

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**Grado de desempeño de los Parámetros de
Voladura, para mejorar la calidad operacional, en
la Unidad Minera La Virgen – Huamachuco**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor: Bach. Miguel Angel MUÑOZ OSCATEGUI

Asesor: Mg. Edwin Elías SÁNCHEZ ESPINOZA

Cerro de Pasco - Perú - 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**Grado de desempeño de los Parámetros de
Voladura, para mejorar la calidad operacional, en
la Unidad Minera La Virgen – Huamachuco**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

**Mg. Vicente César DÁVILA CÓRDOVA
PRESIDENTE**

**Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA
MIEMBRO**

**Mg. Raúl FERNANDEZ MALLQUI
MIEMBRO**

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico en especial a Jesús hijo de Dios por haberme dado todo lo que tengo hoy en día en este mundo material.

A mis padres por brindarme el soporte incondicional en mi preparación académica como profesional.

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco infinitamente a Dios padre por darme vida, salud y bendecirme siempre en el logro de mis metas.

Segundo a mis padres, por brindarme su amor, comprensión y cariño en todo momento también por ser los arquitectos en la sombra de todos mis logros.

Tercero a mis amigos y mentores de toda la vida por brindarme su apoyo, comprensión y afecto que me impulsaba a salir adelante en todo momento.

Por último, agradezco a todos los catedráticos de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión por impartir sus conocimientos, experiencias, valores y haber formado parte importante de mi vida en mi etapa de formación universitaria.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación que tiene como título: “Grado de desempeño de los Parámetros de Voladura, para mejorar la calidad operacional, en la Unidad Minera La Virgen – Huamachuco”.

Se ha establecido como objetivo principal determinar el desempeño y grado de precisión de los parámetros de voladura que nos permiten mejorar esta operación unitaria en “Empresa Minera San Simón, Unidad Minera La Virgen”.

La hipótesis principal fue: El desempeño y grado de precisión de los parámetros de voladura nos permitirá mejorar la voladura, en “Empresa Minera San Simón, Unidad Minera La Virgen”.

Respecto a su metodología, la investigación realizada es básica y el diseño es de tipo descriptivo y correlacional, cuantitativo, no experimental y la técnica utilizada es estudio de caso. Las variables identificadas son **Variable Independiente** “desempeño y grado de precisión de los parámetros de voladura”, **Variable Dependiente** “mejorar la voladura”.

En lo referente al tipo de investigación que se llevará a cabo en este trabajo este tendrá carácter aplicativo. El nivel a desarrollar nuestro proyecto es descriptivo, correlacional, Dentro de las técnicas que haremos uso tenemos, la observación y la recopilación documental.

Dentro de los métodos de investigación se empleará una metodología científica, valiéndonos de los instrumentos y técnicas que usaremos, que puedan contribuir a la evaluación de los parámetros de voladura, todo esto apoyado en los métodos deductivo, inductivo y análisis.

Como conclusiones principales se arribaron a:

Con el control de calidad operacional, de tener un taco inicial promedio mínimo de 3.20 m y máximo de 4.80 m, se logró obtener un taco promedio mínimo de 3.90 m y un

máximo de 4.30 m, la variación de la precisión de taco final en el tiempo es positivo, de tener 42% de precisión en el mes de mayo, se obtuvo 95% en el mes de noviembre.

El porcentaje mínimo de precisión en la perforación en el mes de marzo fue 76% con una altura de taladro de 8 m, para el mes de noviembre existe una variación positiva alcanzando un 97% con una altura de taladro de 12 m.

La densidad del SAN-G APU en la mezcla HA_73G, están en el orden de 1.05 g/cm³ y 1.13 g/cm³, valores donde el explosivo alcanza su mayor desempeño como se pudo demostrar en los resultados obtenidos en el monitoreo de VOD.

Con el uso de la SAN-G APU en la mezcla HA_73G se obtuvo un VOD máximo de 5305.83 m/s, esto permite obtener una presión de detonación y potencia del explosivo más alta, el cual conlleva a mejorar la fragmentación de roca.

Del análisis de fragmentación realizado de los tajos minados, se obtuvo como valor un P80 mínimo de 5.48" y máximo de 8.44", mientras que en el P50 el tamaño mínimo fue de 2.17" y el máximo de 4.74", encontrándonos así dentro del estándar requerido para P80 y P50.

Palabras clave: Parámetros de voladura, calidad operacional, precisión, Minera La Virgen.

ABSTRACT

The present research work that has as its title: "Degree of performance of the Blasting Parameters, to improve the operational quality, in the La Virgen - Huamachuco Mining Unit".

The main objective has been established to determine the performance and degree of precision of the blasting parameters that allow us to improve this unitary operation in "San Simón Mining Company, La Virgen Mining Unit".

The main hypothesis was: The performance and degree of precision of the blasting parameters will allow us to improve the blasting, in "San Simón Mining Company, La Virgen Mining Unit".

Regarding its methodology, the research carried out is basic and the design is descriptive and correlational, quantitative, not experimental, and the technique used is a case study. The variables identified are Independent Variable "performance and degree of precision of the blasting parameters", Dependent Variable "improve blasting". Regarding the type of research that will be carried out in this work, it will have an applicative nature. The level to develop our project is descriptive, correlational. Within the techniques that we will use, we have observation and documentary collection.

Within the research methods, a scientific methodology will be used, using the instruments and techniques that we will use, which can contribute to the evaluation of the blasting parameters, all supported by deductive, inductive and analytical methods.

Como conclusiones principales se arribaron a:

As main conclusions were reached:

With the operational quality control, having a minimum average initial cue of 3.20 m and a maximum of 4.80 m, it was possible to obtain a minimum average cue of 3.90 m and a maximum of 4.30 m, the variation of the final cue precision in time is positive, from having 42% accuracy in the month of May, 95% was obtained in the month of November.

The minimum percentage of precision in drilling in the month of March was 76% with a drill height of 8 m, for the month of November there is a positive variation reaching 97% with a drill height of 12 m.

The density of the SAN-G APU in the HA_73G mixture is in the order of 1.05 g/cm³ and 1.13 g/cm³, values where the explosive reaches its highest performance, as could be demonstrated in the results obtained in the VOD monitoring.

With the use of the SAN-G APU in the HA_73G mixture, a maximum VOD of 5305.83 m/s was obtained, this allows obtaining a higher detonation pressure and explosive power, which leads to better rock fragmentation.

From the fragmentation analysis carried out on the mined pits, a minimum P80 value of 5.48" and a maximum of 8.44" was obtained, while in the P50 the minimum size was 2.17" and the maximum 4.74", thus finding ourselves within the standard. required for P80 and P50.

Keywords: Blasting parameters, operational quality, precision, La Virgen Mining.

INTRODUCCIÓN

En los procesos desarrollados tanto la perforación como la voladura conlleva a desarrollar mejoras continuas, tanto en el uso de equipos, materiales, tecnología para poder tener mejores rendimientos, bajos costos.

La Empresa San Simón se plantea como uno de sus objetivos mejorar sus procesos unitarios, proponiéndose evaluar la perforación y voladura que viene realizando en sus tajos, para poder mejorar sus rendimientos y disminuir sus costos.

Para este estudio realizamos la presente investigación en cuanto a la precisión de la perforación del taladro, precisión del taco, velocidad de detonación y la fragmentación; estos aspectos tocaremos a lo largo de la investigación.

En lo referido a la estructura del trabajo, se realizará por capítulos de la siguiente manera:

En el capítulo I se refleja al planteamiento del estudio que abarca el planteamiento del problema, problema general y específicos, objetivo general y específicos, justificación e importancia, delimitación de la investigación y limitaciones.

A su vez, el Capítulo II, en el Marco Teórico encontrara los antecedentes nacionales e internacionales de diferentes empresas que han logrado implementar mejoras en sus procesos, también se analizará las diferentes bases teóricas científicas propuestas, se definirá los términos básicos principales del tema, se formulará la hipótesis y se identificará las variables.

Seguidamente, el Capítulo III, trata sobre la Metodología, que contiene el método de investigación utilizado, el nivel y tipo de investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procesamiento de datos.

En el Capítulo IV encontraremos los Resultados obtenidos a lo largo de la investigación realizada. Aquí hallaremos los diferentes gráficos, con sus respectivos análisis, que muestran de una manera más esquematizada.

Por último, en las conclusiones y recomendaciones se muestran los datos hallados cuáles son los factores que influyen sobre la voladura.

También se encontrarán las referencias bibliográficas de todos los autores utilizados para esta investigación como también de todos los anexos.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.2.1. Delimitación espacial.....	2
1.2.2. Delimitación temporal.....	2
1.3. Formulación del problema	2
1.3.1. Problema general.....	2
1.3.2. Problemas específicos	2
1.4. Formulación de objetivos	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Justificación de la investigación	3
1.6. Limitación de la investigación	4

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	5
2.2. Bases teóricas – científicas	7
2.2.1. Voladura superficial.....	7
2.2.2. Voladura de bancos	9
2.2.3. Cálculo de los parámetros de perforación	20
2.2.4. Métodos de campo para evaluar la fragmentación	25
2.2.5. Agentes de voladura	30
2.3. Definición de términos básicos	33
2.4. Formulación de hipótesis	34
2.4.1. Hipótesis general	34
2.4.2. Hipótesis específicas.....	35
2.5. Identificación de variables.....	35
2.5.1. Variables para la hipótesis general.....	35
2.5.2. Variables para la hipótesis específicas	35
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	36

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	37
3.2. Nivel de investigación	37
3.3. Métodos de investigación	37
3.4. Diseño de investigación	38

3.5. Población y muestra	38
3.5.1. Población	38
3.5.2. Muestra	38
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.6.1. Técnicas.....	38
3.6.2. Instrumentos	39
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	39
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	39
3.9. Tratamiento Estadístico	40
3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica	40

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	41
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	41
4.2.1. Control de calidad operacional de voladuras.....	41
4.3. Prueba de hipótesis	73
4.3.1. Hipótesis general	73
4.3.2. Hipótesis específica	73
4.4. Discusión de resultados.....	74
4.4.1. Para la precisión de perforación.....	74
4.4.2. Para la precisión del taco	76
4.4.3. Para el control de densidad de la mezcla.....	77

4.4.4. Para el monitoreo de VOD	78
4.4.5. Para el análisis de fragmentación.....	79

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características Técnicas	33
Tabla 2 Operacionalización de Variables	36
Tabla 3 Plantilla de Perforación	42
Tabla 3 Rangos Tecnicos de Perforación	42
Tabla 5 Promedio de Precisión de la Perforación (marzo – noviembre 2019)	43
Tabla 6 Precisión de la Perforación en Relación a la Longitud del Taladro	45
Tabla 7 Porcentaje Promedio de Precisión de Taco (mayo – noviembre 2019)	48
Tabla 8 Porcentaje de Precisión Taco en relación a su longitud mes mayo 2019	49
Tabla 9 Porcentaje de Precisión Taco en Relación a su Longitud mes junio 2019	50
Tabla 10 Porcentaje de Precisión Taco en Relación a su Longitud mes de julio, setiembre, octubre, noviembre 2019	52
Tabla 11 Densidad Promedio (marzo – noviembre 2019)	54
Tabla 12 Variación de Densidad en Relación al Tiempo	56
Tabla 13 Promedio de Esponjamiento con HA-73G (m).....	57
Tabla 14 Promedio de Esponjamiento con HA-73G (%).....	58
Tabla 15 Velocidad de Detonación VOD (m/s) en Relación a la Densidad.....	60
Tabla 16 Velocidad de Detonación (VOD), Labor ME2P1_460_030	62
Tabla 17 Velocidad de Detonación (VOD), Labor ME2P1_460_063	62
Tabla 18 Velocidad de Detonación (VOD), Labor ME2P1_460_056	63
Tabla 19 Velocidad de Detonación (VOD), Labor ME2P1_460_058	64
Tabla 20 Análisis de la Fragmentación	66
Tabla 21 Velocidad de Detonación	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Nomenclatura de Voladura de Banco.....	10
Figura 2 Elementos de un Banco	10
Figura 3 Vista de Perfil de un Banco	11
Figura 4 “Influencia de las Estructuras de la Roca”	12
Figura 5 Buzamiento a Favor	12
Figura 6 Buzamiento en Contra	13
Figura 7 Taladros con Rumbo en Contra	13
Figura 8 Sistema de Fracturas	13
Figura 9 Rumbo en Angulo con la Cara Libre	14
Figura 10 Rumbo Perpendicular a la Cara Libre	14
Figura 11 Rumbo Paralelo a la Cara Libre	14
Figura 12 Taladro Corto	15
Figura 13 Taladro al Piso	15
Figura 14 Con Sobre Perforación.....	15
Figura 15 Influencia del Burden Sobre la Cara Libre.....	16
Figura 16 Trazos de Perforación Básicos	16
Figura17 Perforación en Superficie	17
Figura 18 Salida en Paralelo	17
Figura 19 Salida en Diagonal	18
Figura 20 Salida en Cuña o en “V”	18
Figura 21 Salida Trapezoidal	18
Figura 22 Cara Libre	19

Figura 23 Primer Taladro Disparado	19
Figura 24 Carga de los Taladros.....	20
Figura 25 Carga de Taladros en Diferentes Condiciones	20
Figura 26 Carga de Fondo	25
Figura 27 Equipos para Evaluar la Fragmentación.....	28
Figura 28 Programa de Video en Computadora.....	29
Figura 29 Programa WipFrag.....	29
Figura 30 Sistema Computarizado de Análisis de Fragmentación	27
Figura 31 Equipos para Evaluación de la Voladura.....	26
Figura 32 Carguío del Material Adecuado.....	26
Figura 33 Carguío de Material No Recomendado	27
Figura 34 Mayor Capacidad de Levante y Rapidez de Carguío	27
Figura 35 Mayor Capacidad de Carga, Mayor Volumen de Carga	30
Figura 36 Promedio de Precisión de la Perforación (marzo – noviembre 2019)	44
Figura 37 Precisión de la Perforación en Relación a la Longitud del Taladro (marzo – noviembre 2019).....	46
Figura 38 Porcentaje Promedio de Precisión de Taco (mayo – noviembre)	48
Figura 39 Porcentaje de Precisión de Taco en Relación a su Longitud Mes Mayo 2019	50
Figura 40 Porcentaje de Precisión de Taco en Relación a su Longitud Mes Junio 2019.....	51
Figura 41 Porcentaje de Precisión de Taco en Relación a su Longitud Mes de julio, setiembre, octubre, noviembre 2019.....	53
Figura 42 Densidad Promedio (marzo – noviembre 2019)	55

Figura 43 Comportamiento de la Densidad vs Tiempo.....	56
Figura 44 Promedio de Esponjamiento con HA-73G (m).....	58
Figura 45 Promedio de esponjamiento con HA-73G (%).....	59
Figura 46 Velocidad de Detonación VOD (m/s) en Relación a la Densidad.....	61
Figura 47 Velocidad de Detonación VOD (m/s) en Relación al Tamaño del Taco.	61
Figura 48 Velocidad de Detonación (VOD), Labor ME2P1_460_030	62
Figura 49 Velocidad de Detonación (VOD), Labor ME2P1_460_063	63
Figura 50 Velocidad de Detonación (VOD), Labor ME2P1_460_056	64
Figura 51 Velocidad de Detonación (VOD), Labor ME2P1_460_058	65
Figura 52 Análisis de la Fragmentación P50-P80.....	67
Figura 53 Voladura con Emulsiones HA-73GG, NIVEL DE HUMOS 0	68
Figura 54 Voladura del Tajo no hay Gases Nitrosos	68
Figura 55 Voladura del Tajeo Presencia de gases del nivel 0	68
Figura 56 Voladura del Tajeo Sin Contaminación del Aire	69
Figura 57 Voladura del Tajeo con Leves Humos de Color Amarillo.....	70
Figura 58 Tajeo Con Fuerte Presencia de Agua	70
Figura 59 Tajeo Fangoso por la Lluvia	71
Figura 60 Carguío de los Taladros con Manguera de Gran Longitud	72
Figura 61 Carguío de los Taladros por Personal Experimentado	72
Figura 62 Precisión Promedio de Perforación en % (marzo – noviembre 2019).....	75
Figura 63 Precisión Promedio del Taco (mayo – noviembre 2019)	76
Figura 64 Densidad Promedio del Explosivo.....	78
Figura 65 Fragmentación del Material para P50 y P80	80

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Actualmente, en la industrial mundial tiene a la minería como una de las actividades más altamente desarrolladas, países como estados Unidos, Australia, Suecia, Canadá, cuentan con tecnología de última generación; de igual manera en América los países como Chile, Brasil, México están a la misma altura de los países anteriormente mencionados.

En el Perú también se desarrolla una minería moderna especialmente en la gran minería y la mediana minería, como en las empresas Antamina, Yanacocha, Las Bambas, Arenas, Souther Perú, Volcán, Milpo, Atacocha, Buenaventura, etc, cuentan con tecnologías que optimizan sus procesos.

En los procesos desarrollados tanto la perforación como la voladura conlleva a desarrollar mejoras continuas, tanto en el uso de equipos, materiales, tecnología para poder tener mejores rendimientos, bajos costos.

La Empresa San Simón se plantea como uno de sus objetivos mejorar sus procesos unitarios, proponiéndose evaluar la perforación y voladura que viene realizando en sus tajos, para poder mejorar sus rendimientos y disminuir sus costos.

Para poder realizar este estudio realizamos la presente investigación en cuanto a la precisión de la perforación del taladro, precisión del taco, velocidad de detonación y la fragmentación; estos aspectos tocaremos a lo largo de la investigación.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

Se selecciono como lugar para llevar a cabo este trabajo las instalaciones de: “EMPRESA MINERA SAN SIMÓN- UNIDAD MINERA LA VIRGEN, LA LIBERTAD”.

1.2.2. Delimitación temporal

Para desarrollar el proyecto llevo un tiempo de 6 meses de julio a diciembre del 2020.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el desempeño y grado de precisión de los parámetros de voladura que nos permiten mejorar esta operación unitaria en “Empresa Minera San Simón Unidad Minera La Virgen”?

1.3.2. Problemas específicos

a. ¿Cuál es el desempeño del explosivo referente a la velocidad de detonación y fragmentación del minado que nos permiten mejorar la voladura, en la “Empresa Minera San Simón Unidad Minera La Virgen”?

b. ¿Cuál es el grado de precisión en la perforación de los taladros y de taco final en la calidad operacional de la voladura, en la “Empresa Minera San Simón, Unidad Minera la Virgen”?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el desempeño y grado de precisión de los parámetros de voladura que nos permiten mejorar esta operación unitaria en “Empresa Minera San Simón, Unidad Minera La Virgen”.

1.4.2. Objetivos específicos

a. Determinar el desempeño del explosivo referente a la velocidad de detonación y fragmentación del minado en “Empresa Minera San Simón, Unidad Minera La Virgen”.

b. Determinar el grado de precisión en la perforación de los taladros y de taco final en la calidad operacional de la voladura en “Empresa Minera San Simón, Unidad Minera la Virgen”.

1.5. Justificación de la investigación

Existe la necesidad por parte de la empresa de conocer la situación del proceso de voladura, dando hincapié al rendimiento, para lo cual hay necesidad de contar con datos actualizados en cuanto a la fragmentación, velocidad de detonación, precisión de perforación, grado de taqueo, lo que nos permitirá hacer correcciones que permitan superar los inconvenientes o problemas que se presenten.

En consecuencia, surge la necesidad de estudiar el proceso de voladura para poder identificar estos inconvenientes.

Con esta investigación la empresa podrá reducir los costos y obtener mejores rendimientos que le beneficien directamente.

También este estudio servirá en el futuro se pueda tomar como referencia o modelo y poder replicarse en otras minas.

Por último, diremos que nuestra investigación contribuirá a aplicar la información desarrollada sobre voladura y compara los resultados con la de otras minas.

1.6. Limitación de la investigación

Al investigar este proyecto no se encontraron contratiempos o algún tipo de límites que impidan su realización, al contrario, la investigación resultó viable pues hay la disposición de medios y recursos para llevar a término este trabajo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

En cuanto a investigaciones previas que se ha consultado y que guardan cierta relación con la investigación tenemos los siguientes:

La tesis, titulado: "Determinación de los parámetros de voladura para optimizar la fragmentación en zona de mineral en la unidad minera Cuajone" (Flores, 2019). El objetivo de esta tesis realizada en la mina Cuajone fue encontrar los estándares para la optimización el proceso de fragmentado en la voladura en la zona mineralizada, para lo cual uso emulsiones Quantex combinado con nitrato en distintas proporciones.

Como conclusiones principales fueron:

Se obtuvo una granulometría de 6.02" que representa el más adecuado, para la velocidad de detonación en mineral.

La mezcla de emulsión más adecuada Quantex y nitrato fue de 70/30 para obtener la fragmentación de 6.02".

El factor de potencia adecuado se estableció en .21 kg/tn.

Por otra parte, la tesis titulada: "OPTIMIZACIÓN DE LA VOLADURA, MINA LA VIRGEN - DE LA COMPAÑÍA MINERA SAN SIMÓN S.A. - HUAMACHUCO

TRUJILLO" (Gaona, 2015) planteo como objetivo la optimización de ambos procesos con el fin económico de alcanzar a reducir de manera adecuada los costos de las operaciones para voladuras, en las labores de explotaciones.

Dentro de las conclusiones principales plantea:

- Se redujo el número de material explosivo a emplear por cada metro de avance en línea: 25kg/ml a 20kg/ml
- La malla que se empleó es la malla triangular lo hizo que aumentara el nivel de potencia y el nivel detonante de cada taladro aplicado a diferentes rocas, con lo que se consiguió una mejor granulometría.
- La producción paso de 13,000 tn a 26,000 tn
- Se prevé una disminución de los costos de la voladura.

Por su parte en su tesis titulado: "Diseño de mallas de perforación y voladura haciendo uso del software drill and blast vulcan 8.0 para obtener una óptima fragmentación en E.E. AJANI UNIDAD MINERA ANABÍ" (Oviedo, 2017) plantea como objetivo el demostrar que con la aplicación del software Vulcan 8.0 se puede conseguir una buena fragmentación del mineral.

Se observo que la gran dificultad en la mina es el tamaño de las partículas que se obtiene después de la voladura, debido al tipo de roca existente en el yacimiento.

El tamaño de roca obtenido después de la voladura fue de 14.6 cm. para poder reducirlo se investigó en función de la velocidad de detonación, nivel de densidades del material explosivo, factores de potencia y tipos de detonación.

Como conclusión tuvimos que la fragmentación bajo después de varias pruebas realizadas a un tamaño de 6.5 cm. con lo que se alcanzó la fragmentación deseada.

También podemos citar la tesis "Diseño de malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación de roca en MINA PAOLA DE COMPAÑÍA MINERA SAN LUCAS S.A.C." (Ricse, 2020) que se plantea como objetivo establecer una

nueva disposición de su malla para disminuir el nivel fragmentado en el material volado.

Como resultados finales nos muestra lo siguiente:

Se diseñó una nueva malla para perforaciones y voladuras, con la que se obtuvo los siguientes criterios:

En perforación:

“Se disminuido la cantidad de taladros de 31 a 41, lo que representa una mejora eficiente de 32,26 por ciento, la longitud del taladro se aumentó de 3,22 m a 3,51 m, esto representa un incremento de avance en cada disparo de 9 por ciento, la medida del taco se ha disminuido de 0,5 m a 0,43 m, lo que nos indica que se ha mejorado en 14 por ciento, y por tanto se ha mejorado su efectividad” (Ricse, 2020, pág. 73).

En voladura:

“Factor de carga de explosivo queda optimizado en 20,99 por ciento, Factor de carga lineal de explosivo mejora en 21,60 por ciento, Factor de potencia de explosivo se optimizo en 20 por ciento, La fragmentación se homogeniza llegando a tener como máximo tamaño 26.35 cm, lo cual le permitirá ingresar sin problemas por la parrilla de la chancadora y así evitar contratiempos” (Ricse, 2020, pág. 73).

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Voladura superficial

Generalidades

Sobre voladura superficial comprende según el manual de Exsa:

- “1. En bancos de producción para la minería metálica, como también para la minería no metálica.
2. En profundizaciones de obras de construcción civil: pozos, fosas, canales, etc.

3. Construcciones de ingeniería de transporte: cortes de terreno, túneles, piedras de gran dimensión, etc.
4. Pre voladura de fractura mienta a fin de retirar la superficie delimitada sin que este colapse.
5. Derribo de obras civiles y otras construcciones o materiales.
6. Voladuras con gran trayectoria de disparo, a fin de disparar una amplia magnitud de rocas a gran distancia.
7. Voladuras de descubrimiento de material con taladros de diámetro grande y longitudes cortas.

La tarea de voladura en superficie se realiza en áreas que cuentan con más de una cara, diferentemente a minería subterránea que solo se necesita una cara libre.

Por su mayor dimensión de material a remover en superficie, el gasto de explosivos por metro cubico de material removido es menor que en minería subterránea” (EXSA, s.f., pág. 10).

Condiciones básicas para voladura de superficie

Las condiciones básicas que debe haber en toda voladura a cielo abierto son según EXSA:

“Tener más de una cara libre, contar con un esquema de perforación adecuado, tener un inventario de explosivos y diseño de cargas, tener una secuencia de iniciación en serie de disparos para una correcta apilación de material liberado” (EXSA, s.f., pág. 11).

Tipos

Entre los tipos tenemos:

“Voladura convencional de bancos, Voladura de máximo desplazamiento, Voladura de cráter”. (EXSA, s.f., pág. 11).

2.2.2. Voladura de bancos

Como dice en el manual de voladura de EXSA se trata de: “La extracción de material en forma de peldaños en el terreno que tiene más de una cara libre” (EXSA, s.f.).

Y se pueden clasificar por sus dimensiones de la siguiente manera:

“Voladuras echas con orificios de diámetros pequeños a estándar.

Voladuras echas con orificios de diámetros regulares a grandes.

De acuerdo a su utilidad se clasifican en:

Voladura convencional: Su objetivo es tener una buena concentración con poca dilución y una correcta apilación de material removido.

Voladura de escollera: Su objetivo tener rocas de grandes dimensiones.

Voladura de proyección: Consta en disparar una gran cantidad de rocas a gran longitud, común en minería de carbón a cielo abierto.

Tajeos mineros subterráneos con dos caras libres: Como breasting, VCR, LHB” (EXSA, s.f., pág. 13).

Parámetros

Nuevamente según el manual EXSA se trata de: “Relaciones comunes geométricas de las diversas partes del banco operativo principalmente son: Ancho de banco, largo de banco, alto de banco, diámetro de orificio, longitud de orificio, relación espaciamiento – burden, sobre perforación, tamaño de taco, tipo de malla, volumen de material in situ a disparar” (EXSA, s.f.).

Figura 1

Nomenclatura de Voladura de Banco

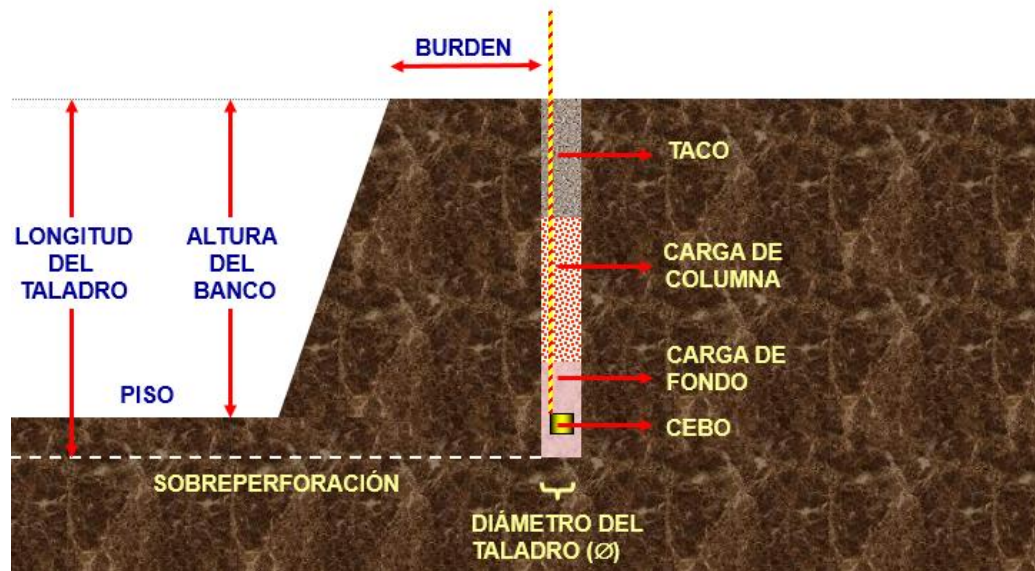
VOLADURA DE BANCO - NOMENCLATURA

Figura 2

Elementos de un Banco

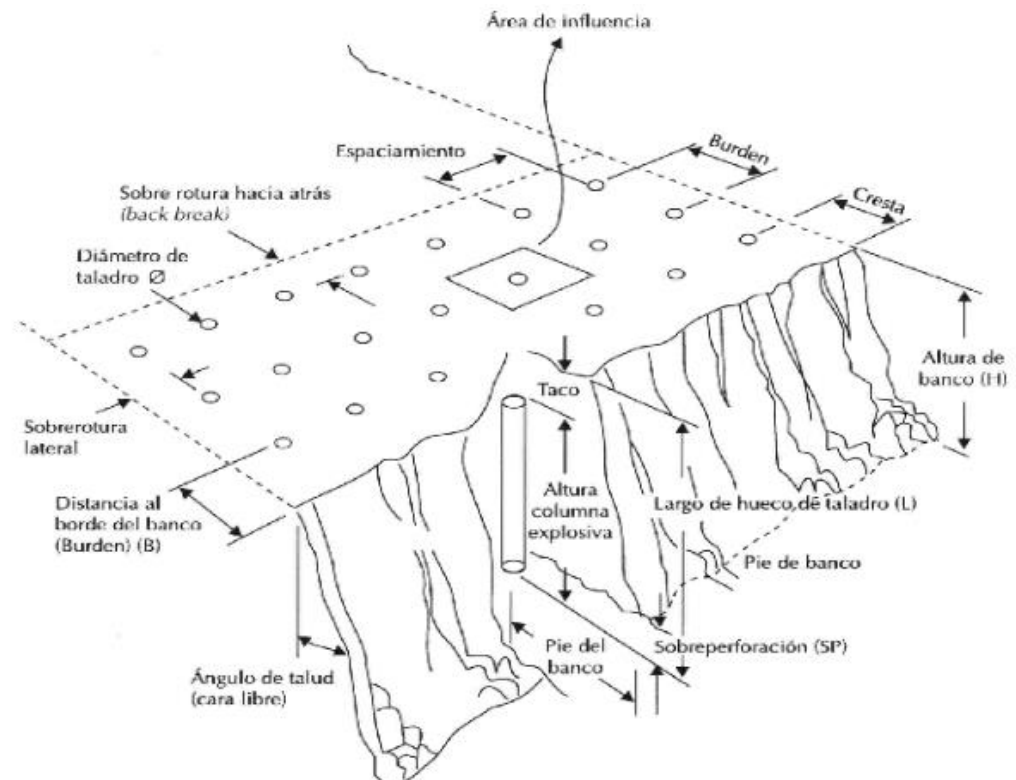
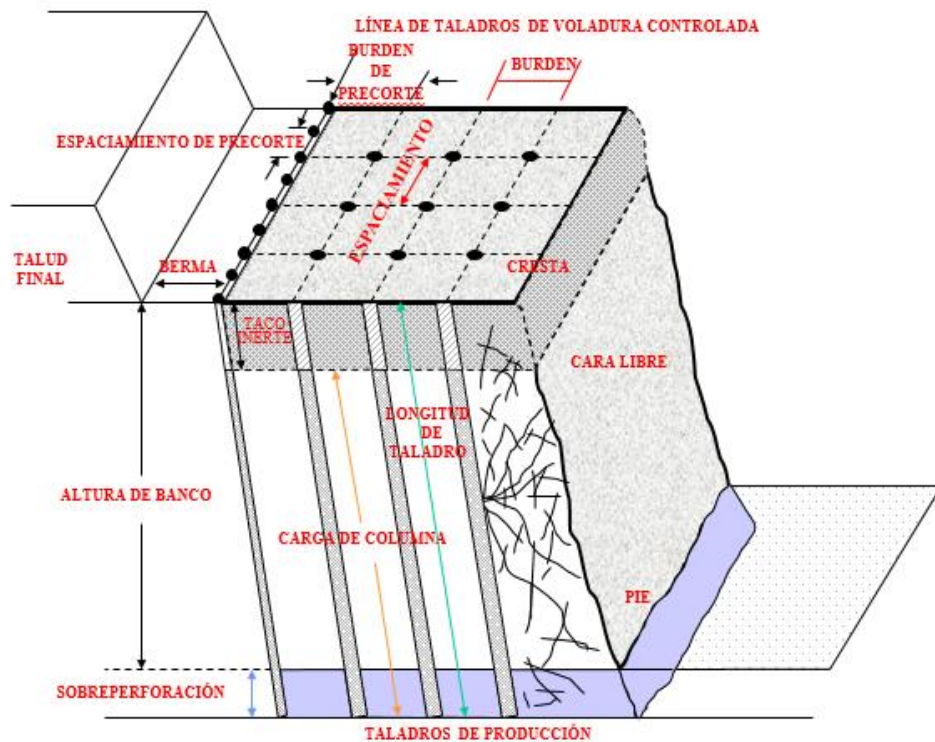


Figura 3

Vista de Perfil de un Banco



Factores que condicionan el avance de una voladura

Sobre los siguientes se puede mencionar continuación:

“Característica del macizo rocoso y factores externos del terreno, tipo de perforación a aplicar (con base principal el diámetro del orificio), destreza de la cuadrilla de personal, disponibilidad de equipos, materiales e insumos, planificación de tiempos de operación, buen diseño de malla, control de perforación, selección adecuada de explosivos y agentes, carguío de explosivo con equipo o manual, correcta técnica de iniciación, características adecuadas de los equipos de carga y acarreo de material removido” (EXSA, s.f.).

Ciclo básico de excavación

Básicamente consta de los siguientes aspectos:

“Perforación de orificios, cargar los orificios con explosivos cebados, enlazar las cargas para su iniciación, liberar el área a disparar y aplicar el protocolo de

voladura, disparar el bloque con la carga, evaluar los riesgos y aplicar controles para el regreso, recojo y acarreo de material removido” (EXSA, s.f.).

Influencia de las estructuras de la roca

Esto se puede apreciar en las siguientes figuras:

Figura 4

“Influencia de las Estructuras de la Roca”

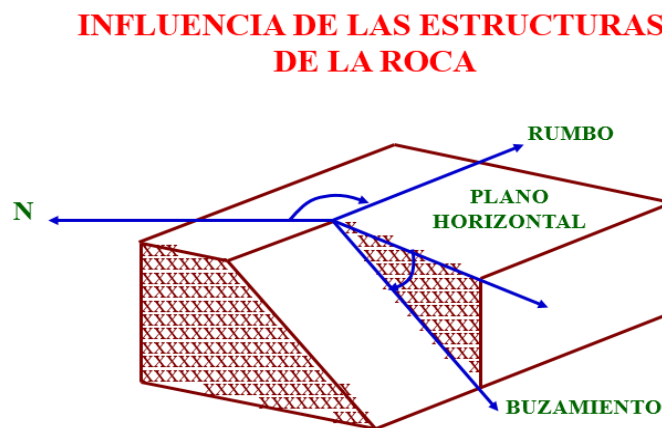
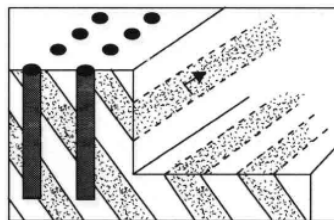


Figura 5

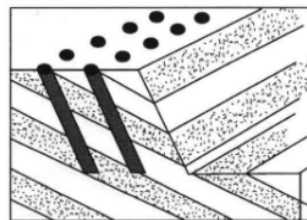
Buzamiento a Favor

TALADRO CON EL BUZAMIENTO A FAVOR



CON TALADROS VERTICALES

SOLUCIÓN



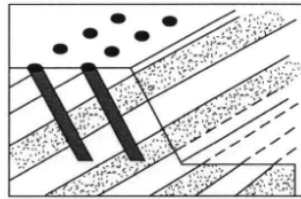
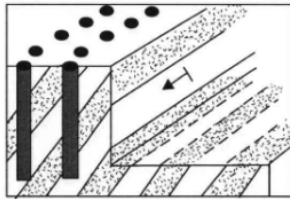
CON TALADROS INCLINADOS

Figura 6

Buzamiento en Contra

**TALADRO CON EL
BUZAMIENTO EN CONTRA**

SOLUCIÓN



**CON TALADROS
VERTICALES**

**CON TALADROS
INCLINADOS**

Figura 7

Taladros con Rumbo en Contra

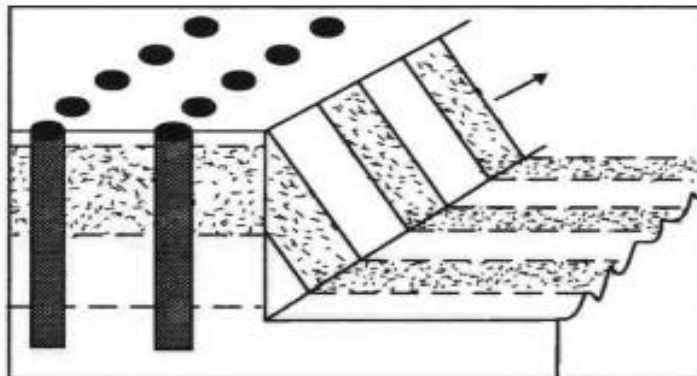
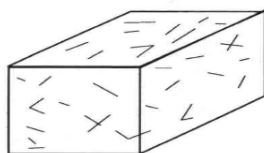


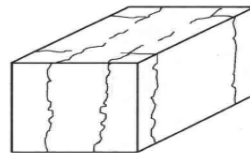
Figura 8

Sistema de Fracturas

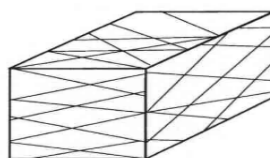
SISTEMAS DE FRACTURAS



DISPERSAS



ESPACIADAS

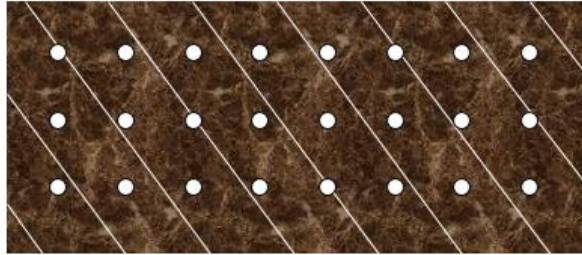


APRETADAS

Figura 9

Rumbo en Angulo con la Cara Libre

Rumbo en ángulo con la cara libre:

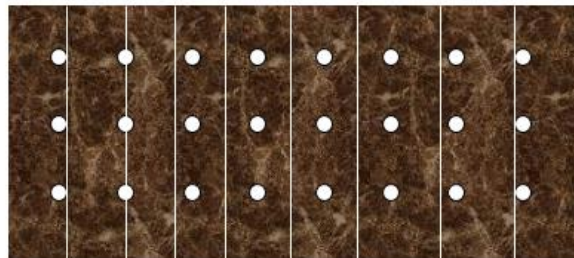


CARA LIBRE

Figura 10

Rumbo Perpendicular a la Cara Libre

Rumbo perpendicular a la cara libre:

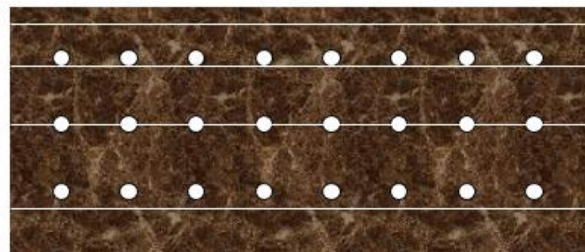


CARA LIBRE

Figura 11

Rumbo Paralelo a la Cara Libre

Rumbo paralelo a la cara libre:



CARA LIBRE

Factores que influyen en la voladura

Esto se puede apreciar en las siguientes figuras:

Figura 12

Taladro Corto

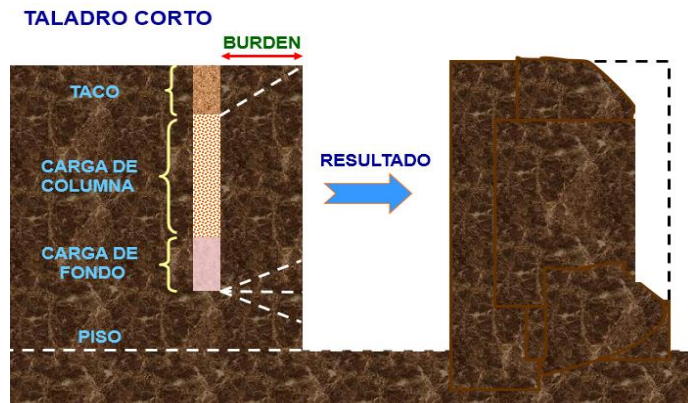


Figura 13

Taladro al Piso

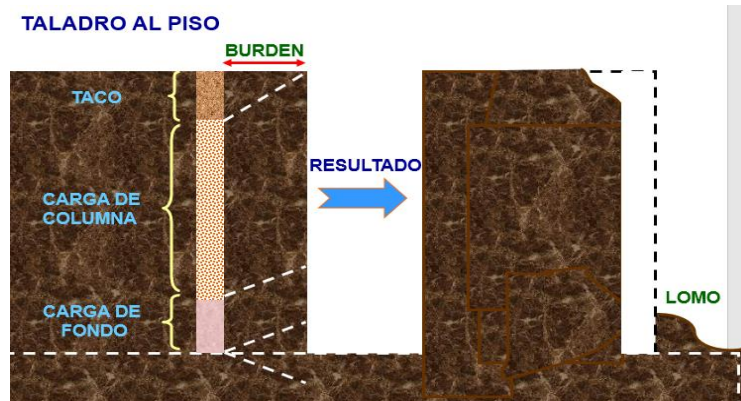


Figura 14

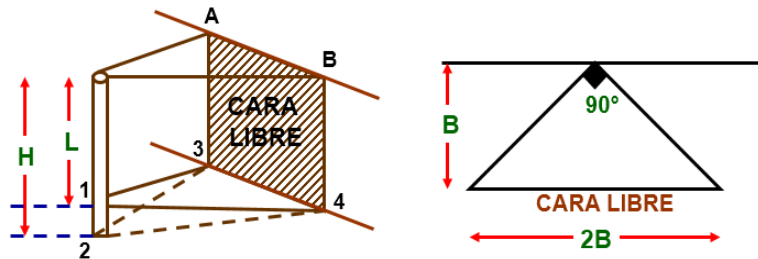
Con Sobre Perforación



Figura 15

Influencia del Burden Sobre la Cara Libre

INFLUENCIA DEL BURDEN SOBRE LA CARA LIBRE DEL BANCO, RESPECTO AL VOLUMEN DE ROCA A MOVER



INFLUENCIA DEL BURDEN SOBRE LA CARA LIBRE DEL BANCO, RESPECTO AL VOLUMEN DE ROCA A MOVER

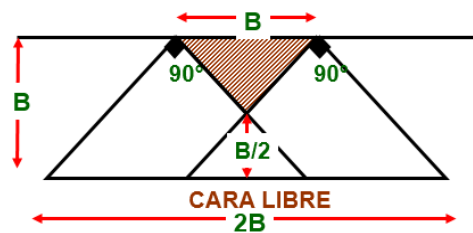
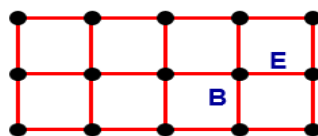


Figura 16

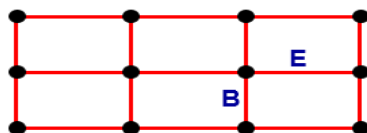
Trazos de Perforación Básicos

TRAZOS DE PERFORACIÓN BÁSICOS



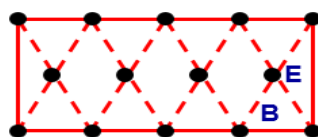
MALLA CUADRADA:

$$E = B$$



MALLA RECTANGULAR:

$$E = 2B$$



MALLA TRIANGULAR:

$$E = B/2$$

Figura 17

Perforación en Superficie



Trazos de perforación

Esto se puede apreciar en las siguientes figuras:

Figura 18

Salida en Paralelo



Figura 19

Salida en Diagonal

Figura 20

Salida en Cuña o en "V"

Figura 21

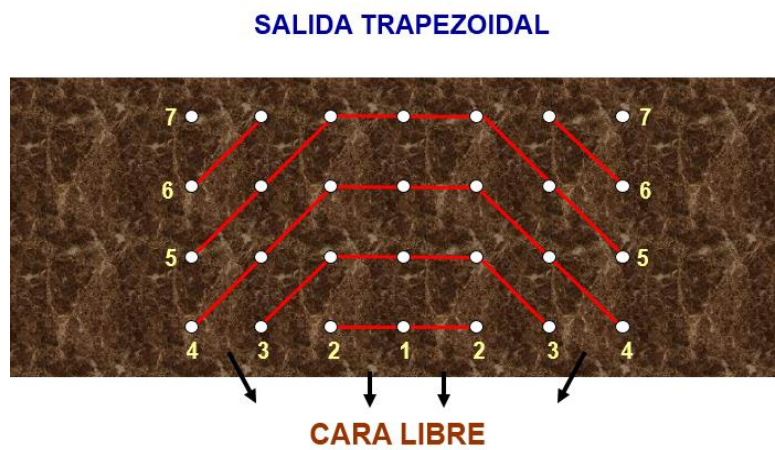
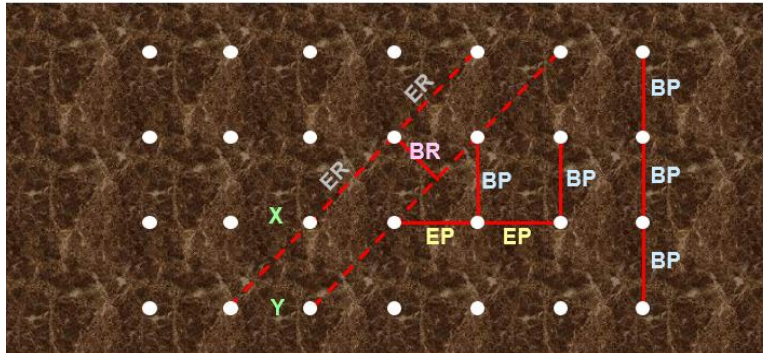
Salida Trapezoidal

Figura 22

Cara Libre

CARA LIBRE

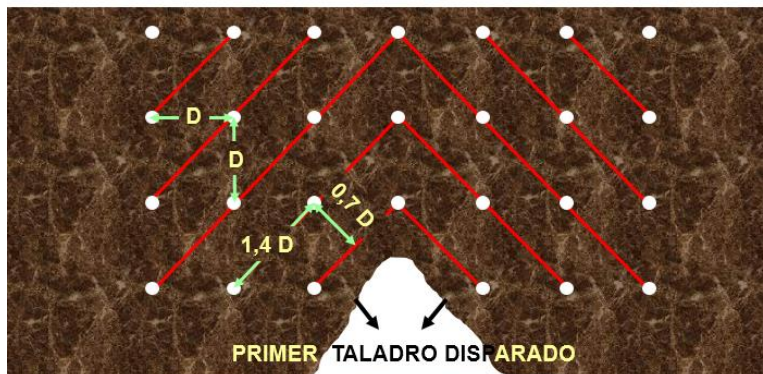


BP : burden virtual (perforación). ER : espaciamento real
 BR : burden real X-Y : retardos
 EP : espaciamento virtual

Figura 23

Primer Taladro Disparado

- Burden del primer taladro = Espaciamento
- Espaciado = $\sqrt{D^2 + D^2} = 1,4 D$
- Burden = $0,5 \times 1,40 D = 0,7 D$



Carga de taladros

Esto se puede apreciar en las siguientes figuras:

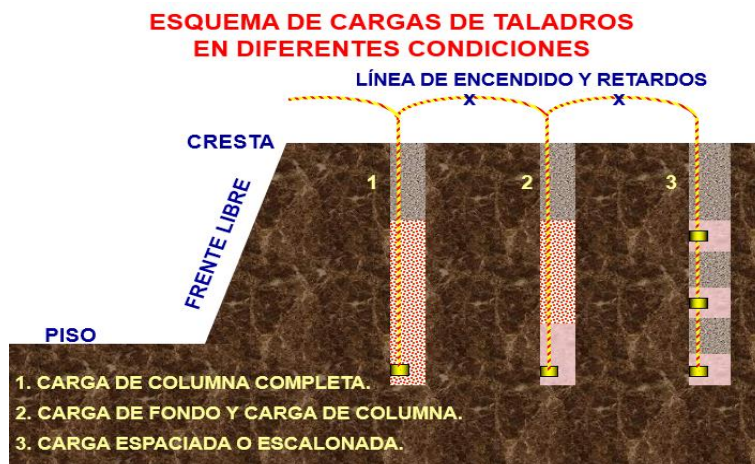
Figura 24

Carga de los Taladros



Figura 25

Carga de Taladros en Diferentes Condiciones



2.2.3. Cálculo de los parámetros de perforación

DIÁMETRO DEL TALADRO (D)

$$D = H / 10$$

H = altura del Banco en pies.

D = diámetro en pulgadas.

$$D = H / 4$$

H = altura del Banco en metros.

D = diámetro en pulgadas.

ESPACIAMIENTO (E)

$$E = (1-1.8) B$$

1-1.8 = factor según condición de la roca.

B = burden en pies.

E = espaciamiento en pies.

$$E = (0.3-0.5) B$$

← Voladura Controlada

$$E = \sqrt{B \times L}$$

← E, B y L en pies.

ALTURA DE BANCO (H)

$$H = (1-4) B$$

Usual $H = 3B$

Cuando la relación es mayor, es más fácil la rotura.

LONGITUD O PROFUNDIDAD DEL TALADRO (L)

$$L = H + S_p$$

H = altura del Banco.

D = Sobreperforación.

$$L = 2D$$

L = mínima long. del taladro en metros.

D = diámetro del taladro en pulgadas.

SOBREPERFORACIÓN (S_p)

$$S_p = (0.2-0.5) B$$

B, S_p en pies.

Lo usual es 0.3B.

Valores prácticos:

Roca Blanda a Media : S_p = 10-12 diámetros.

Roca Dura : S_p = 12 diámetros.

En Sobreperforación, cuando no conoces el burden

$$S_p \leq (20\%) H$$

H = altura del Banco.

TACO (T)

$$T = (0.7-1.3) B$$

T = taco en pies.

B = burden en pies.

BURDEN (B)

$$B = (25-35) D_e / 12$$

25-35 = factor según dureza de la roca.

B = burden en pies.

D_e = diámetro del explosivo en pulgadas.

Languefors:

$$B = 0.046 \times D$$

0.046 = factor estandarizada.

B = burden en metros.

$$B = (db / 33) \sqrt{(P \times S) / (C \times f \times (E/B))}$$

B = burden en metros.

P = grado de compresión (1-1.6 Kg/dm³).

S = potencia relativa del explosivo (1.3 Gelatina).

C = constante para la roca (0.45).

f = 1, es el grado de fractura.

E/B = espaciamento sobre burden.

E = espaciamento entre taladros.

db = diámetro del taladro.

Andersen:

$$B = \sqrt{D \times L}$$

D = diámetro del taladro en pulgadas.

L = longitud del taladro en pies.

Kenya:

$$B = 3.15 D_e \sqrt[3]{(S_{Ge}/S_{Gr})}$$

B = burden en pies.

D_e = diámetro del explosivo en pulgadas.

S_{Ge} = densidad del explosivo.

S_{Gr} = densidad de la roca.

Expresión matemática de Kenya:

$$B = 160 \times 10^{-6} D_e \sqrt[3]{(S_{Ge}/S_{Gr})} V_e^2$$

Ash:

$$B = (K_b \times D)/12$$

B = burden en pies.

K_b = constante.

D = diámetro en pulgadas.

TIPO DE EXPLOSIVO	CLASE DE ROCA		
	Blanda	Media	Dura
Baja densidad y potencia (0.80-0.99 gr/cm ³)	30	25	20
Media densidad y potencia (1.0-1.2 gr/cm ³)	35	30	25
Alta densidad y potencia (1.3-1.6 gr/cm ³)	40	35	30

Burden según la resistencia de la roca

$$B = (40-35) D$$

Roca Blanda

D = milímetros

$$B = (35-33) D$$

Roca Dura

B = milímetros

Burden según el tipo de explosivo

Dinamita	Roca Blanda	$B = 40 \times D$
	Roca Muy Dura	$B = 38 \times D$
Emulsión	Roca Blanda	$B = 38 \times D$
	Hidrogel	$B = 30 \times D$
Anfo	Roca Blanda	$B = 28 \times D$
	Examón	$B = 21 \times D$

Relación Empírica:

$$B \text{ (metros)} = D \text{ (pulgadas)}$$

$$B \text{ (metros)} = D \text{ (mm.)} \times (20-40)$$

Según el tipo de roca y explosivo.

ESPACIAMIENTO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Dinamita	Roca Blanda a Media	$E = (50-45) D$
	Roca Dura a Muy Dura	$E = (43-38) D$
Emulsión, Hidrogel, Anfo Pesado:	Roca Blanda a Media	$E = (45-37) D$
	Roca Dura a Muy Dura	$E = (35-34) D$
Examón y Anfo:	Roca Blanda a Media	$E = (33-37) D$
	Roca Dura a Muy Dura	$E = (35-34) D$

Carga de Fondo:

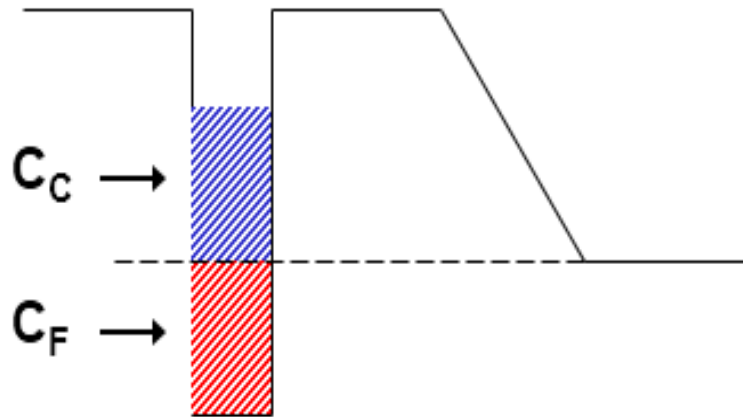
$$C_F \leq 1.3 B$$

CF = Carga de Fondo

No debe ser menor de 0.6 B.

CC = Carga de Columna

Columna de carga es todo el taladro.

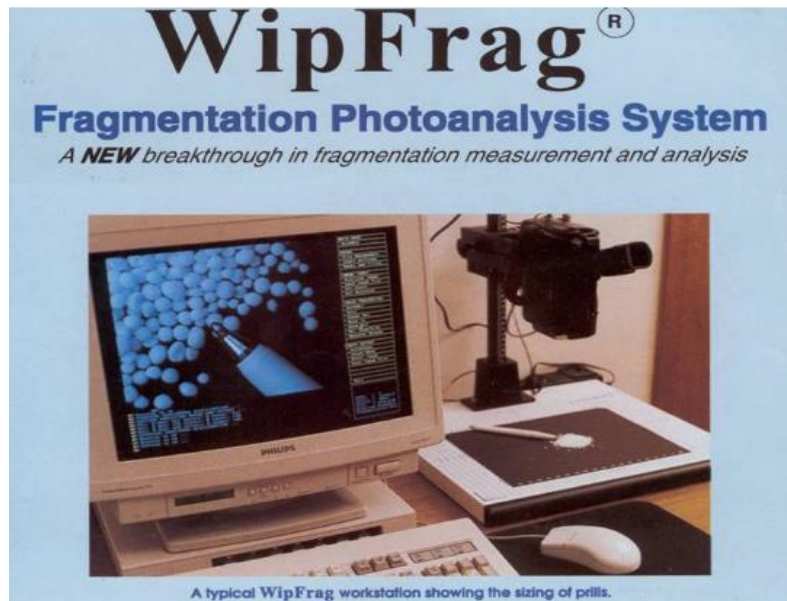
Figura 26*Carga de Fondo***2.2.4. Métodos de campo para evaluar la fragmentación**

Según lo que indica el manual de EXSA sabemos que:

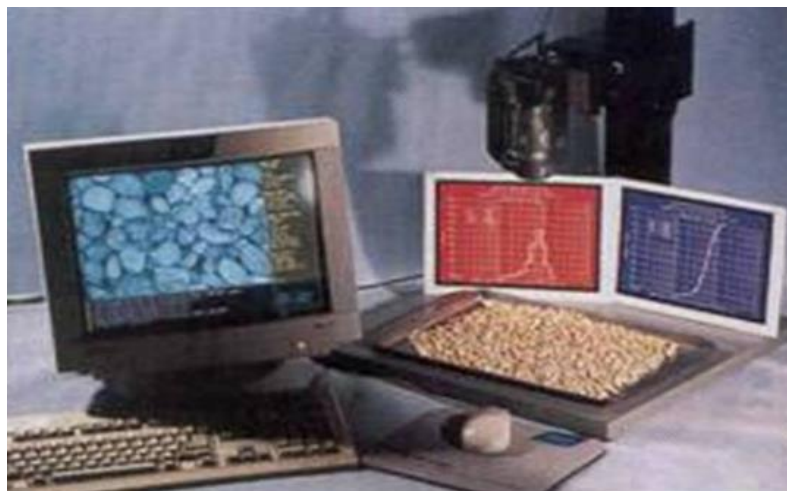
“Existen varios métodos de campo para evaluar y medir la fragmentación que pueden ser técnicas cualitativas y cuantitativas, cada una con sus obvias ventajas y desventajas, entre las que tenemos: Análisis visual cualitativo, Métodos fotográficos estáticos, Fotografía de alta velocidad” (EXSA, s.f.).

Figura 29

Programa WipFrag

**Figura 30**

Sistema Computarizado de Análisis de Fragmentación



**SISTEMA COMPUTARIZADO DE ANÁLISIS
DE FRAGMENTACIÓN**

Figura 31

Equipos para Evaluación de la Voladura

EQUIPOS PARA EVALUACIÓN DE LA VOLADURA



EQUIPO PARA CONTROL DE VELOCIDAD DE DETONACIÓN Y DE DISPERSIÓN DE TIEMPOS DE RETARDO



SISMÓGRAFOS PARA LA EVALUACIÓN DE VIBRACIONES Y DE LA ONDA ACÚSTICA

Influencia de la fragmentación en el carguío y en el mantenimiento de los equipos

Esto se puede apreciar en las siguientes figuras:

Figura 32

Carguío del Material Adecuado



Figura 33*Carguío de Material No Recomendado***Figura 34***Mayor Capacidad de Levante y Rapidez de Carguío*

INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD DE CARGUÍO Y ACARREO EN EL RENDIMIENTO DE LA EXCAVACIÓN



A MAYOR TAMAÑO DE EQUIPO, MAYOR CAPACIDAD DE LEVANTE

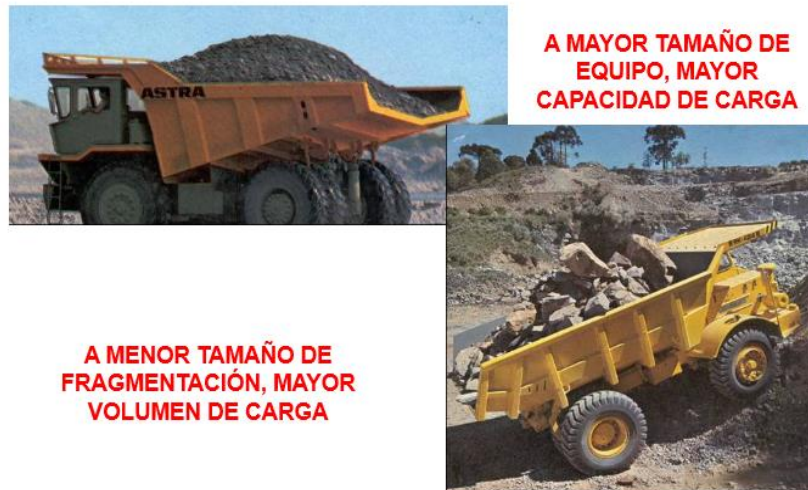
A MENOR TAMAÑO DE FRAGMENTACIÓN, MAYOR RAPIDEZ DE CARGUÍO



Figura 35

Mayor Capacidad de Carga, Mayor Volumen de Carga

**INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD DE CARGUÍO Y
ACARREO EN EL RENDIMIENTO DE LA EXCAVACIÓN**



2.2.5. Agentes de voladura

“SAN-G APU EMULSIÓN / HIDROGEL A GRANEL NO SENSIBILIZADA”

Según la categorización que establece FAMESA para sus agentes de voladura podemos encontrar que:

Se trata de una emulsión que puede presentarse en forma de gas. La componen un oxidante microscópico que se encuentra disperso en forma de combustible continuo, este se estabiliza emulsificandolo. Se puede reducir la densidad explosiva de este producto antes de su aplicación en las operaciones de minería por medio del elemento gasificante en solución. De esta manera además adquiere propiedades impermeables gracias a su nueva textura viscosa, que además aumenta la rapidez de la detonación en comparación con el ANFO. Asu vez el ANFO también sirve como elemento sensibilizador para este emulsionante, en distintas cantidades y cuya mezcla también es posible gasificarla.

Tipos y usos

Además, pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

Diseñada específicamente para su empleo en material rocoso que presente una temperatura media entre cero y cuarenta grados centígrados.

Su carga debe ser realizada exclusivamente por camiones FAMESA debido a que estos camiones están habilitados con un sistema para gasificar la emulsión matriz, lo que permite un control y programación de la cantidad de material emulsionante, que además dosifica el ANFO y el agua necesaria para la mezcla. Estas unidades también cuentan con control automático e inmediato de los niveles de temperatura, así como del nivel del bombeado.

Además, en caso este proceso presente alguna falla en su funcionamiento estas unidades están equipadas para detener en automático el funcionamiento del sistema del bombeo y gasificación si el nivel de presión llega a 160 psi.

Ventajas de su uso

Las principales ventajas de aplicar esta emulsión se dan a que:

Este producto es idóneo para los desplazamientos con distintas características en cuanto a nivel de humedad y a nivel de dureza de la roca. En cuanto se carga el taladro y el material explosivo se acopla completamente se desarrolla potencialmente toda energía contenida en la carga.

Así mismo, la seguridad frente a una detonación no deseada está completamente garantizada mientras no se haya simbolizado la emulsión, proceso que se lleva a cabo después de su ingreso en los taladros.

Además, este producto ofrece la posibilidad de ser usado en distintos niveles de densidad y de energía, pues su objetivo central es alcanzar una adecuada fragmentación, y con ello se asegurar una buena cadena productiva a lo largo de todo el proceso desde la mina hasta la lixiviación.

Debido a su alto índice de fractura del material rocoso resulta viable una disposición más amplia de las plantillas al momento de perforar, y con ello se logra una reducción en los costos asociados. Por otra parte, también tiene como efecto reducir los costos de las labores del carguío, por el buen manejo práctico en las labores.

Iniciación del SAN-G APU

Para su iniciación hay dos posibilidades viables:

Por un lado, tenemos la posibilidad de sensibilizarlo por medio de un Booster HDP, en este caso es crucial la concordancia entre los pesos de las columnas explosivas y el detonador FANEL.

Por otro lado, existe la posibilidad de sensibilizarlo mediante el uso de ANFO, en distintas dosificaciones. Con el fin de obtener un ANFO pesado o un ANFO con propiedades gasificables.

Características técnicas

Esto se puede apreciar mejor en la siguiente tabla.

Tabla 1*Características Técnicas*

Densidad relativa de la matriz (g/cm ³)	1,32 ± 3%
Densidad relativa de la matriz sensibilizada (g/cm ³)	0,80 a 1,20
Viscosidad de la matriz en condiciones normales, (cP) (*)	Min. 12 000
Velocidad de detonación de la matriz sensibilizada (m/s) (**)	4 800 a 5 800
Presión de detonación (kbar)	51 a 98
Energía (kcal/kg)	805
Volumen normal de gases (L/kg)	1 025
Potencia relativa en peso (%) (***)	90
Potencia relativa en volumen (%) (***)	152
Resistencia al agua	Excelente
Categoría de humos	Primera
Diámetro crítico (mm)	76 (3 pulgadas)
Tiempo de permanencia en el taladro (días)	7

(*) Medido en el viscosímetro BROOKFIELD HA DVII a 50 RPM.

(**) Confinado en tubo de PVC de 6 pulgadas de diámetro.

(***) Potencias relativas referidas al ANFO, con potencia convencional de 100.

Nota. Fuente: (*Famesa Explosivos SAC, Agentes de voladura, 2018*)

2.3. Definición de términos básicos**Banco**

“Superficie de explotación que tiene más de una cara libre, en la cual se realiza la extracción de recursos en minería superficial. 2. Se divide por niveles de explotación para aumentar la producción en el ciclo de minado” (Republica de Colombia, Ministerio de Minas y Energia, 2003, pág. 18).

Cebo

“Explosivo de gran energía y muy sensible, que lleva el detonante dentro para cumplir la función de iniciador de propagación de estallido” (Republica de Colombia, Ministerio de Minas y Energia, 2003, pág. 29) .

Emulsión

Se trata de un material explosivo cuya base activa está compuesta por agua y aceite. Su fabricación se inicia con nitrato en solución saturada a la que se le añade aceite mineral, El elemento gasificante lo aportan las burbujas en

dispersión o un material vidrico en forma esférica que se añade comúnmente en el momento de su fabricación (Republica de Colombia, Ministerio de Minas y Energia, 2003, pág. 65).

Explosivo

“Agrupación de sustancias con baja estabilidad química, que tiene la propiedad de cambiar abruptamente al estado gaseoso. El cambio de estado se realiza principalmente por factores externos que alteran su composición inicial” (Republica de Colombia, Ministerio de Minas y Energia, 2003, pág. 65).

Densidad

“Es el resultado de relacionar o dividir la masa sobre el volumen que ocupa una misma materia” (Republica de Colombia, Ministerio de Minas y Energia, 2003, pág. 45).

Factor de carga

Es la medida que se obtiene de dividir el volumen de la masa rocosa entre la cantidad de material explosivo.

Grado de Fijación

Es el nivel que alcanza el material explosivo en su poder de adherirse al pozo de tronadura. Este emplazamiento está determinado por la cantidad de frentes o caras libres que presenta, además de su ángulo de recepción, a lo que se debe añadir el factor de resistencia del material rocoso en las proximidades.

Velocidad de Detonación

Tiempo en que tarda en reaccionar el material detonante en su avance por la columna explosiva.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El desempeño y grado de precisión de los parámetros de voladura nos

permitirá mejorar la voladura, en “Empresa Minera San Simón, Unidad Minera La Virgen”.

2.4.2. Hipótesis específicas

a. El desempeño del explosivo referente a la velocidad de detonación y fragmentación del minado nos permitirá mejorar la voladura, en la “Empresa Minera San Simón, Unidad Minera La Virgen”.

b. El grado de precisión en la perforación del taladro y de taco final nos permitirá mejorar la voladura, en “Empresa Minera San Simón, Unidad Minera la Virgen”.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variables para la hipótesis general

Variable Independiente

Desempeño y grado de precisión de los parámetros de voladura

Variable Dependiente

Mejorar la voladura

2.5.2. Variables para la hipótesis específicas

Hipótesis específica a.

Variable Independiente

La velocidad de detonación y fragmentación

Variable Dependiente

Mejorar la voladura

Hipótesis específica b.

Variable Independiente

Perforación del taladro y taco final

Variable Dependiente

Mejorar la voladura

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 2

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES				
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
<p>1. Variables para la hipótesis general VI: Desempeño y grado de precisión de los parámetros de voladura. VD: Mejorar la voladura.</p> <p>2. Variables para la hipótesis específicas Para la hipótesis a VI: La velocidad de detonación y fragmentación. VD: Mejorar la voladura.</p> <p>Para la hipótesis b VI: Perforación del taladro y taco final. VD: Mejorar la voladura.</p>	<p>Los parámetros de voladura se convierten en información que se utiliza para evaluar y diseñar los disparos. Algunos son inalterables, como es el caso de las características físicas de roca como: fallas, densidad, fisuramiento, dureza, tipo de roca, rigidez y deformación, etc. Otros en cambio son alterables, mejor dicho, se puede modificar a criterio conforme a las necesidades que la operación lo amerite. Los parámetros alterables se agrupan en:</p> <ol style="list-style-type: none"> Geométricos: ancho, largo, alto de banco y número de caras libres. Por perforación: longitud, diámetro de orificio, tipo de trazo. De carga: longitud de carga, densidad, tamaño de taco. De tiempo: retardo que existe a través de taladros, orden de salida de disparos. Entre otros. (EXSA, s.f., pág. 151) 	<p>Con estas variables vamos a determinar controlar a los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Precisión en la perforación de taladros - Precisión de taco final - Control de densidades - Velocidad de detonación (VOD) - Fragmentación al frente de minado 	<ul style="list-style-type: none"> - Precisión de perforación de taladros - Precisión de taco final - Control de densidades - Velocidad de detonación - Análisis de fragmentación al frente de minado 	<ul style="list-style-type: none"> - % - % - gr/cm³ - m/seg - P80

Nota. Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

En lo referente al tipo de investigación que se llevará a cabo en este trabajo este tendrá carácter aplicativo. Debido a que aplicaremos los conocimientos teóricos referente a voladura en conocer o evaluar los parámetros con que se viene trabajando.

3.2. Nivel de investigación

El nivel a desarrollar nuestro proyecto es descriptivo, correlacional porque describiremos el estado que se encuentran los parámetros del tiempo de detonación, el grado de fragmentación, las densidades del explosivo empleado, porcentaje de taco empleado, y la eficiencia de la perforación alcanzado y lo compararemos con los estándares establecidos.

3.3. Métodos de investigación

Se empleará una metodología científica, valiéndonos de los instrumentos y técnicas que usaremos, que puedan contribuir a la evaluación de los parámetros de voladura, todo esto apoyado en los métodos deductivo, inductivo y análisis.

3.4. Diseño de investigación

Este trabajo presenta un diseño cuantitativo que es no es experimental, porque no es necesario una modificación de las variables y a la vez será longitudinal porque lo realizaremos en un periodo de tiempo determinado para evaluar los parámetros de la voladura, asimismo tendrá una característica correlacional.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Para este trabajo este aspecto comprende a todo el grupo de individuos a quienes vamos a investigar en nuestro caso será el conjunto de labores de perforación y voladura de los tajos que se vienen ejecutando en las labores mineras en la mina La Virgen, que son SURO NORTE, SURO SUR y nueve proyectos de factibilidad.

3.5.2. Muestra

La muestra que tomaremos de la población será del tajo SURO NORTE, de los bancos 460, 450.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Entre los recursos referidos a este aspecto tenemos los siguientes:

3.6.1. Técnicas

Dentro de las técnicas que haremos uso tenemos, la observación y la recopilación documental.

En la técnica de observación que usaremos con frecuencia para poder recabar la información resultante sobre las voladuras referidas específicamente a su fragmentación, velocidad de detonación, densidad de la emulsión, la perforación y el tamaño de taco.

En la recopilación documental recogeremos información de cada voladura de los reportes que realizan cada jefe de guardia y de las informaciones históricas que hay en la empresa.

3.6.2. Instrumentos

Tendremos como parte del instrumental a disposición los siguientes: la guía de observación, cuaderno de campo, ficha de observación, documentos escritos, documentos estadísticos, documentos de imagen, y como instrumentos auxiliares y equipos tendremos: los equipos de perforación, maquina fotográfica, computadora, software Split Desktop, fotogrametría de alta velocidad, flexómetro, balanza, Microtrap.

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

Selección

El acopio de los datos empleados para realizar el presente trabajo de investigación, se adquirió de reportes de voladura y de otros instrumentos que fueron elaborados para ese fin como también de equipos modernos, todos estos nos permitieron obtener los parámetros de voladura de: perforación, tamaño de taco final, velocidad de detonación y fragmentación.

Validación

Los datos obtenidos para el análisis de desempeño y precisión de los parámetros de voladura son válidos, esto porque se eligió correctamente los instrumentos para la medición de los parámetros y se obtuvo la aprobación de la documentación presentada al área de mina de la unidad minera La Virgen.

Confiabilidad

Los datos recabados de los parámetros de voladura tienen una alta confiabilidad, puesto que para obtener estos datos se tomaron varias mediciones repetidas de una muestra a la vez y que los instrumentos, equipos empleados fueron calibrados constantemente para una mejor precisión.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Una vez de acopiado los datos de los parámetros de cada voladura, estos son organizados, tabulados y eliminados.

Se seleccionará el programa Microsoft Excel como base de datos principal para su almacenamiento; para la parte de procesamiento e interpretación de datos se usará los softwares correspondientes a cada uno de ellos.

Los resultados obtenidos del análisis de los datos serán estudiados estadísticamente, los mismos que se mostrarán en figuras y tablas para su correspondiente interpretación.

3.9. Tratamiento Estadístico

Estadísticamente se tratará este trabajo a un nivel básico usando las tectónicas estadísticas de nivel descriptivo.

3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica

Nuestra investigación estará basada respetando la confidencialidad, la ética los valores en cuanto responsabilidad, veracidad, respeto a las personas, derecho al anonimato a lo largo del trabajo investigativo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Para realizar el presente trabajo investigativo se ha tenido que realizar varias actividades y trabajos para poder obtener información que contribuyen a corroborar nuestros objetivos y la hipótesis; ayudándonos a plantear mejoras en las operaciones mineras.

Por otra parte, controlar el nivel de calidad y de los costos en labores de voladuras es fundamental, nuestra investigación toca el tema de la calidad de los parámetros de la voladura como la precisión de la perforación del taladro, la precisión del taco, densidad del explosivo y poder determinar finalmente valores como: velocidad de detonación, fragmentación, desempeño del camión fabrica, también vemos la producción de gases después de cada voladura.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Control de calidad operacional de voladuras

4.2.1.1. Precisión de perforación

En perforación la precisión es un parámetro muy importa en el proceso, de ello dependerá mucho los resultados en la voladura, por lo mismo su control es ineludible.

Los controles que se van a realizar se aplicaran a la plantilla de perforación y a los rangos técnicos principales de perforación del equipo ya establecidos, los cuales son los siguientes.

Tabla 3

Plantilla de Perforación

Parametro	Valor
Burden	4m
Espaciamiento	5m
Diámetro de perforación	6,5 pulg
Longitud de Taladro	8 a 12 m
Sobre perforación	0.5 m
∠ de inclinación del taladro	90°

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4

Rangos Técnicos de Perforación

Parámetro	Rango	Recomendación
Velocidad de Rotación	50 - 120 rpm	A mayor diámetro de broca más lento será la VR. En roca dura más lenta será la VR.
Velocidad de Barrido	1200 -2000 m/min	En roca dura y con presencia de trozos grandes de detrito, mayor será la VB.
Fuerza de empuje	5 000 lib - 30000 lib	Empezar de menor a mayor presión evitando sacudidas del equipo. Esto preferentemente en los primeros metros de perforación.

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Se debe controlar estrictamente estos parámetros ya establecidos con anterioridad, puesto que al realizar estos controles se obtendrá como resultado taladros simétricos, rectos y estables que nos llevarán a obtener una excelente voladura permitiendo aprovechar al máximo el poder rompedor de los explosivos.

Para este caso la altura de banco es 10 m y sub drilling 0.5 m, el porcentaje mínimo en precisión de perforación es 76% con una altura de taladro de 8 m esto en el mes de marzo.

Para octubre y noviembre el diseño de perforación se modificó y los taladros tenían como altura 12 m. Con el control de calidad implementado se logró un 97% de precisión en la perforación, como muestra las tablas y figuras siguientes.

Tabla 5

Promedio de Precisión de la Perforación (marzo – noviembre 2019)

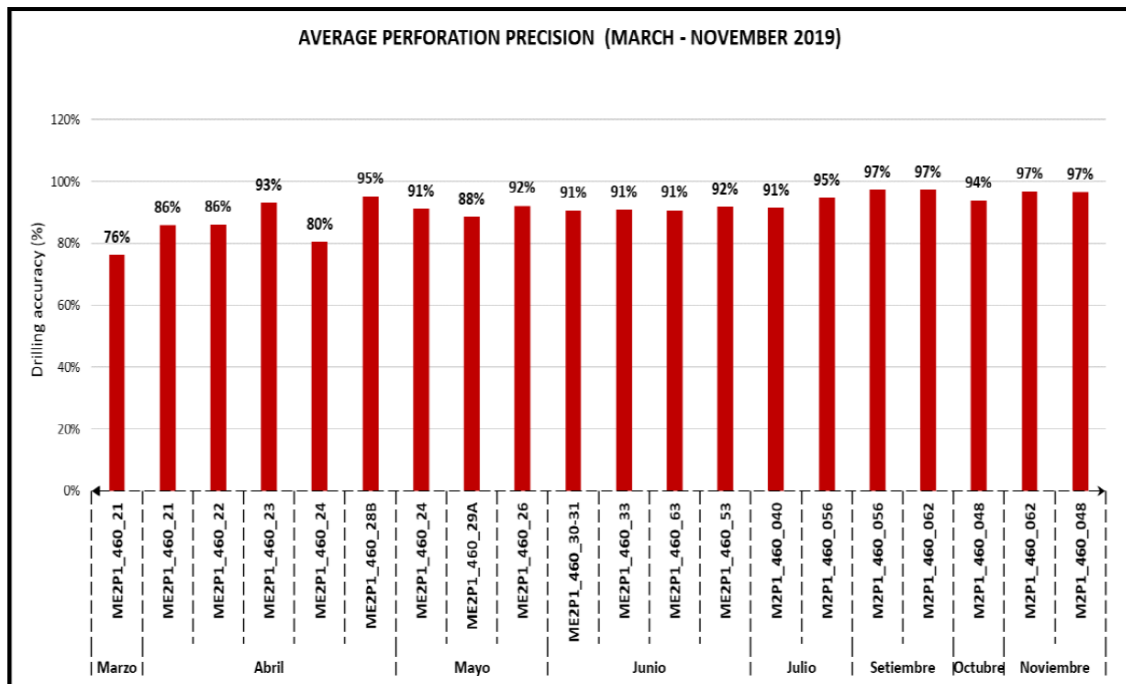
N°	Mes	Labor	Precisión %
1	Marzo	ME2P1-460-21	76
2	Abril	ME2P1-460-21	86
3		ME2P1-460-22	86
4		ME2P1-460-23	93
5		ME2P1-460-24	80
6		ME2P1-460-28B	95
7	Mayo	ME2P1-460-24	91
8		ME2P1-460-29A	88
9		ME2P1-460-26	92
10	Junio	ME2P1-460-30	91
11		ME2P1-460-33	91
12		ME2P1-460-63	91

13		ME2P1-460-53	92
14	Julio	ME2P1-460-040	91
15		ME2P1-460-056	95
16	Setiembre	ME2P1-460-056	97
17		ME2P1-460-062	97
18	Octubre	ME2P1-460-048	94
19	Noviembre	ME2P1-460-062	97
20		ME2P1-460-048	97

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 36

Promedio de Precisión de la Perforación (marzo – noviembre 2019)



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Precisión de la perforación en relación a la longitud del taladro

Tabla 6

Precisión de la Perforación en Relación a la Longitud del Taladro (marzo – noviembre 2019)

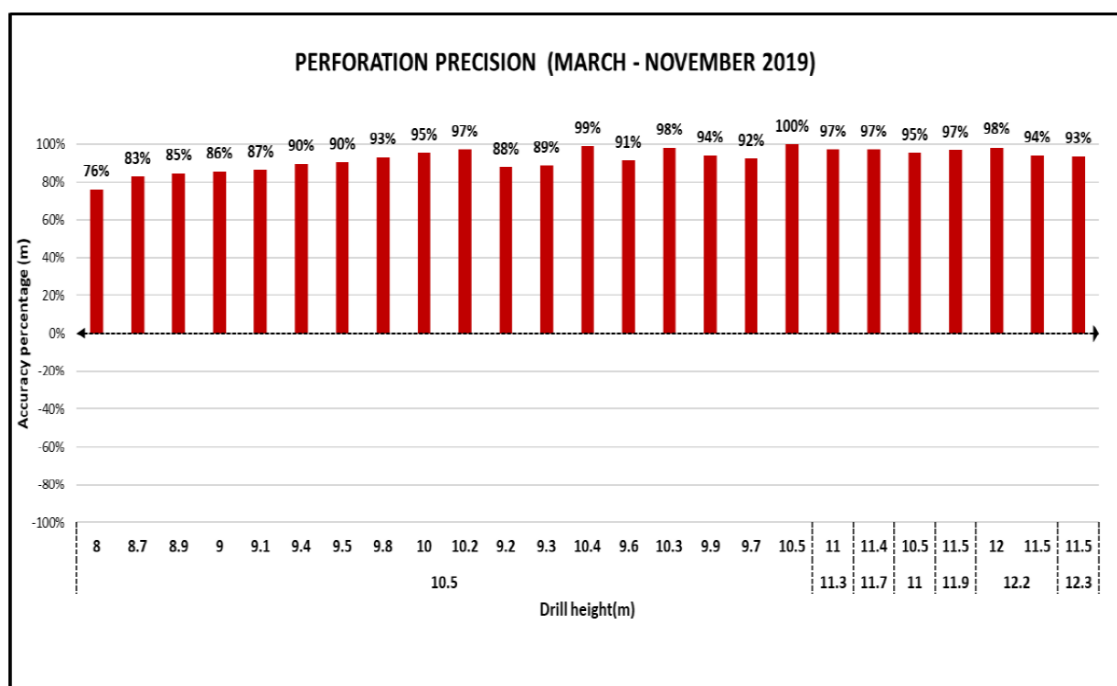
N°	Longitud de taladro (m)	Precisión (%)
1	8	76
2	8.7	83
3	8.9	85
4	9	86
5	9.1	87
6	9.4	90
7	9.5	90
8	9.9	93
9	10	95
10	10.2	97
11	9.2	88
12	9.3	89
13	10.4	99
14	9.6	91
15	10.3	98
16	9.9	94
17	9.7	92
18	10.5	100
19	11 a 11.3	97
20	11.4 a 11.7	97
21	10.5 a 11	95
22	11.5 a 11.9	97
23	11.5 a 12	98

24	12 a 12.2	94
25	11.5 a 12.3	93

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 37

Precisión de la Perforación en Relación a la Longitud del Taladro (marzo – noviembre 2019)



Nota. Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.2. Precisión de taco final

La finalidad básica en las labores de voladuras es alcanzar que el macizo rocoso se fraccione a un nivel granulométrico adecuado para facilitar disponerlo en pilas de escombros con un esponjamiento adecuado.

El material sé que se viene usando para el taco son los detritos que se obtiene de la perforación.

El resultado del nivel de fragmentado puede ser un factor determinante para las posteriores etapas de la operación.

En este sentido es importante cumplir con los diseños de carga taco inicial y final. Para este caso el taco final de diseño optimo es de 4 m, el taco final mínimo encontrado fue 1.5 m esto genera costo adicional, más kg explosivo/taladro, energía incontrolada, flyrock y excesivo ruido. El máximo taco final encontrado fue 5.6 m esto genera grandes bloques de roca en la superficie de la voladura, afectando la remoción y transporte del material volado reduciendo el rendimiento de los equipos (pilas, excavadoras y camiones) y utilización de equipo adicional para romper los bloques.

Relación Taco – Burden

Inicialmente se aplicaba la relación taco – burden de $T_c = 2/3B$ no llegando a tener buenos resultados, pues no se lograba retener los gases emanados en un tiempo adecuado, porque el material empleado para el taco es el detrito de la perforación un material muy fino.

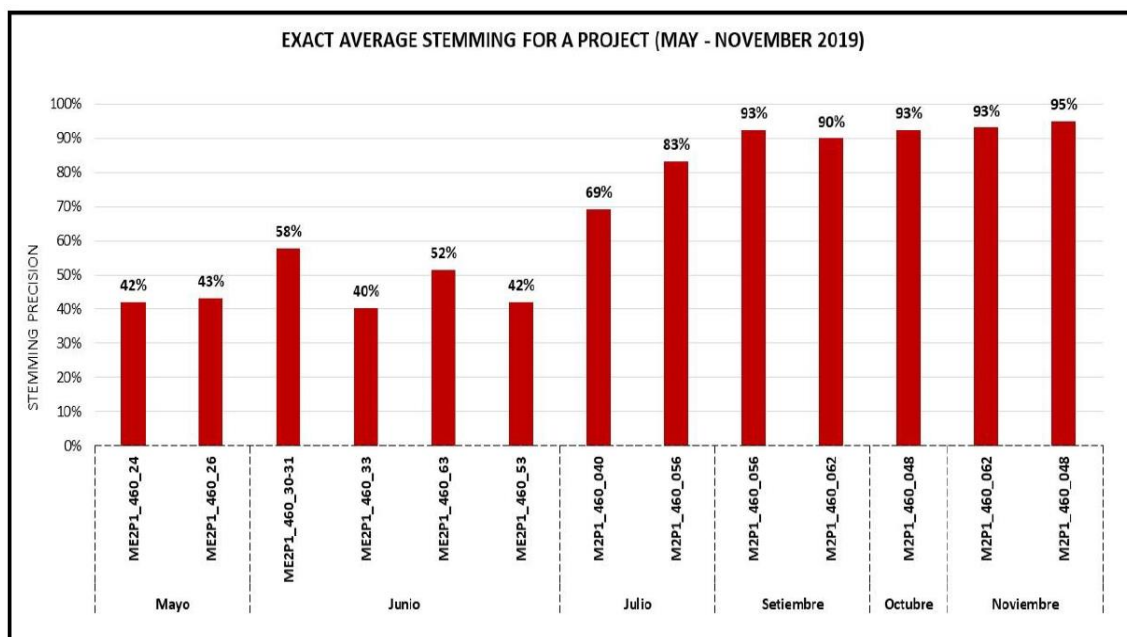
Este comportamiento mejoro con la relación $T_c = B$; a medida que longitud del taco se acerca al burden el resultado era más favorable. Teniendo como burden establecido igual a 4 m.

Con la implementación del control de calidad, de tener un taco inicial promedio mínimo de 3.20 m y máximo de 4.80 m, se logró obtener un taco estándar promedio mínimo de 3.90 m y un máximo de 4.30 m. Como podemos observar en las figuras la variación de la precisión de taco final en el tiempo es positivo, de tener 42% de precisión en el mes de mayo, se obtuvo 95% en el mes de noviembre, como muestra las tablas y figuras siguientes.

Tabla 7*Porcentaje Promedio de Precisión de Taco (mayo – noviembre 2019)*

N°	Mes	Labor	Taco (%)
1	Mayo	ME2P1-460-24	42
2		ME2P1-460-26	43
3	Junio	ME2P1-460-30	58
4		ME2P1-460-33	40
5		ME2P1-460-63	52
6	Julio	ME2P1-460-53	42
7		ME2P1-460-040	69
8		ME2P1-460-056	83
9	Setiembre	ME2P1-460-056	93
10		ME2P1-460-062	90
11	Octubre	ME2P1-460-048	93
12		ME2P1-460-062	93
13	Noviembre	ME2P1-460-048	95

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 38*Porcentaje Promedio de Precisión de Taco (mayo – noviembre 2019)*

Nota. Fuente: Elaboración Propia

**Porcentaje de precisión de taco en relación a su longitud,
mes de mayo 2019**

Tabla 8

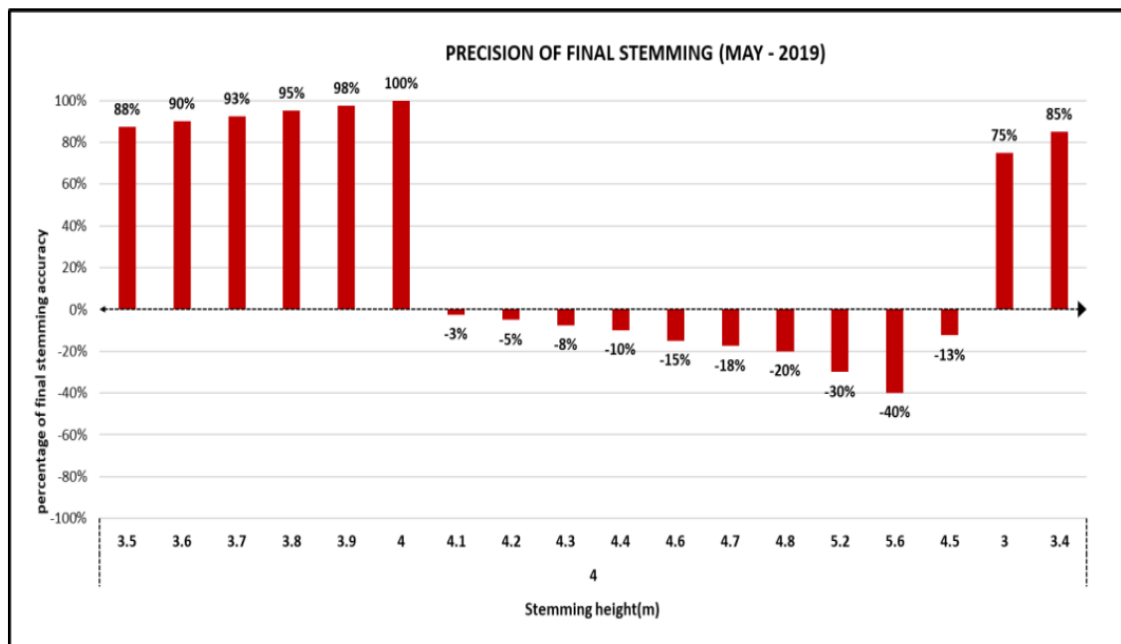
Porcentaje de Precisión de Taco en Relación a su Longitud Mes de Mayo 2019

N°	Longitud de taco (m)	Porcentaje de taco (%)
1	3.5	88
2	3.6	90
3	3.7	93
4	3.8	95
5	3.9	98
6	4.0	100
7	4.1	-3
8	4.2	-5
9	4.3	-8
10	4.4	-10
11	4.6	-15
12	4.7	-18
13	4.8	-20
14	5.2	-30
15	5.6	-40
16	4.5	-13
17	3.0	75
18	3.4	85

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 39

Porcentaje de Precisión de Taco en Relación a su Longitud Mes de Mayo 2019



Nota. Fuente: Elaboración Propia

**Porcentaje de precisión de taco en relación a su longitud,
mes de junio 2019**

Tabla 9

Porcentaje de Precisión de Taco en Relación a su Longitud Mes de Junio 2019

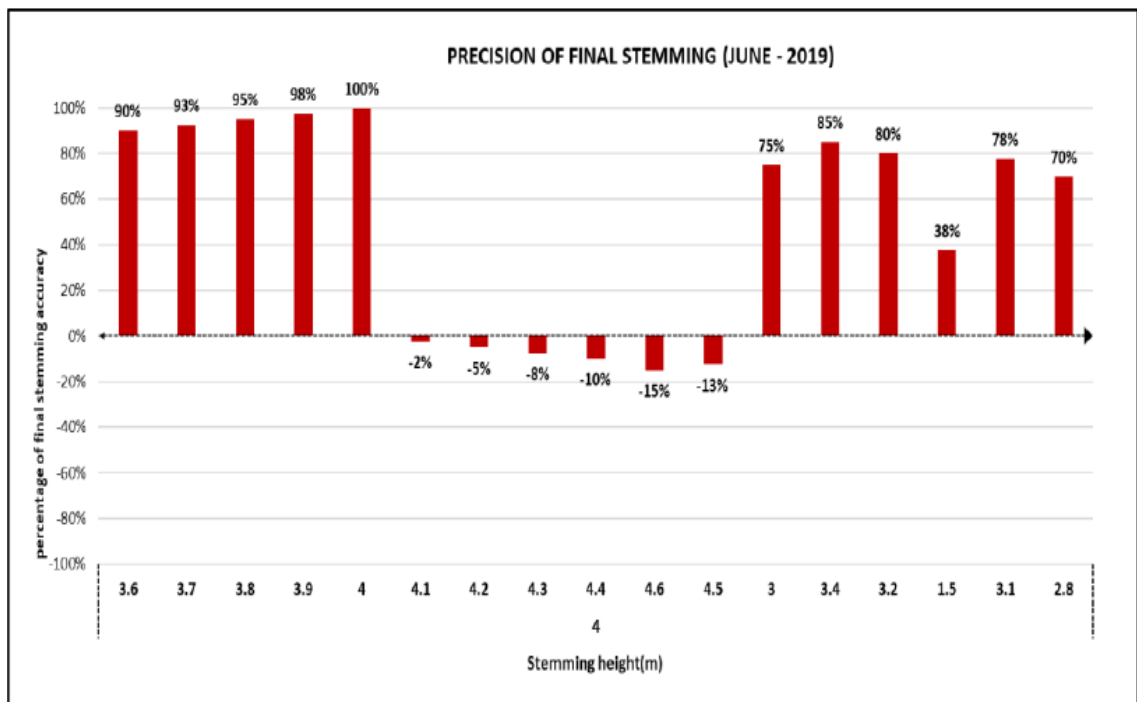
N°	Longitud de taco (m)	Porcentaje de taco (%)
1	3.6	90
2	3.7	93
3	3.8	95
4	3.9	98
5	4.0	100
6	4.1	-2
7	4.2	-5
8	4.3	-8
9	4.4	-10

10	4.6	-15
11	4.5	-13
12	3.0	75
13	3.4	85
14	3.2	80
15	1.5	38
16	3.1	78
17	2.8	70

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 40

Porcentaje de Precisión de Taco en Relación a su Longitud Mes de Junio 2019



Nota. Fuente: Elaboración Propia

**Porcentaje de precisión de taco en relación a su longitud,
mes de julio, setiembre, octubre, noviembre 2019**

Tabla 10

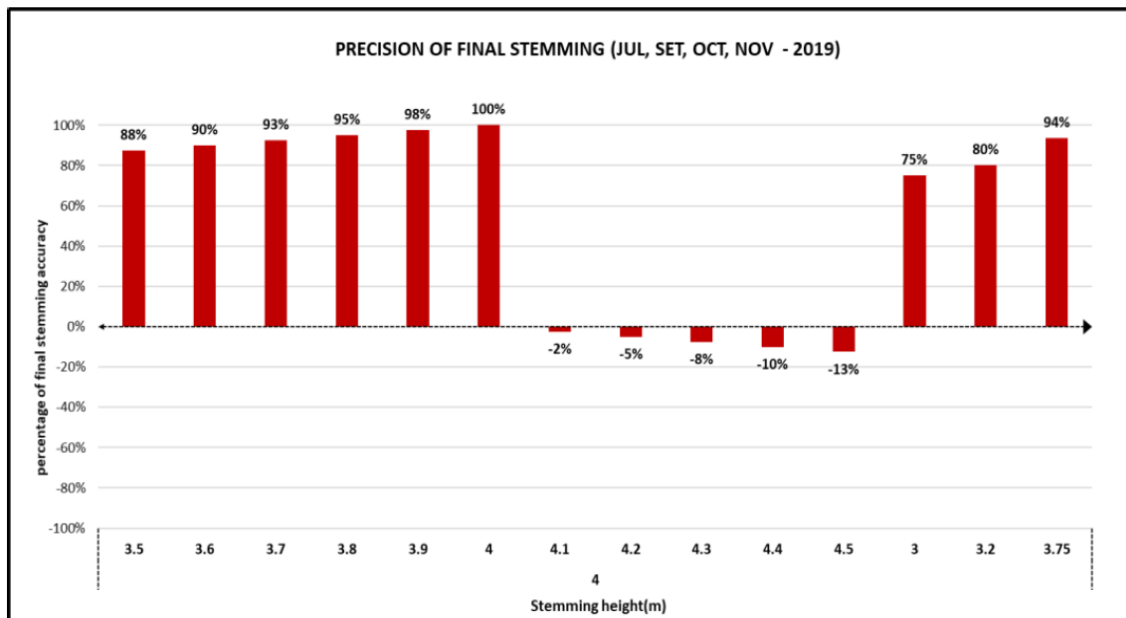
Porcentaje de Precisión de Taco en Relación a su Longitud mes de julio, setiembre, octubre, noviembre 2019

N°	Longitud de taco (m)	Porcentaje de taco (%)
1	3.5	88
2	3.6	90
3	3.7	93
4	3.8	95
5	3.9	98
6	4.0	100
7	4.1	-2
8	4.2	-5
9	4.3	-8
10	4.4	-10
11	4.5	-13
12	3.0	75
13	3.2	80
14	3.75	94

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 41

Porcentaje de Precisión de Taco en Relación a su Longitud Mes de julio, setiembre, octubre, noviembre 2019



Nota. Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.3. Control de densidad de la mezcla

Controlar el nivel de las densidades en la etapa del carguío de taladros resulta ser de primordial importancia para alcanzar el nivel requerido de calidad del producto y de esta manera obtener un resultado satisfactorio en las voladuras.

El explosivo SAN-G APU va tener siempre una densidad inicial y una densidad final esto por poseer la propiedad de gasificarse y esponjarse después de cargarse en los taladros en tiempos de unos 15 a 20 minutos, aumentando el tamaño de carga lineal.

Para obtener la densidad inicial y final se realiza los siguientes pasos:

1. Tomar una porción de muestreo en un vaso de 1L esto directamente de la manguera de descarga del equipo.
2. Pesar esto en una balanza y llevar el registro (densidad inicial).

3. Controlar un tiempo de 20 minutos y retirar el material que se escurre fuera del vaso, verificar que tenga el mismo volumen inicial y pesar nuevamente, llevar el registro (densidad final).

El valor de densidad con la que se venía trabajando fue de 1.19 g/cm³ esto en el mes de marzo por lo que se realizó las coordinaciones para su variación, en los últimos meses se estandarizo la densidad para obtener mejor desempeño del explosivo, estos valores deben de mantenerse en los rangos de 1.05 g/cm³ y 1.13 g/cm³, con gasificación de 20 minutos.

Tabla 11

Densidad Promedio (marzo – noviembre 2019)

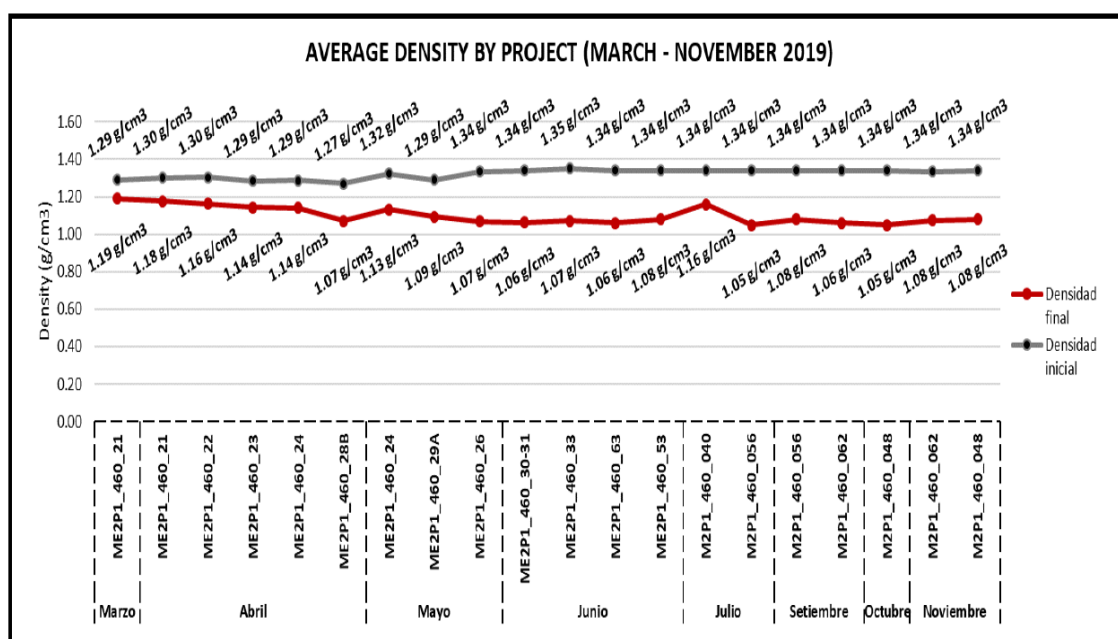
N°	Mes	Labor	Densidad Inicial (g/cm ³)	Densidad Final (g/cm ³)
1	Marzo	ME2P1-460-21	1.29	1.19
2	Abril	ME2P1-460-21	1.30	1.18
3		ME2P1-460-22	1.30	1.16
4		ME2P1-460-23	1.29	1.14
5		ME2P1-460-24	1.29	1.14
6		ME2P1-460-28B	1.27	1.07
7	Mayo	ME2P1-460-24	1.32	1.13
8		ME2P1-460-29A	1.29	1.09
9		ME2P1-460-26	1.34	1.07
10	Junio	ME2P1-460-30	1.34	1.06
11		ME2P1-460-33	1.35	1.07
12		ME2P1-460-63	1.34	1.06
13		ME2P1-460-63	1.34	1.08
14	Julio	ME2P1-460-040	1.34	1.16
15		ME2P1-460-056	1.34	1.05
16	Setiembre	ME2P1-460-056	1.34	1.08

17		ME2P1-460-062	1.34	1.06
18	Octubre	ME2P1-460-048	1.34	1.05
19	Noviembre	ME2P1-460-062	1.34	1.08
20		ME2P1-460-048	1.34	1.08

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 42

Densidad Promedio (marzo – noviembre 2019)



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Densidad en relación al tiempo

Se realizó un seguimiento del comportamiento de la variación de la densidad inicial en relación al tiempo de exposición al aire libre del explosivo SAN-G APU, esto en el mes de setiembre en la labor ME2P1-460-062 en un día soleado. Obteniendo una densidad óptima de 1.06 g/cm³ en un tiempo de 20 minutos.

Este estudio consistía en pesar la muestra en un intervalo de 5 minutos y se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 12

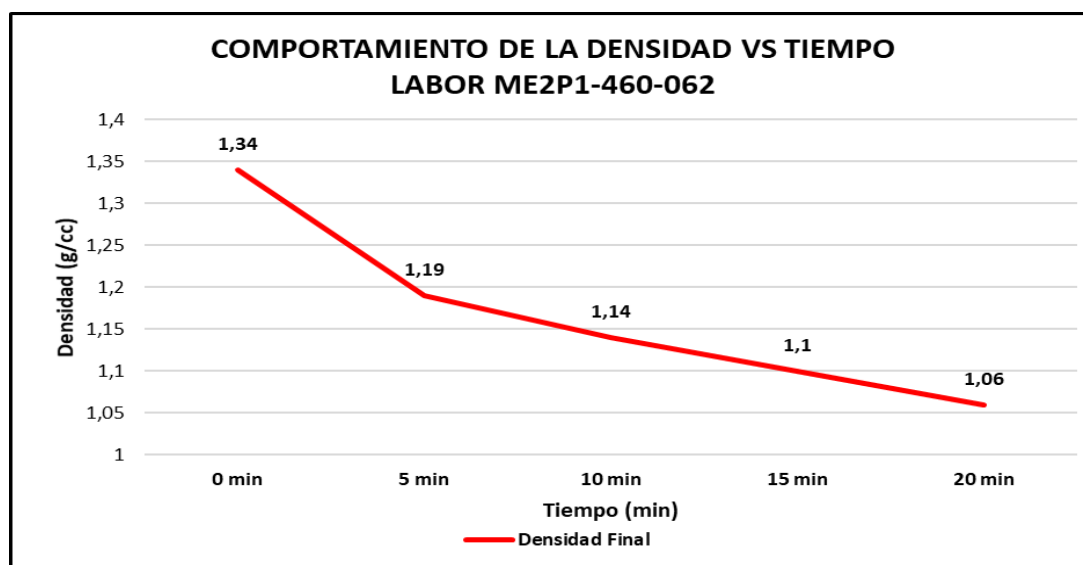
Variación de la Densidad en Relación al Tiempo

N°	Densidad Inicial (g/cm ³)	Tiempo (minutos)	Densidad Final (g/cm ³)
1	1.34	0	1.34
2	1.34	5	1.19
3	1.19	10	1.14
4	1.14	15	1.10
5	1.10	20	1.06

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 43

Comportamiento de la Densidad vs Tiempo



Nota. Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.4. Control de altura y porcentaje de esponjamiento

Se realizaron controles a la altura de gasificación de la mezcla explosiva, obteniendo una altura de gasificación promedio de 0.60 m y un porcentaje promedio de 5.3 % de esponjamiento en relación a la longitud de carga.

Los tiempos empleados para la gasificación fueron de 15 minutos y 20 minutos encontrando resultados positivos con una gasificación de 20 minutos. En este tiempo el explosivo logro mostrar su máxima capacidad de esponjamiento.

Promedio de esponjamiento con HA-73G, en metros (m)

El promedio de esponjamiento del explosivo SAN-G APU en la mezcla HA_73G, durante el periodo que va de mayo a noviembre, expresado en metros fueron los siguientes:

Tabla 13

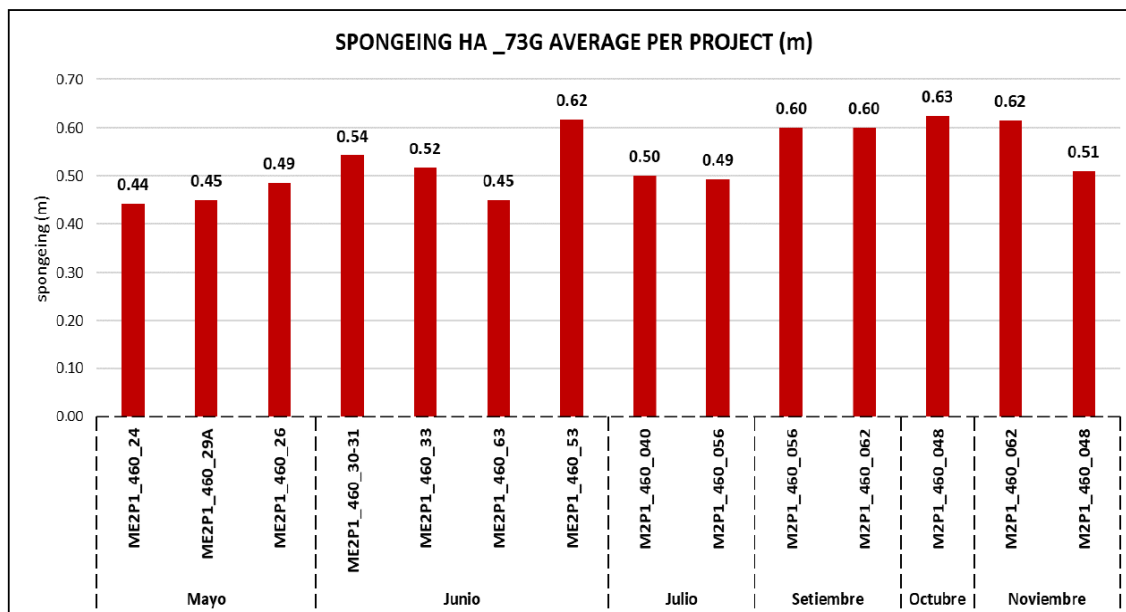
Promedio de Esponjamiento con HA-73G (m) de mayo – noviembre 2019

N°	Mes	Labor	Esponjamiento (m)	Tiempo de gasificación (minutos)
1	Mayo	ME2P1-460-24	0.44	15
2		ME2P1-460-29A	0.45	15
3		ME2P1-460-26	0.49	15
4	Junio	ME2P1-460-30	0.54	15
5		ME2P1-460-33	0.52	15
6		ME2P1-460-63	0.45	15
7		ME2P1-460-53	0.62	20
8	julio	ME2P1-460-040	0.50	20
9		ME2P1-460-056	0.49	15
10	setiembre	ME2P1-460-056	0.60	20
11		ME2P1-460-062	0.60	20
12	octubre	ME2P1-460-048	0.63	20
13	noviembre	ME2P1-460-062	0.62	20
14		ME2P1-460-048	0.51	20

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 44

Promedio de Esponjamiento con HA-73G (m) de mayo – noviembre 2019



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Promedio de esponjamiento con HA-73G, en porcentaje (%)

De igual manera el promedio de esponjamiento usando el explosivo SAN-G APU en la mezcla HA_73G, durante los meses de mayo, junio, julio, setiembre, octubre, noviembre, expresado en porcentaje (%) fueron los siguientes:

Tabla 14

Promedio de Esponjamiento con HA-73G (%) de mayo – noviembre 2019

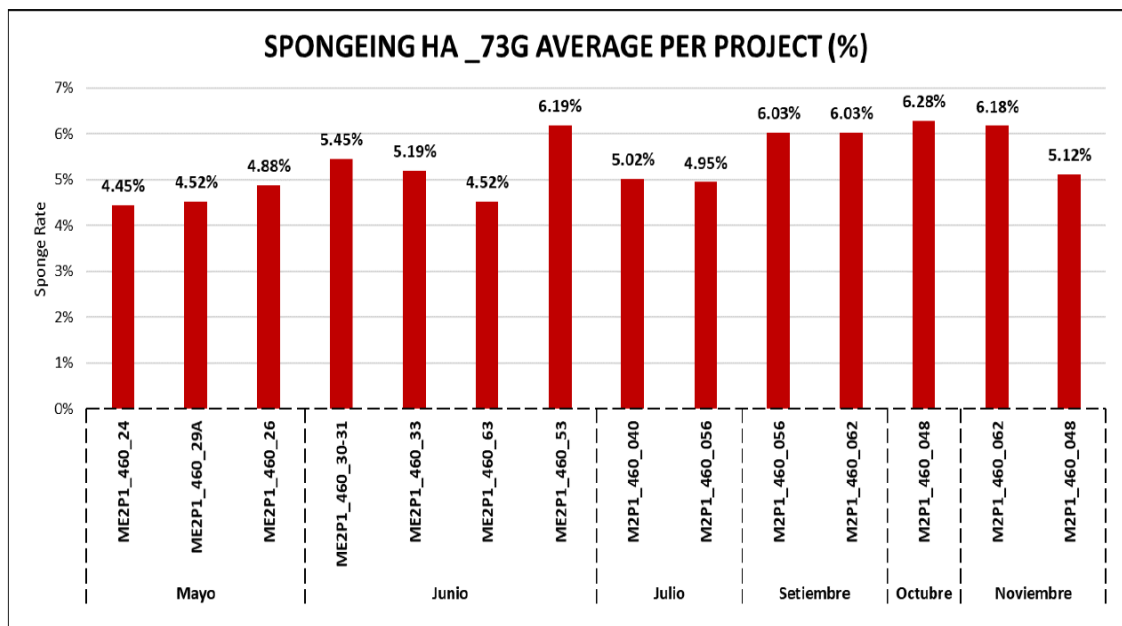
N°	Mes	Labor	Esponjamiento (%)	Tiempo de gasificación (minutos)
1	Mayo	ME2P1-460-24	4.45	15
2		ME2P1-460-29A	4.52	15
3		ME2P1-460-26	4.88	15
4	Junio	ME2P1-460-30	5.54	15
5		ME2P1-460-33	5.19	15

6		ME2P1-460-63	4.52	15
7		ME2P1-460-53	6.19	20
8	Julio	ME2P1-460-040	5.02	20
9		ME2P1-460-056	4.95	15
10	Setiembre	ME2P1-460-056	6.03	20
11		ME2P1-460-062	6.03	20
12	Octubre	ME2P1-460-048	6.28	20
13	Noviembre	ME2P1-460-062	6.18	20
14		ME2P1-460-048	5.12	20

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 45

Promedio de esponjamiento con HA-73G (%) de mayo – noviembre 2019



Nota. Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.5. Monitoreo de Velocidades de Detonación (VOD)

Los valores obtenidos en las velocidades de detonaciones (VOD) en este caso de la SAN-G APU en la mezcla HA_73G es óptima demostrando la buena performance del explosivo incluso en condiciones adversas, los taladros monitoreados presentaban 9m de agua y fueron cargados entre 4 y 5 días para luego ser detonados, no se visualizó humos naranjas.

Para tener una buena velocidad de detonación al hacer uso de explosivos en taladros esto dependerá fundamentalmente de dos aspectos:

- La densidad de los compuestos del explosivo.
- Nivel óptimo de confinamiento.

Para medir las diferentes velocidades de detonación, se empleó el equipo Microtrap.

El valor máximo de VOD obtenido fue 5305.83 m/s esto con una muestra de densidad de 1.05 g/cm³ y tamaño de taco de 3.5 m.

Tabla 15

Velocidad de Detonación VOD (m/s) en Relación a la Densidad

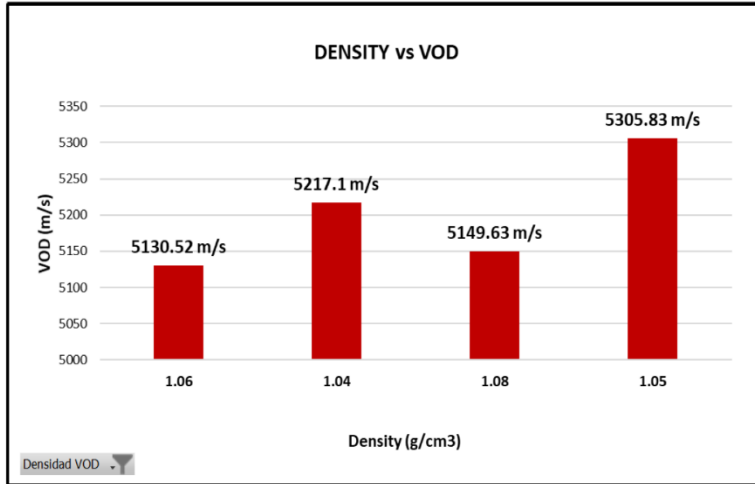
Fecha	Labor	Longitud de perf.(m)	Diámetro de perf. (pulg)	Explosivo	Densidad (g/cm ³)	Carguío de explosivo (kg)	Taco	VOD (m/s)
19-jun	ME2P1-460-30	10.10	6.5	HA-73G	1.06	187	4.2	5130.52
25-jun.	ME2P1-460-63	9.10	6.5	HA-73G	1.04	150	3.8	5217.10
28-jun.	ME2P1-460-56	9.00	6.5	HA-73G	1.08	170	1.5	5149.63
29-jul.	ME2P1-460-58	9.00	6.5	HA-73G	1.05	140	3.5	5305.83

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Velocidad de detonación en relación a su densidad y tamaño de taco

Figura 46

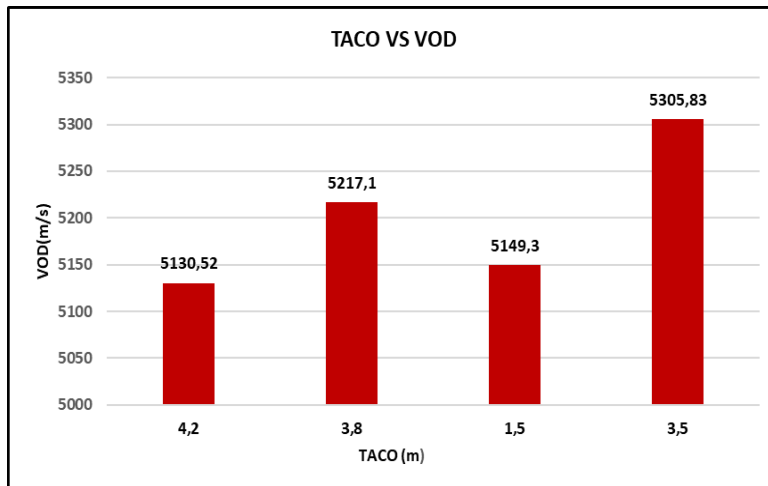
Velocidad de Detonación VOD (m/s) en Relación a la Densidad



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 47

Velocidad de Detonación VOD (m/s) en Relación al Tamaño del Taco



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Velocidad de detonación (VOD), Labor ME2P1_460_030

Tabla 16

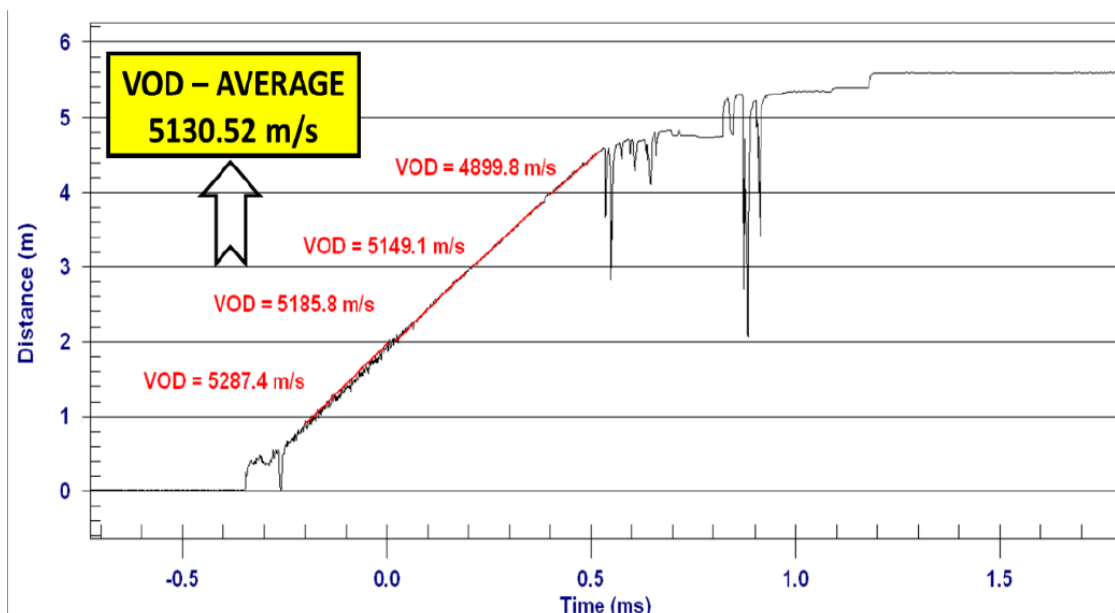
Velocidad de Detonación (VOD), Labor ME2P1_460_030

Fecha	Labor	Longitud de perf.(m)	Diámetro de perf. (pulg)	Explosivo	Densidad (g/cm ³)	Carguío de explosivo (kg)	Taco	VOD (m/s)
19-jun	ME2P1-460-30	10.10	6.5	HA-73G	1.06	187	4.2	5130.52

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 48

Velocidad de Detonación (VOD), Labor ME2P1_460_030



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Velocidad de detonación (VOD), Labor ME2P1_460_063

Tabla 17

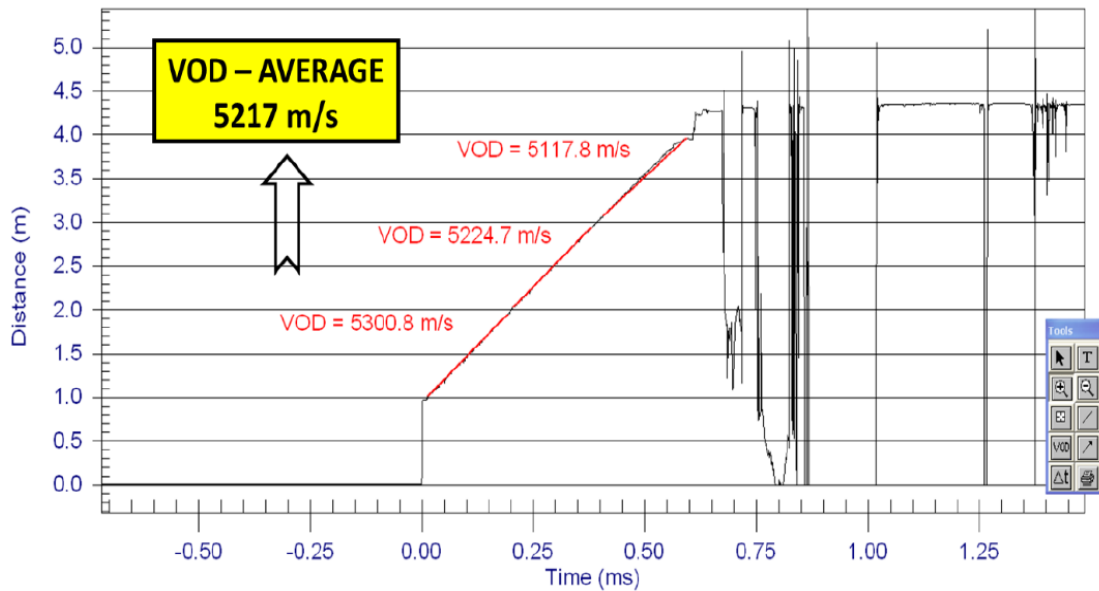
Velocidad de Detonación VOD (m/s), Labor ME2P1_460_063

Fecha	Labor	Longitud de perf.(m)	Diámetro de perf. (pulg)	Explosivo	Densidad (g/cm ³)	Carguío de explosivo (kg)	Taco	VOD (m/s)
25-jun.	ME2P1-460-63	9.10	6.5	HA-73G	1.04	150	3.8	5217.10

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 49

Velocidad de Detonación (VOD), Labor ME2P1_460_063



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Velocidad de detonación (VOD), Labor ME2P1_460_056

Tabla 18

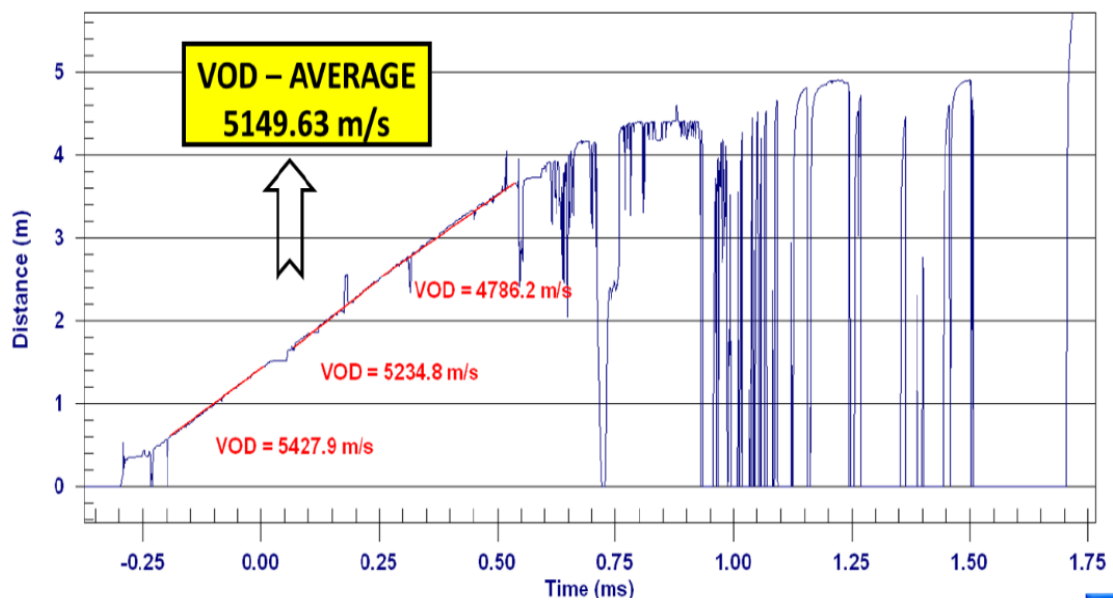
Velocidad de detonación (VOD), Labor ME2P1_460_056

Fecha	Labor	Longitud de perf.(m)	Diámetro de perf. (pulg)	Explosivo	Densidad (g/cm ³)	Carguío de explosivo (kg)	Taco	VOD (m/s)
28-jun.	ME2P1-460-56	9.00	6.5	HA-73G	1.08	170	1.5	5149.63

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 50

Velocidad de Detonación (VOD), Labor ME2P1_460_056



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Velocidad de detonación (VOD), Labor ME2P1_460_058

Tabla 19

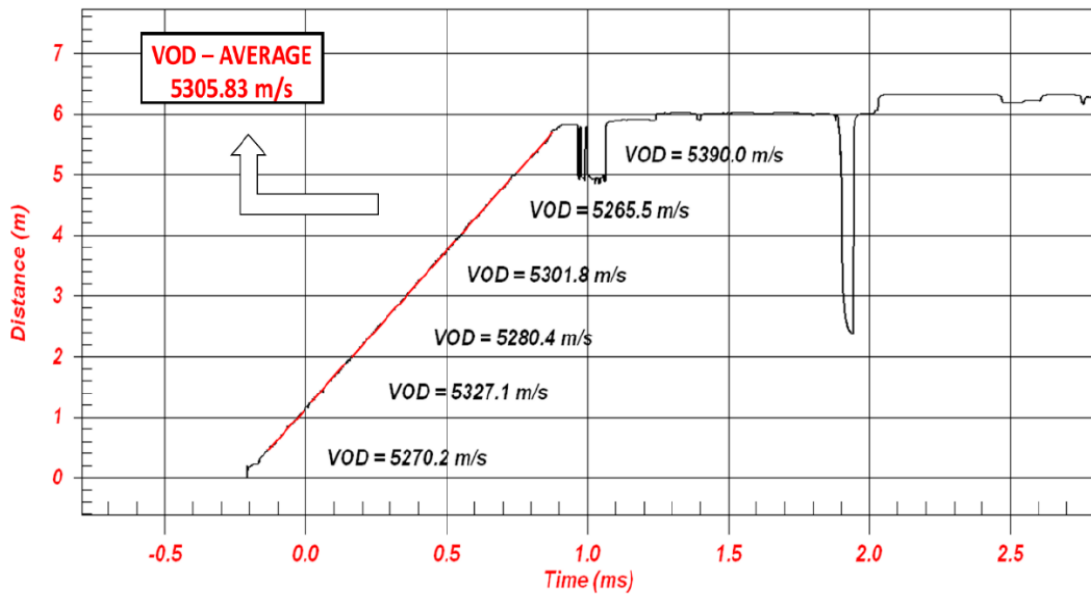
Velocidad de detonación (VOD), Labor ME2P1_460_058

Fecha	Labor	Longitud de perf.(m)	Diámetro de perf. (pulg)	Explosivo	Densidad (g/cm ³)	Carguío de explosivo (kg)	Taco	VOD (m/s)
29-jul.	ME2P1-460-58	9.00	6.5	HA-73G	1.05	140	3.5	5305.83

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 51

Velocidad de Detonación (VOD), Labor ME2P1_460_058



Nota. Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.6. Análisis de Fragmentación

Se realizó un registro de fotografías de las labores disparadas para analizarlos posteriormente con el software Split Desktop, esto nos permitió ver los tamaños mínimos y máximos de los fragmentos de roca para obtener un P80 y P50.

El P80 nos indica que el 80% de todos los fragmentos de roca son menores a ese tamaño, el P50 nos indica que el 50% de todos los fragmentos de roca son menores a ese tamaño.

En el análisis se obtuvo que el P80 mínimo encontrado fue de 5.48" y el máximo de 8.44", mientras que en el P50 el valor mínimo encontrado fue de 2.17" y el máximo de 4.74", obteniendo así buenos resultados.

Índice de Rigidez

El índice de rigidez nos menciona que, si el resultado es mayor a 2, la masa rocosa contará con menos rigidez y se tendrá mayor facilidad de fragmentación de material con resultados más homogéneos, caso contrario si el índice es menor a 2 se tendrá una masa rocosa muy rígida con dificultades para fracturarse.

Aplicando esta fórmula matemática:

$$IR = \frac{Hbc}{B}$$

Hb = 12 m (en el mes de noviembre)

B= 4 m

IR = 12/4 = 3

El resultado del índice es 3 indicándonos así que se tendrá una excelente fragmentación de material.

Resultados de la fragmentación usando SAN-G APU en la mezcla HA_73G.

Tabla 20

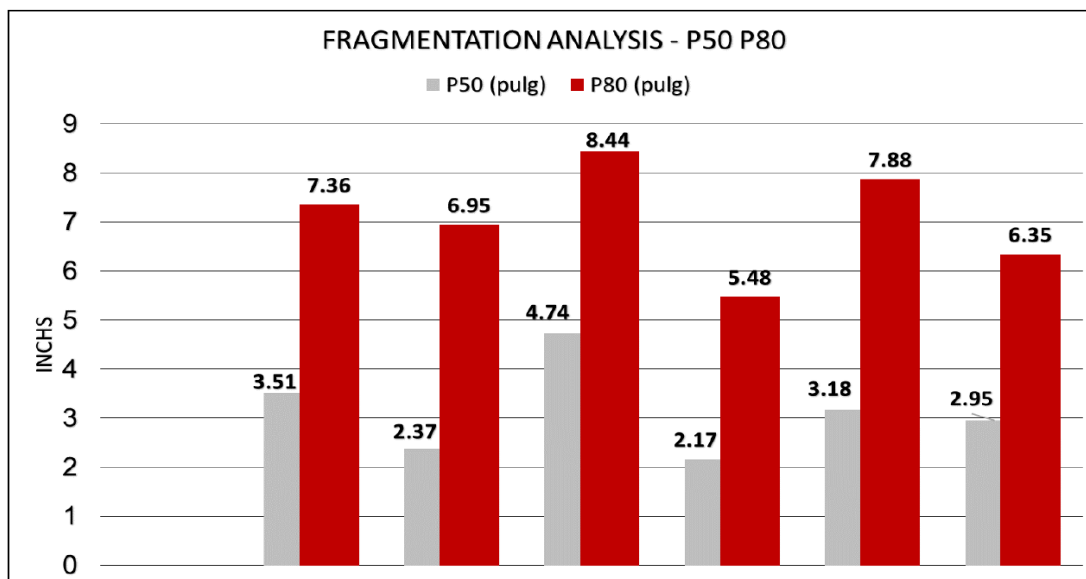
Análisis de la Fragmentación

Fecha	Labor	P50 (pulg)	P80 (pulg)	Mínimo (pulg)	Máximo (pulg)	3'' (%)	4'' (%)	8'' (%)	16'' (%)
14-nov.	ME2P1-460-48	3.51	7.36	0.08	11.01	44.6	55.3	84.7	100
17-nov.	ME2P1-460-51	2.37	6.95	0.06	8.68	59.1	67.9	84.3	100
21-nov.	ME2P1-460-55	4.74	8.44	0.07	14.87	31.5	43.5	78.8	100
23-nov.	ME2P1-460-57	2.17	5.48	0.01	8.07	58.1	69.4	85.7	100
26-nov.	ME2P1-460-60	3.18	7.88	0.06	11.79	48.2	58.9	86.3	100
28-nov.	ME2P1-460-62	2.95	6.35	0.05	10.11	45.0	63.5	81.4	100

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 52

Análisis de la Fragmentación P50 – P80



Nota. Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.7. Nivel de calidad de gases

Entre los recursos certeros para la medición de la eficiencia de la reacción encontramos al material gaseoso que se libera en la voladura. Por ejemplo, se alcanza un equilibrio de oxígeno, como producto de la liberación máxima de energía en el momento en que se libera un gas de color gris claro. En cambio, si la reacción presenta deficiencias evidentes el material gaseoso será de color rojo o amarillo.

Esta forma visual de determinar los niveles de calidad y eficiencia de las mezclas puede llegar a sistematizarse con el fin de una adecuada, eficiente y rápida identificación de las reacciones en el campo, así como una eficiente forma de recabar la información en el mismo campo.

En seguida, podemos ver algunos resultados obtenidos cualitativamente en las labores mineras, la mitigación de humos naranjas – gases nitrosos, logrando 0% de generación de los mismos.

Voladura con emulsiones HA-73G, NIVEL DE HUMOS 0

La calidad de gases en la voladura no muestra presencia de humos naranjas, que denota gases nitrosos.

Figura 53

Voladura con Emulsiones HA-73G, NIVEL DE HUMOS 0



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 54

Voladura del Tajo no hay Gases Nitrosos



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 55

Voladura del Tajeo Presencia de gases del nivel 0



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 56

Voladura del Tajeo Sin Contaminación del Aire



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 57

Voladura del Tajeo con Leves Humos de Color Amarillo



Nota. Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.8. Evaluación de condiciones de terreno para carguío de explosivo

Los proyectos de voladura presentan desnivel y son fangosas por efecto de las lluvias que impiden el movimiento del camión fábrica, por tal motivo la labor del carguío de taladro se realiza con el camión fábrica estacionado fuera de la malla.

Figura 58

Tajeo Con Fuerte Presencia de Agua



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 59*Tajeo Fangoso por la Lluvia*

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Camión fábrica y sistema de carguío

El camión fábrica de empresa minera es un Caterpillar articulado adaptado a las condiciones de la mina, zonas fangosas de difícil acceso.

Capacidad:

13.3 t para emulsión, 5.5 t para nitrato de amonio, 300 litros para agua y 02 tanques para N30 de 150 litros cada uno.

Carguío de taladros

La manguera de descarga del camión fábrica es de 1" de diámetro x 60 m de longitud, el caudal de descarga es de 150 kg/min la longitud de la manguera permite que el camión fábrica no se desplace por el proyecto de carguío (zona fangosa de difícil acceso) esto hace que el carguío de taladros sea versátil y productivo. Siendo los taladros de 6.5" de diámetro y de 10 a 12 m de longitud y un diseño de carga de 150 a 170kg de explosivo por taladros, significa que el tiempo promedio de carguío es de 1.2 min por taladro.

Cabe mencionar que si el taladro sería de mayor diámetro está practica en el carguío de taladros no sería productivo.

Figura 60

Carguío de los Taladros con Manguera de Gran Longitud



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 61

Carguío de los Taladros por Personal Experimentado



Nota. Fuente: Elaboración Propia

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Hipótesis general

Se formulo la hipótesis de: El desempeño y grado de precisión de los parámetros de voladura nos permitirá mejorar la voladura, en “Empresa Minera San Simón, Unidad Minera La Virgen”.

Se observo en los resultados y se pudo demostrar que con el incremento en la precisión de la perforación que va de 76% hasta alcanzar un 97%, como también de la precisión de tamaño de taco final que va de 42% hasta alcanzar un 95% , se demuestra que con el incremento de precisión de estos dos parámetros la VOD aumenta alcanzado un máximo de 5305.83 m/s, también que el nivel de fragmentación se ve reducido teniendo un P80 mínimo de 5.48” y un máximo de 8.44”, superando así los estándares requeridos y obteniendo voladuras con una bajísima emisión de gases nitrosos, humos contaminantes.

4.3.2. Hipótesis específica

4.3.2.1. Hipótesis específica a

Se formulo la hipótesis de: El desempeño del explosivo referente a la velocidad de detonación y fragmentación del minado nos permitirá mejorar la voladura, en la “Empresa Minera San Simón, Unidad Minera La Virgen”.

El proceso de voladura mejora cuando la VOD máxima alcanzada del explosivo SAN-G APU en la mezcla HA_73G fue de 5305.83 m/s alcanzo así un buen rendimiento del explosivo, pues se sabe que a mayor velocidad de detonación, mayor poder rompedor y mejor capacidad de fragmentación se obtiene.

También la voladura mejora cuando el nivel de fragmentación se redujo alcanzado un P80 mínimo de 5.48” y un máximo de 8.44”, ya que esto facilitara un mejor carguío y acarreo del material.

4.3.2.2. Hipótesis específica b

Se formulo la hipótesis de: El grado de precisión en la perforación del taladro y de taco final nos permitirá mejorar la voladura, en “Empresa Minera San Simón, Unidad Minera la Virgen”.

El proceso de voladura mejora cuando la precisión en la perforación se incrementa de un 76% hasta llegar a un 97%, con el aumento en la precisión se consiguió taladros más simétricos, rectos y estables que permiten distribuir mejor el efecto rompedor de los explosivos.

También la voladura mejora con el incremento de la precisión de tamaño de taco final que va de un 42% hasta llegar a un 95%, obteniendo un tamaño de taco promedio minino de 3.90 m y un máximo de 4.30 m, con este incremento en la precisión de tamaño de taco se consigue retener mejor los gases de los explosivos y por ende se obtuvo un mejor efecto rompedor en los disparos.

4.4. Discusión de resultados

Mediante la investigación se realizó trabajos que generaron datos e información muy importantes sobre los procesos de las perforaciones y voladuras, así como también oportunidades de mejora continua en sus procesos.

El control de calidad operacional de voladuras QA/QC es fundamental, por lo que en Minera se realizó controles a los siguientes parámetros; precisión en la perforación de taladros, precisión de taco final, control de densidades y fragmentación.

4.4.1. Para la precisión de perforación

Para este caso la altura de banco es 10 m y sub drilling 0.5 m, el porcentaje mínimo de precisión en perforación fue 76% con una altura de taladro

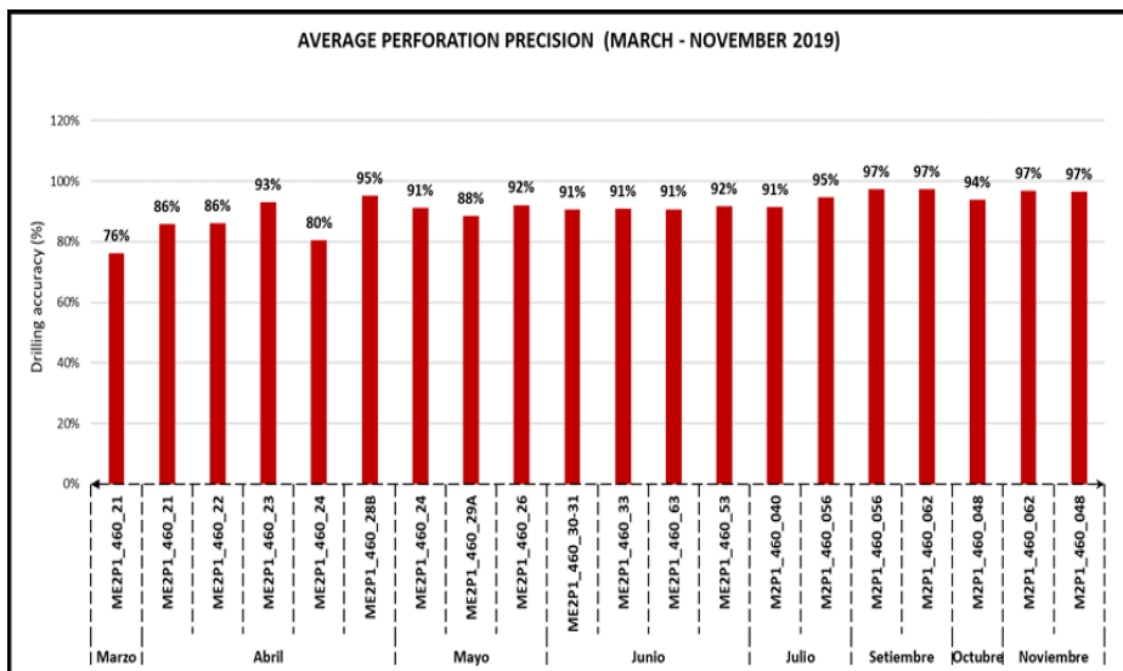
de 8 m esto en el mes de marzo, como se puede observar en la figura, la variación en precisión a través del tiempo es positivo alcanzando un 97 % en el mes de noviembre.

Este aumento positivo en la precisión de los taladros en relaciona a su longitud que va creciendo de 8 a 12 metros, es resultado de los controles establecidos de:

1. Plantilla de perforación. - Esto para tener una excelente simetría en la distribución de taladros.
2. Rangos técnicos de perforación. - A la hora de perforar se debe contar con operadores y ayudantes calificados, como también conocer los tipos de roca, fallas, presencia de agua, etc. presentes en el terreno para establecer rangos técnicos de perforación principales que facilitan la perforabilidad al equipo, esto a fin de tener taladros rectos y estables.

Figura 62

Precisión Promedio de Perforación en % (marzo – noviembre 2019)



Nota. Fuente: Elaboración Propia

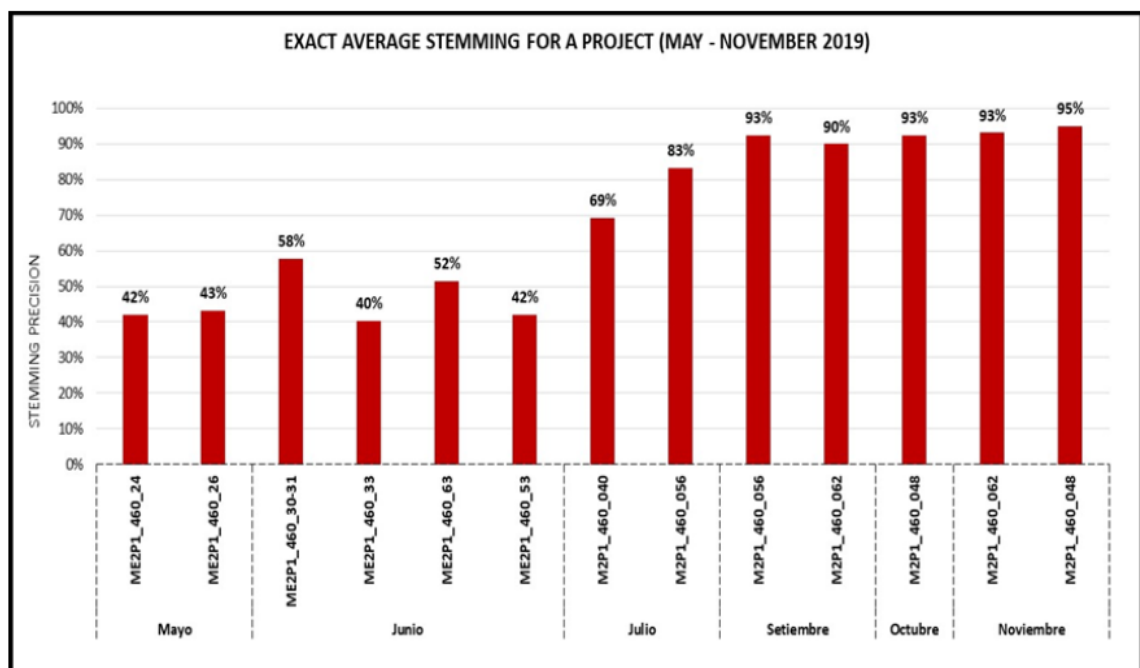
4.4.2. Para la precisión del taco

Para este caso el taco final óptimo de diseño es de 4 m, el taco final mínimo encontrado fue de 1.5 m y el taco máximo de 5.6 m, como se puede observar en la figura la variación en la precisión en el taco final a través del tiempo es positivo de tener un 42% de precisión en el mes de mayo a alcanzar un 95 % para el mes de noviembre.

El comportamiento de la precisión mejora positivamente a medida que la longitud del taco se acerca a la longitud del burden, cumpliéndose así la relación más común de $T_c = B$ y no la relación de $T_c = 2/3 B$; pues el taco final es 4 m y el burden también es 4 m llegándose así a cumplir esta relación en este estudio. Lográndose obtener un taco estándar promedio mínimo de 3.90 m y un máximo de 4.30 m, para su aplicación.

Figura 63

Precisión Promedio del Taco (mayo – noviembre 2019)



Nota. Fuente: Elaboración Propia

4.4.3. Para el control de densidad de la mezcla

En los últimos meses se estandarizo la densidad para obtener mejor desempeño del explosivo, los valores deben de estar en el siguiente orden 1.05 g/cm³ y 1.13 g/cm³.

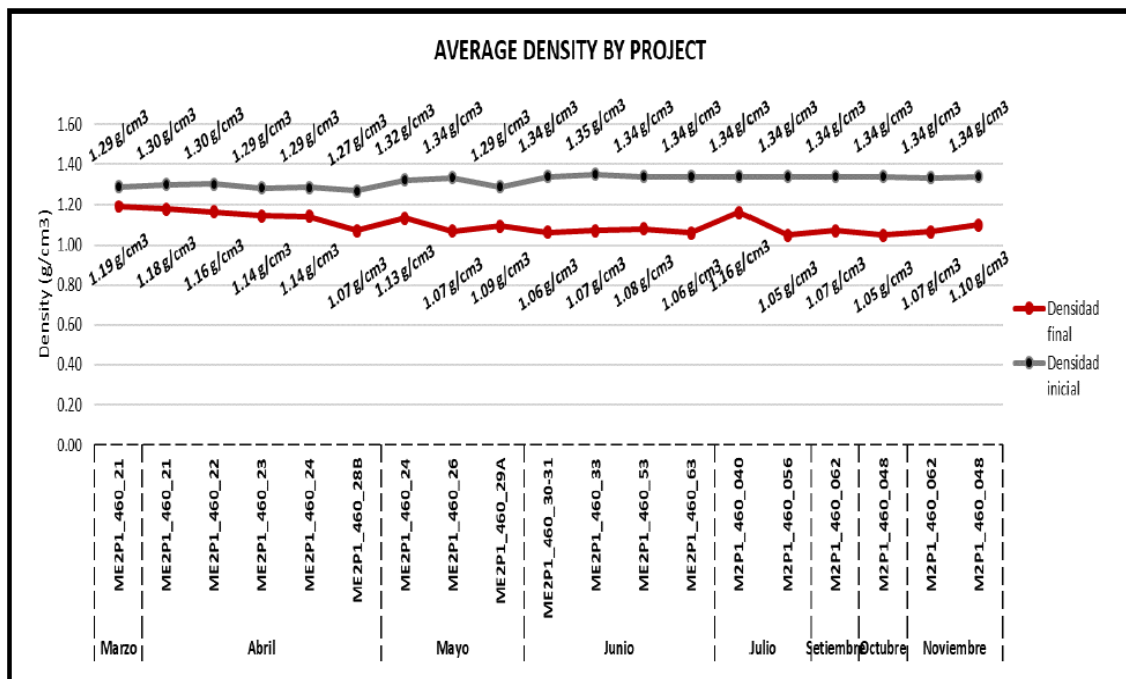
Se establece en rangos por la variación del terrero en torno a su litología, si hay presencia de agua en los bancos y la dureza de la roca es alta se aplica la mayor densidad en este caso se recomienda de 1.09 g/cm³ – 1.13 g/cm³, si la dureza del terreno es baja o media se recomienda densidades de 1.05 g/cm³ – 1.08 g/cm³.

Estos rangos establecidos nos servirán para poder hallar los valores de densidad lineal y la cantidad de carga que se utilizara por taladro, a fin de tener una excelente voladura de acuerdo a la característica del terreno.

La gasificación optima del agente se lleva en un tiempo de 20 minutos aprovechando asi la propiedad que tiene de esponjarse alterando esto la densidad inicial y teniendo buenos resultados.

Figura 64

Densidad Promedio del Explosivo



Nota. Fuente: Elaboración Propia

4.4.4. Para el monitoreo de VOD

Los valores obtenidos para velocidades de detonaciones (VOD), con la SAN-G APU en las mezclas HA_73G demuestra el buen desempeño del explosivo, incluso en condiciones adversas del taladro.

La VOD máxima obtenida fue de 5305.83 m/s esto con una muestra de densidad 1.05 g/cm³ y taco de 3.5 m. La cual nos indica que para tener una máxima velocidad de detonación se debe tener en cuenta la densidad de explosivo y su grado óptimo de confinamiento.

Tabla 21*Velocidad de Detonación*

SUMMARY TABLE - VOD								
Date	Project	Drill height (m)	Drill diameter (inch)	Type of explosive	Explosive density (g/cm ³)	Explosive charge (Kg)	Stem (m)	VOD (m/s)
19-Jun	ME2P1_460_030-031	10.10	6.5	HA_73G	1.06	187	4.2	5130.52
25-Jun	ME2P1_460_063	9.10	6.5	HA_73G	1.04	150	3.8	5217.10
28-Jun	ME2P1_460_056	9.00	6.5	HA_73G	1.08	170	1.5	5149.63
29-Jul	ME2P1_460_056	9.00	6.5	HA_73G	1.05	140	3.5	5305.83

Nota. Fuente: Elaboración Propia

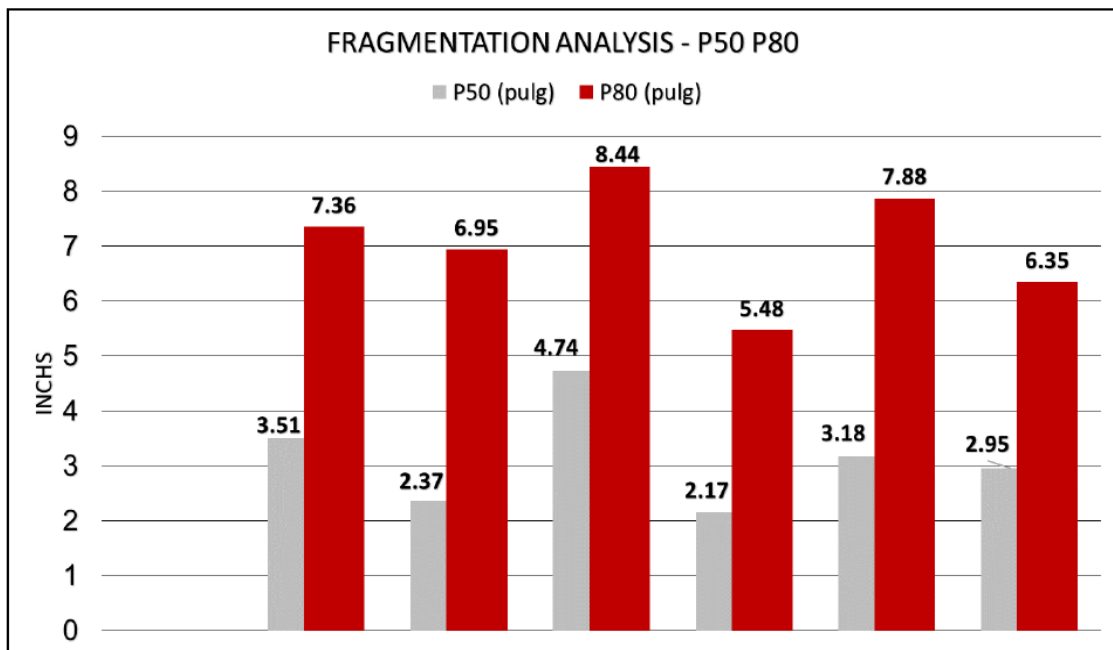
4.4.5. Para el análisis de fragmentación

Se realizó el análisis de fragmentación de los tajos minados, obteniendo un P80 mínimo de 5.48" y un máximo de 8.44", mientras que en el P50 el tamaño mínimo encontrado fue de 2.17" y el máximo de 4.74", encontrándonos así dentro del estándar requerido por planta para P80 y P50 que es de 10" y 5" respectivamente.

El índice de rigidez nos da un valor de 3 con lo cual nos indica que se tendrá una excelente fragmentación del material.

El aumento de la altura de banco en relación al tiempo que va desde el mes de marzo hasta el mes de noviembre fue de 10 a 12 metros, lo cual hace que el índice de rigidez aumente favoreciendo esto en la fragmentación.

Otros factores que también influyen para tener una buena fragmentación son el tamaño de taco, densidad del explosivo, VOD y la precisión en la perforación.

Figura 65*Fragmentación del Material para P50 y P80*

Nota. Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

1. Con el control de calidad operacional, de tener un taco inicial promedio mínimo de 3.20 m y máximo de 4.80 m, se logró obtener un taco promedio mínimo de 3.90 m y un máximo de 4.30 m, la variación de la precisión de taco final en el tiempo es positivo, de tener 42% de precisión en el mes de mayo, se obtuvo 95% en el mes de noviembre.
2. El porcentaje mínimo de precisión en la perforación en el mes de marzo fue 76% con una altura de taladro de 8 m, para el mes de noviembre existe una variación positiva alcanzando un 97% esto con una altura de taladro de 12 m.
3. La densidad del SAN-G APU en la mezcla HA_73G, están en el orden de 1.05 g/cm³ y 1.13 g/cm³ con gasificación de 20 minutos, valores donde el explosivo alcanza su mayor desempeño como se pudo demostrar en los resultados obtenidos en el monitoreo de VOD.
4. Con el uso de la SAN-G APU en la mezcla HA_73G se obtuvo un VOD máximo de 5305.83 m/s, esto permite obtener una presión de detonación y potencia del explosivo más alta, el cual conlleva a mejorar la fragmentación de roca.
5. Del análisis de fragmentación realizado de los tajos minados, se obtuvo como valor un P80 mínimo de 5.48" y máximo de 8.44", mientras que en el P50 el tamaño mínimo fue de 2.17" y el máximo de 4.74", encontrándonos así dentro del estándar requerido o solicitado para P80 y P50.
6. Para los disparos realizados usando la emulsión gasificable SAN-G APU en la mezcla HA_73G, no se generó gases nitrosos (humos naranjas), teniendo como resultado nivel de humos = 0%.
7. El método que utilizan para el carguío de taladros utilizando una manguera de 1" de diámetro por 60 m de longitud es productivo.

RECOMENDACIONES

1. Los parámetros hallados y establecidos como estándares en la voladura como la precisión de perforación, precisión de taco, densidad de explosivo, fragmentación, producción de gases, deben mantenerse y ser controlados permanentemente.
2. Se recomienda cambiar el tipo de material de taco empleado (detrito de perforación) por otro de material menos fino, ya sea tierra seleccionada, arcilla o piedra triturada esto a fin de retener mejor los gases.
3. Se debe monitorear periódicamente la velocidad de detonación VOD de los diferentes explosivos usados, para evitar que se produzcan problemas en la voladura lo que ocasiona costos y baja producción.
4. A la empresa minera debe seguir usando la emulsión SAN-G APU en todos sus demás proyectos, pues las propiedades que posee esta emulsión benefician mucho al proceso de voladura, también por su baja contaminación del aire.
5. Se debe capacitar al personal de la empresa en el manipuleo de los explosivos para evitar accidentes y desperdicios de material.
6. Se recomienda seguir realizando el estudio de investigación para las zonas de desmonte, pues los parámetros hallados corresponden a las zonas de mineral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCALDE, J. (2019). *Emulsión gasificada en reemplazo de heavy anfo para reducir el P80 en la fragmentación e incrementar la productividad en carguío, acarreo y chancado en mina Shougang Hierro Perú*. [tesis de licenciamiento, U.N. de Trujillo] repositorio institucional U.N. de Trujillo.
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). *Perforacion y voladura de rocas en mineria*. DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS, Universidad Poitecnica de Madrid.
- CASIANO, P. (2018). *REEMPLAZO DE LA EMULSIÓN MATRIZ MEX 60/40 POR LA EMULSION FORTIS ADVANTAGE GASIFICADA 65/35, PARA MITIGAR LA EMISION DE GASES NITROSOS EN LA UNIDAD DE PRODUCCION LAGUNAS NORTE*. [tesis de licenciamiento, U.N. de Trujillo]repositorio institucional U.N. d Trujillo.
- CHAMBI, E. (2018). *EVALUACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA Y ECOLÓGICA DE LA APLICACIÓN DE EMULSIÓN GASIFICABLE EN LUGAR DE HEAVY ANFO TRADICIONAL EN MINA APUMAYO*. [tesis de licenciamiento, U.N. San Agustin de Arequipa] repositorio institucional U.N. San Agustin de Arequipa.
- ENAEX. (s.f.). *Manual de tronadura ENAEX S.A.* ENAEX, Gerencia tecnica.
- ESCRIBA, E. (2018). [tesis de licenciatura, U. N. San Agustin de Arequipa]repositorio institucional U.N.San Agustin de Arequipa.
- EXSA. (s.f.). *Manual practico de voladura, 4ta edicion.* exsa.
- FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. (2018). Emulsiones/Hidrigel a granel no sensibilizado SAN-G APU.
- Flores, D. (2019). *“Determinación de los parámetros de voladura para optimizar la fragmentación en zona de mineral en la unidad minera Cuajone”*. [Tesis de licenciatura, U.Tecnologica del Paru]repositorio de la U. Tecnologica del Peru, Arequipa.

- Gaona, A. (2015). *"OPTIMIZACIÓN DE LA VOLADURA, MINA LA VIRGEN - DE LA COMPAÑÍA MINERA SAN SIMÓN S.A. - HUAMACHUCO TRUJILLO"*. [tesis de licenciamiento, U.N. de Piura]repositorio de la U.N. de Piura.
- GUERRA, R. (2013). *USO DE EMULSIÓN GASIFICABLE PARA REDUCIR COSTOS DE PERFORACIÓN-VOLADURA EN MINERÍA SUPERFICIAL Y SÚBTERRANEA*. [tesis de licenciatura, U.N. de Ingeniería]repositorio institucional U.N. de Ingeniería.
- Instituto Geologico y Minero de España. (1987). *Manual de perforacion y voladura de rocas*. Instituto Geologico y Minero de España.
- MAMANI, E. (2018). *APLICACIÓN DE EMULSIÓN GASIFICADA (SAN-G) Y SU FACTIBILIDAD EN EL RENDIMIENTO DE COLUMNA EXPLOSIVA DE LA COMPAÑÍA MINERA "LA ZANJA" CAJAMARCA 2014*. [tesis de licenciamiento, U.N. Jorge Basadre Grohmann - Tacna] repositorio institucional.
- Republica de Colombia, Ministerio de Minas y Energia. (2003). *Glosario Tecnico Minero*.
- Ricse, K. (2020). *DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA MEJORAR LA FRAGMENTACIÓN DE ROCA EN MINA PAOLA DE COMPAÑÍA MINERA SAN LUCAS S.A.C*. [Tesis de licenciamiento, U.N. del Centro del Peru] repositorio institucional U.N.del Centro del Peru.

ANEXOS

Anexo A

Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
TITULO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p>“Grado de desempeño de los Parámetros de Voladura, para mejorar la calidad operacional, en la Unidad Minera La Virgen – Huamachuco”</p>	<p><i>Problema general</i> <i>¿Cuál es el desempeño y grado de precisión de los parámetros de voladura que nos permiten mejorar esta operación unitaria en Empresa Minera San Simón, Unidad Minera La Virgen?</i></p> <p><i>Problemas específicos</i> <i>¿Cuál es el desempeño del explosivo referente a la velocidad de detonación y fragmentación del minado que nos permiten mejorar la voladura, en la Empresa Minera San Simón, Unidad Minera La Virgen?</i> <i>¿Cuál es el grado de precisión en la perforación del taladro y de taco final en la calidad operacional de la voladura, en la Empresa Minera San Simón, Unidad Minera la Virgen?</i></p>	<p>Objetivo general Determinar el desempeño y grado de precisión de los parámetros de voladura que nos permiten mejorar esta operación unitaria en Empresa Minera San Simón, Unidad Minera La Virgen.</p> <p>Objetivos específicos a. Determinar el desempeño del explosivo referente a la velocidad de detonación y fragmentación del minado en la Empresa Minera San Simón, Unidad Minera La Virgen. b. Determinar el grado de precisión en la perforación del taladro y de taco final en la calidad operacional de la voladura, en la Empresa Minera San Simón, Unidad Minera la Virgen.</p>	<p>Hipótesis General El desempeño y grado de precisión de los parámetros de voladura nos permitirá mejorar la voladura, en Empresa Minera San Simón, Unidad Minera La Virgen.</p> <p>Hipótesis específicas a. El desempeño del explosivo referente a la velocidad de detonación y fragmentación del minado nos permitirá mejorar la voladura, en la Empresa Minera San Simón, Unidad Minera La Virgen. b. El grado de precisión en la perforación del taladro y de taco final nos permitirá mejorar la voladura, en la Empresa Minera San Simón, Unidad Minera la Virgen.</p>	<p>Variables para la hipótesis general Desempeño y grado de precisión de los parámetros de voladura Mejorar la voladura.</p> <p>Variables para la hipótesis específicas Para la hipótesis a. La velocidad de detonación y fragmentación Mejorar la voladura Para la hipótesis b. Perforación del taladro y de taco final Mejorar la voladura</p>

Anexo B

Instrumentos de Recolección de Datos

Promedio de precisión de la perforación (marzo – noviembre 2019)

Promedio de precisión de la perforación (marzo – noviembre 2019)			
N°	Mes	Labor	Precisión %
1	Marzo		
2	Abril		
3			
4			
5			
6			
7	Mayo		
8			
9			
10	Junio		
11			
12			
13			
14	Julio		
15			
16	Setiembre		
17			
18	Octubre		
19	Noviembre		
20			

Precisión de la perforación en relación a la longitud del taladro

Precisión de la perforación en relación a la longitud del taladro		
N°	Longitud de taladro (m)	Precisión (%)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		

Porcentaje promedio de precisión de taco (mayo – noviembre)

Porcentaje promedio de precisión de taco (mayo – noviembre)			
N°	Mes	Labor	Taco (%)
1	Mayo		
2			
3	Junio		
4			
5			
6			
7	Julio		
8			
9	Setiembre		
10			
11	Octubre		
12	Noviembre		
13			

Densidad promedio (marzo – noviembre 2019)

Densidad promedio (marzo – noviembre 2019)				
N°	Mes	Labor	Densidad Inicial (g/cm³)	Densidad Final (g/cm³)
1	Marzo			
2	Abril			
3				
4				
5				
6				
7	Mayo			
8				
9				
10	Junio			
11				
12				
13				
14	Julio			
15				
16	Setiembre			
17				
18	Octubre			
19	Noviembre			
20				

Promedio de esponjamiento con HA-73G (m)

Promedio de esponjamiento con HA-73G (m)				
N°	Mes	Labor	Esponjamiento (m)	Tiempo de gasificación (minutos)
1	Mayo			
2				
3				
4	Junio			
5				
6				
7				
8	julio			
9				
10	setiembre			
11				
12	octubre			
13	noviembre			
14				

Promedio de esponjamiento con HA-73G (%)

Promedio de esponjamiento con HA-73G (%)				
N°	Mes	Labor	Esponjamiento (%)	Tiempo de gasificación (minutos)
1	Mayo			
2				
3				
4	Junio			
5				
6				
7				
8	Julio			
9				
10	Setiembre			
11				
12	Octubre			
13	Noviembre			
14				

ANEXO C


Procedimiento de Validación y Confiabilidad

FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS INFORMATIVOS:						
Apellidos y Nombres del Experto		Grado Académico		Cargo o Institución donde labora		
Silvestre F. BENAVIDES CHAGUA		Ingeniero de Minas Magister		Docente Asociado UNDAC		
Nombre del Instrumento de Evaluación			Autor(a) del Instrumento			
Ficha de observación de los controles de calidad operacional de voladura			Miguel Angel MUÑOZ OSCATEGUI			
II. ASPECTO DE VALIDACIÓN:						
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0 – 20%	Regular 21– 40%	Buena 41 – 60%	Muy Buena 61 – 81%	Excelente 81 – 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con el lenguaje apropiado.					86
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en capacidad observable.					90
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					82
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					90
5. SUFICIENCIA	Los ítems son suficientes y necesarios para evaluar los indicadores.					92
6. CONSISTENCIA	Emplea teorías científicas.					84
7. COHERENCIA	Existe correlación entre indicadores y variables.					88
8. METODOLOGÍA	La estrategia corresponde al propósito de la investigación.					86
III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:			Procede su aplicación			
IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN:			87%			
Lima: Marzo del 2019	04064511				990352072	
LUGAR Y FECHA	N° DNI	FIRMA DEL EXPERTO			N° CELULAR	


Procedimiento de Validación y Confiabilidad

FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS INFORMATIVOS:						
Apellidos y Nombres del Experto	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora				
SANCHEZ ESPINOZA Edwin Elias	Ingeniero de Minas Maestro	Docente Principal UNDAC				
Nombre del Instrumento de Evaluación		Autor(a) del Instrumento				
Ficha de observación de los controles de calidad operacional de voladura		Miguel Angel MUÑOZ OSCATEGUI				
II. ASPECTO DE VALIDACIÓN:						
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0 – 20%	Regular 21– 40%	Buena 41 – 60%	Muy Buena 61 – 81%	Excelente 81 – 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con el lenguaje apropiado.					87
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en capacidad observable.					88
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					84
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					86
5. SUFICIENCIA	Los ítems son suficientes y necesarios para evaluar los indicadores.					90
6. CONSISTENCIA	Emplea teorías científicas.					86
7. COHERENCIA	Existe correlación entre indicadores y variables.					90
8. METODOLOGÍA	La estrategia corresponde al propósito de la investigación.					86
III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:			Procede su aplicación			
IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN:			85%			
Pasco, Marzo del 2019	20717871				975032078	
LUGAR Y FECHA	N° DNI	FIRMA DE EXPERTO			N° CELULAR	

Procedimiento de Validación y Confiabilidad

FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS INFORMATIVOS:						
Apellidos y Nombres del Experto		Grado Académico		Cargo o Institución donde labora		
Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ		Ingeniero de Minas Magister		Docente Principal UNDAC		
Nombre del Instrumento de Evaluación			Autor(a) del Instrumento			
Ficha de observación de los controles de calidad operacional de voladura			Miguel Angel MUÑOZ OSCATEGUI			
II. ASPECTO DE VALIDACIÓN:						
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0 – 20%	Regular 21– 40%	Buena 41 – 60%	Muy Buena 61 – 81%	Excelente 81 – 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con el lenguaje apropiado.					82
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en capacidad observable.					84
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					86
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					88
5. SUFICIENCIA	Los ítems son suficientes y necesarios para evaluar los indicadores.					88
6. CONSISTENCIA	Emplea teorías científicas.					86
7. COHERENCIA	Existe correlación entre indicadores y variables.					86
8. METODOLOGÍA	La estrategia corresponde al propósito de la investigación.					86
III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:			Procede su aplicación			
IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN:			86%			
Pasco, Marzo del 2019	04054170			985419230		
LUGAR Y FECHA	N° DNI	FIRMA DE EXPERTO		N° CELULAR		