

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Reducción del costo operativo de la rampa 665  
mediante la mejora de parámetros de perforación y  
voladura, Unidad Minera Americana**

Jose Luis Fernandez Conozco

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

## **INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

**A** : Felipe Néstor Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Jesús Fernando Martínez Ildelfonso  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 24 de enero de 2024

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "REDUCCIÓN DEL COSTO OPERATIVO DE LA RAMPA 665, MEDIANTE LA MEJORA DE PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, UNIDAD MINERA AMERICANA", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Jose Luis Fernandez Conozco, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

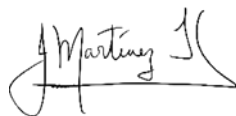
- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 40) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



---

Asesor de tesis

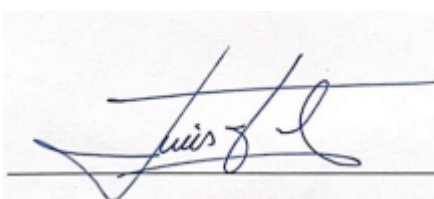
## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Jose Luis Fernandez Conozco, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 42106668, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "REDUCCIÓN DEL COSTO OPERATIVO DE LA RAMPA 665, MEDIANTE LA MEJORA DE PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, UNIDAD MINERA AMERICANA", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

22 de enero de 2024



---

Jose Luis Fernandez Conozco

DNI. No. 42106668

# REDUCCIÓN DEL COSTO OPERATIVO DE LA RAMPA 665, MEDIANTE LA MEJORA DE PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, UNIDAD MINERA AMERICANA

## ORIGINALITY REPORT

<b>16%</b>	<b>16%</b>	<b>1%</b>	<b>5%</b>
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<b>repositorio.unsaac.edu.pe</b> Internet Source	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.unamba.edu.pe</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>docplayer.es</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.unsch.edu.pe</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>core.ac.uk</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>dokumen.tips</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>vdocuments.es</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.ucsm.edu.pe</b> Internet Source	<b>1%</b>

**cybertesis.uni.edu.pe**

9	Internet Source	1 %
10	<b>idoc.pub</b> Internet Source	1 %
11	<b>repositorio.unsa.edu.pe</b> Internet Source	1 %
12	<b>laccei.org</b> Internet Source	1 %
13	<b>estojefe.fun</b> Internet Source	1 %
14	<b>de.slideshare.net</b> Internet Source	1 %
15	<b>docslide.net</b> Internet Source	<1 %
16	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Internet Source	<1 %
17	<b>vdocuments.mx</b> Internet Source	<1 %
18	<b>ASESORES Y CONSULTORES MINEROS S.A. - ACOMISA. "Actualización del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Americana-IGA0007864", R.D. N° 332-2017-MEM-DGAAM, 2020</b> Publication	<1 %
19	<b>repositorio.unasam.edu.pe</b> Internet Source	<1 %

20

alicia.concytec.gob.pe  
Internet Source

<1 %

---

Exclude quotes Off  
Exclude bibliography On

Exclude matches < 40 words

## **ASESOR**

Ing. Jesús Fernando Martínez Ildfonso



## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Continental por permitirnos estudiar en sus aulas.

A los catedráticos de la E.A.P. de Ingeniería de Minas por sus valiosas enseñanzas.

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi familia, quienes me han apoyado para poder llegar a esta instancia de mis estudios, ya que ellos siempre han estado presentes para apoyarme moral y psicológicamente.

A mi esposa Gelin y a mis hijos: Cristyam, Diego y Rodrigo, quienes han sido mi mayor motivación para nunca rendirme en mis estudios, y poder llegar a ser un ejemplo para ellos.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

ASESOR .....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	xviii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	20
1.1 Planteamiento y formulación del problema .....	20
1.1.1 Planteamiento del problema .....	20
1.1.2 Formulación del problema .....	21
1.2 Objetivos.....	21
1.2.1 Objetivo general.....	21
1.2.2 Objetivos específicos .....	21
1.3 Justificación e Importancia.....	22
1.4 Hipótesis .....	22
1.4.1 Hipótesis general .....	22
1.4.2 Hipótesis específicas .....	22
1.5 Identificación de variables.....	22
1.5.1 Variable independiente .....	22
1.5.2 Variable dependiente .....	22
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables .....	23
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	24
2.1. Antecedentes del problema .....	24
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	24
2.2. Generalidades de la unidad minera Americana .....	28
2.2.1 Ubicación y accesibilidad .....	28
2.2.2 Accesibilidad:.....	29
2.3. Geología general .....	29

2.4.1 Geología regional.....	29
2.4.2 Geología local.....	31
2.4.3 Geología económica .....	32
2.4.4 Mineralogía .....	32
2.4.5 Vetas.....	33
2.4. Bases teóricas .....	33
2.4.6 Análisis del costo operativo de frentes de avance lineal.....	33
2.4.7 Desarrollo de frentes de avance lineal de la unidad minera Americana.....	35
2.4.8 Equipos de perforación .....	36
2.4.9 Motivos de la demora en la perforación .....	37
2.4.10 Características de los equipos de perforación .....	38
2.4.11 Condiciones y causas básicas de la deficiencia de equipos.....	38
2.4.12 Control y seguimiento de carguío de frentes .....	39
2.4.13 Metodología de trabajo .....	40
2.4.14 Pruebas con voladura controlada .....	40
2.4.15 Diferencias entre voladura convencional y controlada.....	41
CAPÍTULO III: MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO .....	43
3.1 Método y alcances de la investigación.....	43
3.1.1 Métodos de la investigación.....	43
3.1.2 Alcances de la investigación .....	43
3.2 Diseño de la investigación .....	44
3.3 Población y muestra .....	44
3.3.1 Población .....	44
3.3.2 Muestra .....	44
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	44
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos .....	44
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	44
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1. Reducción del costo operativo de la rampa 665 mediante la mejora de parámetros de perforación y voladura en la unidad minera Americana.....	45
4.1.1 Evaluación geomecánica de la rampa 665 en la unidad minera Americana.....	45

4.2. Incremento del avance lineal de la rampa 665 mediante la mejora de parámetros de perforación y voladura en la unidad minera Americana.....	47
4.2.1 Análisis de la situación actual de la rampa 665 .....	47
4.2.2 Análisis de la situación óptima de la rampa 665 .....	51
4.3. Reducción del costo operativo de la rampa 665 mediante la mejora del diseño de malla de perforación y voladura, unidad minera Americana.....	54
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES .....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
ANEXOS .....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables .....	23
Tabla 2. Accesibilidad de la unidad minera Americana .....	29
Tabla 3. Análisis de precios unitarios de una Rampa.....	34
Tabla 4. Estructura de los precios unitarios de una Rampa .....	35
Tabla 5. diferencias de una voladura controlada y una voladura convencional o tradicional .....	42
Tabla 6. Escenario actual de los parámetros de perforación ejecutados .....	50
Tabla 7. Escenario óptimo de los parámetros de perforación ejecutados .....	53
Tabla 8. Situación actual - parámetros de perforación y voladura de la rampa 665.....	55
Tabla 9. Costo de perforación de análisis situación actual del desarrollo de la rampa 665 .....	55
Tabla 10. Costo de voladura de análisis situación actual del desarrollo de la rampa 665.....	56
Tabla 11. Costo de extracción de análisis situación actual del desarrollo de la rampa 665.....	56
Tabla 12. Situación óptima - parámetros de perforación y voladura de la rampa 665.....	57
Tabla 13. Costo de perforación de análisis de la situación óptima del desarrollo de la rampa 665 .....	57
Tabla 14. Costo de voladura de análisis óptimo actual del desarrollo de la rampa 665.....	58
Tabla 15. Costo de extracción de análisis situación actual del desarrollo de la rampa 665.....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la unidad minera Americana .....	28
Figura 2. Columna estratigráfica de la unidad minera Americana .....	30
Figura 3. Área de influencia de la detonación de explosivos de los frentes de avance de la unidad minera Americana.....	36
Figura 4. Resultados del monitoreo de las horas efectivas de perforación de los frentes de avance de la unidad minera Americana .....	37
Figura 5. Factor de seguridad sin sostenimiento de la rampa 665 de 4.0 x 4.0 después del sostenimiento .....	46
Figura 6. Factor de seguridad con sostenimiento de la rampa 665 de 4.0 x 4.0 después del sostenimiento .....	46
Figura 7. Deformación de la sección de la rampa 665 de 4.0 x 4.0 después del sostenimiento .....	46
Figura 8. Situación actual - diseño de malla de perforación y voladura de la sección de la Rampa 665 de 4.0 x 4.0.....	48
Figura 9. Situación actual – análisis de tiempos improductivos operacionales en los trabajos de la Rampa 665 de 4.0 x 4.0 .....	51
Figura 10. Situación óptima - diseño de malla de perforación y voladura de la sección de la rampa 665 de 4.0 x 4.0 .....	52
Figura 11. Situación óptima – análisis de tiempos improductivos operacionales en los trabajos de la Rampa 665 de 4.0 x 4.0 .....	54

## RESUMEN

La unidad minera Americana viene realizando los trabajos de profundización de la rampa principal 665 del nivel 24 en la que se tuvo deficiencias en la perforación y voladura del frente de avance, ya que tras los disparos se obtuvieron sobre excavación y tiros cortados por las deficiencias en el desvió de taladros perforados, mala distribución de taladros, inadecuada longitud de perforación, excesivo consumo de explosivos y accesorios. El control de los parámetros de perforación y voladura con un replanteo del diseño de malla de perforación y voladura ayudara a mejorar el disparo del frente de avance en la rampa principal 665 del nivel 24.

El resultado del análisis geomecánico indica que se obtuvo un factor de seguridad sin sostenimiento de 1,26, el factor de seguridad con sostenimiento un 1.89 y la deformación que experimenta una vez realizado el sostenimiento un 1.9 cm en desplazamiento normal. Según los resultados es factible desarrollar la rampa 665 con una sección de 4.0 x 4.0, respectivamente.

En cuanto al análisis situacional, se tuvo un diseño de malla de perforación y voladura de sección de la rampa 665 de 4.0 x 4.0 metros, cuenta con un total de 32 taladros cargados y 4 taladros de alivio, la perforación de los taladros de producción son de 45 mm y los taladros de alivio son de 102 mm y con factor de avance de 22.8 kg/m. El mal control de los parámetros de perforación causó deficiencias en el disparo. De los 24 ítems de las actividades que generan tiempos improductivos en el desarrollo del frente de avance de la rampa 665, se obtuvo en promedio mensual de 97.79 horas en total.

En relación con el análisis óptimo, se tuvo un diseño de malla de perforación y voladura de sección de la rampa 665 de 4.0 x 4.0 metros; cuenta con total de 34 taladros cargados y 4 taladros de alivio; la perforación de los taladros de producción son de 45 mm y los taladros de alivio, de 102 mm y con factor de avance de 24.4 kg/m. La mejora de los parámetros de perforación ayudó a mejorar el disparo. De los 24 ítems de las actividades que generan tiempos



improductivos en el desarrollo del frente de avance de la rampa 665, se obtuvo en promedio mensual de 86.80 horas en total. Durante la mejora se ha reducido en 11.01 horas en promedio mensual.

**Palabras clave:** reducción del costo operativo.

## ABSTRACT

The American Mining Unit has been carrying out the deepening work of the main ramp 665 of level 24, in which there were deficiencies in the drilling and blasting of the advance front since after the shots were obtained over excavation and shots cut off due to the deficiencies in the deviation of drilled holes, poor distribution of drills, inadequate drilling length, excessive consumption of explosives and accessories. Controlling the drilling and blasting parameters with a rethinking of the drilling and blasting mesh design will help improve the firing of the advancing front on the main ramp 665 of level 24.

The result of the geomechanical analysis was obtained: a safety factor without support is 1.26, the safety factor with support is 1.89 and the deformation experienced once the support is carried out is 1.9 cm in normal displacement. According to the results, it is feasible. develop Ramp 665 with a section of 4.0 x 4.0 respectively.

In the situational analysis, there was a drilling and blasting mesh design, a section of Ramp 665 is 4.0 x 4.0 meters, it has a total of 32 loaded drills and 4 relief drills, the drilling of the production drills are 45 mm and the relief holes are 102 mm and with a feed factor of 22.8 kg/m. Poor control of drilling parameters caused firing deficiencies. Of the 24 items of activities that generate unproductive times in the development of the Ramp 665 advance front, a monthly average of 97.79 hours in total was obtained.

In the optimal analysis, there was a drilling and blasting mesh design, a section of Ramp 665 is 4.0 x 4.0 meters, it has a total of 34 loaded drills and 4 relief drills, the drilling of the production drills are 45 mm and the relief holes are 102 mm and with a feed factor of 24.4 kg/m. Improving drilling parameters helped improve shooting. Of the 24 items of activities that generate unproductive times in the development of the Ramp 665 advance front, a monthly average of 86.80 hours in total was obtained. During the improvement it has been reduced by 11.01 hours on a monthly average.

**Keywords:** reduction of operating cost

## INTRODUCCIÓN

La unidad minera Americana viene realizando los trabajos de profundización de la rampa principal 665 del nivel 24 en la que se tuvo deficiencias en la perforación y voladura del frente de avance, ya que tras los disparos se obtuvieron sobre excavación y tiros cortados por las deficiencias en el desvió de taladros perforados, mala distribución de taladros, inadecuada longitud de perforación, excesivo consumo de explosivos y accesorios. El control de los parámetros de perforación y voladura con un replanteo del diseño de malla de perforación y voladura ayudara a mejorar el disparo del frente de avance en la rampa principal 665 del nivel 24.

El resultado del análisis geomecánico indica que se obtuvo un factor de seguridad sin sostenimiento de 1,26, el factor de seguridad con sostenimiento un 1.89 y la deformación que experimenta una vez realizado el sostenimiento un 1.9 cm en desplazamiento normal. Según los resultados es factible desarrollar la rampa 665 con una sección de 4.0 x 4.0, respectivamente.

En cuanto al análisis situacional, se tuvo un diseño de malla de perforación y voladura de sección de la rampa 665 de 4.0 x 4.0 metros, cuenta con un total de 32 taladros cargados y 4 taladros de alivio, la `perforación de los taladros de producción son de 45 mm y los taladros de alivio son de 102 mm y con factor de avance de 22.8 kg/m. El mal control de los parámetros de perforación causó deficiencias en el disparo. De los 24 ítems de las actividades que generan tiempos improductivos en el desarrollo del frente de avance de la rampa 665, se obtuvo en promedio mensual de 97.79 horas en total.

En relación con el análisis optimo, se tuvo un diseño de malla de perforación y voladura de sección de la rampa 665 de 4.0 x 4.0 metros; cuenta con total de 34 taladros cargados y 4 taladros de alivio; la `perforación de los taladros de producción son de 45 mm y los taladros de alivio, de 102 mm y con factor de avance de 24.4 kg/m. La mejora de los parámetros de perforación ayudó a mejorar el disparo. De los 24 ítems de las actividades que generan tiempos

improductivos en el desarrollo del frente de avance de la rampa 665, se obtuvo en promedio mensual de 86.80 horas en total. Durante la mejora se ha reducido en 11.01 horas en promedio mensual.

En la situación actual, el costo total valorizada de la rampa 665 es de 2,091.06 \$/m sin contar el costo de explosivos y accesorios, ya que estas las brindan la compañía minera y en la situación óptima el costo total valorizado en 1,876.29 \$/m sin contar el costo de explosivos y accesorios, ya que estas las brindan la compañía minera, optimizándose un costo de 214.78 \$/m respectivamente.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1 Planteamiento y formulación del problema**

#### **1.1.1 Planteamiento del problema**

Las empresas mineras, a nivel mundial, buscan mejorar los trabajos de perforación y voladura principalmente en las etapas de preparación y desarrollo, porque son las actividades de inicio para que puedan ingresar a minar el yacimiento mineralizado a fin de reducir el costo operativo de las actividades de perforación y voladura por medio de controles y mejoras de los parámetros de perforación y voladura.

En el Perú, se viene explotando con dos métodos de minado: el corte y relleno ascendente y descendente y el método de minado taladros largos. Estos métodos tienen como actividades principales la perforación, voladura, sostenimiento, transporte y relleno para ambos métodos por ello una mejora en cualquiera de estas actividades se genera una optimización en todo el ciclo de minado. La perforación y voladura juega un papel más importante todavía, ya que se debe llevar el control continuo, el tiempo de perforación y voladura que engloba el tiempo de perforación desde que ingresa el personal hasta su salida. Los parámetros y factores de perforación son claves para poder mejorar esta actividad.

La unidad minera Americana viene realizando los trabajos de profundización de la rampa principal 665 del nivel 24 en la que se tuvo deficiencias en la

perforación y voladura del frente de avance, ya que tras los disparos se obtuvieron sobre excavación y tiros cortados por las deficiencias en el desvío de taladros perforados, mala distribución de taladros, inadecuada longitud de perforación, excesivo consumo de explosivos y accesorios. El control de los parámetros de perforación y voladura con un replanteo del diseño de malla de perforación y voladura ayudara a mejorar el disparo del frente de avance en la rampa principal 665 del nivel 24.

## **1.1.2 Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cómo influye la reducción del costo operativo de la rampa 665 mediante la mejora de parámetros de perforación y voladura, unidad minera Americana?

### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo influye el incremento del avance lineal de la rampa 665 mediante la mejora de parámetros de perforación y voladura, unidad minera Americana?
- ¿Cómo influye la reducción del costo operativo de la rampa 665 mediante la mejora del diseño de malla de perforación y voladura, unidad minera Americana?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Reducir el costo operativo de la rampa 665 mediante la mejora de parámetros de perforación y voladura, unidad minera Americana.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Incrementar el avance lineal de la rampa 665 mediante la mejora de parámetros de perforación y voladura, unidad minera Americana.
- Reducir el costo operativo de la rampa 665 mediante la mejora del diseño de malla de perforación y voladura, unidad minera Americana.

### **1.3 Justificación e Importancia**

La unidad minera Americana viene realizando los trabajos de profundización de la rampa principal 665 del nivel 24 en la que se tuvo deficiencias en la perforación y voladura del frente de avance, ya que tras los disparos se obtuvieron sobre excavación y tiros cortados por las deficiencias en el desvío de taladros perforados, mala distribución de taladros, inadecuada longitud de perforación, excesivo consumo de explosivos y accesorios. El control de los parámetros de perforación y voladura con un replanteo del diseño de malla de perforación y voladura ayudara a mejorar el disparo del frente de avance en la rampa principal 665 del nivel 24.

### **1.4 Hipótesis**

#### **1.4.1 Hipótesis general**

La reducción del costo operativo de la rampa 665 influye positivamente con la mejora de parámetros de perforación y voladura, unidad minera Americana

#### **1.4.2 Hipótesis específicas**

- El incremento del avance lineal de la rampa 665 influye positivamente con la mejora de parámetros de perforación y voladura, unidad minera Americana
- La reducción del costo operativo de la rampa 665 influye positivamente con la mejora del diseño de malla de perforación y voladura, unidad minera Americana

### **1.5 Identificación de variables**

#### **1.5.1 Variable independiente**

Reducción del costo operativo

#### **1.5.2 Variable dependiente**

Mejora de parámetros de perforación y voladura.

### 1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. *Matriz de operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I.: Reducción del costo operativo	Es la reducción del costo de avance de los frentes de preparación, mejorando las deficiencias en los trabajos de perforación y voladura, que están relacionadas a la evaluación de las desviaciones de los taladros de perforación, al tipo de roca que se va a perforar y al equipo jumbo.	Evaluación del tipo de roca  Análisis del costo operativo de frentes de avance.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación geomecánica de Bieniawsky.</li> <li>• RMR</li> <li>• Costo de mano de obra</li> <li>• Costo de aceros de perforación</li> <li>• Costos de equipo</li> <li>• Costo de Herramientas y equipos de protección personal</li> </ul>
V.D.: Mejora de parámetros de perforación y voladura	Es la mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura, analizando las deficiencias de las perforación y voladura, analizando el equipo jumbo de perforación y voladura, por medio de la evaluación del tipo de columna de perforación utilizada y el tipo de explosivo y accesorios, utilizados de acuerdo al tipo de roca a perforar.	Evaluación del equipo de perforación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espaciamiento (m)</li> <li>• Numero de taladros</li> <li>• Longitud de avance (m).</li> <li>• Burden (m)</li> <li>• Factor de carga</li> <li>• Numero de explosivos</li> <li>• Cantidad de accesorios de voladura</li> </ul>



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

##### 2.1.1 Antecedentes nacionales

- a) Tesis titulada: "*Modelo matemático de Langefors para optimizar el diseño de mallas de perforación y voladura de taladros largos – Unidad Yauliyacu*". El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para determinar en qué medida el modelo matemático de Langefors permite optimizar el diseño de mallas de perforación y voladura de taladros largos en la Unidad Yauliyacu, (1). Además, la metodología tiene las siguientes características (1):
- ✓ La implementación de un modelo matemático, tal como el modelo de Borj Langefors, optimiza significativamente el diseño de mallas de perforación y voladura en la Mina Yauliyacu y permite realizar análisis de sensibilidad con un programa (1).
  
  - ✓ El modelo matemático de Langefors considera parámetros como el factor de fijación y el factor de inclinación que son importantes por la naturaleza, forma y tamaño del yacimiento, así como la geomecánica del macizo rocoso (1).
  
  - ✓ Después de la aplicación del modelo de Langefors el factor de potencia igual 0.35 kg/t y el factor de energía igual a 1.32 MJ/TM son menores en vez de lo que ocurría ante cuando los valores eran de 0.62 kg/TM, y el factor de energía igual a 2.34 MJ/TM (1).

- b) Tesis titulada: *“Implementación de malla de perforación y voladura de taladros largos para evaluar los costos operativos en el método de explotación sub level stoping en la mina subterránea Marcapunta Sur-El Brocal”*. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para evaluar el diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos a implementar para evaluar los costos operativos en el método de explotación Sublevel Stopping en Marcapunta Sur-El Brocal. (2). Además, la metodología tiene las siguientes características: (2)
- ✓ En la semana se concluyó satisfactoriamente con la perforación paralela y en abanico en metros perforados de 4,225 m con brocas de 64 mm y 4585 m con brocas de 89 mm con una diferencia de 360 m a un 90 % y la segunda semana cumpliendo en 8 795.16 m (tajo completo) en un 239 % más del 100 %. Esto se debe a la continuidad del equipo de seguimiento y mantenimiento correctivo para el equipo Simba y dando todas las condiciones óptimas a la labor, llegando así un performance (2).
  - ✓ La comparación en la perforación con la broca de 89 mm y de 64 mm para taladros de perforación en abanico, VCR + SLOT Paralelo-Nv 4172, en negativo. Asimismo, se tiene una reducción de 7 filas perforadas y cada fila cuenta con 77.24 metros perforados, como total se tiene 539 metros perforados en términos económicos se tiene una optimización de costos por metro perforado tenemos 646.8 \$/mp (2).
  - ✓ La comparación en la perforación con la broca de 89 mm y de 64 mm para Taladros de perforación en abanico, VCR + SLOT Paralelo- Nv.4152 en positivo, Además, se tiene una reducción de 7 filas perforadas y cada fila cuenta con 100.27 metros perforados, como total se tiene 700.27 metros perforados en términos económicos se tiene una Optimización de costos por metro perforado tenemos 840.32 \$/mp (2).
- c) Tesis titulada: *“Optimización de los estándares en perforación y voladura de taladros largos, para el incremento de la productividad y la reducción de los costos de operación en la cía. Minera Ares S.A.C U. O. Inmaculada”*. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para optimizar los estándares en perforación y voladura de taladros largos para el incremento de la

productividad y la reducción de los costos de operación en la unidad operativa Inmaculada (3). Además, la metodología tiene las siguientes características (3):

- ✓ Se ha incrementado la productividad con: a) diseño adecuado de las mallas de perforación y voladura de acuerdo a las geometrías de la estructura y potencias de oré, evitando así la perforación de taladros adicionales por la mala distribución y desviación de los mismos, además que se tiene mejor control de las cajas teniendo una mejor secuencia de salida con una voladura controlada disminuyendo la dilución de 25% a valores menores a 18%; b) producto del afilado de brocas retractiles, el rendimiento de los aceros ha aumentado en un 12% para ambas columna de perforación (T38 y T45); c) con el monitoreo y análisis de las vibraciones para la voladura de slot y zanjas se ha logrado determinar que si es factible realizar la voladura antes mencionada en una sola fase dado que las constantes de atenuación están por debajo de 580 y que la VPP calculado fue de 2,755 mm/s, valor que fractura la estructura y que no representa riesgo para las cajas, ganándose así una guardia en voladura y evitándose perforar taladros de repaso y corrección (3).
- ✓ Mediante la optimización de los estándares en perforación y voladura se ha logrado reducir los costos directos de operación en 0.83 \$/t para potencias menores o iguales a 2.1m, 0.69 \$/t para potencias de 2.2m a 4.1m, 0.69 \$/t para potencias de 4.2m a 6.0m, 0.75 \$/t para potencias de 6.1m a 7.9m, 0.58 \$/t para potencia de 8.0m a 10.0m y 0.38 \$/t para potencias de ore mayores a 10 m (3).
- d) Tesis titulada: “*Diseño de la malla de perforación para optimizar la fragmentación en el tajeo 6662 nivel 3780 veta Lilia en la Mina Socorro– Unidad Minera Uchucchacua – Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.*”. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para demostrar que la malla de perforación y voladura mejora la fragmentación en el tajeo de producción 6662. (4). Además, la metodología tiene las siguientes características (4):
- ✓ La implementación del modelo matemático de Langefors juntamente con el análisis y cálculo de la carga operante por metro lineal  $Q= 1.56 \text{ kg/m}$  aplicada en nuestra malla de perforación mejora considerablemente la fragmentación (P80) de la voladura (4).

- ✓ Se logró mejorar el diseño de malla de perforación, ya que los resultados del cuadro comparativo obtenidos después de la aplicación del modelo matemático de Langefors son favorables considerando que el factor de potencia tenía una variación entre 0.23 kg/t a 0.99 kg/t. Ahora el factor de potencia es de 0.50 kg/t con una variación mínima (4).
  - ✓ Respecto a la fragmentación, se realizó el análisis granulométrico con el uso del programa WipFrag, obteniendo la curva acumulativa que indica el 80 % del material pasante por el tamiz promedio 7.95 pulg, equivalente a (20.19 cm) el cual es óptimo para el desarrollo de las operaciones (4).
  - ✓ En el tajeo 6662, se realizó el análisis granulométrico con porcentaje pasante p80 = 7.95 pulg. promedio (20.19 cm). Se analiza de una voladura de 12 taladros disparados correspondiente a 6 filas, el burden = 0.87 m. y el espaciamiento = 0.94 m (4).
- e) Tesis titulada: "*Aplicación del método de explotación taladros largos en vetas angostas sin By Pass - veta Ramal Alianza de minera Argentum*". El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para mejorar la producción mediante la aplicación del método de explotación Sublevel Stopping con taladros largos en vetas angostas – veta Ramal Alianza de minera Argentum. (5). Además, la metodología tiene las siguientes características:
- ✓ La aplicación del método de minado *sublevel stopping* con taladros largos en la veta Ramal Alianza permitió el incremento de la producción de 580,479 toneladas producidas durante el periodo 2012 a 743,680 toneladas producidas en el periodo 2019, así mismo con un mayor incremento del cash cost de \$24.97 a \$44.33 durante el mismo periodo, mejorando la rentabilidad de la operación (5).
  - ✓ Otro de los aspectos importantes de la aplicación del método de minado *sublevel stopping* es la reducción de costos de operación por el mayor tonelaje producido desde 112.42 \$/t en el periodo 2012 a 78.48 \$/t en el periodo 2019. Esta reducción de costos tuvo una incidencia directa en la reducción de costos de mina de 61.41 \$/t a 39.54 \$/t en el mismo periodo (5).

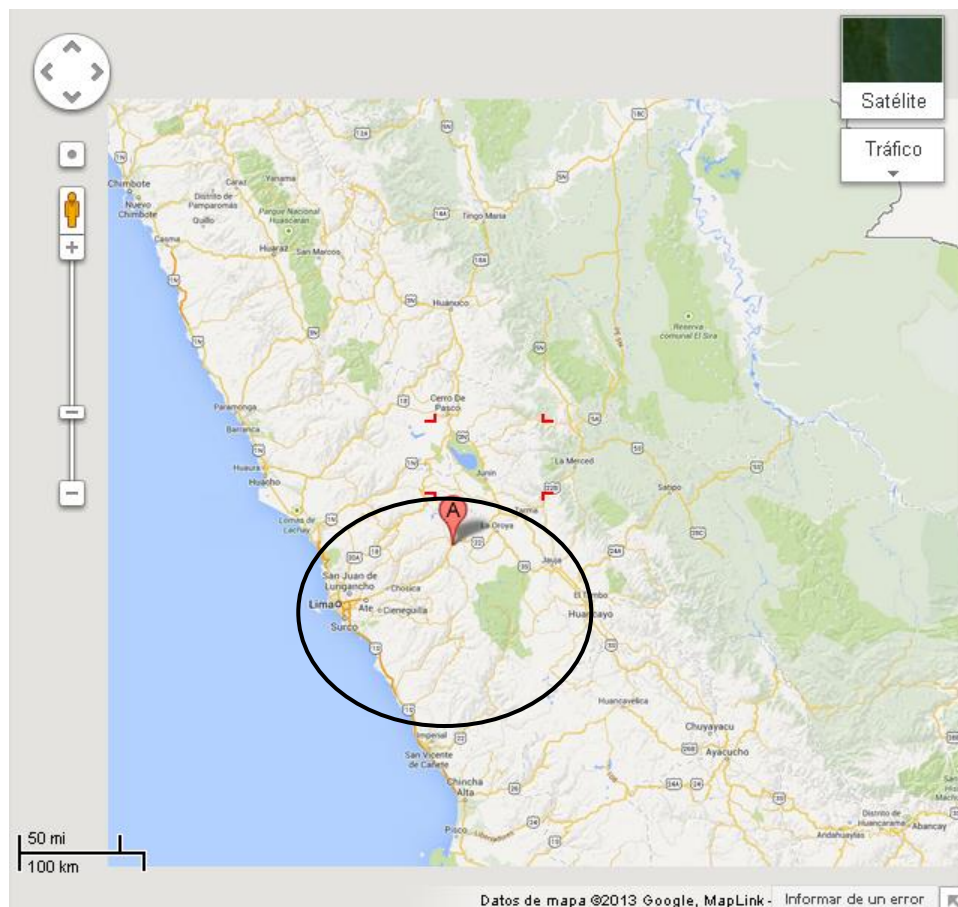
- ✓ La veta Alianza y Ramal Alianza se encuentra emplazada en rocas volcánicas de composición andesítica, pertenecientes al grupo Mitu, miembro Santa Catalina. Tiene una orientación predominante de  $N45^{\circ}E/60^{\circ}-80^{\circ}SE$ , con anchos de 1.5 a 2.5 m (5)

## 2.2. Generalidades de la unidad minera Americana

### 2.2.1 Ubicación y accesibilidad

La unidad minera Americana está políticamente ubicada dentro del distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima. Geográficamente está localizada en la zona central, flanco occidental de la cordillera de los Andes; entre las coordenadas  $11^{\circ} 30'$  de latitud sur y  $76^{\circ} 10'$  de longitud oeste, a una altura de aproximadamente 4.250 metros sobre el nivel del mar (6).

En la siguiente figura se muestra la ubicación de la unidad minera Americana.



**Figura1. Ubicación de la unidad minera Americana**  
**Tomada del Departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera Americana**

## 2.2.2 Accesibilidad:

La unidad minera Americana cuenta con dos vías de acceso que permiten llegar al campamento minero, estos son:

**Tabla 2. Accesibilidad de la unidad minera Americana**

Ruta	Distancia (km)	Carretera	Tiempo aproximado(h)
Lima a la Oroya	110	Carretera asfaltada.	5 horas.
La Oroya a La Unidad Minera Americana	59	Carretera asfaltada y trocha	2 horas
Total	169		7 horas

## 2.3. Geología general

### 2.4.1 Geología regional

La disposición estratigráfica de la zona comprende rocas sedimentarias y volcánicas intercaladas, cuyas edades van desde el Cretácico Superior hasta el Cuaternario. El diseño de la región cuyos ejes se disponen alineados con el porte general de los Andes (6).

- **Estratigrafía**

La columna estratigráfica de la región está principalmente conformada por areniscas, lutitas calcáreas, calizas, capas rojas, brechas, flujos y rocas volcánicas afaníticas y porfiríticas, tufos y lavas, los cuales alcanzan una potencia aproximada de 5,400 metros (6).

Las siguientes unidades estratigráficas han sido reconocidas en el distrito de la minera americana.

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	COLUMNA	LITOLOGIA	YACIMIENTOS	
CENOZOICO	Cuaternario	Reciente Pleistoceno		Q	Depositos aluviales, coluviales, fluvio-glaciales y glaciales		
		Medio	Formación Río Blanco		Talca, lapillo de color rojo, intercalados con brechas tabulares, bloques ríflidos; algunas capas de caliza en la base. +500 m.	Veta Alvarado, Veta Rey	
	Terciario	Inferior		Formación Bellavista		Capas delgadas de caliza de color gris; algunas intercalaciones de caliza gris oscura con nodulos de sílice, lutitas y talca. 200 - 500 m.	Veta Alvarado, Veta Juanta, Veta Victoria, Vetas La Chacra, Veta Rey
				Miembro Yautyacu		Talca caliza 100 - 400 m.	
				Miembro Carlos Francisco		Fuertes andesitas masivas y brechas volcánicas de metamorfismo, generalmente color gris oscuro a verde. 500 - 1.000 m.	Vetas: Oroya, Oroya Pico, Ximenes, Ximenes Pico, Vichana, Miraflores, San Antonio, Rayado, Rey, Juanta, Carolina, Amarians, Escandida, Cuzco, Conito, Oroya, Gata
				Miembro Teleschaca		Talca y brechas volcánicas, aglomerados, conglomerados y rocas porfíricas aluviales. 100 - 150 m.	
				Miembro El Carmen		Conglomerados y capas de caliza intercaladas con arenisca y talca. 100 - 300 m.	Cuzco, Sereza, Vivar, Patuco, Pato, Camon, Comacina, Escandida, Oroya; Veta: Ximenes y Vichana
				Miembro Casapalca		Arenisca y lutita calcáreas color rojo + 2.000 m.	Cuzco, Veta, Anita, Mito, O, Salla, Sereza, Emilia, Emilia Norte, Vichana, Esperanza Norte, Esperanza Diamante, Esperanza Pico, Esperanza Tanka, Casapalca, Alta, Esperanza Pico, Conchuro Mta, Chana, Chana 2da, Chana Diamante, Potos, Rica, Riquena
							Vetas: Esperanza, Esperanza Pico, Esperanza Pico 2, Chana, Vichana, Mito Pico, Escandida,
							O, OII, O
MESOCENOICO	Cretácico	Superior					

**Figura 2. Columna estratigráfica de la unidad minera Americana**  
**Tomada del Departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera Americana**

- **Intrusivos**

En la región afloran unos pocos cuerpos que son de síntesis media, sintéticamente comparables, con alto contenido en sodio; a pesar de que cambian de superficie y de modificación (6).

- ✓ **Pórfido de Taruca:** afloran en las cercanías diques y stocks que invaden los extrusivos. La americana, al SE de la zona. Uno de los stocks, de forma prolongada con rumbo norte-sur, aflora en el cerro Taruca. Estos diques y stocks son porfíricos, ligados a gemas de feldespato (oligoclasa-albita), hornblenda y poco

cuarzo recordado para una retícula afanítica. Estas piedras pueden denominarse andesitas porfíricas (6).

- ✓ **Presas de diabasa:** diques de diabasa oscuros y de grano fino que afloran en las capas rojas al SO de la zona. Estos diques varían en anchura desde un par de centímetros hasta 20 metros (6).
- ✓ **Pórfido Victoria:** un cuerpo de color claro y oscuro aflora en el trozo norte de la zona, el afloramiento tiene una anchura aproximada de 300 metros. La piedra se compone de fenocristales de albita y poco cuarzo en un fino entramado de sericita (6).

#### 2.4.2 Geología local

- **Tipo Carlos Francisco:** cuarzo y calcita subordinada, como ganga, Pirita, esfalerita, galena y tetraedrita como, mena. Vetas formadas por relleno de fisuras (H, L, M, N, O, P) (6).
- **Tipo Carmen – Aguas Calientes:** carbonatos y cuarzo, como ganga. Esfalerita, galena y tetraedrita (Pirita). Mineralización gradacional al tipo 1. Vetas formadas por relleno de fallas (6).
- **Tipo Corina:** poca ganga, esfalerita y jamesonita (No determinada).
- **Tipo Americana:** carbonatos clivables como ganga. Tetraedrita, esfalerita con poca galena y pirita. Al Este de la mina Principal (Mina Oroya) (6).
- **Tipo Yauliyacu:** en las formaciones Yauliyacu, Bellavista y río Blanco a 4 kilómetros al Sur de la mina principal (6).
- **Tipo Chisay:** los minerales de mena son: calcopirita bornita y tetraedrita en vetas, vetillas y disseminaciones; junto a las que se halla localizada la malaquita. Los principales minerales de ganga son calcita, dolomita, rodocrosita y barita, que se



presentan en pequeñas cantidades. Las rocas encajonantes son los volcánicos porfiríticos "Carlos Francisco" ampliamente distribuidos (3 a 4 kilómetros) en el distrito americana (6).

### **2.4.3 Geología económica**

#### **• Yacimiento**

La unidad minera Americana tiene un almacén polimetálico de tipo "coordillerano" con minerales de plata, plomo, zinc y cobre, cuya mineralogía cambia según el calado vertical y plano, debido al carácter mesotérmico de las vetas, éstas tendrán una extraordinaria expansión vertical que alcanzaría por debajo de los 3900 m s. n. m. (6). En el espacio de la concesión minera de Casapalca existen unos afloramientos que van desde francas grietas cargadas de carbonato (calcita), hasta amplias vetas cargadas de carbonatos, cuarzo y sulfuros, siendo las principales unas vetas prácticamente iguales:

- ✓ Veta Esperanza-Mariana-Mercedes (6).
- ✓ Vena Oroya primaria con dos ramas: rama norte Oroya 1 o vena Oroya este (misma veta) y rama sur vena Oroya-Americana-prolongación Eloida (6).
- ✓ Vena Reynaldo (6).
- ✓ Veta Juanita con rama Victoria (6).
- ✓ Veta Escondida que se relaciona con una escisión de la veta Mariana (6).

#### **• Zona de cuerpos**

Se presentan los cuerpos Mery, Esperanza piso y techo, Cuerpos M's, Chiara y otros.

### **2.4.4 Mineralogía**

En la zona de vetas, la mina Casapalca es productora de plata (tetraedrita, freibergita), plomo (galena), zinc (esfalerita) y cantidades menores de cobre (calcopirita, bornita), que son los minerales metálicos más abundantes; los minerales de ganga están principalmente dirigidos por pirita, calcita, rodocrosita, rodonita y cuarzo (6).

### 2.4.5 Vetas

Dentro de la propiedad de la organización Casapalca hay cuatro diseños significativos unidos a otros diseños menores que podrían ser de importancia y necesitan investigaciones geográficas más detalladas para asociarlos y tener la opción de afirmar o descartar su importancia de los otros diseños menores (6).

Las principales vetas son:

- **Esperanza-Mariana-Mercedes:** es un diseño solitario que tiene estos nombres por segmentos, la expansión reunida llega a los 3.000 m, se junta con la veta 5 en el extremo este (6).
- **Sistema de vetas de la Oroya:** tiene un aumento de 1.300 m. desde el extremo oeste hasta el punto de articulación (coordenada N 879650; E 368250): (6).
- **Veta Don Reynaldo:** es una construcción que llega aproximadamente a los 3.200 m, con un afloramiento caracterizado de 500 m en la zona suroeste y 150 m en la zona noreste en la zona de Antachacra, la mayor parte de la veta está cubierta por material morrénico-coluvial, de vez en cuando la rotura se restringe particularmente en las zonas de culminación alta al norte de los 5.000 m (6).
- **Vena Juanita:** en el extremo sur de la región minera de Casapalca, se encuentra la veta Juanita con una expansión de 2.000 m, igualmente tiene una rama de 900 m de longitud conocida como veta Victoria. Hacia el oeste del B.M. del Nivel 4.500 la veta Juanita aflora en estructura irregular otros 450 m hasta las direcciones N 8'705,400; E 374,300, posteriormente la veta Juanita en estructura libre llega a los 2.400 m (6).

## 2.4. Bases teóricas

### 2.4.6 Análisis del costo operativo de frentes de avance lineal

Para el desarrollo de una rampa se debe tener los siguientes criterios:

1. Los objetivos de la rampa son: exploración, extracción de mineral, drenaje y ventilación (7).
  2. Prioridad (7).
- ✓ Longitud de la rampa
  - ✓ Metraje total del proyecto

- ✓ Sección de Rampa (a x h)
- ✓ Sección cámaras de carguío (a x h)
- ✓ Gradiente; 1% (+)/(-)

3. Tiempo de Ejecución (7).

- ✓ Meses, años. etc.
- ✓ Comunica túnel, niveles etc.

4. Inversión del proyecto (US\$) (7):

- ✓ Perforación y voladura
- ✓ Servicios
- ✓ Ventilación
- ✓ Limpieza de material
- ✓ Otros

5. Recuperación de inversión (US\$) (7):

- ✓ Laboreo
- ✓ Energía Eléctrica
- ✓ Drenaje
- ✓ Otros servicios auxiliares

En la siguiente tabla, se muestra el análisis del costo por metro lineal de una rampa en negativo de sección de 4.0 X 4.0 m

**Tabla 3. Análisis de precios unitarios de una Rampa**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PARTIDA :	Rampa (+)	longitud de barra	4.27 mts	pies	14.00
DIMENSIONES :	4.0 mx 4.0 m	longitud efectiva	3.66 mts	pies	12.00
UNIDAD DE MEDIDA :	ML	<b>Rendimiento</b>	<b>3.00 mts</b>		
		eficiencia perforación	90%		
ELABORADO POR	JRC	eficiencia voladura	91%		
CLIENTE	SMEBSAA	Nº taladros perforados	52		
TIPO DE MATERIAL :	DESMONTE	Nº taladros disparados	46		
		Area :	16.0 m2		
DUREZA DE MATERIAL :	MEDIA	Volumen calculado	47.93 m8		
INCLUYE :	Equipos	Volumen roto	62.31 m8		
	limpieza hasta los 200 mts	tonelaje roto	162.00 ton		
	no incluye carguío a volquetes	Factor de potencia	157 Kg/ m8		
FECHA DE ELABORACION :	may.- '16	rendimiento scooptram	85 ton/hr		
		velocidad de perforación	60.00 Mts/ hrmtq		
		Horas por guardia	10.28 hrs		

**Tomada de la empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C.**

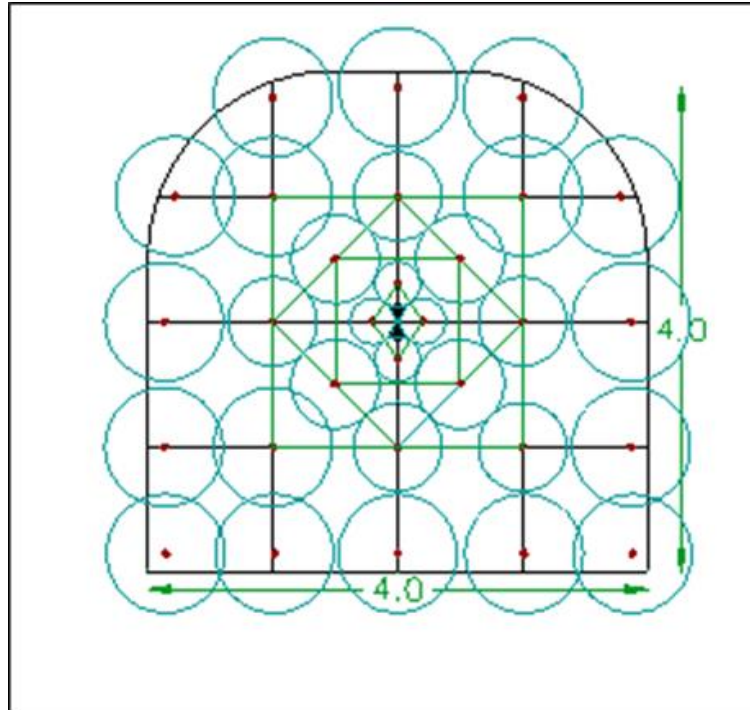
**Tabla 4. Estructura de los precios unitarios de una Rampa**

Item	Descripción	Cant.	Und.	P.U (US\$)	Parcial	S- Total	Total	
1.00	<b>MANO DE OBRA</b>							
	Operador Junbo	10,28	hh	7.64	78.51	26.21		
	Ayud. Operador Junbo	10,28	hh	5.42	55.72	18.60		
	Operador Scoop	10,28	hh	7.16	73.55	24.55		
	Mbestro cargador/ desatador	10,28	hh	5.71	58.69	19.59		
	Cargador desatador/ desatador	10,28	hh	5.42	55.72	18.60		
	Copat.az	10,28	hh	10.53	108.23	36.13		
	Electrico	10,28	hh	8.60	88.41	29.51		
	Personal Servicios Mina - Tuberías-Ventilación	10,28	hh	5.42	55.72	18.60		
	Jefe de guardia	10,28	hh	14.03	144.25	48.15	<b>239.96</b>	
2.10	<b>MATERIALES</b>							
	Barra de extensión	0.125	Und	397.24	49.58	16.55		
	Broca R32 51 mm	0.780	Und	9159	7144	23.85		
	Shank adapter	0.069	Und	292.41	20.27	6.77		
	Adaptador piloto	0.040	Und	242.76	9.71	3.24		
	Broca rimadora 89 mm	0.040	Und	368.55	14.74	4.92		
	Copas de afilado	0.040	jgo	150.07	6.00	2.00		
	Aguzadora	100	gda.	2.95	2.95	0.98		
	Tuberías de polietileno 2" (agua)	2.90	mt	6.90	19.98	6.67		
	Tuberías de polietileno 2" (aire)	2.90	mt	6.90	19.98	6.67		
	Tuberías de polietileno 4" (bombeo)	2.90	mt	8.54	24.74	8.26		
	Bridas de 2" (agua) / Unión polietileno "	0.00	Und	5.38	0.00	0.00		
	Accesorios de tubería (Valvulas, Tees, Codo)	121	Gb	6.07	7.37	2.46		
	Tubos PVC para arrastre 1"	12.1	Und	3.31	40.20	13.42		
	Tableros eléctricos distribución	0.008	Gb	827.59	6.70	6.70		
	Tableros eléctricos arrancador	0.004	Gb	1,103.45	4.47	4.47		
	Conectores trifasicos	0.012	Gb	77.24	0.94	0.94		
	Barreno integral cancamts	17.00	pp	0.14	2.32	0.77		
	Barreno integral 7/8" cuneta	17.00	pp	0.14	2.32	0.77		
	Mangas de Ventilación - 36"	5.79	mt	2.21	12.79	4.27		
	Cancamts agua-aire y electricidad	8.50	und	5.17	43.97	14.68		
	Manguera de lona 2" 100 psi	1.82	mt	7.72	14.07	4.70		
	Manguera de lona 1" 100 psi	1.82	mt	3.77	6.87	2.29		
	Aosite de perforación	0.61	gln	9.89	6.00	2.00		
	Combustible Junbo	4.50	gln	2.23	10.04	3.35		
	Cancamts agua-aire y electricidad	3.00	und	5.17	15.52	5.18	<b>145.92</b>	
	2.20	<b>EXPLOSIVOS</b>						
	2.30	<b>Herramientas</b>						
		Implementos de Seguridad	0.08	%	718.81	57.50	19.20	
		Herramientas manuales	0.05	%	718.81	35.94	12.00	
		Lampara Minera	92.52	hh	0.13	1191	3.98	<b>35.17</b>
	3.00	<b>EQUIPOS</b>						
		Junbo electrohidráulico 1 brazo	3.17	hm	165.20	523.67	174.81	
Scooptram de 6.0 yd3		1.91	hm	123.75	235.90	78.75		
Perforadora jackleg cancamts		35.98	pp	0.15	5.56	1.86		
Ventiladores de 60,000 CFM		0.00	gda.	22.07	0.00	0.00		
Cargador de lamparas		92.52	hh	0.29	26.54	8.86		
Bomba Sumergible		0.00	hm	9.10	0.00	0.00	<b>264.28</b>	
<b>COSTO DIRECTO</b>						<b>685.33</b>		
<b>GASTOS GENERALES</b>			10%			<b>69.09</b>		
<b>UTILIDAD</b>			10%			<b>68.20</b>		
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>US\$ / ML</b>		<b>822.61</b>		

**Tomada de la empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C.**

### 2.4.7 Desarrollo de frentes de avance lineal de la unidad minera Americana

El diseño de la malla y las áreas de influencia de cada taladro cargado en frentes de avance es como en la figura, con una sección de 4 x 4 m generando taladros de producción de 51 mm y taladros de alivio de 106 mm de diámetro, para este caso el burden teórico es de 15 cm, en la práctica el burden es cercano al valor del burden real; y los equipos de perforación se detallan en las siguientes páginas (8).



**Figura 3. Área de influencia de la detonación de explosivos de los frentes de avance de la unidad minera Americana**  
**Tomada del Departamento de Geomecánica de la unidad minera Americana**

### 2.4.8 Equipos de perforación

Los equipos de perforación (jumbo) son utilizados en labores de exploración, desarrollo y preparación (9).

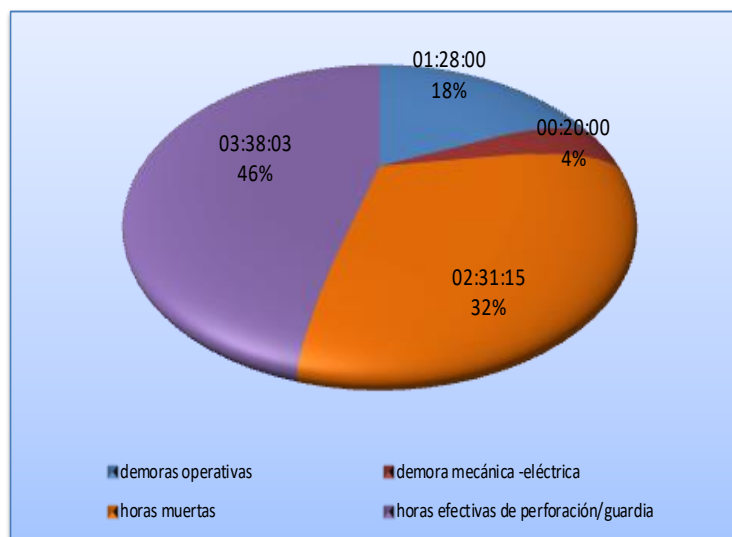
#### a) Boomer

Este equipo es un jumbo hidráulico de un brazo. Empezamos con la premisa de hacer los cálculos de manera generalizada y promediada de acuerdo con las horas que transcurren antes, durante y después de la operación, que intervienen directa o indirectamente (9).

Datos obtenidos para perforación en frentes de avance de un operador A (9).

Se observa que una labor con 30 taladros de producción y tres taladros de alivio el tiempo neto de perforación es de 1:43 horas, teniendo mayores tiempos en los taladros de arrastre por el limpiado doble que se hacen (9).

Los mayores inconvenientes para este equipo son la falta de labores con buenas condiciones tanto en el limpiado de frente como el desatado de rocas. Este caso aumenta las horas muertas del día (9).



**Figura 4. Resultados del monitoreo de las horas efectivas de perforación de los frentes de avance de la unidad minera Americana Tomada del Departamento de Geomecánica de la unidad minera Americana**

Se observa que solo 3:38 son las horas netas de perforación con 70 taladros de 3.9 metros; en este caso aumentan las horas muertas debido a que la contraguardía no realiza eficientemente los trabajos de minado (correcto desatado de rocas y limpieza de material) en algunos casos no hay frentes de perforación por ello el equipo queda sin trabajar (9).

#### 2.4.9 Motivos de la demora en la perforación

Las demoras de perforación suelen producirse de las siguientes actividades:

- La demora operativa de un jumbo frontonero mayormente es el excesivo traslado, ya que las labores están lejos o las labores cercanas falta preparar (9).
- Las demoras en perforación son debido al tipo de roca, presencia de fracturas, condiciones mecánicas del equipo, presión de agua y energía eléctrica (9).
- Las condiciones en las que se encuentran las brocas generan también demoras, debido a que una broca en buen estado perfora más rápido que una broca gastada y mal afilada (10).

- La presencia de tiros cortados en los frentes genera demora en la perforación debido a que estas deben ser eliminadas antes de iniciar la perforación (9).
- La presencia de carga en los frentes son uno de los principales obstáculos en la perforación debido a que estas duran generalmente entre 1 a 1.5 horas a ser limpiadas (9).

#### **2.4.10 Características de los equipos de perforación**

La compañía cuenta con modernos equipos de perforación electrohidráulicos de las marcas Atlas Copco y Sandvik de un brazo, con barra de perforación de 14 pies de longitud, la presión de percusión en promedio es de 180 bar, presión de rotación promedio de 40 a 50 bar, presión promedio de avance de 80 a 90 bar, presión promedio de agua de 10 bar (9).

#### **2.4.11 Condiciones y causas básicas de la deficiencia de equipos**

Las condiciones y causas básicas de la deficiencia de equipos se producen de la siguientes causas y condiciones:

- Deficiencia de servicios de agua, energía eléctrica, aire y ventilación (9).
- Existencia de exagerada fuga de agua y aire (9).
- Demoras operativas y tiempos muertos por el marcado de malla por el operador no menor a 7 minutos (9).
- Inexistencia de frentes limpios al inicio de la guardia, el cual también provoca tiempos muertos, ya que se espera durante la limpieza (9).
- Incumplimiento el diseño de malla que se les proporciono de parte de los operadores (9).
- Durante la semana la bodega no contaba con los tubos para los arrastres que son cartuflex de 1 ¾ (9).

- Se ha reportado serias deficiencias en el sistema de drenado del agua para labores con ligera inclinación, dando como resultado anegamientos y dificultando el trabajo de perforación e imposibilitando el trabajo de carguío. Esto generalmente en la RP 565 (9).
- Los equipos tienen una alta frecuencia de falla mecánica en los pistones, mangueras y barras de perforación (9).
- Se tienen registrados a lo largo del mes varios cortes en el servicio de agua debido a que los equipos de transporte de carga (DUMPER) tienden a dañar las tuberías del sistema cuando la altura su carga excede en gran medida a la altura de su tolva (9).
- No se está realizando el mantenimiento preventivo de los equipos con la frecuencia que se requiere, especialmente en el engrase del brazo de perforación y de sus accesorios (9).
- No se está reportando si el equipo se encuentra con o sin combustible, lo que genera demoras en la salida del equipo (9).
- No se disponen de suficientes frentes limpios para la perforación, por lo que al menos 1 equipo está parado hasta que se habilite un frente (9).

#### **2.4.12 Control y seguimiento de carguío de frentes**

Al igual que el seguimiento de la perforación en frentes, también se realizó el seguimiento en el carguío de frentes, y para ello se ha elaborado el siguiente plan de trabajo:

- Determinar el factor de potencia, factor de carga lineal, minimizar el uso de explosivo y accesorios de voladura (10).
- Aplicar y dirigir mis conocimientos a la operación minera subterránea y así mejorar los estándares de productividad y calidad de la compañía tales como cantidad de explosivo (factor de carga, factor de potencia, factor de carga lineal) (10).



- Conocer los estándares de perforación y procedimientos de trabajo de cada una de las actividades realizadas en el área de mina (10).
- Aprender y conocer mediante la práctica la importancia que tienen las actividades como el uso de explosivos dentro de un proceso de actividad minera (10).

#### **2.4.13 Metodología de trabajo**

El trabajo que se ha realizado en el campo es la observación y toma de datos como:

- Identificar los peligros existentes en el área de trabajo (10).
- Ver que sea segura el área de trabajo (10).
- Observar los materiales y equipos con los que trabaja el personal (10).
- Observar con que eficiencia trabaja el personal (10).
- Tomar en cuenta comentarios del personal con respecto al trabajo que realizan (10).
- En lo posible ayudarles para no incomodarles y tener una mejor comunicación con los trabajadores (10).
- Anotar en la libreta de campo todos los datos que sean posibles para nuestros análisis, tales como cantidad de explosivo, distribución de carga por, tiempo de carguío, inconvenientes que se presenten, etc. (10).

#### **2.4.14 Pruebas con voladura controlada**

Criterios de control para una voladura controlada:

- Empleo de voladura controlada o amortiguada (10).
- Principio: reducción del factor de acoplamiento perimetral para limitar la sobre rotura y costos de sostenimiento posterior al disparo (10).

- Empleo de cargas explosivas lineares de baja energía (10).
- Taladros muy cercanos entre sí, de acuerdo con la condición del terreno y al perfil que se desea obtener (10).
- Disparo simultáneo de todos los taladros para crear una grieta o plano de rotura continuo (10).
- En esta grieta se infiltran los gases de explosión con efecto de cuña, expandiéndola hasta provocar la ruptura (10).
- Esta ruptura se extiende de taladro a taladro hasta provocar el corte planar periférico (10).
- Para ello, dos cargas cercanas se disparan simultáneamente, produciendo una grieta de tensión que determina el plano de corte (10).
- En voladura controlada se debe eliminar la rotura radial, a favor de una rotura planar (2).
- En voladura convencional el taladro rompe por fisuramiento radial (2).

#### **2.4.15 Diferencias entre voladura convencional y controlada**

**Tabla 5. diferencias de una voladura controlada y una voladura convencional o tradicional**

Voladura tradicional	Voladura controlada
✓ Menor espaciamento del burden: $E = (0,5 \text{ a } 0,8) B$	✓ Menor espaciamento del burden: $E = (1,3 \text{ a } 1,5) B$
✓ Desacoplamiento: explosivo de menor diámetro que el taladro.	✓ Máximo acoplamiento columna explosiva: $2/3$ de la longitud del taladro.
✓ Carga explosiva lineal distribuida a todo lo largo del taladro.	✓ Uso de taco inerte compactado (cartón, arcilla, detritus).
✓ Taco inerte solo para mantener al explosivo dentro del taladro, no para confinarlo o de lo contrario no se usa taco inerte.	✓ Empleo de explosivo con el mayor brisance y empuje dentro de la relación energía/costo.
✓ Empleo de explosivo de baja velocidad, densidad y brisance.	✓ Disparo de todos los taladros siguiendo un orden de salida secuencial, espaciados en tiempo de acuerdo con el diseño programado.

**Tomada del Departamento de Geomecánica de la unidad minera Americana**

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO**

#### **3.1 Método y alcances de la investigación**

##### **3.1.1 Métodos de la investigación**

###### a) Método general

En forma general se empleará el método científico, porque se construye a base de datos empíricos *in situ* al realizar la mejora y reducción del costo operativo de la rampa 665 mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, unidad minera Americana.

###### b) Método específico

El método específico por emplear es el método experimental deductivo. Se deduce que al realizar la reducción del costo operativo de la rampa 665, se podrá mejorar los parámetros de perforación y voladura en la unidad minera Americana.

##### **3.1.2 Alcances de la investigación**

###### a) Tipo de investigación

La investigación es de diseño no experimental, porque el objetivo de la investigación es realizar la reducción del costo operativo de la rampa 665 mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura en la unidad minera Americana.

###### b) Nivel de investigación

Es descriptivo porque trata de explicar de qué manera la reducción del costo

operativo de la rampa 665 mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura en la unidad minera Americana.

### **3.2 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación es experimental.

### **3.3 Población y muestra**

#### **3.3.1 Población**

Todas las rampas principales de la unidad minera Americana de la empresa Alpayana S.A.

#### **3.3.2 Muestra**

La rampa principal 665 del nivel 24 de la unidad minera Americana de la empresa Alpayana S.A.

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

#### **3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos**

En la presente investigación se realizará la recolección de datos *in situ* mediante la técnica observacional y procesamiento de datos pasados y actuales en la operación de perforación y voladura.

Para la recolección de datos de perforación y voladura, informes diarios, informes mensuales y anuales, se usó tesis, libros, catálogos del equipo de perforación y laptop.

#### **3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos**

Para la investigación se utilizará como instrumento de campo: cuaderno de notas, planos, reporte de operaciones mina de la unidad minera Americana.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Reducción del costo operativo de la rampa 665 mediante la mejora de parámetros de perforación y voladura en la unidad minera Americana**

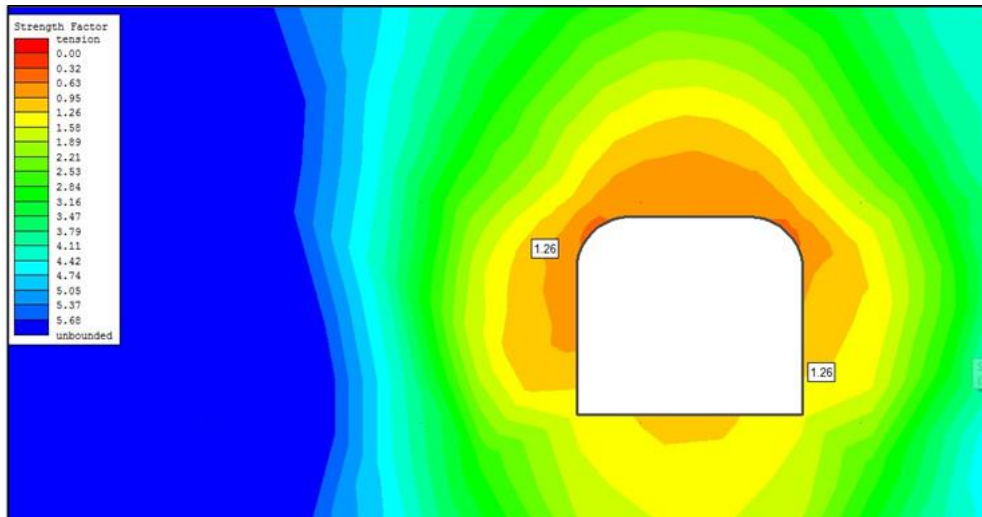
##### **4.1.1 Evaluación geomecánica de la rampa 665 en la unidad minera Americana**

En cuanto a la caja techo y caja piso, la condición estructural presentan un terreno fracturado casi del 80 %, con fracturas de 6 a 12 por metro lineal y muy fracturado en el 20 % con fracturas de 12 a 20 por metro lineal. Esta valoración está considerada según el mapeo geomecánico mostrado en el anexo 2.

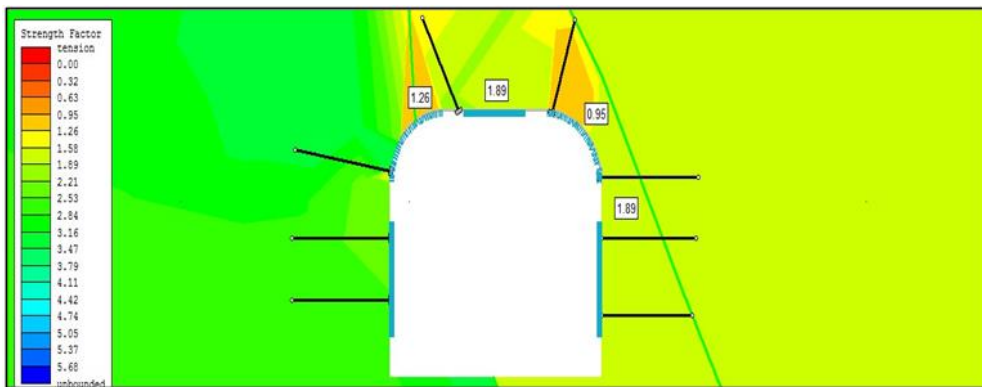
Se determinó un terreno facturado a muy fracturado en la caja techo y caja piso con RMR de 45-50.

Para el sostenimiento según el área de Geomecánica, se plantea utilizar pernos Split set de 7 pies espaciados de 1.5 x 1.5 metros, malla electrosoldada y shotcrete de 2 pulgadas de espesor.

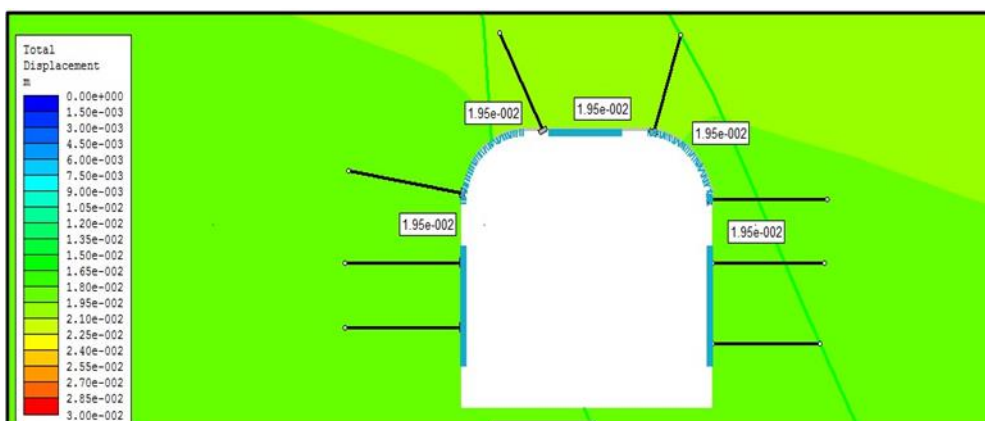
Con los parámetros previamente ya indicados, se realizó el modelamiento de la sección de la rampa 665 de 4.0 x 4.0 metros, del que se obtuvo los siguientes resultados:



**Figura 5. Factor de seguridad sin sostenimiento de la rampa 665 de 4.0 x 4.0 después del sostenimiento  
Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana (11)**



**Figura 6. Factor de seguridad con sostenimiento de la rampa 665 de 4.0 x 4.0 después del sostenimiento  
Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana (11)**



**Figura 7. Deformación de la sección de la rampa 665 de 4.0 x 4.0 después del sostenimiento  
Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana (11)**

**Interpretación:**

El factor de seguridad sin sostenimiento es de 1,26; el factor de seguridad con sostenimiento es de 1.89 y la deformación que experimenta una vez realizado el sostenimiento es de 1.9 cm en desplazamiento normal, según resultados es factible desarrollar la rampa 665 con una sección de 4.0 x 4.0 respectivamente.

**4.2. Incremento del avance lineal de la rampa 665 mediante la mejora de parámetros de perforación y voladura en la unidad minera Americana**

Se realizó la comparativa de los escenarios del antes y después de la mejora del diseño de malla de perforación y voladura en la rampa 665 mediante la mejora de parámetros de perforación y voladura, unidad minera Americana

**4.2.1 Análisis de la situación actual de la rampa 665**

En la siguiente figura, se muestra el diseño de malla de perforación y voladura utilizada anteriormente.





### **a) Evaluación situacional de los parámetros de perforación y voladura**

En la siguiente tabla se muestran los parámetros de perforación del equipo jumbo de la rampa 665 de 4.0 x 4.0.

#### **• Factores de la perforación**

- ✓ Inadecuado posicionamiento, no se apega la columna de perforación a la roca a la hora de realizar la perforación generando desvíos de toda la columna de perforación.
- ✓ Mal alineamiento, falta de regulación de los parámetros de perforación en el equipo a la hora de encontrarse en una falla geológica en el macizo rocoso.
- ✓ Mal emboquillado, al realizar la perforación no se pone en contacto con la roca y la rotación lo realizan en vacío esto hace que se genere desvíos en el taladro

#### **• Parámetros de perforación**

- ✓ Percusión, incumplimiento de parámetros de perforación según el tipo de roca a perforar el cual se debe regular en el equipo jumbo.
- ✓ Avance: no existe coordinación de las presiones esto hace que la perforación demore demasiado y eleve la temperatura de la columna de perforación.
- ✓ Rotación: no existe un buen control de los RPM (revoluciones por minuto) del equipo jumbo ya que va a depender del tipo de roca a perforar y de las fallas geológicas.
- ✓ Barrido, el control del agua para la refrigeración de la columna es importante como para la limpieza de detritos del taladro al no llevar este control ocasiona que se desgaste prematuramente las brocas de perforación.
- ✓ En la siguiente tabla, se muestra los parámetros de perforación del equipo frontonero S1D. evaluado en la situación actual.

A continuación, se muestra la tabla de los parámetros de perforación ejecutados en el escenario actual

**Tabla 6. Escenario actual de los parámetros de perforación ejecutados**

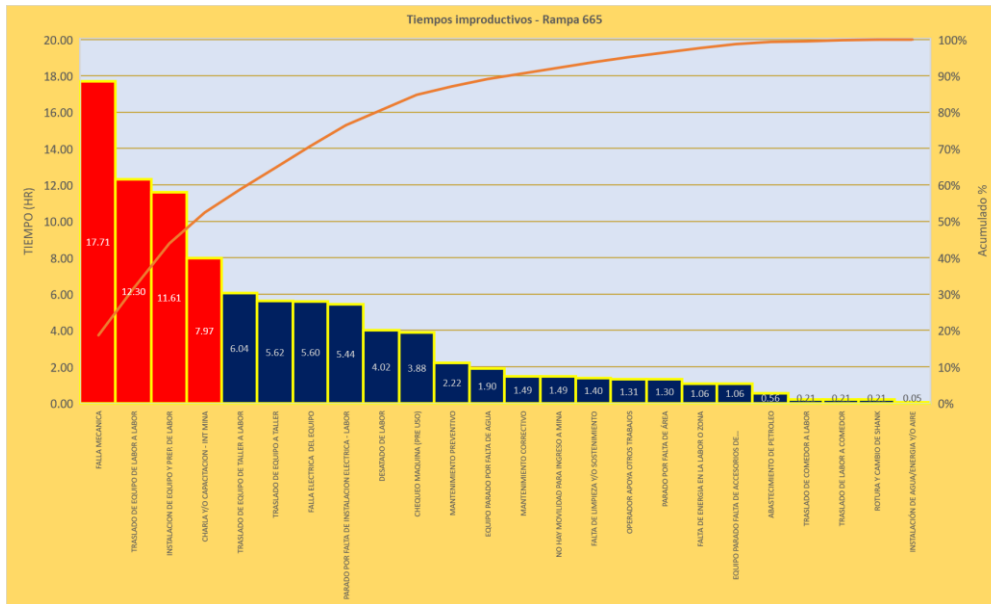
RMR: 45-50. regular "III A"			
ITEM	VALOR	VALVULA	VALORES DE EQUIPO EN CAMPO
1	Percusión emboquillado	CT6	90-110 Bares
3	Presión de posicionamiento	En valvula de control de bomba	195-200 Bares
4	Velocidad de rotación	390	Depende del tipo y diametro de broca
5	Presión de damping	380	35 Bares
6	Presión de avance máximo	200	80 Bares
7	Presión de avance emboquillado	300	35 Bares
8	Presión de avance para perforación total	300	55-85 Bares
10	Presión antiatasque/retorno	190	35 Bares por encima de presión rotación en
PRESIONES DE LA VIGA RETRACTIL			
11	Presión de avance máxima	200	120 Bares
12	Presión de divergencia	240	40 Bares
13	Presión de avance/reversa	245	100 Bares

**Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana**

### Interpretación:

De la tabla se aprecia que los parámetros de perforación están mal regulados, lo que genera demoras operativas en el avance programado y pérdida de los aceros de perforación, elevando los costos por metro lineal de avance.

En la siguiente figura, se muestra el análisis de tiempos improductivos operacionales en los trabajos de la Rampa 665 de 4.0 x 4.0



**Figura 9. Situación actual – análisis de tiempos improductivos operacionales en los trabajos de la Rampa 665 de 4.0 x 4.0**  
**Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana**

**Interpretación:**

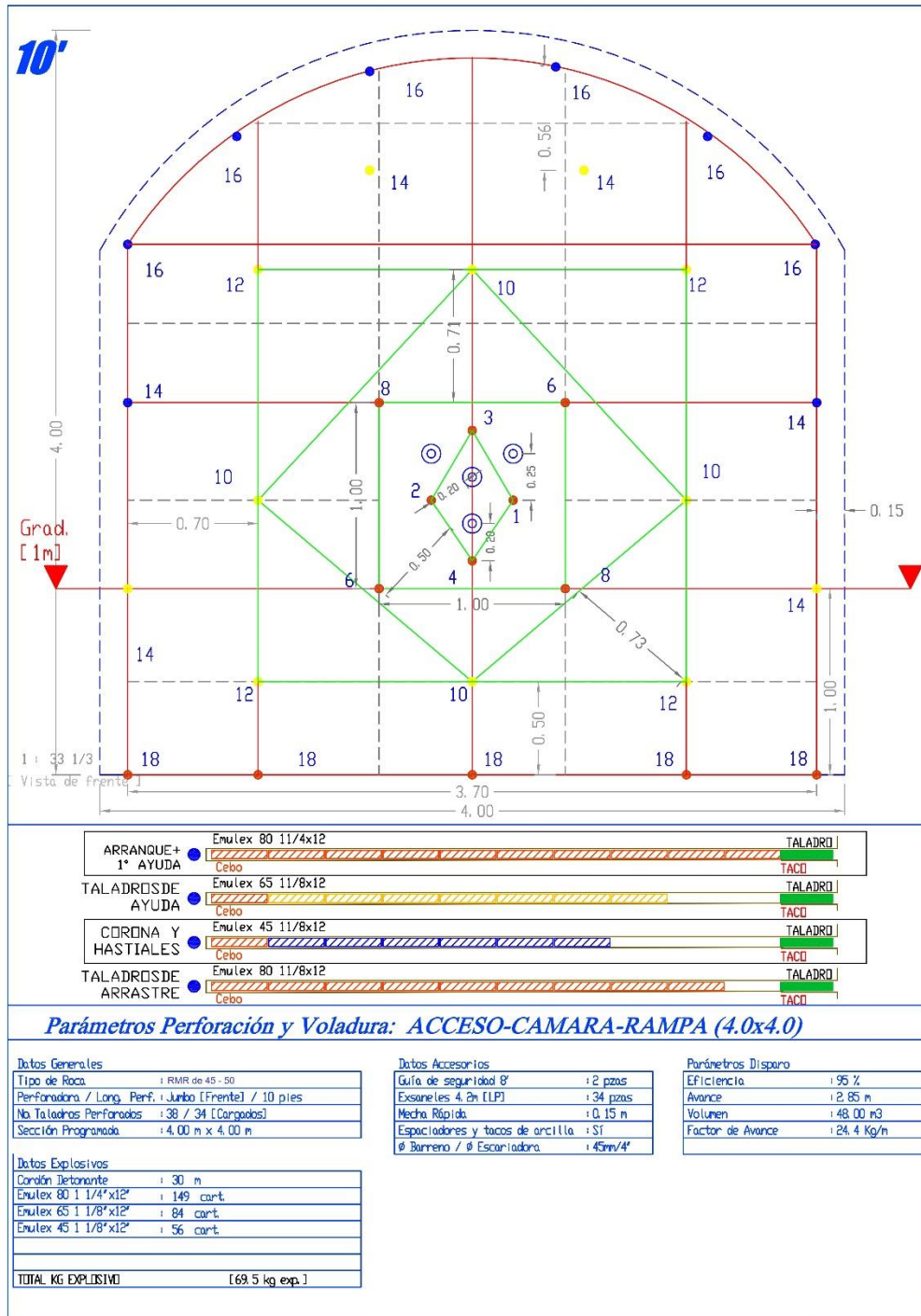
De la figura se aprecia 24 ítems de las actividades que generan tiempos improductivos en el desarrollo del frente de avance de la de la rampa 665. De acuerdo con el diagrama de Pareto, se pudo encontrar 4 ítems que generan mayor tiempo improductivo y son los siguiente:

- ✓ Falla mecánica con 17.71 horas
- ✓ Traslado de equipo de labor a labor con 12.30 horas
- ✓ Instalación de equipo con 11.61 horas
- ✓ Preparación de la labor con 7.97 horas

De los 24 ítems de las actividades que generan tiempos improductivos en el desarrollo del frente de avance de la de la rampa 665, se obtuvo en promedio mensual de 97.79 horas en total.

**4.2.2 Análisis de la situación óptima de la rampa 665**

En la siguiente figura, se muestra el diseño de malla de perforación y voladura utilizada anteriormente.



**Figura 10. Situación óptima - diseño de malla de perforación y voladura de la sección de la rampa 665 de 4.0 x 4.0 Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana**

### Interpretación:

La sección de la rampa 665 es de 4.0 x 4.0 metros, cuenta con un total de 33 taladros cargados y 4 taladros de alivio, la perforación de los taladros de producción son de 45 mm y los taladros de alivio es de 102 mm, con factor de avance de 24.4 kg/m

### a) Evaluación óptima de los parámetros de perforación y voladura

En la siguiente tabla, se muestran los parámetros de perforación del equipo jumbo de la rampa 665 de 4.0 x 4.0.

- **Mejora de los factores y parámetros de la perforación**

Se capacitó a los operadores de jumbo juntamente con la supervisión hacer de los parámetros de perforación a fin de corregir las malas prácticas operativas. A continuación, se muestra la tabla de los parámetros de perforación ejecutados en el escenario óptimo.

**Tabla 7. Escenario óptimo de los parámetros de perforación ejecutados**

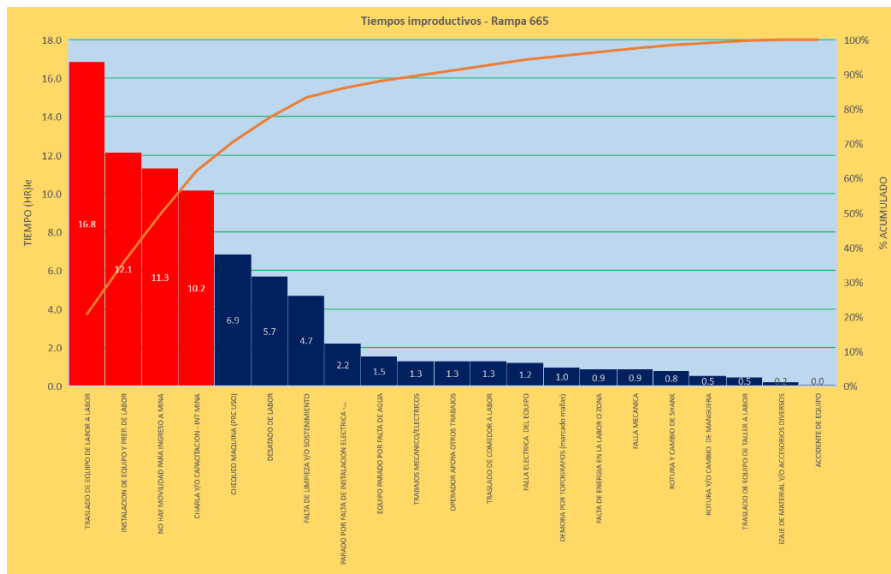
RMR: 45-50. regular "III A"			
ITEM	VALOR	VALVULA	VALORES DE EQUIPO EN CAMPO
1	Percusión emboquillado	CT6	130-140 Bares
3	Presión de posicionamiento	En valvula de control de bomba	210-230 Bares
4	Velocidad de rotación	405	Depende del tipo y diametro de broca
5	Presión de damping	406	40 Bares
6	Presión de avance máximo	223	100 Bares
7	Presión de avance emboquillado	321	40 Bares
8	Presión de avance para perforacion total	321	65-100 Bares
10	Presión antiatasque/retorno	219	40 Bares por encima de presión rotación en perforación
PRESIONES DE LA VIGA RETRACTIL			
11	Presión de avance máxima	223	140 Bares
12	Presión de divergencia	254	45 Bares
13	Presión de avance/reversa	257	120 Bares

**Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana**

#### **Interpretación:**

De la tabla se aprecia que los parámetros de perforación están regulados para el conocimiento del operador y para que lo ponga en práctica a la hora de realizar la perforación con el equipo jumbo, con ello se evitó las demoras operativas en el avance programado y las pérdidas de los aceros de perforación.

En la siguiente figura, se muestra el análisis de tiempos improproductivos operacionales en los trabajos de la rampa 665 de 4.0 x 4.0



**Figura 11. Situación óptima – análisis de tiempos improductivos operacionales en los trabajos de la Rampa 665 de 4.0 x 4.0 Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana**

### Interpretación:

De la figura se aprecia 24 ítems de las actividades que generan tiempos improductivos en el desarrollo del frente de avance de la de la rampa 665. De acuerdo con el diagrama de Pareto se pudo encontrar 4 ítems que generan mayor tiempo improductivo y son los siguiente:

- ✓ Falla mecánica con 16.8 horas
- ✓ Traslado de equipo de labor a labor con 12.10 horas
- ✓ Instalación de equipo con 11.31 horas
- ✓ Preparación de la labor con 10.20 horas

De los 24 ítems de las actividades que generan tiempos improductivos en el desarrollo del frente de avance de la de la rampa 665, se obtuvo en promedio mensual de 86.80 horas en total.

Durante la mejora se ha reducido en 11.01 horas en promedio mensual.

### 4.3. Reducción del costo operativo de la rampa 665 mediante la mejora del diseño de malla de perforación y voladura, unidad minera Americana

#### 4.3.1 Análisis del escenario situacional del costo operativo de la rampa 665

Los parámetros de perforación y voladura del escenario actual se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 8. Situación actual - parámetros de perforación y voladura de la rampa 665**

Sección de la Labor	4.00	x	4.00	<b>Tipo de Roca</b>	<b>IIIA</b>
Longitud de Perforación	10.00	pies		<b>Equipos de Perforación</b>	
				Jumbo	0.42 Frentes/gdia
<b>Perforación de Producción</b>				Consumo de Combustible	1.50 Gal/hr
Taladros perforados	36	tal/disparo		<b>Equipos de Limpieza</b>	
Taladros precorte	0	tal/disparo		Scooptram	0.42 Frentes/gdia
Taladros rimados	4	tal/disparo		Consumo de Combustible	5.50 Gal/hr
Taladros Alivio	4	tal/disparo			
Taladros cargados	32	tal/disparo			
Avance por disparo	2.17	m.		Días trabajados	30
Eficiencia por disparo	75%			Horas por día	10

**Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana**

En las siguientes tablas se dan a conocer la valorización de la Rampa 665

**Tabla 9. Costo de perforación de análisis situación actual del desarrollo de la rampa 665**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Vida Util	Costo Parcial	Costo Total
			(Personas)		US\$/Unidad		US\$	Sin Explosivo US\$/m
<b>1.00</b>	<b>PERFORACION</b>						<b>1,601.66</b>	<b>737.51</b>
<b>1.01</b>	<b>Mano de Obra</b>						<b>665.96</b>	
	Operador de Jumbo	Gdia	1.30	2.40	73.34		228.82	
	Ayudante Operador de Jumbo	Gdia	1.30	2.40	40.34		125.85	
	Electricista de Mina	Gdia	1.30	0.48	104.48		65.19	
	Peon de Servicios	Gdia	1.30	0.48	47.01		29.34	
	Bodeguero	Gdia	1.30	0.48	47.01		29.34	
	Soldadores	Gdia	1.30	0.48	0.00		0.00	
	Choferes Camioneta Mantenimiento	Gdia	1.30	0.48	52.24		32.60	
	Choferes Camión Servicios, lubricador	Gdia	1.30	0.48	52.24		32.60	
	<b>Supervisión</b>							
	Ingeniero Jefe de Guardia	Gdia	1.30	0.48	195.89		122.24	
<b>1.02</b>	<b>Aceros de Perforación</b>						<b>299.57</b>	
	Barras de perforación 10'	p.p		400.00	0.17		66.45	
	Brocas de 45 mm	p.p		360.00	0.08		28.53	
	Shank Adapter	p.p		400.00	0.04		17.57	
	Coopling	p.p		400.00	0.02		8.98	
	Rimadora de 102 mm	p.p		40.00	0.49		19.58	
	Adapter piloto	p.p		40.00	0.33		13.00	
	Copas de Afilado	Jgo		360.00	0.04		14.40	
	Aguzadora de copas	p.p		360.00	0.00		0.12	
	Cancamos para aire y agua/ bombeo	Pza		2.00	10.78		21.57	
	Cancamos para energía (440 V y 220 V)	Pza		2.00	10.78		21.57	
	Cancamos para mangas/ cable jumbo	Pza		1.00	10.78		10.78	
	Resina	Und.		5.00	0.21		1.05	
	Tubería de Aire de 2"	m.		2.17	7.19		15.61	
	Tubería de Agua de 2"	m.		2.17	7.19		15.61	
	Copla vitaulica-uniones - T	Gbl		1.00	13.50		13.50	
	Aislante eléctrico	m.		1.00	1.48		1.48	
	Tubería de PVC - arrastres	Pza		6.00	4.11		24.66	
	Manguera de 1" ( 50 m)	m.		50.00	3.53		3.53	
	Manguera de 1/2" ( 50 m)	m.		50.00	1.60		1.60	
<b>1.03</b>	<b>Equipos</b>						<b>535.04</b>	
	Jumbo	hr.		2.87	177.58		510.26	
	Combustible	Gal		4.31	5.75		24.78	
<b>1.04</b>	<b>Herramientas y EPP</b>						<b>101.08</b>	
	Implementos de seguridad	Gdia	11.70	1.00	6.28		73.49	
	Herramientas	Gdia	2.00	1.00	7.04		14.08	
	Lamparas Mineras	Gdia	11.70	1.00	1.16		13.52	

**Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana**



**Tabla 10. Costo de voladura de análisis situación actual del desarrollo de la rampa 665**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Vida Util	Costo Parcial	Costo Total
			(Personas)		US\$/Unidad		US\$	Sin Explosivo US\$/m
<b>2.00</b>	<b>VOLADURA</b>						<b>675.66</b>	<b>311.12</b>
<b>2.01</b>	<b>Mano de Obra</b>						<b>274.58</b>	
	Maestro cargador de explosivos	Gdia	1.30	2.40	47.67		148.73	
	Ayudante cargador de explosivos	Gdia	1.30	2.40	40.34		125.85	
<b>2.02</b>	<b>Explosivos y accesorios de voladura</b>						<b>351.49</b>	
	EMULEX 80 1 1/2X12	Pza.		172.00	0.78		134.68	
	EMULEX 65 1 1/4X12	Pza.		61.00	0.78		47.76	
	EMULEX 45 1 1/4X12	Pza.		55.00	0.78		43.07	
	Guías Ensambladas Carmex de 7"	Pza.			1.57		0.00	
	Exanel	Pza.		32.00	3.70		118.30	
	Guía de seguridad	m.		2.00	3.70		7.39	
	Mecha rápida de ignition	m.		1.00	0.29		0.29	
	Cordón Detonante Pentacord 4gr	m.			0.23		0.00	
<b>2.03</b>	<b>Equipos</b>						<b>16.17</b>	
	Batea pembroty	hr.		400.00	0.040		16.17	
<b>2.04</b>	<b>Herramientas y EPP</b>						<b>33.41</b>	
	Implementos de seguridad	Gdia	2.60	1.00	6.28		16.33	
	Herramientas	Gdia	2.00	1.00	7.04		14.08	
	Lamparas Mineras	Gdia	2.60	1.00	1.16		3.00	

**Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana**

**Tabla 11. Costo de extracción de análisis situación actual del desarrollo de la rampa 665**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Vida Util	Costo Parcial	Costo Total
			(Personas)		US\$/Unidad		US\$	Sin Explosivo US\$/m
<b>3.00</b>	<b>EXTRACCION</b>						<b>1,151.97</b>	<b>530.45</b>
<b>3.01</b>	<b>Mano de Obra</b>						<b>531.90</b>	
	Operador de Scooptram	Gdia	1.30	2.40	66.00		205.93	
	Personal Equipo Pesado	Gdia	1.30	2.40	104.48		325.97	
<b>3.02</b>	<b>Insumos</b>						<b>7.31</b>	
	Mangas de ventilación 36"	m.		2.17	3.37		7.31	
<b>3.03</b>	<b>Equipos</b>						<b>593.43</b>	
	Scooptram	hr.		3.20	96.88		309.68	
	Combustible	Gal		17.58	5.75		101.09	
	Ventilador de 32,000 CFM	hr.		12.00	15.22		182.65	
<b>3.04</b>	<b>Herramientas y EPP</b>						<b>19.33</b>	
	Implementos de seguridad	Gdia	2.60	1.00	6.28		16.33	
	Lamparas Mineras	Gdia	2.60	1.00	1.16		3.00	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/m)</b>							<b>1,579.08</b>	
Utilidad Costo Directo					10%			157.91
Gastos generales (% del Costo Directo)					22%			354.08

**Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana**

### Interpretación:

De las tablas se puede apreciar lo siguiente:

- ✓ El costo de perforación de análisis de la situación actual del desarrollo de la rampa 665 es de 737.51 \$/m.
- ✓ El costo de voladura de análisis de la situación actual del desarrollo de la Rampa 665 es de 311.12 \$/m.
- ✓ El costo de extracción de análisis de la situación actual del desarrollo de la rampa 665 es de 530.45 \$/m.
- ✓ Siendo un costo total valorizado en 2,091.06 \$/m, sin contar el costo de explosivos y accesorios ya que los brindan la compañía minera Alpayana.

### 4.3.2 Análisis del escenario óptimo del costo operativo de la rampa 665

Los parámetros de perforación y voladura del escenario óptimo se muestran a continuación en la siguiente tabla.

**Tabla 12. Situación óptima - parámetros de perforación y voladura de la rampa 665**

Seccion de la Labor	4.00	x	4.00	<b>Tipo de Roca</b>	<b>III A</b>
Longitud de Perforacion	10.00	pies		<b>Equipos de Perforacion</b>	
				Jumbo	0.42 Frentes/gdia
<b>Perforacion de Produccion</b>				Consumo de Combustible	1.50 Gal/hr
Taladros perforados	38	tal/disparo		<b>Equipos de Limpieza</b>	
Taladros precorte	0	tal/disparo		Scooptram	0.42 Frentes/gdia
Taladros rimados	4	tal/disparo		Consumo de Combustible	5.50 Gal/hr
Taladros Alivio	4	tal/disparo			
Taladros cargados	34	tal/disparo			
Avance por disparo	2.61	m.		Dias trabajados	30
Eficiencia por disparo	90%			Horas por dia	10

**Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana**

En las siguientes tablas se dan a conocer la valorización de la Rampa 665

**Tabla 13. Costo de perforación de análisis de la situación óptima del desarrollo de la rampa 665**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Vida Util	Costo Parcial	Costo Total Sin Explosivo
			(Personas)		US\$/Unidad		US\$	US\$/m
<b>1.00 PERFORACION</b>							<b>1,684.32</b>	<b>646.31</b>
<b>1.01 Mano de Obra</b>							<b>665.96</b>	
	Operador de Jumbo	Gdia	1.30	2.40	73.34		228.82	
	Ayudante Operador de Jumbo	Gdia	1.30	2.40	40.34		125.85	
	Electricista de Mina	Gdia	1.30	0.48	104.48		65.19	
	Peon de Servicios	Gdia	1.30	0.48	47.01		29.34	
	Bodeguero	Gdia	1.30	0.48	47.01		29.34	
	Soldadores	Gdia	1.30	0.48	0.00		0.00	
	Choferes Camioneta Mantenimiento	Gdia	1.30	0.48	52.24		32.60	
	Choferes Camión Servicios, lubricador	Gdia	1.30	0.48	52.24		32.60	
	<b>Supervisión</b>							
	Ingeniero Jefe de Guardia	Gdia	1.30	0.48	195.89		122.24	
<b>1.02 Aceros de Perforacion</b>							<b>408.30</b>	
	Barras de perforacion 14'	p.p		420.00	0.18		73.97	
	Brocas de 51 mm	p.p		380.00	0.08		30.11	
	Shank Adapter	p.p		420.00	0.04		18.45	
	Coopling	p.p		420.00	0.02		9.42	
	Rimadora de 89 mm	p.p		40.00	0.49		19.58	
	Adapter piloto	p.p		40.00	0.33		13.00	
	Copas de Afilado	Jgo		380.00	0.04		15.20	
	Aguzadora de copas	p.p		380.00	0.00		0.13	
	Cancamos para aire y agua/ bombeo	Pza		2.00	10.78		21.57	
	Cancamos para energia (440 V y 220 V)	Pza		2.00	10.78		21.57	
	Cancamos para mangas/ cable jumbo	Pza		1.00	10.78		10.78	
	Resina	Und.		5.00	0.21		1.05	
	Tuberia de Aire de 2"	m.		2.61	7.19		18.73	
	Tuberia de Agua de 2"	m.		2.61	7.19		18.73	
	Copla vitaulica-uniones - T	Gbl		1.00	13.50		13.50	
	Aislante electrico	m.		1.00	1.48		1.48	
	Tuberia de PVC	Pza		28	4.11		115.90	
	Manguera de 1" ( 50 m)	m.		50.00	3.53		3.53	
	Manguera de 1/2" ( 50 m)	m.		50.00	1.60		1.60	
<b>1.03 Equipos</b>							<b>508.97</b>	
	Jumbo	hr.		2.73	177.58		485.39	
	Combustible	Gal		4.10	5.75		23.58	
<b>1.04 Herramientas y EPP</b>							<b>101.08</b>	
	Implementos de seguridad	Gdia	11.70	1.00	6.28		73.49	
	Herramientas	Gdia	2.00	1.00	7.04		14.08	
	Lamparas Mineras	Gdia	11.70	1.00	1.16		13.52	

**Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana**

**Tabla 14. Costo de voladura de análisis óptimo actual del desarrollo de la rampa 665**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Vida Util	Costo Parcial	Costo Total
			(Personas)		US\$/Unidad		US\$	Sin Explosivo US\$/m
<b>2.00</b>	<b>VOLADURA</b>						<b>876.13</b>	<b>336.19</b>
<b>2.01</b>	<b>Mano de Obra</b>						<b>274.58</b>	
	Maestro cargador de explosivos	Gdia	1.30	2.40	47.67		148.73	
	Ayudante cargador de explosivos	Gdia	1.30	2.40	40.34		125.85	
<b>2.02</b>	<b>Explosivos y accesorios de voladura</b>						<b>551.16</b>	
	EMULEX 80 1 1/2X12	Pza.		447.00	0.78		350.00	
	EMULEX 80 1 1/8X8	Pza.		96.00	0.78		75.17	
	Guías Ensambladas Carmex de 7"	Pza.			1.57		0.00	
	Exanel	Pza.		32.00	3.70		118.30	
	Guía de seguridad	m.		2.00	3.70		7.39	
	Mecha rápida de ignition	m.		1.00	0.29		0.29	
	Cordón Detonante Pentacord 4gr	m.			0.23		0.00	
<b>2.03</b>	<b>Equipos</b>						<b>16.98</b>	
	Batea pembersy	hr.		420.00	0.040		16.98	
<b>2.04</b>	<b>Herramientas y EPP</b>						<b>33.41</b>	
	Implementos de seguridad	Gdia	2.60	1.00	6.28		16.33	
	Herramientas	Gdia	2.00	1.00	7.04		14.08	
	Lamparas Mineras	Gdia	2.60	1.00	1.16		3.00	

*Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana*

**Tabla 15. Costo de extracción de análisis situación actual del desarrollo de la rampa 665**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Vida Util	Costo Parcial	Costo Total
			(Personas)		US\$/Unidad		US\$	Sin Explosivo US\$/m
<b>3.00</b>	<b>LIMPIEZA</b>						<b>1,132.02</b>	<b>434.38</b>
<b>3.01</b>	<b>Mano de Obra</b>						<b>531.90</b>	
	Operador de Scooptram	Gdia	1.30	2.40	66.00		205.93	
	Personal Equipo Pesado	Gdia	1.30	2.40	104.48		325.97	
<b>3.02</b>	<b>Insumos</b>						<b>8.77</b>	
	Mangas de ventilación 36"	m.		2.61	3.37		8.77	
<b>3.03</b>	<b>Equipos</b>						<b>572.01</b>	
	Scooptram	hr.		3.03	96.88		293.54	
	Combustible	Gal		16.66	5.75		95.82	
	Ventilador de 32,000 CFM	hr.		12.00	15.22		182.65	
<b>3.04</b>	<b>Herramientas y EPP</b>						<b>19.33</b>	
	Implementos de seguridad	Gdia	2.60	1.00	6.28		16.33	
	Lamparas Mineras	Gdia	2.60	1.00	1.16		3.00	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/m)</b>							<b>1,416.89</b>	
Utilidad Costo Directo					10%		141.69	
Gastos generales (% del Costo Directo)					22%		317.71	

*Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana*

### Interpretación:

De las tablas se puede apreciar lo siguiente:

- ✓ El costo de perforación del análisis de la situación óptima del desarrollo de la rampa 665 es de 646.31 \$/m.
- ✓ El costo de voladura del análisis de la situación óptima del desarrollo de la rampa 665 es de 336.19 \$/m.
- ✓ El costo de extracción del análisis de la situación óptima del desarrollo de la rampa 665 es de 434.38 U\$/m.

Siendo un costo total valorizado en 1,876.29 \$/m sin contar el costo de explosivos y accesorios ya que estas los brindan la compañía minera Alpayana.

## CONCLUSIONES

1. El resultado del análisis geomecánico indica que se obtuvo un factor de seguridad sin sostenimiento de 1,26, el factor de seguridad con sostenimiento de 1.89 y la deformación que experimenta una vez realizado el sostenimiento de 1.9 cm en desplazamiento normal, según resultados es factible desarrollar la eampa 665 con una sección de 4.0 x 4.0 respectivamente.
2. En cuanto al análisis situacional, se tuvo un diseño de malla de perforación y voladura de sección de la rampa 665 de 4.0 x 4.0 metros, cuenta con un total de 32 taladros cargados y 4 taladros de alivio, la `perforación de los taladros de producción son de 45 mm y los taladros de alivio son de 102 mm y con factor de avance de 22.8 kg/m. El mal control de los parámetros de perforación causó deficiencias en el disparo. De los 24 ítems de las actividades que generan tiempos improductivos en el desarrollo del frente de avance de la rampa 665, se obtuvo en promedio mensual de 97.79 horas en total.
3. En relación con el análisis óptimo, se tuvo un diseño de malla de perforación y voladura de sección de la rampa 665 de 4.0 x 4.0 metros; cuenta con total de 34 taladros cargados y 4 taladros de alivio; la `perforación de los taladros de producción son de 45 mm y los taladros de alivio, de 102 mm y con factor de avance de 24.4 kg/m. La mejora de los parámetros de perforación ayudó a mejorar el disparo. De los 24 ítems de las actividades que generan tiempos improductivos en el desarrollo del frente de avance de la rampa 665, se obtuvo en promedio mensual de 86.80 horas en total. Durante la mejora se ha reducido en 11.01 horas en promedio mensual.
4. En la situación actual, el costo total valorizada de la rampa 665 es de 2,091.06 \$/m sin contar el costo de explosivos y accesorios, ya que estas las brindan la compañía minera y en la situación óptima el costo total valorizado en 1,876.29 \$/m sin contar el costo de explosivos y accesorios, ya que estas las brindan la compañía minera, optimizándose un costo de 214.78 \$/m respectivamente

## RECOMENDACIONES

1. Es recomendable realizar el estudio geomecánico a fin de determinar el tipo de macizo rocoso a trabajar evaluando el factor de seguridad con sostenimiento y sin sostenimiento como también determinar qué tipo de sostenimiento se va a utilizar en la labor de avance lineal.
2. Es recomendable llevar el control del análisis de la perforación antes, durante y después de la perforación a fin de determinar qué factores o parámetros hacen que se tenga deficiencias en el disparo de los frentes de avance lineal para posteriormente mejorarlos.
3. Se recomienda que ante toda optimización de mejora en la perforación y voladura se debe realizar el análisis de costos a fin de determinar mediante una comparativa de escenarios del antes y después cuán factible y viable será la mejora realizada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHOQUE, Juan. Modelo matemático de Langefors para optimizar el diseño de mallas de perforación y voladura de taladros largos – Unidad Yauliyacu. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019, 149 pp.
2. HINOSTROZA, Eli. Implementación de malla de perforación y voladura de taladros largos para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en la mina subterránea Marcapunta Sur-El Brocal. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2019.
3. MERMA, Alex. Optimización de los estándares en perforación y voladura de taladros largos, para el incremento de la productividad y la reducción de los costos de operación en la cía. Minera Ares S.A.C U. O. Inmaculada. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2018.
4. BARRIENTOS, Ruben. Diseño de la malla de perforación para optimizar la fragmentación en el tajeo 6662 nivel 3780 veta Lilia en la Mina Socorro– Unidad Minera Uchucchacua – Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2020.
5. BALDEON, Miguel. Aplicación del método de explotación taladros largos en vetas angostas sin By Pass - Veta Ramal Alianza de Minera Argentum. Huancayo : Universidad Continental, 2021, 103 pp.
6. DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA . *Estudio de las reservas y recursos minerales*. Huarochirí : Unidad Minera Americana, 2022.

7. EMPRESA JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C. *Presupuesto del proyecto de tunel de integracion Esperanza de MKN A MKS.* Tinyahuarco : U. M. MARCAPUNTA, 2016.
8. ÁREA DE GEOMECÁNICA . *Analisis geomecanico en frentes de avance.* Huarochiri : Unidad Minera Americana, 2022.
9. ÁREA DE OPERACIONES. *Perforacion y voladura en frentes de avance.* Huarochiri : Unidad Minera Americana, 2022.
10. ÁREA DE OPERACIONES . *Carguio de frentes de avance.* Huarochiri : Unidad Minera Americana, 2019.
11. ÁREA DE GEOMECÁNICA, UNIDAD MINERA AMERICANA. *Evaluacion geomecanica de labores de preparacion y desarrollo.* Huarochirí : Minera Alpayana S.A., 2022.
12. ÁREA DE OPERACIONES, UNIDAD MINERA AMERICANA. *Informe de plan de minado.* Huarochirí : Minera Alpayana S.A., 2022.

## **ANEXOS**



## Anexo 1

### Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Cómo influye la reducción del costo operativo de la rampa 665 mediante la mejora de parámetros de perforación y voladura, unidad minera Americana?	Reducir el costo operativo de la rampa 665, mediante la mejora de parámetros de perforación y voladura, unidad minera Americana.	La reducción del costo operativo de la rampa 665, influye positivamente con la mejora de parámetros de perforación y voladura, unidad minera Americana.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
¿Cómo influye el incremento del avance lineal de la rampa 665, mediante la mejora de parámetros de perforación y voladura, unidad minera Americana?	Incrementar el avance lineal de la rampa 665, mediante la mejora de parámetros de perforación y voladura, unidad minera Americana.	El incremento del avance lineal de la rampa 665, influye positivamente con la mejora de parámetros de perforación y voladura, unidad minera Americana.
¿Cómo influye la reducción del costo operativo de la rampa 665, mediante la mejora del diseño de malla de perforación y voladura, unidad minera Americana?	Reducir el costo operativo de la Rampa 665, mediante la mejora del diseño de malla de perforación y voladura, unidad minera Americana.	La reducción del costo operativo de la rampa 665, influye positivamente con la mejora del diseño de malla de perforación y voladura, unidad minera Americana.

## Anexo 2

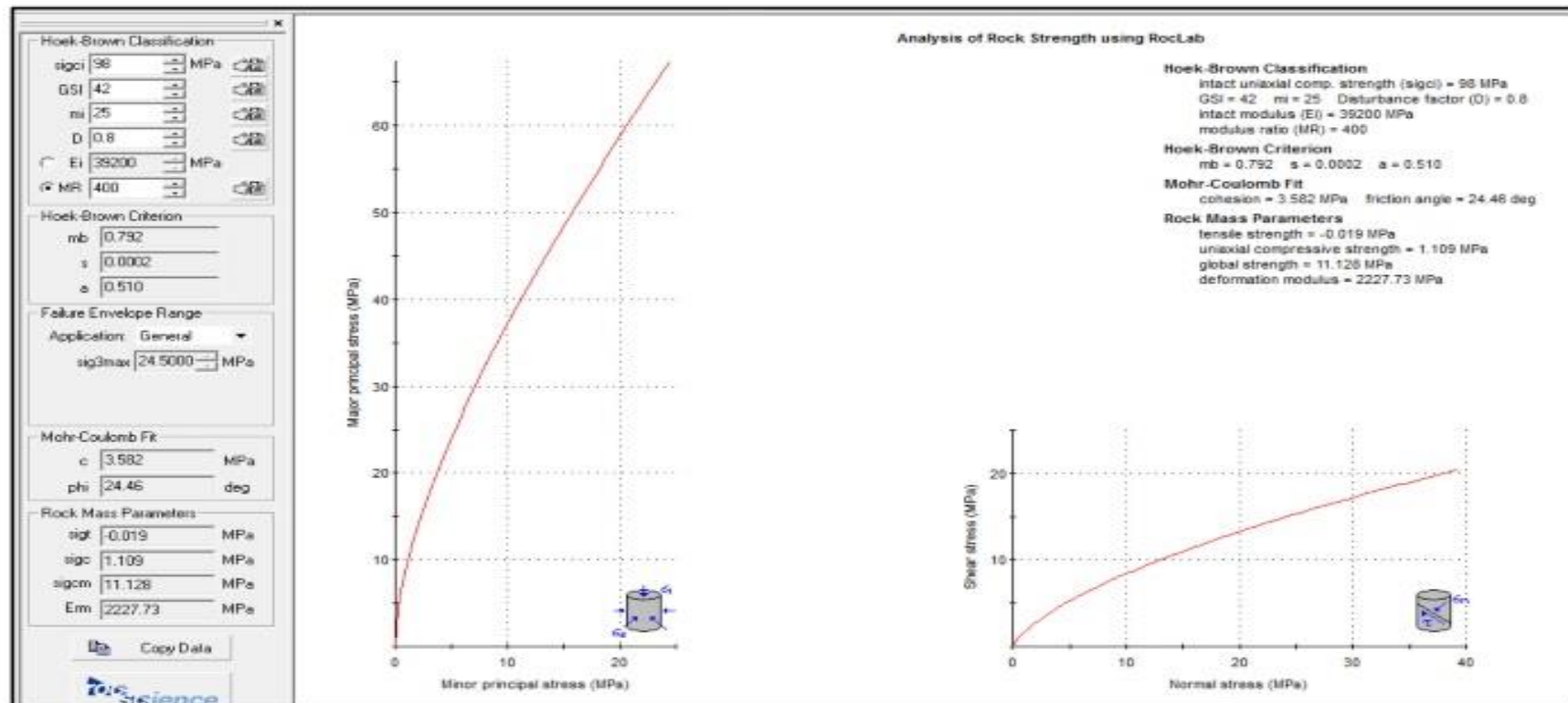
### Caracterización del tipo de roca de la rampa 665, unidad minera Americana

Corrección por la orientación de las discontinuidades						
Dirección perpendicular al eje del túnel			Dirección paralela al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20° Cualquier dirección	
Excavación con Bz.	Excavación contra Bz.		45° - 90°	20° - 45°		
45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°	
Muy Favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy Desfavorable	Media	Desfavorable
Características Geotécnicas						
Clase	I	II	III	IV	V	Discontinuidades
Tiempo de mantenimiento y longitud	10 años con 15m de vano	6 meses con 8m de vano	1 semana con 5m de vano	10 horas con 2.5m de vano	30 min. Con 1m de vano	Dir. Buz/Buz
Cohesion	> 4 Kp/cm <sup>2</sup>	3-4 Kp/cm <sup>2</sup>	2-3 Kp/cm <sup>2</sup>	1-2 Kp/cm <sup>2</sup>	< 1Kp/cm <sup>2</sup>	Set 1
Angulo de Rozamiento	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°	Set 2
						Set 3
						Set 4
Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR						
Clase	Calidad	Valorización RMR	Cohesion	Angulo de Rozamiento	Croquis del Frente	
I	Muy Buena "A"	100-91	> 4 Kg/cm <sup>2</sup>	> 45°		
	Muy Buena "B"	90-81				
II	Buena "A"	80-71	3-4 Kg/cm <sup>2</sup>	35° - 45°		
	Buena "B"	70-61				
III	Regular "A"	60-51	2-3 Kg/cm <sup>2</sup>	25° - 35°		
	Regular "B"	50-41				
IV	Mala "A"	40-31	1-2 Kg/cm <sup>2</sup>	15° - 25°		
	Mala "B"	30-21				
V	Muy mala	< 20	< 1Kg/cm <sup>2</sup>	< 15°		

*Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana*

**GSI = 46**  
**TABLA GEOMECANICA\***

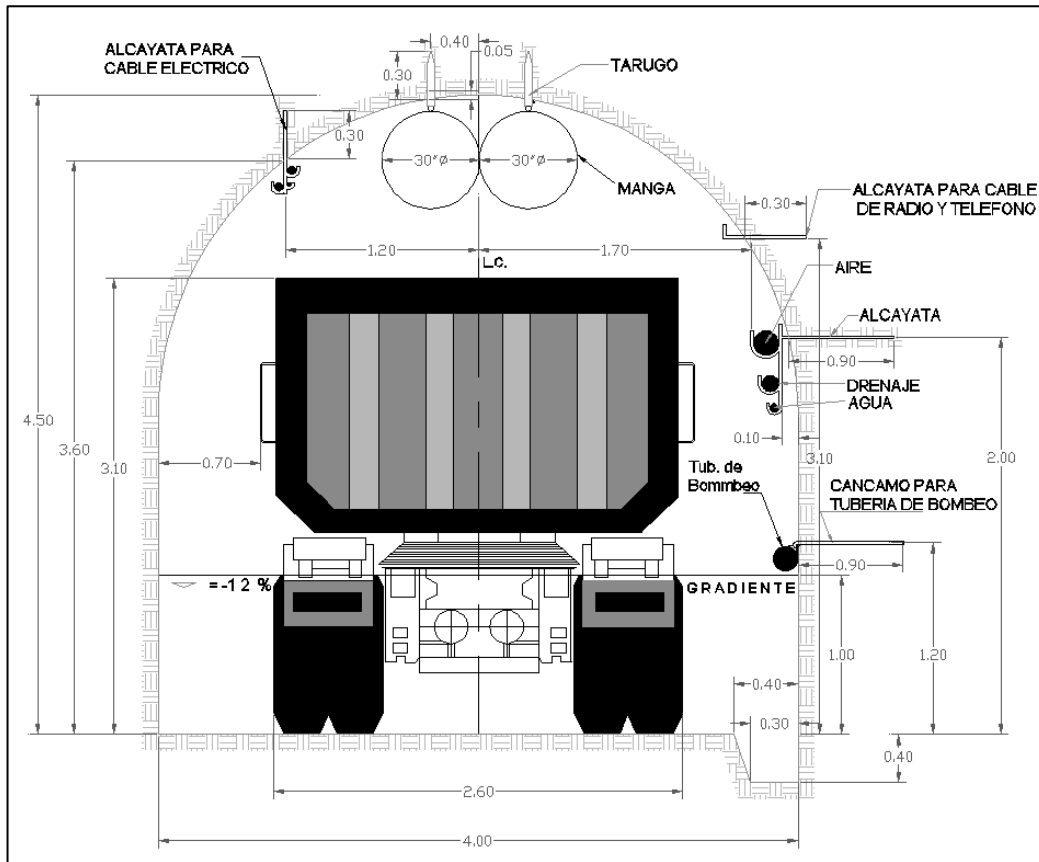
**RMR = 30 a 40**



Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana

### Anexo 3

## Construcción de rampa principal



**Tomada del Área de Operaciones mina - unidad minera Americana**