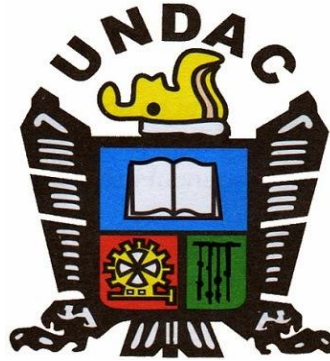


**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**TESIS**

**Diseño de minado en vetas angostas para el control de calidad y costos**

**en la Cia. minera Casapalca.**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor: Bach: Christian Wilfredo RIVAS ZAPATA**

**Asesor: Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS**

**Cerro de Pasco – Perú – 2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**TESIS**

**Diseño de minado en vetas angostas para el control de calidad y costos  
en la Cia. minera Casapalca.**

**Sustentada y aprobada ante los miembros de jurados:**

---

Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO  
PRESIDENTE

---

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCO  
MIEMBRO

---

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA  
MIEMBRO

## **DEDICATORIA**

Al culminar esta etapa de mi vida universitaria, me permito expresar en estas líneas, que podrán borrarse de estas hojas pero que jamás ha de borrarse de mi mente y mi corazón.

El camino ha sido muy angosto, pero no imposible para lograr mi objetivo.

Gracias a mis padres por haberme forjado como persona, a base de reglas y con algunas libertades, mis logros se los debo a ellos como es este uno de los tantos.

A ti papá, a ti mamá que creyeron en mi fortaleciéndome día a día con ejemplos dignos de superación, entrega y sobre todo con su valioso apoyo incondicional.

Sé que me queda mucho por aprender, pero también sé que dios me ha bendecido con unos padres maravillosos, gracias.

## **RECONOCIMIENTO**

A Dios, por iluminarme y darme la fortaleza para culminar mis estudios

A mi madre y padre, ejemplo de perseverancia, superación y entrega; por ser la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor.

A mis jurados dictaminadores de tesis por sus valiosos aportes en la conducción y conclusión del presente trabajo de investigación

A todos ustedes mi mayor reconocimiento y gratitud.

## RESUMEN

En el Presente trabajo de investigación que se ha titulado **“DISEÑO DE MINADO EN VETAS ANGOSTAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD Y COSTOS EN LA CIA.MINERA CASAPALCA”** tiene como objetivo principal, optimizar los costos en de perforación en el minado de vetas angostas planteando el diseño de la perforación y la voladura controlando los estándares operativos de esta operación unitaria por lo mismo planteando una buena supervisión y control de los costos incurridos en esta fase del minado en la mina de Casapalca S.A.

Para realizar el presente trabajo de investigación se ha considerado las bases teóricas y prácticas, siguiendo una metodología de la investigación. En su etapa inicial se ha analizado los costos de perforación en el minado de corte y relleno hidráulico, shirinkage stoping, y el shirinkage estático en vetas angostas para los cuales se han planificado la malla de perforación que se ajustan a los requerimientos del frente en cada método de minado especialmente en el tipo de roca que más predomina en la mina (roca dura) dosificando los estándares de los parámetros como son densidad de carga, diámetro del explosivo, la altura de carga, el tipo de explosivos, el factor de potencia básicamente. Asimismo, se han tomado en cuenta las consideraciones técnicas de los equipos de perforación que echo tienen que ver y las que mejor se adaptan en la unidad minera, en las que tiene en cuenta la capacidad de perforación que para nuestro proyecto ser de mucha utilidad. Para el diseño de la malla de perforación en las que se deben tener en cuenta principalmente los estándares como son: el burden, el espaciamiento, la profundidad del taladro, el cuello del taladro todos ellos estándares que deben ser controlados en el momento de su construcción antes durante y al final de la operación

hasta el diseño del sostenimiento que consiste en el relleno hidráulico que se constituyen en un ciclo completo de operación en nuestra unidad minera de Casapalca S.A.

Asimismo, también y finalmente se describe y se comenta los resultados de la evaluación de los bancos obtenidos por el disparo, se comenta sobre los costos operativos del proyecto.

**Palabras clave:** Costos de perforación en el minado

## ABSTRACT

The main objective of this research work entitled "**DESIGN OF MINES IN NARROW COASTS FOR QUALITY CONTROL AND COSTS IN THE CIA.MINERA CASAPALCA**" is the optimal cost of drilling in the extraction of narrow veins, proposing the design of drilling control and blasting The operations of this operating unit, therefore, proposes good supervision and control of the costs incurred in this mining phase at the Casapalca SA mine.

To carry out this research work, the theoretical and practical bases have been considered, following a research methodology. In its initial stage, drilling costs have been analyzed in hydraulic cut-and-fill mining, contraction formwork, and static contraction in narrow veins for which the drilling mesh has been planned to meet surface requirements in each method of extraction, especially in the type of rock that predominates in the mine (hard rock) dosing the standards of the parameters such as the charge density, the diameter of the explosive, the height of the charge, the type of explosives, the power factor basically . Likewise, the technical considerations of the drilling equipment that many have to do and those that best adapt in the mining unit have been taken into account, which takes into account the drilling capacity that will be very useful for our project. For the design of the drill mesh in which the standards such as: the load, the space, the depth of the drill, the neck of the drill, all the standards that must be controlled at the time of construction must be taken into account. before during and at the end of the operation until the design of the support that consists of the hydraulic filling that constitutes a complete cycle of operation in our mining unit of Casapalca SA.

Likewise, also and finally, the results of the evaluation of the banks obtained by the injection are described and discussed, as well as the operating costs of the project.

**Keyword:** Drilling costs in mining.

## INTRODUCCIÓN

Las operaciones de explotación de la Cia. Minera Casapalca S.A., están centradas en las Vetas angostas del distrito minero Casapalca con una reserva de 490,000 T.C., y un potencial atractivo que tranquilamente triplican sus reservas probadas con un valor económico alrededor de 46.00\$/TC.

Una buena parte de los yacimientos en el Perú son filonianos – polimetálicas (Ag. Pb. Cu. Zn.) Que para hacer competitivo y económico se tiene que realizar un análisis geológico, Minero Metalúrgico y económico bajando los costos operativos.

La mentalidad económica, Administrativa y productiva de la Empresa ha reunido un equipo técnico que ha podido garantizar un margen económico tal que, garantiza las operaciones, conjugando ancho de Veta versus Control de calidad, perforación Versus Voladura, y Producción versus Productividad, etc.

Nuestro propósito de este estudio es presentar en términos claros y concisos, los estándares de calidad que incide en la selección de una malla óptima de la perforación y la voladura, así como también de sus costos de operación de mina.

La necesidad de mantener la producción controlando la calidad del producto la Cía. Minera Casapalca de tal forma de continuar la explotación racional de sus reservas minerales, ha decidido la extracción de sus cuerpos minerales utilizando métodos subterráneos, en forma convencional y mecanizada; la elección de estas formas de extracción se debe principalmente a la disposición del mineral, geometría, geomecánica, contenidos metálicos de estos yacimientos. Para la extracción de las reservas minerales de la veta Oroya, niveles 3700 y 3550, se utilizarán las labores de desarrollo realizadas en la explotación de los otros cuerpos, conocidos como Carmen, Mery, Esperanza y Natividad.



Asimismo, para evitar un alto costo de inversión en la etapa de desarrollo, preparación y explotación es que la Gerencia de Mina ha decidido la contratación de una Empresa Especializada para la construcción de las labores, tales como labores menores tales como: cortadas, cruceros, galerías, chimeneas, subniveles, las cuales estarán sujetas a un contrato por precios unitarios y la variabilidad en los mercados internacionales y nacionales.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>I</b>
<b>RECONOCIMIENTO .....</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>V</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>VIII</b>

### CAPITULO I

<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Identificación y Determinación del Problema.....	1
1.2. Delimitación de la Investigación .....	2
1.3. Formulación del problema.....	3
1.3.1. Problema Principal. ....	3
1.3.2. Problemas Específicos.....	3
1.4. Formulación de Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo General. ....	4
1.4.2. Objetivos Específicos. ....	4
1.5. Justificación de la investigación.....	4
1.6. Limitaciones de la investigación .....	6

### CAPÍTULO II

<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>8</b>
2.1. Antecedentes de estudio .....	8
2.2. Bases teóricas – científicas.....	14
2.3. Definición de términos básicos.....	17
2.4. Formulación de Hipótesis.....	23
2.4.1. Hipótesis General .....	23
2.4.2 Hipótesis específico.....	24
2.5. Identificación de variables.....	24
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	25

### CAPITULO III

<b>METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>27</b>
3.1. Tipo de investigación .....	27
3.2. Método de investigación .....	28
3.3. Diseño de la investigación.....	28
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 .....	30
3.7. Tratamiento estadístico.....	31
3.8. Selección y validación de los instrumentos de investigación.....	31
3.9. Orientación ética.....	32

### CAPITULO IV

<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>33</b>
------------------------------------	-----------

4.1. Descripción del trabajo de campo .....	33
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	68
4.3. Prueba de Hipótesis. ....	80
4.4. Discusión de resultados .....	81

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **BIBLIOGRAFIA**

## **ANEXOS**

### **LISTA DE TABLAS**

Tabla N° 1 Explotacion de minas.....	25
Tabla N° 2 Acceso a la Unidad Minera De Casapalca.....	46
Tabla N° 3 Comunidades circundantes .....	52
Tabla N° 4 Cantidad de AC requerido en la Minera Casapalca.....	53
Tabla N° 5 Reservas Minerales al 2018 .....	55
Tabla N° 6 Toneladas métricas rotas.....	68
Tabla N° 7 Resumen de parámetros de voladura .....	69
Tabla N° 8 Costos Operativos de preparación y desarrollos .....	77
Tabla N° 9 Costos Unitarios de producción.....	77
Tabla N° 10 Costos Servicios y mensual .....	77
Tabla N° 11 Cuadro comparativo de estimación de reserva .....	78
Tabla N° 12 Cuadro comparativo de cotización de metales.....	79
Tabla N° 13 Cuadro de producción toneladas métricas secas.....	80
Tabla N° 14 Cuadro estadístico de costos/toneladas .....	81
Tabla N° 15 Cuadro comparativo de pies perforados .....	81
Tabla N° 16 Cuadro comparativo pies perforados /toneladas .....	82
Tabla N° 17 Cuadro comparativo de tareas.....	83
Tabla N° 18 Cuadro comparativo de avance hombre guardia.....	83
Tabla N° 19 Cuadro comparativo consumo de explosivos .....	84
Tabla N° 20 Cuadro comparativo de factor de potencia. ....	85
Tabla N° 21 Cuadro comparativo de ancho de minado.....	85
Tabla N° 22 Cuadro comparativo de consumo de barrenos.....	86

Tabla N° 23 Costos Operativos de preparación y desarrollos .....	89
Tabla N° 24 Costos Unitarios de producción .....	89
Tabla N° 25 Costos Servicios y mensual .....	89

## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1 Perforación sobre derribo del material método Shirinkage .....	20
Figura N° 2 Tipología Geológica de vetas Angostas. ....	26
Figura N° 3 Proceso técnico de la voladura .....	28
Figura N° 4 Fuente oficina de planeamiento Mina Casapalca .....	43
Figura N° 5 Ubicación de la Cia. Minera Casapalca.....	43
Figura N° 6 Ubicación de la Minera Casapalca .....	44
Figura N° 7 Acceso a la Mina Casapalca .....	46
Figura N° 8 Cronología de la Minera Casapalca.....	48
Figura N° 9 Mapa Geológico de la Minera Casapalca .....	55
Figura N° 10 Sección transversal Veta Esperanza .....	56
Figura N° 11 Formación estructural Casapalca.....	57
Figura N° 12 Plano de Columna Estratigráfica Minera Casapalca .....	59
Figura N° 13 Shirinkage Stopping .....	61
Figura N° 14 Fase de operación Standar.....	73
Figura N° 15 Vetas Angostas .....	74
Figura N° 16 Zona de rechazo.....	87
Figura N° 17 Cuadro de t-student con grados de libertad .....	88

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y Determinación del Problema**

El presente trabajo de tesis se enfoca desde el punto de vista técnico económico, acerca de los procesos de control de la calidad que inciden efectivamente en la rentabilidad, ingresos, costos e inversiones involucrados en un negocio minero, y se toma como caso práctico la mina de Casapalca en la minera Casapalca en las vetas angostas en la zona del yacimiento tipo Hidrotermal – Filoneano emplazada mayormente en roca Volcánica-Andesítica Fanerítica de la formación Carlos Francisco, con estructura mineralógica donde sus mayores leyes y potencias de veta que tienen aproximadamente 1,500 metros de longitud con potencias de veta promedio de 0,50 metros. Asimismo, se tiene el Volcánico-Andesítico afanítico de la formación tablachaca con potencias de veta de 0,25 metros, en cajas competentes, por último, se tiene las calizas de Gris-Gris oscuro, de la formación

Bellavista con rocas sedimentarias con mineralización algo diseminada debido al fracturamiento diagonal a la veta principal.

Por ello, en el presente trabajo se determina un diseño de minado de manera convencional empleando una malla de perforación por su importancia y el control en el minado en vetas como angostas con potencias angostas utilizando particularmente métodos convencionales con sus variantes de manera que se optimice con eficiencia el minado selectivo.

Por consiguiente, en el presente trabajo después de mencionar un alcance geológico local del yacimiento se presenta un cálculo actualizado acerca de los recursos y reservas del yacimiento. Posteriormente se presentan, de manera sucinta los estudios geomecánicos que permiten diseñar el método de minado de Corte y Relleno Hidráulico y el Shirinkage Stopping. Con su variante Shirinkage Estático, con los que se ha planteado el problema y se han identificado alternativas de solución. Analizando previamente el informe geológico realizado en la zona de piedra parada entre los niveles 4900, y 4300, en las vetas Oroya.

## **1.2. Delimitación de la Investigación**

**1.2.1. Delimitación espacial.** El proyecto de investigación está delimitado a la veta Oroya niveles 4900 y 4300, en evaluación económica e incremento de producción de la Compañía Minera Casapalca S.A.

**1.2.2. Delimitación temporal.** La investigación se ejecutará en un solo período que comprende desde mayo del 2019 a octubre del 2019, aproximadamente 06 meses.

**1.2.3. Delimitación temática.** El Presente estudio desea describir y compara el desarrollado en la Mina Casapalca, en los tajeos de producción los cuales

presentan problemas en las operaciones unitarias de perforación y la voladura en casi todos los frentes de operaciones de producción.

### **1.3. Formulación del problema**

La minería emplea para sus operaciones de explotación de los recursos minerales, métodos y sistemas muy complejos que deben ser superadas en forma puntual y debe cumplir con parámetros técnicos, tecnológicos y controles medio ambientales y responsabilidad social. Por lo que el presente Proyecto se plantea metodológicamente el diseño de minado para las vetas en la formación Andesita Fanerítica de donde se emplaza estructuralmente y mineralógicamente sus mayores leyes y potencias de vetas que tienen aproximadamente 1,500mt de longitud con una potencia promedio de 0,50 mt.

#### **1.3.1. Problema Principal.**

¿Cómo se realiza el diseño de minado en vetas angostas en la Minera Casapalca para mejorar el control, la calidad y los costos de producción en la Cía. Minera Casapalca?

#### **1.3.2. Problemas Específicos.**

- a. ¿Cuáles son los parámetros del diseño para el minado y el método de explotación para mejorar la producción de la explotación en vetas angostas la Cía. Minera Casapalca?
- b. ¿Cómo establecer las condiciones de calidad de la malla de perforación y la voladura mediante una buena selección de los explosivos, así como el factor de potencia, y se adapten a la perforación en vetas angostas en la Cía. Minera Casapalca?

- c. ¿Serán los parámetros de perforación y voladura seleccionados para la voladura en vetas angostas los que justifican los costos en la perforación y voladura en la Cía. Minera Casapalca?

## **1.4. Formulación de Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General.**

Realizar el diseño de minado en vetas angostas para el control de calidad y costos en la Cía. Minera Casapalca.

### **1.4.2. Objetivos Específicos.**

- a. Determinar el método de explotación para el diseño de minado en vetas angostas en la Cía. Minera Casapalca.
- b. Establecer el control de calidad y costo durante las operaciones mineras en la Cía. Minera Casapalca.

## **1.5. Justificación de la investigación**

Es sabido que en nuestro País, se presenta en estos últimos tiempos un panorama económico que nos hace tomar decisiones y alternativas y ante la necesidad de un aumento de capital social por nuevos aportes dinerarios a efecto de continuar sus operaciones de en la Cía. Minera Casapalca, será necesario implementar un nuevo método de explotación o mejorar las existentes utilizando tal vez métodos convencionales que nos permita una reducción sustancial de los costos de minado actual, de esta manera se pueda consolidar e incrementar la producción diaria de mineral, así evitar que la empresa caiga en pérdidas por la merma de los precios de los metales de zinc, plomo y plata. Este nuevo método de explotación también debe permitir incrementar la eficiencia hombre/guardia.



La minería es una actividad que no controla el precio de ventas de sus productos por lo que, para seguir siendo competitiva, cada día se debe trabajar en optimizar los procesos y bajar los costos en forma permanente. Si bien esta industria ha sido una de las actividades de mayor crecimiento económico en el país en los últimos años, ahora se tiene una gran incertidumbre sobre lo que pasará en estos años en este sector, por lo cual debemos estar preparados. Una herramienta de mejora de negocios es la reducción de costos, pero se debe tener mucho cuidado a la hora de pensarlo y decidir donde aplicarlo. Dado la actual coyuntura de la baja de los precios de los metales Casapalca a fin de evitar en lo posible el cierre de sus operaciones por el mayor costo de producción respecto a la venta de sus concentrados y tratando de mantenerse y sobrevivir, tiene que reducir sus costos de operación.

Los métodos actuales serán utilizados tienen costos altos por tener un diseño ineficiente de minado, y es lento procedimiento de extracción del mineral con bajos rendimientos.

El presente estudio se justifica por permite la explotación en forma racional y económica la explotación de los recursos y que garanticen un minado selectivo en función a las características geológicas y geométricas del yacimiento que se tiene en la Minera Casapalca S.A. utilizando los métodos de explotación convencionales de Shirinkage Stopping, el Shirinkage Estático y el método de corte y relleno hidráulico, teniendo en cuenta las características de vetas angostas, de tal manera que nos garanticen una producción constante y de buena calidad, asimismo, el estudio presenta un diseño de minado en vetas angostas para el control de calidad y costos de gran utilidad porque al establecer parámetros efectivos de eficiencia de

perforación y voladura maximiza la calidad de rotura del material y minimiza los costos en los tajeos de producción de la minera Casapalca.

### **Importancia y alcances de la investigación.**

Asimismo, es importante porque se ha seguido en el desarrollo del presente proyecto de investigación parámetros clásicos de perforación y voladura los cuales han sido estandarizados de acuerdo al requerimiento de los frentes en vetas angostas, asimismo, se han establecido control de la producción y se establece en forma práctica la evolución de sus costos en el minado de vetas angostas en la unidad minera de Casapalca.

Sabemos que las empresas mineras no controlan los precios de los metales, por lo que necesariamente tenemos que ser más eficientes en el manejo de los costos, por eso en el presente estudio se plantea monitorear cada uno de los procesos de perforación y voladura que involucran los costos de minado, esto conlleva al uso de criterios técnicos de la experiencia enlazados con otros métodos que lo hagan más eficientes que además de controlar los costos y nos permiten alcanzar un mejor uso de nuestros parámetros y utilización de insumos que nos permitan alcanzar la eficiencia en las operaciones específicamente de la perforación y voladura en vetas angostas y nos permita enfrentar de mejor manera la caída de los precios de los metales.

### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Los alcances del estudio es que se toman en cuenta todos los tajeos de producción especialmente aquellos tajos en el cual se presentan mayor porcentaje de banqueo. Utilizando adecuadamente los métodos convencionales adoptados que brindan mayor eficiencia en estas operaciones de perforación y voladura en vetas angostas en un metraje promedio de 180 a 120 metros por mes.

Sus limitaciones son principalmente que se toman para el estudio, los tajeo cuenta y con mayores dificultades de laboreo, pero que presentan en los reportes de trabajo y accesibilidad de datos geomecánicos y tajos con dificultades con los equipos convencionales de perforación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

Luego de buscar en las investigaciones en años anteriores, en tesis especializadas de distintas entidades de estudios superiores, en relación al tema de la presente investigación hemos encontrado algunas tesis que tienen cierta relación con nuestro objeto de investigación y estas son:

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales.**

El trabajo de Tesis realizado por Ames, V. (2008), en su tesis Diseño de las mallas de perforación y voladura utilizando la energía producida por las mezclas explosivas; Universidad Nacional de Ingeniería. p 51; en la que obtiene los siguientes resultados: el cambio del ANFO PESADO por el ANFO ha llevado a obtener resultados satisfactorios en el aspecto técnico porque se puede apreciar que en la primera prueba el 69% de los fragmentos tenían dimensiones menores a 0,15 m y en la segunda prueba el 90,7% de los fragmentos eran menores que dicho tamaño, los cuales son adecuado para el tratamiento por lixiviación del mineral fragmentado.

Asimismo, Atlas Copco en “Equipos Modernos de Perforación en Minería Subterránea” expresa que: “Para la perforación vertical o inclinada de taladros en tajeos subterráneos se tiene equipos como los Simbas H157 hasta el Simba M7C; con perforaciones de hasta 130 m y diámetros de perforación que van de 48 a 165 mm, con pesos de 1,3 a 20TM. La desviación de los taladros se debe fundamentalmente a: - Posicionamiento, la precisión en los taladros es muy importante. - Fijación de avance, a través de las gatas para estabilizar la abrazadera. - Emboquillado y embate, la meta es alcanzar la distancia inicial del taladro perforado, con pequeñas fuerzas laterales en la barra. - Control de perforación, la función que utiliza la presión de rotación para detectar una situación de atasco en el tren de varillaje”

En la Minera San Rafael se tiene referencia por información del trabajo de tesis de Grandez Llanca, Segundo Félix, intitulado, Control de dilución en vetas angostas, presenta las mejoras implementadas para la minimización y control de la dilución en vetas angostas en la mina San Rafael y los resultados obtenidos al llevar a cabo dichas mejoras. Para ello, la tesis se divide fundamentalmente en cinco partes: En la primera parte se presenta una evaluación técnico-económica del actual método de minado y una comparación entre el método de minado Tajeo por Sub Niveles con taladros largos aplicado a vetas angostas y a cuerpos. En la segunda parte se describen técnicas de predicción de la dilución en vetas angostas desde un enfoque teórico, las cuales pretenden estimar cuantitativamente la dilución planeada para el minado en vetas angostas. Luego se hace un análisis para identificar las principales causas de dilución en el minado en vetas angostas por el método Tajeo por Sub Niveles con taladros largos en la mina San Rafael;

identificándose como la principal causa la sobre rotura por voladura. Una vez identificada la principal causa de dilución en la mina San Rafael, se procedió a implementar el control de calidad en la perforación y la mejora de procesos en la voladura con la aplicación de voladura controlada. Finalmente (quinta parte) se presenta el análisis técnico-económico de los resultados de los nuevos diseños de perforación y voladura implementados con el fin de minimizar y controlar la dilución. Los mejores resultados se obtuvieron al implementar el diseño de perforación y voladura que incluye 02 taladros de alivio por sección.

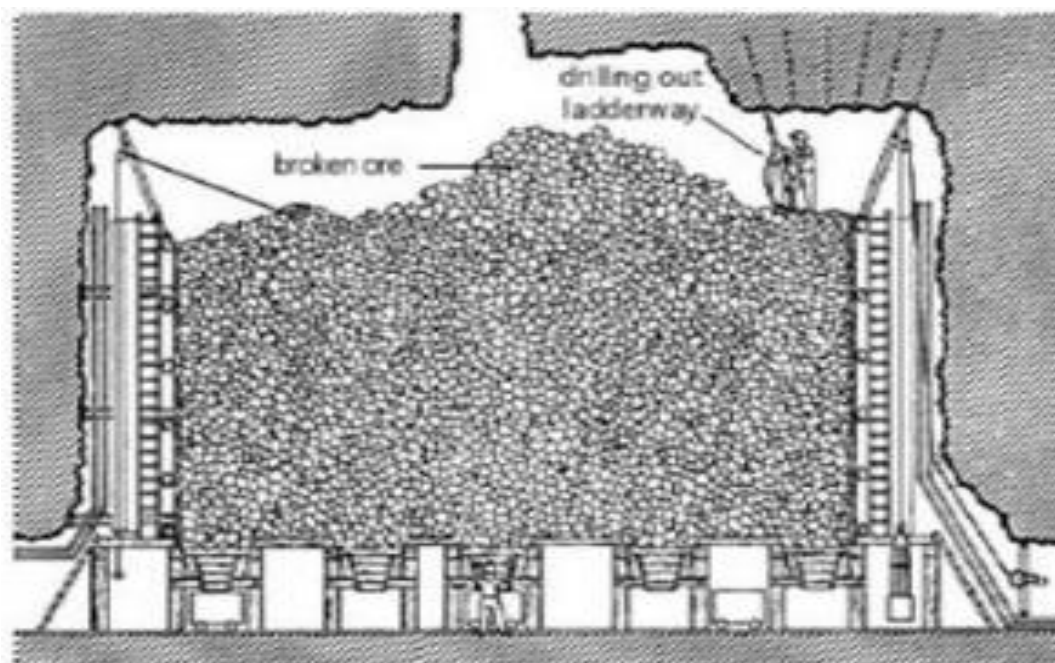


Figura N° 01 - Perforación sobre derribo del material método Shirinkage estático  
*Fuente. Explotación de Minas Stoces*

### **2.1.2. Antecedentes nacionales.**

Realizado por López Sánchez L, (2003), Evaluación de la energía de los explosivos mediante modelos termodinámicos de detonación. Universidad Politécnica de Madrid, p 124-125. Donde Obtiene los siguientes resultados; Los códigos termodinámicos son de gran utilidad a la hora de evaluar la energía de los explosivos. A pesar de que las propiedades de los explosivos quedan sobrestimadas al emplear modelos ideales en el caso de modelos

industriales, es muy valioso tener una herramienta que permite comparar las propiedades energéticas y de detonación de diferentes mezclas con tan solo conocer la composición y la densidad. Cuantificar la energía disponible en un explosivo es una tarea de gran dificultad, ya que ella no solo depende del explosivo en si sino de las circunstancias y condiciones de disparo. Los balances de energía que se establecen en el proceso de la voladura muestran que el calor de explosión es un parámetro que no describe correctamente la energía disponible del explosivo.

Bautista, J (2017). *“Diseño y planeamiento de minado subterráneo para incrementar la producción diaria de la Unidad Operativa Pallancata – Proyecto Pablo – Compañía Minera ARES S..A.C.”*. Tesis de Grado Facultad de Ingeniería de Minas - UNA - Puno; concluye que, el incremento de producción diaria de la mina Pallancata con la contribución del Proyecto Pablo de 320 toneladas en promedio por día, con respecto a los tajeos convencionales y avances de preparación conjuntamente sumando un total de 948 TM/día en promedio. Asimismo, se presentó una evaluación económica global del proyecto de profundización, en donde, el costo unitario asciende a US\$/TM 106.15, los ingresos por ventas realizadas en forma integral de toda la mina Pallancata que asciende a US\$ 51, 787, y el VAN está a una de tasa de 10%; el VAN del proyecto es US\$ 20' 660, 664 son indicadores económicos que contemplan la evaluación integral del Proyecto.

Zapata, M. (2003). *“Control de una Operación Minera Mediante el método del Resultado Operativo “*. Tesis de Grado Facultad de Ingeniería Industrial - UNMSM- Lima; este estudio tiene por objetivo de presentar en

forma practica el uso de las herramientas, profundizando en el sistema de planeamiento y control denominado Resultado Operativo, que es usado por las principales empresas nacionales. De esta manera, este trabajo pretende alcanzar otro objetivo en el lector el convencimiento sobre la práctica del planeamiento y control en todos los proyectos en que participan como algo esencial de la ingeniería, aprovechando así la experiencia de otros ingenieros ya que se han enfrentado a proyectos complicados y han descubierto en obra, la real importancia y necesidad del control de costos.

**Estos son modelos, se debe tener unos 6 antecedentes más sobre diseño de explotación y control de calidad y costos.**

De otro lado, en el libro titulado “Diseño de Explotaciones e Infraestructuras Mineras Subterráneas”, se tiene que: “El método de cámaras por subniveles llamado también Sublevel Stopping, normalmente se emplea sólo en criaderos muy regulares, en las que el mineral y la roca de los hastiales son resistentes. Se caracteriza por su gran productividad debido a que las labores de preparación se realizan en su mayor parte dentro del mineral. Se aplica a criaderos de pendiente alta, en los que el mineral cae por gravedad en el hueco abierto y permite la perforación de barrenos largos de banqueo o en abanico. Estos métodos necesitan una preparación larga y se requiere en general que el criadero sea potente. A este método pertenecen las variantes de barrenos en abanicos y verticales y voladura por cráter. Es un método de cámaras abiertas, grandes producciones para yacimientos regulares con minerales y rocas encajantes competentes, que no requieren entibación o sostenimiento. Es una alternativa al método de hundimiento por subniveles cuando se quiere disminuir la dilución del mineral. Este



método es intensivo en labores preparatorias, aunque se compensa porque gran parte de ellas han de realizarse en mineral. El método queda limitado a unos yacimientos verticales o de fuerte buzamiento en las que tanto el mineral como la roca encajante son muy competentes y el mineral fluye fácilmente bajo la acción de la gravedad.

En ocasiones puede utilizarse con pendientes menores, pero entonces el mineral de moverse con scrapers. Los grandes y altamente mecanizados equipos de perforación que se requiere exigen una potencia mínima del yacimiento para la implantación del método y los altos costos de preparación asociados requieren el mantenimiento de altos ritmos productivos. El empleo eficaz de grandes voladuras hace del método de cámaras por subniveles uno de los métodos de menor costo por tonelada en minería subterránea. El yacimiento típico para garantizar el éxito en este método debe ser regular, ancho, competente y no necesitar sostenimiento. La resistencia de la roca puede variar considerablemente, pero deberá ser al menos de 55 MPa. El buzamiento del muro será mayor que el ángulo de reposo del mineral volado de modo que este fluya por gravedad por los coladeros y cargaderos. La potencia del yacimiento debe ser al menos de 6 m y se usa en potencias muchos mayores.

Las publicaciones de la Empresa Exsa titulado “Perforación y Voladura Taladros Largos”. Manifiesta que: “Los métodos de explotación con taladros largos, llamado también Sublevel Stopping, es una aplicación de los principios de la voladura de banco a cielo abierto a las explotaciones subterráneas consiste en el arranque del puente entre dos niveles de perforación en el sentido descendente y ascendente. El sistema establece un

único nivel base (nivel de extracción) para varios subniveles superiores, la distancia entre los niveles base oscila entre 80 y 100 metros.

**2.1.3. Antecedentes Locales.** Luego de una extensa búsqueda de tesis de maestría y doctorado relacionados al tema motivo de estudio, se concluye que no existe localmente estudios previos relacionados al tema de investigación presente.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

Para determinar el método de explotación consideramos a los teóricos de Nicholas y Marck, que es desarrollado a acuerdo a la siguiente tabla.

SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SEGÚN NICHOLAS Y MARCK				
Tipo de Yacimiento	Pendiente	Resistencia		Método Aplicable
		Mineral	Cajas	
Tabular estrecho	Echada	Fuerte	Fuertes	Cámaras con pilares ocasionales
				Cámaras y pilares
Tabular potente	Echada	Fuerte	Fuertes	Cámaras con pilares ocasionales
				Cámaras y pilares
		Débil	Débiles	Rebanadas hundidas
		Fuerte	Fuertes	Cámaras abiertas
Tabular muy potente	Echada	-----	-----	Como en masas
Filones muy estrechos	Vertical	Fuerte	Fuertes	Cámaras de almacén
		Débil	Débiles	Rebanada rellena
				Explotación entibada
Filón estrecho	Echada	-----	-----	Como en tabulares estrechos
Potencia superior a la entibacion económica	Vertical	Fuerte	Fuertes	Cámara vacía
				Cámaras Almacén
				Rebanada rellena
	-----	-----	Débiles	Rebanada rellena
	-----	Débil	Fuertes	Mallas cúbicas
				Rebanada Hundida
	-----	-----	Débiles	Mallas cúbicas
				Rebanada Hundida
				Mallas cúbicas
		Echada	-----	-----
Filón ancho	Vertical	Fuerte	Fuertes	Cámaras Vacías
				Cámaras Almacén
				Cámaras y Niveles
	-----	-----	-----	Rebanada rellena
	-----	-----	Débiles	Niveles hundidos
				Mallas cúbicas
	-----	-----	Fuertes	Cámaras Almacén
				Cámaras y Niveles
Masas				Rebanadas rellenas
	-----	Débil	Débiles	Niveles hundidos
		-----	Fuertes	Bloques hundidos
	-----	-----	-----	Mallas cúbicas
	-----	-----	-----	Métodos mixtos.

Tabla N° 01 - Fuente Libro Explotacion de minas por Nicholas y Marck.

### Corte y Relleno Hidráulico

En la Unidad, se realiza este método, en sub galerías, dejando 3 metros de pilar una chimenea central de triple compartimiento, chut camino, chut con alas de 25 metros.

### Shirinkage Stopping:

Estas en la Unidad minera de Casapalca, están constituidos por Box Hole, cada 5 metros dejando un triángulo de base de 5 metros, 3 metros de altura y buzones tipo americano.

#### **Shirinkage Estático:**

Este método es una variante del Shirinkage Dinámico donde la perforación es similar a la del corte y Relleno Hidráulico en la Unidad Minera de Casapalca.

#### **Diseño de Minas:**

**Diseño y Planificación Minera.** ... La planificación de largo plazo o estratégica es un proceso interdisciplinario que está compuesto por las etapas de definición de envolvente económica, determinación del método de explotación, **diseño** operacional, secuencia de explotación y su posterior evaluación económica.

#### **Vetas Angostas:**

**VETA ANGOSTA** o **NARROW VEINS**, Son estructuras de formación mineralizada que comprende a la **definición** de Top Cuts corresponde a una de las decisiones más complicadas y en la explotación de minas en la que se tiene que evaluar la performance de operación mina, efecto dilución, efecto recuperación **minera**.

Generalmente estas se presentan en Vetas Epitermales de alta, media, baja sulfidación Au, Ag, Cu (Perú, Chile, Argentina, México) - Vetas Mesotermales Au, Ag, Cu, Pb, Zn (Chile, Perú). - Vetas Orogénicas Au (Brasil). - Vetas Polimetálicas Cu, Fe, Pb, Zn (Chile, Perú).

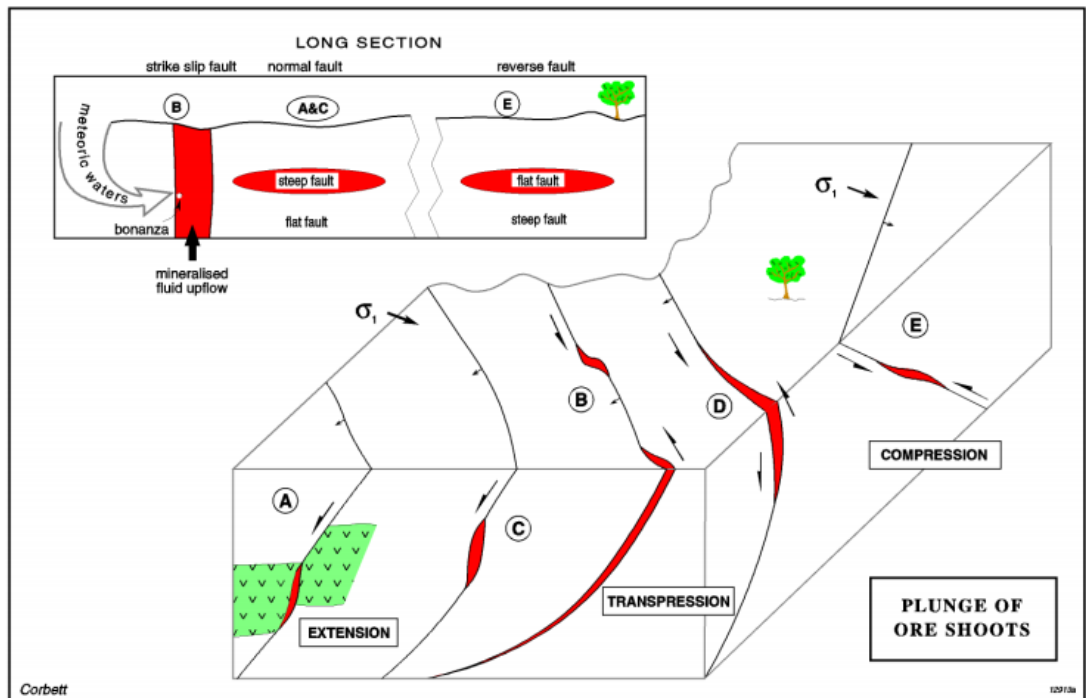


Figura N° 02 - Tipología Geológica de vetas Angostas  
Fuente Promin&Min Engineer Service Mining.

### 2.3. Definición de térmicos básicos

#### Parámetros:

Los parámetros que nos condicionan una voladura son dos: los que no podemos controlar y los que sí podemos controlar, es decir podemos interactuar sobre ellos en el proceso de cálculo tanto en el diseño de la voladura como en las fases siguientes que tengamos que modificar para optimizar los resultados.

#### Parámetros no controlables

Son aquellos que nos vienen dados por la geología, la geotecnia y la producción de la mina. Estos parámetros son INMODIFICABLES, ya que no podemos interactuar sobre ellos, no son variable de nuestro sistema.

Como ejemplo podemos citar, la dureza de la roca, su tenacidad la densidad de la misma, su grado de fracturación, el grado de alteración la presencia de agua por citar algunos de ellos, como el motivo de este artículo no es entrar en cuestiones

muy técnicas, se puede decir que uno de los parámetros más importantes es el grado de fisuración de la roca.

### **Parámetros controlables**

Cuando queremos diseñar una voladura, podemos actuar sobre determinados parámetros que paso a detallar a continuación:

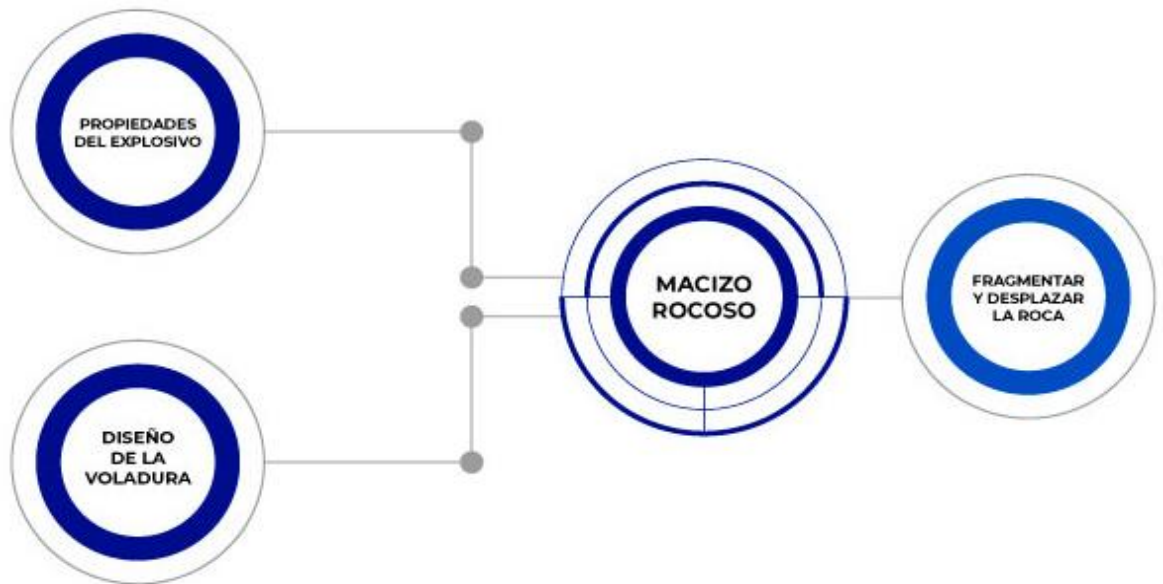
**Piedra (Burden):** Es la distancia a la cara libre es un parámetro muy importante condicionado por el tipo de roca, el diámetro y el tipo de explosivo, como se puede ver excepto el tipo de roca los demás parámetros los podemos alterar o elegir. Una piedra muy corta o cercana a la cara libre puede dar origen a proyecciones por ello se podría elegir una piedra de mayor longitud, pero recordando que es un parámetro que guarda relación con el diámetro de perforación y están muy relacionados.

**Índice de rigidez:** relación altura de banco piedra (H/B) cuando es un valor alto, normalmente superior a 3 el desplazamiento y la trituración de la roca es fácil, en el caso de valores cercanos a 1 se pueden obtener malos resultados, con repiés y grandes tamaños (siempre que nuestro objetivo no sea producir escollera).

**Espaciamiento:** Es la distancia entre barrenos de una misma fila, un parámetro relacionado con la piedra. Un espaciamiento corto implica exceso de trituración de la roca y exceso de tamaños en el tramo de la piedra. Espaciamientos altos implican un mal aprovechamiento de la energía del explosivo con la aparición de sobre tamaños.

**Retacado:** uno del elemento más importante de una voladura, cuando el barreno ya está lleno de explosivo es conveniente cerrarlo o taponarlo con los detritus de la perforación o con algún material arcilloso que compacte bien, que sea inerte y la longitud dependerá de muchos factores, pero del 20% al 30% de la longitud el barreno. Es un parámetro que podemos y debemos ejecutar bien, sin excusas. Un

mal retacado hace que toda o gran parte de la energía del explosivo se escape por el barreno, perdiendo rendimiento y obteniendo una fragmentación muy irregular, tal vez con sobre tamaños en la parte superior de la voladura y algo más triturada en las zonas del pie debido a la presencia de la carga de fondo.



*Figura N° 03 – Proceso técnico de la voladura  
Fuente: Eadic; Formación y consultoría.*

### **Calidad de Perforación:**

Existe una relación intrínseca entre la perforación y la voladura, ya que puede afirmarse categóricamente que “una buena perforación posibilita una buena voladura, pero una mala perforación asegura una mala voladura”. Se entiende por buena perforación aquella que se ha hecho con los medios y técnicas más adecuadas y que además se ha ejecutado de forma correcta. Asimismo, una buena voladura será aquella que cumple con el objetivo para el que fue diseñada.

### **Calidad de Explosivos:**

Una voladura bien lograda puede ser sustentable y brindar beneficios económicos a la empresa minera.

El proceso de voladura es uno de los más importantes en la cadena operacional de la minería y construcción, ya que el resultado de esta actividad permite obtener mejores resultados en la extracción del mineral, y optimizar los tiempos de ejecución de obra y utilización de materiales. Algunas de las principales novedades que se han visto en el rubro implican el uso de detonadores electrónicos en los sistemas de iniciación, mayor certeza en el control de tiros y en la seguridad de los trabajadores.

### **Perforación:**

Primera operación unitaria en un proceso de excavación de roca, cuyo objetivo principal es realizar taladros de diferentes diámetros y profundidades de acuerdo a diseños y parámetros que están sujetos a un mejoramiento continuo y a una dinámica de cambios como la tecnología avanza. El objetivo de estos taladros es poner explosivos para después detonarlos y lograr la fragmentación requerida.

### **Voladura:**

Es la operación minera de importancia en las que se trata en lo posible de lograr un adecuado grado de fragmentación de la roca, de tal modo que haga mínimo el costo global de las operaciones de carguío, transporte, chancado y molienda de la roca. Asimismo, se exige minimizar el daño del macizo rocoso en su entorno, protegiendo la integridad de los bancos y la estabilidad de los taludes, para hacer viable las operaciones subsiguientes de las operaciones mineras en el largo plazo. Para ello, se debe diseñar la voladura en función a los parámetros geomecánicos reales de la roca, para seleccionar el explosivo adecuado.

Muchas veces es mejor gastar en una buena fragmentación antes que volver a hacer otra voladura y generar una desestabilidad en la roca.



**Costos:**

Dentro de la teoría de los precios estudia los modelos que analizan el movimiento económico de las empresas, por lo tanto, los directivos empresariales requieren los resultados de esos modelos para gestionar las empresas. Finalmente, estos son parámetros económicos que deben ser controlados dentro de un departamento de costos los cuales nos indicaran, el momento y el espacio sobre el cual se deben tomar decisiones para cada unidad operativa de la empresa minera y que deben tener en su evaluación de rangos de utilidad.

**Explotación**

La minería subterránea abarca todas las actividades encaminadas a extraer materias primas depositadas debajo de la tierra y transportarlas hasta la superficie.

**Mina**

Es un yacimiento que contiene recursos minerales, el cual mediante trabajos de laboreo minero (galerías, pique, cruceros, tajeos, chimeneas, y otros) se realiza en el subsuelo con el fin de extraer minerales. Es el conjunto de instalaciones destinadas explotación, extracción y tratamiento previo de dichas sustancias.

**Extracción**

Consiste en el carguío, transporte y descarga hacia el exterior del mineral o desmonte en vagonetas o carros mineros.

**Mineral**

Los minerales son sustancias sólidas naturales y homogéneas de origen inorgánico normalmente sólido e inorgánico, Son de una gran importancia por su

valor y por sus enormes aplicaciones en los diversos campos de la actividad industrial.

### **Ganga**

La ganga es el material que se descarta al extraer la mena de un yacimiento de mineral, carece de valor económico.

### **Galería**

Es una excavación horizontal. Es una labor que sirve de acceso al depósito mineral, también sirve de acceso al personal, maquinaria, extracción del mineral. Las galerías reciben distintos nombres según su función o su posición respecto a la roca a explotar y pueden ser: Galería principal o Galería secundaria.

### **Pique**

Es una labor vertical, sirve para el acceso de materiales, personal, equipos, herramientas, energía eléctrica, aire comprimido, ducto de ventilación y para la extracción ó izaje de mineral. Suelen ser de sección circular, que es la más indicada para resistir el empuje de los terrenos.

### **Chimenea**

Es una labor vertical, se construye de abajo hacia arriba, sirve para ventilación de las minas. Normalmente se construyen perpendicularmente a las galerías.

### **Perforación**

Es la acción de realizar taladros por medio de equipos de perforación accionadas por aire comprimido o energía eléctrica. La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es abrir en la roca huecos cilíndricos denominados taladros y están destinados a alojar al explosivo y sus accesorios. El

principio de la perforación se basa en el efecto mecánico de percusión y rotación, cuya acción de golpe y fricción producen el astillamiento y trituración de la roca.

### **Voladura**

Fragmentación de la roca mediante el empleo de explosivos. Consiste en cargar los taladros con explosivos e iniciar la detonación respectiva lo cual permite fracturar o fragmentar la roca.

### **Explosivos**

Un explosivo es una sustancia que por alguna causa externa (roce, calor, percusión, etc.), que iniciada debidamente dan lugar a una reacción exotérmica muy violenta que genera una serie de productos gaseosos a alta temperatura liberando calor, presión o radiación en un tiempo muy breve y que ocupan un mayor volumen.

### **Sostenimiento**

El sostenimiento se realiza de acuerdo a las características de la labor, los principales elementos de sostenimiento son: la madera, pernos helicoidales y pernos helicoidales con malla.

### **Inversión**

Es el recurso monetario que se necesita para cubrir un amplio rango de actividades, intereses y responsabilidades relacionadas en este caso con el sector minero.

### **Rentabilidad**

La rentabilidad de una inversión es la relación que existe entre la ganancia de una inversión y el costo de ésta.

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

El empleo de un buen diseño de perforación, ayuda enormemente a buenos resultados en la voladura utilizando parámetros para vetas angostas con los que se controlan la calidad del mineral arrancado que redunda finalmente en un buen control en calidad y costos de perforación y voladura, en la Cía. Minera Casapalca S.A.

#### **2.4.2 Hipótesis Especifico**

- a) El empleo de un buen diseño de los parámetros de malla de perforación brindara mejores resultados esperados con la voladura y se controlara la calidad del mineral arrancado.
- b) Los costos de perforación y voladura serán reducidos mediante una buena supervisión y con ella se estandariza los costos unitarios de perforación y voladura anulando los costos secundarios que mejora la productividad de la Empresa Minera Casapalca.

#### **2.5. Identificación de variables.**

Las variables identificadas para el desarrollo de la presente tesis son.

##### **2.5.1. Variable independiente.**

A. Variable independiente (X) Diseño de malla de perforación y voladura para el minado en vetas angostas.

##### **2.5.2. Variable dependiente.**

B. Variable dependiente (Y) Características de los parámetros de perforación y voladura y condiciones geomecánicas del macizo rocoso y del yacimiento.

##### **2.5.3. Variable dependiente.**

C. Variable Interviniente (X1); control de costos unitarios y capacitación al personal perforista y ayudante respectivamente

## **2.6. Definición operacional de variables e indicadores**

### **1. En base al diseño de minado:**

Consideramos la geometría y las caracterizaciones geomecánica del frente de minado y el ancho mínimo minable, así también:

- El burden
- Espaciamiento
- Profundidad de taladro
- Malla de perforación
- Longitud de taladro
- Capacidad de perforación
- Equipo de perforación
- Barreno de perforación Número de taladros
- Velocidad de perforación
- Carga Explosiva
- Altura de carga
- Densidad del explosivo
- Factor de potencia explosiva

### **2. Control de calidad y costos**

- Supervisión de la perforación y voladura
- Ancho mínimo minable
- Dosificación adecuada de materiales explosivos.

Para Operacionalizar las variables en el estudio se tomado en cuenta aspectos que por su definición en el campo de la minería se toman en cuenta como son:

Primero: la ley mínima explotable de minado

Segundo: Se deducen sus dimensiones de acuerdo a la forma del yacimiento.

Tercero: Se buscan indicadores de valor y parámetros de minado.

Cuarto: Se evalúa el aspecto técnico económico del minado.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Siendo los propósitos de esta investigación y por su naturaleza que involucra medidas prácticas y técnicas inmediatas en base a la experiencia se encuadra dentro de una investigación Aplicada, el cual hace uso de razonamiento y la aplicación de conocimientos teóricos para aplicar a una actividad concreta y esperando resultados satisfactorios.

El Proyecto de Investigación es de tipo:

Estudios Exploratorios: Por sus características geológicas del yacimiento.

Estudios Comparativos: Se debe analizar detalladamente el aspecto geomecánico, asimismo todos los parámetros de perforación y la voladura y los tiempos de salida de la tanda de taladros.

Estudios Correlacionales: Estudian las relaciones entre variables dependientes e independientes, ósea se estudia la correlación entre las variables.

### **3.2. Método de investigación**

El camino a seguir en el presente estudio se establece mediante una serie de operaciones y reglas que nos permite alcanzar un resultado propuesto. En tal sentido, este estudio será descriptivo, pues se describirá, analizará e interpretará un conjunto de características geomecánicas del macizo rocoso y características geométricas del frente para seleccionar el diseño de mallas y método de minado para vetas angostas que se encuadra dentro del modelo matemático del Dr. R. ASH, para seleccionar nuestro estándar de rotura. En la Minera Casapalca

#### **3.2.1. Método general.**

**Cuantitativa.** Para el proyecto se debe evaluar y planificar el diseño de la malla de perforación y la carga explosiva y el volumen de producción diaria. Investigación orientada a conclusiones: Se define mediante la metodología cuantitativa cantidad de producción que se debe planificar el minado en la Empresa Minera Casapalca.

#### **3.2.2. Método específico.**

**Analítico.** Se centra en aportes teóricos/prácticos, basados en la calidad del mineral que más bien su objetivo planificar la explotación racional del mineral.

### **3.3. Diseño de la investigación.**

El Diseño de investigación para nuestro proyecto constituye el plan general de la investigación sobre el yacimiento los componentes minerales y la geomecánica de la zona de la mina Casapalca.

El diseño de investigación desglosa las estrategias básicas para el planeamiento general de perforación y voladura del método de explotación CRH, basado en los parámetros para una voladura estandarizada.



### **3.4. Población y muestra**

#### **3.4.1. Población.**

La población para nuestro estudio de investigación será compuesta por los tajeos, los cuales fueron seleccionados por tener las mismas características, en los cuales se puede aplicar el método de minado para vetas angostas; se excluyó aquellos tajeos que no tienen las mismas características, estos son:

Los Tajos del CRH, exclusivamente de las vetas tomando la referencia del pique vertical de doble compartimiento de 30 metros de profundidad y otro inclinado a partir del último nivel de ataque 435.

#### **3.4.2. Muestra.**

El propósito del estudio es lograr buenos resultados en la producción con el diseño del minado en vetas angostas en el nivel 435, que pueden ser extendidos para otros frentes de ataque, a estos tajos pilotos en las que se trabajó, se le llamara muestra, que fueron seleccionados por ser los críticos y representativos y para evitar confusión o sesgo estadístico muestral en nuestro estudio.

#### **3.4.3. Muestreo.**

El muestreo de la investigación se realizó por la técnica no probabilística, muestreo por conveniencia, ya que se usó la muestra que convenga para el estudio. En este tipo de muestreos se usa una muestra que más convenga para la investigación (Niño, 2011).

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.5.1 Técnicas.**

Para el estudio la recopilación de los datos de campo, tanto del estudio geomecánico como de las características del yacimiento, se efectuó mediante el registro de los mismos en reportes diarios.

Así mismo, la inspección gráficos de diseño de malla y parámetros y toma de datos directos (revisión en el sitio) y observación en los archivos de la Cía. Minera Casapalca.

Se realizado un análisis de los parámetros de reportes diarios del control y la calidad de los disparos, asimismo sus costos incurridos en la perforación y voladura en vetas angostas de la mina Casapalca.

### **3.5.2. Instrumentos.**

Los instrumentos empleados en la recolección de datos para la investigación fueron: técnicas de procesamiento y análisis de datos, registros, etc.

### **3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Todos los datos serán analizados y tabulados para hallar la media y varianza para determinar las probabilidades de mejora técnica económica de las operaciones de perforación y voladura en los tajos.

De acuerdo al nivel de investigación es el descriptivo y el diseño de Investigación y con primera posibilidad y comparativamente se han evaluado los datos y se presentan los resultados finales mediante un ordenamiento lógico de datos y observaciones.

$$M1 O1 M2 O2 O1 = O2$$

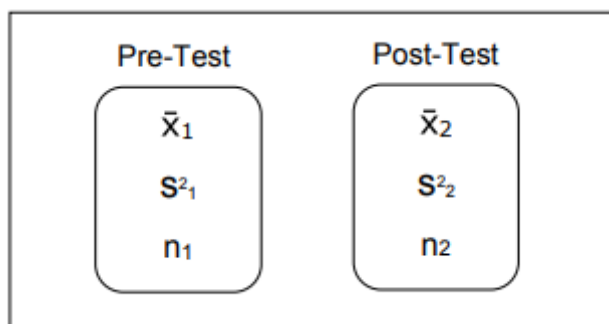
Dónde: M1 = muestra 1.

M2 = muestra 2.

O1 = Observación 1.

O2 = Observación 2.

Se seguimos el esquema de tratamiento estadístico como se muestra:



**Fuente: Propia para el estudio**

Donde;

$X_1, X_2$  = medio (promedio)

$S_1, S_2$  = Varianza

$n$  = Muestra

En el desarrollo de la investigación y acuerdo al cumplimiento de requerimientos tales como el uso de equipos certificados y otros se podría realizar un trabajo de investigación pre experimental.

### **3.7. Tratamiento estadístico**

La investigación utilizará los principios básicos de la estadística descriptiva.

### **3.8. Selección y validación de los instrumentos de investigación**

El instrumento básico estuvo compuesto por el análisis de datos el cual fue clasificado a la muestra de la población. Este instrumento se valida en función a que los datos están mejor definidos y el análisis de estos resultaran en un error mínimo a la hora de emitir juicios de valor para la toma de decisiones. Además, las bibliografías recogidas garantizaron que la información acopiada resulta ser importante para la investigación.

### **3.9. Orientación ética**

El compromiso ético es justamente en esta organización lo que legitima su propia esencia y su razón de ser, por lo que cualquier vulneración de aspectos éticos, atenta contra su propia línea de existencia: la propia naturaleza moral y legal de misión de la organización, llegando incluso a poner en riesgo su viabilidad como tal. La naturaleza de esta tipología de organizaciones precisa, según Lozano-Aguilar (2004: 123), de una realización eficiente de las actividades, pero además y principalmente tiene que partir de unas convicciones éticas públicamente reconocibles, ya que la ética constituye la propia esencia de estas organizaciones.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

El propósito del presente informe es mostrar los detalles del área donde se realizó la presente investigación es en las vetas angostas en el nivel 435. Viendo la necesidad de incrementar parámetros clásicos de perforación y voladura los cuales han sido estandarizados de acuerdo al requerimiento de los frentes en vetas angostas, asimismo, se han establecido control de la producción y se establece en forma práctica la evolución de sus costos en el minado de vetas angostas en la unidad minera de Casapalca.

Asimismo sabemos que las empresas mineras no controlan los precios de los metales, por lo que necesariamente tenemos que ser más eficientes en el manejo de los costos, por eso en el presente estudio se plantea monitorear cada uno de los procesos de perforación y voladura que involucran los costos de minado, esto conlleva al uso de criterios técnicos de la experiencia enlazados con otros métodos que lo hagan más eficientes que además de controlar los costos y nos permiten

alcanzar un mejor uso de nuestros parámetros y utilización de insumos que nos permitan alcanzar la eficiencia en las operaciones específicamente de la perforación y voladura en vetas angostas y nos permita enfrentar de mejor manera la caída de los precios de los metales.

#### **4.1.1. Datos generales del titular minero - *Compañía Minera Casapalca S.A.***

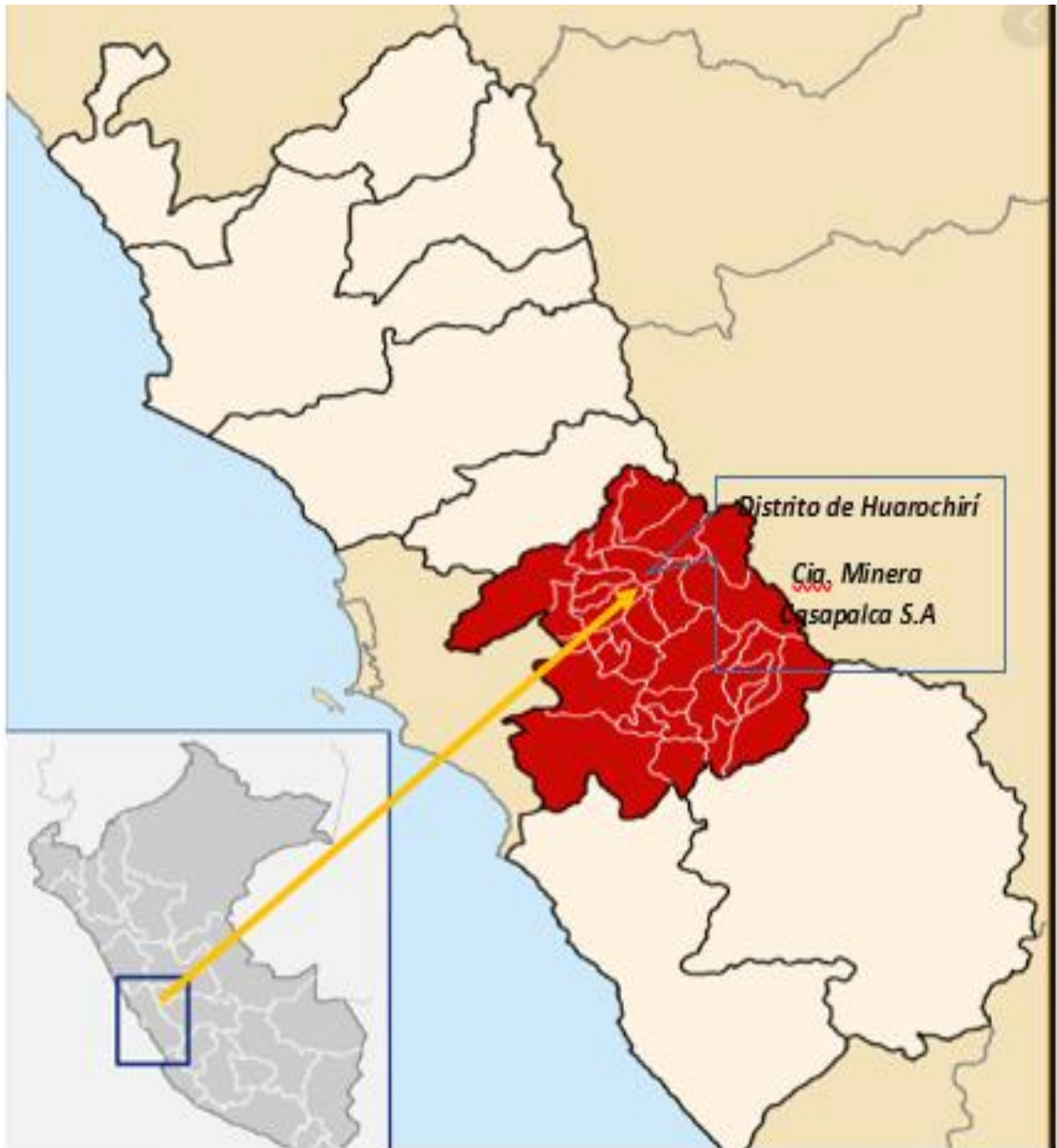
La Compañía Minera Casapalca está ubicada en el corazón de la sierra limeña en la provincia de Huarochirí, a 4200 metros sobre el nivel del mar. Es vecina de los distritos de Chicla, 3 de enero, San Mateo, San Antonio y Pomacocha. Se ubica a la altura del Km. 115 de la Carretera Central ver figura N° 01.



*Figura No. 04 - Fuente oficina de planeamiento Mina Casapalca.*



*Figura N° 05 - Ubicación de la Cia. Minera Casapalca - Fuente: Planeamiento*



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN			
Facultad de Ingeniería de Minas			
Plano:	Ubicación de la Unidad Minera Casapalca S.A.		Plano N° 01
Dib.	C. RIVAS Z	Fecha: Dic. 2019	
Aprobado:	Ing. T. García C	Escala: S/E	

Figura N° 06 – Ubicación de la Minera Casapalca.  
 Fuente Oficina de Planeamiento Unidad Minera Casapalca S.A.

### **Accesibilidad**

Su accesibilidad es mediante carretera asfaltada siguiendo la ruta Lima – Casapalca con una distancia aproximada de 118 Km; donde se encuentra la Empresa Minera Yauliyacu S.A; de donde se continúa por una carretera afirmada de 05 Km. Que sube por la quebrada Carmen hacia el S.E. y que conduce a la Cía. Minera Casapalca, con un tiempo recorrido total de 03 horas. Geográficamente, se localiza en la zona central Flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los andes, entre las coordenadas UTM: 8 712 000N; 366 000E a 8 704 000N; 366 000E 8 712 000N; 374 000E a 8 704 000N; 374 000E, en el sistema PSAD56. El acceso a la Unidad Económica Administrativa “Americana”, se realiza desde la ciudad de Lima a través de la carretera central, siguiendo las localidades de: Lima – Chosica – Surco – Matucana – San Mateo – Chicla – Casapalca hasta el Km. 115 donde están situadas las instalaciones de la Empresa Minera Los Quenuales S.A., desde este punto existe una carretera afirmada de 8 Km., que sube por la quebrada El Carmen hacia el Sureste, y que conduce a las instalaciones de Compañía Minera Casapalca S.A. El tiempo de viaje en estas vías es de 3 horas y 20 minutos, según se muestra a continuación en el siguiente cuadro adjunto.

<b>De</b>	<b>A</b>	<b>Tipo de Vía</b>	<b>Km.</b>	<b>Tiempo (hr)</b>
Lima	Casapalca	Asfaltado	115	3,00
Los Quenuales	CMC (mina)	Afirmado	08	0,20

Tabla N° 02- Acceso a la Unidad Minera De Casapalca





Figura Nº 07 – Acceso a la Mina Casapalca. Fuente Oficina de Planeamiento Minera Casapalca

**4.1.1.1. Antecedentes históricos.** J. H. Johnston (JHJ) llega al Perú en 1869 a trabajar en la construcción de los ferrocarriles del sur Mollendo-Juliaca-Cusco, luego pasa a los FFCC de Chimbote y finalmente recalca en el de Lima-La Oroya donde ingresa como miembro del staff del Sr. Henry Meiggs. En 1876, se asocia con J. Backus con miras a establecer una fábrica de hielo en el Rímac, Lima. Efectivamente ese año fundan la cervecería The Backus and Johnston Brewery Ltda., en 1890 la formalizan como Sociedad Anónima cuya razón social era The Backus and Johnston Brewery and Co. Ltda y en 1896 la registran como empresa americana.

En sus orígenes, Minera Casapalca formó parte de la Empresa Backus & Johnston. Fue constituida en 1889. Posteriormente, en 1919, fue adquirida por la compañía Cerro de Pasco Corporation, entonces de capitales norteamericanos. Luego, a raíz de la nacionalización de esta empresa, pasa a formar parte de la empresa Minera del Centro del Perú - CENTROMIN PERU. El 13 de octubre de 1986 se concreta la

constitución legal de la Compañía Minera Casapalca S.A. iniciando sus actividades el primero de enero de 1987. En 1997 se logra obtener las principales concesiones de Centromín Perú, además de los yacimientos de pequeños mineros circundantes, lo cual marca el primer paso para un desarrollo sostenido. La filosofía de la Compañía Minera Casapalca desde sus inicios ha sido la de tener crecimiento sostenido, superando las adversidades y creyendo firmemente en las capacidades del ser humano como impulsor del desarrollo y de la empresa como generador de riqueza y al mismo tiempo como gestor del progreso del país.

En la Unidad Económica Administrativa “americana” de la Compañía Minera Casapalca S.A., cuenta con la autorización para la producción de 2,700 TMD; básicamente desarrolla las actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales metálicos. El promedio de producción de mineral de cabeza en los 05 últimos años de 3'820,676.795 TMS con leyes de 3.03 Ag (oz/tc), 0.86% Pb, 0.43% Cu y 3.66% Zn, Tiene una fuerza laboral en promedio por mes de 1900 personas entre la compañía Minera y las Empresas Especializadas.

El Ciclo de la Historia Minera de la Minera Casapalca se resume en el siguiente cuadro.

## Sinopsis de la Historia de la Minera Casapalca



Figura N° 08 – Cronología de la Minera Casapalca – Fuente Of. De relaciones Publicas Recursos

**Clima:** En la zona minera se aprecian dos estaciones bien definidas:

- La temporada de lluvias comprendida entre los meses de diciembre - marzo, caracterizada por fuertes precipitaciones y presencia de nieve con una temperatura de 10°C y disminuyendo esta hasta 0°C. Con una precipitación anual de 700 mm.
- La temporada seca se da en el resto del año caracterizado por un clima seco casi en su totalidad. La altitud y sequedad de la atmósfera determinan un alto grado de evaporación, que es relativamente alta, la dirección predominante del viento, especialmente de los vientos fuertes, es desde el Oeste a Este.

Su clima es frío y seco, la temperatura promedio anual es entre 10° a 15° C, descendiendo por las noches a 4° C. Los meses de sequía son desde mayo a octubre, siendo el período de lluvias entre los

meses de noviembre a abril y los períodos de helada los meses de mayo, junio y julio.

**Fisiografía:** El Anexo de Casapalca se encuentra típicamente dentro de un ambiente de tipo glaciar, cuyas altitudes llegan hasta los 5,000 m.s.n.m. con zonas de topografía abrupta y fuertes pendientes, con geoformas modeladas por antiguos glaciares, con valles en forma de U y lagunas escalonadas; se encuentra comprendida a una altitud entre los 4,450 y 5,350 m.s.n.m.

El área de estudio se encuentra típicamente dentro de un ambiente del tipo glaciar, cuyas altitudes llegan hasta los 5,000 m.s.n.m., con zonas de topografía abrupta y fuertes pendientes, con geoformas modeladas por antiguos glaciares, se encuentra comprendida a una altitud entre los 3780 y 5300 m.s.n.m.

**Flora:** La flora que se observó en la zona de estudio estuvo compuesta mayormente por los ichus y las poaceas de porte bajo y alto en la mayor parte evaluada.

**Fauna:** La fauna más representativa que se observó en la zona de evaluación estuvo comprendida por las aves acuáticas y terrestres. Se observó la presencia de 12 especies de aves acuáticas distribuidas en 5 órdenes, y 7 familias. La gaviota andina y los Chorlos nevados fueron las especies más frecuentes.

**Hídricos:** Este recurso es en la actualidad nuestro mayor reto de control se está abasteciendo de los manantiales que de acuerdo a la época o estación anual se hace escaso por lo tanto se tiene que

abastecer de agua reciclada y reservada de las lluvias del invierno, aguas pluviales.

**Humanos:** La Unidad Económica Administrativa “americana” de Compañía Minera Casapalca S.A., pertenece al distrito de Chicla, cuya población total es de 6,085 habitantes, con un tamaño familiar de 5 personas promedio. La distribución de la población según edades en el Anexo Casapalca se divide de la siguiente manera: 33.68% de la población tiene edades entre 15 y 29 años, la población menor de 15 años es el 38.71% de la población total, la población adulta entre 30 y 60 años representa el 27.37% del total, la población adulta mayor abarca sólo un 0.25% de la población total de la comunidad de Casapalca.

La fuerza laboral actual es de 1959 trabajadores, entre jefes, administrativos, operadores, obreros, seguridad y limpieza.

**localidades más cercanas:** Para el Ministerio de Energía y Minas algunas empresas deben efectuar una serie de compensaciones a las comunidades por el uso de sus tierras y otros impactos. Otras asumen como parte de su Misión Corporativa un compromiso de Responsabilidad Social que implica efectuar un aporte al desarrollo de la comunidad. En uno y otro caso la empresa realiza transferencias de valor a las comunidades bajo la forma de pagos en efectivo, desarrollo de infraestructura, capacitación, oferta de servicios, etc. Es necesario que las empresas y las comunidades estén conscientes de que estas transferencias pueden tener un impacto positivo sobre la población, pero también pueden generar

efectos nocivos como el desarrollo de una relación paternalista y dependiente de la localidad con respecto al proyecto.

<b>POR EL NORTE</b>	CON TICLIO
<b>POR EL SUR</b>	CON LA COMUNIDAD DE BELLAVISTA
<b>POR EL ESTE</b>	CON YAULI
<b>POR EL OESTE</b>	CON CARAMPOMA

Tabla N° 03 Comunidades circundantes con la Minera Casapalca

Fuente: Propia

**Suelos:** Las actividades mineras alteran el estado natural del suelo debido a la construcción de caminos, basureros y el desarrollo de excavaciones a la intemperie. Cuando no se toman las prevenciones adecuadas, la roca removida, y la erosión posterior de la tierra puede transportar la sedimentación generada hacia los arroyos, ríos y lagos ubicados en las cercanías de las actividades mineras, pudiendo obstruir las riveras de los ríos, la vegetación de éstas y el hábitat para la fauna y los organismos acuáticos. El manejo de relaves es una operación requerida para recuperar y reutilizar el agua y evitar filtraciones hacia el suelo y subsuelo. Además, la prevención y el tratamiento del DAM, así como de la contaminación del agua por metales pesados y por la erosión, son requeridas para evitar la contaminación y degradación de los recursos hídricos. Cuando esto no ocurre, los contaminantes generados, al tener contacto con el agua y el subsuelo, alteran la composición natural de estos últimos, lo que a su vez afecta a la fauna, flora y a la población que se ubica próxima a las operaciones de la mina.

**Recursos hídricos:** El Anexo de Casapalca se encuentra dentro del sistema de las 03 Micro cuencas: micro cuenca de la Quebrada Huarochirana, Micro cuenca de la Quebrada Magdalena y la Micro cuenca de la Quebrada Pumatarea.

**Aire Comprimido:** Se requerirá una compresora de 1 800 CFM para el método de corte y relleno. El detalle de consumo de aire es el siguiente:

**Método por corte y relleno ascendente**

<b>Equipo Disponible</b>	<b>CFM</b>
<b>Jacklege 12 x 171 x 0,40</b>	<b>821</b>
<b>Stopers 10 x 179 x 0,40</b>	<b>716</b>
<b>Palas mecánicas 1.5. Yd3-2 x 20 x 0,30</b>	<b>120</b>
<b>Sub total</b>	<b>1657</b>
<b>Pérdidas (10%)</b>	<b>165,7</b>
<b>Total</b>	<b>1823</b>
	<b>1800.</b>

Tabla N° 04-Cantidad de AC requerido en la Minera Casapalca

**Energía Eléctrica:** La necesidad de energía eléctrica en la mina es mínima, debido a la escasa cantidad de equipos y maquinarias que son accionados con electricidad, siendo la mayoría accionada por energía neumática o combustible; la utilización de energía eléctrica se limita para el alumbrado del campamento y accionamiento de equipos menores (cargador de baterías, aguzador de barrenos, equipos, de soldadura, etc.). Se adquirirá un equipo electrógeno de 450 kw. de capacidad.

**4.1.1.2. Geología local.** El distrito minero de Casapalca, tiene un tipo de yacimiento hidrotermal – Filoniano, está emplazada mayormente en rocas volcánicas – Andesítica fanerítica de la formación Carlos Francisco y es allí en donde se emplaza estructuralmente y mineralógicamente sus mayores leyes y potencias de veta de este tipo de formación; tienen aproximadamente 1,500 mt. De longitud con una potencia promedio de 0,50 mts.

Luego tenemos el volcánico-andesita afanítico de la formación Tablachaca, estructuralmente tiene una potencia de 0,25 mts. Donde se tiene rocas de caja muy competentes.

Asimismo, se tiene las calizas gris-gris oscura de la formación Bellavista, rocas sedimentarias en esta la mineralización se presenta algo diseminado debido a al fracturamiento diagonal a la veta principal.

El zoneamiento a esta cota en la veta delgada con un buzamiento promedio de 75° SW, en el mineral en el que predomina la Plata que se presenta en compuesto de un sistema tetraédrico y en menor proporción el Zinc (esfalerita), Plomo (galena), y el Cobre (Chalcopirita) y tetraedrita, haciéndose notar en profundidad el Zn. Y el Pb. Se incrementan.

La dureza de la roca es alta (6 – 7) en los volcánicos tablachaca, por la silificación en la estructura y con una dureza media en el volcánico Carlos Francisco (4 -5), asimismo, en las calizas del grupo Bellavista es un tanto suave (3-4), con una mayor presencia de los carbonatos como la rodocrosita (CO<sub>3</sub>Mn).



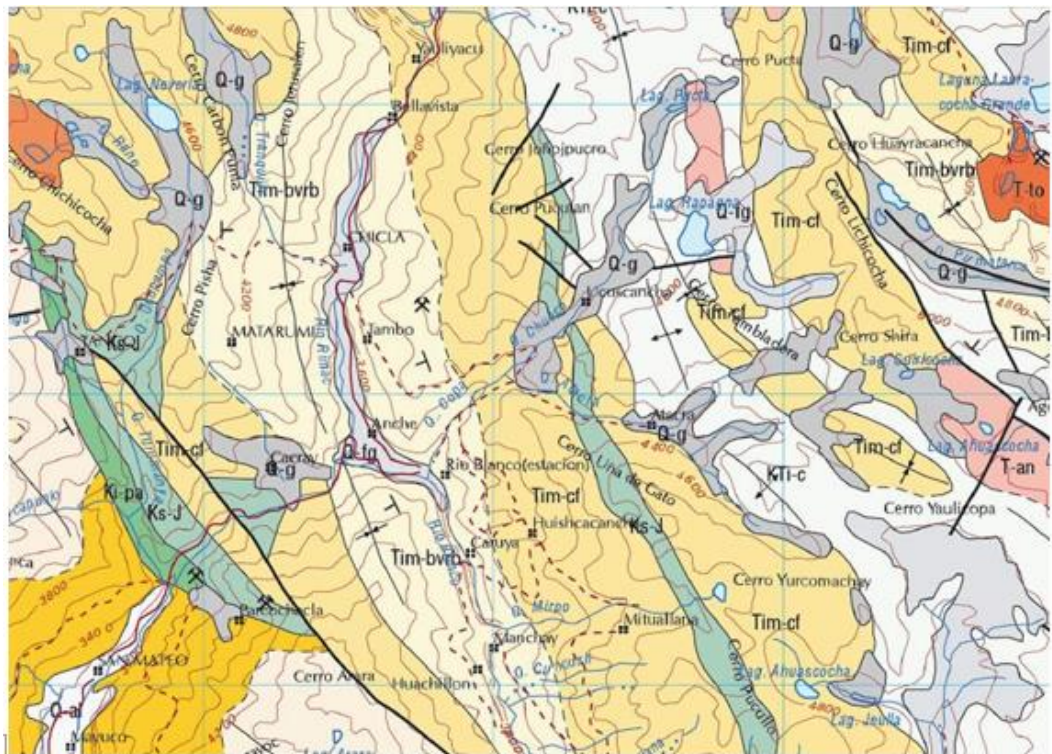
<b>TIPO</b>	<b>TMS A</b>	<b>VETA A</b>	<b>MINADO</b>	<b>\$/TMS</b>
<b>PROBADOS</b>	411,173	0,64	0,80	41.75
<b>PROBABLE</b>	30,327	0,59	0,80	36.42
<b>TOTAL</b>	441,500	0,64	0,80	1.42
<b>POTENCIAL</b>	914,800			46.10

Tabla N° 05 Reservas Minerales al 2018  
Fuente Of. De planeamiento-Mina Casapalca.

La cía. minera Casapalca s.a. es una mina de labor subterránea productora de cobre, plomo, plata y zinc. La mineralización ocurre en estrechas vetas polimetálica, rica en minerales de plata con contenidos de plomo y zinc, por otro lado, la mineralización también es encontrada en cuerpos medianamente mineralizados de forma irregular en mayoría de zinc con contenidos de cobre y plata.

En la zona de vetas la Mina Casapalca es productora Plata (Tetrahedrita, freibergita) de Plomo (Galena), Zinc (Esfalerita), y cantidades menores de Cobre (Calcopirita, Bornita), los cuales son los minerales de mena de mayor abundancia; los minerales de ganga están representados principalmente por pirita, calcita, rodocrosita, rodonita y cuarzo.

En la zona de Cuerpos la mina Casapalca es productora principal de Zinc (Marmatita y Esfalerita) y en menor cantidad plata, plomo y cobre. Los minerales de ganga están representados principalmente por pirita, calcita, y cuarzo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN			
Facultad de Ingeniería de Minas			
Plano:	Geológico de la Unidad Minera Casapalca S.A.		Plano N° 02
Dib.	C. RIVAS Z	Fecha: Dic. 2019	
Aprobado:	Ing. T. García C	Escala: S/E	

Figura N° 09 – Mapa Geológico de la Minera Casapalca: Fuente – Departamento de Geología

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

En las rocas sedimentarias se emplazan cuerpos mineralizados de forma muy irregular, producto del re-emplazamiento de la matriz calcárea por soluciones hidrotermales.

En el área de la concesión minera Casapalca se encuentra diversos afloramientos desde simples fracturas rellenadas con carbonato

(calcita), hasta vetas anchas rellenas con carbonatos, cuarzo y sulfuros, se presentan varias vetas casi paralelas siendo las principales:

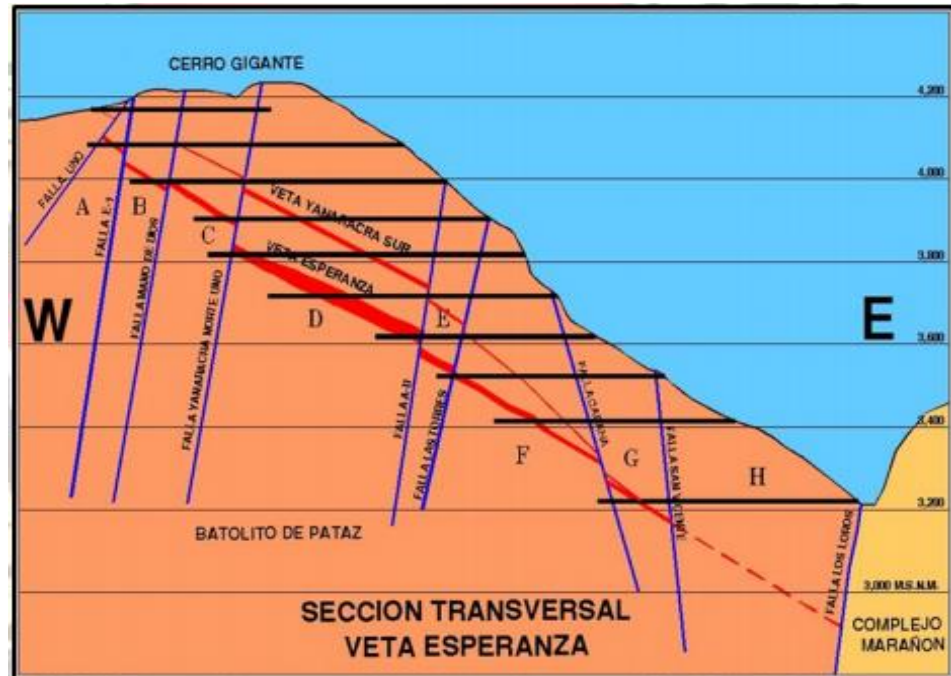


Figura N° 10 – Sección transversal Veta Esperanza – Fuente Dpto. Geología.

## Veta Esperanza

### Veta oroya

**4.1.1.4. Geología estructural** La mina Casapalca es un yacimiento poli metálico del tipo "cordillerano" con minerales, cuya génesis es a partir de los fluidos hidrotermales que traen los iones metálicos y rellenan las fracturas con sulfuros y sulfosales Ag, Pb, Zn y Cu, dando lugar a vetas y cuerpos mineralizados.

Las reservas de mineral estos últimos años se ha incrementado considerablemente, debido a los buenos resultados en las exploraciones y desarrollos de las Vetas Oroya, Ximena, Ximena Piso, Esperanza, Esperanza Piso, Mariana Piso. En los cuerpos mineralizados, la reserva disminuyó 2 % con relación a la estimación

anterior; debemos notar que los cuerpos Chiara, Micaela 2, Emilia Norte, Carmen 4; han incrementado sustancialmente sus reservas. En esta cubicación no se ha considerado los cuerpos Casapalca registrado con sondajes diamantinos en los niveles 10, 14, 18 y los cuerpos Alfa en el nivel 18.



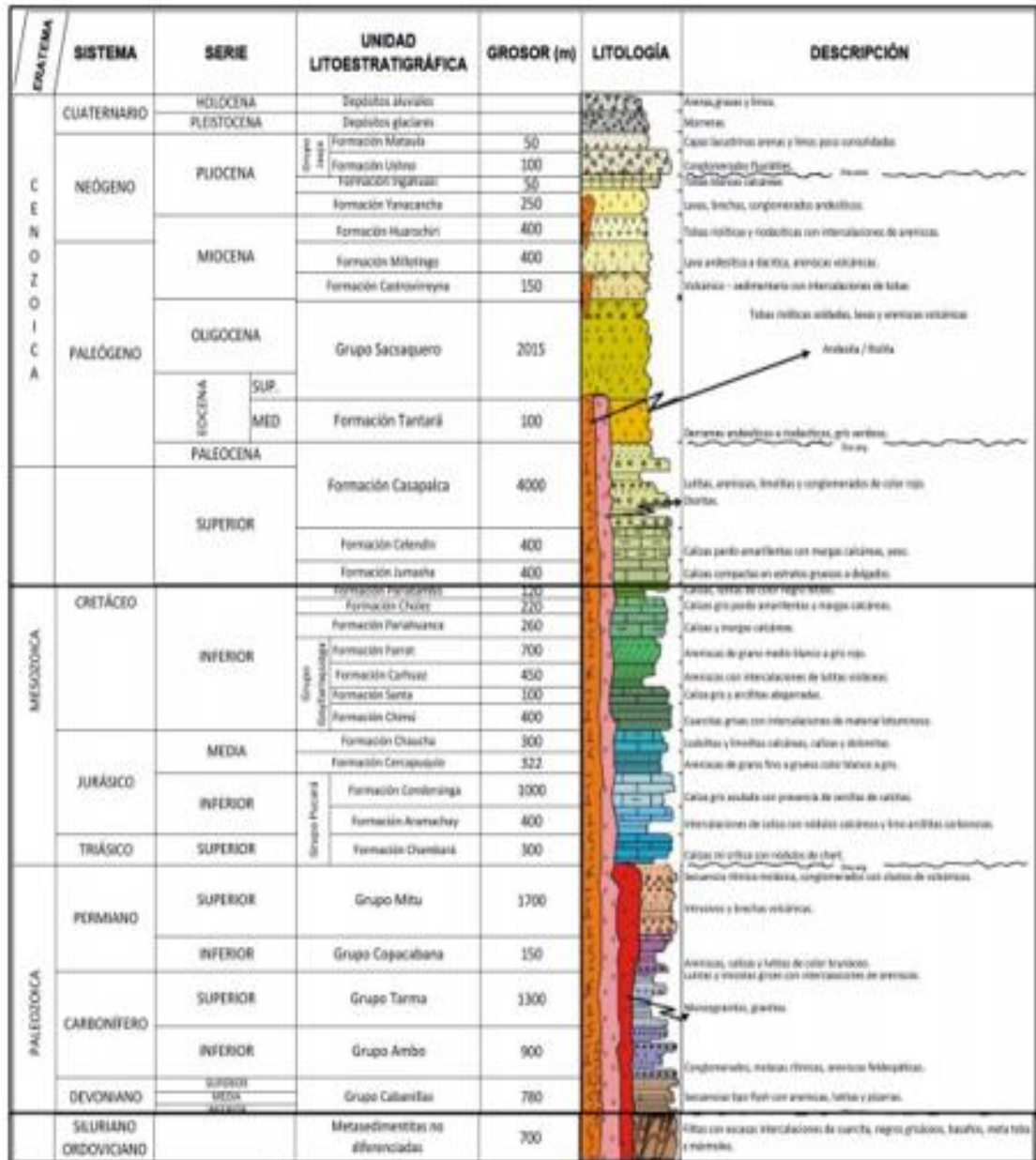
Figura Nº 11- Formación estructural Casapalca, Fuente Dpto. Geología Mineralización

**La mineralización:** se presenta en vetas rellenando fracturas, las cuales atraviesan la secuencia estratigráfica del distrito y cuerpos mineralizados que se emplazan principalmente en la formación Casapalca. La mineralización muestra una marcada distribución zonal, siendo esta más acentuada en la dirección horizontal que en la vertical. La alteración hidrotermal de las rocas encajonantes aparentemente sigue una secuencia normal, es decir silicificación, piritización, sericitización en zonas aledañas a las vetas y propilitización a cierta distancia de ellas. Con la exploración de sondajes diamantinos se obtuvo información de la continuidad y profundización de los cuerpos mineralizados. En el desarrollo de los laboreos se obtuvo información más detallada de los cuerpos mineralizados, mediante mapeos geológicos paralelo a los muestreos.

En la zona de cuerpos de la Mina Casapalca se tiene calculado hasta junio del 2015, una reserva de mineral con un aproximado de 5'345,564 TMS.

En la zona de vetas la Mina Casapalca es productora Plata (Tetrahedrita, freibergita) de Plomo (Galena), Zinc (Esfalerita), y cantidades menores de Cobre (Calcopirita, Bornita), los cuales son los minerales de mena de mayor abundancia; los minerales de ganga están representados principalmente por pirita, calcita, rodocrosita, rodonita y cuarzo.

En la zona de Cuerpos la mina Casapalca es productora principal de Zinc (Marmatita y Esfalerita) y en menor cantidad plata, plomo y cobre. Los minerales de ganga están representados principalmente por pirita, calcita, y cuarzo.



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN</b>			
<b>Facultad de Ingeniería de Minas</b>			
<b>Plano:</b>	<b>Estructural de la Unidad Minera Casapalca S.A.</b>		<b>Plano N° 03</b>
<b>Dib.</b>	<b>C. RIVAS Z</b>	<b>Fecha: Dic. 2019</b>	
<b>Aprobado:</b>	<b>Ing. T. García C</b>	<b>Escala: S/E</b>	

Figura N° 12- Plano de Columna Estratigráfica Minera Casapalca Fuente Área de Geología

#### **4.1.1.5. Geología económica.**

En las operaciones mineras la principal actividad es de explotación del mineral, para lo cual se da un método de explotación el cual depende del tipo de yacimiento y las condiciones geológicas y geomecánicas que puedan existir, en la zona de Oroya y Esperanza el método de explotación es Corte y Relleno Ascendente Convencional; en la zona de cuerpos es con Corte y Relleno Ascendente. Tomando en cuenta la potencia de mineralización para nuestro caso veta angostas.

#### **Trabajos subterráneos corte y relleno**

Es un método de explotación ascendente (realce), donde el mineral es arrancado en franjas horizontal y/o verticales empezando por la parte inferior de un tajo y avanzando verticalmente. Cuando se ha extraído la franja completa se rellena el volumen correspondiente con material estéril (relleno), que servirá de piso para seguir con los trabajos, al mismo tiempo permite sostener los hastiales de la labor.

#### **Parametros del Método Shirinkage**

Se cuenta en la Unidad con los siguientes y principales parámetros de minado:

- Característica del mineral es competente y no propenso a oxidarse ni cementarse por arcillas.
- Las rocas de caja son competentes a moderadamente competentes.
- Forma de depósito mineral se cuenta de forma vertical, uniforme en su inclinación y contactos. Inclinación  $> 45^\circ$ , mejor  $60^\circ$
- Tamaño: Angosto a moderado espesor de 1 m a 30 m.; Largo: 15 m. en adelante

- Ley de mineral: Moderadamente alta.

### Método de Shrinkage Stopping

Este método se aplica generalmente en vetas como las que tenemos en Casapalca, que son angostas de 0,9 m a 30 m., o a cuerpos donde otros métodos son inviables aplicarlos económicamente. En este método en la Unidad Casapalca, para asegurar que el mineral fluya (que no se “cuelgue”), el mineral debe estar exento de arcillas, no debe oxidarse rápidamente generando lo que llamamos en minería cementación. El cuerpo mineralizado es de tipo continuo por lo tanto es controlable la dilución.

El material estéril debe extraerse como dilución o se deja como pilares aleatorios (que no impidan el flujo) ver figura N°04.

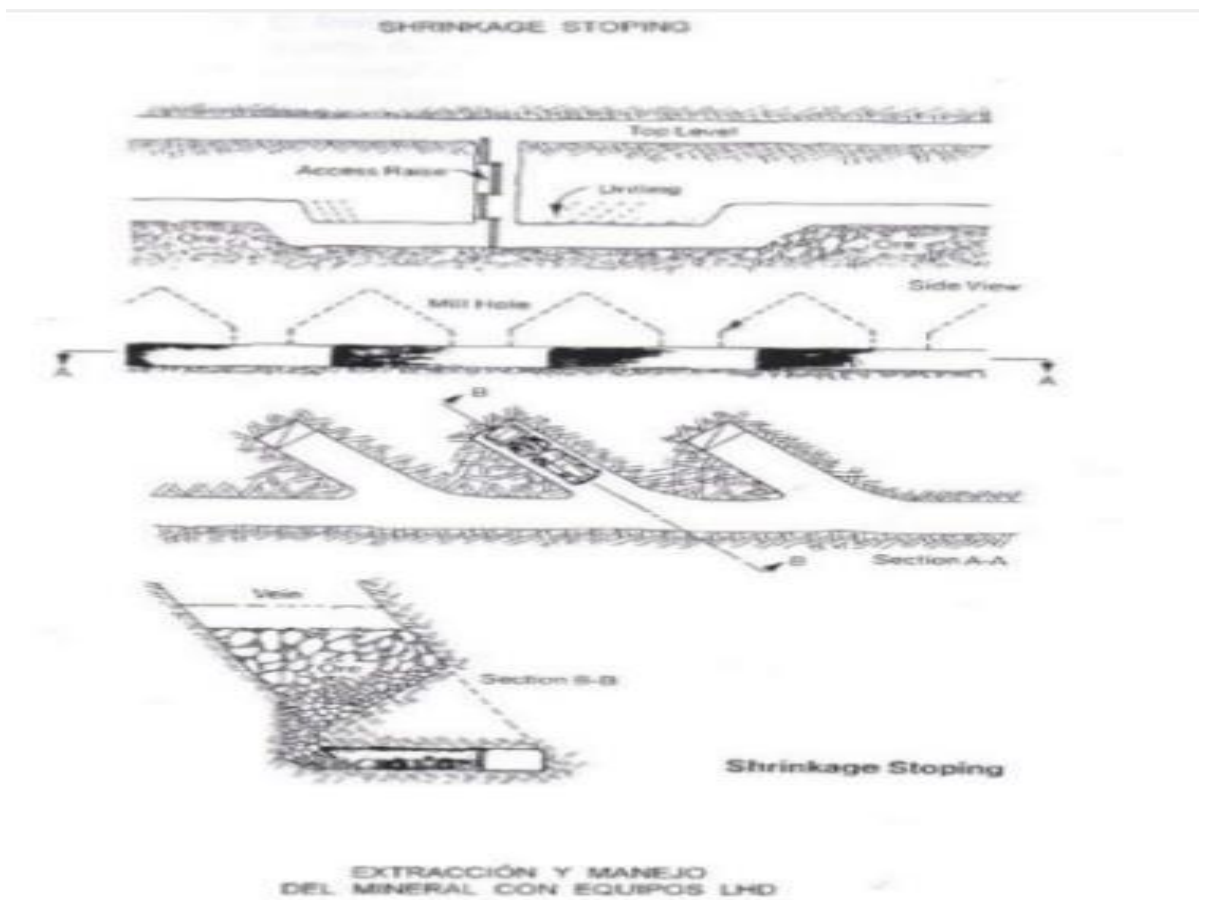


Figura N° 13 Shrinkage Stopping - Fuente Planeamiento Mina Casapalca.



### **Método de Shirinkage Estático**

Este método, es una variante del método de minado Shirinkage Stopping, en la mina Casapalca por sus características de su yacimiento es posible adecuarlo al momento toda vez que está condicionado a las siguientes características:

Es de características de minado intensivo, en mano de obra y no puede ser fácilmente mecanizado, se emplea en vetas estrechas o en los que no se puede emplear otro método, asimismo es aplicable en vetas con un intenso buzamiento y con yacimiento competente en cajas y techo para soportarse.

Debido al esponjamiento del mineral producto de la voladura se acostumbra retirar del 30% al 40% del mineral fragmentado en cada caserón de manera que se deja espacio suficiente de trabajo, esto significa que del 60% al 70%, del mineral se deja como plataforma para la secuencia del minado.

### **Ventajas y Desventajas del Método**

#### **Operaciones Unitarias**

Las clásicas operaciones mineras que se realizan para obtener una eficiencia y productividad lo constituyen las siguientes operaciones unitarias en la Unidad Minera Casapalca con la finalidad de cumplir con los objetivos del proyecto y consideramos los siguientes parámetros de control subterráneo:

#### **Perforación para Minado en Vetas Angostas**

Para el propósito de nuestro estudio se ha diseñado la malla de perforación la que más se ajusta para nuestra realizada en la mina, para lo cual se han analizado modelos manuales desde el más simple al más complejos que requieren cálculos engorrosos y de acuerdo a nuestras deducciones y experiencias y con conocimiento de varias propiedades físico-mecánico de

las rocas y de los explosivos tal como la resistencia a la tensión, compresión, coeficiente de elasticidad y clase de mineral, etc. Los cuales en el campo estos parámetros son un tanto difíciles de determinar, por ello, para nuestra realidad se ha escogido el modelo matemático de Dr. ASH., con las que se han determinado los estándares de rotura para nuestro proyecto teniendo los datos como se muestra.

### **Operaciones mina y plan de minado**

**Descripción de las operaciones.** El sistema de minado actual que viene realizándose Casapalca, es el método de sublevel stoping y corte relleno ascendente convencional, semi mecanizado y mecanizado con relleno hidráulico y detrítico. Casapalca viene operando con una producción de mineral de 150,000 Ton. 1 mes y con leyes de cabeza de 6.22 Oz/TC de Ag, 1.73 % de Pb, 0.35% de Cu y 2.32 % de Zn.

### **Labores Mineras**

La mina cuenta con 03 accesos principales, uno en la parte baja a la altura del Campamento Potosí a través del túnel Gubbins (XC - 800 NE) del nivel 4 a una altura de 4,225 m.s.n.m.(cabe mencionar que este es acceso principal para la ZONA ESPERANZA), otro en la parte mediana a la altura de acceso al campamento Carmen a través del túnel Álex (XC - 390 NE) del nivel 1 a una altura de 4,300 m.s.n.m. y el otro en la parte alta a la altura del campamento Carmen (XC- 435) del nivel 435 a una altura de 4,440 m.s.n.m., donde también se encuentran ubicadas las instalaciones industriales de la empresa.

La mina presenta 18 niveles desde el nivel 435 al nivel 18, con una diferencia de altura de 900 metros y se viene explotando hasta el nivel 18 además se

divide en 4 zonas principales: Gubbins, Cuerpo Mery, Esperanza y Oroya siendo la zona esperanza y Oroya donde se presenta los mejores valores de plata, especialmente en profundidad.

El nivel 1 túnel Álex (XC - 390 NE), por donde se extrae el 60% de la producción utilizando el pique 650 con skip de 10 TN hasta las tolvas de superficie, el otro ubicado en el nivel 435 (XC- 435), por donde se extrae el 30% de la producción utilizando el pique 790 con skip de 5 TN hasta las tolvas de superficie y túnel Gubbins (XC - 800 NE) del nivel 4 por donde se extrae el 10% de la producción y una flota de 25 Volquetes de 25 TN para el transporte hasta la planta de beneficio.

Para la explotación la mina se aplican dos métodos de explotación: Uno para la zona de vetas angostas donde se trabaja con método convencional, semi mecanizado y el otro para zona de cuerpos con métodos mecanizados. Las labores de exploración y desarrollo se realizan con sección de 2.70 m. x 2.70 m. y diferencia de cota de 50 m., estas galerías se corren siguiendo la dirección de la veta y utilizando pernos helicoidales para su sostenimiento. Para tener acceso y extraer el mineral de los niveles inferiores ubicados debajo del nivel 4 se ha construido el Pique 790 en la zona de Oroya, Patty y 650 Alex en la zona de Esperanza, actualmente los piques 650 y 790 respectivamente llegan hasta el NV 18.

#### **4.1.2. Operaciones mina y plan de minado**

##### **4.1.2.1. Método de explotación.**

En este Yacimiento de vetas angostas se han adaptado por técnicas de explotación diseñado para vetas de este tipo los siguientes métodos:

- a) **Método de corte y relleno Hidráulico (CRH);** Que proporciona según el planeamiento el 60% de mineral.
- b) **Shirinkage Stopping – almacenamiento dinámico (SAD);** que cubre un 25% de mineral de mina.
- c) **Shirinkage Estático (SE);** de donde se provee un 5% del mineral de mina o cabeza.

#### 4.1.2.2. Preparación de minado.

De acuerdo al planeamiento se tiene una dinámica de preparaciones adecuadas a este tiempo por lo que pasa la minería nacional, en tal sentido tiene en cuenta de veta explorada y desarrollada, block preparado con el método diseñado, con lo que el mineral insitu queda lista para el inicio de la explotación o rotura, con un promedio por mes de preparación en promedio de 180 mt. – 200 mts.

Con las siguientes consideraciones para cada método de minado subterráneo:

- **Corte y Relleno Hidráulico:** Sub galerías dejando 3 metros de pilar con una chimenea Central de triple compartimiento, Chut camino, Chut con ala de 25 mts.
- **SH stopping:** Box hole, cada 5 mts. Dejando un triángulo de base de 5 mt. Con altura de 3 mts. Y buzones de tipo americano.
- **SH Estático:** Este método es una variante del SH Dinámico, y su perforación es similar a la del Corte y Relleno Hidráulico.

**Ventajas:**

- Tasa de producción en la Unidad de pequeña a mediana
- Vaciado del caserón por gravedad
- Método simple para vetas angostas
- Capital bajo, con mediana mecanización posible
- Soporte de mineral y paredes es mínimo
- Desarrollos moderados
- Buena recuperación (75% a 100%)
- Baja dilución (10% a 25%)
- Es selectivo el minado

#### **Desventajas**

- Productividad baja a moderada (3 a 10 Tn/hombre-turno)
- Costo moderado a alto si no se controla
- Mano de obra intenso
- Limitada mecanización
- Difíciles condiciones de trabajo
- Se conserva aproximadamente el 60% del mineral estoqueado o preso hasta el final.
- Efectos de apelmazamiento del mineral
- Se está propenso a perderse el caserón si no se trabajó con cuidado y control.

### **Exploraciones y Desarrollos**

Una vez reconocida y limitada la veta, las labores sobre esta y para casos de bloques se denomina como desarrollos las que están relacionados directamente con la preparación de explotación. (ver cuadro operaciones).

<b>PRODUCCIÓN TM.</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
<b>TMR</b>	<b>4,702.83</b>	<b>5,870.33</b>	<b>8,921.42</b>	<b>8,448.92</b>	<b>10,694.00</b>	<b>11,680.20</b>	<b>11,680.00</b>

Cuadro N° 06 Toneladas métricas rotas (TMR) 2012 – 2018  
Fuente Of. Planeamiento Casapalca.

Dentro del plan sostenido en la empresa Casapalca, las exploraciones y desarrollos para el segundo semestre del 2018, se ha incrementado en un rango del 30%, con lo cual se ha cumplido con la meta y se gana reservas mayores al 20%.

La empresa tiene en su planeamiento la ampliación del pique vertical de doble compartimiento de 30 metros de profundidad y otro inclinado que parte del último nivel de ataque 435. Para facilitar la explotación y hacer más dinámico los servicios de las operaciones de minado.

#### **4.1.2.3. Extracción y movimiento del material**

La fase de la extracción se tiene una garantía de eficiencia con una flota de equipos en el interior de la mina, los que son distribuidos en los 6 niveles, los que se cuenta con:

- 03 Winches de Izaje
- 05 Locomotoras de 4 toneladas

- 110 Carro mineros tipo-U35
- 20 Winches eléctricos de arrastre de 15 HP.

Con estos equipos no se tendrán problemas del movimiento del material roto para el transporte solo se debe contar con una buena disponibilidad física y mecánica, de manera que garantice nuestra operación.

#### **consideraciones técnicas**

- Densidad:	3 Tm/m3	
- Tipo de Roca:	Andesita	
- Explosivos:	<b>Semexa 80</b>	<b>Exadit 65</b>
- Potencia/peso (TRUZL)%	76	68
- Poder rompedor o brizance	17	14
- Velocidad de detonación mm/sg.	4200	3600
- Resistencia al agua	Muy buena	Regular
- Densidad	1.12	1.05
- Presión de detonación Kbar.	80	62
- Diámetro de taladro mm.		38

#### **VOLADURA PARA EL MINADO DE VETAS ANGOSTAS**

##### **Estandar de la Densidad de Carga (Dc)**

$$Dc = 0,34 * \phi^2 * S$$

$\phi =$  *Diametro del explosivo*

$$Dc = 0,34 * \left(\frac{7}{8}\right)^2 * 0,90 = 0,23 \text{ Lbs./pie}$$

#### Altura de Carga (Pc)

$$Pc = H - T$$

$$Pc = 4 \text{ pies.}$$

#### Explosivos por Taladro (Et)

$$Et = Pc * Dc$$

$$Et = 4 \times 0,23 = 0,92 \text{ Lbs./talad.} = 0,46 \text{ Kg. /talad.}$$

#### Factor de Potencia Explosiva (Fp).

$$Fp = \frac{Et}{Dp}$$

$$Fp = 0,46/0,64 = 0,71 \text{ Kg/Tn.}$$

Parámetros	B(2x1)cm	E (cm.)	H (m)	T (cm.)	Dc (lbs/pie)	Pc (Plg)	Et Lbs/tald)	Fp (Kg/Tn)
Valor	35	42	1,60	30	0,23	4	0,92	0,71

Tabla N° 07 resumen de parámetros de voladura  
Fuente *Elaboración Propia.*

#### Parámetros Complementarios

Densidad de Perforación: **5.7 Tal./m**

Área de Minado: **5. Hrs.**

Perforación efectiva: **5 Hrs.**

Producción por taladro (Tn/Tald.): **0,78**

#### 4.1.2.4. Aspectos y consideraciones técnicas

##### Equipos de perforación usado para el proyecto



Para el desarrollo de estudio se ha seleccionado equipos convencionales y versátiles, considerando el modelo y peso y la capacidad de empuje como se detalla:

- Marca: Montabert
- Modelo: T – 28
- Tipo: Stoper
- Barrenos: Serie 2' 4' y 6'
- Velocidad de perforación: 10 min. /taladro (ciclo).

### **Capacidad de Perforación (C.P)**

Para determinar la capacidad de perforación considerando un parámetro importante para el diseño de perforación utilizamos una formula conocida y aplicado por la experiencia en trabajos de perforación los que considera parámetros que comprometen su eficiencia esto es:

$$CP = \frac{60 * F}{\left[ Pe + \left( \frac{NCB}{Cb} \right) + \left( \frac{F}{VP} \right) \right]}$$

Donde:

Posicionamiento y empate (PE):	0,8 minutos
Cambio de barreno (Cb):	0,4 minutos
Número Cambio de Barrenos (NCB):	3
Velocidad de penetración (Vp):	0,75 pies/minuto
Longitud de taladro (F):	6 pies
Capacidad de Perforación (CP):	36 pies/hora

Aplicamos los datos en la relación matemática brindada se obtiene como Capacidad de Perforación 36 pies perforados por hora.

### **Diseño de la malla de perforación**

La relación matemática, en algún proyecto considera la subperforación ( $k_j$ ), como parámetro de voladura básica que dispone el modelo asignado por lo que no se adapta a la realidad del proyecto. La relación de sobre perforación para el estudio no se requiere, ya que se trata de perforación vertical ascendente o descendente no se debe dejar tacos.

Conociendo las características básicas de la voladura de nuestro estudio de minado de labores angostas determinamos los estándares y parámetros de perforación y voladura como se muestra.

#### **1. Estándar de burden (kb)**

- Densidad de roca ( $D_r$ ): 3 Tn/m<sup>3</sup>
- Densidad del explosivo ( $D_e$ ): 1.12 gr/cm<sup>3</sup>
- Factor Subterráneo ( $K_b$ ): 15 -10

Para nuestro caso:  $K_b = 12$

Entonces:

$$B = (K_b * D_e) / 12$$

$$B = 1.06 \text{ Pies} = 0,35 \text{ Cm. (malla } 2 \times 1)$$

#### **2. Estándar de espaciamento (ks)**

Teniendo como regla fundamental de las constantes de voladura establecemos para el estudio de la siguiente forma:

$K_s = 1.00$  para intervalos grandes

$K_s = 2 - 1.8$  para intervalos cortos

$K_s = 1.5$  Para cargas iniciadas simultáneamente.

Para Casapalca y de acuerdo a las características de los parámetros asumimos intervalos de tiempo cortos:

$K_s = 1.20$

Entonces, aplicando la relación del espaciamiento:

$$S = K_s * B$$

$$S = 1.27 \text{ pies} = 42 \text{ Cm.}$$

### 3. Estándar de profundidad del taladro (h)

Por la teoría experimental de ASH, y de acuerdo a las características del diseño de malla de nuestro proyecto se considera: ASH, un valor entre (3 – 4,5) B

Luego:

$$H = F * B$$

$$H = 4,5 \times 1.06 = 4.80 \text{ pies} = 1,60 \text{ mt.}$$

### 4. Estándar del cuello (kt)

Sabemos que por teoría de la voladura en minería subterránea toman intervalos técnicos de 1 – 0,7, de acuerdo a las características de nuestro proyecto tomamos:

$K_t = 1.$

Luego:

$$t = K_t \times B = 1.06 \text{ pies} = 30 \text{ cm.}$$

### Fases de operación estándar

- Tajeo de CRH: perforación y voladura

Campeo

Perforación y voladura

Jale del Mineral

Encofrado – Enyutado para el R/H

R/H de tajeos

Estas seis fases de actividades constituyen un ciclo completo de una operación estándar en la mina de Casapalca que se han propuesto para nuestra investigación.

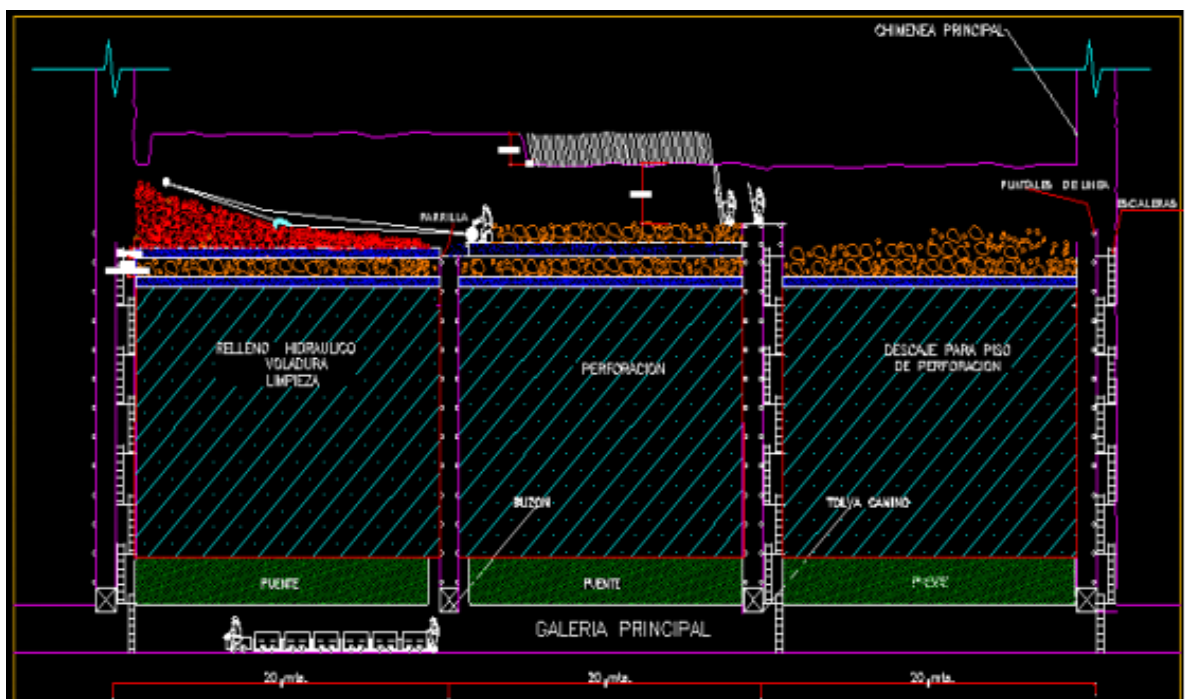


Figura N° 14 Fase de operación Standar

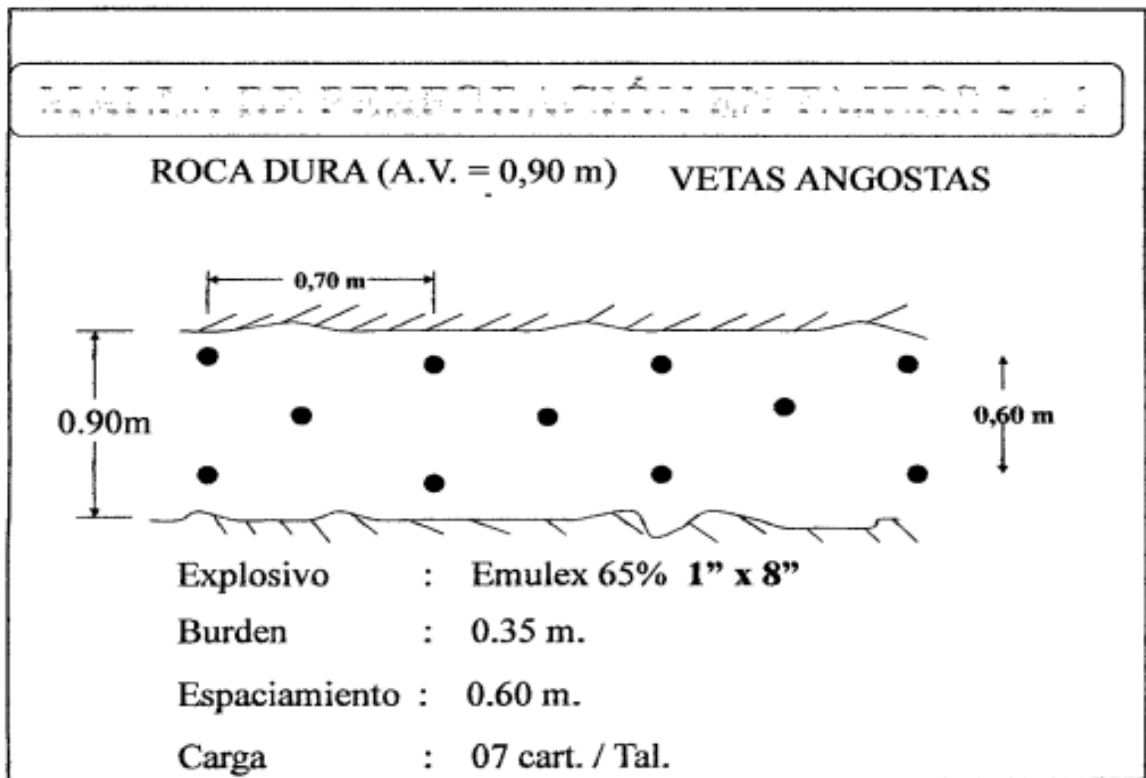


Figura N° 15 - Vetas Angostas – Fuente Propia.

#### 4.1.2.5. Control de calidad y costos (de manera amplia y consistente)

##### Procedimiento de supervisión y control

En la Unidad de Casapalca con la finalidad de conseguir la eficiencia deseada en la perforación y voladura se han establecido procedimiento de control de los parámetros con los que se respalda el proyecto. Estos son:

- Marcado de malla de perforación con pintura y plantilla
- Control del Paralelismo de los taladros
- Control de profundidad de los taladros
- Piso de perforación nivelado
- Control “Luz” de operación 2.2 – 2.4 metros
- Embudos antes del disparo en Shrinkage Stopping (30 % Espg.)
- Afilado y seriado del juego de barrenos
- Sostenimiento de caja (Puntales de Seguridad).

### **Resultados de bancos obtenidos de disparo propuesto**

Con este dimensionamiento de perforación y voladura se ha logrado un estándar de producción y control de calidad sostenido, cuyos resultados se visualizan en los cuadros estadísticos adjunto que se presenta como resultado del presente estudio y que demuestran la evolución en el periodo de tiempo analizado del 2012 – 2018.

### **Costos Operativos**

#### **Análisis de los Costos Operativos**

Los costos de explotación se engloban en los rubros de perforación (Barrenos, Brocas, Personal), Voladura (Explosivos, accesorios de voladura), equipos de protección y herramientas que, en conjunto están en un rango de US \$ 6.0/Tn. Adicionando por equipos de perforación 12%, y por materiales y gastos generales un 10%, que hacen un costo unitario de explotación Mina por debajo de US \$ 8.0/Tn.

Este costo se va optimizando con la productividad, es decir, la mano de obra en minería convencional como la de Casapalca, reporta un 40%, del costo total, por esta razón la relación TMR/H-G, debe subir sobre 4 ó 4,5; esto se logrará haciendo que el personal rote en una parte, lo que se entiende como mineral puesto en tolva, el acarreo y extracción lo realiza el personal de Compañía en función a sus necesidades de volumen y conservación de la ley de mineral.

Labores	Nivel	Sección	Cantidad	Unidad	Cost. Unit. USD/Unid	Costo
Cruceros	3700, 3650, 3600, y 3550,	2,1 m x 2,4 m	280	m	334,60	93,688.00
Galerías	3700, 3650, 3600, y 3550,	2,1 m x 2,4 m	280	m	334,60	936,880.00
Chimeneas de desarrollo	Entre 3700 y 3500	1,2 m x 2,4 m	280	m	262,00	733,600.00
Chimeneas de ventilación y servicios	Entre 3700 y 3500	1,2 m x 1,5 m	300	m	237,00	71,100.00
Ore Pass	Entre 3700 y 3500	1,2 m x 1,5 m	200	m	237,00	47,400.00
Rest. Ambiental progresiva			10	%		188,266.00
<b>Total USD</b>						<b>2'070,934.00</b>

Tabla N° 08 Costos Operativos de preparación y desarrollos

RUBRO	USD/tm
<b>1. Costo de Labores de exploración y Desarrollos</b>	<b>1,15</b>
<b>2. Costo de labores de Preparación</b>	<b>2,20</b>
<b>3. Costo de minado</b>	
- Perforación	<b>5,51</b>
- Limpieza y extracción	<b>1,90</b>
- Relleno	<b>1,46</b>
<b>4. Costo de Carguío y Transporte</b>	<b>2,98</b>
<b>Costo Sub-Total de Operación Mina</b>	<b>15,20</b>
<b>Gastos Generales Mina</b>	<b>9,10</b>
<b>Costo Total de Operación Mina</b>	<b>24,30</b>

Tabla N° 09 Costos Unitarios de producción

ÁREA	IMPORTE MENSUAL (USD)	IMPORTE ANUAL (USD)	USD/TM
Mina	121,500.00	1 458,000.00	24.30
Planta	90,650.00	1 087,800.00	18.13
Servicios auxiliares	20,250.00	243,000.00	4.05
Administración	32,950.00	395,400.00	6.59
Comercialización y ventas	12,500.00	150,000.00	2.50
Sub-Total	277,850.00	3 334,200.00	55.57
Impuestos (10%)	27,785.00	333,420.00	5.56
<b>TOTAL</b>	<b>305,635.00</b>	<b>3 667,620.00</b>	<b>61.13</b>

Tabla N° 10 Costos Servicios y mensual

#### 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Se sabe que, a mediados del 2012, el precio de los metales venía subiendo en los últimos años. El alza de los precios de los metales incentiva a las empresas mineras a incrementar su producción para aprovechar los buenos precios. A ello habría que agregar la suspensión de proyectos, grandes que no han permitido que el Perú siga incrementando su producción minera. También se debe a los conflictos sociales, que dilataron o interrumpieron algunos de esos proyectos. Y la empresa, dedicada a la extracción de vetas angostas no podía permitirse disminuir su ritmo de producción.

En este trabajo se describirá los pasos detallando cada etapa secuencialmente. Comenzaremos con una reunión con todos los jefes de área donde el área de geología presenta su plano de estimación de reservas y a partir de ella se realiza un planeamiento tomando en cuenta los recursos que posee la minera Casapalca para mantener su producción mediante alternativas de seleccionar o mejorar el minado de sus vetas angostas y el control y mejora de la calidad y sus costos como se menciona en los cuadros para los años 2012 al 2018.

##### 1.- Toneladas Métricas Rotas



Act.	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
TMR	4702.83	5870.33	8921.42	8448.92	10694.00	11680.20	11680.00

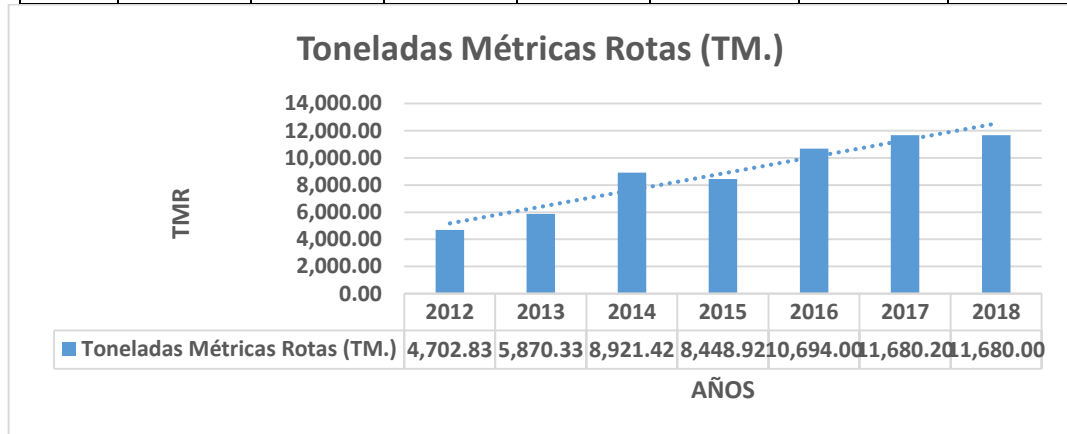


Tabla N° 11 - Cuadro comparativo de estimación de reserva

**Comentario:**

Se observa que, desde el año 2012 el tonelaje roto ha venido variando con un aumento y descenso de aproximadamente un 10%, que por efectos de del mercado en la cotización de metales el año 2018, se ha mantenido, en un nivel adecuado, pretendiendo que para los siguientes años y con el control adecuado del proyecto de perforación y voladura mantendremos el equilibrio del tonelaje roto.

**2.- Porcentaje de Cumplimiento (%)**

<b>Act.</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
%	4,702.83	5,870.33	8,921.42	8,448.92	10,694.00	11,680.20	11,680.00

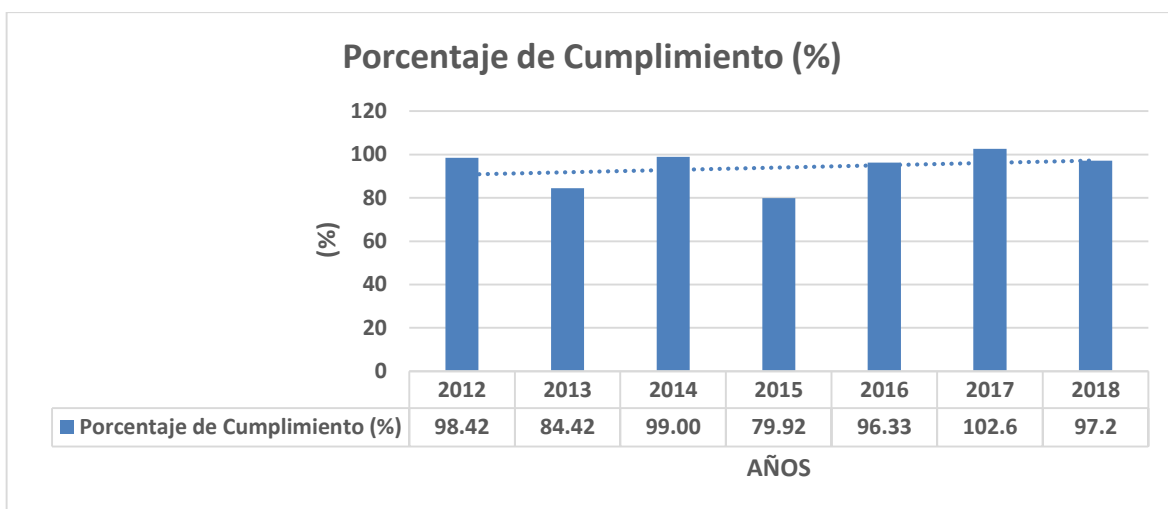


Tabla N° 12 - Cuadro comparativo de cotización de metales

**Comentario:**

Podemos observar que, en los dos últimos años, 2017 y 2018, se referencian una baja del cumplimiento del 5.4 %, debido a que se han tenido algunas dificultades en lo que se refiere a que se ha cumplido con las labores de preparación de labores referente a las chimeneas.

**3.-Producción Toneladas Métricas Secas**

Act.	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
%	7,972.17	8,972.50	9,729.42	9,675.67	10,907.42	12,649.00	14,422.40

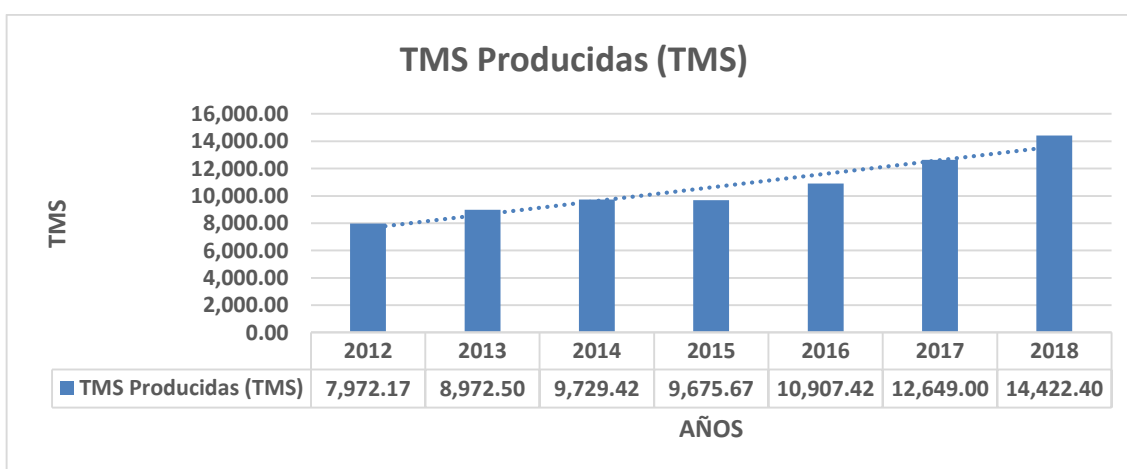


Tabla N° 13 - Cuadro de producción toneladas métricas secas

### **Comentario:**

Se puede deducir, que desde el 2012 al 2014, se ha tenido un aumento sostenido de la producción, asimismo, el año 2014 respecto al año anterior ha disminuido un tanto, por tanto a partir del 2026, se han tomado especial control en la producción, pero a partir del 2018, aplicando las medidas de perforación y voladura de nuestro proyecto, esta se debe mantener aumentando y mantener un estándar de producción para los próximos años en nuestras vetas estrechas, con ella mantener el ritmo de producción propuesto.

### **4.- Costo por Toneladas**

<b>Act.</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
%	52.26	44.9	43.17	50.21	52.11	48.00	41.40

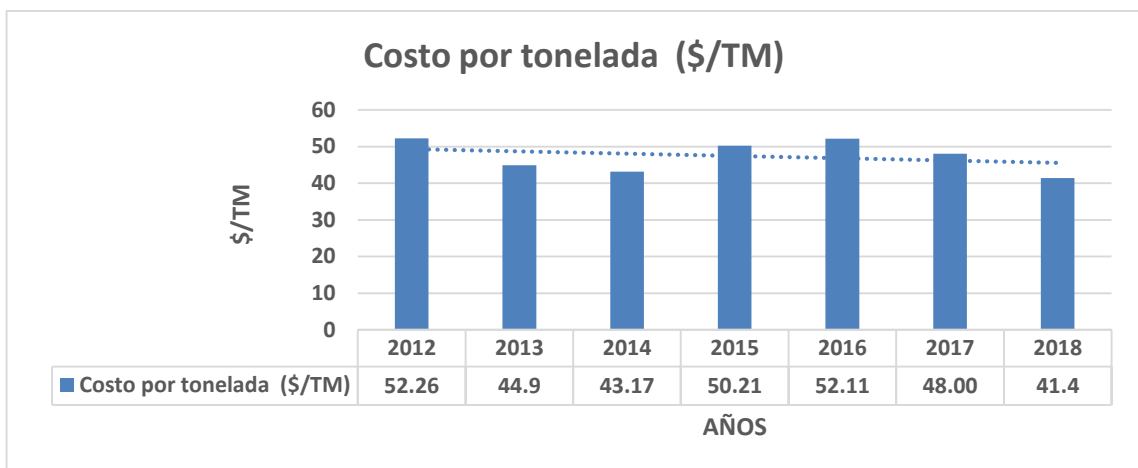


Tabla N° 14 - Cuadro estadístico de costos/toneladas

### **Comentario:**

En cuanto se refiere al Costo de Producción podemos observar que a partir del año 2016, se ha reducido, un porcentaje de los costos operativos por lo que a partir del año 2018, cuando se han establecido los parámetros de perforación y voladura del proyecto de ha reducido notablemente los costos unitarios lo que se espera que esto continúe hasta tomar un punto de equilibrio y de esta manera estandarizar los costos

operativos en forma reducida, de manera que se debe tener mayor control en el manejo de los parámetros de perforación y voladura y eficientemente.

### 5. Pies Perforados

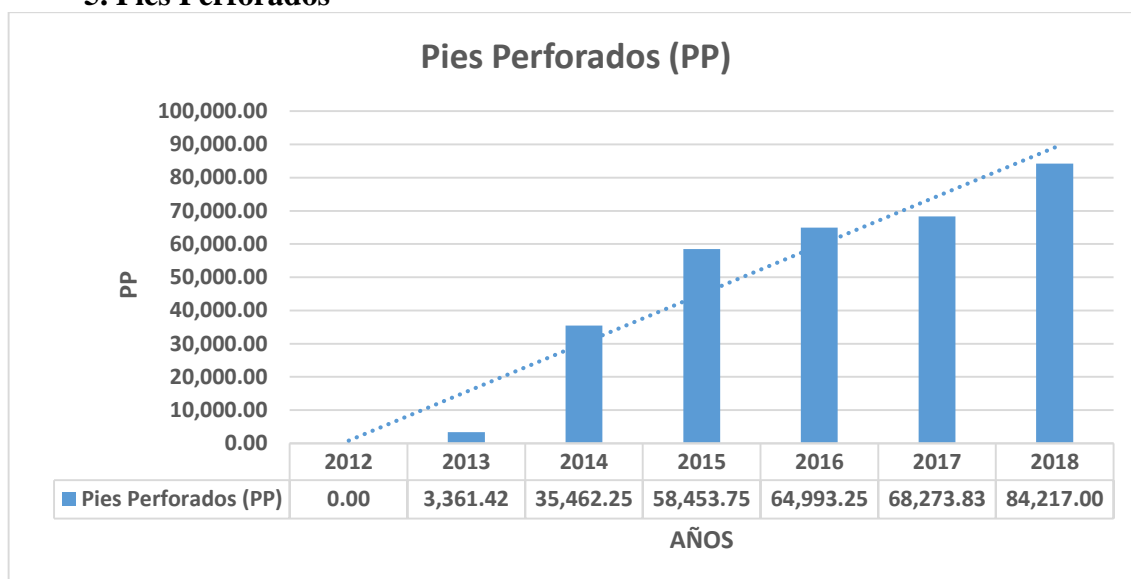


Tabla N° 15 - Cuadro comparativo de pies perforados

#### Comentario:

Se hace notar el incremento de los pies perforados por año, especialmente el 2018, cuando se establece el estudio de perforación y voladura debido a que se han efectuado labores de preparación y desarrollos conducentes a mejorar la producción establecida en el proyecto.

### 6. Pies Perforados por Toneladas Rotas.

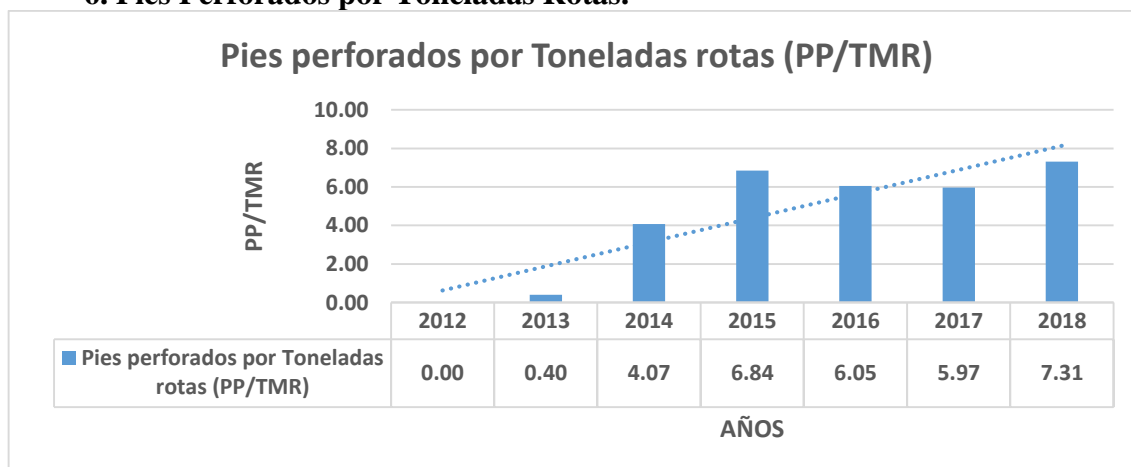


Tabla N° 16 - Cuadro comparativo pies perforados /toneladas

**Comentario:**

Observamos que en el reporte estadístico que los pies perforados por tonelada de material roto comparado a los años 2017, de manera considerable debido al incremento de labores de preparación y desarrollos previsto para implantar el proyecto, los que sucesivamente tenderán a disminuir conforme se asienta los parámetros de perforación y voladura en el transcurso de los siguientes años con la aplicación del proyecto.

**7. Número de Tareas**

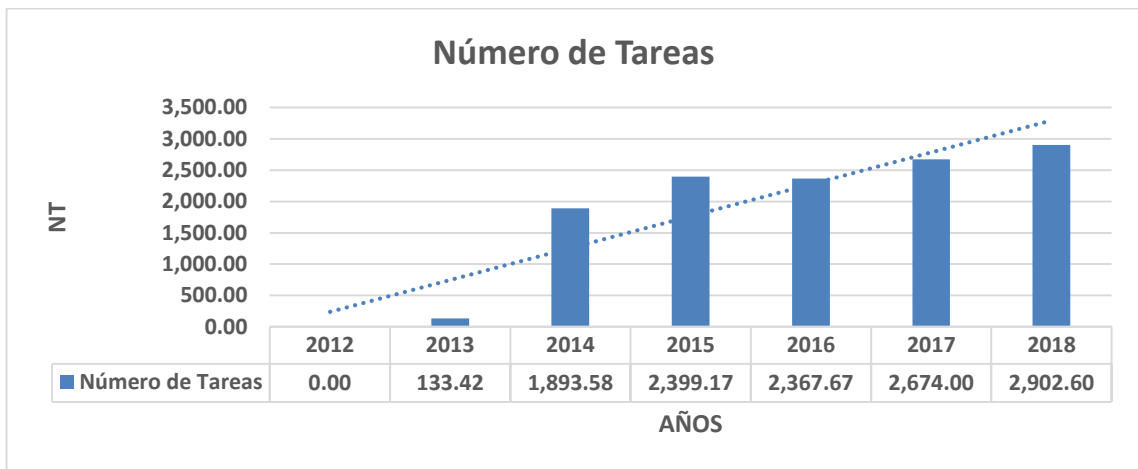


Figura N° 17 - Cuadro comparativo de tareas

**Comentario:**

Se nota que, el 2018, cuando se implanta el proyecto de perforación y voladura estima mantener la cantidad de tareas en esas proporciones tendiendo a disminuir si se aplican medidas de efectividad y control eficiente de las operaciones

inherentes a las tareas de producción exclusivamente disminuyendo la rotura de rocas en labores de preparación y desarrollos.

### 8. Toneladas Métricas Rotas por Hombre Guardia.

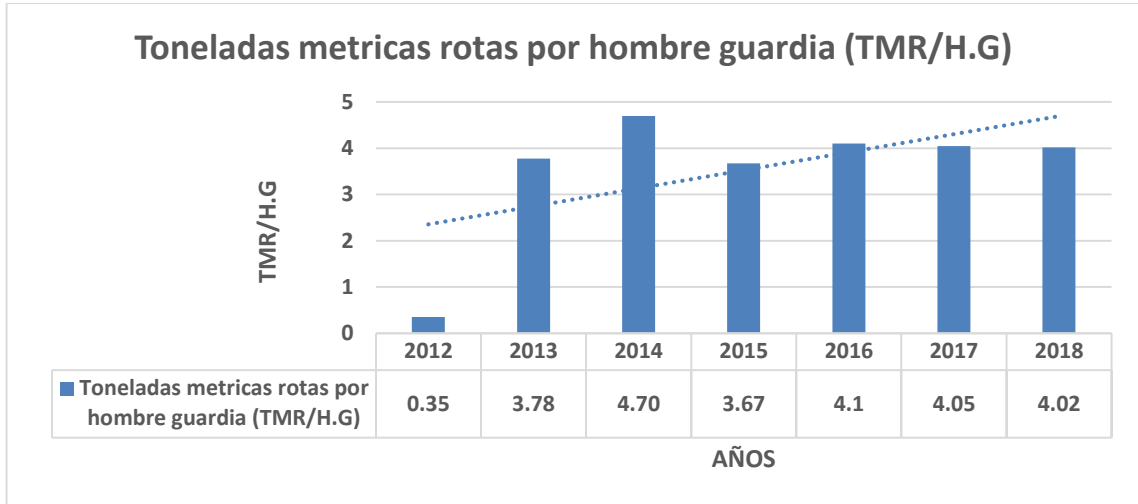


Figura N° 18 - Cuadro comparativo de avance hombre guardia

#### Comentario:

Como se observa en el gráfico estadístico, las toneladas métricas rota por hombre guardia, está dentro de los estándares, pero tiene la tendencia a reducirse, por el hecho que se minimizaran los trabajos de preparaciones y desarrollos, una vez establecido los parámetros del proyecto estandarizando las operaciones del proyecto.

### 9. Consumo de Explosivos por Disparo

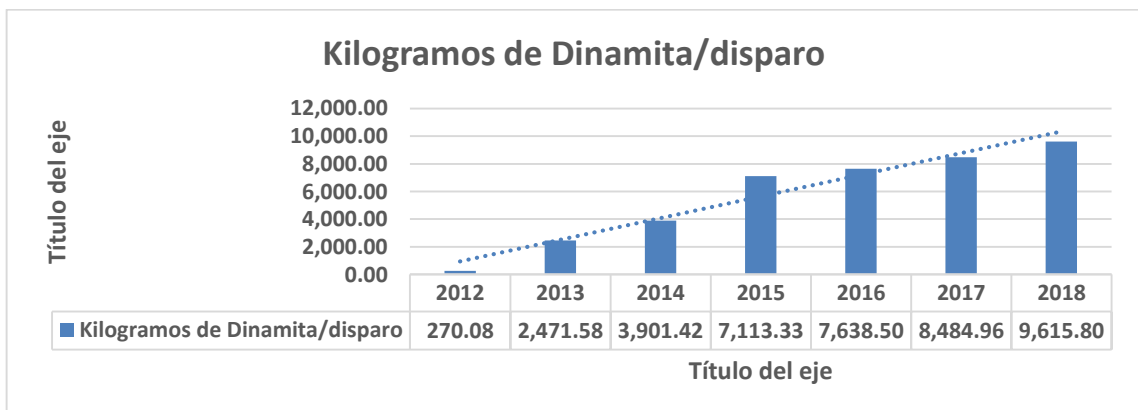


Tabla N° 19 - Cuadro comparativo consumo de explosivos

**Comentario:**

Analizando el reporte anual, observamos que el consumo de explosivos en la Unidad se ha incrementado notablemente debido a que se están realizando trabajos de movimiento de tierras debido a los trabajos de desarrollo y preparaciones para implementar los estándares del proyecto, pero se tiene la certeza que, al año del 2018, con un consumo de 9,615.80 kilogramos, esta tendrá que disminuir debido a que se tendrán trabajos puntuales de perforación y voladura.

**10. Factor de Potencia**

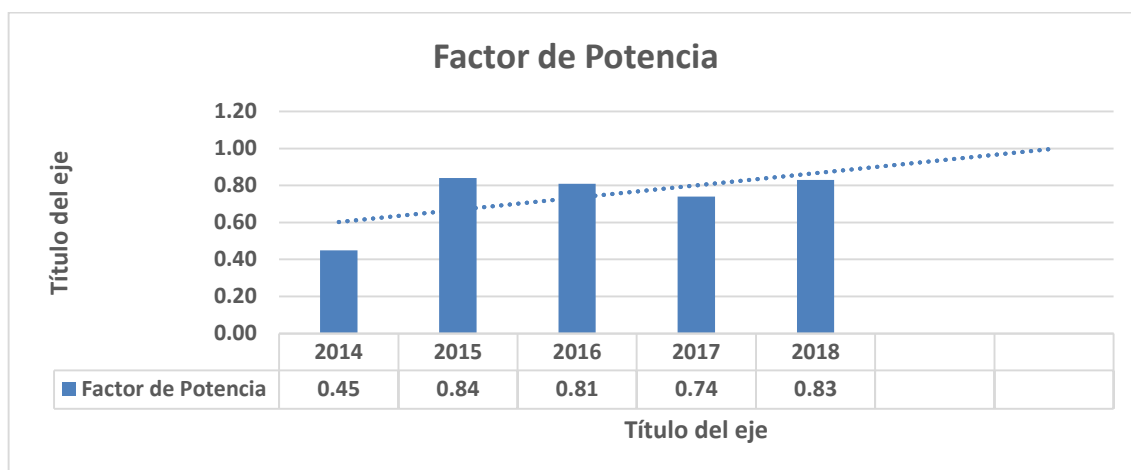


Tabla N° 20 - Cuadro comparativo de factor de potencia

**Comentario:**

El Factor de potencia, tiende a estandarizarse a medida que se mantiene los parámetros del proyecto, teniendo en cuenta que a partir del 2018 se tiene un 0,83 Kg./ton. Para el caso del tipo (Semexa) de los explosivos que se usan en el proyecto.

**11. Ancho de Minado**

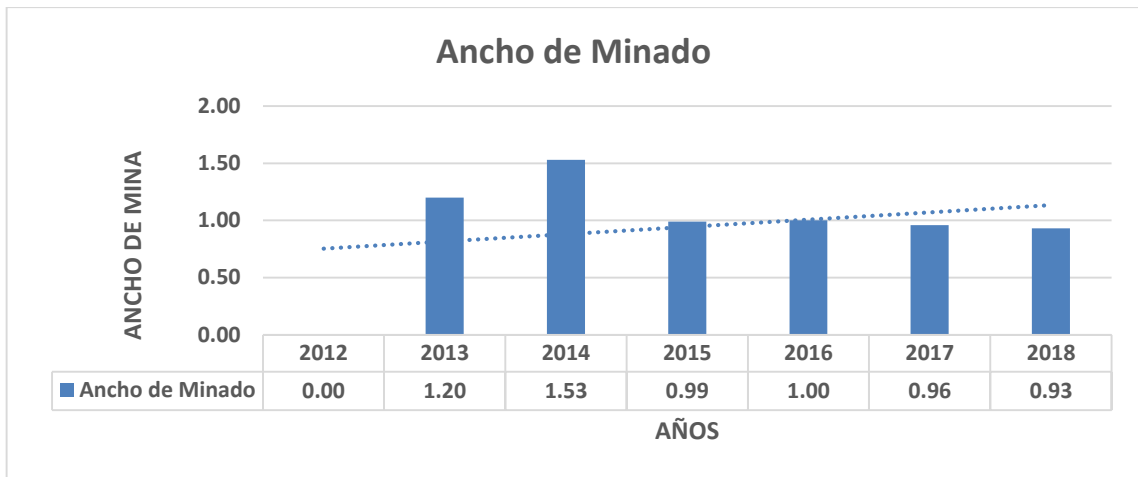


Tabla N° 21 - Cuadro comparativo de ancho de minado

**Comentario:**

Debemos tener en cuenta que, el ancho de minado tiende a disminuir hasta 0,50 metros con los parámetros del proyecto se puede explotar continuamente, por lo tanto, estamos en la capacidad de garantizar la perforación y la voladura para esa geometría de la veta.

**12. Consumo de Barrenos**

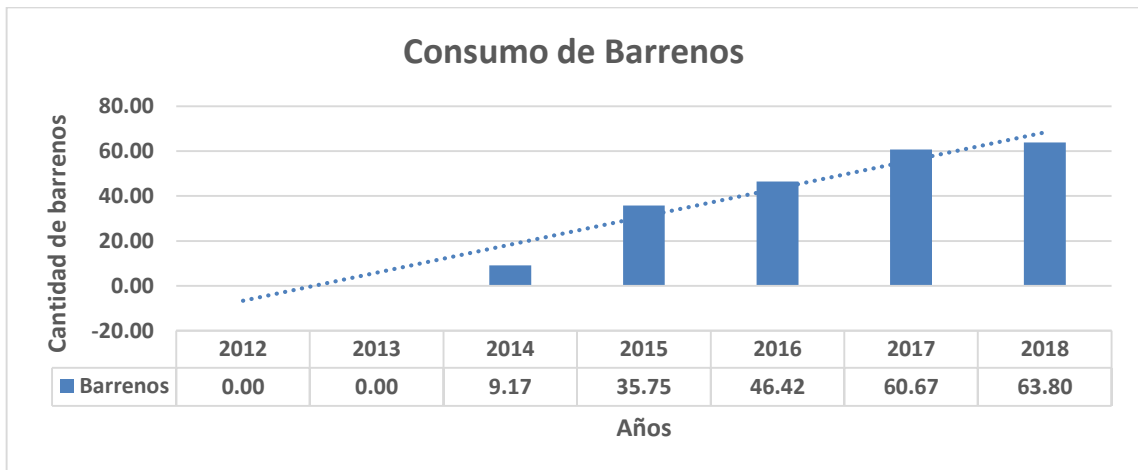


Tabla N° 22 Cuadro comparativo de consumo de barreno

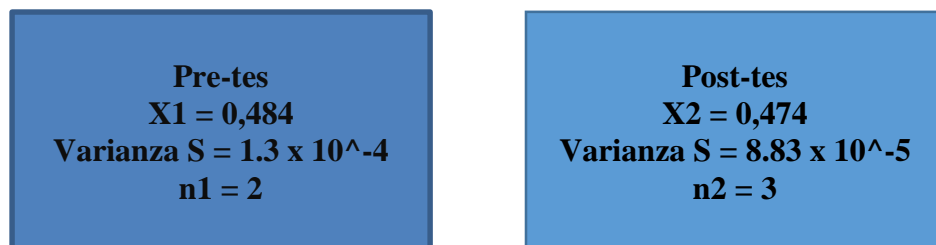
**Comentario:**

Observamos y estableciendo que se deben estandarizar los parámetros del proyecto para la perforación y la voladura el consumo de barrenos debe estandarizarse a



partir de la fecha, para el ancho de minado de 0,93 metros, asimismo, reducir los costos a partir de este año la empresa debe considerar y promover un control de parámetros y logística de forma adecuada con el fin de lograr los objetivos del proyecto.

Para el contraste de la hipótesis, se realizó una prueba estadística de comparación de medias, mediante la t-student. Para nuestra hipótesis general que se estima para una producción programada de 11,680 TMR, y el cumplimiento de la cuota de 97%, para el año 2019, donde en el proyecto de investigación se tomó dos pruebas de voladura antes de la aplicación del nuevo diseño de mallas basado en vetas angostas (pre-test), y tres pruebas de voladura después de la aplicación de la nueva malla de perforación (post-test). El costo unitario promedio pre-test fue de 48.00 US\$/tn. y el promedio del post-test es de 41,40 US\$/tn. De acuerdo al planteamiento de nuestras hipótesis:



**Figura N° Esquema comparativo: Pre-tes y Post-tes**

Donde:

X = Promedio de costos de Producción Minas por año.

S = Varianza

n = muestra

Formulación de Hipótesis.

Ho: 1 - 2 = 0

Ha: 1 - 2 > 0

Donde:

Ho = Hipótesis Nula.

Ha = Hipótesis Alterna.

Nivel de Significancia.  $\alpha = 0.25$  Estadística de Prueba.

Adoptamos la siguiente formula:  $t_c$ .

$$t_c = \left[ \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{(n_2 - 1)S_1^2 + (n_1 - 1)S_2^2}} \right] \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 - n_2}}$$

**Criterio.**

Rechazo la: Ho

Si;

$$t_c > t_\alpha$$

con  $n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad.

Donde:

$t_c = t$  calculada.

$t_\alpha = t$  tabulada.

$$T_{0.25(2+3-2)} = 0.75$$

Rechazo del Ho si  $t_c > 0.7649$

Cálculos.

Reemplazando los datos en la formula  $t_c$ . *Obtenemos:*

$$t_c = 1.017$$

Decisión. Rechazamos la Ho

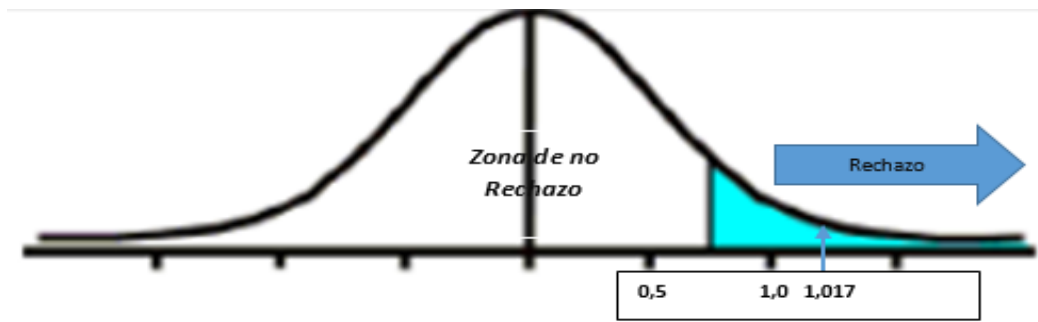
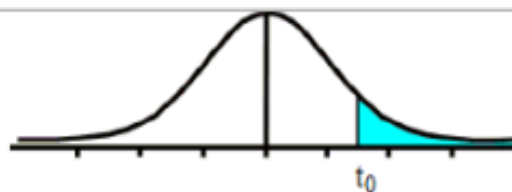


Figura N°16 - Zona de rechazo

Conclusión. Con la aplicación del nuevo diseño de malla de perforación basado en vetas angostas y los costos de producción anual con las que se optimiza la producción.

Esta prueba nos indica que, al rechazar  $H_0$ , se optimiza la productividad de la explotación y la calidad del producto mediante el control minucioso de esta operación de perforación y voladura.

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787

Figura Nº 17 Cuadro de t-student con grados de libertad  
(Fuente: Metodología de investigación – Distribución t)

### 4.3. Prueba de Hipótesis.

Se ha realizado gráficos que ayudaran a una mejor interpretación de los resultados

Labores	Nivel	Sección	Cantidad	Unidad	Cost. Unit. USD/Unid	Costo
Cruceros	3700, 3650, 3600, y 3550,	2,1 m x 2,4 m	280	m	334,60	93,688.00
Galerías	3700, 3650, 3600, y 3550,	2,1 m x 2,4 m	280	m	334,60	936,880.00
Chimeneas de desarrollo	Entre 3700 y 3500	1,2 m x 2,4 m	280	m	262,00	733,600.00
Chimeneas de ventilación y servicios	Entre 3700 y 3500	1,2 m x 1,5 m	300	m	237,00	71,100.00
Ore Pass	Entre 3700 y 3500	1,2 m x 1,5 m	200	m	237,00	47,400.00
Rest. Ambiental progresiva			10	%		188,266.00
<b>Total USD</b>						<b>2'070,934.00</b>

Tabla N° 23 Costos Operativos de preparación y desarrollos

RUBRO	USD/tm
<b>1. Costo de Labores de exploración y Desarrollos</b>	<b>1,15</b>
<b>2. Costo de labores de Preparación</b>	<b>2,20</b>
<b>3. Costo de minado</b>	
- Perforación	<b>5.51</b>
- Limpieza y extracción	<b>1,90</b>
- Relleno	<b>1,46</b>
<b>4. Costo de Carguío y Transporte</b>	<b>2,98</b>
<b>Costo Sub-Total de Operación Mina</b>	<b>15,20</b>
<b>Gastos Generales Mina</b>	<b>9,10</b>
<b>Costo Total de Operación Mina</b>	<b>24.30</b>

Tabla N° 24 Costos Unitarios de producción

ÁREA	IMPORTE MENSUAL (USD)	IMPORTE ANUAL (USD)	USD/TM
Mina	121,500.00	1 458,000.00	24.30
Planta	90,650.00	1 087,800.00	18.13
Servicios auxiliares	20,250.00	243,000.00	4.05
Administración	32,950.00	395,400.00	6.59
Comercialización y ventas	12,500.00	150,000.00	2.50
Sub-Total	277,850.00	3 334,200.00	55.57
Impuestos (10%)	27,785.00	333,420.00	5.56
<b>TOTAL</b>	<b>305,635.00</b>	<b>3 667,620.00</b>	<b>61.13</b>

Tabla N° 25 Costos Servicios y mensual

#### 4.4. Discusión de resultados

Un buen diseño de Minado radica fundamentalmente en el buen uso y control de los parámetros de perforación y la voladura en minería subterránea, especialmente

en vetas angosta como es nuestro estudio, por lo que se hace necesario llevar un buen control y reporte de estos.

Asimismo, se debe controlar las fases operativas que deben estar estandarizadas las actividades productivas como son la perforación, voladura, limpieza, jale de mineral, encofrado para el relleno hidráulico, que conforman el ciclo de operación normal del minado, con estos estándares debidamente controladas se evitara incrementar los costos de minado en la empresa minera de Casapalca.

Para la justificación del proyecto realizamos el siguiente análisis estadístico de los parámetros con el cual se han conseguido mejorar la productividad en el ciclo de minado con estadística histórica desde el 2012 al 2018, de la producción en la Unidad Minera el yacimiento de vetas angostas de la Unidad Minera Casapalca.

## CONCLUSIONES

1. El criterio de calidad en las operaciones mineras es una herramienta óptima del futuro de la minería y Casapalca es consciente de esta innovación, para lo cual, el programa está en marcha con avances positivos.
2. La Proyección de la Empresa al año 2020, es la de llegar con una producción sobre los 1000 Tn/día, para lo cual el programa de exploraciones y desarrollos se va incrementando sus avances dentro del presente año en un 40% con respecto a los años anteriores.
3. El dimensionamiento de perforación y voladura es aplicable para explosivos Semexa 80, similar diseño es utilizado para el caso de Exadit 65, para tajeos de roca semidura y fracturadas.
4. Durante los años 2014 y 2015, y mediados del año 2026, se han realizado perforaciones de 8 pies de longitud en los niveles superiores, aprovechando la potencia de veta de 1.60 metros en promedio y altas leyes de plata; a medida que se profundiza en los niveles inferiores la potencia y dureza de la roca se comportan adversamente para nuestras operaciones por lo que se estandariza barrenos para taladros de 6 pies.

## RECOMENDACIONES

Durante el tiempo que se tuvo para realizar el presente estudio, podemos recomendar lo siguiente:

- Se recomienda que se deba capacitar constantemente a todos los maestros perforistas y cargadores como medida urgente ya que de ello depende el éxito de la perforación, voladura y de la empresa.
- Crear estándares de perforación en cada labor como por ejemplo tener plantillas para ubicar los puntos exactos de perforación especialmente en el sistema de arranque.
- Crear un solo tipo de malla para cada labor y eso transmitir a los perforistas. Ya que cada perforista en cada guardia tiene su malla y estilo de perforación.
- Motivar a los trabajadores con incentivos de carácter simbólico para crear competitividad en cada uno de ellos. Porque se vio que algunos trabajadores cumplen por cumplir su trabajo, el éxito depende mucho del factor humano y en este caso de nuestros trabajadores porque ellos son los que hacen el trabajo.
- Hacer voladura controlada en la corona (6 cartuchos), los dos primeros cartuchos no van separados y los 4 restantes están separados a 41cm de cartucho a cartucho utilizando tubos PVC, cinta aislante, y tacos de arcilla para mejora el confinamiento.
- Se debe capacitar al personal para el correcto afilado de brocas. Mejorando ello se obtiene los siguientes beneficios:
  - Mayor velocidad de penetración, nos permite una mejor productividad, pues podemos hacer más taladros en el mismo tiempo.
  - Mayor vida útil de los aceros de perforación, nos permite reducir los costos unitarios en varillaje, al obtener más metros perforados con el mismo acero.



- Incremento de la velocidad de penetración, más taladros perforados.
- Crear procedimientos, estándares para el correcto afilado y utilización de las brocas respectivamente.
- Al momento de elegir una broca tener en cuenta la voz de los operadores de equipos de perforación ya que ellos los usan a diario.
- Las brocas de botones se deben afilar cuando disminuya la velocidad de penetración o cuando este desgastado cualquiera de los botones.
- Los botones fracturados se deben afilar hasta suprimirlos para evitar que los fragmentos sueltos dañen a los demás botones, pues una broca puede permanecer en servicio mientras los botones periféricos mantengan el diámetro de la broca.
- Tener en cuenta los siguientes parámetros para minimizar el grado de desviación y mantener el paralelismo.
  - Posicionamiento del Equipo de Perforación.
  - Emboquillado.
  - Perforación.
  - Avance
  - Rotación
- Para seleccionar el tipo de broca y la barra de perforación una condición básica es tener presente tipo de roca (homogénea o fisurada) y dureza.
- Se debe programar un equipo de perforación teniendo en cuenta todos los materiales, piezas y herramientas respectivas para que no exista demoras en el proceso.
- Las pruebas de un equipo de perforación se deben realizar tanto en taller y campo, para no tener problemas posteriores.

- Se debería tener un juego de llaves como mínimo por equipo de perforación, muchas veces se pierde demasiado tiempo por el hecho de tan solo ajustar un conector ya que los mecánicos demoran en llegar.
- Se sugiere mayor supervisión en el momento de pintado de la malla, una de las causas de la sobre rotura.
- Se recomienda el uso constante de los datos del Área de Geomecánica en el diseño de una mejor malla de perforación.
- Se recomienda mayor coordinación al momento de distribuir el personal, y mejor comunicación con la contraguardia para poder tener frentes habilitados para la perforación.
- Se sugiere un uso más eficiente del tiempo de desate, carguío y acarreo, con el fin de que la labor del Jumbo no sea obstruida por estas actividades.
- Se recomienda estar al tanto de la presión del agua, y que está no falte por ser la principal causa de parada del equipo de perforación.

## BIBLIOGRAFÍA

- AVILA ACOSTA, Roberto (2001). *“Metodología de la Investigación Científica”*.  
Lima – Perú: ESTUDIOS Y EDICIONES RA.
- Operación de voladura subterránea -Ing. Aníbal Villagaray M.
- Perforación, voladura y ventilación en minería subterránea – Ing. Daniel Arcos Valverde.
- Voladura controlada – EXSA
- Departamento de seguridad y salud ocupacional – Compañía Minera Atacocha S.A.
- DCR Ingenieros S.R.Ltda. “Evaluación Geomecánica para el método de minado subterráneo del Proyecto Poracota” Informe Técnico – Mayo2006.
- Hoek E., Kaiser P., Bawden W. “Support of Underground Excavations in Hard Rock”  
A.A. Balkema 1995.
- Hoek E. “Practical rock engineering” Rocscience, 2002.
- Hudson J.A. Ed. “Comprehensive Rock Engineering – Principles, Practice & Projects”.  
Volúmenes 3 y 4, Pergamon Press 1993.
- Hustrulid W.A. and Bullock R.L. “Underground Mining Methods: Fundamentals and International Case Studies” SME – 2001.
- Weiss F. y Córdova D. “Influencia de las condiciones naturales en la selección del método de explotación en minería subterránea”, Informe INGEMMET – 1991.
- Flowers Reds, O. Métodos de Explotación de Minerales. Madrid, España: Ed. Entorno GrS. L, 2005.
- Hamrin, H. Choosing and underground mining method. Underground mining methods handbook. AIME. USA. 1982.
- Hartman & Other. Mining Handbook SME. Denver Colorado USA, 2004.

- Hernández Sampieri Roberto, Fernández Carlos y Baptista Pilar. Metodología de la Investigación. México: Editorial Mc Graw Hill, Cuarta Edición, 2006
- Hustruid, W. Kuchta, M. Open Pit Mine Planning and Design. Rotterdam. Brookfield. Netherlands: A.D. Brakeman, 1995.

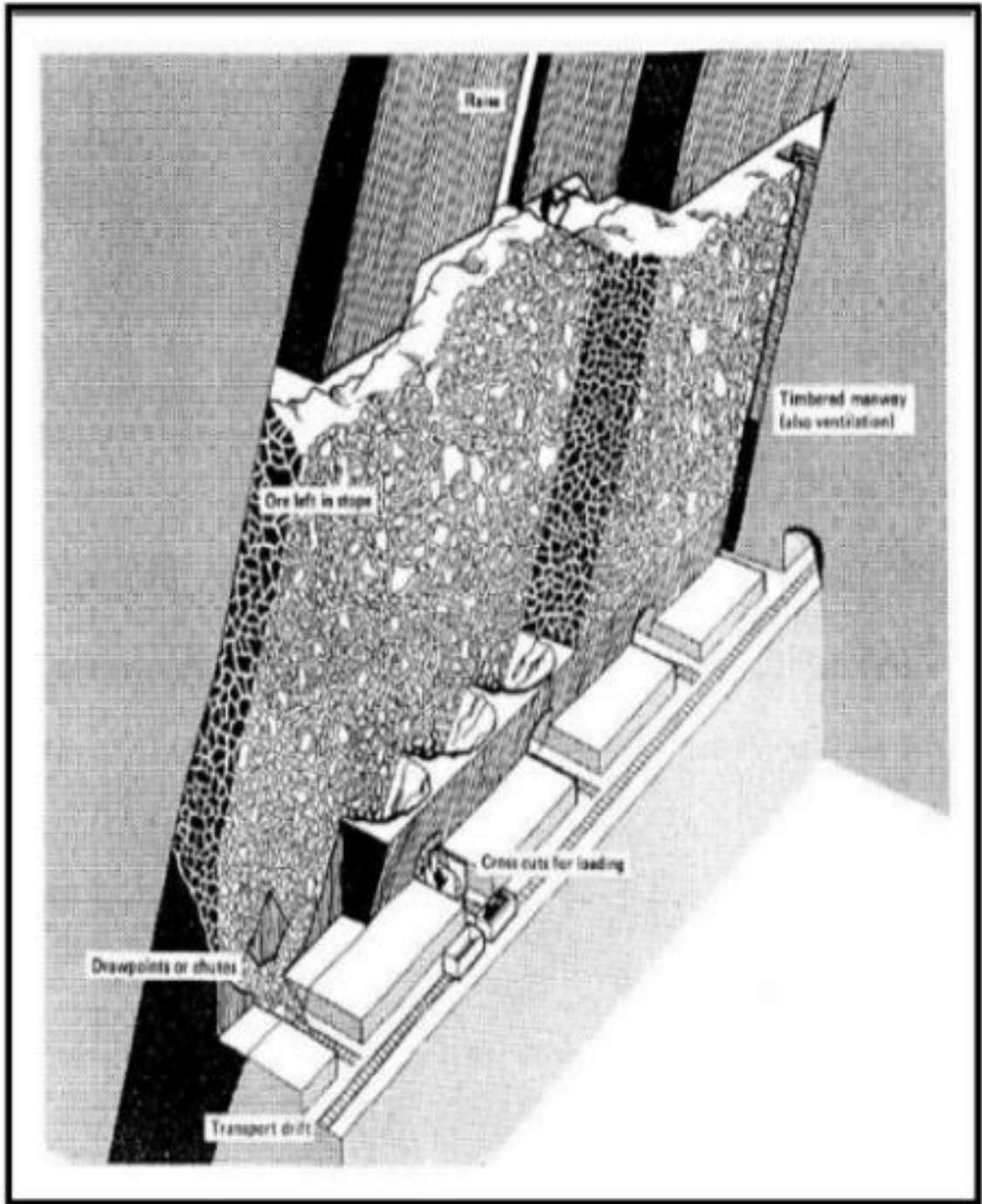
## **ANEXOS**

## ANEXO I

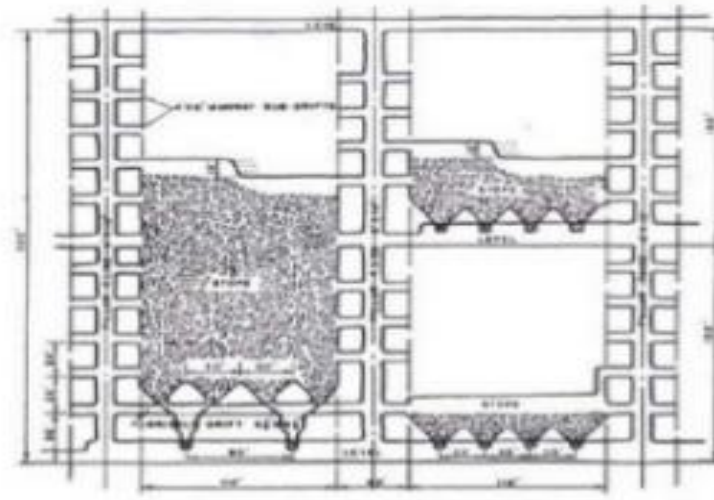
### *Matriz de consistencia de investigación descriptiva*

#### DISEÑO DE MINADO EN VETAS ANGOSTAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD Y COSTOS EN LA CIA.MINERA CASAPALCA

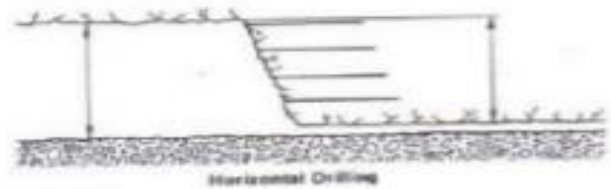
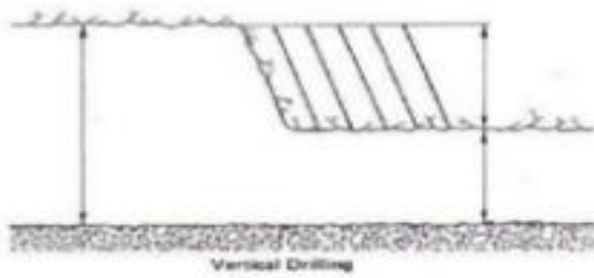
Problemas	Objetivos	Metodología y Técnicas de Investigación
<p><b>Problema General.</b> ¿Cómo se realiza el diseño de minado en vetas angostas en la Minera Casapalca para mejorar el control, la calidad y los costos de producción en la Cía. Minera Casapalca?</p> <p><b>Problemas Específicos.</b> a) ¿Cuáles son los parámetros del diseño para el minado y el método de explotación para mejorar la producción de la explotación en vetas angostas la Cía. Minera Casapalca?  b) ¿Cómo establecer las condiciones de calidad de la malla de perforación y la voladura mediante una buena selección de los explosivos, así como el factor de potencia, y se adapten a la perforación en vetas angostas en la Cía. Minera Casapalca?</p>	<p><b>Objetivo General.</b> Realizar el diseño de minado en vetas angostas para el control de calidad y costos en la Cía. Minera Casapalca.</p> <p><b>Objetivos Específicos.</b> a) Determinar el método de explotación para el diseño de minado en vetas angostas en la Cía. Minera Casapalca  b) Establecer el control de calidad y costo durante las operaciones mineras en la Cía. Minera Casapalca</p>	<p><b>Tipo de Investigación.</b> La presente tesis se desarrollará tomando en cuenta dos metodologías de trabajo.</p> <p><b>Exploratorio</b> Por los datos que se tienen previamente a esta investigación se podría clasificar como exploratorio, pues es imposible predecir los resultados que se obtendrán al tratarse de muchos datos, muchos de ellos aun por obtener. Los estudios exploratorios se efectúan, normalmente, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, que no ha sido abordado antes. (Sampieri H 1997 Pag,13). En este mismo sentido el presente estudio podría ser considerado Investigación Tecnológica, el cual es aquella que responde a problemas técnicos, aprovechándose del conocimiento teórico científico producto de la investigación básica. Asimismo, organiza reglas técnicas cuya aplicación posibilita cambios en la realidad (Huamani P. 2006)</p> <p><b>Correlacionales</b> Estudian las relaciones entre variables dependientes e independientes, ósea se estudia la correlación entre las variables</p> <p><b>Métodos de la Investigación.</b> La presente investigación utilizara el método cuantitativo La investigación llevada a cabo según el método cuantitativo se debe evaluar y planificar el diseño de la malla de perforación y la carga explosiva y el volumen de producción diaria y se centra en aportes teóricos y prácticos basado en la calidad del mineral.</p> <p><b>Diseño de la Investigación.</b> Para el presente estudio de tipo descriptivo se optó por un diseño NO EXPERIMENTAL el cual es el más adecuado para la presente investigación, y estará clasificado como TRANSVERSAL al elegirse el periodo que durará el proyecto.</p> <p><b>Población y Muestra.</b> <u>Población.</u> La población para nuestro estudio de investigación será compuesta por los tajeos, los cuales fueron seleccionados por tener las mismas características, en los cuales se puede aplicar el método de minado para vetas angostas. <u>Muestra.</u> La muestra para la presente investigación está conformada por las vetas angostas en el nivel 435 de Compañía minera Casapalca, que representa el 16.57 % de la población de vetas activas a la fecha del presente proyecto</p>



Diseño Típico de explotación con Shrinkage-Stoping. Fuente Minería Subterránea Stoces



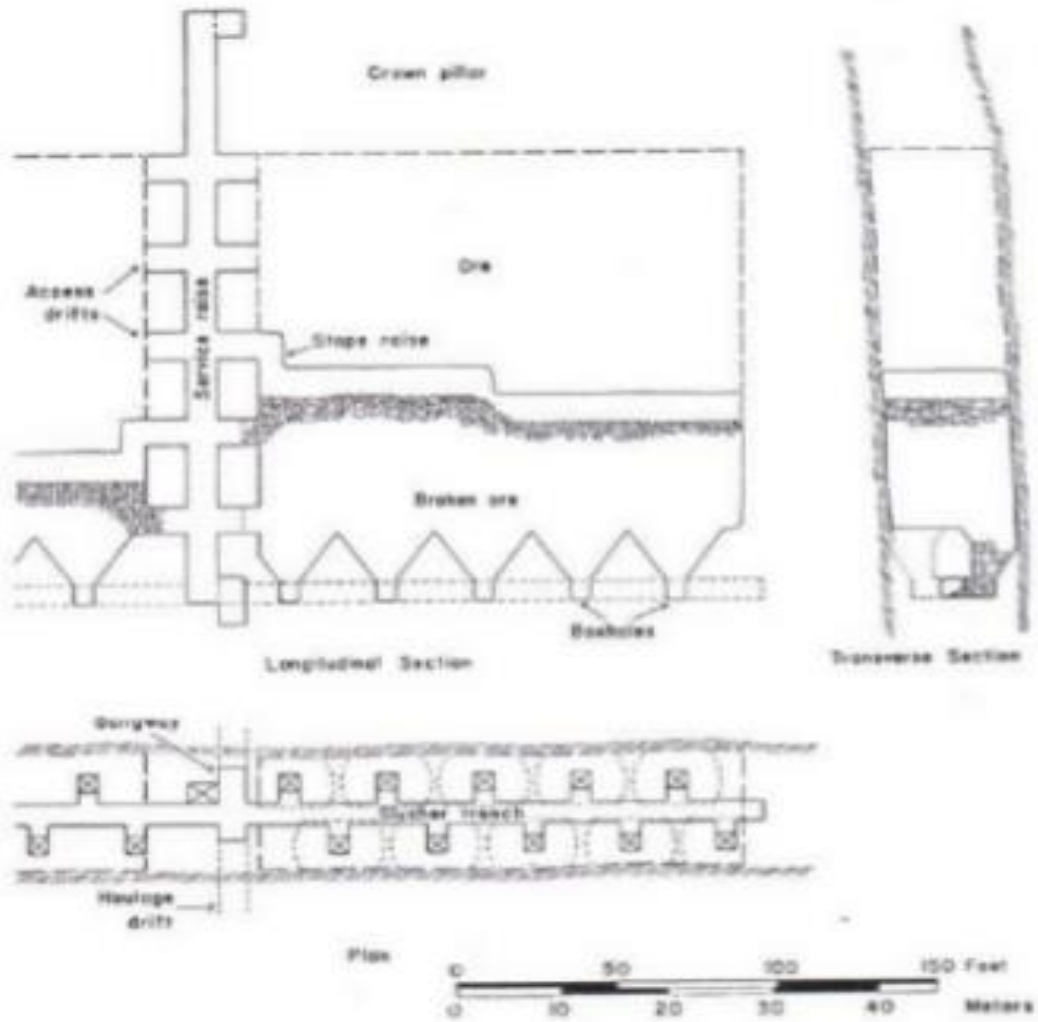
SHRINKAGE STOPING  
MODALIDAD TRADICIONAL



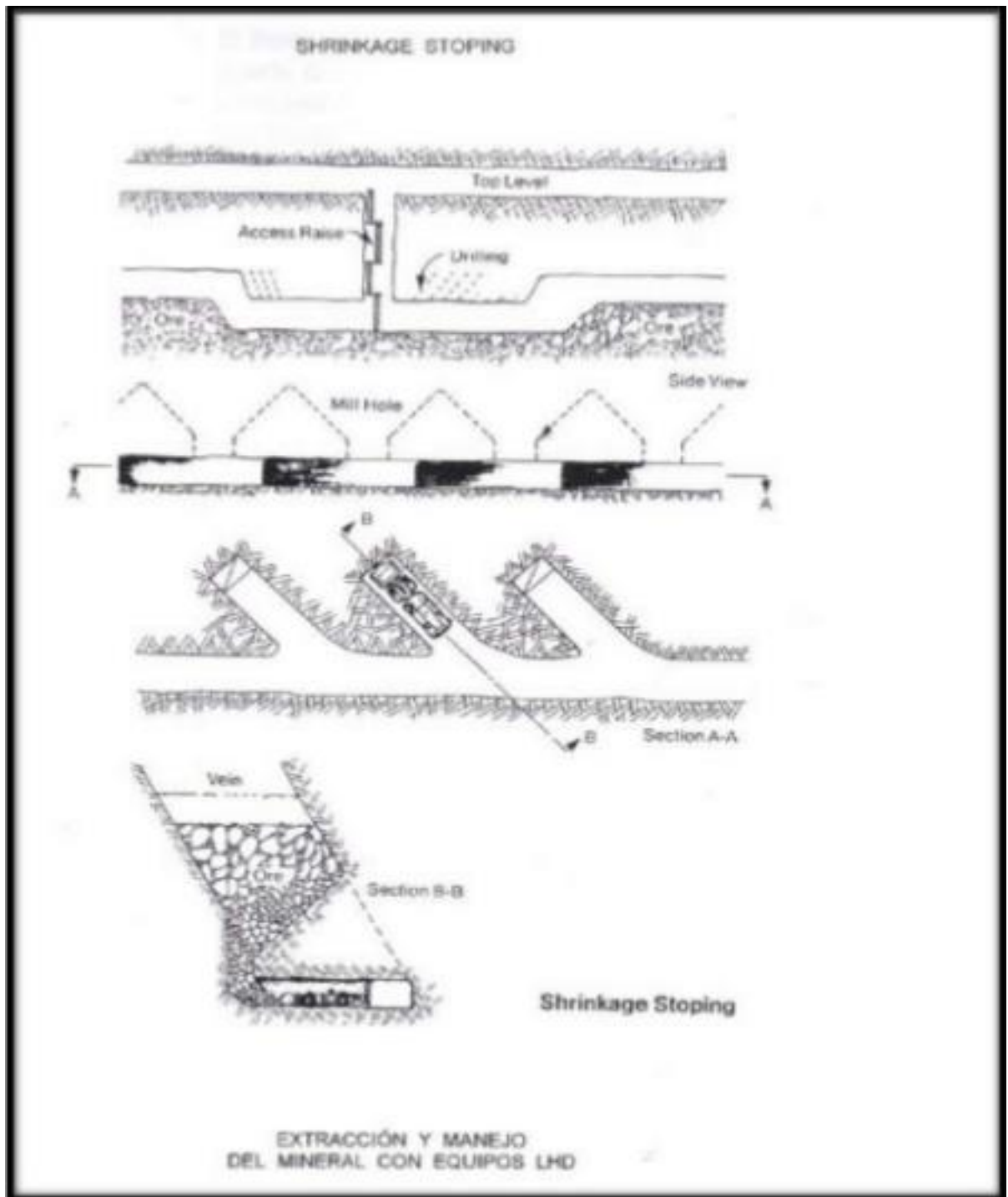
Típico ritmo de producción con Shirinkage Convencional  
Fuente Planeamiento UP. Casapalca



# SHRINKAGE STOPING



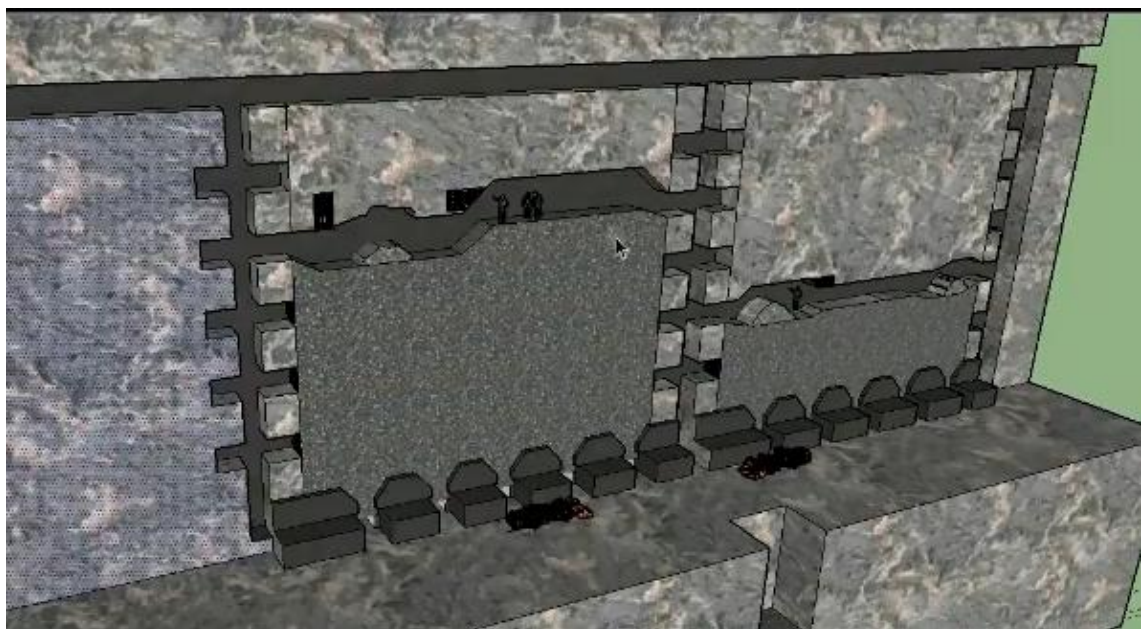
Típico ritmo de producción con Shirinkage Convencional  
Fuente Planeamiento UP. Casapalca



**Limpieza y Transporte de Mineral con equipos LHD**  
Fuente Of. De Planeamiento U.P. Casapalca



**Pintado y señalización de vetas angostas – Area de Geología Minera Casapalca.**



**Método de Minado Shrinkage Stopping-Of. De Planeamiento Minera  
Casapalca**



**Método de Minado con sistema de control estandarizados-Of. De  
Planeamiento Casapalca**



**Malla de perforación y posicionamiento de perforadora-Planeamiento Mina  
Casapalca**

## ANEXO II

### RESUMEN ESTADISTICO DE LAS OPERACIONES DE PERFORACIÓN Y VOLADURA 2012 – 2018

OPERACIÓN	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Toneladas Métricas Rotas (TM.)</b>	4,702.83	5,870.33	8,921.42	8,448.92	10,694.00	11,680.20	11,680.00
<b>Porcentaje de Cumplimiento (%)</b>	98.42	84.42	99.00	79.92	96.33	102.60	97.20
<b>TMS Producidas (TMS)</b>	7,972.17	8,972.50	9,729.42	9,675.67	10,907.42	12,649.00	14,422.40
<b>Costo por tonelada (\$/TM)</b>	52.26	44.9	43.17	50.21	52.11	48.00	41.40
<b>Pies Perforados (PP)</b>	0.00	3,361.42	35,462.25	58,453.75	64,993.25	68,273.83	84,217.00
<b>Pies perforados por Toneladas rotas (PP/TMR)</b>	0.00	0.40	4.07	6.84	6.05	5.97	7.31
<b>Número de Tareas</b>	0.00	133.42	1,893.58	2,399.17	2,367.67	2,674.00	2,902.60
<b>Toneladas métricas rotas por hombre guardia (TMR/H.G)</b>	0.35	3.78	4.70	3.67	4.1	4.05	4.02
<b>Kilogramos de Dinamita/disparo</b>	270.08	2,471.58	3,901.42	7,113.33	7,638.50	8,484.96	9,615.80
<b>Factor de Potencia</b>	0.03	0.32	0.45	0.84	0.81	0.74	0.83
<b>Área de Minado</b>	0.00	1.20	1.53	0.99	1.00	0.96	0.93
<b>Cantidad de Fulminante</b>	718.33	5,843.67	7,091.58	10,735.67	13,827.17	14,621.25	16,884.80
<b>Brocas</b>	0.00	3.67	84.67	133.58	111.58	91.33	104.20
<b>Barrenos</b>	0.00	0.00	9.17	35.75	46.42	60.67	63.80
<b>Explotación + Desarrollos</b>	281.67	192.83	303.33	321.00	352.66	241.93	396.80
<b>Porcentaje de Cumplimiento (%)</b>	126.58	86.92	101.75	86.33	89.08	84.17	83.20