

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Aplicación de un nuevo diseño de perforación y voladura para la reducción
de costos en avances de la veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua –
Compañía Minera Buenaventura – 2019**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Samuel Willam BAZÁN AYALA

Asesor:

Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO

Cerro de Pasco –Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Aplicación de un nuevo diseño de perforación y voladura para la reducción
de costos en avances de la veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua –
Compañía Minera Buenaventura – 2019**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMÉRICO
PRESIDENTE

Mg. Wenceslao Julio LEDESMA VELITA
MIEMBRO

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería de Minas
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas



INFORME DE ORIGINALIDAD N° 070-2024

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. Samuel Willam BAZÁN AYALA

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:
Tesis

Título del trabajo

“Aplicación de un Nuevo Diseño de Perforación y Voladura para la Reducción de Costos en Avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura – 2019”

Asesor:

Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO

Índice de Similitud: **27 %**

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 10 de diciembre de 2024.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

A Dios por llenarme de sus bendiciones y con su luz guiar mi camino profesional en el desarrollo de mis habilidades en mi trabajo.

A mi querida Madre, Senas Ayala Espinoza por su sacrificio y apoyo permanente, para hacer posible cristalizar el proyecto de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero reconocimiento a los profesionales del área de planeamiento mina de la Unidad Uchucchacua por el apoyo en el proceso de mi proyecto.

A los docentes del Programa de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión por su asesoramiento de sus conocimientos en cada semestre de aprendizaje en las aulas.

Asimismo, a mi Asesor y a los Jurados calificadores, que con sus orientaciones y recomendaciones han cristalizado mi investigación.

RESUMEN

Esta Tesis se Titula “Aplicación de un nuevo diseño de perforación y voladura para la reducción de costos en los avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura”, el objetivo es demostrar que es posible menorar los costos de perforación y voladura. A través de la aplicación de una nueva de malla de perforación y voladura, mediante el análisis de resultados óptimos de los parámetros de las operaciones de este ciclo de minado que son la perforación, carguío, voladura buscando una estabilidad y éxito en el ciclo de minado.

La finalidad del proyecto es de aplicar un estándar de malla para tener una rentabilidad económicamente en la operación, para el inicio de la investigación se define la población de estudio integrada por labores de la Veta Socorro 3.

Primero hemos buscado antecedentes de las labores en mención, como registros diarios de perforación, consumo de explosivos, avances y otros relacionados al tema; seguidamente toma de datos de los consumos y resultados del ciclo con la finalidad de realizar un análisis de información de ciclo de perforación y voladura de las labores, calculando sus costos unitarios.

Seguidamente se calcula y propone un estándar de malla de perforación y voladura para aplicar en las labores en operación para luego correlacionar los resultados obtenidos con la malla convencional los costos.

Finalmente, concluimos con la comparación de los costos anteriores y los costos actuales, donde se demuestra los beneficios con la implementación de una nueva malla y la reducción de costos propuesta.

Palabras clave: Diseño de perforación y voladura, reducción de costos

ABSTRACT

This thesis is entitled “Optimization of Drilling and Blasting in the reduction of costs in the advances of the Veto Socorro 3 - Uchucchacua Unit – Company Minera Buenaventura” and aims to prove that it is feasible to reduce operating costs. Through the standardization of drilling and blasting mesh, through the use of optimal working standards in unit mining operations that are drilling, blasting, loading, hauling and sustaining, seeking stability and success in the mining cycle.

With this thesis we are looking for a mesh standard to make the operation more economically profitable, to start the investigation a study population has been defined, consisting of the work of Veto Socorro 3.

Initially, a record of these tasks will be sought, such as daily drilling reports, explosives vouchers, among others. The purpose will be to carry out information on the mining cycle in the work, analyzing the costs in the unit operations of drilling, blasting, loading, hauling and maintenance.

Next we will look for a standard of drilling and blasting mesh and put it into practice to be able to analyze the costs in each of the unit operations.

Finally, we will make a contrast of the previous costs with the current costs, where the benefits obtained by the implementation of a mesh standard and the proposed cost reduction are exposed.

Key words: Vibration reduction; blasting design, particle peak speed.

INTRODUCCION

El presente estudio de tesis, se realizó en la Unidad Minera Uchucchacua con el objetivo de la reducción de costos en los procesos de perforación y voladura. Es importante que se cumpla con los objetivos de material removido los cuales están programados para su realización un plazo determinado el cual se tiene que cumplir.

El proceso del proyecto determina inicialmente las deficiencias de la perforación y voladura y calculando los costos mediante la información recopilada de los resultados obtenidos como el avance lineal efectivo, consumo de explosivos por la inadecuada malla de perforación, se tiene un número de taladros con inadecuado burden, espaciamiento, asimismo, una mala distribución de la carga explosiva por cada voladura.

El desarrollo del presente proyecto se ha considerado cuatro capítulos, siendo los siguientes:

El capítulo primero, trata sobre los planteamientos del problema, delimitación; formulación de: problemas generales y específico, objetivos; justificación, importancia y limitaciones.

Asimismo, se considera los aspectos generales de la mina; la ubicación y accesibilidad, geología, métodos de explotación.

El segundo capítulo, considera el marco teórico, antecedentes, bases teóricas-científicas, definición de términos, hipótesis e identificación de variables.

En el capítulo tres, se referencia la metodología de la investigación, tipo de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

El cuarto capítulo , se evidencia los resultados obtenidos del objetivo del estudio demostración de la aplicación del nuevo diseño de perforación y voladura mediante los resultados de los análisis y discusión de resultados.

Finalmente en la última parte de la tesis se describe las conclusiones, recomendaciones, la bibliografía correspondiente y anexos.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la Investigación.....	2
1.2.1. Generalidades de la Mina.....	2
1.3. Formulación del Problema	24
1.3.1. Problema general.....	24
1.3.2. Problemas Específicos	25
1.4. Formulación de Objetivos	25
1.4.1. Objetivo general	25
1.4.2. Objetivos Específicos	25
1.5. Justificación de la Investigación	25
1.6. Limitaciones de la Investigación.....	26

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	27
2.1.1. Internacionales	27
2.1.2. Nacionales	29

2.2.	Bases Teóricas – Científicas	29
2.2.1.	Fundamentos de Malla de Perforación.....	29
2.2.2.	Perforación	30
2.2.3.	Trazos de Arranque	34
2.2.4.	Distribución de Taladros.	36
2.2.5.	Errores en la Perforación.....	38
2.2.6.	Accesorios de Perforación.....	39
2.2.7.	Explosivos	40
2.2.8.	Voladura.....	46
2.2.9.	Cálculo de Voladura.....	48
2.2.10.	Costos.....	50
2.3.	Definición de términos básicos	54
2.4.	Formulación de hipótesis	57
2.4.1.	Hipótesis general	57
2.4.2.	Hipótesis Específicas	57
2.5.	Identificación de variables	57
2.6.	Definición Operacional de Variables e Indicadores	58

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de Investigación.....	59
3.2.	Nivel de Investigación	59
3.3.	Métodos de Investigación	60
3.4.	Diseño de la investigación	60
3.5.	Población y muestra	61
3.5.1.	Población.....	61

3.5.2. Muestra.....	61
3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	62
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	63
3.8. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	64
3.9. Tratamiento Estadístico.....	64
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	64

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	66
4.1.1. Datos de perforación y Voladura de la Veta Socorro 3	66
4.1.2. Resultados de la Perforación y Voladura Convencional.....	67
4.1.3. Nuevo Diseño de la Perforación y Voladura.....	71
4.1.4. Resultados con el Nuevo Diseño de la Perforación y Voladura	72
4.2. Presentación Análisis e Interpretación de Resultados.....	76
4.2.1. Presentación de los Datos de Campo	76
4.2.2. Análisis e Interpretación de Resultados	80
4.3. Prueba de Hipótesis.....	83
4.3.1. Hipótesis General	83
4.3.2. Hipótesis Específica	83
4.4. Discusión de resultados.....	84

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Información del Diseño de Perforación y Voladura	83
Tabla N° 2: Costos de Perforación y Voladura.	97
Tabla N° 3: Costos de Perforación y Voladura con el nuevo Diseño.	99
Tabla N° 4: Análisis de Malla de Perforación.....	100
Tabla N° 5: Análisis de Resultados de las Voladuras.	101
Tabla N° 6: Análisis de Resultados de Costos de Perforación.....	101
Tabla N° 7: Análisis de Costos de Voladura.	102
Tabla N° 8: Análisis de Costos por metro lineal y toneladas.....	102

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación y acceso	18
Figura N° 2: Formación de Calizas Jumasha	22
Figura N° 3: Geología Regional del Yacimiento	25
Figura N° 4: Corte geológico Regional secciones transversales	26
Figura N° 5: Ciclo de minado.....	33
Figura N° 6: Ciclo de minado semi mecanizado	34
Figura N° 7: Distribución de taladros.....	43
Figura N° 8: Ubicación del arranque.....	48
Figura N° 9: Taladros de arranque	49
Figura N° 10: Modelo matemático	89
Figura N° 11: Nueva malla de perforación.....	90

FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1: Perforación con jumbo.....	35
Fotografía N° 2: Acarreo de mineral.....	36

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En el ámbito de la minería, un rediseño de los proyectos dentro de los ciclos de minado, uno de los objetivos más trascendentes es la reducción de costos en cada uno de los procesos de explotación de los minerales que optimizan muchos más la productividad en las mejoras de los procesos con los mismos recursos con las que se tiene.

La Unidad Uchucchacua en los últimos años su plan es de ir minimizando sus costos, para lo cual la ejecución de sus labores también debe controlarse, generando mayores avances a un costo menor cada vez. Un adecuado diseño de malla de perforación y cantidad de carga explosiva apropiada generará una reducción de costos en la Unidad Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura.

En la actualidad se presenta problemas en perforación y voladura los cuales producen altos costos a la minera entre los efectos mencionamos son los resultados del avance lineal, no lograr el metraje planeado, inadecuado diseño de

malla de perforación, numerosos taladros y demasiada distribución de carga explosiva por disparo.

Estos efectos de perforación y voladura causan la suma de altos costos en perforación en la galería de avance con una sección de 3.00 m x 3.00 m a US\$ 230.86 por disparo, con una distribución de explosivo de 110.825 kg, el costo de los accesorios de voladura y dinamitas suman a US\$ 159.19 en voladura sumados los costos de perforación y voladura son US\$ 431.41

Una adecuada malla de perforación y una carga explosiva apropiada en los avances de la veta Socorro 3 de la Unidad Uchucchacua ayudará a reducir los costos de perforación y voladura, por ello se decide realizar este proyecto de investigación apoyado con los datos de campo, informes correspondientes para luego comprobar la hipótesis, identificando los beneficios en cuanto a costos.

1.2. Delimitación de la Investigación

Esta investigación se realizó en los avances de la veta Socorro 3 – Unidad minera Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura. El proceso de la investigación se ha realizado aproximadamente de seis meses, se inició en julio 2019 y la fecha de culminación fue en diciembre 2019.

1.2.1. Generalidades de la Mina

1.2.1.1 Ubicación y Accesibilidad

La mina se encuentra ubicada en la zona occidental de los andes, que pertenece al Distrito de Oyon y Provincia de Oyón de la Región de Lima. Se encuentra próximo a las coordenadas siguientes:

Geográfica:

11° 35´ 12” Latitud Sur.

7° 42´ 16” Longitud Oeste.

Coordenadas UTM:

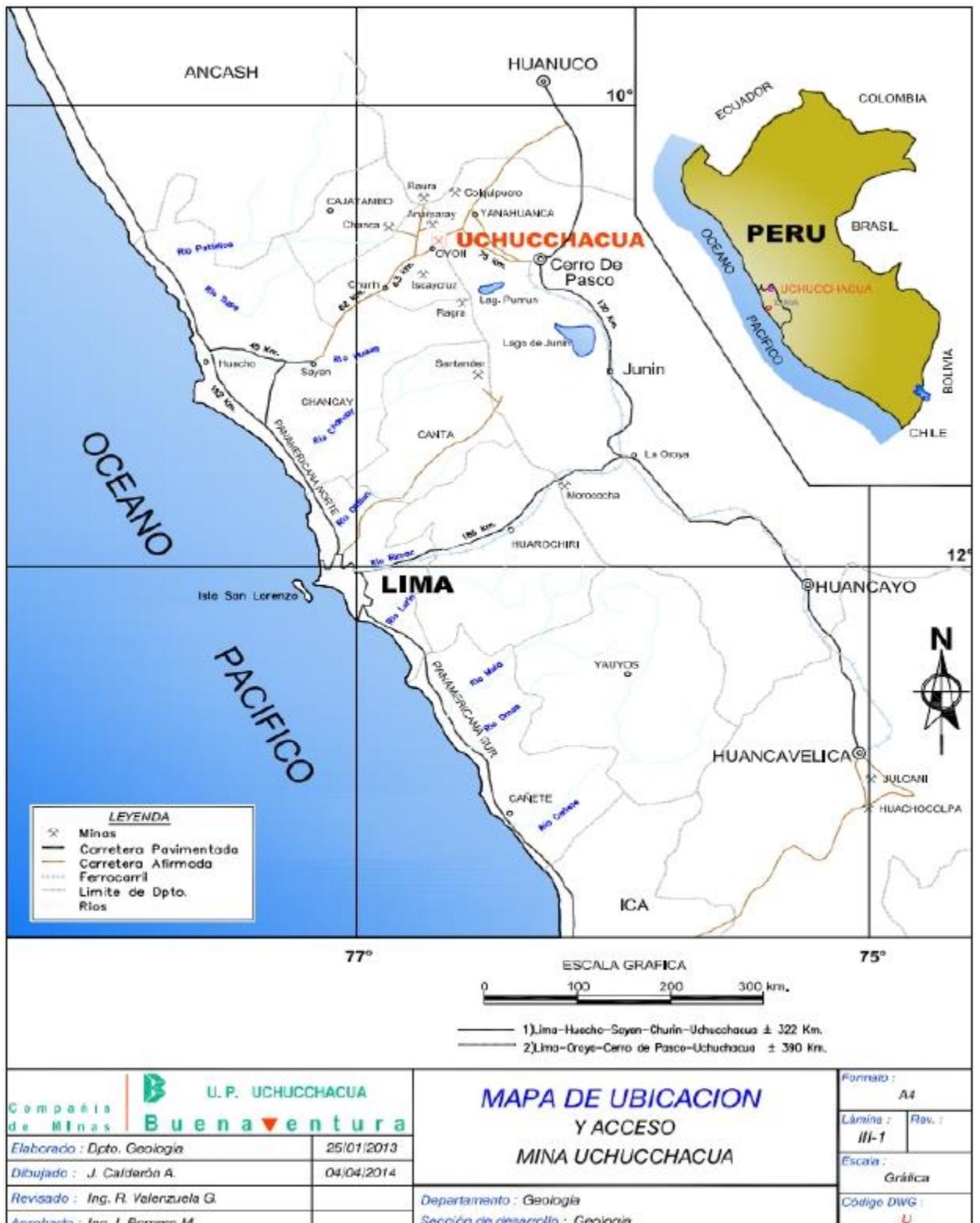
Este: 317 660,914

Norte: 8 820 817,143

Sistema PSAD: 55 zona 19

El yacimiento está a una cota entre los 4,200 a 5,100 m.s.n.m. El acceso a la mina por vía terrestre la más corta es Lima - Sayán – Churín – Oyón - Uchucchacua, con 325 Km. Se cuenta con una vía terrestre alterna de acceso que es Lima – La Oroya – Cerro de Pasco de 332 Km. asfaltado y de Cerro de Pasco - Uchucchacua de 60 Km. con carretera afirmada, haciendo un total de 392 Km.

Figura 1: Ubicación y Acceso



Fuente: Geología Mina Uchucchacua.

1.2.1.2. Antecedentes históricos

Este interesante grupo se inicia con Alberto Benavides Canseco y Blanca de la Quintana de Benavides. Perteneciente a la clase media, según en; fruto del matrimonio tuvieron un hijo que nace el 20 de agosto de 1919, Alberto Benavides de la Quintana, el fundador de Minas Buenaventura.

Alberto Benavides de la Quintana realiza su secundaria en la institución Inmaculada de Lima en los años 1926 – 1932. En el año 1933 ingresó a la Escuela de Ingenieros del Perú, la que hoy conocemos como la Universidad Nacional de Ingeniería.

Concluyendo sus estudios superiores, ganó el concurso de becas propuesto por la Cerro de Pasco Corporación. Muy joven Alberto, siguió los estudios de posgrado en la prestigiosa Universidad de Harvard de Estados Unidos.

Alberto se casó el 10 de octubre de 1946, con Elsa Ganoza de la Torre del matrimonio tuvieron como fruto cinco hijos: Mercedes, Roque, Blanca, Alberto y Raúl. Actualmente Roque y Raúl se dedican a la explotación de minerales, el resto se dedica a otros rubros de negocios.

La formación profesional adquirida por Benavides de la Quintana, le sirvió para formar su propia empresa la Compañía de Minas Buenaventura, antes de eso presto servicios como asistente de geología en la empresa Cerro de Pasco Corporación, hasta el año 1955.

El año 1956 puso en marcha la explotación del yacimiento mineral de plata de la mina Julcani.

El representante actual del grupo es Roque Benavides Ganoza, quien genera el nombre de “San Roque”. El padre Alberto Benavides de la Quintana, fue creyente del santo patrón de los mineros de Castrovirreyna “San Roque”. El homenaje al santo se ilumina, y hoy en el día el grupo Buenaventura es uno de los más grandes del país, su riqueza está muy ligada a la variación del precio de los metales.

1.2.1.3. Geología Regional

La geología regional está constituida por rocas en toda la columna estratigráfica por las sedimentarias del cretáceo, sobre yacen los volcánicos terciarios, e incrustadas a las anteriores se tiene dos tipos de intrusivos. En el contorno de la secuencia se observa depósitos aluviales y morrénicos.

a. Sedimentarios

a.1 Grupo Goyllarisquizga. Aflora en la laguna Chacua y Patón, al Nor Oeste y Sur Este del yacimiento, ocupando algo más del 55% de todo el área en estudio; se diferencian cinco unidades del cretáceo inferior.

a.1.1 Formación Oyón. Compuesto de una secuencia de capas carbonosas antracíticas, lutitas gris oscuras y areniscas. Posee una potencia de 300 m. aflorando al Nor Oeste de Oyón. Se le denomina el valanginiano.

a.1.2 Formación Chimú. Conformado con una porción superior de calizas, cuarcitas blancas, lechos carbonosos y con capas arcillosas. Posee una potencia de 300 á 500 m., se desplaza en el eje del anticlinal de Patón. Se le encuentra en el valanginiano.

a.1.3 Formación Santa. Representado por calizas, lutitas azul grisáceas, ocasionales nódulos de chert en una longitud de 120 m. Aflora al Norte y al Oeste de la laguna Patón; se le denomina el valanginiano.

a.1.4 Formación Carhuaz. Es una secuencia de lutitas marrón amarillento de areniscas finas con una capa superior de arenisca con grano fino de color rojo cristal. Tiene una potencia de 500 m. pertenece al valanginiano aflora en el anticlinal Oeste de Patón.

a.1.5 Formación Farrat. Compuesto por estratificaciones cruzadas con areniscas blancas de 25 á 45 m. de espesor; aflora al NW de la laguna Patón. Perteneciente al aptiano.

a.2 Grupo Machay.

a.2.1 Formación Pariahuanca. Conformado por calizas grises con un espesor de 45 m.; afloran al NW de la laguna Patón. Perteneciente al aptiano superior.

a.2.2 Formación Chulec. Consta lutitas, calizas y margas en una longitud de 200 m. con una característica de estratos delgados, que en superficie presenta una coloración marrón amarillento. Aflora al NW de Patón; se le considera dentro del albiano inferior.

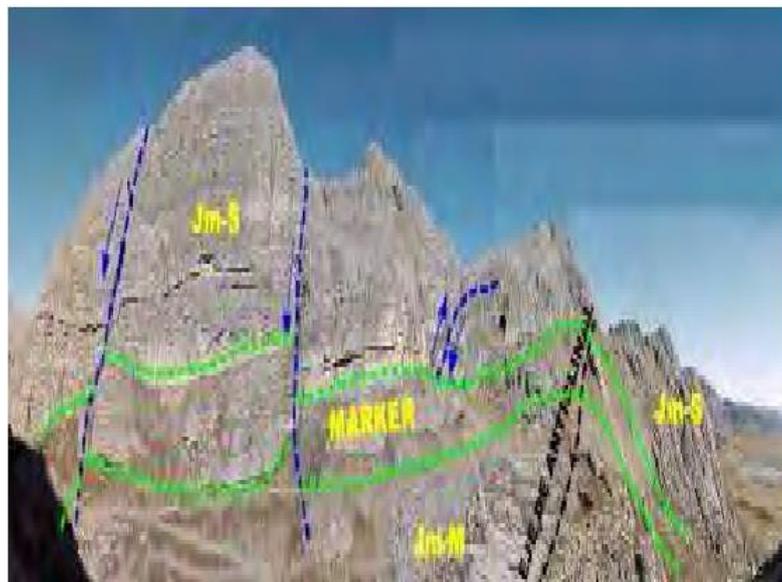
a.2.3 Formación Pariatambo. Tiene una potencia de 45 m. Constituido por caliza bituminosas plegadas, lutitas negras y carbonatos, con posible contenido de vanadio y en el techo existe una secuencia de bancos delgados de silex. Se encuentran al Oeste y NW de Patón; de una edad de albiano medio.

a.3 Formación Jumasha. Conformada la mayor unidad calcárea del Perú de la zona Central, es una potente secuencia de caliza gris oscuro en fractura fresca y caliza gris claro en superficie intemperizada; se subdivide en 3 partes de bancos débiles de caliza margosa.

a.3.1 Jumasha Inferior. Posee una potencia que llega a los 550 m. conformado por una secuencia de calizas margosas y calizas modulosas con silex. Pertenece al albiano superior.

a.3.2 Jumasha Medio. Representado por una potencia de 480 m. se encuentra conformado por calizas modulosas y calizas grises alternadas con horizontes margosos, pertenece al turoniano.

Figura 2: Formación de las calizas jumasha



Fuente: Geología Mina Uchucchacua

a.3.3 Jumasha Superior. Se estima una potencia de 401 m. conformado por una base de esquistos carbonosos, calizas de grano fino y margosas y pertenece al turoniano superior. Se encuentra en el techo de Jumasha, el afloramiento Jumasha es el más extendidos del área se diferencian por la ubicación de horizontes fosilíferos guías.

a.4 Formación Celendin. Se diferencia por los dos miembros de la época coniaciano y santoniano. Es una secuencia de lutitas calcáreas nodulares, calizas margosas, blancas y marrón, que se sobreponen secuencialmente al Jumasha.

a.4.1 Celendin Inferior. Representado por una potencia de 105 m. Constituido por lutitas calcáreas y calizas margosas amarillentas en la base se notan muy finamente estratificadas.

a.4.2 Celendin Superior. Está conformado por margas marrón grisáceo y lutitas con una potencia de 125 m. ellos afloran en el anticlinal de Cachipampa, al W y E. de Uchucchacua.

a.5 Formación Casapalca. Representado por una potencia de 900 m. conformado por conglomerados rojizos, por lutitas, areniscas y ocasionalmente de horizontes lenticulares de caliza gris. Superpuesta ligeramente al Celendin, su fácil erosión ha generado la formación de llanuras tal como se nota en Cachipampa y su época probable es santoniano.

b. Volcánicos

b.1 Volcánicos Calipuy. Está representado con una potencia estimada de 450 m. Se encuentra en discordancia con la Formación Casapalca y es un paquete de derrames andesíticos y piroclásticos de edad cuaternaria aflora al N. de Uchucchacua.

c. Intrusivos

principalmente se encuentran en la zona de Plomopampa, Carmen y Socorro, representados con pórfidos de dacita de pequeños stocks de hasta 25 m. de diámetro, también forman diques de dacita a lo largo

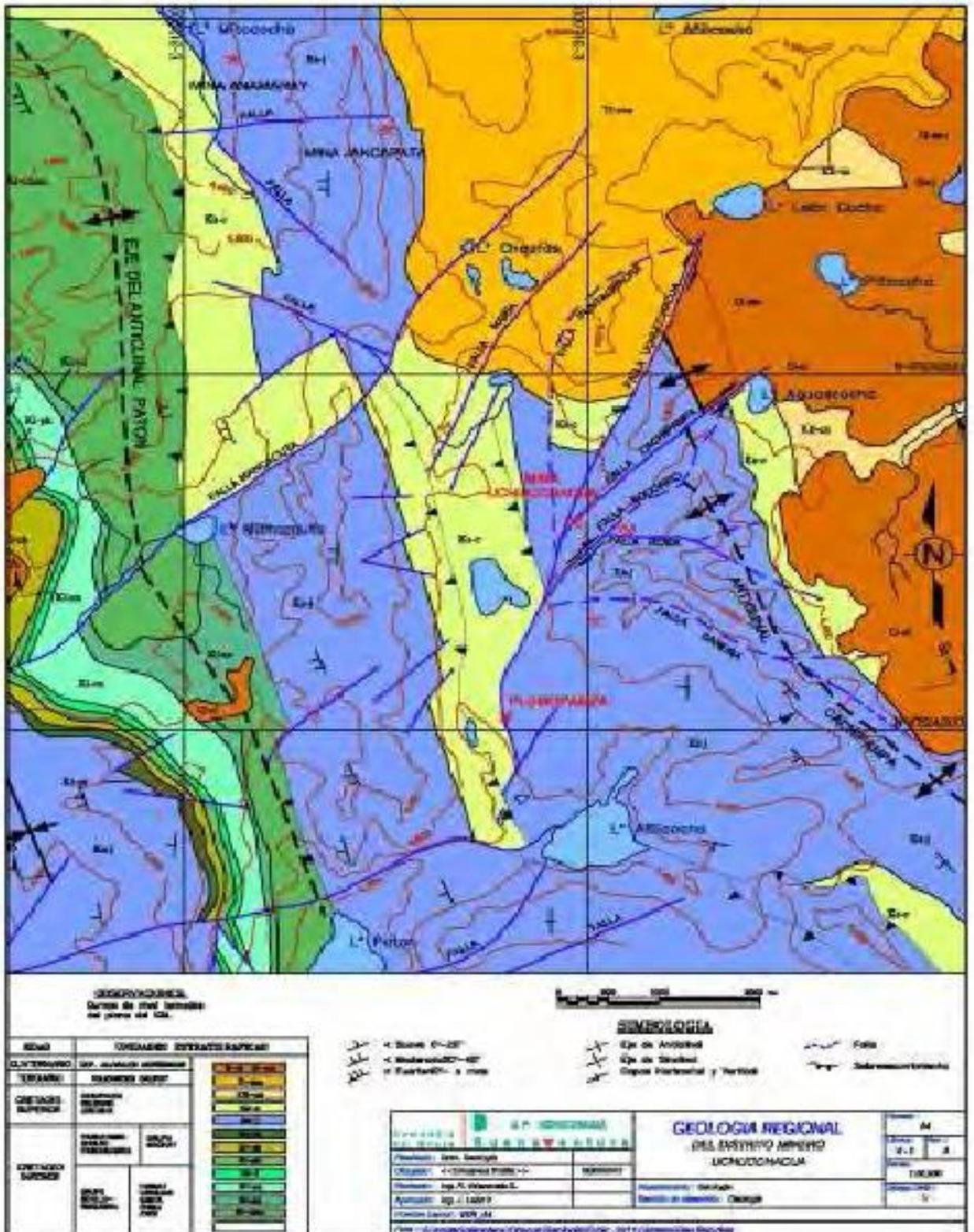
del flanco occidental de la zona, el mismo que afecta a las calizas de Celendín, los intrusivos poseen aureolas irregulares en contacto con las calizas, A. Bussell menciona de diques riolíticos al Norte de Chacua con los volcánicos Calipuy.

d. Cuaternario

d.1 Depósitos Morrénicos. Estos depósitos están conformados por un paquete pobre de grano grueso a fino de cantos grandes generalmente anguloso. Se ubica en niveles mayores de 3,950 m.s.n.m. la zona ha sufrido los cambios de la glaciación, formando valles en “U” en las laderas y el fondo se concentraron morrenas en algunos casos represaron el hielo fundido, como la laguna Patón. En Cachipampa las morrenas extendidas cubren a las capas rojas;

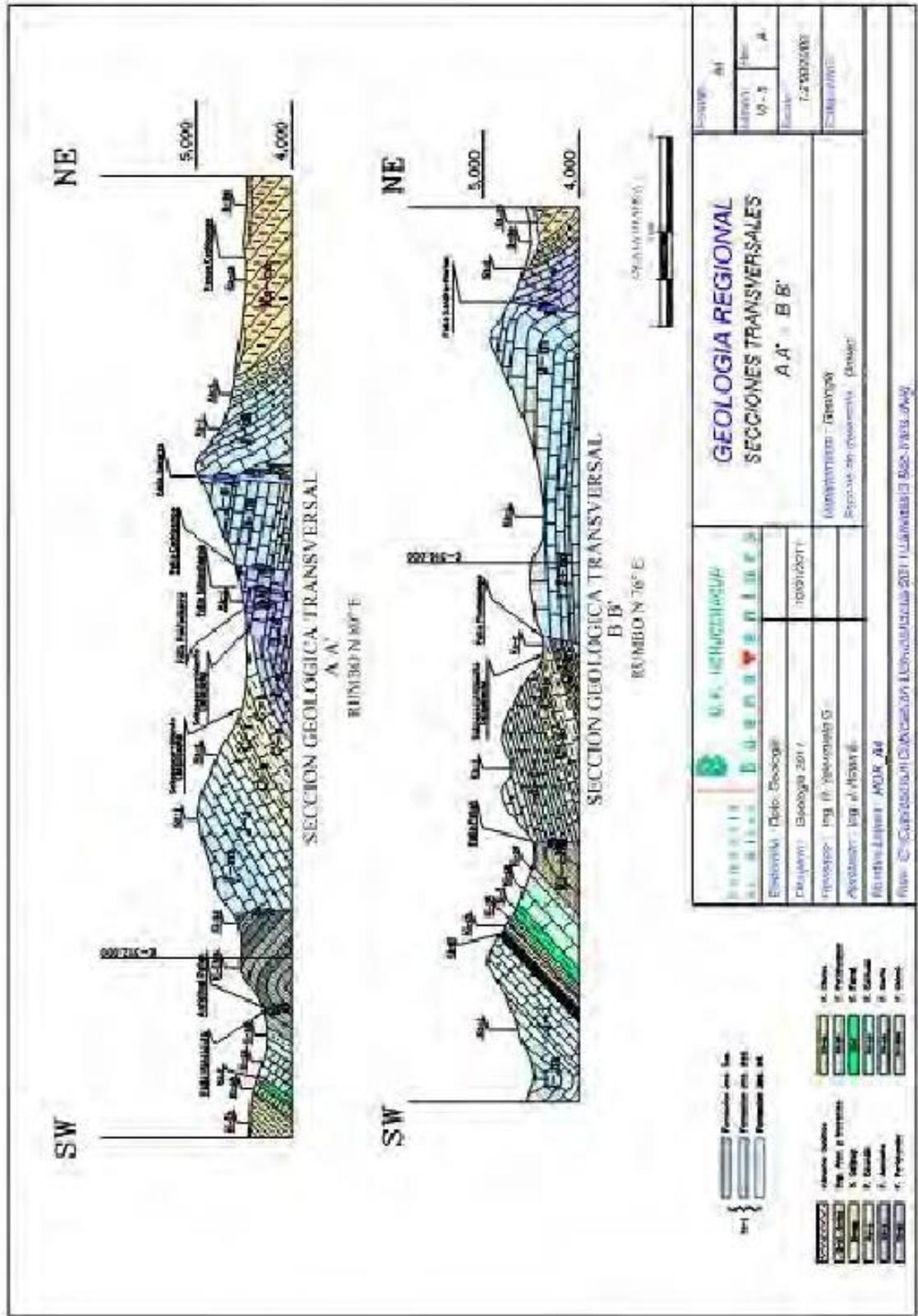
d.2 Depósitos Aluviales. La formación de estos elementos es el mismo de las rocas circundantes. Todos estos depósitos se encuentran extendidos muy ampliamente, son de diferentes tipos como; aluviales de río, escombros de ladera, flujos de barro.

Figura 3: Geología Regional del Yacimiento



Fuente: Geología Mina Uchucchacua.

Figura 4. Corte geología regional secciones transversales



Fuente: Geología Mina Uchucchacua

1.2.1.4. Geología Estructural

La geología estructural es altamente muy importante en Uchucchacua, lo refiere el siguiente resumen: “El origen del yacimiento de Uchucchacua está correlacionado a una estructura geológica principal de los Andes, representada por las rocas intrusivas de Morococha, Uchucchacua, Raura, Chungar, y otros.

Es muy evidente que la actividad magmática ha formado y constituido la generación de yacimientos minerales bastante importantes. Cabe resaltar al respecto, que las rocas intrusivas encontradas en Uchucchacua tienen una composición de acidez intermedia, parecidos a todos los intrusivos correlacionados a los yacimientos minerales del Perú”. (Ing. A. Benavides- abril,1974).

Las principales estructuras son del sistema Noreste y Suroeste y las tensionales del sistema Este a Oeste y Noroeste a Sureste.

A. Pliegues

Las estructuras secuenciales se han plegado a los sedimentos cretácicos constituyendo los anticlinales de Paton, Pacush y Cachipampa, con una dirección Noroeste a Sureste, inclinados al flanco occidental. En menor escala se encuentran zonas disturbadas localmente que están asociadas a los plegamientos de mayor magnitud.

B. Sobre escurrimientos

En la zona de Uchucchacua la secuencia cretácica presenta una base constituida por las lutitas Oyón, que han permitido la formación de pliegues invertidos y sobre escurrimientos por fuerzas tensionales.

Como resultado se tiene el sobre escurrimiento de Colquicocha que se sobrepone a la formación Jumasha y sobre Celendin. Hacia el NW asimismo, el sobre escurrimiento Mancacuta genera la formación Chimú sobre el paquete Celendín.

C. Fallas y Fracturas

La zona está conformada por numerosas fallas en diferentes contrastes a nivel regional se nota que en mayor magnitud están constituidas por las transversales estos pliegues se desplazan en ese sentido, como también los movimientos verticales.

C.1 Falla Mancacuta

Esta falla pasa por el lago Mancacuta tiene un movimiento dextral, tiene un rumbo aproximado de N 40° E, con un buzamiento de considerable ángulo. Corta a los anticlinales de Cachipampa y Patón que conforman cada una de sus unidades litológicas.

C.2 Falla Socorro

Al igual que el sistema anterior tiene un movimiento dextral, se estima un recorrido horizontal de 545 m.; muy relacionada en su extremo Suroeste. La falla y sus pliegues se encuentran asociadas íntimamente a los procesos de fracturamiento primario con actividad hidrotermal de Uchucchacua.

C.3 Falla Uchucchacua

Tiene una dirección de Norte a Sur con un buzamiento bastante considerable, de movimiento dextral y con un desplazamiento

vertical cerca a los 450 m. converge por el lado Norte con la falla Mancacuta.

C.4 Falla Cachipampa

Se encuentra en la intersección de las fallas Socorro y Uchucchacua, con una dirección de N 50° E, con un buzamiento muy considerable, con un movimiento dextral; controla el sistema de vetas de la zona de Socorro, y desplaza al eje anticlinal de Cachipampa.

C.5 Falla Patón

Presenta una dirección promedio de N 60° E, tuvo un desplazamiento de mayor magnitud en lo vertical y horizontal, este último con movimiento en sentido dextral. Es vertical a la altura de Otuto y se inclina progresivamente hasta los 45° al Noroeste en su extremo Noreste.

C.6 Falla Rosa

Representada por una dirección promedio de S 85° E, con un buzamiento muy considerable, tiene un movimiento sinextral – normal. En la dirección Este a Oeste una zona muy favorable, se emplazan los principales cuerpos mineralizados conocidos.

C.7 Veta Sandra

Representada por una dirección de Este a Oeste, con un buzamiento muy considerable, de movimiento sinextral normal.

C.8 Fracturamiento de Uchucchacua

Es un fracturamiento secundario dentro de la estructura de la región, es muy importante económicamente, se encuentra

alrededor de la falla Socorro y Uchucchacua, estas tienen importante correlación en su formación; varias fallas evidencian el desplazamiento horizontal y vertical, algunas son fisuras tensionales de poca longitud como producto del movimiento de los antecesores.

Localmente, se determina 3 sistemas, el primero con sentido Noreste a Suroeste predomina en las áreas de Casualñidad y Socorro; en Carmen predominan fracturas de rumbo Este a Oeste; indistintamente en las 3 áreas se tiene fracturas Noroeste a Sureste. Todas con diversa magnitud, todas han sido afectadas por una actividad hidrotermal. El cuerpo mineralizado se encuentra asociada a la intersección de Vetas, venillas y craquelamiento intenso de calcita.

1.2.1.5. Geología Económica

En su geología económica Uchucchacua es del tipo de relleno en fracturas en vetas, un depósito hidrotermal epigenético, el que fueron canales de circulación y de emplazamiento meta somático de diferentes soluciones de minerales que formaron cuerpos de mineral. La existencia de los intrusivos ácidos como diques y stocks, se percibe una buena posibilidad de la existencia de ore bodies de mineral de emplazamiento de contacto metasomatismo de mineral de zinc.

Los minerales económicamente comerciales está representado por la plata, como producto secundario se tiene el zinc, se nota una variedad de minerales de ganga de rara naturaleza.

Los estratos se emplazan en las rocas calcáreas de la época del cretácico superior y tienen variedad en magnitud, asociadas a estas se encuentran cuerpos de emplazamiento discontinuos e irregulares. En la zona de Socorro y Casualidad se tiene evidencias del mineral skarn. La zona mineralizada se encuentra en un área de 4.5 x 1.5 Km. y para los procesos de explotación se ha dividido en 4 zonas Huantajalla, Carmen, Socorro y Casualidad.

1.2.1.6. Método de Explotación

Corte y relleno ascendente (Cut & Fill)

Este método de explotación ascendente se aplica en el yacimiento en un 90%. La veta es arrancada en franjas horizontales o verticales se inicia por la zona inferior de un cuerpo mineralizado y se avanza verticalmente. Cuando se concluye la extracción de la franja completa o una parte, se rellena el volumen que ha quedado vacío después de la limpieza del mineral con relleno detrítico de los desarrollos y preparaciones en un 80% y relleno hidráulico en un 20%, que llega a formar el piso del tajo para los operarios y equipos, al mismo tiempo da estabilidad a las paredes del tajeo, la parte vacía de las paredes y el techo se aplica el sostenimiento artificial.

Este método de explotación es utilizada en yacimientos de mienrales que posean las siguientes características:

- Que tenga un buzamiento, superior a los 51°, caso Uchucchacua van de 61° a 80°.
- Con característica físico - mecánica del cuerpo del mineral y la roca encajonante sea de regular a mala. En el yacimiento las rocas

encajonantes son de Regular III a roca Mala IV representadas por las calizas y techo dentro de la mineralización.

- La potencia debe ser moderada, en forma de vetas de 2.5 m. a 6 m. en los tajos con maquina convencional y en forma de cuerpos en tajos mecanizados con jumbos con potencias de 6 m. a 12m.
- Los límites del yacimiento son bloqueados con subniveles y chimeneas.

Explotación de rampa por veta:

Se aplica en todas las vetas que se encuentran fuera del alcance de las rampas principales de acceso de los niveles y que por que la veta pequeña posee un alto valor económico no es recomendable construir una rampa propia. El método se aplica a cuerpos pequeños en potencia, dirección y manto muy variable y si las cajas son de baja calidad.

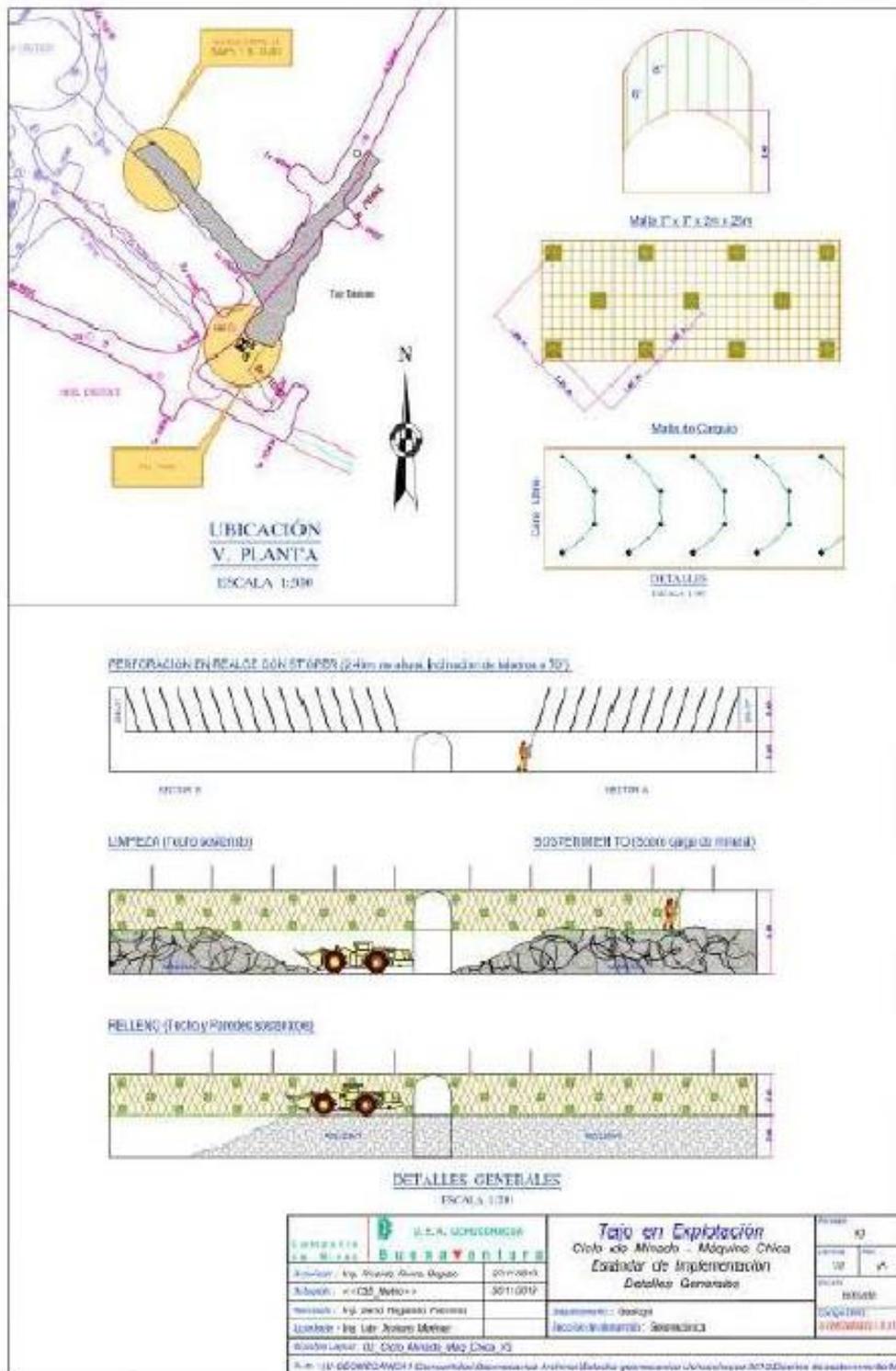
La explotación rampa por veta, es un método por realce. Se diferencia en que el piso esta constituido por la rampa. Esencialmente se divide el block de explotación en triángulos inferiores y superiores.

El arranque del mineral se empieza del triángulo inferior desde la chimenea de servicios con dirección al acceso. A medida que el realce avanza la chimenea va desapareciendo, con este proceso se forma la rampa hasta que la pendiente llegue a +15%, es el máximo valor permisible.

Una vez lograda esta pendiente, el arranque del triángulo inferior termina. Con estas condiciones la explotación de la rampa se encuentra conectada al nivel superior y seguidamente se inicia la explotación del triángulo superior.

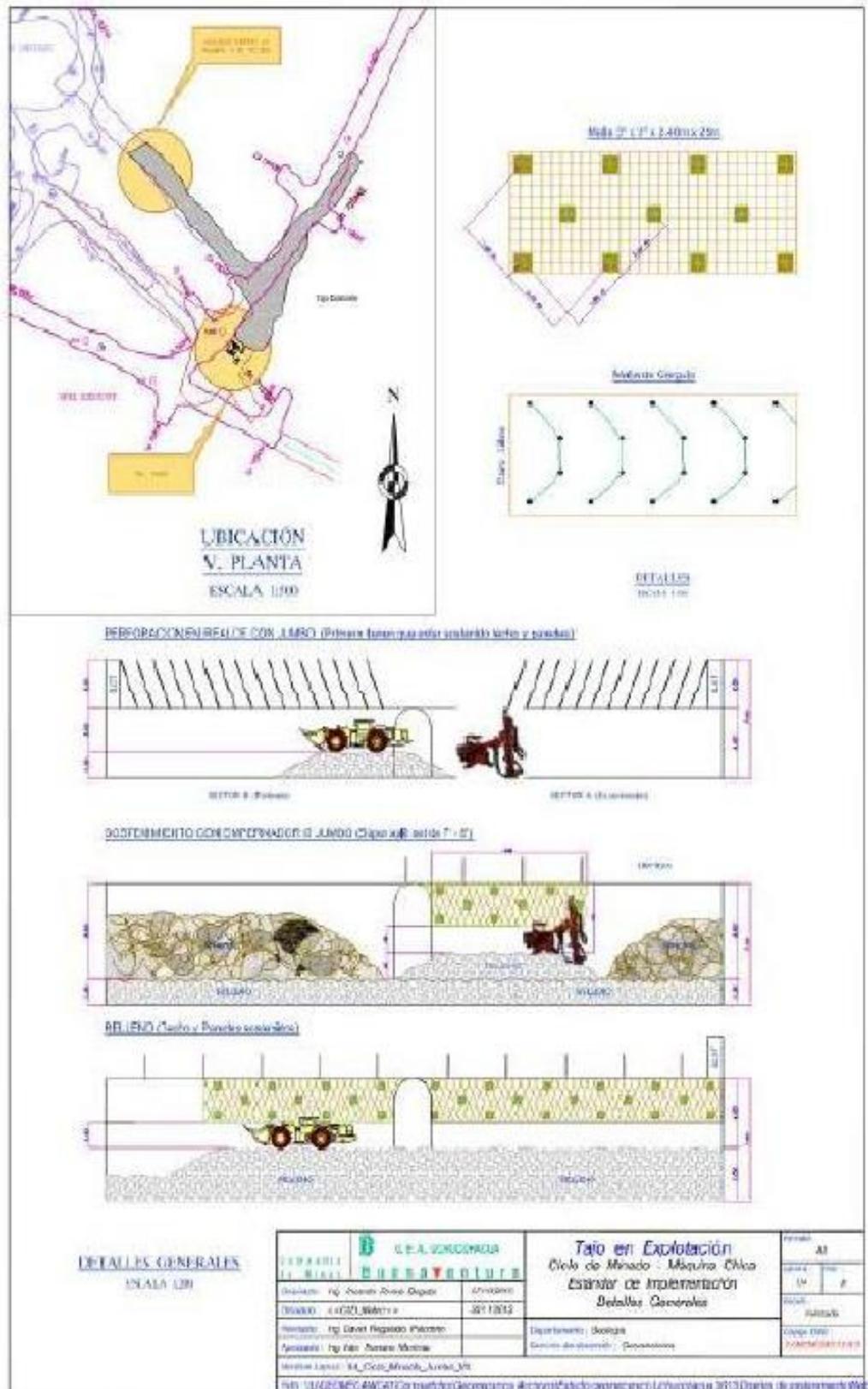
Este proceso de la explotación se realiza en forma ascendente desde el nivel superior, de este modo se invierte el sentido de la explotación. Juntamente con el arranque del triángulo superior se ejecuta una chimenea falsa sobre el relleno, con la finalidad de mantener el circuito de ventilación. La explotación concluye cuando la rampa logra el nivel horizontal y con ello finaliza la extracción del block, quedando concluida la labor sobre el relleno.

Figura 5: Ciclo de minado con máquina chica



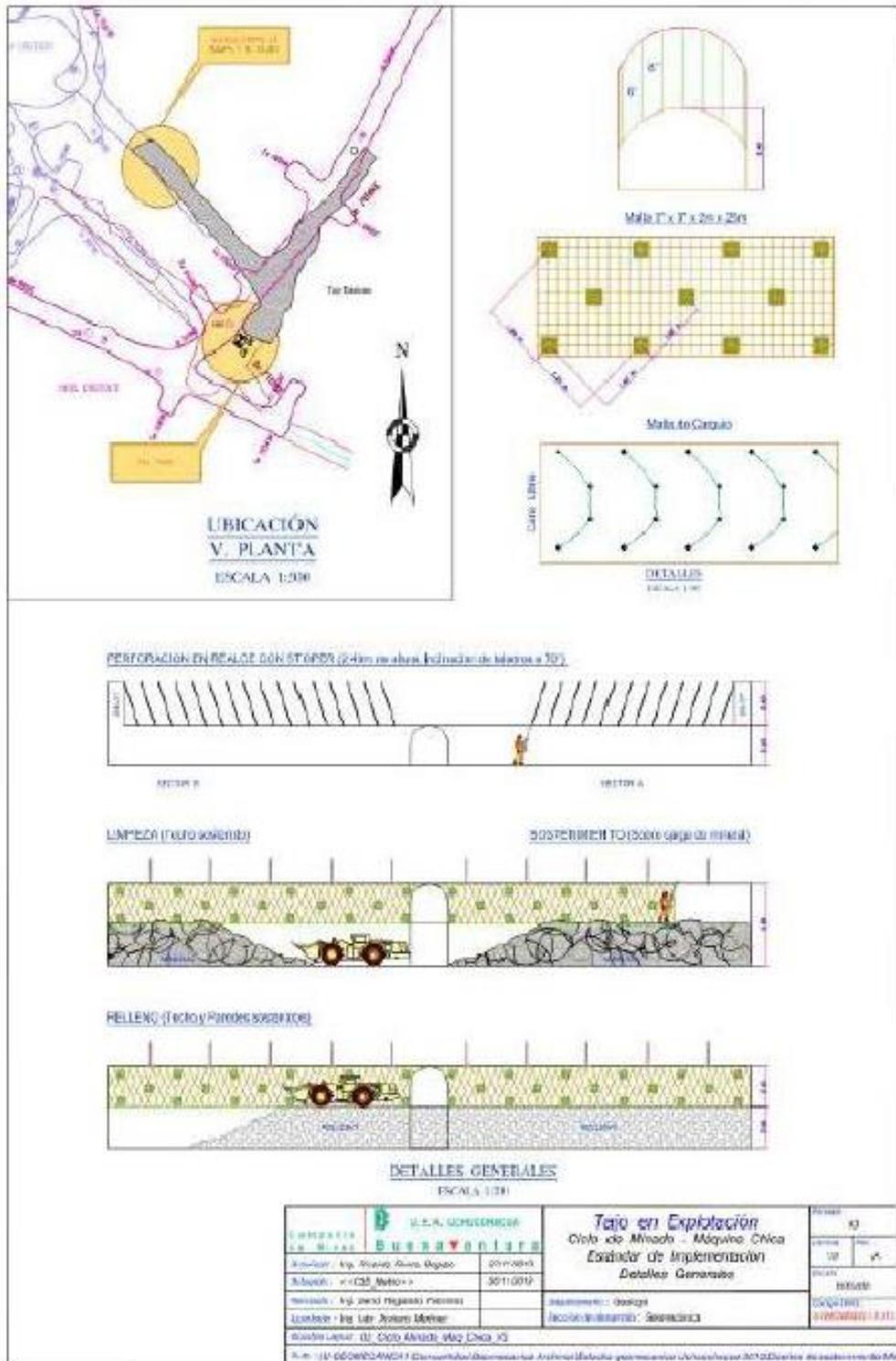
Fuente: Área de Ingeniería Unidad Uchucchacua.

Figura 6: Ciclo de minado semi mecanizado



Fuente: Área de Ingeniería Unidad Uchucchacua.

Figura 7: Diseño de explotación con jumbo



Fuente: Área de Ingeniería Unidad Uchucchacua.

1.2.1.7. Perforación y Voladura

El proceso de la perforación de los tajos se realiza de manera vertical en la mayoría de los casos si la zona tiene buena estabilidad y se perfora en breasting cuando la zona tiene baja estabilidad, el equipo que se utiliza es el jumbo electrohidráulico, puede ser el Quasar o el Long hole drill son los equipos que perforan los taladros largos; la perforación convencional lo realiza los Upper drill, Jacklegs y Stopers.

Para la voladura se cargan con dinamita, anfo, fanel y carmex, en las labores como tajos y frentes, se utiliza la voladura es controlada (Smooth Blasting) lo que indudablemente mejora el auto sostenimiento de la zona del macizo rocoso reduciendo los costos del sostenimiento.

Fotografía 1: Perforación con jumbo



Fuente: Propia.

1.2.1.8. Acarreo y Transporte de Mineral

Todo el acarreo del desmonte y mineral de los tajos se realiza con scoops diesel de 3.5 yd³, 4.1 Yd³ y 2.2 Yd³ también se realiza con scoops eléctricos de 2.8 yd³, 3.5 yd³, 2.2 yd³. que operan esencialmente en la profundización de la zona Socorro, Carmen y los sublevels a Control Remoto.

El sistema de transporte es mixto, se utiliza locomotoras de: 3.5 ton, 8 ton, 6 ton, 5 ton, 18 ton; asimismo, se utiliza camiones de bajo perfil de 20 ton.

Fotografía 2: Acarreo del mineral



Fuente: Propia.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema general

¿Es posible la reducción de costos en los avances de la veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura aplicando un nuevo diseño en la perforación y voladura?

1.3.2. Problemas Específicos

- a. ¿Con la aplicación de un nuevo diseño de la malla de perforación será factible la reducción de costos en los avances de la veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura?
- b. ¿Con la aplicación de un nuevo diseño de la carga explosiva será factible la reducción de costos en los avances de la veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua – Minera Buenaventura?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Reducir los costos mediante la aplicación de un nuevo diseño en la perforación y voladura de los avances de la veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Reducir los costos de perforación con un nuevo diseño de malla en los avances de la veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura.
- b. Reducir los costos de voladura con un nuevo diseño de la carga explosiva en los avances de la veta Socorro 3– Unidad Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura.

1.5. Justificación de la Investigación

El área en estudio por la información de las exploraciones y de geología posee un gran potencial de reservas de minerales de plata y zinc por lo que amerita ejecutar labores de profundización y exploración para realizar la explotación de todas las reservas de minerales y obtener una mayor productividad en cada uno de los procesos del ciclo de minado a bajos costos principalmente en la

perforación y voladura, con el diseño de una nueva malla y una adecuada selección y distribución de la carga explosiva de acuerdo con las características del macizo rocoso.

Así de esta manera la unidad minera se estará optimizando al reducir los costos en perforación y voladura con la aplicación de un nuevo diseño de malla que se utilizara en los avances en la Veta Socorro, todo operario del área mejorará con los conocimientos inducidos referente al replanteo del diseño de la malla de perforación para que puedan ejecutar en todo frente que tenga similares condiciones y características del macizo rocoso teniendo en cuenta que el yacimiento es muy variable en cuanto a la calidad de roca.

La Unidad Uchucchacua viene realizando diferentes labores de profundización, por lo que el presente proyecto se justifica plenamente su propuesta, siendo de mucha importancia, como también será un modelo para ejecutar las operaciones del ciclo de perforación y voladura con el objetivo de reducir los costos en las demás labores que se están ejecutando en la Unidad y en otras empresas mineras que valdrá como base para el diseño de mallas y cargas explosivas de frentes.

1.6. Limitaciones de la Investigación

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se tuvo limitaciones mínimas en cuanto a la información para la obtención de datos, ya que se tuvo todas las facilidades de las solicitudes realizadas a las áreas correspondientes de la Unidad Uchucchacua.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Se realizó la revisión de literatura respecto a estudio de diseños de perforación y voladura para reducir los costos, encontrándose la siguiente información:

2.1.1. Internacionales

Mestas. (2007), en el estudio “Diseño de mallas de perforación y voladura aplicando un modelo matemático de áreas de influencia”, realizado en la tesis de la Universidad de Chile para ejecutar diseños óptimos sin la necesidad de realizar muchas pruebas de campo y en donde el objetivo es diseñar mallas de perforación y voladura aplicando un modelo matemático de áreas de influencia y pronosticar el análisis de la vibración, fragmentación para determinar si es el óptimo. La hipótesis del estudio consiste en que después de ejecutar el análisis teórico y las pruebas de campo, se demuestra que:

- Es factible, utilizar el análisis granulométrico para pronosticar la fragmentación y evaluar diseño de malla de perforación y voladura, usando sus variables de campo.

Las conclusiones del estudio fueron las siguientes:

- Si fue posible diseñar mallas de perforación y voladura para frentes, utilizando la nueva teoría para calcular el burden y espaciamiento para controlar el número de taladros.
- El diseño de mallas de perforación realizados por esta teoría se consideró la carga operante para cortes en paralelo.
- Fue posible utilizar el análisis granulométrico para pronosticar la fragmentación y evaluar el diseño de malla de perforación y voladura para determinar dicho diseño si era el ideal, para minimizar los costos.

El modelo predictivo de Kuz-Ram es una buena herramienta para analizar la tendencia de la fragmentación ideal para diferentes diseño de malla de perforación y voladura.

Sánchez. (2012), En su investigación de “Optimización en los Procesos de Perforación y Voladura en el Avance de la Rampa en la Mina Bethzabeth”. Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador, Quito. En su conclusión número cinco menciona que la aplicación de la malla de perforación, propuesta en este trabajo, para el franqueo de la rampa de acceso a las vetas Sucre y Tres Diablo, significara para ELIPSE S.A. El ahorro de US\$ 85,12 en cada voladura, debido a la reducción de la cantidad de sustancias explosivas requeridas y con ello la disminución del costo de explotación.

2.1.2. Nacionales

Jáuregui. (2009), “Reducción de los Costos Operativos en Mina, mediante la Optimización de los Estándares de las operaciones unitarias de Perforación y Voladura”. Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. En su conclusión número doce el tesista menciona un seguimiento y control operativo de la perforación y voladura debe abarcar el control del diseño de la malla de perforación según el tipo de roca y cumplimiento del mismo, control del modo de perforación (paralelismo en la perforación de todo el barreno) y de la adecuada demarcación o delineado de la malla de perforación (puntos de perforación al espaciamiento y burden establecidos en la malla de perforación), control y verificación de un adecuado secuenciamiento de los retardos (tiempo de retardos en los faneles) con respecto a la cara libre en la malla de voladura, además el control de la distribución de la carga explosiva en mina permitirá eliminar el exceso de explosivos y accesorios despachados y asegurar toda devolución de remanente.

Chambi (2011), “Optimización de Perforación y Voladura en la Ejecución de la Rampa 740 – Unidad VINCHOS – VOLCAN S.A.A. Cerro de Pasco”. Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. En su conclusión número cinco menciona que la optimización obtenida en perforación y voladura en la ejecución de la rampa 740, de la unidad VINCHOS del Cerro de Pasco, es reducir dos taladros por frente y ahorrar 8,0 kg de explosivo por disparo.

2.2. Bases Teóricas – Científicas

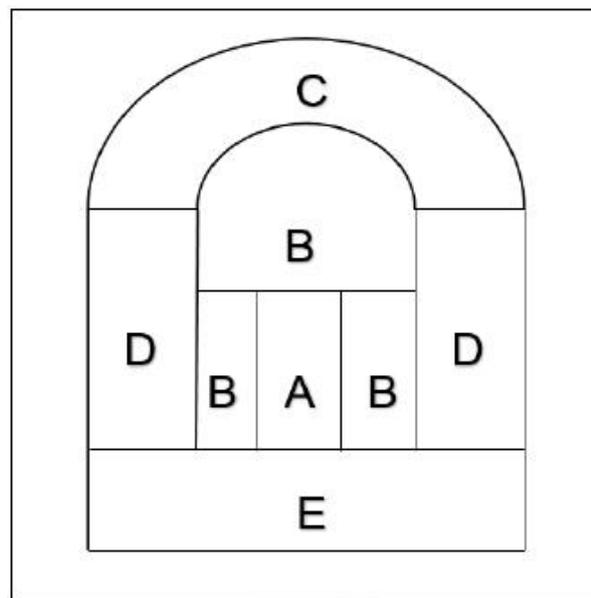
2.2.1. Fundamentos de Malla de Perforación

El fundamento teórico utilizado para el desarrollo del proyecto de investigación esta basado en el modelo para túneles de Calvin J. Konya, el cual

es un modelo matemático para determinar un diseño de malla de perforación para labores de explotación.

Para determinar los cálculos, Calvin J. Konya ha particionado el frente de ejecución en cinco partes diferentes, cada sección se trata de una manera muy independiente de manera especial para los cálculos; las secciones se aprecian en la siguiente figura.

Figura 7: Distribución de taladros



Fuente: Elaboracion propia

- A: Taladros de arranque.
- B: Taladros de ayuda.
- C: Taladros de techo.
- D: Taladros hastiales.
- E: Taladros de los arrastres.

2.2.2. Perforación

- **Perforación por Percusión**

La percusión se define por el golpe y el giro su componente principal de la maquina es el pistón, el mismo genera una fuerza hacia adelante golpeando la culata del barreno, por lo que la energía del pistón es cinética que se transmite desde el martillo hasta la zona de corte del barreno de perforación mediante el varillaje, como una de onda de choque. La onda se desplaza a una alta velocidad y la manera está en función a las características del diseño de pistón.

La fuerza de choque desplaza la energía hasta llegar a la broca o elemento de corte del barreno del equipo, parte de la energía se convierte en trabajo útil la penetración y el diferencial se refleja y retrocede mediante el varillaje, el proceso genera calor y desgaste de los componentes. El control de la eficiencia de la transmisión de toda la energía es bastante difícil y depende de muchas variables, como: tipo de roca, el diseño de la broca, las características del varillaje, la forma y dimensiones del pistón, etc.

Dependiendo del diseño de la máquina de perforación que se utiliza se tienen una mejor transmisión de energía. En todo sistema de perforación el parámetro que más influye en la velocidad es la potencia de percusión en la penetración.

- **Perforación por Rotación**

Este sistema de perforación por rotación para labores mineras considera dos acciones básicas mediante la broca a la roca: el empuje axial y el torque; la fuerza se transmite al inserto mediante un tubo de perforación que gira y presiona la broca frente a la roca. Los componentes cortantes de la broca accionan una presión a la roca

llegando a generar la rotura, la función esencial del componente es hacer que la broca actúe sobre distintas partes de la roca en el fondo del barreno.

- **Perforación por Roto percusión**

Este sistema de perforación del equipo perforador se define por el impacto del pistón de acero parte que golpea a la culata del barreno transmitiendo toda la energía al fondo de la barra mediante su componente final que es la broca. Los perforadores roto-percutivos se clasifican en 2 grandes tipos de acuerdo como se encuentre ubicado el martillo:

- De martillo en cabeza. En estas máquinas perforadoras posee dos acciones esenciales que es la rotación y la percusión, esto ocurre fuera del barreno, se transmite mediante una espiga y de las barras hasta la broca de perforación. Todos estos martillos se accionan en forma neumática o hidráulica.
- Martillo en fondo. El impacto de los golpes es decir la percusión se ejecuta directamente encima de la broca de perforación, asimismo la rotación se ejecuta en el exterior de la barra. El accionamiento del pistón se realiza en forma neumática mientras que la rotación es neumática o hidráulica.

La máquina perforadora por rotopercusión tiene una combinación con los siguientes principios; percusión y rotación. La percusión esta determinado por los impactos que produce por los golpes del pistón que originan ondas de choque que van transmitiendo a la broca mediante las barras en el caso del martillo en cabeza o también de

manera directa sobre ella en el caso del martillo de fondo. El mecanismo de rotación consiste en producir giros en la broca para que los golpes en la roca se produzcan en diferentes posiciones.

Las ventajas que posee la perforación roto-percutiva es:

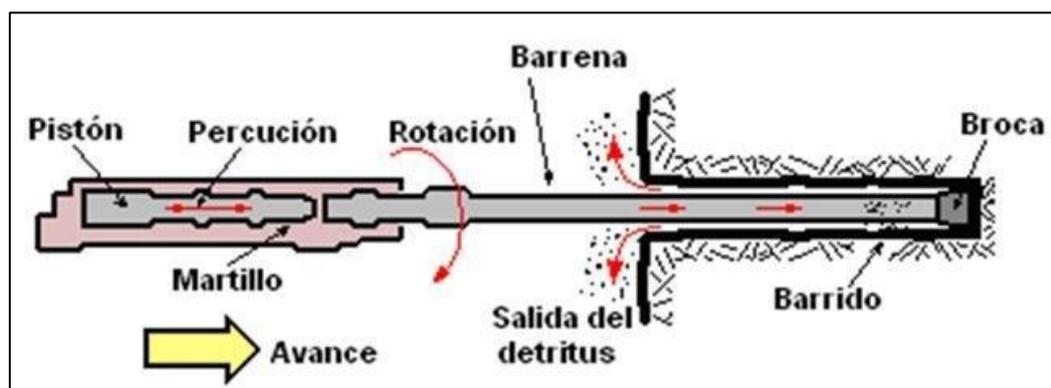
- Se puede aplicar en todo tipo de roca, de blandas a duras.
- Estos equipos son muy versátiles, se adaptan altamente bien a diferentes tipos de trabajos.
- Requiere de un solo operario para el manejo y operación.
- Su mantenimiento es simple y rápido.
- Su costo de adquisición no es elevado.

Por todas las ventajas descritas, los tipos de trabajos donde se utilizan es:

Carreteras, autopistas, túneles, obras públicas subterráneas, centrales hidráulicas, depósitos de residuos, etc.

- En minas subterráneas y en explotaciones a cielo abierto

Figura 8: Perforación por roto percusión



Fuente: Elaboración propia

2.2.3. Trazos de Arranque

El término de la palabra voladura de frentes es importante su conocimiento, por lo que en la ejecución de una primera cavidad, se le denomina corte, cuele o arranque, su objetivo crear una segunda cavidad como cara libre de mayor magnitud para facilitar la siguiente cavidad hasta concluir con toda la sección, por lo que los taladros del arranque y de la periferia realicen la fragmentación de la roca de toda la sección de la cavidad.

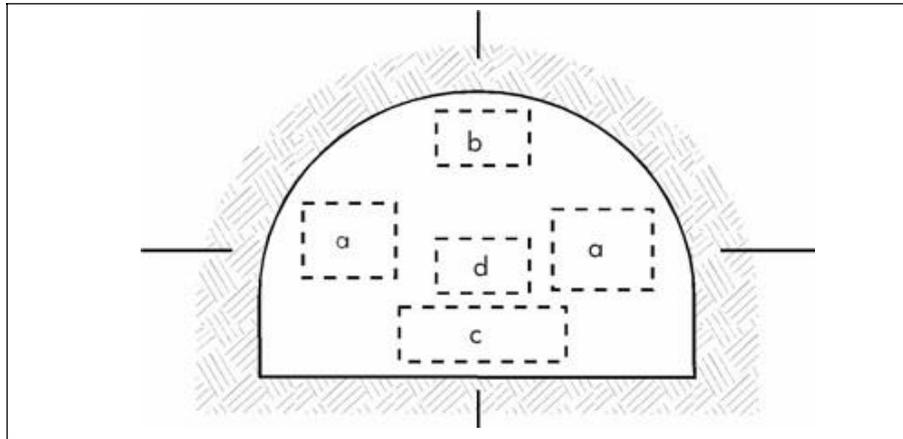
Al generarse toda la sección del frente insitu de la labor se le determina como un banco anular, donde los parámetros para calcular para la fragmentación serán similares a los utilizados en un banco superficial, pero considerando que las cargas deben de ser en mayor cantidad para poder desplazar el material destrozado.

De acuerdo con las dimensiones del frente y según el diámetro del taladro, el área fragmentada del orificio del arranque varía de 0.30 a 0.50 m²., estas dimensiones son casi normales y se adecuan para facilitar la trituración de los taladros de la sección hacia ella, si se diseñan taladros de diámetro mayor el área que se requiere puede llegar a 1 m².

La longitud de la profundidad del taladro debe ser igual al proyecto para el avance del disparo mínimamente. La ubicación del arranque influye en la proyección del material triturado, en la necesidad del explosivo y la cantidad de taladros que se requiere para la voladura. Generalmente, si se ubica cerca de uno de los flancos (a) se va necesitar menos taladros en el frente; muy cerca al techo (b) se obtiene buen desplazamiento y un buen apilamiento de los escombros, si se tiene un mayor consumo de explosivo; el arrastre (c) conviene cuando el

material va caer por gravedad o por desplome. Se concluye que la mejor ubicación es al centro de la sección desplazado un poco por debajo del punto medio (d).

Figura 9: Ubicación del Arranque



Fuente: Propia

- **Corte Quemado (Burn Cut)**

El corte quemado está determinado por un grupo de taladros con un mismo diámetro que se perforan muy cercas entre se considera distintos trazos o diferente distribución, algunos taladros están vacíos es decir no contienen carga explosiva donde estos taladros vacíos sirven de cara libre para el grupo de los taladros con carga explosiva cuando explosinan.

La distribución más simple tiene la forma de un rombo más o menos de cinco taladros, 4 vacíos en los vértices y un taladro cargado al centro, se emplea cuando la roca es suave. Para condiciones que la roca es más dura el esquema se invierte es decir el taladro central va vacío y los 4 de cada vértice va cargado.

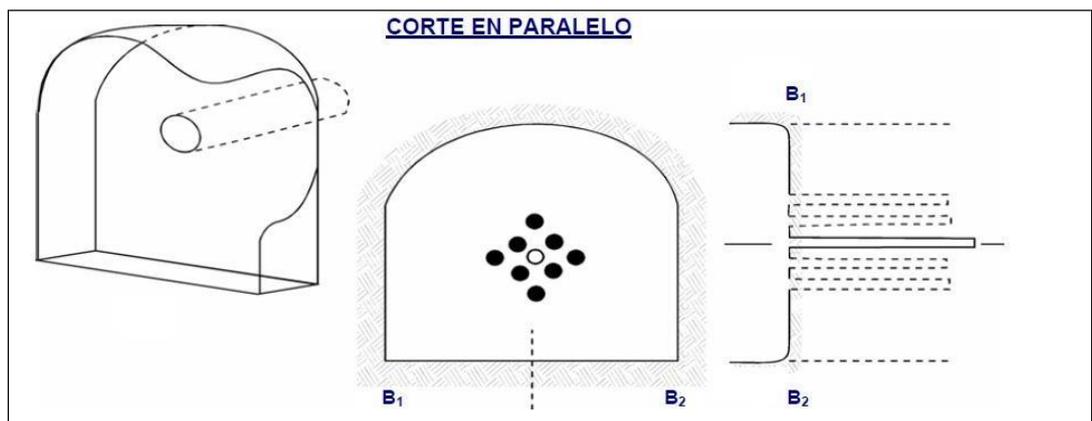
También se distribuyen otros esquemas pueden ser de seis, nueve y más taladros de acuerdo con el tipo de roca, con distribución cuadrática, donde la mitad de taladros van cargados y la diferencia van vacíos, de manera

alternada de formas diferentes pueden ser en triángulo y rombos, también se tiene distribuciones más complejas, pueden ser los cortes suecos, que tienen una secuencia de salida en espiral.

Todos los taladros se perforan en paralelo y muy cerca, el consumo del explosivo es elevada, generalmente la roca triturada se sintetiza en la zona profunda del corte, muchas veces no se da la condición óptima para la salida del arranque, lo contrario ocurre con los cortes cilíndricos.

El avance efectivo es reducido y no supera los 2.5 m. por voladura, por lo que el corte cilíndrico es preferentemente aplicado.

Figura 10: Taladros de arranque



Fuente: Elaboración propia

2.2.4. Distribución de Taladros.

El trazo geométrico de la malla de taladros de perforación y para la secuencia de salida se cuenta con varias alternativas, de acuerdo con la característica de la roca y condiciones del equipo perforador, llegando en muchos casos es bastante analítico.

Los taladros se distribuyen de manera concéntrica, con los taladros de arranque ubicado en el área central del frente, se denomina como sigue.

- **Taladros de Arranque**

Generalmente se encuentran en la parte central, su función es generar la primera cavidad en la sección de la galería, originando una segunda cara libre para la secuencial salida de los demás taladros, creándose en un banco anular. En el arranque se carga mayor cantidad de explosivo de 1,3 a 1,5 más de carga en relación al resto de taladros para desplazar el material fragmentado, en forma proporcional se disminuye la cantidad de explosivo en los cuadradores y alzas son los taladros que ofrecen menor resistencia y actúan por desplome.

- **Taladros de Ayuda**

Estos taladros le siguen a los de arranque y continúan en formar otras salidas de la cavidad inicial el número de orificios es variable de acuerdo con las dimensiones del frente a las primeras ayudas se le denomina contra cueles, la segunda y terceras ayudas se denomina taladros de franqueo o destrozo. Salen en segunda secuencia.

- **Taladros Cuadradores**

Son taladros laterales que se encuentran en lado izquierdo y derecho del perfil de la sección del frente que son los flancos del túnel.

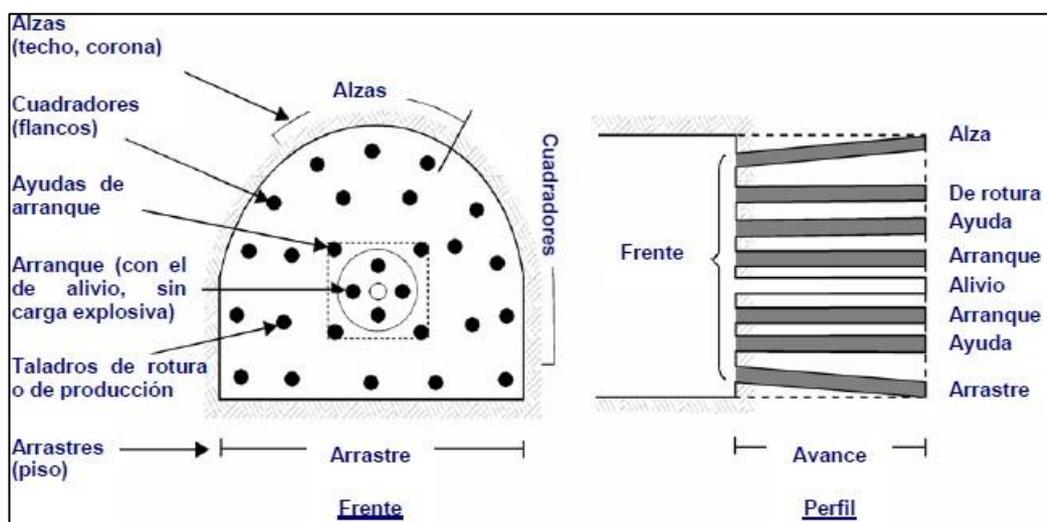
- **Taladros de Alza o Techo**

Estos taladros de corona dan forma a la bóveda del túnel. También se les conoce como taladros del techo o alzas en la voladura controlada o smooth blasting se disparan en el mismo tiempo que las alzas y cuadradores, de manera instantánea y al final de la ronda, se le denomina taladros periféricos.

- Taladros de Arrastre o Piso

Son los taladros que se ubican en el piso del frente o la galería son los últimos en dispararse al final de toda la voladura.

Figura 10: Denominación de los taladros



Fuente: Propia

2.2.5. Errores en la Perforación

La perforación se debe realizar en un tiempo de mayor eficiencia y con calidad se debe evitar dejar mineral en las cajas o diluir por sobre excavación o deficiente perforación. En las labores de preparación el avance debe obtener en 95% de la longitud efectiva caso contrario significa que se está realizando un trabajo deficiente. Es muy importante los conocimientos del operario en los estándares de la calidad en la perforación, se debe lograr la operación consciente del trabajador ser flexible al cambio, participando en equipo de mejora continua. Se debe lograr que el perforista cumpla satisfactoriamente los estándares de operación, tener conocimiento de los procedimientos escritos de trabajo seguro, realizando la identificación de peligros evaluación y control de riesgos.

Seguidamente, se describe los errores de perforación, son los que causan un deficiente avance.

Taladro de alivio de diámetro pequeño: En el arranque el diámetro de los taladros de alivio debe ser de mayor diámetro con relación al taladro de destroza. Caso contrario afectara al arranque de la voladura.

Taladros no paralelos: La perforación no mantienen el paralelismo de los taladros por lo que no se mantiene el burden, resultan mayor o menor en el fondo, ello afecta a la fragmentación de la voladura.

Espaciamiento irregular de taladros: Se obtiene fragmentación fina o gruesa.

Irregular longitud del taladro: Los taladros de la perforación tienen diferente longitud en el frente ello influye en el avance de la voladura y se crea una nueva cara muy irregular.

Intersección de taladros: Los taladros se interceptan en el fondo afectando la distribución de la carga explosiva y el cuerpo de la roca a fragmentar.

Sobre carga excesiva: Cuando se cargan demasiada cantidad de explosivo en los taladros, se tiene alta densidad se tiene como resultado el confinamiento o fragmentación muy fina.

2.2.6. Accesorios de Perforación

Barras

Son tubos o varillas de acero que se acoplan cuya función es transmitir el impacto del martillo a la broca, se ubica en el extremo, las varillas pueden ser hexagonales, rígidas, tubulares, etc. y el acoplamiento es rosca corrida, cono de embone liso, etc.

En el mercado se tiene las barras integrales con culata que se presentan con diferentes formas de broca e insertos, Todas estas barras integrales se

encuentran ordenadas en series, el diámetro del inserto es menor conforme va aumentando la longitud de la barra. Los tipos son:

- Broca tipo cincel. Son los más utilizados tienen la ventaja de tener un fácil afilado y un costo bajo.
- Broca de inserto-múltiple. Este tipo de broca se utilizan en la perforadora mecanizada cuando se tiene rocas blandas y fisuradas.
- Broca con botones. Se utiliza en roca de fácil penetración y poco abrasiva.

Brocas

Las brocas que se utilizan en la perforación roto-percutiva se tiene en dos tipos:

- Brocas de pastillas o plaquitas.
- Brocas de botones

Características de tipos de broca:

- Las barras se atornillan en toda la rosca de la broca para que la transmisión de la energía de golpe sea directa sobre la roca.
- Estas brocas cuentan con una serie de orificios laterales y centrales para la inyección del fluido de barrido para desplazar el detritus y tienen hendiduras para el pase y asciendan las partículas de roca.
- La broca esta diseñada ligeramente con conicidad, donde la zona más ancha se encuentra el que está en contacto con la roca, su función es de minimizar el desgaste que sufre el accesorio y no tener un ajuste excesivo con la pared del barreno.

2.2.7. Explosivos

Es un compuesto líquido o sólido, es una mezcla de aquellas sustancias oxidantes y combustibles que, con la aplicación de un estímulo o impacto a una

pequeña masa explosiva, reacciona en un intervalo de tiempo corto mediante otras sustancias más estables, se genera un volumen de gas, con de calor a alta temperatura y presión.

En el mercado se cuenta con una gran diversidad de explosivos, cada uno de ellos tienen una composición específica, con diferentes propiedades y características; para su empleo se requiere una debida elección.

El explosivo, genera cierta cantidad de fuerza destructiva por la rápida conversión del compuesto en gases a gran volumen y con alta temperatura se multiplica a gran escala el volumen original y ejerce presión sobre la roca, los mismos que se expanden velozmente como ondas de choque suficiente para vencer fuerzas confinadas de la roca circundante.

Propiedades de los Explosivos

Todo explosivo posee ciertas propiedades y características específicas, para determinar un proceso de detonación, así como las propiedades específicas de estos y diferentes medidas. Sus propiedades son.

- Velocidad de Detonación

La velocidad de detonación es la rapidez que viaja la onda de detonación a mediante la columna del explosivo, esta velocidad puede ser igual o mayor que la velocidad sónica del compuesto, ello es una de las variables importantes para calcular la presión de detonación del explosivo. Hay que considerar que hay factores que cambian la velocidad de detonación, entre los más importantes se tiene el confinamiento, diámetro, cebado, temperatura, tipo de producto.

Un conocimiento determinante de conocer el explosivo su grado de confinamiento, el confinamiento del explosivo mejora la velocidad de

detonación y minimiza el diámetro crítico; de acuerdo con el tipo de explosivo su grado de confinamiento puede variar la velocidad cuando aumenta el diámetro de la columna.

- **Densidad**

Es una propiedad muy importante la densidad de un explosivo que se considera en el cálculo del diseño de una voladura; La información completa es necesario para el cálculo del número de huecos de cualquier diámetro buscando el mejor factor de carga y distribución de esta. Para determinar la densidad del explosivo se compara con la densidad del agua para expresar en unidades de gr/cc., en su mayoría la densidad del explosivo comercial está en el un intervalo de 0,8 gr/cc. a 1,6 gr/cc. Es común que los explosivos a granel se presentan en sacos, los compuestos de combustibles y nitrato de amonio tienen una baja densidad, teniendo un intervalo de 0,8 gr/cc. a 1,15 gr/cc, asimismo todo explosivo encartuchado, como las dinamitas o geles, tienen mayor densidad y poseen un intervalo de 0,90 gr/cc. a 1,35 gr/cc. Es muy importante saber que, en el instante de cargar los taladros de la perforación la densidad del explosivo sufre un incremento por la compresión debido al confinamiento o por el método de carguío en el frente, esta densidad se determina como densidad de carga y va variando de acuerdo con el tipo de explosivo, aumenta del 10% a un 25% de la densidad origen.

El incremento excesivo en la densidad del explosivo ocasiona la no detonación de este, en el caso la densidad se denomina como densidad crítica, mayormente es común en el explosivo pulverulento que se utilizan en taladros muy profundos o presión hidrostática, por esta razón en taladros de

grandes profundidades con objetivos geofísicos o de exploración, se utilicen explosivos especiales.

- **Presión de Detonación**

La presión de detonación se genera en la zona de choque del macizo rocoso, es decir al frente de la zona durante el proceso de detonación. Cuando el explosivo detona, la presión es liberada de manera instantánea como una onda de choque de corta duración proporcionando al explosivo una propiedad llamada “brisance”, no es otra que el efecto de corte o trituración que crea el explosivo, instantáneamente sobre la roca. Al brisance también se le denomina el poder de fragmentación. Esta presión de detonación es función de la densidad, la velocidad de detonación del explosivo.

- **Potencia y Energía**

La potencia del explosivo como aplicación industrial, es una propiedad física muy importante, ya que determina la energía disponible para generar efectos mecánicos.

Existe varias formas de determinar la potencia del explosivo. En las primeras dinamitas se consideraba el porcentaje de nitroglicerina como parámetro de medida para la potencia. Seguidamente, con el cambio parcial de la nitroglicerina por otras sustancias químicas, y con los diferentes ensayos comparativos de laboratorio, se pasó a considerar como potencia relativa en peso y potencia relativa en volumen. En la actualidad se referencia la potencia del explosivo en tanto por ciento de otro explosivo que se considera como patrón, anfo, goma pura, etc., se le asigna el valor de 100.

- **Resistencia al Agua**

Es la capacidad de un explosivo de resistir a la exposición al agua puede ser prolongada o no tal que no pierda sus propiedades explosivas, su resistencia se expresa en base al tiempo, horas en que el explosivo puede estar en contacto con el agua y luego detone manteniendo su velocidad, potencia y simpatía. Esta propiedad es variable de acuerdo con la composición del explosivo, en el caso de las gelatinas y dinamitas, están vinculada a proporción de nitroglicerina u otros aditivos que contengan, este último tiene mayor resistencia. Cuando consideramos el grupo de los agentes de voladura se puede indicar a los slurries y las emulsiones a granel tienen muy baja resistencia.

Para todo explosivo la presencia de agua en los taladros produce un desbalance químico del material, pierden su sensibilidad a la detonación, también se retardan la elevación de la temperatura. El agua comparte H₂ y O₂ adicional, por lo tanto, requiere de cierta temperatura para vaporizarla. Si se cargan explosivos en taladros con presencia solo de humedad, se puede emplear cualquier explosivo siempre en cuando el tiempo de permanencia de estar cargado en el taladro sea breve o se proteja la cobertura a los mismos de la humedad.

- **Sensibilidad**

La sensibilidad es una propiedad del explosivo cuya función es de propagar la reacción en toda la longitud de carga, esta característica se puede medir al determinar el diámetro crítico del explosivo. Todos los diferentes explosivos poseen un diámetro crítico, que va variando de acuerdo con la dependencia de la composición de 1 a 100 mm.

Asimismo, la propiedad de la sensibilidad es definida como una medición de la capacidad del explosivo de propagar la reacción de un explosivo a otro explosivo, considerando que su diámetro es mayor al crítico. Esta propiedad se determina como la distancia máxima que se puede separar en centímetros un explosivo con cebo y uno sin cebar, durante la detonación la transferencia debe ocurrir.

- **Emanación de Gases**

Un explosivo comercial al detonar genera gases resultantes pueden ser los agentes de voladuras, en su mayoría son tóxicos en elevada concentración, se generan el nitrógeno, bióxido de carbono y vapor de agua; sin embargo, también juntamente con ellos se generan en menor proporción, gases muy tóxicos como los óxidos de nitrógeno, y el monóxido de carbono. La generación de estos gases tóxicos producto de la reacción explosiva es muy importante ya que restringe su empleo en minería subterránea, ya que significa un alto riesgo de accidentes para el operario de la labor.

- **Inflamabilidad**

Esta propiedad de la inflamabilidad se define por la facilidad de que el explosivo puede encenderse flama o fuego, por calor, chispa; siendo importante para considerar el transporte, almacenamiento y uso.

Los productos con contenido de agua poseen una detonación de potencial significativamente menor que la dinamita cuando se le genera una llama, pero es necesario aclarar que esto solo significa un margen mayor de seguridad y no se puedan autorizar prácticas inseguras. Generalizando todo explosivo debe ser tratados como altamente flamable.

Criterios de Selección del Explosivo

Para seleccionar un adecuado explosivo industrial es muy importante tener en cuenta el diseño de voladura y considerando el producto final que se quiere obtener. Algunos criterios que se considera para una buena elección del explosivo son: el tipo de roca, tamaño de la fragmentación, diámetro de carga, precio del explosivo, volumen de roca a volar, presencia de agua en los taladros, problemas de suministro, condiciones de seguridad.

Precio del Explosivo

Una de las condiciones para seleccionar un explosivo es el precio es importante considerar al momento de seleccionar el producto para la adquisición, se recomienda seleccionar el explosivo de menor costo pero que sirva para ejecutar eficientemente el trabajo planificado considerando alcanzar el menor costo en la voladura. El explosivo de menor costo en el mercado es el nitrato de amonio y por esa razón es el que se utiliza más.

2.2.8. Voladura

La voladura de rocas en el proceso de perforación y voladura es la actividad final que se ejecuta, es el termino de éxito de la guardia. Para fragmentar la roca se utilizan explosivos industriales para cargar los taladros que previamente se ha perforado, El chispeador tiene que tener presente que esta actividad que realiza es muy importante y sensible en el uso del explosivo para la trituración de la roca, estos generan una zona concentración de energía que crean efectos dinámicos, desplazamiento y fragmentación.

El tamaño de los fragmentos generados de acuerdo con la distribución y porcentajes por tamaños mientras que el desplazamiento se refiere al apilonamiento de la masa de rocosa triturada.

Una eficiente fragmentación es muy importante cuando se cumple de acuerdo con lo programado, esto facilita el transporte, la remoción y el tratamiento del material volado, este último tiene una relación directa al uso que se destinará el material. Así la explotación de minerales busca de manera variable la fragmentación de acuerdo a la dimensión de los equipos que se utiliza en la mina esto facilita los procesos posteriores en la planta metalúrgica, también se debe considerar que el desplazamiento y el apilamiento del material volado debe tener la acumulación más conveniente para la limpieza o acarreo de acuerdo con las dimensiones de las palas y vehículos disponibles.

Considerando los diversos factores que se tiene en una voladura, como el objetivo y uso final del lugar a excavar, del material a obtener, el volumen a ser excavado, el grado de fragmentación, si la roca triturada se quedara in situ o se transportara a un espacio diferente, dimensión del equipo, lugar el tipo, proximidad a la instalación, también se debe considerar las vibraciones o proyecciones, además de otros, por lo tanto requiere una planificación muy cuidadosa de la voladura controlando todos los factores que van influir en los resultados.

Se tiene una serie de parámetros, variables que se consideran de manera directa o indirecta para el diseño de una voladura, cada uno de estos factores son dependientes uno u otro, que están relacionados entre sí; unos factores se puede controlar y otros no se puede controlar como las variables de diseño de perforación y del explosivo a emplear, asimismo no se puede modificar la geología o características de la roca.

Considerando los principios de la mecánica de rotura, toda voladura tiene proceso tridimensional, donde las presiones generadas por todo explosivo confinado dentro de un taladro.

2.2.9. Cálculo de Voladura

Avance por Disparo

El avance está limitado por el diámetro del taladro vacío y la desviación de los taladros cargados. Siempre que esta última se mantenga por debajo del 2%, los avances medios I deben llegar al 95% de la profundidad del taladro L . (López Jimeno Carlos Ramón, 2000).

$$I = 0,95 * L$$

Dónde:

I = Avance de la voladura (m)

L = Profundidad de los taladros a perforarse (m)

Cuando se utilizan arranques con varios taladros vacíos en lugar de uno solo entonces la ecuación anterior sigue siendo válida si:

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

Dónde:

D_1 = Diámetro de taladro de alivio (m).

n = Número de taladros vacíos en el arranque.

D_2 = Diámetro del taladro alivio equivalente (m)

El número de taladros requerido para una voladura subterránea depende del tipo de roca a volar, del grado de confinamiento del frente, del grado de fragmentación que se desea obtener y del diámetro de las brocas de perforación disponibles; factores que individualmente pueden obligar a reducir o ampliar la

malla de perforación y por consiguiente aumentar o disminuir el número de taladros calculados teóricamente influyen también la clase de explosivo y el método de iniciación a emplear.

Se puede calcular el número de taladros en forma aproximada mediante la siguiente fórmula empírica o en forma más precisa con la relación.

$$N^{\circ}\text{Tal} = \left(\frac{P}{Dt}\right) + (C * S)$$

Donde:

P = Circunferencia o perímetro de la sección del túnel, en m, que se obtiene con la fórmula.

$$P = 4*(A*H)^{1/2}$$

Dt = Distancia entre taladros (m).

C = Coeficiente o factor de roca.

S = Sección de la galería (m²).

Relación de la dureza de la roca con la distancia.

Dureza de roca	Distancia entre taladros (m)
Roca dura	0,50 a 0,55
Roca intermedia	0,60 a 0,65
Roca suave o friable	0,70 a 0,75

C = Coeficiente o factor de roca, usualmente de: Relación de la dureza de la roca con el coeficiente.

Dureza de roca	Coefficiente de roca (m)
Roca dura	2,00
Roca intermedia	1,50
Roca suave o friable	1,00

S = Dimensión de la sección del túnel en m² (cara libre).

2.2.10. Costos

Un costo llega a ser el valor económico que se realiza para adquirir un servicio o producto, Los fines pueden ser de tipo operativo, como ejemplo comprar herramientas, producir un material, prestar servicio, venderlo, obtener capital para financiar, administrar una empresa, etc. Al realizarlo alguno de ellos y no se logra los fines deseados, se argumenta que se tiene una pérdida.

Un costo es base del fundamento del costo del producto, el análisis de un desempeño y luego en la toma de la decisión gerencial. El costo esta definido como un valor para adquirir un bien o servicio, que se mide en valor monetario y mediante una reducción de activos también se incurre en el pasivo en el instante en que se adquiere un beneficio. En el instante de la adquisición, el costo incurrido es que se ha logrado un beneficio presente o futuro. Cuando se hace uso estos beneficios, el costo se convierte en inversión o gasto. Gasto está definido por un costo que ha generado un beneficio y que va a expirar en un tiempo. Un costo que no ha expirado puede dar un beneficio futuro y se considera como activo. Los gastos se relacionan con los ingresos para calcular una utilidad o una pérdida neta de cierto periodo.

Los gastos llegan a ser el monto total, en valor monetario, de recursos financieros, materiales y laborales que se utilizan en un periodo determinado, para

el caso en gastos de la actividad minera. El fundamento del gasto tiene un concepto amplio, se incluye además del recurso gastado en un periodo de la producción, los gastos en relación con el incremento en producción de todo el proceso, los gastos que se consideran al costo para un periodo futuro llamado gasto diferido, los gastos relacionados a la producción financiados por fuentes especiales de financiamiento y gastos de actividades ajenas a la producción.

Determinación de los costos.

Es muy importante el conocimiento y la determinación precisa de los costos de una organización, entre las funciones y objetivos en la determinación del costo, se consideran los siguientes:

- Su conocimiento facilita la toma de decisiones.
- El conocimiento permite la evaluación del inventario.
- El conocimiento permite controlar la deficiencia de una operación.
- El conocimiento permite un planeamiento, control y gestión de la empresa.

Costos de acuerdo con el grado de variabilidad

Este grado es importante para poder realizar estudios de planeamiento y control de operaciones, se efectúa gerencialmente. Esta relacionado a la variación de costos, de acuerdo con los niveles de producción.

Costos fijos.

Son los rubros donde el costo permanece en forma constante entre un rango muy representativo referido a la producción, mientras que un costo fijo es variable con la producción por unidad, fuera del rango relevante de producción, es variable los costos fijos. De otra manera, es aquella erogación que es muy independiente al tonelaje de producción, esto es, referente a la cantidad que se produzca de tal o cual zona, entonces si una producción sube o baja, el costo fijo

permanece indiferente. Un costo no tiene ninguna relación directa con las variaciones de la producción. Un costo fijo solo se aplica en un corto plazo, por lo que en este periodo la organización no puede cambiar su capacidad productiva. Son los costos cuyo valor total permanecen constante, independiente al tonelaje de producción de la organización. Se puede determinar y reconocer como costos de mantenimiento de la organización abierta, de tal manera que se realice o no la producción, se negocie o no la mercadería, estos costos deben ser solventados por la empresa, ejemplo:

- Sostenimiento de labores.
- Servicios de producción.
- Alquiler de equipo y servicios para mina y uso administrativo.
- depreciaciones y Amortizaciones.

Costos variables

Se considera a todos los gastos de una empresa o también pueden ser como gastos de operación que varía directamente, en algunas ocasiones es de manera proporcional con la venta o el tonelaje de producción, los servicios empleados u otra medida de actividad. En otro conocimiento, se nombra como el costo que fluctúan en relación directa a una específica actividad o tonelaje de producción la referida actividad puede ser actividad de ventas o producción; ejemplo: los concentrados de minerales cambian en relación al tonelaje de producción y toda comisión está en relación con las ventas, además del material consumido, la mano de obra directa, los suministros; la depreciación; las comisiones, etc.

Por lo que se puede determinar como aquellas erogaciones consideradas muy sensibles al tonelaje de producción de una zona de producción explotado. El

costo variable se identifica por la dependencia de lo que se va producir de un determinado producto durante un ciclo de operación. Asimismo, se puede identificar si el costo total varía en proporción directa a los cambios en el tonelaje, de producción, entre del rango relevante y como el costo unitario permanece constante y permanente.

- Mano de obra indirecta.
- Lubricantes, combustibles.
- Aceites de motores
- Insumos y materiales directos como energía, aire comprimido, explosivos, llantas, etc.

Costos Directos

Un costo directo se puede reconocer plenamente o se puede asociar a servicios y los productos que están realizados o procesados, también puede referirse de proyectos de un área determinada que tiene una gran responsabilidad en la utilización o un empleo; que de una manera específica se puede considerar como tales, los gastos originados por la adquisición de materiales, empleados o también puede ser por servicios dados y otras obligaciones que están asociadas de una manera específica de una actividad que se desarrolla.

Son todos los costos que se determina directamente a una actividad de producción, por lo general se consideran a costos variables.

Costos indirectos.

El costo indirecto está determinado por todos los gastos que no se pueden identificar dentro de un servicio dado o producción, que se encuentran relacionados con ellos en forma indirecta. Son todos aquellos que, por lo general, se generan en otras áreas de la organización que son de apoyo a todas las acciones

esenciales de la empresa. Los costos indirectos se consideran a los administrativos de toda índole, como los de mantenimiento y reparación, los cuales se realizan con el objetivo de apoyar las acciones que realiza la misma empresa.

También se puede definir a lo que no son asignados directamente a las actividades del servicio o producción, pero que son muy necesarios para toda la producción. Están distribuidas en todas las diferentes unidades productivas considerados como algún criterio de reparto. En la gran mayoría de casos el costo indirecto es un costo fijo.

2.3. Definición de términos básicos

Percusión

Impacto producido por el golpe del pistón que origina una onda de choque que se transmite a la broca mediante el varillaje o directamente sobre ella.

Rotación

Movimiento que hace girar la broca para que el impacto se genere sobre la roca en diferentes posiciones.

Empuje

Mantiene en contacto el útil del perforador con la roca que crea un empuje en la sarta de perforación.

Barrido

Fluido a cierta presión que permite extraer el detritus del fondo del taladro

Dureza

Capacidad de resistencia de la roca que dificulta para perforarla.

Tenacidad

Dificultad de romperse la roca por el efecto de fuerza de compresión, impacto y tensión, varia de rangos de friable, intermedia a tenaz.

Densidad

Dificultad para volar la roca, varía entre 1,0 a 4,5 g/cm³ en promedio. Rocas densas requieren explosivos densos para romperse. La densidad es peso/volumen (g/cm³).

Textura

Manera de unión de los granos o cristales y el grado de cohesión o concentración relacionada con la facilidad de rotura.

Porosidad

Oquedades o poros que poseen la capacidad de captar el agua.

Variabilidad

La roca no es homogénea en textura y composición, pose alto índice de heterogeneidad o anisotropía.

Grado de alteración

Desgaste producido por el efecto de la intemperie y las aguas freáticas, también por fenómenos geológicos que lo transforman o modifican.

Frecuencia sísmica

Es la velocidad en que las ondas atraviesan entre las rocas.

Resistencia mecánica

Es la resistencia a todas las fuerzas de tensión y compresión.

Fricción interna

Capacidad de la superficie interna de deslizarse mediante esfuerzos ocurre en rocas estratificadas.

Módulo de Young

Es la resistencia a la deformación elástica.

Radio de poisson

Radio de extensión longitudinal, concentración transversal y de algún material bajo cierta tensión.

Impedancia

Densidad de la roca y velocidad sísmica versus la densidad del explosivo y la velocidad de detonación. La roca de alta frecuencia sísmica necesita explosivos con alta velocidad de detonación.

Costo variable unitario

Comprende la unidad de cada proceso. Costo que se determina directamente a la unidad de producto, así el costo de tonelada de mineral producido,

Costo variable total

Costo resultante de multiplicar la cantidad de servicios vendidos o productos fabricados en un periodo determinado por el costo variable unitario; puede ser mensual, anual u otro periodo.

Costo fijo total

En el costo fijo su proceso es inverso, es parte del costo fijo-total para llegar al costo fijo unitario.

Costo fijo unitario

Costo fijo total dividido por los servicios dados o la cantidad de productos.

Costo total

Integra el costo de producción con gastos incurridos en el proceso de venta y de transporte, resultado de la sumatoria del costo variable y fijo.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La aplicación de un nuevo diseño de la Perforación y Voladura permite la reducción de costos, en los avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua - Compañía Minera Buenaventura.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a. Los costos se reducen en los avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua - Compañía Minera Buenaventura, aplicando un nuevo diseño de la malla de perforación.
- b. Los costos se reducen en los avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua - Compañía Minera Buenaventura, aplicando un nuevo diseño en la carga explosiva.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable Independiente

X= Nuevo diseño de la perforación y voladura en los avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua - Compañía Minera Buenaventura.

2.5.2. Variable dependiente

Y= Reducción de costos en los avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua - Compañía Minera Buenaventura.

2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Nuevo diseño de la perforación y voladura en los avances de la veta socorro 3 – Unidad Uchucchacua- Compañía Minera Buenaventura	La aplicación de un nuevo diseño de perforación en el los avances de la veta socorro 3 –Unidad Uchucchacua- Compañía Minera Buenaventura permite reducir los costos, controlando la malla de perforación para ello se elaboran nuevas mallas de de acuerdo a las características geo mecánicas, indicando el número de taladros correspondientes, inclinación y longitud de taladros. Así mismo calculando la energía del explosivo mediante software de voladura o modelos matemáticos.	Malla de Perforación	Calidad de roca	RQD
				Número de taladros	Unidad
				Burden	m.
				Espaciamiento	m.
			Carga explosiva	Densidad del explosivo	gr/cm ³
				Energía del explosivo	Joules
				Consumo Específico	Kg./m ³
				Secuencia de retardos	Msg.
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Reducción de costos en los avances de la veta socorro 3- Unidad Uchucchacua Compañía Minera Buenaventura	Cuando se realizan avances en la preparación o corridas de tajeos muchas veces los costos de perforación y voladura no son bien controladas, ello genera altos costos Cuando se ejecutan estas labores por lo que requiere nuevos diseños para minimizar los costos.	Costos de Perforación	Perforadora	US\$
				Barra	US\$
				Broca	US\$
			Costos de voladura	Explosivos	US\$/v.
				Accesorios	US\$/v.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

La investigación según su objetivo es de carácter APLICATIVO, el estudio se ubica en un nivel de profundización descriptivo, correlacional y explicativo.

Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio (2014), en su libro: Metodología de la Investigación, explica mediante un ejemplo los tipos de investigación donde constituye un estudio descriptivo y relaciona dicha intenciones con conceptos como tiempos, marcas de equipos o magnitud, dimensiones que realizan las operaciones en una extracción (estudio correlacional), es diferente señalar por qué se tendría que un utilizar un determinado equipo para cierta cantidad de volumen y en otras operaciones tendrían que utilizar otros equipos.

3.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación de acuerdo al proceso del presente proyecto y según Hernández Sampieri (2018) se considera como descriptivo, correlacional y

explicativo. Por lo que se describe los datos tomados de una muestra anterior y luego de la nueva aplicación para luego correlacional toda la información finalmente se explica los análisis realizados.

3.3. Métodos de Investigación

Hay dos grandes grupos de métodos de investigación, los métodos lógicos y los empíricos. Los primeros son todos aquellos que se basan en la utilización del pensamiento en sus funciones de deducción, análisis y síntesis, mientras que los métodos empíricos, se aproximan al conocimiento del objeto mediante su conocimiento directo y el uso de la experiencia, entre ellos encontramos la observación y la experimentación (Custodio Ruíz 2019).

Según lo mencionado vamos a establecer los métodos de investigación utilizada en la investigación, es el método lógico inductivo, sintético y de análisis, del mismo modo se empleó el método empírico mediante la observación investigativa.

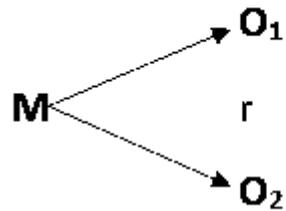
3.4. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación del presente estudio corresponde a una investigación cuantitativa, descriptiva y correlacional.

Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio (2014), Metodología de la Investigación, una investigación correlacional describe relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado. A veces, únicamente términos correlacionales, otras en función de la relación causa – efecto (causales). En el caso de esta investigación las variables guardan una relación, vibración – método

El diseño que se usará es de acuerdo a los objetivos y las hipótesis con el esquema siguiente:

DISEÑO CORRELACIONAL:



M = Muestra

O₁ = Observación 1

O₂ = Observación 2

r = Relación

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones. Para la investigación la población está constituida por las labores de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua - Compañía Minera Buenaventura.

3.5.2. Muestra

La muestra es en esencia un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen al conjunto definido en sus características al que llamamos población (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014). Para la investigación se consideró el frente SW Veta Socorro3

3.5.2.1. Cálculo del Número de Muestra

Para determinar el número de muestra emplearemos el siguiente modelo matemático estadístico:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times a \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z^2 \times a \times p \times q} \quad (I)$$

Donde:

Z: 1.96 (cuadro de distribución normal)

p: Proporción esperada (en este caso 2% = 0.02)

q: 1 – p (en este caso 1 – 0.02 = 0.98)

N: Total de la población (N= 5)

a: Nivel de significancia (a = 0.05)

d: Precisión de la investigación (5% = 0.05)

n : Tamaño óptimo de la muestra

Reemplazando cada una de las variables en el modelo matemático (I): n = 2.385 = 2 unidades

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Se utilizará las técnicas e instrumentos de recolección de datos, considerando:

Las técnicas utilizadas para la recolección de datos en la investigación fueron las utilizadas por el método de la estadística descriptiva, es decir:

- La Observación (Campo)
- Toma de datos primarios
- Toma de datos secundarios
- Entrevistas a personas, parte de la supervisión
- La clasificación de la información
- El análisis de los datos
- Medición (Gabinete)

- Evaluación de resultados
- Discusión e interpretación.

Los instrumentos utilizados para la recolección de la información de la investigación fueron los siguientes:

- Hoja de registro y planos del proyecto minero.
- Planos geos mecánicos.
- Informes de consultoría externa.
- Mapeo geo mecánico de las labores.
- Uso de Equipos.
- Uso de gabinete.
- Hojas de registro/ Libreta de Campo.
- Uso de PC.
- Análisis de componentes.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Selección

Los datos que se consideró para la elaboración de la presente tesis de investigación se obtuvieron de una base de datos y toma de datos con el software especializado que simulan los resultados de perforación y voladura.

Validación

Los datos para obtención y análisis de reducción de costos son válidos, debido a que se obtuvieron documentos con el visto bueno y firma de los ingenieros del área de la Mina Uchucchacua.

Confiabilidad

Los datos obtenidos para la reducción de los costos, cuenta con alta confiabilidad, pues estos datos fueron tomados varias veces considerando que las

voladuras varían de acuerdo al tipo de roca, malla de perforación y energía del explosivo.

3.8. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Para el análisis de datos se inició con la estructuración, a través de la organización de datos y transcripción del material, iniciando el análisis del material, apoyado en programas como el Excel, para la creación de una base datos y su análisis.

Para el procesamiento y análisis de los datos tomados de perforación y voladura se utilizó modelos matemáticos para obtener los resultados luego para analizar si estamos dentro de los estándares y costos permisibles.

Así mismo se revisará la información recopilada para determinar su validez y el grado de confiabilidad.

3.9. Tratamiento Estadístico

Para un primer nivel de análisis, se ha aplicado técnicas propias de la estadística descriptiva, como por ejemplo el cálculo de las frecuencias absolutas y relativas, la elaboración de tablas de contingencia, de histogramas y de diagramas circulares. Estas, además de facilitar la ordenación y comparación de los datos, nos permiten conocer los parámetros de las muestras con las que trabajamos con respecto a los nuevos parámetros obtenidos. Los recuentos necesarios para la elaboración de estos cálculos se han realizado con el programa Excel.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La presente tesis de investigación es de autoría propia y original, ya que me encuentro laborando en la Mina Uchucchacua, el desarrollo de la investigación están basados en investigaciones, observaciones, toma de datos de

perforación, voladura y costos del frente SW Veta Socorro 3; así mismo de informes del proyecto de la Mina para la recopilación de información, los cuales son citados y mencionados en el desarrollo de la tesis, de la misma manera las fuentes de las cuales la obtención de los datos estadísticos, imágenes y cuadros.

Las principales fuentes escritas que contribuyeron con información para la elaboración del proyecto de investigación son:

- Evaluación Conceptual Proyecto de la Veta Socorro 3, del área de Ingeniería y Planeamiento, (2017).
- Informe Estudio Geomecánico y Dimensionamiento del Minado Subterráneo del Proyecto Veta Socorro 3, DCR Ingenieros S.R. Ltda. Geomecánica en Minería y Obras Civiles, (2017).
- Estudio Hidrogeológico - Hidrológico del proyecto Veta Socorro 3 Sur Oeste Geólogos y Geofísicos S.A., (2017).

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Datos de perforación y Voladura de la Veta Socorro 3

Se tomó muestras de la perforación y voladura del frente SW de la veta socorro 3, para analizar la perforación y voladura, evaluar los resultados de la voladura para luego realizar un nuevo diseño; de esta manera mejorar los costos de perforación y voladura, se observa en la tabla 01:

Tabla 01. Información del diseño de perforación y voladura

Labor	Veta Socorro 3 – Frente SW
Lugar:	Mina Uchcucchacua
Diseño:	Malla de perforación y voladura
Ancho de la labor:	3:00 m.
Alto de la Labor:	3:00 m.
DATOS DE CAMPO	
Parámetros de perforación	
Número de taladros de producción	37
Número de taladros de alivio	2
Diámetro del Tal. de producción	38 mm.
Diámetro del Tal. de salida	106 mm.
Longitud del barreno	10 pies (3.00 m.)
PARAMETRO DE EXPLOSIVO	Emulex 80
Densidad	1.14 gr/cm ³

Velocidad de detonación	5600 m/sg.
Diámetro de explosivo	38 mm.
Longitud de explosivo	305 mm.
Peso por cartucho	403 gr.
N° de cartuchos en el arranque	9 cartuchos
N° de cartuchos por taladro de prod	8 cartuchos
N° de cartuchos caja, techo/tal.	6 cartuchos
N° de cartuchos por disparo	275 cartuchos
PARÁMETRO DE ROCA	Caliza Silisificada
Densidad	2.7 kg/m ³
Resistencia a la compresión	90.00 Mpa. (dureza intermedia)

Fuente: propia

4.1.2. Resultados de la Perforación y Voladura Convencional

- Resultado 1

Longitud efectiva de perforación 95% = 2.85 m.

Longitud efectiva de avance = 2.74 m.

Taco después del disparo = 0.11 m.

Eficiencia de voladura = 96%

Toneladas rotas = 67.5

Explosivo Utilizado = 110.825 kg.

Factor de Carga 1.64 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 2.0" en promedio

Perfil de la labor = regular, sobre excavación.

- Resultado 2

Longitud efectiva de perforación 95% = 2.85 m.

Longitud efectiva de avance = 2.72 m.

Taco después del disparo = 0.13 m.

Eficiencia de voladura = 95.4%

Toneladas rotas = 66 Tn.

Explosivo Utilizado = 110.825 kg.

Factor de Carga 1.68 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 1.5” en promedio

Perfil de la labor = irregular, sobre excavación

- **Resultado 3**

Longitud efectiva de perforación 95% = 2.85 m.

Longitud efectiva de avance = 2.71 m.

Taco después del disparo = 0.14 m.

Eficiencia de voladura = 95.08%

Toneladas rotas = 65.85 Tn.

Explosivo Utilizado = 110.825 kg.

Factor de Carga 1.68 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 1.5” en promedio

Perfil de la labor = irregular, sobre excavación.

- **Resultado 4**

Longitud efectiva de perforación 95% = 2.85 m.

Longitud efectiva de avance = 2.74 m.

Taco después del disparo = 0.13 m.

Eficiencia de voladura = 96%

Toneladas rotas = 67.5 Tn.

Explosivo Utilizado = 110.825 kg.

Factor de Carga 1.64 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 2.0” en promedio

Perfil de la labor = regular.

- **Resultado 5**

Longitud efectiva de perforación 95% = 2.85 m.

Longitud efectiva de avance = 2.72 m.

Taco después del disparo = 0.13 m.

Eficiencia de voladura = 95.4%

Toneladas rotas = 66 Tn.

Explosivo Utilizado = 110.825 kg.

Factor de Carga 1.68 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 1.5” en promedio

Perfil de la labor = irregular.

- **Resultado 6**

Longitud efectiva de perforación 95% = 2.85 m.

Longitud efectiva de avance = 2.56 m.

Taco después del disparo = 0.29 m.

Eficiencia de voladura = 89.82 %

Toneladas rotas = 62.208 Tn.

Explosivo Utilizado = 110.825 kg.

Factor de Carga 1.78 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 2.5” en promedio

Perfil de la labor = irregular, sobre excavación.

- **Resultado 7**

Longitud efectiva de perforación 95% = 2.85 m.

Longitud efectiva de avance = 2.74 m.

Taco después del disparo = 0.11 m.

Eficiencia de voladura = 96 %

Toneladas rotas = 67.5 Tn.

Explosivo Utilizado = 110.825 kg.

Factor de Carga 1.64 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 2.5” en promedio

Perfil de la labor = irregular.

- **Resultado 8**

Longitud efectiva de perforación 95% = 2.85 m.

Longitud efectiva de avance = 2.79 m.

Taco después del disparo = 0.06 m.

Eficiencia de voladura = 97.89%

Toneladas rotas = 67.79 Tn.

Explosivo Utilizado = 110.825 kg.

Factor de Carga 1.63 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 2.0” en promedio

Perfil de la labor = regular, sobre excavación.

- **Resultado 9**

Longitud efectiva de perforación 95% = 2.85 m.

Longitud efectiva de avance = 2.75 m.

Taco después del disparo = 0.10 m.

Eficiencia de voladura = 96.49 %

Toneladas rotas = 66.82 Tn.

Explosivo Utilizado = 110.825 kg.

Factor de Carga 1.65 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 2.0” en promedio

Perfil de la labor = irregular, sobre excavación.

- **Resultado 10**

Longitud efectiva de perforación 95% = 2.85 m.

Longitud efectiva de avance = 2.75 m.

Taco después del disparo = 0.10 m.

Eficiencia de voladura = 96.49%

Toneladas rotas = 66.82 Tn.

Explosivo Utilizado = 110.825 kg.

Factor de Carga 1.65 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 2.0” en promedio

Perfil de la labor = irregular.

4.1.3. Nuevo Diseño de la Perforación y Voladura

Para mejorar los costos se diseña una nueva malla con el modelo matemático de la figura 10.

Figura 10. Modelo Matemático

FORMULA PARA HALLAR CANTIDAD DE TALADROS

$$N^{\circ} t = (P/dt) + (c \times S)$$

NT = NUMERO DE TALADROS
P = PERIMETRO
DT = DISTANCIA DE TALADROS
C = COEFICIENTE DE FACTOR DE ROCA
S = ÁREA DEL TÚNEL

Dureza de roca	Distancia entre taladros (m)
Tenaz	0,50 a 0,55
Intermedia	0,60 a 0,65
Friable	0,70 a 0,75

c : coeficiente o factor de roca, usualmente de:

Dureza de roca	Coficiente de roca (m)
Tenaz	2,00
Intermedia	1,50
Friable	1,00

PERIMETRO $P = \sqrt{A} \times 4$

Fuente: Propia

$$S = 3 \times 3 \times 11/12 = 8.25 \text{ m}^2$$

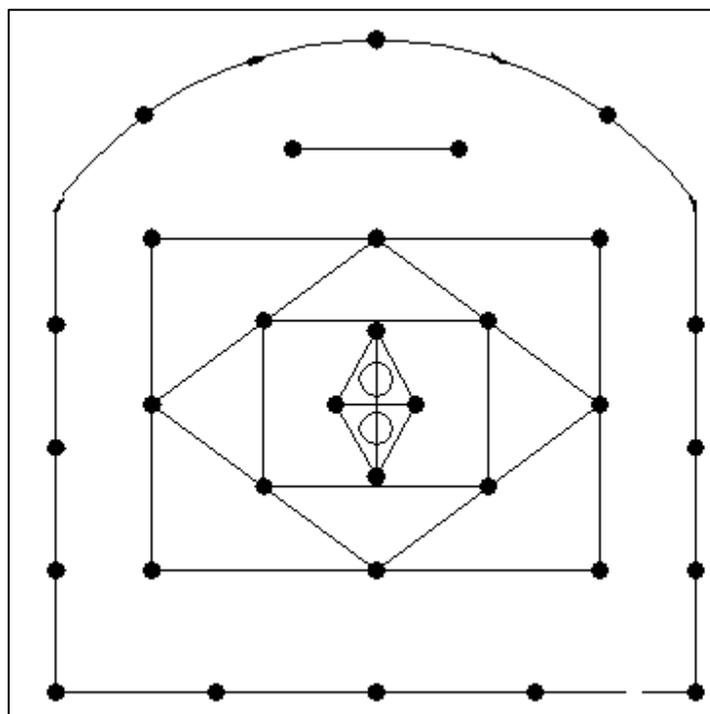
$$P = 4(8.25)^{1/2} = 11.48 \text{ m.}$$

$$dt = 0.60$$

$$c = 1.5$$

NT = 32 taladros de producción.

Figura N°. 11. Nuevo Diseño de malla de perforación



Fuente: Propia

4.1.4. Resultados con el Nuevo Diseño de la Perforación y Voladura

- Resultado 11

Longitud efectiva de perforación 97% = 2.91 m.

Longitud efectiva de avance = 2.90 m.

Taco después del disparo = 0.00 m.

Eficiencia de voladura = 99 %

Toneladas rotas = 70.47 Tn.

Explosivo Utilizado = 97.526 kg.

Factor de Carga 1.38 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 4.0" en promedio

Perfil de la labor = regular, mínima excavación.

- **Resultado 12**

Longitud efectiva de perforación 97% = 2.91 m.

Longitud efectiva de avance = 2.90 m.

Taco después del disparo = 0.00 m.

Eficiencia de voladura = 99 %

Toneladas rotas = 70.47 Tn.

Explosivo Utilizado = 97.526 kg.

Factor de Carga 1.38 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 4.0" en promedio

Perfil de la labor = regular, mínima excavación.

- **Resultado 13**

Longitud efectiva de perforación 97% = 2.91 m.

Longitud efectiva de avance = 2.91 m.

Taco después del disparo = 0.00 m.

Eficiencia de voladura = 99.9 %

Toneladas rotas = 70.71 Tn.

Explosivo Utilizado = 97.526 kg.

Factor de Carga 1.37 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 4.5" en promedio

Perfil de la labor = regular, mínima excavación.

- **Resultado 14**

Longitud efectiva de perforación 97% = 2.91 m.

Longitud efectiva de avance = 2.90 m.

Taco después del disparo = 0.00 m.

Eficiencia de voladura = 99 %

Toneladas rotas = 70.47 Tn.

Explosivo Utilizado = 97.526 kg.

Factor de Carga 1.38 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 4.0” en promedio

Perfil de la labor = regular, mínima excavación.

- **Resultado 15**

Longitud efectiva de perforación 97% = 2.91 m.

Longitud efectiva de avance = 2.91 m.

Taco después del disparo = 0.00 m.

Eficiencia de voladura = 99.9 %

Toneladas rotas = 70.71 Tn.

Explosivo Utilizado = 97.526 kg.

Factor de Carga 1.37 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 4.5” en promedio

Perfil de la labor = regular, mínima excavación.

- **Resultado 16**

Longitud efectiva de perforación 97% = 2.91 m.

Longitud efectiva de avance = 2.90 m.

Taco después del disparo = 0.00 m.

Eficiencia de voladura = 99 %

Toneladas rotas = 70.47 Tn.

Explosivo Utilizado = 97.526 kg.

Factor de Carga 1.38 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 4.0” en promedio

Perfil de la labor = regular, mínima excavación.

- **Resultado 17**

Longitud efectiva de perforación 97% = 2.91 m.

Longitud efectiva de avance = 2.90 m.

Taco después del disparo = 0.00 m.

Eficiencia de voladura = 99 %

Toneladas rotas = 70.47 Tn.

Explosivo Utilizado = 97.526 kg.

Factor de Carga 1.38 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 4.0" en promedio

Perfil de la labor = regular, mínima excavación.

- **Resultado 18**

Longitud efectiva de perforación 97% = 2.91 m.

Longitud efectiva de avance = 2.85 m.

Taco después del disparo = 0.00 m.

Eficiencia de voladura = 97,9 %

Toneladas rotas = 69.26 Tn.

Explosivo Utilizado = 97.526 kg.

Factor de Carga 1.40 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 4.0" en promedio

Perfil de la labor = regular, mínima excavación.

- **Resultado 19**

Longitud efectiva de perforación 97% = 2.91 m.

Longitud efectiva de avance = 2.91 m.

Taco después del disparo = 0.00 m.

Eficiencia de voladura = 99.9 %

Toneladas rotas = 70.71 Tn.

Explosivo Utilizado = 97.526 kg.

Factor de Carga 1.37 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 4.5" en promedio.

- **Resultado 20**

Longitud efectiva de perforación 97% = 2.91 m.

Longitud efectiva de avance = 2.90 m.

Taco después del disparo = 0.00 m.

Eficiencia de voladura = 99 %

Toneladas rotas = 70.47 Tn.

Explosivo Utilizado = 97.526 kg.

Factor de Carga 1.38 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 4.0" en promedio

Perfil de la labor = regular, mínima excavación.

4.2. Presentación Análisis e Interpretación de Resultados

4.2.1. Presentación de los Datos de Campo

4.2.1.1. Diseño Convencional

- **Malla de Perforación**

Taladros de Arranque = 4

Taladros de Ayudas = 4

Taladros de Sobre ayudas = 11

Taladros de Cuadradores = 8

Taladros de Alzas = 5

Taladros de Arrastre = 5

Taladros de alivio = 2

Total, taladros cargados = 37

- **Promedio de resultados de Perforación y Voladura**

Longitud efectiva de perforación 95% = 2.85 m.

Longitud efectiva de avance = 2.71 m.

Taco después del disparo = 0.14 m.

Eficiencia de voladura = 95 %

Toneladas rotas = 65.85 Tn.

Explosivo Utilizado = 110.825 kg.

Factor de Carga 1.68 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 2.0”

Perfil de la labor = irregular, sobre excavación.

De acuerdo con los resultados tomados se puede observar un avance efectivo del 91.00 % con respecto a la longitud efectiva de perforación que representa una eficiencia relativamente baja, el factor de carga de 1.68 Kg/Tn., relativamente alta para una roca de dureza intermedia; La granulometría de la fragmentación muy fina de 2.0” y finalmente el perfil de la sección totalmente irregular con sobre excavación. Por tanto, es necesario realizar un rediseño de la malla de perforación y voladura para mejorar la eficiencia de la ejecución del túnel.

- **Costos de Perforación y Voladura**

Los costos en perforación es la sumatoria de los costos por disparo de la barra, broca, perforadora, 37 taladros por disparo han influido en los cálculos; de igual manera para los costos de voladura se sumaban los costos del explosivo, fulminantes, guía, detonador y cordón

detonante como también no es necesario, el resumen se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla 02. Costos de perforación y voladura

Perforación		Voladura	
Descripción	Costos (US\$)	Descripción	Costos (US\$)
Perforadora	0.81\$/m. 85.05	Explosivo	0.85\$/kg 94.20
Barra	0.20\$/m. 21.00	Detonador	3.6\$/Pza. 133.20
Broca	0.90\$/m. 94.5	Cordón detonante	0.26\$/m. 2.6
		Fulminante	0.16\$/Pza. 0.32
		Guía	0.18\$/m. 0.54
Total	200.55	Total	230.86

4.2.1.2. Nuevo Diseño

- Malla de Perforación

Taladros de Arranque = 4

Taladros de Ayudas = 4

Taladros de Sobre ayudas = 10

Taladros de Cuadradores = 6

Taladros de Alzas = 3

Taladros de Arrastre = 5

Taladros de alivio = 2

Total, taladros cargados = 32

- Promedio de Resultados

Longitud efectiva de perforación 97% = 2.91 m.

Longitud efectiva de avance = 2.90 m.

Taco después del disparo = 0.00 m.

Eficiencia de voladura = 99 %

Toneladas rotas = 70.47 Tn.

Explosivo Utilizado = 97.526 kg.

Factor de Carga 1.38 Kg/Tn.

Granulometría de la fragmentación; 4.25” en promedio

Perfil de la labor = regular, mínima excavación.

De acuerdo con los resultados tomados se puede observar un avance efectivo del 95.0 % con respecto a la longitud efectiva de perforación que representa una eficiencia relativamente mejor, el factor de carga de 1.38 Kg/Tn., relativamente baja para una roca de dureza intermedia; La granulometría de la fragmentación buena de 4.25” y finalmente el perfil de la sección muy regular con mínima sobre excavación. Por tanto, se puede notar que con el rediseño de la malla de perforación y voladura mejora la eficiencia de la ejecución de la labor.

- **Costos de Perforación y Voladura**

Los costos en perforación es la sumatoria de los costos por disparo de la barra, broca, perforadora, 32 taladros por disparo han influido en los cálculos; de igual manera para los costos de voladura se sumaban los costos del explosivo, fulminantes, guía, detonador y cordón detonante como también no es necesario, el resumen se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla 03. Costos de perforación y voladura

Perforación		Voladura	
Descripción	Costos (US\$)	Descripción	Costos (US\$)
Perforadora	0.81\$/m. 93.12	Explosivo	0.85\$/kg 82.90
Barra	0.20\$/m. 18.62	Detonador	3.6\$/Pza. 115.20
Broca	0.90\$/m. 83.81	Cordón detonante	0.26\$/m. 2.6
		Fulminante	0.16\$/Pza. 0.32
		Guía	0.18\$/m. 0.54
Total	195.55	Total	201.56

Fuente: Propia

4.2.2. Análisis e Interpretación de Resultados

Se obtuvo los siguientes resultados en el diseño de perforación convencional y el nuevo diseño.

Tabla 04. Análisis de mallas de perforación

Malla Convencional		Malla del Nuevo Diseño	
Taladros	Cant.	Taladros	Cant.
Arranque	4	Arranque	4
Ayudas	4	Ayudas	4
Sobre ayudas	11	Sobre ayudas	10
Cuadradores	8	Cuadradores	6
Alzas	5	Alzas	3
Arrastres	5	Arrastres	5
Alivios	2	Alivios	2
Taladros cargados	37	Taladros cargados	32

Fuente: propia

Del cuadro anterior se puede observar que con la malla de perforación convencional se tiene un total de 37 taladros cargados y con el nuevo diseño se

tiene un total de 32 taladros cargados, representando 5 taladros menos, disminuyendo en los taladros de los cuadradores, las alzas y una sobre ayuda.

Analizando los resultados se obtuvo las siguientes conclusiones en la voladura convencional y en el nuevo diseño.

Tabla 5. Análisis de los resultados de las voladuras

Resultados	V. Conv.	V. ND.
Longitud efectiva de perforación	95% 2.85 m.	97% 2.90
Longitud efectiva de avance	2.71	2.90
Taco después del disparo	0.14 m.	0.01
Eficiencia de voladura	95%	98 %
Toneladas rotas	65.85 Tn.	70.47 Tn.
Explosivo Utilizado	110.825	97.521 Kg.
Factor de Carga	1.68 Kg./Tn.	1.38 Kg./Tn.
Granulometría de la fragmentación	2.0"	4.25"
Perfil de la labor	Irregular Sobre excavación	Regular Mínima sobre excavación

Fuente: Propia

Del cuadro anterior se puede notar que con el nuevo Diseño los resultados de la voladura han mejorado notablemente en cada uno de los parámetros considerados en la voladura.

Se obtuvo los siguientes resultados en costos de perforación y voladura convencional y con el nuevo diseño.

Tabla 6. Análisis de costos de perforación

Descripción	Costo en dólares PC	Costo en dólares P ND
Perforadora	0.81\$/m. 85.05	0.81\$/m. 93.12
Barra	0.20\$/m. 21.00	0.20\$/m. 18.62
Broca	0.90\$/m. 94.5	0.90\$/m. 83.81
Total	200.55	195.55

Fuente: Propia

Tabla 07. Análisis de costos de voladura

Descripción	Costos (US\$) VC	Costos (US\$) VND
Explosivo	0.85\$/kg 94.20	0.85\$/kg 82.90
Detonador	3.6\$/Pza. 133.20	3.6\$/Pza. 115.20
Cordón detonante	0.26\$/m. 2.6	0.26\$/m. 2.6
Fulminante	0.16\$/Pza. 0.32	0.16\$/Pza. 0.32
Guía	0.18\$/m. 0.54	0.18\$/m. 0.54
Total	230.86	201.56

Fuente: Propia

Del cuadro anterior se puede notar que los costos son menores en la voladura con el nuevo diseño.

Finalmente analizamos los costos de perforación y voladura por resultados por metro lineal y toneladas rotas.

Tabla 08. Análisis de costos, metro lineal y toneladas

Descripción	Resultado	Costo total	Costo unitario
Avance lineal VC	2.71 m.	431.41 \$	159.19 \$/m.
Avance Lineal VND	2.90 m.	397.11 \$	136.93 \$/m.
Toneladas rotas VC	65.85	431.41 \$	6,55 \$/Tn.
Toneladas rotas VND	70.47	397.11 \$	5.63 \$/Tn.

Fuente propia.

En el cuadro anterior se puede observar que los costos son menores con el nuevo diseño de perforación y voladura por avance en metro lineal y por tonelada rota.

4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Hipótesis General

Se planteó la siguiente hipótesis” La aplicación de un nuevo diseño de la Perforación y Voladura permite la reducción de costos, en los avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua - Compañía Minera Buenaventura”

Tal cómo se muestra en los resultados existe una reducción en los costos con la aplicación de un nuevo diseño de perforación y voladura a comparación de los resultados iniciales.

4.3.2. Hipótesis Específica

Descripción de la primera hipótesis específica

Se planteó lo siguiente: “Los costos se reducen en los avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua - Compañía Minera Buenaventura, aplicando un nuevo diseño de la malla de perforación”

La reducción de los costos se obtuvo del costo inicial de 200.55 dólares a 195.55 dólares, con la disminución del número de taladros de 37 a 32 con el nuevo diseño de malla, lo cual significa una mejor eficiencia.

Descripción la segunda hipótesis específica

Se planteó lo siguiente: “Los costos se reducen en los avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua - Compañía Minera Buenaventura, aplicando un nuevo diseño en la carga explosiva.”

En esta parte se redujo los kilogramos de explosivo y accesorios de voladura con la disminución del número de taladros; el costo inicial de 230.86 dólares se redujo a 201.56 dólares; así mismo significa una mejor eficiencia.

4.4. Discusión de resultados

Relacionando el título de la investigación “Aplicación de un Nuevo Diseño de Perforación y Voladura para la Reducción de Costos en Avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura”, existen resultados altamente favorables ya que en la perforación y voladura convencional se tenía 37 taladros de producción, con un avance de 2.71 m./disparo, una producción de 63.85 Toneladas, con un factor de carga 1.65 Kg./Tn., una granulometría de 2:0”, con una carga de 110.825 Kg. de explosivo por disparo, a un costo de 431.41 dólares por cada disparo. Con la aplicación de un nuevo diseño de la perforación y voladura la malla de perforación se reduce a 32 taladros de producción, con un avance de 2.90 m./disparo, una producción de 70.47 toneladas, con un factor de carga de 1.38 Kg./Tn., una granulometría de 4.25”, con una carga de explosivo de 97.521 Kg. de explosivo por disparo, a un costo de menor equivalente a 397.11 dólares.

Considerando la reducción de costos unitarios se puede notar que el costo por metros lineal de la voladura convencional es de 159.19 dólares y el costo por tonelada rota es de 6.55 dólares. Con la aplicación del nuevo diseño de perforación y voladura se reduce el costo por metro lineal equivalente a 136.93 dólares y el costo por tonelada rota a 5.63 dólares.

Finalmente, el programa anual considera 1200 metros de avance lineal que con la voladura convencional el costo sería de 191,028 dólares anuales. Con la aplicación del nuevo diseño de perforación y voladura el costo sería de

164,316; lo cual significaría minimizar los costos anuales en un monto de 26,712 dólares.

CONCLUSIONES

1. Con respecto a la prueba de hipótesis, se pudo reducir los costos de perforación y voladura de 431.41 dólares a 397.11 dólares al aplicar el nuevo diseño de perforación y voladura.
2. Con la aplicación del nuevo diseño de perforación y voladura se mejoró notablemente el avance lineal por disparo de 2.71 metros a 2.90 metros., esto también influye en el tonelaje roto de 63.85 toneladas a 70.47 toneladas por disparo
3. Se nota que al aplicar el nuevo diseño de voladura se optimiza el factor de carga por cada disparo de 1.65 Kg. /Tn. a 1.38 Kg. /Tn., como consecuencia se mejora el uso del explosivo y el costo de voladura
4. Con respecto a la sobre excavación del perfil de la labor por cada disparo se tenía un perfil bastante irregular, con la aplicación del nuevo diseño de perforación y voladura es mínima la sobre rotura; Así mismo en cuanto a la granulometría del producto de la voladura se mejora notablemente de 2:0” a 4.25”, esto va influir en mejorar la eficiencia del carguío y transporte del mineral.
5. Finalmente se concluye que de acuerdo al programa anual de avances lineales en frentes de la veta Socorro 3 se va obtener una reducción de costos de perforación y voladura de 26,712 dólares.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar con los monitoreos de la perforación y voladura en los avances de la veta Socorro 3 ya que se observa que el personal muchas veces no cumple con los estándares de trabajo y en lo posterior monitorear en los demás tajos de explotación de la mina Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura
2. No centrarse en la disminución del número de taladros y consumo de explosivos únicamente para poder definir la validez de un diseño de perforación y voladura, ya que es mejor ver la incidencia que tiene en el costo global lo cual afianzará futuras optimizaciones.
3. Evaluar el cambio de equipo de perforación y explosivo analizando la eficiencia, performance para tener mejores resultados. Esto podría poner un nuevo reto para la reducción de los costos de perforación y voladura.
4. El monitoreo debe ser efectuado por personal capacitado para disponer de información confiable, y evitar distorsiones en la toma de decisiones.
5. Se recomienda Fomentar el estudio donde se aborde la reducción del nivel de vibraciones utilizando la voladura controlada para poder obtener el perfil de la labor bastante uniforme y minimizar los daños a las cajas y techo de la labor.

BIBLIOGRAFÍA

- Aliaga Aliaga, W. L. (2016). “*Reducción del daño al macizo rocoso circundante ocasionado por la voladura de rocas, usando el monitoreo, modelamiento y análisis de vibraciones*”, informe caso mina Uchucchacua.
- Contreras, W. (2009). “*Selección del explosivo adecuado y carga máxima por retardo usando el monitoreo, modelamiento*”. Lima: Editorial San Marcos.
- Gutiérrez, D., & Wilfredo, J. (2018). “*Reducción del daño inducido al macizo rocoso por voladuras en el Bypass 179*”. Informe Compañía Minera Kolpa SA.
- Holgado, P., & Raymundo, L. (2015). “*Análisis de vibraciones inducidos por la voladura de rocas en cantera Atocongo*”. Informe minera Atocongo.
- Contreras Pérez, W. J. (2009). “*Selección del Explosivo Adecuado y Carga Máxima por Retardo Mina Ares*”. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Loza, A. (2013). “*Aplicación del Método de Holmberg para el Mejoramiento de la Malla de Voladura en la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.*”. Tesis Pregrado. Universidad Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
- Morán, J. (2009). “*Análisis técnico económico para explotar por taladros largos en tajeo 775 en la Unidad Uchucchacua de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.*”. Tesis Pregrado. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú
- Ojeda, R. (2004). “*Diseño de Mallas de Perforación y Voladura Subterránea aplicando un Modelo Matemático de áreas de influencia*”. Trabajo de investigación. Mina San Rafael, Puno, Perú.

Labor	Antes del diseño de perforación y voladura			Después del diseño de perforación y voladura		
	Factor de avance	Longitud de avance	Eficiencia de voladura	Factor de avance	Longitud de avance	Eficiencia de voladura
Gl: 6506	40.79	2.88	87.27	29.71	3.12	94.55
Gl: 6763	39.42	2.98	90.30	30.10	3.08	93.33
Gl: 6506	38.90	3.02	91.52	29.62	3.13	94.85
Gl: 6763	41.22	2.85	86.36	29.90	3.10	93.94
Gl: 6506	39.16	3.00	90.91	29.52	3.14	95.15
Gl: 6763	38.52	3.05	92.42	29.43	3.15	94.45
Gl: 6506	40.51	2.90	87.88	29.71	3.12	94.55
Gl: 6763	39.96	2.94	89.09	29.90	3.10	93.94
Gl: 6506	39.16	3.00	90.91	30.29	3.06	92.73
Gl: 6763	41.08	2.86	86.67	30.20	3.07	93.03

Matriz de consistencia

“Aplicación de un Nuevo Diseño de Perforación y Voladura para la reducción de costos en los avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	Variables	METODOLOGÍA
<p>GENERAL ¿Es posible la reducción de costos en los avances de la veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura aplicando un nuevo diseño en la perforación y voladura?</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Con la aplicación de un nuevo diseño de la malla de perforación nos permite la reducción de costos en los avances de la veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura? • ¿Con la aplicación de un nuevo diseño de la carga explosiva nos permite la reducción de costos en los avances de la veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura? 	<p>GENERAL Reducir los costos mediante la aplicación de un nuevo diseño en la perforación y voladura de los avances de la veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <p>Reducir los costos de perforación con un nuevo diseño de malla en los avances de la veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura.</p> <p>Reducir los costos de voladura con un nuevo diseño de la carga explosiva en los avances de la veta Socorro 3– Unidad Uchucchacua – Compañía Minera Buenaventura.</p>	<p>HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN:</p> <p>La aplicación de un nuevo diseño de la Perforación y Voladura permite la reducción de costos, en los avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua - Compañía Minera Buenaventura.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <p>Los costos se reducen en los avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua - Compañía Minera Buenaventura, aplicando un nuevo diseño de la malla de perforación.</p> <p>Los costos se reducen en los avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua - Compañía Minera Buenaventura, aplicando un nuevo diseño en la carga explosiva.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>X= Nuevo diseño de la perforación y voladura en los avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua - Compañía Minera Buenaventura.</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Y= Reducción de costos en los avances de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua - Compañía Minera Buenaventura.</p>	<p>DISEÑO Aplicada, cuantitativa, explicativa.</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA</p> <p>Población: Constituida por las labores de la Veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua - Compañía Minera Buenaventura.</p> <p>Muestra: Frente SW veta Socorro 3 – Unidad Uchucchacua - Compañía Minera Buenaventura.</p> <p>TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS Trabajo de campo Análisis documental</p> <p>ANÁLISIS DE DATOS El análisis estadístico comprendió un análisis descriptivo y bivariado.</p>