malla de perforación), examinar y verificar la adecuada secuencia de los retardos (tiempo de retardos en los detonadores) con respecto a la cara libre, además la inspección de la distribución de la carga explosiva en este ciclo permitirá eliminar el sobre

exceso de explosivos y demás accesorios despachados y lograr y asegurar la devolución del material sobrante.

- **Chambi, A. (2011).** Optimización de Perforación y Voladura en la Ejecución de la galería 740 – unidad VINCHOS – VOLCAN S.A.A. Cerro de Pasco. Tesis de grado de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno. El tesista dentro de su conclusión número cinco indica que la optimización obtenida en el ciclo de perforación y voladura en la ejecución de la galería 740, de la unidad VINCHOS del Cerro de Pasco, es minimizar dos taladros por frente y reducir 8,0 kg de explosivo por disparo.

b. Antecedentes Internacionales

- **Sánchez, Y. (2012).** Optimización en los Procesos de Perforación y Voladura en el Avance de galerías en la Mina Bethzabeth. La tesis de grado de la Universidad Central del Ecuador, Quito. El investigador considera en su conclusión número cinco que la determinación de una nueva malla de perforación y voladura replanteada en este estudio, para la ejecución de la rampa de acceso a la zona mineralizada, las vetas Sucre y Tres Diablo, significara para la minera ELIPSE S.A. un ahorro de US\$ 85,12 por cada voladura, por la reducción de la cantidad de los kilogramos de explosivos requeridas por lo tanto la reducción del costo de perforación y voladura.
- **Salazar, R. (2005).** En su tesis “Remoción de rocas con explosivos, para la construcción de labores mineras”, Tesis de la Universidad de Guayaquil – Ecuador, describe que, considerando las actuales necesidades de productividad y calidad versus costos, los equipos de perforación hidráulicos cumplen en mejor forma los requerimientos de trabajo en la perforación de la malla de

perforación, en lo que respecta al paralelismo, longitud, alcance, seguridad, comodidad para el operador y para la economía.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Fundamentos de perforación y voladura

La perforación y voladura en minería esencialmente se realiza sobre las rocas o minerales es la primera operación que se realiza cuyo objetivo es de crear huecos con una geometría adecuada y distribución dentro del área a perforar, donde luego se alojan las cargas explosivas con los accesorios e iniciadores. Los sistemas de penetración que han sido desarrollados se clasifican por tipo de aplicación. Los mecánicos que utilizan la percusión, rotación y rotopercusión; los térmicos se realizan a base de sopletes, plasmas, fluido caliente o congelación; los hidráulicos mediante el chorro de agua, la erosión y cavitación; los sónicos mediante las vibraciones de alta frecuencia; los químicos mediante la micro voladura y disolución; los eléctricos mediante el arco eléctrico o inducción magnética; los sísmicos mediante rayos láser y los nucleares mediante la fusión y fisión.

La fuente de energía mecánica, el varillaje que es el medio de transmisión de esa energía, la boca que es el útil que ejerce sobre la roca dicha energía y el fluido del barrido que efectúa la limpieza y evacuación del detritus producido.

2.2.2. Tipología de la perforación en el arranque con explosivos

Se han desarrollado un gran número de máquinas que dan lugar a la perforación manual que se realiza con equipos livianos manipulados a mano por los perforistas; se utiliza en trabajos de pequeños espacios donde por las dimensiones no es posible utilizar otros equipos o no justifica en cuanto a la parte económica.

En la perforación mecanizada se utilizan equipos de mayor dimensión generalmente las máquinas van montadas sobre estructuras de neumáticos, orugas, etc.

Donde el perforista controla todos los parámetros de perforación desde una posición cómoda; los trabajos en superficie o subterránea se pueden clasificar en perforación de banco se utiliza en proyectos a cielo abierto o en arranques de taladros largos, es el mejor método para las voladuras de las rocas ya que se tiene varias caras libres que permite mejor proyección del material y se tiene un menor confinamiento del macizo rocoso.

La perforación de avance de galerías y túneles, se necesita aperturar un hueco inicial o cuele hacia el que sale el resto de la roca fragmentada por las demás cargas, la perforación se puede realizar en forma manual o mecanizada dependiendo de la sección de la labor.

Perforación de producción, se realiza en el arranque de las vetas o cuerpos mineralizados es decir en la explotación de minerales, para aquellas labores de extracción de mineral los métodos de perforación y equipos varían de acuerdo al método de explotación del mineral, siendo un factor común en los subniveles por la reducida sección que muchas veces limita la perforación de los taladros.

La perforación de chimeneas, en muchos proyectos es necesarios abrir chimeneas, aunque en estos tiempos se está tendiendo al uso del raise boring generalmente se utiliza el método de los taladros largos con voladuras especiales mediante entubados.

Sostenimiento de rocas en muchas obras subterráneas y a cielo abierto es necesario realizar el sostenimiento mediante el bulonado o cementado con cables siendo la perforación la previa a dichos trabajos.

2.2.3. Campos de aplicación de los métodos de perforación

Los dos grandes métodos son los rotopercutivos y rotativos, el primero son los más utilizados en casi todos los tipos de rocas tanto si el martillo se sitúa en la cabeza

como en el fondo del barreno. Los métodos rotativos se sub dividen a su vez en dos grupos, según que su penetración se realice por trituración empleando triconos o por corte utilizando bocas especiales, el primer sistema se utiliza en rocas medias o altas y el segundo en rocas blandas; atendiendo a la resistencia y compresión de la roca y diámetro de perforación se pueden delimitar los campos de aplicación, por otro lado según se realice el tipo de trabajo en minería los diámetros de perforación de mayor dimensión son en las perforaciones superficiales.

2.2.4. Las operaciones de perforación y voladura

Todas las operaciones tienen una influencia predominante en el ciclo total de minado en los procesos de desarrollo, preparación y explotación de minerales. Sus resultados influyen en las siguientes operaciones, el carguío, acarreo, dilución, trituración, al diseñar una malla óptima y obtener una buena voladura se minimiza los costos del ciclo de minado. La moderna tecnología en voladura de rocas, los disparos son diseñados y analizados en base a la relación energía, masa, tiempo, la energía de detonación es calculada mediante modelos matemáticos y/o análisis computacional y el trabajo potencial es expresado en valores numéricos. La masa en un disparo es determinada por la geometría del mismo, las características de la roca o mineral, como densidad, resistencia, estructura. El tiempo es un parámetro relevante, porque se requiere de este para completar las tres etapas básicas del proceso de fragmentación de la roca. Para obtener una aplicación adecuada de los parámetros de voladura de rocas. El mecanismo del proceso de fractura miento debe ser bien entendido los valores físico - mecánicos de las rocas. la geología estructural, La malla de perforación, propiedades de los explosivos; luego utilizar un modelo matemático o software para computadora que nos sirva para simular un disparo con el cual será posible predecir separadamente los resultados de cada parámetro para expresar los cambios necesarios de estos en

números reales Este enfoque ha sido probado y es superior al sistema tradicional basado en:

Experiencias personales, pruebas y ensayos se establecían requerimientos de energía para diferentes tipos de rocas para cumplir los diferentes proyectos y con la producción, algunos datos estadísticos acerca de la eficiencia de palas, camiones, chancadoras han contribuido a la evaluación de un disparo la principal evaluación es visual y/o fotogramétrico, algunos cambios son hechos sobre una base de prueba y error Los últimos años se ha investigado sobre el proceso de fragmentación de rocas el análisis termo dinámico de los explosivos basada en conceptos de La energía necesaria, fragmentación adecuada, movimiento de rocas.

2.2.5. Factores que influyen en un disparo

Tres son los factores principales que determinan los resultados de un disparo se considera el explosivo, el material o masa rocosa, la geometría del disparo expresados en términos de energía – masa – tiempo. El Explosivo para el proceso de fragmentación se necesita el suministro de energía, el explosivo adecuadamente diseñado y detonado sirve como una fuente de energía necesaria, es la capacidad para entregar instantáneamente gran cantidad de energía a una porción limitada de roca, cuando una carga de explosivo es detonada en un taladro su energía es liberada en una fracción de segundos en forma de gas, presión y temperatura extremadamente altas, esta energía tritura, fractura, la energía residual se encuentra en el escape de gases. Los parámetros del explosivo que influyen en la fragmentación son la densidad, la Velocidad de detonación, la presión de detonación es la energía total desarrollada por un explosivo y la presión que se propaga por la columna de explosivo.

El material o masa rocosa es un factor fundamental que influye en el resultado de un disparo, las características que se debe considerar son la densidad, resistencia, abrasividad, Porosidad, Conductividad, litología, temperatura y estructura.

La geometría del disparo, las mallas de perforación y voladura juegan un rol importante en los resultados de un disparo, determinan el volumen total a ser removido y la energía necesaria para luego relacionar mediante el explosivo, roca y un balance de energía para lograr el proceso de fractura miento de la roca; los parámetros que se consideran son el diámetro del taladro, burden, espaciamiento, altura de bancos y la Sobre perforación. El tiempo es muy importante para controlar los números de retardos que se considera en el detonador para cada taladro.

2.2.6. Propiedades de las rocas que influyen en la perforación y voladura

Las rocas y macizos rocosos poseen ciertas características físicas por su origen y procesos geológicos, conducen a una litología heterogénea; presentan: discontinuidades, poros, fisuras, tensiones, discontinuidades estructurales, fracturas, juntas; estas características influyen en la perforación y voladura.

Las rocas de baja densidad se deforman y fragmentan con facilidad requieren un factor de energía relativamente bajo los explosivos con baja densidad, baja energía de burbuja la energía de los gases producidos por el explosivo debe de tener una densidad promedio de 1.5 a 2.6 tn/m³. En las rocas de alta densidad para obtener una fragmentación satisfactoria, una buena proyección, un buen esponjamiento se requiere una mayor cantidad de energía, la densidad promedio se debe considerar entre +/- 2.8 tn/m³. Así mismo se debe aumentar el diámetro de perforación para elevar la presión del barreno, la velocidad de detonación del explosivo, reducir el esquema, modifica la secuencia de encendido, mejorar el retacado, para aumentar el tiempo de actuación de los gases y utilizar explosivos con alta energía de burbuja.

En la resistencia dinámica de la roca se debe considerar el índice de volabilidad la Resistencia a la compresión dinámica de la roca/Resistencia a la tracción dinámica de la roca (RC/RT) a un mayor valor resulta más fácil fragmentar el material; si la intensidad de la onda de choque supera a la resistencia dinámica a la compresión se produce una trituración de la roca circundante a las paredes del taladro por colapso y contribuye poco a la fragmentación y provoca una disminución de la energía de tensión; para esta característica se recomienda seleccionar explosivos que desarrollen en las paredes del taladro tensiones inferiores o iguales a la resistencia a la compresión, se debe provocar una variación en la presión – tiempo por desacoplamiento de la carga dentro del taladro, se considera en los diseños perimetrales.

La porosidad de las rocas con formación Inter granular es uniforme el que produce dos efectos produce la atenuación de la energía de la onda de choque por la reducción de la resistencia dinámica a la Compresión esto incrementa la fragmentación y finos para controlar se recomienda incrementar la energía de burbuja a costa de la energía de tensión que es la energía transmitida por la onda de choque del explosivo, mediante el desacoplamiento de la carga, uso del anfo, retener los gases con una longitud y tipo adecuado de retacado; con varios frentes libres mantener dimensiones iguales de la piedra en cada taladro. Cuando la formación es por disolución la porosidad de post formación causa huecos cavidades vacías en rocas volcánicas se tiene oquedades que causan pérdidas del varillaje, amarres en la voladura se tiene una baja eficiencia en explosivos a granel.

Las rocas con propiedades de alta conductividad producen fugas o derivaciones de corriente eléctrica esto puede ocurrir cuando los detonadores se colocan dentro de los taladros con cierta conductividad en rocas de sulfuros complejos como las magnetitas, rocas abrasivas y la existencia de agua en el entorno, por lo que se debe

verificar los cables de los detonadores eléctricos que estén en buen estado, todas las conexiones del circuito estén debidamente aisladas y protegidas, el fallo afecta considerablemente en los resultados de la voladura, también puede ocasionar un accidente.

Cuando las rocas son abrasivas tiene una gran capacidad de desgastar la superficie de contacto de otro material más duro en el proceso de rozamiento durante el movimiento; las rocas que contienen granos de cuarzo son altamente abrasivas, como el granito, Cuarzo, la forma de granos más angulosos son más abrasivas estos producen un desgaste prematuro de brocas y barras de perforación.

2.2.7. Propiedades de los macizos rocosos

La litología, cuando se producen cambios litológicos de mineral a estéril donde se tiene una variación de propiedades obliga un rediseño, se puede considerar esquemas iguales para los dos tipos de roca y variación de las cargas unitarias o esquemas distintos pero con igual carga por taladro y se mantiene la dimensión de la piedra, en muchos casos se tiene una gran pérdida de energía asociada con la caída de presión y escape de gases obteniendo una mala fragmentación se recomienda retacar con material adecuado las zonas de contacto frágiles, emplear cargas acopladas a la roca competente con gran VOD y una relación alta de energía de burbuja/energía de tensión, se debe evitar el escape prematuro de gases a la atmósfera con un retacado.

Generalmente toda roca presenta alguna discontinuidad, micro fisura o macro fisura que influye en el resultado de la voladura, la fragmentación está influenciada por el espaciamiento (S) entre taladros y la separación entre juntas (Js) y el tamaño de bloque admisible M repercute en el porcentaje de la fragmentación con presencia de bancos.

Las tensiones del campo se presentan como tensiones tectónicas o gravitacionales, los taladros pueden estar influenciado por la concentración no uniforme de tensiones alrededor del mismo, a veces es necesario una excavación piloto para liberar altas tensiones.

En los cambios litológicos cuando hay contactos en rocas porosas y macizos fracturados generalmente hay presencia de agua por tanto a causa de ello se producen pérdidas de barrenos por hundimientos internos, dificultan la perforación inclinada, se reduce la resistencia de la roca a la compresión y tracción

Se intensifica los efectos de rotura por la energía de tensión por lo que se puede producir una gran sobre excavación.

Es muy importante considerar la temperatura de los macizos rocosos los yacimientos con piritas presentan rocas con altas temperaturas por efecto de la oxidación lenta de este mineral, haciendo que los agentes explosivos del tipo anfo reaccionen exotérmicamente con la pirita, reacciona el anfo y el sulfato ferroso, el sulfato ferroso y el nitrato amónico, el sulfato férrico y el ácido sulfúrico, ocasionando graves accidentes. Se logra evitar añadiendo en 5 % de urea, oxalato potásico al anfo evita la reacción exotérmica hasta 180°C, la sensibilidad del hidrogel depende también de la temperatura de la roca con la que esté en contacto, hay que limitar el número de taladros por voladura a fin de disminuir el tiempo que transcurre entre la carga y el disparo, una alternativa es el uso de la emulsión.

2.2.8. Fundamentos del uso de Explosivos

Los explosivos en general son productos químicos que contienen un alto potencial de energía, que bajo la detonación de un fulminante u otro agente externo reaccionan instantáneamente con gran velocidad, generando un fuerte efecto de impacto que tritura la roca, un gran volumen de gases que se expanden con gran energía,

desplazando los fragmentos de la roca o mineral. En el mercado se fabrican con diferentes potencias, dimensiones y resistencia al agua, según se requiera en una determinada empresa minera. Su acción se basa en procesos de combustión estas clases de combustión puede ser simple o acelerada; cuando la combustión es simple requiere de materia oxidante y combustible, produce calor, humos, vapor de agua, cenizas, su reacción es lenta, sin presión. trabajo combustión o llama abierta; Cuando la combustión es acelerada se puede producir una deflagración para esto se requiere un oxidante más combustible más sensibilizador, produce calor, humos, gases, vapor de agua, cenizas, su trabajo es expansivo y empujador; cuando se produce una detonación se requiere un oxidante, un combustible y un sensibilizador, produce calor, gases, vapor de agua, cenizas y onda de choque, reacciona en forma violenta (milésimas de segundo), se produce una expansión de gases a muy alta presión y temperatura asociada a onda de choque auto sostenida, su trabajo es impacto fuertemente triturador y expansivo.

Los explosivos se utilizan para generar la voladura de la roca o mineral es la técnica más efectiva para la rotura de rocas y la explotación de minerales, efectuada mediante el empleo de explosivos, por la naturaleza de estos productos y de los métodos que se emplean, presentan también un alto potencial de riesgo para las personas que la efectúan, por lo que deben tomarse todas las precauciones para su ejecución, es importante conocer los productos y los métodos empleados para su aplicación.

2.2.9. Clasificación de los explosivos

En las siguientes figuras se resume las propiedades principales de los explosivos:

Ilustración 1. Altos Explosivos



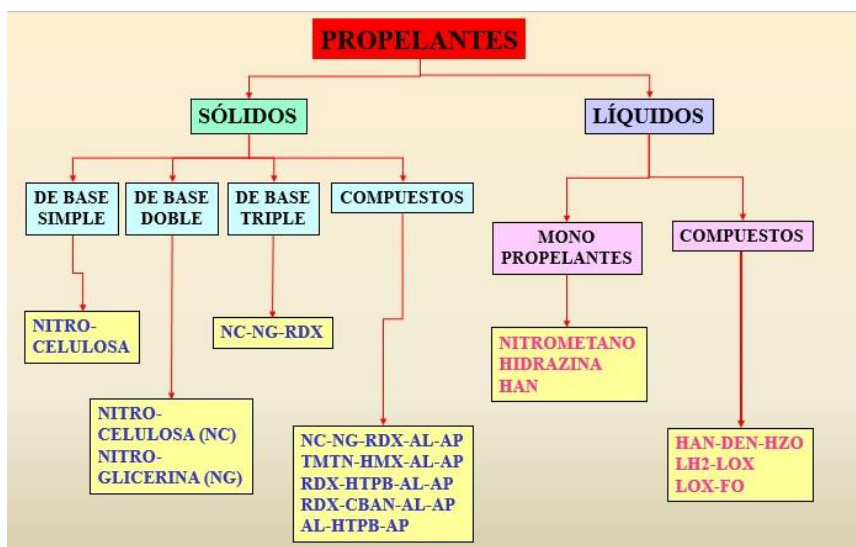
Fuente: Manual exsa

Ilustración 2. Materiales Pirotécnicos



Fuente: manual exsa

Ilustración 3. Propelantes



Fuente: Manual exsa

Ilustración 4. Clasificación práctica de los Explosivos



Fuente: Manual exsa

2.2.10. Propiedades de los explosivos

- Potencia relativa

Es la expansion que se produce durante la explosion, se expresa en volumen

- **Poder rompedor**

Conocido también como brisance del explosivo, es la capacidad de energía que posee un determinado explosivo.

- **Velocidad de detonación**

La velocidad de detonación de un explosivo es muy variable, a mayor velocidad su poder rompedor es mayor, su dimensión es de metros por segundo.

- **Densidad**

Cada tipo de explosivo tiene una densidad diferente a mayor el valor de la densidad el poder rompedor es mayor, la densidad es muy variable de acuerdo al tipo de roca que se va fragmentar, su dimensión es de gramos por centímetro cubico.

- **Presión de detonación**

Es la energía que posee el explosivo, esta energía es variable en los explosivos su uso es de acuerdo al tipo de roca, su dimensión es de Joules.

- **Diámetro critico**

El diámetro critico de un explosivo es muy importante conocer por cada explosivo, es la capacidad de detonación del explosivo en un diámetro determinado si es menor el diámetro considerado el explosivo se confina no explosiona.

- **Simpatía**

Es la capacidad de transmisión entre los explosivos a que distancia se puede ubicar un explosivo entre otro explosivo para que puedan explosionar, si es mayor el distanciamiento entre los explosivos no se produce el efecto de la explosión.

- **Sensibilidad**

Cada explosivo tiene una determinada sensibilidad a la temperatura, al golpe, al ambiente, es muy importante conocer esta propiedad para poder elegir de acuerdo al tipo de roca que se presenta, para su transporte y el ambiente donde se almacena.

- **Categoría de humos**

Es la capacidad que tiene cada explosivo de generar diferentes tipos de gases nocivos y en que concentración se clasifican en diferentes categorías.

- **Resistencia al agua**

Todo explosivo tiene diferente resistencia al agua unos son mas sensibles que otros, si se trabaja en rocas con presencia de agua hay que tener en consideración esta propiedad para elegir un determinado explosivo.

2.3. Definición de términos básicos

Arranque. Son los primeros taladros que se perforan, los que se cargan antes que los demás para ser chispeado y finalmente salen los primeros en la voladura para generar una mayor cara libre.

Burden. El burden es la distancia entre un taladro cargado con explosivo a la cara libre del frente de una malla de perforación, la distancia depende del diámetro de perforación, de propiedades de la roca y características del explosivo a utilizar.

Costos directos. Los costos directos las variables de los costos primarios en un proyecto u operación, son las inversiones en los procesos productivos de perforación, voladura y los costos de materiales e insumos, equipos.

Costos indirectos. Los costos indirectos representan los costos fijos, llegan a ser los gastos que se consideran en forma independiente de la producción. Este costo

varía en función a la magnitud de la producción proyectada, pero no se considera directamente con la producción obtenida.

Disparo soplado. El disparo soplado en una voladura es aquella donde algunos de los taladros cargados explosionaron, pero no lograron fragmentar la roca, en la evaluación visual se observa los taladros perforados.

Espaciamiento. El espaciamiento es la distancia de los taladros cargados de una misma fila o de la misma área de influencia de la malla de perforación

Frente. Un frente es el lugar donde se estacionan los perforistas y la máquina de perforación para realizar el avance respectivo mediante perforación y voladura.

Galería. Es una labor horizontal con una determinada gradiente, que se ejecuta sobre el mineral o roca estéril con el objetivo de ser el acceso de personal o mineral.

Malla de perforación. La malla de perforación es la geometría de la distribución de los taladros de un frente, considerando la relación del burden y espaciamiento y la dirección con la profundidad de taladros.

Mena. Parte más valiosa del mineral a partir del cual se puede obtener económicamente uno o más metales.

Mineral. Materia inorgánica de origen natural que compone la corteza terrestre, posee un valor económico y constituido por 2 elementos: La mena y la ganga. También es una materia inorgánica.

Minería. Parte de la industria que se ocupa de la búsqueda, extracción, beneficio y venta de los minerales y rocas de rendimiento económico.

Parámetros. Los parámetros son las diversas relaciones que se obtienen en la práctica, a través de la observación en el área de trabajo.

Perforación. La perforación es abrir en la roca huecos cilíndricos con una determinada longitud con el objetivo de alojar el explosivo y sus accesorios. La

perforación se ejecuta con diferentes equipos que se basan en la percusión y rotación, con lo que se produce la trituración de la roca.

Voladura. La voladura es la fragmentación de la roca o de desprender algún elemento estéril o metálico con el empleo de explosivos. Las mismas se realizan en labores de preparación, desarrollo, explotación de un yacimiento minero.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La aplicación de un nuevo diseño de Perforación y Voladura permite reducir los costos en la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C.

2.4.2. Hipótesis específicos

- a) Los costos de ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C., se reducen aplicando un nuevo diseño de la malla de perforación.
- b) Los costos de la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C., se reducen aplicando un nuevo diseño de la voladura.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable independiente:

X: Aplicación de un nuevo diseño de perforación y voladura en la ejecución del nivel - 450 en la Compañía Minera Casapalca S.A.C.

2.5.2. Variable dependiente:

Y: Reducir los costos de la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1. Operación de Variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Aplicación de un nuevo diseño de perforación y voladura en la ejecución del nivel - 450 en la Compañía Minera Casapalca S.A.C.	La optimización del diseño de perforación y voladura en la ejecución del nivel - 450 permite reducir los costos en la Compañía Minera Casapalca; analizando la malla de perforación utilizada y para luego elaborar nuevas mallas de acuerdo a las características del macizo rocoso, indicando el número de taladros correspondientes, inclinación y longitud de taladros. Así mismo calculando la energía del explosivo mediante software de voladura o modelos matemáticos.	Malla de Perforación	Calidad de roca	RQD
				Número de taladros	Unidad
				Burden	m.
				Espaciamiento	m.
			Carga explosiva	Densidad del explosivo	gr/cm ³
				Energía del explosivo	Joules
				Consumo Específico	Kg. /m ³
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Reducir los costos de ejecución del nivel - 450 en la Compañía Minera Casapalca S.A.C.	Cuando se ejecutan proyectos de desarrollo, preparación de frentes lineales y muchas veces los costos de perforación y voladura no son bien controlados, ello genera altos costos Cuando se ejecutan estas labores por lo que requiere nuevos diseños para reducir los costos.	Costos de Perforación	Perforadora	US\$
				Barra	US\$
				Broca	US\$
			Costos de voladura	Explosivos	US\$/v.
				Accesorios	US\$/v.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación es aplicativa, en el desarrollo que se realizará el estudio se encuentra en el nivel de profundización descriptivo, correlacional y experimental en los parámetros de perforación, voladura y costos en la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C.

3.2. Nivel de investigación

Descriptivo, correlacional y experimental

3.3. Métodos de investigación

De acuerdo a la naturaleza el método de investigación a emplearse en la investigación, es el método lógico inductivo, sintético y de análisis en el diseño de la geometría de la malla de perforación y una adecuada selección de carga explosiva con el objetivo de reducir costos en la en la ejecución del nivel -450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C.

3.4. Diseño de investigación

La investigación en estudio es cuantitativa, experimental, descriptiva y correlacional.

3.5. Población y Muestra

Población

La población de la investigación estará conformada por el proyecto de ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C.

Muestra

Para la muestra de la investigación se considera una parte del proyecto, una longitud de 200 metros de la ejecución del nivel - 450 en la Compañía Minera Casapalca S.A.C.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Cómo es una investigación cuantitativa se ha realizado en el medio in situs, las técnicas empleadas para la recolección de la data son:

- La Observación
- Anotación de datos de campo
- Entrevistas al personal del proyecto
- Análisis de información documental de la data
- Revisión de fuentes bibliográficas
- Reportes e informes del área

Instrumentos

Los principales instrumentos empleados durante la investigación son:

- Proyecto de ejecución del nivel - 450
- Informes del departamento de geología

- Informes mensuales de avances
- Valorizaciones y costos de ejecución
- Presupuesto 2020
- Eficiencias de perforación y voladura

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el análisis de datos observados se inicia la estructuración a través de la organización de la información y transcripción del material, iniciando el análisis del material, apoyado en programas como el Excel para la creación de una base de datos y su análisis de las medidas de los metros lineales de ejecución, número de taladros, cantidad de explosivo y los costos parciales empleados en la anterior malla de perforación y voladura.

3.8. Tratamiento estadístico

Para un primer nivel de análisis, se ha aplicado técnicas propias de la estadística descriptiva, como el cálculo de frecuencias absolutas y relativas, la elaboración de tablas de contingencia, gráficos de histogramas y diagramas circulares. Estas además de facilitar el orden y comparación de los datos, nos permite conocer los parámetros de las muestras con respecto a los nuevos parámetros obtenidos y el análisis de costos, los recuentos necesarios para la elaboración de estos cálculos se han realizado con el programa Microsoft Excel.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

La tesis de investigación es original y de autoría propia, fundamentado primeramente en la ejecución de la labor y la experiencia obtenida finalmente es desarrollada en mi centro de labor, producto de ello se cristaliza la investigación asimismo una recopilación de investigaciones e informes anteriores, los cuales son citados y mencionados en el desarrollo de la tesis.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Compañía Minera Casapalca S.A.C. antecedentes, ubicación del yacimiento

Durante sus inicios, Minera Casapalca estuvo vinculada a la Empresa. Johnston y Backus. Se fundó en 1889. Más adelante, en 1919, la empresa Cerro de Pasco Corporation, en ese momento de capitales estadounidenses, la adquirió. Posteriormente, tras la estatización de esta compañía, se incorpora a la empresa minera del Centro del Perú - CENTROMIN PERÚ.

El 13 de octubre de 1986 se materializa la formación legal de la Constitución. la Compañía Minera Casapalca SA comenzó a ejecutar sus operaciones. inicialmente en enero de 1987. En 1997 se consigue ganar las principales concesiones de Centromin Perú, sumadas a las demás, yacimientos de minería pequeña en las proximidades, lo que señala un hito. es el inicio para un crecimiento sostenible

El pensamiento de la Compañía Minera Casapalca desde sus comienzos, ha sido la de experimentar un crecimiento constante, las dificultades y manteniendo una

creencia sólida en las habilidades del individuo como motor del progreso y de la compañía. como creador de riqueza y simultáneamente como administrador del avance del país en su progreso.

4.1.2. Ubicación y acceso

La Compañía Minera Casapalca se encuentra en el núcleo central de la sierra de Lima, ubicada en la provincia de Huarochirí, está situada a una altitud de 3860 metros. en comparación con el nivel del mar. cerca de los distritos de Chicla, 3 de enero, San Mateo, San Antonio y Pomacocha.

Se encuentra a la altura del kilómetro. 115 en la vía Central. El Sector de El estudio es accesible desde la ciudad de Lima mediante la vía central, siguiendo las zonas de las localidades de:

- Lima
- Chosica
- Surco
- Matucana
- San Mateo
- Chicla.

Y Casapalca hasta la distancia 115 donde se encuentran las instalaciones de la Empresa Minera Los Quenuales S.A, desde este lugar se encuentra una vía asfaltada de 8 Km. que asciende por la quebrada El Carmen hacia el Sureste y lleva a las instalaciones de la Compañía Minera Casapalca SA El tiempo de desplazamiento en estas rutas es de 3 horas.

Figura 1. Ubicación de la mina Casapalca



4.1.3. Geología Casapalca

Geología Regional

El campo de investigación está situado en la cordillera occidental de los Andes, cerca del límite entre esta gigantesca estructura y el altiplano andino, representado por la meseta de Junín. En esta zona, la cordillera occidental exhibe una geología intrincada, que manifiesta todas las etapas de la orogenia andina. En este contexto, la secuencia de formaciones presentes en el área de análisis se compone de grandes rocas volcánicas y sedimentarias. El área de estudio alberga una secuencia lito estratigráfica que se extiende desde el Cretáceo hasta el Cuaternario.

Se presenta regionalmente el sistema de plegamiento andino NNW, conformado por el sinclinal Casapalca, con la estructura principal situada en el flanco oeste, y la falla Rosaura se desplaza diagonalmente. El sistema de fallas de Rosaura experimentó reactivaciones post minerales a nivel local, creando fuertes áreas de brecha calcárea y volcánica con matriz calcárea de arrastre, creando condiciones propicias para la

acumulación de sulfuros. El distrito mineral de Casapalca presenta una secuencia litoestratigráfica que se extiende desde el Cretáceo hasta el Cuaternario.

Periodo Terciario

Los siguientes intrusivos terciarios emergen en la región de interés:

- Formación Casapalca
- Formación Carlos Francisco
- Formación Bellavista o Formación Río Blanco.

Periodo Cuaternario

En la región, el Cuaternario se manifiesta a través de una serie de depósitos glaciares y conos de escombros de reciente formación.

- Pleistoceno
- Reciente
- Intrusivos
- Plegamiento
- Fracturamiento

Geología local

Alrededor del terreno rocoso se ubican materiales cuaternarios compuestos por depósitos aluviales y coluviales, así como los materiales de relaves. Los depósitos aluviales se ubican en el fondo y las pendientes de la quebrada, constituyendo el relleno del cauce. En las erupciones rocosas que forman parte del campo de estudio, poseen características estructurales más modestas y se conforman por el diaclasamiento y fracturamiento de los grandes rocosos. En el campo de investigación no se han detectado fenómenos externos de geodinámica que suponen un peligro para las instalaciones de la UM Casapalca.

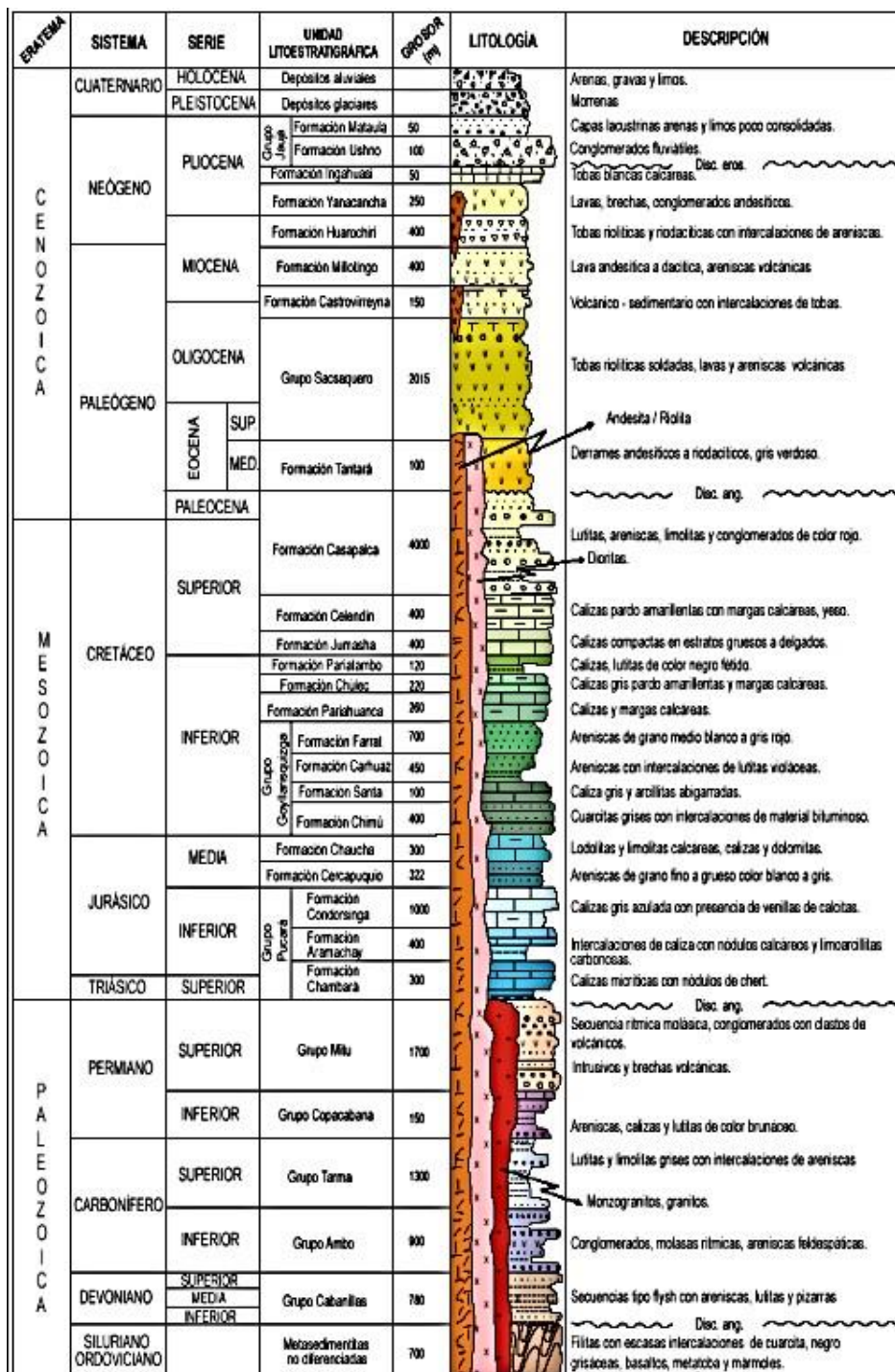
Las infraestructuras de Casapalca están situadas en una serie de rocas sedimentarias e intrusivas del Cretáceo Superior y del Terciario Inferior, revestidas por depósitos cuaternarios. La secuencia estratigráfica se compone de las unidades litológicas siguientes: Depósitos Cuaternarios; ○ Formación Río Blanco; ○ Formación Bellavista; ○ Formación Carlos Francisco

Geología Económica

La Geología económica de la mina Casapalca está vinculada a un depósito polimetálico, cuyas reservas de minerales se encuentran en vetas y cuerpos. La mineralogía de esta mena es sencilla y se compone de: Esfalerita, Galena, Tetraedrita, Freibergita y Calcopirita son las siguientes. La ganga de: carbonatos como la pirita, el cuarzo y la calcita manganífera.

El Yacimiento Mineral de Rosaura se encuentra en el distrito metalogenético de Casapalca y se encuentra geográficamente en las proximidades de las quebradas Santa Rosa y Yauliyacu, en el distrito de Chicla, en la provincia de Huarochirí, en el departamento de Lima.

Figura 2. Secuencia Estratigráfica de Casapalca



Mineralización

La mineralización polimetálica de Casapalca se encuentra en una región de falla sub-vertical con un ancho que varía entre 5 m y 25 m, y una longitud que varía de 360 m a 400 m a lo largo de la falla, con una orientación que varía entre N 50-55 W.

El proceso de mineralización se manifiesta como un relleno de las fracturas. Los minerales más destacados son la esfalerita, galena, calcopirita, carbonatos y alguna tetraedrita; la ganga se compone de cuarzo, calcita, sericita y yeso.

Se conoce como Casapalca un yacimiento en la cordillera. Pero, qué propiedades poseen este tipo de depósitos minerales. Primero, son depósitos polimetálicos que se presentan como relleno de vetas y de sustitución en rocas encajonantes de intrusión. Este tipo de mineralización posee un valor económico considerable.

Los depósitos filonianos son los depósitos de oro localizados entre Nasca y Ocoña en el Batolito de la Costa, mientras que en Casapalca se encuentran vetas polimetálicas en la Franja Volcánica Cenozoica. La composición de sus intrusivos es intermedia y de procedencia hidrotermal, cuyas soluciones rellenan fisuras o fisuras. La mineralización que exhiben suele ser resultado de fallos, fracturas y sustitución por reemplazos.

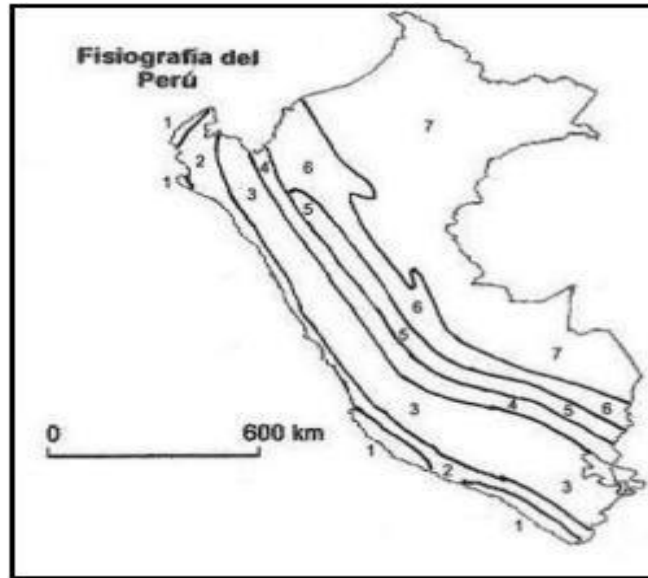
Para Casapalca, se compone de rocas volcánicas y sedimentarias que emergen en la región del terciario inferior, desde las más antiguas hasta las más recientes. Entre las que se incluyen, Formación Casapalca,

Conglomerado Carmen, Formación Bellavista y Formación Carlos Francisco; todas estas entidades previas fueron infiltradas por pequeños stocks de diorita del terciario superior. En contraposición, presenta estructuralmente plegamientos anticlinales y sinclinales, cuyos ejes poseen una dirección NNO.

El depósito de Casapalca es un depósito polimetálico situado en la cordillera occidental de la cordillera. Para comprender la mineralización y la creación de este depósito, es imprescindible considerar los factores geológicos de la región. Primero,

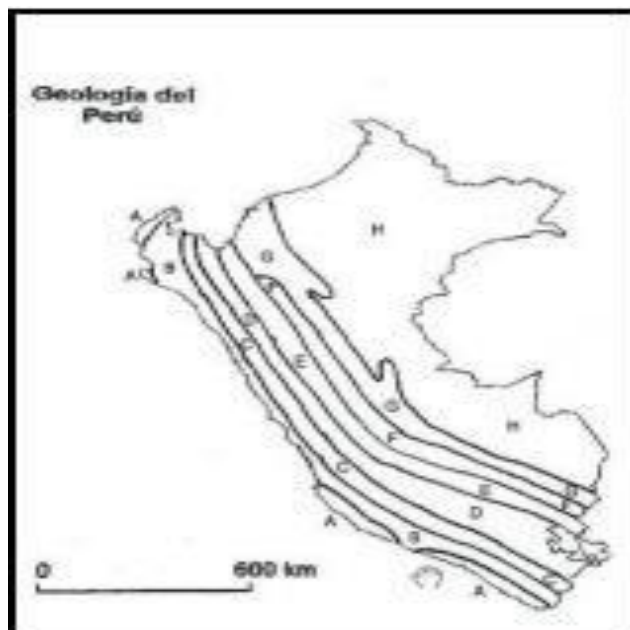
este yacimiento se ubica fisiográficamente en la cordillera occidental. La siguiente imagen muestra lo señalado anteriormente:

Figura 3. *Fisiografía del Perú.*



Casapalca está situada en la franja número 3, correspondiente a la cordillera occidental, con el batolito de la costa del Cretáceo que sobrepasa al Paleógeno más bajo. En cuanto a la geología, está situado en la Franja Volcánica Cenozoica.

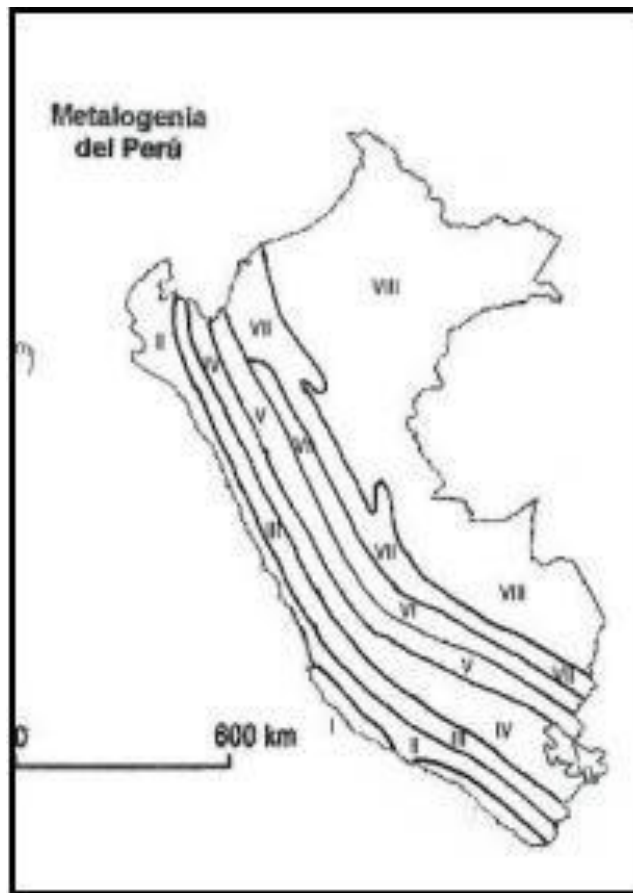
Figura 4. *Geología del Perú*



Si se considera la metalogenia en Perú, Casapalca se ubica en una franja polimetálica, a la que se le atribuye una etapa metalogenética del terciario. Esta franja está compuesta por dos fases: Paleógeno y Neógeno, que tienen una duración de 2 a 50 millones de años. Están disponibles oro, plata y polimetales.

Figura.

Figura 5. Metalogenia del Perú



Casapalca está ubicada en el rango metalogenético polimetálico IV.

Yacimiento Casapalca

Las vetas más relevantes (CMLAPS) muestran una dirección NE, con 70 grados de desplazamiento, llegan a 5km de longitud y tienen una distancia vertical cercana a 1300 m. Hacia el oeste sur, dos vetas M y L se unen en profundidad, con una orientación a unirse hacia el NO. La veta tiene un ancho inferior a 2m, con un promedio de 1m.

4.1.4. Perforación y Voladura

La perforación y voladura constituye el sistema más utilizado en la mina subterránea por lo que es necesario realizarle mejoras, en la ejecución del Nivel 450 de la compañía Minera Casapalca aplicaremos el nuevo diseño de perforación y voladura, mediante el empleo de jumbos electrohidráulicos de última generación, se ha conseguido mejorar la productividad, calidad de perforación y la comodidad de los operadores, también se ha ganado precisión en la perforación, traduciéndose esto en un menor número de taladros y carga explosiva para el arranque de la roca. Se ha logrado mayor velocidad hasta de un 60% superior a los sistemas tradicionales. También se ha experimentado una mejora sustancial en la fabricación los barrenos y brocas, que no solo se ha traducido en un incremento de la vida útil, sino que incluso nos han permitido reducir las desviaciones.

Los avances de la tecnología permiten: mayor seguridad en la manipulación de los explosivos, desarrollo de explosivos de mayor potencia y menor toxicidad, mayor precisión en los tiempos de detonación de las cargas.

El proyecto considera la generación de un nuevo diseño en el Nivel 450, del con una sección de 3.5m x 3.5m, las actividades del ciclo corresponden a:

- Evaluación Geomecánica
- Diseño de la malla de perforación
- Cálculo de la carga de explosivo
- Perforación de taladros
- Carga de los taladros con explosivo
- Voladura
- Ventilación y desate
- Limpieza de los escombros

- Sostenimiento.

4.2. Presentación, análisis e Interpretación de Resultados

4.2.1. Perforación de Taladros

Se realizará con Jumbo electrohidráulico de dos brazos, cada brazo alojará una perforadora hidráulica que perforará parte del trazo o esquema de perforación.

La perforación se hace con el objetivo de excavar la roca, para lo cual primero determinamos el tipo de roca y luego diseñamos la malla de perforación adecuada, de modo que nos permita optimizar el proceso de perforación y voladura.

Determinación del Número de Taladros

El número de Taladros requerido para una voladura subterránea depende del tipo de sección de labor (m^2), tipo de roca a volar, del grado de confinamiento del frente, grado de fragmentación que se desea obtener y del diámetro de las brocas de perforación disponibles; factores que influyen en el diagrama de perforación y por consiguiente en el número de taladros.

Para determinar la cantidad de taladros requeridos, se propone usar la siguiente fórmula:

$$NT = (P / dt) + C \times S$$

Dónde:

NT = Número de taladros

P = $(S)^{1/2} \times 4 S$ = Sección, m^2 .

dt = Distancia de taladros.

C = Coeficiente de roca.

La siguiente tabla muestra los factores de carga de acuerdo al tipo de roca:

Tabla 2. Factor de Carga

Tipo de Roca	Factor de carga K(Kg/m³)	Factor de carga c (Suecia) (Kg/m³)	UCS (MPa)
Muy Dura	3	0.6	240
Dura	2.5	0.5	140
Media	2	0.4	80
Débil	1.5	0.3	60
Muy débil	1	0.2	20

4.2.2. Longitud de Taladros

El avance está restringido por el diámetro del taladro vacío, por la desviación de los taladros, una buena perforación demanda la utilización máxima de la longitud del taladro. La perforación será muy costosa si el avance llega a ser menor del 95% de la profundidad del taladro.

La longitud del taladro puede estimarse con la siguiente fórmula:

$$L=0,15 + 34,1 \times \emptyset 2 - 39,4 \times \emptyset 2^2$$

Dónde:

L= longitud del taladro

$\emptyset 2$ = diámetro Taladro vacío (mm)

Si existe más de 1 taladro vacío el $\emptyset 2 = \emptyset 1 \times N^{\circ} \text{barreno}^{1/2}$

Con $\emptyset 1$ = taladro producción.

El avance será:

$$A=0.95 (L)$$

Desviación de la Perforación:

$$F= \text{sen} \alpha \times L + \beta$$

Dónde:

F = desviación de la perforación

B = Error de emboquillado

A = Desviación angular

L =Longitud del barreno

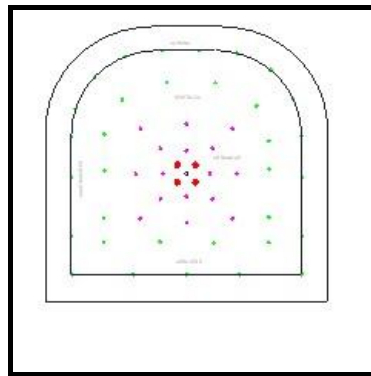
Accesorios de Perforación

Las características de la roca, el tipo de maquinaria de perforación y el diámetro de los cartuchos de explosivo a utilizar, definirán los accesorios de perforación, como los adaptadores, varillas o barrenos, brocas (bits), Zonas de Perforación del Nivel 450.

Secciones de Perforación

Para la perforación y voladura, las secciones en el frente del Nivel 450, la dividimos en:

Ilustración 5. Sección de Perforación



- A. Arranque
- B. Ayudas Arranque
- C. Cuadradores
- D. Arrastres
- E. Contorno

Arranque

El Arranque es la fase de la voladura que se dispara en primer lugar. Su finalidad es crear una primera abertura en la roca que ofrezca al resto de las fases una cara libre hacia la que pueda proyectarse la roca, con lo cual se posibilita y facilita su arranque. El arranque es sin duda la más importante de todas las fases de la voladura en relación con el avance. La ubicación del arranque está en función de las estructuras presentes en

el Nivel 450, pudiendo variar su ubicación típica, es decir, central hacia los arrastres. Esto quiere decir que si es necesario se puede modificar la colocación del arranque por motivos geotécnicos y de la forma de salida de la voladura.

El arranque que vamos a usar por su simplicidad es el paralelo. Consiste en cuatro taladros vacíos (taladro de alivio), sin explosivos, de mayor diámetro que el resto (76 mm) y, a su alrededor taladros de (45 mm), cargados que explotan sucesivamente siguiendo una secuencia preestablecida. La misión del taladro de alivio es la de ofrecer una superficie libre que evite el confinamiento de la roca de modo que facilite su arranque.

Se propone usar las siguientes fórmulas:

- Burden I cuadrante: $B_1 = 1.5 \text{ A } 1.7 \text{ } \varnothing \text{ Taladro Vacío}$
- Espaciamiento I cuadrante: $E_{1C} = B_1 \times 2^{1/2}$
- Burden de II a IV cuadrante: $B_2 = 8.8 \times 10^{-2} \times ((E_{1C} \times L \times S_{\text{Anfo}}) \times (d \times c)^{-1})^{1/2}$
- Espaciamiento de II a IV cuadrante: $E_2 = (B_2 + E_{1C}/2) \times 2^{1/2}$

Dónde:

E_{1C} = Espaciamiento I cuadrante

L = Concentración de carga del explosivo

S_{Anfo} = potencia relativa con respecto a anfo

d = Diámetro de taladro

c = Factor de roca

La geometría para el corte y los taladros para ampliación el corte está diseñada en la siguiente figura.

Ilustración 6. *Distancia Estimada del Alivio al Primer Taladro de Arranque*

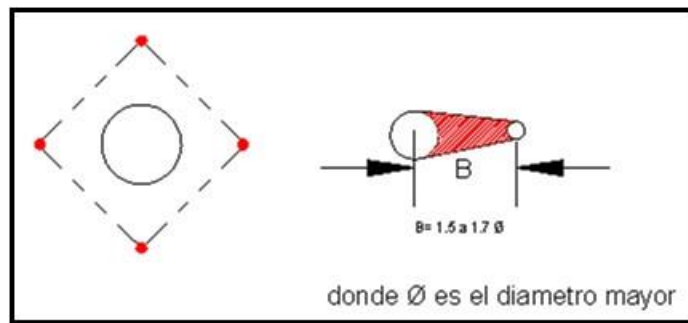
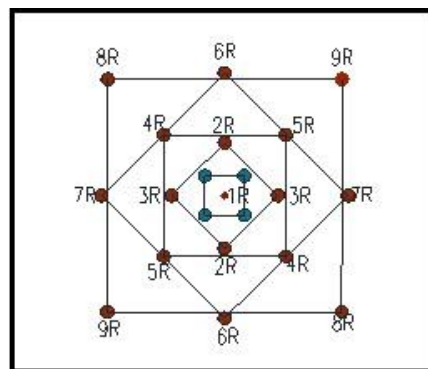


Ilustración 7. *Esquema Geométrico de Arranque*



Cuadradores

Los Cuadradores es la parte central y más amplia de la voladura, cuya eficacia depende fundamentalmente del éxito de la zona del arranque y ayudas del arranque, que es la zona crítica de la voladura.

Se propone usar las siguientes formulas:

- Burden: $B_{\text{cuadradores}} = 0.9 \times ((lb \times S_{\text{Anfo}}) / (c \times f \times E/B))^{1/2}$
- Espaciamiento: $\text{Cuadradores} = E/B \times E \text{ contorno}$

Dónde:

lb = Concentración de carga del explosivo

S_{Anfo} = potencia relativa con respecto a anfo

c = Factor de roca corregido

f = Factor de fijación

E/B = Relación espaciamento Burden

Arrastres

El arrastre es la zona de la voladura situada en la base del frente, a ras de la base de la excavación. Los taladros extremos deben ir un poco abiertos. Formando un abanico hacia afuera con el fin de dejar sitio suficiente para la perforación del siguiente avance. Los taladros del arrastre son los que más carga explosiva contienen ya que, aparte de romper la roca han de levantar ésta hacia arriba. Para controlar el esparcimiento del material de la voladura a lo largo de la labor, van ligeramente inclinados hacia abajo y son disparados en último lugar.

Se propone usar las siguientes formulas:

$$\text{Burden: } B_{\text{cuadradores}} = 0.9 \times ((lb \times S_{\text{Anfo}}) / ((c + 0.07) \times f \times E/B))^{1/2}$$

$$\text{Espaciamiento: } C_{\text{cuadradores}} = (\text{Ancho de túnel} - 2 \times 0.2) /$$

$$(N_{\text{tiroszapateras}} - 1)$$

Dónde:

lb= Concentración de carga del explosivo

S_{Anfo}: potencia relativa con respecto a anfo

c = Factor de roca corregido

f = Factor de fijación

E/B= Relación espaciamento Burden

Contorno

Los taladros perimetrales o de contorno son importantes pues de ellos dependerá la forma perimetral de la excavación resultante. Lo ideal es que la forma real del perímetro del túnel sea lo más parecida posible a la teórica, aunque las irregularidades y discontinuidades de la roca dificultan dicho objetivo.

El recorte consiste en perforar un número importante de taladros paralelos al eje de la labor en el contorno, a la distancia conveniente y con una concentración de

explosivo que varía de acuerdo al tipo de roca, se inicia junto a la voladura de producción como última fila de iniciación y la técnica consiste en el arranque de roca hacia un frente libre el espaciamiento de las cargas es mayor y produce un menor costo.

Se propone usar las siguientes formulas:

$$\text{Burden: } B_{\text{cuadradores}} = 0.9 \times ((lb \times S_{\text{Anfo}}) / ((c + 0.05) \times f \times E/B))^{1/2}$$

$$\text{Espaciamiento: } E_{\text{contorno}} = \emptyset \times 15 \text{ Dónde:}$$

lb = Concentración de carga del explosivo

S_{Anfo} = potencia relativa con respecto a anfo

c = Factor de roca corregido

f = Factor de fijación

E/B = Relación espaciamiento burden.

Para el recorte emplearan explosivo especial para trabajos de voladura controlada (Exacorte), 4 cartuchos de (710 mm x 22 mm).

La voladura en la zona del Arranque, Cuadradores y Arrastres se llevará a cabo con emulsión explosiva Emulnor 3000 para voladura de rocas regular a muy duras, la cual tiene por ventajas los siguientes puntos:

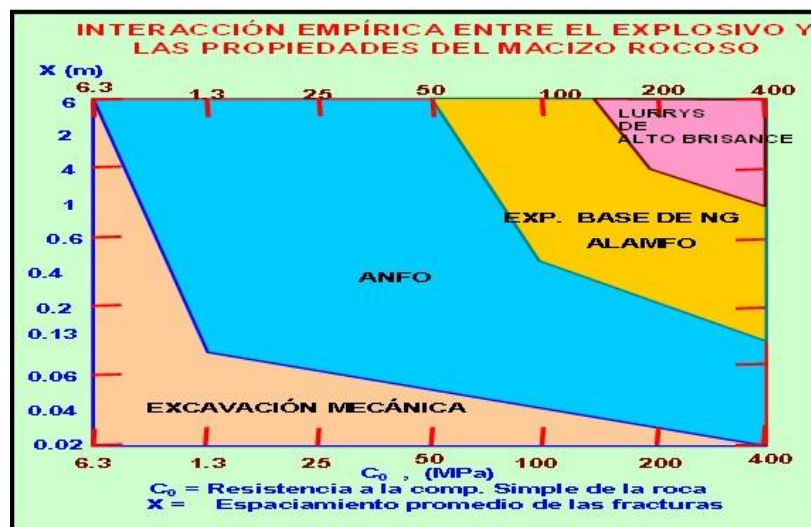
- Sensible al cordón detonante, directamente
- Potencia elevada, gran poder triturador para rocas duras
- Alta densidad 1.14 gr/cm³
- Gran resistencia al agua y estabilidad química
- Larga vida útil en almacenaje adecuado (más de un año)
- Muy raras fallas por insensibilidad a la iniciación
- Muy buena capacidad de transmisión de la detonación (simpatía) para el carguío espaciado, que es el que vamos a emplear (1 cartucho / pie perforado)
- Gran facilidad de carguío.

Carga de los Taladros con Explosivos

Selección del Explosivo

A fin de elegir un explosivo que se adecue al terreno, se ha recurrido al teorema de Holmberg la cual tomo en cuenta el fracturamiento promedio del macizo rocoso y la resistencia a la compresión de la sustancia rocosa.

Ilustración 8. Selección de Explosivo



Comparación de Explosivo

Se compara la potencia relativa, en peso, con respecto al Anfo (SANfo) de los explosivos en actual uso y de los propuestos en este estudio. Los valores SANfo se emplearán como datos de ingreso en cálculos varios de voladura, así como para determinar la cantidad necesaria en las voladuras de la labor.

Tabla 3. Parámetros de Explosivo

Explosivo	Energía de Detonación MJ/kg	Volumen de Gases m³/kg	Velocidad Detonación m/s	Densidad Tn/m³	Potencia en Peso Sanfo
Emulsión 1	3.26	0.92	5800	1130	0.85
Emulsión 3	3.82	0.88	5700	1140	1
Emulsión 5	4.23	0.87	5500	1160	1.05
Emulsión ½	2.63	0.95	4400	900	0.67
Dinamita 45	3.68	0.945	3400	1160	0.88
Dinamita 80	4.02	0.916	4500	1180	1.01
Anfo	3.92	0.973	3500	850	1
A	B	C	D	E	F

Analizando el Factor de Potencia o Factor de Carga (kg/m³)

El factor de potencia o factor de carga, es la cantidad de explosivo por m³ de material volado, en la tabla, se muestran los estándares propuestos (factores de potencia, carga etc.).

Tabla 4. *Kilogramos de Explosivo Estimado por m³ de Roca*

Área del túnel en m ²		Kilogramos de explosivos estimados por m ³ de roca					
		En roca dura y tenaz		En roca intermedia		En roca suave y friable	
De	a	de	a	de	a	de	a
1	5	2.6	3.2	1.8	2.3	1.2	1.6
5	10	2	2.6	1.4	1.8	0.9	1.2
10	20	1.65	2	1.1	1.4	0.6	0.9
20	40	1.2	1.65	0.75	1.1	0.4	0.6
40	60	0.8	1.2	0.5	0.75	0.3	0.4

Los Accesorios de Voladura

Los accesorios de voladura que se recomiendan son:

- Mecha de seguridad, de 5 g/m para la troncal y de 10 g/m para las derivaciones que van a la gelatina
- Detonador de inicio
- Retardos de ms y lp
- El sistema de encendido de la voladura es:
 - Mecha de seguridad (guía). (la mecha debe ser encendida por fósforo o mediante encendedores especiales de chispa). Por cuestión de seguridad se recomienda que cada frente se arme con 1.5 m de mecha de seguridad para que el operador de voladura tenga tiempo de escape suficiente.
 - Detonador de inicio o Línea principal de cordón (troncal), cordón detonante de 5 g/m tendida a lo largo de toda la voladura o
 - Tramos laterales de cordón detonante (derivaciones) de 10g/m amarrados a la troncal que va a la carga de gelatina de los taladros del cuele. Estos tramos de cordón detonante serán de 0.15 m mayor que la longitud total del taladro para que tenga espacio suficiente para el amarre con la troncal o Retardo de 35 ms

que se colocan entre los taladros y la troncal para dar la secuencia de salida en ms.

Parámetros para el Diseño de Malla

Tabla 5. Parámetros para el Diseño de Malla Sección - 4.0x4.0

PARÁMETROS DISEÑO MALLA	UND	II	III	IV	V
Ancho del Túnel	m	4.0	4.0	4.0	4.0
Altura del Túnel	m	4.0	4.0	4.0	4.0
Área Sección Vertical	m ²	14.28	14.28	14.28	14.28
Perímetro	m	11.14	11.14	11.14	11.14
Densidad de la roca	Tn/m ³	2.70	2.70	2.70	2.70
Porcentaje de avance por tipo de Roca	%	90%	85%	70%	50%
Diámetro del Taladro (*)	m	0.045	0.045	0.045	0.045
Diámetro del Taladro alivio	pulg	3	3	3	3
Diámetro del Taladro alivio (*)	m	0.076	0.076	0.076	0.076
N° Taladros de alivio	c/u	4	4	4	4
Diámetro equiv. Taladro vacío	m	0.152	0.152	0.152	0.152
Factor de roca	%	0.60	0.40	0.30	0.20
Factor de Fijación		1.45	1.45	1.45	1.45
E/B		1	1	1	1
Angulo de inclinación Barrenos zapateras	m	0.2	0.2	0.2	0.2
error de emboquillado	m	0.02	0.02	0.02	0.02

Desviación Angular		0.01	0.01	0.01	0.01
Desviación de la Perforación	m/m	0.037	0.037	0.037	0.037

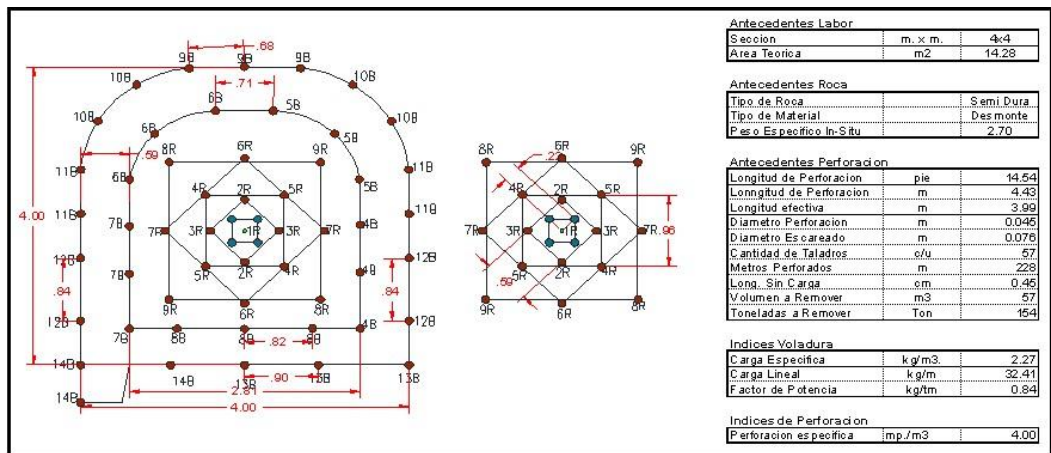
EXPLOSIVOS	UND	II	III	IV	V
Explosivo Cuadrantes					
Largo del explosivo	m	0.30	0.30	0.30	0.30
Peso del explosivo	kg	0.27	0.27	0.27	0.27
Potencia Relativa con respecto al Anfo	S anfo	1.0	1.0	1.0	1.0
Explosivo Zapateras					
Largo del explosivo	m	0.30	0.30	0.30	0.30
Peso del explosivo	kg	0.27	0.27	0.27	0.27
Potencia Relativa con respecto al Anfo	S anfo	1.00	1.00	1.00	1.00
Explosivo Coronas					
Largo del explosivo	m	0.71	0.71	0.71	0.71
Peso del explosivo	kg	0.20	0.20	0.20	0.20
Potencia Relativa con respecto al Anfo	S anfo	0.76	0.76	0.76	0.76

LONGITUD DE PERFORACION RECOMENDADA	UND	II	III	IV	V
Largo Perforación	m	4.43	4.43	4.43	4.43
Avance Estimado	m	3.99	3.77	3.10	2.22

MALLA PERFORACIÓN	UND	II	III	IV	V
Arranque					
Burden	m	0.22	0.22	0.24	0.25
Concentración de carga del explosivo	Kg/m	0.95	0.63	0.58	0.46
Espaciamento	m	0.31	0.31	0.34	0.36
Taco	m	0.45	0.45	0.45	0.45
Largo de la columna a cargar	m	3.54	3.32	2.65	1.77
Carga de un barreno	kg/m	3.36	2.10	1.54	0.82
Número de cartuchos de explosivo	und	11.00	7.00	5.00	4.00
Primera Ayuda					
Burden Teórico	m	0.29	0.29	0.33	0.38
Burden Practico	m	0.26	0.26	0.30	0.34
Espaciamento	m	0.64	0.64	0.71	0.79
Espaciamento Practico	m	0.55	0.55	0.62	0.70
Segunda Ayuda					
Burden Teórico	m	0.42	0.42	0.49	0.56
Burden Practico	m	0.38	0.38	0.45	0.52
Espaciamento	m	1.04	1.04	1.19	1.35
Espaciamento Practico	m	0.95	0.95	1.10	1.26
Tercera Ayuda					
Burden Teórico	m	0.53	0.53	0.63	0.73
Burden Practico	m	0.49	0.49	0.59	0.70
Espaciamento	m	1.49	1.49	1.73	1.99
Espaciamento Practico	m	1.33	1.33	1.58	1.84
ZAPATERAS (PISO)	UND	II	III	IV	V
Burden	m	0.90	1.05	1.28	1.57
Espaciamento	m	0.90	0.90	1.20	1.20
N taladros zapateras	N	5.00	5.00	4.00	4.00
Taco	m	0.45	0.45	0.45	0.45

Largo de la columna a cargar	m	3.54	3.32	2.65	1.77
Carga de un barreno	kg/m	3.36	2.10	1.54	0.82
Número de cartuchos de explosivo	und	12.00	8.00	6.00	4.00
Total de Cartuchos PRC	und	60	40	24	16
CAJAS (CUADRADORES)	UND	II	III	IV	V
E/B		1.25	1.25	1.25	1.25
Burden	m	0.74	0.88	1.08	1.35
Concentración teórica	Kg/m	0.95	0.63	0.58	0.46
Numero de taladros por caja (hastial)	m	3.1	3.0	2.1	2
espaciamento	m	0.84	0.84	0.84	0.84
Taco	m	0.45	0.45	0.45	0.45
Largo de la columna a cargar	m	3.54	3.32	2.65	1.77
Carga de un barreno	kg/m	3.36	2.10	1.54	0.82
Número de cartuchos de explosivo	und	9.00	7.00	5.00	3.00
Total de Cartuchos PRC	und	28	21	10	7
CORONAS (RECORTE)	UND	II	III	IV	V
Concentración carga teórica	Kg/m	0.18	0.18	0.18	0.18
Burden	m	0.52	0.74	0.96	1.34
Factor de Fijación		1.25	1.25	1.25	1.25
E/B		0.80	0.80	0.80	0.80
Espaciamento	m	0.68	0.68	0.68	0.68
n° tiros coronas	und	9.00	9.00	9.00	9.00
Explosivo por tiro ó carga de un barreno	kg/barreno	0.73	0.69	0.57	0.40
Número de cartuchos	und	4.00	4.00	3.00	3.00
Total de cartuchos	und	36	36	27	27

Diseño Malla 4.0 X 4.0



Area	Nº Tal c/u	Tal mm	Cartuchos por Taladro	Sub Total de Cartuchos	PESO EXPLOSIVO	
					kg	Total Kg
Tal Vacios Arranque	4	102				
Tal Vacios Recorte	0	45				
Arranque	1	45	11	11	0.27	2.97
Primera Ayuda	4	45	11	44	0.27	11.88
Segunda Ayuda	4	45	10	40	0.27	10.80
Tercera Ayuda	4	45	10	40	0.27	10.80
Cuarta Ayuda	4	45	10	40	0.27	10.80
Ayuda Piso	5	45	10	50	0.27	13.50
Piso	6	45	12	72	0.27	19.44
Pre Perimetro	10	45	10	100	0.27	27.00
Cuadrador	6	45	9	55	0.27	14.87
Recorte	9	45	4	36	0.20	7.20
Total de Taladro	57			488		129.26
Taladros vacios	4					
Taladros cargados	53					

Serie	Ms	Lp
# 1	1	
# 2	2	
# 3	2	
# 4	2	3
# 5	2	3
# 6	2	3
# 7	2	3
# 8	2	3
# 9	2	3
# 10	2	4
# 11		4
# 12		4
# 13		3
# 14		3
# 15		0
Total	17	36

(Puede ser Fanel, Excel, Tecnel)
(Puede ser Fanel, Excel, Tecnel)

TIPO DE ROCA II

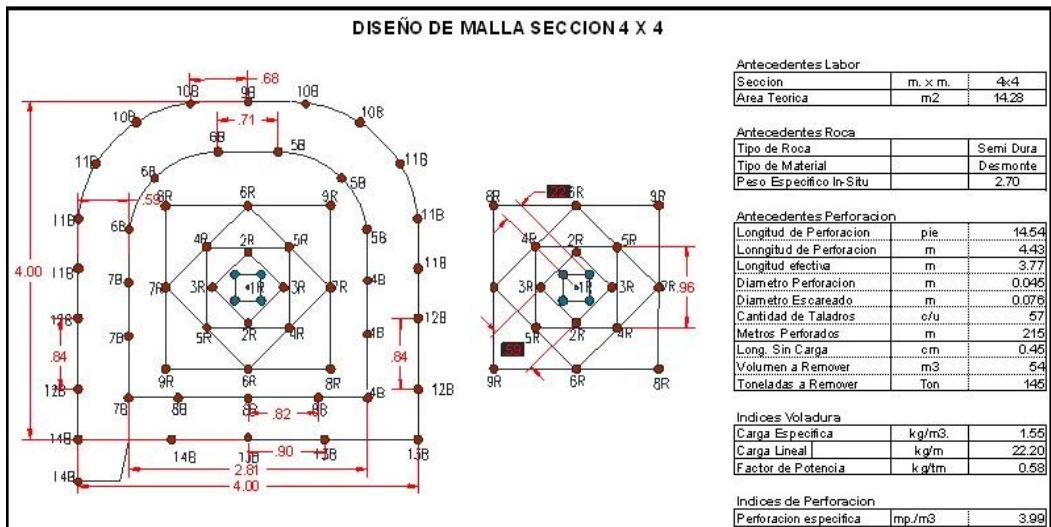


Tabla 6. Parámetros para el Diseño de Malla Sección – 3.5x3.5

PARÁMETROS DISEÑO MALLA	UND	II	III	IV	V
Ancho del Túnel	m	3.5	3.5	3.5	3.5
Altura del Túnel	m	3.5	3.5	3.5	3.5
Área Sección Vertical	m ²	10.94	10.94	10.94	10.94
Perímetro	m	10.14	10.14	10.14	10.14
Densidad de la roca	Tn/m ³	2.70	2.70	2.70	2.70
Porcentaje de avance por tipo de Roca	%	90%	85%	70%	50%
Diámetro del Taladro (*)	m	0.045	0.045	0.045	0.045
Diámetro del Taladro alivio	pulg	3	3	3	3
Diámetro del Taladro alivio (*)	m	0.076	0.076	0.076	0.076
N° Taladros de alivio	c/u	4	4	4	4
Diámetro equiv. Taladro vacío	m	0.152	0.152	0.152	0.152
Factor de roca	%	0.60	0.40	0.30	0.20
Factor de Fijación		1.45	1.45	1.45	1.45
E/B		1	1	1	1
Angulo de inclinación Barrenos zapateras	m	0.2	0.2	0.2	0.2
error de emboquillado	m	0.02	0.02	0.02	0.02
Desviación Angular		0.01	0.01	0.01	0.01
Desviación de la Perforación	m/m	0.037	0.037	0.037	0.037

EXPLOSIVOS	UND	II	III	IV	V
Explosivo Cuadrantes					
Largo del explosivo	m	0.30	0.30	0.30	0.30
Peso del explosivo	kg	0.27	0.27	0.27	0.27
Potencia Relativa con respecto al Anfo	S anfo	1.0	1.0	1.0	1.0
Explosivo Zapateras					
Largo del explosivo	m	0.30	0.30	0.30	0.30
Peso del explosivo	kg	0.27	0.27	0.27	0.27
Potencia Relativa con respecto al Anfo	S anfo	1.00	1.00	1.00	1.00
Explosivo Coronas					
Largo del explosivo	m	0.71	0.71	0.71	0.71
Peso del explosivo	kg	0.20	0.20	0.20	0.20
Potencia Relativa con respecto al Anfo	S anfo	0.76	0.76	0.76	0.76

LONGITUD DE PERFORACIÓN RECOMENDADA	UND	II	III	IV	V
Largo Perforación	m	4.43	4.43	4.43	4.43
Avance Estimado	m	3.99	3.77	3.10	2.22

MALLA PERFORACION	UND	II	III	IV	V
Arranque					
Burden	m	0.19	0.19	0.21	0.22
Concentración de carga del explosivo	Kg/m	0.60	0.40	0.38	0.32
Espaciamento	m	0.27	0.27	0.29	0.31
Taco	m	0.45	0.45	0.45	0.45
Largo de la columna a cargar	m	3.54	3.32	2.65	1.77
Carga de un barreno	kg/m	2.13	1.33	1.01	0.56
Número de cartuchos de explosivo	und	8.00	5.00	4.00	3.00
Primera Ayuda					
Burden Teórico	m	0.22	0.22	0.25	0.29
Burden Practico	m	0.18	0.18	0.22	0.26
Espaciamento	m	0.50	0.50	0.56	0.64
Espaciamento Practico	m	0.41	0.41	0.48	0.55
Segunda Ayuda					
Burden Teórico	m	0.29	0.29	0.35	0.42
Burden Practico	m	0.26	0.26	0.31	0.38
Espaciamento	m	0.77	0.77	0.90	1.04
Espaciamento Practico	m	0.68	0.68	0.81	0.95
Tercera Ayuda					
Burden Teórico	m	0.36	0.36	0.44	0.53
Burden Practico	m	0.33	0.33	0.41	0.49
Espaciamento	m	1.06	1.06	1.26	1.49
Espaciamento Practico	m	0.90	0.90	1.11	1.33

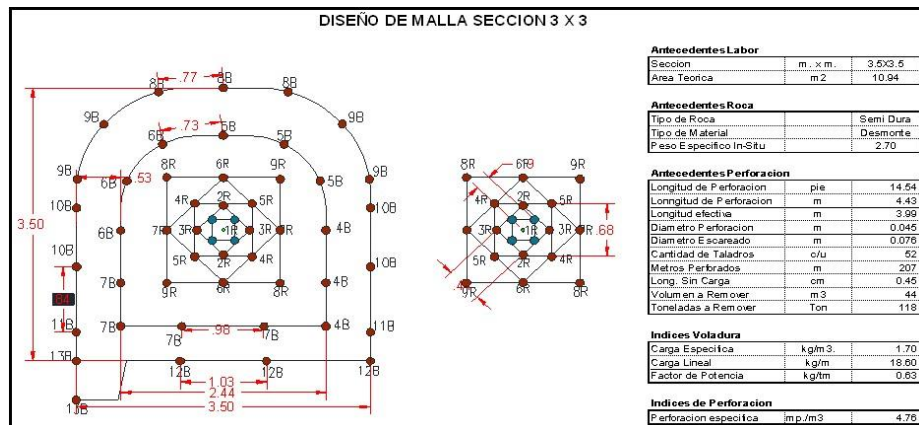
ZAPATERAS (PISO)	UND	II	III	IV	V
Burden	m	0.72	0.84	1.04	1.29
Espaciamento	m	1.03	1.03	1.03	1.03
N taladros zapateras	N	4.00	4.00	4.00	4.00
Taco	m	0.45	0.45	0.45	0.45
Largo de la columna a cargar	m	3.54	3.32	2.65	1.77
Carga de un barreno	kg/m	2.13	1.33	1.01	0.56
Número de cartuchos de explosivo	und	8.00	5.00	4.00	3.00
Total de Cartuchos PRC	und	32	20	16	12

CAJAS (CUADRADORES)	UND	II	III	IV	V
E/B		1.25	1.25	1.25	1.25
Burden	m	0.59	0.70	0.88	1.12
Concentración teórica	Kg/m	0.60	0.40	0.38	0.32
Numero de taladros por caja (hastial)	m	3.00	2.00	2.00	2.03
espaciamento	m	0.84	0.84	0.84	0.84
Taco	m	0.45	0.45	0.45	0.45
Largo de la columna a cargar	m	3.54	3.32	2.65	1.77
Carga de un barreno	kg/m	2.13	1.33	1.01	0.56
Número de cartuchos de explosivo	und	5.00	4.00	3.00	2.00
Total de Cartuchos PRC	und	15	8	6	4

CORONAS (RECORTE)	UND	II	III	IV	V
Concentración carga teórica	Kg/m	0.18	0.18	0.18	0.18
Burden	m	0.52	0.74	0.96	1.34
Factor de Fijación		1.25	1.25	1.25	1.25
E/B		0.80	0.80	0.80	0.80
Espaciamento	m	0.68	0.68	0.68	0.68
n° tiros coronas	und	7.00	7.00	7.00	7.00
Explosivo por tiro ó carga de un barreno	kg/barreno	0.77	0.69	0.57	0.40
Número de cartuchos	und	4.00	4.00	3.00	3.00
Total de cartuchos	und	28	28	21	21

Diseño de Malla 3.5 X 3.5

Ilustración 9. Malla 3.5.x.3.5

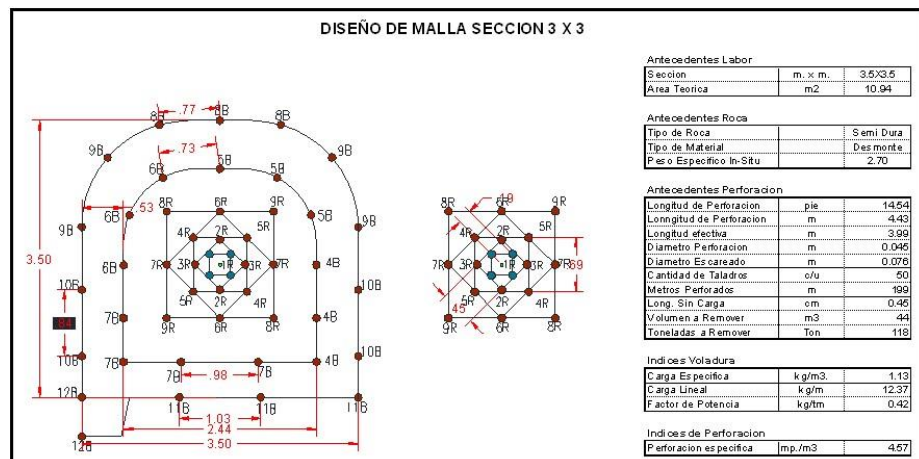


Area	N° Tal c/u	Tal mm	Cartuchos por Taladro	Sub Total de Cartuchos	PESO EXPLOSIVO kg	Total Kg
Tal Vacios Arranque	4	102				
Tal Vacios Recorte	0	45				
Arranque	1	45	8	8	0.27	2.16
Primera Ayuda	4	45	7	28	0.27	7.56
Segunda Ayuda	4	45	7	28	0.27	7.56
Tercera Ayuda	4	45	7	28	0.27	7.56
Cuarta Ayuda	4	45	7	28	0.27	7.56
Ayuda Piso	4	45	7	28	0.27	7.56
Piso	5	45	8	40	0.27	10.80
Fie Perimetro	9	45	4	36	0.27	9.72
Cuadrador	6	45	5	30	0.27	8.10
Recorte	7	45	4	28	0.20	5.60
Total de Taladro	52			282		74.18
Taladros vacios	4					
Taladros cargados	48					

TIPO DE ROCA II

Serie	Ms	Lp
# 1	1	
# 2	2	
# 3	2	
# 4	2	3
# 5	2	3
# 6	2	3
# 7	2	4
# 8	2	3
# 9	2	4
# 10	2	4
# 11	2	2
# 12	2	3
# 13	2	2
# 14		
# 15		0
Total	17	31

(Puede ser Fanel, Excel, Teonel)
(Puede ser Fanel, Excel, Teonel)



Area	N° Tal c/u	Tal mm	Cartuchos por Taladro	Sub Total de Cartuchos	PESO EXPLOSIVO kg	Total Kg
Tal Vacios Arranque	4	102				
Tal Vacios Recorte	0	45				
Arranque	1	45	5	5	0.27	1.35
Primera Ayuda	4	45	4	16	0.27	4.32
Segunda Ayuda	4	45	4	16	0.27	4.32
Tercera Ayuda	4	45	4	16	0.27	4.32
Cuarta Ayuda	4	45	4	16	0.27	4.32
Ayuda Piso	4	45	4	16	0.27	4.32
Piso	5	45	5	25	0.27	6.75
Fie Perimetro	9	45	4	36	0.27	9.72
Cuadrador	4	45	4	16	0.27	4.32
Recorte	7	45	4	28	0.20	5.60
Total de Taladro	50			190		49.34
Taladros vacios	4					
Taladros cargados	46					

TIPO DE ROCA III

Serie	Ms	Lp
# 1	1	
# 2	2	
# 3	2	
# 4	2	3
# 5	2	3
# 6	2	3
# 7	2	4
# 8	2	3
# 9	2	4
# 10	2	4
# 11	2	3
# 12	2	2
# 13	2	2
# 14		
# 15		0
Total	17	29

(Puede ser Fanel, Excel, Teonel)
(Puede ser Fanel, Excel, Teonel)

DISEÑO DE MALLA SECCION 3 X 3

Antecedentes Labor

Sección	m. x m.	3.5/3.5
Area Teórica	m2	10.94

Antecedentes Roca

Tipo de Roca		Semi Dura
Tipo de Material		Desmonte
Peso Especifico In-Situ		2.70

Antecedentes Perforacion

Longitud de Perforacion	pie	14.54
Longitud de Perforacion	m	4.43
Longitud efectiva	m	3.10
Diámetro Perforacion	m	0.045
Diámetro Escariado	m	0.076
Cantidad de Taladros	c/u	46
Metros Perforados	m	143
Long. Sin Carga	cm	0.46
Volumen a Remover	m3	34
Toneladas a Remover	Ton	92

Indice Voladura

Carga Especifica	kg/m3.	1.03
Carga Lineal	kg/m	11.22
Carga de Potencia	kg/tm	0.38

Indice de Perforacion

Perforacion especifica	mp./m3	4.21
------------------------	--------	------

Area	N° Tal c/u	Tal mm	Cartuchos por Taladro	Sub Total de Cartuchos	PESO EXPLOSIVO	
					kg	Total Kg
Tal Vacíos Arranque	4	102				
Tal Vacíos Recorte	3	45				
Arranque	1	45	4	4	0.27	1.08
Primera Ayuda	4	45	3	12	0.27	3.24
Segunda Ayuda	4	45	3	12	0.27	3.24
Tercera Ayuda	4	45	3	12	0.27	3.24
Cuarta Ayuda	0	45	3	-	0.27	0.00
Ayuda Piso	4	45	3	12	0.27	3.24
Piso	5	45	4	20	0.27	5.40
Pre Perimetro	9	45	4	36	0.27	9.72
Cuadrador	4	45	3	12	0.27	3.24
Recorte	4		3	12	0.20	2.40
Total de Taladro	45			132		34.80
Taladros vacíos		7				
Taladros cargados		39				

Serie	Ms	Lp
# 1	1	
# 2	2	
# 3	2	
# 4	2	3
# 5	2	3
# 6	2	3
# 7	2	4
# 8		2
# 9		2
# 10		4
# 11		3
# 12		2
# 13		
# 14		
# 15		0
Total	13	26

(Puedes ser Fanel, Excel, Teonel)

DISEÑO DE MALLA SECCION 3 X 3

Antecedentes Labor

Seccion	m. x m.	3.5X3.5
Area Teorica	m2	10.94

Antecedentes Roca

Tipo de Roca	Semi Dura	
Tipo de Material	Desmorte	
Peso Especifico In-Situ		2.70

Antecedentes Perforacion

Longitud de Perforacion	pie	14.54
Longitud de Perforacion	m	4.43
Longitud efectiva	m	2.22
Diametro Perforacion	m	0.046
Diametro Escariado	m	0.076
Cantidad de Taladros	c/u	43
Metros Perforados	m	96
Long. Sin Carga	cm	0.46
Volumen a Remover	m3	24
Toneladas a Remover	Ton	66

Indices Voladura

Carga Especifica	kg/m3.	0.83
Carga Lineal	kg/m	9.03
Factor de Potencia	kg/tm	0.31

Indices de Perforacion

Perforacion especifica	mp/m3	3.94
------------------------	-------	------

Area	N° Tal c/u	Tal m m	Cartuchos por Taladro	Sub Total de Cartuchos	PESO EXPLOSIVO	
					kg	Total Kg
Tal Vacios Arranque	4	102				
Tal Vacios Recorte	13	45				
Arranque	1	45	3	3	0.27	0.81
Primera Ayuda	4	45	3	12	0.27	3.24
Segunda Ayuda	4	45	3	12	0.27	3.24
Tercera Ayuda	4	45	3	12	0.27	3.24
Cuarta Ayuda	4	45	3	12	0.27	3.24
Ayuda Piso		45	3	-	0.27	0.00
Piso	5	45	3	15	0.27	4.05
Pre Perimetro	0	45	2	-	0.27	0.00
Cuadrador	4	45	2	8	0.27	2.19
Recorte	0		0	-	0.20	0.00
Total de Taladro	43			74		20.01
Taladros vacios	17					
Taladros cargados	26					

Serie	Ms	Lp
# 1	1	
# 2	2	
# 3	2	
# 4	2	
# 5	2	
# 6	2	
# 7	2	
# 8	2	
# 9	2	
# 10		2
# 11		2
# 12		2
# 13		3
# 14		
# 15		0

Total	17	9
-------	----	---

(Puede ser Fanel, Excel, Teonel)
(Puede ser Fanel, Excel, Teonel)

TIPO DE ROCA V

4.2.3. Descripción del Procedimiento Constructivo

Esta descripción se refiere al planeamiento, procedimientos y métodos para la ejecución del Nv. 450, en lo que respecta a refugios, cruceros, estocadas de carguío, medidas de seguridad.

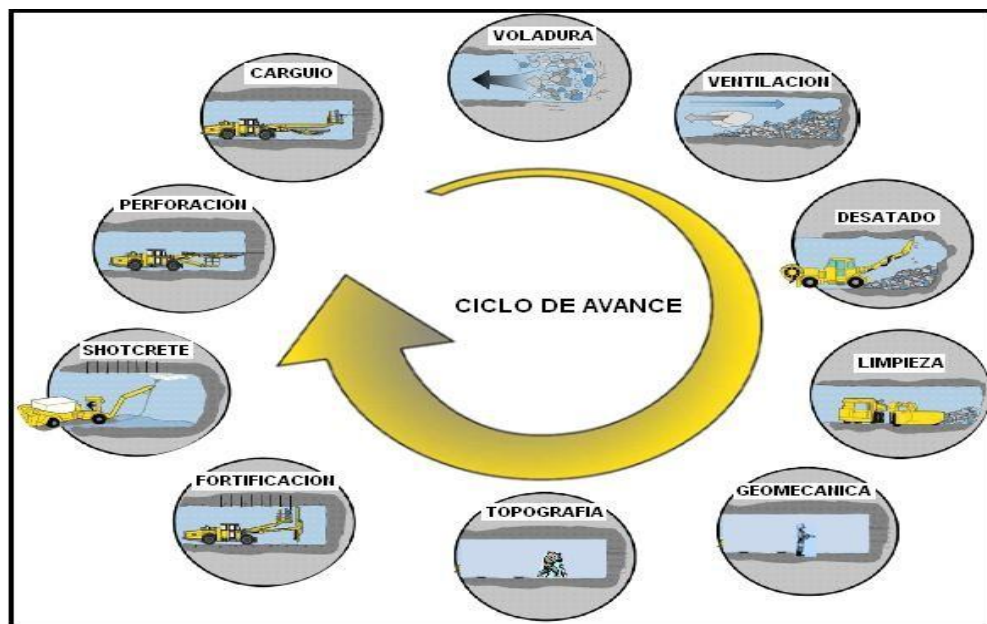
- Nivel 450: se iniciará en la cota 3942 msnm, la longitud de excavación es de 950m con una sección de 4m x 4m y una gradiente positiva del 0.5%.
- Rampa: se iniciará en superficie en la cota 4357 msnm, la longitud de excavación es de 1350m con una sección de 4.0m x 4.0m, y una gradiente positiva del 12%. La rampa será independiente del Nv. 450 para uso exclusivo de volquetes, esta rampa servirá para la evacuación del mineral y desmonte que se almacenen en los bolsillos del Nv. 450.
- Cruceros: se realizarán cada 180 m y tendrán una distancia de separación de 30 metros, con una sección de 3.5m x 3.5m, alineada con el reglamento de seguridad DS. N° 023-2017-EM - Ministerio de Energía y Minas
- Refugios para el Personal: se construirán cada 50 metros con una sección de 2.0m x 2.0m
- Todos los letreros y señalizaciones que sean requeridos se regirán a las normas vigentes de seguridad y medio ambiente con los estándares de la Compañía Minera Casapalca.

Ciclo de Avance

El ciclo de avance establecido para el desarrollo del Nv. 450, tiene las siguientes actividades:

- ✦ Ventilación: Según Reglamento DS N° 023-2017-EM - Ministerio de Energía y Minas
- ✦ Desatado de roca: Actividad de mayor cuidado durante el ciclo
- ✦ Limpieza de desmonte: Scoop 4yd³
- ✦ Mapeo Geomecánico: Caracterización del macizo rocoso en el último Tramo, excavado, previo al lanzado del shotcrete preventivo
- ✦ Topografía: Punto de dirección, línea de gradiente en el frente (Marcado del Frente)
- ✦ Sostenimiento: En correspondencia con la caracterización del Macizo Rocosos
- ✦ Perforación: En correspondencia con la malla de perforación adoptada
- ✦ Carga de explosivos: En correspondencia con el Factor de Carga
- ✦ Transporte de desmonte: Locomotora 22 ton. Con 10 carros mineros de 8 m³
- ✦ Transporte de desmonte: Escombros por camiones desde interior del Nv. 450, hacia los botaderos en superficie(15m³)

Ilustración 10. Ciclo de Avance



Ventilación

Luego del disparo con el sistema de ventilación propuesto, se ventilarán los frentes de trabajo en 45 min, el sistema de ventilación consta de los siguientes componentes:

- ✦ 02 Sets de ventilación axiales principales bietapicos con motor de 275 HP y 325 HP.
- ✦ 02 Sets de ventiladores axiales secundarios bietapicos con motor de 60HP, en paralelo en la progresiva 8500, instalado según esquema
- ✦ 02 Sets de ventiladores axiales de chorro para enfriamiento con climatizadores de aire bietapicos con motor de 100 HP, instalado según esquema
- ✦ 01 línea de manga de ventilación de 900mm de diámetro y accesorios rígidos.
- ✦ Mediciones desde el ingreso al Nv. 450, con monitores de gases marca MSA Modelo Altair (CO, CO₂, O₂, NO_x)
- ✦ Control de polvo mediante regado con agua.

Desatado de Roca

- ✦ Las rocas sueltas o “bancos colgados” que se encuentren en la bóveda o hastiales (paredes) serán desatados manualmente, se emplearán plataformas móviles hidráulicas (“tipo tijera”), las cuales permiten realizar trabajos en altura. El desate primario de roca también podría realizarse sobre la carga (desmonte), siempre que el material producto de la voladura se encuentre regado y acomodado de forma que permita el desplazamiento del personal sobre el mismo.

Limpieza de Escombros

- ✦ Comprende la limpieza del frente del disparo y el traslado del desmonte al convoy (locomotora). Este traslado se recomienda efectuarlo exclusivamente con el empleo de un Scooptrams que tenga una capacidad de cuchara de 4.0 yd³. La distancia máxima que debe separar al frente de limpieza con la cámara no debe exceder a 180 metros lineales para conseguir ciclos de avance rentables.

Control Geomecánico

- ✦ Mediante análisis técnico y la instrumentación adecuada se coordinará las recomendaciones de fortificación de acuerdo a las necesidades que se presenten en el avance, para lo cual se dará a conocer las especificaciones técnicas de los tipos de sostenimiento a aplicarse.
- ✦ Se efectuarán periódicamente ensayos a cada uno de los tipos de sostenimiento aplicados verificando el control de calidad de estos.

Control Topográfico

Comprende todos los trabajos topográficos necesarios para garantizar el replanteo y materialización de los puntos acotados en los planos, los que se encuentran referidos a la red de Triangulación y Nivelación vigente para las excavaciones subterráneas y externas de la mina.

- ✦ Control de los ejes de direccionamiento y gradiente del Nv. 450, cruceros y refugios
- ✦ Levantamientos perimétricos (Seccionamiento) de los perfiles conseguidos en las excavaciones efectuadas
- ✦ La verificación de las coordenadas de los puntos de control planimétricos y altimétricos preferentemente se efectuarán con el empleo de una Estación Total
- ✦ El control de los ejes de direccionamiento y gradiente preferentemente se efectuará con el empleo de plomada electrónica con dispositivos de Rayo Láser.

Sostenimiento

- ✦ El sostenimiento se efectuará con la finalidad de evitar que ocurran desprendimientos de roca y subsidencia, además de proveer estabilidad permanente en el macizo rocoso que circunda el Nv, 450, y por ende, proveer seguridad en toda la zona y áreas de trabajo
- ✦ El sostenimiento, se aplicará de acuerdo al diseño por cada tipo de roca (Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV, Tipo V), consideradas según la clasificación geomecánica
- ✦ El sostenimiento se realizará mediante shotcrete, robot lanzador de concreto, mezcladora mecanizada, y uso de planta portátiles de preparación de mezcla de concreto para garantizar el menor tiempo en el ciclo de disparo.

Control Técnico en la Perforación

El diseño de perforación en los frentes del Nv. 450, se deberán respetar y cumplir los estándares y procedimientos establecidos por la Compañía Minera Casapalca.

- ✦ Las perforaciones, tanto en el frente de avance cómo para los pernos de roca en el sostenimiento se efectuarán preferentemente con Jumbos electro-hidráulicos de 2 brazos, con barrido semi húmedo de una capacidad de 14 pies.

- ✦ Los diseños de la malla de perforación (número de taladros, longitud de taladro, avance por disparo) deben estar basados en la calidad geomecánica del macizo rocoso
- ✦ Siempre que se inicie la perforación en un frente de avance, este debe estar refrendado por el diseño de la respectiva malla de perforación
- ✦ El control del paralelismo y uniformidad en la profundidad entre los taladros debe efectuarse rigurosamente durante el proceso de perforación del frente de avance.
- ✦ Adicionalmente, los responsables están obligados a presentar diariamente un reporte de excavación y de forma discriminada y detallada lo realizado por cada guardia de trabajo programado (Así como el llenado de los formatos de control de la Supervisión que se les hará llegar oportunamente).

Control de las Voladuras

- ✦ Las operaciones que comprendan el manejo, almacenaje, y utilización de explosivos deberán llevarse a cabo con todas las precauciones establecidas en el Reglamento efectuado por Seguridad e Higiene Minera, vigente
- ✦ El manipuleo de los explosivos será efectuado por personal autorizado por la SUCAMEC.
- ✦ El suministro de explosivos se efectuará en el Polvorín de la Compañía Minera Casapalca, estando a responsabilidad del personal capacitado para el traslado a los frentes de trabajo
- ✦ Los detalles de las voladuras deberán contar necesariamente con la aprobación de la Compañía Minera Casapalca.
- ✦ Todo manifiesto de voladura propuesta deberá incluir: Ubicación (progresiva del frente), número de taladros, diámetro y profundidad de las perforaciones, potencia

y cantidad de carga de fondo en cada taladro, distribución de los cartuchos empleados, así como la secuencia y patrón de los retardos

- ✦ Para obtener un acabado con el perfil lo más regular posible en el perímetro de la excavación deberán adoptarse métodos de voladura controlada de re-corte o pre-corte según sea lo más conveniente
- ✦ La voladura deberá efectuarse dentro de los horarios establecidos, sujeto a la aprobación siempre y cuando se considere que se han tomado todas las precauciones en coordinación con la Superintendencia de
- ✦ Seguridad, y la Superintendencia de Mina.

Transporte de Desmonte

- ✦ El transporte de desmonte será por locomotora, ubicado en el túnel, la que se utilizará como vía de transporte el scop limpiará el frente y cargará en los carros mineros (convoy), para transportarlo a los echaderos de desmonte (waste pass) La segunda etapa es el transporte de desmonte de waste pass hasta botadero designado, mediante el uso de camiones mineros o volquetes (15m³). Se debe verificar el estado y funcionamiento de los vehículos de transporte.
- ✦ Los vehículos para el transporte de materiales estarán sujetos a la aprobación del Supervisor y deberán cumplir los estándares para garantizar el cumplimiento de las exigencias del programa de trabajo y seguridad
- ✦ Todos los vehículos para el transporte de materiales deberán cumplir con las disposiciones legales referentes al control de la contaminación ambiental y de seguridad. Cada vehículo deberá, mediante un letrero visible, indicar su capacidad máxima, la cual no deberá sobrepasarse. Considerando que el depósito de desmontes queda a 2.5 km de distancia.

- ✦ Los desmontes deben estar siempre húmedos para evitar la generación de polvo, el agua para realizar esta actividad puede ser la que evacúe la cuneta de drenaje al momento de las perforaciones del Nv. 450.

Instalación de Servicios Auxiliares del Nv. 450

- ✦ Las instalaciones de servicios auxiliares se ubicarán en los hastiales del Nv. 450, a fin de evitar el daño ante un eventual choque de los vehículos y maquinaria pesada que trabajarán en la zona. Estas instalaciones (servicio de agua, aire comprimido, energía eléctrica, otros), estarán tomándose como referencia el avance de la perforación del Nv. 450, distribuidas de la siguiente manera:

Hastial izquierdo

- ✦ Cuneta de drenaje
- ✦ Línea de aire comprimido
- ✦ Línea de agua
- ✦ 200m de Manga de ventilación.

Hastial derecho

- ✦ Cable de comunicación
- ✦ Cable de electricidad
- ✦ Fluorescentes

Corona

- ✦ Línea trolley
- ✦ Fluorescente

Equipos

El equipo mínimo para la construcción de las obras, se muestran en la Tabla 5, con los cuales la empresa deberá contar en número y capacidad suficiente para

garantizar la ejecución del Nv. 450, entre los equipos de más importancia se enumera a los siguientes:

Tabla 7. Equipos Túnel

DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
Perforación:		
Jumbo electro hidráulico de dos brazos	und	1
Perforadoras manual (jackeleg)	und	4
Martillos neumáticos	und	4
Sostenimiento:		
Jumbo empernador	und	1
Scissor o elevador (colocando malla, desate)	und	2
Robot Shocretero	und	1
Mezcladora de concreto	und	1
Energía:		
Grupo electrógeno 350 Kw	und	1
Grupo electrógeno de 100 Kw	und	1
Compresora eléctrica 600 pcm	und	1
Concreto Lanzado:		
Planta de concreto 15 m³/hr	und	1
Bomba guiadora de 5 m³/hr (concreto húmedo)	und	1
Plataforma elevadora	und	1
Equipo de limpieza y carguío:		
Scoop de 4 Yd³	und	1
Locomotora Trolley	und	1
Carros mineros	und	10
Camión Minero	und	2
Ventilación:		
Ventilador (275HP) 77 000 cfm	und	1
Ventilador (325HP) 55 000 cfm	und	1
Ventilador (60HP) 23 000 cfm	und	1
Ventilador (60HP) 23 000 cfm	und	1
Diversos:		
Equipo de soldadura	und	1
Equipo de oxiacetileno	und	1
Bomba de agua (8HP)	und	1

Obras civiles (CMH)	UND	CANTIDAD
Tractores sobre oruga 140 HP o similar.	und	1
Excavadoras sobre oruga 165 HP o similar.	und	1
Camiones Volquete de 15 m³.	und	2
Cargador sobre llantas 155 HP.	und	1
Motoniveladora 125 HP	und	1
Camión Cisterna 4x2 (agua) 1500 gln	und	1
Rodillos liso vibratorio 10-12 Tn	und	1
Compactadores Verticales de 4 Hp	und	1

4.3. Prueba de hipótesis

Para llevar a cabo la prueba de la Hipótesis general, he utilizado la prueba estadística "t" de Student, que se aplica a muestras dependientes con una extensión de muestras independientes, y su uso se lleva a cabo en trabajos de investigación con un número de muestras inferior a 30.

Formulación de las Hipótesis.

Hipótesis de Investigación

Con la realización de la Implementación de diseño de Malla de perforación y voladura para reducir costos en la ejecución del nivel - 450 de la compañía minera Casapalca S.A.C.

Hipótesis estadística

Ho: La Implementación de la malla de perforación y voladura para optimizar costos en la Compañía Minero Casapalca S.A.C.

Ha: La mejora en la malla de perforación y voladura el paralelismo en los hastiales de la rampa de la Compañía Minero Casapalca S.A.C

4.4. Discusión de Resultados

Se estimó los cálculos de velocidad de avance (metro/mes) por tipo de roca como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 8. Ciclo de Avance Sección 3.5 x 3.5

DATOS DE ENTRADA	UND	ROCA - II	ROCA - III	ROCA - IV	ROCA - V
Ventilación					
Ventiladores	min	30.00	30.00	30.00	30.00
Imprevistos / Interferencia	min	15.00	15.00	15.00	15.00
Sub Total Tiempo	hr	0.75	0.75	0.75	0.75
Desatado / Acuñado					
Traslado equipo	min	2.00	2.00	2.00	2.00
Posicionamiento y maniobras	min	10.00	10.00	10.00	10.00
Desate	min	15.00	15.00	15.00	15.00
Retiro equipo	min	3.00	3.00	3.00	3.00
Imprevistos / Interferencia	min	15.00	15.00	15.00	15.00
Sub total Tiempo	hr	0.75	0.75	0.75	0.75
Limpieza					
TMS por disparo	tms/disp	105	99	81	58
Producción horaria	tms/hr	80	80	80	80
Tiempo neto de limpieza	hr	1.31	1.24	1.02	0.73
Imprevistos / Interferencia	hr	0.25	0.25	0.25	0.25
SubTotal tiempo	hr	1.56	1.49	1.27	0.98
Sostenimiento					
Empernado					
Longitud de avance	m	3.99	3.77	3.10	2.22
Perno cementado por disparo	unid	13	22	28	20
Rendimiento apernador	tal/hr	16	16	16	16
Tiempo neto empernado	hr	0.81	1.34	1.70	1.22
Shocrete					
robot lanzador de concreto	und				
Mezcladora de concreto	und	1.00	1.00	1.00	1.00
traslado de equipos	min	2.50	2.50	2.50	2.50
posicionamiento equipos	min	3.00	3.00	3.00	3.00
lavado de labor	min	4.00	4.00	4.00	4.00
Operando Huron	min	15.00	15.00	30.00	30.00
lanzado de concreto	min	26.71	50.46	76.72	73.06
retiro de equipos	min	3.00	3.00	3.00	3.00
Tiempo Shocrete	hr	0.90	1.30	1.99	1.93
Cimbra					
Sostenimiento Cimbra	hr	0.00	0.00	0.00	8.00
Imprevistos / Interferencia	hr	0.25	0.25	0.25	0.25
SubTotal tiempo	hr	1.96	2.89	3.94	11.39
Perforación					
Avance por disparo	m/disp	3.99	3.77	3.10	2.22
Diámetro taladro	mm	45	45	45	45
Taladros perforados	unid	52	50	46	43
Rendimiento Equipo Perforación	tal/hr	45	45	45	45
Tiempo neto de perforación	hr	1.16	1.12	1.03	0.96
Imprevistos / Interferencia	hr	0.25	0.25	0.25	0.25
SubTotal tiempo	hr	1.41	1.37	1.28	1.21
Servicios Generales					

Servicios Generales					
Compuertas de ventilacion	min	45	60	60	60
Servicios generales (Fluorescente)	min	15	15	15	15
SubTotal tiempo	hr	1.00	1.25	1.25	1.25
Voladura					
Numero taladros	und	52	50	46	43
Taladros Cargados	und	48	46	39	26
Limpieza / taladro	min	1.0	1.0	1.5	1.5
Total Limpieza taladros	min	48	46	59	39
Tiempo carguío/taladro	min	1.2	1.2	2.0	2.0
Total carguío taladros	min	58	55	78	52
SubTotal tiempo	hr	0.88	0.84	1.14	0.76
CICLO OPERACIONES UNITARIAS					
Total ciclo	hr/disparo	8.3	9.3	10.4	17.1
AVANCE MENSUAL					
Horas nominales por turno	hr/turno	10.5	10.5	10.5	10.5
Alimentos	hr/turno	1.0	1.0	1.0	1.0
Traslado personal y reunión de seguridad	hr/turno	0.5	0.5	0.5	0.5
Inspección Topografía	hr/turno	0.3	0.3	0.6	0.6
Inspección Geología/Geotécnica	hr/turno	0.2	0.2	0.6	0.6
Horas operativos por turno	hr/turno	8.5	8.5	7.8	7.8
Disparos por día	und	2	2	2	1
Disparos por mes	und	61	55	45	27
Avance Diario	m/día	8.2	6.9	4.7	2.0
Avance mensual	m/mes	245	206	140	61

La velocidad de avance por tipo de roca en el Nv. 450, es de 171 m/mes, 5.69 m/día.

Los detalles se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 9. Velocidad de Avance por Tipo de Roca y Sección

AVANCE POR TIPO DE ROCA SECCIÓN 3.5 x 3.5				
TIPO ROCA	UNIDAD	m/mes	TRAMO	%
Roca Tipo - I	m		-	0%
Roca Tipo - II	m	245	788	11%
Roca Tipo - III	m	206	2,785	37%
Roca Tipo - IV	m	140	3,461	46%
Roca Tipo - V	m	61	454	6%
TOTAL (m)			7,488	100%
Avance mensual	m/mes	171		

4.4.1. Elemento Básico para la Composición de los Precios Unitarios

La estructuración de los Precios Unitarios deberá considerar: La Mano de Obra, los implementos de Seguridad, Los materiales, y los equipos como Costo Directo. Los gastos generales y la utilidad como Costos Indirectos.

Por razones operativas, los avances de excavación. En cada frente se desarrollarán en dos turnos diarios de 10.5 horas cada uno, Mano de Obra La cuadrilla de avance estará compuesta por el siguiente personal sin ser limitante:

- ✦ Ingeniero jefe de Guardia Minero
- ✦ Operador de Jumbo de perforación
- ✦ Operador de Scoop para limpieza de escombros.
- ✦ Personal especialista en sostenimiento (aplicación de shotcrete, instalación de pernos de roca, mallas, cimbras, etc.).
- ✦ Personal para instalación de tuberías para aire comprimido, agua, bombeo de agua, energía y otros servicios.
- ✦ Personal especializado en el control y manipulación de explosivos.
- ✦ Personal auxiliar asignado al mantenimiento.

La alimentación

El personal en interior mina tiene que comer en los comedores, definidos, autorizados y habilitados previamente.

El Alojamiento

Para todo el personal será en el campamento de la Compañía Minera Casapalca. Desde este lugar, el personal, será transportado a sus frentes de trabajo empleando transporte en subterráneo, o por bus cuando se trate de trabajos al exterior.

Secuencia Laboral

El régimen de trabajo del personal es de 14 x7.

Suministro de Materiales

Los materiales que serán entregados por Compañía Minera Casapalca, se recogerán en los almacenes de interior mina, y su traslado a las labores corresponderá al personal asignado para el mencionado trabajo.

- ✦ Compañía Minera Casapalca, proporcionará los explosivos y accesorios de voladura requeridos cuyo consumo mensual se descontará al final del mes con la valorización correspondiente.
- ✦ El suministro de combustible se realizará en los grifos administrados por Compañía Minera Casapalca, cuyo consumo mensual se descontará al final del mes en la valorización correspondiente.
- ✦ Energía eléctrica:
 - Suministro de transformadores.
 - Suministro de material eléctrico (cables y accesorios para iluminación).
 - Suministro de bombas, tuberías y accesorios para la evacuación de agua del interior mina hacia la superficie.

4.4.2. Aplicación de parámetros de cálculo del secuenciamiento

En esta opción es importante interpretar los cálculos hechos anteriormente como ajustar el rendimiento diario en el ciclo de avance, el número de equipos a utilizar en el desarrollo del Nv. 450, de la Compañía Minera Casapalca.

CONCLUSIONES

- El macizo rocoso posee ciertas características físicas por su origen y procesos geológicos, conducen a una litología heterogénea; presentan: discontinuidades, poros, fisuras, tensiones, discontinuidades estructurales, fracturas, juntas; estas características influyen en la perforación y voladura.
- En las rocas de alta densidad para obtener una fragmentación satisfactoria, una buena proyección, un buen esponjamiento se requiere una mayor cantidad de energía, la densidad promedio se debe considerar entre +/- 2.8 tn/m³.
- Las rocas contienen granos de cuarzo que son altamente abrasivos, como el granito, Cuarzo, la forma de granos más angulosos son más abrasivos estos producen un desgaste prematuro de brocas y barras de perforación.
- El tiempo de autoaporte para roca Mala B es de 4 horas, exigiéndose el soporte inmediato y revestimiento dentro de este plazo, sino se corre el riesgo de realces y colapsos.
- Se realizó el estudio de investigación apoyado con la data de campo, informes pertinentes para luego demostrar la hipótesis, logrando los beneficios en cuanto a costos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda considerar todos los factores más importantes para minimizar los costos en todas las operaciones del ciclo de minado para lograr una alta productividad.
- Se recomienda efectuar ajustes a la malla de perforación y a la carga explosiva en los avances del Nivel 450, de la minera Casapalca, que ayudará a reducir los costos de perforación y voladura
- Se recomienda completar los sondajes diamantinos especialmente cuando se tenga una buena longitud de ejecución del Nv. 450.
- El manipuleo de los explosivos se debe efectuar por personal autorizado por el SUCAMEC de acuerdo a la normativa del DS N° 023-2017-EM - Ministerio de Energía y Minas.
- Es necesario disponer de la caracterización del macizo rocoso para determinar el tipo de roca en cada sector del desarrollo del Nivel 450.
- En todos los frentes de avance, donde se ejecuten perforaciones se deberán respetar y cumplir los estándares y procedimientos establecidos por Compañía Minera Casapalca.
- El diseño de la malla de perforación (número de taladros, longitud de taladro, carga y explosivos) deben estar adecuados a las condiciones geomecánicas del macizo rocoso
- Siempre que se inicie la perforación en un frente de avance, este debe estar refrendado por el diseño de la respectiva malla de perforación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

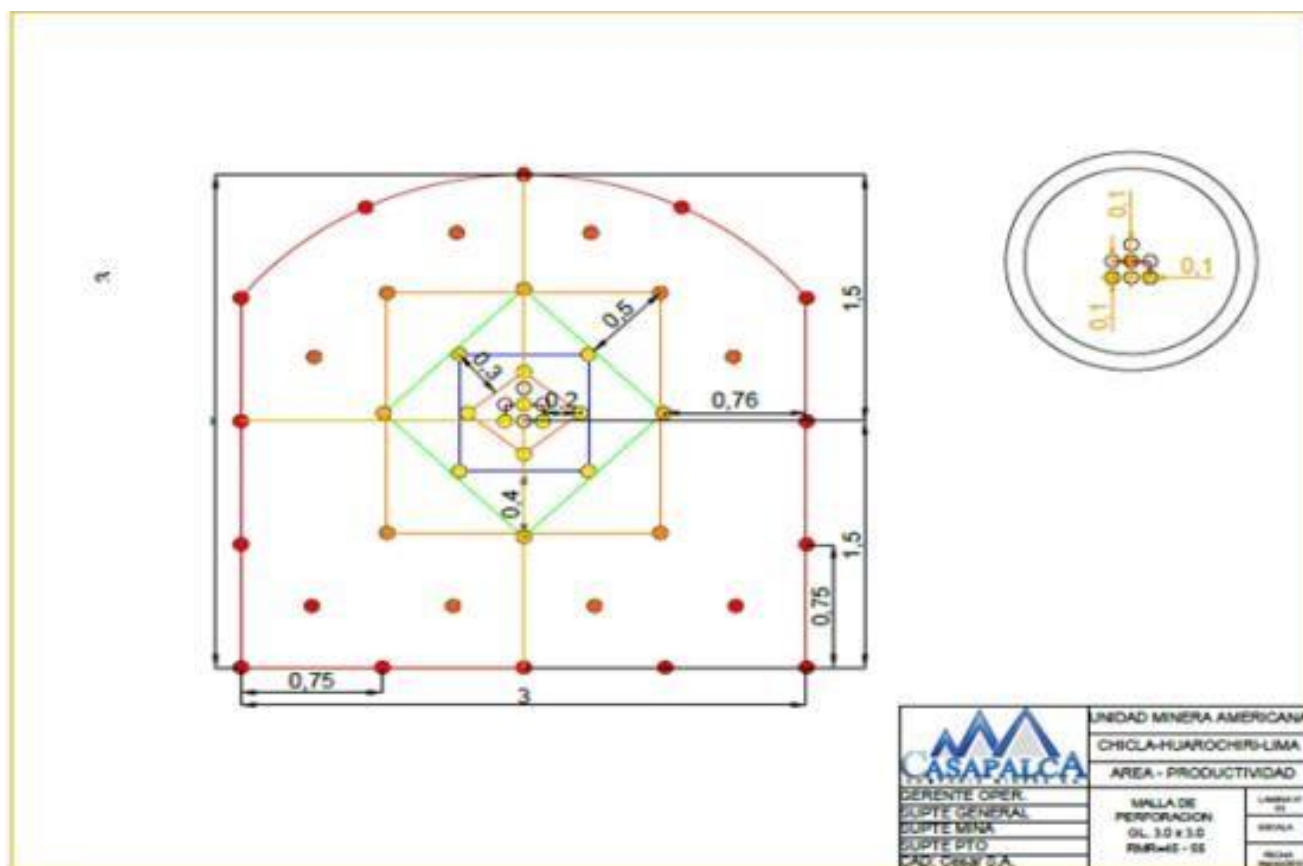
- Ames Lara, Víctor Alejandro. (2008). Diseño de las Mallas de Perforación Voladura Utilizando la Energía Producida por las Mezclas Explosivas. Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Ingeniería: lima.
- Anda Hernández Lidia Araceli. (2005). Contabilidad de costos. Libro de texto, Instituto Politécnico Nacional Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativa Escuela de Contaduría y Administración de la Universidad Latinoamericana.
- Artigas Z., María T. (2011). Diseño de patrones de perforación y voladura, para normalizar la fragmentación del material resultante de la mina choco 10 empresa PMG S.A. el callao, estado bolívar. Tesis de grado, Universidad Central de Venezuela: Caracas.
- Camac Torres, Alfredo. (2008). voladura de rocas. texto guía: puno. Calvin J. Konya. (2000). Diseño de Voladuras. Ediciones cuicatl: México.
- Condori Zambrano, Exaltación. (2010). Diseño de construcción de rampa subterráneo, para cortar los mantos inferiores del nivel I mina Ana María- Rinconada. Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano: Puno.
- Clemente Ygnacio, Tomas y Clemente Lazo, José. (2009). Análisis de costos de operación en minería subterránea y evaluación de proyectos mineros. Texto, Huancayo: Edición grafica industrial E.I.R.L.
- Cruz Lezama, Osain. (2007). Control de costos para supervisores, texto guía-Guayana.
- Chambergó Guillermo, Isidro. (2011). Sistema de costos. Texto, Universidad Inca Garcilaso de la Vega: Lima.

- Chambi Flores, Alan. (2011). Optimización de Perforación y Voladura en la Ejecución de la Rampa 740 – unidad VINCHOS – VOLCAN S.A.A. Cerro de Pasco. Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano: Puno.
- Durant Broden, Jorge. (2014). Ingeniería de costos, Texto Guía: Puno. Exsa. (2001). Manual práctico de voladura, Texto, cuarta edición: Perú.
- Fernández Sotelo, Ricardo Julio. (2012). Voladura para la instalación de ductos enterrados. Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería: Lima.
- Jiménez Mujica, Ana Guadalupe. (2006). Diseño y cálculo de la voladura de una galería. Tesis de grado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo: Morelia Mich.
- Leopoldo Varela, Alonso. (2009). Ingeniería de costos teoría y práctica en construcción. Texto guía, Universidad Nacional de México: México.
- Jáuregui Aquino, Oscar Alberto. (2009). Reducción de los Costos Operativos en Mina, mediante la Optimización de los Estándares de las operaciones unitarias de Perforación y Voladura. Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú: Lima.
- Loza Carazas, Robert Antonio. (2013). Aplicación del método de Holmberg para el mejoramiento de la malla de voladura en la empresa minera aurífera retamas S.A. Tesis de grado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann: Tacna.

ANEXOS

Instrumento de Recolección de Datos

Diseño de malla de perforación y voladura

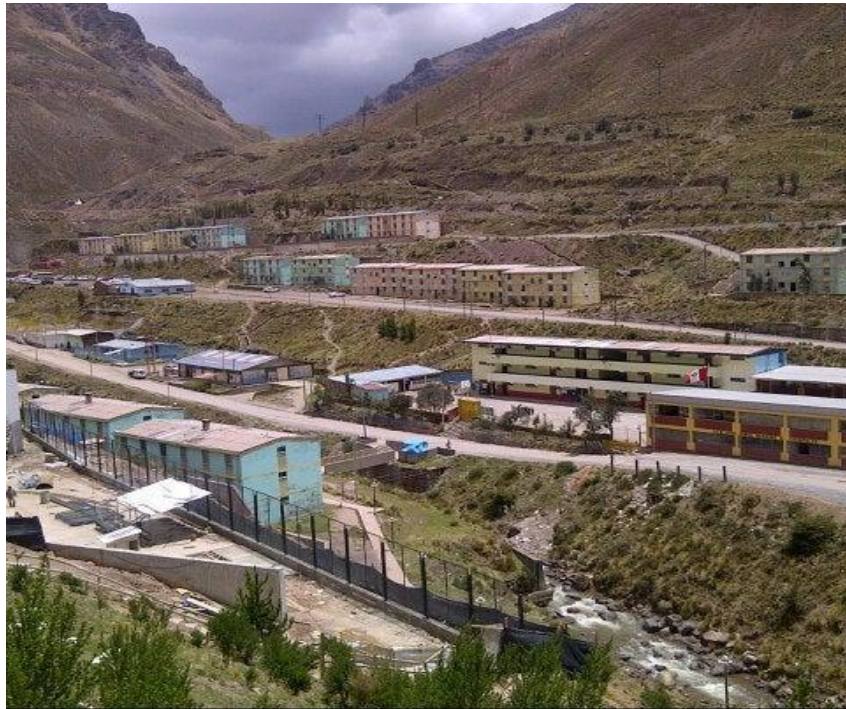


Matriz de Consistencia

“IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO DE PERFORACION Y VOLADURA PARA REDUCIR LOS COSTOS DE EJECUCIÓN DEL NIVEL - 450 EN LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.C.”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	Método	Población y muestra
GENERAL: ¿Es posible reducir los costos en la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C. al aplicar un nuevo diseño de perforación y voladura? Problemas Específicos A. ¿Al aplicar un nuevo diseño de la malla de perforación es factible reducir los costos de perforación en la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C.? B. ¿Al aplicar un nuevo diseño en la carga explosiva es factible reducir los costos de voladura en la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C.?	GENERAL: Reducir los costos mediante la aplicación de un nuevo diseño de perforación y voladura en la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C. Objetivos Específicos A. Reducir los costos de perforación con la aplicación de un nuevo diseño de la malla de perforación en la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C. B. Reducir los costos de voladura con la optimización del diseño de la carga explosiva en la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C.	GENERAL La aplicación de un nuevo diseño de Perforación y Voladura permite reducir los costos en la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C. Hipótesis Específicos A. Los costos de ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C., se reducen aplicando un nuevo diseño de la malla de perforación. B. Los costos de la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C., se reducen aplicando un nuevo diseño de la voladura.	INDEPENDIENTE X: Aplicación de un nuevo diseño de perforación y voladura en la ejecución del nivel - 450 en la Compañía Minera Casapalca S.A.C. Variable Dependiente: Y: Reducir los costos de la ejecución del nivel - 450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C.	Tipo de Investigación La investigación es aplicada, en el desarrollo que se realizará el estudio se encuentra en el nivel de profundización descriptivo, correlacional y experimental en los parámetros de perforación, voladura y costos en la ejecución del nivel -450 de la Compañía Minera Casapalca S.A.C.	Población Proyecto de ejecución del nivel 450 en la Compañía Minera Casapalca S.A.C. Muestra Tramo de 200 metros de ejecución del nivel -450 en la Compañía Minera Casapalca S.A.C.

Panel Fotográfico.



Campamentos de la Compañía Minera Casapalca



Vista Panorámica de la Compañía Minera Casapalca

Forma Correcta y Ordenada de cargar taladros

