UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

INFORME DE EXAMEN PROFESIONAL

"APLICACIÓN DE PRÁCTICAS OPERATIVAS PARA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE DETONADOR NO ELÉCTRICO (BACK UP) Y PREVENCIÓN DE TIROS CORTADOS EN EL SISTEMA DE INICIACIÓN ELECTRÓNICA"

PRESENTADO POR:

Zumy Beriza Inocente Loayza

Para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

INFORME DE EXAMEN PROFESIONAL

"APLICACIÓN DE PRÁCTICAS OPERATIVAS PARA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE DETONADOR NO ELÉCTRICO (BACK UP) Y PREVENCIÓN DE TIROS CORTADOS EN EL SISTEMA DE INICIACIÓN ELECTRÓNICA"

Examen Profesional aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N°505-2022-UNAM, de fecha 15 de julio de 2022.

ASESOR ……
Dr. Arquímedes León Vargas Luque

BACHILLER ……
Bach. Zumy Beriza Inocente Loayza

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
SECRETARIO

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA DE MINAS

Folio N° 012

ACTA DE TITULACIÓN

I. Modalidad:

Examen Profesional

II. Documento de aprobación:

Resolución de Comisión Organizadora N° 505 - 2022 - UNAM

Fecha: 15-07-2022

III. Título de Informe de Examen Profesional:

"APLICACIÓN DE PRÁCTICAS OPERATIVAS PARA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE DETONADOR NO ELÉCTRICO (BACK UP) Y PREVENCIÓN DE TIROS CORTADOS EN EL SISTEMA DE INICIACIÓN ELECTRÓNICA"

Bachiller: Zumy Beriza, INOCENTE LOAYZA

Asesor Principal: Dr. Arquímedes León, VARGAS LUQUE

Co-Asesor :

IV. Se dictamina con las siguientes notas:

Examen Escrito: 12 Entrevista: 3 Promedio: 15

Promedio en letras: Quince por lo que: Sí x No

Opta el Título Profesional de INGENIERO DE MINAS.

Siendo las 08:45 horas, del 24 de agosto del año 2022 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado.

Dr. Marcos Luis, QUISPE PÉREZ
Presidente del comité de grados y títulos
de Examen Profesional
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Dr. Arquímedes León, VARGAS LUQUE
Director
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Zumy B., INOCENTE LOAYZA
Bachiller

Dr. Arquímedes León, VARGAS LUQUE
Asesor
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

DEDICATORIA

A Dios y a mi familia que están apoyándome continuamente con mis estudios, mis objetivos y mis metas. A mi hijo que es la razón de mi ser y por el que me esfuerzo y sacrifico a diario.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, dar gracias a Dios, señor y creador de nuestras vidas, quien nos proporciona la sabiduría para lograr cada uno de nuestros éxitos permitiéndome llegar hasta aquí, él es el único que no provee las fuerzas quien a su vez dispone de cada cosa que debe suceder ya que, para todos nosotros, ningún sueño del hombre podría ser materializado sin él.

Agradezco así mismo a mi madre quien con su apoyo, entusiasmo, dedicación y consejos me ha llevado de la mano en cada etapa de mi vida.

A mis catedráticos quienes con tanta generosidad han compartido sus conocimientos y que con su sabiduría han sido los escultores de mis conocimientos.

A mis compañeros quienes han sido testigos presenciales de cada experiencia, obstáculos y triunfos compartidos.

De igual manera agradecer muy cordialmente a la empresa ENAEX por abrirme las puertas de su institución para desarrollarme como profesional, a mis jefes inmediatos, a todos y cada uno de los miembros y compañeros de equipo quienes han contribuido en mi formación durante todo este tiempo compartido.

Sin olvidar a todas y cada una de las personas que han estado conmigo y que han contribuido de una manera u otra para el logro de esta meta

RESUMEN

El uso de detonadores electrónicos nos permite tener buena fragmentación de roca, así como el control de vibraciones, pero estas están sujetas a las variables no controlables en el aspecto geológico y geotécnico del macizo rocoso, variables controlables como tipo de explosivo a emplearse, diseño de perforación y voladura, y malas prácticas operativas, todo ello repercutiendo en una buena o mala fragmentación y control de vibraciones, así como su impacto en la reducción de costos, o peor aún en la generación de tiros cortados. Las malas prácticas operativas durante el proceso de carguío y tapado de taladros pueden generar cortes de línea descendente o daños en el cable del detonador electrónico; lo que lleva a activar el back up, que es un respaldo, pero en caso de que no contara con uno se convertiría en un posible tiro cortado. Durante el inicio del servicio de voladura en la unidad minera estudiada se observa un aumento de activaciones de back up; por ello el presente informe tiene como objetivo la reducción de consumo de detonadores no eléctrico - back up y prevención de tiros cortados mediante la implementación de prácticas operativas. Los resultados obtenidos los meses posteriores a su aplicación fueron favorables, pasando de una tasa de back up de 0.40% a una menor de 0.06%, indicando que la efectividad de aplicar las prácticas operativas para preservar el bienestar del detonador electrónico durante el proceso de carguío y tapado de un Proyecto de Voladura.

Palabras claves: tiro cortado, back up, detonador electrónico, prácticas operativas

ABSTRACT

The use of electronic detonators allows us to have good rock fragmentation, as well as vibration control, but these are subject to uncontrollable variables in the geological and geotechnical aspect of the rock mass, controllable variables such as the type of explosive to be used, design of drilling and blasting, and poor operating practices, all of which have repercussions on good or bad fragmentation and vibration control, as well as their impact on cost reduction, or worse still, on the generation of cut shots. Poor operating practices during the process of loading and plugging holes can cause downline cuts or damage to the electronic detonator cable; which leads to activating the back up, which is a backup, but if he didn't have one it would become a possible cut shot. During the beginning of the blasting service in the studied mining unit, an increase in back-up activations is observed; For this reason, this report aims to reduce the consumption of non-electric detonators - back up and prevent missed shots through the implementation of good operating practices. The results obtained in the months after its application were favorable, going from a backup rate of 0.40% to less than 0.06%, indicating that the effectiveness of applying operating practices to preserve the well-being of the electronic detonator during the loading process and capping of a Blasting Project.

Keywords: cut shot, back up, electronic detonator, operative practices

ÍNDICE

DEDICATORIA II
AGRADECIMIENTOS III
ABSTRACT V
INTRODUCCIÓN 1
CAPITULO I 2
ASPECTOS GENERALES 2
1.1. Descripción de la Empresa 2
1.1.1. Ubicación 2
1.1.2. Accesibilidad 3
1.1.3. Visión y Misión 6
1.1.4. Historia 6
CAPITULO II 9
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD 9
2.1. Descripción del sistema de iniciación 9
2.1.1. Detonadores no eléctricos o pirotécnicos 9
Detonador no eléctrico Brinel 11
2.1.2. Detonadores electrónicos 12
Detonador DaveyTronic 13
Equipos involucrados del Sistema de Iniciación DaveyTronic 15
2.1.3. Causalidad de cortes de línea descendente de detonador 16
2.2. Descripción de las operaciones 18
2.2.1. Perforación 18
2.2.2. Voladura 19
Medición, nivelación y preparación para el carguío de taladros 20
Primado, carguío y tapado de taladros 21
Programación, conexión y detonación de Proyecto de Voladura 26
CAPITULO III 31
ANTECEDENTES Y OBJETIVOS 31
3.1. Antecedentes internacionales 31
3.2. Antecedentes nacionales 32
3.3. Objetivos 34
3.3.1. Objetivo General 34
3.3.2. Objetivo Específico 34
CAPITULO IV 35

DISCUSIÓN Y APORTES 35
4.1. Discusión 35
4.2. Aportes 36
4.2.1. Implementación de prácticas operativas 36
4.2.2. Resultados de Implementación de prácticas operativas 39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 42
BIBLIOGRAFÍA 44
ANEXOS 46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación de Mina Quellaveco 3
Figura 2 Mapa Geológico Quellaveco 5
Figura 3 Partes de detonador pirotécnico 11
Figura 4 Brinel 11
Figura 5 Partes de detonador electrónico 12
Figura 6 Detonador Electrónico DaveyTronic 13
Figura 7 Partes del detonador electrónico DaveyTronic 14
Figura 8 Componentes del Sistema DaveyTronic 15
Figura 9 Derrumbe de taladros 16
Figura 10 Material de tapado deficiente 17
Figura 11 Desplazamiento de equipos dentro de la malla de voladura 17
Figura 12 Malla perforada por Pit Viper 351 19
Figura 13 Factores que tienen una influencia determinante en los resultados de un disparo 20
Figura 14 Señalización de Proyecto de Voladura 21
Figura 15 *Reparto de accesorios de voladura* 22
Figura 16 Uso de doble detonador por evaluación de estado de taladro 22
Figura 17 *Taladro con doble prima* 23
Figura 18 Carguío de taladros 24
Figura 19 Control de densidad de mezcla explosiva 25
Figura 20 Tapado de taladros 26
Figura 21 Detonador No Responde por corte de línea 27
Figura 22 Activación de back up 28
Figura 23 Testeo de línea 29
Figura 24 Detonación de Proyecto de Voladura 29
Figura 25 Registro Sismográfico y Fílmico 30
Figura 26 Tapado de taladros con el uso de tubo de polifusión 36
Figura 27 Material del tubo de polifusión 37
Figura 28 Pila de material de tapado (gravilla) 38
Figura 29 Rejilla metálica 38
Figura 30 Primador 39
Figura 31 Tasa de back up mensual 40
Figura 32 Causas de activación de back up 41
Figura 33 *Cantidad de back up mensual por causalidad* 41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas unidad minera Quellaveco: Coordenadas UTM WGS84 – Zona 19K.....2

Tabla 2 Consumo de detonadores mensual, cantidad de back up y tasa de back up.....39

ACRONIMOS Y ABREVIATURAS

UTM	: Universal Transverse Mercator
WGS84	: World Geodetic System 84
OMS	: Orica Mining Service
SMDIC	: Compañia Minera Doña Inés de Collahuasi

INTRODUCCIÓN

Actualmente la industria minera requiere que sus proyectos de voladura generen resultados eficientes y sean de gran precisión ya que es la actividad fundamental para obtener producción; es por ello que se generaliza el uso de detonadores electrónicos, que en la actualidad son ampliamente utilizados por la Gran Minería.

El detonador electrónico a diferencia de las de voladuras convencionales poseen un costo más alto, sin embargo, estos resultan ser una inversión debido a los beneficios que nos brindan. Las voladuras electrónicas por su mayor precisión nos dan la gran ventaja de mejorar la fragmentación de roca, así como brindar un mejor control de vibraciones. Adicionalmente destacan por el alto grado de seguridad en su manejo y control, ya que poseen atributos de protección que les impide activarse por sí mismos.

Sin embargo, existen varios factores durante el proceso de ejecución de un proyecto de voladura que pueden conllevar a cortes de línea descendente o daños en el cable del detonador electrónico que generan la activación del back up y en caso de no tener back up o este se dañara dan lugar a un tiro cortado.

El presente informe propone prácticas operativas que tienen como desafío disminuir el consumo de back up (detonador no eléctrico) y evitar eventos no deseados en los procesos de voladura llevados a cabo en la unidad minera Quellaveco.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Descripción de la Empresa

1.1.1. Ubicación

El informe realizado se basa en los datos obtenidos durante las actividades realizadas en la unidad minera Quellaveco, se muestra en la Tabla 1 las coordenadas geográficas UTM WGS84 - Zona 19K y se puede apreciar en la Figura 1 el plano de ubicación de la unidad minera.

Ubicación política

Área : Quellaveco

Provincia : Mariscal Nieto

Departamento : Moquegua

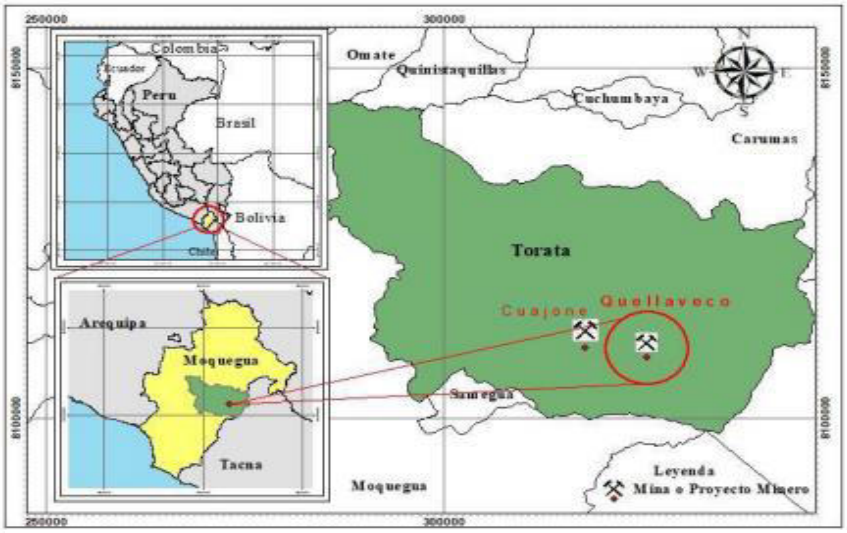
Distrito : Torata

Tabla 1
Coordenadas unidad minera Quellaveco: Coordenadas UTM WGS84 – Zona 19K

Vértice	Norte	Sur
1	8,108,312.57	327,466.78
2	8,108,405.32	326,471.69
3	8,108,803.36	326,508.79
4	8,108,710.61	327,503.89

Nota: Recopilado de IMGEMMET (2020).

Figura 1
Mapa de ubicación de Mina Quellaveco



Nota: Obtenido de la Modificación de Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Quellaveco (Knight Piésold Consultores S.A., 2008).

1.1.2. Accesibilidad

La Mina Quellaveco se localiza aproximadamente a 100 Km. al noreste de la ciudad de Tacna, y a unos 37 Km. al noreste de la ciudad de Moquegua, ubicado entre 3.400 y 3.900 metros sobre el nivel del mar en el valle del Río Asana, en la provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua; próximos a la operación se encuentran dos unidades mineras pertenecientes a la empresa Southern Copper Perú, Cuajone y Toquepala. La unidad minera se encuentra a 2:30 horas desde la ciudad de Moquegua.

Geología

El yacimiento de Quellaveco se ubica en el fondo del valle del río Asana, a 12 km en línea recta, al norte de Toquepala. Su coordenada geográfica es la siguiente: latitud 17° 06´ sur, longitud 70° 38´ oeste y altitud 3,700 m. En el lado sur del valle aparece

extensamente el Pórfido Quellaveco sobre el cual yacen andesitas y riolitas de la Serie Alta. En el fondo del valle, intruyendo al Pórfido.

Quellaveco posee un cuerpo intrusivo, con presencia de fracturas y una intensa alteración hidrotermal, de composición no debidamente identificada debido a su alteración y que en términos más sencillos se le ha denominado como monzonita cuarcífera, aunque abundantes porciones han sido microscópicamente definidas como diorita cuarcífera. Al interior de este macizo ígneo reside el cuerpo mineralizado.

En la ladera norte el intrusivo queda envuelto con fuerte contrariedad de erosión por tufos del Volcánico Huaylillas. Tanto en el campo como en las evaluaciones petrográficas la roca se presenta con fuerte alteración hidrotermal, los principales resultados de dicho proceso son cuarzo y sericita. En el lado sur de la quebrada, en los barrancos que se sitúan detrás del campamento, el intrusivo se muestra fragmentado hasta brechado, con una intensa alteración hidrotermal, con presencia de venillas de cuarzo y pirita vinculado con finos cristales de calcopirita.

La mineralización hipógena principalmente se basa en pirita y calcopirita y un tanto de esfalerita y molibdenita que se muestra en forma de vetillas y diseminaciones al interior de la estructura, y de rocas con presencia de fracturas, además de la aparición de calcosita y bornita en la zona de enriquecimiento (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 1979).

Relaciones estructurales

El yacimiento de Quellaveco, se ha ubicado en la intersección de las estructuras de la falla Quellaveco con dirección NO-SE y los lineamientos de dirección NE-SO. Se hallan afloramientos de diques de composición dacíticos de dirección anti-andina.

Relaciones Magmáticas

Brechas ígneas, poseen fragmentos angulosos de granodiorita.

Brechas de guijarros, tienen clastos redondeados y presentan una matriz clástica silicificada.

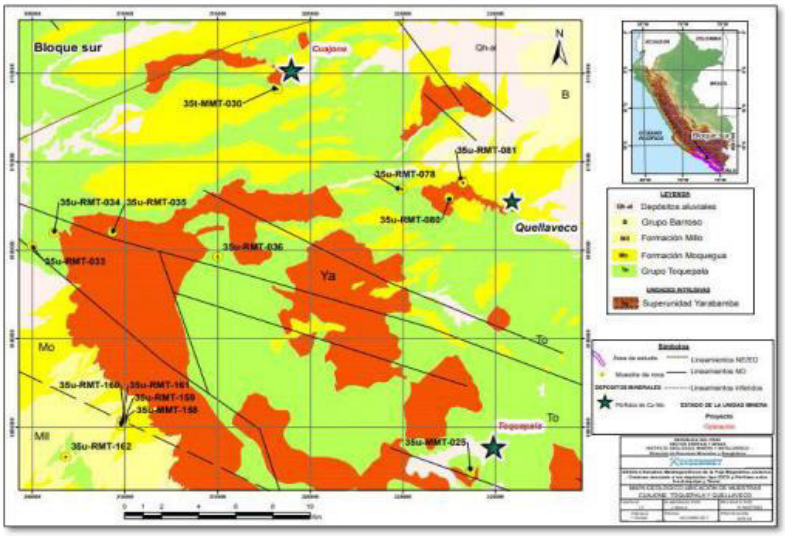
Alteración y mineralización hipógena – supérgena

Alteración potásica, se ubica en la parte central. Tiene feldespato K pertítico, biotita secundaria y reducido porcentaje de anhidrita. El feldespato K se presenta en vetillas de cuarzo tipo A con calcopirita, bornita, pirita y molibdenita asociadas. La magnetita se da en menor porcentaje.

Alteración propilítica, está compuesta de clorita, calcita, epídota y pirita. Se desconoce su límite externo por el envolvimiento de rocas post mineral.

Alteración fílica, está encima de la alteración potásica y tiene presencia de sericita-cuarzo y pirita. Se muestra en forma pervasiva o en vetillas de cuarzo. (Martínez-Valladares, W., Marchena-Campos, A., Otero-Aguílar, J., Cervantes-Gárate, J.,& León-Lecaros, W., 2017)

Figura 2
Mapa Geológico Quellaveco



Nota: Recopilado INGEMMET 2017.

1.1.3. Visión y Misión

Visión

Queremos ser la empresa más prestigiosa en nuestra industria, entregando soluciones de voladura de primer nivel en las más importantes regiones mineras del mundo.

Misión

Crecer junto a los clientes, suministrando nitrato de amonio, químicos asociados y servicios a la minería de alta calidad. Entregar estándares de nivel mundial en seguridad, confiabilidad y servicios innovadores. Tener presencia global, con liderazgo en Latinoamérica. Generar valor a los accionistas y trabajadores. Ser reconocidos como una empresa respetuosa con la comunidad y el medio ambiente.

1.1.4. Historia

Enaex posee más de 97 años de experiencia en el mercado de explosivos, a lo largo de su historia ha conseguido establecerse como el tercer productor de nitrato de amonio más grande del mundo, desde el año 1990 es una filial del Grupo Sigdo Koppers.

La compañía sostiene contratos con empresas mineras de gran prestigio, conformando una notable cartera de clientes en principales minas a cielo abierto y subterráneas. En Chile, Argentina, Brasil, Colombia y Perú brinda servicios de fragmentación de roca y voladura, en donde posee una vasta red de plantas de servicio situadas en las respectivas operaciones mineras, donde proporciona diferentes servicios tales como disparo de voladura, carguío de agentes de voladura, amarre superficial, tapado de pozos, chequeo de perforaciones, administración de polvorines, entre otros. En Latinoamérica, la compañía se destaca por su continuo crecimiento, en Colombia con su filial Enaex Colombia S.A.S y construcción de una planta de emulsiones encartuchadas de alta tecnología operando desde el año 2010, luego en Argentina, a través de su filial Enaex Argentina SRL con una planta de emulsiones a granel operando

desde el año 2014, en Perú, a través de la adquisición del 80% de la compañía local Chemtrade. Por último, en el año 2015 la compañía se consolidó en Brasil, adquiriendo el 100% de IBQ Industrias Químicas (Britanite), la mayor empresa brasileña de fabricación y comercialización de explosivos civiles.

Enaex S.A. acrecentó su desarrolló en junio del año 2015, comprando el 91% de Davey Bickford, empresa líder en fabricación de detonadores electrónicos y sistemas de iniciación a nivel mundial, con sede en Francia y filiales en Australia, Canadá, Chile, Estados Unidos, México y Perú.

A partir del año 2016, las filiales iniciaron a operar bajo el nombre de Enaex Colombia, Enaex Argentina, Enaex Perú y Enaex Britanite de tal manera que la compañía pueda seguir consolidando su posición como líder en servicios a la minería.

La compañía ha conseguido mantener un sólido perfil crediticio y una favorable posición de liquidez, alcanzo el reconocimiento de Best Chile 2017 como una de las principales empresas por su preocupación en el bienestar y salud financiera de sus trabajadores.

La comunidad y el medio ambiente también son bases fundamentales en el plan de crecimiento de Enaex, amparado por los diferentes proyectos que ha realizado en este ámbito, entre los que se puede mencionar el proyecto de Bonos de Carbono bajo el protocolo de Kyoto y Naciones Unidas, el cual admite la reducción anualmente cerca de 1 millón de toneladas de CO_2 equivalente, siendo ésta la iniciativa más relevante de su tipo en Chile.

El año 2017 Enaex S.A. difundió dos nuevos desarrollos tecnológicos, RoboMiner® y Mine-iTruck, soluciones de robotización y teleoperación para las operaciones mineras y que fueron elaborados por la compañía en conjunto con destacadas instituciones como el Centro de Investigación Stanford Research Institute (SRI), ASI Robots, Tersainox, Thecne, y SK Godelius.

Durante el año 2017, consolido su desarrollo a nivel internacional, ampliando su capacidad para elaborar y exportar productos y soluciones innovadoras de última generación para la minería a nivel mundial. Actualmente, suministra servicios de fragmentación de roca para la minería más importante de Chile y Latinoamérica.

La compañía se destaca por ser innovadora y sostenible, ofreciendo excelencia en calidad, seguridad y pasión por el servicio, valores intransables a la hora de satisfacer las necesidades del cliente y por entregar soluciones integradas en terreno.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

2.1. Descripción del sistema de iniciación

El sistema de iniciación transmite la señal de detonación de taladro a taladro en un tiempo preciso designado. La elección del sistema de iniciación es crítica para el éxito de una voladura. El sistema de iniciación no sólo verifica la secuencia de disparo de los taladros, sino que también perjudica la cantidad de vibración originada por una voladura, el tamaño de la fragmentación provocada y la rotura trasera. Sin embargo, el costo de los sistemas de iniciación es una consideración relevante dentro del proceso de elección, debe ser una consideración secundaria, especialmente si el sistema de iniciación más ahorrador provoca problemas como: vibración, rotura trasera o mínima fragmentación.

Será una equivocación el elegir un sistema de iniciación fundamentándose estrictamente en el costo.

2.1.1. Detonadores no eléctricos o pirotécnicos

Los detonadores no eléctricos, o pirotécnicos, se constituyen de una cápsula de aluminio, que contiene dentro una carga base de pentrita, una carga primaria de azida de plomo, un elemento cilíndrico metálico en donde se contiene la pasta de retardo llamado portarretardo, un sistema amortiguador de onda de detonación y un

tapón de goma semiconductora que funciona como elemento de engarce al tubo de transmisión.

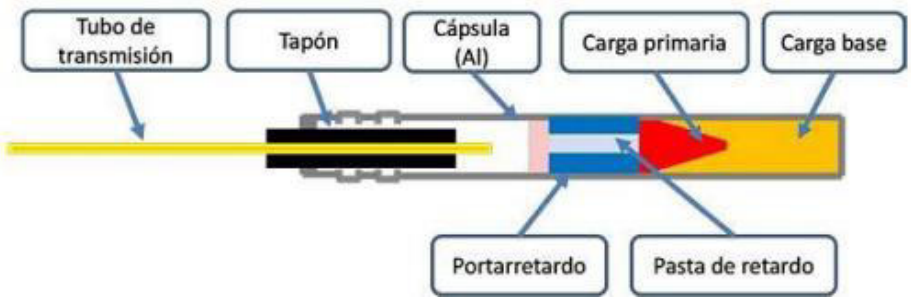
El tubo de transmisión (tubo de choque) se constituye de un tubo de plástico laminado multicapa que tiene en su cara interna una finísima capa de material reactivo (18 mg/m +/- 5 mg/m de HMX y Al). Dicho tubo, una vez iniciado, guía la onda de detonación de baja energía a una velocidad de aproximadamente 2 000 m/s. Este fenómeno de onda de choque se extiende con toda fiabilidad a través del mismo, aunque en él existan dobleces, nudos o cocas. Esta onda de detonación no influye sobre la columna de explosivo contenida en el taladro, facultando la iniciación en el fondo del mismo, ya que la cantidad de mezcla explosiva contenida en él es tan mínima que la superficie exterior del tubo queda integro durante el paso de la mencionada onda de detonación.

El tubo de choque no posee una esencia eléctrica, no logra ser iniciado por ondas de radiofrecuencia, electricidad estática, corrientes erráticas o llama, o las fricciones o impactos ordinarios provocados en la actividad de carga de voladuras.

El elemento portarretardo es de aluminio y tiene una mezcla pirotécnica, la cual le da el tiempo de retardo al detonador como se visualiza en la Figura 3. La composición de la parte pirotécnica por su calidad y por la verificación a la que es sometida, entrega tiempos de combustión muy precisos y uniformes. El portarretardo toma la energía de iniciación desde el tubo de transmisión a través de una composición iniciadora ubicada en la parte superior del mismo que consolida la iniciación adecuada de la mezcla pirotécnica.

La carga primaria toma la energía de iniciación de la columna pirotécnica del portarretardo y lo transmite a la carga base. La carga base posee la función de iniciar con suficiente energía al alto explosivo (booster).

Figura 3
Partes de detonador pirotécnico



Nota: Recopilado del libro de Perforación y Voladura de Rocas en Minería (Bernaola Alonso, Castilla Gómez, & Herrera Herbert, 2013)

Detonador no eléctrico Brinel

Brinel proviene de una serie de detonadores con retardo, de iniciación no eléctrica, utilizados para la iniciación de cargas explosivas.

Generan excelentes resultados debido a la precisión de sus tiempos de retardo y su iniciación exacta, sea en minería a cielo abierto o subterránea, canteras o construcción civil.

Fabricado con el tubo Thermotube, que posee una distinta tecnología que no utiliza explosivo. Divergente de los tubos convencionales, que transmiten una onda de choque, con el Thermotube, se emite una chispa fundida de alta temperatura.

En la Figura 4 se muestra el brinel que se utiliza en mina Quellaveco como respaldo (back up) con un retardo de 600 ms.

Figura 4
Brinel



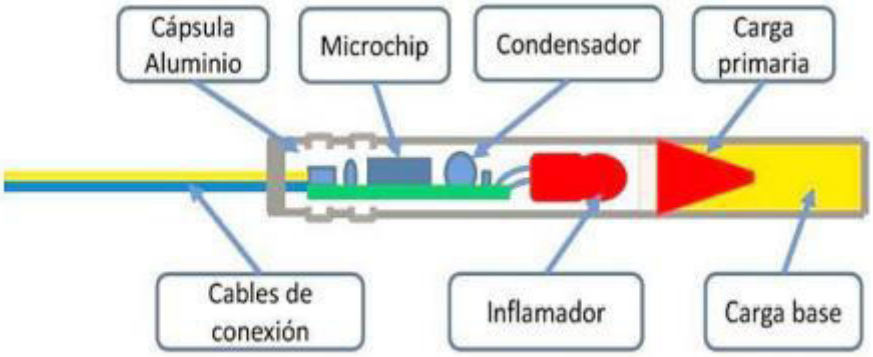
Nota: Recopilado de ENAEX Quellaveco 2022

2.1.2. Detonadores electrónicos

Este tipo de detonadores, de similar estructura que el detonador pirotécnico, se componen por una cápsula metálica de aluminio cerrada por un extremo, teniendo en su interior un condensador, un chip, un inflamador, un explosivo primario y un explosivo base.

Estos detonadores poseen como principales características su seguridad y su precisión de detonación.

Figura 5
Partes de detonador electrónico



Nota: Recopilado del libro de Perforación y Voladura de Rocas en Minería (Bernaola Alonso, Castilla Gómez, & Herrera Herbert, 2013)

La utilización de detonadores electrónicos se verá evidenciado en los siguientes:

- Seguridad.
- Óptima Fragmentación.
- Óptimo apilamiento del material volado.
- Óptima productividad de los equipos de minado.
- Óptimo control de proyección de rocas (fly rock).
- Óptimo control de la estabilidad de taludes.

- Óptimo control de las vibraciones.
- Óptimo control de la carga operante.

Detonador DaveyTronic

Las principales características del detonador son:

- Recibe, entiende y ejecuta los comandos del explosor remoto, el control de detonación y las unidades de programación.
- Entrega su único número de 6 dìgitos alfanuméricos “ID” de la unidad de programación (1 a 9, 0 y luego de la A - F)
- Lleva a cabo un autodiagnóstico de sus funciones cuando manda hacerlo el explosor remoto, explosor remoto-control de detonación.
- Almacenar la energía necesaria para ser autónomo durante la fase de encendido.
- Generar el impulso eléctrico para poner en marcha el elemento de encendido en el tiempo de retardo programado y detonar su carga base de PETN. (Pentrita)

Los detonadores comercializados en Perú por el momento tienen la capacidad de programación hasta 14,000 ms. El detonador DaveyTronic se aprecia en la Figura 6.

Figura 6
Detonador Electrónico DaveyTronic

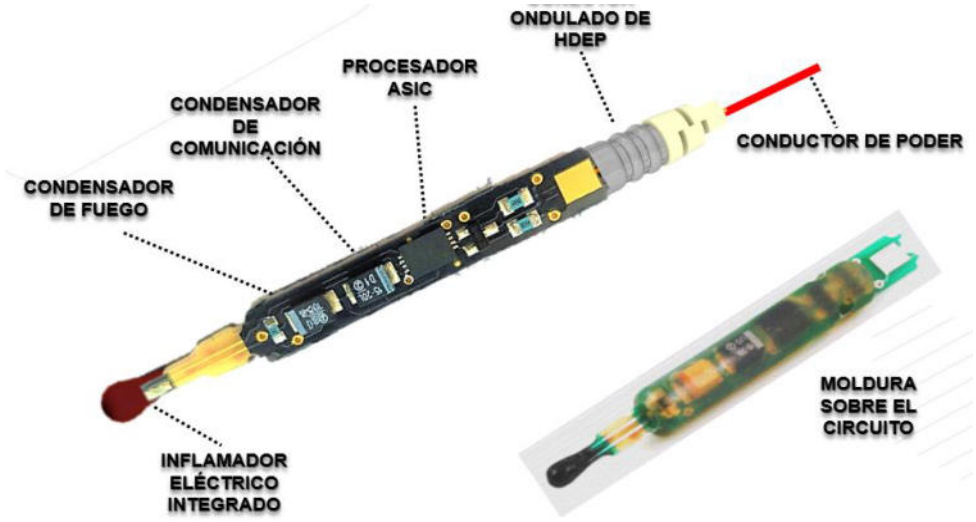


Nota: Recopilado del manual del Usuario DaveyTronic (2020).

Las partes del detonador DaveyTronic se muestran en la Figura 7 para una mejor identificación:

1. Ensamble de la caja de circuitos.
2. Conector ondulado.
3. Condensador eléctrico lógico.
4. Procesador ASIC.
5. Condensador eléctrico de encendido.
6. Inflamador eléctrico integrado.

Figura 7
Partes del detonador electrónico DaveyTronic



Nota: Recopilado del manual del Usuario DaveyTronic (2020).

Equipos involucrados del Sistema de Iniciación DaveyTronic

El sistema DaveyTronic es un sistema de detonación digital integrado, cada elemento de composición está diseñado para un alto rendimiento y máxima duración, consta de los siguientes componentes, pudiendo ser observados en la Figura 8.

- Una o más unidades de programación (PU)
- Un explosor remoto DaveyTronic (DRB2)
- Uno o más controladores de detonación (DBD)
- Antenas para DRB2 y DBD
- Maleta Pelican
- Detonadores electrónicos DaveyTronic.
- Cargadores 220V y conector para camioneta.
- Tarjeta RFID disparo
- Programa de diseño OpitBlast

Figura 8
Componentes del Sistema DaveyTronic



Nota: Recopilado del manual del Usuario DaveyTronic (2020).

2.1.3. Causalidad de cortes de línea descendente de detonador

Durante el inicio de servicio en mina Quellaveco se ha podido reconocer las causalidades que generan el corte de la línea descendente del detonador electrónico, el mismo que imposibilita la iniciación de la carga explosiva como estaba estipulado. Tenemos las siguientes:

Derrumbe de Taladros

Esto ocurre cuando la estructura del taladro es irregular y se realiza sobre un material poco competente, lo que genera desprendimiento de rocas al interior del taladro ocasionando el corte de las líneas descendentes como se muestra en la Figura 9.

Cuando no se realiza una buena nivelación de piso en la malla de voladura, se genera acumulación de rocas sueltas en el collar del taladro el cual incrementa la posibilidad de corte.

Figura 9
Derrumbe de taladros



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

Calidad deficiente de gravilla o material de tapado

Se cuenta con material de tapado deficiente (entre 3” a 4” de diámetro) sumado a taladros ensanchados con exceso de rocas en el collar por la mala nivelación de piso del proyecto de voladura que contribuye al corte de línea descendente como se observa en la Figura 10.

Figura 10
Material de tapado deficiente



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

Cortes o daños de línea descendente por desplazamiento de equipos dentro de la malla de voladura

Durante el desplazamiento de los equipos mecanizados (camiones fábrica, minicargador y/o cargador con volteo lateral, etc.) como se observa en la Figura 11, dentro de la malla en algunas ocasiones estos pasan cerca o por encima de los taladros ya primados, lo que genera un derrumbe del taladro y en ocasiones los cables de superficies son cortados y/o enviados al fondo del taladro, siendo sepultados por el material del derrumbe.

Figura 11
Desplazamiento de equipos dentro de la malla de voladura



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

Durante el proceso de tapado

Con frecuencia se utilizan equipos mecanizados, siendo el mini cargador y/o cargador con volteo lateral los que generan la mayor cantidad de cortes, ya que este no puede hacer una selección del material que debe caer al interior de los taladros, además de generar cortes por el impacto del cucharon a la línea descendente.

Deslizamiento de material de taco

Esto ocurre con mayor frecuencia en el repentino descenso del material de taco.

Cuando se usa air bag y/o taponex en la generación de cámaras de aire estas frecuentemente son la causa principal de deslizamiento de taco.

Fuga de corriente en detonador electrónico

Esta es generada cuando el cable del detonador ha sido dañado y las dos “almas” de cobre quedan expuestos al contacto con otro material.

2.2. Descripción de las operaciones

2.2.1. Perforación

La perforación es la primera operación minera que se efectúa en la preparación de una voladura, sin una perforación adecuada y ordenada la voladura sería deficiente, lo que conllevaría a una baja eficiencia en el carguío del material impactando directamente en la producción de la mina.

En la mina Quellaveco se está aplicando la perforación autónoma con la puesta en marcha de 06 perforadoras Pit Viper 351 (02 de 10 5/8 in y 04 de 12 1/4 in de diametro) y 03 SmartROC D65(6 1/2 in de diámetro) como se puede apreciar en la Figura 12.

La Pit Viper 351 posee una plataforma operativa Rig Control System (RCS) que le proporciona la capacidad de automatización. Entre sus opciones cuenta con el sistema de taladro y niveladora automática. Incluso el vehículo se puede operar casi sin interacción humana. En el caso de la SmartROC D65 es solamente operado a control remoto y por un operador, desde una consola ubicada a 100 metros de distancia.

Gracias a esta nueva tecnología se garantiza la seguridad de los operadores, los cuales ya no están expuestos al polvo ni al ruido.

Figura 12
Malla perforada por Pit Viper 351



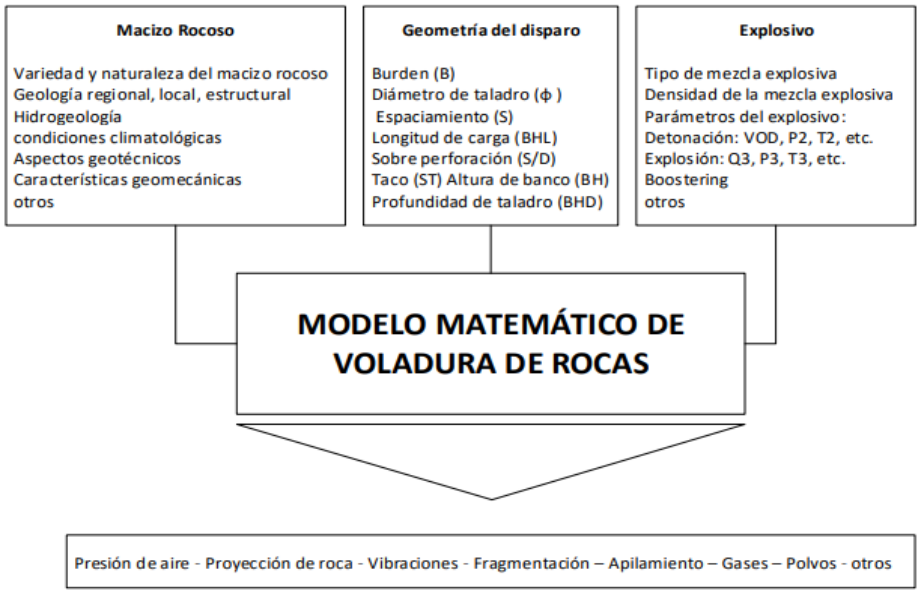
Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

2.2.2. Voladura

La voladura se puede definir como la ignición de una carga masiva de explosivos. El proceso de voladura comprende el carguío de los huecos hechos en la perforación con una sustancia explosiva, que al entrar en acción origina una onda de choque y, mediante una reacción, libera gases a una alta presión y temperatura de una forma substancialmente instantánea, para arrancar, fracturar o remover una cantidad de material según los parámetros de diseño de la voladura misma. (Glosario Técnico Minero, 2003)

En la Figura 13 se indica que para poder encontrar una aproximación al diseño de una voladura óptima se debe tener una cuenta un modelo matemático que intervenga la mayor cantidad de parámetros y variables estocásticas. (Agreda Turriate, 2014)

Figura 13
Factores que tienen una influencia determinante en los resultados de un disparo



Nota: Recopilado del libro Rock Blasting (Agreda Turriate, 2014)

En mina Quellaveco a la actualidad de marzo 2022 se está avanzando con las fases F01N, F02N y F01S, para cada fase se ha elaborado y mejorado los diseños de carga conforme al avance con el apoyo del área de geotecnia y geología que dan el soporte con la información necesaria a la caracterización de la roca (discontinuidades, litología, alteración, densidad, entre otros).

Medición, nivelación y preparación para el carguío de taladros

El área de asistencia técnica brinda a los recursos operativos los planos y diseño de carga del Proyecto de Voladura, el equipo ingresa a la malla perforada e inician a delimitar el área que se encuentra lista para cargar (taladros ya muestreados por el área de geología) colocando la señalización (conos, cintas y letreros) con el objetivo de que ninguna persona o equipos que no sea parte involucrada del equipo de voladura ingrese a la malla como se visualiza en la Figura 14; teniendo el área delimitada se comienza a hacer la medición y nivelación de taladros colocando en una estaca el

ID y altura medida del taladro, en caso de tener taladros tapados, cortos y con agua se colocara una señalética.

Figura 14
Señalización de Proyecto de Voladura



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

Como medida de seguridad se tuvo en cuenta que cuando una perforadora autónoma se encontrara trabajando se laborara manteniendo 30 mts de distancia, además de la verificación de las condiciones del terreno: buen acceso para el transito adecuado de los camiones fábrica y que contara con la berma de seguridad según los estándares de la unidad minera.

Primado, carguío y tapado de taladros

Teniendo el área delimitada a cargar con sus IDs y altura medida colocadas en sus estacas se procede a la repartición de accesorios de voladura en cada taladro como se observa en la Figura 15, en este proceso se evalúa la condición del taladro (taladros con rocas sueltas en el collar).

Figura 15

Reparto de accesorios de voladura



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

Posteriormente se inicia el primado de taladros donde se une el detonador electrónico y el detonador no eléctrico al booster gracias al sistema safelock que posee y se elonga descendiendo hasta llegar a medio metro antes de la altura medida y se enrolla ajustando a la estaca como se observa en la Figura 16.

Figura 16

Uso de doble detonador por evaluación de estado de taladro



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

En la Figura 17 se observa el taladro primado con doble prima (02 detonadores electrónicos, 02 detonadores no eléctricos, 02 boosters) debido a la exposición de la línea descendente con rocas sueltas.

Figura 17

Taladro con doble prima



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

Los taladros que presenten este tipo de problemas durante el carguío y/o tapado pueden sufrir el corte de la línea descendente por la caída de rocas sueltas o por un taladro que no arma bien. Cabe recalcar que la toma de decisiones del uso de doble prima se realiza con la autorización de la supervisión y el cliente.

En la operación se tiene al momento 04 camiones fabrica Onebody que cuentan con un sistema bombeable y vaciable, frente a todos los cambios que han ocurrido desde el inicio de la operación se están manejando diseños con cargas de mezclas de HA37 y HA73G. En la Figura 18 se observa al camión PEQ-11 que se encuentra cargando un taladro mientras su operario de piso se encuentra midiendo la altura de carga, ya que se tiene que respetar el taco del diseño de carga.

Figura 18
Carguío de taladros



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

En Figura 19 se observa el control de densidad que se realiza en campo al camión fabrica ya que es importante el seguimiento al cumplimiento de parámetros de la mezcla explosiva; tanto para un gasificado y un heavy anfo se conoce la densidad que debe tener. Cabe recalcar que en el caso del gasificado se debe hacer seguimiento al tiempo de esponjamiento para que al cumplida la densidad final se inicie con el tapado con gravilla; no solo se verifica la densidad, sino que el camión inyecte la correcta proporción de petróleo.

Figura 19

Control de densidad de mezcla explosiva



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

Mientras se termina el carguío de taladros, a su vez se va realizando el tapado de los taladros que ya cumplieron con el tiempo de esponjamiento; se tiene un minicargador que apoya en esta tarea. Este proceso se realiza de manera cuidadosa como se observa en la Figura 20 pues el bienestar del cable de la línea descendente del detonador electrónico puede verse perjudicado si se realiza de una manera incorrecta. El personal encargado del tapado se encuentra testeando con la PU (Unidad de Programación) el detonador mientras se realiza el tapado verificando su estado (si se corta la línea o se tiene presencia de fuga).

Figura 20

Tapado de taladros



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco

Programación, conexión y detonación de Proyecto de Voladura

Durante el tapado de taladros, el programador según el avance de carguío podrá generar su camino de programación e iniciar con ello, dependiendo si la mayor parte del proyecto se encuentra cerrado podrá hacerlo fácil en línea (programando y realizando la conexión al mismo tiempo) sino de manera fácil uno por uno (primero tendrá que programar detonador por detonador y posteriormente realizar la conexión).

Tener en cuenta que todo este proceso se le hace más fácil al programador cuando los procesos anteriores se han realizado de manera correcta, ya que el tener fugas por cortes en el cable, así como cortes de línea aumenta el tiempo que el programador tiene que tomarse para cerrar el proyecto (tiene que tratar el detonador para determinar el problema, hacer búsqueda binaria para encontrar el detonador con fuga y/o activar back up). Tener en cuenta que para el control de fugas se recomienda no tener más de 60 detonadores por línea, por ello se debe planificar la cantidad de líneas según la cantidad de detonadores que se tienen por proyecto.

Cuando se tiene corte de línea descendente se procede a darle tratamiento, verificar el estado del cable (si hay algún corte) de la línea hasta llegar al collar, cortar el cable hasta casi llegar al collar y pelarlo hasta tener las dos almas de cobre y verificar con la PU si el detonador responde a los comandos, de ser negativo se procederá a la activación de back up como se observa en la Figura 21.

Figura 21

Detonador No Responde por corte de línea



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

La activación del back up se debe ejecutar a través de otro detonador electrónico conectado en superficie al tubo de choque del detonador no eléctrico (Brinel) como se muestra en la Figura 22, este detonador electrónico debe llevar un tiempo de 400 ms que sumado más el retardo del brinel dan 1000 ms de tal manera que salga antes de la secuencia de disparo, que en su mayoría de diseños comienza en 3000 ms.

Figura 22
Activación de back up



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

Finalmente, con los resultados positivos de los testeos de las líneas como se muestra en la Figura 23 se procede a unirlos a una sola línea y tenderlo al lugar donde se colocará el equipo DBD (Blast Driver). Ya instalado el equipo nos dirigimos al punto de disparo que se encuentra fuera del radio de influencia de voladura y se procede a traspasar la información de la PU a la DRB (Remote Blast), se descarga el plan de disparo, verificando la intensidad y calidad de señal y se da inicio a los tests hasta llegar a listos para cargar.

Figura 23
Testeo de línea



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

Teniendo el visto bueno del Supervisor de Voladura se procede a cargar los detonadores y detonar el Proyecto de Voladura como se observa en la Figura 24.

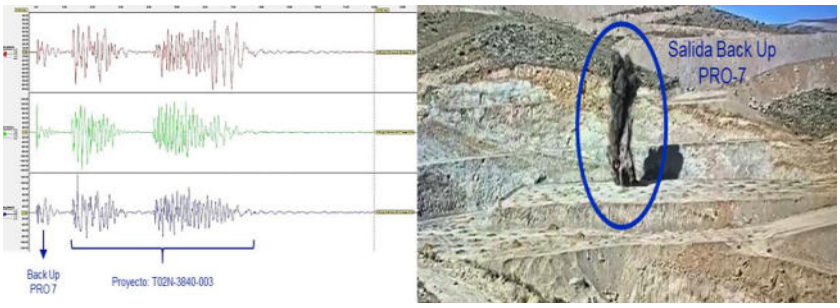
Figura 24
Detonación de Proyecto de Voladura



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

Cabe resaltar que cuando se tiene un evento de activación de back up es necesario asegurar su detonación mediante la verificación del registro sismográfico y filmográfico como se visualiza en la Figura 25.

Figura 25
Registro Sismográfico y Fílmico



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

CAPITULO III

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

3.1. Antecedentes internacionales

El empleo de detonadores electrónicos al interior de esta industria ha resultado relativamente moderado, y convencionalmente solo se utiliza cuando el operador de cantera confronta opciones de voladura limitadas a menudo por causa de limitaciones ambientales o de producción. (Miller & Martin, 2007)

Los detonadores electrónicos de retardo son un recurso único para los dificultades que se presentan en minería como en la mina Mufulira donde la operación en Zambia se convirtió en la primera en implementar el uso de Smartdets al 100%, eliminando el tubo de descarga no eléctrico tradicional, aumentado la rentabilidad y la productividad. (Banda & Rhodes, 2005)

En función de la criticidad, la frecuencia y el nivel de la causa que la ocasiona, se pudo observar, mediante el uso de gráficos, que las provocadas por una desconexión de cables son habituales, pero excesiva poco críticas y fácilmente corregibles; se debe cuantificar las variables y encontrar la correlación entre ellas y la frecuencia de la falla y su criticidad, para poder encontrar correctas medidas de mitigación de estas. (Lepileo, 2012)

Debido a los últimos eventos no deseados de tiros no detonados en rajo Rosario debido a causa de fallas de detonadores electrónicos I-kon por presiones dinámicas, es que OMS (Orica Mining Service) ha presentado a CMDIC (Compañia Minera Doña Inés de

Collahuasi, Santiago Chile, el cuarto productor de cobre de Chile, cielo abierto) la ejecución de pruebas especiales elaboradas para cuantificar este efecto para así generar recomendaciones y prácticas que permitan disminuir su ocurrencia. Los resultados de esta prueba indican que dependiendo del estado del macizo rocoso de mala calidad o saturados en agua, existe una gran posibilidad de falla por efecto de presiones dinámicas si no se tienen las consideraciones adecuadas. (Orica Mining Services, 2012)

Bajo diferentes condiciones de sobrecarga, se utilizó el método de Split Hopkins para probar el rendimiento de alta sobrecarga del detonador electrónico y se obtuvo el estado de falla de cada componente del detonador electrónico. Los resultados muestran que la función de fuente de alimentación del módulo de control electrónico en el estado retardado tiene una breve falla cuando el valor inicial de sobrecarga es 6,23 diez mil g, y cuanto mayor es la sobrecarga, más evidente es la falla. Cuando la sobrecarga aumenta a 38,10 diez mil g, falla la función de comunicación del módulo de control electrónico. Cuando la sobrecarga aumenta a 46,62 diez mil g, la parte remachada sigue firme sin fallar. (Ren, y otros, 2022)

3.2. Antecedentes nacionales

La mayor ventaja de los detonadores electrónicos Hotshot, es su calidad de exactitud, precisión y flexibilidad de programación, a partir de este fundamento se deben construir las guías para renovar el proceso de extracción global de la minería, es decir, enmarcado en el concepto de voladura óptima, cuyo objetivo principal es conseguir excelentes resultados en esta operación, sin que ello signifique perjudicar el resto de las operaciones (carguío, transporte y chancado primario). (Huamán Ubillús, 2010)

Demuestra las ventajas de su producto, detonador electrónico DaveyTronic IV, sistema de iniciación digital Daveytronic SP y sus aplicaciones en mina Yanacocha, Antamina y Cuajone. (Davey Bickford, 2014)

Se demuestra la optimización en la fragmentación, y reducción de costos de perforación y voladura al emplear detonadores electrónicos que tienen la capacidad de precisión de disparo en comparación con detonadores pirotécnicos en el proceso de voladura de rocas donde la aplicación de detonadores electrónicos nos permite mantener una mejora de 11,4 % en los resultados de fragmentación, y a la vez reducir el costo de perforación y voladura en 14,28 % en comparación de los costos con detonadores pirotécnicos. (Salomón, 2009)

Se definió las distancias críticas para los detonadores Daveytronic, utilizando la información de las pruebas realizadas en el operación La Quinua nivel 3228, para los taladros de producción de 10 5/8'' utilizados en este operación se demostró que las distancias entre taladros para el diseño de malla deben estar en un rango de 1.6 a 4 metros de longitud dependiendo de la altura de carga, lo que representa las distancias críticas de operación segura para no dañar los detonadores por efecto de la presión dinámica. (Aguilar & Chilón, 2017)

La marcación de lugares donde se perforarán los taladros, debe realizarse con estacas de madera, evitando el uso de piedras, porque durante el proceso de tapado de taladros pueden ser arrastradas hacia el interior de ellos, provocando cortes en las líneas descendentes. (Lopez, 2006)

3.3. Objetivos

3.3.1. Objetivo General

- Proporcionar e implementar prácticas operacionales de voladura que ayuden a reducir el consumo de detonador no eléctrico – back up.

3.3.2. Objetivo Específico

- Identificar las causas del incremento de la tasa de back up.
- Implementar acciones para reducir el consumo de detonador no eléctrico – back up.

CAPITULO IV

DISCUSIÓN Y APORTES

4.1. Discusión

Según Banda & Rhodes (2005) concluyen que los detonadores electrónicos de retardo son un recurso único para los dificultades que se presentan en minería y Miller & Martin (2007) señalan, que el empleo de detonadores electrónicos al interior de esta industria ha resultado relativamente moderado, y convencionalmente solo se utiliza cuando el operador de cantera confronta opciones de voladura limitadas a menudo por causa de limitaciones ambientales o de producción.; ambas investigaciones coinciden que los detonadores electrónicos tienen muchas ventajas que propician su utilización, en nuestro trabajo se indica las ventajas que ofrece el detonador electrónico.

Davey Bickford (2014) demuestra las ventajas de su producto y sus aplicaciones en mina Yanacocha, Antamina y Cuajone y Aguilar & Chilón (2017) lograron definir las distancias críticas para los detonadores Daveytronic, lo que representa las distancias críticas de operación segura para no afectar los detonadores por efecto de la presión dinámica, ambos coinciden en el buen desempeño del detonador Daveytronic que se señala en nuestro informe.

Lepileo (2012) indica que en función de la criticidad, la frecuencia y el nivel de la causa que la ocasiona, se pudo observar, mediante el uso de gráficos, que las provocadas por una desconexión de cables son habituales, pero excesiva poco críticas y fácilmente

corregibles y Jimeno (2006) indica que los cortes de línea pueden deberse a la utilización de piedras para marcación de perforación de taladros, las cuales durante el proceso de tapado de taladros pueden verse arrastrados dentro del taladro generando cortes de línea, ambos relacionan la falla en común las malas prácticas operativas que generan eventos en el proceso de iniciación electrónica como el aumento de activaciones de back up que se indica en nuestro informe.

4.2. Aportes

4.2.1. Implementación de prácticas operativas

Al tener identificadas las causas que repercuten en el corte de la línea descendente del detonador electrónico a partir del mes de febrero del presente año se implementaron prácticas operativas que ayuden a disminuir el consumo de back up con ayuda de herramientas que pueden salvaguardar la integridad del detonador. Tenemos las siguientes:

Utilizar el tubo de polifusión

Protege de golpes directos de rocas de sobre-tamaño en las líneas descendentes de los detonadores al interior del taladro durante el proceso de tapado, este deberá ser de diámetro ¾” y 6 metros de largo como se observa en Figura 26.

Figura 26
Tapado de taladros con el uso de tubo de polifusión



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

El tubo de polifusión protege las líneas descendentes 5 metros aproximadamente si se tiene tacos mayores se tiene riesgo de corte de línea, cuenta con gran resistencia a los golpes y es fácil de manipular como se muestra en la Figura 27.

Figura 27
Material del tubo de polifusión



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

Uso de gravilla (ϕ= 1” a 1 ½ ”)

La gravilla empleada en el tapado de taladros ofrece como beneficio evitar el corte de las líneas descendentes, ya que los diámetros de las rocas son definidos.

Para este caso tanto el operador del equipo como el operario de piso deben verificar que las pilas no tengan material con sobre tamaño como se visualiza en la Figura 28, es decir que cumpla con las especificaciones de tamaño y forma, además, el operario de piso debe continuar vigilante durante el tapado, evitando que rocas de gran tamaño caigan al interior del taladro, este último aplica tanto para el cono de perforación y/o gravilla.

Figura 28
Pila de material de tapado (gravilla)



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

Utilizar rejilla en el tapado de taladros

El uso de la rejilla al momento del tapado beneficia que las rocas de mayor tamaño no ingresen al interior del taladro, evitando golpear las líneas descendentes como se muestra en la Figura 29.

Figura 29
Rejilla metálica



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

Uso de primador

Para el caso del primado de detonares electrónicos este debe hacerse con la herramienta conocida como el “Primador” que se muestra en la Figura 32, ya que esta ayuda a desenrollar la bobina del cable del detonador sin que esta conserve la forma ondulada, lo que disminuye la sección ocupada al interior del taladro, disminuyendo la probabilidad que esta sea impactada por una roca durante el tapado.

Figura 30
Primador



Nota: Recopilado Enaex Quellaveco 2022

4.2.2. Resultados de Implementación de prácticas operativas

Se realizó una comparación desde el inicio de servicio en la Mina Quellaveco que fue en junio del 2021 hasta el mes de abril 2022 para visualizar los resultados de la implementación de prácticas operativas.

En la Tabla 2 se visualiza el consumo de detonadores, cantidad de back up y la tasa de back up mensual teniendo hasta el mes de abril de 2022 un consumo de 15014 detonadores con una tasa de back up 0.14%.

Tabla 2
Consumo de detonadores mensual, cantidad de back up y tasa de back up

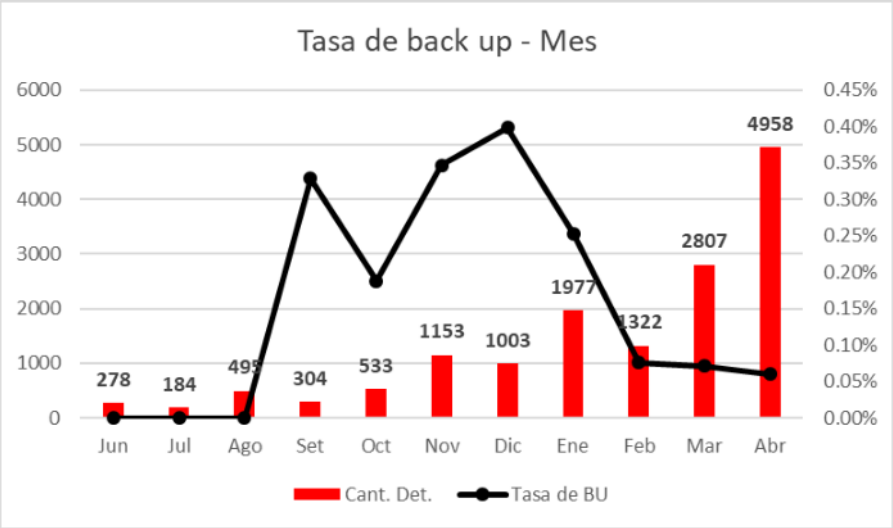
Mes	Cant. Det.	Cant. back up	Tasa de back up
Jun	278	0	0.00%
Jul	184	0	0.00%
Ago	495	0	0.00%
Set	304	1	0.33%
Oct	533	1	0.19%
Nov	1153	4	0.35%
Dic	1003	4	0.40%
Ene	1977	5	0.25%
Feb	1322	1	0.08%
Mar	2807	2	0.07%
Abr	4958	3	0.06%
Total	**15014**	**21**	**0.14%**

Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 31 vemos que la tasa de back up tuvo un aumento gradual durante los meses de noviembre, diciembre y enero, siendo estos los meses con condiciones climáticas adversas, sin embargo, con la implementación desde febrero de prácticas operativas, a pesar de seguir con las mismas condiciones, pero con un aumento de cantidad de detonadores se logró reducir el consumo de back up.

Figura 31

Tasa de back up mensual

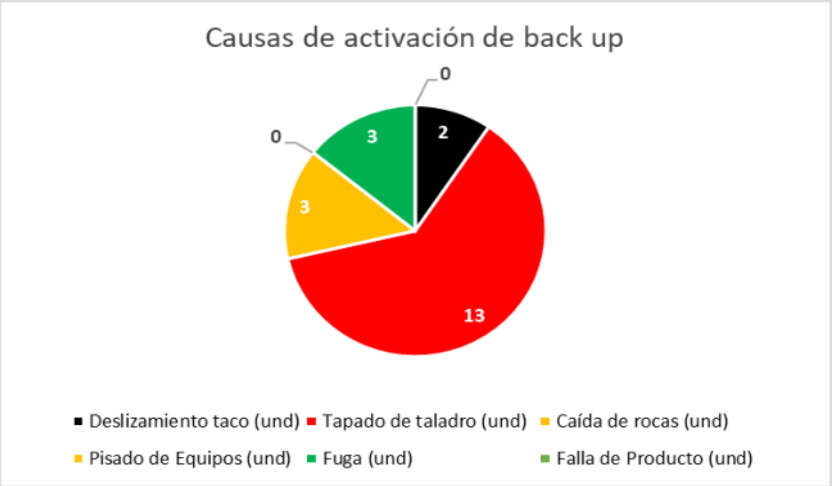


Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 32 se muestra las causas de activación de back up desde junio del 2021 hasta el mes de abril 2022 donde se ve refleja que la mayor causa es el tapado de taladros, es por ello que mediante la aplicación de prácticas operativas se ha ido mejorando su incidencia teniendo para el último mes con un consumo de 4958 detonadores 3 eventos (1 por deslizamiento de roca y 2 por tapado de taladros) como se visualiza en la Figura 33.

Figura 32

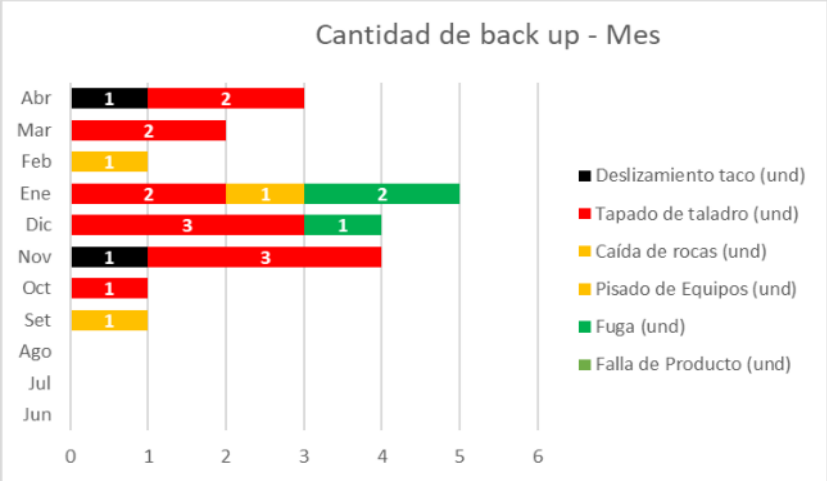
Causas de activación de back up



Nota: Elaboración Propia.

Figura 33

Cantidad de back up mensual por causalidad



Nota: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se implementó prácticas operacionales de voladura que ayudaron a la reducción del consumo de detonador no eléctrico – back up haciendo uso de las herramientas que conllevan a su puesta en marcha como el tubo de polifusión, primador y la rejilla, los cuales nos brindaron resultados teniendo durante el inicio de servicio la mayor tasa de back up fue de 0.40% la que se redujo a 0.06%.

- Se identificaron las causas del incremento de la tasa de back up, teniendo mayor incidencia el tapado de taladros con 13 activaciones de back up, el material de tapado es inadecuado y provoca los cortes de línea del detonador, por lo cual con ayuda del equipo Portametrics se ha enviado alertas al cliente acerca de la calidad de gravilla enviada a los proyectos de voladura teniendo una mejora que se refleja de un P80 de 2.89 in a 1.98 in, sin embargo se seguirá solicitando el tamaño recomendado que es de 1 a 1.5 in.

- Se implementaron acciones para reducir el consumo de detonador no eléctrico – back up, con el uso de nuevas herramientas y la correcta capacitación de cada procedimiento de trabajo asignado a cada proceso con el objetivo de culminar el Proyecto de Voladura sin activaciones de back up que se denota el porcentaje de cumplimientos de capacitaciones de seguridad y operacionales programadas que se realizan mensualmente llegando a obtener un porcentaje mayor al 100% de lo solicitado comparado a meses anteriores donde solo se llegaba a un 70% de cumplimientos.

Recomendaciones

- Utilizar detonadores electrónicos, ya que, a diferencia de los detonadores pirotécnicos, estos se pueden comunicar con equipo electrónico específico, reportado si se encuentran conectado al circuito, reportar su estado operativo, entre otros.

- Si se quiere asegurar el detonador en el booster no se debe hacer con el detonar electrónico ya que este puede ser dañado al momento de ser primado.

- Para el caso de pozos muy cercanos que se encuentren cargados considerar programar con el mismo tiempo para evitar daños en las capsulas de los detonadores por presiones dinámicas.

- Para el caso de los detonadores electrónicos, se deben programar antes del tapado, ya que, si se derrumba el taladro, corta las líneas descendentes de los detonadores, se pueden reprimar, ya que estos no han sido tapados, también, serviría para identificar un detonador con falla de fabricación.

- Al momento de primar los detonadores debe hacer evitando que el cable haga fricción con las paredes del pozo, ya que estos pueden dañar el plástico de recubrimiento de los cables, generando fuga de corriente.

- Aseguramiento de salida de back up, haciendo uso de la cámara de alta, así como la instalación de sismógrafo

- Seguimiento a la fragmentación de Proyecto de Voladura donde se tuvo la activación de back up.

BIBLIOGRAFÍA

Agreda Turriate, C. (2014). *Rock Blasting*. Lima.

Aguilar Ayala, M. J., & Chilón Ayay, F. (2017). *Estimación de Presiones Dinámicas inducidas por voladura para definir distancias críticas para detonadores electrónicos DaveyTronic en Tajo La Quinua Yanacocha.* Universidad Privada del Norte. https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10673

Banda, R., & Rhodes, N. (2005). *Electronic Delay Detonators - a Unique Solution to Pertinent Mining Problems.* The South African Institute of Mining and Metallurgy, 105 (October). https://www.saimm.co.za/Journal/v105n09p615.pdf

Bernaola Alonso, J., Castilla Gómez, J., & Herrera Herbert, J. (2013). *Perforación y voladura de rocas en minería.* Madrid. https://oa.upm.es/21848/8/20131007_PERFORACION_Y_VOLADURA.pdf

Davey Bickford. (2014). *Sistema de detonación electrónica Daveytronic SP aplicaciones en el Perú.* Santiago, Chile: Davey Bickford High-tech Initiation Company.

Glosario Técnico Minero. (2003). Bogotá D. C., República de Colombia: Ministerio de Minas y Energía. https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero.pdf

Huamán Ubillús, B. A. (2010). *Implementación de un nuevo Sistema de Iniciación Electrónica en Perú - Seguridad y Versatilidad*. Universidad Nacional de Ingeniería. https://1library.co/document/y4wplnrq-implementacion-nuevo-sistema-iniciacion-electronica-peru-seguridad-versatilidad.html

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. (1979). *GEOLOGÍA DEL CUDRÁNGULO DE MOQUEGUA.* Boletín 15: Serie A Carta Geológica Nacional, 35-u.

Knight Piésold Consultores S.A. (2008). *Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de Proyecto Quellaveco.*

Lepileo Soriano, P. C. (2012). *Análisis de modos de falla en proceso de detonación electrónica*. Universidad de Chile. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111974/cf-lepileo_ps.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Martínez-Valladares, W., Marchena-Campos, A., Otero-Aguílar, J., Cervantes-Gárate, J.,& León-Lecaros, W. (2017). *Geología y controles Tectonomagmáticos de los Sistemas Porfiríticos en el Arco Magmático Occidental Sur de Perú.* INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO - INGEMMET.

Miller, D., & Martin, D. (2007). *A review of the benefits being delivered using electronic delay detonators*. Australia: Orica Quarry Services. https://docplayer.net/20829490-A-review-of-the-benefits-being-delivered-using-electronic-delay-detonators-in-the-quarry-industry.html

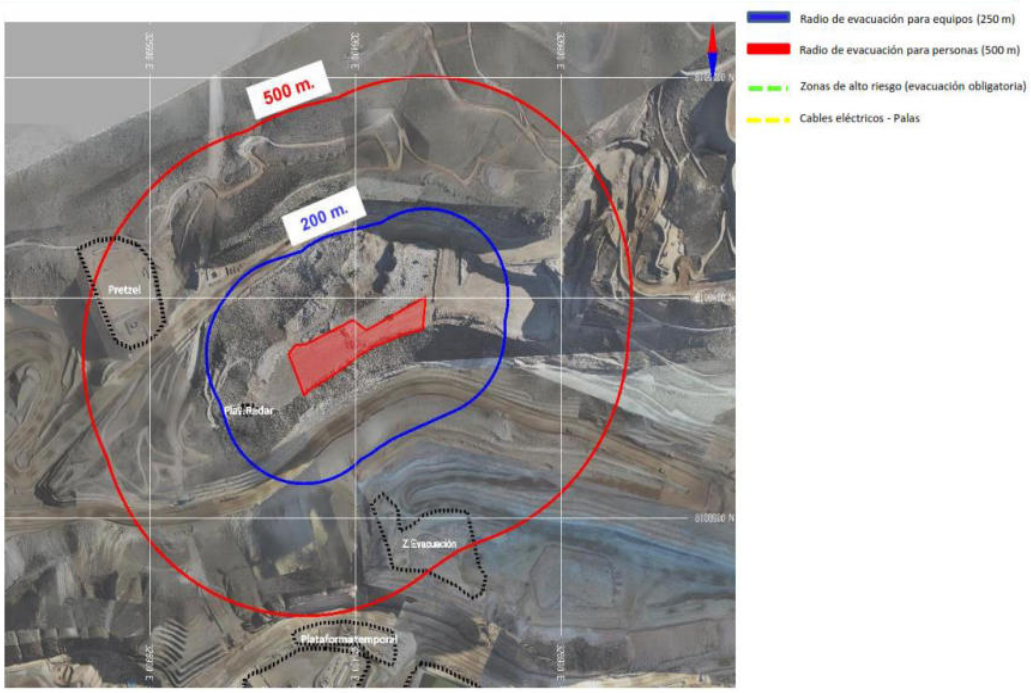
Orica Mining Services. (2012). *Reporte Prueba Espiral*. Santiago, Chile.

Ren, D., Hou, J., Duan, J., Ye, Y., Liu, X., & Liu, D. (2022). Failure mode analysis of electronic detonator under high overload condition. FirePhysChem, 199-205. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667134422000049

Salomón, O. S. (2009). *Optimización de voladura con el uso de detonadores electrónicos en la mina Cerro de Pasco Compañia Minera Volcan.* Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman.

ANEXOS

Anexo A: Plano de Influencia de Proyecto de Voladura



Anexo B: Diseño de Carga de Proyecto de Voladura

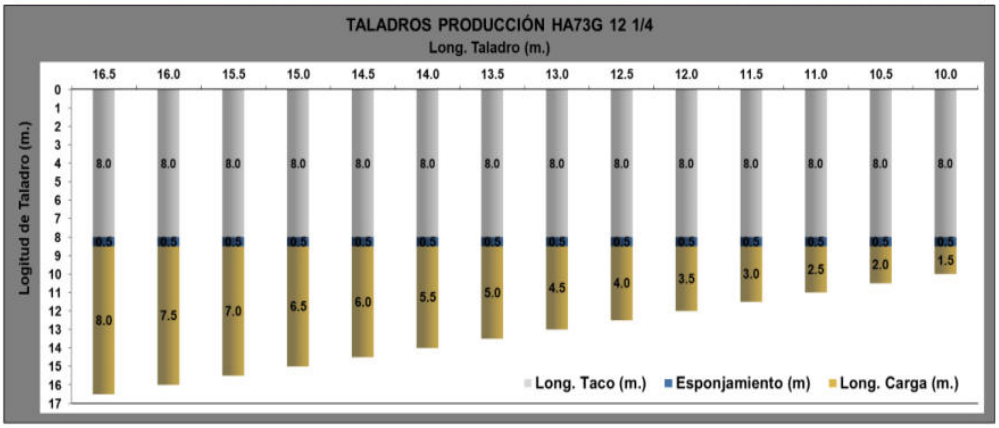
Primado de taladros

- 01 detonador no eléctrico
- 01 detonador electrónico
- 01 Booster de 450 g.

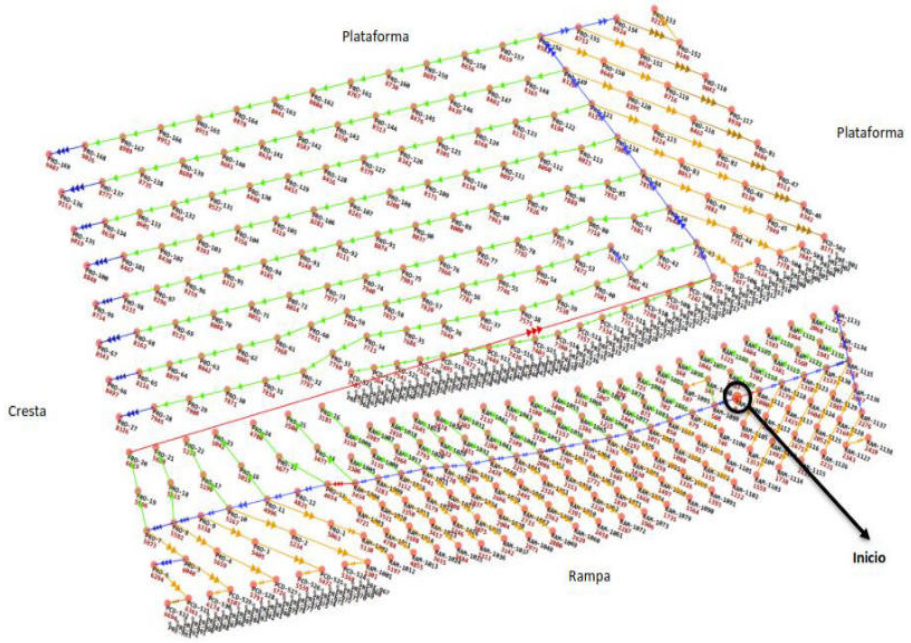
NOTA

- Solo se carga taladros a partir de 10 m. de altura
- Asegurar el correcto tapado de taladros con material 100% stemming (3.5 lamponadas de minicargador como mínimo)

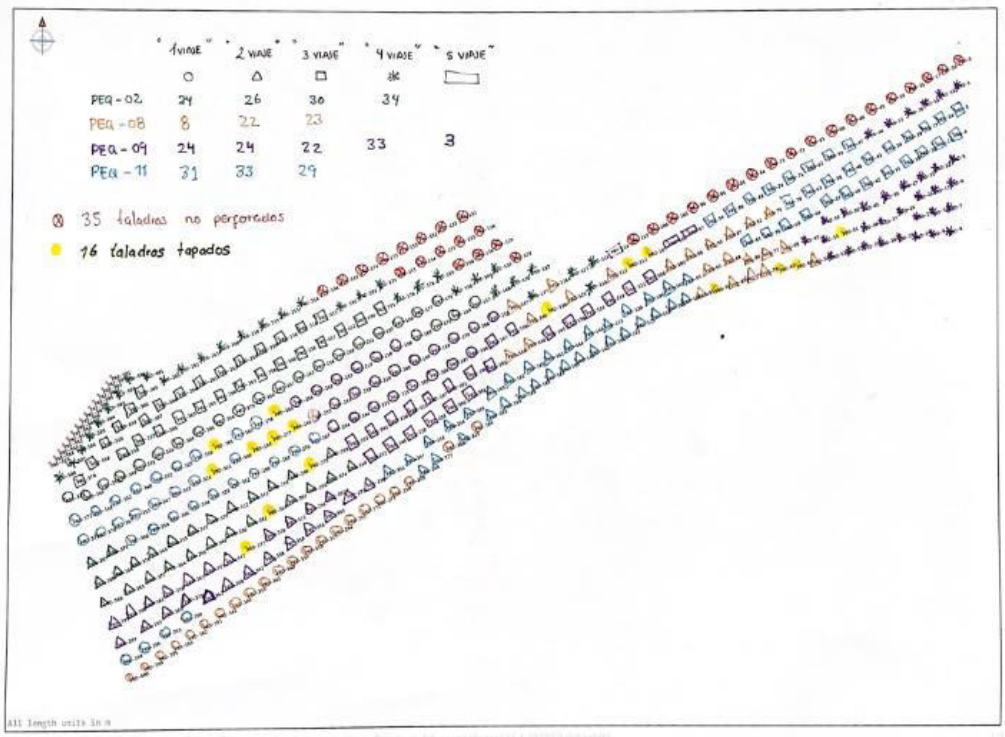
Burden (m.)	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Espaciamiento (m.)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Long. Taladro (m.)	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	13.5	13.0	12.5	12.0	11.5	11.0	10.5	10.0
Long. Taco (m.)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Esponjamiento (m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Long. Carga (m.)	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5
SDB	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.71	1.80	1.92	2.10
Carga (kg.)	957	897	837	777	718	658	598	538	478	419	359	299	239	179



Anexo C: Diseño de Secuencia de Proyecto de Voladura



Anexo D: Ruta de Carguío de Proyecto de Voladura



"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos : Zumy Beriza Inocente Loayza
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 72026592
Correo electrónico : zumy.vil@gmail.com
Teléfono/Celular : 935986758

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado ( )
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía (X)
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis ( )
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico (x)

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título : "APLICACION DE PRACTICAS OPERATIVAS PARA REDUCCION DE CONSUMO DE DETONADOR NO ELECTRICO (BACK UP) Y PREVENCION DE TIROS CORTADOS EN EL SISTEMA DE INICIACION ELECTRONICA"
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.07.05
c) Fecha de publicación : 2022

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : Arquímedes León Vargas Luque
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 01309736
c) ORCID : 0000-0001-7619-2844

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 72026592
NOMBRES Y APELLIDOS : Zumy Beriza Inocente Loayza

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(X) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 72026592

NOMBRES Y APELLIDOS : Zumy Beriza Inocente Loayza

FECHA : 2022

