



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**REDISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN PARA UN SLOT  
NEGATIVO DE TALADROS LARGOS PARA REDUCIR LOS  
COSTOS DE PERFORACIÓN DE LA EMPRESA MINERA CORI  
PUNO S.A.C.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. RUBEN HUARACHI HUARACCALLO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO – PERÚ**

**2021**



## DEDICATORIA

Especialmente lo dedico a mis queridos padres Felipe y Alfonza quienes me dieron confianza y apoyo incondicional en todo momento, por apoyarme y guiarme por el buen camino, como también a mis hermanos por apoyarme a cumplir mis metas de mi desarrollo personal y profesional.

Ruben



## AGRADECIMIENTO

A Dios, por su inmensa protección y por el perdón que siempre me da.

A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, alma mater por haberme acogido durante todos los años de mi formación académica profesional e instruirme a fortalecer en mi desarrollo personal.

A mi escuela profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, a todos los ingenieros que me han inculcado el amor, respeto por la carrera y la ética profesional, por todos los consejos que me dieron y me guiaron para así formarme profesionalmente.

A mis padres, hermanos y amigos por haberme apoyado moral y económicamente en todo momento.

A mi asesor y jurados de este proyecto de investigación.

Ruben



# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN .....	12
ABSTRACT.....	13

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2.1 Pregunta general .....	14
1.2.2 Preguntas específicas .....	14
1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.3.1 Hipótesis general.....	15
1.3.2 Hipótesis específicas .....	15
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.5.1 Objetivo general.....	17
1.5.2 Objetivos específicos .....	17

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
2.2 MARCO TEÓRICO .....	22
2.2.1 Método de explotación por taladros largos .....	22
2.2.2 Perforación .....	24
2.2.3 Proceso de perforación .....	25
2.2.4 Parámetros de perforación.....	25
2.2.5 Teorías de diseño de malla .....	26
2.2.6 Equipos de accesorios de perforación .....	26
2.2.7 Elementos de diseño de malla .....	30



2.2.8 Burden .....	30
2.2.9 Espaciamiento .....	31
2.2.10 Longitud de taladro .....	31
2.2.11 Eficiencia de perforación .....	32
2.2.12 Teoría de costos de operación .....	33
2.2.13 Tipos de costos.....	33
2.3 MARCO CONCEPTUAL .....	34
2.3.1 Costo .....	34
2.3.2 Gasto .....	34
2.3.3 Explosión .....	35
2.3.4 Reducción .....	35
2.3.5 Optimización.....	36
2.3.6 Minería.....	36
2.3.7 Rediseño.....	36
2.3.8 Malla de perforación.....	37

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....	38
3.1.1 Accesibilidad .....	38
3.1.2 Geología regional.....	39
3.1.3 Geología local .....	40
3.1.4 Estratigrafía.....	41
3.1.5 Topografía.....	43
3.2 PERIODO Y DURACIÓN DE ESTUDIO.....	44
3.3 PROCEDENCIA DE MATERIAL UTILIZADO .....	44
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	44
3.4.1 Población.....	44
3.4.2 Muestra .....	44
3.5 DISEÑO ESTADÍSTICO Y METODOLÓGICO .....	45
3.5.1 Tipo de investigación.....	45
3.5.2 Diseño de la investigación .....	45
3.5.3 Nivel de investigación .....	45
3.5.4 Método .....	45
3.6 PROCEDIMIENTO.....	46
3.6.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	46



3.7	VARIABLES .....	46
3.7.1	Variable independiente .....	46
3.7.2	Variable dependiente .....	46
3.7.3	Operacionalización de variables .....	47

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1	ANÁLISIS DEL DISEÑO DE MALLA ESTÁNDAR DEL SLOT NEGATIVO DE LA EMPRESA MINERA CORI PUNO S.A.C.....	48
4.1.1	Cálculo de rendimiento de perforación.....	51
4.1.2	Cálculo de producción estándar .....	51
4.1.3	Malla de perforación estándar de Cori Puno .....	51
4.1.4	Control de tiempo de ciclo de perforación.....	53
4.1.5	Costos fijos y variables de la malla estándar .....	55
4.2	REDISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN DEL SLOT NEGATIVO ..	62
4.2.1	Cálculo del diámetro equivalente para taladros de alivio .....	62
4.2.2	Cálculo de burden .....	63
4.2.3	Cálculo de producción estándar .....	67
4.2.4	Cálculo de eficiencia de perforación .....	67
4.2.5	Costos fijos y variables de la malla optimizada.....	67
4.3	EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS REALIZADOS EN LA MALLA ESTÁNDAR FRENTE A LA MALLA OPTIMIZADA.....	73
4.3.1	Comparación de los tiempos de perforación.....	73
4.3.2	Análisis comparativo de costos de operación .....	74
4.4	DISCUSIÓN .....	74
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>77</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>81</b>

**Área : Ingeniería de minas.**

**Tema : Diseño y planeamiento en minería.**

**Fecha de sustentación: 05/11/2021**



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Dimensiones del equipo Simba S7D .....	27
<b>Figura 2.</b> Radio de giro del equipo Simba S7D .....	28
<b>Figura 3.</b> Columna de accesorios de perforación.....	29
<b>Figura 4.</b> Malla de perforación estándar del slot negativo de Cori Puno .....	52
<b>Figura 5.</b> Diámetro equivalente .....	63
<b>Figura 6.</b> Malla de perforación del slot negativo optimizada .....	65
<b>Figura 7.</b> Plano de ubicación .....	82
<b>Figura 8.</b> Vista cercana del plano de ubicación .....	83
<b>Figura 9.</b> Modelo de carguío de taladro.....	84



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Dimensiones del equipo Simba S7D .....	27
<b>Tabla 2.</b> Radio de giro del equipo Simba S7D.....	28
<b>Tabla 3.</b> Descripción de los accesorios de perforación para el slot negativo .....	29
<b>Tabla 4.</b> Ubicación geográfica del estudio.....	38
<b>Tabla 5.</b> Accesibilidad .....	39
<b>Tabla 6.</b> Operacionalización de variables .....	47
<b>Tabla 7.</b> Parámetros de operación de la empresa minera Cori Puno. ....	50
<b>Tabla 8.</b> Estándares técnicos de perforación de la malla estándar .....	50
<b>Tabla 9.</b> Características de la malla de perforación estándar de Cori Puno.....	53
<b>Tabla 10.</b> Control del tiempo de perforación de un taladro .....	53
<b>Tabla 11.</b> Costo de mano de obra en perforación. ....	55
<b>Tabla 12.</b> Costo de maquinaria perforadora.....	56
<b>Tabla 13.</b> Costo de accesorios de perforación por pie perforado sin rimar .....	56
<b>Tabla 14.</b> Costo de accesorios de perforación por pie rimado.....	57
<b>Tabla 15.</b> Costo de los aceros de perforación de la malla estándar .....	58
<b>Tabla 16.</b> Cálculo de costos por EPPs .....	59
<b>Tabla 17.</b> Cálculo de costos de herramienta .....	60
<b>Tabla 18.</b> Cálculo de costo de la lampara minera .....	61
<b>Tabla 19.</b> Resumen de costos de perforación de la malla estándar del slot negativo ....	62
<b>Tabla 20.</b> Cálculo de burden .....	64
<b>Tabla 21.</b> Características de la malla de perforación del slot negativo optimizada.....	66
<b>Tabla 22.</b> Estándares técnicos de perforación de la malla optimizada .....	66
<b>Tabla 23.</b> Costo de mano de obra en perforación. ....	69
<b>Tabla 24.</b> Costo de los aceros de perforación para la malla optimizada.....	70
<b>Tabla 25.</b> Resumen de costos perforación de la malla optimizada del slot negativo.....	72
<b>Tabla 26.</b> Tiempos de perforación de la malla estándar y optimizada.....	73
<b>Tabla 27.</b> Costos de operación .....	74



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

US\$	Unidad de dólares americanos
TM	Toneladas métricas
S.A.C.	Sociedad Anónima Cerrada
LHB	Long Hole Blasting
VCR	Vertical crater retreat
SERNAGEOMIN	Servicio nacional de geología y minería
ENAMI	Empresa nacional de minería
EP	Error de perforación
B	Burden
m	Metros
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
g	Gramos
kg	Kilogramos
mm	Milímetros
W	Peso
V	Volumen
RAE	Real Academia Española
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
SW	Suroeste
NE	Noreste
SO	Suroeste



NW	Noroeste
min	Minutos
hrs	Horas
Eff.	Eficiencia
Perf.	Perforación
perf	perforados
PP	Pies perforados
Tal	Taladro
EPPs	Equipos de protección personal
p/acero	Punta de acero
Gdia	Guardia
Long	longitud
#Taladros	Número de taladros
TP tal	Tiempo perforado por taladro



## RESUMEN

La investigación tiene como objetivo rediseñar la malla de perforación del slot negativo para reducir los costos operativos en la perforación, como también analizar el diseño de malla del slot negativo que se está aplicando actualmente, aplicar un modelo matemático para el diseño de una adecuada malla de perforación del slot negativo y luego evaluar los costos que se tiene y se tendrán, con la malla actual y la malla rediseñada, respectivamente; para con ello conocer la reducción de costos de la empresa minera Cori Puno S.A.C. Con respecto a la investigación, el método es hipotético deductivo, el tipo de investigación es descriptivo y aplicativo. La población es el conjunto de todos los tajos en donde se está perforando el diseño estándar de la malla de perforación del slot negativo en la zona de Cruz de Oro de la empresa minera Cori Puno y La muestra es el tajo 11 del nivel 4530, dicha labor está ubicada en la zona de cruz de Oro de la empresa minera Cori Puno. La técnica de recolección de datos es buscar información en tesis de grados, libros, documentos en internet que sean relacionados al tema y los instrumentos que se utilizaron fueron los datos que se registraron en la supervisión de la perforación del slot negativo de taladros largos por el equipo Simba S7D, como también se usó los reportes de perforación, concluyendo que mediante el rediseño de la malla de perforación del slot negativo se reduce los costos de perforación de US\$ 1152.86 a US\$ 1135.17 teniendo una diferencia de US\$ 17.69 en la empresa minera Cori Puno S.A.C.

**Palabras Clave:** Taladros largos, diseño, malla de perforación, costos, slot.



## ABSTRACT

The objective of the research is to redesign the negative slot perforation mesh to reduce operating costs in drilling, as well as to analyze the negative slot mesh design that is currently being applied, apply a mathematical model for the design of an adequate mesh of drilling of the negative slot and then evaluating the costs that one has and will have, with the current mesh and the redesigned mesh, respectively; In order to know the cost reduction of the mining company Cori Puno S.A.C. With regard to research, the method is hypothetical deductive, the type of research is descriptive and applicative. The population is the set of all pits where the standard design of the negative slot drilling mesh is being drilled in the Cruz de Oro area of the Cori Puno mining company and The sample is pit 11 of level 4530, said Labor is located in the Cruz de Oro area of the Cori Puno mining company. The data collection technique is to search for information in degree theses, books, documents on the Internet that are related to the subject and the instruments that were used were the data that were recorded in the supervision of the drilling of the negative slot of long holes by the Simba S7D team, as the drilling reports were also used, concluding that by redesigning the drilling mesh of the negative slot, drilling costs are reduced from US \$ 1152.86 to US \$ 1135.17, having a difference of US \$ 17.69 in the mining company of Cori Puno S.A.C.

**Key Words:** Long holes, design, drilling mesh, costs, slot.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actividad minera una variable muy importante es el precio de los metales, el cual no puede ser controlado por las empresas mineras, es por ello que actualmente todas las minas del mundo realizan grandes esfuerzos para optimizar los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura reduciendo de esta manera los costos en mina (Jauregui Aquino, 2009).

En todas las empresas mineras del Perú se exige la mejora de la productividad a un menor costo con el fin de aumentar sus ingresos económicos, en distintas partes del país existen minas en donde trabajan con el método de explotación por Subniveles con taladros largos y de acuerdo al diseño de malla se tienen los costos de perforación; actualmente rediseñan la malla de perforación aplicando modelos matemáticos, modificando así el tipo de arranque de la malla, el tipo de explosivo, los barrenos, las brocas y la distribución de los taladros.

En la empresa minera Cori Puno S.AC. se está trabajando con el método de explotación por Subniveles con taladros largos en donde se observó la parte de perforación y voladura del slot negativo que se perfora constantemente, sabemos que cada vez que se termina de ampliar los 2.5 metros en ambos hastiales de las galerías de 4x4 metros de dimensión se inicia un nuevo slot negativo de 2x2 metros para él para así poder perforar la zanja y los taladros de producción en donde se ve que dichos costos de perforación y voladura del slot negativo de



taladros largos son muy altos y con este proyecto se espera reducir los costos de perforación y voladura rediseñando la malla de perforación del slot negativo.

En la empresa minera Cori Puno S.AC. se está trabajando las perforaciones del slot negativo de taladros largos con una malla estándar el cual aplican siempre, pero se está teniendo altos costos de perforación y voladura causada por el modelo de la malla que se aplica para perforar, razón por la cual decidí rediseñar la malla estándar de perforación del slot negativo para así tener con nuevos parámetros de burden y una cantidad menor de taladros perforados y así poder reducir los costos de perforación y voladura.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Pregunta general**

¿Cuál es el diseño de malla de perforación del slot negativo de taladros largos a implementar para reducir los costos de perforación en la empresa minera Cori Puno S.A.C.?

### **1.2.2 Preguntas específicas**

¿Cuál es el modelo matemático a aplicar para el diseño de una adecuada malla de perforación del slot negativo de taladros largos?

¿Cuál es el esquema del diseño de malla de perforación del slot negativo para reducir los costos de perforación en la empresa minera Cori Puno S.A.C.?

¿Cuáles son las nuevas características y estándares técnicos de perforación de la malla de perforación optimizada del slot negativo?



## **1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 Hipótesis general**

Mediante el rediseño de la malla de perforación del slot negativo se determinará un nuevo burden y espaciamiento, como también se reducirá el tiempo de perforación; consecuente a esto se reducirá los costos de perforación en la empresa minera Cori Puno S.A.C.

### **1.3.2 Hipótesis específicas**

Se rediseñará la malla de perforación del slot negativo donde se tendrá nuevas características y nuevos estándares técnicos de perforación de la malla del slot negativo.

Al rediseñar la malla de perforación del slot negativo se reduce el tiempo de perforación.

Al rediseñar la malla de perforación del slot negativo se reducirá los costos de perforación de la empresa minera Cori Puno S.A.C.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

En la empresa minera Cori Puno S.A.C, en el área de operaciones se observa que los trabajos realizados en la perforación están generando altos gastos; por lo que este proyecto es justamente para reducir esos costos excesivos e innecesarios generados por la perforación.

Al realizar un nuevo diseño de malla de perforación de taladros largos, nos damos cuenta de la cantidad de taladros requeridos, el espaciamiento, el burden adecuado y la cantidad de energía requerida para obtener determinado material roto.

Se reduce la cantidad de taladros de la malla de perforación que se aplica



normalmente en el slot y consecuencia a eso reduce la cantidad de explosivo que ingresa para realizar la voladura y así también para obtener una reducción de costos en aceros al momento de la perforación.

Con este proyecto se describe que la malla actual del slot negativo de un tajo tiene 17 taladros y se tiene como objetivo rediseñar la malla del slot con 15 taladros lo cual generará por lo menos reducir un 11.7% aproximadamente el costo total de perforación y voladura.

La situación problemática que se intenta investigar son los altos costos innecesarios que se tienen al realizar las operaciones en perforación y voladura.

El tema de costos en perforación es muy importante ya que la perforación se realiza a diario en operación mina, se observó actualmente que se están perforando muchos taladros para un slot de 2x2 metros, y se tiene entendido que se puede reducir algunos taladros innecesarios de la malla para así reducir los costos de perforación.

Lo que se va a realizar es rediseñar la malla aplicando un modelo matemático en base a datos reales de la mina Cori Puno, en donde primeramente observaremos cuales son los taladros innecesarios de la malla del slot, con cierto estudio del terreno y un adecuado estudio de la fragmentación de roca del explosivo que se usa, se podrá re definir el burden y espaciamiento de los taladros.

Los beneficios sociales del trabajo son la ganancia económica que obtendrá la empresa de Cori Puno S.A.C., que dicha ganancia económica resultara de la reducción de los costos operativos en perforación y voladura, como también los costos que se ahorraran en la columna de acero porque al perforar menos taladros lógicamente se dará menos uso de los aceros en la perforación del slot. Como también unos de los beneficios es reducir el tiempo de perforación



## **1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 Objetivo general**

Rediseñar la malla de perforación del slot negativo para reducir los costos de perforación en la empresa minera Cori Puno S.A.C.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

Analizar el diseño de malla del slot negativo que se está aplicando actualmente en la empresa minera Cori Puno S.A.C.

Aplicar un modelo matemático para el diseño de una adecuada malla de perforación del slot negativo.

Evaluar de los costos que se tiene y se tendrán, con la malla actual y la malla rediseñada, respectivamente; para con ello conocer la reducción de costos.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En la tesis denominado “Optimización de los estándares en perforación y voladura de taladros largos, para el incremento de la productividad y la reducción de los costos de operación en la CÍA. Minera Ares U. O. Inmaculada” para optar el título profesional de Ingeniero de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano Puno; indica lo siguiente en sus conclusiones:

Se ha incrementado la productividad con: a) diseño adecuado de las mallas de perforación y voladura de acuerdo a las geometrías de la estructura y potencias de oré, evitando así la perforación de taladros adicionales por la mala distribución y desviación de los mismos, además que se tiene mejor control de las cajas teniendo una mejor secuencia de salida con una voladura controlada disminuyendo la dilución de 25% a valores menores a 18%; b) producto del afilado de brocas retractiles, el rendimiento de los aceros ha aumentado en un 12% para ambas columna de perforación (T38 y T45). (Merma Chacca, 2018, pág. 118)

En el trabajo de suficiencia profesional denominado “Empleo De Taladros Largos Para La Optimización De La Productividad En La Mina Cori Puno S.A.C.” para optar el título profesional de Ingeniero de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano Puno; indica en sus conclusiones:

De acuerdo a las pruebas realizadas en la zona Cruz de Oro de la CIA Cori Puno S.A.C. en los 2 tajos se puede determinar que la fragmentación en la voladura de taladros largos ya sea en paralelo y de forma radial si se hace uso de ANFO podemos obtener



resultados positivos que se encuentran dentro de la fragmentación solicitada por el área de planta cumpliendo con el  $P=80$  recomendado, además se puede notar el ahorro de los costos de 0.63 US\$/Ton. 16 la productividad de la empresa mejora pues ya no hay impedimento para que los equipos se encuentren parados habiendo mineral roto en los tajos que cumplen con los requisitos del área de planta. Se recomienda uso de la voladura controlada para evitar dañar los pilares corridos y evitar la inestabilidad en las paredes del tajo para que el personal haga uso del telemando de manera segura al momento de realizar la extracción del mineral. Al momento de realizar la perforación de taladros largos lo que más importa es mantener el paralelismo en los taladros perforados y un control minucioso en la forma de carguío de los explosivos realizando un seguimiento al carguío de taladros y al personal según el diseño. (Oda Talavera, 2019)

En la tesis denominado “Implementación de malla de perforación y voladura de taladros largos para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en la mina subterránea Marcapunta Sur-El Brocal” para optar el título profesional de ingeniero de minas en la Universidad Continental; en una de sus conclusiones indica lo siguiente:

La comparación en la perforación con la broca de 89 mm y de 64 mm para taladros de perforación en abanico, VCR + SLOT Paralelo-Nv .4172, en negativo, Asimismo, se tiene una reducción de 7 filas perforadas y cada fila cuenta con 77.24 metros perforados, como total se tiene 539 metros perforados en términos económicos se tiene una optimización de costos por metro perforado tenemos 646.8 UD\$/mp. (Hinostroza Sanchez, 2019, pág. 118)

En la tesis denominada “explotación por subniveles con taladros largos en cuerpos mineralizados para el incremento de la producción en la unidad minera Untuca - Cori



Puno S.A.C.” para optar el título profesional de ingeniero de minas de la Universidad Nacional del Altiplano Puno; indica lo siguiente en sus conclusiones:

Aplicando el método de explotación de cámaras y pilares se ha logrado solamente una producción de 702 TM de mineral por día en la Unidad Minera Untuca - Cori Puno SAC y al utilizar el Sistema de explotación por Subniveles con taladros largos, se ha logrado una producción de 1 272 TM de mineral por día, en la Unidad Minera Untuca - Cori Puno S.A.C. (Tito Quispe, 2018)

En la tesis para optar el Título de Ingeniero de Minas de la Facultad De Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica Del Perú, en sus conclusiones indica que:

A través de la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de Perforación y voladura, se logró la reducción del Costo unitario total de Mina en 1.51 \$/TM es decir una reducción del 7% en comparación con lo que se venía obteniendo. Representando esto una reducción en costos operativos de Mina de 1 359 000 \$ al año, (...) Como también los principales factores de éxito para concretar la optimización de los estándares de perforación y voladura y en general del ciclo de minado, son el Seguimiento y control operativo y la Capacitación y creación de conciencia. (Jauregui Aquino, 2009)

En la tesis denominado “Diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos e Sub Level Stoping para incrementar la productividad en mina Marcapunta de sociedad Minera El Brocal S.A.A”, Presentado a la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Del Centro Del Perú expresa lo siguiente en sus conclusiones: Con la homogenización de la fragmentación se redujo los de bancos en los disparos de Sublevel Stoping, programando la perforación de 5 filas por guardia, en vez de 4 filas por guardia, y así disminuir el consumo de explosivos; permitiendo obtener un alto



rendimiento económico y productivo; además en la primera semana se concluyó satisfactoriamente con la perforación paralela y en abanico en un total de 5 953 metros perforados sien esto un 90 % de lo programado y en la segunda semana se perforo 8 795.16 metros (tajo completo) completando un 239 %, todo esto debido a la continuidad del equipo, ya que tuvimos todas las mejores condiciones, (Mallqui Balbin, 2019)

En la tesis denominado “Ampliación de producción de la Unidad Minera Chungar de 2000 TMD a 3000 TMD”, para optar el título profesional de Ingeniero de Minas, presentado a la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica - Universidad Nacional de Ingeniería; en uno de sus Ítem concluye que:

La productividad actualmente del tajeo en rotura en Corte y relleno ascendente en breasting en donde se perfora con Jumbo es de 7,2 TM/h - guardia; mientras que en este mismo tajeo implementando un diseño de mallas con voladura controlada, tomando en cuenta las informaciones geomecánicas del terreno la productividad es de 8,4 TM/h – guardia, por lo cual la segunda alternativa es mejor. (Muñoz Bernardo, 2006)

En la tesis denominado “Metodología para la Optimización de las Operaciones en Taladros Largos en función a los Equipos, Lodos de Perforación y DROP RAISING SLOT en Compañía Minera Condestable S.A.” para optar el título profesional de Ingeniero de Minas, presentado a la Facultad de Ingeniería Geológica, Geofísica y Minas - Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; expresa lo siguiente en sus conclusiones:

El modelo de Simba 1254 está diseñado para perforación de taladros en abanico y perforación de Slots tanto verticales como inclinados, las libertades de movimiento están directamente relacionadas con el movimiento de una mesa deslizante, la consola montada



sobre ella, el péndulo y el rotador con giros de 360°. Todos estos aspectos deben ser tomados en cuenta al momento del diseño de los taladros. (Hanco Cuti, 2014, pág. 175)

En la tesis denominado “Reducción de la desviación de taladros largos implementando menores longitudes de perforación de taladros para bancos de producción de 20 metros de altura en Sublevel Stopping con Simbas H1254, en el cuerpo Casapalca 4 en el nivel 11 -11A, Mina Casapalca-Unidad Americana.2016” para optar el título profesional de Ingeniero de Minas, presentado a la Facultad de Ingeniería de la escuela profesional de Energía y Minas - Universidad Nacional de Trujillo; indica lo siguiente en una de sus conclusiones:

Determinamos con la práctica que a mayor longitud de perforación mayor es la desviación del taladro perforado. Dicho inversamente, a menor longitud de perforación menor será la desviación del taladro perforado. (Celis Caballero, 2016, pág. 68)

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 Método de explotación por taladros largos**

La perforación de taladros largos es la operación más delicada a ser aplicada en un método de explotación, pues el éxito de la voladura dependerá principalmente de una buena perforación. El problema más común en la etapa de perforación es la desviación de taladros, que afecta a la malla de perforación establecida. Los métodos de explotación que aplica esta técnica reducen notablemente las labores de preparación y los costos de minado. (Esteban, 2012)

Entre los métodos más conocidos tenemos:

- ✓ El método LHB (Long Hole Blasting):



Este método es una aplicación de los principios de la voladura en banco a cielo abierto a las explotaciones subterráneas. El método afecta principalmente a la operación de arranque y en cierta medida a la preparación de las cámaras, puesto que, en general solo se trabaja en dos subniveles, uno de perforación y otro de extracción. Sin embargo, el principio de explotación es el mismo que en el de cámaras por Subniveles Convencional (Sublevel Stopping). (Esteban, 2012)

- Subniveles con taladros en abanico:

El sistema es aplicable en yacimientos sub verticales de buzamiento entre ( $70^\circ$  a  $90^\circ$ ), con roca encajonante competente. Una vez extraído el mineral, quedan cámaras abiertas de amplias dimensiones. La perforación en forma de abanicos, se da desde las galerías de preparación de los Subniveles con barras ascendentes, descendentes hacia ambos lados, cuyas longitudes se adaptan al contorno de la zona mineralizada.

Inicialmente se construye un SLOT (espacio reducido) que genera una cara libre, luego se disparan los taladros próximos, después se disparan las filas llamadas taladros de producción. Se utiliza voladura controlada en los límites de los tajeos para reducir los riesgos por caída de rocas. La variación de los diámetros de brocas es de 51 mm a 64 mm, la separación entre filas de perforación, oscila entre 1,2 y 1,8 m dependiendo a la dureza y tipo de roca. El emboquillado, orientación y desviación de los taladros son para obtener buenos resultados. Por ellos es necesario emplear sistemas de orientación y accesorios especiales y no perforar taladros con longitudes mayores a 25 m de longitud porque se desviará muy fácil. (Tito Quispe, 2018)

- VCR (Vertical Crater Retreat):

Este método consiste en delimitar la cámara de mineral a explotar por un sistema de galerías paralelas a distinto nivel, perforando desde una galería superior todos los



taladros pasantes que cubren la cámara y disparándolos sucesivamente en forma ascendente con cargas esféricas situadas a una profundidad tal que los cráteres formados se solapan, teniendo lo más regular posible.

El mineral roto cae a los Draw Points desde la galería de transporte hasta las tolvas de la cámara. Se extrae solo mineral necesario para que en el espacio abierto entre el mineral fragmentado desprendido y el techo de la cámara sea suficiente para preparar y efectuar el próximo disparo y que no sea excesivo a fin de evitar desprendimientos de roca desde las cajas, que provocan dilución del mineral. (Esteban, 2012)

### **2.2.2 Perforación**

La Perforación Minera es, quizá, una de las principales actividades de la primera etapa de trabajo en el punto de extracción. Su buena implementación y efectividad en los suelos o montículos rocosos, es fundamental para el avance de un proyecto minero. (Tiempo Minero, 2019)

La perforación es la operación que se realiza con la finalidad de abrir huecos en el macizo rocoso, con una distribución y geometría adecuada, en donde se alojarán cargas explosivas. (SERNAGEOMIN; ENAMI; Ministerio de Chile, 2014)

Se basa en principios mecánicos de percusión y rotación, cuyos efectos de golpe y fricción producen el astillamiento y trituración de la roca en un área equivalente al diámetro de la broca y hasta una profundidad dada por la longitud del barreno utilizado. El detritus que proveniente de la trituración de la roca deberá ser removido gradualmente del fondo del taladro para evitar la remolienda que dificulte la rotación y origine el atascamiento del barreno dentro del taladro. (Merma Chacca, 2018, pág. 33)



### 2.2.3 Proceso de perforación

- El correcto pintado de malla enumerando las filas de perforación.
- Pintado de la gradiente y del eje central. Esto para poder sacar el baricentro de la labor y realizar la perforación radial y evitar la desviación de los taladros
- La galería debe de contar con sus refugios respectivos cada 15 MTS. Limpios sin carga acumulada.
- Se debe de delimitar el área de perforación.
- Se debe de pintar los pilares.
- Perforar haciendo uso del inclinómetro para evitar desviaciones de taladro.

(Mallqui Balbin, 2019, pág. 26)

### 2.2.4 Parámetros de perforación

Los parámetros que controlan el proceso de perforación pueden agruparse de la siguiente forma: Parámetros relacionados con el equipo, tales como la máquina, la sarta de perforación, o la corona. Parámetros relacionados con el proceso de perforación, como la presión sobre la corona, la velocidad de rotación, las propiedades del fluido de perforación y su velocidad de circulación. Estos son los principales elementos, en los que el operario puede intervenir dentro de las posibilidades del equipo. Parámetros relacionados con la respuesta del terreno: velocidad de penetración, par de rotación y presión de fluido. Para unas condiciones de perforación dadas, estos parámetros dependen únicamente de las características del terreno. (Meneces, 2018)

El registro de estos parámetros, puede llevarse a cabo mediante mecanismos de tipo analógico o digitales. Los primeros, pueden registrar cuatro parámetros y proporcionan una única salida gráfica en papel. Los aparatos digitales, presentan numerosas ventajas ya que pueden registrar más parámetros con una mayor precisión, y



las medidas se obtienen en formato digital por lo que los datos pueden tratarse posteriormente de forma matemática o estadística. (Meneces, 2018)

### **2.2.5 Teorías de diseño de malla**

Es el esquema que indica la distribución de los taladros con detalle de distancias, cargas de explosivo y secuencia de encendido a aplicar. El conjunto de taladros que se perforan en el frente tiene una ubicación, dirección, inclinación y profundidad determinada. (Ojeda Mestas, 2007, pág. 27)

Las operaciones de perforación en minería subterráneas difieren de la superficie ya que solo presentan una sola cara libre, por ello es necesario adicional los taladros de alivio en el diseño de un arranque (corte), lo cual genere dos caras libres como mínimo.

### **2.2.6 Equipos de accesorios de perforación**

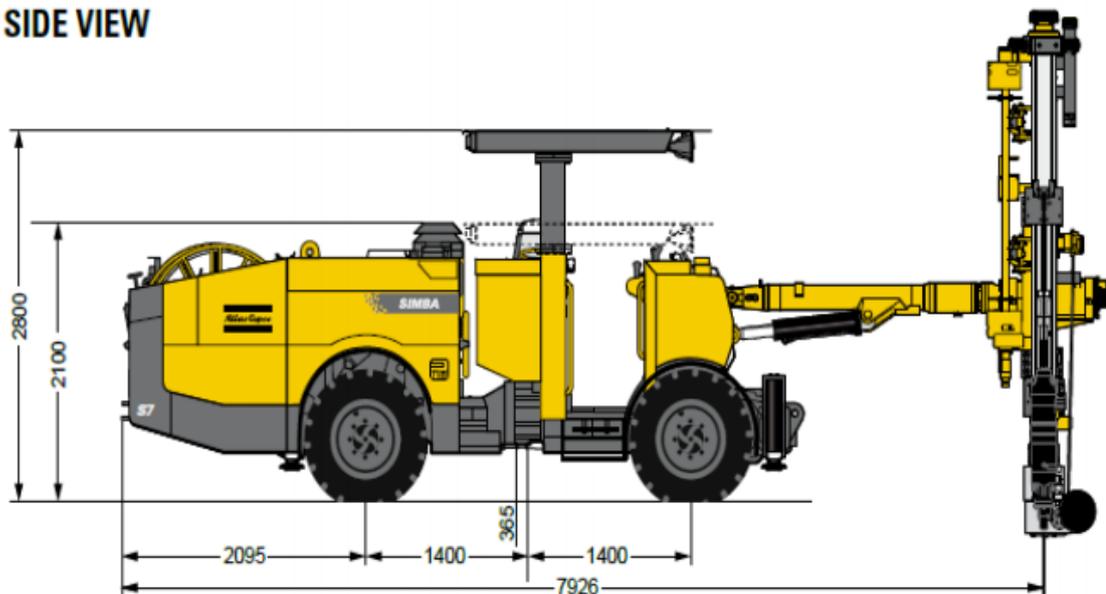
Para la perforación del slot negativo se da uso del equipo SIMBA S7D.

Debido a estas dimensiones se considera la labor de preparación mayores de 3.8 m x 4.0 m; espacio en el cual se tiene el equipo puede maniobrarse sin dificultad. Asimismo, el Simba S7D trabaja con un tornamesa para el movimiento hacia los lados, pudiéndose desplazarse 1,0 m hacia cada lado, desde el centro de la labor. (Ore Acuña, 2019)

Además, la altura a tomar en cuenta para el direccionamiento de los taladros es de 1,8 m desde el suelo, ya que al posicionarse el equipo necesita colocar las gatas de posicionamiento con lo que alcanza firmeza y evita que el equipo se desplace, haciendo que el equipo se eleve hasta dicha altura, a este punto se le llama punto de baricentro y es desde aquí que se proyectan los taladros. (Ore Acuña, 2019)

“El Simba S7D se ha construido con un diseño moderno que comparte muchos componentes comunes con el exitoso equipo de perforación frontal Boomer S1D. Puede perforar barrenos paralelos ascendentes y descendentes con un espaciado de hasta 3 metros. Equipado con un martillo en cabeza de alto rendimiento y una unidad de perforación montada en el brazo”. (Ore Acuña, 2019)

### SIDE VIEW



**Figura 1.** Dimensiones del equipo Simba S7D

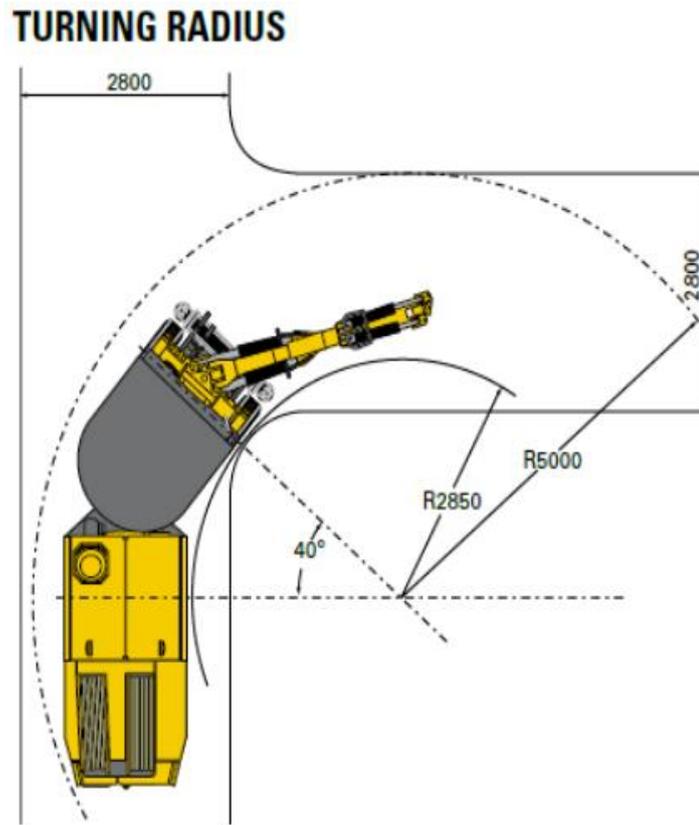
Fuente: (EPIROC PERU S.A., 2018)

**Tabla 1.** Dimensiones del equipo Simba S7D

Dimensiones		
Unidad de medida “mm”	Anchura	2000
	Altura, desplazamiento	2100
	Altura con techo subido	2800
	Length tramming (with BMHP 6804/05/06)	8 805*/9 417*
	Altura libre sobre el suelo	335

Fuente: (EPIROC PERU S.A., 2018)

En la tabla 1 se muestra las dimensiones del equipo Simba S7D, equipo de perforación que se usa para la perforación de taladros largos y en esta tabla se tiene las medidas o dimensiones de dicho equipo y es importante saber para luego entender si el equipo tiene la capacidad de entrar a distintas zonas o labores angostas.



**Figura 2.** Radio de giro del equipo Simba S7D

Fuente: (EPIROC PERU S.A., 2018)

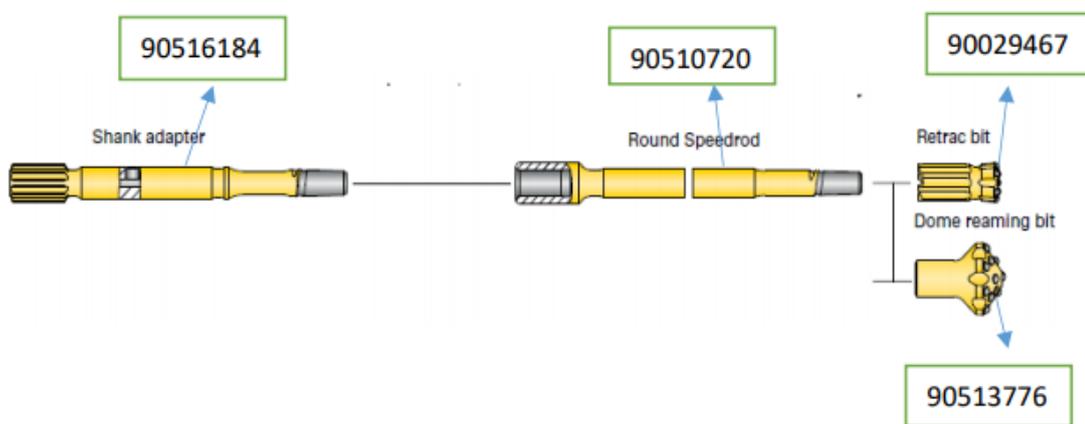
**Tabla 2.** Radio de giro del equipo Simba S7D

Radio de giro		
Medida	Radio de giro, exterior	5000
“mm”	Radio de giro, interior	2850

Fuente: (EPIROC PERU S.A., 2018)

En la tabla 2 se muestra el radio de giro que tiene el equipo de perforación Simba S7D, el cual es muy importante conocer para saber si dicho equipo tiene la capacidad de entrar a algunas labores que tienen poca curvatura al cambiar de dirección la labor en la rampa.

Columna de accesorios de perforación para equipos en trabajos de perforación de taladros largos.



**Figura 3.** Columna de accesorios de perforación para equipos en trabajos de perforación de taladros largos.

Fuente: (Secoroc, Atlas Copco SAC, 2017)

**Tabla 3.** Descripción de los accesorios de perforación para el slot negativo

Descripción de los accesorios de perforación para el slot negativo	
Broca retráctil	T38 x 64mm
Rimadora	t38 x 127 mm
Shank	525 mm
Barra ext.	t38 x 5



### **2.2.7 Elementos de diseño de malla**

Los elementos del diseño de malla son:

Slot, zanja y taladros de producción.

### **2.2.8 Burden**

Debe ser adecuada para cada diámetro de taladro. Si es muy larga la reflexión de ondas será mínima, e incluso nula y la fragmentación se limitará a la boca o collar del taladro como craterización. (EXSA, 2001)

Si estas condiciones son adecuadas, el empuje de los gases sobre la masa de roca en trituración provocará además la formación de “planos de rotura horizontales”, a partir de la cara libre como resultado de los esfuerzos de tensión producidos cuando la roca llega su límite de deformación elástica y a la deformación convexa de la cara libre, donde se forman grietas de plegamiento, de las que nacen los planos de rotura horizontales mencionados. Este proceso se denomina rotura “flexural”. En el momento de la flexión de la cara libre se produce además cierta proporción de rotura por descoste. (EXSA, 2001)

El material triturado y proyectado se acumula formando la pila de escombros o detritos, que se extiende al pie de la nueva cara libre, en una distancia mayor que la del burden original, denominada desplazamiento o spelling, debiéndose considerar que el volumen del material roto es mayor que el que termina in situ, lo que se denomina “esponjamiento”. Este aspecto es importante para calcular el volumen de roca a transportar con los equipos de acarreo y se estima basándose en el “factor de esponjamiento” de los diferentes tipos de rocas y a las dimensiones del corte efectuado con la voladura. (EXSA, 2001, pág. 17)



### 2.2.9 Espaciamiento

Es la distancia entre taladros de una misma fila que se disparan con un mismo retardo o con retardos diferentes y mayores en la misma fila. Se calcula en relación con la longitud del burden, a la secuencia de encendido y el tiempo de retardo entre taladros. (EXSA, 2001)

Al igual que con el burden, espaciamientos muy pequeños producen exceso de trituración y craterización en la boca del taladro, lomos al pie de la cara libre y bloques de gran tamaño en el tramo del burden. Por otro lado, espaciamientos excesivos producen fracturación inadecuada, lomos al pie del banco y una nueva cara libre frontal muy irregular. (EXSA, 2001)

### 2.2.10 Longitud de taladro

La longitud de taladro tiene marcada influencia en el diseño total de la voladura y es factor determinante en el diámetro, burden y espaciado. Es la suma de altura de banco más la sobre perforación necesaria por debajo del nivel o rasante del piso para garantizar su buena rotura y evitar que queden lomos o resaltos (toes), que afectan al trabajo del equipo de limpieza y deben ser eliminados por rotura secundaria. (EXSA, 2001, pág. 166)

Esta sobre perforación debe ser por lo menos de 0,3 veces el valor del burden, por tanto:

$$L = H + 0,3B$$

donde:

H: altura del banco.

B: burden.



Esta relación es procedente para taladros verticales que son los más aplicados en las voladuras de tajo abierto con taladros de gran diámetro, pero en muchas canteras de pequeña envergadura se perforan taladros inclinados, en los cuales la longitud de taladro aumenta con la inclinación, pero, por lo contrario, la sobre perforación (SP) disminuye, estimándose por la siguiente relación:

$$L = \frac{H}{\cos\alpha} + 1 - \frac{\alpha}{100} \times SP$$

donde:

L: longitud del taladro.

H: altura de banco.

$\alpha$ : ángulo con respecto a la vertical, en grados.

SP: sobre perforación.

La perforación inclinada, paralela a la cara libre del banco, al mantener uniforme el burden a todo lo largo del taladro proporciona mayor fragmentación, esponjamiento y desplazamiento de la pila de escombros, menor craterización en la boca o collar del taladro, menor consumo específico de explosivos y dejan taludes de cara libre más estables. Por lo contrario, aumenta la longitud de perforación, ocasiona mayor desgaste de brocas, varillaje y estabilizadores, dificulta la carga de explosivos y tiende a desviación de los taladros, especialmente con los mayores a 20 m.

(EXSA, 2001, pág. 167)

### **2.2.11 Eficiencia de perforación**

La eficiencia en perforación consiste en lograr la máxima penetración al menor costo. (EXSA, 2001, pág. 79)



### 2.2.12 Teoría de costos de operación

Los costos de operación se definen como aquellos generados en forma continua durante el funcionamiento de una operación minera y están directamente ligados a la producción, pudiéndose categorizarse en costos directos e indirectos. (Pacahuala Aguirre, 2015, pág. 23)

### 2.2.13 Tipos de costos

- Costos directos

Conocidos como costos variables, son los costos primarios en una operación minera en los procesos productivos de perforación, voladura, carguío y acarreo y actividades auxiliares mina, definiéndose esto en los costos de personal de producción, materiales e insumos, equipos. (Pacahuala Aguirre, 2015, pág. 24)

- Costos indirectos

Conocidos como costos fijos, son gastos que se consideran independiente de la producción. Este tipo de costos puede variar en función del nivel de producción proyectado, pero no directamente con la producción obtenida. (Pacahuala Aguirre, 2015, pág. 24)

- Diferencia entre costo y gasto

Un costo también es conocido como coste el cual es una erogación relacionada con la elaboración de un producto; su registro contable es en cuentas de balance general, es decir, son inventariables; además se espera que generen ingresos futuros para la empresa. En cambio, un gasto es una erogación relacionada con la administración, las ventas o el financiamiento de la empresa; su registro contable es en cuentas del estado de



resultado y no genera ingresos posteriormente. (Jiménez Alvarado, Vargas Vega, & Teresa, 2020)

- Planeamiento de costos en operaciones mineras

La estimación de costos en las operaciones mineras es una estrategia importante que toda empresa debe implementar. Después de la seguridad, la estimación de los costos en todos los procesos mineros es uno de los factores clave para generar valor. En un mundo muy cambiante y de dependencia del mercado internacional de los metales, surge la necesidad de tener pleno conocimiento del control de nuestros procesos por medio del costo, que permita tomar las medidas correctivas durante el proceso, para obtener resultados positivos y/o minimizar los impactos de los factores externos. Estimando costos podremos elaborar escenarios, tomar decisiones e identificar los puntos críticos de todo nuestro proceso minero. (Valdez Nolasco, 2020)

## **2.3 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.3.1 Costo**

Los costos se relacionan con la función de producción. (García, 2014)

Los costos representan un decremento de ingresos, pero a diferencia con los gastos, estos recursos se consumen para fabricar un producto. (Torres, 2010)

El costo es aquel en el que se incurre para producir un beneficio actual o futuro para la empresa. (Hansen & Mowen, 2006)

### **2.3.2 Gasto**

Los gastos se relacionan con las funciones de venta, administración y financiamiento. (García, 2014)



El gasto es el decremento bruto de activos o incremento de pasivos como experimenta una entidad como resultado de las operaciones normales encaminadas a la generación de ingresos. (Torres, 2010)

El gasto es un costo expirado. Se deducen de los ingresos en el estado de resultados. (Hansen & Mowen, 2006)

### **2.3.3 Explosión**

Una explosión es una reacción súbita de oxidación o descomposición con elevación de la temperatura, de la presión o de ambas simultáneamente. Una explosión de gas o de polvo se puede describir como consecuencia de la rápida combustión de gas o de polvo en una mezcla con aire. Algunos de los efectos de una explosión son fuerte estruendo e impactos de presión que pueden provocar el derrumbe de paredes y la rotura de ventanas. Otros efectos muy peligrosos de la súbita e intensa expansión de gases son radiación de calor, gases de humo y frentes de llamas. (Achillides, Gezelovská, & Gehre, 2010)

### **2.3.4 Reducción**

La palabra reducción es aplicada para definir la acción, ejecución y efecto de reducir, el cual refiere a la disminución de algo que anteriormente era de gran medida (...). Todo lo que implique disminuir la medida de un factor que se encuentra presente en el día a día de cada individuo, debido a que su conceptualización es sumamente grande esta terminología puede ser aplicado en diferentes situaciones que tenga la persona diariamente con gran frecuencia; este término también aplica para describir la acción de llevar un objeto evolucionado a su estado original. (ConceptoDefinición, 2012)



### **2.3.5 Optimización**

La optimización es la acción de desarrollar una actividad lo más eficientemente posible, es decir, con la menor cantidad de recursos y en el menor tiempo posible. Es decir, la optimización significa realizar una tarea de la mejor manera, pudiéndose aplicar a distintos ámbitos como la administración de empresas, la economía y la informática. La optimización, en general, implica lograr el mejor funcionamiento de algo, usando de la mejor forma los recursos. (Westreicher, 2020)

### **2.3.6 Minería**

Se denomina minería a la explotación de las minas: los yacimientos que permiten la extracción y el tratamiento de los minerales.

La minería es una actividad que forma parte del sector primario de la economía. Su tarea esencial consiste en extraer los minerales que se encuentran en el subsuelo o en la superficie. Según la clase de mineral, es posible diferenciar entre la minería metálica (que trabaja con materiales como el oro, el plomo, el cobre y la plata) y la minería no metálica (centrada en el granito, la arcilla, el mármol, etc.). También, de acuerdo al tipo de explotación, se diferencia entre la minería subterránea y la minería a cielo abierto. (Pérez Porto & Gardey, 2019)

### **2.3.7 Rediseño**

Hay que tener en cuenta que el concepto de rediseño no forma parte del diccionario de la Real Academia Española (RAE). De todos modos, la inclusión del prefijo re- indica que un rediseño es el resultado de volver a diseñar algo, también puede implicar un cambio en cosas intangibles, por ejemplo, desarrollar una estrategia. (Morales Castañeda, 2019)



### **2.3.8 Malla de perforación**

Se dice a la relación burden por espaciamiento es decir  $B \times E$ . Que generalmente se expresa en metros. También se dice que es el diseño inicial para perforación, con la finalidad de lograr una distribución uniforme de la energía, un confinamiento y nivel de energía adecuado. (Hinostroza Sanchez, 2019, pág. 40)



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La empresa minera Cori Puno, está ubicada en la Cordillera Oriental de los Andes, en donde su ubicación geográfica se detalla en la tabla 4:

**Tabla 4.** Ubicación geográfica del estudio

<b>Distrito</b>	<b>Quiaca</b>
Provincia	Sandía
Departamento	Puno

El campamento de la empresa minera Cori Puno, se encuentra a 192 Km al noreste de Juliaca, a una altura de 4 305 m.s.n.m. y la zona de operaciones a una altura de 4900 a 5000 m.s.n.m. más detalles de la ubicación se muestra en el anexo 1 y 2 de la presente investigación.

##### 3.1.1 Accesibilidad

Desde la ciudad de Juliaca se tiene dos alternativas, la primera por vía Azángaro y la segunda vía por Putina hacia desvío Ananea – Untuca

**Tabla 5.** Accesibilidad

<b>Origen</b>	<b>Destino</b>	<b>Distancia (Km)</b>	<b>Tipo de Carretera</b>	<b>Tiempo de viaje (min)</b>
Puno	Juliaca	45	Asfaltada	50
Juliaca	Huatasani	70	Asfaltada	75
Huatasani	Putina	20	Asfaltada	22
Putina	Quilcapuncu	15	Asfaltada	17
Quilcapuncu	Pampilla	39	Asfaltada	45
Pampilla	Ananea	10	Trocha	12
Ananea	Untuca	45	Asfaltada	55
Untuca	Mina Cori Puno	06	Trocha	7

El viaje tiene un tiempo total de 4 horas con 43 minutos  
La distancia total recorrida desde puno hasta la Mina Cori Puno es de 250 Km

### 3.1.2 Geología regional

En el área de la cadena Oriental sur de la Cordillera de los Andes del Perú, afloran rocas sedimentarias del Paleozoico, integrado por la formación Sandia, la más antigua y la formación Ananea, que son secuencias de rocas monótonas de pizarras, cuarcitas y filitas.

#### a) Formación Sandia (Os-s)

Es la unidad lito estratigráfica más antigua del Paleozoico en el área. Fue definido inicialmente por Laubacher (1978) en el valle de Sandia, constituida por una secuencia detrítica de pizarras oscuras e intercaladas con cuarcitas que van de metros a milímetros de ancho. Se ha catalogado como edad Caradociana del Ordovícico. Por tratarse de una sedimentación impuesta por las filitas y lutitas.



#### b) Formación Ananea (SD-a)

Fue denominada así por Laubacher (1978) en la cordillera Oriental, consiste en una gruesa serie de esquistos pizarrosos con composición mineralógica de moscovita, cuarzo, sericita, clorita, que están afectados por un metamorfismo de tipo epizonal. Se intercala algunos bancos masivos de areniscas de grano fino. Sus contactos estratigráficos con la formación infrayacente están relacionados a un fallamiento inverso que muestra a la formación Sandia cabalgando sobre la Formación Ananea, mientras que el contacto con la formación suprayacente no se observa, catalogado perteneciente al Silúrico - Devónico.

#### 3.1.3 Geología local

El yacimiento de Pomarani se encuentra localizado en la formación Sandia. Este sector litológicamente está compuesto por rocas pizarras - filitas de color negro, de grosores milimétricos a centímetros, de aspecto lustroso en los planos de estratificación, originados por la presencia de moscovita y clorita. Estas filitas y pizarras están intercaladas con cuarcitas blancas y grises de grano fino a medio. El azimut de las capas es de  $N100^{\circ} - 155^{\circ}E$  y buzamiento de  $7^{\circ}22'SW$ . Dichas rocas han sufrido fallamiento debido a esfuerzos tectónicos. En la zona de estudio se observan depósitos morrénicos ubicados alrededor de la laguna Ananea, originados por la acción glaciaria, constituido por material removido y acarreado por el hielo, integrado por bloques sub angulosos de filitas, pizarras, cuarcitas, cuarzos, envueltos en una matriz arenosa -arcillosa.

Finalmente se observan depósitos coluviales localizados en las zonas La Torre, Llactapata, Lomada, Gallocunca y Pomarani, depositadas como producto de la meteorización del sustrato rocoso, el cual es transportado por el viento o por la gravedad,



compuestos por partículas finas a gruesas que engloban a clastos y bloques angulosos a sub angulosos del mismo substrato. (Tito Quispe, 2018, pág. 51)

### **3.1.4 Estratigrafía**

Las unidades lito estratigráficas cartografiadas en el área del depósito de relaves “Untuca” está conformadas principalmente por depósitos inconsolidados del cuaternario, de gran espesor representados por morrenas y aluviales, éstos tienen relación directa con el emplazamiento del dique actual del depósito, relavera y estructuras complementarias como el canal de coronación (margen izquierda del depósito), pozas de sedimentación, etc. (Pally Canaza, 2017)

El basamento rocoso representado por la formación sandia (Os – S) está constituido por bancos de pizarras con niveles de cuarcitas; sus afloramientos se exponen en las partes altas de las laderas del valle. El dique actual del depósito de relaves está construido con material de canteras cercanas al depósito. Actualmente el dique llega hasta la cota 4,297 msnm con un muro reforzado de 3.0m que incrementa el nivel a los 4,300 msnm. (Pally Canaza, 2017)

#### **3.1.4.1 Formación sandia.**

La litología consiste en bancos y capas gruesas de lutitas pizarrosas en lajas de color gris oscuro intercaladas con capas de areniscas de grano fino y color gris clara. Estas rocas son las portadoras de los yacimientos de oro, por lo que se considera como una formación con valor económico, son muy resistentes con una topografía escarpada dispuesta en una dirección N 40° E y un buzamiento de 40 SW, aflora en la parte alta del valle. (Pally Canaza, 2017)



#### **3.1.4.2 Depósitos aluviales.**

Los depósitos aluviales se encuentran expuestos a lo largo del cauce del río Ananea y riachuelo Pulluncunuyoc. Consisten en general de arenas, limos y gravas con presencia de cantos y bloques angulosos a subredondeados. Se encuentran mayormente cubierto por una capa de suelo orgánico. (Pally Canaza, 2017)

#### **3.1.4.3 Depósitos fluviales**

Los depósitos fluviales son bancos de gravas y arenas redondeadas, limos y arcillas estratificadas formadas por la acumulación reciente de los ríos Ananea y Pulluncunuyoc y quebradas del área. Los depósitos aluviales se diferencian ligeramente por un menor redondeamiento de sus componentes rodados, es decir sus componentes tienen menor recorrido en las corrientes de agua. (Pally Canaza, 2017)

#### **3.1.4.4 Bofedales**

Comprende a materiales acarreados sobre una depresión o planicie constituida por arenas, limos, gravas y restos de vegetales en proceso de descomposición, siendo característica importante la acumulación de agua formando terrenos “fangosos” a “pantanosos”. Esto se ubica en la margen derecha del río Ananea, y donde aparece el riachuelo Pulluncuyoc aguas abajo del actual dique. Estos depósitos son considerados poco competentes. (Pally Canaza, 2017)

#### **3.1.4.5 Morrenas**

Estos depósitos son producto de glaciación y se ubican sobre los 4,000 m.s.n.m. a manera de lomadas con cresta morrénica bien definida, constituidos por bloques, gravas, arenas y limo en matriz limosa pobremente clasificados, de roca pizarra y cuarcitas, a veces con leve pseudo - estratificación y lentes como testigo de fusiones estacionales



durante el periodo glaciario. La ablación ocasiona valles en forma de “U”, circos glaciares y aborregamientos. (Pally Canaza, 2017)

#### **3.1.4.6 Morrena lateral**

Se encuentra emplazada en la margen derecha del valle, morfológicamente comprende una colina alargada en dirección NE-SO, cuya cresta constituye el interfluvio de los ríos Ananea y Pulluncunuyoc. Litológicamente consiste de gravas, cantos y bloques angulosos de rocas pizarras y cuarcitas aglutinadas en una matriz limosa. (Pally Canaza, 2017)

#### **3.1.5 Topografía**

El área de estudio y zonas adyacentes presenta un relieve característico de ambiente de sierra, en los cuales los procesos de geodinámica externa se han sobre puesto a los procesos tectónicos más antiguos. Así, el desarrollo morfoestructural Cretáceo - Cuaternario, ha dado lugar a la configuración de ciertas unidades geomórficas y relieves peculiares entre los que destacan lomas, valles y cumbres. Las lomas y colinas se localizan por el lado Norte y Sur de la unidad minera Untuca, estos son promontorios donde su morfología es ondulada, moderadamente agreste, con un talud entre los 30° a 40° con escasa vegetación y poca cobertura de suelo. En las zonas bajas se han formado acumulaciones de detritus y material fluvio-glaciario. (Hachircana Chuctaya, 2018)

Las zonas de depresión se localizan al pie del flanco de la zona de alta cordillera, la cual presenta un relieve plano que ha sido rellenado por material morrénico y fluvio-glaciario y que posteriormente fue erosionado en diferentes niveles, dando como resultado una serie de planicies a diferente altitud. (Hachircana Chuctaya, 2018)

Las zonas de cumbres y glaciares se caracterizan por un relieve muy abrupto, con crestas y aristas agudas producto de la acción glaciario, debido a la presencia de altas



montañas, han conformado una cadena que se prolonga tanto al NW como al SE. Estas montañas de crestas agudas corresponden a afloramientos de cuarcitas, filitas, esquistos y pizarras que conforman la Formación Sandia y Ananea. Estas rocas se encuentran plegadas, falladas y afectadas por un metamorfismo de bajo grado. (Hachircana Chuctaya, 2018)

### **3.2 PERIODO Y DURACIÓN DE ESTUDIO**

La investigación fue realizada en el periodo de agosto del 2020 a abril del 2021, con una duración de 9 meses.

### **3.3 PROCEDENCIA DE MATERIAL UTILIZADO**

Para este proyecto de investigación se usaron materiales que se obtuvo de la zona de Cruz de Oro de la empresa minera Cori Puno, lugar que se encuentra en el distrito de Quiaca de la provincia de Sandia del departamento de Puno.

### **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.4.1 Población**

La población es el conjunto de todos los tajos en donde se está perforando el diseño estándar de la malla de perforación del slot negativo en la zona de Cruz de Oro de la empresa minera Cori Puno S.A.C.

#### **3.4.2 Muestra**

La muestra es el tajo 11 del nivel 4530, dicha labor está ubicada en la zona de cruz de Oro de la empresa minera Cori Puno S.A.C.



## **3.5 DISEÑO ESTADÍSTICO Y METODOLÓGICO**

### **3.5.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación es descriptivo y aplicativo porque en este proyecto de investigación primeramente describirá la frecuencia del problema que se da en los tajos de la zona Cruz de Oro. Consecuente mente se solucionará el problema con una intervención en su diseño de malla del slot negativo, rediseñándolo con una menor cantidad de taladros y así reduciendo los costos en la empresa minera Cori Puno S.A.C.

### **3.5.2 Diseño de la investigación**

El diseño de investigación es experimental porque en este proyecto de investigación se tienen las variables controlable y no controlable, se trabajará con las variables que se pueden controlar, ya que a ello se le puede manipular, alterar y definir un resultado deseado.

### **3.5.3 Nivel de investigación**

El nivel de investigación es descriptivo – explicativo; descriptivo porque primeramente se describe los datos empleados en este proyecto para luego explicar los diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar.

### **3.5.4 Método**

El método es hipotético deductivo porque en este proyecto de investigación se observará el problema a estudiar, luego se rediseñará la malla de perforación del slot negativo, en donde se reducirá por lo menos 2 taladros de la



malla original, consecuente a eso se reducirá los costos en aproximadamente 11.7%, como también reducirán el tiempo de perforación.

### **3.6 PROCEDIMIENTO**

#### **3.6.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para realizar el presente proyecto se buscó información técnica relacionada al título del proyecto, se buscó información en tesis de grados, libros relacionados al tema y documentos en internet que sean relacionados al diseño del slot negativo de taladros largos.

Los instrumentos que se utilizaron para ese proyecto fueron los datos que se apuntaron al momento de la supervisión de la perforación del slot negativo de los taladros largos en el mismo campo, como también se utilizó los reportes de metraje de perforación de taladros largos, reporte de consumo de explosivos, informe geomecánica, reporte de producción de mineral taladros largos del equipo simba S7D.

### **3.7 VARIABLES**

#### **3.7.1 Variable independiente**

Rediseño de malla de perforación para un slot negativo de taladros largos de la empresa minera Cori Puno S.A.C.

#### **3.7.2 Variable dependiente**

Reducir los Costos de perforación de la empresa minera Cori Puno S.A.C.



### 3.7.3 Operacionalización de variables

**Tabla 6.** Operacionalización de variables

<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
Variable independiente:	- Espaciamiento	- Metros
Rediseño de malla de perforación para un slot negativo de taladros largos de la empresa minera Cori Puno S.A.C.	- Burden - Número de taladros - Sección del slot negativo	- Metros - Pies perforados - Metros cuadrados
Variable dependiente:	- Costo de equipo	- US\$/metro
Reducir los Costos de perforación de la empresa minera Cori Puno S.A.C.	- Costo de brocas - Costo de barrenos	- US\$/metro - US\$/metro



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 ANÁLISIS DEL DISEÑO DE MALLA ESTÁNDAR DEL SLOT NEGATIVO DE LA EMPRESA MINERA CORI PUNO S.A.C.

Para la realización de la malla del slot negativo en la labor, se realiza varios procedimientos los cuales deben ser efectuados coordinadamente; primeramente, en el taller de mecánica se realiza la inspección minuciosa del equipo simba S7D consecuente a eso se llena el check list del equipo; al llegar a la labor se realiza una inspección de la zona en donde se va a trabajar y el respectivo desatado de rocas sueltas en donde esta acción tomara un tiempo de hasta 30 minutos; después se solicita al jefe de guardia para dar la orden al operador del equipo SCOOP que tiene que raspar el piso y limpiar la zona en donde se va a perforar el slot negativo, dejando en las condiciones más aptas para tener una buena perforación lo que toma un tiempo de 1 hora para la realización de la limpieza. Luego el maestro operador del Simba S7D junto a su ayudante proceden a dibujar la malla del slot negativo haciendo uso de la pintura, cordel y flexómetro, se dibuja la malla de 2x2 metros respetando las medidas de los burden 1,2,3 y 4 en donde el dibujado de esta malla toma por lo menos un tiempo de 30 minutos. Consecuente a esto el ayudante con la coordinación previa al maestro operador del equipo, instala el equipo simba S7D y lo posiciona de la forma más adecuada para poder empezar ya a perforar los taladros de la malla del slot. Luego se empieza con la perforación de los taladros de la malla en donde el tiempo de cada barreno perforado es de 5 minutos y en cada taladro entra 7 barrenos y el ultimo barreno solo se perfora medio metro porque la superficie no es perfectamente plana, se demora normalmente un tiempo de 30 minutos por taladro perforado sin tener



pausas en la perforación como los atascamientos de barrenos o la detección de una falla en el terreno que desvía y retrasa la perforación, aquí se debe tener en cuenta también la presión del agua, en el caso que la presión de agua sea baja, no se puede perforar en alta que es su máxima velocidad de perforación del equipo y lógicamente se perfora en baja y eso hace que el tiempo de perforación sea mayor a lo normal, además si la presión de agua es muy baja, no se debe seguir perforando porque hace que el equipo se caliente y sus sensores de temperatura apagan el equipo automáticamente en plena perforación, con esto se debe de exigir buena presión del agua al jefe de guardia al momento de iniciar la guardia. También se debe tener en cuenta la energía eléctrica, en la zona donde se va a trabajar se debe garantizar que el tablero de energía debe venir de una línea de diferente a los otros tableros que están usando los demás equipos, porque si hay varios equipo trabajando con la misma línea de energía eléctrica puede haber la caída de voltaje y el equipo al no tener los voltajes suficientes para su funcionamiento se apaga y son cosas que se debe de coordinar con el jefe de guardia y los operadores de los demás equipos al momento de repartir la guardia. Una vez perforado la malla completa con la broca de 0.064 metro de diámetro, se procede a rimar los taladros de alivio con la broca de 0.128 metro de diámetro, el tiempo de rimado es de 20 min por taladro, sabiendo que el taladro tiene 9 metros de longitud, se sabe que se tiene 4 taladros de alivio y en rimar esos taladros de demorar por lo menos 1 hora y 20 minutos. El tiempo necesario para poder perforar la malla estándar del slot negativo con una longitud de 9 metros de cada taladro, es de 0.87 guardia.

**Tabla 7.** Parámetros de operación de la empresa minera Cori Puno.

<b>Parámetros</b>	<b>Valores</b>
Tipo de Máquina perforadora	Simba S7D
Sección de perforación	2m x 2m
Tipo de Roca	Dura
Tipo de Material	Desmonte
Densidad	2.7 TM/m <sup>3</sup>
Diámetro de Taladro	64 mm
Diámetro de Rimadora	128 mm

En la tabla 7 se muestra los parámetros de operación de la empresa minera Cori Puno, en el cual dichos parámetros nos servirán para calcular el volumen y las toneladas que se obtiene por disparo de un slot negativo de la empresa minera Cori Puno.

**Tabla 8.** Estándares técnicos de perforación de la malla estándar

<b>Parámetros</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidad</b>
Numero de taladros	17	
Taladros cargados (taladros sin rimar)	13	
Taladros de alivio (taladros rimados)	4	
Tiempo de perforación por taladro sin rimar	33.12	Minutos
Tiempo de rimado por taladro	17.5	Minutos
Longitud de barreno	1.5	Metros
Numero de barrenos por taladro	7	
Longitud efectiva de perforación	9	metros
Metros perforados de taladros sin rimado	153	metros
Metros perforados de taladros rimados	36	metros
Total de metros perforados	189	metros
Total de pies perforados	620	pies



En la tabla 8 se muestra los estándares de perforación los cuales fueron obtenidos con un minucioso control de conteo y control de tiempos de las actividades realizadas en operación al momento de la perforación del slot negativo de taladros largos de la empresa minera Cori Puno.

#### 4.1.1 Cálculo de rendimiento de perforación

$$\text{Eff. perf} = \frac{\text{Long. efect. perf.}}{\text{Longitud de barreno}} \times 100$$

$$\text{Eff. perf} = \frac{9 \text{ m}}{1.5\text{m} \times 7} \times 100$$

$$\text{Eff. perf} = 86\%$$

#### 4.1.2 Cálculo de producción estándar

##### 4.1.2.1 Producción de m<sup>3</sup>

$$\text{Producción m}^3 = \text{Sección} \times \text{long. efect. perforación}$$

$$\text{Producción m}^3 = 4\text{m}^2 \times 9\text{m}$$

$$\text{Producción m}^3 = 36 \text{ m}^3$$

##### 4.1.2.2 Producción en TM

$$\text{Producción TM} = \text{Prod. m}^3 \times \text{densidad de roca}$$

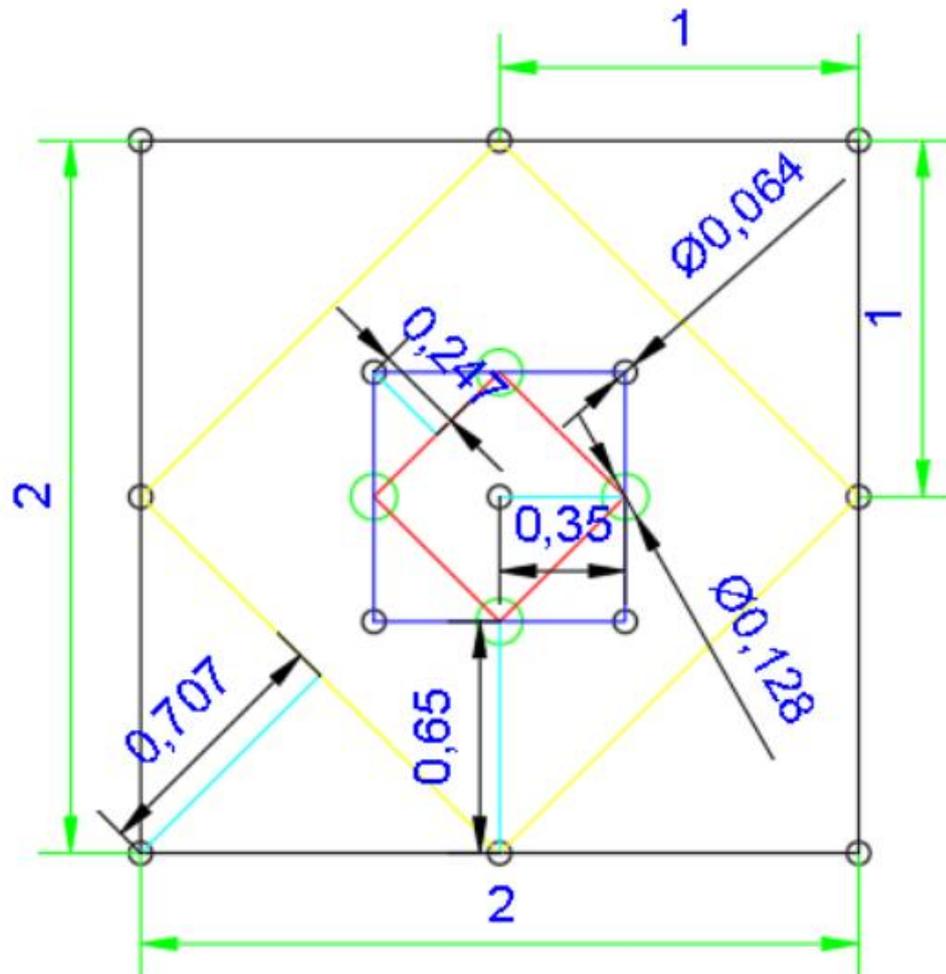
$$\text{Producción TM} = 36 \text{ m}^3 \times 2.7 \text{ TM/m}^3$$

$$\text{Producción TM} = 97.2 \text{ TM}$$

#### 4.1.3 Malla de perforación estándar de Cori Puno

El burden y espaciamento del trazo de la malla no son las adecuadas razones por la cual se rediseña la malla, durante el tiempo de investigación se ha realizado mediciones en donde el burden para la primera sección es de 0.35 m, el burden en la segunda sección es de 0,25 m, el burden en la tercera sección es de 0,65 m, el burden en los cuadradores es de 0,707 m. Las medidas de burden y espaciamento no son los adecuados por eso es

frecuente ver tiros cortados y tiros sopladados. La malla de perforación del slot negativo con la cantidad de 17 taladros perforados con un diámetro de 0.064 m, de los cuales 4 taladros sirven de alivio y esos mismos taladros de alivio son rimados con una broca de mayor diámetro el cual es de 0.128 m de diámetro.



**Figura 4.** Malla de perforación estándar del slot negativo de Cori Puno

**Fuente:** Área de planeamiento de la empresa Cori Puno

**Tabla 9.** Características de la malla de perforación estándar de Cori Puno

<b>Características de la malla de perforación estándar de Cori Puno</b>			
Dimensión de la malla	2x2	metros	
N° de taladros de Ø 0.064 metros	13		
N° de taladros de Ø 0.128 metros	4		
Burden 1	0.35	metros	
Burden 2	0.24	metros	
Burden 3	0.65	metros	
Burden 4 (Zanja)	0.707	metros	
N° total de taladros	17		

#### 4.1.4 Control de tiempo de ciclo de perforación

**Tabla 10.** Control del tiempo de perforación de un taladro

<b>Proceso</b>	<b>Tiempo unitario por proceso</b>	<b>N° de acciones del proceso</b>	<b>Tiempo total del proceso</b>
Empate	0.10 min	1	0.10 min
Perforación por barreno	4 min	7	24 min
Aumento de barreno	0.32 min	6	1.92 min
Retirado y guardado de barra	0.85 min	6	5.1 min
Cambio de posición del brazo del equipo	2 min	1	2 min
<b>Tiempo total de perforación sin rimado</b>			<b>33.12 min</b>
Perforación de rimado por barreno	2.5 min	7	17.5 min
<b>Tiempo total de perforación con rimado</b>			<b>50.62 min</b>

En la tabla 10 tenemos el control de tiempo de perforación de un taladro, tiempos promedios que normalmente se da en la empresa minera Cori Puno, en donde se calcula que el tiempo total de perforación de los taladros sin rimar de 0.064 metros de diámetro ( $\emptyset$ ) es de 33.12 minutos, como también se tiene el tiempo total de perforación de los taladros que rimaron (taladros de alivio) es de 50.62 minutos.



#### 4.1.4.1 Cálculo del tiempo total de perforación:

En el tiempo total de perforación se suma la cantidad de tiempos muerto que los perforistas producen en los descansos antes de perforar y las instalaciones de los equipos de perforación que consta de 40 minutos en promedio, cuyo cálculo se determina por la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo de perforación} = \text{tiempo del ciclo/taladro} \times \#\text{taladros} + \text{tiempos muertos}$$

#### 4.1.4.2 Cálculo del tiempo total de perforación de la malla estándar

Sabiendo que la malla estándar consta de 17 taladros en total, de los cuales 13 taladros son de  $\varnothing$  0.064 metros y 4 taladros son de  $\varnothing$  0.128 metros (rimados) y usados como taladros de alivio; por lo cual se procederá a sacar tiempos de perforación de los taladros totales sin rimar y los taladros rimados para luego sumarlos y tener el tiempo total de perforación.

Calculando el tiempo de perforación de los taladros De  $\varnothing$  0.064 metros:

$$\text{Tiempo de perforación} = \text{Tiempo del ciclo/taladro} \times \text{taladros}$$

$$\text{Tiempo de perforación} = 33.12 \text{ min./tal} \times 13 \text{ Tal}$$

$$\text{Tiempo de perforación} = 430.56 \text{ min. equivalente a 7.18 horas}$$

Calculando el tiempo de perforación de los taladros De  $\varnothing$  0.128 metros (taladros rimados):

$$\text{Tiempo de perforación} = \text{Tiempo del ciclo/taladro} \times \#\text{taladros}$$

$$\text{Tiempo de perforación} = 50.62 \text{ min./tal} \times 4 \text{ Tal}$$

$$\text{Tiempo de perforación} = 202.48 \text{ min. equivalente a 3.37 horas}$$

Tiempo Total de Perforación del slot negativo de la malla estándar:

$$\text{Tiempo total de Perf.} = \text{TP tal. sin rimar} + \text{TP tal. rimado} + \text{TM}$$

En donde:

TP tal : Tiempo perforado por taladro

Perf : Perforado

TM : Tiempos muertos

Reemplazando los datos en la fórmula:

$$\text{Tiempo total de perf.} = 7.17 \text{ horas} + 3.37 \text{ horas} + 40 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo total de perf.} = 7.17 \text{ horas} + 3.37 \text{ horas} + 0.6 \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo total de perf.} = 11.14 \text{ horas}$$

Sabemos que 1 guardia tiene 12 horas, entonces 11.14 horas equivale a 0.93 guardia, por lo tanto se concluye que el tiempo total de perforación del slot negativo de la malla estándar es de 0.93 guardia.

#### 4.1.5 Costos fijos y variables de la malla estándar

**Tabla 11.** Costo de mano de obra en perforación.

Mano de obra directa	Numero de personal	Pago de 1 guardia en soles "S"	Pago de 1 guardia en dólares estadounidense "US\$"	Tiempo de Perforación del slot negativo	Costo US\$ por perforación del slot
Jefe de guardia	01	150,00	38.23	0.93 guardia	35.55
Capataz de mina	01	85,00	21.67	0.93 guardia	20.15
Perforista de simba	01	80,00	20.39	0.93 guardia	18.96
Ayudante de simba	01	45,00	11.84	0.93 guardia	11.01
Costo de mano de obra de perforación del slot negativo de la malla estándar.					US\$ 85.67

En la tabla 11 se da los costos de mano de obra en donde estos costos son aplicados en la empresa minera Cori Puno lo cual puede variar en otras empresas mineras de acuerdo a la calidad de vida, en la tabla se detalla los costos por guardia del personal en soles y dólares lo que se multiplica por 0.93 porque para la realización de un slot se necesita 0.93 guardia, consecuentemente obtenemos un costo de mano de obra de US\$ 85.67 para la malla estándar del slot negativo.

**Tabla 12.** Costo de maquinaria perforadora

<b>Equipo</b>	<b>Costo US\$</b>	<b>Vida útil “pies perforados”</b>	<b>US\$/pie</b>
Simba S7D	145 000	135 000	1,07

En la tabla 12 se observa el costo por pie perforado de la máquina perforadora que es de US\$ 1.07, además según la tabla 7 tenemos que el total de pies perforados en la malla estándar del slot negativo es de 620, entonces:

Costo de máquina perforadora de la malla estándar = costo de la maquina por pies perf. × total de pies perf. de la malla estándar

Costo de máquina perforadora de la malla estándar = 1.07 US\$/pie × 620 pies

Costo de máquina perforadora de la malla estándar = US\$/ 663.4

**Tabla 13.** Costo de accesorios de perforación por pie perforado sin rimar

<b>Descripción del accesorio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo US\$</b>	<b>Vida útil “pies”</b>	<b>US\$/pies</b>
Barra ext. T38 x 5`	1	184.08	441.80	0.42
Broca retráctil T38 x 64mm	1	87.95	500.80	0.18
Shank cop 1550, 1838 t38	1	140.27	3125.66	0.04
		Costo total		0.64 US\$/PP

En la tabla 13 se tiene los costos de perforación sin rimar, en donde se toma en cuenta la vida útil de la barra de extensión, la broca de Ø 64 milímetros de diámetro y el respectivo Shank, para hallar el costo de accesorios de perforación por pie perforado sin rimar se divide el costo del accesorio por la vida útil del mismo; luego para obtener el costo total



de la perforación de un pie se suma los costos de la columna 5 de la tabla 10 en donde nos da un costo total de US\$ 0.64 por pie perforado.

**Tabla 14.** Costo de accesorios de perforación por pie rimado

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo US\$</b>	<b>Vida útil “pies”</b>	<b>US\$/pie</b>
Barra ext. t38 x 5`	1	184.08	441.80	0.42
Broca domo t38 x 127 mm (rimadora)	1	269.46	28531.66	0.01
Shank 525 mm	1	140.27	3125.66	0.04
		Costo total		0.47 US\$/PP

En la tabla 14 se tiene costo de los taladros rimados, en donde se toma en cuenta la vida útil de la barra de extensión, la rimadora de  $\varnothing$  127 milímetros de diámetro y el respectivo Shank, para hallar el costo de accesorios de perforación por pie rimado, se divide el costo del accesorio por la vida útil del mismo; luego para obtener el costo total de la perforación de un pie se suma los costos de la columna 5 de la tabla 14 en donde nos da un costo total de US\$ 0.47 por pie rimado.



**Tabla 15.** Costo de los aceros de perforación de la malla estándar

<b>Taladros Según Diámetro</b>	<b>N° De Taladros</b>	<b>Longitud Del Taladro</b>	<b>Metros Perforados</b>	<b>Pies Perforados</b>	<b>US\$/pies perf.</b>	<b>Costo Total US\$</b>
Taladros de Ø 0.064 metros	17	9 metros	153	501.97	0.64	321.26
Taladros de Ø 0.128 metros (RIMADOS)	4	9 metros	36	118.11	0.47	55.51
Costo de los aceros de perforación de la malla estándar						US\$ 376.77

En la tabla 15 se muestra los costos de los aceros de perforación de la malla estándar del slot negativo, la malla que se usa normalmente en la empresa minera Cori Puno; dicha malla tiene 21 taladros de los cuales 4 taladros son rimados y usados como taladros de alivio. Se sabe que cada taladro tiene una longitud de 9 metros; para hallar el costo de cada taladro se multiplica los pies perforados con la broca de 64 milímetros de diámetro (Ø) y los pies perforados de la rimadora de 128 milímetros de diámetro(Ø) por los costos por pie perforado y dichos resultados se suman para tener el costo total de perforación del slot negativo de taladros largos de la malla estándar el cual es \$376.77



**Tabla 16.** Cálculo de costos por EPPs

Descripción	Cantidad	Costo “US\$”	Vida útil “días”	US\$/día
Tapón auditivo silicona 26db	1 par	1.62	45	0.04
Anteojos de luna clara uv400	1	4.64	45	0.10
Bota de jebe c/punta de acero n°38	1 par	18.57	150	0.12
Botín de cuero p/acero n°42	1 par	17.40	300	0.06
Tafilete acolchado	1	6.52	150	0.04
Casco tipo minero verde completo	1	10.57	300	0.04
Casco tipo jockey verde completo	1	10.26	600	0.02
Guante de neoprene 12" corrugado	1 par	6.27	15	0.42
Guante de cuero amarillo liviano	1 par	3.57	15	0.24
Correa portalámparas de nylon	1	2.50	300	0.01
Filtro de felpa 3m-2097 p100	1 par	8.21	2	4.11
Protector para filtro 2097	1 par	1.05	150	0.01
Respirador 7502 media cara silicona.	1	22.97	150	0.15
Casaca de tela enjebada	1	17.77	150	0.12
Pantalón tela enjebada	1	15.98	150	0.11
Mameluco drill acolchado	2	36.68	150	0.49
Barbiquejos para cascos	1	0.30	90	0.00
Arnés tipo paracaidista 03 anillos	1	34.82	300	0.12
Línea de vida nylon	1	30.39	300	0.10
Costo total				6.28US\$/día

En la tabla 16 podemos observar los costos de EPPs para un día es de US\$ 6.28; pero la perforación del slot negativo de la malla estándar se realiza con 4 trabajadores y en un tiempo de 0.93 guardia o 0.47 día; por lo tanto:

$$\text{Costo de los EPPs para la perf. del slot negativo estándar} = \text{Costo de EPPs por día} \times \text{tiempo de perf. de la malla estándar} \times \text{N}^\circ \text{ de trabajadores.}$$

Reemplazando los datos en la formula anterior:

$$\text{Costo de los EPPs para la perf. del slot negativo estándar} = 6.28\text{US$/día} \times 0.47 \text{ día} \times 4$$



Costo de los EPPs para la perf. del slot = US\$ 11.6  
negativo estándar

**Tabla 17.** Cálculo de costos de herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo US\$/unidad	Vida Útil "días"	Costo US\$/día
Lampa	Pza.	2	8.30	30	0.28
Pico	Pza.	2	11.00	30	0.37
Barretilla p/desquinche de 10'	Pza.	2	34.17	120	0.28
Barretilla p/desquinche de 12'	Pza.	2	39.58	120	0.33
Barretilla p/desquinche de 14'	Pza.	2	45.39	120	0.38
Barretilla p/desquinche de 4'	Pza.	2	22.44	120	0.19
Barretilla p/desquinche de 6'	Pza.	2	26.52	121	0.22
Barretilla p/desquinche de 8'	Pza.	2	30.09	122	0.25
Cizalla manual de 18"	Pza.	1	55.69	150	0.37
Comba 6lb acerada	Pza.	1	16.94	180	0.09
Llave stilson 14"	Pza.	1	14.71	30	0.49
Flexómetro de 5 metros	Pza.	1	4.49	30	0.15
Arco de sierra	Pza.	1	8.90	30	0.30
Cordel de nylon	m	10	4.32	30	0.14
Aguja de arriero	Pza.	1	0.47	15	0.03
Punzón de cobre	Pza.	1	6.26	180	0.03
Tablero de gestión	Pza.	1	53.57	360	0.15
Mochila para explosivo	Pza.	2	31.43	180	0.17
Atacadores de 1 1/4 x 3.5 metros	Pza.	2	5.21	30	0.17
Thinner	Gal	1	4.05	10	0.40
Pintura esmalte blanco	Gal	1	7.21	10	0.72
Brocha	Pza.	1	7.14	10	0.71
Disco de perforación	Pza.	1	7.29	30	0.24
Saca barrenos	Pza.	1	35.71	120	0.30
Pintura en spray blanca	Gal	1	1.82	7	0.26
Costo total				US\$/día	7.04

En la tabla 17 podemos observar el cálculo de costos de herramienta por día, pero la perforación del slot negativo se realiza con 4 trabajadores y en un tiempo de 0.93 guardia o 0.47 día; por lo tanto:

Costo de herramienta por perforación del slot negativo estándar = Costo de herramienta por día × tiempo de perf. de la malla estándar × N° de trabajadores.



Reemplazando los datos en la formula anterior:

$$\text{Costo de herramienta por perforación del slot negativo estándar} = 7.04 \text{ US\$/día} \times 0.47 \text{ día} \times 4$$

$$\text{Costo de herramienta por perforación del slot negativo estándar} = 13.24 \text{ US\$}$$

**Tabla 18.** Cálculo de costo de la lampara minera

Lámparas mineras	Unidad	Costo	Vida Útil	Costo
		US\$	Días	US\$ /día
Lampara minera marca: OLDHAM	Pza.	359	360	1.00
Cargador de 40 puntos	Pza.	4554	720	0.16
			Total	1.16 US\$/día

En la tabla 18 podemos observar el cálculo de costos de la lampara minera por día, pero la perforación del slot negativo se realiza con 4 trabajadores y en un tiempo de 0.93 guardia o 0.47 día; por lo tanto:

$$\text{Costo de la lampara minera por perforación del slot negativo estándar} = \text{Costo de lampara por día} \times \text{tiempo de perf. de la malla estándar} \times \text{N}^\circ \text{ de trabajadores.}$$

Reemplazando los datos en la formula anterior:

$$\text{Costo de la lampara minera por perforación del slot negativo estándar} = 1.16 \text{ US\$/día} \times 0.47 \text{ día} \times 4$$

$$\text{Costo de herramienta por perforación del slot negativo estándar} = \text{US\$ 2.18}$$

**Tabla 19.** Resumen de costos de perforación de la malla estándar del slot negativo

---

**Resumen de costos de perforación de la malla estándar del slot negativo**

---

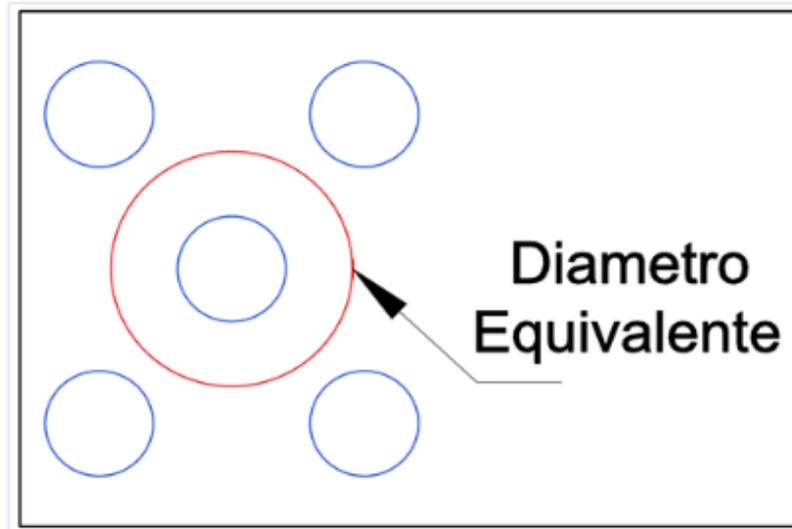
Concepto	Costo en dólar estadounidense
Costos de mano de obra	US\$ 85.67
Costos de maquinaria perforadora	US\$ 663.4
Aceros de perforación	US\$ 376.77
Costo de EPPs	US\$ 11.6
Costo de herramienta	US\$ 13.24
Costo de lampara minera	US\$ 2.18
<b>Total</b>	<b>US\$ 1152.86</b>

---

## **4.2 REDISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN DEL SLOT NEGATIVO**

### **4.2.1 Cálculo del diámetro equivalente para taladros de alivio**

El diámetro equivalente es aquel que se genera al fusionar todos los taladros de alivio y se considera como si fuera un solo taladro de alivio tal como se observa en la figura 20, se utilizarán taladros de alivio para encontrar el diámetro equivalente y deberá cumplir de  $0.05 \leq D1 \leq 0.25m$ , por lo tanto, se calcula el diámetro equivalente.



**Figura 5.** Diámetro equivalente

El cálculo del diámetro equivalente se realiza con la ecuación.

$$D_2 = D_1 x \sqrt{n}$$

Donde  $D_1$  es el taladro de alivio y  $n$  es la cantidad de taladros de alivio, cuyo diseño de malla se propone trabajar con 6 taladros de alivio, por lo tanto, se reemplaza:

$$D_2 = 0.064x \sqrt{6}$$

$$D_2 = 0.157$$

#### 4.2.2 Cálculo de burden

Para el cálculo de dimensiones para el Burden se determina para diferentes burden, cumpliendo lo siguiente:

$$B_1 \leq 1.7 x D_2$$

Reemplazando.

$$B_1 \leq 1.7 x 0.157$$

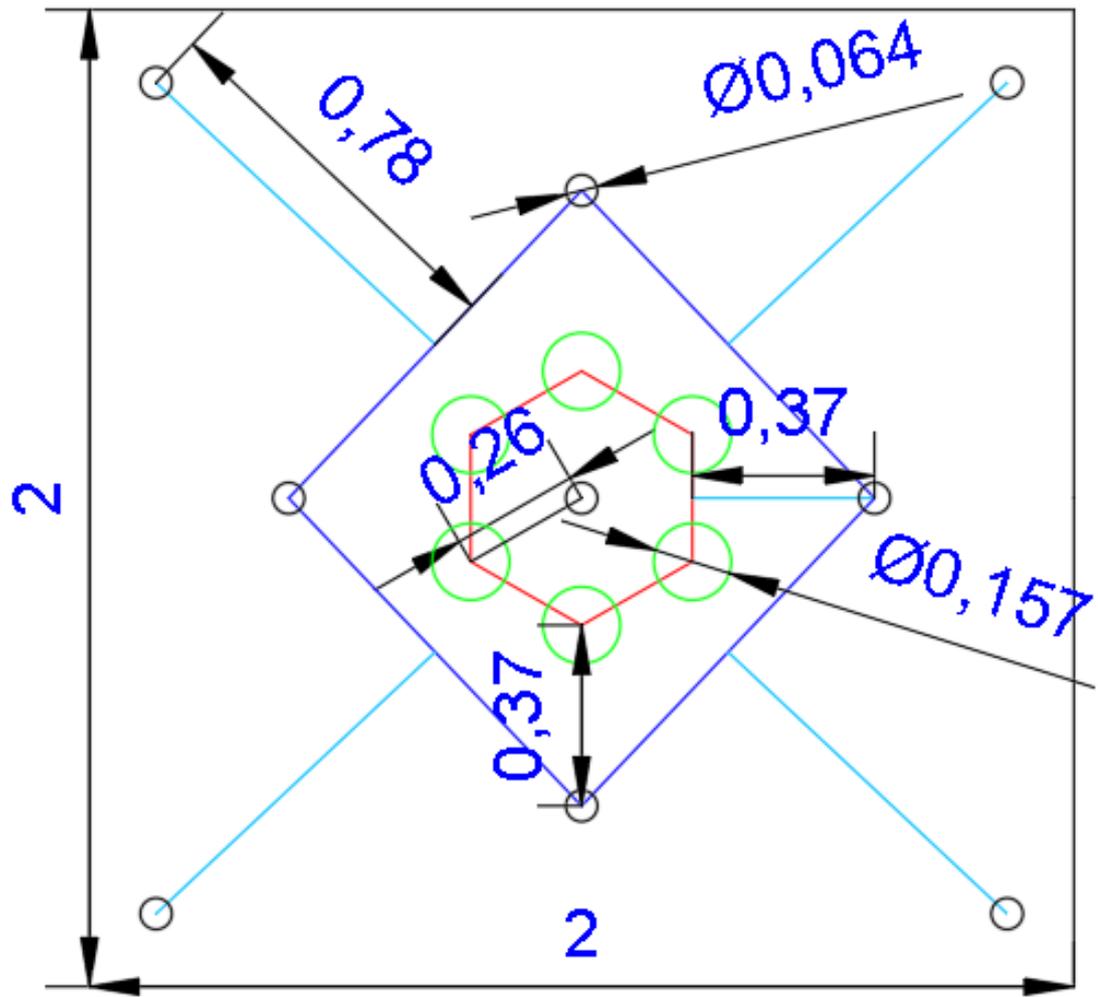
$$B_1 \leq 0.26 m$$



**Tabla 20.** Cálculo de burden

Burden	Fórmula	Reemplazando	Valor	Taladros propuestos
1°	$B_1 = 1.7 \times D_2$	$B_1 = 1.7 \times 0.157$	0.26 m	1 + 6 alivio
2°	$B_2 = B_1 \times \sqrt{2}$	$B_2 = 0.26 \times \sqrt{2}$	0.37 m	4 taladros
3°	$B_3 = 1.5 \times B_2 \times \sqrt{2}$	$B_3 = 1.5 \times 0.37 \times \sqrt{2}$	0.78 m	4 taladros
4°	$B_4 = 1.5 \times B_3 \times \sqrt{2}$	$B_4 = 1.5 \times 0.78 \times \sqrt{2}$	0.55 m	Zanja

Por lo tanto, en la tabla 20 se muestra los cálculos del Burden, el total de taladros propuestos en el slot negativo es de 15 talados, de los cuales 9 taladros son de 0.064 metros de diámetro ( $\emptyset$ ) y 6 taladros son de alivio con un diámetro de 0.158 metros de diámetro ( $\emptyset$ ) que serán rimados, cabe recalcar el burden slot – zanja es de 0.55 metros para la producción de toda la malla de perforación en el tajeo.



**Figura 6.** Malla de perforación del slot negativo optimizada

**Tabla 21.** Características de la malla de perforación del slot negativo optimizada

Dimensión de la malla	2x2 metros
N° de taladros de Ø 0.064 m	9
N° de taladros de Ø 0.157 m	6
N° total de taladros	15
Burden 1	0.26 metros
Burden 2	0.37 metros
Burden 3	0.78 metros

En la tabla 21 podemos ver las características que se tiene en el slot negativo optimizada, en donde el burden 1,2, y 3 son calculadas en la tabla 20.

**Tabla 22.** Estándares técnicos de perforación de la malla optimizada

<b>Parámetros</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidad</b>
Numero de taladros	15	
Taladros cargados (taladros sin rimar)	9	
Taladros de alivio (taladros rimados)	6	
Tiempo de perforación por taladro sin rimar	33.12	minutos
Tiempo de rimado por taladro	17.5	minutos
Longitud de barreno	1.5	metros
Numero de barrenos por taladro	7	
Longitud efectiva de perforación	9	metros
Metros perforados de taladros sin rimado	135	metros
Metros perforados de taladros rimados	54	metros
Total de metros perforados	189	metros
Total de pies perforados	620	pies

Los valores de parámetros de esta tabla 22 son calculados en el proceso de esta tesis.



#### 4.2.3 Cálculo de producción estándar

##### Producción ( m<sup>3</sup> )

$$\text{Producción m}^3 = \text{Seccion} \times \text{long. efect. perforación}$$

$$\text{Producción m}^3 = 4\text{m}^2 \times 9\text{m}$$

$$\text{Producción m}^3 = 36 \text{ m}^3$$

##### Producción en TM

$$\text{Producción TM} = \text{Prod. m}^3 \times \text{densidad de roca}$$

$$\text{Producción TM} = 36 \text{ m}^3 \times 2.7 \text{ TM/m}^3$$

$$\text{Producción TM} = 97.2 \text{ TM}$$

#### 4.2.4 Cálculo de eficiencia de perforación

$$\text{Eficiencia de perforación} = \frac{\text{Lontitud de taladro}}{\text{Logitud de barreno} \times \# \text{ barrenos}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia perforación} = \frac{9}{1.5 \times 7} \times 100$$

$$\text{Eficiencia perforación} = \frac{9}{10.5} \times 100$$

$$\text{Eficiencia perforación} = 85.7\%$$

#### 4.2.5 Costos fijos y variables de la malla optimizada.

##### Cálculo del tiempo total de perforación de la malla optimizada:

Sabiendo que la malla propuesta consta de 15 taladros en total, de los cuales 9 taladros son de Ø 0.064 m y 4 taladros son de Ø 0.157 m (rimados) y usados como taladros de alivio; por lo cual se procederá a sacar tiempos de perforación de los taladros totales sin rimar y los taladros rimados para luego sumarlos y tener el tiempo total de perforación.

- Calculando el tiempo de perforación de los taladros de Ø 0.064 metros:

$$\text{Tiempo de perforación} = \text{Tiempo del ciclo/taladro} \times \# \text{taladros}$$

$$\text{Tiempo de perforación} = 33.12 \text{ min/tal} \times 9 \text{ tal}$$



Tiempo de perforación = 298 .08 min equivalente a 4.9 horas

- Calculando el tiempo de perforación de los taladros de  $\varnothing$  0.157 metros (taladros rimados)

Tiempo de perforacion = Tiempo del ciclo/taladro x #taladros

Tiempo de perforacion = 50.62 min/tal x 6 tal

Tiempo de perforacion = 303.72 min equivalente a 5.0 horas

- Tiempo Total de Perforación del slot negativo optimizado

Tiempo Total de Perf. = TP tal. sin rimar + TP tal. rimados + TM

En donde:

TP tal : Tiempo perforado por taladro

Perf : Perforado

TM : Tiempos muertos

Reemplazando los datos en la fórmula:

Tiempo total de perf. = 4.9 horas + 5.0 horas + 40 min

Tiempo total de perf. = 4.9 horas + 5.0 horas + 0.6 horas

Tiempo total de perf. = 10.5 horas

Sabemos que 1 guardia tiene 12 horas, entonces 10.5 horas equivale a 0.87 guardia, por lo tanto se concluye que el tiempo total de perforación del slot negativo de la malla optimizada es de 0.87 guardia.

**Tabla 23.** Costo de mano de obra en perforación.

Mano de obra directa	Numero de personal	Pago de 1 guardia en soles "S"	Pago de 1 guardia en dólares estadounidense "US\$"	Tiempo de Perforación del slot negativo	Costo US\$ por perforación del slot
Jefe de guardia	01	150,00	38.23	0.87 guardia	33.26
Capataz de mina	01	85,00	21.67	0.87 guardia	18.85
Perforista de simba	01	80,00	20.39	0.87 guardia	17.74
Ayudante de simba	01	45,00	11.84	0.87 guardia	10.30
Costo de mano de obra de perforación del slot negativo de la malla optimizada.					US\$ 80.15

En la tabla 23 se da los costos de mano de obra en donde estos costos son aplicados en la empresa minera Cori Puno lo cual puede variar en otras empresas mineras de acuerdo a la calidad de vida, en la tabla se detalla los costos por guardia del personal en soles y dólares lo que se multiplica por 0.87 porque para la realización de un slot se necesita 0.87 guardia, consecuentemente obtenemos un costo de mano de obra de US\$ 80.15 para la malla optimizada del slot negativo.

✓ **Costo de la máquina perforadora:**

En la tabla 12 se observa el costo por pie perforado de la máquina perforadora que es de US\$ 1.07, además según la tabla 22 tenemos que el total de pies perforados en la malla optimizada del slot negativo es de 620, entonces:

Costo de máquina perforadora de la malla optimizada = costo de la máquina por pies perf. × total de pies perf. de la malla optimizada

Costo de máquina perforadora de la malla optimizada = 1.07 US\$/pie × 620 pies

Costo de máquina perforadora de la malla optimizada = US\$/ 663.4

- **Costo de accesorios de perforación de la malla optimizada:**

**Tabla 24.** Costo de los aceros de perforación para la malla optimizada.

<b>Taladros Según Diámetro</b>	<b>Nº De Taladros</b>	<b>Longitud Del Taladro</b>	<b>Metros Perforados</b>	<b>Pies Perforados</b>	<b>US\$/ PP</b>	<b>Costo Total US\$</b>
Taladros de Ø 0.064 metros	15	9 metros	135	442.91	0.64	283.46
Taladros de Ø 0.157 metros (rimados)	6	9 metros	54	177.16	0.47	83.26
Costo total de perforación del slot negativo optimizado						US\$ 366.72

En la tabla 24 se muestra los costos de los aceros de perforación para la malla optimizada del slot negativo, la malla que se usa normalmente en la empresa minera Cori Puno; dicha malla tiene 15 taladros de los cuales 6 taladros son rimados y usados como taladros de alivio. Se sabe que cada taladro tiene una longitud de 9 metros; para hallar el costo de cada taladro se multiplica los pies perforados de la broca de 64 milímetros de diámetro (Ø) y los pies perforados de la rimadora de 157 milímetros de diámetro (Ø) (157 milímetros es el diámetro equivalente que se su cálculo se ve en la figura 5) por los costos por pie perforado y dichos resultados se suman para tener el costo total de perforación del slot negativo de taladros largos de la malla estándar el cual es \$366.72.

- **Costo de EPPs de la malla optimizada**

En la tabla 16 podemos observar los costos de EPPs para un día es de US\$ 6.28; pero la perforación del slot negativo de la malla optimizada se realiza con 4 trabajadores y en un tiempo de 0.87 guardia o 0.43 día; por lo tanto:



Costo de los EPPs para la perf. del slot negativo optimizado = Costo de EPPs por día × tiempo de perf. de la malla optimizada × N° de trabajadores.

Reemplazando los datos en la formula anterior:

Costo de los EPPs para la perf. del slot negativo optimizado = 6.28US\$/día × 0.43 día × 4

Costo de los EPPs para la perf. del slot negativo optimizado = US\$ 10.8

- **Costo de herramientas de la malla optimizada:**

En la tabla 17 podemos observar que el costo de herramienta por día es de US\$ 7.04, pero la perforación de la malla optimizada del slot negativo se realiza con 4 trabajadores y en un tiempo de 0.87 guardia o 0.43 día; por lo tanto:

Costo de herramienta por perforación del slot negativo optimizado = Costo de herramienta por día × tiempo de perf. de la malla optimizada × N° de trabajadores.

Reemplazando los datos en la formula anterior:

Costo de herramienta por perforación del slot negativo optimizado = 7.04 US\$/día × 0.43 día × 4

Costo de herramienta por perforación del slot negativo optimizado = US\$ 12.11

- **Costo de lampara minera de la malla optimizada:**

En la tabla 18 podemos observar que el costo de la lampara minera por día es de US\$ 1.16, pero la perforación del slot negativo se realiza con 4 trabajadores y en un tiempo de 0.87 guardia o 0.43 día; por lo tanto:



Costo de la lampara minera por perforación del slot negativo optimizado = Costo de lampara por día × tiempo de perf. de la malla optimizada × N° de trabajadores.

Reemplazando los datos en la formula anterior:

Costo de la lampara minera por perforación del slot negativo optimizado = 1.16 US\$/día × 0.43 día × 4

Costo de la lampara minera por perforación del slot negativo optimizado = US\$ 1.99

**Tabla 25.** Resumen de costos perforación de la malla optimizada del slot negativo

<b>Resumen de costos de perforación de la malla optimizada del slot negativo</b>	
Concepto	Costo en dólar estadounidense
Costos de mano de obra	US\$ 80.15
Costos de maquinaria perforadora	US\$ 663.4
Aceros de perforación	US\$ 366.72
Costo de EPPs	US\$ 10.8
Costo de herramienta	US\$ 12.11
Costo de lampara minera	US\$ 1.99
<b>Total</b>	<b>US\$ 1135.17</b>



### 4.3 EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS REALIZADOS EN LA MALLA ESTÁNDAR FRENTE A LA MALLA OPTIMIZADA.

#### 4.3.1 Comparación de los tiempos de perforación

**Tabla 26.** Tiempos de perforación de la malla estándar y optimizada

Tipo de malla	Tiempo de perforación	
Malla estándar	11.14 horas	0.93 guardia.
Malla optimizada	10.50 horas	0.87 guardia.
Diferencia	0.96 horas	0.06 guardia

En la tabla 26 podemos observar los tiempos de perforación de la malla estándar y optimizada de lo cual podemos entender que la diferencia de tiempos de la malla estándar y la malla optimizada es de 0.64 horas, en donde la malla optimizada se realiza en un tiempo menor a la malla estándar lo cual es conveniente ya que ese tiempo se puede usar para realizar otros trabajos.



### 4.3.2 Análisis comparativo de costos de operación

**Tabla 27.** Costos de operación

<b>Descripción</b>	<b>Malla estándar</b>	<b>Malla optimizada</b>	<b>Costo reducido</b>
Costos de mano de obra	US\$ 85.67	US\$ 80.15	US\$ 5.52
Costos de maquinaria perforadora	US\$ 663.4	US\$ 663.4	US\$ 0
Costos de aceros de perforación	US\$ 376.77	US\$ 366.72	US\$ 10.05
Costo de EPPs	US\$ 11.6	US\$ 10.8	US\$ 0.8
Costo de herramienta	US\$ 13.24	US\$ 12.11	US\$ 1.13
Costo de lampara minera	US\$ 2.18	US\$ 1.99	US\$ 0.19
<b>Total</b>	<b>US\$ 1152.86</b>	<b>US\$ 1135.17</b>	<b>US\$ 17.69</b>

## 4.4 DISCUSIÓN

(Merma Chacca, 2018), el objetivo de esta investigación fue la Optimización de los estándares en perforación y voladura de taladros largos, para el incremento de la productividad y la reducción de los costos de operación en la CÍA. Minera Ares U. O. Inmaculada, en donde en una de sus conclusiones indica que se hizo un diseño adecuado de las mallas de perforación y voladura de acuerdo a las geometrías de la estructura y potencias de oré, evitando así la perforación de taladros adicionales por la mala distribución. En este trabajo se redujo 2 taladros de la malla estándar del slot negativo obteniendo una nueva malla optimizada con menor cantidad de taladros y con ello reducir



el tiempo de perforación y también los costos de perforación en la empresa minera de Cori Puno S.A.C.

(Hinostraza Sanchez, 2019), el objetivo de esta investigación fue reducir los costos en operaciones en donde al realizar una comparación en la perforación con la broca de 64 mm y de 89 mm para taladros de perforación en abanico, VCR + SLOT Paralelo-Nv. 4172, en negativo, se tiene una reducción de 7 filas perforadas y cada fila cuenta con 77.24 metros perforados, como total se tiene 539 metros perforados en términos económicos se tiene una optimización de costos por metro perforado tenemos 646.8 UD\$/mp. En este trabajo similarmente se aumentó el diámetro de la broca de 64 mm a 158 mm y gracias a ello también se pudo reducir los costos en perforación de US\$ 1152.86 a e US\$ 1135.17 por slot negativo perforado.

(Hanco Cuti, 2014), El modelo de Simba 1254 está diseñado para perforación de taladros en abanico y perforación de Slots tanto verticales como inclinados, las libertades de movimiento están directamente relacionadas con el movimiento de una mesa deslizante, la consola montada sobre ella, el péndulo y el rotador con giros de 360° por lo tanto todos estos aspectos deben ser tomados en cuenta al momento del diseño de los taladros. En este trabajo se usa el modelo Simba S7D para la perforación de los taladros largos del slot negativo, este equipo es una versión del equipo Simba más actualizada tecnológicamente y por lo tanto tiene un mejor rendimiento en la perforación de slots verticales negativos.



## V. CONCLUSIONES

Según los objetivos trazados en esta tesis se tiene las siguientes conclusiones:

Primeramente se tuvo que analizar el diseño de malla estándar del slot negativo el cual está conformado por 17 taladros de los cuales se cargan 13 taladros y se produce una cantidad de  $36 \text{ m}^3$  equivalente 97.2 TM con un factor de carga de  $0.25 \text{ Kg/m}^3$  teniendo un costo de perforación de la malla estándar del slot negativo de US\$ 1152.86 en la empresa minera Cori Puno S.A.C.

Luego se aplicó un modelo matemático con la cual se diseñó una malla de perforación estructurado con 15 taladros, de los cuales 6 son de alivio y son rimadas a un diámetro de 0.158 metros, los parámetros de la malla del slot negativo tienen tres Burden de 0.26, 0.36 y 0.78 metros, dando un burden clave de 0.55 m para la Zanja y además se calculó que el costo de perforación de la malla optimizada del slot negativo es de US\$ 1135.17.

Consecuentemente se evalúa los costos de la malla estándar y la malla optimizada; en donde la malla estándar tiene un costo de perforación de US\$ 1152.86 y la malla rediseñada o malla optimizada tiene un costo de perforación de US\$ 1135.17.

Mediante el rediseño de la malla de perforación del slot negativo se reduce el costo de perforación del slot negativo en US\$ 17.69 en la empresa minera Cori Puno S.A.C.



## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda tener la columna de acero en buen estado, los aceros como la barra, el Shank, la broca y la rimadora, porque si estos accesorios de perforación no se encuentran en condiciones óptimas perjudicará a la perforación.

Al momento de perforar los taladros largos con la broca de 64 milímetros de diámetro se recomienda perforar en velocidad de perforación baja para así evitar desviaciones del taladro y también conservar el estado de la broca.

Sobre el equipo Simba S7D, se recomienda que el equipo esté conectado a una sola línea de corriente eléctrica, porque cuando 2 o más equipos están conectados a la misma línea de corriente eléctrica ocurre las caídas de tensiones lo cual genera retrasos en la perforación. También se recomienda tener una buena presión de agua al momento de perforar, porque sino se presentará deficiencias al perforar como por ejemplo: en plena perforación el equipo se apaga automáticamente al calentarse el motor porque tiene un sensor de temperatura, como también al perforar con baja presión de agua se tapa el barreno con los detritos.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achillides, S., Gezelovská, D., & Gehre, J. (2010). *Riesgos por explosiones*. Alemania.
- Cebrián, B., & Mengual, L. (2015). *Técnicas eficientes de voladura para áridos*.
- Celis Caballero, H. L. (2016). denominado "*Reducción de la desviación de taladros largos implementando menores longitudes de perforación de taladros para bancos de producción de 20 metros de altura en Sublevel Stoping con Simbas H1254, en el cuerpo Casapalca 4 en el nivel 11 -11A, Mina*.
- Chinchay Jacome, J. C. (2018). "*DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN BASADO EN LOS MODELOS GEOMECÁNICOS PARA OPTIMIZAR LA VOLADURA EN MINERÍA SUBTERRÁNEA - 2018*". HUARAZ.
- ConceptoDefinición. (3 de febrero de 2012). *ConceptoDefinición*. Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/reduccion/>
- Definicion.DE. (s.f.). *DEFINICION DE COSTO*.
- El Instituto Geotécnico de España. (2010). "*Manual de perforación y voladura de rocas en perforación de producción*". España.
- EPIROC PERU S.A. (2018). "*las especificaciones técnicas Simba S7D*".
- Esteban, A. (2012). *Boletín N°21 TALADROS LARGOS-EXSA*.
- EXSA. (2001). *Manual Práctico de Voladura, Edición Especial. Perú*.
- Famesa. (2015). *Accesorios de Voladura*.
- García, J. (2014). *Contabilidad de costos*. México.: Editorial Mc Graw Hill/ Interamericana editores, 4ª. edición.
- Hachircana Chuctaya, F. W. (2018). *RECUPERACION DE ORO APARTIR DE UN CONCENTRADO GRAVIMÉTRICO EN LA CIA CORI PUNO*. Arequipa.
- Hanco Cuti, W. (2014). "*Metodología para la Optimización de las Operaciones en Taladros Largos en función a los Equipos, Lodos de Perforación y DROP RAISING SLOT en Compañía Minera Condestable S.A.*".
- Hansen, D., & Mowen, M. (2006). *Cost Management*. . United States of America: Accounting and Control. Fifth edition, Ed. Thomson.
- Hinostroza Sanchez, E. S. (2019). "*Implementación De Malla De Perforación Y Voladura De Taladros Largos Para Evaluar Los Costos Operativos En El Método De Explotación Sublevel Stoping En La Mina Subterránea Marcapunta Sur-El Brocal*".
- Jauregui Aquino, O. A. (2009). denominado "*Reducción de los Costos Operativos en Mina, mediante la optimización de los Estándares de las operaciones unitarias de Perforación y Voladura*".



- Jiménez Alvarado, M., Vargas Vega, T., & Teresa, R. (2020). “*Diferencia entre un costo y un gasto*”.
- Jimeno, L. (2003). *Manual de Perforación y Voladura*. Madrid .
- José, B. A., Jorge, C. G., & Juan, H. H. (2013). *PERFORACIÓN Y VOLADURA DE ROCAS EN MINERÍA*. MADRID.
- Larsson, & Clark. (s.f.).
- Lopez Jimeno, C. (1997). *Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras*.
- Mallqui Balbin, Y. J. (2019). “*Diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos e Sub Level Stoping para incrementar la productividad en mina Marcapunta de sociedad Minera El Brocal S.A.A*”.
- Mendoza Muñoz, N. (2014). *investigación “Optimización de la tronadura controlada aplicando un modelo matemático en la unidad minera Paraíso-Ecuador”*.
- Meneces, A. (2018). *Análisis de parámetros de perforación*.
- Merma Chacca, A. R. (2018). *Optimización De Los Estándares En Perforación Y Voladura De Taladros Largos Para El Incremento De La Productividad Y La Reducción De Los Costos De Operación En La CÍA. Minera Ares U. O. Inmaculada*.
- Morales Castañeda, A. (18 de Febrero de 2019). *Gestiopolis*. Obtenido de Conceptos de Mejora, Rediseño y Reingeniería: <https://www.gestiopolis.com/conceptos-de-mejora-redisen-y-reingenieria/>
- Muñoz Bernardo, M. M. (2006). “*Ampliación de producción de la Unidad Minera Chungar de 2 000 TMD a 3 000 TMD*”.
- Oda Talavera, J. V. (2019). “*Empleo De Taladros Largos Para La Optimización De La Productividad En La Mina Cori Puno S.A.C.*” .
- Ojeda Mestas, R. W. (2007). *DISEÑO DE MALLAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA SUBTERRÁNEA APLICANDO UN MODELO MATEMATICO DE AREAS DE INFLUENCIA*. Perú.
- Ore Acuña, C. R. (2019). *Optimización del uso de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary unidad minera Carahuacra de Volcan Compañía Minera S.A.A*. Huancayo.
- Pacahuala Aguirre, M. C. (2015). *REDUCCIÓN DE COSTOS OPERATIVOS EN DESARROLLOS MEDIANTE ACTUALIZACIÓN DE ESTÁNDARES EN PERFORACION Y VOLADURA, CASO DE LA EMPRESA ESPECIALIZADA MINCOTRALL S.R.L. HUANCAYO-PERU*.
- Pally Canaza, G. J. (s.f.).
- Pally Canaza, G. J. (2017). *DETERMINACIÓN DE LA RENTABILIDAD MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE COSTOS UNITARIOS E INVERSIONES EN LA*



*EXPLOTACIÓN AURÍFERA DE LA EMPRESA MINERA CORI PUNO S.A.C.*  
Puno.

- Peña Castillo, M. F. (2019). *Calidad en el cálculo del Burden (B) basado en el modelo matemático de López Jimeno para contribuir en la gestión del riesgo en las voladuras, en cantera de roca caliza.*
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2019). *Definición.* Obtenido de <https://definicion.de/mineria/>
- Secoroc, Atlas Copco SAC. (2017). *Catálogo de productos-Equipo de martillo en cabeza.*
- SERNAGEOMIN; ENAMI; Ministerio de Chile. (2014). *Perforación y Tronadura.*
- Significados. (3 de Marzo de 2017). *Significados.* Obtenido de <https://www.significados.com/reducir/>
- Tiempo Minero. (2019). *Voladura y perforación minera.*
- Tito Quispe, R. P. (2018). *“Explotación Por Sub Niveles Con Taladros Largos En Cuerpos Mineralizados Para El Incremento De La Producción En La Unidad Minera Untuca – Cori Puno S.A.C.”* .
- Torres, A. (2010). *Contabilidad de costos.* México: Editorial Mc GrawHill /Interamericana editores 3<sup>a</sup>. edición.
- Valdez Nolasco, F. (2020). *ESTRUCTURA DE COSTOS EN OPERACIONES MINERAS.*
- Westreicher, G. (24 de Mayo de 2020). *Economipedia.* Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/optimizacion.html>



## ANEXOS

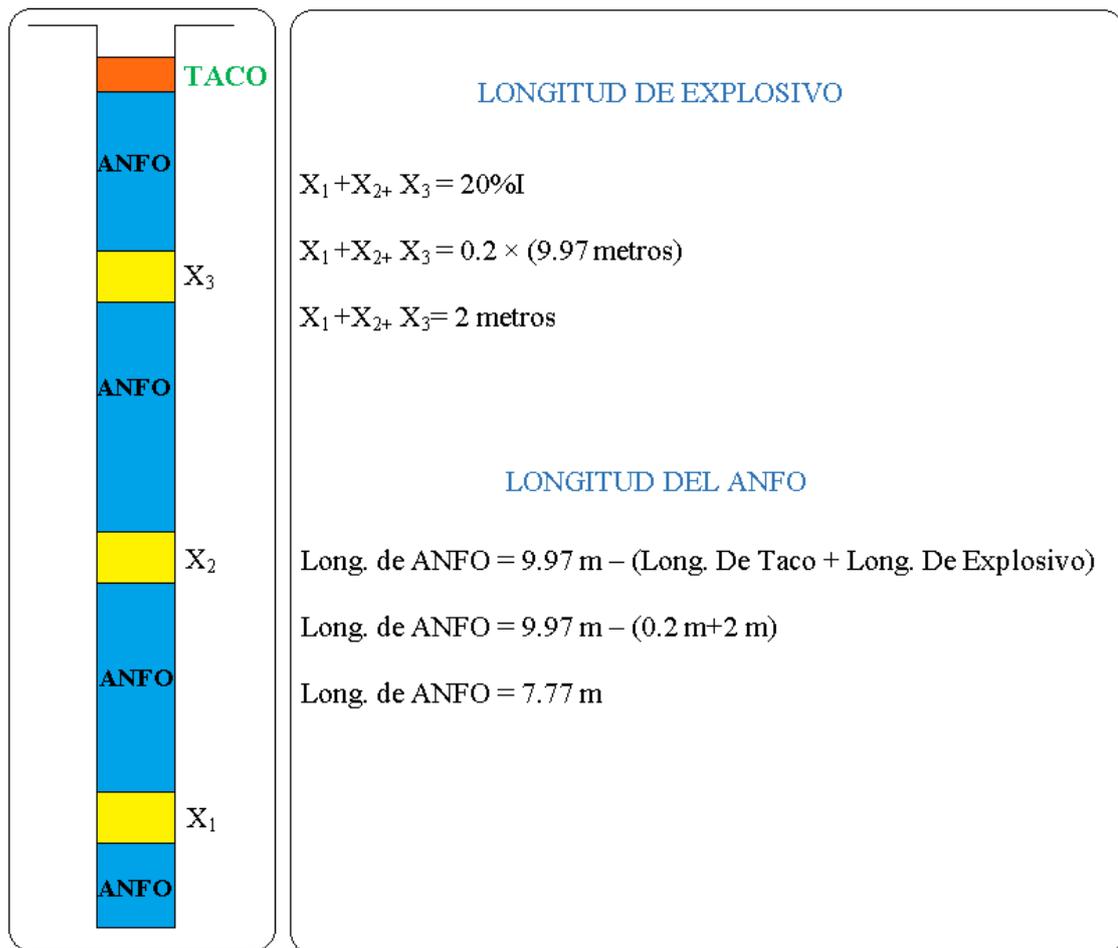


## ANEXO 2: Vista cercana



**Figura 8.** Vista cercana del plano de ubicación

### ANEXO 3: Modelo de carguío de taladro



**Figura 9.** Modelo de carguío de taladro

Este modelo de carguío se realizó en el slot negativo del tajo de 11 ubicado en el nivel 4530 de la zona cruz de oro de la empresa Cori Puno.