

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

Mejoramiento del avance de frentes mediante la voladura controlada

de contornos. CIA. Minera Raura S.A

**Para optar el título profesional de
Ingeniero de Minas**

Autor: Bach. Miguel Angel ROMERO FALCON

Asesor: Mg. Silvestre F. BENAVIDES CHAGUA

Cerro de Pasco – Perú - 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

Mejoramiento del avance de frentes mediante la voladura controlada

de contornos. CIA. Minera Raura S.A

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado

Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO
PRESIDENTE

Ing. Toribio GARCÍA CONTRERAS
MIEMBRO

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios:

Por brindarme la vida y mantenerme fuerte en la decisión de tomada para cumplir mis objetivos de vida y las bendiciones diaria en mi caminar.

A mis queridos Padres:

Por su invaluable e incondicional apoyo.

A Mis colegas de estudio y de trabajo,

Por el tiempo vivido y compartido dentro las aulas Universitarias y en la Empresa para el cual hemos prestado nuestro servicio y se formó nuestra experiencia profesional.

Miguel

RECONOCIMIENTO

Me gustaría agradecer al Magister Silvestre Benavides por el apoyo en la realización de este proyecto, como también al Ingeniero Julio César Santiago por sus consejos llenos de sabiduría y por los ánimos que me dio a lo largo de mis estudios universitarios lleno de dificultades como también en la realización de este proyecto, siguiendo sus consejos de su larga trayectoria profesional, al magister Luis Ugarte, al ingeniero Toribio García y al doctor Ricardo Cabezas por su apoyo extraordinario durante el proceso de la tesis.

RESUMEN

El presente estudio para su diseño se ha estructurado a lo largo de todo su contenido en Capítulos en los cuales cada uno contiene datos y referencias que sirven de apoyo al estudio y se complementan en su conjunto para los fines que se persigue, es así:

En el Primer Capítulo, de las generalidades, se detallan los aspectos técnicos del desarrollo del proyecto como son el planteamiento del problema y sus alcances y cómo se debe atacar para su solución.

En el segundo capítulo, referente se detallan brevemente los aspectos geológicos de la Mina, que nos indican el material sobre el cual se establecerán los parámetros del macizo en las cuales se trabajan la perforación y voladura y cómo se debe conseguir el auto sostenimiento mediante un buen contorneado del techo y hastiales de la abertura.

En el Tercer Capítulo, se indica los métodos de explotación su consistencia y cómo se enfoca el avance por guardia teniendo en cuenta la mineralización del yacimiento y los aspectos técnicos del minado empleado en la mina Raura S.A.

Finalmente, en el Capítulo cuatro, se hacen notar los alcances y la discusión de los resultados del estudio, toda vez que ha sido la preocupación la de conseguir que los avances de la producción sean estandarizado con un buen plan de minado donde se establecen los parámetros del corte, los diámetros y la carga explosiva de los taladros de ayuda o de la tanda de taladros a ser disparados por frente de operación.

Palabras Clave: Voladura Controlada, Sobrerotura.

ABSTRACT

The present study for its design has been structured throughout its content in Chapters in which each contains data and references that serve as support for the study and complement each other as a whole for the purposes pursued is as follows:

In the First Chapter, of the generalities, the technical aspects of the development of the project are detailed, such as the approach of the problem and its scope and how to attack it for its solution.

The second chapter, reference briefly detail the geological aspects of the Mine, which indicate the material on which to establish the parameters of the mass in which the drilling and blasting work and how to achieve the self-sustaining through a good contouring of the roof and gables of the opening.

In the Third Chapter, the exploitation methods are indicated, their consistency and how the advance is focused by guard, taking into account the mineralization of the deposit and the technical aspects of the mining used in the Raura SA mine.

Finally, Chapter Four, the scope and discussion of the results of the study are noted, since it has been the concern to ensure that the progress of production has been standardized with a good mining plan where the parameters are established of the cut, the diameters and the explosive load of the drills of help or of the batch of drills to be fired by front of operation.

Keywords: Control Blasting, Over Break.

INTRODUCCIÓN

La minería tiene a las operaciones de perforación y voladura como una de las actividades principales y más relevantes dentro del proceso de extracción de mineral y se encuentra íntimamente ligada a los parámetros de productividad. El objetivo de estas operaciones en conjunto es proporcionar una fragmentación adecuada, buen apilamiento del material, desplazamiento controlado, proyección de rocas controladas, con el objetivo de mantener las aberturas de contorno estables de manera que las labores de galerías y túneles puedan garantizar plenamente todas las otras actividades propias de la explotación de minas.

En lo referente al diseño de voladura de producción, se ha realizado primero el desafío teórico de los parámetros de perforación y voladura con los modelos de un buen planteamiento de burden, espaciamiento y diámetro de los taladros de alivio y de los taladros cargados en Raura, se nos presentó el reto que mediante una buena distribución de estos parámetros en los taladros de corte se ha conseguido un buen contorno de las aberturas y por lo tanto una eficiente voladura que nos permite mantener nuestras labores en el tiempo y de utilidad para todos los servicios requeridos por la mina, parámetros de perforación y voladura se aplican en el campo, y están sufriendo actualmente el proceso normal de ajustes técnicos económicos para el tipo de roca a través de evaluaciones constantes, hasta lograr el objetivo indicado.

Respecto a la voladura de producción en los límites finales del tajeo, se ha implementado la voladura controlada, gracias a referencias, experiencias y evaluaciones, hasta encontrar valores razonables.

ÍNDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Identificación y determinación del problema.....	1
1.1.1	Planteamiento del problema	1
1.2	Delimitación de la investigación	2
1.2.1	Límites teóricos del problema	2
1.2.2	Límites espaciales.....	2
1.2.3	Unidades de observación.....	2
1.2.4	Unidad del problema en el contexto.....	2
1.3	Formulación del problema.....	2
1.3.1	Problema general	2
1.3.2	Problemas específicos	2
1.4	Formulación de objetivos	3
1.4.1	Objetivo general	3
1.4.2	Objetivos específicos.....	3
1.5	Justificación de la investigación.....	4
1.5.1	Justificación metodológica	5
1.5.2	Justificación práctica	5
1.5.3	Importancia y alcances de la investigación	5
1.6	Limitaciones de la investigación	6

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de estudio.....	7
------------	-------------------------------------	----------

2.2	Bases teóricas – científicas	9
2.3	Definición de términos básicos	10
2.4	Formulación de hipótesis	26
2.4.1	Hipótesis general	26
2.4.2	Hipótesis específicas	26
2.5	Identificación de variables	26
2.5.1	Variable independiente	26
2.5.2	Variable Dependiente	27
2.5.3	Variable interviniente	27
2.6	Definición operacional de variables e indicadores	27

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1	Tipo de investigación	28
3.2	Métodos de investigación	28
3.3	Diseño de investigación	29
3.4	Población y muestra	29
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
3.6	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	29
3.7	Tratamiento estadístico	30
3.8	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	30
3.9	Orientación ética	30

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Descripción del Trabajo de Campo	31
4.1.1	Información General de la Mina.....	31
4.2	Presentación, análisis e interpretación de resultados	52
4.2.1	Introducción.....	52
4.2.2	Avances en frentes.....	52
4.2.3	Equipos de perforación.....	53
4.2.4	Ritmo de avances.....	54
4.2.5	Arranque con barrenos paralelos	54
4.2.6	Cálculo de carga de taladros de corte	57

4.2.7	Voladura controlada de contorno (VCC)	60
4.2.8	Consecuencias	61
4.2.9	Mecanismos responsables de la inestabilidad	62
4.3	Prueba de hipótesis	63
4.3.1	Análisis Actual de la Perforación y Voladura en Raura S.A.....	64
4.3.2	Propuesta de mejoramiento	66
4.4	Discusión de resultados	67

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

La minería en el Perú especialmente la subterránea presenta por su complejidad algunas dificultades en lo que se refiere a avance en los frentes de la galería, debido muchas veces a un mal diseño de la malla de perforación y la carga explosiva utilizada. Por lo tanto, se obtiene muchas veces un contorno no adecuado de manera que se producirá una inestabilidad del techo y de paredes de la labor los que provocaran constantes caídas de rocas.

Estos efectos de perforación y voladura han preocupado en la Mina Raura, que obliga a investigar un modelo de voladura controlada para evitar los índices de accidentabilidad y los cargos adicionales de costos en las operaciones unitarias.

1.2 Delimitación de la investigación

1.2.1 Límites teóricos del problema

Consumo de Explosivo

1.2.2 Límites espaciales

La viabilidad del estudio y disponibilidad de los recursos se precisa en los departamentos de Lima y Huánuco, comprendido dentro de los distritos de Oyon, San Miguel de Cauri, provincia de Lauricocha. Donde se encuentra la compañía minera Raura.

1.2.3 Unidades de observación

Cia Minera Raura S.A

1.2.4 Unidad del problema en el contexto

Todos están dentro del enfoque de mejoramiento de avance de frentes, del rol de los trabajadores, personal supervisor, empleados como jefes de guardia en jerarquías.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

- ¿se puede conseguir una mejora de los contornos de los frentes de avance de galerías utilizando una buena malla de perforación y voladura controlada en la Mina Raura S.A.?

1.3.2 Problemas específicos

- ¿Cómo realizar una evaluación frente de avance para la voladura en la Minera Raura S.A.?
- ¿Se tomará en cuenta realmente las condiciones de los equipos de perforación para diseñar la voladura en la Mina Raura S.A.?

- ¿Qué efectos se logran con la perforación de barrenos en paralelo en la Mina Raura S.A.?
- ¿Qué tan necesario es involucrar estas variables en un diseño de voladura para obtener mejores resultados en la Mina Raura S.A.?

1.4 Formulación de objetivos

1.4.1 Objetivo general

Controlar los contornos del avance en la galería de manera que se pueda minimizar las caídas de rocas y preservando la seguridad del personal y los equipos y mantener las labores por un periodo largo, asimismo, la voladura controlada o de recorte se deberá aplicar en las labores de explotación de tajeos con perforación en breasting en zonas inestables.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Se realizará una evaluación del manejo de los equipos, el área de voladura en la Minera Raura S.A., a través de pruebas insitu en el terreno donde se llevará labores piloto.
- b) Demostrar que si se puede involucrar las variables de diseño del corte y la distribución de los taladros teniendo en cuenta el burden y espaciamiento de la malla de perforación.
- c) Implementar, monitorear y supervisar los parámetros de perforación y la voladura con una buena distribución de los explosivos.

1.5 Justificación de la investigación

A través de una investigación detallada en las operaciones de perforación y voladura podremos conocer a fondo las buenas y malas prácticas en las actividades unitarias en la MINERA RAURA S.A., a partir de ello mejorar la situación actual.

Una de las operaciones en minería es la perforación y la voladura que es la forma en que se apertura labores de acceso para llegar al yacimiento mineral económico donde estas labores pueden ser permanentes o temporales de acuerdo al plan de minado que se establezca previamente.

En el diseño de voladuras de contorno, contempla las características físicas, químicas y mecánicas de las rocas, así como la estratigrafía y los rasgos estructurales del macizo rocoso, y que deben ser cortadas conservando la geometría diseñada de apertura a lo largo de su longitud y conservando la sección diseñada.

Actualmente, existen modelos y software, que nos ayudan a diseñar perforaciones y voladuras de contorno, pero tiene limitaciones cuando se trata de voladuras subterránea por lo que el presente estudio ayudará a resolver esta importante actividad con una buena y constante control y supervisión del arranque de perforación.

Con la técnica de la voladura controlada y una buena distribución de los taladros de contorno y siguiendo las fases de voladura repartida en el espacio restante se debe proyectar un buen contorno deseado de la roca sin alterar las rocas circundantes a la abertura prevista.

1.5.1 Justificación metodológica

El estudio se basa fundamentalmente en vencer la resistencia de la roca mediante una buena distribución de los taladros de corte y las tandas de manera que esta sea suficientemente cargada para no perturbar las cajas y el techo que sobrepase los límites de abertura deseada.

1.5.2 Justificación práctica

El presente estudio conservara sus parámetros geométricos de diseño contemplando sus parámetros de perforación y carga de explosivos previamente calculados para conservar el contorno de la abertura.

1.5.3 Importancia y alcances de la investigación

La importancia de la Investigación radica en que esta permitirá mantener en el tiempo el diseño y permitirá la utilización de la galería para los requerimientos y servicios a lo largo de la vida útil de la mina. Con ella se establece la mejora de las operaciones propias de la mina en todas las actividades y preservar condiciones de inseguridad minimizando los riesgos de caída o desprendimiento de rocas, logrando la eficiencia de las operaciones y la productividad.

1.6 Limitaciones de la investigación

Se presentaron fundamentalmente en parámetros técnicos desconocidos por el personal trabajador, esto implica en montar un plan piloto previamente estudiado para así tener un constante control y supervisión del arranque de perforación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

Dentro de un modelo conceptual usado en el presente trabajo de investigación se hace presente los parámetros y antecedentes relacionadas al estudio, así como bases teóricas y definiciones relacionadas con la perforación y voladura de frentes y voladura controlada, existen muchos autores que han experimentado métodos y sistemas de perforación usando diferentes pruebas de explosivos comerciales o mezclas explosivas con el fin de aportar conocimientos teóricos/prácticos en el campo de la explotación de minas en el País y el extranjero que han servido para plasmar en el presente trabajo con los que se han concluido y cumplido con los objetivos del estudio.

2.1 Antecedentes de estudio

- Andrés Alejandro Garrido elaboro y sustentó su tesis doctoral: “Diagnostico y Optimización de Disparos en Desarrollo horizontal Mina el Teniente”, en la Universidad de Chile en el año 2007. El objetivo general de este estudio fue efectuar un diagnóstico técnico de las operaciones de Perforación y voladura de desarrollo horizontal en la “Mina Reservas Norte” de Codelco Chile División el Teniente, específicamente en el Nivel de Producción (Teniente Sub-6). Como instrumento de investigación se utilizó las fotografías de los disparos antes y después de cada tronadura, para posterior digitalización en software 2DFace y el monitoreo de las vibraciones producto de la tronadura. Sus conclusiones fueron las siguientes. Reducción del número de perforaciones por disparo un 10%, reducción de la sobre excavación de un 24% a un 6%, menor exposición al riesgo por desprendimientos y caídas de rocas, disminución de los tiempos de trabajo y disminución de los costos directos de perforación y tronadura.

- PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ (2009): Oscar Alberto Jáuregui Aquino, elaboro y expone su Tesis: “Reducción de los Costos Operativos en Mina mediante la Optimización de los Estándares de las Operaciones unitarias de Perforación y Voladura”, su objetivo fue obtener una reducción de los costos operativos de la empresa minera, aplicando para ello estándares óptimos de trabajo en las operaciones unitarias de Perforación y Voladura.

- U.N.H. HUANCVELICA (2012)-LLANCO SEDANO, James Humberto. La investigación titulada: “Evaluación de la voladura basada en las clasificaciones geomecánicas en la CIA. consorcio minero horizonte/p culebrillas”.

- La tesis: “Diseño de mallas de perforación y voladura subterránea en la mina San Rafael” de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA de Lima, Perú; cuyas conclusiones son las siguientes: Si fue posible Diseñar mallas de perforación y voladura subterránea para frentes en la mina San Rafael. El diseño de mallas de perforación realizados por esta teoría se usa solamente para cortes en paralelo. Fue posible utilizar el análisis granulométrico para pronosticar la fragmentación y evaluar el diseño de malla de perforación y voladura para determinar dicho diseño si era el ideal.

2.2 Bases teóricas – científicas

Es sabido en el mundo minero y de las operaciones unitarias, la actividad más importante es la perforación y voladura, por ello se debe poner mucho interés en usar un buen diseño de malla relacionado con las características físicas y geotécnicas del macizo rocos, asimismo, el uso del equipo de perforación adecuado con la fuerza y potencia de máquinas y herramientas que permitan lograr la eficiencia de la etapa unitaria.

Debemos hacer mención que si tenemos una buena perforación de los taladros del frente y distribuidos sistemáticamente y cargados con los elementos de voladura disponibles y con una fuerza explosiva adecuada podemos estar seguros de obtener un resultado favorable de la voladura controlada. Este sistema de

voladura se está poniendo mayor énfasis en todas las compañías mineras del país, debido a las fallas en los disparos estos generan grandes pérdidas y condiciones peligrosas; es por ello que con el modelo matemático de áreas de influencia se quiere lograr tener un buen resultado sin dañar demasiado el macizo rocoso.

2.3 Definición de términos básicos

- **Avance Lineal:** El avance es una operación que, depende mucho de la habilidad del perforista y el paralelismo de los taladros, en algunos arranques la sección del frente, en este caso del ancho de la sección limita, en otras palabras, la profundidad máxima de voladura que se puede conseguir en un frente con un solo disparo será igual al ancho de la rampa, galería, crucero, etc. Esta regla cumple para arranques en “Cuña, “V” es por ello en muchas minas ya no se perfora estos tipos de arranques o trazos como se puede denominar, depende el avance también de los siguientes factores:
- **Dureza de la Roca:** Está sujeta de si la roca es muy dura la profundidad de los taladros será limitada, ésta es en parte cierto, pero sería necesario utilizar explosivo de alto poder rompedor en cantidad necesaria, para lograr buenos avances
- **Errores y Defectos en la Perforación:** EXSA (2004). “Manual práctico de voladura de rocas”. La perforación debe ser realizada, en el menor tiempo y con acabado de calidad. Evitando que se quede mineral en las cajas o que se diluya por deficiente perforación. También en las labores de desarrollo el avance debe ser el 95% de la longitud perforada de lo contrario no estamos realizando un trabajo eficiente.

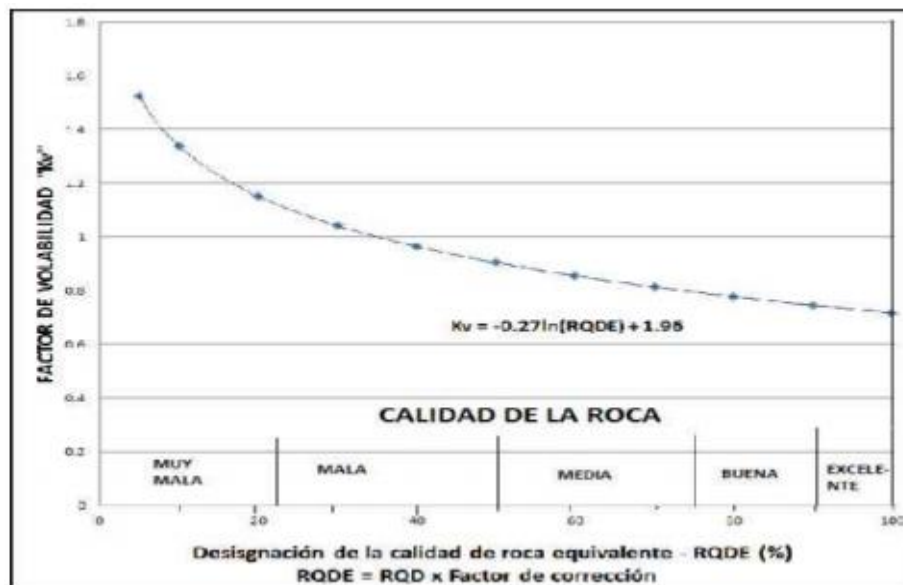
- **Hueco de alivio** diámetro de diseño muy útil, usado en el corte como la primera cara libre del disparo: Los errores son significativos, especialmente si afectan al arranque del disparo.
- **Desviaciones en el paralelismo:** En este caso el burden no se mantiene uniforme, resulta mayor al fondo lo que afecta al fracturamiento y al avance. Este problema es determinante en los arranques y en la periferia (techos) de túneles y galerías.
- **Espaciamientos irregulares entre taladros:** que controlan el espacio circundante al hueco o taladro que Propician fragmentación deseada de la roca.
- **Factor de volabilidad de Borquez (1981)** Según Barton, N., Lien, R., and Lunde, J. (1988), determina el factor de volabilidad “kv” de la fórmula de Pearce, para el cálculo del burden a partir del RQD corregido por un coeficiente de alteración que tiene en cuenta la resistencia de las discontinuidades en función de la apertura de éstas y el tipo de relleno.

Resistencia de las Discontinuidades	Factor de corrección
Alta	1.0
Media	0.9
Baja	0.8
Muy baja	0.7

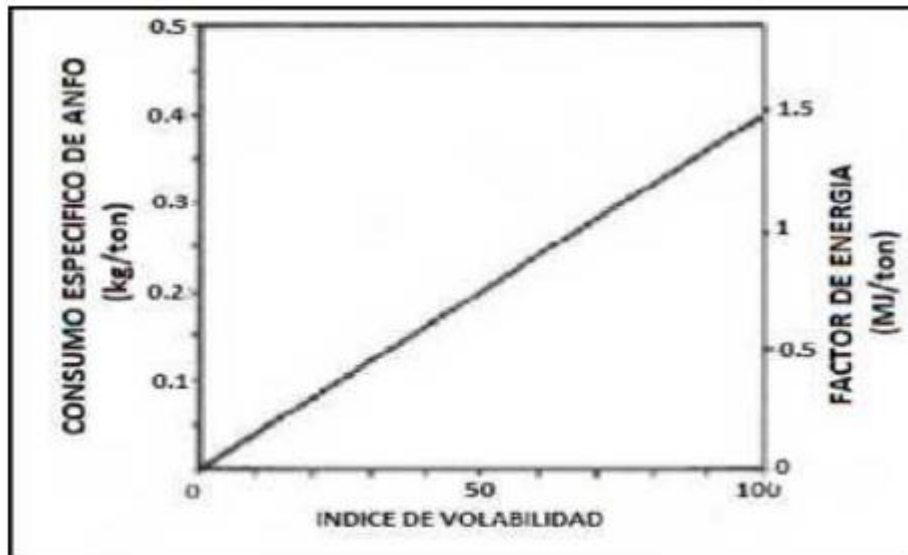
Fuente: Barton, N, Lien, R., and Lunde, J.

Parámetros Geomecánicos		Calificación
1	Descripción del macizo rocoso (RMD) 1.1 Friable/ Poco consolidado 1.2 Diaclasado en bloques 1.3 Totalmente masivo	HO 20 50
2L	Espaciamiento entre planos de las juntas 2.1 Pequeño (c 0.1 m) 2.2 Intermedio (0.1 a 1 m) 2.3 Grande (> 1 m)	10 20 50
3.	Orientación de los planos de juntas 3.1 Horizontal 3.2 Buzamiento Normal la frente 3.3 Dirección normal al frente 3.4 Buzamiento coincidente con el frente	10 20 30 40
4-	Influencia del peso específico (SOI) SOI = 25SO - 50 Donde: SO = Peso específico en (ton/m3)	
	Influencia de la resistencia Donde: RC= Resistencia a la compresión	

Fuente: Manual de geomecánica-Carlos Arturo Pérez Macavilca



Factor de volabilidad (Kv) en función del índice de calidad RQD



Fuente: Manual de geomecánica-Carlos Arturo Pérez Macavilca

- **Diseño y cálculo de voladura en galerías y túneles**

a) Según Carlos López Jimeno/Emilio López Jimeno, (2003), la forma o el esquema según el cual se ataca la sección de un frente dependen de diversos factores:

- ❖ Equipo de perforación empleado
- ❖ Tiempo disponible para la ejecución
- ❖ Tipo de roca
- ❖ Tipo de sostenimiento
- ❖ El Sistema de ventilación En rocas competentes y las labores con secciones inferiores a 100 m² pueden trabajarse con perforación y voladura a sección completa o en un solo paso.

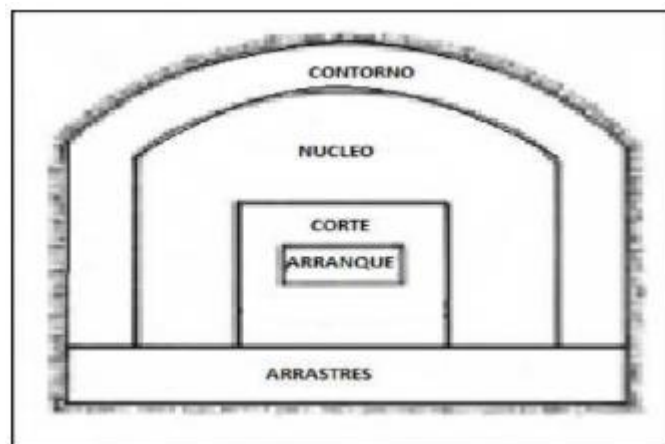
La excavación por fases se utiliza para la apertura de grandes túneles donde la sección resulta demasiado grande para ser cubierta por el

equipo de perforación o cuando las características geomecánicas de las rocas no permiten la excavación a plena sección.

- **Esquemas de voladura:**

Carlos López Jimeno/Emilio López Jimeno, (2003), dice que la voladura en frentes subterráneos se caracteriza por no existir, inicialmente, ninguna superficie libre de salida salvo el propio frente de ataque.

El principio de ejecución se basa en crear un hueco libre con los taladros de arranque hacia el cual rompen las cargas restantes de la sección. Dicho hueco tiene, generalmente una superficie de 1 a 2 m². Aunque con diámetros de perforación grandes se alcanzan hasta los 4 m². En los arranques en abanico los taladros del arranque llegan a cubrir la mayor parte de la sección.



Fuente: Manual de perforación y voladura- López Jimeno

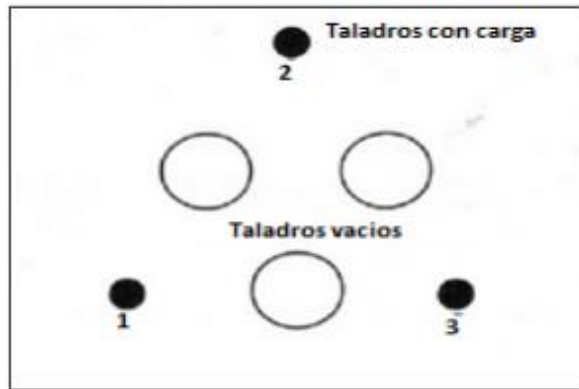
- **Arranque cilíndrico:** En la actualidad es el tipo de arranque que se utiliza con más frecuencia en la excavación de labores subterráneas, con independencia de las dimensiones de estas. Se considera que es una

evolución o perfeccionamiento del arranque quemados que se comentaran más adelante.

Consta de uno o dos taladros vacíos o de expansión, hacia los que rompen escalonadamente los taladros cargados. Los taladros de gran diámetro (65 a 175 mm) se perforan con brocas escariadoras.

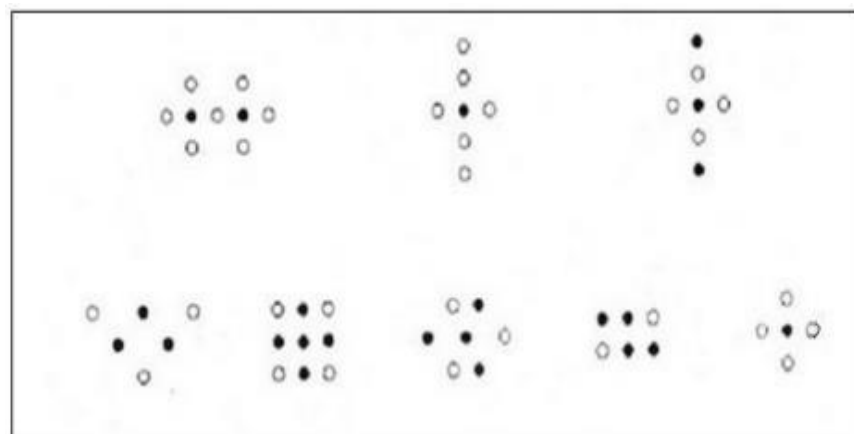
Todos los taladros dentro del arranque se sitúan muy próximos alineados y paralelos, por lo que es muy habitual usar jumbos dotados con paralelismo automático.

- **Arranque propuesto por Hagan** Algunos problemas que se presentan en las voladuras con arranques con taladros paralelos son la detonación por simpatía y la desensibilización por pre-compresión dinámica. El primer fenómeno puede aparecer en un taladro adyacente al que esté detonando. Cuando el explosivo que se encuentra en él tiene un alto grado de sensibilidad, como son todos aquellos que poseen en su composición nitroglicerina. Por el contrario, la desensibilización por precompresión dinámica tiene lugar en muchos explosivos y particularmente en el ANFO, pues la onda de choque de una carga puede elevar la densidad de la adyacente por encima de la densidad crítica o de muerte.



Fuente: Manual de Hagan

- **Arranques quemados** En estos arranques todos los taladros se perforan paralelos y con el mismo diámetro, algunos se cargan con una gran cantidad de explosivo mientras que otros se dejan vacíos, al ser tan elevadas las concentraciones de carga, la roca fragmentada se sinteriza en la parte profunda del arranque, no dándose las condiciones óptimas para la salida del disparo como ocurre con los arranques cilíndricos. Los avances son reducidos y no van más allá de los 2.5 m por disparo.



Fuente: Manual de perforación y voladura- López Jimeno

- **Avance por disparo** A decir de Carlos López Jimeno/Emilio López Jimeno, (2003), el avance está limitado por el diámetro del taladro vacío y la desviación de los taladros cargados. Siempre que esta última se mantenga por debajo del 2% los avances medios “x” pueden llegar al 95% de la profundidad de los taladros “L”.

$$X = 0.95 \times L$$

En los arranques de cuatro secciones la profundidad de los taladros puede estimarse con la siguiente expresión:

$$L = 0.15 + 3401\phi_2 - 39.4\phi_2^2$$

Dónde:

ϕ_2 = Diámetro del taladro vacío (m) Cuando se utilizan arranques de “NB” taladros vacíos en lugar de uno solo de mayor diámetro, la ecuación anterior sigue siendo válida haciendo

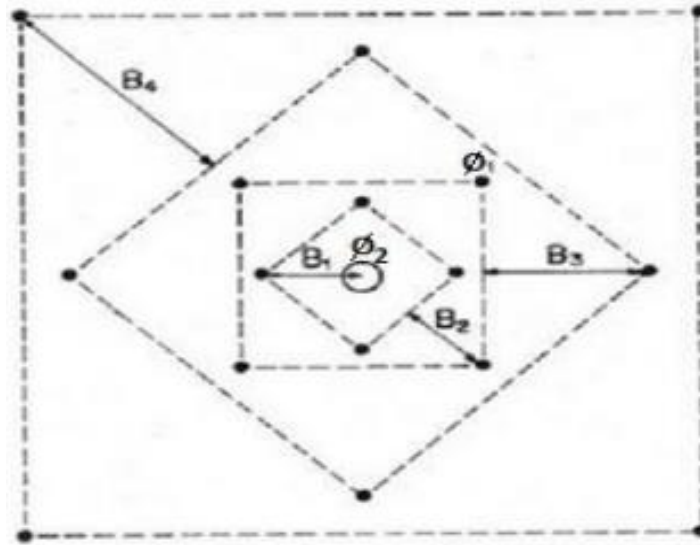
$$\phi_2 = \phi_2' X \sqrt{NB}$$

Dónde: ϕ_2'

es el diámetro del taladro vacío de menor diámetro

- **Arranque y corte de cuatro secciones:** Según el esquema geométrico general de un arranque de cuatro secciones con taladros de paralelos se indica en la figura la distancia entre el taladro central vacío y los taladros de la primera sección, no debe exceder de “1.7” para obtener una fragmentación y salida satisfactoria de la roca (Langefors y Kilhstrom, 1963), las condiciones

de fragmentación varían mucho, dependiendo del tipo de explosivo, características de la roca y distancia entre el taladro cargado y el vacío.

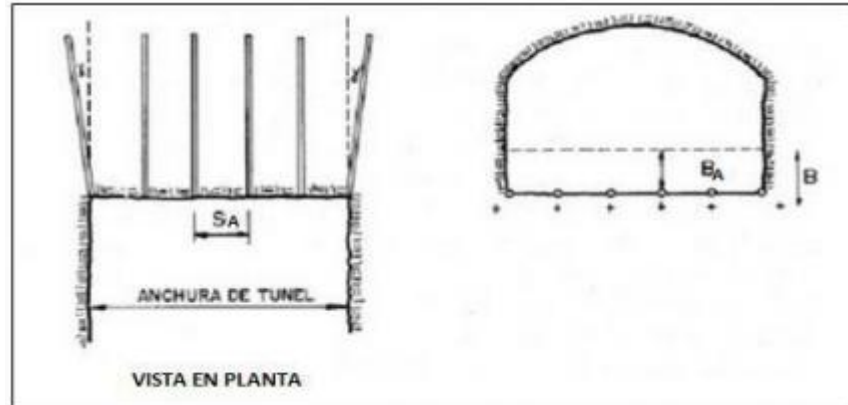


Fuente: Manual de perforación y voladura- López Jimeno

Para los burdenes mayores “2” el ángulo de salida es demasiado pequeño y se produce una deformación plástica de la roca entre los dos taladros. Incluso si el burden es inferior, pero la concentración de carga es muy elevada se producirá la sinterización de la roca fragmentada y el fallo del arranque.

- **Diseño de arrastres** Según Carlos López Jimeno/Emilio López Jimeno, (2003), el burden de los taladros de arrastre dispuestos en filas se calcula, básicamente con la misma fórmula que se emplea en las voladuras de banco, considerando que la altura de esta última es igual al avance del disparo. En los taladros de arrastre es necesario considerar el ángulo de realce o inclinación que se precisa para proporcionar un hueco adecuado a la perforadora para realizar el emboquille del próximo disparo. Para un avance

de 3 m un ángulo de 3° , que equivale a 5 cm / m, es suficiente, aunque dependerá lógicamente de las características del equipo.



Fuente: Manual de perforación y voladura- López Jimeno

- **Diseño del núcleo** El método para calcular el esquema de los taladros del núcleo es similar al empleado para las de arrastre, aplicando únicamente unos valores distintos del factor de fijación y relación espaciamento/ burden.

DIRECCIÓN DE SALIDA DE LOS TALADROS	FACTOR DE FIJACIÓN "F"	RELACIÓN S/B
Hacia arriba y horizontalmente	1.45	1.25
Hacia abajo	1.20	1.25

Fuente: Manual de perforación y voladura- López Jimeno

- **Determinación del factor de seguridad en voladura subterránea** En la malla de perforación sé a notado que el burden de arranque es la más crítica, porque es la base de la voladura subterránea. Entonces se calculará una constante para el factor de seguridad del burden de arranque mediante pruebas de campo. Los burden de corte, arrastre, contorno y núcleo son

correlativamente crecientes al burden de arranque, por consiguiente, el factor de seguridad de cada uno de estos burden es correlativamente decreciente al factor de seguridad del arranque.

Cuadro de factor de seguridad	
F_s	Aplicación
2	nucleo (tajeo)
3	Contornos
4	arrastre
5	corte
6	Arranque

Fuente: Nueva teoría para calcular el burden, “IV CONEINGEMMET

- **Análisis de Fragmentación:** Es el grado de fragmentación que se analiza después de la voladura que estará de acuerdo con el tamaño de fragmentado que se requiere en planta concentradora y no requiera de una voladura secundaria.

El análisis granulométrico es una operación a escala laboratorio que determina el tamaño de las partículas y su distribución es una muestra de mineral conformada por granos mineralizados de diversos tamaños, las distintas proporciones separadas indican el grado de finura de dicha muestra tal grado esta expresado en porcentaje en peso retenido en determinada malla.

Marco Conceptual

- **Rendimiento:** El concepto de rendimiento hace referencia al resultado deseado efectivamente obtenido por cada unidad que realiza la actividad, donde el término unidad puede referirse a un individuo, un equipo, un departamento o una sección de una organización.
- **Estándar:** En minería se aplica este término a los estándares de gestión de los procesos productivos en las empresas mineras aplicándose por ejemplo en la automatización de los procesos de perforación y voladura, planes mineros y control de flotas de carguío y acarreo.
- **Costos operativos o de producción mina:** Los costos de operación se definen como aquellos generados en forma continua durante el funcionamiento de una operación minera y están directamente ligados a la producción, pudiéndose categorizarse en costos directos e indirectos.
- **Costos directos:** Conocidos como costos variables, son los costos primarios en una operación minera en los procesos productivos de perforación, voladura, carguío y acarreo y actividades auxiliares mina, definiéndose esto en los costos de personal de producción, materiales e insumos, equipos.
- **Costos indirectos:** Conocidos como costos fijos, son gastos que se consideran independiente de la producción. Este tipo de costos puede variar en función del nivel de producción proyectado, pero no directamente con la producción obtenida.
- **Perforación:** Es la acción de apertura en el macizo rocoso huecos u orificios denominados taladros, con una distribución adecuada, a fin de alojar la carga explosiva u otros fines (sostenimiento, drenaje, etc.) con la ayuda de máquinas denominadas perforadoras.

- **Taladro:** Se denomina taladro al hueco u orificio producto de la perforación.
- **La Distribución de la carga explosiva:** Es la cantidad de explosivo y accesorios de voladura que se reparten del polvorín a las diferentes labores de trabajo previo una generación del vale de salida de explosivos.
- **El Factor de Potencia y/o Factor de carga:** Es la relación entre el número de kilogramos de explosivos empleados en una voladura determinada y el número de toneladas a romper producto de esa voladura o el volumen correspondiente en metros cúbicos a romper. Las unidades son kg/TM o kg/m³.
- **Malla de perforación:** Distribución adecuada de los taladros en un frente, la distribución de los taladros se hace con un previo cálculo del burden y espaciamiento, para una voladura eficiente.
- **Explosivos:** Este término alcanza un rango muy amplio de químicos. Un explosivo es un compuesto químico o una mezcla de compuestos químicos a los cuales cuando se les da un estímulo correcto o incorrecto ellos sufren una reacción química violenta exotérmica. “Tecnología de explosivos” pág. 2 – Víctor Ames Lara.
- **Anfo:** Es un agente explosivo de bajo precio cuya composición es 94.3% de Nitrato de Amonio y 5.7% de gas-oil, que equivalen a 3.7 litros de este último por cada 50kg de Nitrato de Amonio.
- **Mecha lenta:** Es un accesorio para voladura que posee capas de diferentes materiales que cubren el reguero de pólvora.
- **Mecha rápida:** Es un accesorio (cordón) que contiene dos alambres, uno de fierro y el otro de cobre; uno de los cuales está envuelto en toda su longitud por una masa pirotécnica especial, y ambos a la vez están cubiertos por un plástico impermeable.

- **Operación unitaria:** a una parte indivisible de cualquier proceso de transformación donde hay un intercambio de energía del tipo de físico, de una materia prima en otro producto de características diferentes.
- **Velocidad de detonación:** La velocidad de detonación es la característica más importante de un explosivo, mientras más alta sea su velocidad de detonación mayor será su potencia. A la detonación se le entiende como la transformación casi instantánea de la materia sólida que lo compone en gases
- **Espaciamiento:** Es la distancia entre taladros cargados con explosivos de una misma fila o de una misma área de influencia en una malla de perforación.
- **Burden:** Es la distancia entre un taladro cargado con explosivos a la cara libre de una malla de perforación. El burden depende básicamente del diámetro de perforación, de las propiedades de la roca y las características del explosivo a emplear.
- **Cara libre o taladro de alivio:** Permite que las ondas de compresión producto de la voladura se reflejen contra ella, originando fuerzas de tensión que permiten producir la fragmentación de la roca.
- **Disparo soplado:** Hacen referencia a las voladuras que fueron ineficientes, ya que en ellas algunos de los taladros cargados no explotaron o ninguno de los taladros cargados de la malla de voladura explosiono.
- **Tiros cortados y soplados:** Hacen referencia a las voladuras que fueron ineficientes, ya que en ellas algunos de los taladros cargados no explotaron o ninguno de los taladros cargados de la malla de voladura explosiono.
- **Corte quemado:** Es un tipo de arranque que consiste en perforar 3 o más taladros paralelos entre si y paralelos al eje de la galería. Este tipo de arranque se usa generalmente en terreno duro, dejando uno o algunos taladros vacíos con

la finalidad que se constituyan en cara libre, a fin de que la roca triturada se expanda hacia el espacio libre, logrando su expulsión, los taladros del corte deben ser los más profundos.

- **Paralelismo:** En perforación de minería se denomina al paralelismo geométrico entre las direcciones de las rectas de los taladros que perforan una misma estructura mineralizada o sección.
- **Labores permanentes:** Son aquellas labores mineras que serán de larga duración o duración permanente durante la vida de la mina, y en las que se requieren aplicar el sostenimiento adecuado que garantice un alto factor de seguridad, pues en estas labores se tendrá un tránsito constantemente de personas y equipos y la construcción de diversas instalaciones.
- **Labores temporales:** Son labores que requieren un sostenimiento ocasional y menor que en las labores permanentes, pues estas labores serán rellenadas luego de ser explotadas.
- **Macizo rocoso:** conjunto de matriz rocosa y discontinuidades. Presenta carácter heterogéneo, comportamiento discontinuo y normalmente anisótropo, consecuencia de la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad, que condicionan su comportamiento geomecánico e hidráulico.
- **Geomecánica:** Se ocupa del estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamientos mecánicos de los materiales rocosos. Básicamente este comportamiento geomecánico depende de los siguientes factores: Resistencia de la roca, grado de fracturación del macizo rocoso y la resistencia de las discontinuidades.
- **Matriz rocosa = Roca matriz = Roca intacta:** material rocoso sin discontinuidades, o bloques de roca entre discontinuidades. (Se caracteriza por

su densidad, deformabilidad y resistencia; por su localización geográfica; y por su litología, ya sea ésta única o variada).

- **Discontinuidad:** cualquier plano de origen mecánico o sedimentario en un macizo rocoso, con una resistencia a la tracción nula o muy baja. (Genera comportamiento no continuo de la matriz rocosa, y normalmente anisótropo).
- **Yacimiento:** Depósito natural de rocas o mineral rentable, donde generalmente se abre una mina.
- **Optimización:** Es una palabra que en el contexto de la planificación industrial y en particular del planeamiento de mina es una descripción de conjuntos de técnicas que con la ayuda de métodos matemáticos y analíticos que facilitan al planeamiento creando modelos matemáticos y el establecimiento de criterios al desarrollo de algoritmos para encontrar un conjunto de valores que nos otorguen u máximo valor bajo un criterio elegido.
- **Planeamiento de minado:** Es una medida esencial en la conducción de cualquier empresa, la necesidad de producir en forma eficiente y al más bajo costo posible exige en forma creciente, no solo una buena organización, sino también un sistema integral de planificación, en el que se considera especialmente la dependencia momentánea y futura entre las diferentes secciones de la empresa.

2.4 Formulación de hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

El desarrollo del mejoramiento de la malla de voladura aplicando permitirá que las paredes y el techo de la galería permanecerán estables por un tiempo prolongado para el tránsito seguro del personal y los equipos en la Minera Raura S.A. convirtiéndose en una labor eficiente.

2.4.2 Hipótesis específicas

- Estandarizar las operaciones unitarias de perforación y voladura que permitirá tener una mayor eficiencia en la producción y productividad en la mina Raura.
- La perforación y la voladura controlada permite un buen avance en los frentes de operación garantizando una buena performance en el transporte de recursos.
- El proceso de capacitación del personal en esta etapa unitaria debe ser constante de manera que no se incurra en costos adicionales de sostenimiento y accidentes por caídas de rocas.

2.5 Identificación de variables

El estudio se identifica tres variables que ayudan a solucionar el problema:

2.5.1 Variable independiente

X₀ = concentración de carga explosiva

X₁ = Diseño del Burden

X₂ = Diámetro del taladro de alivio

2.5.2 Variable Dependiente

Y = Sección de Minado

2.5.3 Variable interviniente

Z = Equipo y capacitación de operadores

2.6 Definición operacional de variables e indicadores

Tipo de Variable	Nombre de Variable	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente	Xo X1 X2	Carga explosiva	Cantidad y calidad de explosivos
		Diseño de Malla	Geometría de malla de perforación, burden Espaciamiento/tipo de arranque o corte
		Diámetro de Taladro alivio	Numero de alivios/mayor o menor diámetro
Variable Dependiente	Y	Sección de Minado	Sección y geometría de labor
Variable Interviniente	Z	Horas	Capacitación y control de minado

Fuente. Elaboración Propia

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

Investigación aplicada. Depende de los avances de la investigación básica, busca la aplicación y consecuencias prácticas, sobre todo a nivel tecnológico de los conocimientos. Lleva a la práctica los resultados de la investigación básica

Por su interés y recurrencia se ubica dentro de la investigación básica aplicada, y por su dependencia es de tipo experimental, analítico, cuantitativa y cualitativa.

3.2 Métodos de investigación

Método inductivo y analítico por que se encuadra en el razonamiento mediante el cual, a partir del análisis de hechos singulares, se pretende llegar a optimizar parámetros de perforación y voladura para establecer lo que se llama voladura controlada.

3.3 Diseño de investigación

De acuerdo al concepto de diseño de investigación se ubica dentro de la Investigación no experimental, debido se centra en estudios de como de mejorar una etapa y sus cambios y relacionamiento de las variables.

3.4 Población y muestra

Población se toma en forma general los frentes de operación de la minera Raura S.A. especialmente en labores de desarrollos y preparaciones.

Las muestras son aleatorias del tipo de corte y los taladros de alivio en los arranques.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Reportes de control de tiempos de perforación de barrenos cargados y alivios, del mismo modo el tamaño de diámetros con y sin carga en los arranques.

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se tabulan datos del avance por frente, especialmente los taladros de corona (tracing) y concentración de carga respectivamente.

3.7 Tratamiento estadístico

Se tabulan y procesan mediante gráficos estadísticos, relaciones de longitud de taladro y porcentaje de avance, Diámetro de taladro de alivio y distancia entre taladros, distancia máxima para taladros de rotura y concentración de carga.

3.8 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Reportes de control en tiempo real al final de cada operación unitaria, con la validación de los operadores, seguido por los jefes inmediatos, supervisores y jefes de guardia.

3.9 Orientación ética

De acuerdo a los estudios realizados esto veremos reflejados en la estabilidad del macizo rocoso, esto influye en tener una superficie lisa libre de fracturas que puedan llevar a un desprendimiento de rocas.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del Trabajo de Campo

4.1.1 Información General de la Mina

4.1.1.1 Generalidades

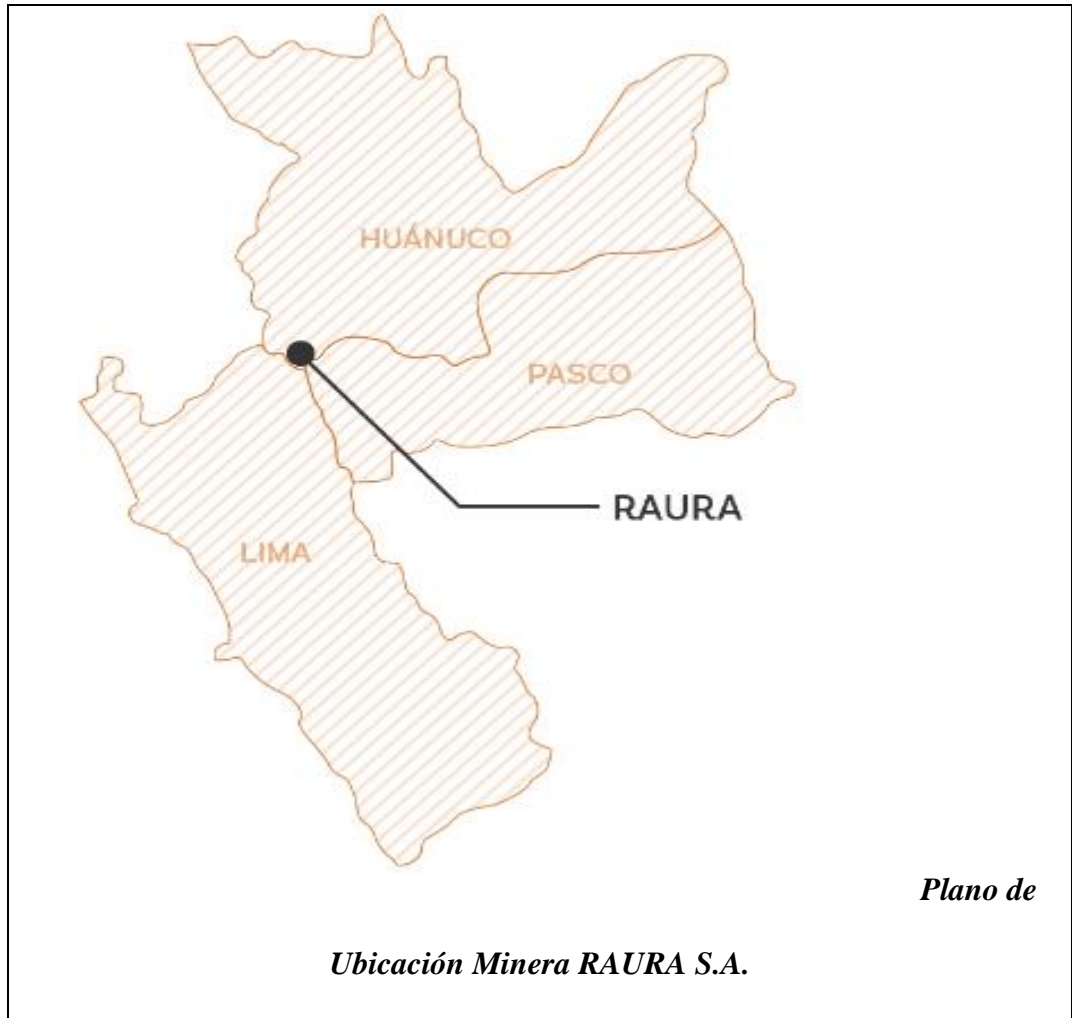
4.1.1.2 Ubicación y Accesibilidad

El Distrito Minero de Raura, está ubicado en la cumbre de la Cordillera occidental entre los departamentos de Huánuco (Distrito de San Miguel de Cauri), provincia de Lauricocha y Lima (Distrito y Provincia de Oyon) Las coordenadas geográficas de ubicación son:

- Latitud: 10° 26' 30" S
- Longitud: 75° 44' 30" W
- Coordenadas UTM: 8845,500 N 309,700 E



Capacidad instalada de planta concentradora es de 2500 TMS/d. tiene Procesos de producción Minado, planta, comercialización. Asimismo, tiene una planta de Generación eléctrica Central Hidroeléctrica de Cashaucro.



La Mina Raura tiene más de 55 años de trayectoria. Hoy se enfoca en consolidarse como una operación de clase mundial a través de la gestión sostenible de sus operaciones. Así, se enfoca en consolidarse como una operación de clase mundial, a través de la gestión sostenible de sus operaciones. Así, se enfoca en la eficiencia, en la productividad y en el manejo de sus costos y recursos, adoptando los más altos estándares de calidad, seguridad y medio ambiente. Actualmente Raura tiene una capacidad de tratamiento de 2.500 toneladas por día (tpd), con una producción real de aproximadamente 1.600 toneladas diarias de mineral.

4.1.1.3 Geología

En los últimos años, Compañía Minera Raura ha desarrollado el programa de Perforación Diamantina y de Avances, con el fin de incrementar nuestros recursos minerales y así conocer mejor el potencial geológico de Raura.

4.1.1.4 Geología General

4.1.1.4.1 Clima y Relieve

Existen dos ciclos climáticos claramente diferenciados, los cuales se desarrollan a lo largo del año y constan de:

- Seis meses de intensas precipitaciones fluviales correspondientes al verano austral, comprendidos entre los meses de noviembre a abril.
- Seis meses de invierno, comprendidos entre los meses de mayo a octubre. La temperatura en la estación de verano varía de 3° a 20° C y en invierno de -4°C a 14°C, la velocidad de los vientos alcanza los 45 Km/h en el mes de agosto. Dependiendo de la época del año, la temperatura suele variar de acuerdo a la estación.

La altura varía de 4300 a 4800 msnm., con glaciares que alcanzan los 5700 msnm.

La topografía es abrupta con valles y circos glaciares, con abundantes lagunas escalonadas y materiales morrenico, el clima es frío y casi no existe vegetación alguna. La zona se caracteriza por presentar un relieve muy accidentado, los rasgos topográficos están condicionados al control estructural, litológico, así como a los procesos erosivos a los cuales está sometida de manera constante, la topografía es abrupta, conformando valles en forma de U, y circos glaciares, la altura varía de 4,300 m.s.n.m. hasta cumbres glaciares que alcanzan los 5,700 m.s.n.m. Se exponen lagunas escalonadas como consecuencia de los procesos

de glaciación y las lluvias de la zona, debido a los procesos de denudación y erosión presenta extensas zonas cubiertas con material detrítico.

4.1.1.4.2 Recursos

- a) **Flora** Existen un total de cinco tipos de vegetación: pajonal (alto y bajo), bofedal, vegetación de roquedal, matorral y vegetación acuática, siendo el pajonal el tipo de vegetación que alberga el mayor número de especies. Asimismo, se han identificado siete especies endémicas y seis especies amenazadas. La composición de especies y familias vegetales que se registra en el área es típica de las zonas alto-andinas del Perú, no registrándose variaciones marcadas a lo largo del tiempo. Sin embargo, se reporta una disminución de la cobertura vegetal de algunas especies, relacionada con el régimen de quema realizado por parte de los pobladores locales.



Fuente. Bajo pajonal

b) **Fauna** Existe una diversidad de mamíferos (siete especies), con una predominancia de mamíferos pequeños (roedores) asociados al tipo de vegetación predominante.

Existe un total de 71 especies de aves, con una mayor proporción de aves de ambientes terrestres respecto a las aves acuáticas. Las localidades ubicadas dentro y como influencia directa del yacimiento están caracterizadas por presentar áreas más extensas de pajonal, lo que favorece el establecimiento de las aves.



Fuente: Aves en el entorno.

4.1.1.4.3 Recursos Humanos

Entre los pueblos más cercanos a este yacimiento minero; Actualmente contamos con una población de 1200 trabajadores (90% terceros). En sistema de trabajo a típico muy favorable para ellos, el cual además conlleva beneficios adicionales.

4.1.1.4.4 Recursos Naturales

Los recursos naturales de esta zona, desde la época de los españoles son los minerales a partir del cual Raura ha sido considerada como una mina importante productora de Minerales Poli metálicos. Entre los recursos

animales, el ganado es el principal en base a la cría de Auquénidos y ovinos, donde la lana, carne y las pieles constituyen la fuente principal de ingresos de los pobladores de la región. Los recursos hídricos son suficientes para el consumo humano e inclusive para el uso industrial permitiendo la generación de energía eléctrica a través de la Central Hidroeléctrica de Cashaucro.

4.1.1.4.5 Recursos Energéticos

Compañía Minera Raura. Cuenta con una Central hidroeléctrica, y una central térmica, además se tiene la interconexión con el sistema eléctrico 8 del Centro, la empresa tiene toda la infraestructura y está en ejecución para garantizar la energía en la mina. La central hidroeléctrica de Cashaucro proporciona como promedio el 80% de lo que requiere la mina para cumplir sus objetivos. Tiene 2 turbinas hidráulicas las mismas que generan a plena carga 3 800 KW en forma continua. Esta hidroeléctrica dispone de 25 millones de metros cúbicos de agua almacenada como reserva, dicho volumen es administrado y dosificado mensualmente; de manera que la energía está garantizada los 12 meses del año. La Central Térmica de Raura es la casa de fuerza que proporciona el 1% de generación eléctrica y solamente es utilizada cuando hay cortes prolongados de energía de parte de Electro Centro o Central Hidroeléctrica Cashaucro, utilizando petróleo diesel # 2, disponiendo de 6 grupos electrógenos, con una capacidad real de generación de 2 400 KW. Electro Centro es la empresa que suministra energía eléctrica contratada cubriendo el 27% de la demanda a través del sistema interconectado sur (SIC). La transmisión se inicia en la sub estación de Cashaucro, con una potencia contratada de 3 000 KW.

4.1.1.4.6 Reseña Histórica

El Yacimiento Minero Raura tiene una larga trayectoria minera desde el periodo de la colonia con trabajos de prospección minera en vetas de plata. Los estudios realizados son netamente minero-económicos, y se inician con Singendl en 1919 y Esppenbeck en 1926; en informes posteriores realizados en la unidad minera se mencionan trabajos recientes, como el del Ing. J. Fernández Concha en 1964, D.C. Noble en 1980 y R. Sillitoe en 1996, los cuales explican el control estructural y los eventos magmáticos que precedieron a la mineralización del yacimiento. En informes más recientes, M. Lavado en 1996 realiza un trabajo geológico más detallado del yacimiento minero, y por último C. Ángeles, en septiembre de 1997 realiza un trabajo titulado, “Estructuras Mayores y Estratigrafía del Margen Occidental del Yacimiento Minero de Raura” donde relaciona la división estratigráfica de la formación Jumasha y también hace una interpretación tectono-estructural del área de Gayco con respecto a las fallas Chonta y Gayco respectivamente

Empresa Minera Raura s.a. es una empresa minera de capital peruano-dedicada a desarrollar actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales. Raura está ubicada entre los distritos de San Miguel de Cauri (provincia Lauricocha, región Huánuco) de Oyón (provincia Oyón, región Lima), a una altura de 4700 msnm. Inició operaciones en 1960 (desde 1985 opera bajo el liderazgo del grupo Breca), es una mina subterránea polimetálica que produce plomo, zinc, cobre y plata.

La Compañía Minera Raura S.A. comenzó sus operaciones en 1960, siendo luego adquirida por Breca en el año 1986; desde sus inicios se han trazado metas claras y precisas para trabajar de manera responsable y eficiente para obtener la mayor producción posible procurando mantener un desarrollo sostenible, aplicando los más

altos estándares de calidad, la máxima seguridad y cuidado avanzando hacia mejora continua.

Compañía Minera Raura S.A., es una empresa de mediana minería dedicada a la explotación de minerales de cobre, plomo, plata y zinc (polimetálico) y a la obtención de concentrados de cobre, plomo y zinc. La U.M. Raura tiene una capacidad instalada de 2,000 toneladas por día, con una producción real de aproximadamente 1,600 toneladas diarias. Hoy, más de 50 años después, estamos orgullosos de haber alcanzado nuestros objetivos, producto del esfuerzo constante de todos nuestros colaboradores y de la certeza de que podemos ser cada vez mejores. Venimos creciendo, y aspiramos a seguir haciéndolo, siempre en armonía con el entorno que nos rodea mirando la siempre los compromisos de responsabilidad la buena convivencia en la región y el País.

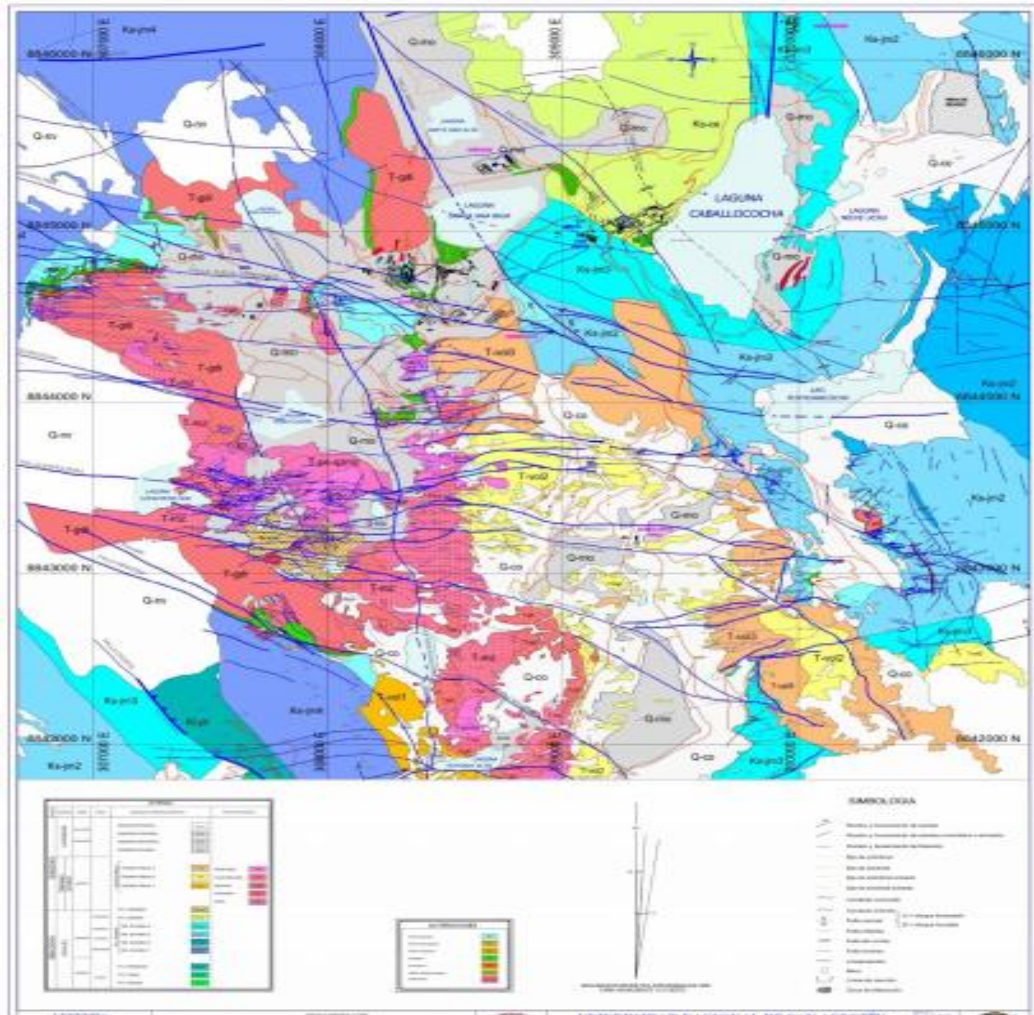
4.1.1.5 Geología Regional

El entorno geológico regional del Yacimiento Minero Raura involucra diferentes ambientes de deposición y posterior formación de rocas sedimentarias dentro de las cuencas de tras arco del Cretáceo Superior al Paleógeno Inferior. En muchos sectores la cobertura volcánica forma parte de la paleo-superficie generada durante el Paleógeno Superior. La serie sedimentaria de edad Cretácica Superior está compuesta en la parte inferior por rocas clásticas tales como areniscas, areniscas silíceas, lutitas, etc. a excepción de la Formación Santa que consta de calizas. La parte superior de edad Paleógeno Inferior consiste de una secuencia de rocas calcáreas y algo de lutitas bituminosas. Las rocas clásticas en el área están representadas por las Formaciones Chimú, Carhuaz y Farrat y la secuencia calcárea por las Formaciones Santa, Pariahuanca, Chulec, Pariatambo, Jumasha y Celendín.

La Formación Jumasha es el metalotecto más importante en la región, la misma que se expone ampliamente como una potente secuencia sedimentaria entre las minas Uchucchacua y Raura. Estas formaciones en los alrededores están intruidas por rocas ígneas de composición granítica, tonalítica, y monzonítica. Estructuralmente el área está situada en la zona de plegamiento y sobre escurrimiento. Durante la Orogenia Andina, la secuencia sedimentaria ha sido intensamente plegada en dirección N 20°W. Los anticlinales y sinclinales se extienden a lo largo de varias decenas de kilómetros, intercalándose con zonas de sobre escurrimiento paralelas al eje principal.

4.1.1.6 Estratigrafía

Las rocas más antiguas que se observan en la zona son las correspondientes a la formación Chimú del Cretáceo Inferior, continua la deposición de las formaciones Pariatambo, Jumasha, Celendín, Casapalca y Volcánico Raura, habiendo definido unas diatremas, en parte están cubiertas por material cuaternario; las rocas intrusivas han cortado a estas formaciones y destacan las granodioritas, monzonitas, pórfidos dacita y pórfidos cuarzomonzonita.

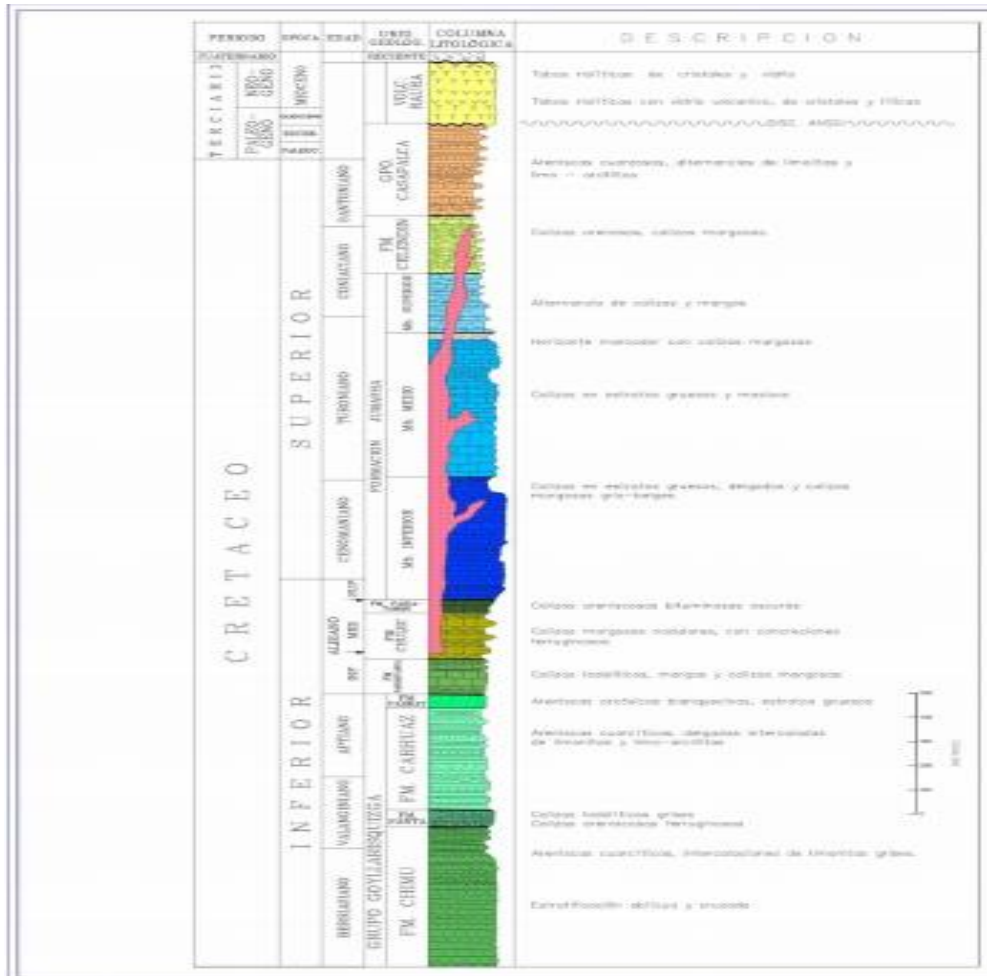


Fuente: Ingemet

4.1.1.7 Geología Estructural

El Yacimiento Minero Raura se formó dentro de un entorno estructural altamente compresivo asociado a la Fase Tectónica Quechua II (E-O), caracterizado por la presencia de fallas inversas de corrimiento de rumbo siniestral de alto ángulo típicamente asociado a la herencia tectónica de eventos tectónicos preexistentes. El Jog extensional (Pull-apart) necesario para el emplazamiento de los pulsos intrusivos corresponde a un lazo sigmoide con la generación de estructuras tensionales en zonas de apertura marcado por la liberación de energía en estos sectores. Los grandes sistemas de fallas asociados a la formación del Yacimiento Minero Raura influyen

en la morfología de los cuerpos plutónicos, las fallas controlan mucho más que el movimiento de fluidos a lo largo de planos discretos de falla, estas determinan la presencia o ausencia de vulcanismo en una región, la cual está sujeta a un fallamiento regional (Falla Chonta), a la morfología y al emplazamiento de cuerpos graníticos entre otros.



Fuente: Oficina de Ingeniería de la Unidad Minera

4.1.1.8 Mineralización

Las características litológicas de las brechas aumentan la porosidad y permeabilidad, además la unión de los clastos es fácil de fracturar ante cualquier fuerza provocada por la actividad hidrotermal o magmática. Estas características macroscópicas coinciden con los valores irregulares de CaCO₃ y SiO₂ del Jumasha II. El Jumasha

II está caracterizado por la presencia de brechas sedimentarias con clastos de calizas packstone envueltos en un lodo calcáreo mudstone, intercaladas con estratos de calizas. El contenido de CaCO_3 es irregular con porcentajes entre 76 y 98%. El Jumasha III está caracterizado por estratos de calizas con estructuras sedimentarias como laminación oblicua curva, ripples, y canales alargados. En la parte superior se encuentran nódulos de cherts dentro de calizas grainstone. Su composición de CaCO_3 es más uniforme que el Jumasha II, está en el rango más estrecho de 86 y 98%; los principales cuerpos mineralizados están hospedados dentro del Jumasha III, ello por ser una roca receptora ideal para el reemplazamiento metasomatismo y para la generación del Skarn. Por su alto contenido de CaCO_3 , además del tamaño de grano que presenta.

4.1.1.9 Geología Económica

El distrito Minero de Raura, está conformado de minerales de Cobre, Zinc, Plomo y Plata. La mineralización se presenta como relleno de fracturas (vetas), bolsionadas en Skarn y depósitos tipo Stock Work. Los sistemas de fracturamiento ha permitido la mineralización en vetas en Raura, el sistema más importante presenta un rumbo N 60° W a E-W, los sistemas subsidiarios son de rumbo N 65° - 80°E, las vetas al norte contienen vetas con minerales de Cobre y Plata, al sur la mineralización es de Plomo y Zinc. La minera Raura constituye un yacimiento tipo skarn de Zn-Cu-Pb-Ag; el complejo de intrusiones, brechas y rocas volcánicas que dieron origen al depósito en Skarn, se dio durante el Mioceno, a manera de una caldera volcánica, actualmente erosionada que nos permite visualizar los eventos ígneos que se emplazaron en la cuenca sedimentaria de la Formación Jumasha, formada a fines del cretáceo, la cual corresponde a la faja corrida, fallada y plegada del Marañón.

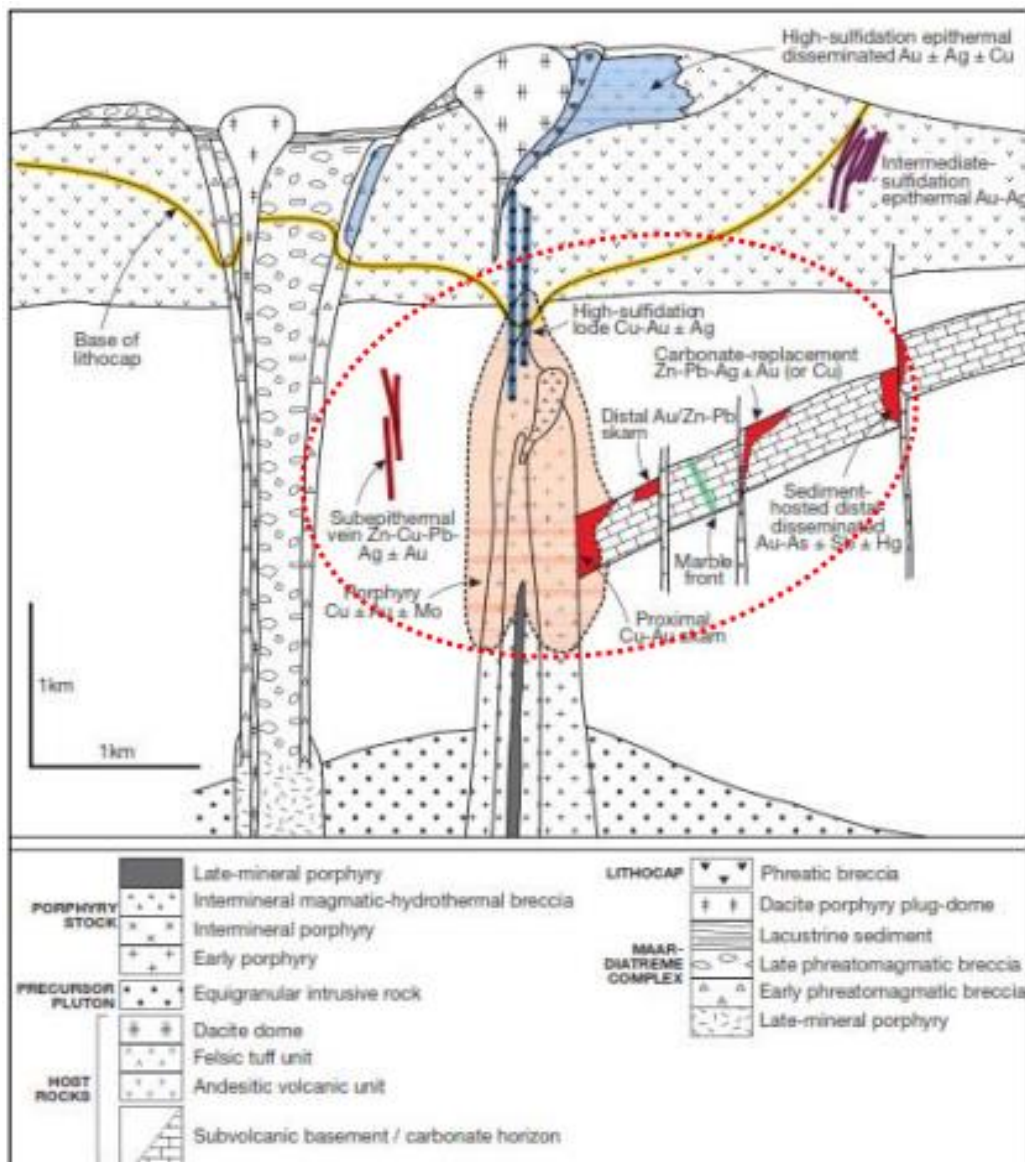


Fig. Tipos de depósito minerales en Raura S.A.

4.1.1.10 Métodos de Explotación

- **Corte Relleno Ascendente en Vetas:** Se característico de este método de explotación es el uso del relleno como medio de sostenimiento de los espacios abiertos, se aplica este método es empleado en cualquier tipo de yacimiento con buena ley de mineral o económico. Se delimitación la zona mineralizada y se define los blocks de los tajos si la estructura es irregular y mayor de 1.0 m. se

explota con winche eléctrico y bolsonadas se explota con micro scoops de 0.7, 1.0 y 1.5 yardas mejor recuperación y calidad de mineral. Se prepara dos caminos en extremos, ore pass en desmonte y roca competente caja piso, cámaras de volteo una longitud de 6 m. de refugio. Si las vetas son menores de 1.0 m se prepara block cada 35 m para explotar con winche eléctrico con marca Joy de 20 HP, el ore pass se levanta junto con el tajo y dejando pilares para sostener las cajas.

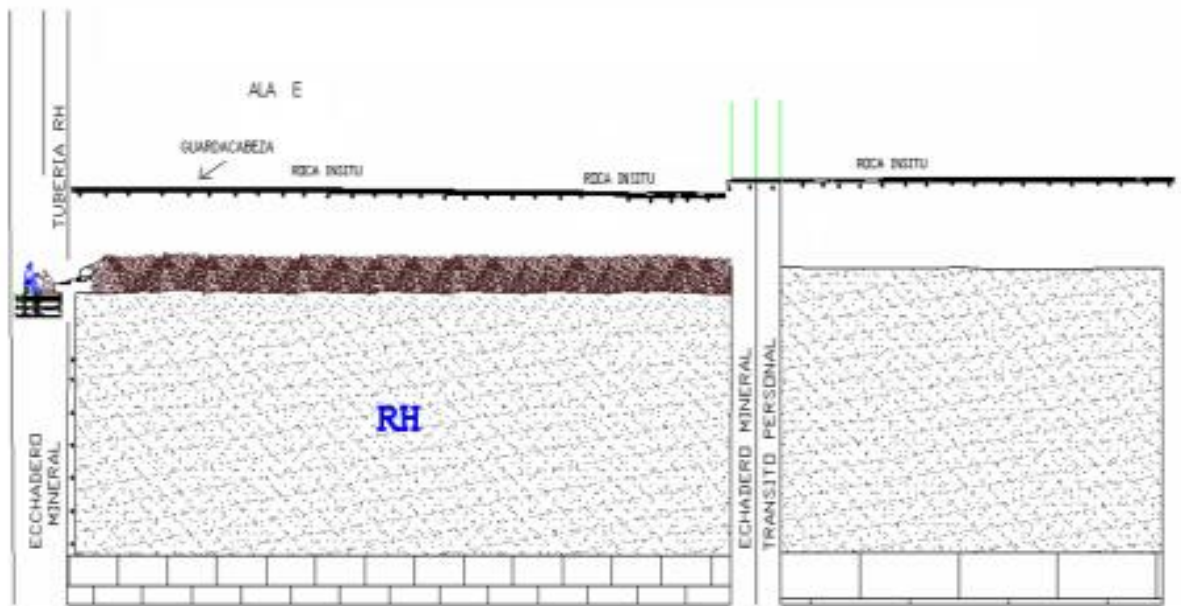
- **Corte Relleno Ascendente:** El método de explotación en corte y relleno ascendente, se prepara paneles de 35 m de longitud en cada ala y se deja pilares de 2.00 m ambas alas para contener reacomodo tensional de las cajas por la profundización de los tajos y también controlar posibles estallidos de rocas. Para comenzar a explotar el mineral primeramente se deja un puente de 3 a 4 m de puente de acuerdo tipo de roca como para iniciar la explotación, preparar ore pass (OP) y luego se rellena con Relleno Hidráulico (RH), dejando una altura de perforación de 2.2 m. Se saca cara libre con 3 disparos y se acumula un ala completa y se dispara voladura masiva, se prepara piso de perforación para hacer segundo corte previo refuerzo de sostenimiento con puntales de seguridad con plantilla de tablas o con Split set de 5 pies, se hace mismo procedimiento para segundo corte.
- **Limpieza de Mineral:** Una vez concluida rotura de mineral dos cortes, procede limpieza con winche eléctrico, previo colado de sostenimiento con puntales de seguridad sistemático cada 2 m., a medida que va jalando mineral roto. Los perforistas se continúan con rotura la otra ala y los rastrilleros colocan sostenimiento jale de mineral, una vez concluido se voltea la winche eléctrico y

se prepara el piso altura de perforación y prepara barrera para relleno hidráulico. Limpieza con micro scoop eléctrico una vez concluida la rotura de mineral los perforistas colocan sostenimiento con Split set de 5' y puntales de seguridad, dependiendo ancho de minado, los perforistas se continúan con acumulación de taladros en la otra ala para hacer voladura masiva, se levanta los caminos ore pass, accesos.

- **Parámetros del Método de Explotación:** Perforadora neumática tipo Jack Leg, seco

1. Scoop Eléctrico de:	0.70 Yd3
2. Productividad del Tajeo:	6.6.t/Hom/ guardia.
3. Consumo de explosivos:	0,64 Kg
4. Factor de perforación:	0,20 t/pie perforado
5. Labores preparatorias:	8m/1000 t extraídas
6. Producción de labores preparatorias:	5 %
7. Dilución:	10%
8. Recuperación de las reservas geológicas:	95%
9. Restablecimiento del macizo rocoso:	Relleno y puentes
12.Duración promedio del block:	11 – 12 meses
13.Preparatorias:	0m/1000t/ extraído
10.Mineral roto por disparo masivo:	516 t
11.Sostenimiento temporal:	Puntales de seg.
14.Producción de labores preparatorias:	5 %
15.Dilución:	5%
16.Recuperación de las reservas geológicas:	98%

17. Restablecimiento del macizo rocoso: relleno y puentes



Fuente: Oficina Ingeniería Raura. S.A.

Cámaras y pilares en cuerpos: El método de explotación es corte y relleno por cámaras y pilares, a partir del subnivel longitudinal se realizan cortes transversales (tajeos) de 6 m. Por 6 de altura hasta llegar caja techo, dejando pilares de 3m forma alternada y se refuerza con sostenimiento con Split set de 7', siguiendo la secuencia de minado entre perforación, voladura, sostenimiento acarreo y relleno. La perforación se realiza breasting con jumbo de 2 brazos de 14' de longitud dos cámaras consecutivas.

La voladura se hace con examon y la corona con semexa 45% de 11/8*7'' para controlar el techo de la labor.

Sostenimiento se realiza con maquina jack leg Split set de 7' con malla de 2m x 2m. Acarreo se realiza con scoop trams de 3.5 yds³ y diesel de 4.2 yardas cúbicas directamente a los volquetes de 25 t.

El relleno de las cámaras se hace con relleno convencional desmonte de desarrollos, avances y se completa con relleno hidráulico reforzamiento de pilares, para no perder finos y controlar la limpieza de mineral. La ventilación es forzada mediante las ventiladoras eléctricas.

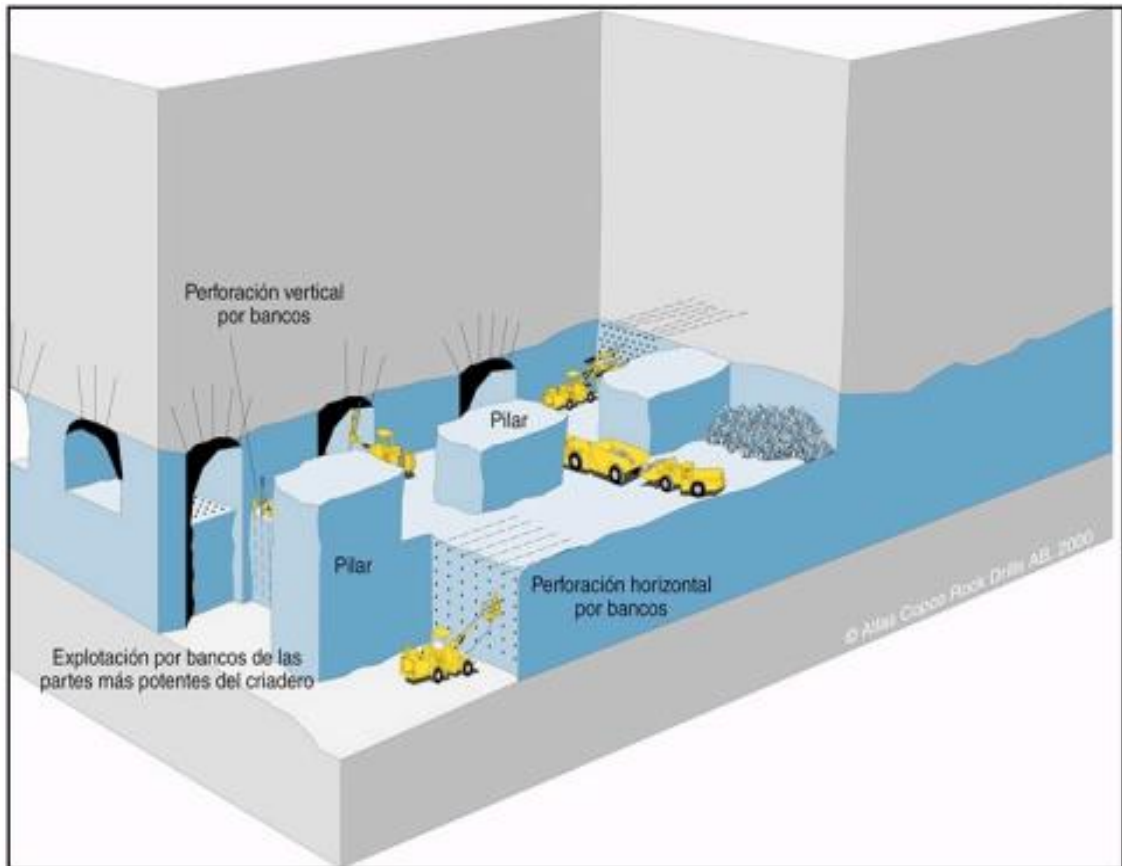
El yacimiento es accesible por crucero, by passes y rampas. Los blocks 120 m de longitud 50 m de altura, la labor preparatoria consiste en construir galerías en estructura mineralizada y by passes en desmonte paralelas al eje mayor labores de acceso a la mineralización cada 60 m subniveles de acceso transversal al cuerpo, una galería en mineral longitudinal chimeneas para ventilación, relleno, ore pass, accesos y servicios.

Parámetros del método de explotación

1. Productividad en el tajo: 20.5 t/hg
2. Consumo de explosivo: 0.16 kg/t (dinamita) 81
3. Metro de taladros perforados: 0.75 m/t
4. Labor preparatorias: 3.20 m/1000t extraídas
5. Producción de labores preparatorias: 12%
6. Dilución: 1%
7. Recuperación de las reservas geológicas: 75%
8. Restablecimiento de equilibrio del macizo rocoso: relleno, pilares y puentes.
9. Mineral roto por disparo de 2 cámaras: 925 t/disp.
10. Sostenimiento temporal: Split set de 7' con malla de 2mx2m.

Este método se aplicó en zonas de rocas regular a dura con Jumbo, roca de regular suave con scoop de 2.2 yds³ con castillos sudafricanos good pak, que

anteriormente frecuentemente existía derrumbes que interrumpía la actividad y obligaban abandonar la labor



Fuente: Oficina de Ingeniería Raura. S.A.

4.1.1.11 Problemas que se Encontraron Perforación y Voladura

Para lograr los objetivos en la perforación y voladura para su mejora y optimización podemos mencionar las siguientes recomendaciones: Capacitación y entrenamiento constante a los supervisores, que tienen la responsabilidad para efectuar seguimientos y control constante.

La capacitación constante al personal trabajador es importante las nuevas tecnologías con el desarrollo actual para la productividad por la mejora de métodos y sistema (las mallas de perforación inadecuadas, trazos, profundidad de perforación, paralelismo, inclinación de taladros) que redundan negativamente en la productividad. El uso de accesorios convencionales de voladura (mecha rápida, mecha de seguridad, fulminante, conectores, carmex, etc.), excesivo banqueo resultado deficiente voladura incrementa la voladura secundaria; demora en desatado de rocas, limpieza de mineral, selección de bancos para hacer plasteo de bancos, incrementa costo por disparo secundario, eleva factor de potencia, inestabilidad de techo, reduce factor de eficiencia, productividad, mantenimiento y seguridad que estar ligado el grado de fragmentación, registran índices que pueden ser mejorados. Los fundamentos técnicos se modifican los parámetros de operación los cuales se estudiaron con la finalidad de reducir los costos de perforación y voladura como los resultados de lograr los objetivos siguientes: Ampliar malla de perforación burden y espaciamiento. Incrementar el rendimiento por taladro anterior era de 6 pies y ahora de 8 pies. Reducir los factores de potencia y perforación. Mejorar el grado de fragmentación.

Controlar el nivel de vibración es para mantener la estabilidad de las labores y de las áreas circundantes.

1. Las mallas mostradas son promedios que se pueden modificar permitiendo hacer un análisis de sensibilidad para el costo de voladura. Solo requiere cambiar el burden y espaciamiento para cada caso dependiendo ancho de veta.
2. La altura de corte efectivo se considera 1.5 m es de 6', se cambió con 2.1 m con 8' incrementando burden y espaciamiento, se está considerando constante en todo el caso, el cual se obtiene una inclinación de 75° con 1.65 de perforación de 6', y 8' de 2.2 con profundidad de perforación de 2.35 m, todo este dato tomado en campo.
3. Si bien el costo de voladura es \$/t en vetas angostas se ahora el 35.95 % entre una y otra condiciones (Excel y carmex mecha lenta), la ventaja principal es que con el Excel se obtiene una mayor productividad, logrando incrementar la producción por taladro con se observa en cuadros en un 35.95% en vetas angostas que traduce en una mayor eficiencia y se puede hacer voladura masiva.
4. La productividad de tiros cortados con el Excel es más remota que con la mecha lenta (carmex), lo que garantiza una buena continuidad de detonación en voladuras masivas.
5. Por ende la seguridad va de la mano las ventajas antes mencionadas y los resultados obtenidos.
6. El ahorro de explosivos, taladros pies perforados, tarea, etc. Comparado con la producción en bolsonadas y en vetas anchas, en zona III es casi 500000 \$/año ahorro solamente en explosivo y pies perforado, para un contratista es beneficioso, de acuerdo los cuadros se cuadruplico la producción y disminuyo voladura secundaria.

7. El tiempo de desate de roca se disminuye 60%, mejor fragmentación no hay mucho tiempo perdido en seleccionar los bancos enterados como se observa resultado en los cuadros que se muestra.

4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1 Introducción

En la Compañía Minera Raura S.A., se explota mineral de Cu. Pb. Zn. Y Ag., con los métodos empleados de Cámaras y Pilares con Relleno Hidráulico ascendente, cámaras longitudinales igualmente con Relleno Hidráulico ascendente y con menor escala Shirinkage, en los primeros tres meses del presente año se han corrido 2588 m. en explotación y desarrollo y 1620 m., en preparación, es importante que se entienda qué después de la voladura se conservan techos y paredes estables ya que por estas galerías por mucho tiempo se permitirá el tránsito del personal y equipos, luego será la responsabilidad entera de una buena supervisión que debe mantener en buenas condiciones del mismo modo, en la explotación de tajeos con perforación en Breasting en zonas inestables la que obligan a realizar voladura controlada o de recorte que es producto del presente estudio.

4.2.2 Avances en frentes

Sabemos que la ejecución de galerías en una mina es un caso de especial interés, por ello, dentro de las técnicas de voladura se debe estudiar como es lógico un método especial que se adecue a los requerimientos de todos los trabajos mineros.

La ingeniería en desarrollo de túneles y galerías considera un avance en el que se realiza perforaciones en roca en el frente de dicha labor, mediante una serie de taladros en los que se coloca el explosivo y detonantes, el orden de encendido obedece a un plan previamente planificado, los primeros barrenos llamados de arranque, tienden a crear un vacío hacia el cual se vuela sucesivamente el resto de la roca, esta abertura o arranque es la llave que abre la roca hasta una profundidad que depende de la forma y el y diseño de la malla por lo tanto el éxito de la abertura. Además, el resto de los taladros repartidos en el área restante deben cumplir con los objetivos de obtener el contorno deseado de la roca remanente sin alterar todo el macizo que debe controlarse sus esfuerzos propios.

4.2.3 Equipos de perforación

Para nuestro estudio se han seleccionado equipos de confiabilidad como:

Jumbo Electro- Hidráulico de dos Brazos

- Marca Atlas Copco

- Modelo 282

- Perforadora COP 1238

Presión de trabajo de los equipos:

- Presión de Percusión : 180 Bars.

- Presión de Rotación : 40 Bars.

- Presión Avance : 75 Bars.

- Presión de Agua : 10 Bars.

4.2.4 Ritmo de avances

El estudio ha planificado un ritmo de avance dependiendo de la eficiencia del disparo y de la capacidad del equipo de limpieza, considerando el ciclo de trabajo que está formado por la Perforación, Carga de Explosivos y el disparo propiamente, los que se efectúan en un turno y en siguiente curso se realiza el regado, desatado, limpieza y el transporte del material disparado, cabe aclarar que en Raura, el desmonte de los frentes disparados se utilizan como relleno en un 100% de las cámaras de explotación.

4.2.5 Arranque con barrenos paralelos

El arranque realizado con barrenos paralelos ofrece mejores condiciones y favorables para la mecanización de la perforación, los cuales tienen el objetivo de crear una abertura en el frente donde se pueda apoyar el resto de los taladros de ayuda, este tipo de arranque es usado con diámetros mayores vacíos estos son rodeados con taladros de menor diámetro los que van cargados y se rompen dirigiendo la voladura hacia la cara libre o taladros vacíos del arranque.

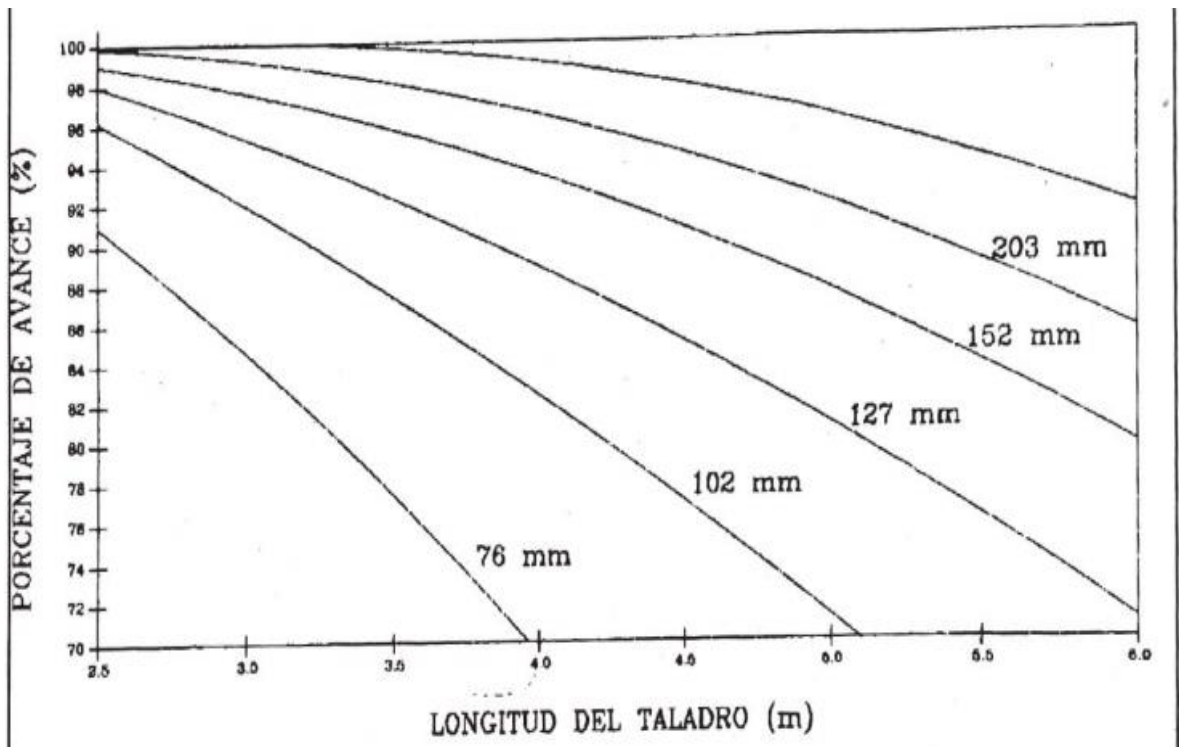
Para el diseño de los taladros de arranque deben ser diseñados de manera que cumpla con el objetivo del estudio estos parámetros son:

- Mayor diámetro de los taladros de alivio
- El burden operativo
- La concentración de carga

Además, se debe tener en cuenta la precisión del paralelismo de los huecos, especialmente en taladros del arranque.

En Raura, se utilizan con brocas escariadoras de 102 mm. De diámetro y longitud de perforación de 13 pies, y ubicando estos datos en el gráfico N° 01, se espera un avance del 88%.

Generalmente los taladros de arranque ocupan un área aproximadamente de 2.00 m x 2.00 m., pero en el caso de nuestro estudio contamos con 1.90 m x 1,90 m. figura N° 02.



**Fig. N° 01- Porcentaje de Avance Vs. Longitud de taladro
fuente Manual de PyV IGME**

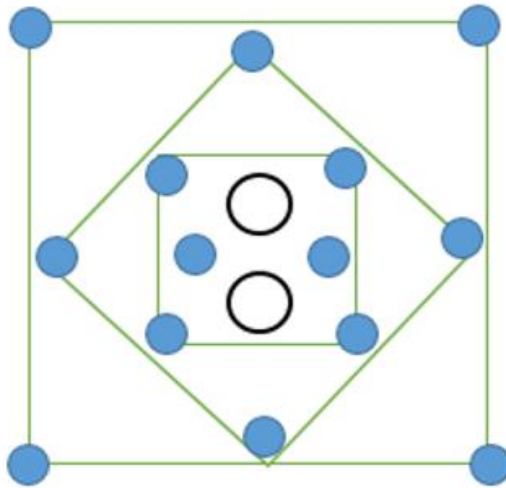


Fig. N° 02: Taladros de arranque trabajo de campo (Fuente Propia)



Fig. N° 03 malla de perforación Dato de campo

4.2.6 Cálculo de carga de taladros de corte

Se debe tener en cuenta, que cuando se tiene varios taladros sin carga en el corte aplicaremos la siguiente relación propuesta por Langeford:

$$a = 1,5D$$

Donde:

$a = c - c_1$: siendo distancia entre el punto central entre los taladros de alivio (vacíos) y el taladro de rotura (cargado) del corte. (Ver figura N^a 03)

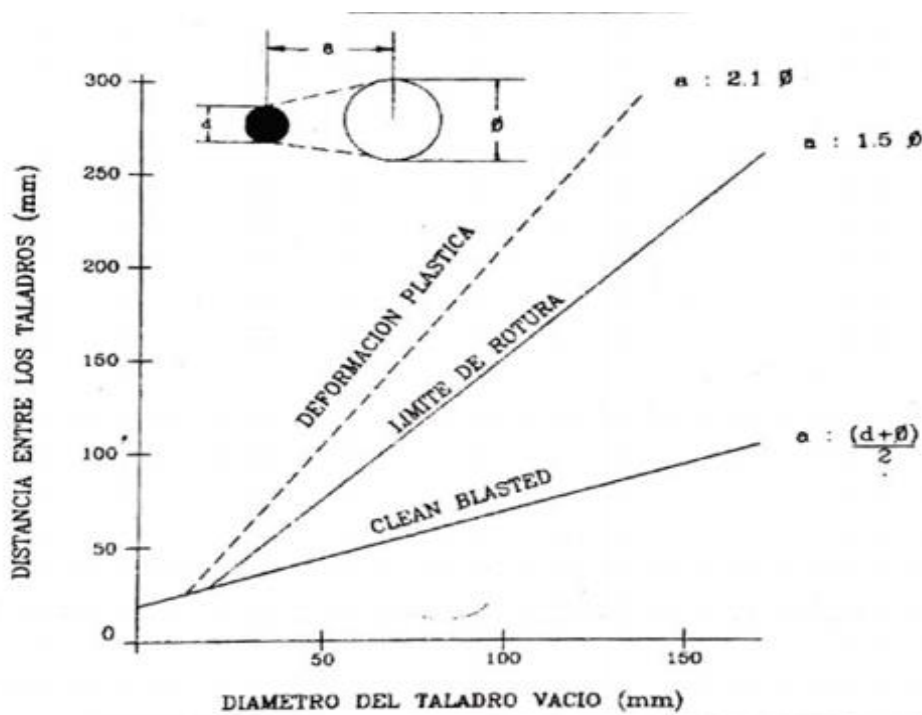


Fig. N° 03. Relación entre diámetro de taladros de alivio y de producción

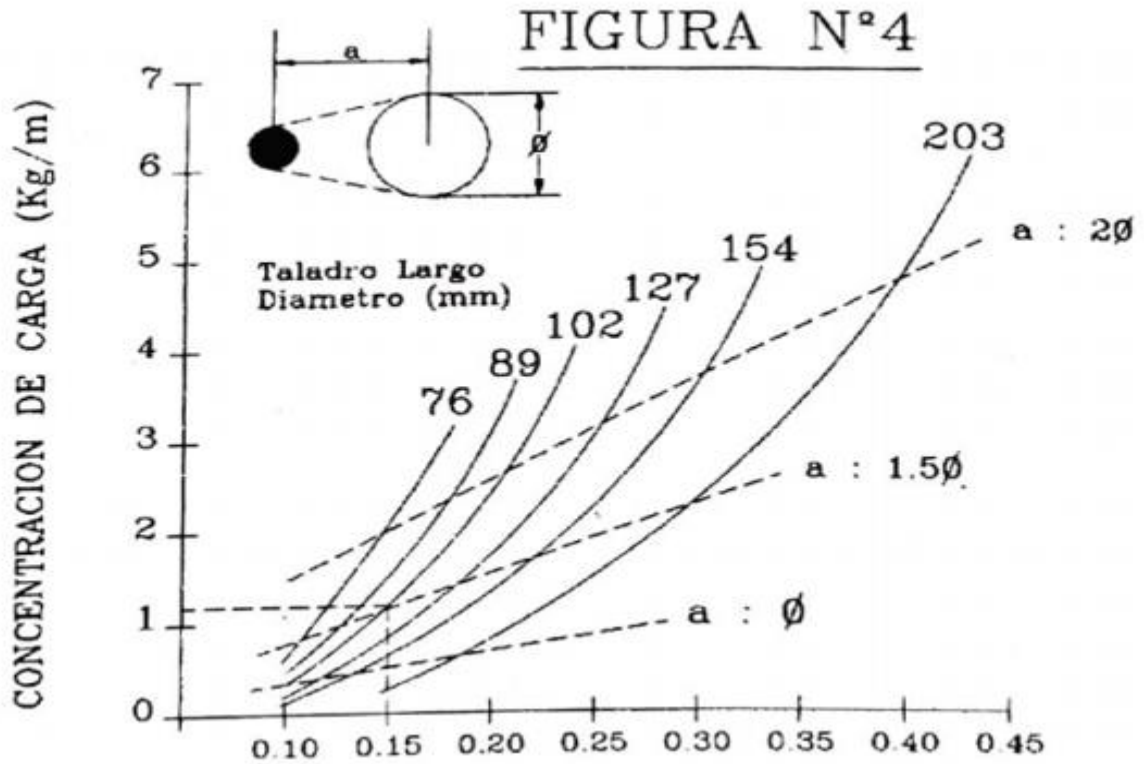


Fig. N° 04: Distancia máxima (m) para taladros de rotura de 51mm.

Carga de los taladros de rotura; el carguío de los taladros de rotura debe efectuarse cuidadosamente, teniendo en cuenta que las concentraciones de carga muy baja pueden no romper la roca, mientras que concentraciones muy altas de carga expulsará la roca contra la pared opuesta del taladro vacío con una alta velocidad que la roca rota será recompactada y no expulsada para afuera del frente.

Para obtener una buena concentración de carga es necesario considerar la las distancia $c - c_1$, entre los taladros Cargados y de alivio del corte de manera que se pueda obtener distancia de rotura deseada el cual determinamos del cuadro N° 04.

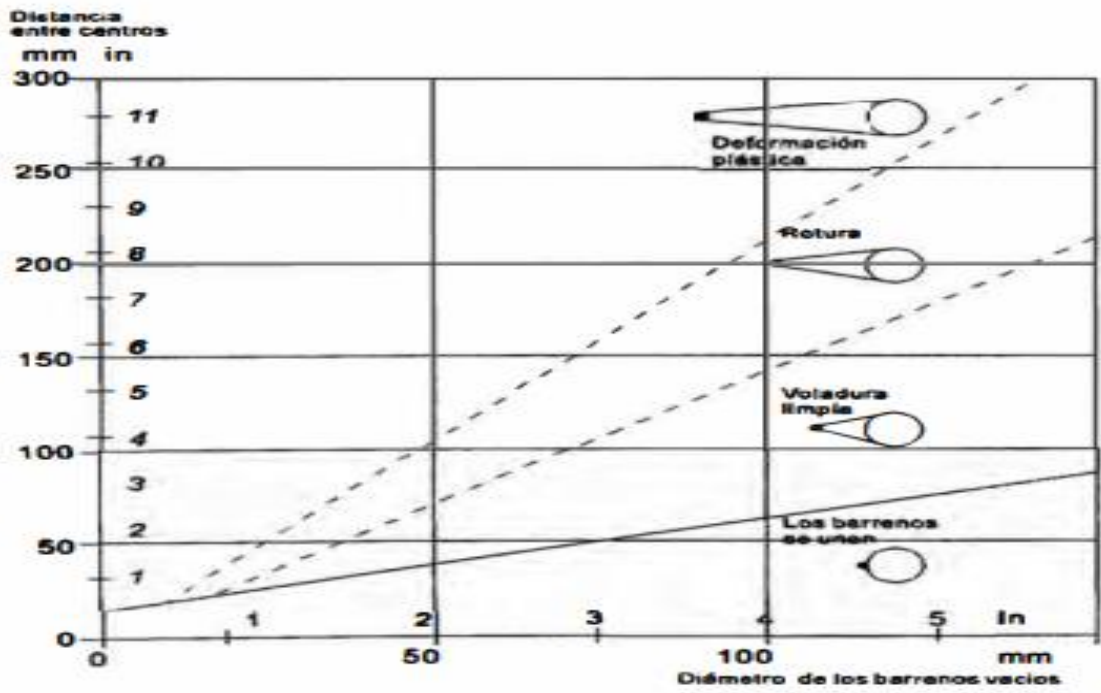
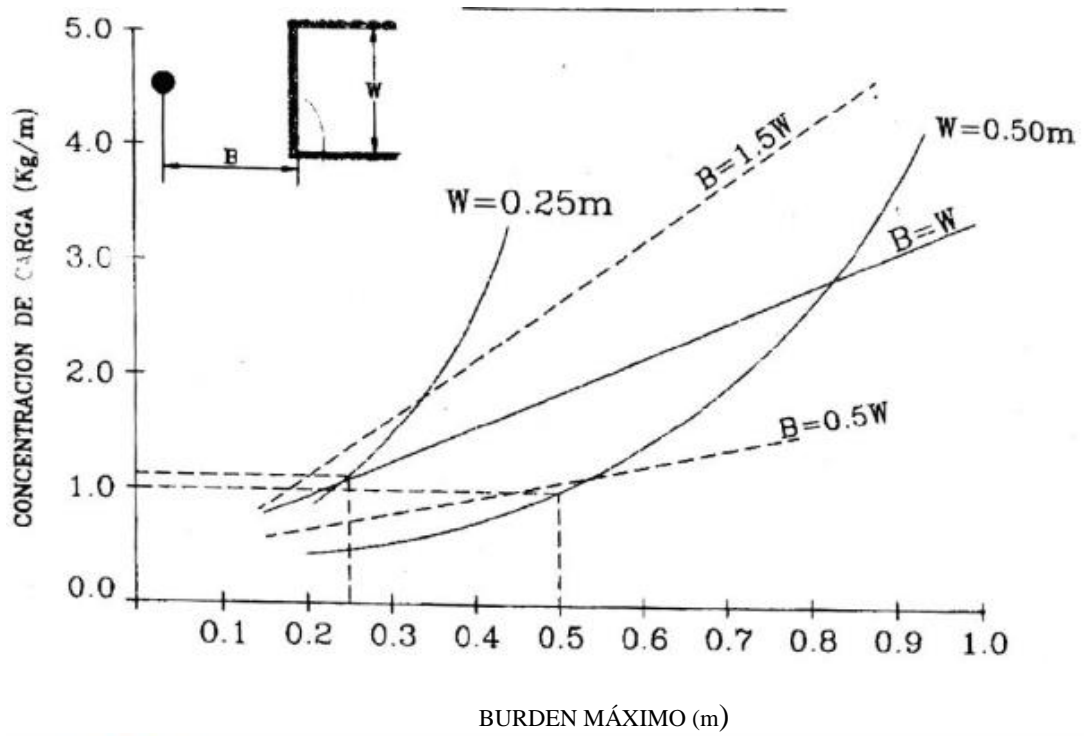
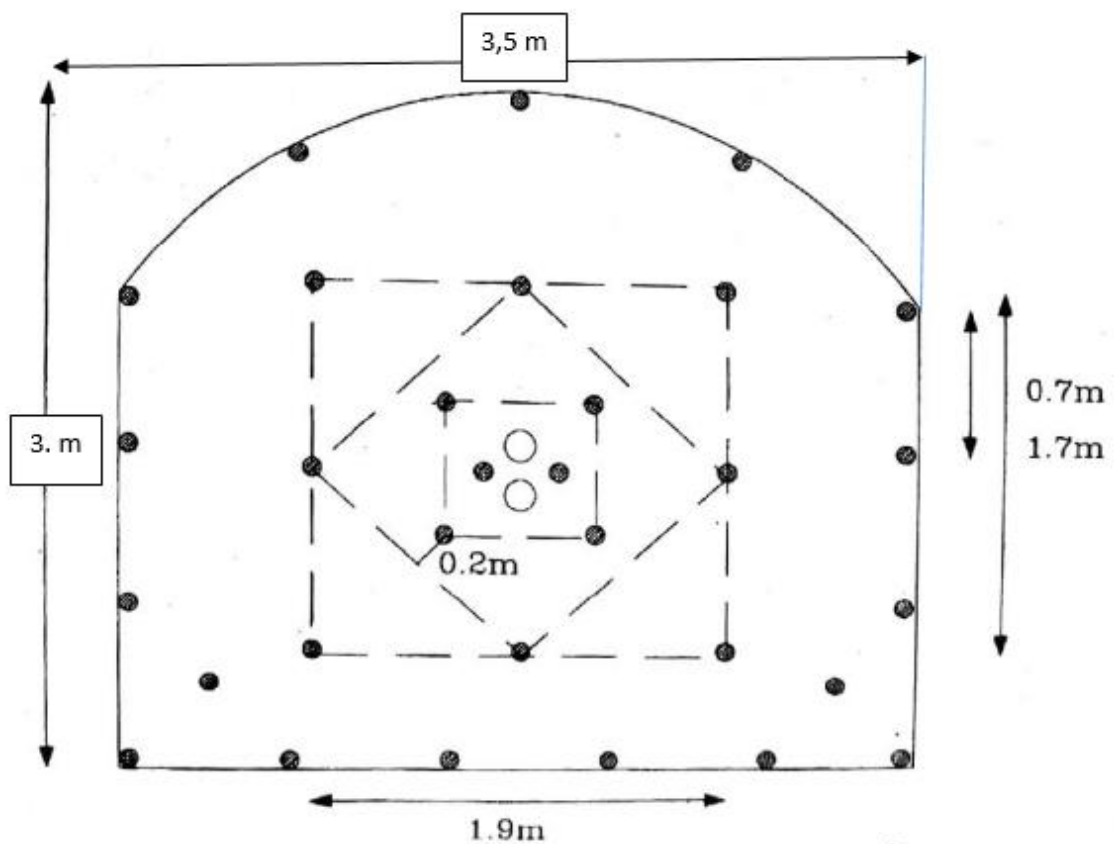


Fig. N° 05 Burden máximo para taladros de rotura de 51 mm.

4.2.7 Voladura controlada de contorno (VCC)

Para calcular la concentración de carga en el diseño de la malla de rotura de la voladura de contorno será necesario tener en cuenta el burden (B) y espaciamiento (W), para una abertura de salida rectangular donde $B = W$, de gráfico N° 05, determinamos la concentración de carga explosiva necesaria para nuestro estudio.



Distribución de taladros sección: 3 m. x 3,5 m. con 2 taladros de alivio en Roca: Caliza de Dureza media – Fuente Propia

Los taladros de contorno para la voladura controlada; Para estos taladros se debe tener en cuenta que la energía no aprovechada de la fragmentación y desplazamiento de la roca, en algunos casos superior al propuesto de 80% desarrollada para la voladura en estudio reduce la resistencia estructural del

macizo rocoso fuera del ámbito de actuación del corte. Se crean nuevas fracturas y planos de debilidad y las juntas con diaclasas y planos de estratificación críticas, que al ser abiertas producen una notable reducción en la cohesión del macizo dejando a la zona fracturada (bombeado) en un estado de colapso potencial con riesgo de planchoneo y desprendimiento de rocas que Elevará los costos operativos y de deficiencia en las operaciones.

4.2.8 Consecuencias

En la Mina Raura, actualmente una voladura no controlada sin diseño de corte y ayudas trae como consecuencia casos siguientes:

- Mayor dilución del mineral en las zonas de contacto.
- Necesidad de reforzar paredes y techo de la labor mediante costosos sistemas de sostenimiento.
- Mayor tiempo de desatado, con riesgos de accidentes para el personal de operación.
- La presencia de paredes y techos irregulares con sobrerotura que será necesario de un desatado amplio, riesgoso y costoso.
- Se forman paredes irregulares que ocasionan, disturbios y provocan turbulencia del aire de ventilación que por exceso de rozamiento perderá la eficiencia en esta operación.

Por lo tanto, el esfuerzo destinado a la aplicación de la voladura controlada de contorno estará ampliamente justificadas en su aplicación por motivos técnicos, económicos y de seguridad en la Empresa Raura S.A.

4.2.9 Mecanismos responsables de la inestabilidad

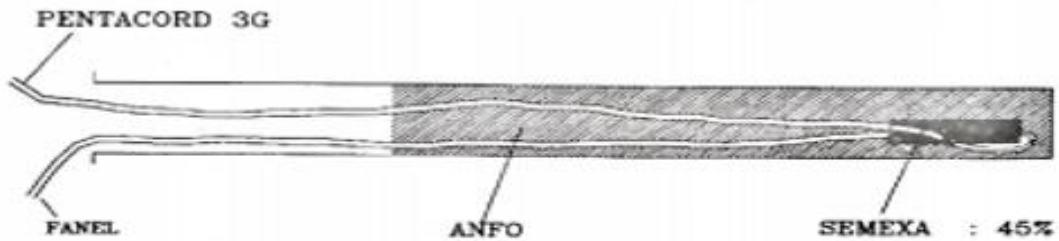
Los mecanismos responsables de la Inestabilidad y sobre fracturación de la labor están estrechamente ligados a los efectos de rotura de la roca que se desarrolla durante la voladura de rocas.

Para controlar la sobrerotura se plantea tener en cuenta estrictamente los siguientes aspectos:

- No sobrepasar la resistencia a la compresión dinámica de la roca que rodea a la carga de explosivos.
- Mantener el nivel de vibraciones en la roca residual que no genere roturas por un exceso de volumen de gases.

En Raura, para voladura controlada de contornos o de recorte, se emplean dos formas usuales que son:

- **En zonas sin agua**, se emplea la técnica de voladura de Tracing, que consiste en cargar los taladros de corona de la siguiente manera:
 - Cebo; dinamita Semexa 45%, Fanel de periodo largo, Cordón detonante 3G, un extremo amarrado al cebo y el otro extremo libre fuera del taladro, finalmente se completa la carga con Anfo. Al explosionar el cebo, inicia el Anfo y el pentacord, y luego por diferencia de velocidad de combustión el pentacord quemará parte del Anfo a lo largo del taladro, quedando éste con menor densidad de carga y al explosionar prácticamente corta la roca sin golpear la roca restante del techo (Graf. 1).



Graf. N° 1 Explosivo 45% - Fuente Propia



Graf. N° 2: explosivo 65 - Fuente propia

- **En zonas con agua;** El sistema empleado consiste en perforar los taladros de corona con espaciamiento de 30 cm., cargándose de forma alternada o sea cada dos taladros cargados queda uno vacío al centro, estos se cargan con dinamita Exadit de 65% x 7/8" x 7" en una longitud igual a las dos terceras partes del taladro, colocando un taco de arcilla junto al último cartucho cargado, todos los taladros de corona tienen el mismo retardo (ver gráfico 2)

4.3 Prueba de hipótesis

- **La Hipótesis Nula**, denotada como H_0 siempre especifica un solo valor del parámetro de la población si la hipótesis es simple o un conjunto de valores si es compuesta (es lo que queremos desacreditar):

Tamaño de los errores al tomar una decisión incorrecta en una Prueba de Hipótesis

- **La Hipótesis Alternativa**, denotada como H1 es la que responde nuestra pregunta, la que se establece en base a la evidencia que tenemos. Puede tener cuatro formas. Para nuestro estudio se establece:

	Ho Verdadera	Ho Falsa
Rechazamos Ho	Error Tipo I Error Tipo I P(error Tipo I) = P(error Tipo I) = α	Decisión Correcta
No rechazamos Ho	Decisión Correcta	Error Tipo II Error Tipo II P(error Tipo II) = P(error Tipo II) = β

4.3.1 Análisis Actual de la Perforación y Voladura en Raura S.A.

La perforación se realiza desde las galerías de preparación desde los subniveles en forma de abanicos con taladros ascendentes, cuyas longitudes se adaptan al contorno de la mineralización. Con el fin de disminuir las labores de preparación, que son costosas, se intenta que los taladros tengan una mayor longitud.

Las perforadoras que se utilizan son de diseño especial, con varillaje extensible y brocas de 51 mm a 127 mm. La separación entre filas de perforación oscila generalmente entre 1.2 y 1.5 m.

El emboquillado, la orientación y la desviación de los barrenos son algunos de los condicionantes operativos para obtener buenos resultados en las voladuras. De ahí, la necesidad de emplear sistemas de orientación y accesorios especiales y no perforar taladros con longitudes superiores a los 25m.

La voladura se lleva a cabo con una cara libre, siendo necesario realizar desescombros parciales de los disparos precedentes.

La perforación en tajos (filas y pre-cortes), chimeneas y slots se realizan con 02 jumbos TAMROCK, uno neumático Long hole modelo SOLO y el otro Jumbo hidráulico. Utilizando barras acoplables de 1 ¼" de diámetro por 5' de longitud y brocas de 2" de diámetro. El equipo TAMROCK también es utilizado en labores de exploración. La densidad de perforación en las filas de los tajos es de 6-7 tn/m perforado, en slot y chimeneas de 3-4 ton/m perforado.

Adicionalmente se tiene un equipo track drill IR-350 para la perforación de taladros con diferentes propósitos: exploración, sostenimiento con cables, conducto de relleno hidráulico y drenaje; estos taladros son generalmente de 2" y 5" de diámetro.

Para las labores de preparación y desarrollo se utilizan equipos Jack leg BBC16W con trazos convencionales con una particularidad que se está empleando barrenos integrales y brocas(descartables) de 38 mm de diámetro.

4.3.2 Propuesta de mejoramiento

- **Métodos de Explotación**

Raura viene incrementando su producción de zinc equivalente debido principalmente a mejores leyes y al mayor tonelaje de mineral procesado. Igual de auspicioso resulta el programa de exploraciones.

Esto es muy alentador en cuanto al potencial minero de Raura. A esto debemos sumar el resultado de nuestro esfuerzo continuo de mantener la eficiencia operacional y el manejo de los recursos, incluyendo el cambio progresivo de método de mina a la explotación por medio de taladros largos ante la presencia de vetas con potencias anchas. Para la optimización de sus labores, Raura ha realizado importantes inversiones destinadas al recrecimiento de la relavera Nieveuro, la construcción de nuevos campamentos, el mejoramiento de infraestructura y equipos de ventilación mina y superficie y la construcción de la línea de carga y descarga Shucshapaj. Asimismo, se han mecanizado los procesos operativos en interior mina.

La explotación se realiza básicamente mediante labores subterráneas, utilizando el método de explotación de cámaras y pilares, con relleno hidráulico en áreas donde se presentan cuerpos regulares, y en otras áreas, el método de Core y Relleno ascendente mecanizado. En vetas se utiliza el método de minado Shirinkage mecanizado y el método de corte y relleno ascendente con winche eléctrico, además el método de taladros largos.

Para la Extracción del material roto se utiliza el sistema trackless mediante volquetes Volvo y locomotora a trolley, asimismo la mina

cuenta con un programa de explotación subterránea planeada de 48,000 toneladas mensuales.

4.4 Discusión de resultados

- **Análisis Actual de la Perforación.**

Aplicación del Método de voladura controlada en base al arranque se modifica según los diámetros de los alivios en relación a los taladros cargados de manera que se logre el mejoramiento de la malla de Voladura en la Empresa Minera Raura S.A.

Revisión de Algunos tipos de cortes para Determinar los Parámetros de Diseño de un Disparo Primario

Los diseños de perforación y voladura de rocas para frentes (Galerías, Cruceros, Baypass, Subniveles, Chimeneas, Cortadas y Estocadas), están basados en la teoría sueca de cueles y cálculo de voladuras actualizadas por Holmberg (1982), y simplificadas por Oloffsson (1990), con adaptaciones al tipo de roca de RAURA S.A.

Propuesta de mejoramiento del arranque o corte con barrenos paralelos, la cantidad de concentración de carga de la corona para una voladura controlada.

El estudio debe arrojar parámetros de control que se han discutido y analizados en:

- Resultado central

El diseño del corte debe ser planificado todos los días antes de empezar con la perforación luego se debe supervisar al inicio – durante – final del ciclo,

de perforación y el carguío con explosivos. Asimismo, se debe supervisar los resultados después de la voladura en cuanto se refiere al techo y los hastiales de la labor y elaborar el reporte de resultados diariamente.

- Limitaciones y fortalezas del estudio, Discusión – comparar, contrastar- de resultados en comparación a la actividad vigente.

Las limitaciones principalmente, radica en la preparación detallada del diseño de malla, revisión de los taladros del corte y las ayudas respectivamente, el carguío de explosivos el atacado e inicio del disparo, anotando los detalles de la perforación, carguío y disparo respectivamente para corregir cualquier error involuntario. Preponderantemente se exigirá la capacitación al personal.

- Implicancias (práctica), revisión de los resultados en campo, y reportes para evaluar resultados y tomar decisiones.
- Conclusiones basadas en resultados: Si los resultados arrojan parámetro favorable se pueden estandarizar relativamente para alternar datos en otros frentes con geomecánica variable.

CONCLUSIONES

Es importante el control de la voladura en los límites finales del tajo, porque esto ·garantizará una pared final -estable, -seguridad para minar los niveles inferiores y garantizar las reservas del mineral que puedan perderse por deslizamientos producidos por la falta de control del nivel de vibración de las voladuras.

Es importante que se entienda que para obtener un buen avance por disparo depende de:

- Diseño correcto de la malla de perforación arranque con taladros de alivio de mayor diámetro en nuestro caso de 102 mm., (4")
- Perforación paralela y de igual longitud.
- Limpieza y soplado de taladros antes de iniciar el carguío de los taladros
- Uso correcto de los explosivos en zonas con humedad **No usar Anfo.**
- Uso de tacos de arcilla al final de la columna de carga explosiva.
- Correcta distribución de retardos
- Durante la manipulación de los accesorios de voladura se debe evitar pisar, doblar o quebrar las mangueras del fulminante iniciador ya que esto ocasionara tiros cortados.
- En el amarre final de los accesorios de voladura al pentacord, en lo posible hacerlo formando un ángulo recto.

Capacitar al personal juega un papel importante para mantener la eficiencia en el mantenimiento, avance y optimización de la voladura de contorno y lograr lo propuesto en el estudio.

RECOMENDACIONES

- Se debe plantear el método idóneo, que nos servirá en el cálculo de los distintos parámetros -de voladura de producción es importante -considerar y saber interpretar los parámetros de las rocas como también el comportamiento estructural de las mismas.
- En voladura controlada de contorno, es muy importante la baja potencia y densidad de carga del explosivo, ya que la acción de los gases a alta presión y temperatura abren las fracturas preexistentes y las creadas por las ondas de compresión, afectando significativamente el control de techos y los hastiales de la labor.
- Los costos de voladura se verán controlados y reducidos toda vez que se anularán trabajos de sostenimiento, desate y limpieza asimismo se crea un ambiente de trabajo seguro en el frente de operación.
- El control de la horizontalidad de los taladros de alivio ayuda a que la cara libre facilite la buena fragmentación del material y la salida del disparo hacia el frente consiguiéndose un avance óptimo que mejora la productividad en la Unidad minera de Raura. S.A.

BIBLIOGRAFIA

1. Horst Hoscholleck: “Técnicas de voladura” _
2. U. Langefors and B. Kihlstrom: “Modelización Matemática de la voladura de rocas”
3. Rune Gustafsson: “Técnica Sueca de voladura” SPI, Nora, Suecia 1977
4. Calvin J. Konya Ph. D.: “Theory and practice of blasting”
5. Dr. Kumao Hino: “Theory and practice of blasting” Asa. Yamaguchi – Ken, Japan 1953
6. C.K. McKenzie: “Surface Blast Design Technology”
7. Walterio Chavez Gavilan: "Explosivos y tronaduras" Santiago de Chile 1980.
8. Instituto Geológico Minero de España: “Manual de Perforación y Voladura de Rocas”
9. Anders Persson, Roger Holmberg: “Rock Blasting and Explosives Engineering”
10. Exsa. “Manual de Voladura de Rocas”

ANEXOS

ANEXO I		
PARAMETROS DE UN FRENTE DE AVANCE MINERA		
RAURA S.A.		
DATOS DE LABOR	UND	MEDIDA
Sección	m	3,5 x 3.0
Tipo de Roca	Diorita	III
Numero de Taladros		35
Labor:		Catuya Norte
PERFORACIÓN	Unidad	Cantidad
Longitud de Perforación	Metros	4
Número de Taladros de Rotura	Taladros	33
Número de Taladros de Alivio	Taladros	2
Diámetro de taladros de alivio	mm.	51
Diámetro de taladros de rutura	mm.	102
Tiempo Efectivo de Perforación	Horas	2
Tiempo de Instalación + Desinstalación	Horas	0,5
Tiempo Total de Operación		2,5
VOLADURA		
Consumo de Explosivos		
Dinamita		
Semexa 45% (1 1/8")	Kilogramos	19,56

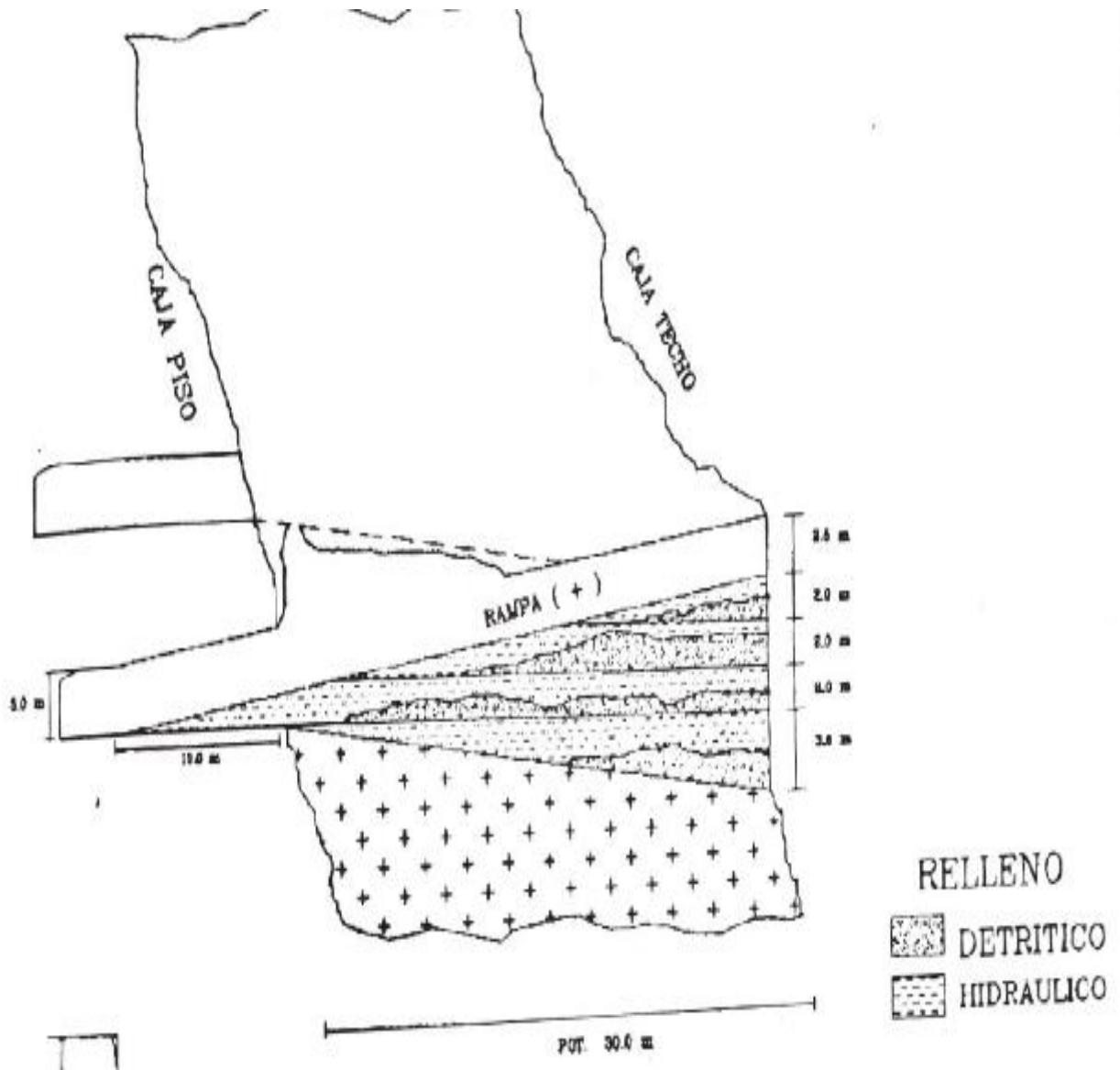
Anfo	Kilogramos	120
Total	Kgr./talad.	139,56
Carga por Taladro		
Accesorios de Voladura		
Fanel Blanco	Unidad	33
Guía (2 fulm. 8mm)	Unidad	2
Conectores	Unidad	2
Fulminante N° 6	Unidad	2
Pentacord 3G	Metros	50
Mecha Rápida	Metros	1
EFICIENCIAS		
Perforación		
Rendimiento	Mt./hora	70
Voladura		
Avance	metros	3,4
Factor de Carga	Kgr./m3	3,89
Tareas		
Perforación(0,25) x2	Hrs./Tarea	0,5
Carguío (0,25)x2	Hrs./Tarea	0,5

ANEXO II**CALCULO DE LOS COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA DE UN
FRENTE DE AVANCE CIA MINERA RAURA S.A.**

COSTO DE PERFORACIÓN	Unidad	Cost./Unit.	Cost. Total
ACEROS			
Brocas de Botones de 41 mm.	\$/mt.	3,52	
Barra R – 38	\$/mt.	3,46	
Shank Adapter para COP 1238	\$/mt.	1,61	
COSTO DE ACEROS			8,59
EQUIPOS			
Jumbo Electrohidráulico 282	\$/mt.	11,48	11,48
ENERGIA			
Eléctrica	\$/mt.	3,33	3,33
PERSONAL			
Maestro Perforista	\$/mt.	1,34	
Ayudante Perforista	\$/mt.	1,09	2,43
COSTO DE PERFORACIÓN	\$/mt.		25,83
COSTO DE VOLADURA			

ACCESORIOS			
Dinamita Semexa 45% (1 1/8")	\$/mt.	6,73	
Anfo	\$/mt.	14,47	
Mecha Rápida	\$/mt.	0,11	
Cordón Detonante 3G	\$/mt.	1,31	
Fulminante N° 8	\$/mt.	0,08	
Fanel Blanco	\$/mt.	13,767	36,47
PERSONAL			
Maestro	\$/mt.	1,34	
Ayudante	\$/mt.	1,08	2,42
COSTO DE VOLADURA	\$/mt.		38,89
COSTO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA.	\$/mt.		64,72

ANEXO III- Diagrama del método de explotación Mina Raura S.A.



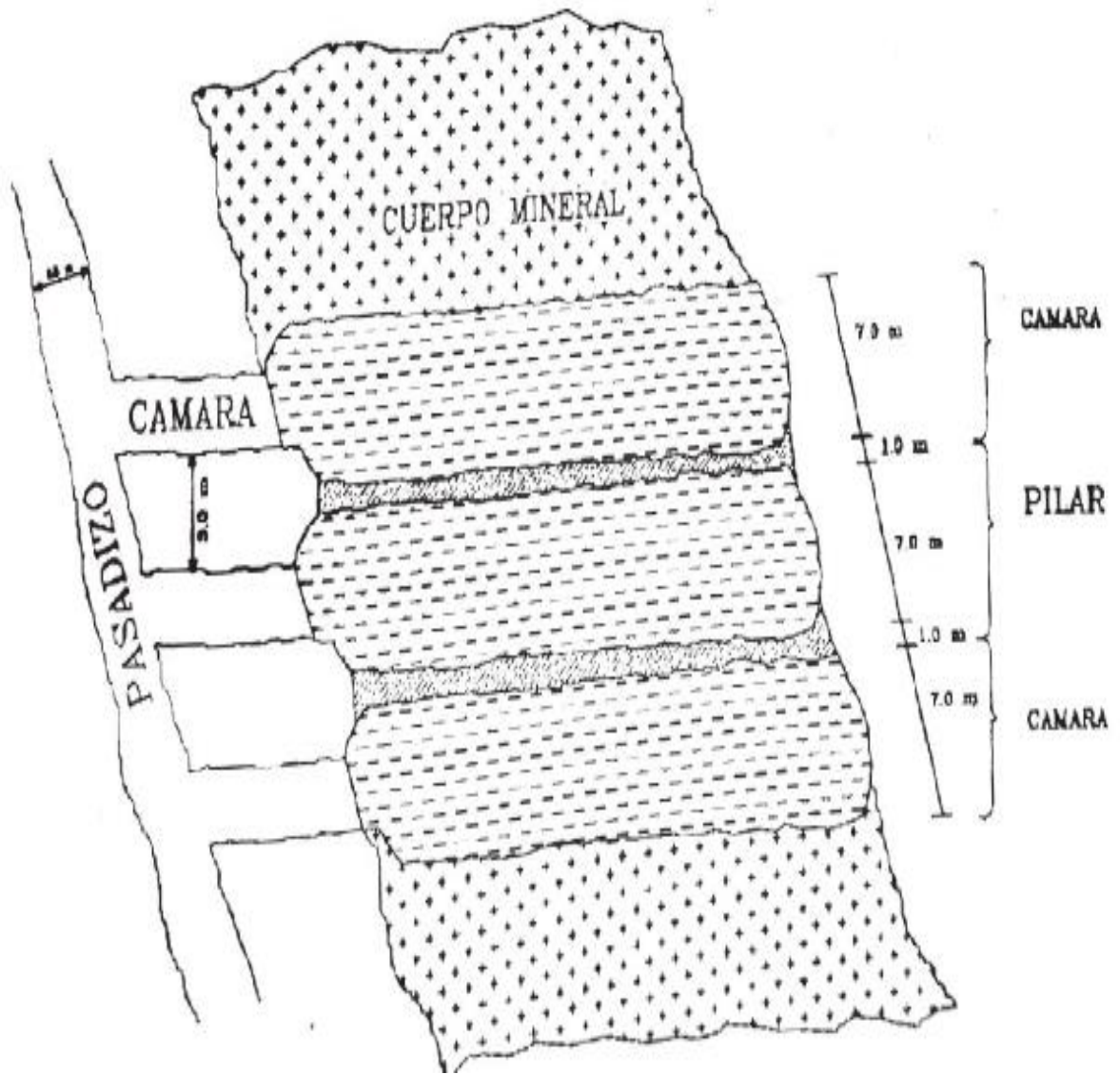


Gráfico de un frente de producción en Raura S.A.A