

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

Mejora de la calidad de la voladura mediante una nueva malla de perforación y el uso de emulsiones Emulgran Qhana, en compañía minera Corihuarmi

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Jeancarlos Hector ESPINOZA RUBIN

Asesor:

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA

Cerro de Pasco - Perú - 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

Mejora de la calidad de la voladura mediante una nueva malla de perforación y el uso de emulsiones Emulgran Qhana, en compañía minera Corihuarmi

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA
PRESIDENTE

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ
MIEMBRO

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA
MIEMBRO



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

INFORME DE ORIGINALIDAD N°110-JUIFIM-2022

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

Presentado por:

Bachiller: Jeancarlos Hector Espinoza Rubin

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

**MEJORA DE LA CALIDAD DE LA VOLADURA MEDIANTE UNA NUEVA
MALLA DE PERFORACIÓN Y EL USO DE EMULSIONES EMULGRAN
QHANA, EN COMPAÑÍA MINERA CORIHUARMI.**

Asesor:

Mg. Silvestre Fabián Benavides Chagua

Índice de Similitud: 4%

Calificativo

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 25 de noviembre 2022

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

C.c.
Archivo

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Héctor Espinoza y María Rubín quienes me brindaron todo su amor y apoyo incondicional en mis estudios y el cumplimiento de mis objetivos y mis metas, además de haberme forjado como la persona que soy en la actualidad.

AGRADECIMIENTO

En especial a mis padres, por ser el soporte inquebrantable de mi formación personal y profesional, quienes me dieron la oportunidad de poder estudiar y ejercer una carrera profesional, siempre les agradeceré todo el esfuerzo y sacrificio que hicieron por mí.

A mi hermana, por ser uno de los motivos por quien seguiré esforzándome a sobresalir y ser mejor.

A todas las personas que me impartieron conocimientos: mis padres, maestros, colegas de estudio, compañeros de trabajo y familiares, captando diferentes perspectivas que tiene cada uno ellos, y procesarlo para el bien de mi vida personal y profesional.

A cada una de las personas que conocí a lo largo de mi vida, siendo parte del camino que recorrí y aprendí de los buenos y malos momentos.

RESUMEN

La presente investigación cuyo título es “Mejora de la calidad de la voladura mediante una nueva malla de perforación y el uso de emulsiones emulgran Qhana, en Compañía Minera Corihuarmi.”. Su objetivo principal es diseñar una nueva malla de perforación y usar explosivos emulgran Qhana para obtener mejora en la calidad de la voladura. La hipótesis principal fue: Al Diseñar una nueva malla de perforación y usar explosivos emulnor Qhana obtendremos mejoras en la calidad de la voladura. Entre las variables establecidas podemos identificar como las variables independientes: “el diseño de la malla para la perforación, los explosivos Emulnor Qhana”. Para el caso de la Variable dependiente se establece como tal a “la calidad de voladura”. Por otra parte, respecto a la metodología se empleará una tipología aplica. Así mismo, el diseño para esta investigación es cuantitativo experimental. Finalmente, el grupo muestral se determina por el tajo Susan.

Finalizando la investigación se llega a las principales conclusiones que son las siguientes:

1. Se concluye que, si se realiza un cambio del diámetro del taladro, por consecuencia también se modificara el tamaño del Burden y Espaciamiento.
2. Cuando se ejecute proyectos con los nuevos valores de los parámetros de la malla se obtendrá un incremento del volumen movido de 19 % mensual.
3. El diámetro de 5 “en la nueva malla, garantiza que se reduzca el número de taladros, es decir se disminuye en un 19 % mensual.

Palabras clave: Voladura, malla de perforación, emulsiones

ABSTRACT

The present investigation whose title is "Improvement of the quality of the blasting through a new drilling mesh and the use of emulsions emulgran Qhana, in Compañía Minera Corihuarmi.". Its main objective is to Design a new perforation mesh and use explosives emulsifying Qhana to obtain improvement in the quality of the blasting. The main hypothesis was By designing a new drilling mesh and using emulnor Qhana explosives we will obtains improvement in the quality of the blasting. Among these established variables we can identify as the independent variables: "the design of the mesh for drilling, the Emulnor Qhana explosives". In these cases of the dependents Variable, "blast quality" is established as such. On these others hands, regarding the methodology, an applicable typology will be used. Likewise, the design for this research is quantitative experimental. Finally, the sample group is determined by the Susan pit.

The ends of the works, the main conclusions are reached, which are the following:

1. It is concluded that, if a change in diameter of this hole is made, then Burden size and Spacing will also change as a consequence.
2. When projects are executed with the new values of the mesh parameters, an increase in the volume moved of 19% per month will be obtained.
3. The diameter of 5 "in the new mesh guarantees that the number of holes is reduced, that is, it is reduced by 19% per month.

Keywords: Blasting, peroration mesh, emulsions

INTRODUCCIÓN

En la industria minera bien sabemos que se busca trabajar con estándares competitivos, para obtener rendimientos óptimos, bajos costos, cuidando la seguridad de sus trabajadores y conservando el medio ambiente.

En ese sentido, la presente investigación tiene por objetivo sustentar de manera técnica las ventajas que conllevan el incremento de diámetro de taladro en la malla de perforaciones implementados en voladura para el Tajo Susan de la Unidad de Producción Corihuarmi de Minera IRL SA. Teniendo como base la caracterización del material de la roca y los resultados en los antecedentes de los proyectos anteriormente ejecutados.

Para ellos, se presenta el diseño para la nueva malla de perforaciones. Además, se propone un explosivo adecuado y el diseño de carga para el mismo, con la finalidad de mejorar la fragmentación según el requerimiento de la planta de procesos, así mismo una reducción de costos por tonelada volada.

Este trabajo se realizará por capítulos siguiendo la siguiente estructura:

El capítulo I aborda la planificación del estudio, es aquí donde se presentará el planteamiento del problema. Particularmente, se señalarán el Problema General de esta investigación, así como los objetivos específicos. Así mismo, se procederá a delimitar los Objetivos, tanto el general como los específicos. A continuación, se hará una justificación y explicará de la importancia de llevar a cabo esta investigación. Para concluir este capítulo se expondrán las limitaciones que implico elaborar estas tesis.

El Capítulo II concerniente para el Marco Teórico. En este capítulo cubriremos los trabajos que anteceden más relevantes para la investigación, entre nacionales e internacionales, con el fin de recoger las distintas experiencias de las empresas que han implantado este sistema y tomando cuenta las respectivas limitaciones presentadas. Por otra parte, se llevará a cabo un análisis de las distintas bases teóricas expuestas por los autores consultados que servirán de fundamento para esta tesis. Por

último, se hará una revisión de terminología básica relacionada a las labores de voladura.

El Capítulo III aborda el enfoque metodológico. En este se exponen el método que se utilizó para investigar durante el desarrollo de la tesis. Seguidamente, el nivel y tipo de investigación será el tema a desarrollar. También, como parte de este capítulo se tratará: el diseño sobre el que se elabora este trabajo; la población y muestra objetivos de este trabajo. Por último, se cerrará esta parte con el análisis de los datos por medio de técnicas e instrumentos especialmente seleccionados.

Capítulo IV estará destinado a la presentación de la investigación. Para luego exponer las conclusiones y recomendaciones respectivas. Por último, se detallará las referencias bibliográficas.

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
1.3	Formulación del problema	2
	1.3.1. Problema general	2
	1.3.2. Problemas específicos	2
1.4	Formulación de objetivos	2
	1.4.1. Objetivo general	2
	1.4.2. Objetivos específicos	2
1.5	Justificación de la investigación	3
1.6	Limitaciones de la investigación	3

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	4
2.2.	Bases teóricas – científicas	7
2.3.	Definición de términos básicos	19
2.4.	Formulación de hipótesis	20
	2.4.1. Hipótesis general	20
	2.4.2. Hipótesis específicas	20
2.5.	Identificación de variables	20

2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	21
------	---	----

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	22
3.2.	Nivel de investigación	22
3.3.	Métodos de investigación	22
3.4.	Diseño de investigación	23
3.5.	Población y muestra	23
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	23
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	24
3.8.	Tratamiento estadístico	24
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica	24

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	25
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	26
4.3.	Prueba de hipótesis	44
4.4.	Discusión de resultados	44

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros de diseño de malla de perforación	27
Tabla 2	Producción mensual 2019.....	30
Tabla 3	Parámetros del tajo al usar Emulsor 5000 + Superfam Dos	31
Tabla 4	Parámetros para la propuesta usando Emulgran + Superfam dos	32
Tabla 5	Toneladas movidas por taladro	33
Tabla 6	Numero de taladros.....	33
Tabla 7	Factor de potencia Proyecto 02 – 4805 Tajo Susan	34
Tabla 8	Costo unitario Proyecto 02 – 4805 Tajo Susan	34
Tabla 9	Velocidades de Detonación Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan	36
Tabla 10	Velocidad de detonación con Booster 1 lb.....	36
Tabla 11	Frecuencia y amplitud de las vibraciones, proyecto 02-4805, Tajo Susan...	38
Tabla 12	Fragmentación, Proyecto 02-4805 -Tajo Susan, Prueba Uno.....	40
Tabla 13	Fragmentación, Proyecto 02-4805 -Tajo Susan, Prueba Dos.....	40
Tabla 14	Principales indicadores de VOLADURA	46
Tabla 15	Indicadores de voladura del Tajo Susan 4805 - 2.....	46
Tabla 16	Nivel de humos generados.....	49
Tabla 17	Explosivo Emulnor 300 y Superfam Dos	51
Tabla 18	Diseño de carga	51
Tabla 19	Explosivo Emulgram Qhana.....	54
Tabla 20	Diseño de carga con Emulgran Qhana.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mallas de perforación.....	7
Figura 2 Mallas cuadradas de perforación	8
Figura 3 Proceso de detonación	9
Figura 4 Propagación de las ondas.....	10
Figura 5 Desplazamiento del gas.....	10
Figura 6 Desplazamiento de la roca.....	11
Figura 7 Proceso de la rotura de un taladro	12
Figura 8 Plano del proyecto 02 – 4805 Tajo Susan.....	27
Figura 9 Diseño de carga Plano del Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan.....	28
Figura 10 Secuencia de salida en trapecio	29
Figura 11 Booster de 1 Lb.y $\frac{3}{4}$ Lb.	35
Figura 12 Disposición de los taladros Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan	37
Figura 13 Velocidades con booster de 1lb, y $\frac{3}{4}$ lb. Proyecto 02-4805, Tajo Susan	37
Figura 14 Frecuencia y amplitud de las vibraciones, proyecto 02-4805, Taja Susan..	39
Figura 15 Frente de minado Proyecto 02-4805 -Tajo Susan	40
Figura 16 Análisis de Fragmentación 1, Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan.....	41
Figura 17 Frente de minado 2, Proyecto 02-4805 -Tajo Susan	41
Figura 18 Análisis de Fragmentación 2, Proyecto 02 – 48005 – Tajo Susan.....	42
Figura 19 Frente de minado presencia de bancos grandes.....	44
Figura 20 Factor de potencia	47
Figura 21 Costo de voladura.....	47
Figura 22 Velocidad de detonación.....	48

Figura 23 Grado de Fragmentación	48
Figura 24 Humos generados en la voladura.....	49
Figura 25 Emulgran 300.....	50
Figura 26 Superfam Dos	53

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del problema

Toda industria minera a nivel mundial, en América, y en el Perú busca trabajar con estándares competitivos, que reflejen rendimientos adecuados, bajos costos, seguridad de sus trabajadores, y conservando el medio ambiente

Teniendo en cuenta que la Empresa Minera IRL S.A. en su unidad de Producción Corihuarmi se ha propuesto mejorar los estándares de producción en los diferentes procesos que viene llevando a cabo.

Uno de estos estándares es la perforación y voladura, evaluándose técnica e instrumental con el fin de mejorar la calidad y proponer otras alternativas.

En este sentido este proyecto propone investigar dentro del Tajo Susan de la Minera Corihuarmi cuál es la calidad de la voladura. Para ello se evaluará la calidad de la voladura por medio de la variación del diámetro del taladro de perforación en la malla de perforación, así mismo se propondrá rediseñar la malla de perforación, un explosivo adecuado y diseñar la carga para el mismo, que nos conllevará la mejora de la fragmentación requerida y a bajar los costos por tonelada detonada.

1.2 Delimitación de la investigación

Delimitación espacial

Nos proponemos investigar en este trabajo la Unidad Corihuarmi propiedad de la Empresa Minera IRL S.A., que está ubicada en la provincia de Yauyos, departamento de Junín, distritos de Huantan y Chongos Altos.

Delimitación temporal

Seis meses tomará desarrollar esta propuesta de tesis entre julio y diciembre de 2021.

1.3 Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Diseñando nuevamente la malla de perforaciones y al usar explosivos emulnor Qhana se podrá obtener mejora en la calidad de la voladura, en la “Unidad Minera Corihuarmi”?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Qué resultados se podrá obtener en la voladura al emplear la nueva malla de perforación, en la Unidad Minera Corihuarmi?
- b) ¿Qué estándares de perforación y voladura se podrán obtener al usar la nueva malla de perforación y los explosivos emulgran Qhana en la “Unidad Minera Corihuarmi”?

1.4 Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar una nueva malla para perforaciones y usar explosivos emulgran Qhana para obtener mejora en la calidad de la voladura, en la “Unidad Minera Corihuarmi”.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Obtener resultados en la voladura al emplear la nueva malla de perforación, en la Unidad Minera Corihuarmi

- b. Obtener estándares de perforación y voladura al usar la nueva malla de perforación y los explosivos emulgran Qhana, en la Unidad Minera Corihuarmi

1.5 Justificación de la investigación

Cuando empleamos una nueva malla de perforación y el explosivo emulnor Qhana en las pruebas de voladura que realizaremos; si los resultados son positivos estaremos obteniendo mejoras en los estándares de la voladura especialmente en la fragmentación hasta llegar a los requerimientos de la planta concentradora lo que nos conllevara a reducir los costos por tonelada volada, estos aspectos justificaran la realización de nuestra tesis.

1.6 Limitaciones de la investigación

Para llevar adelante esta tesis no hemos tenido inconvenientes importantes que retracten la investigación, pequeños inconvenientes que se tuvo fueron superados oportunamente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Entre los trabajos que anteceden y apoyan el desarrollo de la tesis tenemos:

La tesis “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” (Alcalde, 2019)”. Esta tesis tiene como objetivo la reducción del grado del material fragmentado y la mejorar de las labores de carguío, acarreo y chancado usando emulsiones gasificado SAN G- APU.

Dentro de los principales resultados se concluye:

“que con el uso de emulsión gasificada SAN G APU se obtiene una reducción en la fragmentación de roca de 24% con respecto al HA55, disminuyendo su fragmentación promedio de 9.46” a 7.18” en roca de densidad promedio de 4.47 gr/cm³ y con índice de resistencia a la compresión uniaxial entre 100-210 MPa que según la calificación ISRM es una roca muy dura”(Alcalde, 2019, pág. 76).

Además, se enfatiza en:

“la reducción de la fragmentación usando SAN G APU impacta en los procesos post voladura, ya que el rendimiento de los equipos de carguío aumentó en un 4.2%, el factor de llenado de los camiones de acarreo también se vio afectado ya que en promedio aumento en 6.3 % y las plantas chancadoras aumentaron su rendimiento efectivo en 3.2% todo esto en comparación a los datos históricos obtenidos con material disparado con HA55” (Alcalde, 2019, pág. 77).

Por otro lado, la tesis: “ALTERNATIVA DE VARIACIÓN DE HEAVY ANFO A EMULSIÓN GASIFICADA PARA MEJORAR LOS COSTOS, PARÁMETROS TÉCNICOS Y MEDIO AMBIENTALES DE VOLADURA EN MINA CUAJONE SOUTHERN PERU” (Challa, 2014). Cuyo objetivo es determinar los resultados al cambiar el Heavy – Anfo por Emulnor gasificado en cuanto a costos, datos técnicos, medio ambiente; y llega a concluir:

“Usando la emulsión gasificada en la mezcla AP-73Q, se obtuvieron mejores resultados en términos de fragmentación y uniformidad, el P80 disminuyo en un 21,5% comparado con los resultados de los análisis realizados en proyectos disparado con HA 45/55. Con un reemplazo del 100% de la nueva mezcla explosiva en Cuajone, se llegaría ahorrar hasta US\$ 6 049 000 anuales. De las pruebas realizadas en Cuajone, se puede determinar que se obtuvieron mejores resultados en fragmentación, uniformidad y apilamiento del material volado con respecto a los resultados de las voladuras usando la mezcla explosiva HA 45/55. Se debe mencionar que usando la emulsión gasificada AP-73Q, no se generaron gases nitrosos, es debido a que en su formulación química

el nitrógeno presente en la mezcla pasa a ser nitrógeno molecular (N₂) siendo este estable y no generando los óxidos nitrosos” (Challa, 2014, pág. 164).

Por otro lado, la tesis: “EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA-ECOLÓGICA DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS USANDO EMULSIONES GASIFICADAS EN CUAJONE – SOUTHERN PERU” **(Medina, 2014)**. tiene como objetivo realizar una comparación entre dos explosivos, el ANFO pesado 45/55 con la emulsión gasificada AP-73Q, y presenta los siguientes resultados:

“Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en términos de fragmentación y uniformidad de esta, se debe mencionar que en términos generales con las dos mezclas explosivas comerciales se obtuvieron buenos resultados desde un punto de vista técnico económico- ecológico” (Medina, 2014, pág. 19).

La tesis “*RENDIMIENTO TÉCNICO ECONÓMICO Y AMBIENTAL DE LA VOLADURA CON EMULSIÓN GASIFICADA VERSUS EMULSIÓN MATRIZ EN LAS BAMBAS - MMG*” **(Sotomayor , 2019)**, cuyo objetivo es determinar las ventajas al comparar dos explosivos la emulsione gasificante y la emulsion matriz que se usa en la mina, las conclusiones más resaltantes son:

“La velocidad de detonación de la emulsión gasificada es mayor a la velocidad de la emulsión matriz, exactamente en un 5.7%. Este dato es importante debido a que a mayor VOD se tendrá un mayor poder explosivo lo cual optimiza el rendimiento técnico operativo. Empleando las mezclas explosivas de emulsión gasificada “Fortis Extra 65/35 y Fortis Extra 100” de ORICA MINING SERVICES PERÚ S.A. en los proyectos de voladura del Tajo Ferrobamba, se logró optimizar la fragmentación en la zona de mineral. El P80

mensual estuvo en el rango de [2.09" - 6.18"], con un promedio mensual de 3.89", el P80 disminuyó en un 21% comparado con los resultados de análisis realizados en proyectos de línea base con emulsión matriz. Obteniendo una mayor eficiencia en las siguientes operaciones unitarias. En los proyectos de voladura utilizando la emulsión gasificada el factor de carga (FC) para mineral disminuyó en un 4.7% y para estéril disminuyó en 5.9% en comparación con la emulsión matriz. Es así que se obtiene un mejor rendimiento operativo debido a que se utiliza menor explosivo y además se reducen costos" (Sotomayor , 2019).

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Malla de perforación o trazos de perforación

Una definición general y extendida es la siguiente:

Dentro del proceso de perforación para poder realizar en forma adecuada una voladura se deben distribuir los taladros para que cada que cada uno de ellos cumpla su función específica.

Esta distribución de los taladros que se realiza en el terreno para realizar la perforación de cada uno de ellos se denomina malla de perforación y está en función de dos dimensiones burden y el espaciamiento entre taladro y taladro.

Figura 1

Mallas de perforación

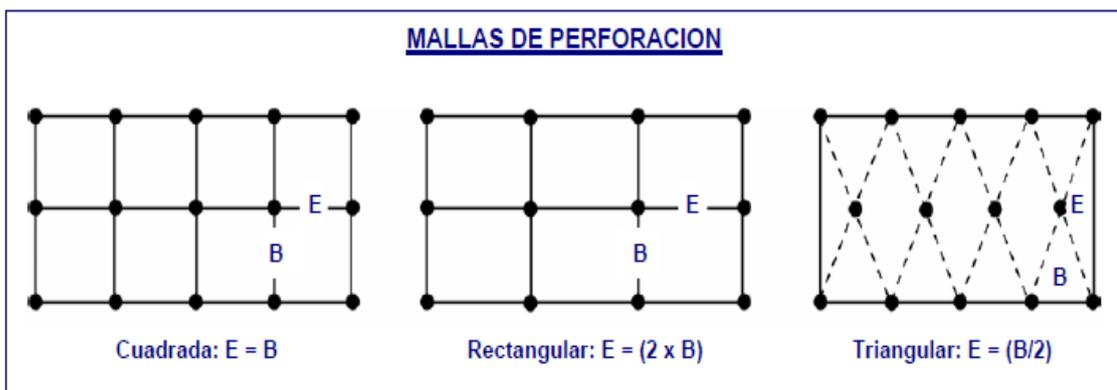
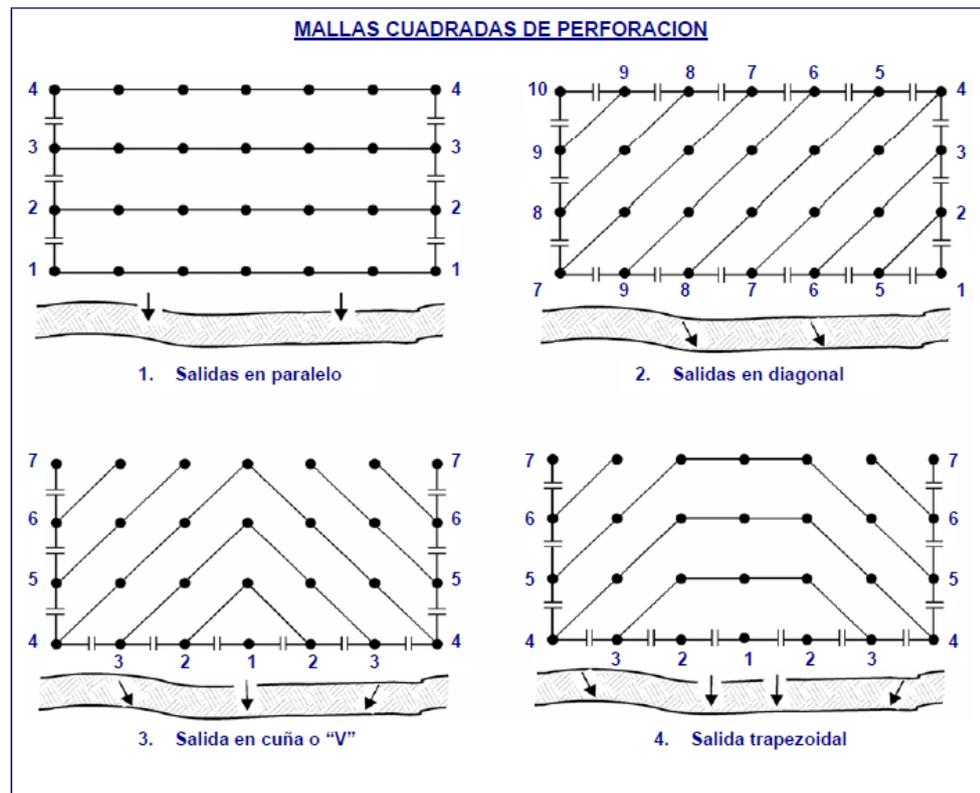


Figura 2

Mallas cuadradas de perforación



2.2.2. Fragmentación de rocas

En cuanto a este proceso muy delicado e importante en las operaciones mineras. Sobre esta condición del material EXSA detalla en su manual de voladura lo siguiente:

Es el resultado de una voladura que se realiza después de haber realizado su trabajo el explosivo sobre la roca, lo que va a provocar el desprendimiento y trituración de la roca en diferentes tamaños.

En el que se pueden observar 4 secuencias.

- Detonación
- Propagación de las ondas
- Desplazamiento del gas
- Movimiento de la roca

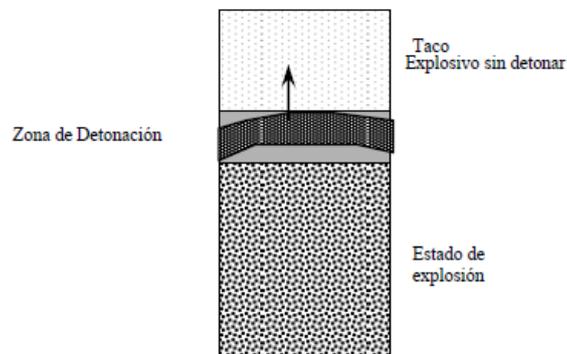
a. Detonación

Enaex en su manual de tronadura dice.

“La detonación es la fase inicial de un proceso de fragmentación (fig. 2.1), en la cual los ingredientes básicos de un explosivo (combustibles y comburentes), se convierten inmediatamente en gases de altas presiones y temperaturas. Cercana a una reacción nuclear, la detonación es la reacción química más rápida que se conoce. Para explosivos comerciales, las presiones detrás del frente de detonación son del orden de 2000 MPa (20 Kbares) a 27500 MPa (275 Kbares). Esta presión, conocida como la presión de detonación depende principalmente de la densidad y VOD del explosivo” (Enaex, s/f., pág. 12).

Figura 3

Proceso de detonación



b. Propagación de las ondas

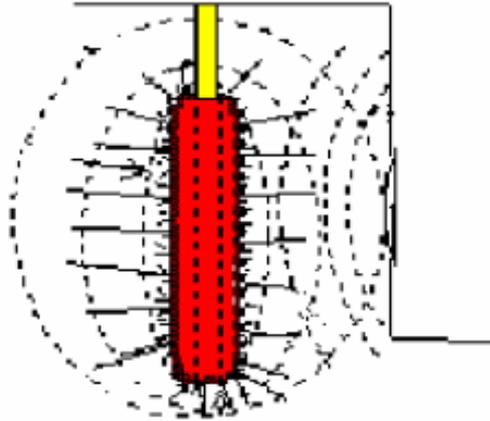
La segunda etapa, según el manual Enaex consiste en:

“Esta alteración u onda de presión, transmitida a través del macizo rocoso, es resultado, en parte, de la rápida expansión del gas y las altas presiones, lo cual produce el impacto en las paredes del pozo y la presión de detonación. La geometría de la dispersión depende de varios factores, tales como ubicación del punto de iniciación (o puntos) VOD y velocidad de la onda de choque en la roca. Por lo general, el fallamiento por compresión, tensión y cizalle ocurre como una zona de material pulverizado cerca de la carga, ya que

es donde la energía de la onda es máxima. A medida que el frente de onda viaja hacia afuera, se produce una tendencia a comprimir el material en el frente de onda” (Enaex, s/f., pág. 13).

Figura 4

Propagación de las ondas



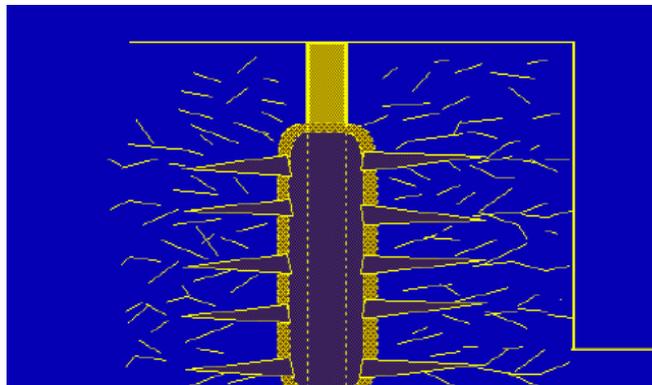
c. Desplazamiento del gas

Seguidamente la tercera etapa comienza:

“los gases a alta temperatura y presión, producen un campo de esfuerzo alrededor del pozo que puede expandir el pozo original, extendiendo grietas radiales y penetrando en cualquier discontinuidad” (Enaex, s/f., pág. 13).

Figura 5

Desplazamiento del gas



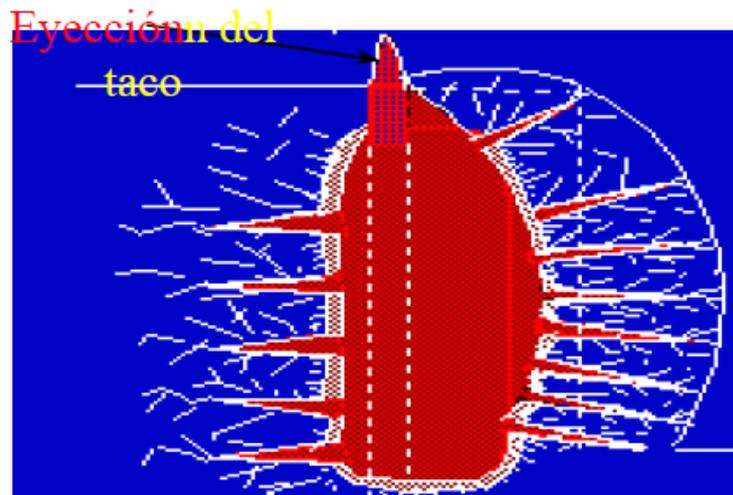
d. Movimiento de la roca

En cuanto a la cuarta etapa se menciona lo siguiente:

“La mayor parte de la fragmentación ya se ha completado a través de ondas compresionales y de tensión, de la presurización del gas o una combinación de ambos. Sin embargo, algún grado de fragmentación ocurre a través de colisiones en el aire y cuando el material impacta al suelo. Generalmente, mientras más alto es el banco mayor es la fragmentación, debido al aumento de la velocidad de impacto de los fragmentos individuales cuando caen al piso del banco” (Enaex, s/f., pág. 14).

Figura 6

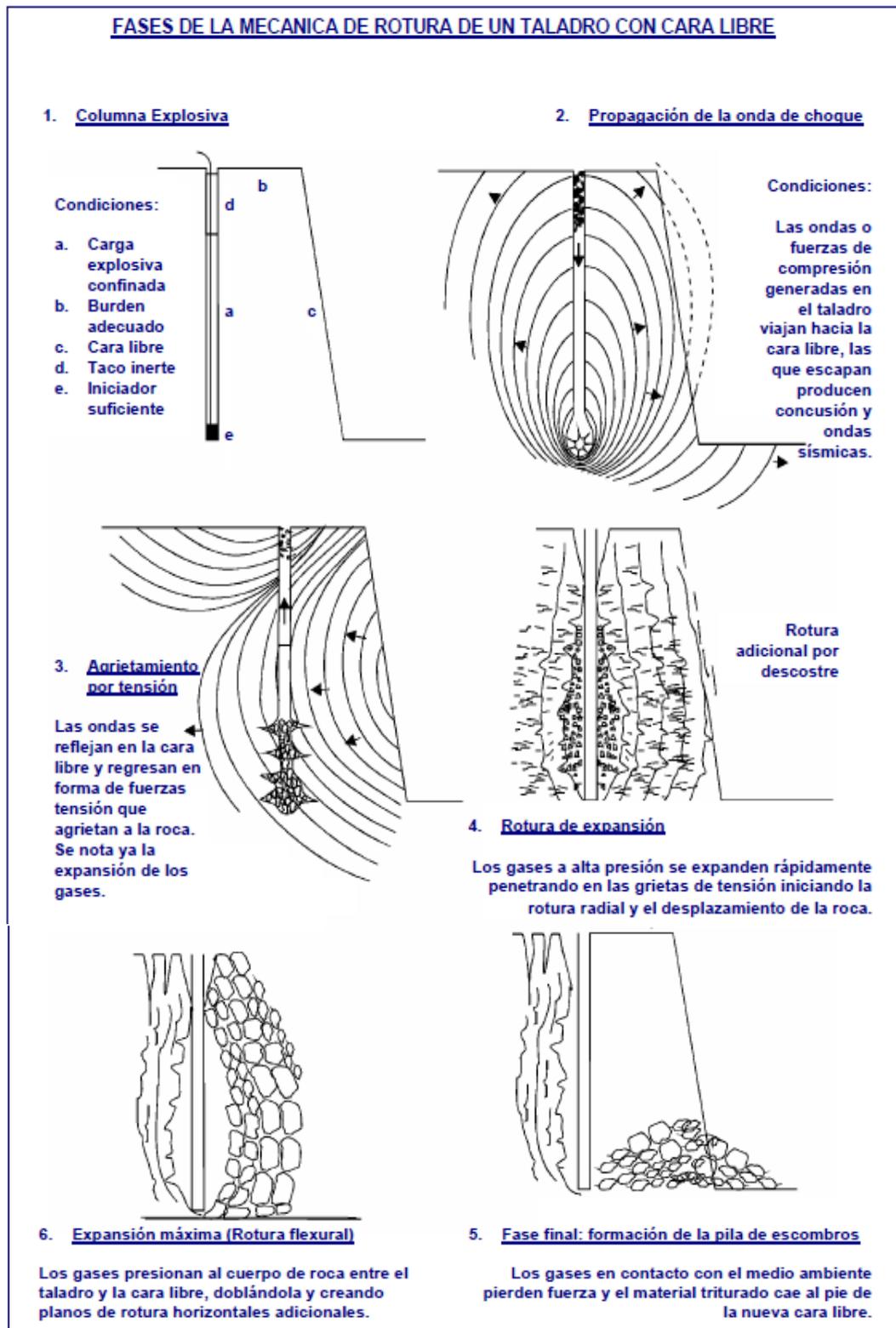
Desplazamiento de la roca



Podemos observar este proceso de fragmentación en la siguiente figura.

Figura 7

Proceso de la rotura de un taladro



2.2.3. Explosivos

Se entiende como un elemento que se define como:

“Los explosivos son mezclas en meta estable de oxidantes y combustibles. Se descomponen violentamente liberando gran cantidad de energía que se utiliza para romper la roca. La mayoría de los explosivos comerciales utilizan nitratos como oxidantes, siendo el nitrato de amonio el material básico de fabricación. Otros comúnmente usados son el de sodio, calcio, potasio y algunos inorgánicos tales como aminas y hexaminas” (Enaex, s/f., pág. 20).

2.2.4. Tipos de explosivos

Dinamitas

Respecto a este punto tenemos lo siguiente:

“Definición: Mezcla explosiva cuyo sensibilizador es la nitroglicerina. Tipos: Gelatinas – Amongelatinas, Semigelatinas – Tronex Plus, Dinatrón, Softrón, Pulverulentas - Permicarb, Samsonita, Dinaprimer Usos principales: Trabajos relacionados con excavaciones subterráneas y de superficie, tanto en faenas mineras como en obras civiles” (Instituto Geológico y Minero de España, 1987, pág. 149).

Nitrocarbonitratos

“Definición: Son mezclas elaboradas a base de Nitrato de Amonio prill y combustibles adecuados. Tipos: ANFOS Premiun y Granel, ANFOS ALUMINIZADOS, ANFOS AST, ANFOS LIVIANOS” (Instituto Geológico y Minero de España, 1987, pág. 150).

Emulsiones

Tenemos:

Definición:

“Sistema que contiene dos fases líquidas naturalmente inmiscibles entre sí, una de las cuales es dispersa como pequeñas gotas dentro de la otra. Tipos:

Emulsiones de Pequeño Diámetro (Emulex, Enaline), Emulsiones Diámetro Intermedio (Emultex E, Blastex), Emulsiones Gran Diámetro (Emultex, Blendex).” (Instituto Geológico y Minero de España, 1987, pág. 156).

Slurries y Aquageles

Definición:

“Son mezclas húmedas en formas de suspensiones, que contienen aditivos que les permiten presentar la forma de geles. Usos principales Trabajos relacionados con excavaciones subterráneas y de superficie. Nuevos desarrollos permiten fabricar geles para uso a granel, con un rango de densidades muy amplio entre 0,4 a 1,3 g/cc” (Instituto Geológico y Minero de España, 1987, pág. 160).

Iniciadores y rompedores apd

Definición:

“Productos a base de Pentrita (PETN) y TNT, mezcla que se denomina Pentolita. Tipos: INICIADORES CILÍNDRICOS - ROMPEDORES CÓNICOS Usos principales: Iniciadores de explosivos en perforaciones de Gran Diámetro. Reducción de bolones en labores abiertas y subterráneas. Propiedades principales: Alta Velocidad de Detonación (sobre 7000 m/s), Mayor resistencia al fuego, impacto y fricción Efecto direccional, en el caso de los rompedores” (Bernaola, Castilla, & Herrera, 2013, pág. 112).

2.2.5. Descripciones de las Anfos

Anfo premium

“El ANFO PREMIUN es un agente de tronadura fabricado con nitrato de amonio grado explosivo Enaex de baja densidad y alta absorción de petróleo. Es especialmente recomendable para uso en pequeño diámetro en minería subterránea y para tronaduras de superficie, especialmente cuando se presenta una roca competente, en perforaciones sin agua. Se recomienda utilizarlo en zonas con buena ventilación en minería subterránea. Se envasa

en sacos de 25 y 50 kg, de tejido de polipropileno con bolsa interior de polietileno” (Bernaola, Castilla, & Herrera, 2013, pág. 99).

Anfo a granel

Es una variedad de anfo que viene en bolsas o en forma suelta. Es utilizado en trabajos mineros a tajo abierto y subterráneo para cargar el taladro para perforaciones, el carguío para estas labores se realiza en forma manual y mediante camiones especialmente diseñados para este fin (Bernaola, Castilla, & Herrera, 2013, pág. 99).

Anfos aluminizados

“Los ANFOS ALUMINIZADOS son agentes de tronadura fabricados con Nitrato de Amonio de ENAEX, que contienen aluminio en gránulos en su formulación. Este aumenta su poder energético, y puede variarse en función de los requerimientos del material a tronar. Son apropiados para tronaduras de superficie y subterráneas, en terreno seco, cuando se desea alta concentración de carga por longitud de perforación. Se recomienda utilizar en zonas con muy buena ventilación en minería subterránea” (Bernaola, Castilla, & Herrera, 2013, pág. 99).

Anfos ast

Variedad de anfo usado en minería subterránea con taladros cuyo diámetro es mayor a 2”, cuenta con una presión de detonación baja, como componentes tiene nitratos de amonio, calcio, sodio(Bernaola, Castilla, & Herrera, 2013, pág. 99).

Anfos livianos

Los ANFOS LIVIANOS son:

“agentes de tronadura que se fabrican con nitrato de amonio grado explosivo Enaex, contienen en su formulación elementos reguladores de densidad, que les confiere una menor densidad y una mayor sensibilidad respecto a los anfos normales. Esta característica es necesaria para lograr una

baja concentración de carga por longitud de perforación, optimizando la distribución de energía para reducir el daño al contorno” (Bernaola, Castilla, & Herrera, 2013, pág. 99).

Descripción de las Emulsiones

a. Emulsiones de pequeño diámetro

Emulex®

“Es una emulsión explosiva envasada de diámetro pequeño, sensible al fulminante N° 8, diseñada para un amplio rango de aplicaciones en tronaduras. (Excepto minas de carbón)” (Enaex, s/f., pág. 30).

Emulex cn®

“Es una emulsión explosiva envasada de diámetro pequeño, sensible al fulminante N° 8, diseñada especialmente para cargar con disparador neumático de cartuchos (Excepto minas de carbón)” (Enaex, s/f., pág. 30).

Enaline®

“Es una emulsión explosiva envasada de diámetro pequeño, especial para trabajos de precorte en minería a cielo abierto y tiene aplicaciones en tronadura controlada de minería subterránea. El producto se presenta envasado en mangas continuas de polietileno, engrapadas cada 20 pulgadas. En toda su longitud tiene adosado un cordón detonante de 10 g/m que produce una iniciación lateral y simultánea” (Enaex, s/f., pág. 30).

Emulsiones diámetro intermedio

Blastex®

“Es una emulsión explosiva envasada de diámetro intermedio, no sensible al fulminante N° 8, especialmente diseñada para cargar en diámetros intermedios en faenas con abundante agua donde no es posible desaguar o cargar en forma mecanizada. Consistencia rígida por tener cera parafínica” (Enaex, s/f., pág. 30).

Emultex e®

“Es una emulsión explosiva envasada de diámetro intermedio, no sensible al fulminante N° 8, especialmente diseñada para cargar en diámetros intermedios en faenas con abundante agua en tiros largos, donde no es posible desaguar o cargar en forma mecanizada. La diferencia con el Blastex es la consistencia, ya que no tiene forma propia” (Enaex, s/f., pág. 30).

b. Emulsiones gran diámetro

Emultex® - N

“Es un agente de tronadura a granel, basado en una mezcla de Anfo y Emulsión Matriz, para perforaciones de diámetros de 6 o más pulgadas. Este producto se bombea en forma mecanizada, al fondo de las perforaciones, con equipos mezcladores móviles (camiones tipo Quadra) y es especialmente recomendable cuando hay presencia de agua y el volumen de consumo así lo justifica” (Enaex, s/f., pág. 31).

Emultex G®

“Es un agente de tronadura a granel, en base a una mezcla de Emulsión y Anfo, para perforaciones de diámetros de 6 o más pulgadas. Este producto se bombea en forma mecanizada con equipos móviles camiones tipo Quadra) y es especialmente recomendable para perforaciones con agua, cuando el volumen de consumo así lo justifica” (Enaex, s/f., pág. 31).

Emultex® S

“Es un agente de tronadura a granel para perforaciones de diámetros sobre 5½ pulgadas, fabricado en base a una mezcla de Anfo y Emulsión, sensibilizada con microesferas al momento del mezclado y carguío en las perforaciones según los requerimientos de terreno. Se bombea en forma mecanizada con equipos mezcladores móviles (camión fábrica tipo Quadra) y es especialmente recomendable para perforaciones con agua, en roca

altamente competente, cuando el volumen de consumo así lo justifica” (Enaex, s/f., pág. 31).

Anfos pesados vaciables

Blendex® anfos pesados vaciables de la serie blendex,

“Es una mezcla de Emulsión y Anfo, que reúne las principales propiedades de ambos componentes: alta energía, buena generación de gases, alta densidad y, en algunos casos, resistencia al agua. Son productos apropiados para tronaduras de superficie, especialmente cuando es factible el uso de sistemas mecanizados de carga, en perforaciones secas o con agua, si ésta se extrae previamente.” (Enaex, s/f., pág. 31).

Blendex® S Anfo Pesado Vaciable Sensibilizado.

“Es un agente de tronadura a granel para perforaciones de diámetros sobre 5½ pulgadas, fabricado en base a una mezcla anfo /emulsión, sensibilizada el momento del mezclado y carguío en las perforaciones. Se carga en forma mecanizada con equipos mezcladores móviles (camión fábrica tipo Auger o Quadra), cuando el volumen de consumo así lo justifica y se recomienda para perforaciones secas o previamente desaguadas, en roca altamente competente.” (Enaex, s/f., pág. 32).

Blendex®- AL Anfos Pesados Vaciables Aluminizados

“Son mezclas de emulsión y anfo, que contienen aluminio en su formulación, lo que les confiere una mayor energía, además de las propiedades de alta densidad, generación de gases y resistencia al agua propias de este tipo de composiciones” (Enaex, s/f., pág. 32).

2.3. Definición de términos básicos

Diámetro crítico

“Es el diámetro mínimo mediante el cual puede detonar una carga explosiva. Agregando gas finamente disperso se reduce considerablemente el diámetro crítico de un explosivo. Este diámetro crítico puede ser bastante grande (aprox. 125 mm) para muchas emulsiones y acuageles a granel.” (Enaex, s/f., pág. 4).

Explosivos primarios.

“Son explosivos que detonan por ignición simple de medios tales como chispas, llamas, impacto, y otras fuentes primarias de calor. Se denominan así aquellos que contienen los detonadores, cordón detonante e iniciadores” (Enaex, s/f., pág. 6).

Explosivos secundarios

“Son aquellos en que la detonación es iniciada por impacto de la detonación de un explosivo inicial (primario). Esta reacción se presenta en todos los explosivos usados en tronadura de rocas” (Enaex, s/f., pág. 6).

Factor de carga.

“Mediante este término se describe la cantidad de explosivo usado para romper un volumen o peso unitario de roca. El factor de carga se indica mediante unidades de kg/m³. Algunos también consideran la potencia en peso de explosivo para expresarlo como equivalente a la potencia en peso equivalente al ANFO, o sea, $W_{teff} = W_t \cdot \text{potencia en peso relativa}$. Otros usuarios prefieren usar un término inverso del factor de carga, para describir el peso de roca quebrada por unidad de peso de explosivo (ton/kg).” (Enaex, s/f., pág. 7).

Resistencia al agua.

“La resistencia al agua de los explosivos varía extensamente según su composición, y empaquetamiento. Los explosivos con nitrato de amonio/petróleo (ANFO) tienen una resistencia al agua muy pobre, ya que el nitrato del

amonio es soluble en agua. El efecto del agua en la performance del explosivo es para reducir la sensibilidad del explosivo, la eficiencia y la energía de reacción.

Frecuentemente se utiliza agua en el pozo de tronadura por la generación de humo tóxico naranja o café. Finalmente, se puede reducir la sensibilidad al punto donde el producto no detonará.” (Enaex, s/f., pág. 9).

Velocidad de Detonación.

“Velocidad de detonación (VOD) es una medida de la razón a que la reacción de la detonación procede, por la columna del explosivo. Típicamente, el VOD variará entre 3000 m/ s para ANFO en pozos de tronadura de diámetros pequeños y 6000 m/ s para emulsión y acuagel en pozos de tronadura de diámetros más grandes. Se considera un indicador del potencial de fragmentación de un explosivo, con el potencial creciente para un VOD creciente.” (Enaex, s/f., pág. 11).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Diseñando una nueva malla para perforaciones y usar explosivos emulnor Qhana obtendremos mejoras en la calidad de la voladura en la “Unidad Minera Corihuarmi”.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Obtendremos mejores resultados en la voladura al emplear la nueva malla de perforación, en la Unidad Minera Corihuarmi
- b) Obtendremos mejores estándares de perforación y voladura al usar la nueva malla de perforación y los explosivos emulnor Qhana, en la Unidad Minera Corihuarmi.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variables para la hipótesis general

Variable independiente

Está representada por: el diseño de malla para perforaciones y explosivos emulnor Qhana.

Variable dependiente:

En cuanto a una variable dependiente únicamente identificamos a la calidad de voladura.

2.5.2. Variables para la hipótesis específica

Para la hipótesis a

Variable independiente:

Malla de perforación, explosivos emulnor Qhana

Variable dependiente:

Resultados de voladura

Para la hipótesis b.

Variable independiente:

Malla de perforación, explosivos emulnor Qhana

Variable dependiente:

Estándares de voladura

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Hipótesis	Variable	Indicador
<p>Hipótesis General: Diseñando una nueva malla para perforaciones y usar explosivos emulnor Qhana obtendremos mejoras en la calidad de la voladura en la "Unidad Minera Corihuarmi".</p>	<p>V.I. Diseño de malla Tipo de explosivo</p> <p>V.D. Eficiencia de voladura</p>	<p>-Diámetro, burden, espaciamiento, longitud de taladro. Densidad de mezcla, Kg/tal, - Tn/mes, Tn rotas/tal, Factor de Potencia(kg/tn)</p>
<p>Hipótesis Específicas: a) Obtendremos mejores resultados en la voladura al emplear la nueva malla de perforación, en la Unidad Minera Corihuarmi b) Obtendremos mejores estándares de perforación y voladura al usar la nueva malla de perforación y los explosivos emulnor Qhana, en la Unidad Minera Corihuarmi.</p>	<p>V.I. Diseño de malla</p> <p>V.D. Calidad de voladura Velocidad de detonación Fragmentación</p> <p>V.I. Diseño de malla</p> <p>V.D. Calidad de voladura Velocidad de detonación Fragmentación</p>	<p>-Diámetro, burden, espaciamiento, longitud de taladro. -Tn/mes, Tn rotas/tal, Factor de Potencia(kg/tn) -Diámetro, burden, espaciamiento, longitud de taladro. -Costo total, Costo unitario(\$/tn), Tn/mes, Tn rotas/tal, Factor de Potencia(kg/tn)</p>

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Esta tesis estará orientada a investigar de manera aplicada. Con ese fin se hará pruebas en base a cambio de diámetro de los taladros de 4.5" a 5" usando como explosivo la emulsión Emulgran en la voladura.

3.2. Nivel de investigación

El nivel es aplicativo de mejoramiento de los estándares de la voladura.

3.3. Métodos de investigación

El procedimiento que se debe seguir en la tesis es:

Primeramente, se evaluará los resultados obtenidos hasta la fecha de la voladura realizada.

En base a esta evaluación se propuso el aumento del diámetro taladro de 4.5" a 5" y el uso como explosivo de la emulsión Emulgran a cambio de Emulnor 5000.

Seguidamente se diseñó la malla de perforaciones rectangular de la voladura.

Luego se implementó el trabajo de campo (voladura de los bancos), las siguientes actividades fueron:

Realización de las pruebas de voladura programada

Recojo de los datos de campo (datos de la voladura)

Realización del análisis de los datos de la voladura

Elaboración de los resultados hallados de cada prueba

Arribo a las conclusiones y recomendaciones.

finalmente, se elaboró el informe de la investigación

En todo este proceso se empleó el método inductivo – deductivo, el de análisis y síntesis y el de diagnóstico.

3.4. Diseño de investigación

Esta tesis se diseñará de manera cuantitativo y experimental porque se realizará pruebas de campo (pruebas de voladura), donde se empleará datos, materiales como: diámetro de taladro, explosivo, bancos de voladura, malla de perforación, tacos, etc.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Este aspecto lo componen el grupo de “todas las labores operativas en los tajos Susan, ampliación Diana y Cayhua”.

3.5.2. Muestra

Este aspecto se encuentra delimitado por: “la locación donde se realizarán las pruebas de voladura. Es decir, el tajo Susan”.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

En el aspecto técnico la tesis será instrumental. Para lo cual se hará pruebas de campo empleando técnicas comparativas, el análisis de resultados, proposición de estándares

3.6.2. Instrumentos

Entre los instrumentos tenemos:

- Taladros de perforación
- Malla de perforación

- Explosivos
- Tacos
- Banco de voladura
- Mineral volado
- Desmonte volado

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se llevará a cabo un análisis de los parámetros del diseño de la malla actual, para luego analizar los resultados del nuevo diseño propuesto en base al incremento del diámetro del taladro y un nuevo explosivo, donde se verá si hay mejora en la voladura, como en la producción mensual, volumen volado, factor de potencia y ver si se tiene ventajas al ampliar el diámetro del taladro como por ejemplo; reducción de la cantidad de taladros a perforar, aumento del tonelaje roto/ taladro, reducción del factor de potencia.

Todo este análisis se orienta a conducirnos a las conclusiones y recomendaciones más adecuadas esta tesis.

3.8. Tratamiento estadístico

Por la naturaleza del trabajo de investigación, no se ha considerado desarrollar ningún tipo de proceso estadístico en razón a que las muestras obtenidas son la principal fuente de información.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Ante todo, se tendrá presente en todo momento el respeto por la veracidad, la honestidad guardando reserva de información, a lo largo del desarrollo de la investigación.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Para el desarrollo del trabajo de investigación se ha intervenido de manera directa en el proyecto Corihuarmi de Minera IRL S.A, ubicada entre los departamentos de Huancayo y Lima, provincia de Junín y Lima respectivamente, aproximadamente a 160km al sureste de Lima, a una altitud entre los 4700 y 4900 m.s.n.m. El yacimiento Corihuarmi está situado en un centro volcánico de edad Mioceno Plioceno que está compuesto por domos andesíticos, dacíticos y riódacíticos de la formación caudalosa, la mineralización es de Au-Ag, diseminada y está aposentado en rocas piroclásticas dacíticas-andesíticas, principalmente las que poseen alteración silícea, sílica-alunita; y en brechas hidrotermales, además se puede observar anomalías de Cu en las partes inferiores (nivel 4870), principalmente asociado a alteración argílica, zonación metalogenética.

La mineralización de oro en Corihuarmi se extrae por métodos de explotación a tajo abierto. La ley promedio producida en el 2021 fue de 0.25 gramos por tonelada (“g/t”) de oro, incluyendo la recuperación de 22,593 onzas de oro mediante un proceso de lixiviación.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Antecedentes

En la Unidad de Producción Corihuarmi actualmente se ejecuta taladros de diámetro 4.5" con un Burden de 3.2 m y Espaciamiento de 3.8m en todos sus proyectos de voladura.

En vista de la necesidad de cambio de diámetro a 5" se genera el cambio de burden a 3.6 m y espaciamiento a 4.2 m.

Estos nuevos valores responden a una relación matemática entre el Burden con el Diámetro del Taladro y otra relación entre el Espaciamiento con el Burden.

Por tanto, seguiremos las mismas proporciones empleadas que presenta el diseño actual para la malla de voladuras teniendo las siguientes constantes para el Burden y

Espaciamiento.

$B = 28D$
$S = 1.2B$

Análisis de la voladura

Parámetros de malla

Iniciamos presentado los parámetros actuales del diseño de malla de los proyectos.

Con la finalidad de alcanzar una mejora en el resultado de las voladuras, realizamos ajustes en el diseño de sus parámetros manteniendo una relación constante, como se presenta en la columna derecha de la Tabla 1. Se observa de la tabla comparativa que, ante un incremento de diámetro del taladro, varían los valores del burden, los espaciamientos y el taco. Con respecto a la altura

media del banco, sobre perforación y longitud del taladro se mantendrán en los valores actuales, no sin antes haberlos contrastado y analizado en detalle.

Tabla 1

Parámetros de Diseño de Malla de Perforación

Parámetros de diseño para malla de perforaciones			
SITUACIÓN ACTUAL		PROPUESTA DE MEJORA	
Diámetro	4.5 " 0.1143 mts	Diámetro	5 "
Burden	3.2 mts	Burden	3.6 m
Espaciamiento	3.8 mts	Espaciamiento	4.2 m
Subperforación	0.5 mts	Subperforación	0.5 m
Taco	1.2 mts	Taco	1.8 m
Alto del banco	5 mts	Alto del banco	5 mts
Longitud de taladro	5.5 mts	Longitud de taladro	5.5 m

Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan

Figura 8

“Plano del proyecto 02 – 4805 Tajo Susan”

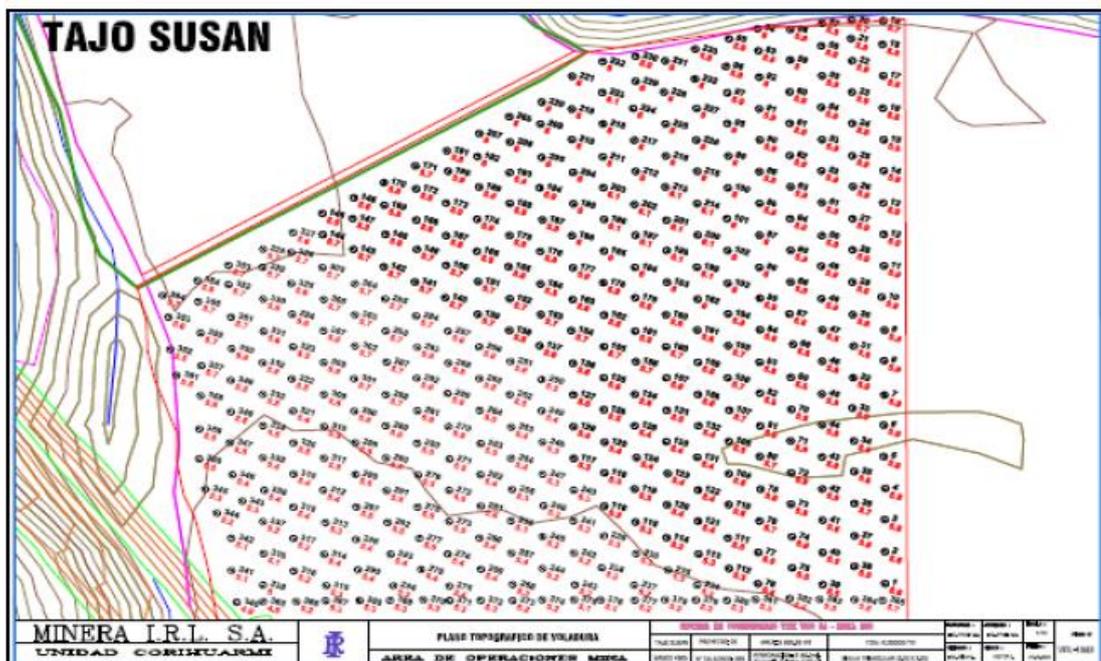


Figura 9

“Diseño de carga Plano del Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan”

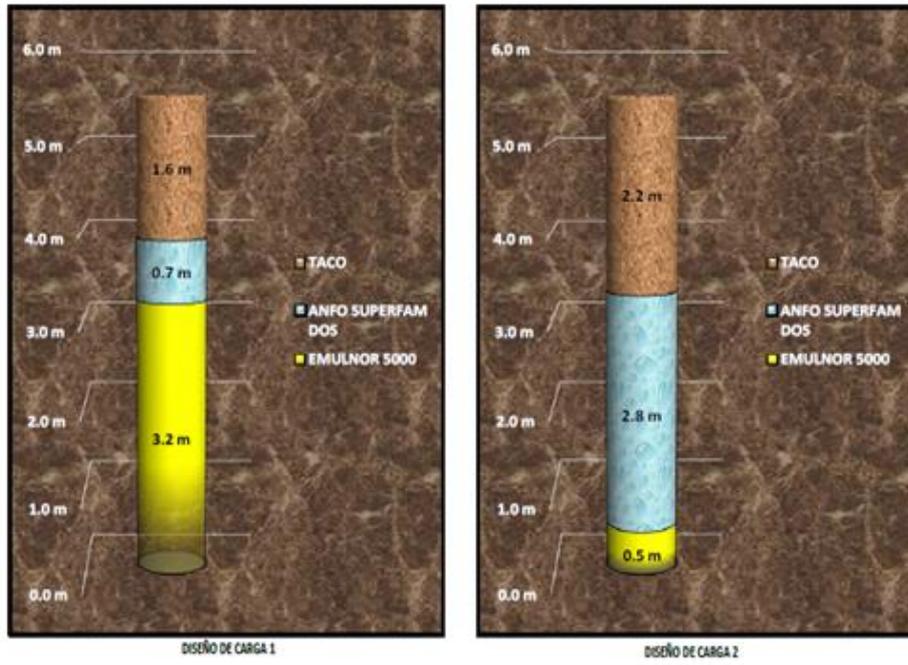
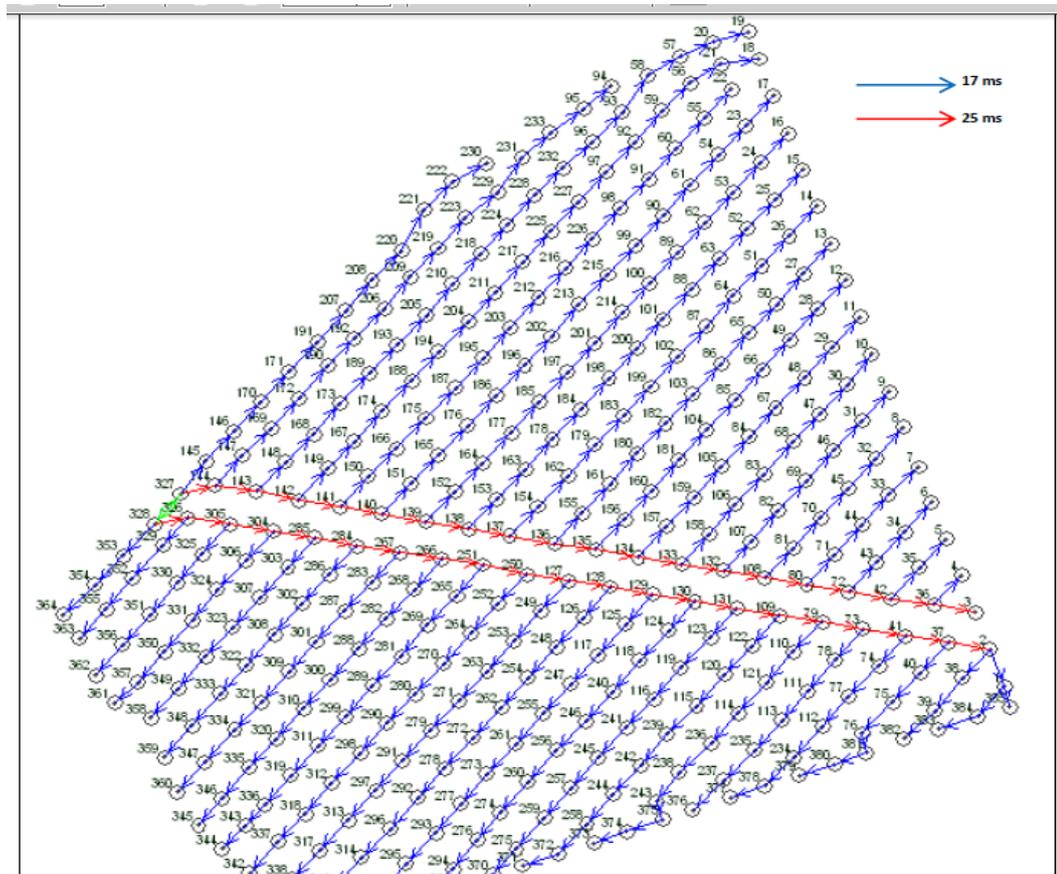


Figura 10

“Secuencia de salida en trapecio”



Producción Mensual

El análisis de la data de producción del año 2019 se toma en registro los once primeros meses, obteniendo un promedio de producción mensual de 102000.5 toneladas.

Mostramos a continuación:

Tabla 2**Producción Mensual 2019**

PRODUCCIÓN MENSUAL 2019			
MES - 2019	MINERAL (tn)	DESMONTE (tn)	TOTAL, PRODUCCIÓN (tn)
Enero	73,008.8	2,445.9	75,455
febrero	97,914.9	2,367.0	100,282
Marzo	93,830.6	3,576.8	97,407
Abril	55,072.3	37,734.7	92,807
Mayo	36,934.1	27,550.4	64,485
Junio	97,962.8	41,325.2	239,288
Julio	41,866.7	0.0	41,887
Agosto	96,452.8	341.9	96,795
Septiembre	126,152.0	19,818.2	145,970
Octubre	63,819.9	46,742.2	110,562
Noviembre	124,936.3	32,132.5	157,069
Total	907,971	214,035	1,122,006
Promedio al mes	82,542.8	19,457.7	102,000.5

Propuesta de diseño

Con los nuevos parámetros presentados se realiza el cálculo para obtener el volumen volado por taladro y el factor de potencia. Es aquí donde se evidencia las ventajas de la ampliación del diámetro de los taladros para la malla de perforación. Los beneficios son:

La reducción de la cantidad de taladros a perforar.

El aumento de tonelaje roto por taladro.

La reducción del factor de potencia

Actualmente se está trabajando con el agente emulnor 5000 + superfam dos.

Parámetros con la emulsión: BASE: EMULNOR 5000 + SUPERFAM DOS

Tabla 3

Parámetros del tajo al usar Emulsor 5000 + Superfam Dos

BASE: EMULNOR 5000 + SUPERFAM DOS	
Densidad de mezcla (gr/cc)	1.160
DCL (kg/m)	11.9
Kilogramos / taladro	50.0
Ton rotas / taladro	136
Factor de potencia (kg/tn)	0.37
Densidad de roca (gr/cc)	2.2
Diámetro (pulg)	4 1/2
Burden (m)	3.2
Espaciamiento (m)	3.8
Altura de banco (m)	5.0
Sobreperforación (m)	0.5
Longitud de carga (m)	4.2
Taco (m)	1.3

La propuesta es el de usar el agente de voladura emulgran + superfam dos, cuyos parámetros conocidos son:

Parámetros con la emulsión PROPUESTA: EMULGRAN + SUPERFAM DOS

Tabla 4

Parámetros para la propuesta usando Emulgran + Superfam dos

PROPUESTA: EMULGRAN + SUPERFAM DOS	
Densidad de mezcla (gr/cc)	1.250
DCL (kg/m)	15.8
Kilogramos / taladro	58.6
Ton rotas / taladro	169
Factor de potencia (kg/tn)	0.35
Densidad de roca (gr/cc)	2.2
Diámetro (pulg)	5
Burden (m)	3.6
Espaciamiento (m)	4.2
Altura de banco (m)	5.0
Sobreperforación (m)	0.5
Longitud de carga (m)	3.7
Taco (m)	1.8

Resultado de propuesta

Se muestra la comparación de los resultados en porcentajes representativos.

Toneladas Movidas

Existe una diferencia de 31.81 t/taladros, el cual representaría un aumento del 19% en la producción.

Tabla 5

Toneladas movidas por taladro

TONELADAS MOVIDAS POR TALADRO			
SITUACIÓN ACTUAL		PROPUESTA MEJORADA	
Tonelaje movido	135.58 tn/tal	Tonelaje movido	168.59 tn/tal

Cantidad de Taladros

El resultado evidencia la reducción de 147 taladros por mes es decir se va a perforar un 19 % menos.

Tabla 6

Numero de taladros

NUMERO DE TALADROS			
Producción (enero – noviembre)		1,122,006 tn	
Producción mensual		102,000.5 tn	
SITUACIÓN ACTUAL		PROPUESTA MEJORADA	
Taladros al mes	752 tal	Taladros al mes	605 tal
Ahorro de taladros por mes		147	

Factor de potencia Proyecto 02 – 4805 – Taja Susan

Tabla 7

“Factor de potencia Proyecto 02 – 4805 Tajo Susan”

FACTOR DE POTENCIA			
Toneladas estimadas (tn)		37500	
Producto	Superfam dos (saco)	Emulgran (saco)	Total, de explosivo
Cantidad	360	168	-
Kilogramos por unidad	25	25	-
Kilogramos totales (kg)	9000	4200	13200
FACTOR DE POTENCIA (kg/tn)		0.35	

Costo de voladura

Tabla 8

“Costo unitario Proyecto 02 – 4805 Tajo Susan”

COSTO UNITARIO			
Tonelaje estimado		37,500	
Producto	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Fulminante N° 8 (unidad)	2	0.17	0.34
Guia de seguridad (unidad)	4	0.19	0.76
Fanel dual 17/800 (unidad)	382	2.87	1096.34
Fanel CTD 25 (unidad)	35	1.92	67.2
Booster 3/4 (unidad)	1	2.67	2.67
Booster 1 libra (unidad)	381	2.67	1017.27
Superfam dos (saco)	360	18.25	6570
Emulgran (caja)	168	44.25	7434
COSTO TOTAL DE VOLADURA	16188.58		
COSTO UNITARIO DE VOADURA (\$/tn)	0.43		

Velocidad de Detonación

Figura 11 “Booster de 1 Lb.y $\frac{3}{4}$ Lb.”



La gráfica expone el modo como se llevó a cabo la realización de un monitoreo sobre las velocidades de las explosiones duales, siguiendo el planeamiento propuesto. Este análisis tuvo por finalidad la evaluación de dos taladros de un mismo proyecto. Ambos se configuraron con similares cargas, sin embargo, uno llevaba un booster de 1 lb, mientras que el otro llevaba un booster de $\frac{3}{4}$ lb.

En cuanto a los detalles técnicos se implementó “el booster de 1lb” para el taladro responsable del arranque, para luego utilizar uno de “ $\frac{3}{4}$ lb” en el taladro que continuaría a labor.

Después del trabajo llevado a cabo se debe señalar que se aprecia una variación existente entre la velocidad que presenta el “booster con 1lb, en comparación con el de $\frac{3}{4}$ lb. En esta variación se registra una intensidad cuyo valor es de 8417.0 m/s, con lo cual se mantiene la velocidad y rito de las detonaciones en la columna de carga. Para el caso del booster de $\frac{3}{4}$ lb registro un nivel de VOD que asciende a 7759.3 m/s. Se debe mencionar que es valor está por debajo del valor registrado con el booster de 1 lb.

Velocidad de detonación con Booster $\frac{3}{4}$ lb.

Tabla 9

Velocidades de Detonación Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan

VELOCIDAD DE DETONACIÓN (VOD m/s), CON BOOSTER $\frac{3}{4}$ lb.				
Booster	Booster	Distancia 1 (1,8856 m.)	Distancia 2 (2,1042 m.)	Distancia 3 (m)
$\frac{3}{4}$ libra	7,759.3 m.	5653.3	5549.3	-
VOD Promedio	5601.3			

Velocidad de detonación con Booster 1 lb.

Tabla 10

Velocidad de detonación con Booster 1 lb.

VELOCIDAD DE DETONACIÓN (VOD m/s), CON BOOSTER 1 lb.				
Booster	Booster	Distancia 1 (3,9023 m)	Distancia 2 (m)	Distancia 3 (m)
1 libra	8,417	5767.7	-	-
VOD Promedio	5767.7			

Figura 12

Disposición de los taladros Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan

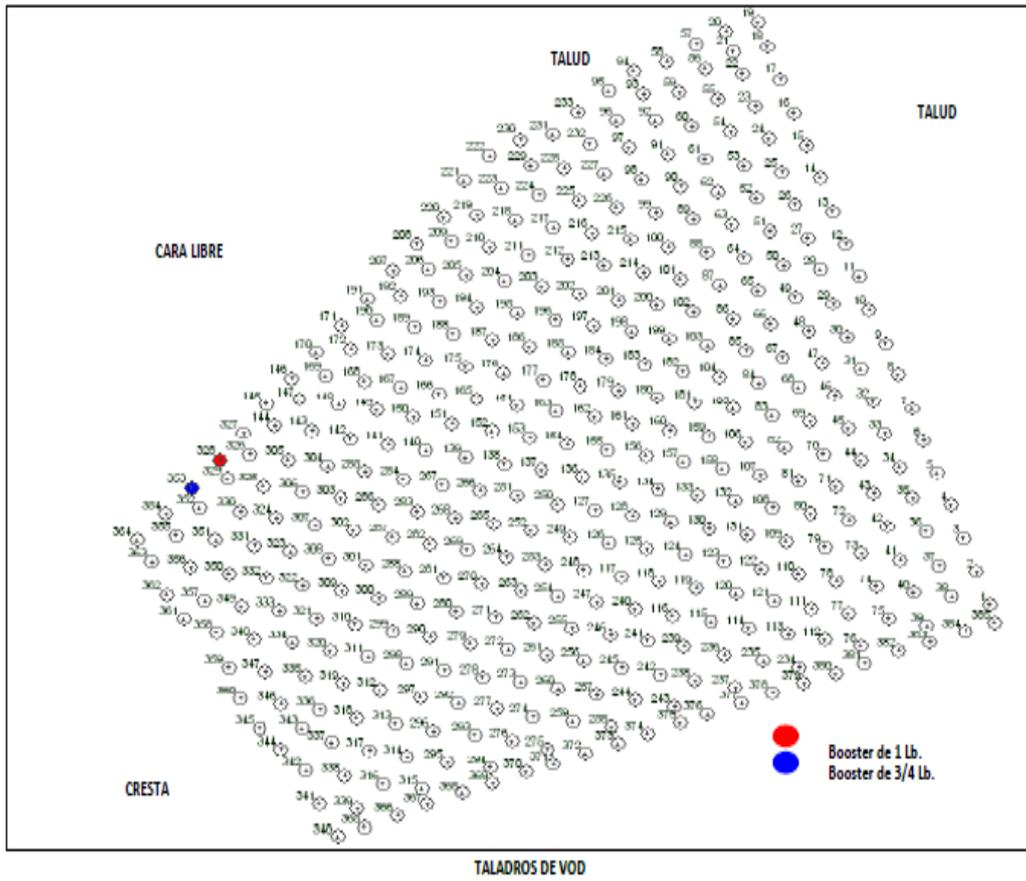
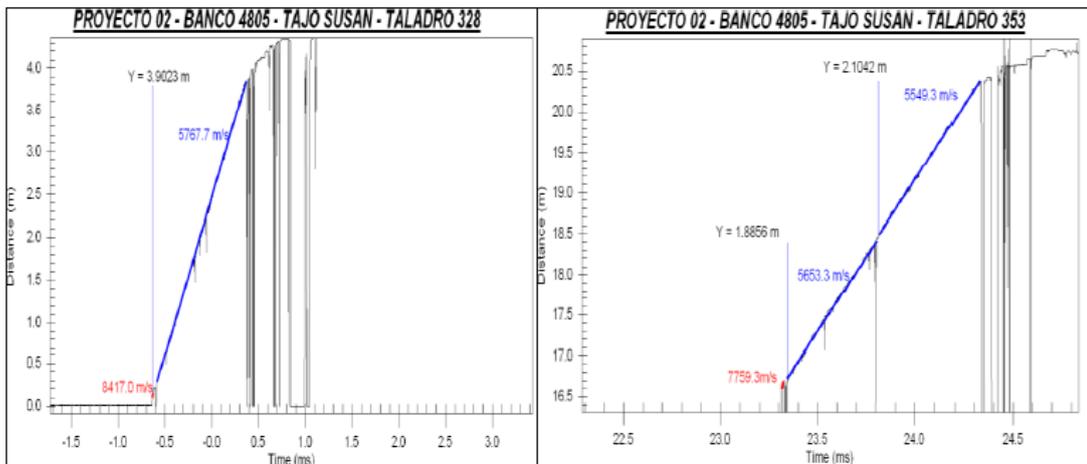


Figura 13

Velocidades con booster de 1lb, y 3/4 lb. Proyecto 02-4805, Tajo Susan



Análisis de Vibraciones

Proyecto 02– 4805 – Tajo Susan

En el presente proyecto se realizó el diseño de secuencia de tiempos en forma de trapecio, para lo que se empleó: "17 ms entre taladros y 25 ms entre filas".

Además, se operó con una carga de 34.55 Kg. En seguida se muestran los resultados obtenidos:

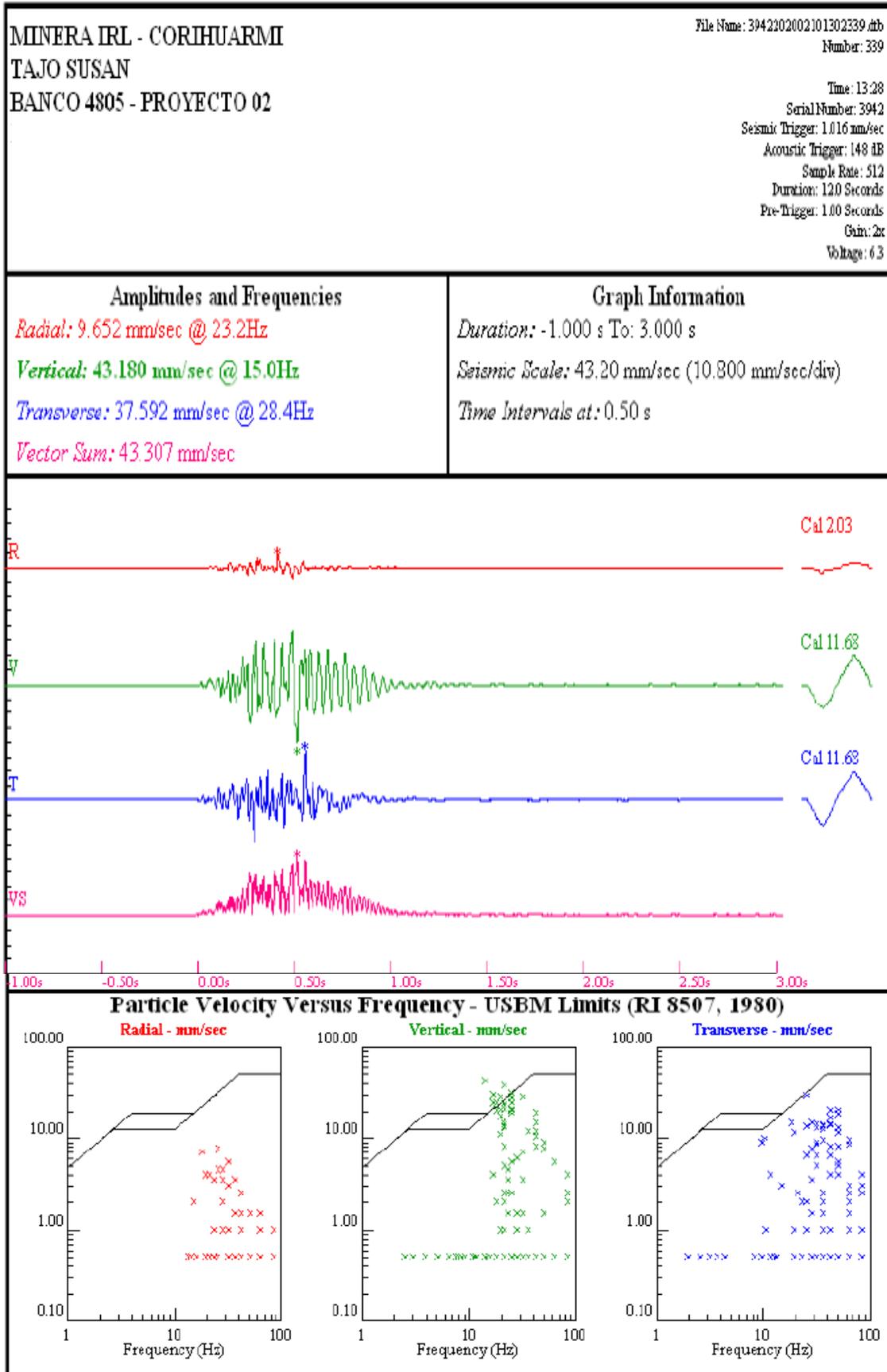
Tabla 11

Frecuencia y amplitud de las vibraciones, proyecto 02-4805, Tajo Susan

Frecuencia y amplitud de las vibraciones					
Factor de carga (kg/tal)	Distancia (m)	VPP Radial (mm/s)	VPP Vertical (mm/s)	VPP Transversal (mm/s)	VPP suma (mm/s)
34.55	80	9.65	48.18	37.59	43.31

Figura 14

“Frecuencia y amplitud de las vibraciones, proyecto 02-4805, Taja Susan”



Análisis de Fragmentación

Para estudiar y evaluar la fragmentación se de recurrir a uso de fotografías, para lo cual se hará uso del equipamiento especializado "PORTAMETRICS". Las tomas fotográficas serán de los frentes de las labores de minado. Su análisis se llevará a cabo con posterioridad en el gabinete respectivo. Lo resultante de este análisis se presenta a continuación.

Proyecto 02– 4805 – Tajo Susan

Tabla 12

Fragmentación, Proyecto 02-4805 -Tajo Susan, Prueba Uno

RESULTADOS DE LA FRAGMENTACIÓN					
P20 (pulg)	P50 (pulg)	P80 (pulg)	P100 (pulg)	% Finos	% Gruesos
0.35	0.79	1.89	4.92	59.92	4.9

Tabla 13

Fragmentación, Proyecto 02-4805 -Tajo Susan, Prueba Dos

RESULTADOS DE LA FRAGMENTACIÓN					
P20 (pulg)	P20 (pulg)	P20 (pulg)	P20 (pulg)	% Finos	% Gruesos
0.87	1.57	2.6	7.17	26.47	7.74

Figura 15

Frente de minado Proyecto 02-4805 -Tajo Susan



Figura 16

Análisis de Fragmentación 1, Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan

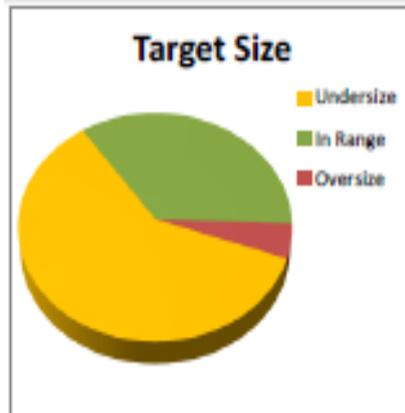
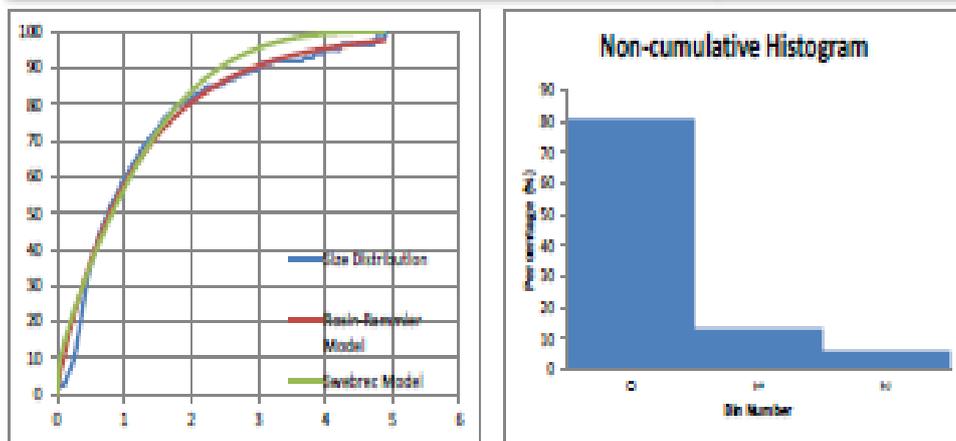
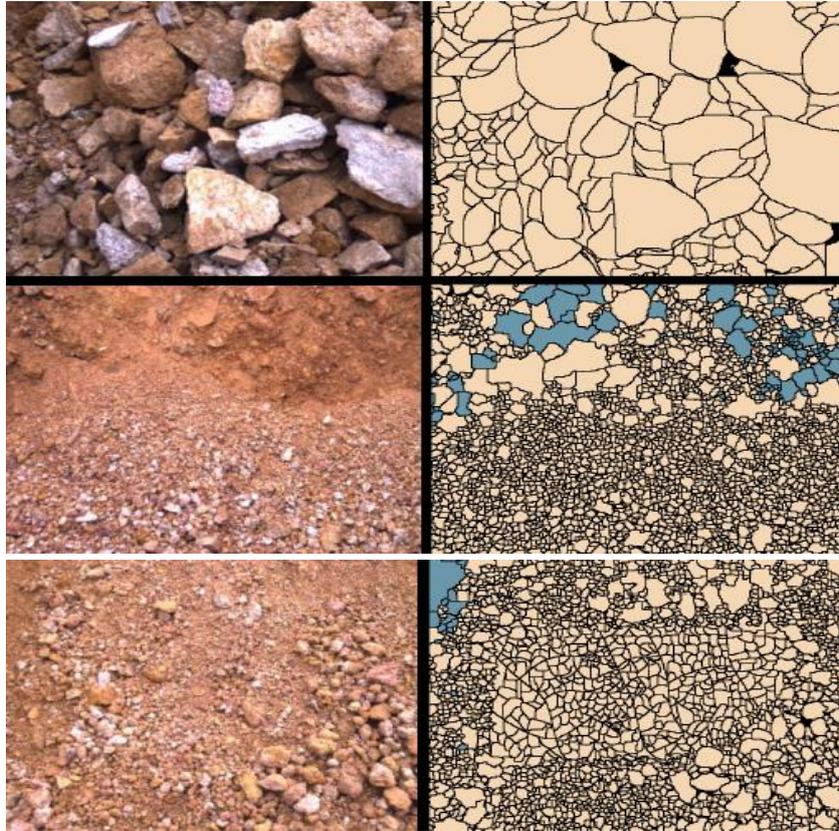


Figura 17

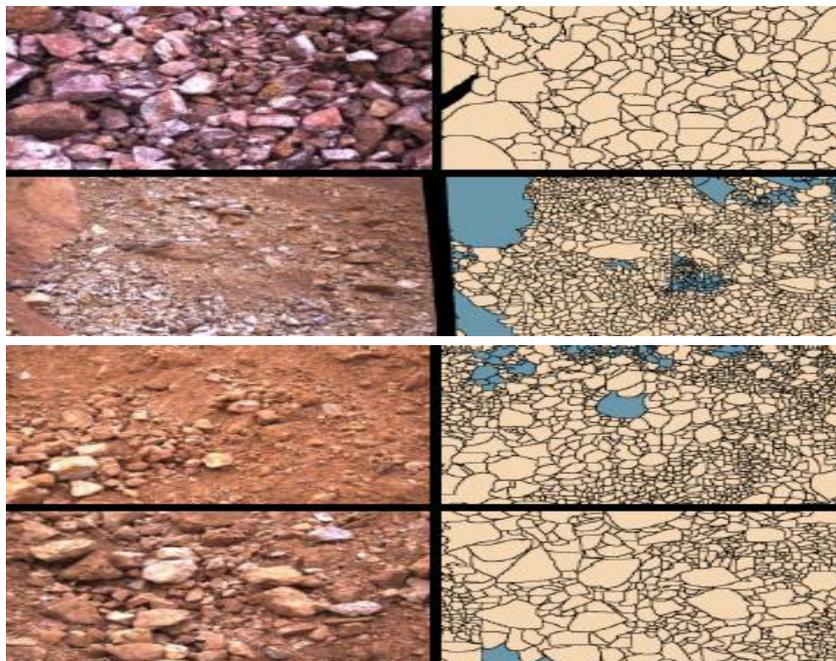
Frente de minado 2, Proyecto 02-4805 -Tajo Susan

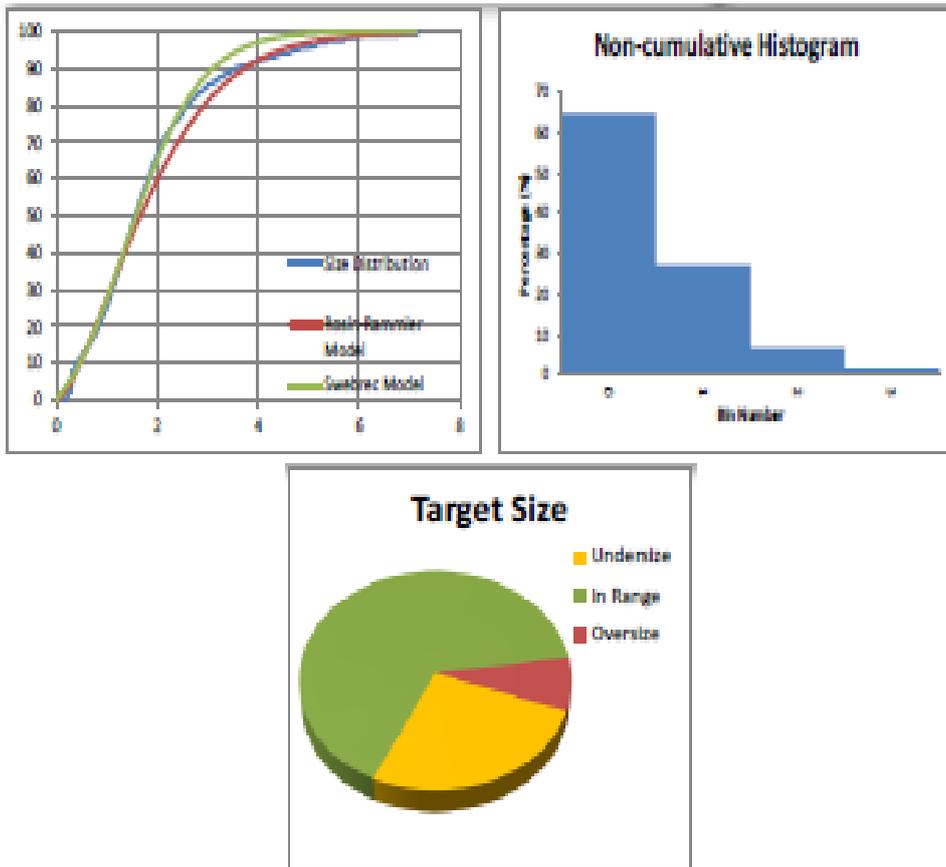


Figura 18

Análisis de Fragmentación 2, Proyecto 02 – 48005 –

Tajo Susan





Soporte en Voladuras Secundarias

Es necesario brindar los soportes y las asistencias más adecuadas en las labores de Voladura, específicamente al momento de realizar la voladura secundaria (Plasteo). Este soporte se llevó a cabo en el Tajo Susan. Esta zona está caracterizada por presentar bancos de tamaños considerablemente grandes.

Figura 19

Frente de minado presencia de bancos grandes



4.3. Prueba de hipótesis

Realizadas las pruebas propuestas para el presente trabajo de investigación, los resultados que aparecen en los cuadros evidencian que la propuesta hecha es corroborada ampliamente.

4.4. Discusión de resultados

Mientras duró el proceso de evaluar técnicamente y el seguimiento del desarrollo de lo que correspondió a la ejecución de voladuras donde fueron usados Booster de 1Lb. La finalidad partiendo de analizar la información

resultante fue establecer un desempeño comparativo con respecto a las labores efectuadas con Booster de $\frac{3}{4}$ Lb.

Para ello se aplicó un enfoque primario para monitorear las velocidades de detonación duales y para analizar la fragmentación.

Enfocándonos en el Tajo Susan, que representa el punto crítico de la mina, debido a que es en este tajo que ubica el material grueso que viene a ser el origen del problema. En este tajo se identificó una reducción del 40%, porcentaje notablemente menor al identificado como tendencia marcada en la mina. El valor relativo de material grueso en toda la mina es de 60%, “con valores de P80 por debajo de 4 pulgadas, 2.25pulgadas”. En condiciones normales se registran “valores de P80 de hasta 10pulgadas”. Sin embargo, esta característica particular podría representar un riesgo cuando se procese el material dentro de las celdas. Con la finalidad de evitar este riesgo se aconseja disponer de mallas más amplias, además de una continua evaluación de la granulometría.

En cuanto a la performance de VOD se identificó un valor mayor para taladros con cargas de booster de 1Lb frente a las cargas de “ $\frac{3}{4}$ Lb en un 1 % en taladros cargados con ANFO”. Por el contrario, para los casos en que la carga de los taladros fue Emulnor 5000 se alcanzó valores de 1.89 % por encima del resto. Así mismo se registró una superioridad de 2.89 % en las cargas de Emulnor 5000 conjuntamente con Anfo Superfam Dos.

Para el caso del factor potencia en el Tajo Susan, este se redujo en un 7.9%. Como consecuencia de ello el costo de voladura tuvo una reducción en un 23.2% si se la compara con la última evaluación del mes de diciembre.

Principales indicadores obtenidos

Tabla 14

Principales indicadores de VOLADURA

INDICADORES DE VOLADURA	
Seguridad y salud ocupacional	Horas Hombre Trabajadas: 240
	Índice de accidentabilidad: 0%
Medio Ambiente	Nivel de gases nitrosos: 0%
INDICADORES	Vibración en zona de criticidad: Dentro de los parámetros establecidos
	VOD: dentro de los rangos
	Tiros cortados: 0
	Reducción del % gruesos: 40%
	Reducción del costo de voladura: 23.2%
	Reducción factor de potencia: 7.9%

Tabla 15

Indicadores de voladura del Tajo Susan 4805 - 2

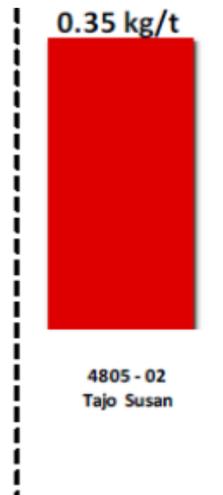
INDICADORES DE VOLADURA TAJO SUSAN 4805 - 02	
Fecha de disparo	15/12/2021
Malla (B X S)	3.6 x 4.2
N° DE TALADROS	382
Diámetro de taladro (pulg)	5 "
Explosivo utilizado	Emulgram + Superfam dos
Factores potencia (kg/tn)	0.35
Costo voladura (\$/tn)	0.43
VOD 1 lb. (m/s)	5767.7
VOD ³/₄ (m/s)	5601.3
VPP (m/s)	43.31
P80 (pulg)	2.25

Factor de potencia

Figura 20

Factor de potencia

Cargado con Emulgran + Superfam Dos

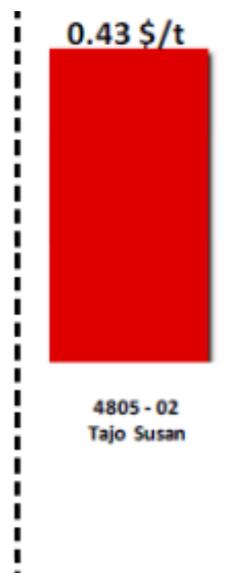


Costo de voladura

Figura 21

Costo de voladura

Cargado con Emulgran + Superfam Dos

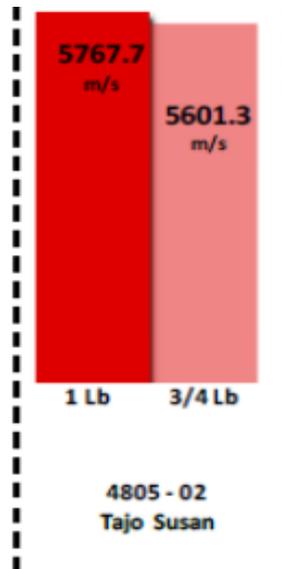


Velocidad de detonación

Figura 22

Velocidad de detonación

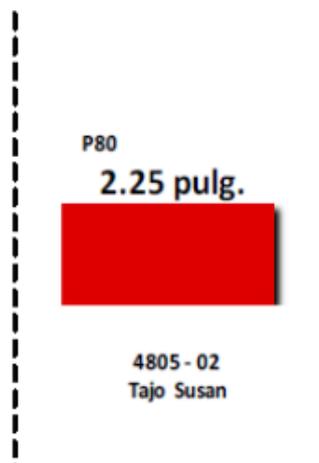
Cargado con Emulgran + Superfam Dos



Grado de fragmentación

Figura 23

Grado de Fragmentación



Medio ambiente

Partiendo del registro gráfico se pudo determinar que después de clasificar la generación de humos en las labores en evaluación corresponderían al nivel 0. De esta manera se puede señalar este nivel como “no humos”.

Se muestran los registros a continuación.

Figura 24

Humos generados en la voladura



Tabla 16

Nivel de humos generados

NIVEL DE HUMOS PRODUCIDOS				
Proyecto	N° de taladros	Explosivo	Nivel de humos	Categoría
4805 – 02 – Taja Susan	382	Emulgran + Superfam dos	0.0	No humos

Productos propuestos

Se está considerando el agente explosivo tanto encartuchado como el granular, que a continuación describimos resumidamente

Emulgran

Podemos describir

“Está fabricado a base de emulsión con sustancias sensibilizadores y energizantes dentro de una envoltura de plástico adecuado,

Para satisfacer los requerimientos del mercado, FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. cuenta con los siguientes tipos:

EMULGRAN® 300

EMULGRAN® 600” (FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C., 2018)

En cuanto a su diseño está concebido para:

“El EMULGRAN® ha sido diseñado para trabajar en taladros de diámetros superiores a 3 pulgadas en condiciones de columna inundados o con abundante agua que no es posible evacuar o donde no se pueda cargar en forma mecanizada

El EMULGRAN® tiene las siguientes ventajas durante su uso:

Posee una alta densidad

Genera grandes volúmenes y presiones de gases

Desarrolla un alto nivel de energía por unidad de volumen

Es 100% resistente al agua y soporta altas presiones hidrostáticas y condiciones inusuales de alta y baja temperatura de trabajo

Proporciona rendimientos notablemente superiores a los del ANFO.

Es seguro frente a los estímulos de golpe, fuego y caída” (FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C., 2018)

Figura 20

Emulgran 300



Se propone un tipo de explosivo encartuchado como el EMULGRAN que posee mayor densidad que el EMULNOR 5000

Tabla 17

Explosivo Emulgran 300 y Superfam Dos

TIPO DE EXPLOSIVO					
SITUACIÓN ACTUAL			PROPUESTA DE MEJORA		
EMULNOR 5000 Y SUPERFAM DOS			EMULGRAN 300 Y SUPERFAM DOS		
Densidad	1.16	gr/cc	Densidad	1.25	gr/cc
Veloc. de detonación	5500	m/s	Veloc. de detonación	5500	m/s
Energía	1010	Kcal/kg	Energía	790	Kcal/kg
Presentación	3 x 16 "	Pulgadas	Presentación	4 1/2 x 16	Pulgadas
Cantidad	11	Unidad	Cantidad	4	Unidad

Diseño de Carga del taladro

Se presenta el nuevo diseño de carga de columna para una malla de 3.6 m por 4.2 m. Según los cálculos realizados se reducirá el factor de potencia a 0.35 kg/t.

Tabla 18

Diseño de carga

DISEÑO DE CARGA			
SITUACIÓN ACTUAL		PROPUESTA DE MEJORA	
EMULNOR 5000 Y SUPERFAM DOS		EMULGRAN 300 Y SUPERFAM DOS	
Emulnor 5000	20.7 kg	Emulgran 300	45 kg
Superfam dos	16.9 kg	Superfam dos	5 kg
Factores potencia	0.37 kg/tal	Factores potencia	0.35 kg/tal

Emulgran qhana

Descrito como:

“El EMULGRAN QHANA es un agente de voladura a granel a base de emulsión del tipo agua en aceite, con componentes sensibilizantes que le permiten obtener una alta velocidad de detonación y presión de detonación, es seguro, resistente al agua y proporciona una mejora en los avances y en los volúmenes de roca fragmentada, teniendo además una buena calidad de gases de voladura” (FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C., 2018)

“Se utiliza en las mismas condiciones que cualquier agente de voladura tipo Anfo (minería subterránea y obras civiles) así también donde exista presencia de agua y donde las condiciones de ventilación no permitan el uso de Anfo.” (FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C., 2018)

Las ventajas que ofrece son muchas, mencionamos algunas:

Cargar los taladros, las columnas explosivas se acoplan por completo, desarrollando con dicha condición, toda su energía y transfiriéndola al interior del taladro

Por su alto poder rompedor hace necesario ampliar las plantillas de perforación y como resultado se tiene una reducción de los costos de voladura

Es un agente de voladura muy seguro puesto que no es sensible al detonador N° 8 y debe ser iniciado por una prima conformada por un cebo de Emulnor de un peso concordante con el diámetro y peso de las columnas explosivas usadas y con un detonador Fanel

El carguío del EMULGRAN QHANA en los taladros se realiza con las unidades de bombeo especialmente diseñadas sobre una unidad móvil. Las unidades bombeables “FAMEJET” son cargadores de emulsión, móviles, mecanizados, compactos accionados neumáticamente o eléctricamente, fácilmente transportable que permite alimentar en forma eficiente y continua a los taladros con caudales de 10 Kg/min a 25kg/min dependiendo de las

diferentes secciones de voladura que existe en la mina” (FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C., 2018)

Figura 21

Superfam Dos



Se propone como explosivo al EMULGRAN QHANA porque posee mayor grado de confinamiento durante el carguío de los taladros del proyecto

Tabla 19
Explosivo Emulgram Qhana

TIPO DE EXPLOSIVO					
SITUACIÓN ACTUAL			PROPUESTA DE MEJORA		
EMULNOR 5000 Y SUPERFAM DOS			EMULGRAN QHANA		
Densidad	1.16	gr/cc	Densidades	1.12	gr/cc
Velocidad de detonante	5500	mts/s	Veloc. de detonación	5200 + 300	m/s
Energía	1010	Kcal/kg	Energía	856	Kcal/kg
Presentación	3 x 16 "	Pulgadas	Presentación	5 x 16 "	Pulgadas
Cantidad	11	Unidad	Cantidad	4	Unidad

Diseño de Carga del taladro

Después de rediseñar una carga de columna para una malla de 3.6 m por 4.2 m. se puede establecer que se alcanza una reducción del factor de potencia a 0.31 kg/t. Esta estimación parte del análisis de los cálculos realizados.

Tabla 20
Diseño de carga con Emulgran Qhana

DISEÑO DE CARGA			
SITUACIÓN ACTUAL		PROPUESTA DE MEJORA	
EMULNOR 5000 Y SUPERFAM DOS		EMULGRAN QHANA	
Emulnor 5000 y Superfam dos	37.6 kg/tal	Emulgran Qhana	52.5 kg/tal
Factor de potencia	0.37	Factor de potencia	0.31

CONCLUSIONES

1. Se concluye que, si se realiza un cambio del diámetro del taladro, por consecuencia también se modificara el tamaño del Burden y Espaciamiento.
2. Cuando se ejecute proyectos con los nuevos valores de los parámetros de la malla se obtendrá un incremento del volumen movido de 19 % mensual.
3. El diámetro de 5 “en la nueva malla, garantiza que se reduzca el número de taladros, es decir se disminuye en un 19 % mensual.
4. Efectivamente se obtendrá un factor de carga de 27% en kilogramos de explosivo para volar una tonelada de material al mes.
5. Se logro una reducción de 40% en el porcentaje de gruesos respecto a la tendencia presentada en la mina que alcanzaba valores de 60% normalmente
6. Se logro un P80 por debajo de 4”. A diferencia de los resultados normales cuando a 10” recién se alcanzaba valores de P80. Exactamente este valor se alcanzó a 2.25”.
7. Se tuvo un mejor desempeño del VOD en las siguientes condiciones: “los taladros con cargas de booster de 1Lb frente a los resultados obtenidos con booster de $\frac{3}{4}$ Lb en un 1 % en taladros con cargas con ANFO. En cambio, los taladros con cargas solo de Emulnor 5000 se registró un resultado de 1.89 %. También se obtuvo resultado superior de 2.89 % en los taladros con cargas de Emulnor 5000 y Anfo Superfan Dos”.
8. En cuanto a la potencia el factor resultante para el Tajo Susan presento una reducción de 7.9%, como consecuencia el costo de voladura también presentó una reducción de 23.2%, en comparación a los últimos datos evaluados correspondientes al mes de diciembre.
9. Se obtuvo como resultado correspondiente al nivel 0 en lo que corresponde a la clasificación de humos generados en las labores evaluadas, lo que se significa que no hay presencia de humos, es decir, “no humos”.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar el incremento del diámetro en la malla de voladura, para poder brindar mejores condiciones al explosivo dentro del taladro.
2. Realizar el seguimiento constante a los resultados post voladura.
3. Se recomienda tratar de cumplir con el diseño de malla y carguío de taladros en el campo de las operaciones, según lo planteado por el área de Planeamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 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 licenciamento, U.N. de Trujillo]repositorio institucional U.N. de Trujillo.
- 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 licenciamento, U.N. de Trujillo] repositorio institucional U.N. de Trujillo.
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). *Perforacion y voladura de rocas en minería*. DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS, Universidad Poitecnica de Madrid.
- CALUA, F. (2019). *PROPUESTA DE MINIMIZACIÓN DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS PARA UNA MAYOR PRODUCCIÓN EN CARGUÍO Y ACARREO EN CIA. MINERA COIMOLACHE S.A.* [tesis de licenciamento, U.N. de Cajamarca]repositorio institucional U.N.Cajamarca.
- 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 licenciamento, U.N. de Trujillo]repositorio institucional U.N. d Trujillo.
- Challa, D. (2014). *“ALTERNATIVA DE VARIACIÓN DE HEAVY ANFO A EMULSION GASIFICADA PARA MEJORAR LOS COSTOS, PARAMETROS TÉCNICOS Y MEDIO AMBIENTALES DE VOLADURA EN MINA CUAJONE SOUTHERN PERU”*. [tesis de licenciamento, U.N. de San Agustín de Arequipa.
- 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 Agustín de Arequipa] repositorio institucional U.N. San Agustín de Arequipa.
- ENAEX. (s.f.). *Manual de tronadura ENAEX S.A.* ENAEX, Gerencia técnica.
- Enaex. (s.f.). *Manual de tronadura Enaex S.A.*
- ESCRIBA, E. (2018). [tesis de licenciatura, U. N. San Agustín de Arequipa]repositorio institucional U.N.San Agustín 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.
- GUERRA, R. (2013). *USO DE EMULSIÓN GASIFICABLE PARA REDUCIR COSTOS DE PERFORACIÓN-VOLADURA EN MINERÍA SUPERFICIAL Y SÚBTERRANEA*. [tesis de licenciatura, U.N. de Ingenieria]repositorio institucional U.N. de Ingenieria.
- 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.
- Medina, R. (2014). “EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA-ECOLÓGICA DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS USANDO EMULSIONES GASIFICADAS EN CUAJONE – SOUTHERN PERU”. 2014. [tesis de licenciamiento U.N de Ingenieria] repositorio institucional U.N. Ingenieria.
- Sotomayor , W. (2019). “*RENDIMIENTO TÉCNICO ECONÓMICO Y AMBIENTAL DE LA VOLADURA CON EMULSIÓN GASIFICADA VERSUS EMULSIÓN MATRIZEN LAS BAMBAS - MMG*”. [tesis de licenciamiento, U.N. Micaela Bastidas de Apurimac.

ANEXOS

Anexo A

Instrumentos de Recolección de datos

Parámetros de diseño de malla de perforación			
SITUACIÓN ACTUAL		PROPUESTA DE MEJORA	
Diámetro		Diámetro	
Burden		Burden	
Espaciamiento		Espaciamiento	
Subperforación		Subperforación	
Taco		Taco	
Altura de banco		Altura de banco	
Longitud de taladro		Longitud de taladro	

BASE: EMULNOR 5000 + SUPERFAM DOS	
Densidad de mezcla (gr/cc)	
DCL (kg/m)	
Kilogramos / taladro	
Ton rotas / taladro	
Factor de potencia (kg/tn)	
Densidad de roca (gr/cc)	
Diámetro (pulg)	
Burden (m)	
Espaciamiento (m)	
Altura de banco (m)	
Sobreperforación (m)	
Longitud de carga (m)	
Taco (m)	

FACTOR DE POTENCIA			
Voladuras estimadas (tn)		37500	
Producto	Superfam dos (saco)	Emulgran (saco)	Total, de explosivo
Cantidad			
Kilogramos por unidad			
Kilogramos totales (kg)			
FACTOR DE POTENCIA (kg/tn)			

COSTO UNITARIO TAJO SUSAN			
Tonelaje estimado		37,500	
Producto	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Fulminante N° 8 (unidad)			
Guía de seguridad (unidad)			
Fanel dual 17/800 (unidad)			
Fanel CTD 25 (unidad)			
Booster 3/4 (unidad)			
Booster 1 libra (unidad)			
Superfam dos (saco)			
Emulgran (caja)			
COSTO TOTAL DE VOLADURA			
COSTO UNITARIO DE VOLADURA (\$/tn)			

VELOCIDAD DE DETONACIÓN (VOD m/s), CON BOOSTER 1 lb.				
Booster	Booster	Distancia 1 (3,9023 m)	Distancia 2 (m)	Distancia 3 (m)
1 libra				
VOD Promedio	5767.7			

Frecuencia y amplitud de las vibraciones					
Factor de carga (kg/tal)	Distancia (m)	VPP Radial (mm/s)	VPP Vertical (mm/s)	VPP Transversal (mm/s)	VPP suma (mm/s)

RESULTADOS DE LA FRAGMENTACIÓN					
P20 (pulg)	P50 (pulg)	P80 (pulg)	P100 (pulg)	% Finos	% Gruesos

INDICADORES DE VOLADURA TAJO SUSAN 4805 - 02	
Fecha de disparo	
Malla (B X S)	
N° DE TALADROS	
Diámetro de taladro (pulg)	
Explosivo utilizado	
Factor de potencia (kg/tn)	
Costo de voladura (\$/tn)	
VOD 1 lb. (m/s)	
VOD ³/₄ (m/s)	
VPP (m/s)	
P80 (pulg)	

NIVEL DE HUMOS PRODUCIDOS				
Proyecto	N° de taladros	Explosivo	Nivel de humos	Categoría

Anexo B

Agente de voladura Superfam Dos



AGENTES DE VOLADURA

SUPERFAM DOS®

ANFO

Descripción y composición

El SUPERFAM DOS® es un agente explosivo granular compuesto con Nitrato de Amonio en prills grado ANFO, un combustible líquido y un colorante. La mezcla se realiza en equipos modernos de alta precisión que sumados a la alta calidad de los componentes, nos permite producir un agente de voladura de óptima calidad.

El Nitrato de Amonio con el cual se fabrica el SUPERFAM DOS® presenta una alta capacidad de retención de petróleo, con lo cual obtenemos un producto más estable, de manera que no migre el combustible después de un prolongado tiempo de fabricación.

Usos

El SUPERFAM DOS® se utiliza principalmente en minería superficial como también en minería subterránea, obras civiles y donde el tipo de roca sea blanda o semidura.

El SUPERFAM DOS® es recomendable utilizarlo en labores donde exista una buena ventilación y ausencia de afloramiento de agua, en minería superficial, minería subterránea, obras civiles y trabajos de tunelería.

Cuando se usa en taladros de diámetros convencionales en minería subterránea, con el propósito de optimizar su rendimiento recomendamos iniciarlo con Dinamita tipo Semigelatina® ó Gelatina® ó Emulsiones, tipo Emulnor® 3000; ambas fabricadas por FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. para diámetros mayores, se debe emplear cebos de alta densidad tipo BOOSTER HDP.

Características técnicas

		SUPERFAM DOS®
Densidad aparente (g/cm ³)		0,80 ± 0,05
Velocidad de detonación (m/s) (*)		3 000 ± 300
Energía teórica	Por peso (cal/g)	932
	Por volumen (cal/cm ³)	746
Energía relativa	Por peso (%)	100
	Por volumen (%)	100
Presión de detonación (kbar)		51

* Confinado en tubo de 2 pulgadas de diámetro.

Presentación

Se presenta envasado en doble bolsa: la bolsa interior es de polietileno con características impermeables, mientras que la bolsa exterior es de polipropileno, material resistente al manipuleo y almacenamiento en la cual se exhibe la identificación del producto.

Material	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)	Dimensiones exteriores (cm)	
SUPERFAM DOS®	Plástico	25,0	25,3	83,8 x 50,8

Transporte

Clase: 1
División: 1.5D
N° ONU: 0331



MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO

Los recipientes y accesorios de voladura de FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. son productos peligrosos, por lo tanto, al manipularlos se deben tomar las precauciones correspondientes. El recipiente o accesorio debe cumplir con lo establecido por las normas correspondientes, al momento de su transporte, almacenamiento y uso, así como entregarlos únicamente a todo el personal autorizado de su manipuleo.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. no asume responsabilidad alguna por el transporte, almacenamiento, manipuleo y uso de los productos de sus productos. El transporte, almacenamiento, manipuleo y uso de los productos debe realizarse en concordancia con las regulaciones y aplicaciones por la autoridad competente. Deben ser almacenados en condiciones adecuadas en zonas seguras, protegidas de la lluvia y el calor, y en concordancia con la tabla de compatibilidad vigente de la industria explosiva.

ATENCIÓN

La información y recomendación aquí descrita no cubren necesariamente todas las aplicaciones del producto ni las distintas condiciones de uso, con las que sea utilizado. Antes de iniciar los trabajos, investigación y pruebas realizadas por FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. deben no garantizar resultados favorables ni asumir responsabilidad alguna, expresa o implícita en conexión con el uso de estos productos. Este producto puede ser modificados sin previo aviso.



Anexo C

Altos explosivos Emulgran



EMULGRAN®

EMULSIÓN O HIDROGEL ENCARTUCHADA

Descripción y composición

El EMULGRAN® está fabricado a base de una emulsión que se encuentra dentro de una envoltura plástica conteniendo sustancias sensibilizadores y energizantes.

Tipos y usos

Para satisfacer los requerimientos del mercado, FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. cuenta con los siguientes tipos:

- EMULGRAN® 300
- EMULGRAN® 600

El EMULGRAN® ha sido diseñado para trabajar en taladros de diámetros superiores a 3 pulgadas como carga de columna inundados o con abundante agua que no es posible evacuar o donde no se pueda cargar en forma mecanizada.

El EMULGRAN® tiene las siguientes ventajas durante su uso:

- Posee una alta densidad.
- Genera grandes volúmenes y presiones de gases.
- Desarrolla un alto nivel de energía por unidad de volumen.
- Es 100% resistente al agua y soporta altas presiones hidrostáticas y condiciones inusuales de alta y baja temperatura de trabajo.
- Proporciona rendimientos notablemente superiores a los del ANFO.
- Es seguro frente a los estímulos de golpe, fuego y caída.

Transporte

Clase : 1
División : 1.1D
N° ONU : 0241



Características técnicas

	EMULGRAN® 300	EMULGRAN® 600
Densidad relativa (g/cm³)	1,25 ± 0,1	1,28 ± 0,1
Velocidad de detonación (m/s) (*)	5 500 ± 300	4 900 ± 300
Presión de detonación (kbar)	95	77
Energía (kcal/kg)	790	980
Volumen de gases (l/kg)	965	920
Potencia relativa en peso (%)	88	109
Potencia relativa en volumen (%)	134	170
Sensibilidad al Booster HDP	150 g (1/3 libra)	150 g (1/3 libra)
Resistencia al agua	Excelente	Excelente

* Velocidad de detonación confinado en tubo de 6 pulgadas de diámetro.

Presentación

	Material de caja	Capacidad de caja (Pza.)	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)	Dimensiones exteriores (cm)
EMULGRAN® 300 3 1/2" x 16"	Cartón	8	25,0	26,5	44,6 x 32,5 x 29,3
EMULGRAN® 300 4 1/2" x 16"	Cartón	4	20,0	21,9	44,6 x 32,5 x 29,3
EMULGRAN® 300 5" x 16"	Cartón	4	28,0	29,5	44,6 x 32,5 x 29,3
EMULGRAN® 300 5" x 12"	Cartón	5	25,0	26,5	50,1 x 35,1 x 25,3
EMULGRAN® 300 3 3/4" x 24"	Cartón	4	21,0	22,5	65,3 x 30,6 x 23,3
EMULGRAN® 600 3 1/2" x 24"	Cartón	5	25,0	26,5	65,3 x 30,6 x 23,3

Otras formas de embalaje de acuerdo a pedido.



MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Los explosivos y accesorios de voladura de FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. son productos seguros, pero en ciertas circunstancias se constituyen en elementos peligrosos. El usuario debe cumplir con lo establecido por las normas correspondientes, al momento de su transporte, almacenamiento y uso, así como actuar debidamente a todo el personal encargado de su manejo.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. no asume responsabilidad alguna por el transporte, almacenamiento y uso de explosivos que pudieran darse a los productos. El transporte, almacenamiento, manejo y uso debe hacerse en concordancia con las regulaciones y disposiciones por la autoridad competente. Debe ser almacenado en polvorines autorizados en zonas seguras, protegidos de la lluvia y el calor, y en concordancia con la tabla de compatibilidad vigente de la autoridad competente.

ATENCIÓN

La información y recomendación aquí descrita no cubren necesariamente todas las aplicaciones del producto ni las distintas condiciones bajo las cuales este sea utilizado. Estas se basan en la experiencia, investigación y pruebas realizadas por FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. quien no garantiza resultados favorables. El usuario responsablemente seguro, asesorado o informado en consulta con el uso de estas sugerencias. Este producto puede ser modificado sin previo aviso.



Anexo D

Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
TITULO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p>“MEJORA DE LA CALIDAD DE LA VOLADURA MEDIANTE UNA NUEVA MALLA DE PERFORACIÓN Y EL USO DE EMULSIONES EMULGRAN QHANA, EN COMPAÑÍA MINERA CORIHUARMI.”</p>	<p>2.3.1 Problema general ¿Al diseñar una nueva malla de perforación y al usar explosivos emulsor Qhana se podrá obtener mejora en la calidad de la voladura, en la Unidad Minera Corihuarmi?</p> <p>2.3.2 Problemas específicos</p> <p>a. ¿qué resultados se podrá obtener en la voladura al emplear la nueva malla de perforación, en la Unidad Minera Corihuarmi?</p> <p>b. ¿Qué estándares de perforación y voladura se podrán obtener al usar la nueva malla de perforación y los explosivos emulnor Qhana, en la Unidad Minera Corihuarmi?</p>	<p>2.4.1 Objetivo general Diseñar una nueva malla de perforación y usar explosivos emulsor Qhana para obtener mejora en la calidad de la voladura, en la Unidad Minera Corihuarmi</p> <p>2.4.2 Objetivos específicos</p> <p>a. Obtener resultados en la voladura al emplear la nueva malla de perforación, en la Unidad Minera Corihuarmi</p> <p>b. Obtener estándares de perforación y voladura al usar la nueva malla de perforación y los explosivos emulnor Qhana, en la Unidad Minera Corihuarmi</p>	<p>3.4.1 Hipótesis General Al Diseñar una nueva malla de perforación y usar explosivos emulnor Qhana obtendremos mejoras en la calidad de la voladura, en la Unidad Minera Corihuarmi</p> <p>3.4.2 Hipótesis específicas</p> <p>a. Obtendremos mejores resultados en la voladura al emplear la nueva malla de perforación, en la Unidad Minera Corihuarmi</p> <p>b. Obtendremos mejores estándares de perforación y voladura al usar la nueva malla de perforación y los explosivos emulnor Qhana, en la Unidad Minera Corihuarmi.</p>	<p>-Variables para la hipótesis general</p> <p>Variable independiente Diseño de malla de perforación, explosivos emulnor Qhana</p> <p>Variable dependiente calidad de voladura</p> <p>Variables para la hipótesis específicas</p> <p>Para la hipótesis a Variable independiente malla de perforación, explosivos emulnor Qhana</p> <p>Variable dependiente Resultados de voladura</p> <p>Para la hipótesis b. Variable independiente malla de perforación, explosivos emulnor Qhana</p> <p>Variable dependiente estándares de voladura</p>