

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Optimización de los parámetros de perforación y
voladura, para disminuir el costo de avance de los
frentes de preparación, Unidad Minera
Apmnac Pulpera**

Ramón Luis Aauto Martínez
Alvaro Diego Huanuco Vasquez

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Jesús Fernando Martínez Ildfonso

AGRADECIMIENTO

A la universidad Continental, a la EAP de Ingeniería de Minas, a los docentes quienes nos transmitieron sus amplios conocimientos para nuestra formación profesional.

DEDICATORIA

Yo, Ramón, dedico esta tesis a mis padres: Ramón Aduato Mancilla, y Damina Martínez Molina.

Yo, Álvaro, dedico esta tesis a mi madre: Erika Vásquez Cano.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	14
1.1 Planteamiento y formulación del problema	14
1.1.1 Planteamiento del problema	14
1.1.2 Formulación del problema	15
1.2 Objetivos.....	16
1.2.1 Objetivo general.....	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 Justificación e Importancia.....	16
1.3.1 Justificación practica.....	16
1.3.2 Justificación teórica	17
1.3.3 Justificación metodológica	17
1.4 Hipótesis.....	17
1.4.1 Hipótesis general	17
1.4.2 Hipótesis específicas	17
1.5 Identificación de las variables	18
1.5.1 Variable independiente	18
1.5.2 Variable dependiente	18
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables.....	19
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	20
2.1 Antecedentes del problema	20
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	20

2.2 Generalidades de minera Apmnac Pulpera	24
2.2.1 Ubicación y accesibilidad	24
2.2.2 Geología	25
2.3 Bases teóricas	31
2.3.1 Evaluación geomecánica de la minera Apmnac Pulpera	31
2.4 Operaciones de minado	34
2.4.1 Capacidad de producción	34
2.4.2 Método de explotación	34
2.4.3 Ciclo de minado de la mina Apmnac Pulpera Caylloma	34
2.5 Equipo manual merforadora Jackleg	36
2.4.4 Partes principales de una máquina perforadora	37
2.4.5 Accesorios de perforación	37
CAPÍTULO III MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO	42
3.1 Método y alcances de la investigación	42
3.1.1 Método general o teórico de la investigación	42
3.1.2 Alcance de la investigación	42
3.2 Diseño de la investigación	43
3.3 Población y muestra	43
3.3.1 Población	43
3.3.2 Muestra	43
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	43
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos	43
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos.	43
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1 Optimización de los parámetros de perforación y voladura para disminuir el costo de avance de los frentes de preparación en la unidad minera Apmnac Pulpera.	44
4.1.1 Optimización de los parámetros de perforación y voladura para disminuir las pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jackleg en la unidad minera Apmnac Pulpera	44
4.1.2 Optimización de los parámetros de perforación y voladura para incrementar el avance lineal de los frentes de avance en la unidad minera Apmnac Pulpera	49

4.1.3 Evaluación técnica y económica de la perforación y voladura para disminuir el costo de avance de los frentes de preparación en la unidad minera Apmnac Pulpera	53
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	19
Tabla 2. Coordenadas W.G.S.– 84 mina Pulpera (Zona 1)	24
Tabla 3. Ubicación y accesibilidad de la mina Apmnac Pulpera	25
Tabla 4. Evaluación geomecánica del tipo de roca en el Nv 20.....	33
Tabla 5. Parámetros para galería	35
Tabla 6. Característica técnicas dinamita Semexa	36
Tabla 7. Especificaciones técnicas de la perforadora manual Jackleg RNP S83.....	36
Tabla 8. Especificaciones y técnicas del cuidado de la barra cónica	40
Tabla 9. Especificaciones y técnicas del cuidado del culatín de la barra cónica	40
Tabla 10. Especificaciones y técnicas del cuidado de la broca cónica	41
Tabla 11. Tipos de descarte de las piezas de perforación - brocas cónicas	45
Tabla 12. Tipos de descarte de las piezas de perforación - barras cónicas.....	46
Tabla 13. Rendimiento promedio general mensual de loa aceros de perforación del año 2021	47
Tabla 14. Distribución de carga y datos técnicos con longitud de perforación 6 pies gal-200. Tipo de roca 3	50
Tabla 15. Distribución de carga y datos técnicos con longitud de perforación 8 pies gal-200. Tipo de roca 3	52
Tabla 16. Datos técnicos de perforación y voladura con barra de 6 pies incluye la limpieza con Scooptram 3.5 yd ³ de la galería 200 del Nivel 20 de la veta Celia.	53
Tabla 17. Estructura de costos de perforación y voladura con barra de 6 pies de la galería 200 del Nivel 20 de la veta Celia.....	54
Tabla 18. Datos técnicos de perforación y voladura con barra de 8 pies incluye la limpieza con Scooptram 3.5 yd ³ de la galería 200 del Nivel 20, de la veta Celia	55
Tabla 19. Estructura de costos de perforación y voladura con barra de pies de la galería 200 del Nivel 20 de la veta Celia de la unidad minera Apmnac Pulpera.....	57
Tabla 20. Optimización de la perforación y voladura a favor de la barra de 8 pies (s/)	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina Apmnac Pulpera	25
Figura 2. Columna estratigráfica regional	27
Figura 3. Columna estratigráfica local	28
Figura 4. Geología estructural	30
Figura 5. Diseño de las labores del Nv 20 y Nv 40	32
Figura 6. Discontinuidades Niveles 20 y 40	32
Figura 7. Dimensionamiento del block mineralizado	34
Figura 8. Partes de la barra cónica	37
Figura 9. Características generales de las barras cónicas	38
Figura 10. Acople de barra y broca cónica	38
Figura 11. Partes de broca cónica	39
Figura 12. Descripción de la conicidad	39
Figura 13. Perforación con Jackleg sección 2.40 x 2.40 con longitud de perforación 6 pies gal-200. Tipo de roca 3	49
Figura 14. Perforación con Jackleg sección 2.40 x 2.40 con longitud de perforación 8 pies gal-200. Tipo de roca 3	51

RESUMEN

La unidad minera Apmnac-Pulpera, en los trabajos de preparación de los frentes de avance, viene teniendo deficiencias en la perforación y voladura. En su mayoría se obtuvo deficiencias como la sobre rotura, inadecuada fragmentación, inadecuado paralelismo de los taladros, entre otros. Esto conlleva a trabajos secundarios que incrementan el costo unitario de perforación y voladura, siendo perjudicial para la operación.

Esto repercute en el avance del proyecto minero, al tener un menor avance y menor eficiencia se tendrá pérdidas económicas; por ello, esta investigación busca el replantear un nuevo diseño de malla de perforación y voladura para así mitigar todas las deficiencias mencionadas. Al disminuir la desviación de los taladros en la perforación, obtendremos un mejor disparo, reduciendo la sobre rotura de la labor, reduciendo así el costo de perforación y voladura.

El costo total por la unidad valorizada con barra de 6 pies, por metro lineal, es de S/ 1329.25 soles. El costo de las herramientas de perforación, barra y brocas cónicas, por metro lineal, es de S/ 90.78 soles. Refleja las pérdidas operativas de las herramientas de perforación del equipo manual Jackleg como se detalla a continuación: el precio unitario de la barra cónica es de 0.28 soles por metro y para la broca cónica es de 0.25 soles por metro.

El costo total por la unidad valorizada con barra de 8 pies por metro de avance lineal es de S/ 1400.90 soles. El costo de las herramientas de perforación, barra y brocas cónicas, por metro lineal, es de S/ 93.00 soles. Refleja la mejora operativa de las herramientas de perforación del equipo manual Jackleg como se detalla a continuación: el precio unitario de la barra cónica es de 0.21 soles por metro y para la broca cónica es de 0.15 soles por metro.

La reducción del costo total de la valorización, por metro lineal de avance, es de S/ 52 841 soles con respecto al avance de los 150 metros de avance lineal. Además, el tiempo de ejecución se acorta por la longitud de avance lineal por guardia. El

incremento de la utilidad es del 1.5 % más respecto a la barra de 6 pies tras la reducción del costo total, dicha utilidad en incremento a S/ 15.23 soles más por metro lineal con la barra de 8 pies.

Palabras clave: optimización de los parámetros de perforación y voladura.

ABSTRACT

The Apmnac-Pulpera Mining Unit has been mining with the upward cut and fill method, in which in the preparation and development stage there are deficiencies in the drilling and blasting: Over breaking of the advance fronts, inadequate fragmentation, inadequate parallelism of the drills, among others, this leads to generate more costs in drilling and blasting, because secondary blasting is generated, which increases our unit cost of drilling and blasting, being detrimental to the operation.

This has repercussions on the progress of the mining project, having less progress and less efficiency, there will be economic losses, therefore, this research seeks to rethink a new design of drilling and blasting mesh to mitigate all the above mentioned deficiencies. By reducing the deviation of the drill holes in the drilling, we will obtain a better shot, reducing the over breakage of the work, thus reducing the cost of drilling and blasting.

The total cost for the unit valued with a 6 feet rod, per meter of linear advance is S/ 1329.25 nuevos soles. The cost of drilling tools, rod and conical bits, the cost per linear meter is S/ 90.78 nuevos soles. It reflects the operating losses of the drilling tools of the Jackleg manual equipment as detailed below, the unit price of the conical bar is 0.28 soles per meter and for the conical drill bit is 0.25 soles per meter.

The total cost for the unit valued with 8 feet bar is S/ 1400.90 nuevos soles per meter of linear advance, the cost of the drilling tools, bar and conical drill bits, the cost per linear meter is S/ 93.00 nuevos soles. It reflects the operational improvement of the drilling tools of the Jackleg manual equipment as follows, the unit price of the conical bar is 0.21 soles per meter and for the conical drill bit is 0.15 soles per meter.

The reduction of the total cost of the valorization per linear meter of advance is of S/ 52 841 new soles with respect to the advance of the 150 meters of linear advance and the time of execution is shortened by the length of linear advance per guard. The increase in profit is 1.5% more with respect to the 6-foot bar after the reduction of the total cost, this profit increases to S/ 15.23 nuevos soles more per linear meter with the 8-foot bar.

Key words: Optimization of drilling and blasting parameters.

INTRODUCCIÓN

La unidad minera Apmnac-Pulpera viene minando con el método de corte y relleno ascendente. En la etapa de preparación y desarrollo se viene teniendo deficiencias en la perforación y voladura: sobre rotura de los frentes de avance, inadecuada fragmentación, inadecuado paralelismo de los taladros, entre otros. Esto conlleva a generar más costos en la perforación y voladura, porque se genera voladuras secundarias, lo que incrementa el costo unitario de perforación y voladura, siendo perjudicial para la operación.

Hoy en día, hay un problema en el paralelismo de los taladros. Esto genera no cumplir con la longitud deseada de avance por la desviación del taladro, además se produce un desgaste de las piezas de perforación. El taladro, en general, se torcerá o romperá en el escenario más pesimista.

Esto repercute en el avance del proyecto minero. Al tener un menor avance y menor eficiencia, se tendrá pérdidas económicas; por ello, esta investigación busca el replantear un nuevo diseño de malla de perforación y voladura para así mitigar todas las deficiencias mencionadas.

Al disminuir la desviación de los taladros en la perforación, obtendremos un mejor disparo, reduciendo la sobre rotura de la labor, reduciendo así el costo de perforación y voladura.

La reducción del costo total de la valorización, por metro lineal de avance, es de S/ 52 841 soles con respecto al avance de los 150 metros de avance lineal. Además, el tiempo de ejecución se acorta por la longitud de avance lineal por guardia. El incremento de la utilidad es del 1.5 % más respecto a la barra de 6 pies tras la reducción del costo total, dicha utilidad en incremento a S/ 15.23 soles más por metro lineal con la barra de 8 pies.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

Toda empresa minera pequeña, mediana y gran minería a nivel global, buscan disminuir los costes de operación de sus principales actividades del ciclo de minado de acuerdo con el método de minado aplicado, ya sea en la perforación, voladura, transporte, sostenimiento y limpieza, entre otros. Los trabajos de perforación y voladura son las operaciones unitarias principales, ya que se realiza a diario en cada guardia. Para la realización de los trabajos de desarrollo y preparación, la perforación y voladura son las operaciones importantes porque si se lleva un avance lineal deficiente generara pérdidas económicas, debido al alto consumo de aceros de perforación como también al alto consumo de explosivos a causa de sobre roturas, tiros cortados, entre otros.

En el Perú, existen muchas empresas convencionales y semimecanizadas que en sus trabajos de desarrollo y preparación utilizan equipos manuales para la ejecución de estas labores. Los trabajos de perforación y voladura juegan un papel importante, es por ello por lo que siempre se ha realizado mejoras continuas a fin de reducir el costo unitario por medio del control de los parámetros de perforación y voladura que influyen directamente en el resultado del disparo. El buen control de estos parámetros ayudará a mejorar el consumo de los aceros de perforación como también el consumo de explosivos y accesorios de voladura.

La unidad minera Apmnac-Pulpera, en los trabajos de preparación de los frentes de avance, viene teniendo deficiencias en la perforación y voladura. En su mayoría se obtuvo deficiencias como la sobre rotura, inadecuada fragmentación, inadecuado paralelismo de los taladros, entre otros. Esto conlleva a trabajos secundarios que incrementan el costo unitario de perforación y voladura, siendo perjudicial para la operación.

Las deficiencias por el mal control de los parámetros de perforación son los siguientes: el control inadecuado de la percusión, rotación, empuje de avance y barrido del equipo manual Jackleg. Esto genera problemas en el paralelismo de los taladros, a su vez no permite cumplir con la longitud deseada de avance por la desviación del taladro, ocasionando el desgaste prematuro de las piezas de perforación. El taladro, en general, se torcerá o romperá en el escenario más pesimista. Para la mejorar de los parámetros de voladura se realizó el replanteo de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura para así mitigar todas las deficiencias mencionadas.

Estas deficiencias repercuten en el avance del proyecto minero. Al tener un menor avance y menor eficiencia, se tendrá pérdidas económicas, es por ello por lo que se busca optimizar los parámetros de perforación y voladura por medio de un buen control de la percusión, rotación, empuje de avance y barrido del equipo manual Jackleg y la mejora del diseño de malla de perforación y voladura.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo se debe de optimizar los parámetros de perforación y voladura para disminuir el costo de avance de los frentes de preparación en la unidad minera Apmnac Pulpera?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo se debe de optimizar los parámetros de perforación y voladura para disminuir las pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jack Leg en la unidad minera Apmnac Pulpera?

- ¿Cómo se debe de optimizar los parámetros de perforación y voladura para incrementar el avance lineal de los frentes de avance en la unidad minera Apmiac Pulpera?
- ¿Cómo influye la evaluación técnica y económica de la perforación y voladura para disminuir el costo de avance lineal de los frentes de preparación en la unidad minera Apmiac Pulpera?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Realizar la optimización de los parámetros de perforación y voladura para disminuir el costo de avance de los frentes de preparación en la unidad minera Apmiac Pulpera.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar la optimización de los parámetros de perforación y voladura para disminuir las perdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jack Leg en la unidad minera Apmiac Pulpera.
- Realizar la optimización de los parámetros de perforación y voladura para incrementar el avance lineal de los frentes de avance en la unidad minera Apmiac Pulpera.
- Desarrollar la evaluación técnica y económica de la perforación y voladura para disminuir el costo de avance de los frentes de preparación en la unidad minera Apmiac Pulpera.

1.3 Justificación e Importancia

1.3.1 Justificación practica

La unidad minera Apmiac-Pulpera viene minando con el método de corte y relleno ascendente. En la etapa de preparación y desarrollo se viene teniendo deficiencias en la perforación y voladura: sobre rotura de los frentes de avance, inadecuada fragmentación, inadecuado paralelismo de los taladros, entre otros. Esto conlleva a

generar más costos en la perforación y voladura, porque se genera voladuras secundarias, lo que incrementa el costo unitario de perforación y voladura, siendo perjudicial para la operación.

1.3.2 Justificación teórica

Hoy en día, hay un problema en el paralelismo de los taladros. Esto genera no cumplir con la longitud deseada de avance por la desviación del taladro, además se produce un desgaste de las piezas de perforación. El taladro, en general, se torcerá o romperá en el escenario más pesimista.

Esto repercute en el avance del proyecto minero. Al tener un menor avance y menor eficiencia, se tendrá pérdidas económicas; por ello, esta investigación busca el replantear un nuevo diseño de malla de perforación y voladura para así mitigar todas las deficiencias mencionadas.

Al disminuir la desviación de los taladros en la perforación, obtendremos un mejor disparo, reduciendo la sobre rotura de la labor, reduciendo así el costo de perforación y voladura.

1.3.3 Justificación metodológica

Controlar los parámetros de perforación y voladura para disminuir el costo de avance de los frentes de preparación en la unidad minera Apmnac Pulpera.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

La optimización de los parámetros de perforación y voladura influirá positivamente en la disminución del costo de avance de los frentes de preparación en la unidad minera Apmnac Pulpera.

1.4.2 Hipótesis específicas

- La optimización de los parámetros de perforación y voladura influirá positivamente en la disminución de las pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jack Leg en la unidad minera Apmnac Pulpera.

- La optimización de los parámetros de perforación y voladura influirá positivamente en el incremento del avance lineal de los frentes de avance en la unidad minera Apmnac Pulpera.
- La evaluación técnica y económica de la perforación y voladura influirá positivamente en la disminución del costo de avance de los frentes de preparación en la unidad minera Apmnac Pulpera.

1.5 Identificación de las variables

1.5.1 Variable independiente

Optimización de los parámetros de perforación y voladura

1.5.2 Variable dependiente

Disminuir el costo de avance de los frentes de preparación

1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

Optimización de los parámetros de perforación y voladura, para disminuir el costo de avance de los frentes de preparación, unidad minera Apmnac Pulpera

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I: Optimización de los parámetros de perforación y voladura	Es la mejora del control de los parámetros de perforación como es la percusión, rotación, empuje de avance y barrido del equipo manual Jackleg, analizando el tipo de roca a perforar que ayudaran a tener mejor paralelismo de los taladros, cumplir con la longitud deseada de avance y eliminar las desviaciones del taladro al perforar, que son las que ocasionan el desgaste prematuro de las piezas de perforación. La mejorar de los parámetros de voladura se realizó en base al replanteo del nuevo diseño de malla de perforación y voladura incrementando el avance lineal por medio del cambio de barra de perforación	<p>Caracterización geomecánica</p> <p>Parámetros de la perforación.</p> <p>Parámetros de la voladura</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Índices RMR, RQD y Q del macizo rocoso • Familias de discontinuidades • Parámetros de las discontinuidades • Numero de descartes de aceros • Número de brocas cónicas • Numero de barras cónicas • Metros perforados • Numero de taladros • Burden (m) • Espaciamiento (m) • Sobre rotura (%) • Factor de carga (kg/ton)
V.D: Disminuir el costo de avance de los frentes de preparación	Es la reducción del costo por metro lineal de los frentes de preparación, tras el análisis del macizo rocoso para el mejoramiento y replanteo del diseño de malla de perforación y voladura, incrementando el avance lineal por medio de cambio de la barra cónica y controlando los parámetros de perforación y voladura.	<p>Control del avance lineal</p> <p>Evaluación de los costos de avance de los frentes de preparación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Longitud de la barra de perforación • Longitud de desviación de taladros (cm) • Porcentaje de avance. • P.U de la mano de obra (. S/ /m) • P.U de los aceros de perforación (. S/ /m) • P.U de las herramientas (. S/ /m) • P.U de los implementos de seguridad (. S/ /m) • P.U de los equipos de perforación (. S/ /m) • P.U de los explosivos y accesorios (. S/ /m)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes nacionales

a) Tesis titulada: «*Reducción de costos operativos en labor Carmen Nv. 3040 mediante la optimización de estándares de perforación y voladura, CIA. Minera Poderosa S.A -2018*». La investigación fue realizada en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, el objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para optimizar los estándares de operación en la labor Carmen Nv. 3040 para reducir los costos de perforación y voladura, CIA Minera Poderosa SA. -2018 (1).

Además, la metodología tiene las siguientes características (1):

- Con la selección del nuevo diseño de malla de perforación, se reduce un 33,33% donde en la malla anterior se tenía 52 taladros y en la actual malla optimizada 39 taladros, y el avance lineal en el Crucero se mejora considerablemente 81.50m a 115.50 m, de avance mensual. Que nos indica el nuevo diseño de malla es favorable para un avance óptimo en el frente 3040 NW, en la Unidad Minera Santa María (CMPSA) (1).

- Se determinó la distribución integral de los taladros, donde el factor de carga anterior era de 4.45 kg/m³ y actual es de 2.46 kg/m³, con una reducción de 44.72%. Y el costo de material de voladura anterior era de 120.516 US\$/ml y con una óptima

distribución de la longitud de carga se obtiene un costo de 95 11 US\$/ml; con una diferencia de 25.41% por disparo (1).

b) Tesis titulada: «*Optimización del diseño de malla de perforación para la estimación de costos operacionales en la zona de Pucaurco - Unidad Minera Pachancoto – Minas de Pachancoto S. A. 2019*». La investigación realizada en la Pontificia Universidad Católica del Perú. El objetivo del estudio fue determinar en qué medida influye la optimización del diseño de malla de perforación en la estimación de costos operacionales en la zona de Pucaurco, unidad minera Pachancoto-Minas de Pachancoto S.A., 2019 (2). Además, la metodología tiene las siguientes características (2):

- Después de evaluar los resultados alcanzados luego de realizar la aplicación del nuevo diseño de la malla de perforación y voladura, se obtuvieron mejoras en comparación a la malla anterior que se utilizaba en el crucero de avance de Minas de Pachancoto S.A. en la unidad minera Pachancoto (2).
- Con la optimización del diseño de la malla de perforación y voladura se logró reducir el costo unitario de avance por metro lineal del crucero 961 del Nv. 4950 de una sección de 2.4m x 2.4 m en la unidad minera Pachancoto de \$280.72 a \$245.85 por metro, lo que representa un 12.42 % menos referente al costo unitario que se tenía anteriormente (2).
- Con la optimización en el diseño de la malla de perforación y voladura se redujo la cantidad de número de taladros de 42 a 39, con ello se disminuyó el tiempo de perforación del frente e influyó en gran medida a la estimación de costos operacionales de perforación y voladura en la unidad minera Pachancoto (2).

c) Tesis titulada: «*Análisis y Optimización de las Operaciones de Perforación y Voladura para el Desarrollo de Estándares Técnicos e Incremento de Utilidades en Mina Tambomayo*». La investigación fue realizada en la facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para analizar y optimizar la perforación y voladura de rocas para maximizar utilidades en la mina Tambomayo (3).

Además, la metodología tiene las siguientes características (3).

- Para mejorar el diseño de la malla de perforación, optimizando los costos unitarios para el incremento de utilidades en la U.M. Tambomayo, donde el costo mostrado como línea base fue de 153,26 \$/m, optimizando los costos en 135,47 \$/m. generándose una ganancia de 17,79 \$/m, repercutiendo favorablemente en el cash cost del área de mina, incrementando las utilidades en la U.M. Tambomayo (3).
- De acuerdo con el diseño de malla de perforación optimizada se reducen 3 taladros de 14 pies, por consiguiente, los costos unitarios de avance en mina se optimizan en 0,12 US\$/m con respecto a los costos iniciales de la U.M. Tambomayo (3).
- De acuerdo con el diseño de perforación y voladura propuesta los costos de explosivos se optimizan de 109,52 \$/m a 95,53 \$/m, reduciendo los costos en 13,99 \$/m. siendo favorable para la U.M. Tambomayo (3).
- La optimización es real con el replanteo en el diseño de la malla de perforación, estandarizando la carga del explosivo en los taladros y el secuenciamiento de salida.

De acuerdo con los costos unitarios dados anteriormente, se observó que un 38 % se invierte en explosivos en un frente de voladura, un 15% en mano de obra y 47% en equipos y accesorios en la U.M. Tambomayo. (3)

d) Tesis titulada: «*Optimización del avance lineal en las labores de exploración y desarrollo de la Unidad Minera Santa María - Compañía Minera Poderosa S.A. con la aplicación de los criterios fundamentales de la ingeniería de la voladura*» realizada en la facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para análisis de los parámetros que intervienen en las estimaciones matemáticas para el diseño de la malla de perforación y voladura en roca diorita tipo III, para incrementar el avance lineal en las zonas de desmonte (cortadas), el cual depende directamente del diámetro de los taladros de alivio en el arranque y la desviación de perforación de los mismos. (4).

Además, la metodología tiene las siguientes características (4):

- Se rediseñó la malla de perforación y voladura considerando las dos variables mencionadas en la primera conclusión y también el tipo de explosivo a utilizar. De esta manera, se disminuyó de 45 a 39 la cantidad de taladros cargados y de los 5 taladros de alivio de 38 mm se modificó a 2 taladros de alivio de 64 mm con 3 taladros de alivio de 38 mm. De este modo, se aumentó el avance promedio a 2.10 m/disparo con barrenos de 8 pies frente al avance de 1.51 m/disparo con barrenos de 6 pies. Esto contribuyó a que el costo por metro de avance disminuya de S/.1,344.86 a S/.1,140.85 (4).
- En esta instancia, se consiguió bajar el factor de potencia (Kg/TM) de 1.23 a 1.15 y el factor de carga lineal (Kg/m) se redujo de 23.24 a 21.02. La eficiencia de perforación y la eficiencia de voladura aumentaron, obteniendo así los siguientes indicadores: 87.93 % a 89.54 % y 93.92 % a 96.31 %, respectivamente (4).
- Se concluye que aplicando correctamente los modelos matemáticos de Holmberg y sus colaboradores; y bajo los parámetros de estos, es posible obtener un mejor diseño de malla de perforación y voladura reflejándose, significativamente, en un mayor avance lineal por guardia de trabajo. No obstante, cabe recalcar que existen otros métodos para poder realizar el mismo objetivo de esta presente investigación (4).

e) Tesis titulada: «*Mejora de la perforación con barras cónicas, mediante la minimización de errores de desviación de taladros, Unidad Minera San Juan de Chorunga*» realizada en la universidad Continental. El objetivo del estudio fue mejorar la perforación con barras cónicas mediante la minimización de errores de desviación de taladros, unidad minera San Juan de Chorunga (5).

Además, la metodología tiene las siguientes características (5):

- Las cuatro funciones para realizar la perforación con el equipo manual Jack Leg son percusión, rotación, empuje de avance y el barrido (5).
- Las deficiencias se inician con el emboquillado, el mal control del empuje de avance, el mal control de la presión de agua y aire, estos factores generan la desviación de taladros en la perforación con la barra y broca cónicas (5).

- Se realizó capacitaciones al maestro y ayudante perforista a fin de minimizar estos errores cometidos. Se logró para el año 2020 mejores rendimientos en las herramientas de perforación llegando a sobrepasar la vida útil de la barra y broca cónica (5).
- La comparación de las herramientas de perforación broca y barra cónicas para el año 2019 y 2020, se tiene: Rendimiento de la broca cónica: 159 metros perforados por encima de la vida útil y por encima del rendimiento del año 2019, Rendimiento de la barra cónica: 324 metros perforados por encima de la vida útil y por encima del rendimiento del año 2019 (5).
- La reducción del costo total de la valorización por metro lineal de avance es de S/28.89 soles en el año 2020 (5).

2.2 Generalidades de minera Apmnac Pulpera

2.2.1 Ubicación y accesibilidad

La mina Pulpera perteneciente a la empresa minera APMINAC - Pulpera Caylloma, del proyecto minero Condor se ubica en la provincia y distrito de Caylloma perteneciente al departamento de Arequipa; a 137 kilómetros al Norte hasta el pueblo de Caylloma y 18 kilómetros al Norte vía carrozable, llegando casi al límite fronterizo entre los departamentos de Cusco y Arequipa

Tabla 2. Coordenadas W.G.S.– 84 mina Pulpera (Zona 1)

Norte	Este	Altura	Detalle
8328200	203200	4810 m.s.n.m.	Punto Central Mina
8329121	203607	4787 m.s.n.m.	Nivel 10
8329124	203636	4813 m.s.n.m.	Nivel 20
8329149	203503	4848 m.s.n.m.	Nivel 40
8329143	203615	4864 m.s.n.m.	Nivel 60

Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la minera APMINAC Pulpera (6)

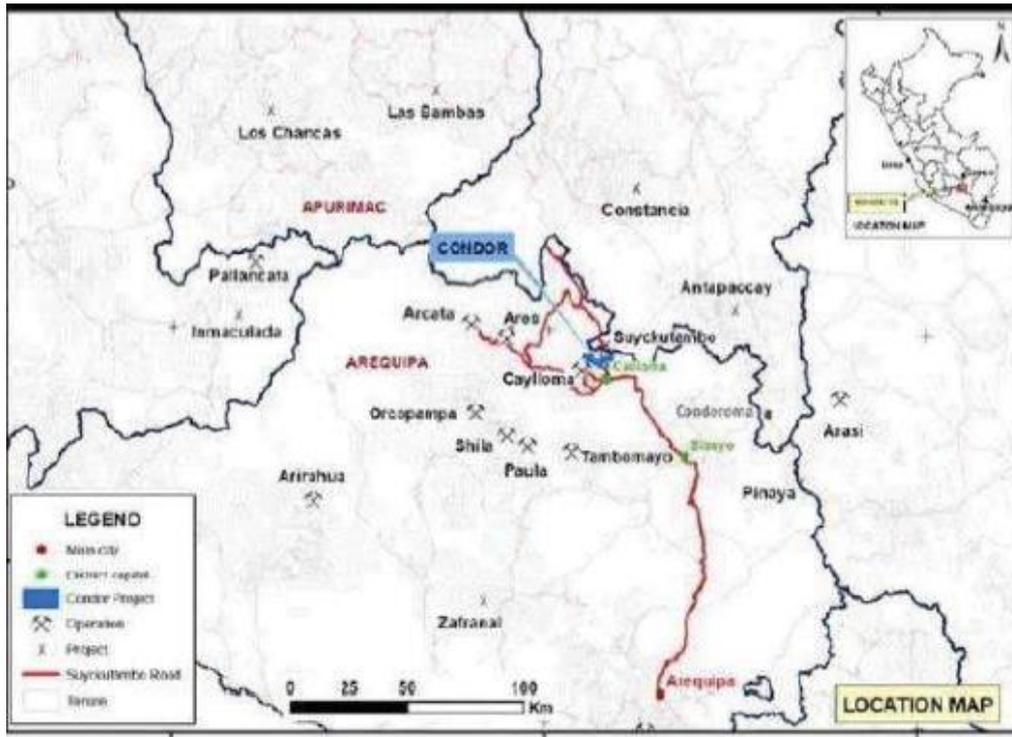


Figura 1. Ubicación de la mina Apmínac Pulpera
Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la minera APMINAC Pulpera (6)

La accesibilidad desde el departamento de Lima a la Mina APMINAC PULPERA, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3. Ubicación y accesibilidad de la mina Apmínac Pulpera

Ruta	Distancia (km)	Tipo de vía	Tiempo Aproximado (h)
Lima - Arequipa	1012	Asfaltado	16 horas.
Arequipa – Caylloma	137	Asfaltada y afirmada	7 horas.
Caylloma – Apmínac Pulpera	18	Asfaltada y afirmada	1 hora
TOTAL	1167		24 horas

Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la minera APMINAC Pulpera (6)

2.2.2 Geología

2.2.1.1. Geología local

La mina Pulpera tiene la franja de yacimientos epitermales de Au-Ag del Mioceno facilitado en el cinturón metalogénico Cenozoico-volcánico de la cordillera occidental del flanco oriental; está sumergido en el pasaje Arcata-Ares-Caylloma de dirección

noroeste-sudeste andino y se sitúa en los almacenes Caylloma y Suyckutambo con una disposición superior este-suroeste. En la zona sur, el cinturón está limitado por las deficiencias NW-SE de los entramados Cincha-Lluta, Incapuquio, Abancay, Condoroma-Caylloma y Condoroma Caylloma (6).

Este cinturón agrupa almacenes de Au-Ag (Pb-Zn-Cu) de tipo de sulfuración alta, baja y media. Como indican sus edades de mineralización, se pueden dividir en dos edades metalogénicas de 18-13 millones de años y 12-8 millones de años. Entre los almacenes facilitados en rocas volcánicas, hacia el sur (14°-16°), hay almacenes de Au-Ag de alta sulfuración como Chipmo (Orcopampa), Poracota y quizás Arasi. Además, hay epitermales de Au-Ag (Pb-Zn) de baja sulfuración, como Calera, Caylloma y Selene. En la edad metalogénica de 12-8 millones de años, los principales almacenes son Tacaza, Santa Bárbara, Berenguela, Mina los Rosales, Quello y San Antonio de Esquilache. La época de mineralización se relaciona con los intrusivos en el rango de 22 y 19 millones de años. En el sur (14°30'), las rocas hospedantes están enmarcadas por el Encuentro de Tacaza de edad miocena, y la mineralización se compara con vetas de Pb-Ag-Cu, Pb-Cu-Ag y Cu-Pb-Ag. (6)

2.2.1.2. Geología estructural

La mina Pulpera litológicamente se encuentra sobre los volcánicos cenozoicos de la formación Orcopampa, correlacionable con el grupo Tacaza de edad Terciaria Superior, las vetas yacen encajadas sobre tobas brechas, tobas silíceas, andesitas brechadas y aglomerados andesíticos (6).

El grupo Tacaza cubre aproximadamente el 45 % del área total del cuadrángulo de Caylloma. En la formación Orcopampa se han diferenciado tres miembros denominados "A", "B" y "C" (6).

La mina Pulpera pertenece al miembro "A" aflora casi en forma continua en el extremo occidental del cuadrángulo de Caylloma, en este miembro se han emplazado las minas de Caylloma, Suyckutambo y San Miguel; el miembro "A" tiene un espesor promedio de 1,000 m (6).

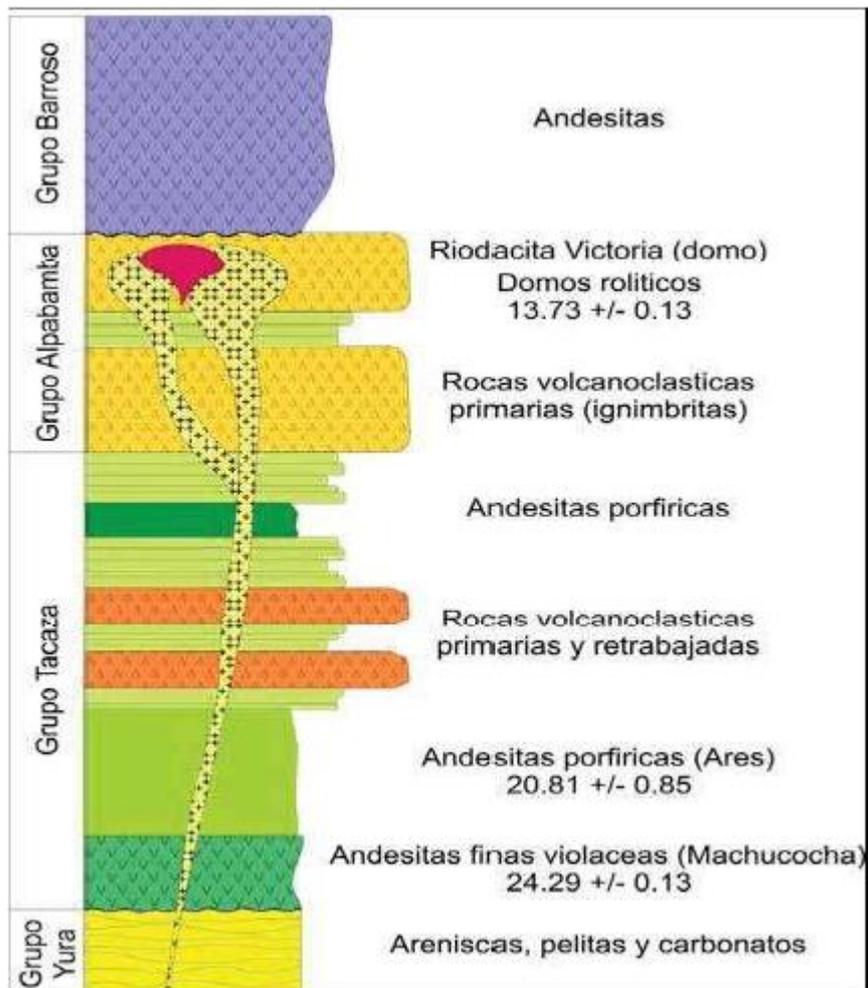


Figura 2. Columna estratigráfica regional
 Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la minera APMINAC Pulpera (6)

2.2.1.3. Geología local

La mina Pulpera, litológicamente, se encuentra sobre los volcánicos cenozoicos de la formación Orcopampa correlacionable con el grupo Tacaza de edad Terciaria Superior, las vetas yacen encajadas sobre tobas brechas, tobas silíceas, andesitas brechadas y aglomerados andesíticos (6).

El grupo Tacaza cubre aproximadamente el 45% del área total del cuadrángulo de Caylloma. En la formación Orcopampa se han diferenciado tres miembros denominados "A", "B" y "C" (6).

La mina Pulpera pertenece al miembro "A" aflora casi en forma continua en el extremo occidental del cuadrángulo de Caylloma, en este miembro se han emplazado

las minas Caylloma, Suyckutambo y San Miguel; el miembro "A" tiene un espesor promedio de 1,000 m (6).

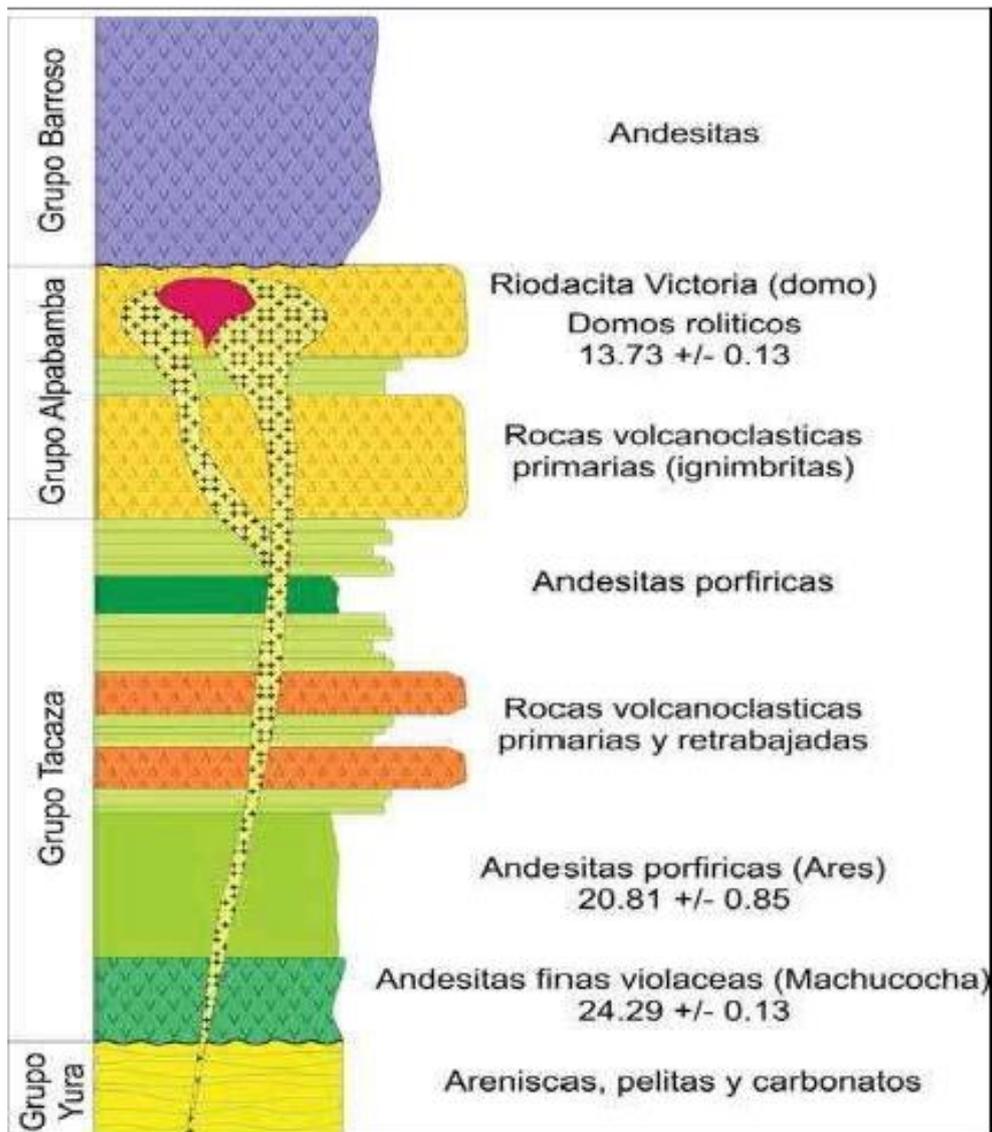


Figura 3. Columna estratigráfica local
Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la minera APMINAC Pulpera (6)

2.2.1.4. Geología estructural

Estructuralmente, las vetas son un conjunto de fracturas tensionales de dirección este-oeste producidas a partir de fallas normales sinextrales de rumbo noroeste-sureste, estas fallas son las responsables de generar aberturas para la etapa del emplazamiento de la mineralización (6).

Las fallas más representativas son la falla Chila, Chila 2, falla Pausa, falla-veta Condorsayana, todas estas fallas son de rumbo NW-SE. Existen fracturas tensionales de rumbo este-oeste son representadas por las vetas Celia, Froilán, San Pablo-Gringa, Flora, Lourdes, Julia, Rita, Roxana y Juana (6).

En el alineamiento estructural Caylloma-Suyckutambo se observa 02 etapas de formación de fallas, que dieron origen a las fallas tensionales y su respectiva mineralización, representado por la falla Chila y Condorsayana; y las fallas Santiago y Chonta. La falla "Pausa" generó una fractura tensional denominada veta "Celia" y dentro la veta se formaron aberturas lo suficientemente potentes para que durante la etapa de mineralización estas fracturas decepcionen la mineralización (6).

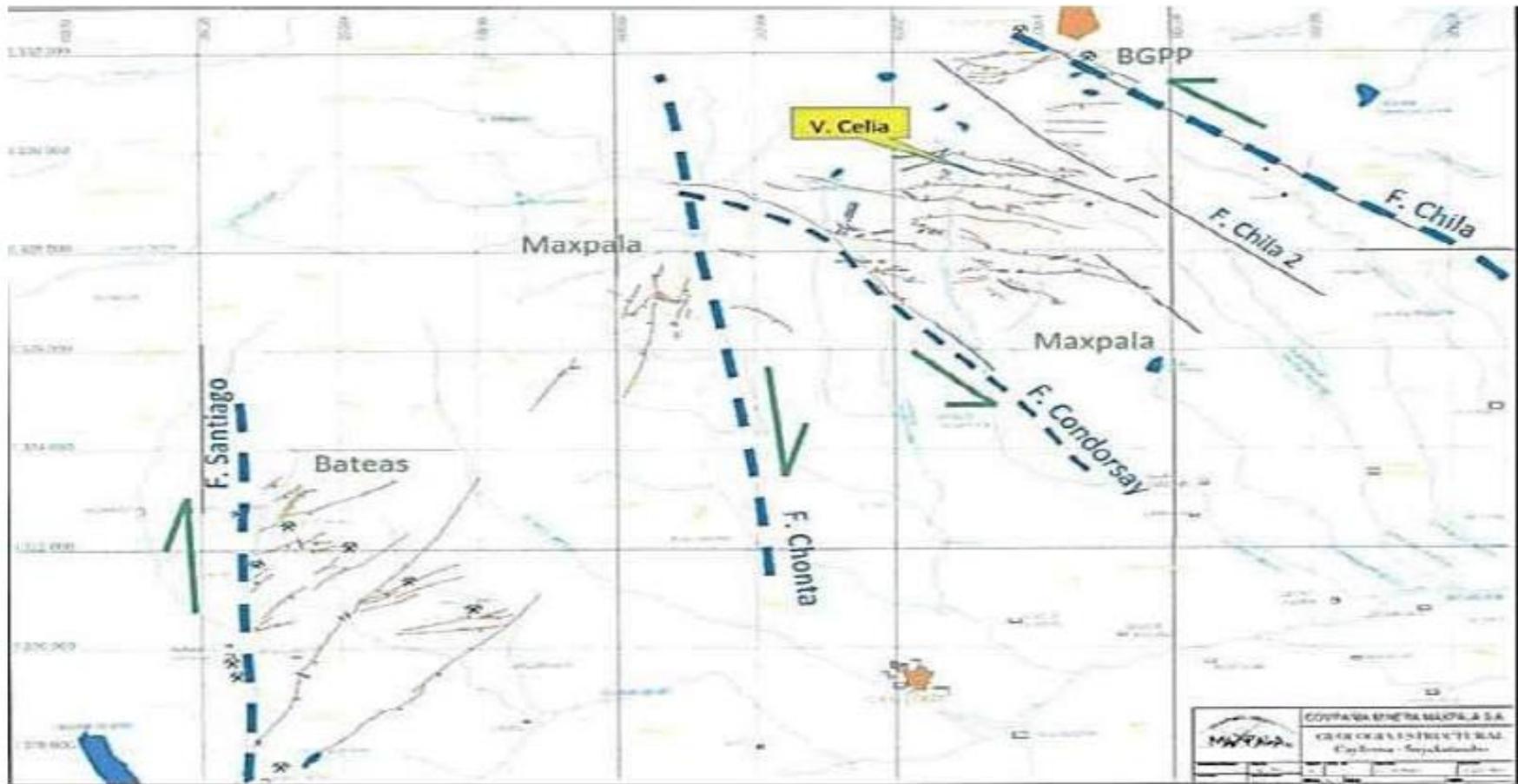


Figura 4. Geología estructural
 Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la minera APMINAC Pulpera (6)

2.2.1.5. Geología económica

Las vetas de la mina Pulpera tienen un rumbo de N 50° E y están relacionadas a la falla-veta Chila con rumbo N 45° O, las vetas de la mina tienen un rumbo promedio de N 30° - 45° O con un ancho 1.20 m; tiene como roca-caja a las volcánicas del Grupo Tacaza (6).

2.2.1.6. Mineralogía

La veta Celia es la que más se ha desarrollado, en esta veta se ha podido apreciar 02 etapas de mineralización; en una primera etapa, mineralización enriquecida con galena-esfalerita-tetrahedrita donde el oro se encuentra molecularmente incluido dentro las esfaleritas, la etapa es coetáneo al brechamiento o craquelamiento de la veta formando una zona de Plomo-Zinc con una migración de fluidos hacia el este, los clavos mineralizados 1 y 2 son propios de la primera etapa (6).

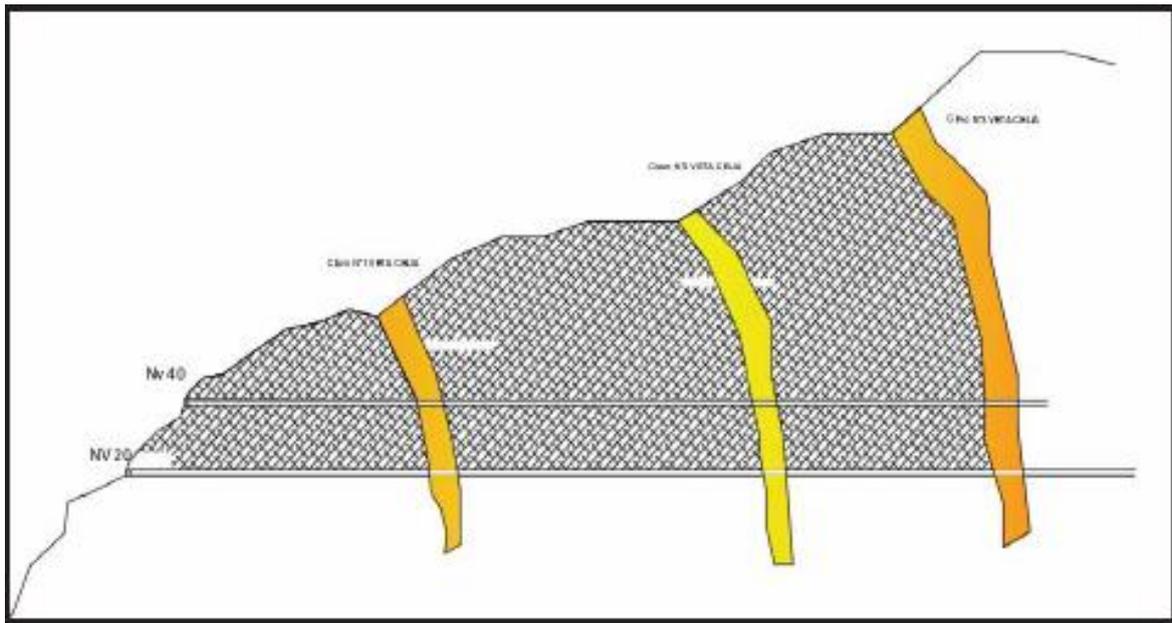
Durante una segunda etapa de mineralización los fluidos fueron cargados de tetrahedrita-electrum, además el oro se encuentra incluido en la tetrahedrita formando una zona exclusiva de Plata cuyos fluidos tienden a migrar hacia el Oeste, propio del clavo mineralizado (6).

2.3 Bases teóricas

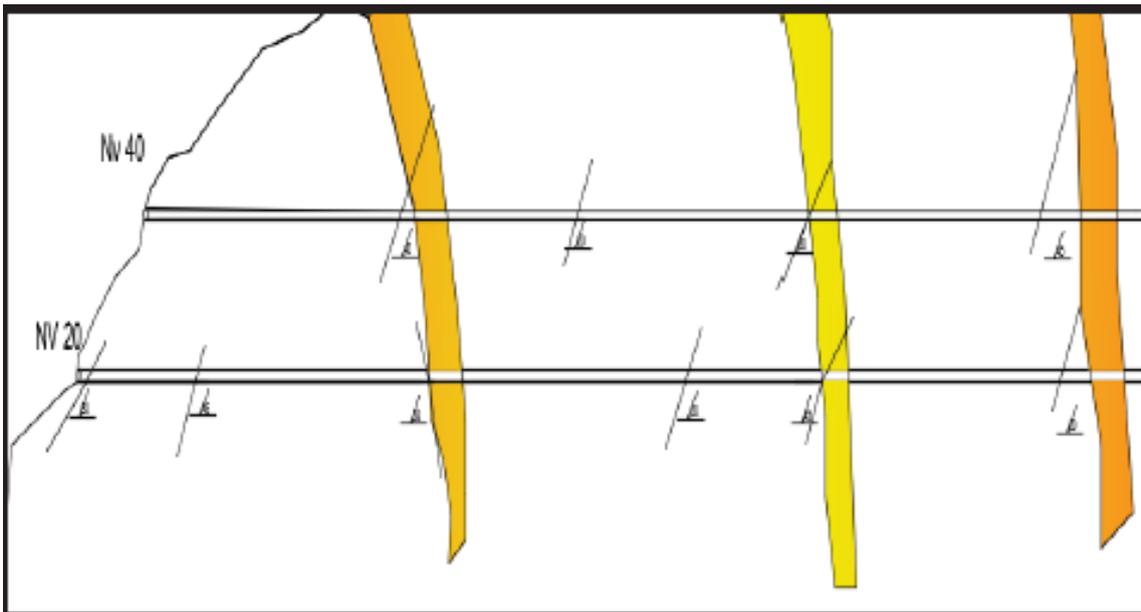
2.3.1 Evaluación geomecánica de la minera Apmnac Pulpera

La evaluación geomecánica de la mina es un proceso que nos permite determinar el comportamiento de la roca, dicho comportamiento es de vital importancia porque nos ayudará a determinar el sostenimiento en la mina, en caso contrario nos ayudará a determinar si no necesitamos sostenimiento, en muchos de los casos la zonificación geomecánica de las diversas labores nos dará una perspectiva que permitirá determinar el sostenimiento a medida que se profundicen las labores.

El análisis geomecánico será de dos niveles, los niveles a estudiar serán el Nv 20 y el Nv 40, el nivel más profundo es el Nv 20 con aproximadamente 490 metros, el Nv 40 con 420 metros. Estos niveles son los más profundos ayudarán a interpolar los otros niveles en la zonificación geomecánica. En el siguiente grafico se muestra los niveles a ser estudiados y los dimensionamientos de los clavos propios de la veta Celia.



**Figura 5. Diseño de las labores del Nv 20 y Nv 40
Tomada del departamento de Geomecánica de la minera Apmnac Pulpera (7)**



**Figura 6. Discontinuidades Niveles 20 y 40
Tomada del departamento de Geomecánica de la minera Apmnac Pulpera (7)**

Tabla 4. Evaluación geomecánica del tipo de roca en el Nv 20

MAPEO GEOMECANICO							
NIVEL 20		LUGAR: NIVEL 20		FECHA: 05/05/22		ALTURA LITOSTATICA: 100 m	
VALORACION DEL MACIZO ROCOS (R.M.R)							
PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALORACION	
	MARCAR						
I) R. COMPRE. UNIAXIAL (MPa)	> 250 (15)	100 - 250 (12)	X 50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	< 25 (2) < 5 (1) < 1 (0)	7	
II) RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	X 50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	< 25 (3)	13	
III) ESPACIAMIENTO (m)	> 2 (20)	0.6 - 2 (15)	X 0.2 - 0.6 (10)	0.06 - 0.2 (8)	< 0.06 (5)	13	
IV)CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m long (6)	X 1 - 3m Long (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4
	ABERTURA	cerrada (6)	< 0.1mm apert. (5)	X 0.1 - 1 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X Lig. Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	3
	RELLENO	Limpio (6)	Duro < 5 mm (4)	X Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	2
	ALTERACION	Sana (6)	Lig. Alterada (5)	X Mod. Alterad. (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	3
V) AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Húmedo (10)	X Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	7	
VI) CORR. POR DIRECCON Y BUZAMIENTO	Muy Favorable (0)	Favorable (-2)	X Media (-5)	Desfavorable (-10)	Muy Desfavorable (-12)	-5	
<p>RMR=56</p> <p>RMR CORREGIDO = (I + II + III + IV + V - VI), RMR corr. = 51</p> <p>CLASE DE MACIZO ROCOSO</p>						51	
<p>R</p> <p>DESCRIPCION</p> <p>100 - 81</p> <p>I MUY BUENA</p> <p>80 - 61</p> <p>II</p> <p>60 - 41</p> <p>III REGULAR</p> <p>40 - 21</p> <p>IV MALA</p> <p>20 - 0</p> <p>MUY MAL</p> <p>REGULAR</p>						REGULAR	

Tomada del departamento de Geomecánica de la minera Apmnac Pulpera (7)

2.4 Operaciones de minado

2.4.1 Capacidad de producción

La producción diaria de mineral es de 40 t con una ley de cabeza promedio de 11.10 gr-Au/t, la ley cut-off de operación es de 10gr – Au/t. Con una producción mensual de 1200 t/mes al año 14 400 t al año (8).

2.4.2 Método de explotación

- **Método de corte y relleno ascendente (Diseño y descripción)**

El método de minado que se utiliza en la veta Celia es el corte y relleno ascendente, que comprende el dimensionamiento del block mineralizado divididas a 30 metros de altura conjuntamente con la delimitación de los niveles cada 50 metros, la extracción se realizada atreves de buzones y luego transportado por locomotora y vagones a superficie y el relleno de los tajeos es de material detrítico (8). En la siguiente figura se muestra el dimensionamiento del block mineralizado.

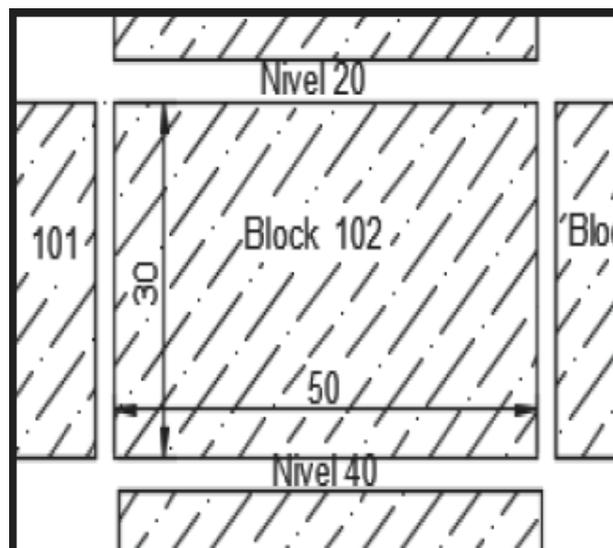


Figura 7. Dimensionamiento del block mineralizado
Tomada de Análisis geomecánico para seleccionar el tipo de sostenimiento en la mina
Apmnac Pulpera Caylloma – Arequipa

2.4.3 Ciclo de minado de la mina Apmnac Pulpera Caylloma

El ciclo de minado consta del siguiente ciclo de trabajo como se muestra a continuación:

- ✓ Perforación
- ✓ Voladura
- ✓ Ventilación

- ✓ Regado
- ✓ Desatado
- ✓ Acarreo de Material
- ✓ Sostenimiento

- **Equipos de perforación**

Los equipos de perforación utilizados son manuales de perforación neumática Jackleg RNP S83, que están provistos de 2 sopladores diesel Chart Copco de 186 CFM, los equipos de perforación están situados en los distintos niveles donde se realizan los trabajos de desarrollo, con taladros de 3 y 5 pies (8).

Tabla 5. Parámetros para galería

GALERIA	
Seccion (mts)	2.1 x 2.1
Avance (mts)	1.4
Tiempo perforacion (hrs)	2.3
N° de taladros	33
N° de taladros de alivio	3
Eff. Perforacion	95%
Long. De perforacion (mts)	1.5
Seccion (mts)	4.41
volumen (mts 3)	5.95

Tomada de Análisis geomecánico para seleccionar el tipo de sostenimiento en la mina Apmnac Pulpera Caylloma – Arequipa

- **Voladura y explosivos**

La voladura se realiza de forma sucesiva, efectiva y versátil, donde se sigue un orden de salida tras el encendido del arranque que hará explotar las cargas explosivas de los taladros para que las caras libres trabajen con la rotura de la roca, los explosivos utilizados son Semexsa 65% explosivo de la organización EXSA, la carga de la columna explosiva consta de 6 cartuchos, se utiliza utilizando fulminante N°11 que se asocia con línea de explosión y mecha de rápida para la iniciación (8).

Tabla 6. Característica técnicas dinamita Semexa

Producto EXSA	Cart/caj a	Kgr/cart	densidad gr/cm ³	vel. Deton(m/seg)
semexa 65% de 7/8" por 7"	308	0.08177	1.12	4200

Tomada de EXSA

2.5 Equipo manual merforadora Jackleg

Es una perforadora manual con una barra de avance que se utiliza para la perforación de taladros horizontales e inclinadas, se utiliza básicamente para los trabajos de desarrollo y preparación de galerías, subniveles, taludes y pozos en la minería tradicional (8).

Tabla 7. Especificaciones técnicas de la perforadora manual Jackleg RNP S83

ESPECIFICACIONES	US/IMP	MÉTRICO
Diámetro del Cilindro	3.00"	76.2 mm.
Carrera del Pistón	2.50"	63.5 mm.
Frecuencia de Impacto	2 500 bpm	2 500 gpm.
Long. De la Perforadora	27.25"	692 mm.
Torque	90 lbs-ft	122 Nm
Revoluciones	250 rpm	250 rpm
Consumo de Aire (90 PSI)	110 cfm	51.9 lit. /seg.
Peso de la Perforadora (incluye el empujador)	117.07 lbs	53.10 kg.
Peso de la Perforadora	73.41 lbs	33.30 kg
Peso del Empujador	43.65 lbs	19.8 kg
Long. Del Empujador Contraído	73.00"	1 854.2 mm.
Long. Del Empujador Extendido	128"	3 251 mm.
Dimensiones del Barreno	0.866" X4.25"	22 x 108 mm.

Tomada de RNP México Perfomex Perú S. R. L

2.4.4 Partes principales de una máquina perforadora

Cada máquina de perforación está dividida en tres partes principales: la parte frontal, la parte cilíndrica y el cabezal; estas tres secciones se combinan mediante dos tornillos largos con tuercas llamados tirantes

2.4.5 Accesorios de perforación

- **Consideraciones para elegir varillaje cónico o integral**

- ✓ El varillaje cónico brinda una mayor velocidad de penetración.
- ✓ El control logístico que requieren las brocas cónicas es bastante exigente.
- ✓ No se recomienda el uso de varillaje cónico en terrenos demasiado deleznable, en donde el taladro tenga derrumbes.
- ✓ El mercado nacional tiene mayor afinidad y costumbre en el uso de barrenos integrales.
- ✓ Esto también se debe en parte a que no se conocen a profundidad las bondades técnicas del varillaje cónico

- **Entre los accesorios de perforación tenemos:**

- **Barras cónicas**

Es la varilla de acero que tienen el objetivo de transmitir el golpe a la roca a través de la broca, estas varillas por lo general el juego de barras, se empieza a perforar con el patero de patero de 4', seguidor de 6' y pasador de 8 (9).

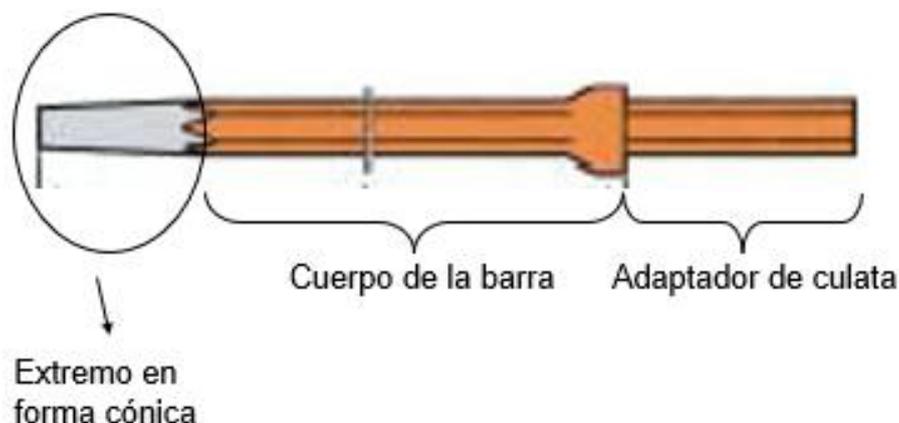


Figura 8. Partes de la barra cónica
Tomada de "Rock Drilling Tools (RDT)", por EPIROC PERU S. A. 2018

En siguiente figura se muestra las características generales de las barras cónicas

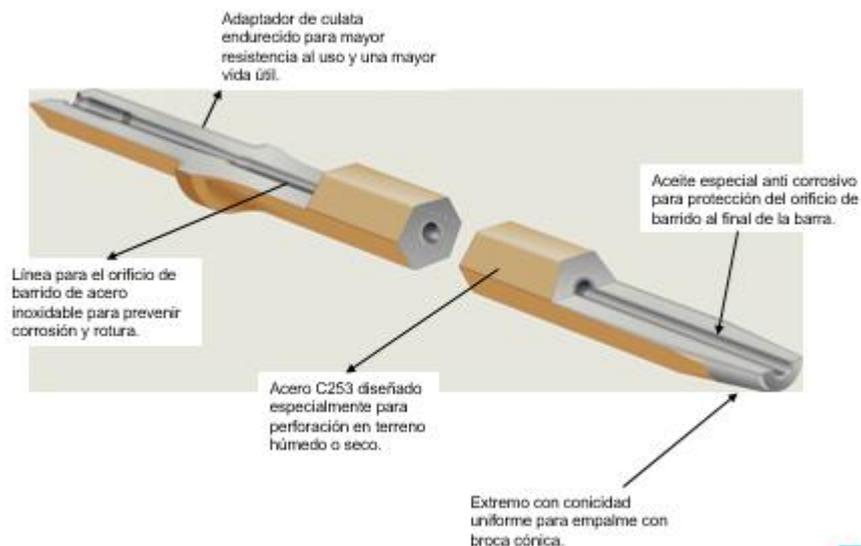


Figura 9. Características generales de las barras cónicas
 Tomada de "Rock Drilling Tools (RDT)", por EPIROC PERU S. A. 2018

- **Brocas descartables**

Son los componentes del cuerpo del taladro que juegan con la trituración de la roca, el taladro que está en contacto con la roca es un metal de carburo de tungsteno y cobalto, que puede ser de 36 - 37 mm. a más (9)

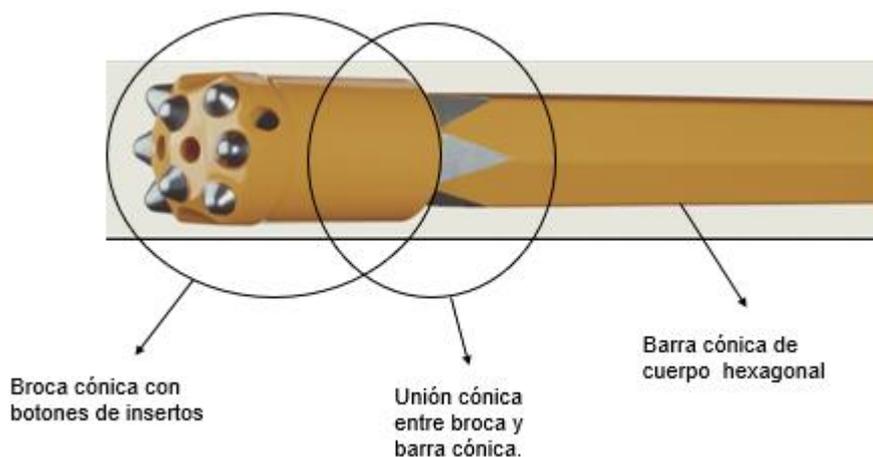


Figura 10. Acople de barra y broca cónica
 Tomada de "Rock Drilling Tools (RDT)", por EPIROC PERU S. A. 2018

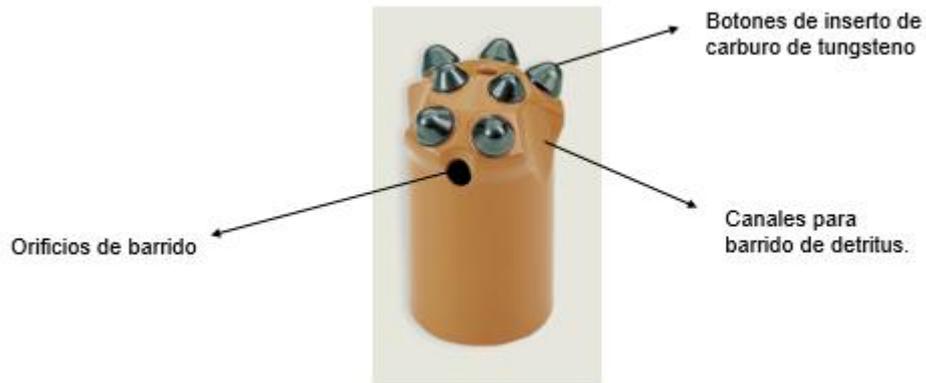


Figura 11. Partes de broca cónica
 Tomada de "Rock Drilling Tools (RDT)", por EPIROC PERU S. A. 2018

- **Importancia de la conicidad**

Las barras cónicas requieren ser empatadas con brocas cónicas cuya conicidad sea la misma.

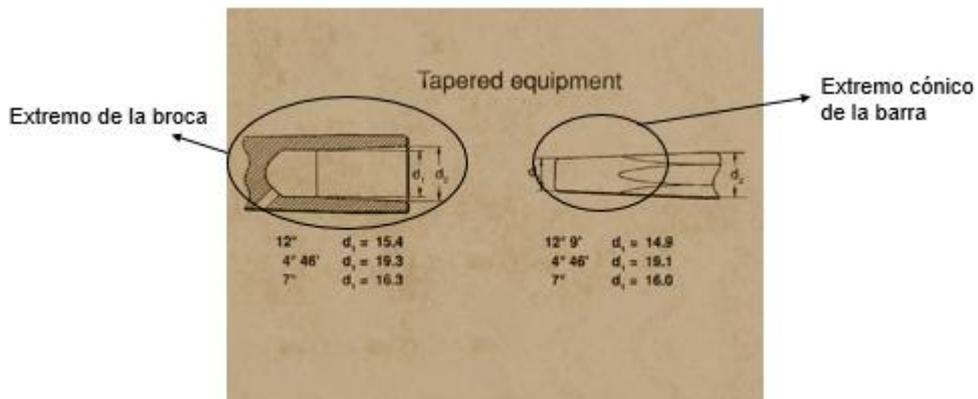


Figura 12. Descripción de la conicidad
 Tomada de "Rock Drilling Tools (RDT)", por EPIROC PERU S. A. 2018

- **Cuidado de la cónica y broca cónica**

Tabla 8. Especificaciones y técnicas del cuidado de la barra cónica

Causa	Mejora	Accesorio
Rotura desde el interior, debido probablemente a corrosión sobre acero usado y posteriormente almacenado (10).	Limpiar y lubricar el material antes de almacenar si se detectan signos de posible corrosión (10).	
Rotura desde el lado del hexágono, probablemente por golpe externo (10).	Manipular cuidadosamente las barras para que no sufran golpes directos (10)	
Rotura desde una esquina del hexágono, probablemente por golpe externo (10).	No utilizar martillos ni combas para separar brocas y barras, usar el sacabrocas (10).	

Tomada de "Rock Drilling Tools (RDT)", por EPIROC PERU S. A. 2018

Tabla 9. Especificaciones y técnicas del cuidado del culatín de la barra cónica

Causa	Mejora	Accesorio
Deformación en el hexágono del culatín debido a problemas en la bocina (10).	Revisar la perforadora y cambiar la bocina (10).	
Lubricación insuficiente del shank adapter (10).	Revisar la lubricadora (10).	
Deformación en la cara de golpeo del pistón (10).	Revisar y realizar adecuado mantenimiento a la perforadora (10).	

Tomada de "Rock Drilling Tools (RDT)", por EPIROC PERU S. A. 2018

Tabla 10. Especificaciones y técnicas del cuidado de la broca cónica

Causa	Mejora	Accesorio
Rotura transversal y/o longitudinal de broca en el faldón por uso de barras coneadas inadecuadamente (10).	Eliminar barras cónicas con ángulo de cono inadecuado y utilizar barras de marca (10).	
Uso de barra champeada debido a uso excesivo de la misma (10).	Dar de baja barras que hayan cumplido su vida útil normal (10).	
Rotura transversal y/o longitudinal debido a golpeo con objeto contundente (martillo o comba) para separarlo de la barra (10).	Utilizar herramientas adecuadas para separar las brocas y las barras cónicas. (Sacabrocas). Nunca golpear los aceros para separarlos (10).	



Tomada de "Rock Drilling Tools (RDT)", por EPIROC PERU S. A. 2018

CAPÍTULO III

MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método general o teórico de la investigación

a) Método general

Método deductivo: porque se realizará la optimización de los parámetros de perforación y voladura para disminuir el costo de avance de los frentes de preparación en la unidad minera Apmnac Pulpera.

b) Método específico

El método específico que se empleará es el método experimental deductivo, porque al realizar la optimización de los parámetros de perforación y voladura se podrá disminuir el costo de avance de los frentes de preparación en la unidad minera Apmnac Pulpera.

3.1.2 Alcance de la investigación

a) Tipo de investigación

Es aplicativo, porque el objetivo de la investigación es realizar la optimización de los parámetros de perforación y voladura para disminuir el costo de avance de los frentes de preparación en la unidad minera Apmnac Pulpera.

b) Nivel de investigación

Es explicativo, porque para realizar la optimización de los parámetros de perforación y voladura se llevará a cabo un análisis geomecánico del macizo rocoso a fin de disminuir el costo de avance de los frentes de preparación en Apmnac Pulpera.

3.2 Diseño de la investigación

Es experimental.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Todos los frentes de avance de preparación para el método de minado corte y relleno ascendente de la unidad minera Apmnac Pulpera.

3.3.2 Muestra

La galería 200 del Nivel 20, de la veta Celia de la unidad minera Apmnac Pulpera.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos.

- **Observación:** se realizará la recolección de datos en campo mediante la técnica observacional y procesamiento de datos actuales de la perforación, representado por la galería 200 del Nivel 20 de la veta Celia de la unidad minera Apmnac Pulpera.

Para la investigación se utilizará como instrumento de campo: cuaderno de notas, planos, vernier, flexómetro, y herramientas de gestión de la unidad minera Apmnac Pulpera.

- **Recopilación:** datos de la perforación, factores y parámetros, control de uso y consumo, utilizando programa Excel, tesis, libros y laptop para el procesamiento de los datos.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos.

- ✓ Informes
- ✓ Publicaciones
- ✓ Tesis
- ✓ Planos
- ✓ Fichas
- ✓ Libros
- ✓ Internet
- ✓ PC

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Optimización de los parámetros de perforación y voladura para disminuir el costo de avance de los frentes de preparación en la unidad minera Apmnac Pulpera.

4.1.1 Optimización de los parámetros de perforación y voladura para disminuir las pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jackleg en la unidad minera Apmnac Pulpera.

Se realizó el análisis en función a las 4 funciones primordiales de la perforación:

- **Percusión:** cuando el cilindro influye en la pértiga que haría el golpe se controla el emboquillado del equipo para perforación. En laa unidad minera Apmnac Pulpera se realizaron las correcciones del correcto emboquillado con capacitaciones al maestro y ayudante perforista.

- **Rotación:** al girar la barra por impacto de la percusión se controlan las revoluciones (RPM) de giro en el inicio de la perforación y se gradúan según el tipo de roca a

perforar. En la unidad minera Apmnac Pulpera tenemos la roca dura, la revolución hacia el inicio de la perforación debe ser más baja una vez que la broca ha sido perforada 30 centímetros y el RPM debe ser ampliado por separado.

- **Empuje de avance:** cuando la pata de empuje aplica la fuerza para que el perforador empuje la perforadora controla el posicionamiento del equipo que es sustituible para la longitud a realizar la perforación. En la unidad minera Apmnac Pulpera muchas veces los maestros perforistas cambian de posición de perforación hasta dos a tres veces debido a un mal posicionamiento del equipo, se realizó capacitaciones al personal a fin de mejorar estas deficiencias.
- **Barrido:** elimina los detritus del taladro, por lo que hay destreza en la perforación, el control ejecutado. En la unidad minera Apmnac Pulpera la perforación se realiza sin la consideración del equipo manual sin tener en cuenta las barras de la presión del agua como el aire. Esto crea retrasos y de vez en cuando el atascamiento de la barra en el taladro juntamente con la broca. Se controló las presiones de agua y aire mediante capacitaciones del equipo manual Jackleg para el desarrollo factible de la perforación.

a) Pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jackleg en la unidad minera Apmnac Pulpera

En la siguiente tabla se muestra el descarte de las piezas de perforación por pérdidas prematuras.

Tabla 11. Tipos de descarte de las piezas de perforación - brocas cónicas

N°	Tipos de descarte de las piezas de perforación
1	Desgaste diametral
2	Insertos rotos
3	Insertos diametrales expulsados
4	Insertos centrales expulsados
5	Insertos se salen de la matriz
6	Pérdida total de insertos
7	Fractura transversal
8	Fractura longitudinal
9	Rajadura de brocas

10	Obstrucción de orificios de barrido
12	Pérdida en frente de trabajo
13	Desgaste de matriz

Los tipos de descarte ayudarán a mejorar el control de los rendimientos de las herramientas de perforación de las brocas cónicas, para mejorar los metros perforados respectivamente.

Tabla 12. Tipos de descarte de las piezas de perforación - barras cónicas

N°	Tipos de descarte de las piezas de perforación
1	Desgaste de hexagonales
2	Torcedura de barras
5	Daño en la cara de impacto
6	Fractura en la parte del cono
7	Fractura en la parte de culatín
8	Plantado en frente de trabajo
9	fractura en zona intermedia
10	Rajadura de barras

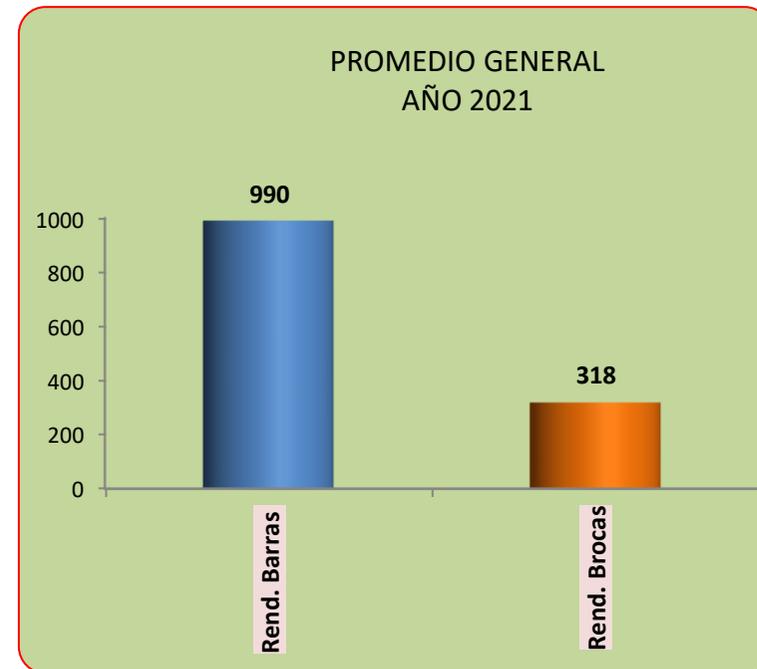
Al igual que las barras cónicas, también tienden a generar pérdidas prematuras por las malas prácticas. Esto tiende a centrarse en mayor cantidad en el listado de la tabla y es allí donde se debe corregir y generar la mejora respectiva.

b) Rendimiento en promedio mensual de las piezas de la perforadora Jackleg en la unidad minera Apmnac Pulpera

En la siguiente tabla, se muestra el rendimiento promedio general por mes de los aceros de perforación año 2021

Tabla 13. Rendimiento promedio general mensual de los aceros de perforación del año 2021

RENDIMIENTO PROMEDIO GENERAL/MES. DE ACEROS DE PERFORACION AÑO 2021														
Accesorio	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21	Nov-21	Dic-21	Total	Prom
Barra cónica 4'	44	45	51	53	37	44	40	43	43	24	30	32	486	41
Barra cónica 6'	46	51	49	48	42	48	36	35	42	19	28	35	479	40
Barra cónica 8'	3	1	4	2	1	3	5	0	3	1	2	2	27	2
Broca cónica 32 mm	2	4	5	2	2	4	10	3	4	1	3	5	45	4
Broca cónica 33 mm	134	122	112	118	117	127	119	102	99	93	88	87	1318	110
Broca cónica 34 mm	177	170	157	154	139	160	147	138	138	110	120	114	1724	144
Broca cónica 35 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barras cónicas	93	97	104	103	80	95	81	78	88	44	60	69	992	83
Brocas cónicas	313	296	274	274	258	291	276	243	241	204	211	206	3087	257
Pies perf.	93,448	86,563	80,244	81,701	76,259	89,866	86,736	83,402	83,650	76,080	74,410	69,864	982,222	81852
Rend. barras	1005	892	772	793	953	946	1071	1069	951	1729	1240	1013	990	1036
Rend. brocas	299	292	293	298	296	309	314	343	347	373	353	339	318	321



Interpretación:

Las mejoras de las pérdidas prematuras de los aceros de perforación permitieron incrementar los metros perforados. Tras las pérdidas de enero a mayo, producto de las deficiencias, se incrementó los metros perforados entre junio a diciembre por la mejora de las deficiencias en promedio mensual para el año 2021. Se tuvo un incremento de 90 metros en el rendimiento de las barras cónicas y un incremento de 18 metros perforados en las brocas cónicas.

4.1.2 Optimización de los parámetros de perforación y voladura para incrementar el avance lineal de los frentes de avance en la unidad minera Apmnac Pulpera

La siguiente evaluación se realizó en función del avance lineal. Así, se podrá realizar el análisis del avance lineal de los metros perforados, en la evaluación situacional con barra de 6 pies a la mejora del avance lineal con barra de 8 pies.

a) Evaluación situación del avance lineal de la galería 200 del Nivel 20, de la veta Celia

En el diseño de malla de perforación y voladura se perforó con una barra de 6 pies como se muestra en la siguiente figura.

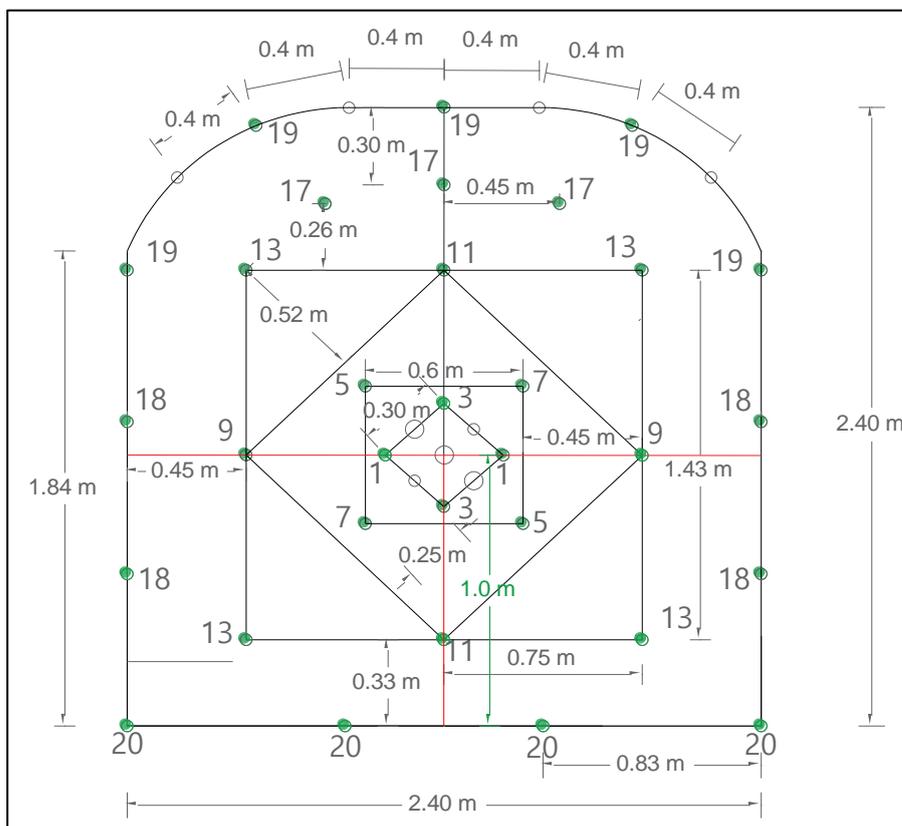


Figura 13. Perforación con Jackleg sección 2.40 x 2.40 con longitud de perforación 6 pies gal-200. Tipo de roca 3 Tomada del departamento de Operaciones de la Mina Apmnac Pulpera Caylloma – Arequipa

Tabla 14. Distribución de carga y datos técnicos con longitud de perforación 6 pies gal-200.
Tipo de roca 3

DISTRIBUCION DE CARGA Y DATOS TECNICOS									
TALADROS	N° Taladros Cargados	Emulnor 5000	Semexa 45%	Emulnor 3000	Total	Emulnor 5000	Semexa 45%	Emulnor 3000	Tipo de Explosivos
		1 1/4 * 12	7/8 * 7	1 * 8	Cartuchos por tal.	1 1/4 * 12	7/8 * 7	1 * 8	
		Cartucho por Taladro			Und.	N° Cartucho por Grupo			Und
Arranque	4	1		7	8	4		28	und
1ra ayuda	4	1		6	7	4		24	und
2da ayuda	4	1		5	6	4		20	und
3ra ayuda	4			6	6	0		24	und
Ayuda corona	3			5	5	0		15	und
Hastiales	4			5	5	0		20	und
Corona	5		4	1	1	0	20	5	und
Arrastres	4	1		6	7	4		24	und
Total	32					16	20	160	N° Cart.
Total Taladros	41								
						4.26	1.58	17.54	Kg
						kilos de explosivos		23.38	kg / disp.

DATOS			
Tipo de roca		3	
Densidad de roca	gr/cm ³		2.70
Ancho de la sección	m		2.40
Alto de la sección	m		2.40
Sección	m ²		5.76
N° taladros cargados	tal.		32
N° taladros alivio	tal.		4
Diámetro de taladro	mm		38
Long. Taladro	m		1.70
Avance efectivo	m		1.60

FACTORES TEÓRICOS		
Volumen roto	m ³	9.79
Tonelaje roto	t	26.44
Factor de carga	kg/t	0.88
Factor de avance	kg/t	13.75

FACTORES REALES		
Volumen roto	m ³	9.22
Tonelaje roto	t	24.88
Factor de carga	kg/t	2.54
Factor de avance	kg/m	14.61

CONSUMO DE EXPLOSIVOS - ACCESORIOS		
Emulnor 3000 1 x 8"	kg	17.54
Emulnor 5000 1 ¼ x 12"	kg	4.26
Semexsa 45% ¾ x 7"	kg	1.58
Total Explosivo	kg	23.38
Cordón Detonante	m	
Exanel 2.8 m	und.	
Mecha rápida	m	20
Carmex	und.	32

RESULTADOS DE LA POST VOLADURA		
Avance promedio	m	1.60
Avance	%	94.12
Ancho de la sección	m	2.55
Alta de la sección	m	2.50
Sobrerotura	%	10.68%
Toneladas rotas	t	99.88
Factor de potencia	kg/t	0.23
Factor de carga	kg/m ³	2.29
Factor de carga	kg/m	14.61

Tomada del departamento de Operaciones de la Mina Apmnac Pulpera Caylloma – Arequipa

Interpretación:

Las deficiencias se tuvieron en la salida del arranque, ya que no se realizaba un buen corte por la distribución de los taladros de alivio y cargados; por otro lado, el corte en la corona no se realiza de la mejor manera, ya que la periferia de la labor genera mucha inestabilidad del macizo rocoso por el diseño de la malla en la corona.

Tabla 15. Distribución de carga y datos técnicos con longitud de perforación 8 pies gal-200.
Tipo de roca 3

DISTRIBUCION DE CARGA Y DATOS TECNICOS									
TALADROS	N° Taladros Cargados	Emulnor 5000 1 1/4 * 12	Semexa 45% 7/8 * 7	Emulnor 3000 1 * 8	Total Cartuchos por tal.	Emulnor 5000 1 1/4 * 12	Semexa 45% 7/8 * 7	Emulnor 3000 1 * 8	Tipo de Explosivos
		Cartucho por Taladro			Und.	N° Cartucho por Grupo			Und
Arranque	5	1		10	11	5		50	und
1ra ayuda	4	1		10	11	4		40	und
2da ayuda	4	1		8	9	4		32	und
3ra ayuda	4	1		8	9	4		32	und
Ayuda corona	3	1		6	7	3		18	und
Hastiales	4	1		6	7	4		24	und
Corona	5		5	1	1	0	25	5	und
Arrastres	5	1		8	9	5		40	und
Total	34					29	25	241	N° Cart.
Total Taladros	42								
						7.71	1.98	26.43	Kg
						kilos de explosivos		36.12	kg / disp.

SELECCIÓN DE EXANELES 2.80 M		DATOS		
EXANEL LP	UND	Tipo de roca		
			3	
# 1	1	Densidad de roca	gr/cm ³	2.70
# 2	-	Ancho de la sección	m	2.40
# 3	1	Alto de la sección	m	2.40
# 4	-	Sección	m ²	5.76
# 5	1	Nº taladros cargados	tal.	34
# 6	-	Nº taladros alivio	tal.	4
# 7	2	Diámetro de taladro	mm	38
# 8	-	Long. Taladro	m	2.30
# 9	2	Avance efectivo	m	2.15
# 10	-			
# 11	2			
# 12	2	CONSUMO DE EXPLOSIVOS - ACCESORIOS		
# 13	2	Emulnor 3000 1 x 8"	kg	26.43
# 14	2	Emulnor 5000 1 ¼ x 12"	kg	7.71
# 15	2	Semexsa 45% ¾ x 7"	kg	1.98
# 16	3	Total Explosivo	kg	36.12
# 17	-	Cordón Detonante	m	28
# 18	4	Exanel 2.8 m	und.	34
# 19	5	Mecha rápida	m	0.10
# 20	5	Carmex	und.	2

FACTORES TEÓRICOS		
Volumen roto	m ³	13.25
Tonelaje roto	t	35.77
Factor de carga	kg/t	1.01
Factor de avance	kg/t	15.70

FACTORES REALES		
Volumen roto	m ³	12.38
Tonelaje roto	t	33.44
Factor de carga	kg/t	2.92
Factor de avance	kg/m	16.80

RESULTADOS DE LA POST VOLADURA		
Avance promedio	m	2.15
Avance	%	93.48
Ancho de la sección	m	2.55
Alta de la sección	m	2.50
Sobrerotura	%	10.68%
Toneladas rotas	t	181.58
Factor de potencia	kg/t	0.20
Factor de carga	kg/m ³	2.64
Factor de carga	kg/m	16.80

Tomada del departamento de Operaciones de la Mina Apmnac Pulpera Caylloma – Arequipa

Interpretación:

El arranque mejoró, ya que se incrementó un taladro cargo en el centro. Esto dio buenos resultados en el disparo, este diseño de la malla de perforación y voladura ayudó a controlar la estabilidad del macizo rocoso en la periferia de la labor.

4.1.3 Evaluación técnica y económica de la perforación y voladura para disminuir el costo de avance de los frentes de preparación en la unidad minera Apmnac Pulpera

a) Costo por metro lineal de la perforación y voladura con barra de 6 pies de la galería 200 del Nivel 20 de la veta Celia de la unidad minera Apmnac Pulpera

El análisis de los costos está en base a los rendimientos de las herramientas de perforación del equipo manual Jackleg, en campo, los salarios y precios de las herramientas y materiales, el costo de equipo y equipos Scooptram de 3.5 yd³.

En la siguiente tabla se muestra los datos técnicos de perforación y voladura, incluye la limpieza con Scooptram 3.5 yd³ de la galería 200 del Nivel 20, de la veta Celia de la unidad minera Apmnac Pulpera.

Tabla 16. Datos técnicos de perforación y voladura con barra de 6 pies incluye la limpieza con Scooptram 3.5 yd³ de la galería 200 del Nivel 20 de la veta Celia

Datos Técnicos:						
Tipo de roca:	Media					
Ancho Labor:	2.4	m		Efic.Perf.	82%	
Alto Labor:	2.4	m		Efic.Disp.	82%	
Long. Barra (pie)	6.0	pies		Long. Carga	1.00	m
NºTal. Frente	41	tal		Avanc.Efect.	1.23	m
NºTal. Cargados	32	tal		m ³ / Disp.	7.08	m3
Factor de carga:	14.6	Kg/m	Longitud de avance de perforación		1.50	mts
kg explosivo	23.4	Kg	kilogramos/ taladro		0.73	
Porcentaje de la utilidad de por metro de avance es el 8.5% del costo directo						8.5%

Estos datos técnicos se utilizan para desarrollar la estructura de costos de perforación y voladura de la galería 200 del Nivel 20 de la veta Celia.

La utilidad obtenida por metro de avance es el 8.5 % del costo total indirecto. Según acuerdo de la unidad minera Apmnac Pulpera.

En la siguiente tabla se muestra la estructura de costos de perforación y voladura de la galería 200 del Nivel 20 de la veta Celia de la unidad minera Apmnac Pulpera.

Tabla 17. Estructura de costos de perforación y voladura con barra de 6 pies de la galería 200 del Nivel 20 de la veta Celia

ESTRUCTURA DE COSTOS: GAL, 2.4 x 2.4 (JACKLEG)						
Taladros Perforados /disparo	41.0	Longitud efectiva Perforación mts	1.50			
Taládro cargados	32.0	Eficiencia perforación	82%			
Factor de carga (Kg/taladro) :	0.7	Rendimiento (m/disparo):	1.23			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U. S/. / Unid	Total S/. S/.	Total S/. /MET.
1 Mano de Obra						685.45
Capataz	tarea	1	1.59	191.06	60.73	
Bodeguero	tarea	1	1.59	135.26	43.00	
Mecánico	tarea	1	3.18	212.94	270.74	
electricista Mina	tarea	1	1.59	169.18	53.78	
Operador Scoop	tarea	1	50%	191.06	124.19	
Maestro Perforista	tarea	1	80%	144.02	149.78	
Ayudante	tarea	1	80%	135.26	140.67	
1 Aceros de perforación						90.78
Aceite de Perforación	Gln	0.25	100%	21.91	5.48	
Barras de Perforación conicas	pp	201.72	100%	0.28	56.06	
Brocas de perforación conica 38 mm	pp	201.72	100%	0.25	50.09	
1 Herramientas						16.86
Lampa	pieza	2.00	100%	0.53	1.06	
Pico	pieza	2.00	100%	0.59	1.18	
Combo 6 Lbs	pieza	1.00	100%	0.39	0.39	
Llave Stilson de 8"	pieza	1.00	100%	0.27	0.27	
LLave Francesa 8"	pieza	1.00	100%	0.24	0.24	
Barretilla de 4'	pieza	1.00	100%	0.99	0.99	
Barretilla de 6'	pieza	1.00	100%	1.17	1.17	
Barretilla de 8'	pieza	1.00	100%	1.30	1.30	
Disco de jebe	pieza	1.00	100%	0.20	0.20	
Taco de Arcilla	pieza	32.00	100%	0.20	6.40	
Ocre Polvo Rojo	kg	0.13	100%	10.00	1.30	
Escaleras telescopicas	pieza	1.00	100%	5.59	5.59	
Arco de sierra + hoja	pieza	1.00	100%	0.65	0.65	
1 Implementos de Seguridad						20.02
Tareas sin ropa de agua	tareas	0.65	100%	8.59	5.58	
Tareas con ropa de agua	tareas	2.08	100%	9.15	19.03	
2 Equipos en Operación						226.57
Perforadora	pp	201.72	100%	0.38	77.38	
Manguera de jebe de 1"	m	30.00	100%	0.10	2.91	
Manguera de jebe de 1/2"	m	30.00	100%	0.04	1.26	
Scooptram Sandvick	Hm	1.00	100%	197.07	197.07	
A) Total Costo Directo						1039.68
B) UTILIDAD	8.5%					88.37
C) Explosivos y Acc. Voladura						163.20
Dinamita Semexa 65% 1 1/4" x 8"	kg	14.61	100%	6.24	91.08	
Carmex	und	2.00	100%	1.50	2.99	
Mininel	und	32.00	100%	2.93	93.73	
Mecha rapida	m	2.00	100%	1.06	2.13	
Cordon detonante	m	10.00	100%	1.08	10.75	
D) Combustible						37.99
Petroleo Scoop	Gln	4.00	100%	11.68	46.72	
COSTO TOTAL POR UNIDAD VALORIZADA (A+B+C+D)						1329.25

Interpretación:

El costo total por la unidad valorizada por metro de avance lineal es de S/ 1329.25 soles.

El costo de las herramientas de perforación, barra y brocas cónicas por metro lineal es de S/ 90.78 soles.

Refleja las pérdidas operativas de las herramientas de perforación del equipo manual Jackleg como se detalla a continuación: el precio unitario de la barra cónica es de 0.28 soles por metro y para la broca cónica es de 0.25 soles por metro.

b) Costo por metro lineal de la perforación y voladura con barra de 8 pies de la galería 200 del Nivel 20, de la veta Celia de la unidad minera Apmnac Pulpera.

Tras todos los controles para minimizar los errores de desviación de los taladros de perforación manual con el equipo Jackleg, los cuales se refleja en la mejora de la valorización del costo de avance lineal.

En la siguiente tabla se muestra los datos técnicos de perforación y voladura, incluye la limpieza con Scooptram 3.5 yd³, de la galería 200 del Nivel 20 de la veta Celia de la unidad minera Apmnac Pulpera.

Tabla 18. Datos técnicos de perforación y voladura con barra de 8 pies incluye la limpieza con Scooptram 3.5 yd³ de la galería 200 del Nivel 20 de la veta Celia

Datos Técnicos:					
Tipo de roca:	Media				
Ancho Labor:	2.4	m	Efic.Perf.	90%	
Alto Labor:	2.4	m	Efic.Disp.	90%	
Long. Barra (pie)	8.0	pies	Long. Carga	1.46	m
NºTal. Frente	42	tal	Avanc.Efect.	1.98	m
NºTal. Cargados	34	tal	m ³ / Disp.	11.38	m ³
Factor de carga:	16.8	Kg/m	Longitud de avance de perforación	2.19	mts
kg explosivo	36.1	Kg	kilogramos/ taladro	1.06	
Porcentaje de la utilidad de por metro de avance es el 10% del costo directo					10.0%

Estos datos técnicos, se utilizan para desarrollar la estructura de costos de perforación y voladura de la galería 200 del Nivel 20 de la veta Celia de la unidad minera Apmnac Pulpera.

La utilidad obtenida por metro de avance es el 10 % del costo total indirecto. Según acuerdo la galería 200 del Nivel 20 de la veta Celia de la unidad minera Apmnac Pulpera se incrementó en un 1.5 % más respectivamente.

En la siguiente tabla se muestra la estructura de costos de perforación y voladura de la galería 200 del Nivel 20 de la veta Celia de la unidad minera Apmnac Pulpera.

Tabla 19. Estructura de costos de perforación y voladura con barra de 8 pies de la galería 200 del Nivel 20 de la veta Celia de la unidad minera Apmnac Pulpera

ESTRUCTURA DE COSTOS: GAL, 2.4 x 2.4 (JACKLEG)						
Taladros Perforados /disparo	42.0	Longitud efectiva Perforación mts	2.19			
Taladros cargados	34.0	Eficiencia perforación	90%			
Factor de carga (Kg/taladro) :	1.1	Rendimiento (m/disparo):	1.98			

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total \$/.	Total
				\$/ Unid	\$/.	\$/ MET.
1 Mano de Obra						647.83
Capataz	tarea	1	1.42	191.06	54.17	
Bodeguero	tarea	1	1.42	135.26	38.35	
Mecánico	tarea	1	2.84	212.94	241.50	
electricista Mina	tarea	1	1.42	169.18	47.97	
Operador Scoop	tarea	1	50%	191.06	124.19	
Maestro Perforista	tarea	1	80%	144.02	149.78	
Ayudante	tarea	1	80%	135.26	140.67	
1 Aceros de perforación						93.00
Aceite de Perforación	Gln	0.25	100%	21.91	5.48	
Barras de Perforación conicas	pp	302.40	100%	0.21	63.03	
Brocas de perforación 38 mm	pp	302.40	100%	0.15	45.86	
1 Herramientas						17.19
Lampa	pieza	2.00	100%	0.53	1.06	
Pico	pieza	2.00	100%	0.59	1.18	
Combo 6 Lbs	pieza	1.00	100%	0.39	0.39	
Llave Stilson de 8"	pieza	1.00	100%	0.27	0.27	
LLave Francesa 8"	pieza	1.00	100%	0.24	0.24	
Barretilla de 4'	pieza	1.00	100%	0.99	0.99	
Barretilla de 6'	pieza	1.00	100%	1.17	1.17	
Barretilla de 8'	pieza	1.00	100%	1.30	1.30	
Disco de jebe	pieza	1.00	100%	0.20	0.20	
Taco de Arcilla	pieza	34.00	100%	0.20	6.80	
#REF!	kg	0.13	100%	10.00	1.30	
Escaleras telescopicas	pieza	1.00	100%	5.59	5.59	
Arco de sierra + hoja	pieza	1.00	100%	0.65	0.65	
1 Implementos de Seguridad						20.02
Tareas sin ropa de agua	tareas	0.65	100%	8.59	5.58	
Tareas con ropa de agua	tareas	2.08	100%	9.15	19.03	
2 Equipos en Operación						257.98
Perforadora	pp	302.40	100%	0.38	116.00	
Manguera de jebe de 1"	m	30.00	100%	0.10	2.91	
Manguera de jebe de 1/2"	m	30.00	100%	0.04	1.26	
Scooptram Sandvick	Hm	1.00	100%	197.07	197.07	
(A) Total Costo Directo						1036.02
(B) UTILIDAD		10.0%				103.60
(C) Explosivos y Acc. Voladura						218.54
Dinamita Semexa 65% 1 1/4" x 8"	kg	24.58	100%	6.24	153.28	
Carmex	und	2.00	100%	1.50	2.99	
Mininel	und	34.00	100%	2.93	99.59	
Mecha rapida	m	2.00	100%	1.06	2.13	
Cordon detonante	m	10.00	100%	1.08	10.75	
				0.00		
(D) Combustible						42.74
Petroleo Scoop	Gln	4.50	100%	11.68	52.56	
				0.00		
COSTO TOTAL POR UNIDAD VALORIZADA (A+B+C+D)						1400.90

Interpretación

El costo total por la unidad valorizada tiene el metro de avance lineal a S/ 1400.90 soles.

El costo de las herramientas de perforación, barra y brocas cónicas por metro lineal es de S/ 93.00 soles.

Refleja la mejora operativa de las herramientas de perforación del equipo manual Jackleg como se detalla a continuación: el precio unitario de la barra cónica es de 0.21 soles por metro y para la broca cónica es de 0.15 soles por metro.

c) Mejora de la perforación con barrenos cónicos de 8 pies de la perforación y voladura de la galería 200 del Nivel 20 de la veta Celia de la unidad minera Apmnac Pulpera

En resumen, se tiene la mejora de la perforación y voladura en función a la optimización de la perforación y voladura a favor de la barra de 8 pies (s/)

Tabla 20. Optimización de la perforación y voladura a favor de la barra de 8 pies (s/)

Avance programado 150 metros			
Barra cónica de 6 pies		Barra cónica de 8 pies	
Numero de disparos	122	Numero de disparos	76
costo total por los 150 m de avance (s/)	151,365	costo total por los 150 m de avance (s/)	98,524
Optimización de la perforación y voladura a favor de la barra de 8 pies (s/)			52,841

Interpretación

La reducción del costo total de la valorización por metro lineal de avance es de S/ 52 841 soles con respecto al avance de los 150 metros de avance lineal y el tiempo de ejecución se acorta por la longitud de avance lineal por guardia.

El incremento de la utilidad es del 1.5 % más respecto a la barra de 6 pies tras la reducción del costo total, dicha utilidad en incremento a S/ 15.23 soles más por metro lineal con la barra de 8 pies.

CONCLUSIONES

1. Las mejoras de las pérdidas prematuras de los aceros de perforación permitieron incrementar los metros perforados. Tras las pérdidas de enero a mayo, producto de las deficiencias, se incrementó los metros perforados entre junio a diciembre por la mejora de las deficiencias en promedio mensual para el año 2021. Se tuvo un incremento de 90 metros en el rendimiento de las barras cónicas y un incremento de 18 metros perforados en las brocas cónicas.

Las deficiencias se tuvieron en la salida del arranque, ya que no se realizaba un buen corte por la distribución de los taladros de alivio y cargados; por otro lado, el corte en la corona no se realiza de la mejor manera, ya que la periferia de la labor genera mucha inestabilidad del macizo rocoso por el diseño de la malla en la corona. El arranque mejoró, ya que se incrementó un taladro cargo en el centro. Esto dio buenos resultados en el disparo. Este diseño de la malla de perforación y voladura ayudó a controlar la estabilidad del macizo rocoso en la periferia de la labor.

2. El costo total por la unidad valorizada con barra de 6 pies por metro de avance lineal es de S/ 1329.25 soles. El costo de las herramientas de perforación, barra y brocas cónicas por metro lineal es de S/ 90.78 soles. Refleja las pérdidas operativas de las herramientas de perforación del equipo manual Jackleg como se detalla a continuación: el precio unitario de la barra cónica es de 0.28 soles por metro y para la broca cónica es de 0.25 soles por metro.

El costo total por la unidad valorizada con barra de 8 pies por metro de avance lineal es de S/ 1400.90 soles. El costo de las herramientas de perforación, barra y brocas cónicas por metro lineal es de S/ 93.00 soles. Refleja la mejora operativa de las herramientas de perforación del equipo manual Jackleg como se detalla a continuación: el precio unitario de la barra cónica es de 0.21 soles por metro y para la broca cónica es de 0.15 soles por metro.

3. La reducción del costo total de la valorización por metro lineal de avance es de S/ 52 841 soles con respecto al avance de los 150 metros de avance lineal y el

tiempo de ejecución se acorta por la longitud de avance lineal por guardia. El incremento de la utilidad es del 1.5 % más respecto a la barra de 6 pies tras la reducción del costo total, dicha utilidad en incremento a S/ 15.23 soles más por metro lineal con la barra de 8 pies.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar la evaluación de los desgastes prematuros de los aceros de perforación como broca y barra cónica, llevando un control de los metros perforados para cada pieza de perforación. Esto ayudará a mejorar el rendimiento de cada pieza de perforación.
2. Es recomendable evaluar el estudio de los parámetros geomecánicos para poder realizar el método de minado por corte y relleno ascendente, los que servirán para poder realizar los trabajos de desarrollo y preparación, también para poder realizar el incremento de los avances lineales de las galerías, niveles, subniveles y chimeneas.
3. Se recomienda evaluar estos dos factores clave: el consumo de explosivos y el desgaste de los aceros de perforación de forma práctica en el campo de trabajo a fin de si incrementamos la longitud de la barra de perforación se incrementa también el consumo de estos factores, que a lo largo del proyecto será beneficioso en los trabajos de avance reduciendo tiempo y costos por metro lineal de avance.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GONZALES, Judyt. Reducción de costos operativos en labor Carmen Nv. 3040 mediante la optimización de estándares de perforación y voladura, CIA. Minera Poderosa S.A -2018. Tesis (Título de Ingeniera de Minas). Abancay : Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, 2019.
2. GUILLEN, Wilson. Optimización del diseño de malla de perforación para la estimación de costos operacionales en la zona de Pucaurco - Unidad Minera Pachancoto – Minas de Pachancoto S. A. 2019. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2020, 114 pp.
3. CHAMBI, Jimmy. Análisis y optimización de las operaciones de perforación y voladura para el desarrollo de estándares técnicos e incremento de utilidades en mina Tambomayo. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019, 146 pp.
4. ARAUZO, Luis, DIAZ, Gianlucas y SOTELO, Cesar. Optimización del avance lineal en las labores de exploración y desarrollo de la Unidad Minera Santa María - Compañía Minera Poderosa S.A. con la aplicación de los criterios fundamentales de la ingeniería de la voladura. Tesis (Título de Ingeniero de Gestión Minera). Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019, 145 pp.
5. LIMAS, Christian y MOLINA, Rusvel. Mejora de la perforación con barras cónicas, mediante la minimización de errores de desviación de taladros, Unidad Minera San Juan de Chorunga. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2021, 77 pp.
6. DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y PLANEAMIENTO. *Informe de estudio de las reservas y recursos minerales*. Arequipa - Peru : Minera Apmnac Pulpera, 2022.
7. DEPARTAMENTO DE GEMECANICA . *Evaluación geomecánica de las labores en analizar* . Arequipa : Minera Apmnac Pulpera, 2021.

8. ARANA, Guillermo. Análisis Geomecánico para seleccionar el tipo de sostenimiento en la Mina APMINAC PULPERA Caylloma - Arequipa. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cusco : Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, 2019, 148 pp.

9. FERNANDEZ, Javier. Optimización de avance lineal, reemplazando las perforadoras jackleg por jumbo hidráulico en el proceso de perforación y voladura de la GLN1 y CRNE en Mina Consuelo de la Empresa Especializada New Horus S.A.C - Poderosa. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2016, 123 pp.

10. EPIROC PERU S.A. *Herramientas de perforacion manual*. Lima : Rock Drilling Tools, 2015.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

Optimización de los parámetros de perforación y voladura, para disminuir el costo de avance de los frentes de preparación, unidad minera Apmnac Pulpera

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Cómo será la optimización de los parámetros de perforación y voladura para disminuir el costo de avance de los frentes de preparación, en la unidad minera Apmnac Pulpera?	Realizar la optimización de los parámetros de perforación y voladura para disminuir el costo de avance de los frentes de preparación, en la unidad minera Apmnac Pulpera.	La optimización de los parámetros de perforación y voladura influirá positivamente en la disminución del costo de avance de los frentes de preparación, en la unidad minera Apmnac Pulpera.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICA
¿Cómo será la optimización de los parámetros de perforación y voladura para disminuir las pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jack Leg, en la Unidad Minera Apmnac Pulpera?	Realizar la optimización de los parámetros de perforación y voladura para disminuir las pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jack Leg, en la Unidad Minera Apmnac Pulpera.	La optimización de los parámetros de perforación y voladura influirá positivamente en la disminución de las pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jack Leg, en la Unidad Minera Apmnac Pulpera.
¿Cómo será la optimización de los parámetros de perforación y voladura para incrementar el avance lineal de los frentes de avance, en la unidad minera Apmnac Pulpera?	Realizar la optimización de los parámetros de perforación y voladura para incrementar el avance lineal de los frentes de avance, en la unidad minera Apmnac Pulpera.	La optimización de los parámetros de perforación y voladura influirá positivamente en el incremento del avance lineal de los frentes de avance, en la unidad minera Apmnac Pulpera.
¿Cómo será la evaluación técnica y económica de la perforación y voladura para disminuir el costo de avance de los frentes de preparación, en la unidad minera Apmnac Pulpera?	Realizar la evaluación técnica y económica de la perforación y voladura para disminuir el costo de avance de los frentes de preparación, en la unidad minera Apmnac Pulpera.	La evaluación técnica y económica de la perforación y voladura influirá positivamente en la disminución del costo de avance de los frentes de preparación, en la unidad minera Apmnac Pulpera.

Anexo 2

Precios unitarios

ESCALA DE SUELDOS Y JORNALES

DESCRIPCION DEL PUESTO	JORNAL S/.	asignacion familiar	feriados con 100% 01 por mes	Total ingreso afecto	factor de leyes sociales	TOTAL (S/.)
Perforista	63.50	2.50	4.88	70.88	103.17%	144.02
Operario Mina	63.50	2.50	4.88	70.88	103.17%	144.02
Operador Scooptram	85.00	2.50	6.54	94.04	103.17%	191.06
Operador Jumbo	90.00	2.50	6.92	99.42	103.17%	202.00
Enmaderador	63.00	2.50	4.85	70.35	103.17%	142.92
Compresorista y lamparero	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Chofer de mina	63.50	2.50	4.88	70.88	103.17%	144.02
Capataz	85.00	2.50	6.54	94.04	103.17%	191.06
Bombero, Herrero, Soldador	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Bodeguero	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante Perforista	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante de servicios	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante de mina	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante de jumbo	63.50	2.50	4.88	70.88	103.17%	144.02
Ayudante de enmaderador	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante almacen	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Mecanico de equipo pesado	95.00	2.50	7.31	104.81	103.17%	212.94
Electricista mina	75.00	2.50	5.77	83.27	103.17%	169.18
Electricista de equipos	90.00	2.50	6.92	99.42	103.17%	202.00
Cuartelero	58.00	2.50	4.46	64.96	103.17%	131.98

ESCALA DE SUELDOS Y JORNALES

DESCRIPCION	UND	PRECIO (S/.)	Vida Econom.	Incidencia	Obreros Con Ropa de agua	Obreros Sin Ropa de agua	Supervision sin ropa de agua	Personal superficie
Botas de jebe	Par	61.980	180.00	0.34	0.34	0.32	-	-
Casco sombrero	Pza	58.091	200.00	0.29	0.29	0.19	0.19	0.19
Taflete de casco	Pza	12.710	150.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Orejeras p/ Operador	Par	52.750	300.00	0.18	-	0.18	-	-
Barbiquejo	Pza	1.580	180.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Respirador 3M 7500 premium	Pza	63.560	360.00	0.18	0.18	0.18	0.18	-
Filtro alta eficiencia 3M 2097	Par	38.980	30.00	1.30	1.30	1.03	1.03	-
Cartucho Vapores Orgánicos	Par	58.200	30.00	1.94	1.94	1.94	1.94	-
Guanites de Neoprene 14"	Par	26.000	30.00	0.87	0.87	0.87	0.87	-
Guante de cuero	Par	10.310	25.00	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Correa portalampara	Pza	21.190	360.00	0.06	0.06	0.06	0.06	-
Mameluco con cinta reflectiva	Pza	83.620	100.00	0.84	0.84	0.46	0.46	0.46
Lampara minera	Pza	252.000	300.00	0.84	0.84	0.84	0.84	-
Chaleco verde c/cinta fosforescente	Pza	64.940	180.00	0.36	-	0.36	0.36	0.36
Lentes de seguridad	Pza	28.000	90.00	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Tapón auditivo	Pza	2.330	60.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Marbete de identificación (nombre)	Par	20.000	150.00	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Botin Con punta de acero Minero	Par	127.570	180.00	0.71	-	0.65	0.65	0.65
Saco de jebe	Pza	52.200	100.00	0.52	0.52	-	-	-
Pantalón de jebe	Pza	52.200	100.00	0.52	0.52	-	-	-
mochila de lona	Pza	38.000	180.00	0.21	0.21	0.000	0.000	0.000
Dispositivo lock out (candado gancho)	pza	150.000	360.00	0.42	-	0.42	0.42	0.65
Picota de geologo	pza	45.000	360.00	0.13	-	0.13	0.13	-
baston luminoso con pila	par	200.000	180.00	1.11	-	1.11	-	-
Polos de seguridad (por calor)	pza	38.000	150.00	0.25	0.25	-	-	-
COSTO POR TAREA				12.01	9.15	8.59	8.12	3.31

DESCRIPCION	UND	PRECIO (S/.)	Vida Econ. (pp)	P U
Broca escariadora 2 1/2"	Uni	387.000	600.00	0.65
Shank Adapter COP1238xT38	Uni	844.650	9,000.00	0.09
Acople T38/R38	Uni	245.830	6,000.00	0.04
Barra Ext. R38-H35-R32x12' (12 y 14 pies)	Uni	1,300.000	6,000.00	0.22
Broca R32x45mm.	Uni	283.610	800.00	0.35
Adaptador Piloto R32x12°	Uni	586.000	800.00	0.73
Broca Rimadora R32x102mm	Uni	616.160	800.00	0.77
Coplas de afilado	Uni	357.500	10,000.00	0.04
Adaptador Split Set / perno helicoidal	Uni	230.000	600.00	0.38
Barra de Extensión Porta Broca Conica 2'	Uni	135.440	900.00	0.15
Barra de Extensión Porta Broca Conica 4'	Uni	181.590	900.00	0.20
Barra de Extensión Porta Broca Conica 5'	Uni	240.200	900.00	0.27
Barra de Extensión Porta Broca Conica 6'	Uni	258.450	920.00	0.28
Barra de Extensión Porta Broca Conica 8'	Uni	275.440	1,300.00	0.21
Broca Conica 38 mm.	Uni	72.060	400.00	0.18
Broca Conica 41 mm.	Uni	74.000	300.00	0.25

EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS DE VOLADURA

DESCRIPCION	UND	PRECIO (S/.)	US\$/Caja	Kg/Caja
Dinamita Semexa 45% 7/8" x 7"	Cart	0.530		
Dinamita Semexa 65% 7/8" x 7"	Cart	0.540		
Dinamita Semexa 45% 7/8" x 7"	Kg	6.172	55.11	25.00
Dinamita Semexa 65% 7/8" x 7"	Kg	6.509	58.12	25.00
Dinamita Exadit 65% 7/8" x 7"	Kg	5.899	52.67	25.00
Dinamita Semexa 65% 1 1/8" x 7"	Kg	5.803	51.81	25.00
Dinamita Semexa 80% 1 1/8" x 8"	Kg	5.918	52.84	25.00
Dinamita Semexa 65% 1 1/4" x 8"	Kg	6.236	55.68	25.00
Dinamita Semexa 80% 1 1/4" x 8"	Kg	6.657	59.44	25.00
Emulsiones 4500 7/8"x8"	Und	0.560		
Emulsión Iremita 62 11/2" x 12" (68)	Und	2.030		
Emulsiones 6500 1"x8"	Und	0.700		
Emulsión Iremita 62 7/8" x 7" (308)	Und	0.450		
Emulsión Iremita 62 1" x 8" (240)	Und	0.700		
Emulsiones 6500 1"x8"	Und	0.700		
Emulsiones 8000 1"x8"	Und	0.590		
Anfo	Kg	1.740		
Examon	Kg	2.128		
Fulminante N° 8	Pza	0.308		
Fanel	Pza	3.338		
Mininel	Pza	2.929	261.5	250 pza/caja
Guia Seguridad	m	0.254	90.63	1000 m/caja
Carmex 8'	Pza	1.497	160.43	300 pza/caja
Igniter Cord	m	1.064		
Pentacord	m	1.075	575.72	1500 m/caja

HERRAMIENTAS

DESCRIPCION	UND	PRECIO (S/.)	Vida Econom.	PU
Corvina de 36 "	Pza	178.20	100.00	1.78
Lampa	Pza	26.46	50.00	0.53
Pico	Pza	29.57	50.00	0.59
Combo 4 Lbs	Pza	19.24	90.00	0.21
Combo 6 Lbs	Pza	34.70	90.00	0.39
Combo 8 Lbs	Pza	41.04	90.00	0.46
Combo 10 Lbs	Pza	51.57	90.00	0.57
Combo 16 Lbs	Pza	78.79	90.00	0.88
Llave Stilson de 8"	Pza	27.41	100.00	0.27
Llave Stilson de 10"	Pza	73.52	100.00	0.74
Llave Stilson de 14"	Pza	87.36	100.00	0.87
Llave Francesa 8"	Pza	24.03	100.00	0.24
Maquina Ban Dit	Pza	325.00	180.00	1.81
Formon 1"	Pza	23.80	50.00	0.48
Azuela (de 3Lbs.)	Pza	26.81	80.00	0.34
Barretilla de aluminio de 4'	Pza	59.40	60.00	0.99
Barretilla de aluminio de 6'	Pza	70.20	60.00	1.17
Barretilla de aluminio de 8'	Pza	78.00	60.00	1.30
Barretilla de aluminio de 10', 12'	Pza	85.80	60.00	1.43
Barretilla de aluminio de 14'	Pza	98.20	60.00	1.64
Atacador	pza	9.84	20.00	0.49
Pasteca (rondana) 6" diam.	und	497.50	300.00	1.66
Cable de acero 3/8 "	mt	2.26	100.00	0.02
Cizalla de 24	Pza	114.80	100.00	1.15
Ganchos de 1.5	Pza	19.99	50.00	0.40
Carretilla buggy	Pza	185.00	60.00	3.08
Flexometro 5m	Pza	13.47	30.00	0.45
Lámpara	Pza	234.50	720.00	0.33
Detector de Energia	Pza	43.00	180.00	0.24
Lámpara CEAG MLC 5.2	Pza	1,224.00	2,400.00	0.51
Baston luminoso con pilas recargables	Pza	100.00	180.00	0.56
Lámpara (Alquiler)	Pza/mes	41.75	25.00	1.67
Disco de jebe	Pz	5.00	25.00	0.20
Manguera Jebe 1"	Mts	14.55	150.00	0.10
Manguera Jebe 1/2"	Mts	6.28	150.00	0.04
Aceite de perforacion	Glns	21.91	1.00	21.91
Cinta Ban Dit 1/2	rollo	77.24	40.00	1.93
Cinta Ban Dit 3/8	rollo	65.00	40.00	1.63
Escalera Telescopica de 4mts	Uni	502.83	90.00	5.59
Escalera Telescopica de 3mts	Uni	625.00	90.00	6.94
Ocre Polvo Rojo	Kg	10.00	1.00	10.00
arco de sierra + hoja	uni	39.00	60.00	0.65
Boa de 2"	m	45.00	150.00	0.30
Boa de 2"	m	53.30	150.00	0.36
Tubo PVC 1 1/2 x 3.00 Mts.	uni	3.60	-	-
PETROLEO-DIESEL	Glns	11.68	-	-

Tomada del departamento de operaciones de la mina Apmnac Pulpera Caylloma – Arequipa

Anexo 3

Descripción técnica del equipo Scooptram LH 307 3.5 yd³

Scooptram LH 307 3.5 yd ³			
Precio compra (\$)		467,455	Costo de Propiedad
Precio jgo llantas		16,167	Costo por depreciación
Vida llantas (hor)		1,500	Costo por intereses
Precio stock (V)		451,288	Costo por seguro
Valor de rescate (Vr)	10%	45,129	Total costo de Propiedad
			34.54
Vida económica en horas (n)	3960	15,000	Costo de operación
Vida económica en años (N)		3.8	
			US \$/hora
	Consumo	Precio	Combustible
	gal/hora	US \$/gal	Lubricantes (aceite grasa)
Combustible	4.00	4.49	Costo filtros
Aceite motor gal/hor	0.14	7.45	Costo llantas
Aceite hidraulico gal/hor	0.14	7.45	Reparación llanta (15%)
Grasa lbs/hora	0.08	2.10	Repuestos
Filtro (0,4 * costo aceite + grasa)		20%	Total costo de operación
Repuestos		75%	59.23
			Total Costo de Propiedad y Operación (\$/hr)
			93.76
Factor de inversión K = (n+1)/2n		0.63	Total Costo de Propiedad y Operación (S/. /hr)
Intereses %		10.0%	243.79
Seguros %		0.0%	COSTO DIRECTO SIN OPERADOR, NI COMBUSTIBLE (S/. /hr)
			197.07



Tomada del departamento de operaciones de la mina Apmnac Pulpera Caylloma – Arequipa

Anexo 4
Perforadora manual Jackleg RNP S83



Tomada del departamento de operaciones de la mina Apmnac Pulpera Caylloma – Arequipa

Anexo 5
Perforación de la galería 200 - Jackleg RNP S83



Tomada del departamento de operaciones de la mina Apmnac Pulpera Caylloma – Arequipa