

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS



TESIS

Variación de los parámetros de detonación al usar dispositivos cónicos

hechos con geomembranas, en la Empresa Minera Aruntani, Unidad

Minera Arasi - Puno.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor: Bach. Cristian Maycon MEZA RIOS

Asesor: Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA

Cerro de Pasco - Perú - 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS



TESIS

Variación de los parámetros de detonación al usar dispositivos cónicos hechos con geomembranas, en la Empresa Minera Aruntani, Unidad Minera Arasi - Puno.

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ
PRESIDENTE

Ing. Toribio GARCÍA CONTRERAS
MIEMBRO

Mg. Raúl FERNANDEZ MALLQUI
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mi familia, en especial a mi madre, mi tía y mi abuela, que sin su ayuda, cuidado y motivación no hubiese podido cumplir este anhelo, gracias por todo, madres mías.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme salud y permitirme llegar a esta instancia de mi vida, a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión por acogerme en sus instalaciones, a la facultad de minas y a los docentes por compartir su sabiduría y guiarme en el camino profesional.

RESUMEN

La tesis titulada Variación de los parámetros de detonación al usar dispositivos cónicos hechos con geomembranas, en la Empresa Minera Aruntani, Unidad Minera Arasi - Puno, cuyo objetivo principal es la de determinar la variación de los parámetros de la detonación al usar dispositivos cónicos fabricados en base a geomembranas, es de tipo aplicado, nivel correlacional, diseño no experimental, enfoque cualitativo, y un método científico, la muestra está formada por los bancos 4854, 4560 del tajo Valle Este.

Como conclusión tenemos:

- Los taladros que registraron los tiempos de 111 y 140 ms. de retención son aquellos taladros que tenían un taco de 3.30 y 3.50m. respectivamente.

- El tapón ocasiona atascamientos a lo largo del taco, es necesario rediseñar el producto para evitar estos percances para luego continuar con la evaluación.

- La retención de la carga volada usando tapón fabricado y material detrítico fueron los siguientes; cuando se usó tapón los resultados fueron variados, teniendo como promedio 38.96 ms. de retención de carga, al usar material particulado detritus el tiempo de retención en los dos disparos realizados utilizando como material explosivo ANFO HA 28 HA 46, no se tuvo mucha variación en cada disparo teniendo como promedio 73.66 ms.

- La velocidad de detonación de las pruebas realizadas estuvieron entre 4267.3 m/s, a 4832.0 m/s. rangos que se encuentran dentro de los rangos esperados.

- Referente a la fragmentación los resultados que se obtuvieron, mediante el análisis de los fotogramas de la voladura se obtuvo, para la voladura del banco 4560-041 un P80 de 8.97 pulgadas de material volado, y para el banco 4560 -042 se obtuvo un P80 de 4.80 pulgadas.

Palabras claves: parámetros, dispositivos cónicos, geomembrana, taco.

ABSTRAC

The thesis entitled Variation of detonation parameters when using conical devices made with geomembranes, in the Aruntani Mining Company, Arasi Mining Unit - Puno, Whose main objective is to determine the variation of the detonation parameters when using devices conicals manufactured based on geomembranes, it is of applied type, correlational level, non - experimental design, approach qualitative, and a scientific method, the sample is formed by banks 4854, 4560 of the Valle Este pit.

As a conclusion we have:

-The drills that recorded the times of 111 and 140 ms. retention are those drills that had a block of 3.30 and 3.50m. respectively.

- The plug causes sticking along the block, it is necessary to redesign the product to avoid these mishaps and then continue with the evaluation.

- The retention of the flown load using manufactured plug and detrital material were the following; When a plug was used, the results were varied, averaging 38.96 ms. retention time, when using particulate debris material, the retention time in the two shots made using anfo HA 28 HA 46 as explosive material. There was not much variation in each shot, averaging 73.66 ms.

- The detonation velocity of the tests carried out was between 4267.3 m / s, at 4832.0 m / s. ranges that are within the expected ranges.

- Regarding fragmentation, the results obtained, by analyzing the blast frames, a P80 of 8.97 inches of blown material was obtained for the blasting of bank 4560-041, and for bank 4560 -042 a 4.80-inch P80.

Keywords: parameters, conical devices, geomembrane, plug.

PRESENTACIÓN

La voladura hoy en día, en el contexto mundial, es una de las etapas del proceso productivo minero más delicado e importante; debido a ello en el mundo la tecnología en voladura ha creado una serie de instrumentos para poder trabajar eficientemente, desde la invención de la pólvora hasta hoy que vemos investigaciones continuas en el área de explosivos, detonadores, fragmentación, aplicaciones informáticas de voladura, monitoreo de la perforación, captura y tratamiento digital de imágenes son aplicados actualmente en todas las empresas mineras a nivel mundial.

De la misma forma que en el mundo la tecnología en voladura en América Latina se viene aplicando en América debido a que las diferentes empresas mineras presentes son las mismas que operan alrededor del mundo así tenemos empresas como Newmont, BHP Billiton, XTrata, Teck Cominco, Mitsubishi, Barrick -Gold, Grupo México etc. Todas ellas cuentan con tecnologías de última generación.

Específicamente, la actividad minera en nuestro país en cuanto a la voladura tiene un desarrollo importante y está en un nivel igual al resto de los países del mundo, usando tecnologías de última generación, así como equipos, maquinarias y materiales.

A nivel local. La empresa Minera Aruntani tiene varias unidades en operación en todas ellas el proceso de voladura se halla tecnificado y en constante mejora, una de ellas es el mejorar el grado de dispersión y fragmentación del material volado usando como elemento el dispositivo cónico para poder controlar los tacos de los taladros.

Por ello me propongo realizar la presente investigación, aportando lo siguiente: Medir el tiempo de retención del dispositivo cónico fabricado a base de geomembrana en mina, determinar la dispersión de los retardos superficiales utilizados en disparos con iniciación pirotécnica, generar data referida a la velocidad de detonación de las diferentes mezclas explosivas, análisis de fragmentación.

INDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRAC.....	iv
PRESENTACIÓN.....	v
CAPÍTULO I.....	1
Introducción.....	1
CAPÍTULO II.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Antecedentes de estudio.....	3
2.2 Bases teóricas – científicas.....	5
2.3 Definición de términos conceptuales.....	14
2.4 Enfoque filosófico - epistémica.....	15
CAPITULO III.....	17
METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	17
3.1 Tipo de investigación.....	17
3.2 Nivel de investigación.....	17
3.3 Características de la investigación.....	17
3.4 Métodos de investigación.....	18
3.5 Diseño de investigación.....	18

3.6	Procedimiento del muestreo.....	18
3.6.1	Población.	18
3.6.2	Muestra.....	18
3.7	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.7.1	Técnicas.	18
3.7.2	Instrumentos.....	19
3.8	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	20
3.9	Orientación ética.....	20
CAPITULO IV.....		21
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....		21
4.1	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	22
4.1.1	Resultados.....	25
4.2	Discusión de resultados.....	35
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

CAPÍTULO I

Introducción.

La voladura hoy en día es una de las etapas del proceso productivo minero más delicado e importante; debido a ello en el mundo la tecnología en voladura ha creado una serie de instrumentos para poder trabajar eficientemente, desde la invención de la pólvora hasta hoy que vemos investigaciones continuas en el área de explosivos, detonadores, fragmentación, aplicaciones informáticas de voladura, monitoreo de la perforación, captura y tratamiento digital de imágenes son aplicados actualmente en todas las empresas mineras a nivel mundial.

En la Unidad Minera Arasi se quiere mejorar el nivel de dispersión y el grado de fragmentación usando como elemento el dispositivo cónico para poder controlar los tacos de los taladros.

El aporte que nuestra investigación puede dar es: Medir el tiempo de retención del dispositivo cónico fabricado a base de geomembrana en mina, determinar la dispersión de los

retardos superficiales utilizados en disparos con iniciación pirotécnica, generar data referida a la velocidad de detonación de las diferentes mezclas explosivas. análisis de Fragmentación.

La investigación se desarrollará en la Empresa Minera Aruntani, unidad minera Arasi, ubicado el departamento de Puno, provincia de Lampa, distrito de Ocuvi.

El capítulo I se considerará de manera introductoria la aplicación de la tecnología en el proceso de voladura, el deseo de mejora en la Unidad Minera Arasi, el aporte de nuestra investigación y datos de donde se desarrollará la presente tesis.

El capítulo II abarca el marco conceptual, en el que se enfoca las investigaciones precedentes, las bases teóricas, terminología usada y el enfoque filosófico – epistémico.

El capítulo III aborda y presenta la metodología empleada. Para ellos se abarca le tipo, niveles, métodos, diseño, grupo población, muestra la técnica e instrumentos empleados.

El capítulo IV vemos sobre los resultados sobre el uso de los dispositivos cónicos puestos a prueba, comprendiendo el trabajo de campo, su análisis y los resultados hallados, concluyendo con las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio.

Para el desarrollo de mi tesis hemos revisado las siguientes informaciones que nos sirvieron para ejecutar la presente investigación.

Antecedente 01.

En la tesis que trata sobre “OPTIMIZACIÓN DE LA VOLADURA CONTROLADA APLICANDO UN MODELO MATEMÁTICO.” (MENDOZA, 2014). La problemática de la mina fue la perforación y la voladura teniendo una eficiencia del 50% por lo cual tuvo que realizar un diagnóstico de dichos procesos, en cuanto a la perforación no se tenía en cuenta el tipo de roca, no se usaba tacos, había una sobre excavación; en la voladura se tenía un factor de carga alto 6.94 kg/m^3 , un costo alto de $86.29 \text{ \$/ml}$.

Para poder solucionar se planteó como alternativa el uso del modelo matemático de Holmberg y Chiappeta para el diseño de la voladura. Lográndose una

mejora en la perforación y voladura; disminuyendo la malla de perforación en función del tipo de roca, disminución del bourden y la sobre excavación.

Antecedente 02.

En la tesis “APLICACIÓN DE CÁMARAS DE AIRE EN TRONADURA DE PRODUCCION DE UNA MINA DE HIERRO.” (GARRIDO C. 2020) que trata de la aplicación de cámaras de aire en la voladura, para mejorar la fragmentación, disminuir la eyección de los tacos, vibraciones del terreno y la emanación de polvo. Para lo cual realizo pruebas de voladura usando cámaras de aire en unas labores y en otras no, como agente explosivo uso el Para plug: Llegando a las siguientes conclusiones: después de las pruebas realizadas, hay una disminución de la velocidad y presión a medida que se sube la cámara de aire, se reduce también la fragmentación en la zona donde se coloca la cámara, en cuanto a la vibración se observa una disminución del 36%.

Antecedente 03.

La tesis que trata sobre “Los efectos de las cámaras de aire en taladros de producción [tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo] repositorio institucional U. Cesar Vallejo.” (CUMPA, 2016). plantea como objetivo el mejorar la fragmentación y reducir las vibraciones de la voladura con la aplicación de cámaras de aire en los taladros de perforados.

Para lo cual se realizó cinco pruebas, como conclusión nos muestra que el uso de cámaras de aire es beneficioso toda vez que la distribución de la granulometría mejoró, las vibraciones se redujeron hasta un 58.30% frente a las voladuras que no utilizan cámaras de aire, también se ve una reducción de la dispersión de los fragmentos.

Antecedente 04.

La tesis "APLICACIÓN DEL MÉTODO AIR DECK PARA OPTIMIZAR LA VOLADURA EN MINA PIERINA." (CATACORA, 2015). Referente a la aplicación del método air deck, enfoca el uso de este método en la voladura para obtener una fragmentación que requiere la planta concentradora y generar menos vibraciones.

Como conclusión arriba a: el P80 promedio en mineral es de 8.4 pulgadas y de 9.2 pulgadas en desmonte valores que se encuentran dentro del requerimiento de la planta, en cuanto al costo de voladura fue de 0.02 \$/t.

Antecedente 05.

Referente a la tesis "EFECTO DE LA CÁMARA DE AIRE EN LA VOLADURA A TAJO ABIERTO PARA INCREMENTAR LA TASA DE EXCAVACIÓN (DIG RATE) EN EL TAJO TAPADO OESTE DE MINERA YANACocha, CAJAMARCA 2017." (Machuca, 2018). Que trata del efecto de la cámara de aire en la voladura a tajo abierto, donde usa cámaras de aire con el objetivo de incrementar la tasa de excavación (Dig Rate) que traerá como consecuencia la baja de los costos.

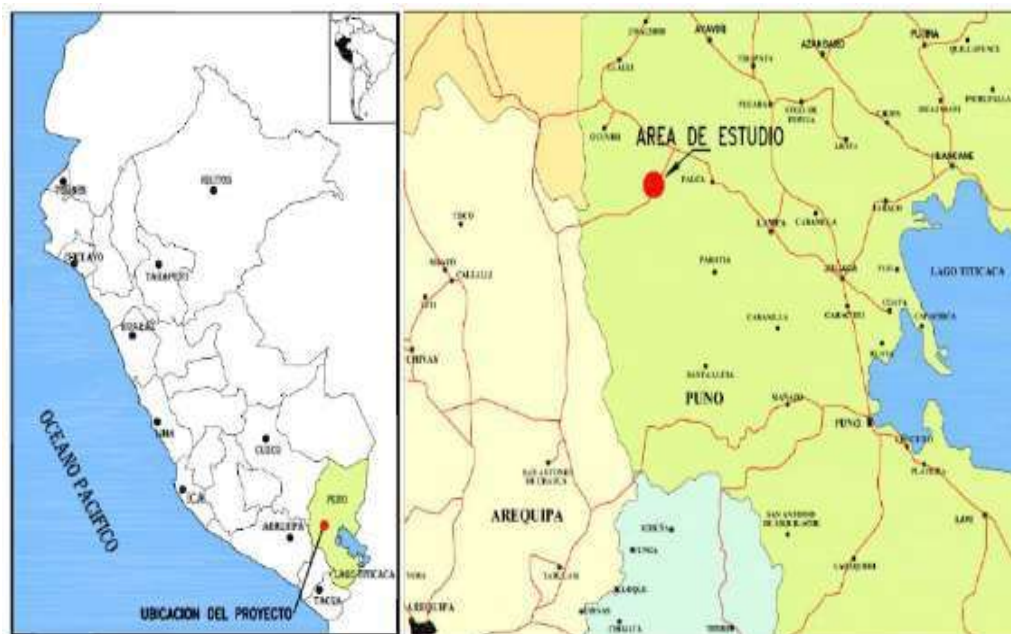
Se realizaron 9 pruebas de voladura, en 3 no se utilizó cámaras y en 6 se utilizó cámaras con dispositivos de cartuflex y aquadeck obteniendo como resultados lo siguiente: en las voladuras sin dispositivos se tuvo 2405 T/h. en las voladuras que se usaron cámaras de cartuflex se tuvo 3247 T/h. y en taladros con cámaras con aquadeck fue de 4549 T/h. teniendo un efecto positivo el uso de estas cámaras tanto en eficiencia de (Dig Rate) como en los costos.

2.2 Bases teóricas – científicas.

Ubicación.

La unidad minera Arasi se encuentra ubicada: “en el distrito de Ocuvi, provincia de Lampa en el departamento de Puno, que es una mina a tajo abierto donde la explotación se dio en bancos de 8 metros de altura y el mineral principal Es el oro” (VALENCIA, 2019, p.15).

Figura 1, Ubicación de la Unidad Minera ARASI



Vías de Acceso y/o vías de Comunicación

El acceso a la unidad minera se puede realizar por dos vías, una vía Arequipa otra vía Juliaca

Tabla 1. Acceso a la Unidad Minera vía Arequipa

TRAMO	DISTANCIA	TIPO	TIEMPO (hr)
	(Km)		
Arequipa – Imata	145	Asfaltada	2.0
Imata – Carretera a Tintaya	50	Afirmada	1.0
Carretera a Tintaya - Arasi	46	Afirmada	1.0

Km: Kilómetros

hr: horas

Tabla 2. Acceso a la Unidad Minera vía Juliaca

TRAMO	DISTANCIA (Km)	TIPO	TIEMPO (hr)
Juliaca – Lampa	33	Asfaltada	0.4
Lampa – Palca	35	Afirmada	0.6
Palca – Vila Vila	18	Afirmada	0.5
Vila Vila – Chivay	12	Afirmada	0.5
Chivay – Arasi	17	Trocha carrozable	0.5

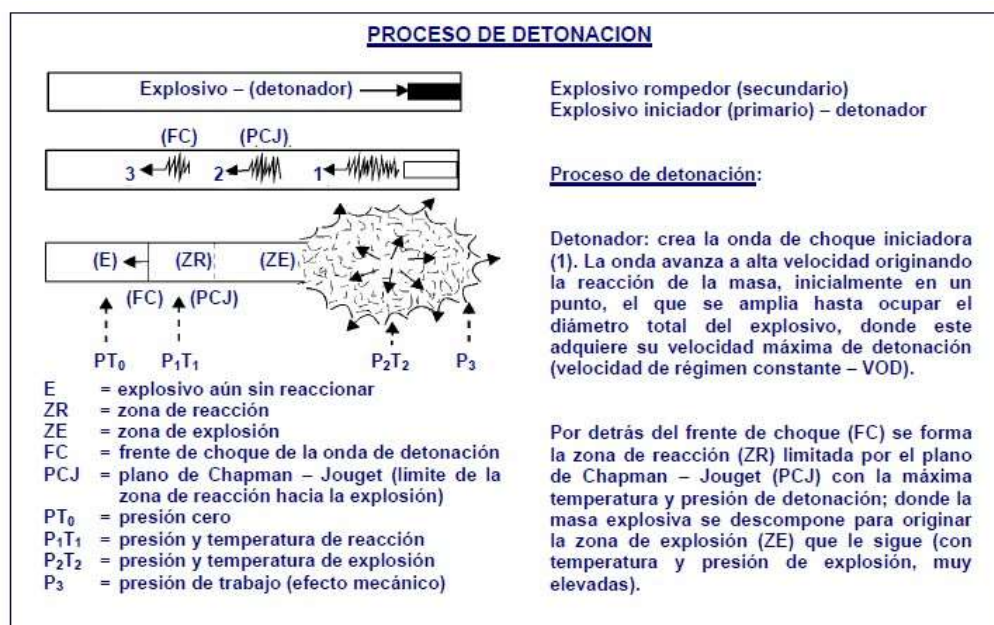
m: Kilómetros

hr: horas

Detonación.

En el manual de voladura de EXSA S.A se indica que detonación como: “un proceso físico-químico caracterizado por su gran velocidad de reacción y por la formación de gran cantidad de productos gaseosos a elevada temperatura, que adquieren una gran fuerza expansiva (que se traduce en presión sobre el área circundante)” (EXSA S.A., s/f., p.11). Como lo muestra la figura 2.

Figura 2. Proceso de detonación



Velocidad de detonación. (VOD).

Es uno de los elementos que tenemos que tener en cuenta para poder ver la

variación cuando se usa los dispositivos cónicos, entendiéndose como velocidad de detonación.

“La velocidad a la que la onda de detonación se propaga a través del explosivo y, por lo tanto, es el parámetro que define el ritmo de liberación de energía” (INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, s/f., p. 110).

Presión de detonación. (PD).

Tenemos a “la presión que se genera en el frente de detonación a lo largo del eje de la columna del explosivo y teóricamente en el centro del cilindro, que acompaña a la onda de choque y se alcanza inmediatamente después de la reacción.”

(GARRIDO C, 2020, p.9).

$$PD (kbar) = \frac{4.5 * 10^{-6} * VOD^2 * \rho_e}{1 + 0.8 * \rho_e}$$

Donde:

ρ_e : densidad del explosivo en gr/cm³.

VOD: velocidad de detonación.

Pd: presión de detonación en kbar.

Debido a la presión se produce la fracturación de la roca.

Fragmentación de la roca

Proceso de la voladura mediante el cual los explosivos actúan sobre la roca generando ondas de choque en un tiempo muy corta milisegundos lo que provoca el fracturamiento y desprendimiento de la roca, todo este proceso se desarrolló en etapas que mencionamos resumidamente:

- Detonación del explosivo.
- Transferencia de energía a la roca el cual empieza a desprenderse
- Generación de gases confinados produciendo fracturamiento y movimiento de rocas.
- Desplazamiento de la roca.

Las explosiones actúan muy rápidamente, los gases que se generan se expanden unas 10 veces su volumen original dentro del taladro en un tiempo de 5 a 10 milisegundos.

Para que haya fragmentación es condición de:

- Confinamiento del explosivo en el taladro.
- Existencia de cara libre.
- Distanciamiento del taladro a la cara libre.
- Fisuramiento cilíndrico radial.

En las figuras siguientes se puede observar: “las fases de rotura de un taladro con cara libre.” (EXSA S.A., s/f.).

Figura. 3 fases de la rotura de un taladro con cara libre

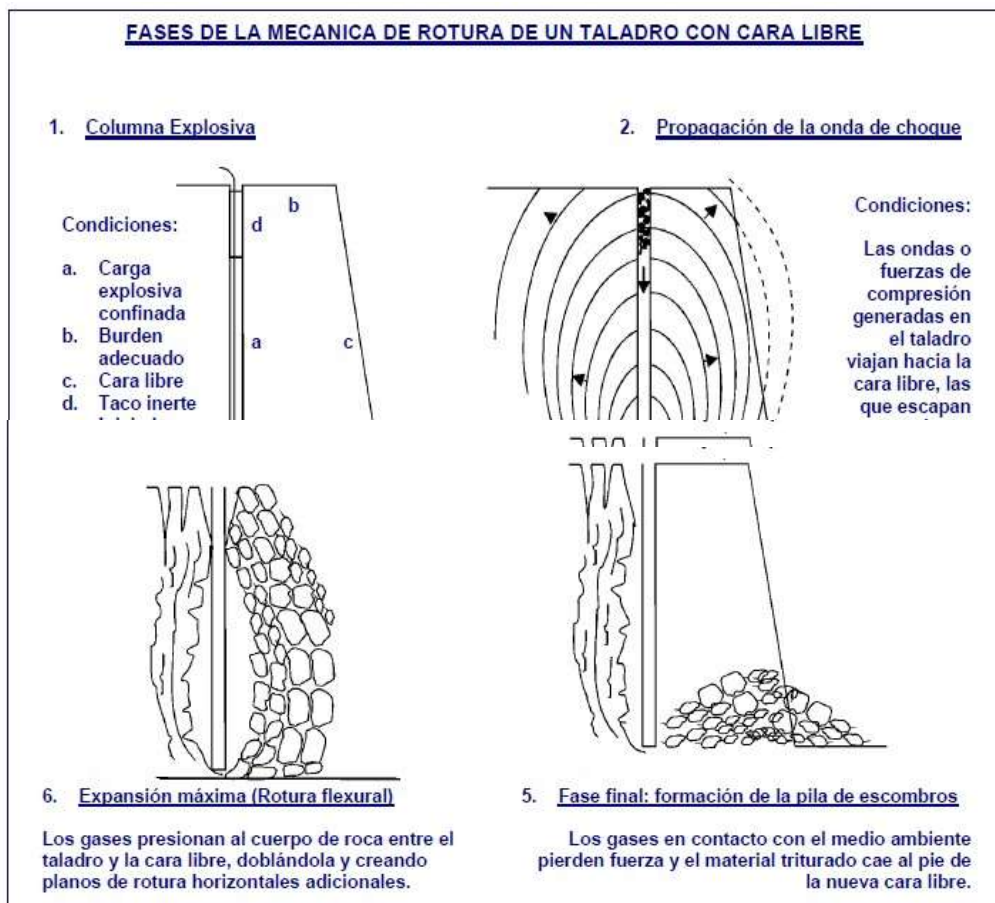


Figura 4. Rotura radial efecto de la transferencia de la onda de detonación



Vibraciones.

Cuando se realizan los disparos se producen ondas que genera vibraciones,

estas ondas se desplazan a través de cualquier medio en este caso la roca, realizan un desplazamiento radial a partir del taladro.

Se tiene dos tipos de ondas: internas y superficiales.

“Ondas internas: constituidos por ondas longitudinales o primarias (P) y las ondas transversales o secundarias (S). Ondas superficiales: tenemos las ondas LOVE, y ondas RAYLEIGH. Las ondas (P) primarias. Llamadas también ondas longitudinales o de compresión, estas ondas actúan comprimiendo y dilatando alternativamente a las rocas. Las ondas (S) secundarias o transversales son ondas que se desplazan transversalmente en la dirección de la propagación generada. Onda superficial tipo LOVE produce movimiento tipo horizontal de corte en la superficie. Onda superficial RAYLEIGH son ondas que producen movimiento elíptico.” (CUMPA, 2016, p.43).

Figura 5. Ondas internas y ondas superficiales

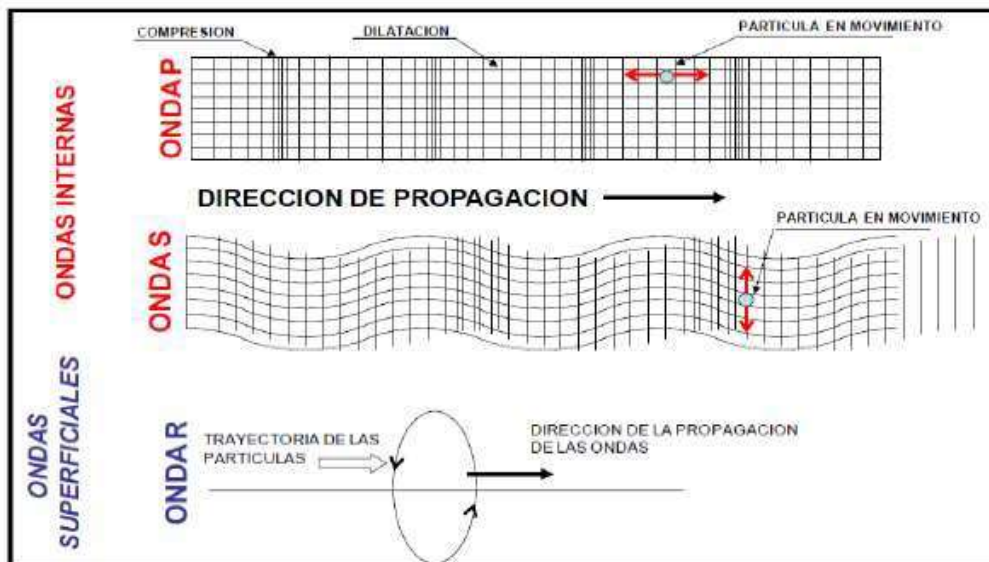
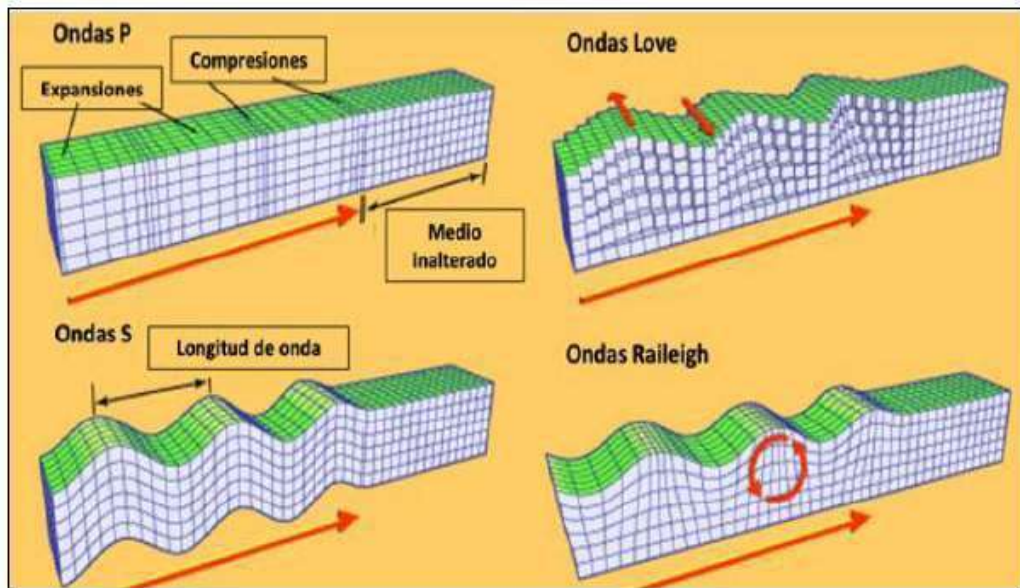


Figura 6. Tipos de ondas



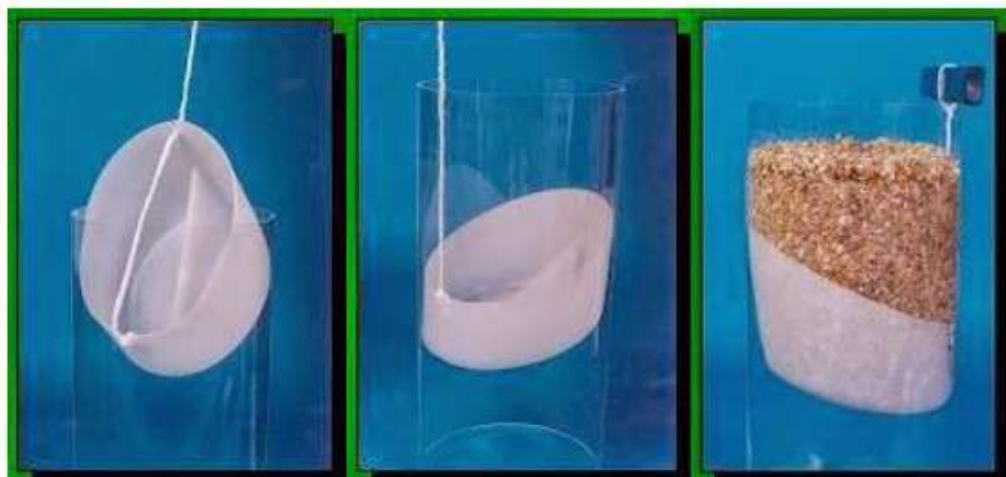
Accesorios cónicos retardadores de taco.

En la industria minera tenemos una serie de accesorios retardadores del taco, como los que mostramos a continuación:

EL TAPONEX.

Entendido como: “un accesorio de plástico (Polietileno) con un diseño particular que permite crear cámaras de aire en un pozo de voladura, su exclusivo diseño permite ser instalado sin la necesidad de aire comprimido, su forma es auto soportante” (CUMPA, 2016, p.46).

Figura 7. Accesorio cónico TAPONEX



Paraplug.

Viene a ser: “es un tapón plástico con forma cónica especialmente diseñado para la generación de una cámara de aire en un pozo de tronadura a cielo abierto. De fácil armado, fácil instalación, auto soportable, muy versátil y además es recuperable” (GARRIDO C, 2020, p.8).

Figura 8. Accesorio cónico Paraplug

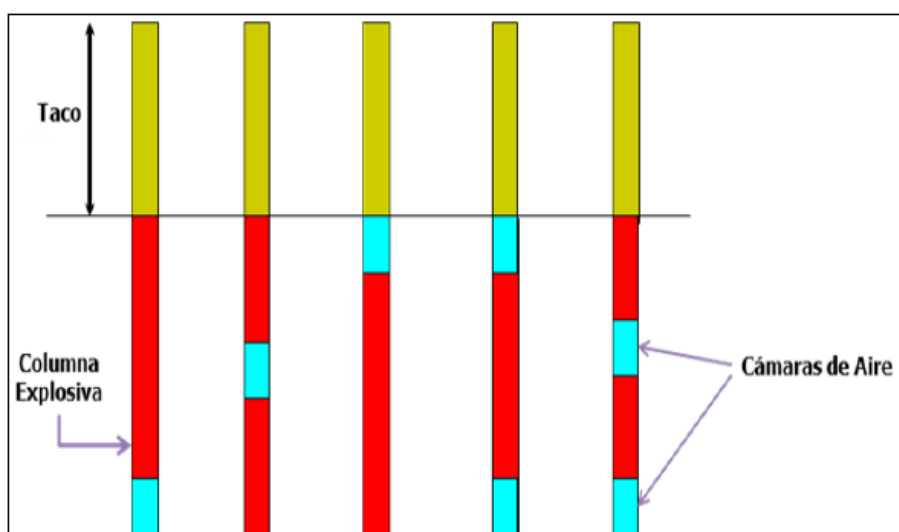


Cámaras de aire.

Cabe mencionar que las cámaras de aire son: “aditamentos usados en voladura como espacios de aire ubicados en el taladro convenientemente mediante un taponamiento que se puede colocar en la parte superior, al, medio, o en la parte inferior del taladro, pudiendo colocarse uno o dos cámaras en un taladro.” (Pérez, 2016).

El efecto principal es el aumento del fracturamiento de la roca, debido a que las ondas por las cámaras de aire aumentan su duración de 2 a 5 veces.

Figura. 9. Ubicación de las cámaras de aire en un taladro.



2.3 Definición de términos conceptuales

Tendremos en cuenta algunos conceptos que son usados en forma continua.

Presión de explosión (P0): “es la presión de los gases cuando llenan el mismo volumen ocupado por el explosivo, antes de su detonación” (NAVARRO, 2012, pág.17).

Banco: “Es el módulo o escalón comprendido entre dos niveles que constituyen la rebanada que se explota de estéril o mineral, y que es objeto de excavación desde un punto del espacio hasta una posición final preestablecida. Puede pues ser comparado con un escalón en el terreno.” (Pérez, 2016, pág. 45).

Carga de fondo Lb (Kg/M): “Es la carga más potente que es requerida en el fondo del taladro, debido a que la roca es más resistente en esa parte” (Pérez, 2016, pág. 45).

Factor de potencia (Kg/M3): “Es la cantidad de explosivo (en kg) usada por m3 de roca volada” (Pérez, 2016, pág. 45).

Taco: “Es el material estéril usado en la parte superior del taladro y consiste de arena seca, detrito o similares. El propósito del atacado es, por ejemplo, evitar que al

momento de la detonación los gases se dirijan hacia arriba arrancando partículas de roca alrededor de la boca del taladro (Fly rock).” (Pérez, 2016, pág. 46).

2.4 Enfoque filosófico - epistémica

La base de la presente investigación se sustenta en el paradigma pragmático, denominado también cualitativo, ya que posee un fundamento inductivo, observando cierta deficiencia en la zona del taco y basándonos teóricamente que un escaso retacado genera una vía de escape prematura de los gases, impidiendo alcanzar las altas presiones y el tiempo de trabajo de los gases necesarios para extender las fracturas creadas por las ondas. Y por el contrario con un taco excesivo, puede generarse bolones en la zona del taco, alto nivel de vibraciones, y poco esponjamiento del material.

Existe el interés de mi parte, por la comprensión de los resultados particulares al aplicar los dispositivos cónicos hechos a base de geomembrana.

La idea es proponer la aplicación del dispositivo cónico hecho a base de geomembrana, que se vienen aplicando en otras empresas mineras con buenos resultados como: mejoramiento del confinamiento, optimización de la utilización de la energía, aumento de la eficiencia del proceso de voladura, mejoramiento de la eficiencia del taco pudiendo reducir su distribución hasta un 40 %, ampliando la malla de perforación y reduciendo el número de tacos, lo que significa reducción de costos en perforación, optimiza la fragmentación mejorando así el proceso de carguío y transporte y que a comparación del dispositivo tipo industrial su costo de fabricación resulta ser hasta un 89.72% más barato.

la presente investigación trata de la aplicación del dispositivo cónico hecho a base de geomembrana en respuesta a la necesidad de mejorar el nivel de dispersión y grado de fragmentación para poder controlar los tacos de los taladros, así la misma

pertenece a la corriente filosófica pragmática.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Mi trabajo de investigación estará basado en un enfoque cualitativo porque vamos a recoger información de nuestras variables como la velocidad, presión de detonación, fragmentación del material volado, grado de dispersión del taco.

3.1 Tipo de investigación.

Será del tipo aplicado correccional porque vamos a relacionar variables de nuestra hipótesis, como la relación entre parámetros de detonación y el uso de dispositivos cónicos, para luego hacer el análisis correspondiente.

3.2 Nivel de investigación.

Le corresponde el nivel aplicado porque al modificar la variable independiente veremos si hay variación en la variable dependiente.

3.3 Características de la investigación.

La característica de la investigación es emergente, flexible y reflexivo de

acuerdo al contexto y circunstancias de estudio.

3.4 Métodos de investigación.

El método que emplearemos en nuestra investigación es el método científico, apoyado por los métodos inductivo deductivo, análisis y síntesis y observación insitu.

3.5 Diseño de investigación.

Concordando con nuestro enfoque, nivel y tipo de investigación nuestro diseño tendrá un diseño no experimental que corresponde al enfoque cualitativo porque no vamos a manipular la variable independiente deliberadamente, esto es la variable dispositivos cónicos, para poder ver si actúa sobre la variable dependiente al realizar las pruebas de la voladura.

3.6 Procedimiento del muestreo.

3.6.1 Población.

Todas las labores donde se realizan perforaciones de taladros o sea todos los tajos en operación de la Unidad Arasi conforman el grupo poblacional para esta investigación.

3.6.2 Muestra.

Los bancos 4854, 4560 del tajo Valle este de la mina Arasi conforman el grupo muestral objeto de esta investigación.

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.7.1 Técnicas.

Para la realización de la investigación usaremos como técnicas el siguiente procedimiento:

Inicio.

Elaboración de un cronograma.

Permisos previos para realizar la investigación.

Capacitación del personal.

Trabajo de campo.

Instrumentación para las mediciones.

Voladura.

Trabajo de gabinete.

Recojo de datos.

Revisión del trabajo realizado.

Análisis de datos.

Evaluación de resultados.

Elaboración del informe.

3.7.2 Instrumentos.

Como instrumentos equipos y materiales contaremos con:

Software data trap II.

Cámara fotográfica con video shot track mini 305.

Cable coaxial.

Conectores BNC.

Accesorios cónicos.

Sensores de presión.

Explosivos.

Material para taco.

Las fuentes secundarias.

Visitas de campo.

Análisis de información.

3.8 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

El análisis de los datos de nuestra investigación se realizó en base a los datos obtenidos durante el desarrollo de la investigación.

El procesamiento se realizó mediante las tablas, cuadros que se elaboró de acuerdo las variables planteadas.

3.9 Orientación ética.

Nuestra investigación se desarrollará respetando los principios valores de la honestidad, veracidad, y el compromiso de un buen manejo que devengan en el bienestar de la sociedad, esto se practicará a lo largo de todo el desarrollo de la investigación.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Descripción del trabajo de campo.

Los trabajos realizados en el campo para de determinar el tiempo de retención que ofrece el detritus utilizado como taco, con o sin el dispositivo cónico, se empleó la cámara de alta velocidad para la evaluación de proyectos iniciados con detonadores no eléctricos. Durante la semana que duraron las pruebas se utilizó la cámara de alta velocidad Blaster Troubleshooter, equipo capaz de registrar mil tomas por segundo, con una capacidad de grabado de hasta dos segundos de filmación. Se filmaron cuatro disparos primarios, cabe mencionar que la data obtenida en este estudio, si bien es de suma importancia también es de orden preliminar ya que se necesita mayor cantidad de filmaciones y pruebas para darle un nivel representativo al estudio.

Para garantizar la calidad del explosivo entregado en campo se obtuvieron registros de velocidad de detonación (VOD), pruebas de dispersión de tiempos de los

retardos de superficie y análisis de fragmentación.

4.1 Presentación, análisis e interpretación de resultados.

Antecedentes

Los retenedores de taco (Tapones Cónicos) son accesorios de voladura que actúan en los taladros para retener el taco, minimizan la liberación de energía a través del taco por lo tanto parte de esta energía es transferida a las paredes del taladro optimizando de este modo la fragmentación.

Los Tapones cónicos están fabricados con materias primas vírgenes, que garantizan un óptimo rendimiento. Los dispositivos cónicos que se emplean en mina están fabricados de geomembrana - liners.

Figura 10. Tap Frag Diseñado por Tricomín



Figura 11. Dispositivo diseñado en Mina.



Ubicación de los tapones

Algunos autores recomiendan colocar el tapón cónico a 1.5 diámetros de perforación separada de la columna explosiva, mientras que otros entre 2 y 2.5 diámetros. Cabe mencionar que la efectividad del accesorio está sujeta a prueba error de los ensayos a efectuarse.

Es de suma importancia generar data relacionada a diversas variables que repercuten en la buena performance del producto, como longitud del taco, tipo de taco, distancia de separación entre el explosivo y el taco, tipo de roca a volar (suave, media, dura), etc.

Metodología de registro

Se utilizó cordón detonante como señal de término de la detonación de la columna explosiva la cual se visualizará mediante la cámara de alta velocidad. De esta forma, y haciendo uso del software de la cámara, obtendremos dos tiempos: el de final de la detonación de la columna (fogoneo cordón detonante en superficie) y el primer desplazamiento del detritus por el taco, la diferencia de ambos tiempos es el

tiempo de retención.

Figura 12. La detonación de la columna explosiva

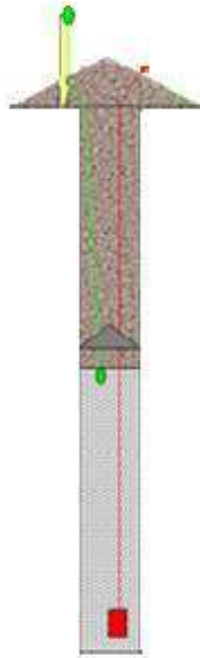


Figura 13. Tiempo de eyección del detritus del taco



4.1.1 Resultados.

Análisis de retención.

Data generada

Diámetro de taladro: 7 7/8 pulg.

Altura taladro: 8.00m

Columna explosiva: HA 28

Taco: 3.00m

Altura Retenedor: 0.00m

Usando tapón

Tabla 3. Con tapón

CON TAPON					
Inicio	Eyeccion	Retención	Cordon Det.	Retención T	
ms	ms	ms	ms	ms	ms
872	886	14	0.54		13.46
854	904	50	0.54		49.46
872	886	14	0.54		13.46
892	972	80	0.54		79.46
Promedio					38.96

Usando material particulado (detritus)

Tabla 4. Con material particulado (detritus)

CON MATERIAL PARTICULADO (DETRITUS)					
Inicio	Eyeccion	Retención	Cordon Det.	Retención T	
ms	ms	ms	ms	ms	ms
1405	1479	74	0.54		73.46
1439	1509	70	0.54		69.46
1453	1531	78	0.54		77.46
1476	1551	75	0.54		74.46
1487	1561	74	0.54		73.46
Promedio					73.66

Diámetro de taladro: 7 7/8 pulg.

Altura taladro: 8.00 m.

Columna explosiva: HA 46

Taco: 3.00m.

Altura Consignadas: 0.20m.

Usando tapón

Tabla 5. Usando tapón

CON TAPON					
Inicio	Eyeccion	Retención	Cordon Det.	Retención T	
ms	ms	ms	ms	ms	
1226	1338	112	0.54	111.46	
1270	1330	60	0.54	59.46	
1282	1349	67	0.54	66.46	
1267	1408	141	0.54	140.46	
Promedio				94.46	

Figura 14. Final de la detonación de la Columna explosiva



Figura 15. Inicio de eyección del taco



Análisis de dispersión.

El análisis realizado consiste en determinar el tiempo de ingreso de la onda de choque al retardo y el tiempo en que este reenvía la onda hacia el cordón detonante, calculando con el software el tiempo empleado para tal

Análisis de retardo superficial 17ms

Figura 16. Disparo con retardo 17 ms



Figura 17. Dispersión de retardo de 17 ms



Tabla 6. Dispersión de retardo de 17 ms

Dispersión de Retardo de 17 ms.					
No	Tiempo Nominal ms	Inicio ms	Final ms	Retardo ms	% Dispersión
1	17	417	433	16	5.88
2	17	433	449	16	5.88
3	17	451	465	14	17.65
4	17	466	479	13	23.53
5	17	480	494	14	17.65
6	17	495	511	16	5.88
7	17	512	527	15	11.76
8	17	528	542	14	17.65
9	17	543	556	13	23.53
10	17	557	573	16	5.88
11	17	574	588	14	17.65
				Promedio: %	13.90

Resumen de los tiempos reales del retardo 17ms analizados con el software de la cámara de alta velocidad el promedio no está en función de la media.

Análisis de retardo superficial 25ms

Tabla 7. Dispersión de retardo de 25 ms.

Dispersión de Retardo de 25 ms.					
No	Tiempo Nominal ms	Inicio ms	Final ms	Retardo ms	% Dispersión
1	25	1200	1224	24	4.00
2	25	1224	1248	24	4.00
3	25	1015	1041	26	4.00
4	25	1041	1064	23	8.00
5	25	1065	1089	24	4.00
6	25	1090	1113	23	8.00
				Promedio: %	5.33

Análisis de retardo de Fondo de 200ms

Tabla 8. Dispersión tiempo de fondo 200 ms

Dispersión Tiempo de Fondo 200 ms					
No	Tiempo Nominal ms	Inicio ms	Final ms	Retardo ms	% Dispersión
1	200	1017	1226	209	4.50
2	200	1044	1249	205	2.50
3	200	1067	1282	215	7.50
4	200	1068	1270	202	1.00
				Promedio	3.88

Análisis de velocidad de Detonación.

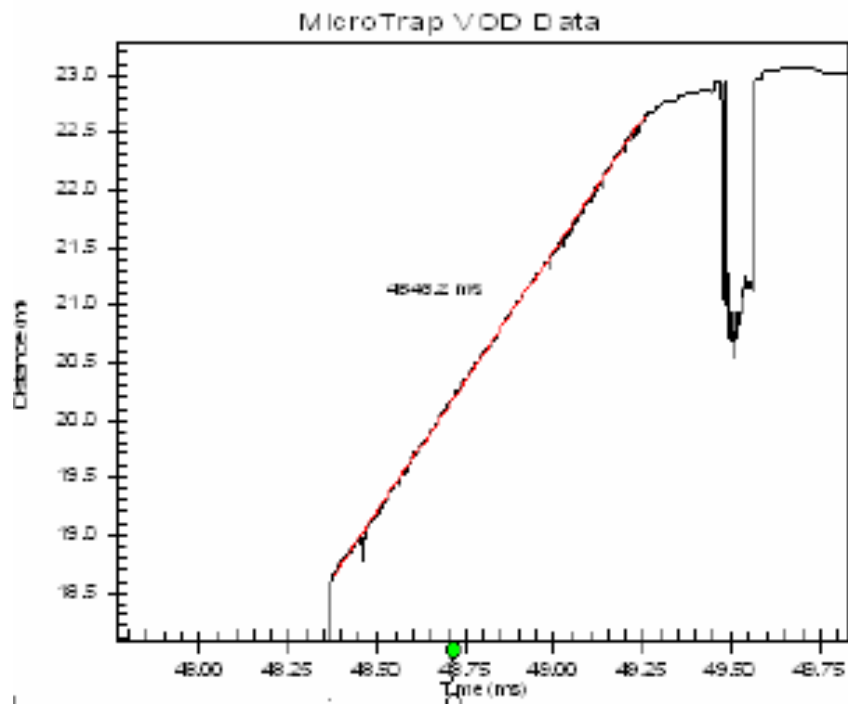
Se monitorearon siete taladros con HA 28 y HA 46 (mezclas utilizadas en los proyectos disparados) los resultados se muestran a continuación, cabe indicar que estos se encuentran dentro de los rangos esperados.

Tabla 9. Velocidad de detonación y presión de detonación

VELOCIDAD DE DETONACION Y PRESION DE DETONACION											
Fecha	Lugar	Banco	Altura de Taladro m.	Diametro		Tipo de Explosivo	Densidad g/cc	Carga		VOD m/s	P. Detonación Mpa
				Taladro Pulg.	N. Amonio			Taco m.	Explosiva Kg.		
07-Jul	VALLE ESTE	4854	9.10	7 7/8	HA28	0.91	191.80	3.00	YARA	4267.3	4142.74
07-Jul	VALLE ESTE	4854	9.00	7 7/8	HA28	1.01	188.65	3.00	YARA	4545.2	5216.35
08-Jul	VALLE NORTE	4854	8.00	7 7/8	HA28	0.91	147.78	3.30	YARA	4408.2	4420.83
08-Jul	VALLE NORTE	4854	8.00	7 7/8	HA46	1.17	157.21	3.00	YARA	4797.9	6733.30
09-Jul	VISCACHAS	4560	7.20	7 7/8	HA46	1.17	132.05	3.00	YARA	4832	6829.35
09-Jul	VISCACHAS	4560	7.30	7 7/8	HA46	1.17	135.20	3.00	YARA	NR	#VALOR!
09-Jul	VISCACHAS	4560	7.00	7 7/8	HA46	1.17	125.77	3.00	YARA	4819	6792.65

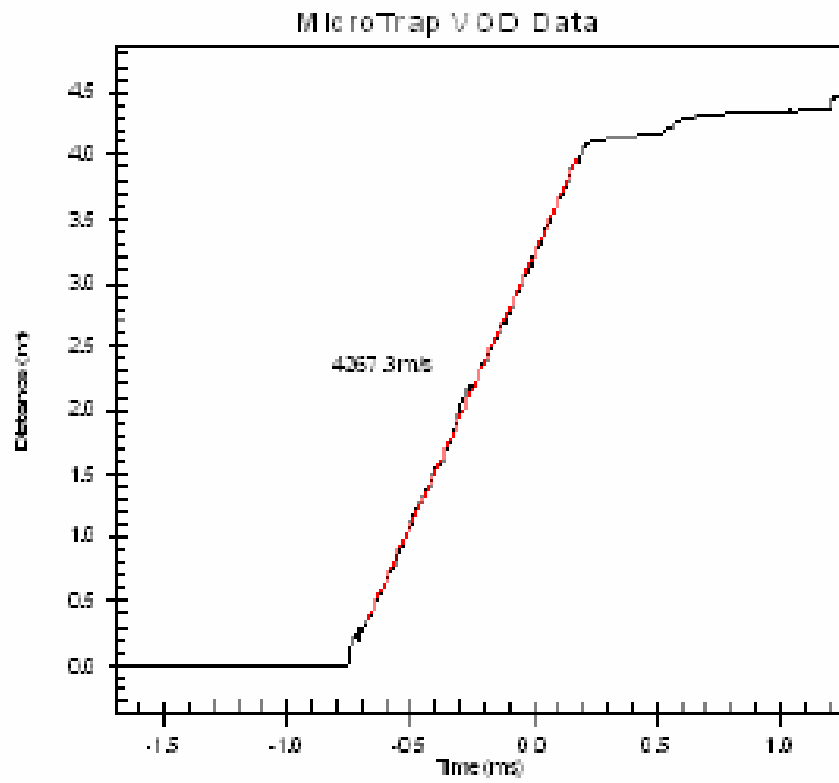
a. Banco 4854, velocidad 4545.2 m/s

Figura 18. Velocidad 4545.2 m/s



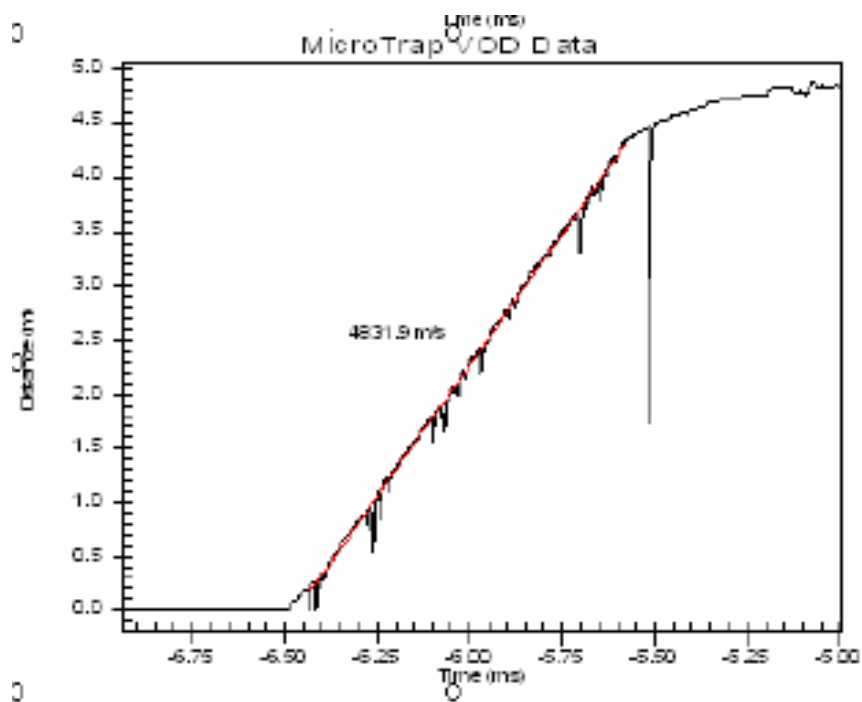
b. Banco 4854, velocidad 4267.3 m/s

Figura 19. Banco 4854, velocidad 4267.3 m/s



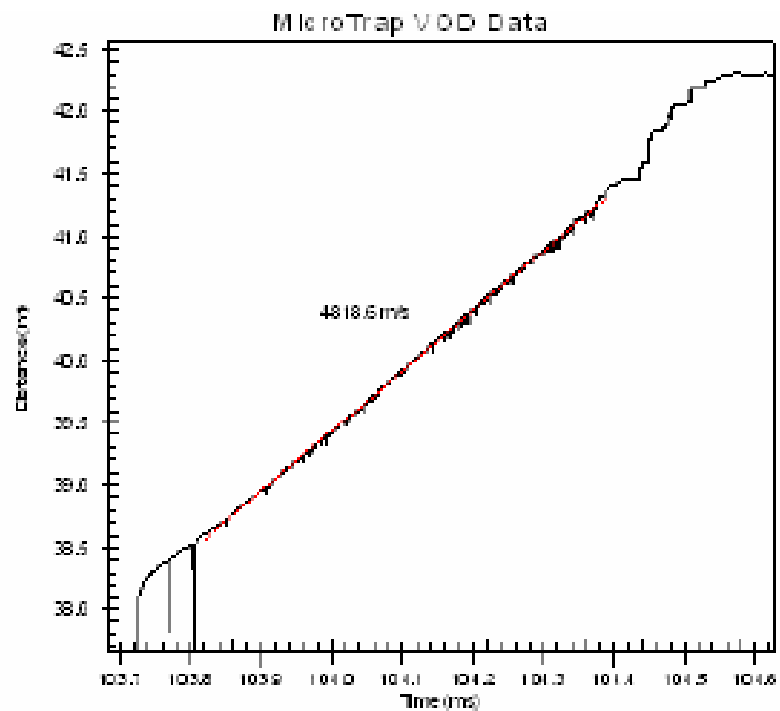
c. Banco 4560, velocidad 4831.9 m/s

Figura 20. Banco 4560, velocidad 4831.9 m/s



d. Banco 4560, velocidad 4818.6 m/s

Figura 21. Banco 4560, velocidad 4818.6 m/s



Análisis de Fragmentación.

Análisis del Bco. 4560 041.

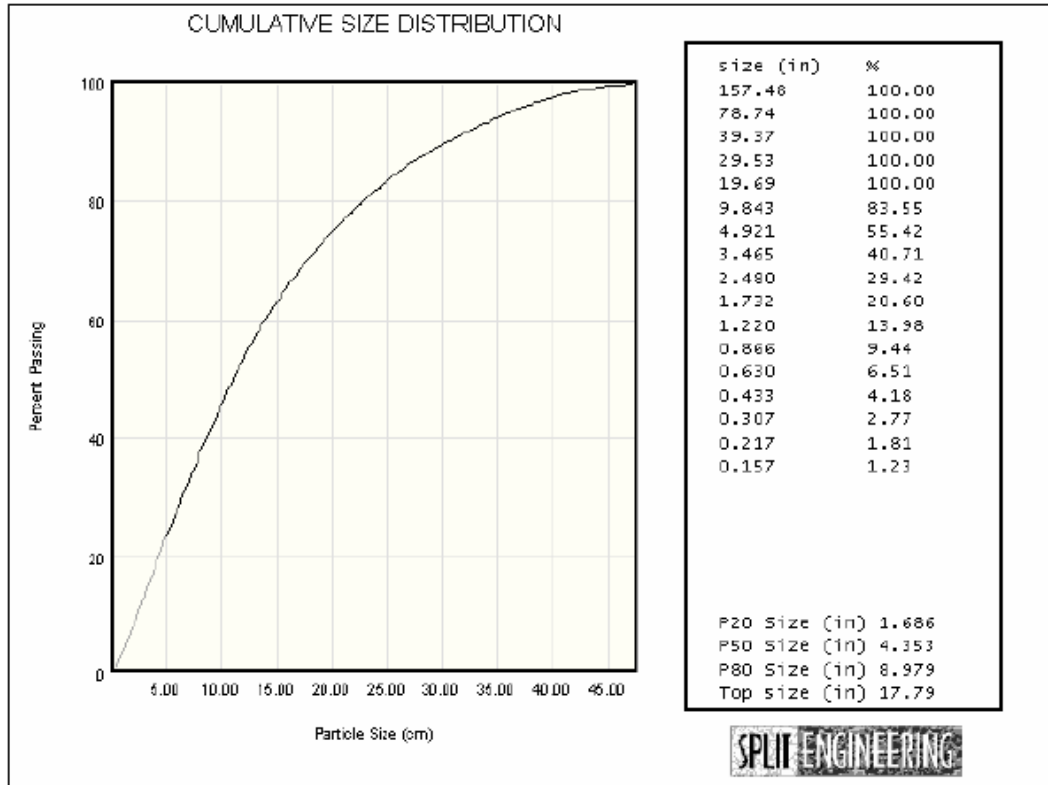
Se procesaron fotogramas de la zona de cerro vizcachas disparadas en fechas programadas con anterioridad, según el análisis de fragmentación que se muestra en el grafico posterior, usando los siguientes parámetros de perforación y voladura:

- Mezcla Explosiva HA 46.
- Taco 3.00 m.
- Tiempo superficial 17 ms.
- Altura de Bco. 8.00 m.
- Long. De carga 5.00 m.

Es importante mencionar que la mayor cantidad de

fragmentos gruesos generados en esta voladura están en la zona superficial y central o el vértice del secuenciamiento en V.

Figura 22. Fragmentación Bco. 4560 041



El porcentaje pasante en un 80% es de 8.979 pulg.

Análisis del Bco. 4560 042.

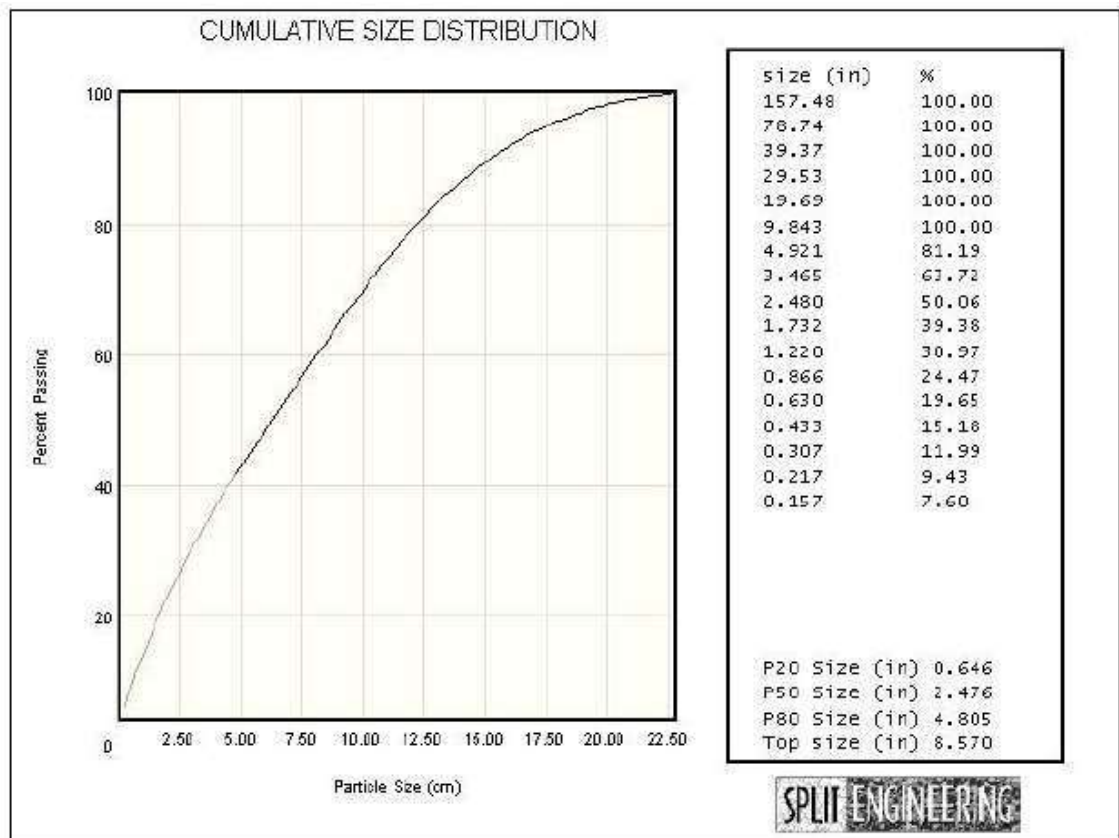
Los parámetros de carguío utilizados son similares a excepción del tiempo utilizado en superficie, es necesario mencionar que la plataforma de perforación había la presencia de puntones bien pronunciados las cuales después de la voladura genero bolonería en la zona superficial.

- Mezcla Explosiva HA 46
- Taco 3.00 m.
- Tiempo superficial 25 ms.
- Long. De carga 5.00 m.
- Altura de Bco. 8.00 m.

Figura 23. Bco. 4560 042



Figura 24. Fragmentación Bco. 4560 042



Como se aprecia en el grafico mejoró la fragmentación con respecto a la voladura anterior con un P80 de 4.805 pulg.

Figura 25. Vista de los Bco. 4560 041 y Bco. 4560 042



4.2 Discusión de resultados.

Al analizar los resultados de campo podemos decir que los dispositivos cónicos utilizados en mina no incrementan el tiempo de retención de taco, registran igual o menor que cuando se utiliza solo detritus.

- Los taladros que registraron los tiempos de 111 y 140 ms. de retención son aquellos taladros que tenían un taco de 3.30 y 3.50m. respectivamente.
- El tapón ocasiona atascamientos a lo largo del taco, es necesario rediseñar el producto para evitar estos percances para luego continuar con la evaluación.
- En los taladros donde no se usó los retenedores existe un promedio de

retención de 74 ms.

- se recomienda continuar con el estudio de retenciones de taco para establecer los rangos óptimos para el trabajo con los dispositivos de retención.
- No se pudo recuperar data suficiente sobre retención de taco, porque las zonas de voladura no disponían de un frente de filmación adecuado.
- En los tiempos de fondo de 200 ms. Existe la probabilidad de traslape de taladros con los tiempos 17 ms. Utilizados en superficie.
- Realizar pruebas con los tiempos de 25 y 35 ms. En superficie para aprovechar la colisión de los fragmentos.
- Al Confinar los taladros haciendo el uso de los atacadores, de acuerdo a los registros de VOD y retención de taco se aprecia un incremento en cada uno de estos puntos.
- Las velocidades de detonación obtenidas durante el estudio se encuentran dentro de los parámetros establecidos.
- La calibración de los camiones se debe realizar mínimo cada 15 días, además, es necesario contar con una balanza electrónica y vaso calibrado para la toma de densidades, de esta forma se puede garantizar el producto entregado en campo.
- Se debe habilitar las plataformas de perforación realizando voladuras secundarias, evitar realizar perforaciones en plataformas con puntones, pisos altos, frentes con limpieza irregular, bolonería debajo del banco a volar, etc.
- Mayor control en la distribución y el colocado de los retardos para evitar la salida simultánea de 2 o más filas de taladros.

CONCLUSIONES

1. Los taladros que registraron los tiempos de 111 y 140 ms. de retención son aquellos taladros que tenían un taco de 3.30 y 3.50m. respectivamente.
2. El tapón ocasiona atascamientos a lo largo del taco, es necesario rediseñar el producto para evitar estos percances para luego continuar con la evaluación.
3. La retención de la carga volada usando tapón fabricado y material detrítico fueron los siguientes; cuando se usó tapón los resultados fueron variados, teniendo como promedio 38.96 ms. de retención de carga, al usar material particulado detritus el tiempo de retención en los dos disparos realizados utilizando como material explosivo ANFO HA 28 HA 46. no se tuvo mucha variación en cada disparo teniendo como promedio 73.66 ms.
4. En cuanto a la dispersión del material volado calculado por el tiempo que emplea la onda de choque en recorrer desde el retardo hasta el detonante, al realizar el análisis con retardos de 17 ms, 25 ms, 200 ms se tuvo como resultados:

Retardo usado	Tiempo de retardo	Porcentaje de dispersión
17 ms	14.5	13.90
25 ms	24.0	5.33
200 ms	207.5	3.88

observando que a mayor retardo usado la dispersión es menos.

5. Las velocidades de detonación de las pruebas realizadas estuvieron entre 4267.3 m/s, a 4832.0 m/s. rangos que se encuentran dentro de los rangos esperados.
6. Referente a la fragmentación los resultados que se obtuvieron, mediante el análisis de los fotogramas de la voladura se obtuvo, para la voladura del banco 4560-041 un P80 de 8.97 pulgadas de material volado, y para el banco 4560 -042 se obtuvo un P80 de 4.80 pulgadas.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que la calibración de los camiones se debe realizar mínimo cada 15 días, además, es necesario contar con una balanza electrónica y vaso calibrado para la toma de densidades, de esta forma se puede garantizar el producto entregado en campo.
2. Se debe habilitar las plataformas de perforación realizando voladuras secundarias, evitar realizar perforaciones en plataformas con puntones, pisos altos, frentes con limpieza irregular, bolonería debajo del banco a volar, etc.
3. De haber mayor control en la distribución y el colocado de los retardos para evitar la salida simultánea de 2 o más filas de taladros.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

CATACORA, J. (2015). APLICACIÓN DEL MÉTODO AIR DECK PARA OPTIMIZAR LA VOLADURA EN MINA PIERINA. [tesis de licenciatura, Universidad Nacional JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA] repositorio institucional U.N. Jorge Basadre Grohmann.

CUMPA, J. (2016). LOS EFECTOS DE LAS CÁMARAS DE AIRE EN TALADROS DE PRODUCCIÓN. [tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo] repositorio institucional U. Cesar Vallejo.

EXSA S.A., (s/f.). MANUAL PRÁCTICO DE VOLADURA, Cuarta edición.

GARRIDO, C. (2020). APLICACIÓN DE CÁMARAS DE AIRE EN TRONADURA DE PRODUCCION DE UNA MINA DE HIERRO. [tesis de licenciatura, Universidad de Concepción] repositorio institucional U. de Concepción.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA. (s/f.). MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA DE ROCAS. ESTUDIOS Y PROYECTOS MINEROS S.A.

MACHUCA, P. (2018). EFECTO DE LA CÁMARA DE AIRE EN LA VOLADURA A TAJO ABIERTO PARA INCREMENTAR LA TASA DE EXCAVACIÓN (DIG RATE) EN EL TAJO TAPADO OESTE DE MINERA YANACOCKA, CAJAMARCA 2017. [tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte] repositorio institucional U. Privada del Norte.

MENDOZA, N. (2014). OPTIMIZACIÓN DE LA VOLADURA CONTROLADA APLICANDO UN MODELO MATEMÁTICO. [tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro] repositorio institucional U.N. del Centro.

NAVARRO, S. (2012). EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS CATS EN LAS TRONADURAS DE ESCONDIDA [tesis de licenciamento, Universidad de Chile] repositorio de U. de Chile.

PÉREZ, C. (2016). REDUCCIÓN DE LAS VIBRACIONES POR EFECTOS DE LA VOLADURA

SUPERFICIAL USANDO CAMARAS DE AIRE EN LA COLUMNA EXPLOSIVA, EN MINERA CORPORACIÓN DEL CENTRO, LA LIBERTAD, 2016. [tesis de licenciamiento, Universidad Privado del Norte] repositorio de U. Privada del Norte.

TRICOMIN S.A. (200 – 2352). INFORME TÉCNICO – PRODUCCIÓN Y DESARROLLO DE NUEVOS ACCESORIOS PARA LA MINERÍA EN FAENAS DE EXPLOTACIÓN DE MINAS A RAJO ABIERTO.

VALENCIA, R. (2019). PLANEAMIENTO DE MINADO A CORTO PLAZO DEL MES DE ABRIL DE 2013 EN LA UNIDAD MINERA ARASI S.A.C. PROYECTO JESICA, UBICADO EN EL DISTRITO DE OCUVIRI, PROVINCIA DE LAMPA EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO. [tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano] repositorio institucional U.N. del Altiplano.

BIBLIOGRAFÍA

AMES, V. (S/F.). (2019). PERFORACION Y VOLADURA DE ROCAS I, Quinta edición.

DEVENDAR, M 1, MANISH D. 2 (2020) APPLICATION OF STEMMING SYSTEMS AND MATERIALS IN UNDERGROUND EXCAVATIONS – A CRITICAL REVIEW.

HERNANDEZ, R. (s/f.). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN, Sexta edición.

LUQUE, J. (2014) OPTIMIZACIÓN DE LA RECUPERACIÓN METALÚRGICA MEDIANTE EL PROCESO DE CHANCADO EN EL TAJO JESSICA PERIODO 2013-2014, [Informe de trabajo profesional, Universidad Nacional del Altiplano Puno] repositorio de U. Nacional del Altiplano Puno.

ORDOÑEZ, E. (2017). IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PARA PREVENIR PELIGROS Y RIESGOS LABORALES EN EL ÁREA DE OPERACIONES DEL TAJO JÉSICA, COMPAÑÍA ARUNTANI S.A.C – PUNO, [tesis de licenciamiento, Universidad Alas Peruanas de Cajamarca] repositorio de U. Alas Peruanas de Cajamarca.

QUISPE, J. (2014). REDUCCIÓN DE COSTOS EN PERFORACIÓN Y VOLADURA POR LA APLICACIÓN DE CAMARAS DE AIRE EN LA U.M. CONSTANCIA - HUSBAY PERU S.A.C [tesis de licenciamiento, Universidad Nacional De San Agustín de Arequipa] repositorio de U. Nacional De San Agustín de Arequipa.

ANEXOS

ANEXO A

Instrumentos de recolección de datos

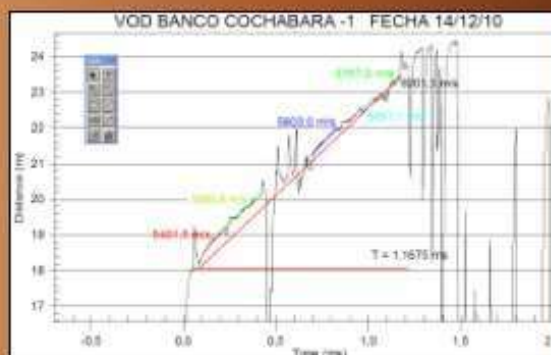
EQUIPO DE MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE DETONACIÓN DATA TRAP II



MEDIDOR DE VELOCIDAD DE DETONACION PARA CALCULAR LA PRESION DE DETONACION VARIABLE DE LA ENERGIA ENTREGADA POR EL EXPLOSIVO MAS REAL MEDIBLE EN CAMPO

ANEXO B

GRAFICAS DE LA VELOCIDAD DE DETONACIÓN - SOFTWARE DATA TRAP II



ANEXO C

CAMARA FOTOGRAFICA CON VIDEO SHOTTRACK MINI 305



ANEXO D

EXPLOSIVOS



ANEXO E

ACCESORIOS CONICOS



ANEXO F

INSTALACIÓN DE DISPOSITIVO CÓNICO - MATERIAL PARA RETACADO



ANEXO G

FORMATO DE ANÁLISIS DE RETENCIÓN CON TAPÓN

ANÁLISIS DE RETENCIÓN				
Inicio ms.	Eyección ms.	Retención ms.	Cordón detonante ms	Retención Total ms
Promedio				

ANEXO H

FORMATO DE ANÁLISIS DE RETENCIÓN SIN TAPÓN

ANÁLISIS DE RETENCIÓN				
Inicio ms.	Eyección ms.	Retención ms.	Cordón detonante ms	Retención Total ms
Promedio				

ANEXO I

FORMATO DE ANÁLISIS DE DISPERSIÓN CON RETARDO DE 17 MS.

ANÁLISIS DE DISPERSIÓN					
N°	Tiempo Nominal ms	Inicio ms	Final ms	Retardo ms	% Dispersión
Promedio					

ANEXO J

FORMATO DE ANÁLISIS DE DISPERSIÓN CON RETARDO DE 25 MS.

ANÁLISIS DE DISPERSIÓN					
N°	Tiempo Nominal ms	Inicio ms	Final ms	Retardo ms	% Dispersión
Promedio					

ANEXO K

FORMATO DE ANÁLISIS DE DISPERSIÓN CON RETARDO DE 200 MS.

ANÁLISIS DE DISPERSIÓN					
N°	Tiempo Nominal ms	Inicio ms	Final ms	Retardo ms	% Dispersión
Promedio					

