



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



**REDUCCIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN AURÍFERA  
MEDIANTE EL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN DE CORTE Y  
RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO EN EL TAJEO  
PORVENIR DE LA UNIDAD MINERA CAPITANA - AREQUIPA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**YIN VILLAHERMOSA ARUQUIPA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**REDUCCIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN AURÍFERA MEDIANTE EL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN DE CORTE Y RELLENO ASCE**

AUTOR

**YIN VILLAHERMOSA ARUQUIPA**

RECuento de palabras

**13079 Words**

RECuento de caracteres

**69303 Characters**

RECuento de páginas

**79 Pages**

Tamaño del archivo

**3.4MB**

FECHA DE ENTREGA

**Apr 18, 2024 3:00 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Apr 18, 2024 3:02 PM GMT-5**

### ● 17% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 14 palabras)

  
Ing. Davia Velásquez Medina  
DOCENTE F.I.M. - UNA



Resumen



## DEDICATORIA

*Nunca nadie tuvo mejores padres, por ello con todo mi amor dedico este trabajo a mis adorados progenitores, Reynaldo Villahermosa Salcedo y Martha Leonor Aruquipa “por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para poder estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter y el coraje para conseguir mis objetivos”.*

*A mis queridas hermanas Leydy y Shannel, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi formación profesional y de mi vida, las quiero de sobremanera.*

*A mi hijo Cedrick con mucho cariño, por ser el eje de mi vida.*

**Yín.**



## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar, mi gratitud a Dios, por proporcionarme vida y salud para que pueda contribuir a mi país y a mi familia.*

*Mi agradecimiento especial al Ing. Pablo Choque y al Ing. Luis Meneses, quienes en su momento me dieron el apoyo necesario para encaminar mis conocimientos adquiridos.*

*Mi agradecimiento también a mi alma mater la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, también a mi querida facultad de Ingeniería de Minas y a su distinguida plana docente.*

*Mi gratitud a todos los compañeros, ingenieros y amigos con los que puede compartir esta gran pasión por la minería.*

***Yín.***



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>14</b>
1.2.1. Pregunta general.....	14
1.2.2. Preguntas específicas .....	15
<b>1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>15</b>
1.3.1. Hipótesis general.....	15
1.3.2. Hipótesis específicas .....	15
<b>1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>16</b>
1.4.1. Objetivo general .....	16
1.4.2. Objetivos específicos .....	16
<b>1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>16</b>
1.5.1. Justificación teórica.....	17
1.5.2. Justificación ambiental.....	18



1.5.3. Justificación económica .....	18
1.5.4. Justificación práctica .....	18

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
2.2.1. Método de explotación corte y relleno ascendente convencional .....	22
2.2.2. Ventajas del método de explotación corte y relleno ascendente .....	23
2.2.3. El ciclo de minado de una labor .....	24
2.2.4. Método de corte y relleno ascendente mecanizado .....	27
2.2.5. Tipos de perforación en tajeos ( <i>over cut and fill</i> ) .....	30
2.2.6. Malla de perforación .....	32
2.2.7. Cálculo de la distribución de carga explosiva .....	33
2.2.8. Perforación de taladros de arranque .....	33
<b>2.3. COSTOS Y GASTOS .....</b>	<b>35</b>
2.3.1. Costos .....	35
2.3.2. Gastos .....	36
2.3.3. Estimación del costo de operación .....	36
2.3.4. Los costos de producción .....	37
<b>2.4. DEFINICIONES CONCEPTUALES .....</b>	<b>37</b>

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. UBICACIÓN .....</b>	<b>40</b>
<b>3.2. ACCESIBILIDAD .....</b>	<b>40</b>
<b>3.3. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>41</b>



3.3.1. Tipo de investigación .....	41
3.3.2. Alcance o nivel de la investigación.....	41
3.3.3. Enfoque de investigación .....	42
3.3.4. Diseño de investigación .....	42
<b>3.4. POBLACIÓN .....</b>	<b>43</b>
<b>3.5. MUESTRA .....</b>	<b>43</b>
<b>3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>43</b>
3.6.1. Variable independiente.....	43
3.6.2. Variable dependiente.....	44
<b>3.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>44</b>
3.7.1. Técnicas para el procesamiento de la información .....	44
3.7.2. Técnicas para el procesamiento de la información .....	45
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. RESULTADOS DEL ESTUDIO .....</b>	<b>47</b>
<b>4.2. PARÁMETROS DEL TAJO EN LA EXPLOTACIÓN CONVENCIONAL ..</b>	<b>47</b>
<b>4.3. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS .....</b>	<b>48</b>
<b>4.4. RESULTADOS POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>48</b>
<b>4.5. COSTOS CON EL MÉTODO DE CORTE Y RELLENO CONVENCIONAL</b> <b>.....</b>	<b>48</b>
4.5.1. Cálculo de costos de producción aurífera para el sistema convencional	50
<b>4.6. MÉTODO DE CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO .....</b>	<b>55</b>
<b>4.7. COSTOS CON EL MÉTODO DE CORTE Y RELLENO MECANIZADO ..</b>	<b>55</b>
4.7.1. Cálculo de costos de producción aurífera para el sistema mecanizado ..	57
<b>4.8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS CON OTRAS FUENTES .....</b>	<b>62</b>



<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>70</b>

**Área:** Ingeniería de Minas

**Tema:** análisis de costos mineros y comercialización de minerales

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 22 de abril del 2024





## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Ruta de Acceso a la Unidad Minera Capitana – Arequipa. ....	40
<b>Tabla 2.</b> Operacionalización de variables .....	44
<b>Tabla 3.</b> Factores a considerar para el Sistema Convencional. ....	48
<b>Tabla 4.</b> Costo de mano de obra con el Sistema Convencional. ....	50
<b>Tabla 5.</b> Costo del equipo de perforación con el Sistema Convencional.....	51
<b>Tabla 6.</b> Costos de los accesorios de perforación con el Sistema Convencional.....	51
<b>Tabla 7.</b> Costos de los materiales de perforación con el Sistema Convencional. ....	52
<b>Tabla 8.</b> Costos de las herramientas requeridas con el Sistema Convencional.....	52
<b>Tabla 9.</b> Costos de los implementos de seguridad con el Sistema Convencional.....	53
<b>Tabla 10.</b> Cantidad de explosivo total en el sistema convencional.....	54
<b>Tabla 11.</b> Costo total de explosivos y accesorios del sistema convencional. ....	54
<b>Tabla 12.</b> Costo total del tajeo en el sistema convencional. ....	54
<b>Tabla 13.</b> Factores a considerar para el Sistema Mecanizado.....	55
<b>Tabla 14.</b> Costo de mano de obra con Sistema Mecanizado.....	57
<b>Tabla 15.</b> Costo de equipo de perforación del sistema mecanizado. ....	58
<b>Tabla 16.</b> Costos de los aceros de perforación con el Sistema Mecanizado. ....	58
<b>Tabla 17.</b> Costos de las herramientas requeridas con el Sistema Mecanizado. ....	59
<b>Tabla 18.</b> Costos de los implementos de seguridad con el Sistema Mecanizado. ....	59
<b>Tabla 19.</b> Cantidad de explosivo total en el sistema mecanizado.....	60
<b>Tabla 20.</b> Costo total de explosivos y accesorios con el Sistema Mecanizado.....	60
<b>Tabla 21.</b> Costo total del tajeo con el Sistema Mecanizado.....	61
<b>Tabla 22.</b> Costo total del sistema convencional y mecanizado.....	61



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Parámetros de aplicación de método de corte relleno ascendente.....	23
<b>Figura 2.</b> Esquema de carguío del explosivo. ....	29
<b>Figura 3.</b> Dumper de 12 Tm.....	30
<b>Figura 4.</b> Tajeo por taladros horizontales (breasting). ....	31
<b>Figura 5.</b> Tajeo por taladros verticales (realce). ....	32
<b>Figura 6.</b> Tipos de arranque en corte Quemado. ....	35
<b>Figura 7.</b> Esquema comparativo, convencional y mecanizado. ....	62



## ACRÓNIMOS

CMC:	Compañía Minera Caravelí
gln:	galones
m:	metro
m.s.n.m.:	metros sobre el nivel del mar
m <sup>3</sup> :	metro cúbico
mm:	milímetro
pp.:	pies perforados
RMR:	<i>Rock Mass Rating</i>
RQD:	<i>Rock Quality Designation</i>
S.A.C.:	Sociedad Anónima Cerrada
Tm:	tonelada métrica
US\$/ <i>gdia</i> :	dólares por guardia
US\$/Tm:	dólares por tonelada métrica



## RESUMEN

La Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa, explota el yacimiento mineral, aplicando el sistema de explotación de Corte y Relleno Ascendente Convencional y al realizar la evaluación de costos en el proceso de explotación, se encontró problemas de elevados costos de producción. El costo unitario de producción aurífera fue de 7,45 US\$/Tm. El objetivo del trabajo de investigación “fue reducir los costos de producción aurífera con el método de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana – Arequipa”. La metodología aplicada en la investigación fue de un enfoque cuantitativo y tipo de investigación descriptiva y el diseño no experimental y tipo transversal. El procedimiento para desarrollar el trabajo de investigación, consistió en evaluar los costos del método de Corte y Relleno Ascendente Convencional en donde se verificó los costos de producción de las operaciones unitarias de perforación, voladura y personal con los equipos respectivos, la recolección de datos se registró en los formatos respectivos y posteriormente en el trabajo de investigación se determinó los costos de producción con el método de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado, en donde se analizó los costos de producción y equipos utilizados en la explotación aurífera. Llegando al final a los siguientes resultados, que mediante el método de explotación de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado los costos de explotación aurífera se redujeron de 7,66 US\$/Tm a 5,83 US\$/Tm, obteniendo un beneficio de 1,83 US\$/Tm, en el Tajeo Porvenir y se concluye que con el método mecanizado se reduce los costos de producción aurífera en un 23,89 % en la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa.

**Palabras clave:** Costos, Convencional, Mecanizado, Producción, Perforación, Voladura.



## ABSTRACT

The Captain Mining Unit of the Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa, exploits the mineral deposit, applying the Conventional Ascending Cut and Fill exploitation system and when carrying out the cost evaluation in the exploitation process, problems of high production costs were found. The unit cost of gold production should be US\$7.45/Tm. The objective of the research work was to reduce gold production costs with the Mechanized Ascending Cut and Fill method in the Porvenir Pit of the Capitana Mining Unit – Arequipa. The methodology applied in the research was a quantitative approach and descriptive research type and non-experimental and cross-sectional design. The procedure to develop the research work consisted of evaluating the costs of the Conventional Ascending Cut and Fill method where the production costs of the unit operations of drilling, blasting and personnel were verified with the respective equipment, the data collection was recorded in the respective formats and later in the research work the production costs were determined with the Mechanized Ascending Cut and Fill method, where the production costs and equipment used in gold exploitation were analyzed. Finally arriving at the following results, that through the exploitation method of Mechanized Ascending Cut and Fill, the gold exploitation costs were reduced from 7.66 US\$/Tm to 5.83 US\$/Tm, obtaining a profit of 1. 83 US\$/Tm, in the Porvenir Pit and it is concluded that the mechanized method reduces gold production costs by 23.89% in the Capitana Mining Unit of Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa.

**Keywords:** costs, conventional, machining, production, drilling, blasting.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa, para explotar el depósito mineral, utilizó el método de explotación de Corte y Relleno Ascendente Convencional, para desarrollar labores horizontales de preparación y verticales de producción. El costo de producción aurífera fue de 7,66 US\$/Tm y según los estudios y cálculos realizados en los tajeos de explotación, se detectó los problemas de elevados costos de producción en referencia al costo unitario que fue 7,45 US\$/Tm, debido a los diferentes factores como personal y equipos usados causando una lenta perforación con una baja elaboración de taladros por turno, lo que influye directamente en el consumo de explosivos y accesorios, a su vez la dilución del mineral por el movimiento de material fue significativo; como resultado se obtiene un menor volumen de producción de mineral, y uno de los factores más influyentes fue el uso de equipos convencionales para la explotación del yacimiento mineral.

La Unidad Minera Capitana, se dedica a la exploración, explotación y beneficio de minerales auríferos en vetas angostas, erráticas y lenticulares. Los métodos de explotación implementados están en función a la potencia de las estructuras mineralizadas.

### 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.2.1. Pregunta general

¿Cómo se reduce los costos de producción aurífera en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa?



### **1.2.2. Preguntas específicas**

¿Cuál es el costo de producción aurífera con el método de explotación de Corte y Relleno Ascendente Convencional en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa?

¿Cuál es la reducción de los costos de producción aurífera con el método de explotación de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa?

## **1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

### **1.3.1. Hipótesis general**

Mediante el método de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado se reducen los costos de producción aurífera en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa.

### **1.3.2. Hipótesis específicas**

Mediante la evaluación de costos del método explotación de Corte y Relleno Ascendente Convencional se determinan los costos de producción aurífera del Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa.

Mediante el método de explotación de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado se reducen los costos de producción aurífera en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa.



## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo general**

Reducir los costos de la producción aurífera en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

Evaluar los costos de producción aurífera del método de explotación de Corte y Relleno Ascendente Convencional en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa.

Reducir los costos de producción aurífera mediante el método de explotación de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa según el estudio de reservas de mineral, posee un potencial de 465 276 Tm de mineral probado y 232 638 Tm de mineral probable de oro filoniano, con una ley promedio de 6,75 g/Tm y para la explotación del yacimiento mineral viene utilizando el método de Corte y Relleno Ascendente Convencional, después de haber realizado la evaluación de costos en el Tajeo Porvenir el cual se encuentra en una etapa inicial de producción, se ha identificado problemas de elevados costos de producción, el mencionado tajo es una de las labores principales de producción para poder cumplir con el tonelaje requerido por planta el cual tiene una capacidad de 900 Tm/día. El tonelaje programado para el tajo porvenir es de 300 Tm/día, y lo que se produce con el sistema convencional fue tan solo 101,36 Tm/día. Por estas razones una de las alternativas para reducir dichos costos e





incrementar la producción se planteó la mecanización del método de explotación; esto como una medida de control de la dilución del mineral, así como para aumentar las eficiencias de trabajo y todo esto se reflejó en el incremento de producción de mineral. Después de haber identificado las deficiencias fue necesario mejorar o reducir los tiempos de las operaciones unitarias. En el sistema convencional la cantidad de taladros perforados contempla un total de 70 taladros, para un avance en tajo de 12,75 metros de longitud, cuya perforación efectiva fue de 1,50 metros y cada taladro fue cargado con 6 cartuchos de Semexsa 65%.

Todos estos factores fueron necesarios para mecanizar la operación y ver su influencia en la producción de mineral por guardia, así como también ver los costos por tonelada métrica producida. Por tanto, el presente trabajo de investigación justifica plenamente su ejecución ya que generó un aporte significativo al nivel de producción de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa.

### **1.5.1. Justificación teórica**

El presente trabajo de investigación se realizó con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre métodos para la reducción de los costos de producción, para lo cual se acudió a conceptos, definiciones, teorías utilizadas por muchos autores del área de minería. Donde se analizó los costos de producción aurífera mediante el método de explotación de Corte y relleno Ascendente Mecanizado, con el fin de reducir los costos de producción aurífera y fue de mucha importancia para la minería subterránea y generó mejores resultados económicos para la Unidad Minera Capitana.



### **1.5.2. Justificación ambiental**

El presente trabajo de investigación se justifica ambientalmente por que contribuyó también a la reducción de los pasivos mineros, ya que por medio del relleno hidráulico o detrítico se redujo la exposición de estos materiales en la superficie, porque estos elementos fueron utilizados como relleno de la zona de tajeo.

### **1.5.3. Justificación económica**

Económicamente mecanizar las actividades de explotación de corte y relleno ascendente resultó muy beneficioso para la unidad minera ya que no solo se generó una mayor producción también se cumplió con la dilución programada mejorando así la recuperación de mineral y las leyes de las mismas.

### **1.5.4. Justificación práctica**

Esta investigación se realiza porque existe el requerimiento de reducir los costos de producción aurífera en los tajeos de explotación, y al realizar la evaluación de los costos, se encontró elevados costos de producción aurífera en el tajeo Porvenir de la unidad minera, y como alternativa de solución se ha planteado reducir los costos mediante el sistema de explotación de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

**Córdova (2019)** en su estudio “Análisis del método de corte y relleno ascendente semi mecanizado, frente al método Long Wall en la producción de mineral del tajo 6520, Nv 2760, Compañía Minera Poderosa S.A, cuyo objetivo fue la evaluación de ambos métodos de explotación minera para determinar las ventajas en la producción del método de explotación por corte y relleno ascendente semi mecanizado”. El estudio se caracteriza por su aspecto experimental y técnico. Los resultados indican que, a pesar del elevado coste inicial, el método semimecanizado es más rentable a largo plazo debido a su versatilidad. La implantación de la semimecanización ha reducido los tiempos de los ciclos de explotación y ha aumentado la productividad de Scoop. Además, el cambio de método de explotación ha redundado en mayores beneficios para la empresa.

**Pérez (2019)** en su trabajo de tesis titulado “Mecanización del método de minado corte y relleno ascendente en el tajo 2590 de la Mina Rosa nv.2430, unidad Parcoy – Consorcio Minero Horizonte SAC.”, cuyo objetivo fue implementar el método de explotación por el corte y relleno ascendente mecanizado con el cual planeaba incrementar el volumen de producción hasta un 87%. “Concluyó que aplicando el método corte y relleno ascendente mecanizado en la explotación del Tajo 2590 de la veta Rosa, se obtiene una ventaja económica de 22 % en costos de operación, en relación con el Método Corte y Relleno Ascendente Convencional”.

**Suasaca (2018)** en su trabajo de investigación “Incremento de la producción del mineral en los tajeos Carlota y San José mediante el método de explotación de corte y



relleno ascendente mecanizado en la minera Arirahua S.A. – Arequipa”, tenía como objetivo incrementar la producción por medio del método de explotación de corte y relleno ascendente mecanizado. Concluye que utilizando la técnica tradicional de corte y relleno aguas arriba se obtenía una producción diaria de 230 toneladas métricas. Sin embargo, con el método automatizado de corte y relleno, la producción aumentó a 285 toneladas diarias, lo que supone una diferencia de 55 toneladas diarias.

**Rojas (2018)** en su estudio “Optimización de la producción en mantos auríferos mediante el método de corte y relleno ascendente semi mecanizado”, el objetivo fue optimizar la producción de la extracción en mantos auríferos inclinados mediante el método de corte y relleno ascendente semi mecanizado y concluye que, mediante el método, se incrementó la producción del mineral de 33,53 Tm/día a 50,30 Tm/día, en la Empresa Minera J.H.S. e hijos S.R.Ltda.

**Castillo (2018)** en su trabajo “Incremento de la producción mediante el método de explotación Corte y Relleno Ascendente semi mecanizado en el tajo 767 – Cía. Minera Caudalosa S.A. - La Libertad”, cuyo objetivo era mejorar significativamente la productividad en el tajo 767 mediante el método de corte y relleno ascendente semi mecanizado. La metodología de investigación adoptada fue descriptiva y explicativa, enfocándose en evaluar el control del tonelaje producido por el Scoop y compararlo con el tonelaje obtenido mediante el método de CRA semi mecanizado. Los resultados revelaron que la explotación semi mecanizada supera a la convencional, destacándose por una recuperación de mineral del 100 %. Esto se debe a un control efectivo de la dilución mineral y proporciona una mayor seguridad y versatilidad en comparación con el método convencional.

**Muñoz (2006)** en su trabajo “Modelo de Costos para la Valorización de planes



Mineros”, tenía como objetivo la valorización de las operaciones mineras. Concluye que la productividad de la excavación en el tajo mediante el método de perforación Jumbo para rotura en desmonte y terraplén ascendente en Bresting es de 7,2 Tm/h-gdia. Sin embargo, cuando en el mismo tajo se implementa un diseño de malla con voladura controlada, considerando la información geomecánica del terreno, la productividad aumenta a 8,4 Tm/h-gdia. Produciendo un resultado favorable cuando se automatizan las tareas.

**Lozano (2005)** en su trabajo de investigación “Método de explotación por Corte y Relleno Ascendente mecanizado Mina Animón Chungar S.A.C. - Cerro de Pasco”, tenía como objetivo demostrar la efectividad del método de explotación de corte y relleno ascendente mecanizado. Concluye que, el método de explotación de corte y relleno ascendente mecanizado, resulta de alta productividad de mineral y de un bajo costo de producción.

**Zevallos (2003)** en su trabajo de investigación “Aplicación del método de Corte y Relleno Ascendente en vetas angostas, mina Arirahua”, cuyo objetivo era demostrar la efectividad del método de explotación de corte y relleno ascendente convencional. El estudio determinó que la técnica minera tradicional de desmonte y terraplén cuesta arriba es la más adecuada, capaz de alcanzar una producción diaria de 456 Tm. El equipo, el personal y las instalaciones necesarios son fácilmente accesibles para este fin.

**Tintaya (2002)** en su estudio “Optimización de costos de minado en labores de desarrollo de la Unidad Minera Andaychagua – Cia Volcan S.A.”, tenía como objetivo demostrar que el sistema de explotación mecanizado garantiza una reducción de costos y un incremento en la productividad. Los resultados de la optimización confirman que se alcanzaron con éxito los objetivos de asignar eficazmente los recursos. Los costes se



redujeron significativamente en comparación con el gasto anterior en operaciones de rampa y By Pass. En concreto, el coste por metro de las operaciones de rampa se redujo de 270,11 a 181,79 dólares, lo que supone un ahorro de 88,32 dólares por metro. Del mismo modo, el coste por metro de la operación By Pass disminuyó de 264,14 a 175,61 dólares, lo que supone un ahorro de 88,53 dólares por metro.

**Luque (2001)** en su estudio “Mecanización y explotación de cuerpos mineralizados aplicando corte y relleno ascendente CIA. Minera Atacocha”, tenía como objetivo principal determinar cuál es el método de explotación que garantiza una mayor producción a un costo menor. Llega a la conclusión “de que el método de explotación de corte y relleno ascendente mecanizado, fue el más apropiado para la recuperación de cuerpos mineralizados y es a su vez el más rentable”.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Método de explotación corte y relleno ascendente convencional**

El método de explotación corte y relleno ascendente, se caracteriza porque el mineral se corta en forma horizontal, desde la parte inferior del cuerpo mineralizado hacia la parte superior de manera progresiva. El mineral se extrae en franjas horizontales, una vez retirado toda la franja, el volumen equivalente se rellena con material estéril o con relleno hidráulico, que se utiliza como superficie de trabajo para los trabajadores durante todo el proceso de explotación, además el relleno sirve de soporte a las paredes de la labor, actuando como plataforma para continuar con la siguiente rebanada que se extraerá (Córdova, 2019).

## 2.2.2. Ventajas del método de explotación corte y relleno ascendente

### a) Ventajas

- Es posible alcanzar un alto grado de mecanización.
- El método es seguro.
- Es adecuado para yacimientos con propiedades físico mecánicas incompetentes.
- Es altamente selectivo, es decir se pueden trabajar en secciones de alta ley y dejar las zonas de baja ley sin explotar.
- La recuperación es posible alcanzar al 99 %

### b) Desventajas del método de explotación

- Elevado consumo de los materiales de sostenimiento
- El rendimiento es bajo debido a la paralización de la producción mientras se realiza el relleno del piso.
- El costo de explotación es ligeramente elevado.

## Figura 1.

*Parámetros de aplicación de método de corte relleno ascendente.*

Geometría del yacimiento	Aceptable	Optimo
<b>Forma</b>	Cualquiera	Tabular
<b>Potencia</b>	Cualquiera	> 3m
<b>Buzamiento</b>	> 30°	> 60°1
<b>Tamaño</b>	Cualquiera	Cualquiera
<b>Regularidad</b>	Cualquiera	Irregular
Aspecto geotécnico	<b>Aceptable</b>	<b>Optimo</b>
<b>Resistencia (techo)</b>	> 30 MPa	> 50° MPa
<b>Resistencia (mena)</b>	s/ profundidad	> 50° MPa
<b>Fracturación (techo)</b>	Alta- Media	Media-Baja
<b>Fracturación (mena)</b>	Media-Baja	Baja
<b>Campo tensional In-situ (profundidad)</b>	Cualquiera	<1000m
<b>Comportamiento tenso-Deformacional</b>	Elástico	Elástico
Aspectos económicos	<b>Aceptable</b>	<b>Optimo</b>
<b>Valor unitario de la mena</b>	Medio-alto	Alto
<b>Productividad y ritmo de explotación</b>	Media- baja	NA

Fuente: Sucasaca (2019).



### **2.2.3. El ciclo de minado de una labor**

#### **a) Perforación**

Es la primera actividad minera subterránea que se realizan con máquinas perforadoras tipo Jack-Leg para labores horizontales tales como galerías, túneles, cruceros, niveles y otros y la máquina Stoper para la perforación de labores verticales tales como chimeneas, para los cuales se utilizan barrenos de 3 pies y 5 pies, y para los tajeos se utilizan barrenos de 6 pies de longitud. La perforación horizontal posee varias ventajas en referencia a la perforación vertical (Rodríguez, 2011).

- Permite ajustar la disposición general del tajo, lo que simplifica el proceso de extracción de mineral de contenedores desiguales.
- Durante la perforación frontal, es posible dejar materiales de baja ley en el tajo como relleno, lo que permite la opción de perforación selectiva.

#### **b) Voladura**

Esta operación se realiza, para la fragmentación de la roca insitu mediante la carga explosiva colocada en los taladros perforados, lo cual se realizó mediante el diseño de la malla de perforación en el frente de las labores de explotación considerando las características de la masa rocosa, “la densidad de la carga explosiva, la secuencia de iniciación y otros factores que influyen. Los parámetros se derivan de la experiencia de los supervisores y la aplicación de teorías vigentes”. Para la voladura son utilizados los accesorios de voladura tales como: fulminantes, conectores, cordón detonante, mecha lenta, carmex, fanel y otros, se utilizan juntamente con las dinamitas 45% y 65% de las diferentes empresas proveedoras. (EXSA, 2009).





### **c) Limpieza y acarreo**

Esta operación se realiza luego de la fragmentación producto de la voladura. La geometría del tajo es la que determina el proceso de limpieza, que consiste en el carguío y acarreo del mineral. En la mayoría de las minas, las distancias entre los equipos de carguío y acarreo vienen determinadas por el radio de acción de los equipos. El pase del mineral en los tajos sencillos se suministra directamente a las tolvas colocadas cerca a los tajos de explotación. En el sistema convencional para el acarreo del mineral se utilizan locomotoras y sus respectivos carros mineros a través de una vía férrea se trasladan el mineral. También se utilizan rastrillos que dependen de la cantidad de mineral, se usan cabrestantes de hasta de 12 a 13 caballos de fuerza. Los equipos de tres rastrillos se utilizan en los tajos de grandes dimensiones y los equipos de dos tambores se utilizan para potencias de veta de 2 a 5 m (Guevara, 2019).

### **d) Sostenimiento**

Se utilizan dos tipos de sostenimiento que pueden ser naturales y artificiales (activos y pasivos). Los sistemas de sostenimiento natural requieren deben cumplir tanto el mineral como la masa rocosa sean competentes, teniendo un alto grado de clasificación geomecánica. Los sistemas de sostenimiento artificial se requieren cuando la masa rocosa no es competente y posee fallas y otros rasgos geológicos adversos, para lo cual se deben utilizar diferentes tipos de sostenimiento para evitar el deslizamiento y la caída de bancos o trozos de rocas en las labores mineras y garantizar la seguridad de los trabajadores de la empresa minera (Robles, 2000).



#### **e) Relleno**

Córdova (2019) indica que, se utilizan como material de relleno la roca estéril de las operaciones de preparación de la mina, que mediante un equipo se dispersa en el piso del tajo, lo que servirá como plataforma para continuar con la explotación del yacimiento mineral. Los relaves de la concentración de minerales y la arena combinada con agua se utilizan como materiales de relleno Hidráulico. Dichos materiales dichos materiales son bombeados a interior mina para luego ser depositados en las zonas de relleno, posteriormente se drena el agua, para dejar un material de relleno competente y en algunos casos se añade cemento a la mezcla para lograr la mayor resistencia de la superficie. Es esencial que este relleno tenga un costo lo más bajo posible. Hay una serie de factores que pueden contribuir a su elaboración, según las circunstancias: La provisión de relleno hidráulico es un componente crucial en la aplicación de la técnica de explotación minera de desmonte y terraplén. Existen dos tipos distintos de relleno que pueden distinguirse en función de su método de transporte: relleno seco y relleno húmedo. El relleno seco es aquel que es creado in situ dentro del propio tajo que es muy útil para el caso de vetas angostas o vetas con mineralización variable. El relleno Hidráulico consistente en una mezcla de agua y los relaves producidos por la planta concentradora, este relleno es bombeado hasta la zona de relleno a través de tuberías de 4 pulgadas de diámetro para su posterior sedimentación y compactación.

#### **f) Ventilación**

Para Guevara (2019) la explotación del yacimiento mineral requiere de un sistema de ventilación de las labores mineras muy eficiente, El control térmico



ambiental es crucial para garantizar un rendimiento óptimo de los trabajadores y los equipos de la empresa en las explotaciones mineras. Este control implica métodos naturales y artificiales para eliminar el polvo en suspensión, los contaminantes y los gases nocivos que suponen un riesgo para la salud de los trabajadores. Para lograr este objetivo, es necesario mantener el suministro de aire no contaminado y el proceso de dispersión y eliminación de sustancias nocivas en el interior de la mina, garantizando así la seguridad del entorno de trabajo.

#### **2.2.4. Método de corte y relleno ascendente mecanizado**

La explotación mecanizada, se realiza con maquinarias y equipos de mayor capacidad y de avanzada tecnología, tratando de lograr mayor producción con bajos costos unitarios, ofreciendo mayor seguridad a los trabajadores y equipos. El grado de mecanización de una explotación subterránea con el método de Corte y Relleno Ascendente comprende las operaciones de perforación, voladura, carguío, acarreo, sostenimiento y relleno, ventilación y servicios auxiliares, los mismos que se realizan con avanzada tecnología para minimizar los costos de explotación de un yacimiento mineral (Bustios, 2019).

##### **- Ciclo de minado mecanizado**

Solo se distingue por los equipos utilizados incluye las siguientes actividades:

##### **a) Perforación**

Es la primera actividad minera subterránea que se realizan con máquinas perforadoras tipo Jumbo, Simba, Raise Borer, ya sea para labores horizontales y verticales tales como galerías, túneles, cruceros, niveles, chimeneas y otros, para los cuales requieren una malla de perforación diseñada en función a un estudio



geomecánico del macizo rocoso tales como: RQD, RMR, Q, y GSI. El objetivo principal de la perforación es crear aberturas cilíndricas para alojar la carga explosiva, para de esta manera generar la voladura. Además, se llevan a cabo perforaciones de alivio para mejorar la voladura, creando caras libres esenciales para la fracturación de la roca (EXSA, 2009).

## b) Voladura

La operación unitaria de voladura en minería implica la alteración y desplazamiento del macizo rocoso, resultando en la fracturación y apilamiento de la roca. Este proceso transforma el estado inicial de reposo del material en un estado final de roca fracturada y amontonada. En términos sencillos, la detonación de mezclas explosivas comerciales cargadas en taladros perforados de acuerdo a las mallas de perforación establecidas produce la acción de fracturar y apilar el macizo rocoso. En el método de explotación mecanizado, se utilizan accesorios y explosivos para llevar a cabo estas voladuras (EXSA, 2009).

**Explosivos.** - Son mezclas químicas de alta sensibilidad que al ser accionados por un iniciador generan alta velocidad de detonación y producen de forma instantánea un gran volumen de gases a altas temperaturas y presión pudiendo ocasionar efectos destructivos de gran magnitud. Los explosivos se clasifican en: explosivos primarios o iniciadores y explosivos secundarios o rompedores (EXSA, 2019).

## Figura 2.

*Esquema de carguío del explosivo.*



Fuente: área de perforación y voladura CMC S.A.C.

### c) Limpieza

“En el sistema mecanizado la limpieza del mineral se efectúa con Scoop R1300G de 2,5 yd<sup>3</sup> y 3,5 yd<sup>3</sup>, de capacidad, equipo que permite tener mayores rendimientos y menores tiempos de limpieza de mineral y desmonte en los frentes”. Los Scoops, son equipos utilizados para la limpieza del mineral acumulado en el frente de las labores subterráneas producto de la voladura, los mismos que son trasladados hacia la cámara de acumulación cercana a los tajos y posteriormente, son acarreados mediante equipos Dumpers de 12 Tm y 20 Tm hacia la tolva de acumulación para luego ser transportados por volquetes de 15 m<sup>3</sup> y 20 m<sup>3</sup> de capacidad de tolva hacia la planta concentradora (Guevara, 2019).

**Figura 3.**

*Dumper de 12 Tm.*



Fuente: CMC S.A.C.

### **2.2.5. Tipos de perforación en tajeos (*over cut and fill*)**

En este método de explotación, la perforación y voladura pueden implementarse de dos formas: una es perforar verticalmente (realce) en la corona, similar a un banco invertido, y la otra es perforar horizontalmente (*breasting*), que se asemeja a un banco rotado en 90° (López, 2019).

#### **a) Perforación en dirección horizontal (*breasting*)**

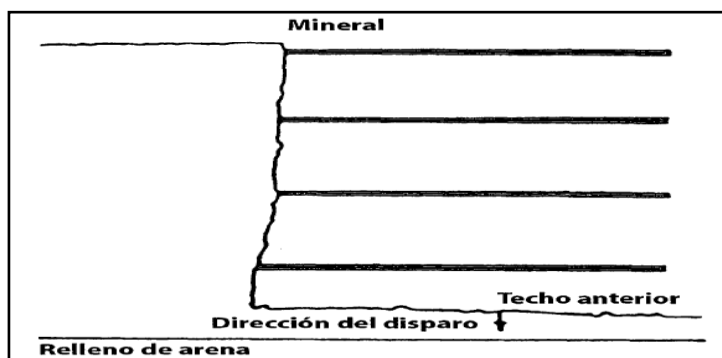
Este método se presenta con taladros horizontales, como una alternativa a la voladura en realce. Con este método, se perfora el mineral utilizando la técnica de "*breasting*". Posteriormente, se llena la excavación con desechos y solo queda una abertura estrecha y vertical entre el techo y la superficie del relleno (Navarro *et al.*, 1998).

Este tipo de perforación consiste en realizar taladros horizontales con disparo en dirección a la cara libre inferior. La cantidad de mineral que se puede obtener es limitada a la longitud de los taladros en cada disparo, y también debido a que se debe de perforar desde el frente (López, 2019).

- Utilizar taladros horizontales resulta en una corona más uniforme después de la voladura, lo que facilita su control.
- La cara frontal permite la perforación selectiva, dejando el mineral de baja ley como relleno.
- Esta técnica permite ajustar el plan general del tajo para explotar la mineralización en las áreas irregulares de las cajas.

#### Figura 4.

*Tajo por taladros horizontales (breasting).*



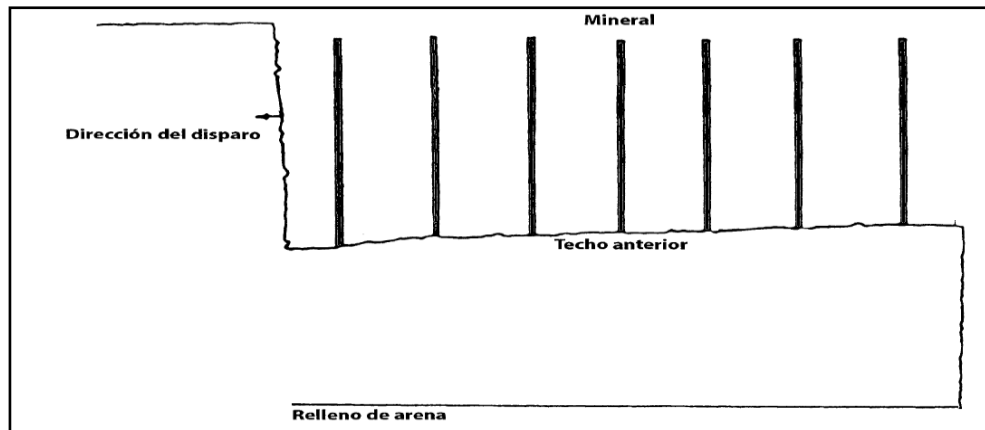
Fuente: ISEE (2008).

#### b) Perforación en dirección vertical (realce)

Para llevar a cabo el arranque del mineral en realce, es crucial que la corona o los hastiales sean competentes. En situaciones donde esto no sea el caso, es necesario recurrir a la voladura con taladros horizontales (*breasting*), avanzando en un solo sentido (Herrera & Gómez, 2007).

**Figura 5.**

*Tajeo por taladros verticales (realce).*



Fuente: ISEE (2008).

### 2.2.6. Malla de perforación

#### Área de malla

$$A1 = B \times E \text{-----(01)}$$

Donde:

B = burden

E = espaciamiento

#### Número de taladros

$$N^{\circ} \text{ Tls} = A / A1 \text{-----(02)}$$

Donde:

A = área bancada

A1 = área malla

#### Factor de esponjamiento

Los materiales que se someten a fragmentación, excavación, retirada, carga, descarga y transporte sufren un descenso de densidad en comparación con su densidad original en el lugar.





$$1 + \text{Factor de esponjamiento} = \frac{\text{Densidad in situ}}{\text{Densidad suelta}} \text{-----(03)}$$

### 2.2.7. Cálculo de la distribución de carga explosiva

**Columna explosiva.** “Es la sección activa del taladro de voladura, conocida como longitud de carga, donde ocurre la reacción explosiva y la presión inicial de los gases se ejerce contra las paredes del taladro”. La forma en que el explosivo se distribuye a lo largo del taladro es crucial y varía según las condiciones específicas de la roca. Normalmente, esta sección abarca de 1/2 a 2/3 de la longitud total del taladro y puede ser continua o dividida en segmentos. De acuerdo a las necesidades específicas de cada taladro en una voladura, es posible utilizar cargas colocadas únicamente en el fondo del taladro, cargas que abarcan hasta la mitad de la columna, cargas que cubren toda la columna o cargas segmentadas, las cuales pueden estar espaciadas o alternadas. La columna continua normalmente empleada para rocas frágiles o poco competentes suele ser del mismo tipo de explosivo, mientras que para rocas duras, tenaces y competentes se divide en dos partes: La carga de fondo (CF) y la carga de columna (CC) (EXSA, 2009).

### 2.2.8. Perforación de taladros de arranque

Según EXSA (2009) “se denominan así a los taladros que se realizan con la finalidad de crear una cara libre y de esta segunda cara libre creada se amplía la abertura con los taladros de ayuda, que se encuentran alrededor del arranque. La distribución de taladros en la malla de perforación, debe mantener la simetría de los taladros de tal manera se debe generar una mejor secuencia de salida del disparo”.



### a) Tipos de arranques

Existen diferentes tipos de arranque que se realizan en la cara del macizo rocoso y tenemos cortes angulares, paralelos y mixtos.

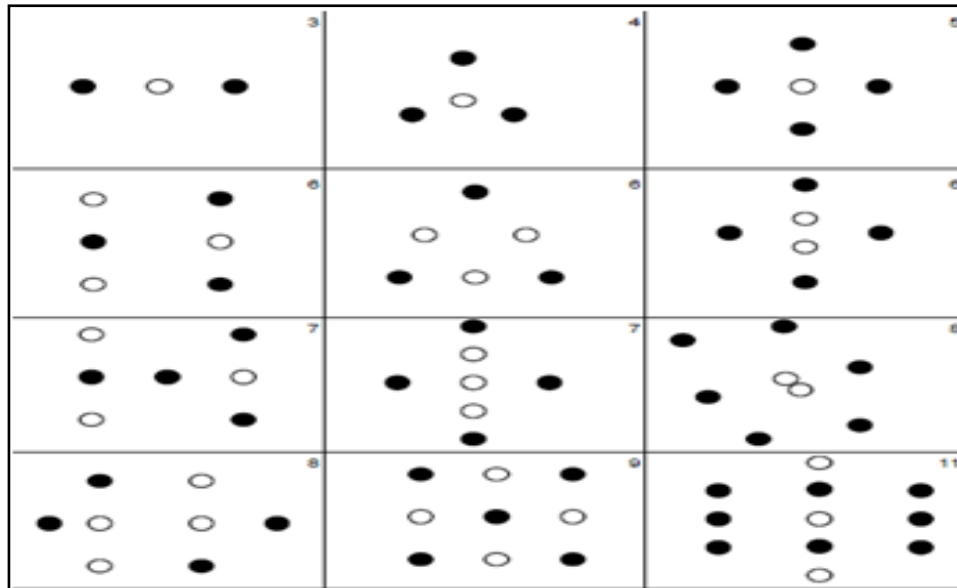
**Arranques angulares.** - Son taladros que forman un ángulo con la cara en la que se perfora, de manera que, en el instante de realizar la explosión, forman un cono con una base ancha y una profundidad moderada lo cual depende del tipo de roca y tenemos los siguientes cortes angulares:

- Corte en pirámide.
- Corte en Cuña o en “V”

**Arranques paralelos.** - Este método implica la perforación de tres o más taladros horizontales que son paralelos entre sí y alineados con el eje de la galería. La distancia entre estos taladros debe ser reducida cuando el terreno es más resistente. De estos taladros, uno o más se dejan sin carga para crear una cara libre que facilite la salida de los taladros cargados. Los taladros de alivio cumplen la función mejorar el avance lineal en un solo disparo, es decir a mayor diámetro de los taladros de alivio se logrará un mayor avance lineal (Gonzales, 2020).

**Figura 6.**

*Tipos de arranque en corte Quemado.*



Fuente: EXSA (2009).

## 2.3. COSTOS Y GASTOS

### 2.3.1. Costos

El término "costo" se refiere al gasto económico que realizamos para obtener un producto o servicio que posteriormente nos brinda beneficios. Este desembolso económico puede involucrar la adquisición de materias primas, la fabricación de un artículo, su venta, la prestación de un servicio o incluso la extracción de minerales de las reservas. Si el beneficio planeado no se materializa, se considera una pérdida. Los costos son fundamentales para establecer el precio de un elemento, evaluar el trabajo y tomar decisiones de gestión. También se define como el valor de sacrificio necesario para obtener un bien o servicio. Estos costos se incurren en el momento de la adquisición del bien o servicio (Durant, 2017).



### 2.3.2. Gastos

El gasto se define como un costo que ha generado una ganancia y que ya ha vencido. Representa el total de recursos, incluyendo los monetarios, físicos, humanos y financieros, gastados en cualquier período para llevar a cabo todas las operaciones mineras. Esta definición de gasto es amplia e incluye los recursos utilizados en un ciclo de producción, los gastos relacionados con el aumento de la productividad, los costos que se aplicarán en períodos futuros (costos a futuro), los costos compensados por financiamiento especial y los gastos de actividades no productivas (Durant, 2017).

### 2.3.3. Estimación del costo de operación

Llanque *et al.* (1998) señalan que debido a diversos factores que intervienen en la operación, como la geología del yacimiento, la cantidad y tipo de equipos requeridos, el personal involucrado, el entorno, la ubicación geográfica y la estructura organizativa de la empresa, estimar los costos es un proceso complicado. Los costos de operación se pueden definir como aquellos que se generan de manera continua durante el curso de una operación y se dividen en:

#### a) Costos directos

Los costos directos, también llamados costos variables, se consideran los gastos principales de una operación y se componen principalmente de los salarios del personal y los costos de los materiales (Llanque *et al.*, 1998).

#### b) Costos indirectos

Los costos fijos son gastos que se incurren independientemente del nivel de producción. Aunque pueden variar en función de la producción proyectada, no fluctúan directamente con la cantidad producida (Llanque *et al.*, 1998).



### c) Costos generales

“Los costos generales pueden o no ser considerados como parte de los costos de operación y, aunque algunos están asociados a un proceso o unidad específicos, se contemplan a nivel corporativo dentro del ciclo completo de producción”. Estos costos generales incluyen una variedad de gastos como los administrativos, de marketing, y otros gastos corporativos que no están directamente relacionados con una operación específica (Llanque *et al.*, 1998).

#### 2.3.4. Los costos de producción

Es el conjunto de recursos financieros, materiales y humanos necesarios para alcanzar un nivel específico de producción, asegurando una calidad determinada. Estos costos incluyen gastos relacionados con el uso de activos fijos, personal, materiales, materias primas, así como energía y combustible, todos expresados en términos monetarios. El costo de producción es la suma total de los gastos asociados a la materia prima, la mano de obra y los costos indirectos de fabricación. Estos elementos comprenden el desembolso económico necesario para la fabricación de un producto específico (Baque *et al.*, 2018).

## 2.4. DEFINICIONES CONCEPTUALES

**Perforación:** es la primera actividad minera subterránea que se realizan con máquinas perforadoras tipo Jack-Leg para labores horizontales tales como galerías, túneles, cruceros, niveles y otros y la máquina Stoper para la perforación de labores verticales tales como chimeneas, para los cuales se utilizan barrenos de 3 pies y 5 pies, y para los tajeos se utilizan barrenos de 6 pies de longitud.

**Voladura:** es la operación que se realiza, para la fragmentación de la roca in situ mediante la carga explosiva colocada en los taladros perforados, lo cual se realiza



mediante el diseño de una malla de perforación en el frente de las labores de explotación considerando las características de la masa rocosa, la densidad de la carga explosiva, la secuencia de iniciación y otros factores que influyen.

**Malla de perforación:** es la forma de distribución de taladros en un frente determinado de la labor en donde se determina el número de taladros de perforación, profundidad y diámetros considerando el burden y espaciamiento entre taladros con la finalidad de realizar una voladura para la fragmentación del macizo rocoso.

**Mina subterránea:** son actividades mineras de explotación que se realizan dentro del subsuelo con la finalidad de extraer los minerales económicamente explotables, para los cuales se utiliza diferentes sistemas o métodos de explotación.

**Frente:** en una mina subterránea es el lugar donde se realizan las operaciones de perforación y voladura para avanzar una labor minera que puede ser una galería, crucero, nivel y otros para desarrollar una explotación minera.

**Veta:** se denomina veta cuando una fractura de la corteza terrestre ha sido rellanada por soluciones mineralizadas que se han originado por una serie de procesos magmáticos, pegmatíticos, hidrotermales y otros.

**Manto:** es cuando el mineral se ha depositado en forma paralela a la estratificación de las rocas adyacentes con un buzamiento de 0° a 25° respecto a la horizontal.

**Explosivos:** son mezclas químicas de alta sensibilidad que al ser accionados por un iniciador generan alta velocidad de detonación y producen de forma instantánea un gran volumen de gases a altas temperaturas y presión pudiendo ocasionar efectos destructivos de gran magnitud.



**Sostenimiento:** son estructuras que se realizan para mejorar la estabilidad del macizo rocoso con la finalidad de mantener el confinamiento de la roca y garantizar la seguridad a los trabajadores y equipos de una operación subterránea.

**Relleno hidráulico:** el relave de planta concentradora es el material utilizado para rellenar los tajos mineros explotados. Tiene dos funciones principales: proporcionar una superficie para realizar operaciones como perforación y voladura, y servir como soporte para prevenir el colapso de la mina debido a la expansión de áreas abiertas.

**Yacimiento:** es la concentración de un agregado de minerales de mena y ganga dentro de la corteza terrestre formados por diferentes procesos magmáticos, sedimentarios, rellenos hidrotermales y otros.

**Fragmentación:** es el material que ha reducido su tamaño como resultado de la voladura, cuya granulometría es favorable para el carguío y acarreo del mineral.

**Buzamiento:** es el ángulo formado por la superficie de un estrato o veta en relación con la horizontal, medido en el plano que contiene la línea de máxima pendiente.

**Roca:** es el macizo rocoso que contiene una mezcla de distintos minerales originada por los procesos geológicos en la corteza terrestre y pueden ser rocas ígneas intrusivas y extrusivas; metamórficas y sedimentarias.

**Roca encajonante:** es la roca que contiene a un depósito mineral, llamado también caja techo, caja piso o roca huésped.

**Falla:** se produce cuando un bloque de roca se desplaza con respecto a otro o ambos bloques se mueven sobre un plano de falla. Las discontinuidades en las estructuras geológicas de la masa rocosa son creadas por fallas como consecuencia de fuerzas tectónicas como la orogenia y la tectónica de placas.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN

Los yacimientos mineros de la compañía, cuya explotación se remonta a la época prehispánica y colonial, la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C.- Arequipa, está situada políticamente, dentro de la jurisdicción del distrito de Huanu - Huanu, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, a una altitud promedio de 2 100 m.s.n.m. Sus concesiones mineras abarcan un total de 11 000 Has.

#### 3.2. ACCESIBILIDAD

El acceso al yacimiento minero se realiza desde la ciudad de Lima mediante la carretera Panamericana Sur, realizando el siguiente itinerario que está detallado en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Ruta de Acceso a la Unidad Minera Capitana – Arequipa.*

Origen	Destino	Distancia (km)	Tipo de carretera	Tiempo viaje (horas)
Lima	Panamericana Sur Desvío Mina	607	Asfaltada	8:45
Desvío Mina	Planta de beneficio Tocota	36	Afirmada	1:00
Planta de beneficio Tocota	Unidad Minera	4	Afirmada	0:10
<b>Total</b>		<b>647</b>		<b>9:55</b>





### **3.3. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.3.1. Tipo de investigación**

Esta investigación se puede clasificar como de tipo cuantitativo, aplicada o práctica, ya que se utilizaron conocimientos obtenidos de la investigación básica, para poder aplicarlos en el presente trabajo. Según Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014), “la investigación aplicada es un tipo de investigación que busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto” Pag. 45.

#### **3.3.2. Alcance o nivel de la investigación**

El presente trabajo de investigación debido a la rigurosidad con la que es abordado es de alcance o nivel descriptivo, “ya que el estudio es referente a la reducción de costos de producción aurífera mediante el método de explotación Corte y Relleno Ascendente Mecanizado en la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C.- Arequipa”. Hernández *et al.*, (2014) mencionan que los estudios descriptivos tienen como objetivo principal describir contextos, fenómenos, sucesos y situaciones tal como son, sin establecer relaciones entre ellos. Estos estudios detallan las particularidades, propiedades y perfiles de diversos elementos como grupos, personas, comunidades, objetos o procesos, centrándose en medir o recopilar información de manera independiente o global sobre las variables o conceptos que se estudian.



### **3.3.3. Enfoque de investigación**

Este estudio de investigación se fundamenta en un enfoque cuantitativo respaldado por la estadística no probabilística, ya que implica la recolección de datos numéricos a través de mediciones. Según Hernández *et al.*, (2014) indican que el enfoque cuantitativo implica una serie de procesos que deben seguirse de manera secuencial y probatoria. Es esencial adherirse estrictamente a cada fase del proceso, y solo en circunstancias excepcionales se pueden reconsiderar ciertos pasos.

### **3.3.4. Diseño de investigación**

El diseño de investigación utilizado en este estudio fue no experimental, ya que se cuenta con un solo grupo, que corresponde al tajo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C.- Arequipa. Hernández *et al.*, (2014) mencionan que, en el diseño no experimental, el investigador manipula deliberadamente una o más variables independientes para observar cómo esta manipulación afecta una o más variables dependientes, todo esto dentro de un entorno controlado por el investigador.

Como primer paso en la realización del estudio, comparamos el impacto del método tradicional de corte y relleno en los costes de producción de oro en el pozo Porvenir. Tras rellenar los formularios de control con datos relativos a los procesos de producción minera, se utilizó un sistema automatizado de corte y relleno ascendente para calcular los costes de producción, en donde se evaluaron los costos de producción aurífera de las operaciones mineras, los datos se recopilaban en las fichas de control. Al final mediante un análisis, se determinó los costos producción de los métodos de Corte y Relleno Ascendente



Convencional y Mecanizado llegando a la conclusión que el más favorable fue el método de explotación mecanizado en la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C.- Arequipa.

### **3.4. POBLACIÓN**

La población para el estudio de investigación está constituida por los tajos Porvenir, Alianza y Esperanza todos ellos explotados por tajeo por realce en la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa. Según Hernández *et al.*, (2014) la población o universo es un conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones.

### **3.5. MUESTRA**

La muestra para el presente trabajo de investigación está constituida por el tajeo Porvenir de un block de 50 metros de longitud por 2,00 metros de ancho y 40 metros de altura desarrollado en roca dura de una densidad promedio de 2,65 t/m<sup>3</sup> en la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa. Hernández *et al.*, (2014), define que la muestra es, en esencia un subgrupo de la población, es decir es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido que es la población.

### **3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

#### **3.6.1. Variable independiente**

Método de explotación de Corte y Relleno Ascendente en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana - Arequipa.



### 3.6.2. Variable dependiente

Costos de la producción aurífera en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana – Arequipa.

**Tabla 2.**

*Operacionalización de variables*

VARIABLES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Variable independiente:</b>		
Método de explotación de Corte y Relleno Ascendente en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana - Arequipa.	- Labores de producción	- Metros
	- Número de taladros de producción	- N° de Tal.
	- Volumen de mineral	- m <sup>3</sup>
	- Toneladas de mineral	- t/guardia
<b>Variable dependiente:</b>		
Costos de la producción aurífera en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana – Arequipa.	- Costo de personal	- US\$/Tm
	- Costo de perforación	- US\$/Tm
	- Costo de voladura	- US\$/Tm
	- Costo producción por tajeo	- US\$/Tm

### 3.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos las técnicas utilizadas fueron la inspección y la observación de las operaciones unitarias y el recojo de datos en los formatos de control.

#### 3.7.1. Técnicas para el procesamiento de la información

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron la liquidación mensual de los costos de producción, el reporte diario y el reporte



mensual de operación, con el fin de obtener un resumen de los datos recolectados para su análisis de los costos de producción por US\$/Tm.

### **Reporte diario de operación**

- Número de taladros perforados en el tajeo.
- Cantidad de explosivos y accesorios requeridos en la voladura.
- Costos unitarios de explosivos y accesorios utilizados.
- Volumen de producción.
- Número de horas de trabajo de los equipos.
- Controles de tiempos de limpieza.
- Control del plan de producción por turno y día.

### **Reporte mensual de operación**

- Número de taladros perforados en el tajeo.
- Cantidad de explosivos y accesorios utilizados en la voladura.
- Costos totales de explosivos y accesorios de voladura.
- Volumen de producción.
- Número total de horas de trabajo de los equipos utilizados.
- Controles de tiempos de limpieza.
- Reporte de avance mensual

### **3.7.2. Técnicas para el procesamiento de la información**

Las técnicas para el procesamiento de la información fueron:

- Información de las fichas de costos unitarios.
- Información de reportes diarios de operación mina.
- Revisión de los datos recopilados.
- Preparación de cuadros estadísticos.



- Revisión documental disponible.
- Observación directa de las operaciones unitarias.
- Uso de MS Excel.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación se realizó en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa. Para el estudio de investigación se ha calculado los costos de producción aurífera en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana.

La perforación se ha realizado con barrenos de 6 pies de longitud, la máquina perforadora utilizada fue la Stoper Marca RNP, y en la voladura se utilizó explosivos Semexsa de 45% y 65% de 7/8 pulgadas de diámetro.

#### 4.2. PARÁMETROS DEL TAJO EN LA EXPLOTACIÓN CONVENCIONAL

Los parámetros utilizados en el tajeo de explotación son:

Tipo de roca	: semi dura (tipo II)
Densidad de roca	: 2,65 t/m <sup>3</sup>
Longitud del tajeo	: 50 m
Ancho del tajeo	: 2,0 m
Altura del tajeo	: 40 m
Equipo de perforación	: Stoper RNP
Longitud de barreno	: 6 pies (1,83 m)
Diámetro de la broca	: 38 mm
Taladros perforados por guardia	: 70 taladros
Cantidad de explosivo por taladro:	6 unidades (0,486 kg)
Factor de esponjamiento	: 25 – 30%



Explosivo Semexsa : 45 % y 65 %

#### 4.3. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS

En la Unidad Minera Capitana específicamente en el Tajeo Porvenir, los índices geomecánicos son variados debido a las diferentes características de la masa rocosa. En la zona mineralizada las rocas son de tipo IIA, IIIA y IVA con un RMR de 50 a 75, según la clasificación de Barton corresponde un Q de 2,75 a 3,39 y un GSI de MF/R.

#### 4.4. RESULTADOS POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

##### OBJETIVO ESPECÍFICO I

Evaluar los costos de producción aurífera del método de explotación de Corte y Relleno Ascendente Convencional en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa.

#### 4.5. COSTOS CON EL MÉTODO DE CORTE Y RELLENO CONVENCIONAL

Para calcular los costos incurridos con el sistema de Corte y Relleno Ascendente Convencional se ha considerado los siguientes factores:

**Tabla 3.**

*Factores a considerar para el Sistema Convencional.*

<b>Parámetros</b>	<b>Total</b>	<b>Unidad</b>
Ancho del tajeo	2,00	m
Altura efectiva de perforación	1,50	m
Diámetro de la broca	38	mm
Longitud del tajeo por guardia	12,75	m
Densidad de roca	2,65	t/m <sup>3</sup>
Factor de esponjamiento	30	%





**a) Cálculo del volumen**

$$\text{Volumen aparente} = a \times h \times l + sw$$

**Donde:**

$$Sw = \text{factor de esponjamiento}$$

$$\text{Volumen roto} = 2,00 \text{ m} \times 1,50 \text{ m} \times 12,75 \text{ m} + (38,25 \times 0,30) = 49,73 \text{ m}^3$$

$$\text{Tonelaje roto} = a \times h \times l$$

$$\text{Volumen} = 2,00 \text{ m} \times 1,50 \text{ m} \times 12,75 \text{ m} = 38,25 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen} = 38,25 \text{ m}^3$$

$$Tm = 38,25 \text{ m}^3 \times 2,65 \text{ t/m}^3$$

$$Tm = 101,36 \text{ Tm}$$

**b) Cálculo del número de taladros**

**Área de bancada**

$$A = a \times l$$

$$A = 2,0 \text{ m} \times 12,75 \text{ m}$$

$$A = 25,5 \text{ m}^2$$

**Área de malla**

$$A1 = B \times E$$

$$A1 = 0,50 \text{ m} \times 0,64 \text{ m}$$

$$A1 = 0,32 \text{ m}^2$$

**Número de taladros**

$$N^\circ \text{ Tls} = A / A1$$

$$N^\circ \text{ Tls} = 25,5 / 0,32$$

$$N^\circ \text{ Tls} = 79,68 \approx 70 \text{ total taladros perforados por guardia.}$$



#### 4.5.1. Cálculo de costos de producción aurífera para el sistema convencional

##### a) Personal, equipo y materiales requeridos para perforación del tajeo

- Personal requerido para perforación = 4
- Máquina perforadora = 1 Stoper RNP
- Barra cónica de 6 pies
- Brocas de 38 mm
- Aceite de perforación para la máquina
- Mangueras de aire y mangueras de agua

##### b) Cálculo de costos de perforación

Se ha considerado los siguientes aspectos:

- Costos de mano de obra
- Costos de la máquina de perforación utilizada
- Costos de materiales de perforación
- Costos de herramientas y otros materiales
- Costos de implementos de seguridad
- Tipo de cambio **1 US\$ = 3,67 s/.**
- **Tonelaje total producido 1 guardia = 101,36 Tm**

#### Tabla 4.

*Costo de mano de obra con el Sistema Convencional.*

Mano de obra directa	Número de personal	Jornal (soles)	Incidencia (%)	Costo US\$/Tm
Supervisor de mina	01	85,00	50%	0,11
Maestro perforista	01	75,00	100%	0,20
Ayudante perforista	01	65,00	100%	0,17
Bodeguero	01	60,00	25%	0,04
Sub total				0,53
Leyes sociales	101,29%			0,60
<b>Total</b>				<b>1,66</b>

En la presente Tabla 4 se muestra el costo más influyente y corresponde al costo de mano de obra el cual resulta en 1,66 US\$/Tm.

**Tabla 5.**

*Costo del equipo de perforación con el Sistema Convencional.*

Ítem	Eficiencia de perforación (pies)		Total, de taladros perforados		Total, perforado (pies)
Taladro de (6 pies)	4,92		70		344,4
Equipo	Costo	Vida útil	US\$/pie	Pies perforados	US\$/Tm
	US\$	pp.			
Máquina perforador a "Stoper"	5 000	100 000	0,05	344,4	0,17
<b>Total</b>					<b>0,17</b>

En la presente Tabla 5 se muestra el costo de la máquina perforadora para el sistema convencional que corresponde al Stoper, el cual resulta en 0,17 US\$/Tm.

**Tabla 6.**

*Costos de los accesorios de perforación con el Sistema Convencional.*

Accesorios	Cantidad	Costo US\$/unidad	Vida útil pp.	Pies perforados	US\$/pies perforado	US\$/Tm
Barra cónica 5'	2	116,64	1 200	344,4	0,10	0,34
Broca de 38 mm	2	27,00	480	344,4	0,06	0,21
<b>Total</b>						<b>0,55</b>

En la presente Tabla 6 se muestran los costos por unidad de los accesorios de perforación, cuyo costo total por guardia resulta en 0,55 US\$/Tm.

**Tabla 7.**

*Costos de los materiales de perforación con el Sistema Convencional.*

<b>Mangueras y Accesorios</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo US\$/m</b>	<b>Costo US\$/gln</b>	<b>Vida útil pp.</b>	<b>US\$/Tm</b>
Manguera de 1/2 pulgada	35,00 m	1,58		2500	0,00
Manguera de 1 pulgada	35,00 m	3,45		2500	0,00
Aceite de perforación	0,37 glns		15,65	1	0,057
<b>Total</b>					<b>0,058</b>

En esta Tabla 7, tenemos los costos de los materiales requeridos para el sistema de perforación convencional el cual tiene un costo total de 0,058 US\$/Tm.

**Tabla 8.**

*Costos de las herramientas requeridas con el Sistema Convencional.*

<b>Descripción</b>	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo US\$</b>	<b>Vida Útil día</b>	<b>Costo US\$/gdia</b>
Barretilla de 4 pies	Unidad	1	8,37	60	0,14
Barretilla de 6 pies	Unidad	1	11,48	90	0,13
Barretilla de 7 pies	Unidad	1	16,25	90	0,18
Lampas	Unidad	2	12,42	120	0,21
Picos	Unidad	2	12,36	120	0,21
Combo de 18 lb	Unidad	2	16,28	150	0,22
Saca barreno	Unidad	1	3,85	150	0,03
Cucharilla	Unidad	2	3,64	60	0,12
Llave Stilson N°16	Unidad	1	29,43	365	0,08
Atacador de madera	Unidad	3	3,76	60	0,19
<b>Sub total</b>					<b>1,51</b>
<b>Total, por tonelada</b>					<b>0,015 US\$/Tm</b>

En esta Tabla 8, se presentan los costos de los materiales requeridos para la perforación convencional el cual resulta en 0,015 US\$/Tm.



**Tabla 9.**

*Costos de los implementos de seguridad con el Sistema Convencional.*

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US\$/ US\$/	Vida Util	Costo US\$/gdia
Protector	Unidad	4	12,76	365	0,14
Guantes de cuero	Pares	4	4,79	25	0,77
Filtro de respiradores	Pares	4	5,68	15	1,51
Tapón de oídos	Pares	4	2,49	120	0,08
Correas porta lámpara	Unidad	4	4,82	365	0,05
Botas de jebe	Pares	4	21,33	180	0,47
Mamelucos	Unidad	4	23,64	180	0,52
Respiradora	Unidad	4	22,41	180	0,50
Ropa de jebe	Unidad	2	32,26	120	0,54
Lentes de seguridad	Unidad	4	12,76	120	0,43
Lámpara de batería	Unidad	4	117,15	365	1,28
<b>Sub total</b>					<b>6,29</b>
<b>Total, por tonelada</b>					<b>0,062 US\$/Tm</b>

En esta Tabla 9, tenemos los costos de los implementos de seguridad para la perforación convencional en cual resulta en 0,062 US\$/Tm.

**a) Cálculo de costos de voladura en el sistema convencional.**

- Cantidad de taladros perforados por guardia
- Tm de mineral fragmentado por guardia
- Los costos de los explosivos dinamita Semexa 45 % y 65%
- Los costos de carmex
- Los costos de mecha rápida
- Los costos de herramientas

**b) Insumos y herramientas requeridas para voladura**

- Explosivos Semexsa 45 % y 65 %
- Mecha rápida
- Atacadores de madera
- Cucharilla metálica

**Tabla 10.**

*Cantidad de explosivo total en el sistema convencional.*

Descripción	N° de taladros	N° de Cart/taladro	Total, de cartuchos	Peso del Cart. en (kg)	Peso total (kg)
Taladros perforados	70	6	420	0,081	34,02
<b>Total</b>	<b>70</b>		<b>420</b>		<b>34,02</b>

En esta Tabla 10, haciendo uso del cálculo de número de taladros resulta en 70 taladros, con un peso total de 34,02 kg.

**Tabla 11.**

*Costo total de explosivos y accesorios del sistema convencional.*

Descripción	Unidad	Precio US\$	Cantidad por disparo	Costo US\$/Tm
Semexa 65%	Cartuchos	1,08	420	4,48
Carmex (7 pies)	Unidad	0,72	70	0,50
Mecha rápida	Metros	0,54	30	0,16
<b>Total</b>				<b>5,14</b>

En esta Tabla 11, tenemos el costo total del explosivo y accesorios el cual resulta en 5,14 US\$/Tm.

**Tabla 12.**

*Costo total del tajeo en el sistema convencional.*

Descripción	Costo, US\$/Tm
Costo de mano de obra	1,66
Costo de equipo de perforación	0,17
Costo de accesorios de perforación	0,55
Costo de materiales de perforación	0,06
Costo de las herramientas requeridas	0,02
Costo de los implementos de seguridad	0,06
Costo de materiales de voladura	5,14
<b>Total</b>	<b>7,66</b>



En la presente Tabla 12, tenemos los ítems considerando todos los costos incurridos que resulta en 7,66 US\$/Tm, con un tonelaje producido de 101,36 Tm.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO II.**

“Reducir los costos de producción aurífera mediante el método de explotación de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa”.

### **4.6. MÉTODO DE CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO**

El uso de la mecanización en la minería permite utilizar maquinaria de gran capacidad y tecnologías modernas, con el objetivo de lograr unas medidas de seguridad óptimas tanto para las personas como para los equipos, maximizar la productividad en términos de toneladas de material extraído por trabajador y minimizar los gastos de producción. El nivel de automatización en la explotación minera del sistema automatizado de corte y relleno también puede estar relacionado con el uso del relleno hidráulico.

### **4.7. COSTOS CON EL MÉTODO DE CORTE Y RELLENO MECANIZADO**

Para calcular los costos del sistema se ha considerado los siguientes factores:

**Tabla 13.**

*Factores a considerar para el Sistema Mecanizado.*

<b>Parámetros</b>	<b>Total</b>	<b>Unidad</b>
Ancho del tajeo	2,00	m
Altura efectiva de perforación	2,35	m
Diámetro de la broca	38	mm
Longitud de tajeo por guardia	25,5	m
Densidad de roca	2,65	t/m <sup>3</sup>
Factor de esponjamiento	30	%



La longitud del 1° disparo está basada en el equipo usado el cual logra el doble de producción en número de taladros por lo cual la longitud de preparación de tajeo de producción es de 25,5 m.

**a) Cálculo del volumen**

$$\text{Volumen roto} = a \times h \times l \times S_w$$

**Donde:**

$S_w$  = factor de esponjamiento

$$\text{Volumen roto} = 2,00 \text{ m} \times 2,35 \text{ m} \times 25,5 \text{ m} + (119,85 \times 0,30) = 155,81 \text{ m}^3$$

$$\text{Tonelaje roto} = a \times h \times l$$

$$\text{Volumen} = 2,0 \text{ m} \times 2,35 \text{ m} \times 25,5 \text{ m} = 119,85 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen} = 119,85 \text{ m}^3$$

$$\text{Tm} = 119,85 \text{ m}^3 \times 2,65 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Tm} = 317,60 \text{ Tm}$$

**b) Cálculo del número de taladros**

**Área de bancada**

$$A = a \times l$$

$$A = 2,0 \text{ m} \times 25,5 \text{ m}$$

$$A = 51,0 \text{ m}^2$$

**Área de malla**

$$A1 = B \times E$$

$$A1 = 0,50\text{m} \times 0,64\text{m}$$

$$A1 = 0,32 \text{ m}^2$$

**Número de taladros**

$$N^\circ \text{ Tls} = A / A1$$

$$N^\circ \text{ Tls} = 51,0 / 0,32$$





**N° Tls = 159,3 ≈ 140 taladros perforados**

#### 4.7.1. Cálculo de costos de producción aurífera para el sistema mecanizado

##### a) Personal, equipo y materiales requeridos para perforación

- Personal requerido para perforación = 4
- Equipo de perforación = Jumbo
- Barra cónica de 4 pies
- Barra cónica de 8 pies
- Brocas de 38 mm

##### b) Costo de perforación

Se ha considerado los siguientes aspectos:

- Tm de mineral fragmentado en el tajeo por cada guardia
- Costos de mano de obra
- Costos del equipo de perforación utilizado
- Costos de materiales de perforación
- Costos de herramientas y otros materiales
- Costos de implementos de seguridad
- Tipo de cambio **1 US\$ = 3,67 S/.**
- Tonelaje producido 1 guardia = **317,60 Tm.**

**Tabla 14.**

*Costo de mano de obra con Sistema Mecanizado.*

Mano de obra directa	Número de personal	Jornal (soles)	Incidencia (%)	Costo US\$/Tm
Supervisor de mina	01	85,00	50%	0,04
Operador Jumbo	01	80,00	100%	0,07
Ayudante	01	65,00	100%	0,06
Bodeguero	01	60,00	25%	0,01
Sub total				0,17
Leyes sociales	101,29%			0,20
<b>Total</b>				<b>0,54</b>

En la presente Tabla 14, tenemos el costo de mano de obra con el sistema mecanizado el cual resulta en 0,54 US\$/Tm.

**Tabla 15.**

*Costo de equipo de perforación del sistema mecanizado.*

Ítem	Tiempo promedio de perforación/taladro (minutos)	Total, de taladros perforados	Tiempo, total (minutos)
Taladros (4 y 8 pies)	1,1	140	154,0

Equipo	Tiempo promedio de perforación horas	Tiempos muertos horas	Total horas	Costo, Alquiler US\$/hora	US\$/Tm
Equipo de perforación Jumbo	2,56	0,5	3,06	45,0	0,43
<b>Total</b>					<b>0,43</b>

En la presente Tabla 15, se presenta los costos de perforación con equipo mecanizado Jumbo (alquilado) el cual es de 0,43 US\$/Tm.

**Tabla 16.**

*Costos de los aceros de perforación con el Sistema Mecanizado.*

Ítem	Eficiencia de perforación (pies)		Total, de taladros perforados	Total, perforado (pies)
Taladro de (8 pies)	7,71		140	1079,4

Accesorios	Cantidad	Costo US\$/unidad	Vida útil pp	Pies perforados	US\$/pies perforad.	US\$/Tm
Barra cónica 8'	1	116,64	1/200	539,7	0,10	0,17
Barra cónica 4'	1	98,25	1/200	539,7	0,08	0,14
Broca de 38 mm	2	27	480	1079,4	0,06	0,20
<b>Total</b>						<b>0,51</b>

En la presente Tabla 16, contempla los costos de los accesorios de perforación para el sistema mecanizado el cual resulta en 0,51 US\$/Tm.

**Tabla 17.**

*Costos de las herramientas requeridas con el Sistema Mecanizado.*

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US\$	Vida Útil día	Costo US\$/gdia
Barretilla de 4 pies	Unidad	1	8,37	60	0,14
Barretilla de 6 pies	Unidad	1	11,48	90	0,13
Barretilla de 7 pies	Unidad	1	16,25	90	0,18
Lampas	Unidad	2	12,42	120	0,21
Picos	Unidad	2	12,36	120	0,21
Combo de 18 lb	Unidad	2	16,28	150	0,22
Cucharilla	Unidad	2	3,64	60	0,12
Atacador de madera	Unidad	3	3,76	60	0,19
<b>Sub total</b>					<b>1,40</b>
<b>Total</b>					<b>0,004 US\$/Tm</b>

En la presente Tabla 17, las herramientas requeridas con el sistema mecanizado en cual resulta en 0,004 US\$/Tm.

**Tabla 18.**

*Costos de los implementos de seguridad con el Sistema Mecanizado.*

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US\$	Vida Útil	Costo US\$/guardia
Protector	Unidad	4	12,76	365	0,14
Guantes de cuero	Pares	4	4,79	25	0,77
Filtro de respiradores	Pares	4	5,68	15	1,51
Tapón de oídos	Pares	4	2,49	120	0,08
Correas porta lámpara	Unidad	4	4,82	365	0,05
Botas de jebe	Pares	4	21,33	180	0,47
Mamelucos	Unidad	4	23,64	180	0,52
Respiradora	Unidad	4	22,41	180	0,50
Ropa de jebe	Unidad	2	32,26	120	0,54
Lentes de seguridad	Unidad	4	12,76	120	0,43
Lámpara de batería	Unidad	4	117,15	365	1,28
<b>Total</b>					<b>6,29</b>
<b>Total</b>					<b>0,019 US\$/Tm</b>

En esta Tabla 18, se presentan los costos de los implementos de seguridad requeridos para el sistema mecanizado en cual resulta en 0,019 US\$/Tm.

**a) Insumos y herramientas requeridas para voladura**

- h de rápida

**b) Cálculo de costos de voladura**

Para el cálculo de costos de voladura se consideró los siguientes aspectos:

- Cantidad de taladros perforados por guardia
- Tm de mineral fragmentado por guardia
- Costos de los explosivos dinamita 45 % y 65%
- Carmex (10 pies)
- Costos de mecha rápida

**Tabla 19.**

*Cantidad de explosivo total en el sistema mecanizado.*

Descripción	N° de taladros	N° de Cart/taladro	Total, de cartuchos	Peso del Cart. en (kg)	Peso total (kg)
Taladros perforados	140	8	1120	0,081	90,72
<b>Total</b>					<b>90,72</b>

En esta Tabla 19, se presenta la cantidad total de explosivo requerido para el sistema mecanizado que es de 90,72 kg.

**Tabla 20.**

*Costo total de explosivos y accesorios con el Sistema Mecanizado.*

Descripción	Unidad	Precio US\$	Cantidad por disparo	Costo US\$/Tm
Semexa 65%	Cartuchos	1,08	1120	3,81
Carmex (10 pies)	Unidad	0,98	140	0,43
Mecha rápida	Metros	0,54	50	0,09
<b>Total</b>				<b>4,33</b>



En esta Tabla 20, aquí tenemos el costo total de los explosivos y accesorios del sistema mecanizado que resulta en 4,33 US\$/Tm.

**Tabla 21.**

*Costo total del tajeo con el Sistema Mecanizado.*

<b>Descripción</b>	<b>Costo, US\$/Tm</b>
Costo de mano de obra	0,54
Costo de equipo de perforación	0,43
Costo de aceros de perforación	0,51
Costo de las herramientas requeridas	0,004
Costo de los implementos de seguridad	0,019
Costo de explosivos y accesorios	4,33
<b>Total</b>	<b>5,83</b>

En esta Tabla 21, se muestran los resultados obtenidos el costo total por tonelada es de 5,83 US\$/Tm.

**Tabla 22.**

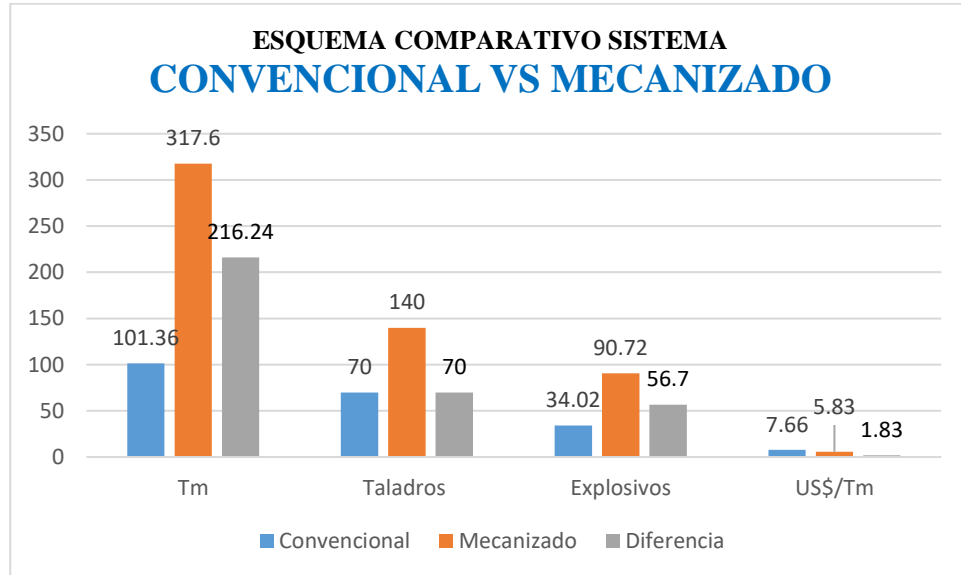
*Costo total del sistema convencional y mecanizado.*

<b>Descripción</b>	<b>Sistema convencional</b>	<b>Sistema mecanizado</b>	<b>Diferencia</b>
Toneladas Tm	101,36	317,60	216,24
Total, taladros	70	140	70
Explosivos kg	34,02	90,72	56,7
<b>Costo US\$/Tm</b>	<b>7,66</b>	<b>5,83</b>	<b>1,83</b>

En esta Tabla 22, se muestra la diferencia del Sistema Convencional y Mecanizado el cual resulta en **1,83 US\$/Tm.**

**Figura 7.**

*Esquema comparativo, convencional y mecanizado.*



#### 4.8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS CON OTRAS FUENTES

En los resultados del presente trabajo de investigación se concluyó que al utilizar el método de explotación de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado los costos de explotación se redujeron de 7,66 US\$/Tm a 5,83 US\$/Tm, obteniendo un beneficio de 1,83 US\$/Tm, el cual representa una ventaja del 23,89 % en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa. Estos resultados son similares al de **Pérez (2019)**, quien en su trabajo de investigación también tenía como objetivo implementar el método de explotación por el corte y relleno ascendente mecanizado. Concluyó “que aplicando el método corte y relleno ascendente mecanizado en la explotación del Tajo 2590 de la veta Rosa, se obtiene una ventaja económica de 22 % en costos de operación, en relación con el Método Corte y Relleno Ascendente Convencional”.

Los resultados del presente trabajo de investigación para una producción diaria de



mineral fueron de 101,36 Tm/día para el sistema convencional y 317,60 Tm/día para el sistema mecanizado, estos resultados contrastan con los obtenidos por **Suasaca (2018)**, quien tenía como objetivo incrementar la producción de mineral por medio del método de explotación de corte y relleno ascendente mecanizado. Llegó a la conclusión de que, “aplicando el método de explotación de corte y relleno ascendente convencional se obtuvo una producción de 230 Tm/día, y con el método de corte y relleno ascendente mecanizado la producción se incrementó a 285 Tm/día, haciendo una diferencia de 55 Tm/día”.

“En el presente estudio de investigación aplicando el método de explotación de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado la producción aurífera fue de 317,60 Tm/día en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa”. Estos resultados son similares al de **Rojas (2018)**, en su estudio cuyo objetivo fue optimizar la producción de la extracción en mantos auríferos inclinados mediante el método de corte y relleno ascendente semi mecanizado y concluye que, mediante el método, se incrementó la producción del mineral de 33,53 Tm/día a 50,30 Tm/día, en la Empresa Minera J.H.S. e hijos S.R.Ltda. En comparación con el presente trabajo de investigación queda demostrado y reflejado de que la mecanización incrementa la producción, el cual se incrementó en 98,58 Tm/gdía, con el sistema mecanizado en el tajo Porvenir.



## V. CONCLUSIONES

- Mediante el método de explotación de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado los costos de producción aurífera se redujeron de 7,66 US\$/Tm a 5,83 US\$/Tm, obteniendo un beneficio de 1,83 US\$/Tm, el cual representa el 23,89 % de reducción, en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa.
- Con la aplicación del método de explotación de Corte y Relleno Ascendente Convencional los costos de producción aurífera fueron de 7,66 US\$/Tm en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa.
- Aplicando el método de explotación de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado los costos de producción aurífera fueron de 5,83 US\$/Tm en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa.





## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio de los costos de relleno hidráulico y detrítico en los tajeos de explotación de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa.
- Se recomienda realizar un estudio de los costos de ventilación artificial en todas las labores subterráneas de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa.
- Se recomienda realizar un estudio de los costos de limpieza y transporte de mineral desde la tolva principal de carguío hasta la Planta Concentradora de la Unidad Minera Capitana de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. – Arequipa.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antúnez, (2010). *Sostenimiento con pernos helicoidales, empleando Jumbos Electrohidráulicos de brazo retráctil en la Mina Palca - Cia Minera Santa Luisa. Capacitación y servicio técnico minero E.I.R.L. (2010).* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano - Puno].
- Carreón, Q. (2001). *Optimización de Perforación y Voladura en la Rampa 523 Sistema Mecanizado Mina San Rafael.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano - Puno].
- Castillo, Z. (2018). *Incremento de la producción mediante el método de explotación Corte y Relleno Ascendente Semi-mecanizado en el tajo 767 – Cía. Minera Caudalosa S.A. - La Libertad.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://1library.co/document/rz39m6dz-incremento-produccion-mediante-metodo-explotacion-ascendente-mecanizado-caudalosa.html>
- Córdova, M. (2019). *Análisis del método de Corte y Relleno Ascendente Semimecanizado, frente al método Long Wall en la producción de mineral del tajo 6520, Nv 2760, Compañía Minera Poderosa S.A. – Piura.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1899>
- Chahuares, S. (2012). *Nuevo Diseño de Malla de Perforación y Voladura en el Proyecto de Explotación y Desarrollo, Mina El COFRE.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano - Puno]. Biblioteca de la facultad de ingeniería de minas, Cod: 402.
- Chambi, F. (2011). *Optimización de Perforación y Voladura de la Rampa 740 – Unidad Vinchos – Volcan S.A.A. - Cerro de Pasco.* [Tesis de pregrado, Universidad



Nacional del Altiplano - Puno].

[http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/8225/Mamani\\_Choque\\_Juan\\_Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/8225/Mamani_Choque_Juan_Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

EXSA. (2019). Manual Práctico de Voladura. <https://fliphtml5.com/hqjn/rypz/basic>

EXSA. (s.f.). Manual práctico de voladura. (Especial ed.).

[https://www.academia.edu/23767654/MANUAL\\_PRACTICO\\_DE\\_VOLADURA\\_Edici%C3%B3n\\_especial\\_La\\_L%C3%ADnea\\_m%C3%A1s\\_Completa\\_para\\_Voladura\\_Das\\_Komplette\\_Sprengstoffprogramm\\_The\\_Most\\_Complete\\_Blasting\\_Line](https://www.academia.edu/23767654/MANUAL_PRACTICO_DE_VOLADURA_Edici%C3%B3n_especial_La_L%C3%ADnea_m%C3%A1s_Completa_para_Voladura_Das_Komplette_Sprengstoffprogramm_The_Most_Complete_Blasting_Line)

Frisancho, T. (2006). *Diseño de Mallas de Perforación en Minería Subterránea*.

González A. (2020). *Comparación del método de explotación Corte y Relleno ascendente Semi – mecanizado y el método Long Wall Mining en la veta Valeria de una mina subterránea, La Libertad*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte - Trujillo]. <https://hdl.handle.net/11537/30023>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M. P. (2014). Metodología de la investigación (6.<sup>a</sup> ed.). Ciudad de México: McGraw-Hill.

Guevara, S. (2019). *Ventajas económicas del método de explotación Corte y Relleno Ascendente Semi - mecanizado, sobre el método Long Wall, Cia Minera Poderosa - La Libertad*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13201>

Jauregui, A. (2011). *Reducción de los Costos Operativos en Mina, Mediante la Optimización de los Estándares de las Operaciones unitarias de Perforación y*



- Voladura*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú - Lima].  
Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/696>
- López, S. (2003). *Evaluación de energía de los explosivos mediante modelos termodinámicos de detonación*.
- Lozano, F. (2005). *Método de explotación por Corte y Relleno Ascendente mecanizado Mina Animón Chungar S.A.C. - Cerro de Pasco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano - Puno].
- Lupaca, M. (2009). *Costos Unitarios en Operaciones Mineras Subterráneas*.
- Muñoz, L. (2012). *Modelo de Costos para la Valorización de planes Mineros*.
- Pérez, F. (2019). *Mecanización del método de minado corte y relleno ascendente en el tajo 2590 de la Mina Rosa nv.2430, unidad Parcoy – Consorcio Minero Horizonte SAC*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo].  
<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14744>
- Ramos, A. (2019). *Optimización de costos de minado en los tajeos Farallón y Santa Rosa mediante el método de explotación de Sub Level Stopping con taladros largos en la Unidad Minera Raura – Huánuco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano - Puno]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/14971>
- Robles, N. (2000). *Excavación y sostenimiento de túneles en roca*. Editorial Libertad E.I.R.L.- Trujillo.
- Rodríguez, V. (2011). *Mejoramiento de Operaciones Unitarias de Labores de Desarrollo en Minería Subterránea Convencional Unidad Minera el COFRE – PUNO*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].

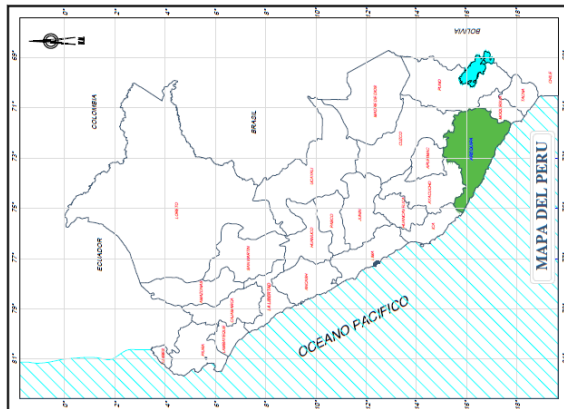


- Rojas, B. (2018). *Optimización de la producción en mantos auríferos mediante el método de Corte y Relleno Ascendente Semi mecanizado en la Empresa Minera J.H.S. e hijos S.R.Ltda.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano - Puno].  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13001>
- Sucasaca, P. (2019). *Incremento de la producción del mineral en los tajeos Carlota y San José mediante el método de explotación de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado en la minera Arirahua S. A. – Arequipa.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano - Puno].  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/11105>
- Tintaya, J. (2002). *Optimización de costos de minado en labores de desarrollo de la Unidad Minera Andaychagua – Cia Volcan S.A.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano - Puno].
- Zeballos, E. (2003). *Aplicación del método de Corte y Relleno Ascendente en vetas angostas, mina Arirahua.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano - Puno].



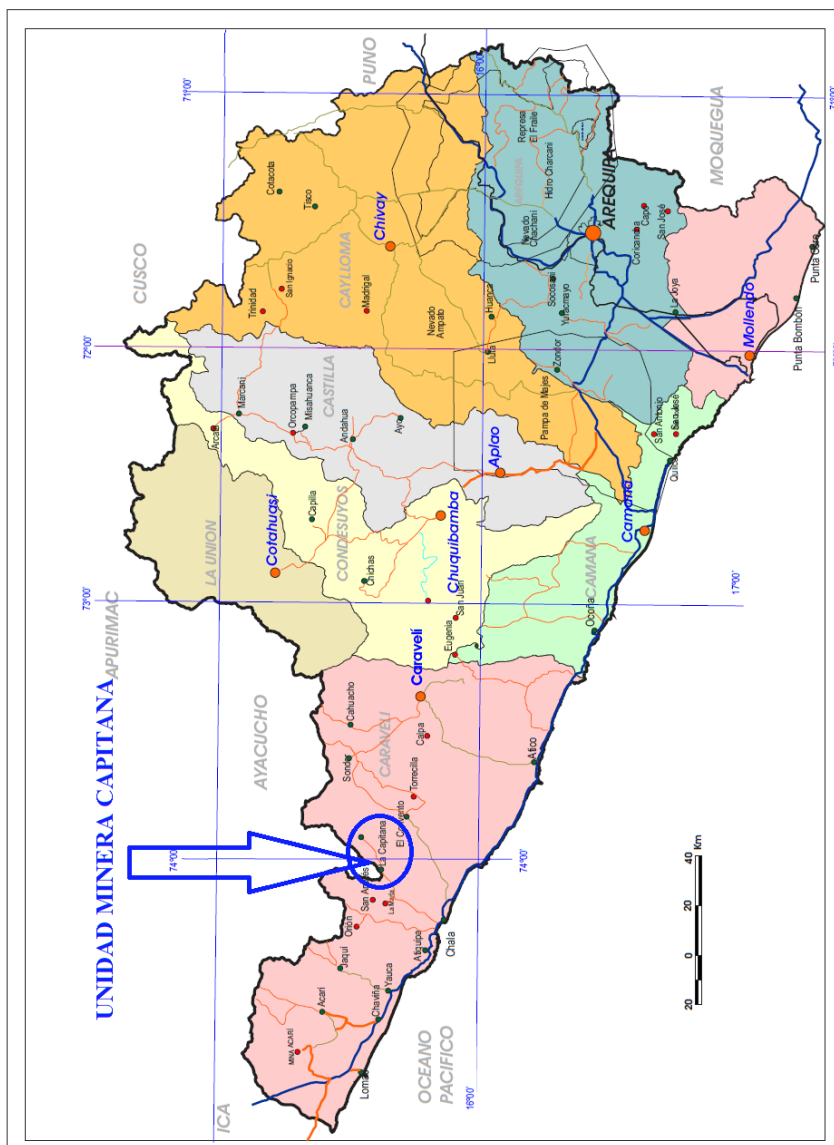
## ANEXOS

### Anexo 1. Ubicación de la Unidad Minera Capitana, CMC S.A.C.



**POBLACIÓN EN AREQUIPA**

Provincia	Capital	Población Urbana	Población Rural
Caraveli	Caraveli	23,080	12,848
La Unión	Cotahuasi	15,662	8,112
Condesuyos	Chuquiabamba	18,991	11,227
Camaná	Camaná	53,065	44,741
Cajalima	Ajloja	38,425	21,913
Caylloma	Chivay	73,718	49,062
Arequipa	Arequipa	864,250	842,880
Moquegua	Moquegua	52,263	47,602
<b>Total</b>		<b>1,152,301</b>	<b>1,044,392</b>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

Empresa: COMPAÑIA MINERA CARAVELI S.A.C.

Plano: Plano General de Ubicación Fecha: Febrero - 2023

Departamento: Arequipa Formato: A4

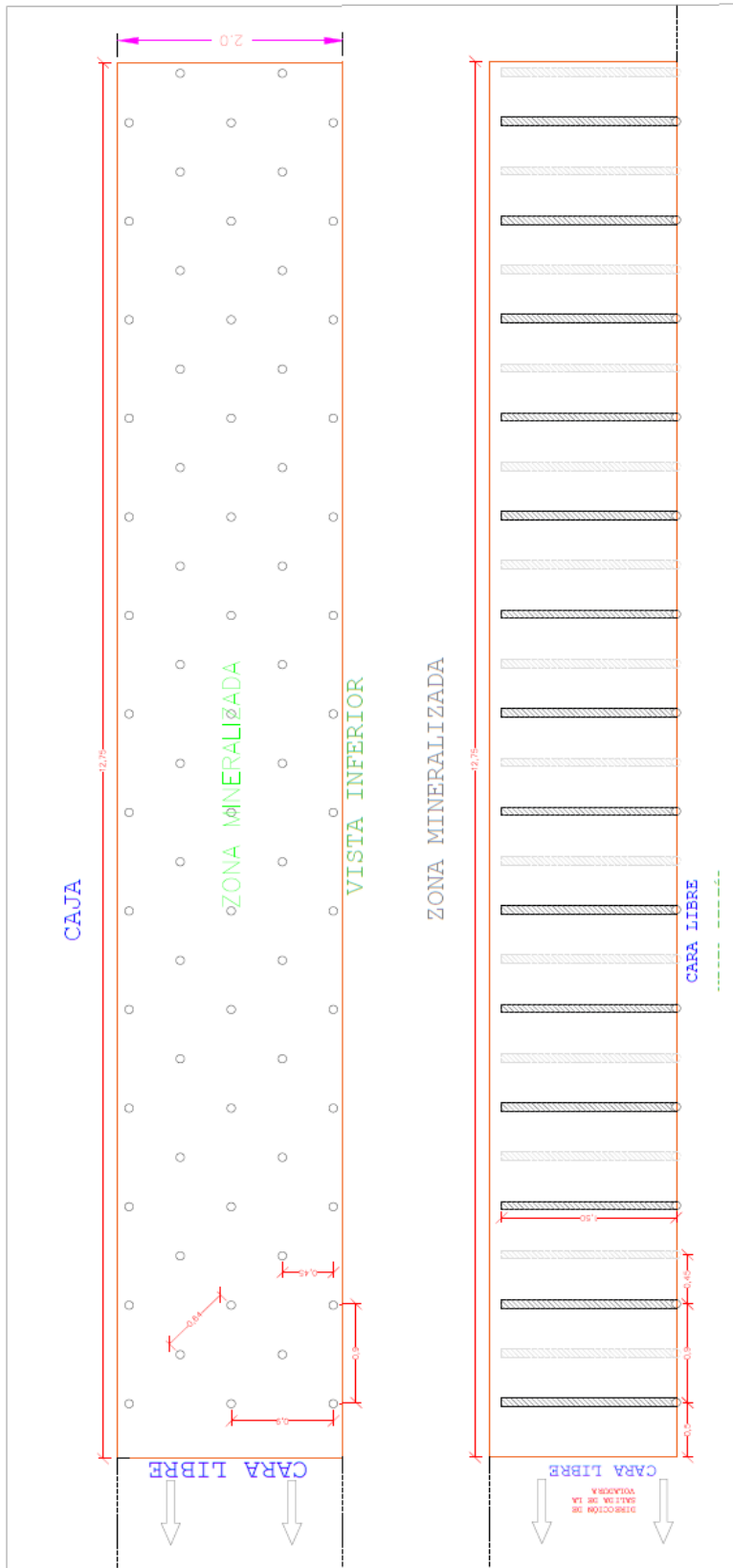
Provincia: Caraveli Distrito: Huanu-huanu Escale: GRÁFICA

Código: P-1

**MAPA POLITICO DE AREQUIPA CON CARRETERAS**

- CARRETERA PANAMERICANA
- CARRETERA AFIRMADA
- VIAS CARROZABLES

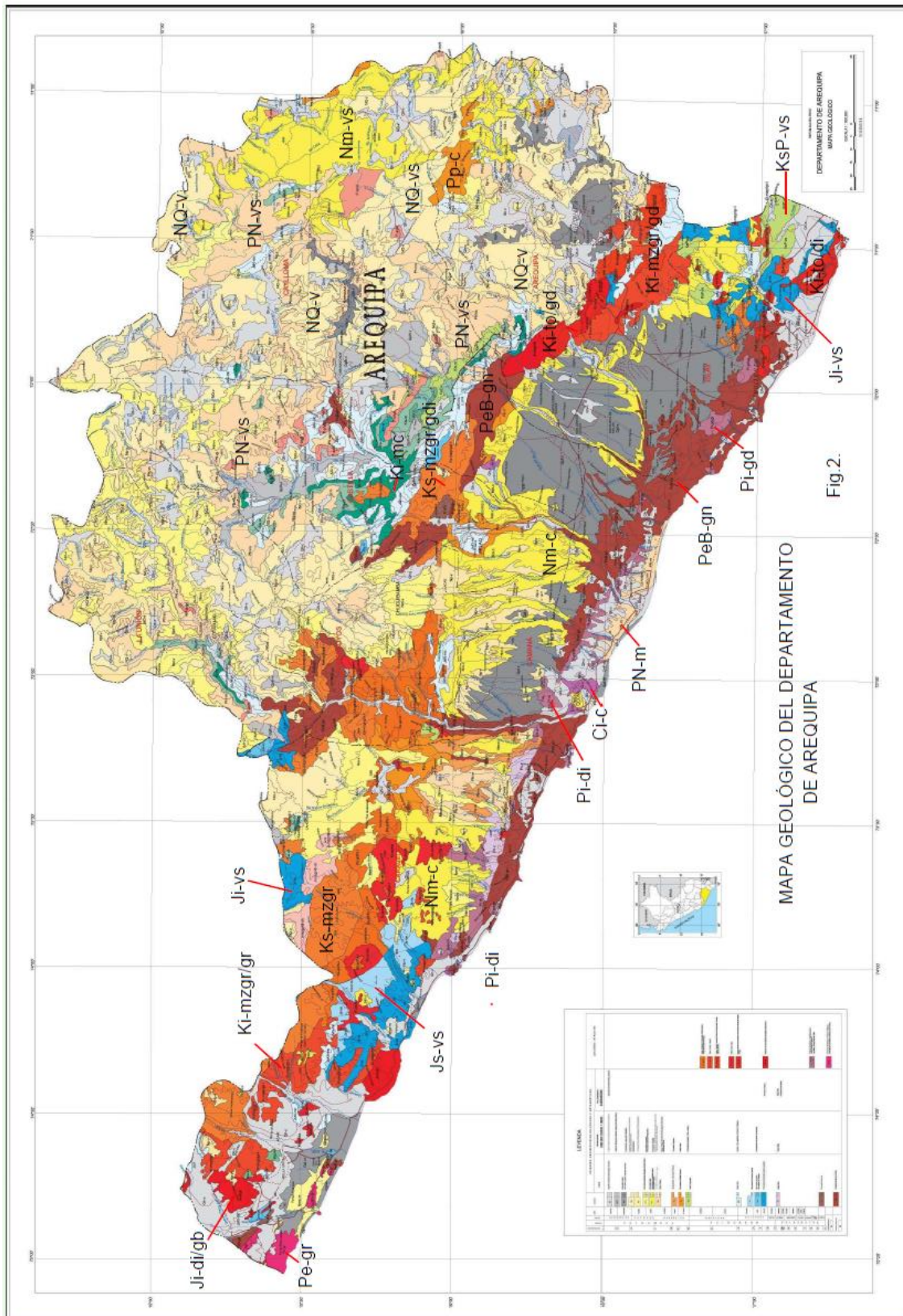
## Anexo 2. Malla de perforación en tajeo sistema convencional



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS		Código: <b>P-2</b>
	Empresa: COMPañIA MINERA CARAVELI S.A.C.	Fecha: Febrero - 2023	Formato: A4
Plano: MALLA DE PERFORACIÓN TAJEO CONVENCIONAL		Departamento: Arequipa	Distrito: Huamahuani
Provincia: Caravelí		Distrito: Huamahuani	
<b>BURDEN:</b> 0,50 m	<b>ESPACIAMIENTO:</b> 0,90 m	<b>TOTAL, TALADROS:</b> 55 TALADROS	<b>LONGITUD DE PERFORACIÓN:</b> 1,50 m - 5 ft



### Anexo 3. Plano geológico de la Región Arequipa





**Anexo 4.** Compañía Minera Caravelí S.A.C. procedimiento escrito de trabajo seguro  
(PETS)

	<b>Procedimiento</b>  <b>DESATE DE ROCAS</b>	<b>Código: PMIN-025</b>
		<b>Versión: 18</b>
		<b>Vigencia: 28/04/23</b>

<b>1.- RECURSOS</b>	
<b>PERSONAL</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maestro</li> <li>• Ayudante</li> </ul>	<b>EQUIPOS HERRAMIENTAS Y MATERIALES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lámpara minera</li> <li>• Barretillas de 4', 5', 6' y 8'</li> </ul>
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protector de cabeza con barbiquejo.</li> <li>• Respirador para polvo y gas</li> <li>• Tapón de oídos</li> <li>• Guantes de cuero</li> <li>• Correa porta lámparas</li> <li>• Botas de jebe con punta de acero.</li> <li>• Mamelucos con cinta reflectiva.</li> <li>• Lentes de seguridad</li> </ul>	
<b>2.- PROCEDIMIENTO</b>	
<p><b>2.1.</b> Verificar que la labor esté ventilada, chequear la válvula de la línea de aire.</p> <p><b>2.2.</b> Realice la matriz de riesgo en base a IPERC, antes ubicarse en un lugar seguro.</p> <p><b>2.3.</b> realizar el regado y lavado; cuando la calidad de la raza corresponda en base a la evaluación geomecánica realizada, también se debe proceder a lavar la carga, lavar el techo, los hastiales y el frente para eliminar remanentes de polvo y gases nocivos y dar una mayor visibilidad.</p> <p><b>2.4.</b> Disponer de un juego de barretillas completo; asegurarse de tener las barretillas en buenas condiciones y con la longitud adecuada según la altura de la labor que va a desatar.</p> <p><b>2.5.</b> Ubicarse en un lugar seguro; y golpeando con la barretilla determinar las rocas sueltas, debe acercarse en avanzada hasta una distancia prudente del frente, área disparada y lugar a desatar.</p> <p><b>2.6.</b> Desatar la roca; el desatador deberá estar posicionado en un lugar seguro, en avanzada, se deberá adoptar la posición del cazador el cual consiste en tener un pie delante y el otro atrás, con la barretilla a un costado de su cuerpo, adoptando un ángulo de 45° con respecto a la horizontal, proceder con el desate golpeando y palanqueando la roca; mientras que su compañero deberá alumbrar y estar atento a cualquier chispeo de roca. El desate deberá realizarse en toda el área de trabajo, en el siguiente orden: techo, hastiales, y cuando se llegue al tope del frente.</p> <p><b>2.7.</b> Finalizar desatado; culminando el trabajo recoger todas las herramientas empleadas y acomodar en los percheros.</p> <p><b>2.8.</b> Acción extraordinaria; si las rocas no se pueden desatar, o son de gran dimensión, o se encuentran mordidas se deberá proceder a plastear, cachorrear o colocar sostenimiento.</p>	



**Anexo 5. Control de tiempos para equipo de perforación Jumbo**

	<b>CONTROL DE TIEMPOS</b>	<b>Equipo: Jumbo</b>
		<b>Modelo: Boomer</b>

Numero de taladros	Tiempo de perforación (minutos)	Tiempos muertos (minutos)	
01	00:00:59	<b>0:30:00</b>	Tiempo de traslado, instalación y entre tiempos de perforación
02	00:01:05		
03	00:00:55		
04	00:01:15		
05	00:00:57		
06	00:00:58		
07	00:01:11		
08	00:01:01		
09	00:00:56		
10	00:01:12		
11	00:01:03		
12	00:01:08		
13	00:01:17		
14	00:00:42		
15	00:01:06		
16	00:01:03		
17	00:00:58		
18	00:00:57		
19	00:01:15		
20	00:01:00		
<b>Tiempo promedio</b>	<b>00:01:05</b>	<b>0:30:00</b>	

## Anexo 6. Perforación mecanizada con Jumbo







## Anexo 7. Perforación vertical con Jumbo en el sistema mecanizado





### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Yin Villahermosa Aruquipa  
identificado con DNI 71040304 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
Ingeniería de Minas

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"Reducción de Costos de Producción Aurífera Mediante el  
Método de Explotación de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado  
en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitana - Arequipa"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 12 de Abril del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



**AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE  
INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

Por el presente documento, Yo Yin Villahermosa Aruquipa  
identificado con DNI 71040304 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
Ingeniería de Minas

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"Reducción de Costos de Producción Purífera Mediante el  
Método de Explotación de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado  
en el Tajeo Porvenir de la Unidad Minera Capitarina-Aruquipa"

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 12 de Abril del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella