



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

“INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE DETRITUS EN LA CARGA POR TALADRO EN LOS COSTOS DE VOLADURA DEL TAJO TAPADO OESTE LA QUINUA, YANACOCCHA S.R.L. CAJAMARCA, 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Bach. Segundo Valdivia Quispe

Bach. Mercedes Elizabeth Ramos Chávez

Asesor:

Ing. Shonel Miguel Cáceres Pérez

Cajamarca – Perú

2018

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Shonel Miguel Cáceres Pérez, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería de Minas, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Bach. Segundo Valdivia Quispe
- Bach. Mercedes Elizabeth Ramos Chávez

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: Influencia de la Aplicación de Detritus en la Carga por Taladro en los Costos de Voladura del Tajo Tapado Oeste, Yanacocha S.R.L. Cajamarca, 2018 para aspirar al título profesional de: Ingeniero de Minas por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

Ing. Shonel Miguel Cáceres Pérez
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Segundo Valdivia Quispe y Mercedes Elizabeth Ramos Chávez para aspirar al título profesional con la tesis denominada: *Influencia de la Aplicación de Detritus en la Carga por Taladro en los Costos de Voladura del tajo Tapado Oeste, Yanacocha S.R.L. Cajamarca, 2018.*

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Ing. Rafael Napoleón Ocas Boñon.

Jurado
Presidente

Ing. Víctor Eduardo Álvarez León

Jurado

Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán

Jurado

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, Víctor y Elena, quienes inculcaron el valor de la perseverancia en mi vida.

A mis hermanos Martin, Carla y Juan Carlos, por su ejemplo de superación, a mi hija Samantha Daniela, por ser mi motivación para seguir superándome.

A mi esposo Juan Carlos por su espíritu emprendedor.

Mercedes Ramos.

A mi madre Polonia.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Juan.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis hijos Danny y Dara.

Por ser mi alegría y mi motor principal de seguir adelante en mi vida profesional y personal.

A mi esposa Tania.

Por su apoyo incondicional en todo momento y por ser la persona que me impulsó a seguir superándome como profesional.

Segundo Valdivia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por permitirme alcanzar un logro más en mi vida, a mis padres, a mis hermanos, a mi hija y a mi esposo por su apoyo incondicional.

A la Universidad Privada del Norte, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente, a los docentes de la Carrera de Ingeniería de Minas, por sus enseñanzas brindadas.

Al ingeniero Shonel Cáceres, por su constante apoyo en la elaboración de esta tesis.

Mercedes Ramos.

Agradezco a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor, a mis padres por su ejemplo, a mi esposa por su apoyo incondicional, a mis hijos quienes son el pilar fundamental en mi vida y a todos mis hermanos que me apoyaron para culminar mi carrera.

Al ingeniero Shonel Cáceres por su apoyo en el desarrollo y culminación de la presente tesis como asesor

Segundo Valdivia.

TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	ii
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
TABLA DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Formulación del problema	11
1.3. Objetivos	11
1.4. Hipótesis.....	12
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	15
2.1. Tipo de investigación	15
2.2. Población.....	15
2.3. Muestra.....	15
2.4. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	15
CAPÍTULO III. RESULTADOS	17
3.1. Aspectos generales	17
3.2. Evaluación del relleno del taco de la nueva configuración.....	19
3.3. Aplicación de nuevos accesorios de voladura al eliminar el stemming	24
3.4. Influencia de la aplicación de detritus en el ahorro de costos de voladura	30
3.5. Viabilidad de la propuesta de la nueva configuración de carga.....	38
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	43
4.1. Discusión.....	43
4.2. Conclusiones	48
REFERENCIAS	50
ANEXOS	53

	Pág.
ANEXO n.º 1. Instrumentos de investigación.....	54
ANEXO n.º 2. Determinación de la dureza de la roca	55
ANEXO n.º 3. Fotografías	57
ANEXO n.º 4. Glosario de términos técnicos	61

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Operacionalización de las variables.	14
Tabla 2 Evaluación del taladro 57 prueba en el banco 3276.	24
Tabla 3 Evaluación del taladro 58 prueba en el banco 3276.	25
Tabla 4 Evaluación del taladro 33 prueba en el banco 3276.	25
Tabla 5 Evaluación del taladro 59 prueba en el banco 3276.	26
Tabla 6 Evaluación del taladro 35 prueba en el banco 3276.	27
Tabla 7 Evaluación del taladro 36 prueba en el banco 3276.	27
Tabla 8 Costos de los accesorios empleados en voladura.	29
Tabla 9 Cantidad de mezcla explosiva empleados en voladura.	30
Tabla 10 Costos de stemming en voladura.	31
Tabla 11 Antigua configuración de carga por taladro para diámetro 10 5/8.	32
Tabla 12 Configuración propuesta de carga por taladro para diámetro 10 5/8.	33
Tabla 13 Ahorro con la configuración propuesta de carga por taladro.	34
Tabla 14 Antigua configuración de carga por taladro para diámetro 9 7/8.	35
Tabla 15 Configuración propuesta de carga por taladro para diámetro 9 7/8.	36
Tabla 16 Ahorro con la configuración propuesta de carga por taladro.	37
Tabla 17 Características de la configuración propuesta de carga por taladro.	38
Tabla 18 Descripción de las pruebas de carga por taladro.	38
Tabla 19 Ahorro con las pruebas de carga por taladro en el banco 3276.	39
Tabla 20 Ahorro total con las pruebas de carga por taladro.	39
Tabla 21 Ficha de determinación de carga.	54
Tabla 22 Ficha de toma de costos.	54
Tabla 23 Relación entre dureza y resistencia a la compresión uniaxial.	56
Tabla 24 Propiedades geomecánicas de rocas presentes en La Quinua.	56

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 4. Prueba de eficiencia de accesorios.....	21
Figura 5. Secuencia de detonación.	22
Figura 6. Diseño de carga de los taladros de prueba.	23
Figura 7. Bolsas de aire en taladros de La Quinua.	28
Figura 8. Bolsa de aire antes de ser usado en los taladros de La Quinua.	28
Figura 9: Ahorro por taladro con la configuración propuesta para 10 5/8).....	34
Figura 10: Ahorro por taladro con la configuración propuesta para 9 7/8.....	37
Figura 11: Carguío de taladros en La Quinua.	40
Figura 12: Ubicación de taladros de prueba en La Quinua.	40
Figura 13: Taladros de prueba después de voladura en La Quinua.	42
Figura 14. Comparación de configuraciones para diámetro de taladro 10 5/8.....	43
Figura 15. Comparación de configuraciones para diámetro de taladro 9+7/8.	45
Figura 16: Zona de voladura.	57
Figura 17: Carguío de taladros.	57
Figura 18: Verificación de taladros.	58
Figura 19: Evaluación de taladro para cargarlos.	58
Figura 20: Carguío de taladros.	59
Figura 21: Labores en el banco 3276.	59
Figura 22: Perforación en el banco 3276.	60
Figura 23: Booster.....	60

RESUMEN

Esta tesis se desarrolló en el Tajo Tapado Oeste La Quinua, en minera Yanacocha, la cual tuvo por objetivo determinar la influencia de la aplicación de detritus en la carga por taladro en los costos de voladura; mediante la evaluación del relleno del taco propuesta, la aplicación de nuevos accesorios de voladura al eliminar el stemming y la influencia en el costo de la configuración propuesta y con la determinación la influencia de la aplicación de detritus en el ahorro de costos de voladura. Se ha propuesto el relleno del taco de la nueva configuración para 9 7/8 y para 10 5/8 y el impacto en los costos de voladura de Yanacocha S.R.L. la recuencia de uso de las mezclas que se utilizan son 60% HA73(G+H), 30% HA37 y 10% ANFO. Con lo cual se obtiene un ahorro para 10 5/8 de 317022.30 dólares desde febrero hasta mayo del 2018; para 9 7/8 de 213342.23 dólares desde febrero hasta mayo del 2018. Se propone la aplicación de detritus y eliminar el stemming; con ello se producen ahorro por taladro en el ANFO son 26 dólares por taladro, en HA37 se ahorra 33.27 dólares por taladro, en HA 46 se ahorra 37.68 dólares por taladro, en HA55 se ahorra 39.70 dólares por taladro, en HA64 se ahorra 39.47 dólares por taladro y en HA73(G+Q) se ahorra 38.36 dólares por taladro para 10 5/8. En los taladros de 9 7/8 el ahorro por taladro en ANFO son 20.95 dólares, en HA37 se ahorra 27.23 dólares, en HA 46 se ahorra 31.04 dólares, en HA55 se ahorra 32.79 dólares, en HA64 se ahorra 32.59 dólares y en HA73(G+Q) se ahorra 31.63 dólares. Si se aplica detritus en el ahorro de costos de voladura de Yanacocha S.R.L. durante cuatro meses es de 530 365 dólares.

Palabras clave: Configuración de carga, taladro, costos de voladura.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En minería a cielo abierto, la optimización se lleva a cabo mediante la evaluación y análisis de cada una de las operaciones unitarias necesarias para la extracción del recurso mineral de interés. Según los autores Cruzado y Díaz (2017), una de estas, es la operación de perforación y voladura, la cual es uno de los métodos de arranque de material más utilizado, ya que permite obtener mayor cantidad de material arrancado en un tiempo más corto, los costos de esta operación son altos.

De acuerdo al autor Chipana (2015), la voladura es uno de los medios principales de extracción de minerales en las operaciones de minería a cielo abierto. El propósito principal de la operación de voladura es la fragmentación de la roca y para esto se requiere de una gran cantidad de explosivos. Los explosivos liberan una gran cantidad de energía durante la explosión, en donde, sólo el 20-30% es utilizada para la ruptura y el desplazamiento de las rocas, mientras que el resto de esta energía se desperdicia en forma de efectos secundarios ambientales.

Considerando que la mayor parte de los costos radica en las operaciones unitarias de perforación y voladura de rocas, se requiere mejorar cada vez más utilizando las técnicas modernas de voladura de rocas.

Un elemento importante en el proceso de evaluación y optimización de la operación de voladura, es poder predecir a través de un modelo, las consecuencias y beneficios al introducir cambios en los parámetros más

relevantes de una voladura, así como la mejora del cambio de configuración de carga explosiva.

Sin una adecuada configuración de carga explosiva, la fragmentación, la proyección y el apilamiento de roca son problemas que se presentan debido a diferentes factores, siendo los más importantes el tiempo de detonación, factor de carga y las estructuras del macizo rocoso influenciados esencialmente por las discontinuidades. La utilización de una buena configuración de carga explosiva, permite la obtención de una fragmentación del mineral requerida para un buen tratamiento posterior del Mineral de cabeza, logrando disminuir el tiempo del ciclo de carguío y transporte y los demás procesos posteriores, plasmándose en un ahorro de costos.

Actualmente, las tecnologías disponibles y la adecuada configuración de carga explosiva permiten mejorar problemas operacionales. En esta tesis, se describen y se realizan un rediseño de configuración de carga explosiva, dando como resultado la optimización de costos y un mejor control de los problemas antes mencionados.

La explotación del Mineral en Yanacocha se realiza a tajo abierto, donde la operación de voladura es una de las más costosas, por ello se ha evaluado mejoras usando una nueva configuración de carga explosiva con la sustitución de stemming por detritus, con lo cual los costos se reducen notablemente.

En esta tesis se tiene por finalidad demostrar la efectividad del uso del material triturado producto de la perforación (detritus de perforación) como elemento de confinamiento de energía (taco) para el control de una voladura a tajo abierto, siempre y cuando se use una nueva configuración de carga explosiva. Esto se aplica tanto para taladros secos como los que presentan agua en su interior.

- **Altamirano, (2014).** Presentó su Tesis, para obtener el Grado de Magister en Minas, titulada: “*Diseño de tronadura en una fase - aplicación a minería continua - Codelco - División Andina*” a la Universidad de Chile. Es recomendable sin embargo realizar estudios geotécnicos de estabilidad de pilares adyacentes, considerando la geometría final con Apex de 7 m y 2,5m respectivamente. Este análisis también debería considerar el posible debilitamiento del macizo rocoso en zonas perturbadas por la tronadura. El Diseño MC 1 presenta una alta zona de fracturamiento (sobre quiebre). Los tiros están distribuidos de manera de aumentar la interacción entre las zonas de fracturamiento, conforme avanza la secuencia de tronadura. Este diseño propondría una fragmentación fina del material (pulverización), mejorando la proporción de espacio disponible para el movimiento del material esponjado. El porcentaje de área de sobre quiebre llega hasta un 58,5%, muy por encima del 50% definido por las experiencias en Australia y del 53,01% que presenta el Canalón de Andina. El Diseño MC 2 presenta un porcentaje de área de sobre quiebre de un 51%. La interacción entre los tiros es menor que la presentada en el Diseño 1

debido a que es una mejora al diseño original de perforación. El Diseño MC 3 presenta un porcentaje de área de sobre quiebre de un 58,5%.

- **Mendoza, (2014).** Presentó su Tesis, para obtener el Título de Ingeniero de Minas, titulada: “*Optimización de la voladura controlada aplicando un modelo matemático en la unidad minera Paraíso-Ecuador*” presentado a la Universidad Nacional del Centro del Perú. La metodología usada es a través de Identificación de las variables que intervienen en la voladura controlada, Requerimiento de datos, obtención y procesamiento; Generación de escenarios del método. El tipo de Investigación es aplicada, teniendo como Población Unidad Minera Paraíso – Ecuador, y la muestra a Las labores de desarrollo y exploración (CX.851,Gl.610S,CH.,SN). Se concluye que, a través del diseño de malla empleando el modelo matemático de R. Holmberg y Chiapetta se optimizó los estándares de las operaciones unitarias específicamente de perforación y voladura, y que, el diseño de mallas de perforación y distribución del carguío en función al tipo de roca, permitió la reducción del número de taladros y costo por taladro que era de 8.84 \$/taladro a 1,14 \$/taladro.
- **Zúñiga, (2015).** Presentó su Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil de Minas, titulada: “*Diseño de tronaduras y su impacto en el costo mina de compañía minera Cerro Negro*” a la Universidad de Chile. El desarrollo de este estudio consistió en ajustes de las mallas de tronadura por sectores y litologías del rajo. Para ello se compararon los resultados de los diseños propuestos con los del diseño actual (caso base), en

cuanto a curvas de distribución de tamaño, niveles de vibración y costos. La herramienta utilizada para el análisis granulométrico fue el software ImageJ, mientras que el análisis vibracional se abordó de manera teórica en base al formulismo desarrollado por la Oficina de Minería de Superficie, debido a la falta de recursos económicos de la Compañía. Los resultados de los estudios indicaron que el factor de carga que se debe utilizar, para un diámetro de perforación de 4”, no debe superar los 286 (g/t) en mineral; mientras que, en el caso del lastre, no debe ser mayor a 191 (g/t). Además, en relación a la práctica operacional, se estimó conveniente cargar el explosivo incorporando un taco intermedio, lo que requiere dos Detonadores del tipo Nonel más dos Amplificadores por pozo (doble cebo). Por último, para el amarre en superficie, se recomendó la utilización de retardos bidireccionales de 17 ms entre filas. La aplicación de estos cambios significó una disminución del sobre tamaño resultante para las diferentes mallas, desde un máximo de 19 % a un mínimo de 9 %. Se logró también disminuir el factor de carga desde valores superiores a los 300 (g/t) en mineral a valores entre 220 (g/t) y 290 (g/t); mientras que, en el caso del estéril, se alcanzaron valores inferiores a 200 (g/t).

- **Rojas, (2018).** Presentó su artículo científico, que lleva por título: “*Aplicación de la Voladura Controlada en el Sub Level Stopping con Taladros en Abanico*” en el PERUMIN, representando al Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. Los modelos matemáticos siempre son un acercamiento a los parámetros definitivos dentro una práctica en

minería, pero se constituye en el mejor sustento para iniciar su ejecución, por ende, vale la pena desarrollarlos. Los resultados de la primera prueba nos indicaron que la energía con la que estábamos trabajando era deficiente versus la que requeríamos. Se ejecutan las pruebas con el ANFO a pesar de saber que tiene mayor capacidad de producción de gases en la voladura y menor poder de fracturamiento, pero el poco trabajo para su desacoplamiento era un aspecto muy importante a tomar en cuenta dentro nuestras operaciones donde la productividad es imprescindible. No obstante, los resultados tuvieron un buen porcentaje de éxito. Los cambios efectuados para la tercera fase de pruebas fueron contundentes, puesto que se consigue que más de la mitad de los taladros detonen y generen un aplano entre ellos.

- **Tecsup, (2017).** Publicó su artículo científico, que lleva por título: *“Diseño de voladura superficial mediante software”*. El diseño de voladura es/debiera ser la primera etapa del proceso de una voladura eficiente y controlada. Maximizando la productividad de los procesos posteriores a partir del logro de una granulometría adecuada (fragmentos reducidos, uniforme, sin sobre tamaños, buen desplazamiento de la pila, etc.) así como reduciendo los impactos negativos asociados como; generación de gases, vibraciones, ruido, proyección de roca, etc. - El uso de un software que permita procesar la mayor cantidad de variables que influyen en los resultados de la voladura (información geológica, geotécnica, topográfica, costos, parámetros de los explosivos y sistemas de iniciación, etc.) mediante el

uso/aplicación de los principales modelamientos utilizados en el negocio en la actualidad. Permitirá estimar mediante simulaciones las mejores alternativas de diseño en función a las características de roca y condiciones operacionales propias de cada operación.

- **Chipana, (2015).** Presentó su Tesis para obtener el Título de Ingeniero de Minas, que lleva por título: “*Diseño de perforación y voladura para reducción de costos en el frente de la Galería Progreso de la corporación minera Ananea S.A*” a la Universidad Nacional de Altiplano de Puno. La metodología de esta actividad consistirá en la evaluación de las operaciones de perforación y voladura de la Galería Progreso y la ejecución de su etapa inicial y posteriormente se seleccionará un nuevo diseño de malla de perforación y selección de carga explosiva utilizada, considerando los siguientes parámetros: Burden, espaciamiento, número de taladros y la carga explosiva utilizada, finalmente estos resultados se compararan para encontrar la reducción de costos de perforación y voladura en la Galería Progreso de la Corporación Minera Ananea S.A. En esta investigación la muestra está constituida por el frente de la Galería Progreso de la Corporación Minera Ananea S.A. Finalmente se concluye que el número de taladros se ha disminuido de 45 taladros perforados a 42 taladros perforados según el análisis de cálculos matemáticos y la geología de la roca que presenta en la Galería Progreso lográndose muy buenos resultados. El factor de carga ha disminuido de 2,89 kg /m³ a 1,8 kg /m³ con respecto a la anterior malla de perforación en la Galería progreso.

- **Gaona, (2015).** Presentó su tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Minas, titulada: “*Optimización de la voladura, mina la Virgen - de la compañía minera San Simón S.A. - Huamachuco Trujillo*” a la Universidad Nacional de Piura. Se concluye que, se disminuirá la cantidad de explosivos por metro lineal, en la columna explosiva en los taladros de 25 kg/metro lineal a 20 kg /metro lineal; La fragmentación requerida se obtiene aplicando una relación de Burden y espaciamiento menor a 1 en un patrón de malla triangular, aumentando el factor de potencia y la detonación de cada taladro en tiempos diferentes. Además, la distribución de carga en el taladro influye notablemente en el resultado en la fragmentación de la roca. Con el cambio de mallas para diferentes tipos de rocas, la malla triangular se aplica en roca dura la cual es muy efectiva ya que proporciona la mejor distribución de la energía del explosivo en la roca. En ejecución de su trabajo rompedor eliminando voladuras secundarias y granulometría excesiva no planeada.

- **Huarza, (2017).** Presentó su tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Minas, titulada: “*Modificación de la columna de carga conservando los parámetros de diseño, para optimizar el grado de acoplamiento y velocidad de penetración en consorcio vial El Arenal*” a la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Al finalizar la investigación, se llegó a modificar el diseño de la columna de carga manteniendo el diseño de la malla con el cual se ha optimizado el grado de fragmentación del mismo modo se ha incrementado la velocidad de

penetración de 1,23 a 1,99 m/m int de acuerdo a los resultados de las fotos de resultados de fragmentación tomadas, y que, las cámaras de aire en un diseño de carga de columna, tiene excelentes aplicaciones dependiendo del tipo de roca, volumen de roca y densidad de roca a volar. Pero visto por otro ángulo las cámaras de aire disminuyen la potencia del explosivo, disminuyen la energía de choque y la energía de gas; como resultado final disminuye el nivel de fragmentación.

- **Vilela, (2014).** Presentó su tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Minas, titulada: “*Análisis de factibilidad para el uso de Anfo pesado a base de emulsión Gasificable en Minera Yanacocha*” a la Pontificia Universidad Católica del Perú. Se llega a las conclusiones que son; el uso de ANFO Pesado 73 gasificado logró mejores resultados que los ANFOs Pesados 46 y 64 a base de emulsión matriz en el aspecto operativo, medio ambiental, de seguridad y económico. En el aspecto operativo se determinó un incremento en el dig-rate (tasa de excavación) de los equipos de minado en un rango de 3-23%, en seis de los nueve casos analizados con el uso de ANFO Pesado 73 gasificado. Desde el punto de vista medioambiental y en términos de seguridad, se redujo significativamente la generación de humos nitrosos, los cuales generaban demoras operativas y significaban un riesgo para los trabajadores.
- **Becerra y Hernández, (2016).** Presentaron su Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Minas, cuyo título es: “*Estudio y selección de los métodos de perforación y voladura para optimizar la*

fragmentación de la roca, en la cantera Mitopampa, Cajamarca, 2016” a la Universidad Privada del Norte. La investigación fue realizada en la cantera Mitopampa ubicada en la provincia de Hualgayoc departamento de Cajamarca, en el proceso de perforación y voladura. La presente tesis expone una optimización de los procesos de perforación y voladura, un estudio de los diferentes métodos de perforación y voladura para seleccionar el más adecuado. En conclusión, el estudio y selección de los métodos de perforación y voladura mejora la fragmentación de la roca, siendo más óptimo el método de López-Jimeno utilizado para el cálculo de un adecuado patrón de voladura en la cantera Mitopampa.

- **Cruzado y Díaz, (2017).** Presentaron su tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniería Ambiental, titulada: *“Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero, Nicomar, en el Sector Corral Quemado, distrito de Magdalena, Cajamarca”* a la Universidad Privada del Norte. El diseño de investigación es Experimental y cuasi experimental, debido a que es un proceso lógico sistemático que corresponde a una incógnita; donde la variable independiente es manipulable de forma intencional para analizar la alteración de la variable dependiente. La muestra de Voladuras de Producción en Minera Cerro Negro aldañas a poblaciones. Finalmente se presentan las conclusiones, que son; Se logró encontrar la máxima Carga Operante para 864 kg de explosivo, obteniendo un nivel de PPV igual a 2.99 mm/s a una distancia de 780m. Este análisis establece una distancia mínima para encontrarnos dentro de los límites que establece un valor 3

mm/s como máximo para la norma DIN 4150 a campo lejano generadas por Voladura, en Unidad Minera Cerro Negro S.A. Se realizó el monitoreo de vibraciones en voladuras de producción para determinar el modelo predictivo vibracional, en Minera Cerro Negro S.A. Se analizó las posibles secuencias de detonación, que nos permitieron predecir el número de taladros acoplados y encontrar el nivel de vibraciones a campo lejano en Minera Cerro Negro. Se analizó la relación PPV vs Cantidad de Explosivo o Carga Operante, para determinar los límites en las condiciones más Críticas. Se logró comparar los niveles de vibraciones obtenidos en el modelo predictivo según la normativa establecida y los valores obtenidos en el monitoreo en campo.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de influencia de la aplicación de detritus en la carga del taladro en los costos de voladura del Tajo Tapado Oeste La Quinua, Yanacocha S.R.L. Cajamarca, 2018?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la aplicación de detritus en la carga del taladro en los costos de voladura del Tajo Tapado Oeste La Quinua, Yanacocha S.R.L. Cajamarca, 2018.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el relleno del taco de la nueva configuración y el impacto en los costos de voladura de Yanacocha S.R.L.
- Evaluar la aplicación de nuevos accesorios de voladura al eliminar el stemming y su influencia en el costo de la configuración propuesta en Yanacocha S.R.L.
- Determinar la influencia de la aplicación de detritus en el ahorro de costos de voladura de Yanacocha S.R.L.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La aplicación de detritus en la carga del taladro reducirá los costos de voladura del Tajo Tapado Oeste La Quinua, Yanacocha S.R.L. Cajamarca, 2018.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Con la evaluación del relleno del taco mediante un análisis situacional se logrará proponer una nueva configuración que implique el reemplazo de stemming por detritus que es menos costosa y por ende se reducirán considerablemente los costos de voladura de Yanacocha S.R.L.
- Al evaluar la aplicación de nuevos accesorios de voladura se eliminará el stemming y se reemplazará por otra alternativa

menos costosa por tanto su influencia será en la reducción de los costos de voladura en Yanacocha S.R.L.

- Al aplicar detritus en reemplazo de stemming se ahorrarán los costos de voladura de Yanacocha S.R.L.

1.4.3. Variables

- Independiente: Aplicación de detritus en la carga del taladro.
- Dependiente: Costos de voladura en Yanacocha.

1.4.4. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables.

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR
Aplicación de detritus en la carga del taladro	Independiente	El detritus se genera en la perforación de taladros, se considera desmonte, sin embargo, cumple la misma función que el stemming, por lo tanto se puede aplicar en la carga de un taladro.	Evaluación del Taco	Actual (Volumen de carga 0.22 m ³ , Kg usados 297.35)
				Propuesto (por evaluar)
				Volumen (m ³)
			Carga explosiva	Kilogramos usados
				Esponjamiento (%)
			Accesorios de voladura	Det. Electrónico (\$)
				Det. Pirotécnico (\$)
				Booster (\$)
				Stemming (\$)
				Carga Explosiva (\$)
Taponex (\$)				
	Cordón Detonante (\$X5m)			
	Volumen (m ³)			
Detritus	Factor de llenado (%)			
	Volumen usado (m ³)			
Costos de voladura	Dependiente	Son aquellos costos que se generan por la compra de explosivos, mantenimientos de equipos de voladura y pagos de personal del área de voladura.	Costo de configuración actual	En dólares
			Costo de configuración propuesta	En dólares
			Ahorro con la propuesta	En dólares

Fuente: Elaboración propia, (2018).

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación desarrollada es cuantitativa y cualitativa, ya que en esta tesis se propone una nueva configuración de carga de taladro e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos, referente a la cantidad de explosivos que se van a utilizar, y cualitativos, referentes a la calidad y tipo del explosivo a utilizar.

2.2. Población

Se trabajó con 16 353 taladros de voladura realizada en el tajo Tapado Oeste – La Quinoa - Yanacocha, febrero a mayo 2018.

2.3. Muestra

Se analizó en promedio 2 632 taladros mensuales de 10 5/8 y 1 457 taladros mensuales de 9 7/8 de la malla de producción en el tajo Tapado Oeste – La Quinoa.

2.4. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

2.4.1. Técnicas

- Revisión de datos del área de voladura

Esta técnica se realiza para analizar los datos obtenidos en el área de voladura que se ha venido realizando, con el fin de

compararlo con la propuesta de la nueva configuración de carga por taladro, y evaluar su viabilidad.

- Fichaje

Esta técnica consiste en registrar los datos que se van obteniendo mediante fichas, esquemas y fórmulas las cuales, contienen la mayor parte de la información que se recopila en una investigación.

El estudio se ha realizado en rocas de medias a duras.

2.4.2. Instrumentos

Los instrumentos a emplearse para la elaboración del presente trabajo de investigación son:

- Ficha de determinación de carga por taladro actual y propuesto.
- Ficha de costos.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Aspectos generales

Minera Yanacocha es el mayor productor de oro en Sudamérica, considerada muy importante para Newmont, debido a su alta producción y bajos costos.

Después de 10 años de exploraciones, en 1990, el estudio de factibilidad empezó con una planta piloto. Después de los resultados exitosos obtenidos de la planta, el proyecto comenzó en 1992. Con el inicio de las operaciones en Carachugo, la primera barra doré se produjo el 17 de agosto de 1992.

La explotación del segundo depósito, Maqui Maqui, se inició en 1994, y la producción del primer millón de onzas fue completada el 3 de febrero de 1996. Ese mismo año, empezaron las operaciones en el tajo San José y en 1997, en el cerro Yanacocha. La primera chancadora y aglomerador para el depósito La Quinoa empezó a finales del 2001. En el 2006 se empezó las labores de desarrollo del tajo Chaquicocha. Y a mediados del 2017 se empezó las labores en el proyecto Quecher Main.

Yanacocha ha representado la entrada al Perú de la minería moderna, por la incorporación de procesos que utilizan los últimos adelantos en extracción, procesos y protección del medio ambiente. Se estima que las reservas de la mina tienen asegurado una producción hasta el 2040.

3.1.1. Ubicación y accesibilidad

Minera Yanacocha S.R.L. (Minera Yanacocha) se ubica en la provincia y departamento de Cajamarca, sobre la Cordillera de los Andes, al Norte del Perú, con una localización aproximada en coordenadas zona 18 (WGS 84), 9 245 000 N y 795 000 E, aproximadamente a 32 kilómetros al Norte de la ciudad de Cajamarca, por carretera. Las instalaciones de Minera Yanacocha abarcan un área de 125 km² en un área con elevaciones que van desde los 3 700 hasta los 4.000 m.s.n.m.

El distrito está ubicado en la línea divisoria continental, separando arroyos que drenan hacia el Este dentro de la Cuenca del Amazonas y luego al Océano Atlántico (en las cuencas de Porcón, Chonta y Honda) de aquellas que drenan hacia el Oeste al Océano Pacífico (en la cuenca del Rio Rejo).

3.1.2. Clima, fauna y vegetación

El clima del área de estudio es típico de las regiones andinas cercanas al Ecuador: fresco y húmedo, con una temporada distintiva de lluvias. Las temperaturas son relativamente constantes todo el año, y rara vez bajan de cero inclusive en los puntos más elevados de la mina. Las condiciones son a menudo de mucho viento, especialmente a gran altura.

El clima se caracteriza por temporadas distintivas de lluvia (de octubre a abril) y secas (de mayo a septiembre).

La vegetación nativa en el área de estudio está dominada por la vegetación alpina tropical, incluidos prados, zonas boscosas, arbustos y tierras pantanosas. La zona ecológica a lo largo de la línea divisoria andina entre la zona más seca de Páramo al Norte y más húmeda de Puna al Sur, se llama Jalca. Sobre los 3 300 m, la vegetación de Jalca es principalmente de prados, y el pasto predominante es el ichu. La fauna nativa incluye sapos, lagartijas, aves, mamíferos pequeños y venados.

Esta región ha sustentado residentes dedicados al pastoreo durante más de 3 000 años. La zona de la Jalca se usa principalmente para pastar ganado vacuno y ovejas. Las menores alturas de la Jalca se usan a menudo para cultivar cosechas nativas e introducidas. Los cultivos andinos nativos incluyen tubérculos, representados por distintos tipos de papas, fréjoles y cereales.

3.2. Evaluación del relleno del taco de la nueva configuración

Las características de la voladura fueron las siguientes:

Tajo : LA QUINUA

Banco : TO3276

Hora Programada : 12:00 P.M.

Supervisor MYSRL

Supervisor Ing. P&V

Supervisor A.T. EXSA

Supervisor EXSA

Tipo de Iniciación : ELECTRÓNICA

Tipo de Malla : PRODUCCION

Carguío : DIA

Se coordinó con los supervisores encargado de turno para realizar la prueba eficiencia de dos accesorios de carguío uno es la bolsa de aire usado para realizar deck dentro del taladro y el otro accesorio es retenedor de taco; los dos accesorios son para el uso exclusivo en taladros con agua.

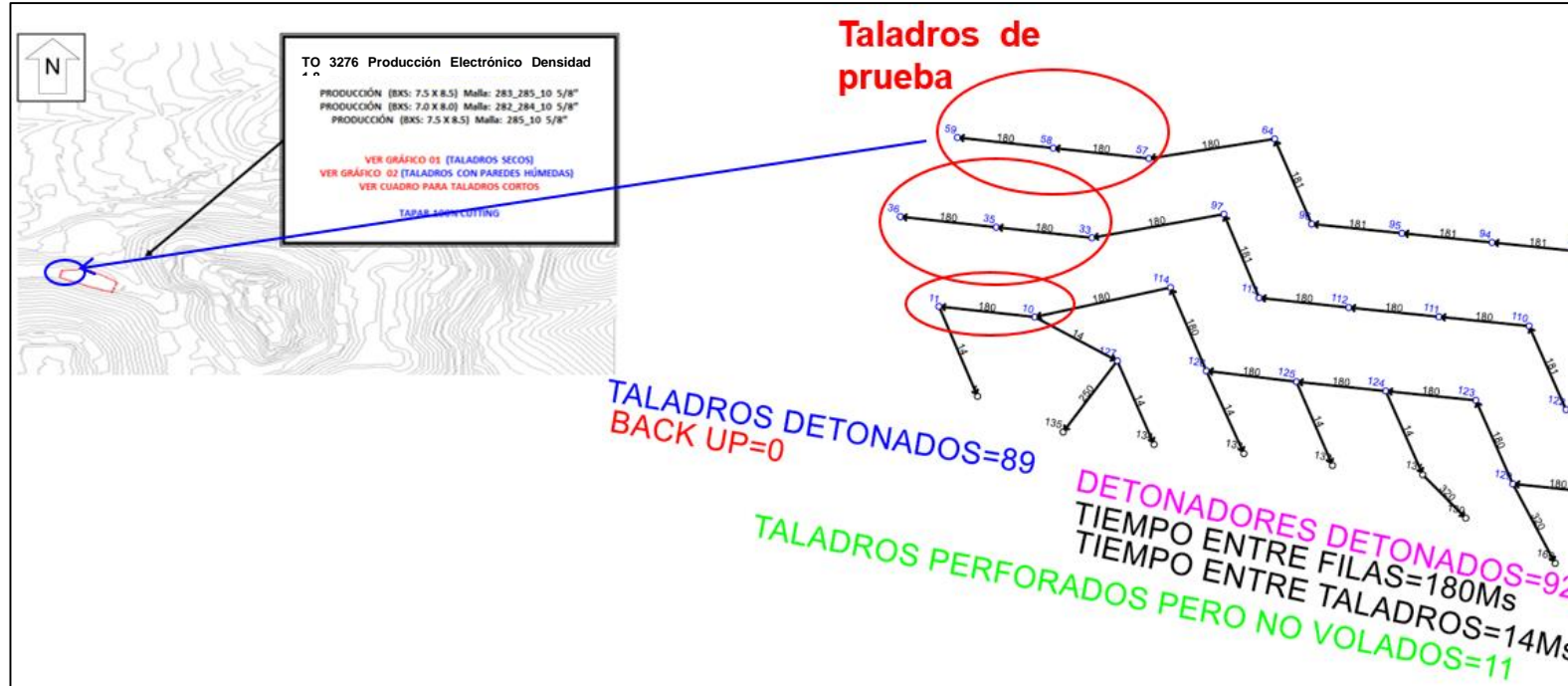


Figura 1. Prueba de eficiencia de accesorios.

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la imagen, se muestran los taladros de prueba detonados ubicados en la malla 7.5 x 8.5, en el banco 3276, del tajo Tapado Oeste La Quinua, en la cual se han detonado todos los taladros cargados, obteniendo un Back Up de 0.

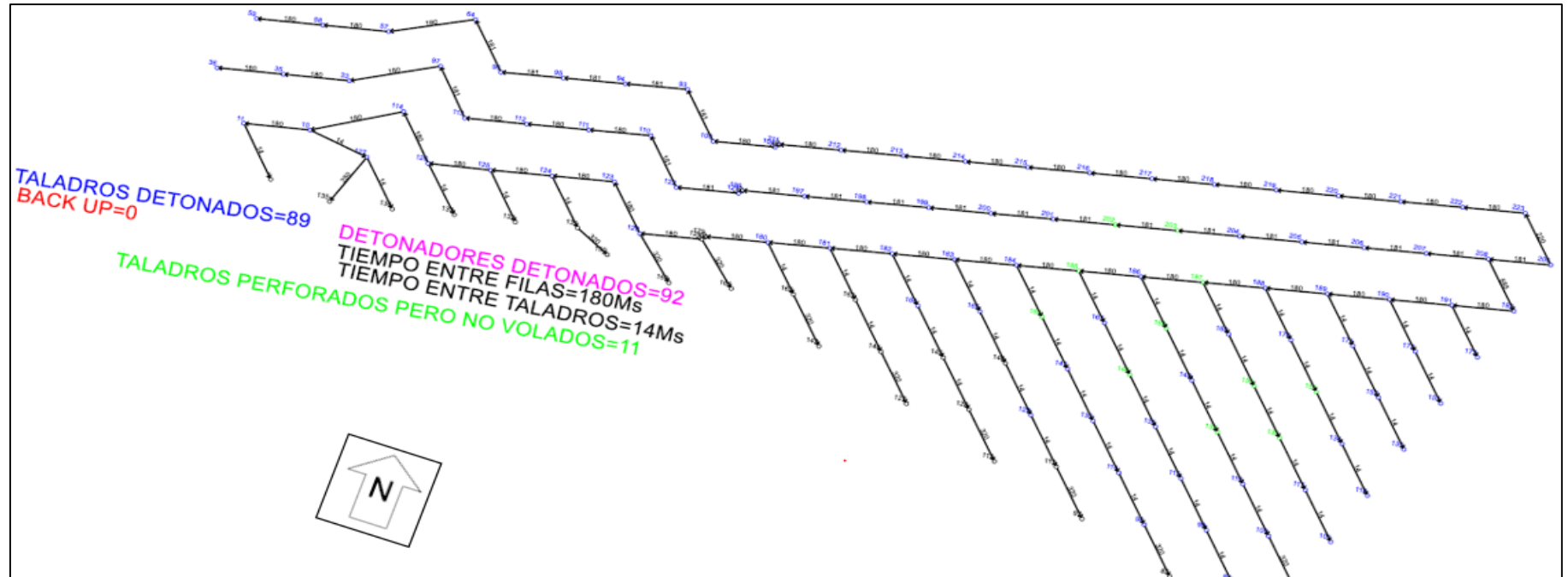


Figura 2. Secuencia de detonación.

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Figura, se muestra la secuencia de detonación, se evidencia que entre filas la detonación dura 180 milisegundos y entre taladros tienen una duración de 14 milisegundos, en el banco TO 3264.

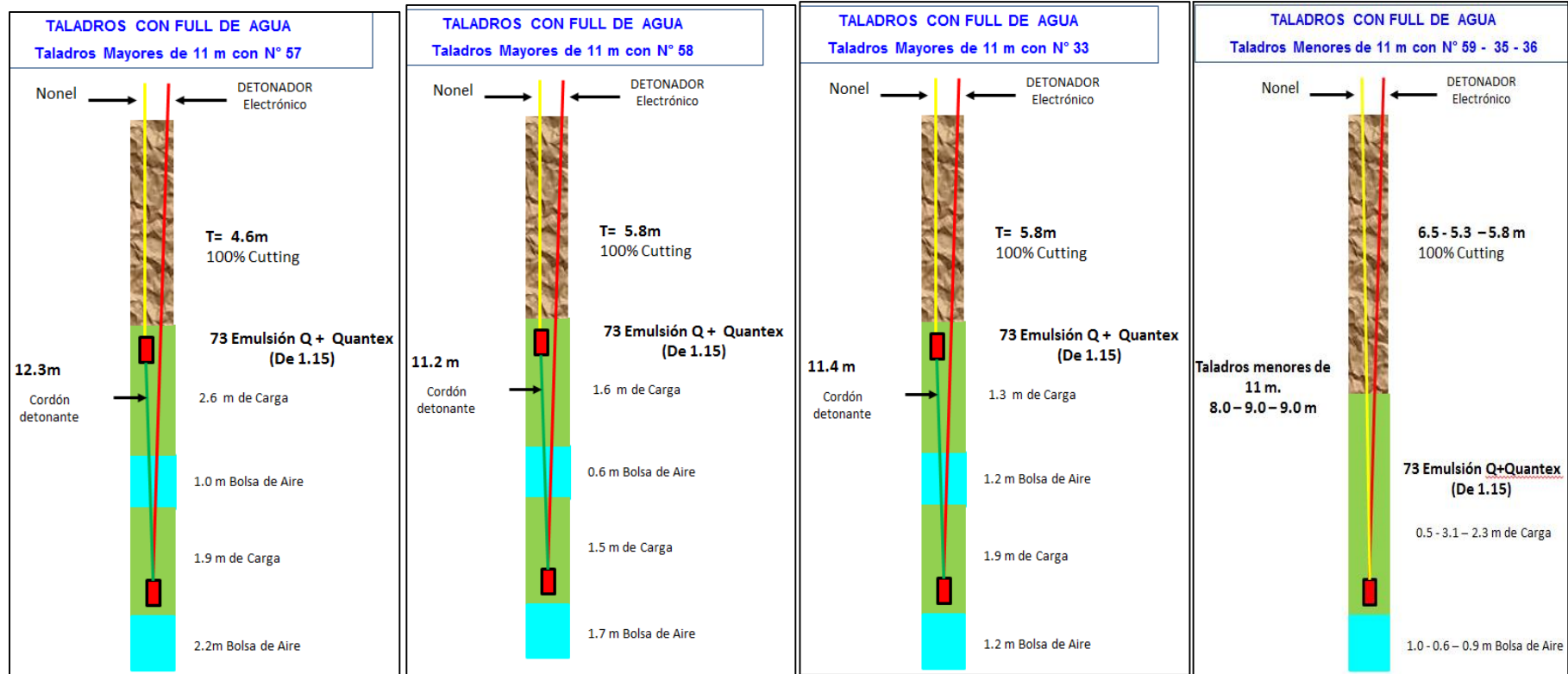


Figura 3. Diseño de carga de los taladros de prueba.

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Figura 6, se muestran los diseños de seis taladros de carga en la cual los tres primeros son mayores a 11 metros y los siguientes menores a 11 metros, los primeros tienen dos Boosters y dos bolsas de aire, los tres últimos solo cuentan con un Booster ya que la longitud del taladro es menor y cuentan con un solo compartimiento de aire.

3.3. Aplicación de nuevos accesorios de voladura al eliminar el stemming

Después de la realización del disparo en la zona de taladros de pruebas no se aprecia ninguna proyección del material del taco, los resultados obtenidos son, una buena fragmentación de la roca y una adecuada granulometría.

Tabla 2
Evaluación del taladro 57 prueba en el banco 3276.

MINA		Taladro 57 de prueba nivel banco: 3276	
Malla 285 Tal c/agua		H (m)	12.3
		J (m)	0.0
		Taco (m)	4.6
		Aire/Deck	3.2
		Lc (m)	4.5
		Diam (pulg)	10 5/8
		σ_{expl} (g/cc)	1.15
HA 73 Gasf.		SD	1.06
B (m)		S (m)	σ_{expl} (g/cc)
7.5		8.5	1.8
FC (Kg/Ton)			0.210
Kilos por taladro			296.19

Nota: Perforación =H Sobreperforación =J Columna explosiva = Lc
 σ = densidades Burden =B Espaciamiento =S
SD = Escala de profundidad del entierro FC = Factor de carga
HA73 = 70 Emulsión + 30 ANFO.

En la Tabla, se muestran los parámetros de perforación y voladura empleados en el taladro 57 del banco 3276.

Tabla 3
Evaluación del taladro 58 prueba en el banco 3276.

MINA		Taladros 58 de prueba nivel del banco 3276	
Malla 285 Tal c/agua	H (m)	11.2	
	J (m)	0.0	
	Taco (m)	5.8	
	Aire/Deck	2.3	
	Lc (m)	3.1	
	Diam (pulg)	10 5/8	
	σ_{expl} (g/cc)	1.15	
	HA 73 Gasf.	SD	1.27
B (m)	S (m)	σ_{expl} (g/cc)	
7.5	8.5	1.8	
FC (Kg/Ton)		0.159	
Kilos por taladro		204.04	
Nota:	Perforación =H	Sobreperforación = J	Columna explosiva = Lc
	σ = densidades	Burden =B	Espaciamiento =S
	SD = Escala de profundidad del entierro	FC = Factor de carga	
	HA73 = 70 Emulsión + 30 ANFO.		

En la Tabla, se muestran los parámetros de perforación y voladura empleados en el taladro 58 del banco 3276.

Tabla 4
Evaluación del taladro 33 prueba en el banco 3276.

MINA		Taladros 33 de prueba del banco 3276	
Malla 285 Tal c/agua	H (m)	11.4	
	J (m)	0.0	
	Taco (m)	5.8	
	Aire/Deck	2.4	
	Lc (m)	3.2	
	Diam (pulg)	10 5/8	
	σ_{expl} (g/cc)	1.15	
	HA 73 Gasf.	SD	1.27
B (m)	S (m)	σ_{expl} (g/cc)	
7.5	8.5	1.8	
FC (Kg/Ton)		0.161	
Kilos por taladro		210.63	
Nota:	Perforación =H	Sobreperforación = J	Columna explosiva = Lc
	σ = densidades	Burden =B	Espaciamiento =S
	SD = Escala de profundidad del entierro	FC = Factor de carga	
	HA73 = 70 Emulsión + 30 ANFO.		

En la Tabla 4, se muestran los parámetros de perforación y voladura empleados en el taladro 33 del banco 3276.

Tabla 5

Evaluación del taladro 59 prueba en el banco 3276.

MINA		Taladros 59 de prueba del banco 3516	
Malla 285 Tal c/agua		H (m)	8.0
		J (m)	0.0
		Taco (m)	6.5
		Aire/Deck	0.5
		Lc (m)	1.0
		Diam (pulg)	10 5/8
		σ_{expl} (g/cc)	1.15
HA 73 Gasf.		SD	1.4
B (m)		S (m)	σ_{expl} (g/cc)
7.5		8.5	1.8
FC (Kg/Ton)			0.072
Kilos por taladro			65.82

Nota: Perforación =H Sobreperforación = J Columna explosiva = Lc
 σ = densidades Burden =B Espaciamiento =S
SD = Escala de profundidad del entierro FC = Factor de carga
HA73 = 70 Emulsión + 30 ANFO.

En la Tabla, se muestran los parámetros de perforación y voladura empleados en el taladro 59 del banco 3276.

Tabla 6
Evaluación del taladro 35 prueba en el banco 3276.

MINA		Taladros 35 de prueba del banco 3276	
Malla 285 Tal c/agua	H (m)	9.0	
	J (m)	0.0	
	Taco (m)	5.3	
	Aire/Deck	0.6	
	Lc (m)	3.1	
	Diam (pulg)	10 5/8	
	σ_{expl} (g/cc)	1.15	
HA 73 Gasf.	SD	1.18	
B (m)	S (m)	σ_{expl} (g/cc)	
7.5	8.5	1.8	
FC (Kg/Ton)	0.198		
Kilos por taladro	204.04		
Nota:	Perforación =H	Sobreperforación = J	Columna explosiva = Lc
	σ = densidades	Burden =B	Espaciamiento =S
	SD = Escala de profundidad del entierro	FC = Factor de carga	
	HA73 = 70 Emulsión + 30 ANFO.		

En la Tabla, se muestran los parámetros de perforación y voladura empleados en el taladro 35 del banco del banco 3276.

Tabla 7
Evaluación del taladro 36 prueba en el banco 3276.

MINA		Taladros 36 de prueba del banco 3276	
Malla 285 Tal c/agua	H (m)	9.0	
	J (m)	0.0	
	Taco (m)	5.8	
	Aire/Deck	0.9	
	Lc (m)	2.3	
	Diam (pulg)	10 5/8	
	σ_{expl} (g/cc)	1.15	
HA 73 Gasf.	SD	1.27	
B (m)	S (m)	σ_{expl} (g/cc)	
7.5	8.5	1.8	
FC (Kg/Ton)	0.147		
Kilos por taladro	151.39		
Nota:	Perforación =H	Sobreperforación = J	Columna explosiva = Lc
	σ = densidades	Burden =B	Espaciamiento =S
	SD = Escala de profundidad del entierro	FC = Factor de carga	
	HA73 = 70 Emulsión + 30 ANFO.		

En la Tabla 7, se muestran los parámetros de perforación y voladura empleados en el taladro 36 del banco 3276.



Figura 4. Bolsas de aire en taladros de La Quinua.
Fuente: Elaboración propia, (2018).



Figura 5. Bolsa de aire antes de ser usado en los taladros de La Quinua.
Fuente: Elaboración propia, (2018).

Tabla 8
Costos de los accesorios empleados en voladura.

Código	Nombre del accesorio de voladura	UNI	Precio/ USD 30 mayo 2018
6.2E+0 7	EMULSION, TYPE: POWERSPLIT, DIM: 1-1/2" X 16" 1S	KG	3.6
6E+07	CORD,TYPE: 10P & 5P, USE: CORD DETONANT	M	0.3765
6E+07	BOOSTER:DEMOLITION CHARGE, TYPE DESIGNATION: BM-450-3H, 1 LB	EA	4.1477
6.1E+0 7	DETONADOR DAVEYBICKFORD FAMESA	EA	26.61
6E+07	DETONATOR, TYPE: NONEL, TIME DELAY: 600 MS, LENGTH: 13.4 MT	EA	2.798
6E+07	DETONATOR, NONEL EZTL, TIME DELAY: 100 LENGHT: 10.3 MTS	EA	3.455
6E+07	CONNECTOR, SURFACE, BI-DIRECCTIONAL, TIME_DELAY: 200 MS, LENGTH: 0.9 MT	EA	2.0064
6E+07	DETONATOR, NONEL EZTL, TIME DELAY: 17 MS LENGHT: 12.2 MTS	EA	3.695
6E+07	DETONATOR, NONEL EZTL, TIME DELAY: 25 MS, LENGHT: 12.2 MTS	EA	3.5918
6E+07	DETONATOR, NONEL EZTL, TIME DELAY: 35 MS, LENGHT: 12.2 MTS	EA	3.198
6E+07	DETONATOR, NONEL EZTL, TIME DELAY: 67/65 MS, LENGHT: 12.2 MTS	EA	3.5989
6E+07	DETONATOR, NONEL EZTL, TIME DELAY: 42 MS, LENGHT: 12.2 MTS	EA	3.7289
6E+07	SHOT-SHELL,TYPE: PRIMER,USE: DETONATOR FOR 400 MT LSEF LINE	EA	0.3477
6E+07	LINE, TYPE: LSEF 500 MT, PRESENT: BX X 2 EA	EA	130.0458
6E+07	NITRATE, TYPE: AMMONIUM NITRATE, ADDITION: GRADE ANFO	KG	0.6868
6E+07	EMULSION SLURREX MA	KG	0.5501
6.1E+0 7	EMULSION SLURREX G	KG	0.63
6.2E+0 7	EMULSION SLURREX TC	KG	0.57
6E+07	CONE:BLASTING, DIM: 10-5/8, COVIACI	EA	6.5282
6E+07	SEPARATOR:BLASTING, COVIACI	EA	3.8086
6.1E+0 7	TAPONEX, DIM: 10-5/8 IN	EA	7.8576
6E+07	EXPLODECK, W/ NONFLAMMABLE AEROSAL	EA	10.594
6.2E+0 7	SLEEVE;TYPE:FLEX ANTISTATIC;CONSTRUCTION:CARTUFLEX, ROLLO X 15 MTS	EA	15.82
6.2E+0 7	PLUG;TYPE:STEMMING;LENGTH:5IN;CONSTRUCTION:TULI P TAPONEX	EA	5.35
6.2E+0	NITRATO DE AMONIO QUANTEX	KG	0.6915

DIESEL	KG	0.8984081
--------	----	-----------

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla 8, se muestran todos los accesorios empleados en la voladura de minera Yanacocha, con sus respectivos códigos de almacén y costos.

3.4. Influencia de la aplicación de detritus en el ahorro de costos de voladura

Tabla 9

Cantidad de mezcla explosiva empleados en voladura.

MEZCLA EXPLOSIVA	UNI	CANTIDAD	NITRATO	EMULSION	DIESEL	DENSIDAD (TM/m3)	Esponjamiento
ANFO	KG	0.699496	0.94	0	0.06	0.81	0%
HA 37	KG	0.660648	0.658	0.3	0.042	1.05	0%
HA 46	KG	0.647698	0.564	0.4	0.036	1.19	0%
HA 55	KG	0.634748	0.47	0.5	0.03	1.27	0%
HA 64	KG	0.621799	0.376	0.6	0.024	1.29	0%
HA 73 (G+Q)	KG	0.650312	0.291	0.7	0.009	1.36	13%

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla anterior se muestra las características de los tipos de mezclas explosivas, los porcentajes de composición, la densidad y el esponjamiento. Estas mezclas se aplican considerando las propiedades del suelo y la presencia de agua.

3.4.1. Costo del Stemming

Tabla 10

Costos de stemming en voladura.

CONCEPTO	PRECIO (\$)	Unidad de Medida
Costo Directo Unitario - Material Zarandeado	7.05	US\$/m ³
Gastos Generales mensual	9,964.67	US\$
Costo Cargador Frontal Turno Noche/ Mes	19,500.00	US\$
Movilización externa (ingreso y salida)	10,000.00	US\$
Movilización interna	1,060.00	US\$
Al mes de consume en promedio	5,000.00	m ³
Costo total por m ³	15.15	\$/m ³

Fuente: Elaboración propia, (2018).

La Tabla 10 muestra los costos del stemming, por metro cubico, solo zarandeado su precio es 7.05 US\$/m³, si se traslada a la zona de voladura el precio se incrementa más de un 100%, llegando a costar 15.15 US\$/m³.

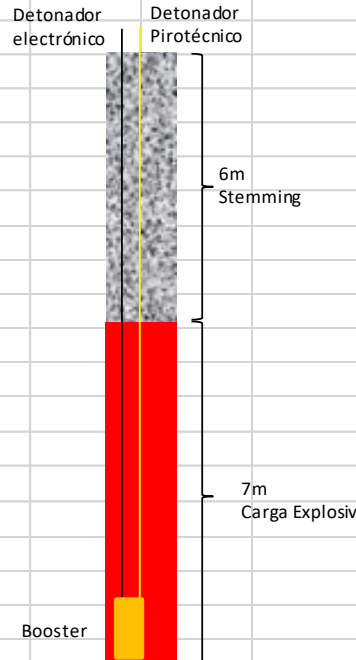
3.4.2. Propuesta de la nueva configuración de carga explosiva

2.1.1.1. Para taladro de diámetro 10+5/8 en el banco 3276

Tabla 11

Antigua configuración de carga por taladro para diámetro 10 5/8 en el banco 3276.

ANTIGUA CONFIGURACIÓN DE CARGA POR TALADRO	
Diámetro	0.269875 m
Altura de taladro	13 m
Mezcla usada	HA 73 (G+Q)
Taco	6
Aire	0
Altura de carga final	7
Stemming	
Volumen	0.34 m ³
Factor de llenado	90%
Volumen usado	0.31 m ³
Costo	4.68 \$
Carga Explosiva	
Volumen	0.35 m ³
Kg usado	481.92
Esponjamiento	13%
Costo	313.40 \$
Costo	
Det. Electrónico (1)	26.61
Det. Pirotécnico (1)	2.80
Booster (1)	4.15
Stemming	4.68
Carga Explosiva	313.40
TOTAL	351.63

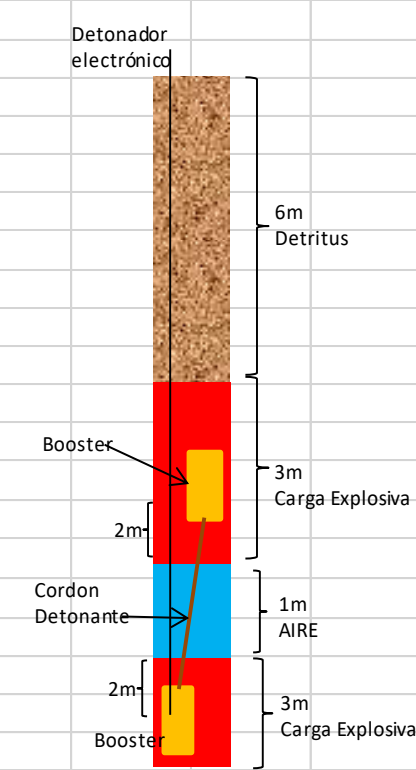


Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla, se muestra los parámetros y el diseño de carga de la antigua configuración para el diámetro de taladro de 10+5/8 en el banco 3276.

Tabla 12
Configuración propuesta de carga por taladro para diámetro 10 5/8 en el banco 3276.

NUEVA CONFIGURACIÓN DE CARGA POR TALADRO	
Diámetro	0.269875 m
Altura de taladro	13 m
Mezcla usada	HA 73 (G+Q)
Taco	6
Aire	1
Altura de carga final	6
Stemming (ya no se aplica)	
Volumen	m3
Factor de llenado	
Volumen usado	- m3
Costo	- \$
Carga Explosiva	
Volumen	0.30 m3
Kg usado	413.07
Esponjamiento	13%
Costo	268.63 \$
Costo	
Det. Electrónico (1)	26.61
Det. Pirotécnico (0)	-
Booster (2)	8.30
Stemming	-
Carga Explosiva	268.63
Taponex	7.86
Cordon Detonante (5m)	1.88
TOTAL	313.27



Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla, se propone los parámetros y el diseño de carga de la nueva configuración para el diámetro de taladro de 10+5/8, en el banco 3276.

Tabla 13

Ahorro con la configuración propuesta de carga por taladro según el tipo de mezcla para diámetro 10 5/8.

Tipo de mezcla	ANTIGUA (\$)	NUEVA (\$)	AHORRO (\$)
ANFO	265.11	239.11	26.00
HA 37	316.00	282.73	33.27
HA 46	346.86	309.18	37.68
HA 55	361.02	321.32	39.70
HA 64	359.42	319.95	39.47
HA 73 (G+Q)	351.63	313.27	38.36

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla, se muestran los costos de voladura por cada tipo de mezcla explosiva, se compara la antigua configuración con la nueva configuración y se determina el ahorro para diámetro 10+5/8.

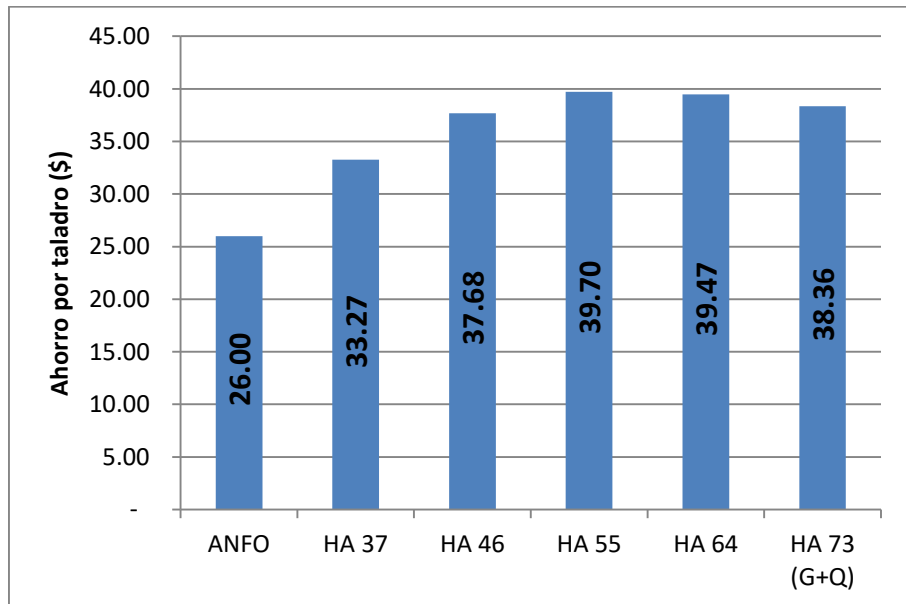


Figura 6: Ahorro por taladro con la configuración propuesta según el tipo de mezcla (para diámetro 10 5/8).

Fuente: Elaboración propia, (2018).

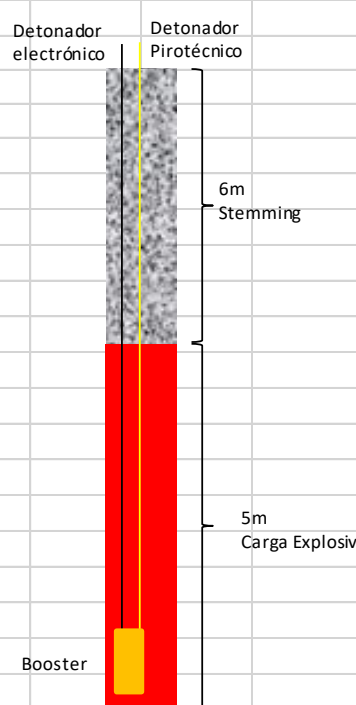
La Figura, es un cuadro representativo de ahorro al comparar la antigua configuración con la nueva configuración para diámetro 10+5/8 en el banco 3276.

2.1.1.2. Para taladro de diámetro 9+7/8 en el banco 3276

Tabla 14

Antigua configuración de carga por taladro para diámetro 9 7/8 en el banco 3276.

ANTIGUA CONFIGURACIÓN DE CARGA POR TALADRO	
Diámetro	0.250825 m
Altura de taladro	11 m
Mezcla usada	HA 73 (G+Q)
Taco	6
Aire	0
Altura de carga final	5
Stemming	
Volumen	0.30 m ³
Factor de llenado	90%
Volumen usado	0.27 m ³
Costo	4.04 \$
Carga Explosiva	
Volumen	0.22 m ³
Kg usado	297.35
Esponjamiento	13%
Costo	193.37 \$
Costo	
Det. Electrónico (1)	26.61
Det. Pirotécnico (1)	2.80
Booster (1)	4.15
Stemming	4.04
Carga Explosiva	193.37
TOTAL	230.97

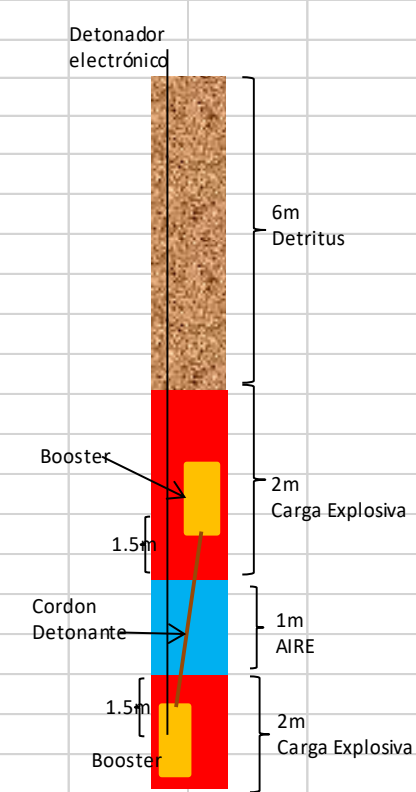


Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla, se detalla el diseño de configuración para diámetro 9+7/8 en el banco 3276, se puede apreciar que se usa stemming en 6 metros del taladro.

Tabla 15
Configuración propuesta de carga por taladro para diámetro 9 7/8 en el banco 3276.

NUEVA CONFIGURACIÓN DE CARGA POR TALADRO	
Diámetro	0.250825 m
Altura de taladro	11 m
Mezcla usada	HA 73 (G+Q)
Taco	6
Aire	1
Altura de carga final	4
Stemming (ya no aplica)	
Volumen	m3
Factor de llenado	
Volumen usado	- m3
Costo	- \$
Carga Explosiva	
Volumen	0.17 m3
Kg usado	237.88
Esponjamiento	13%
Costo	154.69 \$
Costo	
Det. Electrónico (1)	26.61
Det. Pirotécnico (0)	-
Booster (2)	8.30
Stemming	-
Carga Explosiva	154.69
Taponex	7.86
Cordon Detonante (5m)	1.88
TOTAL	199.34



Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla, se propone los parámetros y el diseño de carga de la nueva configuración para el diámetro de taladro de 9+7/8, en el banco 3276, donde se aprecia que el stemming ha sido reemplazado por detritus.

Tabla 16

Ahorro con la configuración propuesta de carga por taladro según tipo de mezcla para diámetro 9 7/8 en el banco 3276.

Tipo de mezcla	ANTIGUA (\$)	NUEVA (\$)	AHORRO (\$)
ANFO	177.58	156.63	20.95
HA 37	208.98	181.75	27.23
HA 46	228.02	196.98	31.04
HA 55	236.76	203.98	32.79
HA 64	235.77	203.18	32.59
HA 73 (G+Q)	230.97	199.34	31.63

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la tabla 16, se muestra el ahorro de acuerdo al tipo de mezcla que se tiene aplicando la nueva configuración de carga por taladro, se puede evidenciar que se obtendría mayor ahorro con el HA55.

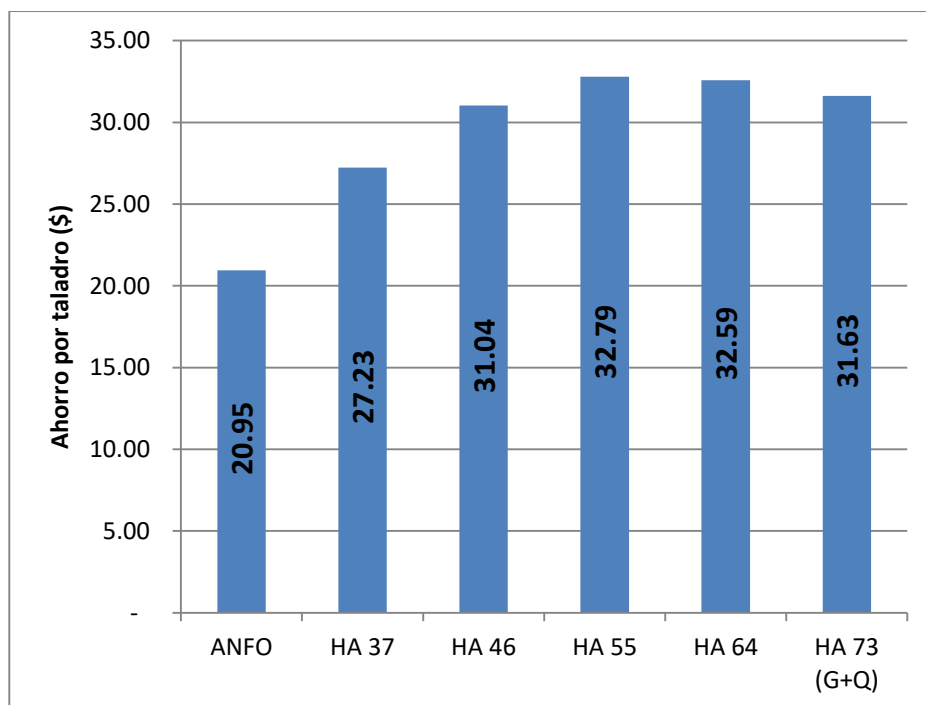


Figura 7: Ahorro por taladro con la configuración propuesta según el tipo de mezcla para 9 7/8.

Fuente: Elaboración propia, (2018).

La Figura anterior, representa el ahorro por tipo de mezcla explosiva que se aplicaría con la nueva configuración de carga, es decir al eliminar el stemming y reemplazarlo por el detritus para diámetro 9+7/8 en el banco 3276.

3.5. Viabilidad de la propuesta de la nueva configuración de carga

En la propuesta de la nueva configuración de carga se va a utilizar la mezcla explosiva detallada en la Tabla 17.

Tabla 17
Características de la configuración propuesta de carga por taladro.

	Mezcla a Usar	Porcentaje de uso
Tipo de carga a usar	HA 73 (G+Q)	60%
	HA 37	30%
	ANFO	10%

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la tabla 17 se muestra los tipos de explosivos que se usan con mayor frecuencia, el HA73 (G+Q) se usa mayormente porque existe presencia de agua dentro del taladro, el HA37 se usa en taladros secos y el ANFO se usa en rocas blandas por ello su uso es reducido.

Tabla 18
Descripción de las pruebas de carga por taladro.

Descripción		feb-18	mar-18	abr-18	may-18
10 5/8	Prod	2,238	2,619	2,723	2,946
9 7/8	Prod	1,204	1,417	1,411	1,795

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la tabla, se describe el tipo de malla por diámetro de taladro y la cantidad mensual de taladros que se realiza en producción.

Tabla 19

Ahorro con las pruebas de carga por taladro en el banco 3276.

Descripción	2018 (para los cuatro meses de estudio)	
	Producción	10 5/8
9 7/8		5,826
Ahorro	10 5/8	\$ 317,022.30
	9 7/8	\$ 213,342.23

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la tabla, se muestra el ahorro para taladros con diámetros de 9 7/8 y 10 5/8, describe el tipo de malla por diámetro de taladro y la cantidad mensual de taladros que se realiza en producción.

Tabla 20

Ahorro total con las pruebas de carga por taladro.

Año	2018 (cuatro meses)
Ahorro (\$)	530 365

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la tabla, se muestra el ahorro total que se obtiene en los cuatro meses de aplicación de la nueva configuración de carga por taladro.

3.5.1. Pre voladura



Figura 8: Carguío de taladros en La Quinua.
Fuente: Elaboración propia, (2018).



Figura 9: Ubicación de taladros de prueba en La Quinua.
Fuente: Elaboración propia, (2018).

3.5.2. Post voladura

En la post voladura se utiliza se realiza la verificación de la detonación de todos los taladros, en nuestras pruebas no se presentó ningún tiro cortado y se obtuvo una buena fragmentación de la roca y una granulometría requerida de 4" pulgadas para mineral y 6" para desmonte estandarizado por la empresa.

Las actividades que corresponden a la post voladura es:

- Se mide la fragmentación y granulometría comparándolas con las esferas de 9".
- Se toman fotografías evidenciando el material fracturado.
- Se miden vibraciones con el equipo microtrap.
- Se mide la VOD (velocidad de detonación de explosivos) con el equipo microtrap.
- Se verifica la detonación de los taladros con el equipo bench box ubicado a 100 metros de los taladros cargados.
- Se analizan los reportes obtenidos con Long stratton instalado en el bench box.



Figura 10: Taladros de prueba después de voladura en La Quinua.
Fuente: Elaboración propia, (2018).

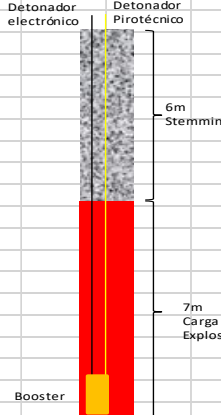
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

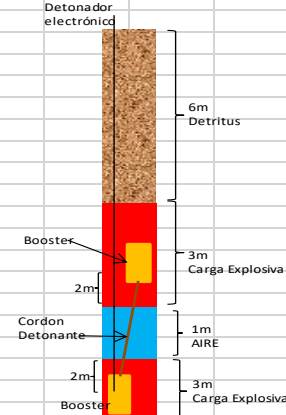
4.1.1. Influencia de la configuración de carga en los costos de voladura:

Se ha determinado la influencia de la nueva configuración de carga por taladro en los costos de voladura de Yanacocha S.R.L.

ANTIGUA CONFIGURACIÓN DE CARGA POR TALADRO				NUEVA CONFIGURACIÓN DE CARGA POR TALADRO			
Diámetro	0.269875 m			Diámetro	0.269875 m		
Altura de taladro	13 m			Altura de taladro	13 m		
Mezcla usada	HA 73 (G+Q)			Mezcla usada	HA 73 (G+Q)		
Taco	6			Taco	6		
Aire	0			Aire	1		
Altura de carga final	7			Altura de carga final	6		
Stemming				Stemming (ya no se aplica)			
Volumen	0.34 m ³			Volumen	- m ³		
Factor de llenado	90%			Factor de llenado	-		
Volumen usado	0.31 m ³			Volumen usado	- m ³		
Costo	4.68 \$			Costo	- \$		
Carga Explosiva				Carga Explosiva			
Volumen	0.35 m ³			Volumen	0.30 m ³		
Kg usado	481.92			Kg usado	413.07		
Esponjamiento	13%			Esponjamiento	13%		
Costo	313.40 \$			Costo	268.63 \$		
Costo				Costo			
Det. Electrónico (1)	26.61			Det. Electrónico (1)	26.61		
Det. Pirotécnico (1)	2.80			Det. Pirotécnico (0)	-		
Booster (1)	4.15			Booster (2)	8.30		
Stemming	4.68			Stemming	-		
Carga Explosiva	313.40			Carga Explosiva	268.63		
TOTAL	351.63			TOTAL	313.27		



6m Stemming
7m Carga Explosiva



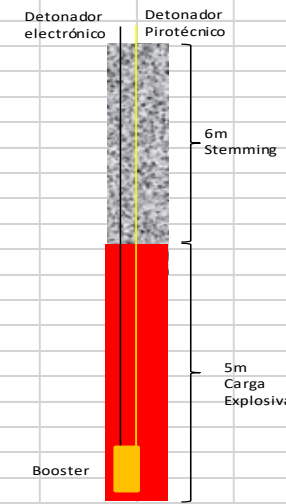
6m Detritus
3m Carga Explosiva
1m AIRE
3m Carga Explosiva

Figura 11. Comparación de configuraciones para diámetro de taladro de 10+5/8.

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En el lado izquierdo se muestra la antigua configuración para diámetro de taladro 10+5/8 con stemming, en el lado derecho se muestra la nueva configuración donde claramente se ve el reemplazo del stemming por detritus, como se puede apreciar, los costos se han reducido con la nueva configuración de carga, obteniendo un ahorro de 38.36 dólares por taladro.

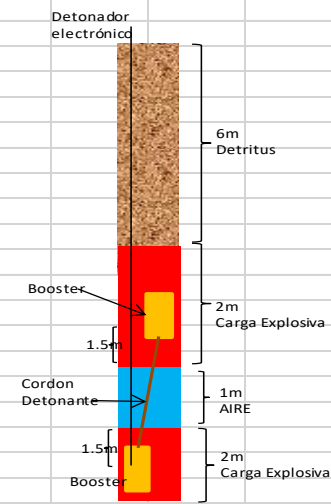
ANTIGUA CONFIGURACIÓN DE CARGA POR TALADRO				NUEVA CONFIGURACIÓN DE CARGA POR TALADRO			
Diámetro	0.250825	m		Diámetro	0.250825	m	
Altura de taladro	11	m		Altura de taladro	11	m	
Mezcla usada	HA 73 (G+Q)			Mezcla usada	HA 73 (G+Q)		
Taco	6			Taco	6		
Aire	0			Aire	1		
Altura de carga final	5			Altura de carga final	4		
Stemming				Stemming (ya no aplica)			
Volumen	0.30	m3		Volumen	-	m3	
Factor de llenado	90%			Factor de llenado	-		
Volumen usado	0.27	m3		Volumen usado	-	m3	
Costo	4.04	\$		Costo	-	\$	
Carga Explosiva				Carga Explosiva			
Volumen	0.22	m3		Volumen	0.17	m3	
Kg usado	297.35			Kg usado	237.88		
Esponjamiento	13%			Esponjamiento	13%		
Costo	193.37	\$		Costo	154.69	\$	
Costo				Costo			
Det. Electrónico (1)	26.61			Det. Electrónico (1)	26.61		
Det. Pirotécnico (1)	2.80			Det. Pirotécnico (0)	-		
Booster (1)	4.15			Booster (2)	8.30		
Stemming	4.04			Stemming	-		
Carga Explosiva	193.37			Carga Explosiva	154.69		
TOTAL	230.97			TOTAL	199.34		



6m Stemming

5m Carga Explosiva

Booster



6m Detritus

2m Carga Explosiva

1m AIRE

2m Carga Explosiva

Booster

Cordon Detonante

Figura 12. Comparación de configuraciones para diámetro de taladro para diámetro 9+7/8.

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En el lado izquierdo se muestra la antigua configuración para diámetro de taladro $9+7/8$ con stemming, en el lado derecho se muestra la nueva configuración para diámetro de taladro $9+7/8$ donde claramente se ve el reemplazo del stemming por detritus, los costos de la nueva configuración son menores respecto a la antigua configuración, obteniendo un ahorro de 31.63 dólares.

4.1.2. Relleno del taco con la nueva configuración de carga:

Se ha evaluado el taco para 2 tipos de diámetros de taladro el primero para $10\ 5/8$ y el segundo $9\ 7/8$. Según las Tablas 12 y 15 se evidencia que en la antigua configuración de carga el taco que consta de stemming. Según la tabla 11 el stemming cuesta 15.15 US\$/m³. Por lo tanto, para cada taladro de $10\ 5/8$ se gasta 4.68 dólares por taladro. Y para los taladros de $9\ 7/8$ se gasta 4.04 dólares por taladro.

Con la nueva configuración se reemplaza el stemming por detritus generando una reducción de costos evidenciados en las Tablas 19 y 20.

4.1.3. Aplicación de nuevos accesorios

Con la nueva configuración de carga, se va a emplear un booster adicional aumentando la cantidad de cordón detonante en cada taladro, también se utilizará una bolsa de aire para cada taladro. La diferencia con la antigua carga son estos materiales y el cambio de stemming por detritus.

Si bien es cierto se aumenta el booster, cordón detonante y bolsa de aire, a comparación del uso de stemming los costos se reducen tal como lo muestra las tablas 12 y 15. También se ahorra en las mezclas al usar la bolsa de aire, Los costos para los taladros de diámetro 9 7/8 se reducen en un 14% respecto a la configuración antigua, y para los taladros de 10 5/8 los costos se reducen en 11% respecto a la configuración antigua.

4.1.4. Aplicación de detritus:

De acuerdo a la tabla 5, el stemming cuesta 15.15 US\$/m³, por cada taladro en promedio se gasta 4.36 dólares. A comparación del detritus su costo es cero, por lo tanto, por cada taladro se ahorra 4.36 dólares en promedio, dependiendo del diámetro del taladro.

4.2. Conclusiones

- La aplicación de detritus en la carga del taladro influye directamente en los costos de voladura del tajo Tapado Oeste La Quinoa Yanacocha S.R.L, ya que representa un ahorro significativo para cada diámetro.
- Se ha propuesto el relleno del taco de la nueva configuración para los taladros con diámetros de 9 7/8 y para 10 5/8 y el impacto en los costos de voladura de Yanacocha S.R.L. las mezclas que se utilizan con frecuencia es 60% para HA73(G+H) esta mezcla se usa constantemente ya que se aplica a taladros con agua, 30% para HA37 que son para taladros secos y 10% para ANFO que se aplica para rocas blandas, por ello su uso es mínimo. Con lo cual se obtiene un ahorro para 10 5/8 de 317022.30 dólares desde febrero a mayo del 2018; para 9 7/8 de 213342.23 dólares febrero a mayo del 2018.
- Se propone la aplicación de detritus y eliminar el stemming; con ello se producen ahorro por taladro en el ANFO son 26 dólares por taladro, en HA37 se ahorra 33.27 dólares por taladro, en HA 46 se ahorra 37.68 dólares por taladro, en HA55 se ahorra 39.70 dólares por taladro, en HA64 se ahorra 39.47 dólares por taladro y en HA73(G+Q) se ahorra 38.36 dólares por taladro para 10 5/8. En los taladros de 9 7/8 el ahorro por taladro en ANFO son 20.95 dólares, en HA37 se ahorra 27.23 dólares, en HA 46 se ahorra 31.04 dólares, en HA55 se ahorra 32.79 dólares, en HA64 se ahorra 32.59 dólares y en HA73(G+Q) se ahorra 31.63 dólares

- Con la aplicación de detritus, el ahorro de costos de voladura de Yanacocha S.R.L. durante cuatro meses es de 530 365 dólares.

REFERENCIAS

- Altamirano, A. (2014). Diseño de tronadura en una fase - aplicación a minería continua - Codelco - Division Andina. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/132>
- Becerra, R., & Hernández, W. (2016). Estudio y selección de los métodos de perforación y voladura para optimizar la fragmentación de la roca, en la cantera Mitopampa, Cajamarca, 2016. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream>
- Bernaola Alonso, J., Castilla Gomez, J., & Herrera Herbert, J. (2013). Perforación y Voladura de Rocas en Minería. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido de <http://oa.upm.es/21848/1/20131007>
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). Perforación y Voladura de Rocas en Minería. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido de http://oa.upm.es/21848/1/20131007_PERFORACION_Y_VOLADURA
- Chipana Tito, R. M. (2015). Diseño de perforación y voladura para reducción de costos en el frente de la Galería Progreso de la contrata minera Avilquis-corporación minera Ananea S.A. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream>
- Cruzado Mendoza, F. B., & Diaz Choroco, K. A. (2017). Análisis de la máxima carga operante en las Vibraciones a campo lejano generadas por Voladura, en minera Cerro Negro S.A., Cajamarca – 2017. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe>

- EXSA S.A. (2014). Manual Práctico de Voladura. Perú. Obtenido de <https://exsa.net/wp-content/publicacion/manual-de-voladura.pdf>
- EXSA S.A. (s.f.). Manual Práctico de Voladura. Perú. Obtenido de <https://exsa.net/wp-content/publicacion/manual-de-voladura.pdf>
- Gaona, A. (2015). Optimización de la voladura, mina la Virgen - de la compañía minera San Simón S.A. - Huamachuco Trujillo. Piura, Parú: Universidad Nacional de Piura. Obtenido de <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream>
- Hernández, R. (2006). Metodología de la Investigación. 5, 257-300. México : Interamericana Editores. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de <https://www.esup.edu.pe>
- Huarza. T. (2017). Modificación de la columna de carga conservando los parámetros de diseño, para optimizar el grado de acoplamiento y velocidad de penetración en consorcio vial El Arenal. Arequipa, Perú: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3254/MIhutajt09>.
- Mendoza, N. (2014). Optimización de la voladura controlada aplicando un modelo matemático en la unidad minera Paraíso-Ecuador. Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1339>
- Rojas, M. (2017). Aplicación de la Voladura Controlada en el Sub Level Stopping con Taladros en Abanico. (*Artículo científico*). Arequipa, Perú: PERUMIN. Obtenido de <https://www.convencionminera.com/perumin32/doc>

TECSUP. (2017). Diseño de voladura superficial mediante software. *Artículo científico*. Lima, Cajamarca. Obtenido de <https://www.tecsup.edu.pe/home>

Vilela, W. (2014). Análisis de factibilidad para el uso de Anfo pesado a base de emulsión Gasificable en Minera Yanacocha. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream>

Zúñiga, P. (2015). Diseño de tronaduras y su impacto en el costo mina de compañía minera Cerro Negro. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137507/Diseno>

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Instrumentos de investigación

- Ficha de determinación de carga por taladro actual y propuesto.

Tabla 21

Ficha de determinación de carga.

Diámetro	0.269875
Altura de taladro	13
Mezcla usada	HA 73 (G+Q)
Taco	
Aire	
Altura de carga final	
Stemming	
Volumen	
Factor de llenado	90%
Volumen usado	
Costo	-
Carga Explosiva	
Volumen	
Kg usado	
Esponjamiento	%
Costo	
Costo	
Det. Electrónico (1)	
Det. Pirotécnico (0)	
Booster (2)	
Stemming	
Carga Explosiva	
Taponex	
Cordón Detonante (5m)	
TOTAL	

Fuente: Elaboración propia, (2018).

- Ficha de costos.

Tabla 22

Ficha de toma de costos.

	2018
Producción	9 7/8
	10 5/8
Ahorro	9 7/8
	10 5/8

Fuente: Elaboración propia, (2018).

ANEXO n.º 2. Determinación de la dureza de la roca

Los ensayos de carga puntual, determinaron valores promedio para el cuerpo de SM "Extremadamente Dura" (R6) de UCS=280 Mpa.; para el cuerpo de SM "Muy Dura" (R5) de UCS=220 Mpa y para el cuerpo de SM "Dura" (R4) de UCS=98 Mpa. La zonificación realizada, a partir de la interpretación geológica y geomecánica, indica que el cuerpo de SM "Extremadamente Dura" (R6), va reduciendo su extensión en profundidad, mientras que los cuerpos de SM "Muy Dura" (R5) y "Dura" (R4), van creciendo en extensión en profundidad.

- Sílice Granular 2 (dura-suave): Material cuya resistencia intacta indica una clasificación ISRM de "Dura" (R4).

Está asociado a inyecciones de Sílice, que le dan una mayor resistencia intacta, alcanzando un R5 en la escala ISRM. Este cuerpo aflora en pequeñas áreas en las partes altas (nivel 4050), y a profundidad va creciendo, alcanzando su mayor extensión debajo del Nivel 3970.

En algunas zonas, pero de poca extensión es probable que aflore un material de competencia media que alcanza un ISRM=R3 con un UCS promedio de 48 Mpa.

- Sílice Granular 3: Material poco competente, con un ISRM=RO, sus características físicas hacen imposible asignarle un valor de UCS, ya que se presentan totalmente alterados y lixiviados, con un aspecto similar a una arena de playa. Aflora principalmente en niveles inferiores al 3960 y va asociado a una Sílice Granular suave.

En la tabla 23, se puede observar la relación entre la resistencia a la compresión y la dureza de la roca, que se usó para esta clasificación.

Tabla 23

Relación entre dureza y resistencia a la compresión uniaxial (ISRM, 1981).

ISRM	UCS (Mpa)	Clasificación
R6	>250	Extremadamente dura
R5	100 - 250	Muy dura
R4	50 - 100	Dura
R3	25 - 50	Media
R2	5 - 25	Débil
R1	1 - 25	Muy débil
RO	0,25 - 1	Extremadamente débil

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Finalmente, incluyendo la relación entre dureza y resistencia a la compresión, se ha obtenido la tabla 24.

Tabla 24

Propiedades geomecánicas de rocas presentes en La Quinua.

Ubicación		Resistencia a la compresión USC (Mpa)	ISRM	Densidad (gr/cc)	Resistencia a la tracción (Mpa)	Módulo de Young E (Gpa)	Módulo de Poisson	
La Quinua	Argilico avanzado 1	Encima falla La Quinua	40	R3	2,61	3,16	9,65	0,31
	Argilico avanzado 2	Debajo falla La Quinua	40	R3	2,52	3,21	8,89	0,30
	Silice Granular 3	Pushback Sur	13	R2	1,91	1,01	275,00	0,00

Fuente: Elaboración propia, (2018).

ANEXO n.º 3. Fotografías



Figura 13: Zona de voladura.



Figura 14: Carguío de taladros.



Figura 15: Verificación de taladros.



Figura 16: Evaluación de taladro para cargarlos.



Figura 17: Carguío de taladros.



Figura 18: Labores en el banco 3276.



Figura 19: Perforación en el banco 3276.



Figura 20: Booster.

ANEXO n.º 4. Glosario de términos técnicos

- **Stemming:** Roca chancada usado en el taco.

- **Booster:** Iniciador de agente de voladura.

- **ANFO:** Ammonium Nitrate - Fuel Oil, es un explosivo de alta potencia. Consiste en una mezcla de nitrato de amonio y un combustible derivado del petróleo.

- **HA 37:** 30% Emulsión + 70% ANFO.

- **HA 46:** 40% Emulsión + 60% ANFO.

- **HA 55:** 50% Emulsión + 50% ANFO.

- **HA 64:** 60% Emulsión + 40% ANFO.