

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



T E S I S

Implementación de la perforación y voladura para mejorar los parámetros de avance en la ejecución de la galería 706 - W en la minera magistral de Huaraz S.A.C.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Arturo Luis YANAYACO OCHOA

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

Implementación de la perforación y voladura para mejorar los parámetros de avance en la ejecución de la galería 706 - W en la minera magistral de Huaraz S.A.C.

Sustentada y aprobada antes los miembros del jurado:

Mg. Vicente César DAVILA CORDOVA
PRESIDENTE

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ
MIEMBRO

Mg. Wenceslao Julio LEDESMA VELITA
MIEMBRO



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

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 144-JUIFIM-2023

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. Arturo Luis YANAYACO OCHOA

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

Título del trabajo

**“Implementación de la Perforación y Voladura para Mejorar los
Parámetros de Avance en la Ejecución de la Galería 706-W en la Minera Magistral de
Huaraz S.A.C.”**

Asesor:

Mg. Luis Alfonso Ugarte Guillermo

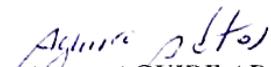
Índice de Similitud: **20%**

Calificativo

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 30 de setiembre del 2023


Dr. Agustín Arturo AGUIRE ADAUTO
JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA DE MINAS

DEDICATORIA

A Dios, por la salud, bendiciones y éxitos que siempre me concede; a mis queridos padres, por su apoyo constante de mi formación profesional y a mis hermanos Hugo y Héctor, ellos siempre me acompañan en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A mi Alma Mater Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, a los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas, por sus aportes y experiencias transmitidas.

A los Ingenieros de la Minera Magistral de Huaraz, por su apoyo o p e r m a n e n t e y permitir cristalizar el presente proyecto y a todas las personas que participaron en forma directa o indirecta para la luz de mi investigación.

RESUMEN

El trabajo de investigación **“Implementación de la Perforación y Voladura para Mejorar los Parámetros de Avance en la Ejecución de la Galería 706-W en la Minera Magistral de Huaraz S.A.C.”**.

La investigación se ha desarrollado con el objetivo de continuar con la optimización de los parámetros en el proceso de ejecución de la galería 706-W. En el avance de la galería se utilizan barrenos de 6 pies y dinamita para la perforación y voladura; esta información ha sido tomada como datos de la línea base para relacionar y comparar los resultados. La investigación propone la perforación con taladros de 8 pies y para la voladura el uso de la emulsión que sean capaces de mejorar los parámetros de avance lineal, factor de potencia y la granulometría.

Implementando la perforación con barreno de 8' y como explosivo el uso de la emulsión, se vio reflejado en el resultado del avance lineal, el factor de potencia y la fragmentación, el primer parámetro propuesto en línea base se tenía 1.48 m. como promedio y con el cambio de la longitud del barreno y el explosivo se obtiene un avance lineal de 2.21 m., se tiene un mejor avance lineal de 0.73 más por voladura; asimismo con el parámetro del factor de carga en línea base se tiene

1.64 Kg. / m³., con la implementación de la perforación y voladura se mejora a 1.52 Kg. / m³ se concluye que se tiene una reducción significativa en el consumo de explosivo en 0.12 Kg. / m³. por voladura; También en la investigación podemos notar que en cuanto a la granulometría de línea base se tenía un promedio de 7.5” del producto de la voladura; mejorando este parámetro con la implementación de la perforación y voladura a 6.65” por voladura y que representa un 85% de todo el producto fragmentado teniendo una mejora muy significativa.

PALABRAS CLAVE: perforación y voladura, galería, parámetros.

ABSTRACT

The research work "Implementation of Drilling and Blasting to Improve the Progress Parameters in the Execution of Gallery 706-W at Minera Magistral de Huaraz S.A.C.".

The investigation has been carried out with the objective of continuing with the optimization of the parameters in the process of execution of the gallery 706-W. In advancing the gallery, 6-foot drill holes and dynamite are used for drilling and blasting; this information has been taken as baseline data to relate and compare the results. The research proposes drilling with 8-foot drills and for blasting the use of emulsion that is capable of improving the parameters of linear advance, power factor, and granulometry.

Implementing the drilling with an 8' hole and the use of the emulsion as an explosive, it was reflected in the result of the linear advance, the power factor and the fragmentation, the first parameter proposed in the baseline was 1.48 m. on average and with the change in the length of the hole and the explosive, a linear advance of 2.21 m is obtained, there is a better linear advance of 0.73 more per blast; Likewise, with the parameter of the load factor in the baseline, there is 1.64 Kg. / m³. With the implementation of drilling and blasting, it improves to 1.52 Kg. / m³, it is concluded that there is a significant reduction in the consumption of explosives in 0.12 kg / m³. by blasting; Also in the investigation we can note that in terms of the baseline granulometry there was an average of 7.5" of the blast product; improving this parameter with the implementation of drilling and blasting at 6.65" per blast and which represents 85% of all the fragmented product, having a very significant improvement.

KEY WORDS: drilling and blasting, gallery, parameters.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del trabajo de investigación: “Implementación de la Perforación y Voladura para Mejorar los Parámetros de Avance en la Ejecución de la Galería 706-W en la Minera Magistral de Huaraz S.A.C.”, es de incrementar el avance lineal, disminuir el factor de potencia, mejorar la fragmentación y el perfil de la labor de la minera mencionada; y demostrar que con la implementación de la perforación se logra estos objetivos.

En el primer capítulo se hace mención del planteamiento del problema, delimitación de la investigación, objetivos de la investigación, justificación y limitaciones de investigación

En el segundo capítulo se detalla el marco teórico describiendo las características de la perforación y voladura, este capítulo es importante porque nos permite comprender el desarrollo del trabajo de investigación.

En el tercer capítulo se detalla la metodología de investigación.

En el cuarto capítulo se describe las pruebas de campo aplicado a la perforación y voladura con barras de seis pies y barrenos de 8' detallando los parámetros y condiciones de la perforación y voladura; posterior a este análisis se describe la discusión de resultados, comparando los rendimientos e indicadores obtenidos en las pruebas de campo con la línea base.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1. Minera Magistral de Huaraz.....	2
1.3. Formulación del problema	19
1.3.1. Problema general.....	19
1.3.2. Problemas específicos	19
1.4. Formulación de Objetivos	19
1.4.1. Objetivo general	19
1.4.2. Objetivos específicos	20
1.5. Justificación de la Investigación	20
1.6. Limitaciones de la investigación.....	21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	22
2.2. Bases teóricas científicas	25
2.2.1. Factores de la perforación y voladura en galerías	25

2.2.2.	Ciclo de perforación y voladura en galerías	27
2.2.3.	Parámetros para el diseño de perforación y voladura	29
2.2.4.	Factores que producen la sobre excavación	33
2.2.5.	Perforación y voladura controlada	34
2.2.6.	Los explosivos.....	41
2.3.	Definición de términos básicos	46
2.4.	Formulación de Hipótesis	48
2.4.1.	Hipótesis general	48
2.4.2.	Hipótesis específicas	48
2.5.	Identificación de variables	48
2.6.	Definición Operacional de variables e indicadores.....	49

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de Investigación.....	50
3.2.	Nivel de investigación.....	50
3.3.	Métodos de Investigación	50
3.4.	Diseño de Investigación	51
3.5.	Población y muestra.....	51
3.5.1.	Población.....	51
3.5.2.	Muestra.....	51
3.6.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	51
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	53
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	53
3.9.	Tratamiento Estadístico.....	53
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica	53

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	55
4.1.1. Datos de la perforación y voladura de la galería 706-W.....	55
4.1.2. Data de la perforación y voladura con barreno de 6' y dinamita	56
4.1.3. Data de perforación y voladura con barreno de 8' y emulsión	59
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	63
4.2.1. Presentación de data de perforación y voladura con barreno de 6' y dinamita.....	63
4.2.2. Presentación de data de la perforación y voladura con barreno de 8`	65
4.2.3. Análisis de la perforación y voladura con barrenos de 6' y 8'	68
4.2.4. Interpretación de perforación y voladura con barrenos de 6' y 8'	68
4.3. Prueba de Hipótesis.....	72
4.3.1. Hipótesis general	72
4.3.2. Hipótesis específicas	72
4.4. Discusión de resultados.....	73

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la mina Magistral de Huaraz	3
Figura 2: Estratigrafía de la mina Magistral de Huaraz	11
Figura 3: Esquema de la carga explosiva	39
Figura 4: Esquema de carga de voladura controlada	39
Figura 5: Esquema de ensamble del exsacort	39
Figura 6: Malla de voladura controlada	40
Figura 7: Carga explosiva al fondo	41
Figura 8: Estructura del Anfo Pesado	44
Figura 9: Malla de perforación.....	56
Figura 10: Malla de perforación de 8'	60
Figura 11: Avances con barrenos de 6'	63
Figura 12: Dimensión de la fragmentación por corte.....	64
Figura 13: Factor de carga con barreno de 6'	64
Figura 14: Cubos rotos con barrenos de 6'	65
Figura 15: Avance lineal con barreno de 8'	66
Figura 16: Fragmentación con barreno de 8'	66
Figura 17: Factor de carga con barreno de 8'	67
Figura 18: Cubos rotos con barreno de 8'	67
Figura 19: Relación de avance lineal	69
Figura 20: Relación de fragmentación	70
Figura 21: Relación de factor de carga	71
Figura 22: Relación del volumen fragmentado	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Acceso a la mina	4
Tabla 2: Densidades de explosivos	43
Tabla 3: Tamaño de partículas de los explosivos.....	45
Tabla 4: Operacionalización de variables	49
Tabla 5: Perforación y voladura con barreno de 6 pies	55
Tabla 6: Perforación y voladura con barreno de 8'	59
Tabla 7: Perforación y voladura – barreno de 6'	63
Tabla 8: Perforación y voladura – barreno de 8'	65
Tabla 9: Comparación de Resultados del método	74

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En esta última década toda empresa minera tiene planeado en cada una de sus operaciones de exploración, desarrollo y preparación de las zonas de producción de la concesión a su cargo, constantemente controla los ciclos de minado para obtener alta productividad; también considera que, en la actualidad se tiene una variación de los precios de los materiales e insumos. Asimismo, tiene presente la competitividad del libre mercado. Vemos que toda empresa busca mejorar sus eficiencias a un menor costo. Así la industria minera relacionada a la explotación de sus minerales tiene como meta cumplir con los parámetros y estándares de sus operaciones.

La empresa se encuentra en expansión a gran escala para la explotación de sus minerales, que tiene por objetivo incrementar la producción a 1000 toneladas mensuales. Por tal planeamiento tiene la necesidad de mejorar sus avances de las labores de desarrollo y preparación dar mayor velocidad de avance para cumplir sus metas proyectadas. Los rendimientos actuales en cuanto a

avances y eficiencias de estas labores no cumplen los programas a falta de un adecuado planeamiento y diseño de Ingeniería.

Actualmente en la minera Magistral de Huaraz se utiliza barrenos de 6 pies de longitud para la perforación de sus frentes. Esta perforación hace lenta la velocidad de excavación en cuanto al avance, ya que se tiene una eficiencia de 85% a 90%, variando los avances efectivos de 1.53 m. a 1.62 m.; también se tiene un elevado factor de potencia alto consumo de explosivo, el perfil de la labor resultante de la voladura constantemente se tiene una sobre excavación y la granulometría de la fragmentación producto de la voladura se obtiene de tamaño inadecuado. Implementando la longitud del barreno a 8 pies en la perforación y utilizando la emulsión como explosivo a cambio de la dinamita, se tiene planeado incrementar los avances efectivos por cada ciclo de perforación y voladura, reducir el factor de potencia, obtener un perfil más homogéneo minimizando la sobre excavación de la labor y obtener una granulometría más estable. Otro factor importante que considerar es el compromiso de mitigar la enfermedad profesional del personal del área. reduciendo la emisión de gases nitrosos en la voladura de rocas. El explosivo actual contiene nitroglicerina dentro de su composición, esto origina gases nitrosos en las reacciones, generando contaminación del ambiente, por lo que se ha decidido utilizar la emulsión eliminando la posibilidad de generar gases nitrosos y así evitando la contaminación del ambiente.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Minera Magistral de Huaraz

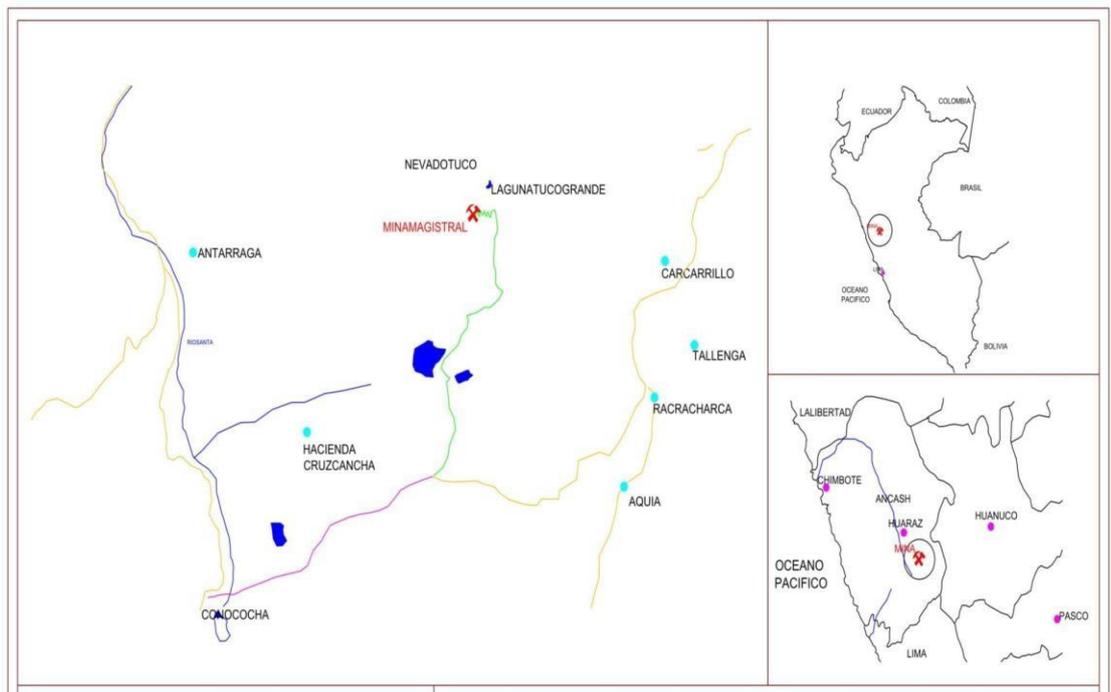
A. Ubicación y Acceso

La Minera Magistral se encuentra ubicada en el flanco occidental de la Cordillera Blanca de los Andes peruanos, aproximadamente a 20

km. del Noreste de Conococha. La minera políticamente pertenece al distrito minero de Aquia, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash, y está a una altitud de 4500 a 5000 msnm. Sus coordenadas geográficas son:

- Longitud: 9° 57' 40.3" S
- Latitud: 77° 12' 06.8"

Figura 1:
Ubicación de la mina Magistral de Huaraz



Fuente: *Elaboración propia*

El acceso por vía terrestre es de una distancia de Lima a la mina con 361 Km, se recorren los siguientes tramos:

Tabla 1:

Acceso a la mina

TRAMO	TIPO DE VIA	DISTANCIA KM	TIEMPO (HORAS)
Lima - Pativilca	Asfaltado	212.00	4.00
Pativilca – Conococha	Asfaltado	123.00	2.50
Conococha – desvío a mina	Asfaltado	7.00	0.50
Desvió mina –Mina	Trocha carrozable	19.00	1.15
		361.00	8h 15min

Fuente: Elaboración propia

B. Topografía

La superficie de la Minera Magistral comprende de terrenos agrestes en la parte más alta de la mina algunas partes son inaccesibles; en la parte intermedia ya el terreno es más llano con pendientes que van desde 15° a 20° y cerca al río Tuco el terreno es ampliamente llano ya que considera el valle del río.

C. Recursos naturales

La flora de la zona corresponde; arbustos silvestres como el quenuel, pastos naturales, plantas nativas de la zona alto andina o puna como el ichu.

La fauna de la zona la minera Magistral al estar ubicado en la zona alto andina corresponde; aves silvestres, chinchillas y roedores; también se practica el pastoreo de animales domesticados como el ganado ovino y el ganado vacuno.

D. Recursos hídricos

El drenaje principal es subparalelo a dendrítico las principales quebradas de la zona presentan un régimen normal durante todo el

año, estas tienen un sentido de drenaje Noreste – Suroeste, considerando a la quebrada Tuco como una microcuenca hidrográfica importante.

El resultado directo de movimientos posteriores a la formación de la superficie Puna, como son el levantamiento de la Cordillera Blanca y probablemente de la Cordillera Negra, fue la formación del Valle del Santa, el cual fue profundizado por erosión.

E. Fisiografía

La zona de estudio se encuentra ubicada en el flanco Nor occidental de la quebrada Tuco, zona encañonada con una elevación de hasta 700 m con el relieve local. Esta zona fue producida por un rápido levantamiento que dio como resultado la incisión de profundos cañones que truncan los bordes del estadio valle. La erosión rápida de este estadio corta a las calizas del Grupo Goyllarisquizga aflorando intrusivos de composición granodiorítica.

F. Clima y vegetación

La zona posee un clima que corresponde a la zona Fría, debido a la influencia de la altitud en que se encuentra. Las precipitaciones durante los meses de junio a octubre son muy leves con días abrigados y bajas de temperatura durante las noches ($< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$), se evidencia por el desarrollo de las heladas en las zonas que circundan las Cordillera Blanca y Negra.

Los meses de diciembre a abril están caracterizados por un régimen de lluvias tanto en las tardes como en las noches, las tormentas de nieve se localizan en alturas superiores a los 4000 m.

Por encima de los 4000 m, la temperatura desciende a menos 0°C, la vegetación se reduce a especies robustas de poca altura constituidas mayormente de gramíneas y arbustos. En las zonas de ciénaga de fondos de valle crecen pastizales de hojas gruesas, y en las partes más altas y secas se desarrolla la conocida especie “Ichu”. Bajando en altitud, las quebradas son más abrigadas desarrollándose “quenuales”, arboles verdes de tronco retorcido que desarrollan hasta los 5 m.

G. Geología regional

El área regional presenta una secuencia de sedimentos Jurásico – Cretácico de la parte occidental del grupo Gollarisquizga constituido por lutitas, cuarcitas y calizas fuertemente plegadas y sobre esto en discordancia angular los volcánicos terciarios Calipuy. Las intrusiones son del tipo stock de tonalita y algunas apófisis de pórfidos cuarcíferos de naturaleza monzonítica.

Formación Chimú (ki-ch)

Esta formación aflora mayormente en el sector NE del área, estructuralmente se presenta plegada y fallada, litológicamente consiste de areniscas cuarzosas limpias con estratificación cruzada y cuarcitas blancas, se presentan en bancos potentes y fuertemente cizallados. En los lugares donde aflora debido a su dureza constituye zonas escarpadas y abruptas. Su grosor es variable de 150 a 400 m. Yace supra yaciendo a la formación Chicama e Infra yace a la formación Santa, se le asigna una edad Valanginiano del cretáceo inferior.

Formación Santa (ki-sa)

En el área se le da cartografía a una secuencia de calizas grises en estratificación delgada, ocasionalmente con fragmentos conchíferos y horizontes de calizas dolomíticas resaltando la Ankerita por sus relieves positivos a la erosión. Estructuralmente esta secuencia se encuentra plegada disarmonicamente, pudiendo apreciarse fuertes sobre escurrimientos en el área estudiada, en especial frente al yacimiento.

Normalmente estas calizas sobre yacen a las cuarcitas Chimú e infra yacen a la formación Carhuaz.

Su espesor se estima entre 100 a 350 mts. Aproximadamente y se le asigna también por la fauna encontrada al Valanginiano Cretácico inferior.

Formación Carhuaz (ki-c)

Esta formación consiste mayormente de lutitas con algunos horizontes de areniscas grises que por meteorización presenta una coloración marrón amarillenta. Tectónicamente es una unidad suave e incompetente algo plástica que yace mayormente sobre la formación Santa.

La formación generalmente infrayace concordante a las cuarcitas de la formación Farrat, aunque en los extremos Sur Occidentales de la cuenca se le encuentra infrayaciendo a las calizas de la formación Pariahuanca. Se le asigna una edad Aptiano Cretáceo Inferior.

Formación Pariahuanca (ki-ph)

La formación Pariahuanca consiste en bancos medianos de calizas finas de color grises, se estima su grosor en 50mts.

En el área de estudio aflora en la margen derecha de la quebrada Tuco y estructuralmente consiste en un sinclinal recumbente que descansa sobre las lutitas Carhuaz.

Es de gran importancia desde el punto de vista económico-minero, porque la mineralización en Magistral está controlada por esta formación en su contacto con las lutitas Carhuaz.

Infra yace en discordancia angular a los volcánicos Calipuy.

Formación Calipuy (N-ca)

Es una secuencia de piroclásticos y derrames de grosor considerable, suprayaciendo en discordancia angular a las Formaciones Cretácicas plegada.

El grosor de la unidad se calcula en 100 m, aproximadamente, litológicamente está constituida por piroclásticos y derrames volcánicos.

Se puede diferenciar dos unidades:

✓ Unidad brechoide

Constituida por una secuencia de Piroclásticos de colores abrigados que están constituidos por una matriz de grano fino y que engloba clastos de constitución variada que pueden ser calizas, lutitas e inclusive volcánicos.

✓ **Unidad porfirítica**

Constituidas mayormente por derrames y flujos andesíticos de textura porfirítica y colores abigarrados macroscópicamente se puede apreciar fenocristales de plagioclasas, hornblenda y ocasionalmente piroxenos.

Depósitos Morrenicos (Q-mo)

En los sectores septentrionales del área y en cotas superiores a los 4200 msnm se le han cartografiado depósitos de origen glaciar que se encuentran mayormente represando las lagunas glaciares y que son indicadores del retroceso gradual de los glaciares en el pleistoceno.

Litológicamente están constituidas por materiales semiconsolidados de cantos subredondeados y estriados, de granulometría heterogénea que varían desde bloques de un metro hasta guijarros de 2cm, en una matriz limo-arcillosa y ocasionalmente gravilla y arena fina.

Depósitos no consolidados

Se han agrupado a los materiales aluviales y los conos de escombros o talud que se presentan en el área cubriendo a las litologías anteriormente mencionadas.

Las terrazas aluvionales a lo largo de los afluentes del río Pativilca han ocurrido dentro de la etapa de erosión “canon” y nos revela los últimos levantamientos ocurridos en esta etapa.

Rocas intrusivas

En el área afloran rocas acidas a intermedias ubicadas en el sector meridional, pero a manera de stoks y diques aislados que atraviesan tanto a las formaciones cretácicas como a la volcánica.

Granodiorita Tonalita (KN-ga. /Toh)

En los vértices SE y SW del área afloran potentes stocks de composición granodiorita que pasan parcialmente a tonalita.

Macroscópicamente se observa una roca leucócrata, textura faner'tica de grano a medio a grueso, con cristales euhedrales de ortosa, plagioclasa, así como biotita y hornblenda en mejor proporción.

Se le ha considerado como perteneciente al batolito de la costa de edad Cretácico- Neógeno.

Pórfido Cuarzo Monzonítico (Kn-cmz)

Pequeñas intrusiones, así como diques y sills son frecuentes, emplazados tanto en formaciones cretáceas como en la formación Calipuy.

Estructuralmente están controlados por fallamientos concordantes o discordantes con la estratificación.

Macroscópicamente se observan de textura porfirítica con abundantes feldespatos y notorios los fenocristales de cuarzo hialino y en menor proporción los ferromagnesianos. Meteoriza con colores amarillentos, dados por la oxidación de los máficos.

Figura 2:
Estratigrafía de la mina Magistral de Huaraz

ERA	SIST	SERIE	GRUPO FORMACIONALES	UNIDAD LITOLÓGICA	DESCRIPCIÓN	
CENOZOICO	CUAT		RECIENTE		Depositos fluviales, glaciares, aluviales y coluviales	
		MEDIO INFERIOR	GRUPO CALIPUY		Deposito de flujo piroclastico de pomes y cenizas daciticas y andesiticas con algunas intercalaciones de lavas andesiticas	
MESOZOICO	CRETACICO	inferior	Fm. Pariatambo		Calizas grises y margas intercaladas con lutitas grises oscuras	
			Fm. Chulec		lutitas grises y margas intercaladas con calizas noduladas	
			Fm. Inca		Estratos delgados de arenisca, lutitas con cemento calcareo y capas de calizas grises ferruginosas	
			Fm. Farrat		Areniscas cuarzosas por lo general limpias y de color blanco amarillento, en cantidad minima limolitas lenticulares	
			Fm. Carhuaz		areniscas, limolita grises e impuras, en menor proporcion areniscas blancas de grano fino, algunos niveles de lutitas grises, areniscas y limolitas rojas	
		Superior	Grupo Goyllarisqui zaga	Fm. Santa		lutitas grises oscuras intercaladas con niveles limoarcillitas
				Fm. Chimú		areniscas cuarzosas con algunas intercalaciones de lutitas, limolitas grises y algunos niveles de carbon en la parte inferior y media
				Fm. Oyon		areniscas pardas, grises y blancas en estratos delgados intercalados con lutita y limoarcillitas grises, carbonosas.
				Fm. Chicama		Lutitas grises oscuras, laminares delgadas con algunas intercalaciones delgadas de areniscas grises
				JURASICO	Superior	Fm. Chicama

Fuente: Área de geología

H. Geología local

En el distrito minero aflora la secuencia sedimentaria del cretáceo medio superior, que está dada por las Lutitas negras de la Formación Carhuaz y hacia el centro del sinclinal tendremos las calizas en capas gruesas, de color gris claro de la Formación Pariahuanca, la secuencia en general sigue un rumbo de N 20-30° W y buzamiento de 36-46 al SW.

En ambos flancos del sinclinal entre las formaciones sedimentarias Carhuaz y Pariahuanca se tiene la presencia de

mineralización puesto en manifiesto como mantos, vetas y cuerpos irregulares.

Los mantos y cuerpos mineralizados se ubican dentro de un estrato calcáreo el cual superficialmente tiene un relieve positivo, dicho estrato cuyo espesor es de 400.00 mts., presenta zonas de alteraciones constituidos por óxidos y carbonatos recristalizados los cuales son notorios por la coloración y la recristianización producida solamente en la proyección superficial de los mantos y cuerpos de Magistral no así a lo largo del estrato donde se tiene conocimiento que anteriormente se han trabajado hacia el Norte estructuras mineralizadas, hacia el sur no se observa alteración superficial por estar cubiertas por las morrenas glaciales, pero se tiene trabajando en profundidad estructuras mineralizadas producto de la tectónica que dio lugar al plegamiento que viene asociado consigo un fallamiento que se manifiesta mediante fallas transversales a la estructura, dichas fallas son de poco recorrido (al menos este no se nota en la superficie), casi verticales que han desplazado al horizonte calcáreo que es lo más notorio en superficie y que de algún modo ha controlado la mineralización a lo largo de todo el yacimiento.

Formación Carhuaz (ki-c)

Sobre yace a la Formación Santa en forma concordante y solo expone el techo de la secuencia en la quebrada Tucu en el extremo occidental del cerro Ichichira, su morfología constituye superficies suaves onduladas, deleznable y fácilmente erosionables.

Litológicamente está constituido por paquetes delgados de arenisca cuarzosa, arenisca de grano medio y lutitas de grano fino gris oscuras, limoarcillitas de colores grises a gris verdosas con niveles delgados de yeso principalmente en la base de la formación, algunas veces se hace presente areniscas ferruginosas friables de grano fino intercalado con areniscas limolíticas de estratificación centimetrada.

Formación Farrat (Ki-f)

Sobre yace a la formación Carhuaz en forma concordante y subyace a la formación Pariahuanca en aparente concordancia, en parte está cubierta por depósitos lacustrinos y cuaternarios recientes, viene a constituir la unidad menos potente del Grupo Goyllarisquizga, no permitiendo en algunos casos su representación a la escala indicada.

Principalmente su litología consiste en areniscas blancas friables de grano medio bien seleccionados, con algunos niveles delgados de limo arcillitas principalmente hacia la base.

Al no presentar fósiles, se le asigna por su posición estratigráfica una edad correspondiente al Aptiano Superior, y se correlaciona con la parte inferior del Grupo Goyllarisquizga del sector Oriental de la zona de estudio.

Formación Pariahuanca. (Ki-ph)

Se encuentra sobre yaciendo a la formación Farrat en aparente concordancia, e infra yace también en concordancia a la formación Chúlec, constituye la unidad calcárea del Cretáceo que aflora en el geosinclinal Aflora en el sector central de la mina su litología está compuesta principalmente por bancos de calizas macizas de color gris

azulado, de estratos cuyos bloques son de 1.00 a 2.00 m. de espesor, con ligera apariencia lajosa, están intercaladas con calizas margosas y delgadas capas de calizas ferruginosas, la potencia estimada es de 100 m., pero que se adelgaza a medida que se dirige hacia el Sur. Esta formación está instruida por rocas intrusivas tipo diques sills y algunos stocks generando aureolas de skarn, donde se presenta la mineralización de Zn, Pb, Ag y Cu.

Formación Pariatambo (KI-PT)

Se encuentra sobre yaciendo a la formación Chúlec en forma concordante e infra yaciendo a la formación Pariahuanca también en concordancia, se encuentra encerrada dentro de la cuenca Chavín y sobre el bloque del Marañón presentando una potencia estimada de 100 m. hacia la cordillera de Huayhuash su potencia llega hasta los 500 m. Aflora en la parte central del cerro Ichichira, presenta un moderado plegamiento interno, litológicamente consiste de calizas de color gris oscuro con intercalaciones de hornfels, limó-arcillitas y lutitas calcáreas, algunas veces presenta niveles delgados de margas bituminosas de color marrón oscuras, es común las intercalaciones de calizas en estratos delgados con limo arcillitas calcáreas de color gris oscuras con restos de amonitas.

Rocas intrusivas

Se manifiestan en forma de stocks, diques y sills que instruyen principalmente a la formación Pariahuanca, la principal geoforma es sill en la gran parte concordante a la estratificación, así como también en la mineralización.

Sill y diques

Los afloramientos de los sills son mucho mayores que los diques. Su dirección preferencial es NW-SE con potencias que varían desde los centímetros hasta 100 metros en promedio. La ocurrencia mayor está en el flanco occidental del cerro Ichichira, en general su composición es de granito porfirítico, granodiorita se debe señalar que aún falta determinar la composición de todas las rocas intrusivas que existe en la zona. Los diques son de la misma composición que los sills, resaltando un sill de 800 m. con potencia promedio de 5 metros, de composición Monzonítica con fenocristales de ortosa de 2 a 5 cm y cuarzo hialino bipirámide.

I. Geología estructural

En los pliegues los ejes tienen tendencia NW-SE resultado de los esfuerzos de compresión en dirección NE-SW.

Los pliegues y sobre escurrimientos del distrito comprenden el 90% del área, el que se considera bajo esta denominación tectónica y se ubica íntegramente hacia el sector este, se caracteriza por presentar potentes secuencias sedimentarias plegadas y asociadas a grandes sobre escurrimientos, desarrolladas en rocas cretácicas.

Los pliegues vistos en esta zona varían tanto en forma como en tamaño y dependen de las rocas en que se han desarrollado.

Hacia la margen derecha de la quebrada Tuco se halla un pliegue sinclinal volcado desarrollado sobre las lutitas Carhuaz y en el núcleo estratos masivos de caliza de la Formación Pariahuanca.

Hacia la otra margen se aprecia pliegues decumbentes en las calizas de la Formación

Santa las cuales son bastantes plásticas. Las fallas presentan el sistema de fallamiento NW-SE Coincidente con la orientación de la cordillera andina y que controla parcialmente la red de drenaje del área.

De la misma manera los rumbos de los sobres escurrimientos siguen también esta dirección. El sistema de fallamiento E-W este sistema de falla es menor en su extensión y dislocan la secuencia estratigráfica observándose un desplazamiento del estrato grueso calcáreo, estas fallas son estériles pues no presentan mineralización al parecer son posteriores a esta. También se tiene productos de la flexura fallas de rumbo a sobre escurrimientos que se han producido aprovechando los planos de estratificación, algunas de estas fallas de rumbo, presenta una mineralización por ser un material impermeable y no presentar las características geológicas más favorables; los cuerpos mineralizados son lenticulares y concordantes con la estratificación y de carácter estrato ligado estratiforme.

Las rocas Cretáceas presentes en la zona, han sufrido fracturamientos resultado de los diferentes eventos tectónicos a lo largo de las eras Geológicas, es por ello que presentan una dirección NW-SE, que a la vez son paralelas a las direcciones del sistema de falla existente.

J. Geología económica

El yacimiento de Magistral es un yacimiento de remplazamiento, geoméricamente un yacimiento estrato ligado dentro de las calizas Pariahuanca y las lutitas de la Formación Carhuaz, del tipo

Hidrotermal en forma de Mantos, que se encuentra ubicado en un sinclinal volcado hacia el SW, el eje de dicho plegamiento es N 45° W y tiene un plunge de 22°.

Los mantos se emplazan en la caliza dolomítica de la Formación Pariahuanca, las cuales se hallan en forma concordante con la estratificación, dichos mantos están separados casi rítmicamente en tres estratos: Sorpresa, Manto, 240, la mineralización se ubica en el piso y/o techo de las capas, los mencionados mantos son en forma lenticular que se repite en forma discontinua en los mismos niveles estratigráficos, en una distancia de 600 mts, con potencia de 1 a 20 mts.

El yacimiento se encuentra ubicado en un sinclinal volcado hacia el SW que es la principal manifestación de la orogenia andina, el eje de dicho plegamiento es de N 46° W y tiene un buzamiento de 22°.

En la zona del limbo los lentes del mineral han sido desplazados por una falla sub vertical conjugada cuyo rumbo es N 30-40° W y un buzamiento 70-80° N el desplazamiento es de 2 a 10 mts.

En la Formación Carhuaz se tiene un estrato fallado y mineralizado de Ag-Cu que son lenticulares y concordantes a la estratificación y de carácter estrato ligado estratiforme de 300 mts de longitud con potencia de 0.60 a 1.50 mts, con rumbo N 40- 50° W, que sigue el alineamiento del estrato que en partes es cortado por intrusiones de diques granodioríticos que son posteriores a las fases principales de las deformaciones.

La mineralización por las evidencias que presenta a lo largo de todo el estrato calcáreo es persistente horizontalmente así como vertical.

Verticalmente el cuerpo presenta un comportamiento homogéneo a lo largo de todo el flanco y esta mineralización es más o menos 250 mts., en que se llega al eje del pliegue donde por debajo del eje del pliegue continua la mineralización de los cuerpos donde ya se tienen reconocidos 200 mts.

La posibilidad del yacimiento radica en la continuidad horizontal de la mineralización hacia el lado norte el que está subordinado al aspecto estructural es decir a la capa calcárea y la estructura sinclinal.

Mineralogía

A nivel del yacimiento se observa que los mantos mineralizados ubicados en la parte basal del Pariahuanca son piritosos mientras que los mantos de los niveles estratigráficos superiores contienen esfalerita, galena y poca pirita. A nivel de manto mineral, la galena se presenta preferentemente en el piso estratigráfico y la esfalerita en el techo.

Las alteraciones observadas en los lentes minerales y en las rocas encajonantes consisten en una argilización y una débil salificación.

Minerales de mena

- ✓ Galena Argentífera-Sulfuro de plomo plata. (AgPbS)
- ✓ Chalcopirita –Sulfuro de hierro cobre. (CuFeS₂)
- ✓ Esfalerita-Sulfuro de Zinc. (ZnS)
- ✓ Bornita-Sulfuro de cobre fierro. (Cu₅FeS₄)

Minerales de ganga

- ✓ Calcita-Carbonato de calcio. (CaCO₃)
- ✓ Pirita-Sulfuro de hierro. (FeS₂)
- ✓ Rodocrosita-Carbonato de Manganeso. (MnCO₃).

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Es posible mejorar los parámetros de avance en la ejecución de la galería 706-W con la implementación de la perforación y voladura en la minera Magistral de Huaraz S.A.C.?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿La implementación de la perforación y voladura permite mejorar la eficiencia lineal en la ejecución de la galería 706-W de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.?
- b) ¿La implementación de la perforación y voladura permite mejorar el factor de potencia en la ejecución de la galería 706-W de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.?
- c) ¿La implementación de la perforación y voladura permite mejorar la granulometría en la ejecución de la galería 706-W de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Mejorar los parámetros de avance en la ejecución de la galería 706-W con la implementación de la perforación y voladura en la minera Magistral de Huaraz S.A.C.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Mejorar la eficiencia lineal en la ejecución de la galería 706-W con la implementación de la perforación y voladura en la minera Magistral de Huaraz S.A.C.
- b) Mejorar el factor de potencia en la ejecución de la galería 706-W con la implementación de la perforación y voladura en la minera Magistral de Huaraz S.A.C.
- c) Mejorar la granulometría en la ejecución de la galería 706-W con la implementación de la perforación y voladura en la minera Magistral de Huaraz S.A.C.

1.5. Justificación de la Investigación

Los nuevos estándares que se debe cumplir en los procesos de labores de exploración, desarrollo y preparación de labores mineras exigen a las empresas mineras a mejorar, aplicar e implementar métodos de perforación y voladura que optimicen los ciclos de avances de los frentes en términos avance lineal, consumo de explosivo, perfil de la labor y la roca fragmentada. Esto es posible gracias a la implementación de la perforación y voladura, mayor longitud de perforación y el uso de la emulsión a granel o encartuchados de alta velocidad de detonación pueden garantizar el cumplimiento de estos parámetros de eficiencias de los frentes.

La presente investigación tiene como programa de evaluar técnicamente los resultados de la perforación y voladura en la ejecución de la galería 706W de la minera Magistral de Huaraz S.A.C. con el objetivo de obtener nuevas eficiencias, opción que le permita mejorar el proceso de ejecución de la labor en

mención. Así mismo que sirva como base y modelo para la investigación de otras empresas mineras en cuanto a parámetros eficientes de avances de labores.

1.6. Limitaciones de la investigación

Una de las limitaciones de la investigación, es la poca información historial de los parámetros de eficiencia lineal, factor de potencia y fragmentación que determinan la eficiencia técnica de la perforación y voladura. Durante el proceso del proyecto no se tuvo ninguna limitación en cuanto a todos los trabajos de campo ya que la jefatura correspondiente apoyo con la información y permiso necesario.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

a. Antecedentes nacionales

Jáuregui, O. (2009). En su tesis “Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones de Perforación y Voladura”, “Tiene como objetivo determinar la reducción de los costos en las operaciones de perforación y voladura, aplicando estándares óptimos en las operaciones unitarias. Para lo cual se investiga el sistema de control y medición exhaustiva de las operaciones”. Concluye que, a través de la optimización de los parámetros de las operaciones de Perforación y voladura, se logra reducir el costo unitario de Mina en 1.51 \$/TM, representando una reducción del 7% en comparación con lo que se venía obteniendo. En segundo lugar, concluye que se obtiene una reducción de costos operativos por la optimización eliminando la voladura secundaria y el incremento en la vida de las barras de perforación. Por último, concluye que se reduce el costo operativo de sostenimiento a 0.96 \$/TM,

56% de la reducción total; de la Perforación a 0.37 \$/TM, 21.76% de la reducción total y Voladura a 0.28 \$/TM, 16.47% de la reducción total.

Todo por la optimización de la perforación y voladura.

Laguna, N. (2006). En su tesis “Mejoramiento de la producción en tajo mediante la optimización de las operaciones de perforación y voladura en la veta Milagros PEC nivel 2360 de la Compañía Consorcio Minero Horizonte S.A.”, en la investigación concluye en primer lugar que el macizo rocoso presenta valores entre 28 – 40 de RMR, las labores como rampas y cruceros están ejecutadas principalmente en granodiorita muy fracturada y altamente húmeda. Las labores de desarrollo en granodioritas intensamente fracturadas y muy húmedas. También concluye que se logra optimizar la perforación y voladura con la malla propuesta lo cual se llega a optimizar el avance lineal y la reducción del factor de potencia que indica el menor consumo de explosivo.

Palomino, H (2016). En su tesis titulada “Optimización del proceso de perforación y voladura en las labores de desarrollo para mejorar la eficiencia en la compañía Minera Poderosa S.A.”. El objetivo de la investigación es rediseñar la malla de perforación y voladura mediante un control estricto de tiempos de perforación, el paralelismo de taladros, control de factor de carga, control de factor de avance, control del factor de sobre rotura con el fin de optimizar la eficiencia de la perforación. Concluye en primer lugar de las evaluaciones geomecánicas para efectos de voladura, el macizo rocoso se halla en la clase regular obteniéndose un RMR de 68.9; llega a la conclusión que, de acuerdo con el Q de Barton se tiene un valor de 15.9; el que indica que se trata de una roca regular a buena. En cuanto a los aspectos

técnicos de perforación y voladura se considera la sección anterior y actual es 3x3 m. la longitud de perforación de 1.66 m. y por último concluye que en la malla anterior se tiene 3 taladros de alivio y 36 taladros de producción, en la actualidad los taladros de alivio son tres y 34 taladros de producción y la eficiencia de perforación en el sistema convencional mejoro de un 90 % a 97%.

b. Antecedentes internacionales.

Sánchez, V. (2014). La tesis “Optimización en los procesos de perforación y voladura para minimizar los costos de explotación en la mina Bethzabeth”. En su análisis efectuado en la malla de perforación que actualmente se aplica para la fragmentación del mineral de las vetas Sucre y Tres Diablos de la concesión Bethzabeth. Concluye en la investigación que, en la malla de perforación que actualmente se utiliza para la fragmentación del mineral de las vetas Sucre y Tres; demuestra mala dimensión en el número de taladros, cantidad de carga excesiva, velocidad de detonación del explosivo inadecuado y el tiempo de retardos utilizados en la voladura no son los adecuados, como consecuencia se obtiene un alto costo en las operaciones de perforación y voladura.

Zapata, C. (2015). Universidad de Cuenca del Ecuador, en su tesis “Análisis de los costos de perforación para el sector minero en el área de extracción de oro e implementación de un sistema de malla de perforación en la Asociación Comunitaria Minera La Maná”. Evalúa los costos de todos los procesos de perforación con el objetivo de determinar el mejor costo de perforación, logrando su objetivo de implementar un nuevo sistema de malla de

perforación aplicando nuevas condiciones más estables que permite mejorar los costos de perforación.

Salazar, R. (2015). en la tesis “Remoción de rocas con explosivos, para la construcción de caminos a menores costos”. Menciona que, dadas las actuales necesidades de producción y rapidez versus costos; con la aplicación de una nueva malla de perforación y un cambio de densidad del explosivo cumplen en mejor forma los requerimientos del consumo de explosivos, rotura de las rocas permitiendo un más eficiente trabajo de los equipos de carguío y transporte asimismo en lo que respecta a la perforación, traslados, alcance, seguridad y logrando mejorar los costos de producción.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Factores de la perforación y voladura en galerías

A. Sistema de avance de la perforación

Los diseños según el cual se ataca la sección de un frente dependen de varios factores que se consideran ellos son:

- Equipo de perforación.
- Tiempo disponible para la ejecución del proyecto.
- Tipo de roca.
- Método de sostenimiento.
- Red de ventilación.

En rocas competentes con secciones inferiores a 100 m² pueden excavarse con perforación y voladura a sección completa, una excavación de fases se utiliza para la ejecución de grandes túneles, la sección resulta demasiado grande para ser cubierta por el equipo

de perforación o si las propiedades geomecánicas de las rocas no permiten la excavación a sección completa.

B. Esquema de Voladura

La voladura en frentes subterráneos se caracteriza por no contar con ninguna superficie libre solamente el propio frente de ataque. El principio se basa en crear un hueco libre con los taladros de arranque hacia el cual se fragmentan las cargas restantes. Dicho hueco tiene, generalmente, una superficie de 1 a 2 m². Aunque con diámetros de perforación grandes se alcanzan hasta los 4 m². En los arranques en abanico los taladros del arranque cubren la mayor parte de la sección. Al comparar geométricamente a las voladuras en banco, requiere consumos específicos de explosivo entre 4 y 10 veces superiores, por tener errores de perforación, menor hueco de esponjamiento con respecto al eje de avance, menor ayuda entre cargas adyacentes y en otras zonas existe la acción negativa de la gravedad, como sucede con los taladros de arrastre.

Los taladros de contorno establecen la forma final de una labor, orientados hacia el interior del macizo para dejar hueco a las perforadoras el emboquille y avance.

En cuanto a la ubicación del arranque, influye en la proyección del escombros, en la fragmentación y también en el número de taladros. Se tiene tres ubicaciones: en rincón, centrada inferior y centrada superior, la recomendable es esta última, ya que se evita la caída libre del material, el perfil del escombros es más homogéneo, menos compacto y mejor fragmentado (Piñas, 2007).

2.2.2. Ciclo de perforación y voladura en galerías

A. Perforación y voladura

El equipo de perforación son perforadoras livianas tipo Jack-leg. La longitud de barras es de 5, 6 y 8 pies con 34, 36 y 38 mm de diámetro de inserto y/o brocas.

En la voladura, se emplean dinamitas con potencia relativas de 45% y 65% y dinamitas pulverulentas de 45% y 65% en las coronas. La eficiencia de perforación y voladura son:

- Factor de potencia es 2.18 kg/m³ y en tajos 1.04 kg/m³.
- Factor de perforación lineal es 7.10 kg/m. y en tajos 3.92kg/m.

Se deja ventilando el frente para que en un tiempo determinado se elimine los gases tóxicos producidos por los explosivos

B. Sostenimiento

La siguiente etapa consiste en el saneo del frente mediante la eliminación de las rocas sueltas que se encuentran en el techo y cajas de la labor, esta operación puede ser en forma manual con el uso de barretillas o mecánicamente con el uso de equipos de saneo. Seguidamente se procede a la etapa del sostenimiento para ello se tiene información geológica de la masa rocosa ha sido clasificada por el índice Q y el índice RMR, los tipos de roca determinados son: A, B, C y D.

Las propiedades físicas y de resistencia de la roca han sido estimadas a partir de ensayos de laboratorio y del índice de resistencia geológico GSI. El criterio de falla empleado es el de Hoek-Brown.

El sistema adecuado de sostenimiento temporal está constituido por los elementos:

- Postes de madera,
- Gatas hidroneumáticas y
- Pernos de anclaje.

En tajos se aplica finalmente el relleno hidráulico, su principal objetivo es evitar colapsos, subsidencias y permite recuperar los puentes y pilares de mineral, sus propiedades son las siguientes:

- Densidad de pulpa: 1900 gr./lt
- Velocidad crítica: 2.59 m/s
- Velocidad de percolación: 18.78 cm/hr
- Diámetro de tubería (troncal): 4"
- Energía para el transporte: gravedad

C. Limpieza y Acarreo

En tajos la limpieza se realiza con winches de arrastre de dos tamboras de motor eléctrico de 15 HP, que tienen un buen rendimiento en el ciclo de minado, en algunos casos la limpieza es manual con carretillas y carros mineros hasta almacenar en las tolvas de extracción.

En frentes la limpieza se utiliza Palas Neumáticas Eimco 12B de capacidades 0.155m³, 0.198m³ respectivamente. La extracción de desmonte de interior mina hasta las bocaminas lugar donde están las tolvas principales, se realiza mediante locomotoras a batería de 1.5 y 3 toneladas que jalan 12 a 20 carros mineros (U34).

El transporte de las tolvas principales de bocaminas a la tolva de gruesos planta de concentración se utiliza volquetes de 20 toneladas de capacidad.

2.2.3. Parámetros para el diseño de perforación y voladura

1. Calidad de la roca

Para el diseño de malla de perforación y voladura se considera la calidad de roca, se tiene en cuenta las siguientes propiedades:

- Físicas, (densidad, dureza, tenacidad, porosidad, abrasividad, grado de alteración).
- Densidad es la relación entre la masa y el volumen de la roca que varían de 1.2 a 4.3.
- Tenacidad. es la resistencia que opone un mineral u otro material a ser roto, molido, doblado, desgarrado.
- Dureza. La dureza es la resistencia de los materiales para resistir la penetración de otro cuerpo.
- Porosidad. Son pequeños espacios abiertos existentes en los materiales rellenos por soluciones acuosas y/o gaseosas de una roca. Por esta razón la roca es más frágil.
- Abrasividad. Es la roca por lo general granulada, que actúa sobre otros materiales que logra un desgaste o pulimento.
- Grado de alteración de una roca. La meteorización física produce la fracturación y disgregación de la roca mediante la abertura con creación de nuevas discontinuidades.
- Resistencia a la compresión simple o uniaxial de una roca (RCS) al esfuerzo medido sobre la misma de una manera técnica. La

resistencia a la compresión simple de las rocas define los criterios de rotura y el comportamiento geo mecánico de un macizo rocoso.

- La condición geológica el macizo rocoso puede ser discontinuo, anisótropo y heterogéneo conformado en conjunto tanto por bloques de matriz rocosa a veces presentan discontinuidades que afectan al medio rocoso, mecánicamente el macizo rocoso puede considerarse una resistencia a la tracción nula dentro de la estructura, en grado de fisuramiento.

2. Parámetros del Explosivo

Es muy importante conocer la propiedad del explosivo son variables, se pueden conocer con los cálculos modernos, las empresas fabricantes de explosivos brindan información técnica del explosivo. Pueden ser físicas o químicas como la densidad, velocidad de detonación (VOD), sensibilidad a la iniciación, transmisión, simpatía, resistencia al agua, energía del explosivo, volumen normal de gases, presión de taladro y control de humos.

3. Parámetros de Carga

El parámetro de carga es variable controlable en el momento del diseño de la malla de perforación y voladura, se considera el diámetro del taladro, longitud del taladro, densidad de carga, confinamiento, acoplamiento, longitud de carga, tipo y ubicación del cebo, distribución de energía, intervalos de iniciación de carga, variables de perforación. (EXSA S.A., 2015)

4. Numero de Taladros

La cantidad de taladros para una voladura depende del tipo de roca a volar, del grado de confinamiento, del grado de fragmentación que se desea obtener y del diámetro de las brocas de perforación; factores que reducen o amplían la malla de perforación con el aumento o disminución del número de taladros calculados teóricamente. También determina la clase de explosivo y el método de iniciación a emplear.

- Tipo de roca. La dureza de la roca permite calcular el número de taladros en una malla de perforación, esta puede ser de muy dura a muy frágil, es variable las condiciones conociendo los parámetros del tipo de roca se determina el número de taladros.
- Grado de fragmentación. La dimensión de la explotación del yacimiento, capacidad de los equipos, capacidad de la planta metalúrgica va variar la dimensión de la roca fragmentada; para labores subterráneas la dimensión es más pequeña en relación con la explotación superficial el grado de fragmentación es de mayor dimensión. Por lo tanto, la malla de perforación va a variar en el número de taladros.
- Confinamiento. En el diseño de una malla de perforación se tiene en cuenta el grado de confinamiento de la roca, cuantas caras libres se tiene, en labores subterráneas se tiene una sola cara libre por lo que la roca se encuentra mas confinada ofrece mayor resistencia para la voladura y en la malla de perforación superficial la roca se encuentra menos confinada por presentar

más caras libres por lo que se requiere menor número de taladros en la perforación.

- Diámetro de perforación de las brocas. Es muy importante ya que a mayor diámetro de la broca se va requerir menor número de taladros y a menor diámetro de las brocas se requiere mayor número de taladros, el diámetro está en función a las propiedades de la roca que se va perforar.

Se puede calcular el número de taladros con un próximo mediante el siguiente modelo empírico. (EXSA S.A., 2015)

$$N^{\circ} \text{ tal} = 10 \times \sqrt{(A \times H)}$$

Donde:

A: ancho de sección

H: altura de sección

O de forma más precisa con la siguiente fórmula

$$N^{\circ} \text{ tal} = (P/dt) + (C \times S)$$

Donde:

P: perímetro de la sección

(m). dt: distancia entre taladros

(m). C: constante de roca (m).

S: área de la sección

$$(m^2). P = 4\sqrt{A}$$

5. Cantidad de Carga

Los kilogramos de carga están en función a la tenacidad de la roca y de la dimensión del frente de voladura, está en función al número, diámetro y profundidad de los taladros y propiedades del explosivo e

iniciadore. Disminuye la cantidad de explosivo por metro cuadrado a volar cuanto más grande sea la sección del túnel, aumenta cuanto más dura sea la roca.

En términos generales se considera el siguiente factor en kilogramo de explosivos por metro cúbico de roca. En minería los consumos de explosivos varían generalmente entre 250 a 900 g/m³.

6. Concentración de Carga Lineal del Explosivo

Los taladros próximos al taladro de expansión se carga el explosivo con sumo cuidado, ya que una concentración de carga baja no llega a provocar la rotura de la roca. Por el contrario, una carga excesiva da lugar a un lanzamiento muy energético de la roca fragmentada al lado opuesto del taladro de expansión a tal velocidad que esta se compacta o congela y no se expulsa a través del hueco del taladro vacío.

7. Distancia entre Taladros

Se determinan por el número de taladros y del área del frente de voladura. Varían de 60 a 90 cm. y de 50 a 70 cm., esto facilita la perforación y evita la sobre rotura, se perforan ligeramente divergentes del eje del túnel para que los topes permitan mantener la misma amplitud de sección en la nueva cara libre a formar. (EXSA S.A.,2015)

2.2.4. Factores que producen la sobre excavación

Los Factores que provocan la caída de rocas y sobre excavación en las labores de avance son:

a. Mala dimensión del área a excavar

Respecto a altura, ancho y largo del frente, de los tajos a explotar y la dimensión de los pilares y puentes de soporte.

b. Carga sobredimensionada

El exceso de explosivo y secuencia de salidas muy confinada genera deterioro de la roca del contorno de las labores en avance.

Una orientación desfavorable de la labor minera con respecto al rumbo y buzamiento de la estructura geológica predominante del yacimiento (fallas, diaclasas, disyunción y planos de estratificación).

c. Malla inapropiada a la condición de la roca

Diseño del arranque, distribución de taladros, la carga explosiva y secuencia de salidas que no mantienen relación con el grado de intensidad del macizo rocoso (fisuras, apretadas, medianamente separadas).

d. Inapropiada selección del explosivo

Por el tipo y condición de la roca, Detonación, Deflagración vs. Tenacidad, Friabilidad, Factor de carga, Factor de energía vs volabilidad, Excavabilidad

2.2.5. Perforación y voladura controlada

Este método permite obtener superficies de corte lisas y bien definidas, al mismo tiempo contribuye a mejorar la estabilidad, muy importante en trabajos subterráneos, para prevención de desplome de techos y otros riesgos y en superficie para la estabilidad de taludes en corte de laderas.

Consiste en utilizar cargas explosivas lineares de baja energía cargadas en taladros muy cercanos entre sí, se disparan en forma simultánea para crear y controlar la formación de un plano de rotura continuo, limita la superficie final de un corte o excavación.

A. Ventajas y Desventajas de la Voladura Controlada

a. Ventajas

- Se obtiene superficies de rocas lisas y estables.
- Reduce la vibración de la voladura principal y la sobre excavación, también la proyección de fragmentos y los efectos de agrietamiento en construcciones e instalaciones cercanas a la voladura; esto facilita el transporte de los detritos de voladura, por su menor dimensión.
- Se obtiene menor agrietamiento en la roca remanente. Es importante considerar que la voladura convencional, según la carga y el tipo de roca afectan a las cajas techos a profundidades de hasta 1,50 y 2,00m. debilitando la estructura, mientras que la voladura controlada afecta en promedio de 0,20 y 0,50 m, mejorando el auto sostenimiento de la excavación.
- En minería es una alternativa para la explotación de estructuras débiles e inestables.

b. Desventajas

- Se tiene mayor costo que la voladura convencional por tener más perforación y uso de explosivos especiales o acondicionados a propósito.
- Mayor tiempo en la ejecución del proyecto, por el incremento del trabajo de perforación.
- En algunos tipos de terreno no dan los resultados esperados, como en material detrítico incompetente o deleznable. Buenos resultados se obtienen en rocas homogéneas y competentes.

B. Aplicación de la Voladura Controlada

Se aplica en la ejecución de labores permanentes de túneles, cámaras y excavaciones para cimientos de máquinas. Las condiciones necesarias de perforación son:

- El diámetro de taladros de contorno es igual a los de producción.
- La precisión de la perforación es muy fundamental, en cuanto al alineamiento y paralelismo de los taladros de acuerdo al diseño del corte a realizar, mantener un burden constante en toda la longitud del avance, caso contrario no se formará el plano de corte. Un mal emboquillado o desviación resultará en sobre rotura o salientes de roca, desviaciones mayores de 0,10 a 0,15 m. al fondo deformaran el corte dando lugar a tacos quedados (Bootlegs).
- El espaciamiento entre taladros es menor que el de voladura convencional, la relación espacio/burden baja de $E = 1,3B$ a $E = (0,5 \text{ ó } 0,8) B$. En la práctica, para voladura amortiguada, la distancia se estima entre 15 a 16 veces el diámetro del burden de 1,2 a 1,5 veces el espaciamiento, mientras que para precorte el espaciado será de 8 a 12 veces el diámetro, considerándose el burden infinito. Así en la práctica son esenciales espaciamientos entre 0,3 y 0,6 m.

C. Condiciones de Carga

Se utiliza baja densidad de carga explosiva, lo que se obtiene con:

- Explosivos especiales de baja energía y velocidad; cartuchos de pequeño diámetro, como el Exsacorte de 22 mm, que produce unos 1,000 bares de presión, mientras que uno convencional puede llegar a 30.000 bar.

- La carga de columna es desacoplada (no atacada), normalmente de sólo 0,5 veces el diámetro del taladro (relación 2:1) para formar un anillo de aire alrededor del explosivo que amortigüe el efecto de impacto al absorber parte de la energía de la explosión y se distribuye a lo largo del taladro (esto se facilita por ejemplo con los cartuchos largos de Exsacorte que cuentan con plumas centradoras plásticas).
- La densidad de carga fluctúa entre 0,18 y 0,37 kg/m, para este caso, por el tipo de roca varía entre 0,08 y 0,22 kg/m. Para amortiguar la onda y facilitar la formación del plano de corte, se intercalan taladros vacíos de guía entre los taladros cargados.

D. Condiciones de la Carga de Fondo

Requiere una carga de fondo de alta velocidad con factor de acoplamiento cercano al 100% (ejemplo uno o dos cartuchos convencionales de dinamita), para asegurar el arranque de la carga desacoplada de columna y evitar la formación de tacos quedados al fondo. También se debe sellar los taladros con taco inerte (steming) para contener los gases y evitar la columna desacoplada sea eyectada del taladro al detonar el cebo (o succionada por la descompresión subsiguiente a la voladura previa del disparo principal).

E. Condiciones Necesarias de Disparo

El disparo de los taladros del corte periférico es simultáneo, o máximo en dos o tres etapas de retardo muy cercanas, si el perímetro a cortar es grande, para que el plano de corte se forme completamente. Esto se asegura con una línea troncal de encendido independiente. Tomar en cuenta que la velocidad pico de partícula generada por el disparo puede llegar a causar excesivo daño

a la roca remanente, ello se puede reducir manteniendo por debajo de los 700 a 1.000 m/s. Esta velocidad se estima con la siguiente fórmula empírica:

$$VPP = \sqrt{C_e \times d \times b}$$

Dónde:

VPP: velocidad pico de partícula, en m/s.

Ce: carga explosiva en caja, en kg.

d: distancia radial desde el punto de detonación, en m.

b: constante que depende de las propiedades estructurales y elásticas de la roca, y que varía de lugar a lugar.

Los explosivos disponibles para carga controlada en pequeño diámetro son:

1. Tubos plásticos rígidos con carga interior de dinamita de baja velocidad y presión, acoplables que forme columnas de longitud requerida, con plumas centradoras para desacoplar la carga; como el Exsacorte de 22 mm de diámetro por 710 mm de longitud.
2. Cartucho convencional de dinamita espaciados entre sí a una distancia equivalente a la longitud de un cartucho (0,20 m), iniciados axialmente con cordón detonante de bajo gramaje (3 g/m).
3. Agentes de voladura de baja densidad, normalmente granulares reductores de energía como polietileno expandido, aserrín, ceniza y otros. Tienen como inconveniente que pueden segregarse gravimétricamente y generan gases tóxicos.
4. Sistema de carga air deck con sólo carga de fondo y taco inerte, requiere un buen control para asegurar resultados y la roca debe ser compatible con el método.

5. Cordón detonante de alto gramaje (60, 80, 120 g/m). Este elemento reduce la densidad de carga lineal, pero es costoso.

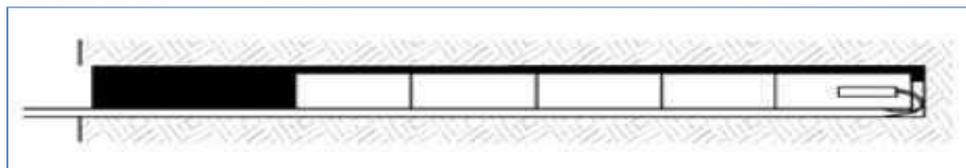
F. Confinamiento de Carga Explosiva

a. Taladro convencional

El acoplamiento de carga explosiva y taladro (iguales diámetros), longitud de carga $2/3$ del taladro y $1/3$ de taco.

Figura 3:

Esquema de la carga explosiva



Fuente: EXSA 2018

b. Taladro de voladura controlada

El desacoplamiento de carga explosiva y taladro (menor diámetro del explosivo), longitud de carga prácticamente todo el taladro.

Figura 4:

Esquema de carga de voladura controlada

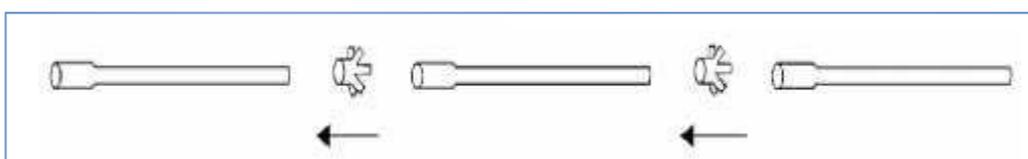


Fuente: EXSA 2018

Esquema del acoplamiento de cartuchos rígidos y sus plumas centradoras.

Figura 5:

Esquema de ensamble del exsacort

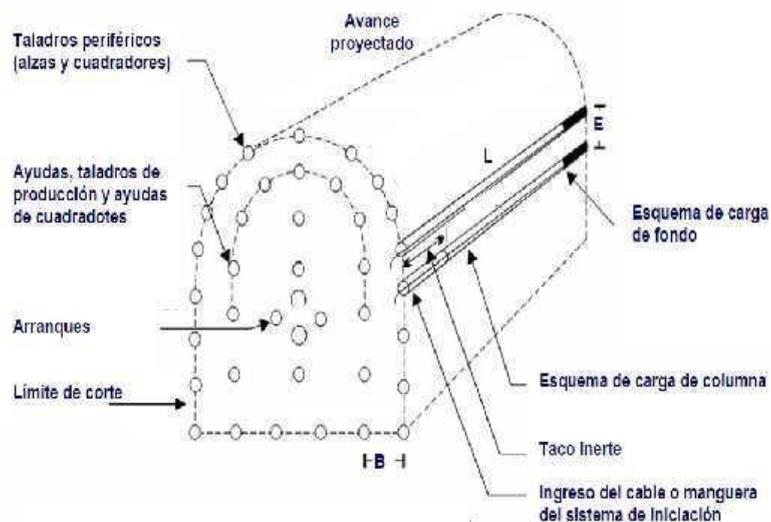


Fuente: EXSA 2018

c. Esquema de voladura controlada (recorte)

Figura 6:

Malla de voladura controlada



Fuente: EXSA 2018

G. Confinamiento de la Carga Explosiva al fondo

Todo carguío requiere una carga de fondo de alta velocidad con factor de acoplamiento cercano al 100% (uno o dos cartuchos convencionales de dinamita), se asegura el arranque de la carga reducida de columna y evita la formación de tacos quedados al fondo. Se debe sellar los taladros con taco inerte (steming) para contener los gases y para evitar que la columna desacoplada sea eyectada del taladro al detonar el cebo (o succionada por la descompresión subsiguiente a la voladura previa del disparo principal).

Figura 7:
Carga explosiva al fondo



Fuente: EXSA 2018

2.2.6. Los explosivos

1. Características de los explosivos industriales

- **Potencia relativa**

Es el contenido de energía del explosivo y trabajo que desarrolla para producir efectos mecánicos. No hay un criterio de medición que utilicen los fabricantes, existen muchos métodos como son: Prueba balística de mortero, prueba de trauzl.

Se expresa como potencia absoluta por volumen (ABS) y potencia absoluta por peso (AWS). También se puede expresar como una comparación de la energía de un explosivo referente al ANFO, el cual es tomado como el 100%, obteniéndose la potencia relativa por peso o la potencia relativa por volumen. Entonces, es un valor relativo cuyo propósito es comparar los explosivos entre ellos. (Manual de Voladura Exsa, 2012, p. 36).

- **Brisance o poder rompedor**

Es el efecto demoledor que aplica el explosivo sobre la roca para iniciar su fracturamiento. Como factor dinámico de trabajo es consecuencia de la onda de choque y está vinculado a la densidad y a la velocidad de detonación que muchas veces se utiliza como base comparativa. (Manual de Voladura Exsa, 2012, p. 38).

- **Velocidad de detonación**

Velocidad a la que la onda de detonación se propaga a través del explosivo, y por tanto es el parámetro que define el ritmo de liberación de energía. (Manual de Voladura Exsa. 2012, pág. 40).

- **Resistencia al agua**

Capacidad para resistir una prolongada exposición al agua sin perder sus características, es decir su capacidad para rechazar la penetración del agua. La unidad empleada es la de “horas”. (Manual de Voladura Exsa, 2012, p.44).

- **Categoría de humos**

Todo explosivo comercial produce polvo, vapor de agua (H₂O), óxidos de nitrógeno (NO-NO₂), óxidos de carbono (CO-CO₂) y eventualmente gases sulfurosos (H₂S, SO₃ y AlO₂) si contenía azufre o aluminio. Entre los gases inocuos generados hay siempre cierto porcentaje de productos irritantes tóxicos o letales llamados en conjunto “humos”, como el monóxido de carbono y el bióxido de nitrógeno. De acuerdo con la proporción

contenida de estos gases tóxicos se ha establecido escalas de clasificación por grado de toxicidad para la exposición del personal trabajador después del disparo. (Manual de Voladura Exsa, 2012, pág. 45).

- **Densidad**

La densidad de la mayoría de los explosivos varía entre 0.8 y 1.6 g/cm³ (Ver Tabla 1). Generalmente, cuanto más denso sea un explosivo, proporcionará mayor efecto brisance o impacto.

Tabla 2:
Densidades de explosivos

Tipo de Explosivo	Densidad
(g/cm³)	
Emulsión a granel	1.10 - 1.60
Anfo cargado neumáticamente	0.80 -
1.00	
Anfo vaciado	0.80 -
0.90	
Anfo encartuchado	1.10 - 1.20
Anfo pesado	1.10 -
1.40	
Dinamitas	1.05 -
1.50	
Hidrogeles	<u>1.15 - 1.30</u>

Fuente: EXSA 2018

2. Agentes de voladura

Los agentes de voladura son aquellos explosivos no sensibles al fulminante N°8, por lo que necesitan un cebo reforzado o primer-booster para iniciar su detonación. (López Jimeno, 2003).

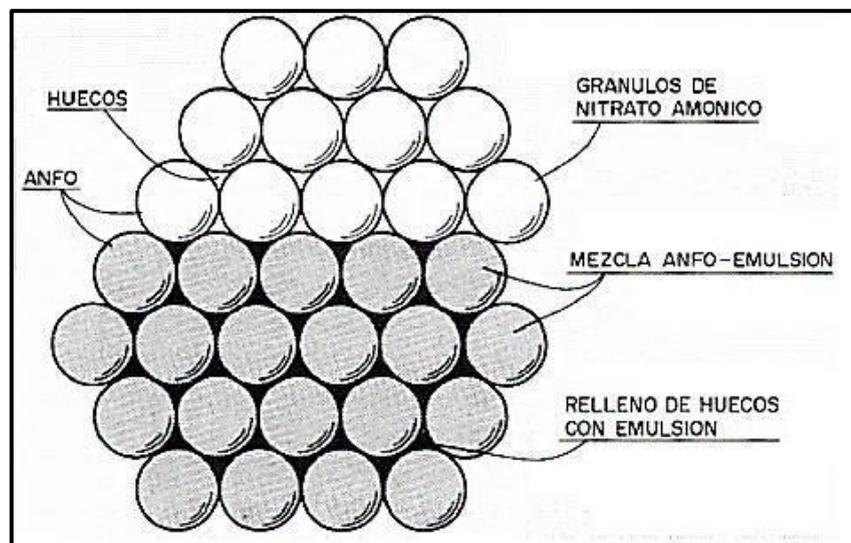
- **Anfo**

El Anfo es una mezcla explosiva industrial, su composición es de 94% de nitrato de amonio y 6% combustible. El nitrato de amonio es una sal inorgánica, no explosiva, se aplica en minería aquella que se fabrica como partículas esféricas o prills porosos. La principal desventaja del Anfo es su nula resistencia al agua. (López Jimeno, 2003)

- **Anfo pesado**

El Anfo Pesado es la mezcla de dos agentes de explosivos, el Anfo y la emulsión matriz en diferentes proporciones, donde la emulsión envuelve los prills de Anfo (Ver Figura 2), formando una matriz energética con propiedades específicas. (López Jimeno, 2003).

Figura 8:
Estructura del Anfo Pesado



Fuente: EXSA 2018

- **Emulsión**

Las emulsiones explosivas son agentes de voladura del tipo denominado “agua en aceite” en las que la fase acuosa está

compuesta por sales inorgánicas oxidantes disueltas en agua y la fase aceitosa por un combustible líquido inmiscible con el agua del tipo hidrocarbonado, comúnmente diésel 2. (López Jimeno, 2003).

El tamaño de los componentes de (esta mezcla oxidante y combustible) tiene influencia directa en la velocidad de detonación y en general en el performance del explosivo (Ver tabla 3).

La emulsión pura no es un explosivo que pueda detonar, debido a que no es sensible ni siquiera al booster porque su densidad es muy alta. Para sensibilizarla, se puede utilizar un mecanismo físico como la generación de burbujas de gas, las cuales al ser comprimidas adiabáticamente se comportan como puntos calientes o hot spots, favoreciendo tanto la iniciación como la propagación de la detonación. Estos agentes gasificantes pueden ser poliestireno expandido o microesferas de vidrio.

A la vez, se puede aplicar la sensibilización química a través de una solución gasificante como es el nitrito de sodio. (López Jimeno, 2003).

Tabla 3:

Tamaño de partículas de los explosivos.

Explosivo	Tamaño (mm)	Estado	VOD (km/s)
Anfo	2	Sólido	3.2
Dinamita	0.2	Sólido	4.0
Hidrogel	0.2	Sólido/líquido	3.3
Emulsión	0.001	Líquido	5.0 - 6.0

Fuente: EXSA 2018

2.3. Definición de términos básicos

a. Cebo

Explosivo de alta potencia y sensibilidad, en la que se introduce el detonador, para aumentar el rendimiento de otros explosivos al momento de explotar.

b. Perforación

Orificio cilíndrico creado por un equipo de perforación, tienen diferente diámetro y longitud, su función es de alojar explosivo para fragmentar la roca.

c. Voladura

Es el proceso donde se produce la fragmentación y el desplazamiento de la roca por las presiones generadas por explosivos confinados dentro de taladros.

d. Conector

Accesorio complementario, compuesta de un casquillo de aluminio ranurado, en su interior lleva una masa pirotécnica especial e impermeable de agua.

e. Cordón detonante

Cordón cubierta de un material especial con alta velocidad de detonación usado para iniciar y transmitir la detonación de las cargas de explosivo.

f. Burden

Es distancia entre una fila de taladros y la cara libre, medida en forma perpendicular a la dirección de la línea de pozos, constituyen la dimensión lineal a la cara libre.

g. Espaciamiento

Distancia de taladros de una misma fila, se disparan con un mismo retardo o retardos diferentes y mayor por cada fila. Se calcula relacionado a la longitud al Burden.

h. Explosión

Proceso termoquímico donde una mezcla de gases, líquidos y sólidos reaccionan con la formación instantánea de gases con gran volumen, alta presión y temperatura.

i. Carga lineal

Es el confinamiento del explosivo a lo largo de un taladro medido en kg/m. pueden ser explosivo encartuchado o a granel.

j. Iniciación

Acto de detonar un explosivo por medio de un detonador o cualquier otro accesorio.

k. Diámetro crítico

Diámetro mínimo mediante en puede detonar una carga explosiva. A veces se agrega gas finamente disperso para reducir el diámetro crítico de un explosivo

l. Factor de carga

Expresado en kilogramos de explosivo utilizado para fragmentar un metro cubico de roca estéril El factor de carga tiene como unidades de kg/m³.

m. Granulometría

dimensión de la roca o mineral fragmentado, producto de una voladura diseñada con objetivos de transporte o tratamiento metalúrgico.

n. Detonador

Dispositivo que contiene una carga detonante para iniciar un explosivo, llamado también fulminante. Son eléctricos, no eléctricos, electrónicos, son instantáneos o con retardo.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La implementación de la perforación y voladura permite mejorar los parámetros de avance en la ejecución de la galería 706-W de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Mejora la eficiencia del avance lineal en la ejecución de la galería 706-W con la implementación de la perforación y voladura en la minera Magistral de Huaraz S.A.C.
- b) Mejora el factor de potencia del avance en la ejecución de la galería 706-W con la implementación de la perforación y voladura en la minera Magistral de Huaraz S.A.C.
- c) Mejora la granulometría de la voladura del avance en la ejecución de la galería 706-W con la implementación de la perforación y voladura en la minera Magistral de Huaraz S.A.C.

2.5. Identificación de variables

- **Variable Independiente**

X: Implementación de la perforación y voladura en la galería 706-W en la minera Magistral de Huaraz S.A.C.

- **Variables Dependientes**

Y: Mejora los parámetros de avance en la galería 706-W en la minera Magistral de Huaraz S.A.C.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

Tabla 4:
Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Implementación de la perforación y voladura en la galería 706-W en la minera Magistral de Huaraz S.A.C.	La implementación de la perforación y voladura con el cambio de mayor longitud del varillaje y cambio del uso explosivo permiten mejorar los parámetros de avance en un frente; Con un cambio de perforación de barrenos de seis pies a ocho pies, así mismo con el uso de explosivo tipo emulsión a cambio de dinamita definitivamente los resultados de un avance van a cambiar.	Varillaje de Perforación	Longitud de barra	metros
				Diámetro de broca	cm. ²
				Eficiencia de perforación	%
			Carga explosiva	Densidad del explosivo	gr/cm ³
				Velocidad de detonación	m/s
				Energía del explosivo	Joules
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Mejora los parámetros de avance en la galería 706-W en la minera Magistral de Huaraz S.A.C.	Cuando se realizan la perforación y voladura con barrenos de seis pies en el avance lineal de frentes no es eficiente, el factor de potencia por el tipo de explosivo utilizado y longitud de barra es alto, la granulometría de la fragmentación de la voladura se obtiene de gran dimensión en relación con los requerimientos para el carguío y transporte del material.	Parámetros de avance	Longitud de avance	m.
				Factor de potencia	Kg. /m ³ .
			Fragmentación	cm ³	

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

El nivel de investigación para el proceso del trabajo es descriptivo; por lo que se describe los resultados obtenidos después de las pruebas realizadas.

3.2. Nivel de investigación

El método considerado para el procesamiento de la investigación es lógico por la presentación de los datos de campo, el análisis, la deducción, la síntesis y conclusiones, también se definen resultados mediante la observación que afectan al objeto del estudio.

3.3. Métodos de Investigación

El método considerado para el procesamiento de la investigación es lógico por la presentación de los datos de campo, el análisis, la deducción, la síntesis y conclusiones, también se definen resultados mediante la observación que afectan al objeto del estudio.

3.4. Diseño de Investigación

El desarrollo del diseño de investigación corresponde a la cuantitativa, no experimental, decorte transversal, descriptiva y correlacional, se toma una base de datos en un solo momento único que describe los resultados al implementar la perforación y voladura. Se observan los fenómenos en un ambiente natural para luego realizar un análisis de comparación entre la perforación en un evento anterior y el evento actual.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Galerías del nivel 08 de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.; conformado por el nivel inferior.

- Las galerías 706-E y 706-W
- Las galerías 700-N y 700-S
- Las galerías 730-E y 730-W

3.5.2. Muestra

La muestra está representada por la galería 706-W, del nivel 08, de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.

3.6. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

➤ Técnicas empleadas

- **Recopilación de información**

Se buscó informaciones anteriores de proyectos de optimización de la perforación y voladura

- **Observación directa**

Se tuvo observaciones insitu en forma directa en los resultados de la perforación y voladura con varillaje de 6 pies, dinamita y luego con el varillaje de 8 pies, emulsión en el campo de ambos.

- **Información bibliográfica**

Se utilizó la técnica de lectura de textos e investigaciones anteriores para tener un mejor conocimiento acerca de la optimización de la perforación y voladura con diferentes características y materiales explosivos

➤ **Instrumentos de recolección de datos**

- **Materiales**

- Plan anual 2021 del proyecto de desarrollo
- Proyecto de avances 2021
- Informe de análisis geo mecánico
- Análisis del frente y de la zona galería 706-W
- Registro de datos de perforación y voladura con barrenos de 6 pies y el explosivo tipo dinamita
- Registro de datos de perforación y voladura con barrenos de 8 pies y el explosivo tipo emulsión

- **Equipos**

- Laptop
- Sensor de gases
- Picota
- Unidad de medición
- Cámara fotográfica

- Kit de control balanza, cronómetro, cartillas.
- **Software**
 - **Excel**

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

La selección de la base de datos de campo con los que se procesó y elaboro la presente tesis de investigación, se tuvo en cuenta los reportes tomados en campo durante el proceso de pruebas. Los resultados del avance lineal, factor de potencia y fragmentación y demás parámetros se validan a través de los reportes de voladura presentados al área de perforación y voladura de la minera Magistral de Huaraz, estos resultados fueron coordinados con el área respectiva.

Se garantiza la veracidad de los datos, porque la recolección de datos fue in situ y en tiempo real. Todos los resultados y conclusiones de la tesis fueron coordinados con el departamento de desarrollo de labores.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El proceso y análisis de datos se realiza con el Microsoft Excel, agrupando todas las variables y los resultados se presentan en tablas y gráficos estadísticos.

3.9. Tratamiento Estadístico

Se realizarán histogramas y otros gráficos estadísticos en Microsoft Excel y el software de SPSS.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Todo el proceso de la tesis es completamente original, inédita desarrollado con los principios de los valores, la ética profesional con conclusiones bajo el conocimiento científico y criterios profesionales que una investigación debe tener. Considero necesario mencionar que el presente estudio es el resultado de

mi experiencia laboral y desarrollado insitu en la minera Magistral de Huaraz
S.A.C.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Datos de la perforación y voladura de la galería 706-W

Se ha tomado muestras de la perforación y voladura con barrenos de 6 pies y como explosivo la dinamita, para analizar la eficiencia, para luego relacionar con la perforación de barrenos de 8 pies y como explosivo la emulsión.

Los resultados son:

Tabla 5:

Perforación y voladura con barreno de 6 pies

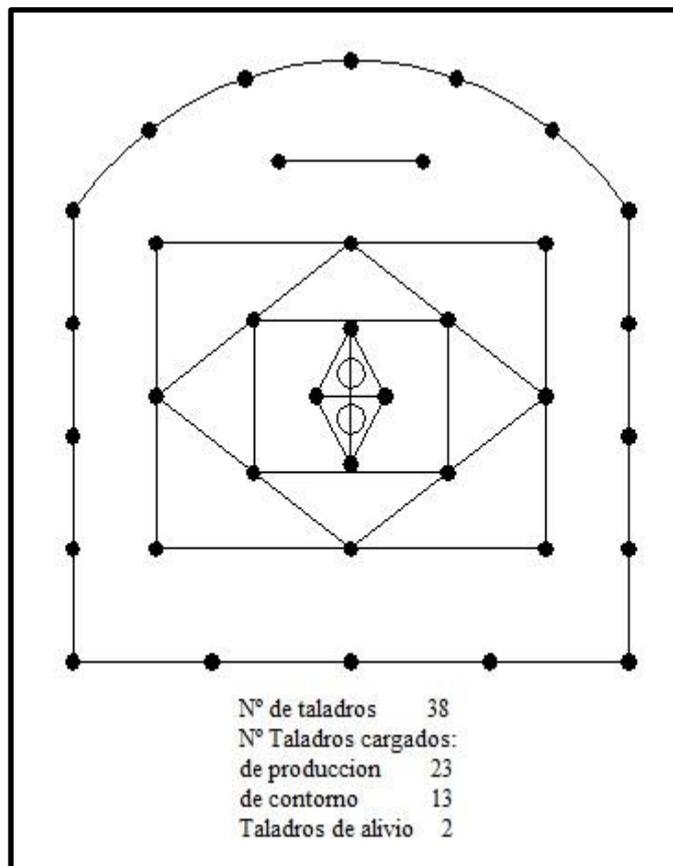
Diseño:	Perforación y voladura de frente
Lugar:	Galería 706-W
Ancho de la labor:	3:50 m.
Altura de la perforación:	3:50 m.
DATOS DE CAMPO	
Parámetros de perforación	
Equipo de Perforación	Jack Leg. RN-250X
Número de taladros	38
Diámetro del Taladro	39 mm.
Longitud del barreno	6 pies (1.80 m.)
Long. Efectiva de perforación	1.60 m.
Eficiencia de perforación	88.88 %
PARAMETRO DE EXPLOSIVO	

Densidad	1.12 gr/cm ³
Velocidad de detonación	4200 m/sg.
Dimensiones de explosivo	7/8" x 7"
Tipo de explosivo	Dinamita Semexsa Semigelatina 65
Peso por cartucho	81 gramos
N° de cartuchos por taladro	11 cartuchos (producción) y 9 cartuchos(contorno)
PARÁMETRO DEL MINERAL	
Densidad	2.8 ton/m ³
Resistencia a la compresión	90.84 Mpa.

Fuente: Elaboración propia

Figura 9:

Malla de perforación



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Data de la perforación y voladura con barreno de 6' y dinamita

Muestra 1

Explosivo Utilizado: 30 kg

Metros cúbicos fragmentados: 17.77

Avance lineal: 1.45 m.

Factor de Carga: 1.69 Kg. / m³

Granulometría de la fragmentación: 8.0" en promedio

Muestra 2

Explosivo Utilizado: 30 kg

Metros cúbicos fragmentados: 18.38

Avance lineal: 1.50 m.

Factor de Carga: 1.6 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 7.0" en promedio

Muestra 3

Explosivo Utilizado: 30 kg

Metros cúbicos fragmentados: 18.99

Avance lineal: 1.55 m.

Factor de Carga: 1.58 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 7.5" en promedio

Muestra 4

Explosivo Utilizado: 30 kg

Metros cúbicos fragmentados: 18.38

Avance lineal: 1.50 m.

Factor de Carga: 1.63 Kg. / Tn.

Granulometría de la fragmentación: 7.0" en promedio

Muestra 5

Explosivo Utilizado: 30 kg

Metros cúbicos fragmentados: 17.77

Avance lineal: 1.45 m.

Factor de Carga: 1.69 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 7.5" en promedio

Muestra 6

Explosivo Utilizado: 30 kg

Metros cúbicos fragmentados: 18.38

Avance lineal: 1.50 m.

Factor de Carga: 1.63 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 7.0" en promedio

Muestra 7

Explosivo Utilizado: 30 kg

Metros cúbicos fragmentados: 17.77

Avance lineal: 1.45 m.

Factor de Carga: 1.69 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 7.5" en promedio

Muestra 8

Explosivo Utilizado: 30 kg

Metros cúbicos fragmentados: 18.99

Avance lineal: 1.55 m.

Factor de Carga: 1.58 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 8.0" en promedio

Muestra 9

Explosivo Utilizado: 30 kg

Metros cúbicos fragmentados: 17.77

Avance lineal: 1.45 m.

Factor de Carga: 1.69 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 7.5" en promedio

Muestra 10

Explosivo Utilizado: 30 kg

Metros cúbicos fragmentados: 18.38

Avance lineal: 1.50 m.

Factor de Carga: 1.63 Kg. / Tn.

Granulometría de la fragmentación: 8.0" en promedio

4.1.3. Data de perforación y voladura con barreno de 8' y emulsión

Se obtuvo la siguiente información:

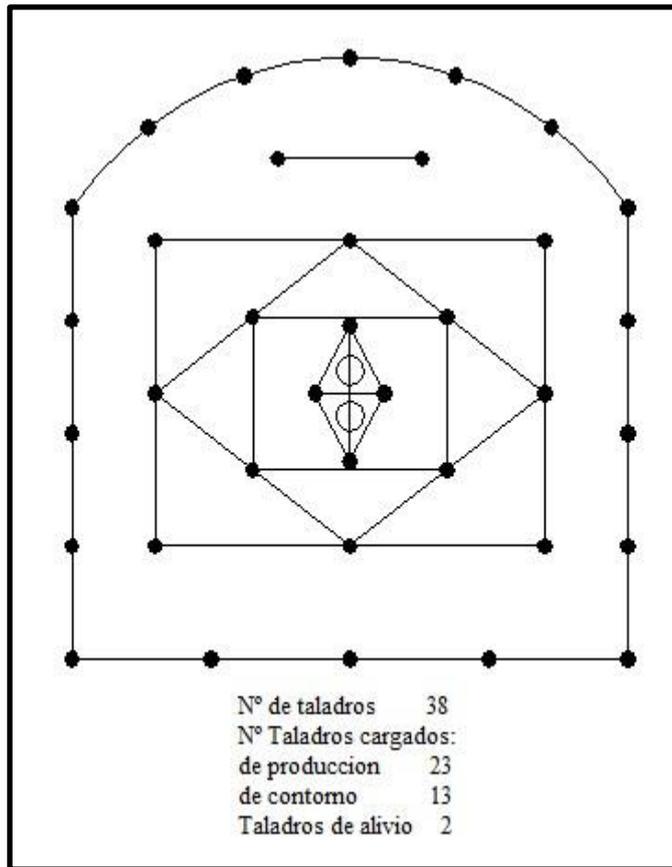
Tabla 6:

Perforación y voladura con barreno de 8'

Diseño:	Perforación y voladura de frentes
Lugar:	Galería 706-W
Ancho de la labor:	3.50 m.
Alto de la labor:	3:50 m.
DATOS DE CAMPO	
Parámetros de perforación	
Equipo de Perforación	Jack Leg. RN-250X
N.º de taladros de producción	36
Taladros de alivio	02 (45 mm.)
Diámetro del Taladro	39 mm.
Longitud del barreno	8 pies (2.40 m.)
Long. Efectiva de perforación	2.30 m.
Eficiencia de perforación	95.83 %
PARAMETRO DE EXPLOSIVO	
Densidad	1.12 gr/cm ³
Velocidad de detonación	5100 m/sg.
Dimensiones de explosivo	7/8" x 7"
Tipo de explosivo	Emulsión Semexsa E-65
Peso del explosivo	79 gramos
Nº de cartuchos por taladro	15 cartuchos (producción) y 13 cartuchos(contorno)
PARÁMETRO DEL MINERAL	
Densidad	3.0 ton/m ³
Resistencia a la compresión	90.84 Mpa.

Fuente: Elaboración propia

Figura 10:
Malla de perforación de 8'



Fuente: Elaboración propia

Muestra 1

Explosivo Utilizado: 41 kg

Metros cúbicos fragmentados: 27.57

Avance lineal: 2.25 m.

Factor de Carga: 1.49 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 6.0" promedio

Muestra 2

Explosivo Utilizado: 41 kg

Metros cúbicos fragmentados: 27.57

Avance lineal: 2.25 m.

Factor de Carga: 1.49 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 6.5" promedio

Muestra 3

Explosivo Utilizado: 41 kg

Metros cúbicos fragmentados: 26.95

Avance lineal: 2.20 m.

Factor de Carga: 1.52 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 6.0" promedio

Muestra 4

Explosivo Utilizado: 41 kg

Metros cúbicos fragmentados: 26.95

Avance lineal: 2.20 m.

Factor de Carga: 1.52 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 7.0" promedio

Muestra 5

Explosivo Utilizado: 41 kg

Metros cúbicos fragmentados: 27.57

Avance lineal: 2.25 m.

Factor de Carga: 1.49 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 6.5" promedio

Muestra 6

Explosivo Utilizado: 41 kg

Metros cúbicos fragmentados: 26.34

Avance lineal: 2.15 m.

Factor de Carga: 1.56 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 7.5" promedio

Muestra 7

Explosivo Utilizado: 41 kg

Metros cúbicos fragmentados: 27.57

Avance lineal: 2.25 m.

Factor de Carga: 1.49 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 6.0" promedio

Muestra 8

Explosivo Utilizado: 41 kg

Metros cúbicos fragmentados: 26.95

Avance lineal: 2.20 m.

Factor de Carga: 1.52 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 6.5" promedio

Muestra 9

Explosivo Utilizado: 41 kg

Metros cúbicos fragmentados: 26.95

Avance lineal: 2.20 m.

Factor de Carga: 1.52 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 7.0" promedio

Muestra 10

Explosivo Utilizado: 41 kg

Metros cúbicos fragmentados: 26.34

Avance lineal: 2.15 m.

Factor de Carga: 1.56 Kg. / m³.

Granulometría de la fragmentación: 7.5" promedio

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Presentación de data de perforación y voladura con barreno de 6' y dinamita

Tabla 7:

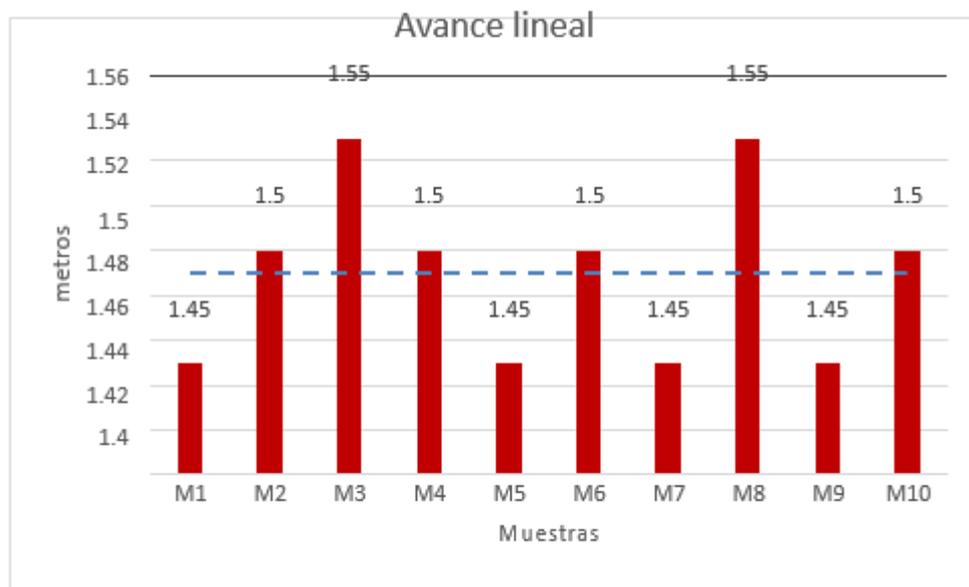
Perforación y voladura – barreno de 6'

Muestra	Avance Lineal (m.)	Factor de potencia Kg. / m3.	Granulometría Pulgadas	metros cúbicos rotos
1	1.45	1.69	8.0	17.77
2	1.50	1.63	7.0	18.38
3	1.55	1.58	7.5	18.99
4	1.50	1.63	7.0	18.38
5	1.45	1.69	7.5	17.77
6	1.50	1.63	7.0	18.38
7	1.45	1.69	7.5	17.77
8	1.55	1.58	8.0	18.99
9	1.45	1.69	7.5	17.77
10	1.50	1.63	8.0	18.38
Promedio	1.48	1.64	7.5	18.21

Fuente: Elaboración propia

Figura 11:

Avances con barrenos de 6'



Fuente: Elaboración propia

Figura 12:
Dimensión de la fragmentación por corte

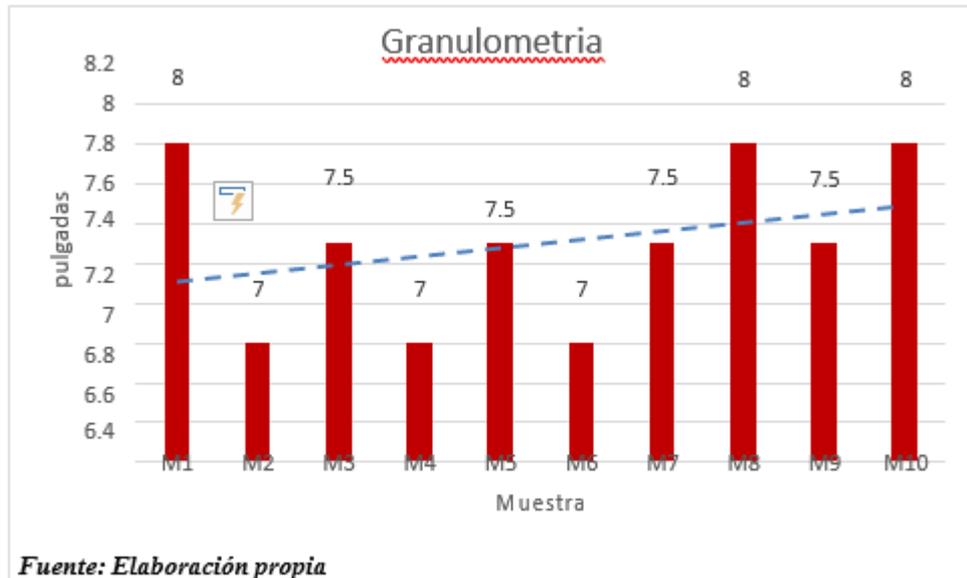


Figura 13:
Factor de carga con barreno de 6'

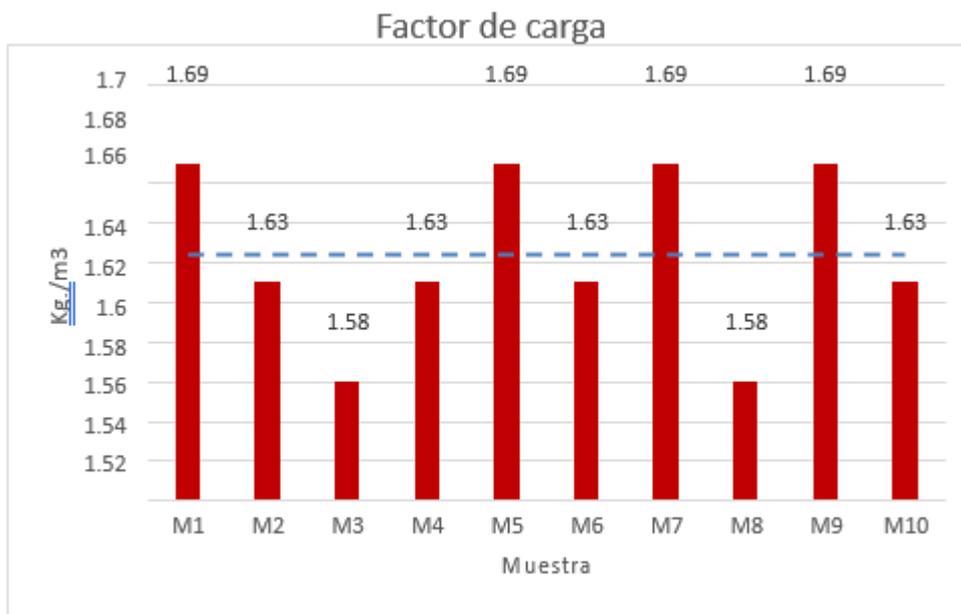
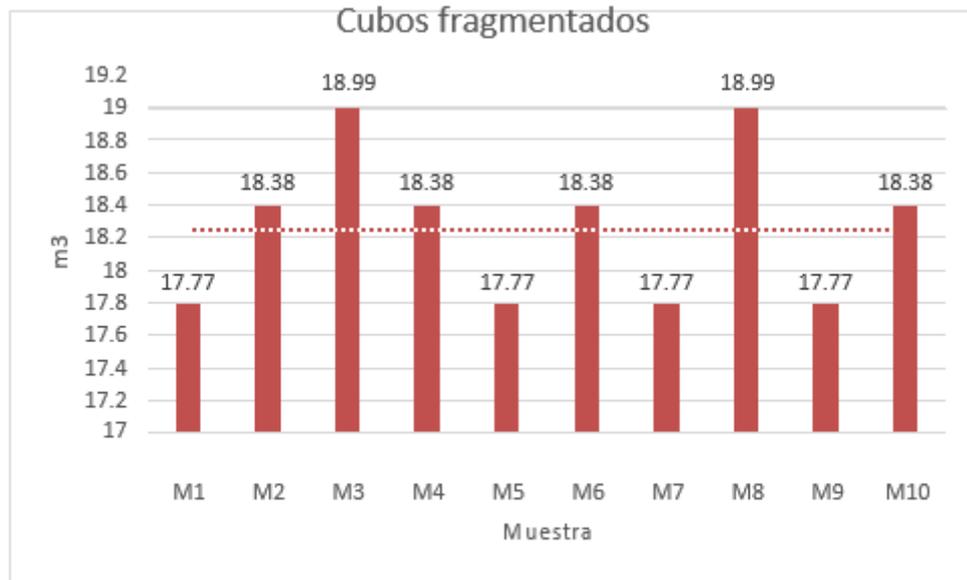


Figura 14:
Cubos rotos con barrenos de 6'



Fuente: Elaboración propia

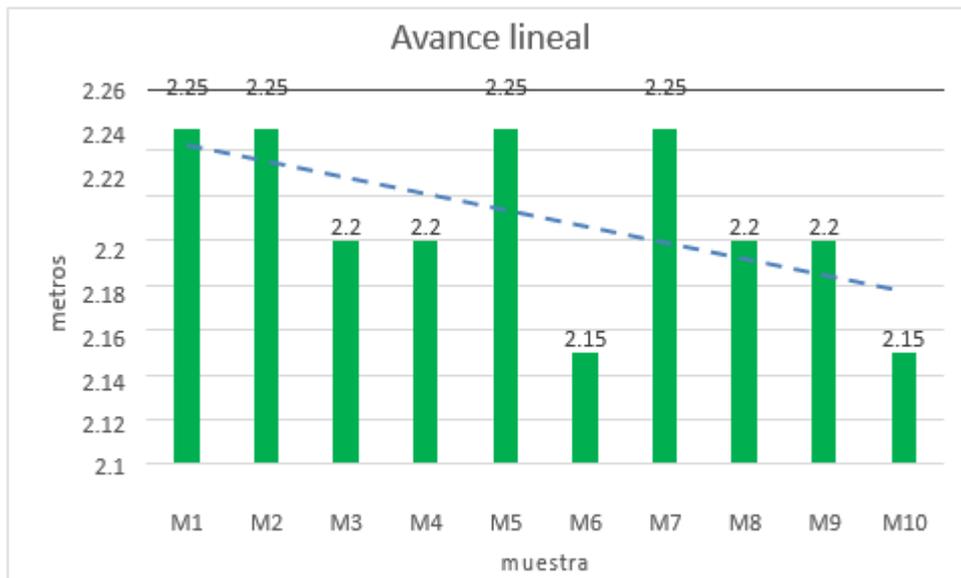
4.2.2. Presentación de data de la perforación y voladura con barreno de 8'

Tabla 8:
Perforación y voladura – barreno de 8'

Muestra	Avance Lineal (m.)	Factor de Potencia Kg. / m3.	Granulometría pulgadas	Metros cúbicos Rotos
1	2.25	1.49	6.0	27.57
2	2.25	1.49	6.5	27.57
3	2.20	1.52	6.0	26.95
4	2.20	1.52	7.0	26.95
5	2.25	1.49	6.5	27.57
6	2.15	1.56	7.5	26.34
7	2.25	1.49	6.0	27.57
8	2.20	1.52	6.5	26.95
9	2.20	1.52	7.0	26.95
10	2.15	1.56	7.5	26.34
Promedio	2.21	1.52	6.65	27.08

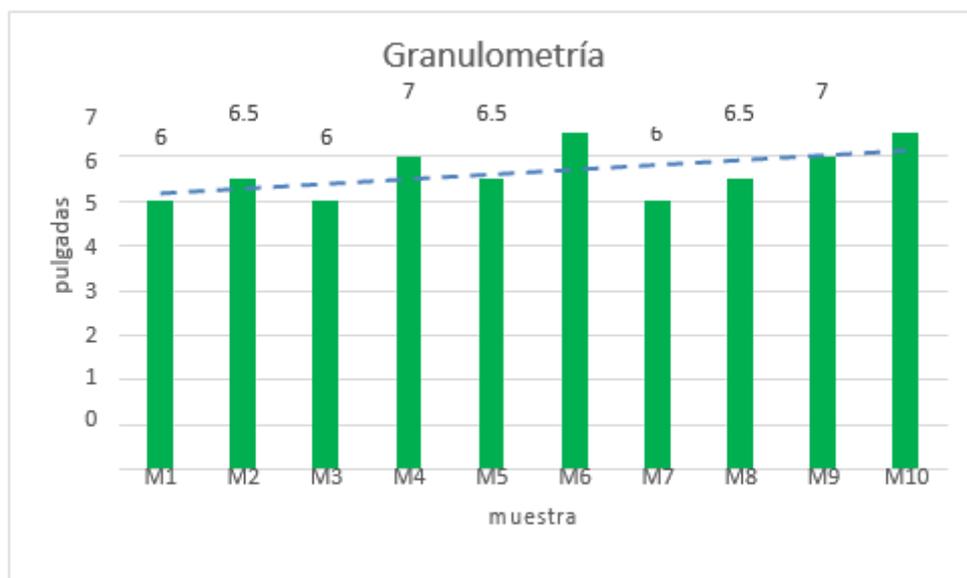
Fuente: Elaboración propia

Figura 15:
Avance lineal con barreno de 8'



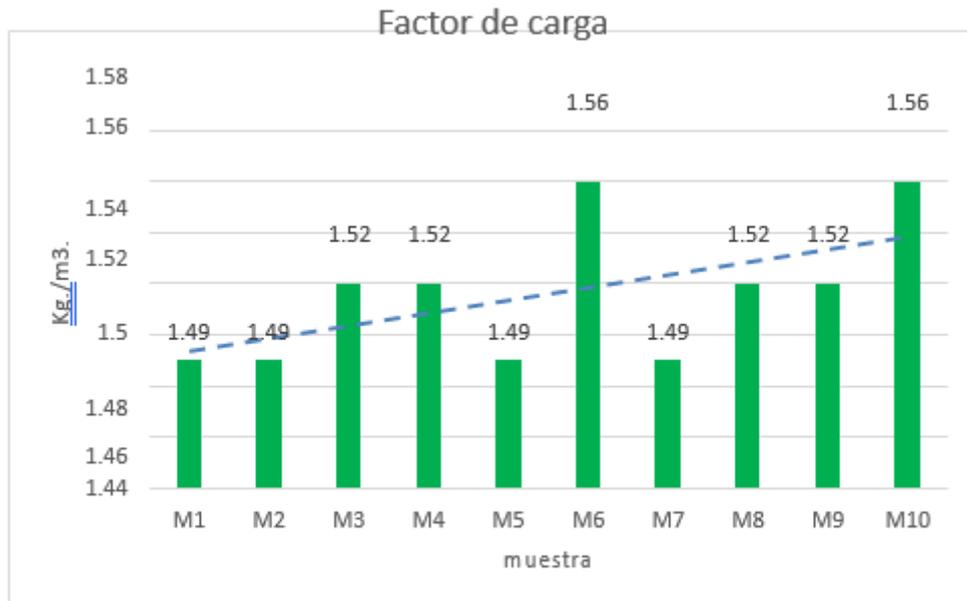
Fuente: *Elaboración propia*

Figura 16:
Fragmentación con barreno de 8'



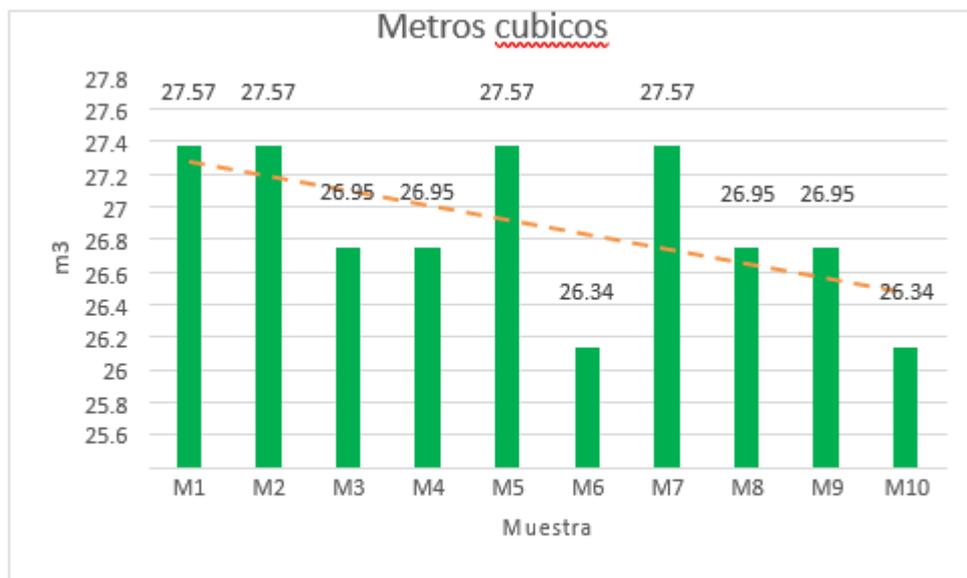
Fuente: *Elaboración propia*

Figura 17:
Factor de carga con barreno de 8'



Fuente: Elaboración propia

Figura 18:
Cubos rotos con barreno de 8'



Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Análisis de la perforación y voladura con barrenos de 6' y 8'

En el análisis de los promedios de la perforación y voladura con barrenos de 6' se tiene:

- El número de taladros perforados por corte es de 38 taladros con un diámetro de 39 mm.
- El promedio de avance lineal es de 1.48 metros
- La granulometría de la fragmentación en promedio y como máximo es 7.5", representa
- un 40% del total del tonelaje roto por voladura
- Se tiene un promedio de factor de potencia de 1.64 kilogramos / m³
- Los cubos rotos por corte son de 18.21

En el análisis de los promedios de la perforación y voladura con barreno de 8' se tiene:

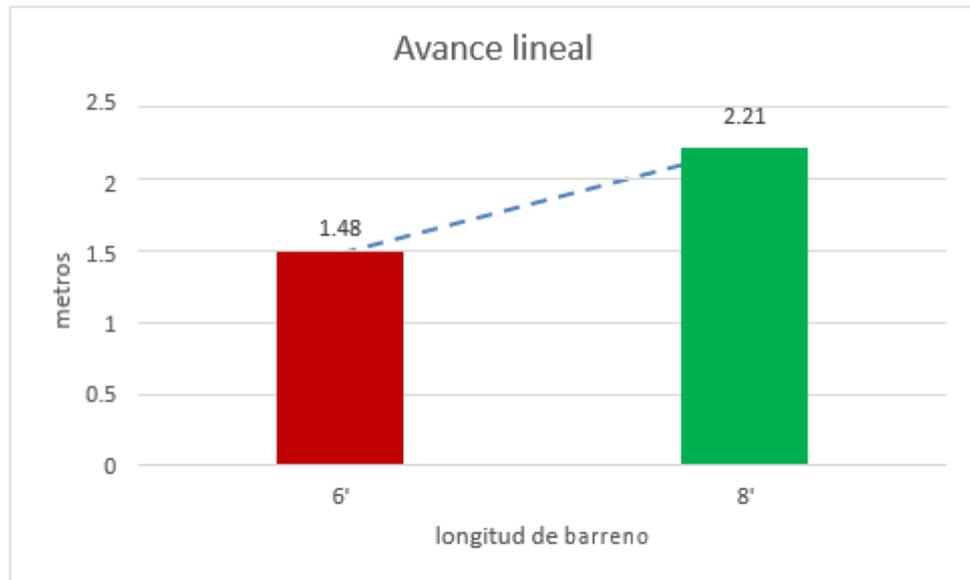
- El número de taladros perforados por corte es de 38 taladros, 36 taladros de 39 mm. y dos taladros de alivio de 45 mm. de diámetro.
- El promedio de avance es de 2.21 metros
- La granulometría de la fragmentación en promedio y como máximo es 6.65", representa
- un 85% del total de los cubos rotos por voladura
- El factor de potencia promedio es de 1.52 kilogramos / m³.
- Los cubos rotos por corte son de 27.08

4.2.4. Interpretación de perforación y voladura con barrenos de 6' y 8'

En la figura 19, se puede observar que el avance lineal con la perforación de barreno de 6' es menor en comparación del avance lineal con barreno de 8',

teniendo 0,73 m. de avance mayor por cada voladura. Si se tiene dos voladuras por día en 25 días se tendrá un avance lineal de 36.50 metros más por mes.

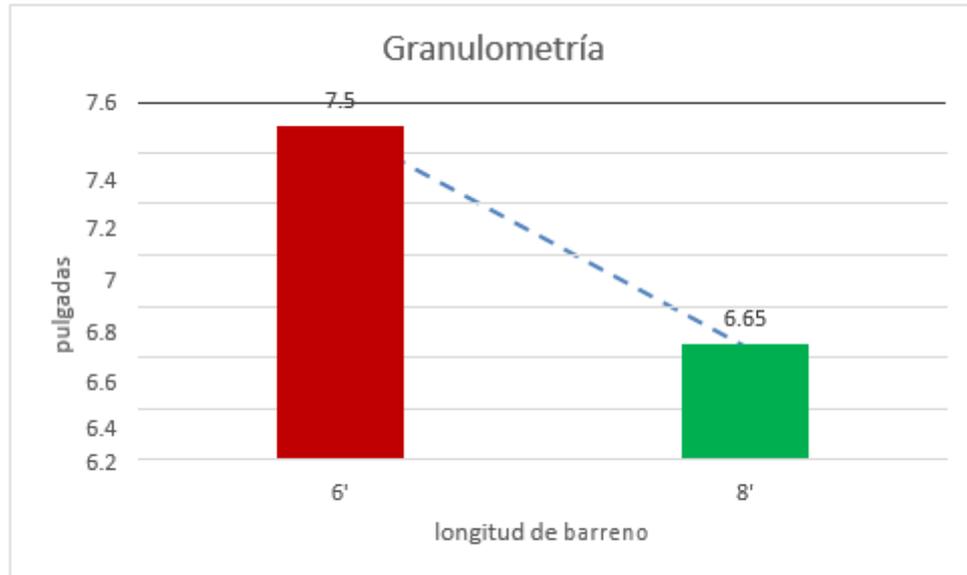
Figura 19:
Relación de avance lineal



Fuente: *Elaboración propia*

En la figura 20, se puede observar que la granulometría producto de la voladura con la perforación con barreno de 6' es de 7.5" y el requerido es de 6.5". Como el 40% del producto de la voladura es de 7.5" va a ser necesario disminuir el tamaño para alcanzar al requerido, en cuanto al producto del barreno de 8' es de 6.65" que representa el 85% de la voladura, mejorando de acuerdo con el requerimiento en cuanto al tamaño y la homogeneidad.

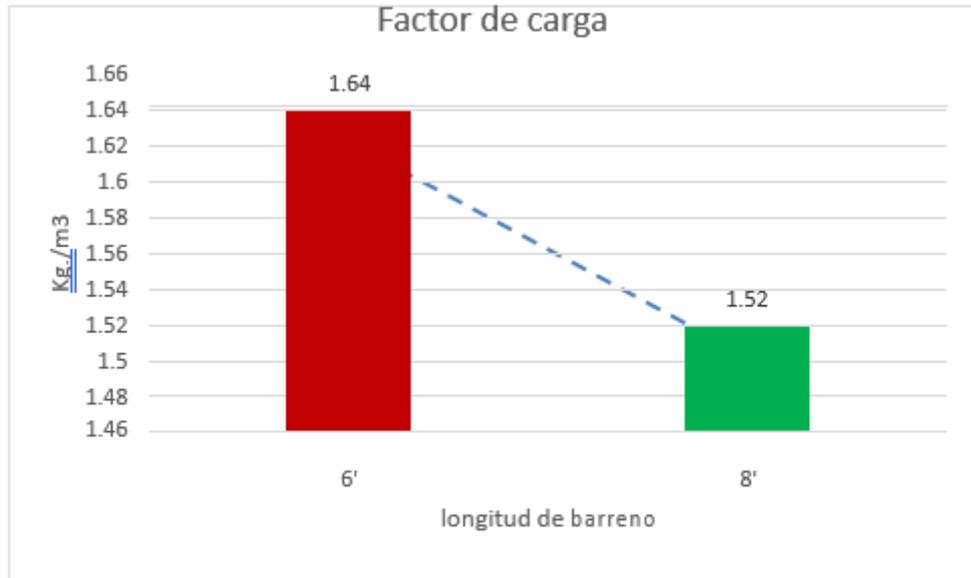
Figura 20:
Relación de fragmentación



Fuente: *Elaboración propia*

En la figura 21 se puede observar que el factor de carga con la perforación del barreno de 6' es de 1.64 Kg. / m³. y con barreno de 8' es de 1.52 Kg. / m³. Por lo que en la voladura de barreno de 8' se consume 0.12 Kg. / m³. menos por cada voladura; por lo que cada mes se consume 6 kg. menos de explosivo

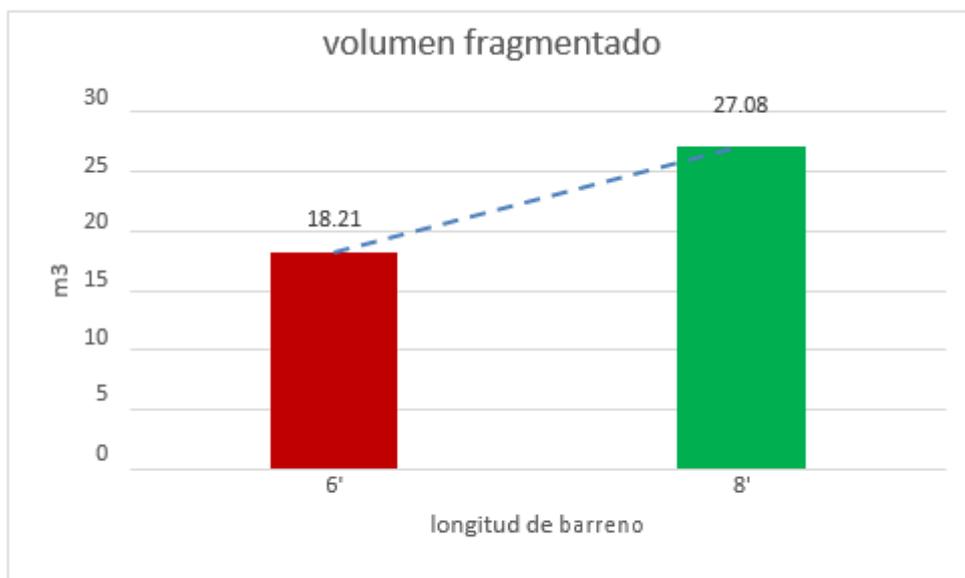
Figura 21:
Relación de factor de carga



Fuente: *Elaboración propia*

En la figura 22 se puede observar que con la perforación con barreno de 6' se obtiene por cada voladura 18.21 m³ rotos, mientras que con el barreno de 8' se obtiene 27.08 cubos rotos; se obtiene menor volumen con el barreno de 6'.

Figura 22:
Relación del volumen fragmentado



Fuente: *Elaboración propia*

4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Hipótesis general

Se planteo la siguiente hipótesis “La implementación de la perforación y voladura permite mejorar los parámetros de avance en la ejecución de la galería 706-W de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.”. Tal como se muestra en los cálculos realizados existe una mejora en los parámetros de avance lineal, factor de potencia y fragmentación; obteniendo una mejora significativa en estos parámetros de avance tal como se muestran en la figura 19, 20 y 21 respectivamente. Quedando demostrado la hipótesis planteada.

4.3.2. Hipótesis específicas

a) Prueba de la primera hipótesis específica

La primera hipótesis específica plantea: “Mejora la eficiencia del avance lineal en la ejecución de la galería 706-W con la implementación de la perforación y voladura de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.”. De acuerdo con las muestras tomadas en línea base de la perforación con barreno de 6’ y luego de las muestras tomadas de la perforación con barrenos de 8’; que luego de efectuar el proceso y análisis correspondiente se demuestra que, con la perforación de barreno de 8’ se tenía un avance lineal significativo en relación con la base de línea se pasa de 1.48 m. a 2.21 m.; por lo que concluimos que se tiene una mejora en cuanto al avance lineal.

b) Prueba de la segunda hipótesis específica

La segunda hipótesis específica plantea: “Mejora el factor de potencia en la ejecución de la galería 706-W con la

implementación de la perforación y voladura de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.”. De acuerdo con las muestras tomadas en línea base de la perforación y luego de las muestras tomadas de la perforación con barreno de 8’; que luego se realizaron los proceso y el análisis correspondiente donde se demuestra que, factor de carga de la línea base de 1.64 Kg. / m³. Pasa a un factor de carga de 1.52 Kg. / m³. por lo que concluimos que se tiene una mejora en cuanto al parámetro del factor de potencia.

c) **Prueba de la tercera hipótesis específica**

La tercera hipótesis específica plantea: “Mejora la granulometría de la voladura en la ejecución de la galería 706-W con la implementación de la perforación y voladura de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.”. De acuerdo con las muestras tomadas en la línea base de la perforación asimismo con las muestras tomadas de la perforación con barrenos de 8’; realizando el proceso y el análisis correspondiente se demuestra que, la granulometría de la línea base de 7.5” pasa a 6.65” por lo que concluimos que se tiene una mejora en cuanto al parámetro en mención de acuerdo con los requerimientos de operación.

4.4. Discusión de resultados

En relación con el título de la investigación “Implementación de la Perforación y Voladura para mejorar los Parámetros de Avance en la Ejecución de la Galería 706-W en la Minera Magistral de Huaraz S.A.C.”, existen resultados bastante significativos, desde el punto de vista al mejorar el avance lineal, el factor

de potencia, la granulometría, estos resultados se pueden observar claramente en la tabla 9.

Tabla 9:
Comparación de Resultados del método

Parámetro	perforación barreno de 6'	Perforación barreno de 8'
Numero de taladros (unidad)	38	38 (2 taladros de 45 mm.)
Avance lineal/voladura (metros)	1.48	2.21
Factor de potencia (Kg. /m ³ .)	1.64	1.52
Granulometría (pulgadas)	7.5	6.65
Metros cúbicos/ voladura (m ³ .)	18.21	27.08

Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, de la tabla 9 podemos deducir:

Con la implementación de la perforación y voladura con barreno de 8' y como explosivo la emulsión en la ejecución de la galería 706-W de la minera Magistral de Huaraz S.A.C., en el parámetro del avance lineal se logra una mejora muy significativa de 0.73 m. más que con el uso del barreno de 6', lo cual va a incidir en el avance lineal por cada mes.

Con la aplicación de la perforación y voladura con barreno de 8' y como explosivo la emulsión en la ejecución de la galería 706-W de la minera Magistral de Huaraz S.A.C., en el parámetro del factor de carga se logra una mejora muy significativa en una reducción del consumo de explosivos en 0.12 Kg. /m³. por cada voladura en comparación con la perforación de barreno de 6', esto va a incidir en la reducción de costos.

Con la aplicación de la perforación y voladura con barreno de 8' y como explosivo la emulsión en la ejecución de la galería 706-W de la minera Magistral

de Huaraz S.A.C., en el parámetro de la granulometría se logra una mejora muy significativa, se logra mejorar la dimensión de la línea base se pasa de 7.5” a 6.65” por voladura, se obtiene una granulometría más homogénea acumulando un 85% del total del producto de la voladura; esta mejora desde ya repercute en los beneficios de carguío y transporte. Considerando también las parrillas de los echaderos de desmonte que están diseñadas para el pase máximo de 7”.

CONCLUSIONES

1. Con la implementación de la perforación y voladura para mejorar los parámetros de avance en la ejecución de la galería 706-W en la minera Magistral de Huaraz S.A.C. se concluye que con el cambio de la longitud de barreno de 6' a 8' se mejoró los rendimientos del avance lineal de 1.48 m. a 2.21 m.
2. Con la implementación de la perforación y voladura para mejorar los parámetros de avance en la ejecución de la galería 706-W en la minera Magistral de Huaraz S.A.C. se concluye que con el cambio de la longitud de barreno de 6' a 8' se disminuye el consumo de kilogramos de explosivo por cada metro cubico fragmentado, de esta manera se pudo reducir el factor de carga que, de la 1.64 kg. / m³. a 1.52 kg. / m³.
3. Con la implementación de la perforación y voladura para mejorar los parámetros de avance en la ejecución de la galería 706-W en la minera Magistral de Huaraz S.A.C. se concluye que con el cambio de la longitud de barreno de 6' a 8' se mejora la fragmentación por cada voladura. La granulometría de la línea base era de un promedio de 7.5" y con la aplicación de la perforación con barreno de 8' se obtiene un promedio de 6.65".
4. La implementación de la perforación y voladura para mejorar los parámetros de avance en la ejecución de la galería 706-W en la minera Magistral de Huaraz S.A.C. se concluye que se logra mejorar los costos de perforación y voladura.
5. La implementación de la perforación y voladura para mejorar los parámetros de avance en la ejecución de la galería 706-W en la minera Magistral de Huaraz S.A.C. se concluye que con el cambio de la longitud de barreno de 6' a 8' de la perforación también incide en la mejora del carguío y transporte del material fragmentado.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda considerar la implementación el uso del explosivo la emulsión a granel ya que es de menor costo y genera menos gas nitroso.
2. Se recomienda considerar la implementación de un mini jumbo en el método de perforación y voladura para mejorar los rendimientos de la perforación.
3. Se recomienda considerar la implementación de la longitud de barras de 10 pies para incrementar el avance lineal.
4. Se recomienda capacitar al personal en el control de la perforación de los frentes ya que indudablemente mejorara los parámetros de avance.
5. Se recomienda realizar una investigación de cálculos de beneficios y costos al reemplazar la longitud de barras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Puchoc, D. (2021). *Plan de desarrollo y preparación*. Minera Magistral de Huaraz. Informe anual.
2. Cabello, E. (2021). *Plan de Minado*. Minera Magistral de Huaraz. Informe anual.
3. Mamani, C. (2016). *Tesis Diseño de Perforación y Voladura y su Incidencia en los Costos Unitarios en el Balcón III de la Compañía Minera Ananea S.A.* Puno, Perú.
4. Chipana, M. (2015). *Tesis Diseño de Perforación y Voladura para Reducción de Costos en el Frente de la Galería Progreso de la Contrata Minera Cavilquis* Corporación Minera Ananea S.A. Puno, Perú: Universidad del Altiplano.
5. EACH CHUNGAR, E. (de 2014). *Cartilla de Perforación y Voladura*. Lima, Perú.
6. Enaex S.A. (2011). *Curso de Manejo de Explosivos*. Santiago, Chile.
7. EXSA S.A. (2018). *Manual Práctico de Voladura*. Lima, Perú: Departamento Técnico de EXSA S.A.
8. Famesa Explosivos SAC. (2016). *Productos de voladura*. Obtenido de:
<http://www.famesa.com.pe/productos/altos-explosivos/emulnor/>
9. FAMESA, E. (2019). *Manual de Perforación y Voladura*. Lima, Perú: Editorial CASAS.
10. López, C. (2005). *Ingeniería de Túneles*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
11. López, C. (2012). *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*. Madrid: Tercera Edición.
12. Tolentino, V. (2012). *Métodos de Excavación de Túneles Perforación y Voladura*. UNI-Perú.

ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCION PLAN ANUAL DE DESARROLLO-2021 MINERA MAGISTRAL DE HUARAZ

NIVEL	MES	GALERIA	AVANCE Metros
4010	Enero	706-W	80
4010	Febrero	706-W	85
4010	Marzo	706-W	85
4010	Abril	706-W	85
4010	Mayo	706-W	90
4010	Junio	706-W	90
4010	Julio	706-W	100
4010	Agosto	706-W	100
4010	Setiembre	706-W	100
4010	Octubre	706-W	100
4010	Noviembre	706-W	100
4010	Diciembre	706-W	100

ANALISIS GEOMECANICO GALERIA 706-W

Característica geomecánica – galería 706-W

La caracterización geomecánica de los frentes programados ha sido obtenida de labores existentes y/o proyección de estas.

Cuadro N°01.- Característica geomecánica galería 706-W

Ítem	Estructura	Valoración de la masa rocosa				Descripción
		RMR (1989)	Tipo	GSI	Índice Q	
01	Caja techo	48	III-B	43	0.736	Regular B
02	Caja piso	51	III-A	46	1.166	Regular A
03	Estructura	42	III-B	37	0.293	Regular B

Fuente: Minera Magistral de Huaraz

Estado de esfuerzos in-situ del macizo rocoso

La caracterización geomecánica de los frentes programados ha sido obtenida de labores existentes y/o proyección de estas.

Cuadro N°02.- Estado de esfuerzos galería 706-W

Ítem	Característica	Medida	Unidades
1	Profundidad	Mínima	95.6
		Máxima	135.2
2	Densidad de roca	2.1	t/m ³
3	Gravedad	9.8	m/s ²
4	Esfuerzo vertical	Mínima	2.44
		Máxima	3.44
5	Relación de poisson	0.3	-
6	Módulo de elasticidad	11.7	GPa
7	Esfuerzo horizontal	Mínima	1.06
		Máxima	1.51

Fuente: Minera Magistral de Huaraz

Máxima abertura de la excavación

Para la determinación de la máxima abertura de la excavación según la calidad del macizo rocoso se ha empleado el modelo matemático de Barton, en función a la estimación del Span es que se ha dimensionado las labores mineras, las cuales serán sostenidas o fortificadas.

Máxima abertura de la excavación galería 706-W

Cuadro N°03.- galería
706-W

Tipo de labor	Calidad de roca		Tipo de labor	ESR	Sección (m)	
	RMR	Índice Q			Máxima	Diseño
Rampa	52	2.36	Permanente	1.6	4	3.0 a 3.5
Crucero	48	1.74	Temporal	3	7	3.0 a 3.5
Galería	42	1.29	Temporal	3	6	3.0 a 3.5
Tajo	42	1.29	Temporal	3	6	3.5 a 6.0

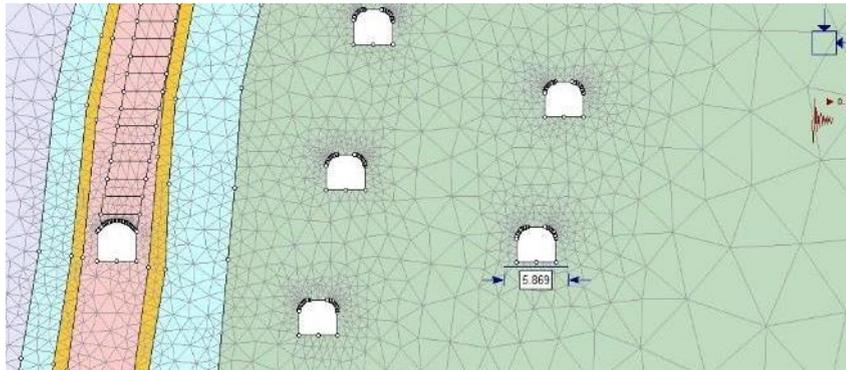
Fuente: Minera Magistral de Huaraz

Cuadro N°04.- Características geométricas galería 706-W

Parámetro	Características
Forma del	Tabular
Orientación	N47°W
Potencia	3-5m
Inclinación	70° - 75°
Tipo de manto	Vertical
Profundidad	>120 m
Densidad media	2.1 t/m ³

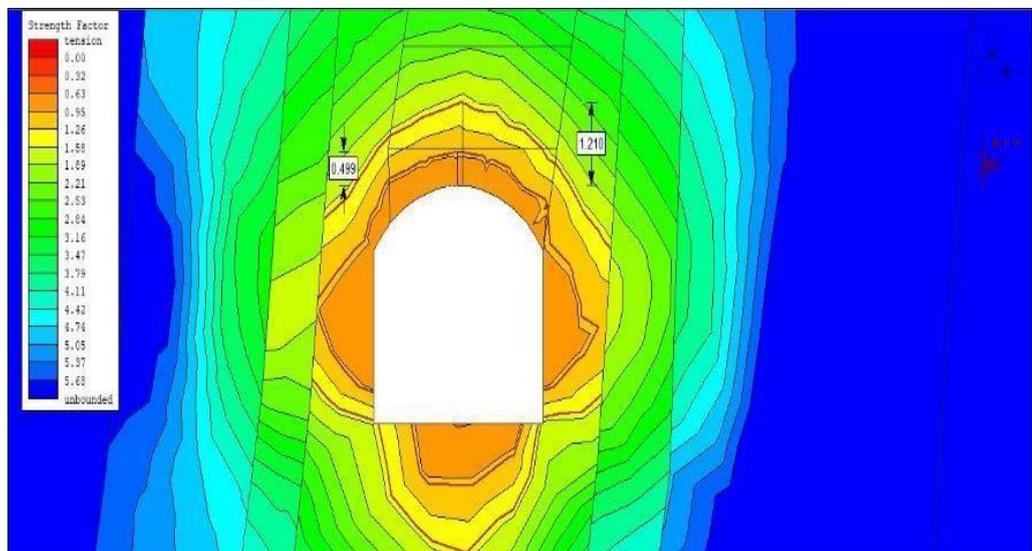
Fuente: Minera Magistral de Huaraz

Figura 28: Análisis del frente – galería 706-W



Fuente: Minera Magistral de Huaraz

Figura 29: Análisis de zona del macizo rocoso Galería 706-W



Fuente: Fuente: Minera Magistral de Huaraz

**REGISTRO DE DATOS DE MUESTRAS DE LA PERFORACION Y VOLADURA
Barrenos de 6'**

Nº de tal. unidad	Avance metros	Granulometría pulgadas	Explosivo kilogramos	Factor de carga Kg/m3.	M3 Rot0s
38	1.51	7.8	15	1.72	19.16
38	1.49	7.0	15	1.34	17.52
38	1.53	7.2	15	1.31	18.48
38	1.75	7.7	15	1.80	17.80
38	1.30	7.5	15	1.84	18.30
38	1.35	7.0	15	1.53	18.27
38	1.47	7.4	15	1.33	19.01
38	1.48	7.3	15	1.44	18.90
38	1.33	8.0	15	1.43	17.53
38	1.45	7.2	15	1.42	17.92

**REGISTRO DE DATOS DE MUESTRAS DE LA PERFORACION Y VOLADURA
Barrenos de 8'**

Nº de tal. unidad	Avance metros	Granulometría pulgadas	Explosivo kilogramos	Factor de carga Kg/m3.	M3-rotos
38	2.23	6.50	14.90	1.45	22.05
38	2.20	6.00	14.90	1.63	23.10
38	2.18	7.00	14.90	1.50	22.20
38	2.21	6.60	14.90	1.52	21.75
38	2.19	6.70	14.90	1.54	21.95
38	2.23	6.45	14.90	1.61	22.12
38	2.25	6.30	14.90	1.49	22.08
38	2.22	6.80	14.90	1.51	22.34
38	2.20	7.25	14.90	1.49	22.00
38	2.24	6.30	14.90	1.51	21.83

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Implementación de la Perforación y Voladura para Mejorar los Parámetros de Avance en la Ejecución de la Galería 706W de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.”

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Método	Población y muestra
<p>General ¿Es posible mejorar los parámetros de avance en la ejecución de la galería 706W en la minera Magistral de Huaraz S.A.C. con la implementación de la perforación y voladura?</p> <p>Problemas específicos a) ¿La implementación de la perforación y voladura permite mejorar la eficiencia lineal en la ejecución de la galería 706W de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.? b) ¿La implementación de la perforación y voladura permite mejorar el factor de potencia en la ejecución de la galería 706W de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.? c) ¿La implementación de la perforación y voladura permite mejorar el perfil de la labor en la ejecución de la galería 706W de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.? d) ¿La implementación de la perforación y voladura permite mejorar la granulometría en la ejecución de la galería 706W de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.?</p>	<p>General Mejorar los parámetros de avance en la ejecución de la galería 706W de la minera Magistral de Huaraz S.A.C. con la implementación de la perforación y voladura.</p> <p>Objetivos específicos a) Mejorar la eficiencia lineal en la ejecución de la galería 706W con la implementación de la perforación y voladura en la minera Magistral de Huaraz S.A.C. b) Mejorar el factor de potencia en la ejecución de la galería 706W con la implementación de la perforación y voladura en la minera Magistral de Huaraz S.A.C. c) Mejorar el perfil de la labor en la ejecución de la galería 706W con la implementación de la perforación y voladura en la minera Magistral de Huaraz S.A.C. d) Mejorar la granulometría en la ejecución de la galería 706W con la implementación de la perforación y voladura en la minera Magistral de Huaraz S.A.C.</p>	<p>Hipótesis general La implementación de la perforación y voladura permite mejorar los parámetros de avance en la ejecución de la galería 706W de la mina Magistral de Huaraz S.A.C.</p> <p>Hipótesis específicas a) Mejora la eficiencia lineal en la ejecución de la galería 706W con la implementación de la perforación y voladura de la minera Magistral b) Mejora el factor de potencia en la ejecución de la galería 706W con la implementación de la perforación y voladura de la minera Magistral de Huaraz c) Mejora el perfil de las labores en la ejecución de la galería 706W con la implementación de la perforación y voladura de la minera Magistral de Huaraz d) Mejora la granulometría de la voladura en la ejecución de la galería 706W con la implementación de la perforación y voladura de la minera Magistral de Huaraz.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>X: Implementación de la perforación y voladura en la minera Magistral de Huaraz S.A.C.</p> <p>•Variable Dependiente</p> <p>Y: Mejora los parámetros de avance en la ejecución de la galería 706W de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.</p>	<p>Tipo de Investigación</p> <p>El desarrollo de la investigación persigue fines de aplicación inmediata, determinado por los fines el proceso de este trabajo está centrado en el nivel descriptivo, correlacional y explicativo.</p> <p>Métodos de Investigación</p> <p>El método considerado para el procesamiento de la investigación es lógico por la presentación de los datos de campo, el análisis, la deducción, la síntesis y conclusiones, también se definen resultados mediante la observación que afectan al objeto del estudio.</p>	<p>Población</p> <p>Galerías del nivel 08 de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.; conformado por el nivel inferior.</p> <p>-Las galerías 706N y 706S -Las galerías 700N y 700S -Las galerías 730E y 730W</p> <p>Muestra</p> <p>La galería 706W, del nivel 08, de la minera Magistral de Huaraz S.A.C.</p>