UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

REDUCCIÓN DE COSTOS DE VOLADURA APROVECHANDO EL ESPONJAMIENTO DE LA MEZCLA EXPLOSIVA GASIFICADA 80/20 EN LA UNIDAD MINERA TOQUEPALA DE LA EMPRESA SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, 2018

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. Elvis Yoel Nina Colana

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERÚ
2018

017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

FOLIO N° .....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Según Resolución. DE COMISIÓN ORGANIZADORA Nº 1157-2018-UNAM

El Jurado Dictaminador ha calificado la defensa de la tesis:

TITULADA:

REDUCCIÓN DE COSTOS DE VOLADURA APROVECHANDO EL ESPONJAMIENTO DE LA MEZCLA EXPLOSIVA CODIFICADA 80/20 EN LA UNIDAD MINERA TOQUEPALA DE LA EMPRESA SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, 2018.

Asesor: MGR. ERNESTO JARICANO FLORES

Asesor Externo: .....

Tesista: BACH. ELVIS YOEL NINA COLANA

Dictamina como APROBADO por UNANIMIDAD

La defensa del tema de investigación con la nota: DIECISEIS (16)

Por lo que SI opta el Grado de Ingeniero de Minas.

Siendo las 12 horas, del 31 de MAYO del año 2019

se procede a firmar la presente.

Presidente del Jurado
ING. AGAPITO FLORES JUSTO

Primer Miembro
ING. JORGE LUIS FLORES SOLIS

Segundo Miembro
JESUS ANTONIO DURAN ESTUCO

Tesista
ELVIS YOEL NINA COLANA

Página de Dedicatoria

A Dios por haberme dado la vida y los recursos necesarios para poder superarme y lograr mis objetivos.

A mis padres Hayde y Mario por su apoyo incondicional, a mi esposa por ser mi compañera de vida y estar en mis debilidades y logros. También a las personas que contribuyeron a mi desarrollo como Profesional, que me acompañaron a lo largo de mi carrera.

Agradecimiento

A la Universidad Nacional de Moquegua y a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por brindarme todos los conocimientos para realizar mis estudios profesionales.

A mi asesor ing. Ernesto Laricano Flores por el apoyo, guía y dirección que me brindo en el desarrollo del tema de investigación.

A la empresa Exsa soluciones exactas por acogerme en su plantel laboral y permitirme desarrollarme como ingeniero de minas.

A los catedráticos de la Escuela de la Escuela de Ingeniería de minas, por su guía que permitieron mi desarrollo profesional.

Resumen

Como parte del proceso de mejora continua en la unidad minera Toquepala se viene realizando pruebas cuyo objetivo principal es la reducción de costos de voladura debido a sus altos precios. Actualmente se utiliza mezcla explosiva gasificada 70/30 como explosivo estándar para todo tipo de roca, sin embargo, la propuesta radica en variar la proporción a una mezcla explosiva gasificada 80/20 con el fin de aprovechar el mayor esponjamiento que brinda esta última mezcla siendo de 50 cm más en taladros de diámetro 12 ¼ de pulgada.

Estos 50 centímetros más de esponjamiento nos permiten disminuir los kilogramos de explosivo ingresado al taladro permitiendo así un ahorro promedio de 27.5$ por taladro.

A la vez esta disminución de explosivo trae consigo no solo un ahorro a la empresa sino también una mejora en cuidado de taludes ya que las vibraciones en los disparos usando mezcla explosiva 80/20 son menores ya que el factor de potencia disminuye y nos permite darles un mejor cuidado a los taludes, disminuyendo así la caída de rocas que es la mayor causa de muertes en minería a tajo abierto. Así mismo considerando la calidad de humos se tiene una diminución de generación

de gases nitrosos debido a que al contener menor nitrato se logra disminuir la probabilidad de generación de gases nitrosos.

En conclusión, te tiene que la mezcla explosiva 80/20 podría ser una buena opción que permitirá disminuir los costos de voladura en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation para lo cual se procederá con el analisis de las pruebas y determinar con datos cuantificables si la mezcla es realmente eficiente.

Abstract

As part of the process of continuous improvement in the Toquepala mining unit, tests have been carried out whose main objective is to reduce the costs of blasting due to its high prices. Currently the 70/30 gasified explosive mixture is used as a standard explosive for all types of rock, however, the proposal is an 80/20 gasified explosive mixture in order to take advantage of the greater swelling provided by the latter mixture, being 50 cm more in drills of diameter 12 ¼ inch.

These 50 thousandths are more a saving of 27.5 $ per drill. At the same time this decrease in explosive brings with it no savings in the company but also an improvement in the care of the voice and vibrations in the mix of explosives 80/20 are less than the power factor of capacity and allows us Give better care to the problems, thus decreasing the fall of rocks that is the biggest cause of deaths in an open pit. Likewise, the quality of the fumes has a decrease in the generation of nitrous gases because the likelihood of generation of nitrous gases can also be reduced.

In conclusion, we have that the 80/20 explosive mixture is a good option to reduce the costs of blasting at the Toquepala mining unit of Southern Peru Copper Corporation.

CONTENIDO

Página de Dedicatoria **2**
Agradecimiento **3**
Resumen **4**
Abstract **6**
ÍNDICE DE TABLAS **12**
INTRODUCCIÓN **15**
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **17**
1.2. **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA** **19**
1.2.1. Interrogante General. 19
1.2.2. Interrogante Específica. 19
1.3. JUSTIFICACIÓN **20**
1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS **21**
1.4.1. Objetivo General. 21
1.4.2. Objetivo Específico. 21
1.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS. **22**
1.5.1. Hipótesis General. 22
1.5.2. Hipótesis Específica. 22
CAPÍTULO II:MARCO TEÓRICO **23**
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO **23**
2.2. BASES TEÓRICAS. **27**
2.2.1 Ubicación. 27
2.2.2 Accesibilidad 28
2.2.3 Topografía Y Fisiografía 29

2.2.4 Clima y Vegetación. 30
2.2.5 Flora Y Fauna. 31
2.2.6 Recursos. 31
2.2.7 Geomorfología 32
2.2.8 Geología. 33
2.2.9 Geología Regional. 34
2.2.10 Alteraciones. 38
2.2.11 Geología Local. 39
2.2.12 Geología Estructural. 39
2.2.13 Geología Económica. 41
2.2.14 Clasificación de la masa rocosa en la mina Toquepala. 47
2.2.16 Interpretación de la caracterización geomecánica. 49
2.2.17 Velocidad de propagación de la roca. 51
2.2.18 Operaciones Mina 53
2.2.19 Voladura 56
2.2.20 Carguio 62
2.2.21 Acarreo 63
2.2.22 Producción mina Toquepala 65
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS. 66
CAPÍTULO III:MARCO METODOLÓGICO 71
3.1. TIPO Y DISEÑO 71
3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN 72
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 73
3.3.2. Variable dependiente. 73
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA 73
3.4.2. La Muestra 74

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS 74
3.6. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS 75
3.7. MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS 76
CAPÍTULO IV:PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....78
4.1. RESULTADOS……75
4.1.2.Prueba y resultados en el proyecto 3190 174 175 (29-8-18)..... 87
4.1.3.Prueba y resultados en el proyecto 3190 168 (17-08-2018)..... 95
4.1.4.Prueba y resultados en el proyecto 3190 166 181 (18-09-2018)..... 101
4.1.5.Prueba y resultados en el proyecto 3190 180 179 (18-09-2018)..... 108
4.1.6.Prueba y resultados en el proyecto 3190 176 178 (05-09-2018)..... 113
4.1.7.Prueba y resultados en el proyecto 3175 175 176 178 179 184 (28-09-2018) 119
4.1.8.Prueba y resultados en el proyecto 3175 174 175 (22-09-2018)..... 125
4.1.9.Resumen comparativo de mezclas..... 130
4.2.COMPROBACION DE HIPOTESIS 134
4.2.2.Prueba de t Student y resultados 136
CONCLUCIONES 139
RECOMENDACIONES 141
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 142
ANEXOS 145

Índice de figuras

figura 1. Ubicación unidad minera toquepala. 28
figura 2. Rutas toquepala – cuajone – ilo – lima.....29
figura 3. Alteraciones hidrotermales. 46
figura 4. Composición de mezcla explosiva gasificada 70/30. 57
figura 5. Diseño de carga para el proyecto 3190 167 166. 81
figura 6. Secuencia de salida para el proyecto 3190 167 166. 81
figura 7. Toma de densidades para el proyecto 3190 167 166.....82
figura 8. Imagen del proyecto 3190 167 166. 82
figura 9. Imágenes del proceso de detonación del proyecto 3190 167 166. 83
figura 10. Imágenes del frente de minado del proyecto 3190 167 166. 85
figura 11.Resultado del software wi frag del proyecto 3190 167 166. 85
*figura 12.*Resultado de vod del proyecto 3190 167 166. 86
figura 13.Diseño de carga para el proyecto 3190 175 174. 88
figura 14.Secuencia de salida del proyecto 3190 175 174 90
figura 15.Toma de densidades de los camiones mezcladores del proyecto 3190 175 174. 90
figura 16. Imágenes del proyecto 3190 175 174. 91
figura 17. Imágenes del frente de minado del proyecto 3190 175 174. 93
figura 18. Resultado del software wi frag del proyecto 3190 175 174.. 93
figura 19. Resultado de vod del proyecto 3190 175 174. 94
*figura 20.*Toma de densidades del proyecto 3190 175 174. 96
*figura 21.*Secuencia de salida del proyecto 3190 175 174. 98
figura 22.Toma de densidades del camión mezclador del proyecto 3190 168. .98
figura 23. Imagen del proyecto de minado 3190 168. 99
*figura 24.*Analisis de fragmentacion con wi frag del proyecto 3190 168. 101
figura 25.Toma de densidades del proyecto 3190 166 181. 103
figura 26.Tecuencia de salida del proyecto 3190 166 181. 104
figura 27.Tmágenes del proyecto 3190 166 181. 105

*figura 28.*Resultado de vod del proyecto 3190 175 174. 106
*figura 29.*Resultado de vod del proyecto 3190 166 181. 107
*figura 30.*Toma de densidades del proyecto 3190 166 181.....109
*figura 31.*Secuencia de salida del proyecto 3190 180 179. 111
*figura 32.*Imagen del proyecto 3190 180 179. 111
figura 33.Analisis de fragmentacion con wi frag del proyecto 3190 180 179...113
*figura 34.*Toma de densidades del proyecto 3190 176 178.....115
figura 35.Secuencia de disparo del proyecto 3190 176 178.....116
figura 36. Imagen del proyecto 3190 176 178. 117
*figura 37.*Analisis de fragmentacion con wi frag del proyecto 3190 176 178...118
*figura 38.*Toma de densidades del proyecto 3175 175 176 178 179 184.....120
*figura 39.*Secuencia de disparo del proyecto 3175 175 176 178 179 184.....122
*figura 40.*Imagen del proyecto 3175 175 176 178 179 184. 122
figura 41.Imágenes del proceso de voladura del proyecto 3175 175 176 178 179 184. 123
figura 42.Analisis de fragmentacion con wi frag del proyecto 3175 175 176 178 179 184. 124
*figura 43.*Toma de densidades del proyecto 3175 174 175.....126
*figura 44.*Secuencia de disparo del proyecto 3175 174 175.....128
figura 45.Imagen del proyecto 3175 174 175. 128
*figura 46.*Analisis de fragmentacion con wi frag del proyecto 3175 174 175...130
figura 47.Comparación de costos de mezcla 80/20 y mezcla 70/30.....132
figura 48.Resumen de p80 de pala 9 de julio – agosto – septiembre.....133

Índice de tablas

tabla 1. Clasificación de las rocas en mina toquepala 47
tabla 2. Claracterización geomecánica del macizo rocoso. 51
tabla 3. Velocidad de propagación del macizo rocoso. 52
tabla 4. Lista de perforadoras primarias. 55
tabla 5. Lista de perforadoras secundarias 56
tabla 6. Lista de densidades de distinta proporción. 58
tabla 7. Lista de factor de potencia por tipo de roca. 59
tabla 8. Lista de tacos y carga promedio por taladro 59
tabla 9. Lista de camiones mezcladores de exsa. 61
tabla 10. Lista de equipos pesados para el tapado. 61
tabla 11. Lista de equipos de carguío en toquepala. 62
tabla 12. Lista de equipos de carguío en toquepala. 63
tabla 13. Lista de equipos de carguío en toquepala. 64
tabla 14. Producción de mina toquepala en el 2017. 65
tabla 15. Pull down y revoluciones de equipos. 66
tabla 16. Prueba nominal de mezclas explosivas 75
tabla 17. Proyectos volados en el mes de agosto usando mezcla explosiva 80/20. 78
tabla 1.8 Proyectos volados en el mes de septiembre usando mezcla explosiva 80/20. 79
tabla 19. Analisis de costos del proyecto 3190 166 167 83
tabla 20. Analisis de costos del proyecto 3190 175 174 91
tabla 21. Analisis de costos del proyecto 3190 168 99
tabla 22. Analisis de costos del proyecto 3190 166 181 105
tabla 23. Analisis de costos del proyecto 3190 180 179 112
tabla 24. Analisis de costos del proyecto 3190 180 176 178 117
tabla 25. Analisis de costos del proyecto 3175 175 176 179 184 123

tabla 26. Analisis de costos del proyecto 3175 174 175 129
tabla 27. Diferencia de costos entre una mezcla explosiva 80/20 y entre mezcla Explosiva 70/30 por proyecto. 131
tabla 28. Generación de gases nitrosos proyecto. 134
tabla 29. Costos de mezcla explosiva por proyecto. 135
tabla 30. Prueba de t student. 137

LISTA DE ABREVIATURAS

Km:	Kilómetros.
N - S :	Norte - Sur.
E - W :	Este - Oeste.
PENT:	Pentrita.
gr/cc :	Gramos por centímetro cúbico.
m/s :	Metros por segundo.
cm :	centímetro.
mg/m :	Miligramo por metro.
UTM :	Universal Transverse Mercator (sistema de coordenadas).
ME :	Mezcla Explosiva

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación reducción de costos de voladura aprovechando el esponjamiento de la mezcla explosiva 80/20 en la unidad minera Toquepala se da como parte de un proyecto de mejora continua con el fin de poder realizar un trabajo con eficiencia o sea poder cumplir con las metas aprovechando al máximo nuestros recursos.

Teniendo esto en mente es que en el mes de agosto y septiembre se da inicio a las pruebas en la fase 5 niveles 3190 y 3175 en tipo de roca Cuarzo Quellaveco (QQ) donde se modifica la proporción de la mezcla explosiva de un 70/30 a una mezcla explosiva 80/20 con el fin de poder aprovechar el mayor esponjamiento que presenta la mezcla de prueba, entonces este trabajo de investigación permitirá poder analizar los resultados de las pruebas y poder determinar con datos cuantificables que realmente la mezcla explosiva 80/20 es eficiente.

En el primer capítulo se desarrolla la presentación del problema, justificación, objetivos e hipótesis de la investigación.

En el segundo capítulo se desarrolla la revisión de antecedentes, se describe las características geográficas donde se desarrolló el trabajo,

la geología de la zona de estudio, los diferentes tipos de fallas y definición de términos.

En el tercer capítulo se desarrolla la metodología de cómo se desarrolló el trabajo de investigación indicando las variables de estudio y se determina la población y muestra de estudio. También se detalla el método de análisis y presentación de resultados.

En el cuarto capítulo se describe y se analizan los ocho proyectos comparándolos en temas de costos por tonelada, calidad de fragmentacion cuantificando el p80 para cada frente y verificando la generación de gases nitroso en los disparos. Finalmente, en los dos últimos capítulos se tiene las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

A nivel mundial los esfuerzos por reducir los costos de voladura en diferentes empresas mineras han dado buenos resultados, no se han producido descubrimientos espectaculares en el campo de los explosivos pero, sí han mejorado todo el conjunto de operaciones conexas mediante diferentes innovaciones tecnológicas, una de ellas es la introducción de la emulsión gasificada que permite ahorrar costos aprovechando el grado de esponjamiento que presenta, así que tan solo en el Perú las grandes empresas dedicadas al rubro de voladura han lanzado al mercado sus productos a base de emulsión gasificada, llámese Flexigel producto de la empresa Orica Mining Services o San G de la empresa Famesa o Quantex de la empresa Exsa soluciones exactas.

En el Perú las grandes empresas mineras apuestan por la emulsión gasificada, como una estrategia para minimizar sus costos de

voladura, sin embargo, el estudio de este explosivo nos permite sumergirnos en un campo de investigación donde podamos optimizar el uso de este producto.

En Southern Perú Copper Corporation (SPCC) - Toquepala es una empresa que apuesta por el uso de emulsión gasificada como parte de una mezcla explosiva asociada con el ANFO como estrategia para minimizar sus costos de voladura, pero teniendo en cuanta las bondades de este explosivo es que se realizaron prueba con el fin de poder disminuir los costos de voladura.

Al ingresar esta mezcla explosiva gasificada se propuso con una proporción 70/30 donde tenemos 70% de emulsión y 30% de ANFO, así fue como se desplazó el uso del heavy ANFO. Sim embargo las pruebas con este producto cesaron estandarizando la mezcla explosiva gasificada 70/30.

Teniendo en mente la importancia de minimizar los costos sin afectar la producción en el área de perforación y voladura se realizó pruebas utilizando como parte de un proceso de mejora continua, la aplicación de la mezcla explosiva gasificada 80/20 para compararlas con la mezcla explosiva gasificada 70/30 que es el explosivo que se utiliza actualmente.

Se viene evaluando la mezcla explosiva gasifica 80/20 como una estrategia para la reducción de costos esto es debido a que la actual mezcla

explosiva gasificada 70/30 presenta un esponjamiento de 80 cm por taladro sin embargo al modificar la proporción a 80/20 el esponjamiento de eleva a 130 cm en taladros de diámetro 12 ¼ pulg teniendo 50 cm de explosivo más que representa 52.5 kg/tal lo que permitirá disminuir el factor de potencia de la malla sin verse afectada la fragmentación ni el P80 que varía entre 4.8 y 7.1 pulg. promedio por frente de minado, además disminuir las vibraciones y mejorará la calidad de humos por poseer mayor proporción de emulsión y solo variando la proporción de emulsión y ANFO de una mezcla explosiva gasificada 70/30 a una mezcla explosiva gasificada 80/20 lo que no requiere mayor inversión.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Interrogante General.

¿Se logrará disminuir los costos de voladura aplicando mezcla explosiva gasificada 80/20 en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation?

1.2.2. Interrogante Específica.

¿Qué eficiente será la mezcla explosiva gasificada 80/20 en comparación con otro explosivo utilizado en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation?

¿Qué beneficios operativos traerá usar mezcla explosiva gasificada 80/20 en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Las misiones de los nuevos ingenieros se orientan en la seguridad y la conservación del medio ambiente, dando énfasis a la optimización de los procesos y la reducción de costos en los trabajos de minería a tajo abierto, siendo estos pilares fundamentales este proyecto encierra todos estos motivos teniendo en cuenta la seguridad al contribuir en el control de taludes al disminuir el factor de potencia o sea menos explosivo por taladros disparados. Conservación del medio ambiente ya que la mezcla explosiva gasificada 80/20 presenta menos proporción de ANFO generador de gases nitrosos disminuyendo así la contaminación al medio ambiente por generación de gases.

Dando énfasis en reducir los costos en el área de perforación y voladura la investigación tiene como fin demostrar el ahorro considerable que se da al usar la mezcla explosiva gasificada 80/20 teniendo un ahorro de 28.35 $/tal siendo muy significativo.

Solo si se desea tener resultados distintos es importante dejar de hacer lo mismo y probar resultados que muestren beneficios y mejoras.

Por lo tanto, es conveniente desarrollar la investigación debido a que responde a las necesidades del cliente teniendo un ahorro en los costos de voladura sin inversión alguna solamente modificando la proporción de la mezcla explosiva 70/30 una mezcla explosiva 80/20, las pruebas se realizaron en un tipo de roca Cuarzo Quellaveco (Qq) en fase 5 específicamente para la pala 9 trayendo consigo buenos resultados.

1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General.

Demostrar que aplicando mezcla explosiva gasificada 80/20 se reducen los costos de voladura en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation.

1.4.2. Objetivo Específica.

Demostrar la eficiencia de la mezcla explosiva gasificada 80/20 en comparación con otros explosivos utilizados en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation.

Cuantificar los beneficios operativos de utilizar la mezcla explosiva gasificada 80/20 en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation.

1.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.

1.5.1. Hipótesis General.

Aplicando mezcla explosiva gasificada 80/20 se reducirán los costos de voladura en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation.

1.5.2. Hipótesis Específica.

La mezcla explosiva gasificada 80/20 es eficiente en comparación con otros explosivos utilizados en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation.

Aplicando mezcla explosiva gasificada 80/20 se tiene beneficios operativos cuantificables en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Algunos antecedentes de estudios realizados respecto a reducción de costos de voladura:

Vilela (2014), en su tesis de estudio de factibilidad de ANFO pesado en base de emulsión gasificada en minera Yanacocha realiza un cambio de explosivo un nuevo tipo de emulsión gasificada de mejor calidad que tiene la capacidad gracias a un agente químico de gasificar y así desplazar el uso del ANFO pesado. Este proyecto tuvo como resultados un incremento en la tasa de excavación de los equipos de minados de 3 a 23%, desde el punto de vista medioambiente se redujo significativamente la generación de gases nitrosos y económicamente se demostró un ahorro promedio de 8.00$ por taladro en el reemplazo de ANFO pesado así que la minera accedió al cambio de explosivo a un ANFO pesado a base de emulsión gasificada.

Medina (2014), también realizo una evaluación técnica económica ecológica de los resultados de las pruebas realizadas usando emulsión gasificada en la unidad Cuajone para lo cual se vale del análisis de los disparos considerando los resultados de fragmentación. Los resultados muestran mejoras en el P80 ya que disminuyo en un 21.5 % comparado con él HA 45/55 y al realizarse el remplazo se tendrá un ahorro de hasta US$ 6,049,000 dólares anuales.

También se tiene una mejora en temas de gases ya que se mitigaron debido a que su formulación química es nitrógeno presente en la mezcla pasa a ser nitrógeno molecular siendo estable y no generando los óxidos nitrosos. También la velocidad de detonación de la mezcla explosiva AP-73Q es 3.9% mayor al de Heavy ANFO 45/55, esto es importante debido que la presión de detonación dentro del taladro es proporcional al VOD del explosivo.

Condori (2015) propuso la Estandarización Del Explosivo Me - Quantex con el propósito de Reducir los Costos Operativos Y Eliminar la generación de Gases Contaminantes Mediante El Análisis De Parámetros De Voladura En Mina Cuajone.

Al estandarizar el explosivo se logró disminuir los costos operativos reduciendo la emisión de gases nitrosos producto de la voladura por taladro de US $ 23,22, obteniendo en los veintiséis (26) disparos realizados en el proyecto un ahorro total de US. $ 91 477. Respecto al VOD

se obtuvo en promedio, 5490,76 m/s, lo que permite la flexibilidad de selección de densidades para obtener el explosivo correcto en la fragmentación. Las densidades manejadas en las pruebas fueron entre 1,12 y 1,19 g/cc, debido a que se voló en zonas con dureza promedio de 2,62 g/cc (LATITA PORFIRITICA ESTRUCTURA RETICULAR DE CUARZO, ANDESITA INTRUSIVA FILICA), pero podríamos utilizar una densidad de 1,00 g/cc, por ejemplo en zonas con dureza de 1,25 g/cc (AGLOMERADO BLANCO) presente en la fase 8 este.

Llacma (2017), realizo una evaluación técnico económica del uso de emulsión gasificada en voladura mina Cuajone, donde demostró que, usando la emulsión gasificada en la mezcla explosiva, se obtuvieron mejores resultados en términos de fragmentación y uniformidad, el P80 disminuyo en un 7,1% comparado con los resultados de los análisis realizados en proyectos disparado con Heavy ANFO. Además, en proporción directa a la mejora de fragmentación también se optimizo la velocidad de minado de los equipos de carguío en un 10%.

Con un reemplazo del 100% de la nueva mezcla explosiva en Cuajone, se logró un ahorro de $ 5 780 157, y los costos de voladura disminuyeron en un 9%, siendo el ultimo año 0,144$/TM.

Quispe (2014) demostró que utilizando cámaras de aire en el primado del taladro se pueden reducir los costos de perforación y voladura en la unidad minera Constancia.

Los resultados obtenidos indican que se permitió ahorrar $119,282.00 en el periodo de julio a septiembre del 2014 además los cálculos de proyección de ahorro para el presupuesto 2015 dio un resultado de $1, 273,791. Como conclusiones hace mención de la importancia del uso de taponex para reducir la eyección debido a que la onda de choque al viajar en el interior del taladro para de un medio solido al aire, implicando que la energía disminuya en ese sector.

Chambi (2018) describió la aplicación del Flexigel en la unidad minera Cerro Verde donde se realiza la medición de las dos variables: reducción de vibraciones y mitigación de gases nitrosos. Los resultados de medición de fragmentación en voladuras de contorno presentan una disminución en el cálculo de P80 de un 8% y un aumento del porcentaje pasante, entre 1” y 4” pulg del orden del 40 % disminuyendo el fino, y entregando una granulometría más homogénea, debido al aumento de carga lineal en los pozos de buffer. A pesar que la carga lineal con Flexigel es mayor a la cara de un Heavy ANFO, al ser de menos densidad ésta produce menos amplitud en el cálculo de PPV, lo que reduce el daño causado por el explosivo en un 17.7%. Por esto mismo el sobre quiebre que genera, es menor al quiebre generado por el Heavy ANFO.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1 Ubicación.

Toquepala políticamente pertenece al distrito de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre y departamento de Tacna.

La ubicación de la mina Toquepala está dada por las siguientes coordenadas geográficas y coordenadas UTM:

Coordenadas geográficas:

- 17° 13’ Latitud Sur.
- 70° 36’ Longitud Oeste.

Coordenadas UTM DATUM PSAD-56, zona 18:

- 8 098 819 Norte.
- 294 400 Este.

Figura 1.Ubicación Unidad Minera Toquepala.



***Fuente**:* Área de Geología – Mina Toquepala, 2017.

2.2.2 Accesibilidad

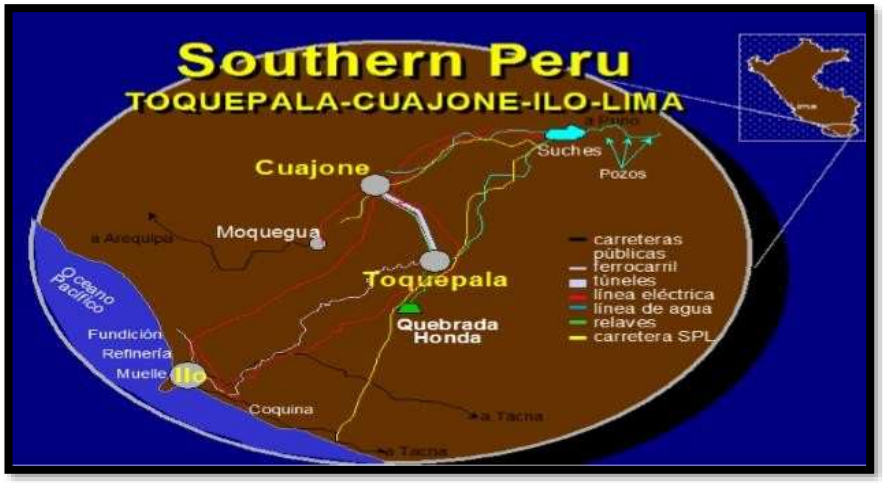
El área de producción de Toquepala, es accesible por vía terrestre por medio de la carretera Panamericana Sur, por el punto denominado Camiara, de donde parte una carretera afirmada de aproximadamente 72 km de distancia.

Las distancias promedias con las ciudades más importantes son:

- Lima: 1 035 km.
- Arequipa: 435 km.
- Tacna: 192 km.
- Moquegua: 130 km.

Asimismo, con el Puerto de Ilo, existe una línea férrea de 167 km de distancia, por donde se transporta sus concentrados a su fundición y refinería.

*Figura 2.*Rutas Toquepala – Cuajone – Ilo – Lima



Fuente: Área de Geología – Mina Toquepala

2.2.3 Topografía Y Fisiografía

El área se emplaza en el flanco occidental de la Cordillera de los Andes, en su sector meridional, el relieve del área se presenta de forma bastante irregular con una topografía muy accidentada.

La altitud máxima de la zona es de 3 675 m.s.n.m. y la mínima es de 3125 m.s.n.m., de acuerdo con la división que hizo el Dr. Pulgar Vidal (1948), esta zona se ubicaría dentro de la región quechua.

Se distingue un drenaje dendrítico o arborescente, el cual está controlado por la naturaleza de las rocas subyacentes, dando como un resultado un relieve topográfico variado.

El drenaje de la zona se encuentra presentado por los cursos de las quebradas principales y secundarias que las atraviesan; que temporalmente, constituyen cursos de agua.

2.2.4 Clima y Vegetación.

En la mina, se puede apreciar un clima característico de las zonas altas, seco en la mayor parte del año, y con escasas lluvias entre los meses de enero a marzo, pero con abundante presencia de neblinas. El efecto de insolación, es bastante notorio en las últimas horas de la mañana hasta la mitad de la tarde.

El promedio de precipitación registrado durante los últimos años es de 8 mm, con una temperatura máxima de 17 °C, y una mínima de 3 °C.

En cuanto a vegetación, se observa que es escasa, alrededor del tajo, se pueden encontrar plantas silvestres como cactus y otras de su especie, en épocas de lluvias, se desarrollan pequeños arbustos, por lo general en los lugares más abrigados. En época de invierno, existe una total ausencia de vegetación, ello debido a la aridez y rocosidad del terreno.

2.2.5 Flora Y Fauna.

En el área los recursos de agua, tierras de cultivo y pastos son escasos, en consecuencia, la producción agrícola, ganadera y sus derivados manufacturados son de pequeña escala.

En general, la producción agrícola apenas logra abastecer las necesidades locales. La ganadería es pequeña y está representada principalmente por la crianza de vacunos, ovinos y llamas.

2.2.6 Recursos.

En la zona, donde se ubica el área de producción de Toquepala, se encuentran cantidad de recursos minerales con contenido de cobre, localizándose prospecciones y exploraciones, tal es el caso de Quellaveco.

En esta zona, no se encuentra otro tipo de recursos. Es escaso el recurso hídrico, energético e inclusive humano, por la aridez de la zona.

El recurso humano calificado, procede tanto de las ciudades vecinas, como de la capital y el extranjero. El recurso humano no calificado, procede de departamentos vecinos, tales como Puno, Moquegua, Arequipa, y del mismo Tacna. Material para construcción civil, si existe tanto como arna fina, afirmado, y rocas.

2.2.7 Geomorfología

a- Relieve Y Elevaciones.

El área se emplaza en el flanco occidental de la cordillera de los Andes, en su sector meridional, el relieve del área se presenta de forma bastante irregular, con una topografía muy accidentada. La altitud máxima de la zona es de 3 675 m.s.n.m. y la mínima es de 3 125 m.s.n.m., de acuerdo con la división que hizo el Dr. Pulgar Vidal (1948), esta zona se ubicaría dentro de la región quechua.

b-. Drenaje.

Se distingue un drenaje dendrítico, el cual está controlado por la naturaleza de las rocas subyacentes, dando como un resultado un relieve topográfico variado.

El drenaje de la zona se encuentra representado por los cursos de las quebradas principales y secundarias que las atraviesan; que temporalmente, constituyen cursos de agua.

c-. Procesos Geomórficos.

Contribuyeron en el modelado del relieve:

Intemperismo: La descomposición o la desintegración de la roca in situ son notorias en la Diorita debido a los cambios bruscos de temperatura.

Erosión: La acción pluvial se encuentra relativamente estacionaria debido a que las lluvias son poco perceptibles, en cambio los efectos del viento se realizan con mayor dinamismo, dando como resultado el desgaste uniforme de las rocas expuestas.

Vulcanismo: El movimiento de magmas hacia la superficie terrestre se produjo hace 75 millones de años en todo el sur del Perú. En el área, este acontecimiento volcánico está determinado por la presencia de rocas volcánicas del grupo Toquepala.

Orogénesis: Está manifestada por la formación de montañas representada por la apófisis del batolito andino (Diorita) e intrusiones pequeñas debido a la formación de la cordillera de los Andes.

2.2.8 Geología.

Toquepala es un depósito mineral de tipo “Pórfido de Cobre”, donde la mineralización está constituida por una fina diseminación de sulfuros y el relleno de angostas vetillas y con poca persistencia de fracturas, emplazadas en una secuencia de rocas ígneas de composición química ácidas a intermedias.

Estructuralmente, el depósito está ubicado en una chimenea volcánica del tipo diatrema (chimenea de brecha) donde la mineralización del depósito ha sido posible por la existencia de una zona de debilitamiento que permitió el paso de las soluciones mineralizadas.

Mineralógicamente, el depósito desde su origen ha sufrido sucesivos cambios químicos y estructurales. La mineralización ha seguido los procesos de evolución comunes a todos los depósitos de este tipo, originando finalmente, la alteración y mineralización supergénica.

2.2.9 Geología Regional.

El depósito está situado en un terreno que fue sometido a intensa actividad ígnea, incluyendo una gran variedad de fenómenos eruptivos, los que se registraron hace 70 millones de años (Cretáceo-Terciario); esta actividad produjo enormes cantidades de material volcánico, el cual se acumuló en una serie de mantos de lava volcánica, hasta completar un espesor de 1 500 m constituyendo el basamento regional, el mismo que está compuesto por derrames alternados de riolitas, andesitas y aglomerados, inclinados ligeramente hacia el oeste y que constituyen el llamado “Grupo Toquepala”.

Posteriormente, la actividad ígnea fue principalmente intrusiva y produjo grandes masas de roca en fusión que intruyeron, rompiendo y

fundiendo las lavas enfriadas del “Grupo Toquepala”. Estas rocas intrusivas constituyen apófisis del batolito andino que fueron emplazadas en diferentes etapas. Debido a que provinieron de un magma de composición química variable, resultaron diferentes tipos de rocas por diferenciación (dioritas, dacita porfirítica, etc.).

La actividad tectónica regional, está relacionada a la formación de la Cordillera de los Andes, estructuralmente representada en el área de Toquepala por la falla Micalaco y por el Alineamiento Toquepala. La intersección de estas dos fallas está ubicada en el área de la mina.

Posteriormente, soluciones hidrotermales de alta temperatura, resultado de un estado de diferenciación magmática, fluyeron a través de las rocas existentes, destruyendo y alterando su composición química, haciéndolas más permeables.

Estas soluciones favorecidas por un Intemperismo preexistente produjeron la alteración y mineralización primaria. Los diferentes eventos intrusivos de Dacita Porfirítica dieron origen a un sistema de estructura de Brechas (Brecha Pipe mineralizada), y Brechas de colapso, parcialmente mineralizada.

Un evento ígneo tardío tuvo lugar inmediatamente al norte del yacimiento, caracterizado por actividad eruptiva explosiva e hidrotermal, constituido por una diatrema que fue rellenada por los fragmentos de rocas preexistentes y un magma de composición dacítica, por lo que se le

denomina Pórfido de Dacita Aglomerado cerrando el ciclo de actividad intrusiva ocurrieron Diques de Latita porfirítica y de Dacita que se emplazaron a lo largo del Alineamiento Toquepala, y atravesaron todas las rocas existentes.

Esta actividad intrusiva - volcánica fue seguida por sucesivos estados de intensa erosión, asociados a variaciones del nivel de agua que contribuyeron en la lixiviación de la parte superior de la zona mineralizada (Leach Capping), dando como resultado una concentración de Cobre en profundidad (zona de enriquecimiento secundario). Todos estos eventos son responsables de la superficie expuesta actual. La edad medida para el depósito de Toquepala está alrededor de los 58 a 52 millones de años.

La región que pertenece a la faja sísmica de los Andes Sur Occidentales del Perú; que se caracteriza por haber soportado una intensa actividad eruptiva, cuyos remanentes son una serie de conos volcánicos, luego intrusivos posteriores del batolito andino, de composición ácida a intermedia que han afectado a las rocas encajonantes. Posteriormente una erosión, provocó la formación de una superficie irregular la que fue rellenada por flujos volcánicos recientes. Las edades varían desde el Cretáceo superior al reciente. Resumiendo, se puede indicar que las unidades litológicas presentes, incluyen rocas de orígenes volcánicos e intrusivos.

a-. Rocas Extrusivas.

Consiste en una gran secuencia de rocas volcánicas, donde predominan los derrames intercalados de riolitas y andesitas. Forman el basamento regional y tienen una potencia de varios millones de metros, se calcula que pertenece al Cretáceo Superior y Terciario Inferior. La diferencia entre los volcánicos, es la interrelación de tufos y aglomerados que se presentan en alguna formación, así como diferentes colores y texturas. Pertenecen a este grupo:

- Formación Toquepala.
- Formación Paraleque.
- Volcánico Quellaveco.
- Formación Inogoya.
- Volcánico Cuajone.
- Formación Huaylillas: Compuesto por tufos volcánicos.

b-. Rocas Intrusivas.

Compuesta por apófisis stocks del batolito andino que compone la Cordillera Sur Occidental de los Andes, dentro de ellos destacan la diorita, latita, granodiorita, dacita, monzonita cuarcífera, andesita intrusiva, aglomerado de dacita, formaciones de brechas angulares, brechas de guijarros, y finalmente los diques de formación tubular de latita monzonita.

Es destacable que la diorita y la granodiorita, son los cuerpos más extensos, éstas forman parte del cuerpo mineralizado de la mina Toquepala, generalmente, es una roca de grano medio a fino, de colores que varían de gris a rosado verdoso, otra roca importante dentro de la región, es el granito, que generalmente es de grano medio a grueso y de color rojizo a rosáceo.

2.2.10 Alteraciones.

Alteración Propilítica (Epidota, Calcita, Pirita, Clorita).

Alteración Arílica (Cuarzo –Arcillas).

Alteración Fílica (Cuarzo, Sericita y Pirita).

Alteración Fílica Potásica (Cuarzo-Sericita, Biotita).

La zona de alteración abarca un área más grande que el cuerpo mineralizado.

Todo el basamento y las rocas intrusivas han sido alteradas, excepto los diques de última generación. Alteración Silícea ocurre principalmente en el Cuarzo Porfirítico Quellaveco en el Pórfido de Dacita Porfirítica.

2.2.11 Geología Local.

En el área se establece la presencia de rocas volcánicas de edad Cretáceo Superior y Terciario Inferior, pertenecientes al grupo Toquepala, formación Quellaveco, series Toquepala y Alta respectivamente, las mismas que consisten en derrames alternados de riolitas, andesitas y aglomerados, diferenciándose entre sí, por sus características estratigráficas y petrográficas particulares.

2.2.12 Geología Estructural.

a-. Fallas.

En el área existen afloramientos nítidos de las fallas Incapuquio y Micalaco, estas fallas están afectando al stock de Diorita Granodiorita y rocas volcánicas, pero la más importante es la falla Incapuquio seguida de la falla Micalaco.

b-. Falla Incapuquio.

Es la mayor estructura regional que se proyecta por el Sur de la mina, esta falla evidencia el tectonismo en el Sur del Perú. Aflora en toda

la región en el Oeste de Villa Toquepala (el campamento) con un espesor de 100 metros, presentando zonas de panizo, brechas y un intenso fracturamiento.

c-. Falla Micalaco.

Esta estructura regional localizada en la zona central del lado Oeste y parte inferior Oeste con una orientación promedio de N 56° 0 y un buzamiento subvertical tiene un recorrido rectilíneo; regionalmente tiene una longitud de 21 km. presentando una ancha zona de cizallamiento entre 200 y 250 m. acompañado de fracturamiento y brechamiento, la mayor parte del movimiento de esta estructura ha tenido lugar posiblemente, durante el Terciario Inferior.

d-. Sistema de Falla y Venillas Yarito.

Noreste y cruza parte del tajo Toquepala, esta estructura es una compleja serie de sub fallas paralelas. Muchas de estas innumerables estructuras pasan por la parte alta de la mina; esta falla corta la Diorita en los bancos del lado Este del tajo.

e-. Diaclasamiento.

Estos son planos divisorios o superficies que dividen a las rocas y a lo largo de las cuales no hubo movimientos visibles paralelos a las superficies de fractura.

f-. Brechamiento.

Son cuerpos de diferentes formas y dimensiones (Diques y pequeños afloramientos); Estas, posiblemente han sido originadas por procesos ubicados entre las últimas manifestaciones hidrotermales.

2.2.13 Geología Económica.

a-. Génesis.

La teoría de deposición del mineral de origen hidrotermal, específicamente mesotermal, tiene tres factores principales:

- Una fuente de soluciones minerales.
- La existencia de canales por los cuales fluyen estas soluciones.
- La existencia de espacios para la deposición del mineral y ganga.

En el primer factor se estudia la geoquímica de la diferenciación magmática a la que se supone asociadas las soluciones minerales y los efectos que ésta produce en las rocas que atraviesa. Estos aspectos se tratan en la mineralización.

Los factores 2 y 3 se refieren a la estructura en sí y su probable origen, aspectos a los que se dio referencia anteriormente.

En este tipo de depósitos de brechas ocurre principalmente por la caída de fragmentos del techo de la cámara magmática, ocasionado por la reducción de volumen debido a la corrosión ocasionada por los líquidos hidrotermales. En estos tipos la acción volcánica, generalmente está ausente, y si ella hubiere estado presente, no muestra una mayor relación con las chimeneas de brecha.

Los yacimientos mesotermales se forman a temperaturas y presiones moderadas. Las menas se depositan alrededor de 200° a 300° C a partir de soluciones que probablemente tienen al menos una ligera conexión con la superficie. Los yacimientos diseminados de cobre "porfiríticos", se consideran mesotermales.

b-. Mineralización.

En la descripción de la mineralización de los pórfidos de cobre, invariablemente ha de referirse a ella como constituida por el relleno y

reemplazamiento de angostas vetillas y la diseminación de sulfuros en todo el cuerpo mineralizado, el que a su vez es denominado chimenea de la brecha. En consecuencia, es condición necesaria para que un depósito sea clasificado como tal, la existencia de una profusa fracturación. Este fracturamiento y la mayor o menor rotación o movimiento de los fragmentos así fracturados determinan la existencia de los diferentes tipos de brechas, a las que invariablemente está relacionada toda chimenea de brecha.

En Toquepala el área mineralizada está restringida a la zona de mayor fracturamiento, brechamiento y alteración; los límites laterales y de profundidad del cuerpo mineralizado están controlados estructuralmente por el grado de brechamiento tipo “stock work” de la roca encajonante.

c-. Zona Primaria.

El mineral hipógeno está conformado por calcopirita, pirita, molibdenita y trazas de bornita, escalerita y galena.

En Toquepala, una mineralización temprana ocurrió con cuarzo turmalina con menos sulfuros y menos cuarzo turmalina. La deposición de anhidrita ocurrió con la mineralización primaria y probablemente fue fijado más azufre como sulfato en la anhidrita que en los sulfuros.

d-. Zona Enriquecida.

El límite superior fue una superficie ondulada casi horizontal y directamente en contacto con material lixiviado. La superficie superior es irregular, en la parte central el máximo espesor fue de 150 m y de unos pocos metros en los márgenes.

El mineral predominante es la calcosita densa, existiendo también la variedad pulverulenta denominada “Sootty calcosita”. Trazas de covelina y digenita, mayormente distribuidas en la brecha angular donde hubo zonas de mayor espesor de mineral primario, los minerales están asociados como calcosita calcopirita - pirita y calcocita - pirita.

e-. Zonas de Óxidos.

Pequeñas cantidades de silicatos de cobre existieron en los afloramientos iniciales, pero no constituyeron mena. Los principales minerales fueron la malaquita, crisocola, cuprita y otros de menos importancia.

f-. Zona de Lixiviación.

La cubierta original fue compuesta de material de lixiviación con espesores que varían desde unos metros hasta 300 mm. Los minerales son limoniticos principalmente hematina, goletita y jarosita.

g-. Radios Metálicos.

En la parte central de la mina se observa el siguiente radio pirita: calcopirita de 1:1 a 2:1; al Oeste de la mina la relación es de 4:1 y en lado Sur Este, y este alcanzan de 18:1 a 20:1.

h-. Reserva.

Los contenidos de cobre en las rocas, se tiene:

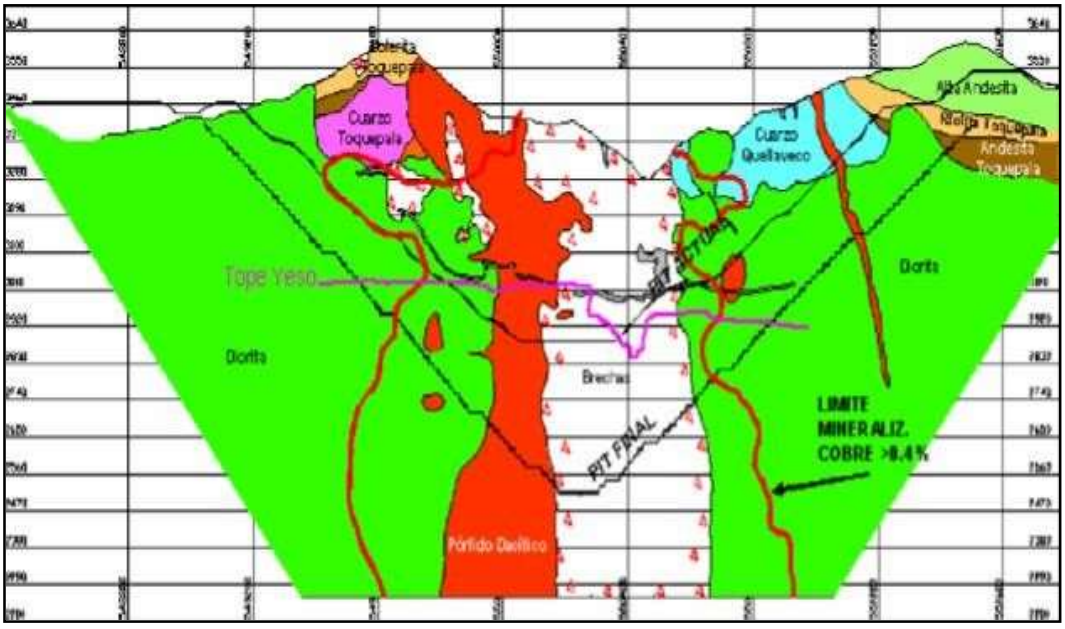
- Los 3 tipos de roca persisten en profundidad, Diorita, Dacita y Brecha, no cambian.
- La mineralización se mantiene diseminada en la Dacita y relleno de cavidades en la brecha, es primaria del tipo Calcopirita.
- La alteración hidrotermal se mantiene favorable para la mineralización, es del tipo fílica con presencia de Biotita y Ortosa en menor proporción respecto a la Sericita y el Cuarzo.
- De acuerdo al estudio de reservas, se llegan a las siguientes conclusiones:

– El fondo de mineral de Toquepala aún no ha sido determinado, pero ya se ha reportado 2 860 MT con 0,74% de Cu. entre mineral extraído, reserva actual y recurso geológico; existen considerables indicios de un apreciable tonelaje de mineral

primario con valor comercial que existen debajo de la zona explorada.

- La mineralización de cobre a un Cut off ~ 0,3 % tiene forma de un gran cilindro con un diámetro de 1 km por una profundidad de 1 km; este cuerpo mineral de geometría vertical y consistencia geológica homogénea debería continuar profundizando lo cual requerirá perforación de alta profundidad, ver figura siguiente:
- En la Figura 9 se muestra las dos intrusiones de mayor cantidad en el tajo Toquepala, el pórfido dacítico y la brecha que se evidencian en la fase III, fase IV y fase V.

*Figura 3.*Alteraciones Hidrotermales.



Fuente: Área de Geología – Mina Toquepala, 2017.

2.2.14 Clasificación de la masa rocosa en la mina Toquepala.

Para efectos del presente trabajo de investigación, se ha efectuado un esquema de clasificación litológico en base a la presencia de yeso anhidrita, la misma que presenta una configuración irregular de su tope. La presencia de yeso Anhidrita en la mina, ha favorecido a las rocas, actuando como cementante de fisuras, dándoles una mayor solidez. La siguiente clasificación, configura las rocas presentes en la mina Toquepala en rocas o brechas con yeso, brechas sin yeso, rocas volcánicas y rocas intrusitas, esta última, catalogada en dos modalidades.

Existen muchas formas de efectuar una clasificación de rocas, en todas ellas, prima las agrupaciones por semejanza en litologías y propiedades volumétricas y geomecánica, así como también el hecho de pertenecer a un mismo dominio estructural, la clasificación se efectúo en función al desarrollo del presente trabajo.

Tabla 1

Clasificación de las rocas en Mina Toquepala

TIPOS DE ROCAS EXISTENTES		SIMBOLO	PERFORACION	VOLADURA
Rocas con Yeso	Brecha con Yeso Anhidrita	Bx-G/A	D	D
	Brecha Turmalina con Yeso Anhidrita	BxT-G/A	D	D
	Diorita con Yeso Anhidrita	DiBx-G/A	D	D
	Diorita con Brecha y Yeso Anhidrita	Di-G/A	D	D
	Dacita con Yeso Anhidrita	Dp-G/A	D	D
	Pebble brecha con Yeso Anhidrita	PxSil-G/A	D	D

Brechas sin Yeso	Brecha angular Sericitizada	Bx-Qs	M	S
	Brecha angular Silicificada	Bx-Sil	M	S
	Brecha Turmalina	BxT	M	M
	Pebble Brecha Silicificada	Px-Sil	M	S
	Pórfido Cuarcífero Quellaveco	Qq	M	M
Rocas Volcánicas	Dolerita Toquepala	Td	M	M
	Andesita Toquepala	Ta	S	M
	Andesita Toquepala Silicificada	Ta-Sil	M	D
	Riolita Toquepala Silicificada	Tr	S	M
	Riolita Toquepala	Tr-Sil	M	M
	Pórfido Cuarcífero Toquepala	Tq	M	M
Intrusivo(a)	Alta Andesita	Aa	M	M
	Diorita Propilítica	Di-Prop	M	D
	Diorita Sericitizada	Di-Qs	S	S
Intrusivo(b)	Dacita Aglomerada	Da	M	D
	Pebble Brecha	Px	M	D
	Latita Porfirítica	Lp	M	D
Leyenda		S=Suave	M=Medio	D=Dura

***Fuente**:* Área de Geología – Mina Toquepala, 2017.

2.2.15 Caracterización geomecánica del macizo rocoso en la mina Toquepala.

Para la zonificación geomecánica, se empleó la siguiente información:

- Los resultados de la caracterización de la masa rocosa, especialmente las características estructurales establecidas a partir de un mapeo geotécnico.
- La calidad de la masa rocosa determinada por la clasificación geomecánica (RMR).

- Los planos y secciones topográficas y geológicas proporcionadas en la mina Toquepala.
- Las observaciones in-situ realizadas durante el mapeo geotécnico.

2.2.16 Interpretación de la caracterización geomecánica.

La caracterización de la masa rocosa, es una herramienta indispensable para la voladura de rocas, muy aparte de la clasificación en términos de resistencia, basado en la compresión uniaxial, que en muchos casos pueden ser altos, entre R4 y R5, esto básicamente es en relación a la roca intacta, por lo cual es importante catalogar al macizo rocoso en valores de RMR, el cual define con mayor acertación la calidad de roca, basado en muchos factores y variables.

Para los buenos resultados en las voladuras, influye bastante la interpretación, habilidad, experiencia y grado de conocimiento del Ingeniero de Voladura, para poner en práctica cualquier tipo o modelo de caracterización de macizo rocoso, y relacionarlo con la acción del explosivo y mecánica de fragmentación, esta interrelación de conceptos, jugaran un papel muy preponderante.

El dominio estructural del área en estudio, está referido a la distribución de las discontinuidades, de los diferentes Dominios Estructurales de la mina. La calidad del macizo rocoso está relacionada

directamente con la complejidad e interdigitación de las alteraciones en los diferentes materiales, siendo el contacto entre ellas, la zona de más baja calidad.

La calidad de la masa rocosa está relacionada a las alteraciones, frecuencia de fracturamiento y propiedades geomecánicas, así las rocas con Yeso Anhidrita y Rocas Volcánicas, son de Calidad Muy Buena (Clase I), con valores de RMR de 93 y 81.62 respectivamente. Finalmente, las Rocas Volcánicas, poseen una Calidad Buena (Clase II), cuyo RMR, se encuentra en el rango de 66.18.

Los Sectores, donde predominan las zonas inestables, tienen una Calidad de Mala a Muy Mala, con Clases de IV y V respectivamente, cuyos valores en RMR, se encuentran por debajo de 22.

Mostramos el siguiente cuadro, donde se observan al detalle los valores del RMR, con sus respectivas clases y valoraciones.

Tabla 2

Caracterización geomecánica del macizo rocoso.

Macizo Rocoso	Símbolo	(GSI)	(RMR)	Calidad (RMR)	Clase	RC	RT
Rocas en Yeso Anhidrita	G/A	88.00	93.00	I	Muy Buena	179.20	8.80
Promedio		88.00	93.00	I	Muy Buena	179.20	8.80
Rocas Intrusivas							
Dacita Aglomerada	Da	87.00	92.00	I	Muy Buena	179.20	7.80
Dioritas	Di	79.00	84.00	II	Buena	152.90	5.20
Pebble Brecha	Px	63.85	68.85	II	Buena	136.90	12.10
Promedio		76.62	81.62	I	Muy Buena	156.33	8.37
Rocas Volcánicas							
Pórfido Cuarcífero	Tp	73.00	78.00	II	Buena	122.30	5.50
Alta Andesita	Aa	54.20	59.20	III	Regular	131.90	13.30
Toquepala Andesita	Ta	65.95	79.95	II	Buena	120.90	12.80
Riolita Toquepala	Tr	57.10	62.10	II	Buena	72.50	6.10
Dolerita Toquepala	Td	62.80	67.80	II	Buena	61.20	11.80
Cuarzo Quellaveco	Qq	54.00	59.00	III	Regular	57.10	8.20
Promedio		61.18	67.68	II	Buena	94.32	9.62

Descripción	Criterio de clasificación RMR		
RMR = Clasificación de Bieniaawski (1989)	Calidad	Clase	Valoración
R.C = Resistencia a la compresión simple (M pa)	Muy mala	V	0 a 20
R.T = Resistencia a la tracción (M pa)	Mala	IV	21 a 40
	Regular	III	41 a 60
	Buena	II	61 a 80
	Muy buena	I	81 a 100

***Fuente**:* Área de Geotecnia– Mina Toquepala, 2017.

2.2.17 Velocidad de propagación de la roca.

La velocidad de propagación de la roca, es el comportamiento de la facilidad o resistencia a la transmisión de las ondas en el macizo rocoso. Cuando el macizo rocoso es masivo, se tiene valores altos de

velocidad de onda, y cuando es fracturado e irregular, decrecen los valores de velocidad de propagación, debido a que las presencias de fracturas actúan como filtros que amortiguan y atenúan la transmisión y continuidad de las ondas, ambos efectos deben ser tomados en cuenta para los diseños de mallas de voladura, explosivo a usar, y el análisis continuo de la mecánica de rotura

La velocidad de propagación, es un parámetro para seleccionar el explosivo adecuado, permite efectuar relaciones de Impedancia, entre la velocidad de detonación de un explosivo, y la velocidad de propagación del macizo rocoso.

Tabla 3

Velocidad de propagación del macizo rocoso.

TIPOS DE ROCAS EXISTENTES		Calidad	Clase	Vel. Propag. m/s
Rocas con Yeso	Brecha con Yeso Anhidrita	I	Muy Buena	4851.00
	Brecha Turmalina con Yeso Anhidrita	I	Muy Buena	4863.00
	Diorita con Yeso Anhidrita	I	Muy Buena	4911.00
	Diorita con Brecha y Yeso Anhidrita	I	Muy Buena	4830.00
	Dacita con Yeso Anhidrita	I	Muy Buena	4868.00
	Pebble brecha con Yeso Anhidrita	I	Malo	4901.00
Brechas sin Yeso	Brecha angular Sericitizada	VI	Medio	2115.00
	Brecha angular Silicificada	III	Medio	2359.00
	Brecha Turmalina	III	Medio	2953.00
	Pebble Brecha Silicificada	III	Medio	2986.00
	Pórfido cuarcífero Quellaveco	III	Medio	2207.00
Rocas Volcánicas	Dolerita Toquepala	II	Medio	2315.00
	Andesita Toquepala	II	Bueno	2806.00
	Andesita Toquepala Silicificada	II	Bueno	2134.00
	Riolita Toquepala Silicificada	II	Bueno	2118.00
	Riolita Toquepala	II	Bueno	2114.00
	Pórfido Cuarcífero Toquepala	II	Bueno	3207.00

Intrusivo(a)	Alta Andesita	III	Medio	2204.00
	Diorita Propilítica	II	Buena	3144.00
	Diorita Sericitizada	IV	Malo	2134.00
Intrusivo(b)	Dacita Aglomerada	I	Muy Buena	4834.00
	Pebble Brecha	II	Buena	3995.00
	Latita Porfirítica	II	Buena	3656.00

***Fuente**:* Área de Geotecnia– Mina Toquepala, 2017.

2.2.18 Operaciones Mina

a-. Perforación

La perforación de mallas de producción se hace con ayuda del Sistema JMineOps (sistema de despacho), que transmite a la perforadora la malla de diseño a perforar, así con ayuda satelital la perforadora puede ubicarse en el taladro de diseño correcto.

Al término de la perforación del taladro, el operador debe dejar una estaca en el taladro indicando el número de Taladro y el número de proyecto, para que las personas encargadas de muestrear, primar, cargar y tapar dicho taladro, lo hagan identificando el número de taladro.

b-. Mallas de Perforación

Se trabaja con mallas triangulares equiláteras, que van desde 6.5 x 6.5 m hasta 10.0 x 10.0 m.

- En fase III, zona de mineral, se tienen mallas 6.5 x 6.5 m.
- En fase IV, zona de mineral y desmonte se tiene mallas de 6.5 x 6.5 m., 7.0 x 7.0 m, y en muy pocos proyectos 10.0 x 10.0 m.
- En la fase V, zona de desmonte, se tienen mallas de 6.5 x 6.5 m, 7.0 x 7.0 m, 7.5 x 7.5 m, 8.0 x 8.0 m, 9.0 x 9.0 m. y 10.0 x 10.0 m.
- En la fase VI, zona de desmonte y relleno, se tiene mallas de 6.5 x 6.5 m. y 7.0 x 7.0 m.
- Pre corte: El espaciamiento de las mallas de pre corte varían de 1.5 m a 2.5 m, lo define el área de geotecnia.

c-. Diámetros de Perforación

Se trabaja con 3 diámetros de perforación:

- Diámetro de 11", las perforadoras con dicho diámetro se encuentran ubicadas en fase III y fase IV.
- Diámetro de 12 1/4", las perforadoras con dicho diámetro se encuentran ubicadas en fase V.
- Diámetro de 5", las perforadoras con dicho diámetro son las de Pre corte y secundarios.

Debido a los continuos cambios de las perforadoras, pueden llegar a estar en una misma fase y en un mismo proyecto perforadoras de diámetros distintos, ello afecta el diseño de carga.

d-. Equipos de Perforación

Hasta fines del 2017, se tiene un total de 13 perforadoras primarias y 05 perforadoras de pre corte (de las cuales 01 perforadora se encuentra Inoperativa).

Tabla 4

Lista de perforadoras primarias.

Modelo	Código SPCC
P&H 120A	DR01
P&H 100XP	DR03
BUC 49RIII	DR04 DR05 DR07
BUC 49HR	DR08 DR09
CAT MD6640	DR12 DR18 DR11
P&H 320XPC	DR16 DR17 DR19

Fuente: Área de Operaciones Mina Toquepala, 2018.

Tabla 5

Lista de perforadoras secundarias

Modelo	Código SPCC
SVK DR560	DR10
	DR14
SVK DR580	DR15
	DR20
SVK TIT600	DR06

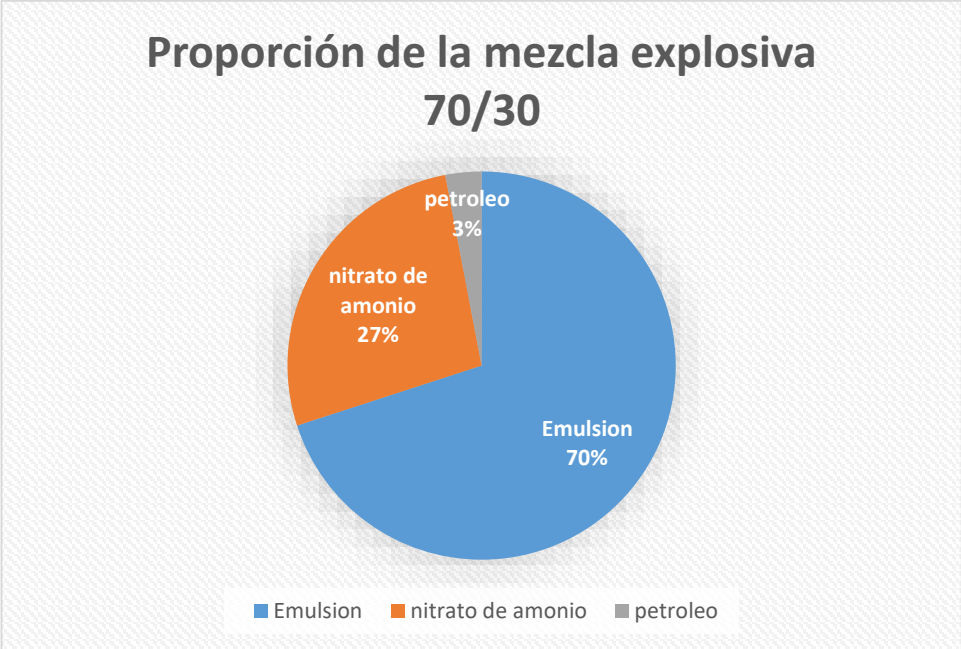
Fuente: Área de Operaciones Mina Toquepala, 2018.

2.2.19 Voladura

a-. Mezcla Explosiva

La mezcla explosiva usada en Toquepala es mezcla gasificada Quantex 73, la cual está compuesta en un 70% de emulsión Slurrex G, un 30% de nitrato Quantex (el cual contiene 1.5% de diésel y 1.5% aceite reciclado) y un 0.15% de nitrito del total de muestra.

*Figura 4.*Composición de Mezcla Explosiva Gasificada 70/30.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018.

También pueden darse las siguientes combinaciones de mezcla:

- Mezcla gasificada Quantex 82: Contiene un 80% de Emulsión Slurrex G y un 20% de Nitrato Quantex, las proporciones de diésel y aceite reciclado se mantienen.
- Mezcla gasificada Quantex 91: Contiene un 90% de Emulsión Slurrex G y un 10% de Nitrato Quantex, las proporciones de diésel y aceite reciclado se mantienen.

Para cada viaje de carguío se controla la densidad de la mezcla.

En la Tabla 5 se muestra las densidades de las distintas mezclas explosivas que se pueden formar.

Tabla 6

Lista de densidades de distinta proporción.

MEZCLA EXPLOSIVA GASIFICADA	DENSIDAD (gr/cc)
Mezcla 70/30	1.378
Mezcla 75/25	1.367
Mezcla 80/20	1.358
Mezcla 90/10	1.336

***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

b-. Diseño De Carga

El diseño de carga se hace buscando el factor de potencia adecuado según las características del macizo rocoso, considerando además el esponjamiento de la mezcla explosiva, el espaciamiento de la malla y el diámetro de la perforadora, lo que termina variando y siendo una variable dependiente de las ya mencionadas es el taco.

Tabla 7

Lista de factor de potencia por tipo de Roca.

Fase	Tipo de Roca	Factor de Potencia Teórico
Fase VI	Aa	0.54
	Agl-volc	0.49
Fase V	Td	0.31
	Qq	0.29
	Di-fresh	0.35
	Di-prop	0.32
Fase IV	Bx-G/A	0.51
	Bx-qs	0.4
	Di-G/A	0.45
	Di-qs	0.39
Fase III	Di-Bx-G/A	0.55
	Bx-T-G/A	0.56
	Dp-G/A	0.54
	Px-G/A	0.57

***Fuente**: Área de* Geotecnia – Mina Toquepala, 2018

Tabla 8

Lista de tacos y carga promedio por taladro.

Fase	Roca	Taco promedio	Carga promedio
Fase VI	Aa	7.1	745.5
	Agl-volc	7.3	766.5
Fase V	Qq	7.3	766.5
	Td	7.6	798
	Di-fresh	7.8	819
	Di-prop	8	840
Fase IV	Di-G/A	6.3	535.5
	Bx-qs	7.2	612

Fase III	Di-qs	6.9	586.5
	Bx-G/A	6.2	527
	Bx-T-G/A	6.1	518.5
	Di-Bx-G/A	6.6	561
	Dp-G/A	6.3	535.5
	Px-G/A	6	510

***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

c-. Tiempos De Retardo

El amarre es una actividad realizada por personal de Orica, quienes en coordinación con el jefe de perforación y disparos definen los tiempos para cada disparo.

- Tiempo entre taladros: Varía de 5 a 17 ms.
- Tiempo entre filas: Varía de 100 a 200 ms.

d-. Accesorios De Voladura

Los accesorios de voladura usados son:

- Booster de 2 Lb
- Exanel
- Ikon RX
- Cable de conexión

e-. Equipos Usados En Voladura

Para el carguío de taladros con emulsión matriz G se tienen 05 camiones mezcladores.

Tabla 9

Lista de camiones mezcladores de Exsa.

Marca	Modelo	Placa	Código EXSA	Tipo
Scania	P460 B 6x4	ARH 913	MOD 039	Vaciable y Bombeable
Scania	P460 B 6x4	ARI 886	MOD 040	Vaciable y Bombeable
Scania	G46D B8X4	AUO-756	MOD 041	Vaciable y Bombeable
Scania	P420 B 6x4	B9A 934	MOD 107	Vaciable y Bombeable
International	5600I 6x4	D9V 932	MOD 108	Vaciable y Bombeable

***Fuente**: Lista de activos Exsa* – Mina Toquepala, 2018.

Tabla 10

Lista de equipos pesados para el tapado.

EQUIPO PESADO				
Marca	Marca	Modelo	Código EXSA	Serie
Mini cargador	Caterpillar	236B3-CAB	MIC 005	236B3-CAB
Mini cargador	Caterpillar	236B3-CAB	MIC 006	236B3-CAB
Mini cargador	Caterpillar	246 C	Mini_Alq_002	246 C
Mini cargador	Caterpillar	246 D	Mini_Alq_003	246 D
Montacarga	Hangcha	CPCD50	MONTACARGA 01	CPCD50

***Fuente**: Lista de activos Exsa* – Mina Toquepala, 2018.

2.2.20 CARGUÍO

El proceso consiste en cargar el material volado para posteriormente trasportalo para su tratamiento sea para lixiviación, flotación o desmonte.

a-. Equipos De Carguío

En caso de equipos de carguío a fines del 2017 se tienen 09 palas, 01 cargador frontal y 02 Letourneau.

Tabla 11

Lista de equipos de carguío en Toquepala.

PALAS		
Modelo	Código SPCC	Capacidad (TM)
BUC 495BI	S03	100
BUC 495HR	S05	100
	S06	100
	S07	100
	S08	100
P&H 4100ª	S01	77
	S04	77
P&H 4100A+	S02	77
P&H 4100XPC	S09	100

***Fuente**: Sistema integrado de operaciones* – Mina Toquepala, 2018.

En Toquepala a veces existen el problema de caída de material en zonas de trasporte de camiones mineros o en toes del talud. También se tiene el minado en zonas de falla donde es imposible el ingreso de palas eléctricas, para estos casos se tiene como equipos de carguío a un cargador frontal 994 y dos cargadores Letourneau.

En la siguiente tabla mostraremos los equipos con sus respectivas capacidades de carguío.

Tabla 12

Lista de Equipos de Carguío en Toquepala.

CARGADOR FRONTAL Y LT		
Modelo	Código SPCC	Capacidad (TM)
CAT 994F	S94	38
LETOURNEAU 1850	S95	62
LETOURNEAU 2350	S96	70

***Fuente**: Sistema integrado de operaciones* – Mina Toquepala, 2018

2.2.21 ACARREO

a-. Equipos de Acarreo

En cuanto al equipo de acarreo, se tiene un total de 92 camiones como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13

Lista de Equipos de Carguío en Toquepala.

CAMIÓNES MINERO		
Modelo	Cantidad	Capacidad (TM)
CAT 793 C	18	240
CAT 794	4	220
CAT 797 F	22	400
KOMATSU 830 E	18	240
KOMATSU 930 E	30	320

***Fuente**: Sistema integrado de operaciones* – Mina Toquepala, 2018

b-. Sistema De Despacho

El Sistema de Despacho usado en Toquepala, es el JMineOps, el cual proporciona los equipos, operadores y material que se maneja, así mismo su ubicación en tiempo real, gracias al sistema satelital.

2.2.22 Producción mina Toquepala

La Tabla 14 muestra el resumen de la producción en mina Toquepala del año 2017.

Tabla 14

Producción de mina Toquepala en el 2017.

Material	Ton.
Mineral a Concentradora (O + RHO)	20,410,978
Leach a Botaderos (L + RHL)	85,048,152
Desmonte a Botaderos (W + RHW)	98,319,037
Minado Total	203,778,167
Relación de Desbroce	8.984
Nro. de días	365
Producción diaria promedio	558,296

***Fuente**: Sistema integrado de operaciones* – Mina Toquepala, 2018.

Como podrá observarse, se tiene un total de producción de 203, 778,167 toneladas en el año 2017, considerando 365 días laborados, se tiene un promedio de 558.296 T/d.

Así mismo se tiene un stripping ratio de 8.984, lo cual para este 2018 se estima en 11.

La Tabla 15 muestra el Pull Down y revoluciones por minuto (RPM), en las que se deben mantener las perforadoras primarias para ciertos tipos de roca, en este caso (roca suave, roca media y roca dura).

Tabla 15

Pull Down y revoluciones de Equipos.

DIAMETROS DE PERFORACION				
	12 1/4"		11"	
Material	Pull Down (Lb.)	R.P.M.	Pull Down (Lb.)	R.P.M.
Duro	80	65	70	65
Medio	70	75	65	75
Suave	60	85	55	85 - 90
Presión de aire	47 - 55 PSI		47 - 55 PSI	

***Fuente**: Área de perforación y voladura* – Mina Toquepala, 2018.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.

Para mejor comprensión de la presente investigación se consideró los términos más importantes.

Detonación: Es un proceso físico-químico caracterizado por su gran velocidad de reacción y por la formación de gran cantidad de productos gaseosos a elevada temperatura, que adquieren una gran fuerza expansiva (que se traduce en presión sobre el área circundante).

En los explosivos detonantes la velocidad de las primeras moléculas gasificadas es tan grande que no ceden su calor por conductividad a la zona inalterada de la carga, sino que los transmiten por choque, deformándola y produciendo calentamiento y explosión adiabática con generación de nuevos gases. El proceso se repite con un movimiento ondulatorio que afecta a toda la masa explosiva y que se denomina “onda de choque”, la que se desplaza a velocidades entre 1 500 a 7 000 m/s según la composición del explosivo y sus condiciones de iniciación. (EXSA, 2008).

Detonador Electrónico: En general consisten de una unidad electrónica y un detonador eléctrico instantáneo. Se distingue un circuito integrado o microchip, que constituye el corazón del detonador, un condensador para almacenar energías y un circuito de seguridad conectados a los hilos que sirven de protección frente a diversas formas de sobrecargas eléctricas.

El propio microchip posee circuitos de seguridad internos. La otra unidad es un detonador eléctrico instantáneo ya explicado en la sección “Sistema Eléctrico”, en la cual la gota inflamadora (3) para la

iniciación de la carga primaria (2) está especialmente diseñada para proporcionar un tiempo de iniciación pequeño con la mínima dispersión. (López, 2006).

En ellos el conjunto temporizador convencional (resistencia - retardo) Se sustituye por elementos electrónicos y micro chips muy rápidos y precisos que proporcionan mucho mayor control sobre los intervalos de tiempo entre tiro y tiro.

El momento de inflamación del puente se regula estrechamente mediante un pequeño circuito temporizador electrónico instalado dentro del propio detonador, el mismo que al recibir un impulso eléctrico codificado del explosor, lo procesa y deriva hasta un condensador, que después lo descarga hacia el puente. Son muy precisos y altamente resistentes a la influencia de perturbaciones eléctricas extrañas.

Maniobrados con explosores programables conforman los sistemas de iniciación eléctrica más versátiles y de mayor campo de aplicación, especialmente para voladuras complicadas, demoliciones en áreas restringidas y grandes explotaciones mineras. (EXSA, 2008)

Espaciamiento y Espaciamiento Efectivo: El espaciamiento para un pozo de tronadura se refiere a la dimensión lineal entre pozos de tronadura adyacentes que forman una fila, y se mide usualmente paralelo a la cara libre. El término usualmente se refiere al espaciamiento de la perforación. El término espaciamiento efectivo se refiere a la dimensión

lineal entre pozos que detonan sucesivamente, y toma en consideración la dirección de la cara libre. (López, 2006).

Combustión: Puede definirse como tal a toda reacción química capaz de desprender calor pudiendo o no, ser percibida por nuestros sentidos, y que presenta un tiempo de reacción bastante lento, (EXSA, 2008).

Booster: Alto explosivo utilizado para mejorar la detonación de la columna explosiva (aumentar la velocidad de detonación). Por lo general se utilizan explosivos de alta velocidad de detonación, como el Booster de pentolita, (Hinostroza, 2014).

Taco: Es el material inerte que va encima de la carga explosiva con la finalidad de confinar la energía; cuando el taco es menor al rango que se menciona tendremos roca proyectada (fly rock) y escape prematuro de gases, que viene a ser la energía que tiene un costo y que no es aprovechada; taladros con agua requieren más taco que los taladros secos, (Hinostroza, 2014).

Taladro: Cavidad cilíndrica como consecuencia de una perforación en la cual, se deposita el explosivo de acuerdo a un diseño previo, (Hinostroza, 2014).

Explosivo: Es toda sustancia sólida o líquida que, al recibir un estimulante adecuado, en un infinitésimo de tiempo, se convierte en otras

sustancias más estables, generalmente gaseosas; acompañados de una liberación de calor y altas presiones, (Hinostroza, 2014).

Macizo rocoso: Es el conjunto de los bloques de matriz rocosa y de las discontinuidades, (Hinostroza, 2014).

Malla: Es la forma geométrica en la que se disponen los taladros de una voladura, considerando básicamente la relación burden y espaciamiento, (Hinostroza, 2014).

Carguío: Una de las etapas que forma parte del proceso de explotación a tajo abierto. Se refiere específicamente a la carga de material mineralizado del yacimiento. El carguío se realiza en las bermas de carguío, las que están especialmente diseñadas para esta actividad, (Hinostroza, 2014).

CAPÍTULO III:

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO

En cuanto al método de manipulación de datos es de carácter cuantitativo debido a que se recolectará datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico para probar teorías.

En tanto al diseño de investigación es de tipo experimental, según Campbell y Stanley (1966) es de tipo experimental puro y adopta un diseño con post prueba única y grupo de control.

Este diseño incluye dos grupos, uno recibe el tratamiento experimental y el otro no (grupo de control) o sea al primero se le conoce como grupo experimental y al otro donde está ausente la variable independiente se le denomino grupo de control, pero ambos grupos participan en el experimento. Cuando concluye la manipulación a ambos grupos se le administra una medición sobre la variable dependiente en estudio.

El diseño se diagrama de la siguiente manera:

RG1	X	O1
RG2	-	O2

La comparación entre las pospruebas de ambos grupos (O1, O2) nos indica si hubo o no efectos de la manipulación. Si ambas difieren significativamente (O1 =\ O2) esto nos indica que el tratamiento a tratar tuvo un efecto significativo. Por lo tanto se acepta la hipótesis de diferencia de grupos. Si no ay diferencia (O1=O2) ello indica que no hubo un efecto significativo del tratamiento experimental (X). En este caso se acepta la hipótesis nula.

3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Experimental – Correlacional.

En este nivel se pretende realizar toma de datos mediante la observación y análisis de resultados considerando las variables dependientes de fragmentación, costos de voladura y mitigación de gases de ambas mezclas explosivas para poder probar la hipótesis expuesta.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Variable independiente.

Mezcla explosiva gasificada 70/30

Mezcla explosiva gasificada 80/20

3.3.2. Variable dependiente.

Reducción de costos

Fragmentación de rocas

Mitigación de gases

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. La Población.

La población o universo en esta investigación está definida por todos los proyectos de voladura nivel 3450 fase 6, 3160 – 3190 fase 5, 2820 fase 4 y 2710 fase 3 efectuados en la unidad minera Toquepala.

3.4.2. La Muestra.

La muestra que es parte de la población queda específicamente en fase 5 en los proyectos para la pala 9 y 5 niveles 3190 y 3175.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica a utilizar es la observación, para la investigación se tiene 2 mezclas explosivas gasificadas que se usaran en fase 5 donde se tiene presencia de roca Cuarzo Quellaveco para poder recolectar datos que posteriormente se analizara usando un software aplicado a minería y el análisis de costos para determinar el grado de diferencia.

Para probar nuestra hipótesis se realizará pruebas estadísticas para determinar si se aprueba la hipótesis alterna o la hipótesis nula.

La prueba estadística aplicada en este proyecto será prueba t de Student que sirve para comparar muestras independientes.

Para realizar la prueba primero se verifica que las muestras provengan de una distribución nominal.

Tabla 16

Prueba nominal de mezclas explosivas

Costos de Mezcla Explosiva 70/30	Costos de Mezcla Explosiva 80/20
$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$
S_1^2	S_2^2
n_1	n_2

***Fuente**: Elaboración propia.*

$\bar{x}_1$ =Promedio

S_1^2 =Media

n_1 =Varianza

Formulación de hipótesis está dado por:

Ha= n1 = n2	Ha= hipótesis alterna
H0=n1 = n2	Ho= hipótesis nula

3.6. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

La validación de los datos se realizó con análisis de varianza a un 95% de confianza.

3.7. MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

a-. Descripción de las técnicas empleadas:

Búsqueda de información bibliográfica. - Se utilizó esta técnica de revisión bibliográfica para tener mejor comprensión acerca de la composición y propiedades de los explosivos, así como establecer comparación entre el precio de cada mezcla en dólares por tonelada y la eficiencia que tiene en la fragmentación de roca y así cumplir con los objetivos de la presente investigación.

Observación directa. -Se realizó observación directa en la preparación insitu de ambas mezclas a nivel de laboratorio.

b-. Instrumentos de recolección de datos

Materiales. - Útiles de escritorio, materia de impresión, folletos.

Equipos. - Computadora, cámara fotográfica, impresora, viscosímetro, Microtrap.

Software. - Microsoft Excel, Microsoft office, IBM SPSS Statistics 25, Wip-Frag.

c-. Análisis Descriptivo.

Para el contraste de la hipótesis, se realizó una prueba estadística de comparación de muestras correlativas.

Prueba t de Student para la comparación de dos muestras correlativas.

Para realizar la prueba de t-Student primero se verificó que las muestras provengan de una distribución normal, para lo cual se usará el estadístico de W de Shapiro-Wilk a un con 95% de confianza.

CAPÍTULO IV:

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS

Los proyectos donde se realizaron las pruebas con las mezclas explosivas 80/20 fueron los que se muestran en las tablas número 17 y número 18.

Tabla 17

Proyectos volados en el mes de Agosto usando Mezcla Explosiva 80/20

NIVEL	PROYECTO	FP (Kg/Ton)	TIPO DE ROCA-MATERIAL	MEQ-(80/20) (Kg)	MEQ-(70/30) (Kg)	DIFERENCIA (Kg)
3190	3190 166	0.239	ROCA SUAVE (Leach y Desmonte)	26,450	28,687	2,237
3190	3190 167	0.210	ROCA SUAVE (Leach y Desmonte)	253,219	274,632	21,413
3190	3190 168	0.212	ROCA SUAVE (Leach y Desmonte)	208,102	225,700	17,598
3190	3190 174	0.227	ROCA SUAVE (Leach y Desmonte)	3,240	3,514	274
3190	3190 175	0.500	ROCA MEDIA(Desmonte)	105,281	107,279	1,998

***Fuente**: Elaboración propia*

Tabla 18

Proyectos volados en el mes de Septiembre usando mezcla Explosiva 80/20.

NIVEL	PROYECTO	FP (Kg/Ton)	TIPO DE ROCA-MATERIAL	MEQ-(80/20) (Kg)	MEQ-(70/30) (Kg)	DIFERENCIA (Kg)
3190	3190 176	0.124	ROCA SUAVE (Leach y Desmonte)	2,400	2,603	203
3190	3190 178	0.247	ROCA SUAVE (Leach y Desmonte)	166,937	181,054	14,117
3190	3190 178	0.267	ROCA SUAVE (Leach y Desmonte)	16,999	18,436	1,437
3190	3190 180	0.219	ROCA SUAVE (Leach y Desmonte)	81,651	88,556	6,905
3190	3190 166	0.236	ROCA SUAVE (Leach y Desmonte)	120,984	131,215	10,231
3190	3190 181	0.183	ROCA SUAVE (Leach y Desmonte)	18,922	20,522	1,600
3175	3190 174	0.237	ROCA SUAVE (Leach y Desmonte)	114,774	124,480	9,706
3175	3190 175	0.239	ROCA SUAVE (Leach y Desmonte)	4,070	4,414	344
3175	3190 178	0.231	ROCA SUAVE (Leach y Desmonte)	101,179	109,735	8,556

***Fuente**: Elaboración propia.*

Estas pruebas fueron realizadas en fase 5 en un tipo de roca Qq Cuarzo Quellaveco siendo un tipo de roca semidura.

4.1.1. Prueba y resultados en el proyecto 3190 166 167 (14-08-2018)

Datos generales

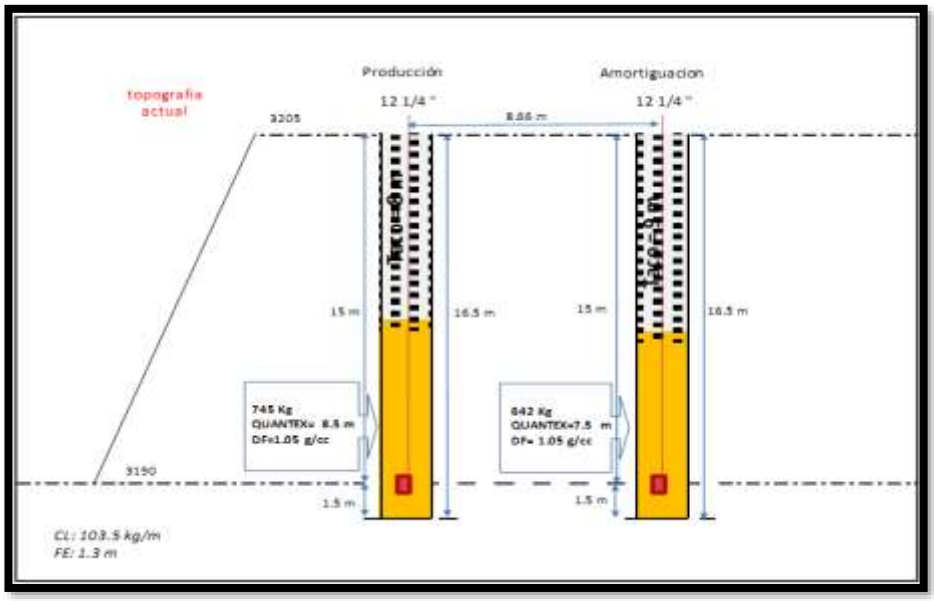
- Proyecto: 3190 167 166
- Pala: 09
- Cantidad de taladros disparados: 377 und

- Cantidad de taladros con presencia de agua (%): 0%
- Cantidad de taladros con presencia de gases (%): 0%
- Cantidad de Back Up: 00 und
- Cantidad de Booster: 392 und
- Cantidad de Exaneles: 392 und
- Cantidad de Ikon: 392 und
- Hora del disparo: 1:18 pm

Diseño de carga

- Tipo de Roca : Qq/Di-prop.
- Vpp Registrado : 182.9 mm/s
- Vpp Critico : 226 mm/s
- Malla (m) : 9 x 9, 10 x 10
- Densidad de Roca : 2.6 g/cc
- Factor de Potencia (teórico) : 0.21 Kg/TN

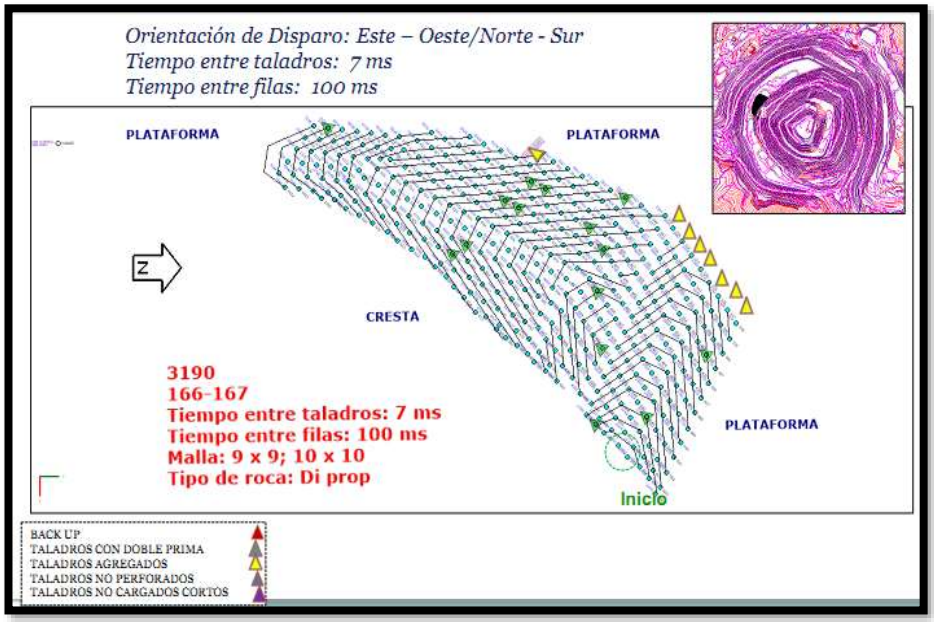
*Figura 5.*Diseño de Carga para el Proyecto 3190 167 166.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Secuencia del disparo

*Figura 6.*Secuencia de salida para el Proyecto 3190 167 166.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Toma de densidades

*Figura 7.*Toma de densidades para el Proyecto 3190 167 166.

PROYECTO 3190 167 166											
CONTROL DE DENSIDADES: D.F. igual a 1.05 gr/cc en sistema Vaceable.											
FECHA	CAMIÓN MEZCLADOR	OPERADOR	MEZCLA EXPLOSIVA	MUESTRA (#)	PESO RECIPIENTE (g)	VOLUMEN RECIPIENTE (cc)	DENSIDAD INICIAL (g/cc)	DENSIDAD FINAL (15 min) (g/cc)	CARGA LINEAL (Kg/m)	SISTEMA CARGUIO	DIAMETRO TALADRO (Pulg)
12-Aug	D9V-932	Sergio Sagua	82	1	635.0	990.0	1.364	1.052	103.5	VACIABLE	12 1/4
				2	635.0	990.0	1.362	1.056			
				3	635.0	990.0	1.361	1.055			
						PROMEDIO	1.36	1.05			
12-Aug	AWK-864	Adolfo Nina	82	1	562.0	975.0	1.361	1.052	103.5	VACIABLE	12 1/4
				2	562.0	975.0	1.360	1.051			
				3	562.0	975.0	1.363	1.053			
						PROMEDIO	1.36	1.05			
13-Aug	AOU-756	Juan Nuñes	82	1	249.0	985.0	1.360	1.050	103.5	VACIABLE	12 1/4
				2	249.0	985.0	1.361	1.048			
				3	635.0	990.0	1.361	1.056			
						PROMEDIO	1.36	1.05			
13-Aug	B6K-820	Paul Quispe	82	1	562.0	975.0	1.362	1.052	103.5	VACIABLE	12 1/4
				2	562.0	975.0	1.364	1.054			
				3	562.0	975.0	1.363	1.053			
						PROMEDIO	1.36	1.05			
14-Aug	F80-853	Juan Lengua	82	1	562.0	975.0	1.361	1.053	103.5	VACIABLE	12 1/4
				2	562.0	975.0	1.364	1.059			
				3	562.0	975.0	1.365	1.048			
						PROMEDIO	1.36	1.05			

***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Imágenes del disparo

*Figura 8.*Imagen del Proyecto 3190 167 166.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

*Figura 9.*Imágenes del proceso de Detonación del Proyecto 3190 167 166.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Análisis de costos

El análisis de costos se realizará calculando el costo por tonelada en cada proyecto.

Tabla 19

Analisis de costos del Proyecto 3190 166 167

Descripción	Unidades	Cantidades
Proyecto		3190 166 167
Toneladas rotas	TN	818253.91
Mezcla explosiva total(80/20)	Kg	285012.00
Mezcla explosiva total(70/30)	Kg	304804.50
Diferencia	TN	**19.79**
Numero de taladros	und	377.00
Espaciamiento	m	8.00
Burden	m	6.96
Densidad de roca	gr/cc	2.60
Altura de banco	m	15.00
kilos por taladro(80/20)	kg	756.00

kilos por taladro(70/30)	kg	808.50
Emulsión gasificada (80%)	kg	604.80
Anfo (20%)	kg	151.20
Nitrato de amonio (97%)	kg	146.66
Petróleo (3%)	kg	4.54

Descripción	**Unidades**	**Costos**
Nitrato de amonio	$/kg	0.570
Diésel	$/kg	1.630
Anfo	$/kg	0.602
Emulsión	$/kg	0.505
MEQ 80/20	$/kg	0.524
MEQ 70/30	$/kg	0.534
Emulsión	$/tal	305.424
Anfo	$/tal	90.992
ME 80/20	$/tal	396.416
Ton Rotas/Tal	TN/tal	2170.435
MEQ 80/20	$/m	55.058
MEQ 80/20	$/TN	**0.183**
MEQ 70/30	$/TN	**0.199**
COSTO DEL PY 80/20	$	149449
COSTO DEL PY 70/30	$	162778

***Fuente**: Elaboración propia*

Análisis de fragmentación

Para el análisis de fragmentación se realizó monitoreo diario al frente de minado para la toma de fotografías y poder realizar el análisis en gabinete con la ayuda del software WipFrag.

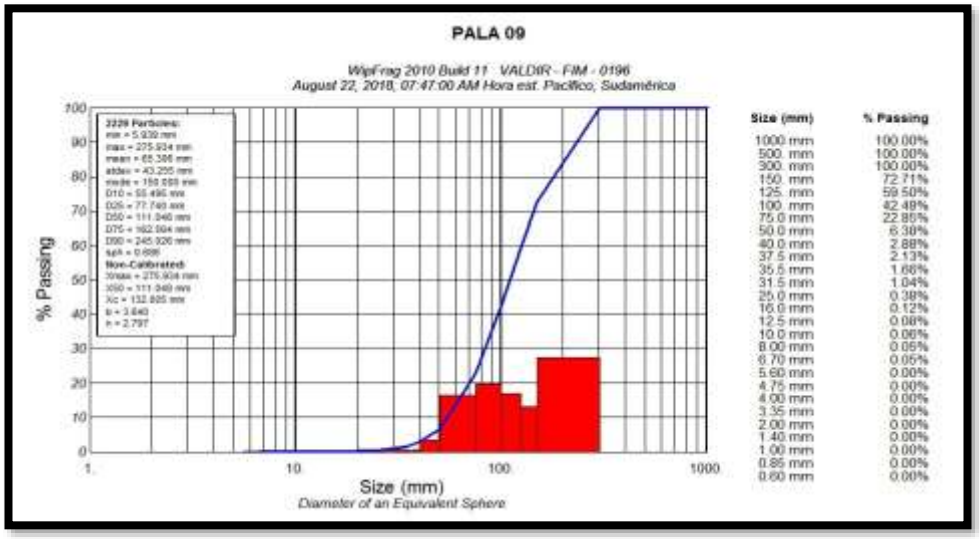
Figura 10. Imágenes del frente de minado del Proyecto 3190 167 166.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018.

La toma de fotografías en el frente de minado siempre se realiza entre dos personas de tal manera que uno se ubica como vigía para alertar sobre cualquier chispero de materia en el frente. En el análisis de granulometría se tiene un P80 de 18 cm para el frente.

*Figura 11.*Resultado del software Wi Frag del Proyecto 3190 167 166.

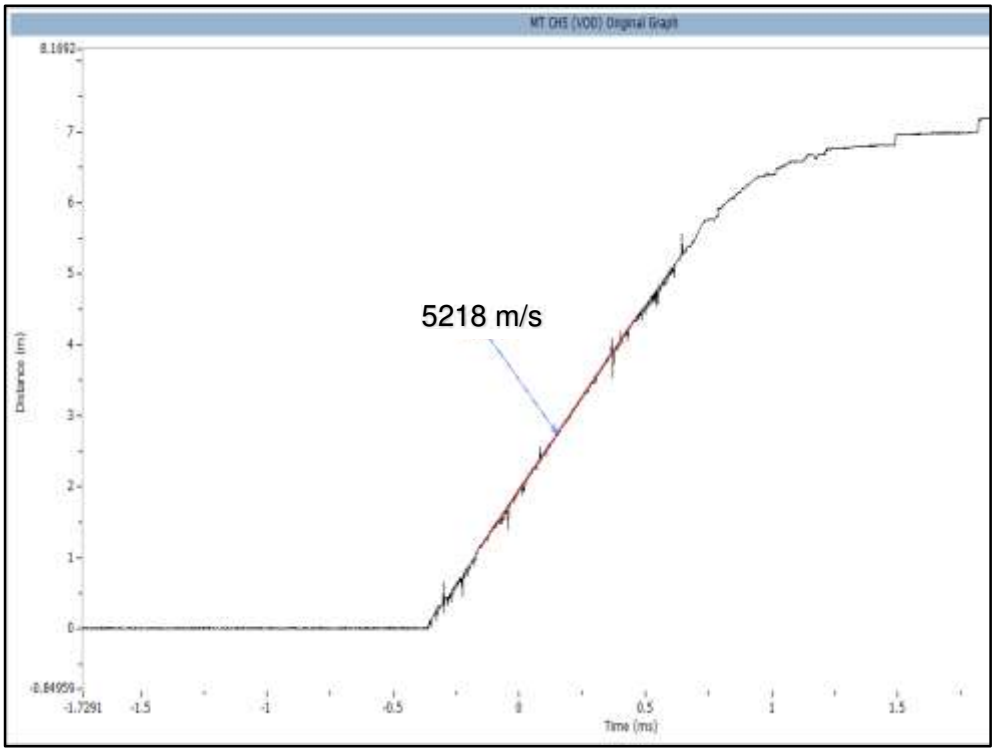


***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018.

Análisis de velocidad de detonación

En el disparo del proyecto se instaló un equipo llamado Microtrap para poder determinar la velocidad de detonación del explosivo y el resultado fue el siguiente.

*Figura 12.*Resultado de VOD del Proyecto 3190 167 166.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Se tuvo una velocidad de detonación de 5218 m/s para el frente de minado del proyecto 3190 167 166.

4.1.2. Prueba y resultados en el proyecto 3190 174 175 (29-8-18).

Datos generales

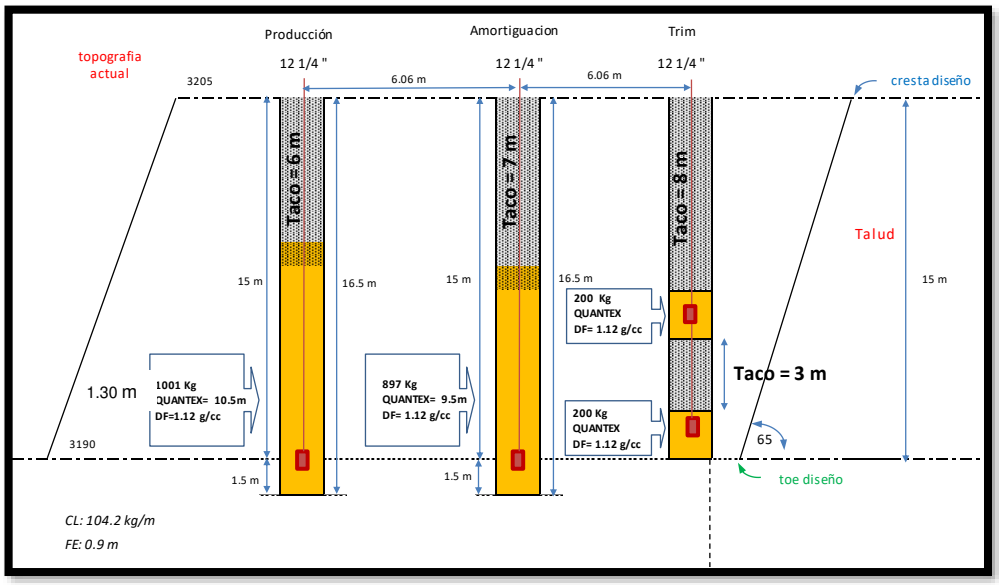
- Proyecto: 3190 175 174
- Pala: 09
- Cantidad de taladros disparados: 266 und
- Cantidad de taladros con presencia de agua (%) : 0%
- Cantidad de taladros con presencia de gases (%) : 0%
- Cantidad de Back Up: 00 und
- Cantidad de Booster: 323 und
- Cantidad de Faneles: 323 und
- Cantidad de Ikon: 331 und(Adicional 55 Trim, 02 tal doble prima & 08 Pre Corte)
- Hora del disparo: 1:17 pm

Diseño de carga

- Tipo de Roca : Qq/Bx-qs
- Vpp Registrado : 43.55 mm/s

- Vpp Critico : 226.o mm/s
- Malla (m) : 7 x 7; 10 x 10
- Densidad de Roca : 2.6 g/cc
- FP (teórico) : 0.47 Kg/T

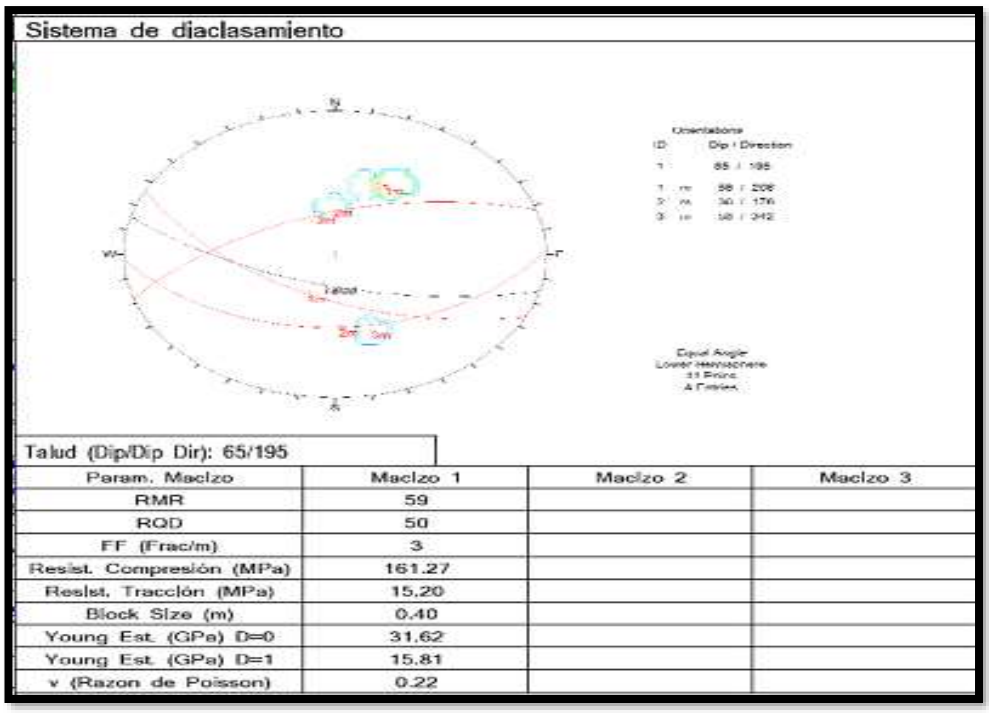
*Figura 13.*Diseño de carga para el proyecto 3190 175 174.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Datos geotécnicos y geológicos

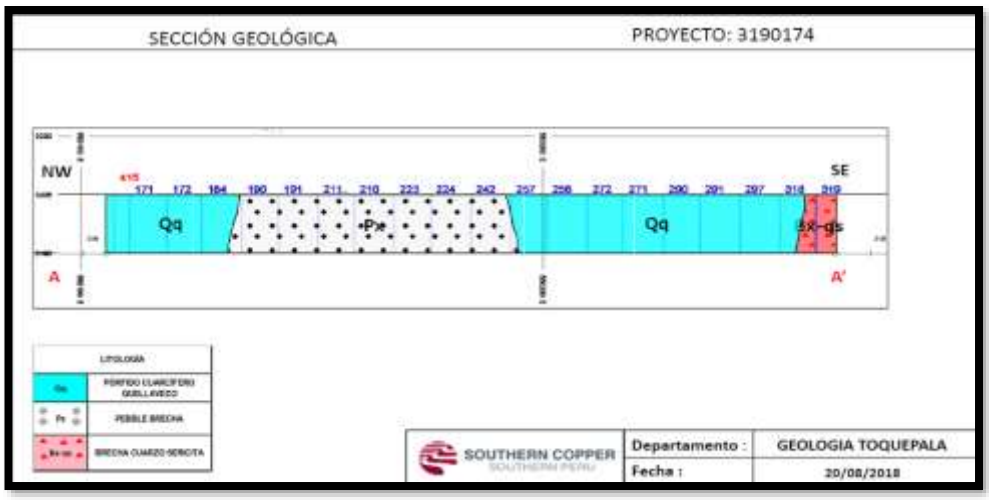
*Figura 14.*Sistema de Diaclasamiento y Plano geologico.



Param. Macizo	Macizo 1	Macizo 2	Macizo 3
RMR	59		
RQD	50		
FF (Frac/m)	3		
Resist. Compresión (MPa)	161.27		
Resist. Tracción (MPa)	15.20		
Block Size (m)	0.40		
Young Est. (GPa) D=0	31.62		
Young Est. (GPa) D=1	15.81		
v (Razon de Poisson)	0.22		

***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2019

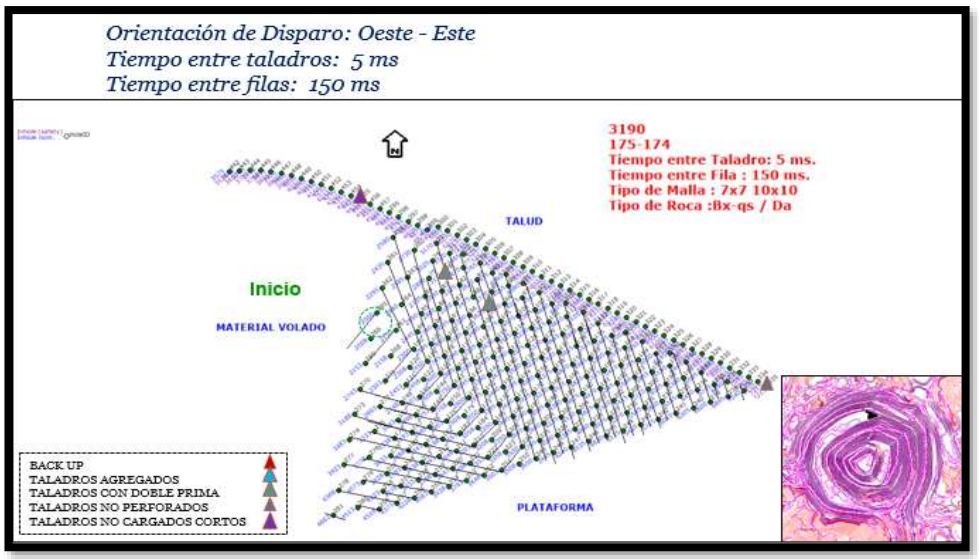
Figura 15.Sección geologica del Proyecto 3190 174.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2019

Secuencia del disparo

*Figura 16.*Secuencia de salida del proyecto 3190 175 174



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Toma de densidades

*Figura 17.*Toma de densidades de los camiones mezcladores del Proyecto 3190 175 174.

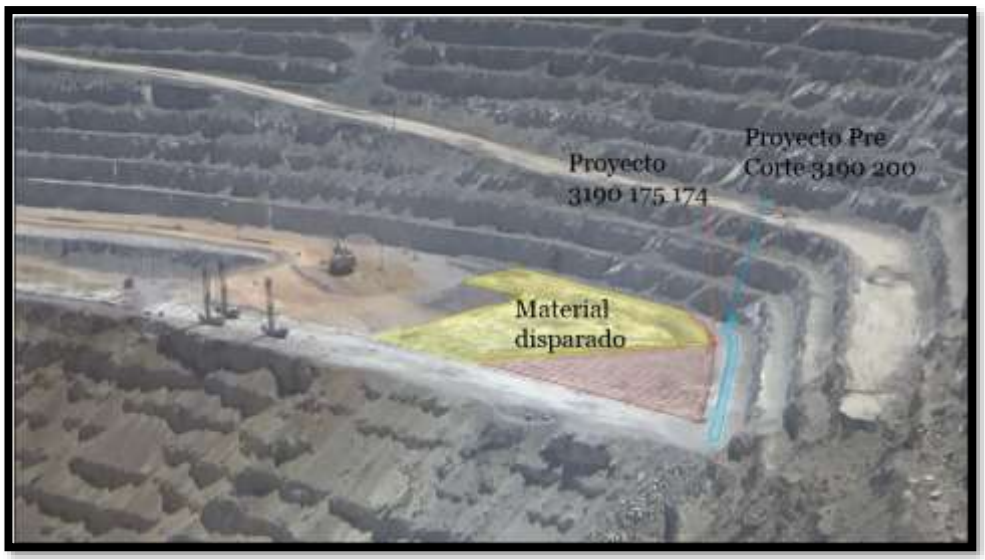
PROYECTO 3190 175 174
CONTROL DE DENSIDADES: D.F. igual a 1.12 gr/cc en sistema Vaceable y en el sistema bombeable.

FECHA	CAMIÓN MEZCLADOR	OPERADOR	MEZCLA EXPLOSIVA	MUESTRA (#)	PESO RECIPIENTE (g)	VOLUMEN RECIPIENTE (cc)	DENSIDAD INICIAL (g/cc)	DENSIDAD FINAL (15 min) (g/cc)	CARGA LINEAL (Kg/m)	SISTEMA CARGUIO	DIAMETRO TALADRO (Pulg)	
28-Aug	F80-853	Sergio Sagua	80/20	1	635.0	990.0	1.372	1.123	104	BOMBEABLE	12 1/4	50%
				2	635.0	990.0	1.372	1.121				
				3	635.0	990.0	1.374	1.120				
						PROMEDIO	1.37	1.12				
28-Aug	AWK-864	Adolfo Nina	80/20	1	562.0	975.0	1.375	1.123	104	VACIABLE	12 1/4	
				2	562.0	975.0	1.374	1.121				
				3	562.0	975.0	1.374	1.122				
						PROMEDIO	1.37	1.12				
29-Aug	AOU-756	Juan Nuñes	80/20	1	249.0	985.0	1.373	1.121	104	VACIABLE	12 1/4	
				2	249.0	985.0	1.370	1.124				
				3	635.0	990.0	1.372	1.124				
						PROMEDIO	1.37	1.12				
29-Aug	B6K-820	Paul Quispe	80/20	1	562.0	975.0	1.372	1.125	104	BOMBEABLE	12 1/4	
				2	562.0	975.0	1.376	1.124				
				3	562.0	975.0	1.373	1.126				
						PROMEDIO	1.37	1.13				
29-Aug	ARI-886	Juan Lengua	80/20	1	562.0	975.0	1.371	1.120	104	VACIABLE	12 1/4	
				2	562.0	975.0	1.375	1.123				
				3	562.0	975.0	1.376	1.121				
						PROMEDIO	1.37	1.12				

***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Imágenes del disparo

Figura 18. Imágenes del Proyecto 3190 175 174.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Análisis de costos.

Tabla 20

Analisis de costos del Proyecto 3190 175 174

Descripción	Unidades	Cantidades
Proyecto		3190 175 174
Toneladas rotas	TN	442022.61
Mezcla explosiva total(80/20)	Kg	220996.00
Mezcla explosiva total(70/30)	Kg	232073.50
Diferencia	TN	11.08
Numero de taladros	und	266.00
Espaciamiento	m	7.00
Burden	m	6.09
Densidad de roca	gr/cc	2.60
Altura de banco	m	15.00
total kilos taladro(80/20)	kg	966.00
total kilos taladro(70/30)	kg	1018.50
Emulsión gasificada (80%)	kg	772.80

Anfo (20%)	kg	193.20
Nitrato de amonio (97%)	kg	187.40
Petróleo (3%)	kg	5.80

Descripción	**Unidades**	**Costos**
Nitrato de amonio	$/kg	0.570
Diésel	$/kg	1.630
Anfo	$/kg	0.602
Emulsión	$/kg	0.505
MEQ 80/20	$/kg	0.524
MEQ 70/30	$/kg	0.534
Emulsión	$/tal	390.264
Anfo	$/tal	116.268
ME 80/20	$/tal	506.532
Ton Rotas/Tal	TN/tal	1661.739
MEQ 80/20	$/m	70.352
MEQ 80/20	$/TN	**0.305**
MEQ 70/30	$/TN	**0.327**
COSTO DEL PY 80/20	$	115881
COSTO DEL PY 70/30	$	123937

***Fuente**: Elaboración propia.*

Análisis de fragmentación.

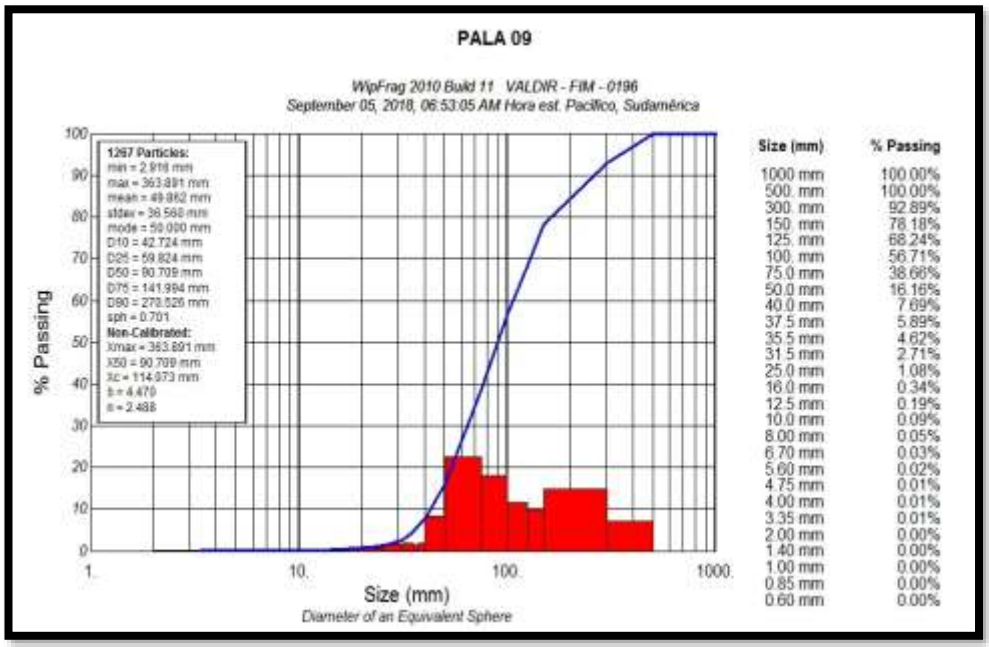
Para el analisis de fragmentacion se realizó tomas de fotografias del frente de minado para posteriormene poder realizar con la ayuda del software Wi Frag.

Figura 19. Imágenes del frente de minado del Proyecto 3190 175 174.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Figura 20.Resultado del software Wi Frag obteniendo un p80 de 17 cm.



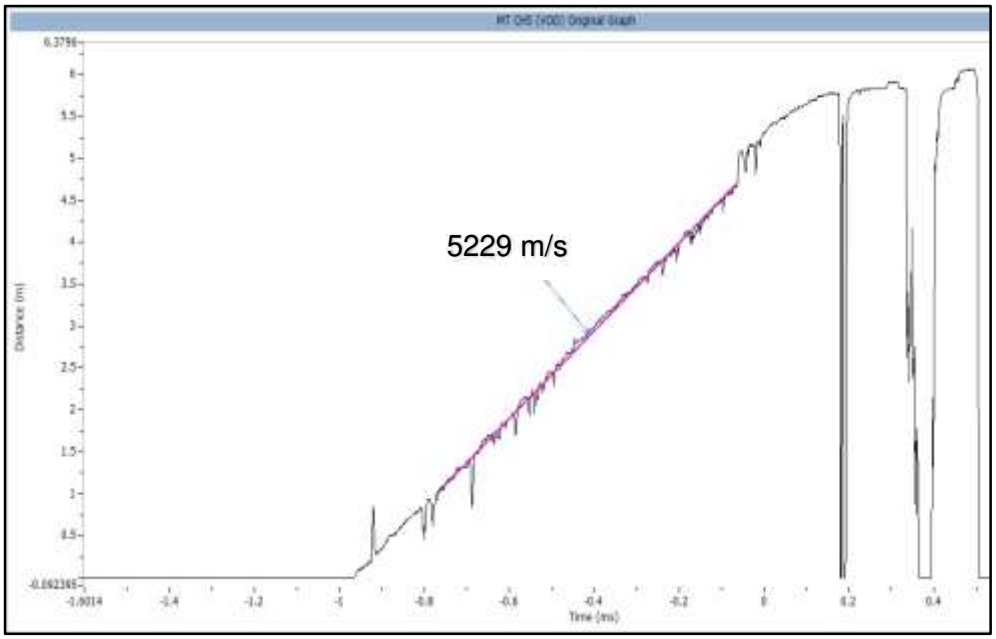
***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

En el análisis de fragmentación se obtuvo un resultado de p80 de 17 cm para el frente de minado.

Análisis de velocidad de detonación.

En el proyecto se instaló un dispositivo para medir la VOD del proyecto llamado Micro Trap.

Figura 21. Resultado de VOD del Proyecto 3190 175 174.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Como resultado se tiene un resultado de 5229 m/s para la mezcla explosiva del proyecto 3190 175 174.

4.1.3. Prueba y resultados en el proyecto 3190 168 (17-08-2018)

Datos generales

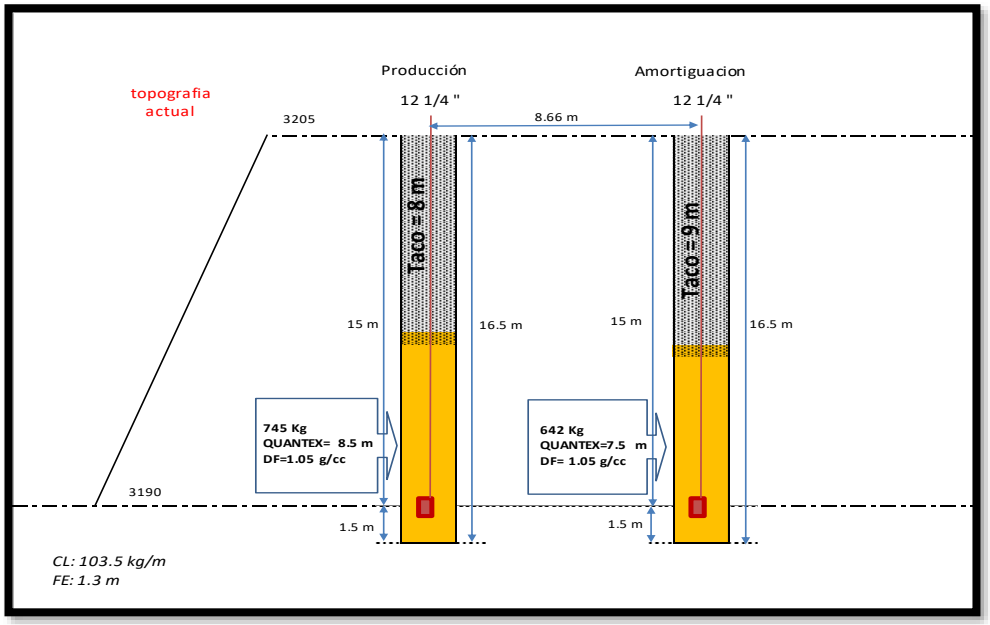
- Proyecto: 3190 168(17-08-2018)
- Pala: 09
- Cantidad de taladros disparados: 273 und
- Cantidad de taladros con presencia de agua (%) : 0%
- Cantidad de taladros con presencia de gases (%) : 0%
- Cantidad de Back Up: 00 und
- Cantidad de Booster: 273 und
- Cantidad de Faneles: 273 und
- Cantidad de Ikon: 273 und
- Hora del disparo: 1:05 pm

Diseño de carga

- Tipo de Roca : Qq
- Vpp Registrado : 133.3 mm/s
- Vpp Critico : 226 mm/s

- Malla (m) : 10 x 10
- Densidad de Roca : 2.6 g/cc
- FP (teórico) : 0.21 Kg/TN

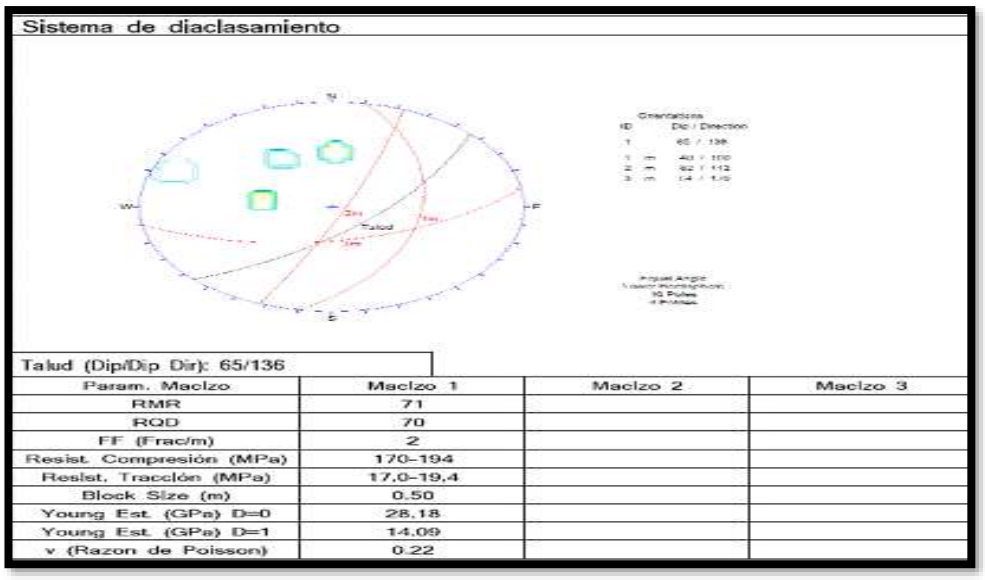
*Figura 22.*Toma de densidades del Proyecto 3190 175 174.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Datos geotécnicos y geológicos

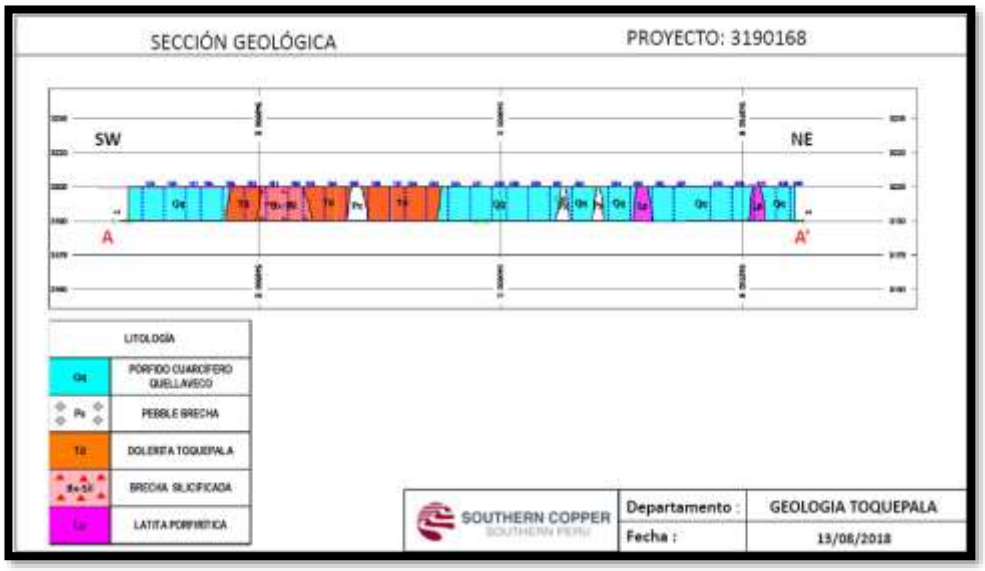
Figura 23.Sistema de Diaclasamiento 3190 175 174.



Param. Macizo	Macizo 1	Macizo 2	Macizo 3
RMR	71		
RQD	70		
FF (Frac/m)	2		
Resist. Compresión (MPa)	170-194		
Resist. Tracción (MPa)	17,0-19,4		
Block Size (m)	0.50		
Young Est. (GPa) D=0	28.18		
Young Est. (GPa) D=1	14.09		
v (Razon de Poisson)	0.22		

***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

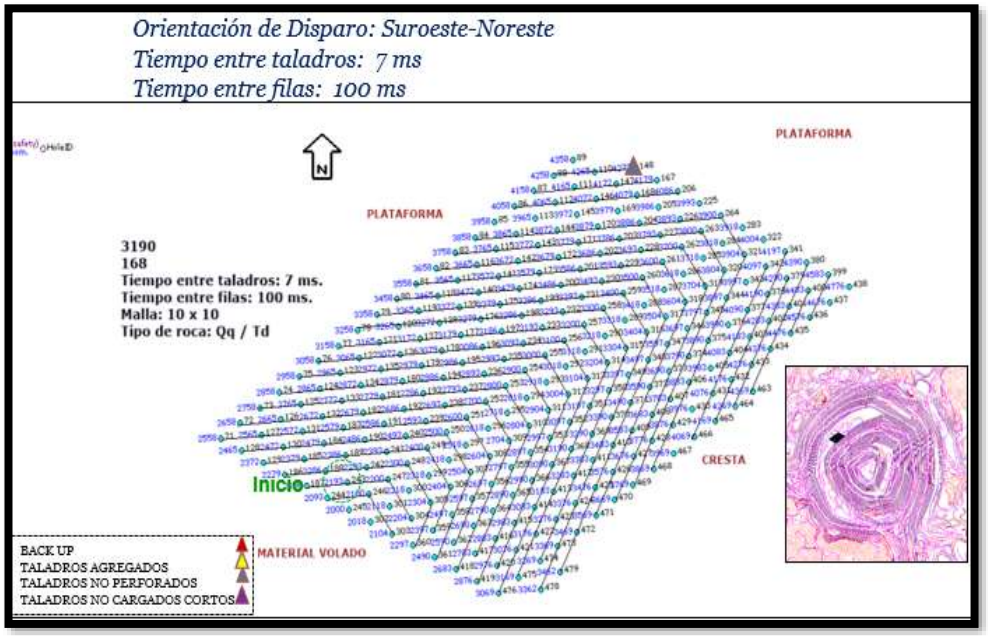
Figura 24.Sección Geologica 3190 168.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018.

Secuencia de disparos

*Figura 25.*Secuencia de Salida del Proyecto 3190 175 174.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Toma de densidades

*Figura 26.*Toma de densidades del camión mezclador del Proyecto 3190 168.

PROYECTO DISPARADO: 3190 - 168

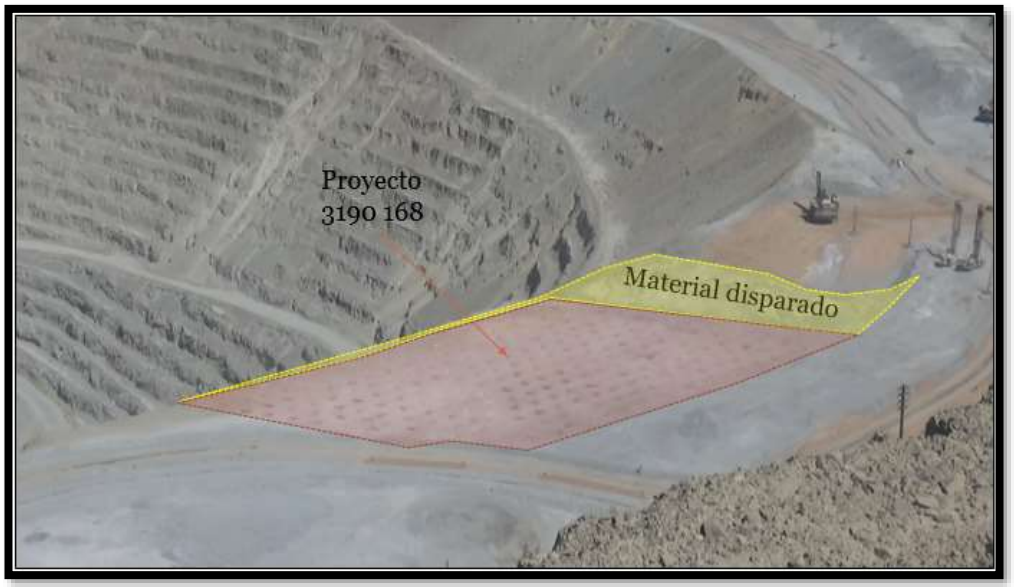
CONTROL DE DENSIDADES: D.F. igual a 1.05 gr/cc en sistema Vaciable

FECHA	CAMIÓN MEZCLADOR	OPERADOR	MEZCLA EXPLOSIVA	MUESTRA (#)	PESO RECIPIENTE (g)	VOLUMEN RECIPIENTE (cc)	DENSIDAD INICIAL (g/cc)	DENSIDAD FINAL (15 min) (g/cc)	CARGA LINEAL (Kg/m)	SISTEMA CARGUIO	DIAMETRO TALADRO (Pulg)
16-Aug	AWK-864	Alvaro Montolla	82	1	562.0	975.0	1.365	1.052	103	VACIABLE	12 1/4
				2	562.0	975.0	1.358	1.053			
				3	562.0	975.0	1.362	1.054			
						PROMEDIO	1.36	1.05			
16-Aug	AUO-756	Carlos Acosta	82	1	249.0	985.0	1.367	1.005	103	VACIABLE	12 1/4
				2	249.0	985.0	1.353	1.058			
				3	249.0	985.0	1.361	1.054			
						PROMEDIO	1.36	1.04			
17-Aug	F8O-853	Javier Villena	82	1	249.0	985.0	1.354	1.058	103	VACIABLE	12 1/4
				2	249.0	985.0	1.358	1.054			
				3	249.0	985.0	1.362	1.051			
						PROMEDIO	1.36	1.05			
17-Aug	D6K-82O	Chavarri	82	1	562.0	975.0	1.368	1.050	104	VACIABLE	12 1/4
				2	562.0	975.0	1.368	1.045			
				3	562.0	975.0	1.365	1.053			
						PROMEDIO	1.37	1.05			

***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Imágenes del disparo

Figura 27. Imagen del Proyecto 3190 168.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Análisis de costos

Tabla 21

Analisis de costos del Proyecto 3190 168

Descripción	Unidades	Cantidades
Proyecto		3190 168
Toneladas rotas	TN	925826.09
Mezcla explosiva total(80/20)	Kg	206388.00
Mezcla explosiva total(70/30)	Kg	220720.50
Diferencia	TN	14.33
Numero de taladros	und	273.00
Espaciamiento	m	10.00
Burden	m	8.70
Densidad de roca	gr/cc	2.60
Altura de banco	m	15.00
Kilos por taladro(80/20)	kg	756.00
Kilos por taladro(70/30)	kg	808.50
Emulsión gasificada (80%)	kg	604.80
Anfo (20%)	kg	151.20

Nitrato de amonio (97%)	kg	146.66
Petróleo (3%)	kg	4.54

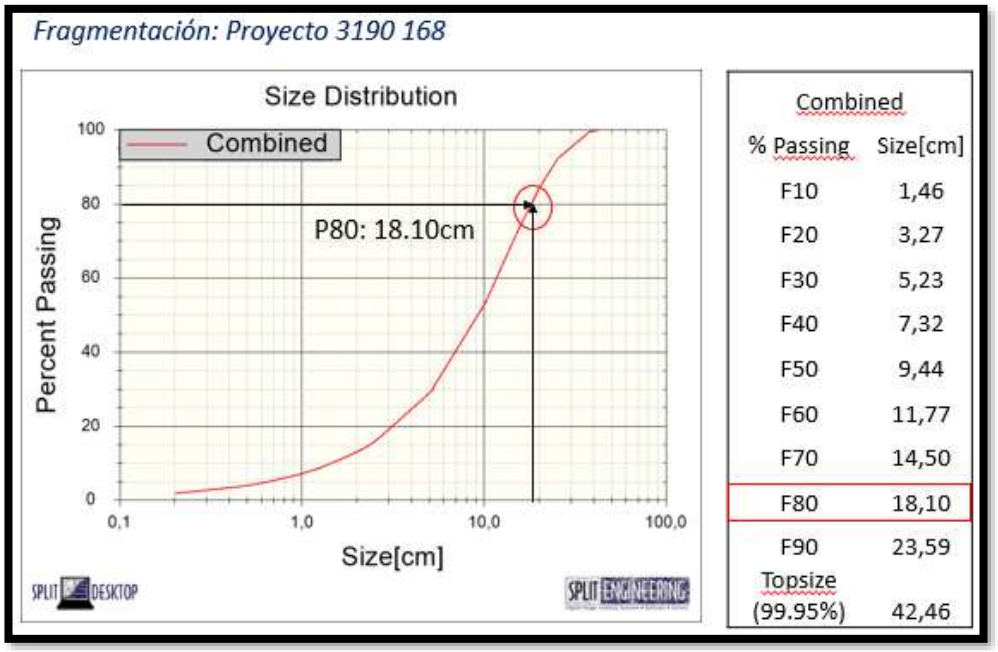
Descripción	**Unidades**	**Costos**
Nitrato de amonio	$/kg	0.570
Diésel	$/kg	1.630
Anfo	$/kg	0.602
Emulsión	$/kg	0.505
MEQ 80/20	$/kg	0.524
MEQ 70/30	$/kg	0.534
Emulsión	$/tal	305.424
Anfo	$/tal	90.992
ME 80/20	$/tal	396.416
Ton Rotas/Tal	TN/tal	3391.304
MEQ 80/20	$/m	55.058
MEQ 80/20	$/TN	**0.117**
MEQ 70/30	$/TN	**0.127**
COSTO DEL PY 80/20	$	108222
COSTO DEL PY 70/30	$	117874

***Fuente**: Elaboración propia*

Análisis de fragmentación

Para el analisis de fragmentacion se realizó la toma de fotografia del frente de minado post voladura para poder determinar el p80 mediante el sofware wi frag.

*Figura 28.*Analisis de fragmentacion con Wi Frag del Proyecto 3190 168.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Como resultado tenemos un p80 de 18.10 cm para el frente de minado.

4.1.4. Prueba y resultados en el proyecto 3190 166 181 (18-09-2018)

Datos generales

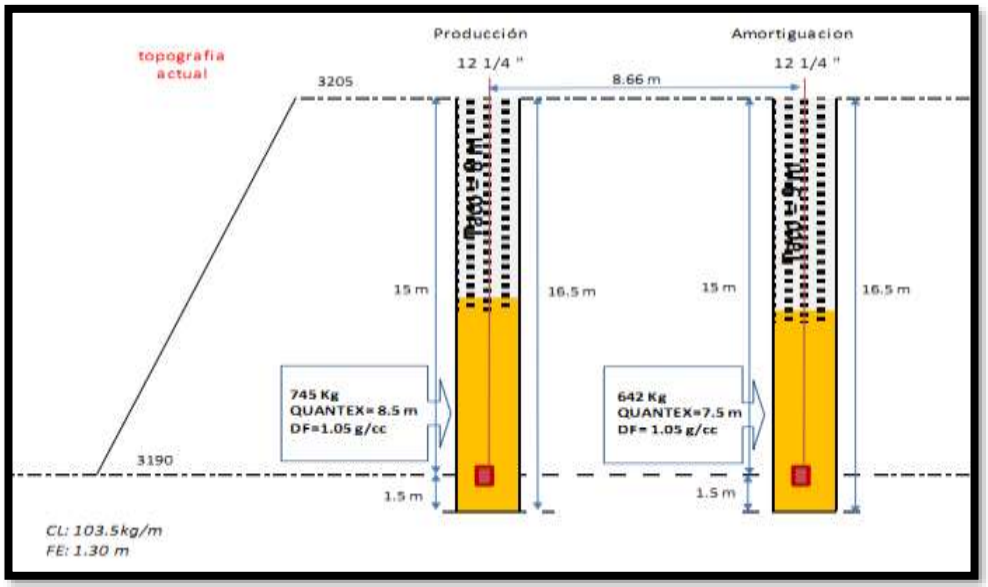
- Proyecto: 3190 166 181
- Pala: 04
- Cantidad de taladros disparados: 60 und

- Cantidad de taladros con presencia de agua (%) : 0%
- Cantidad de taladros con presencia de gases (%) : 0%
- Cantidad de Back Up: 00 und
- Cantidad de Booster: 63 und
- Cantidad de Faneles: 63 und
- Cantidad de Ikon: 63 und (Adicional 3 Doble Prima)
- Hora del disparo: 1:12 pm

Diseño de carga

- Tipo de Roca : Qq
- Vpp Registrado : 165.4 mm/s
- Vpp Crítico : 226 mm/s
- Malla (m) : 9 x 9, 10 x 10
- Densidad de Roca : 2.6 g/cc
- FP (teórico) : 0. 22 Kg/TN

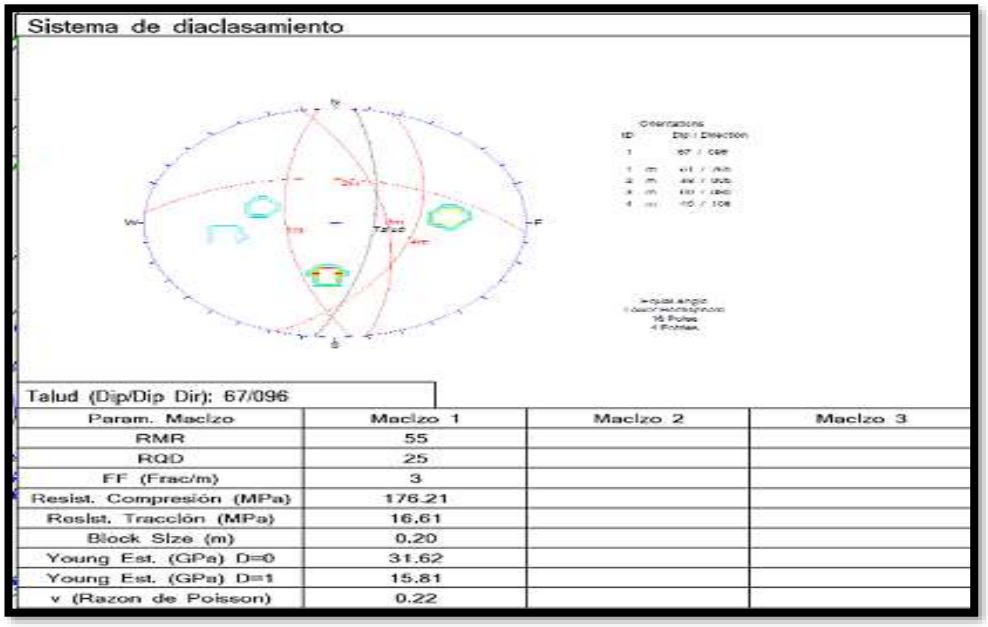
Figura 29.Toma de densidades del Proyecto 3190 166 181.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

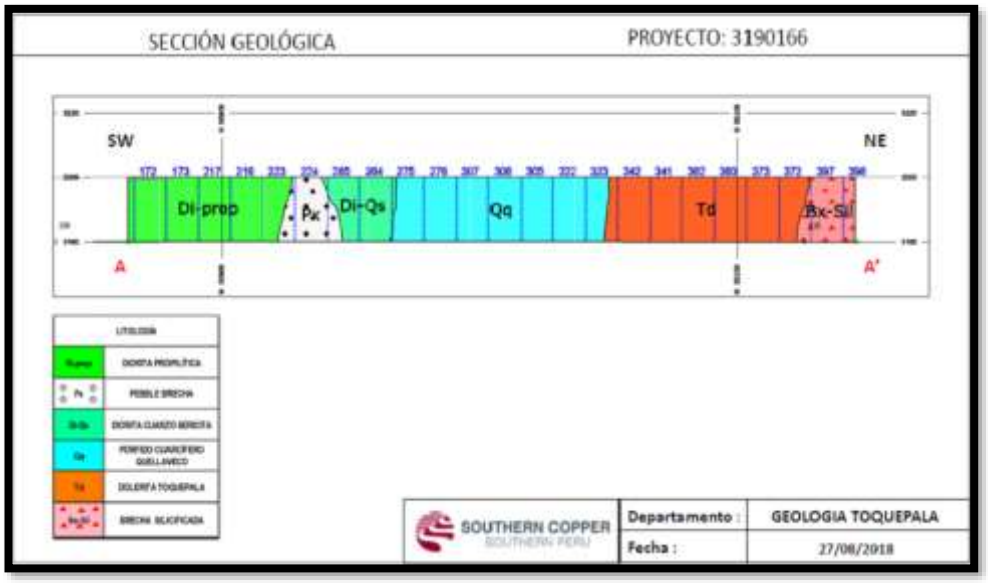
Datos geotécnicos y geológicos

*Figura 30.*Sistema de Diaclasamiento 3190 166 181.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

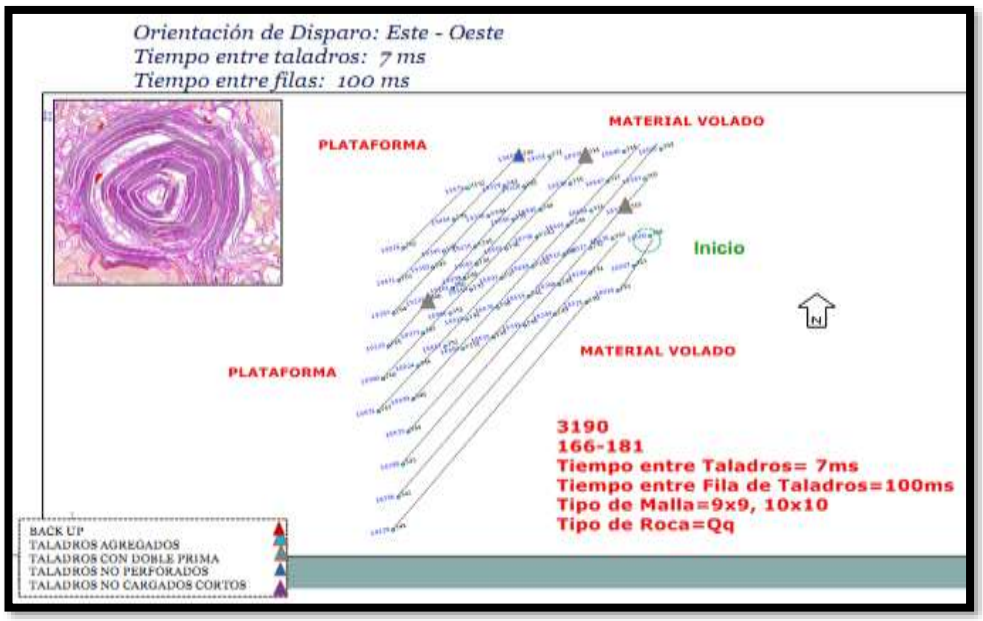
*Figura 31.*Sección Geologica nivel 3190 166.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Secuencia del disparo

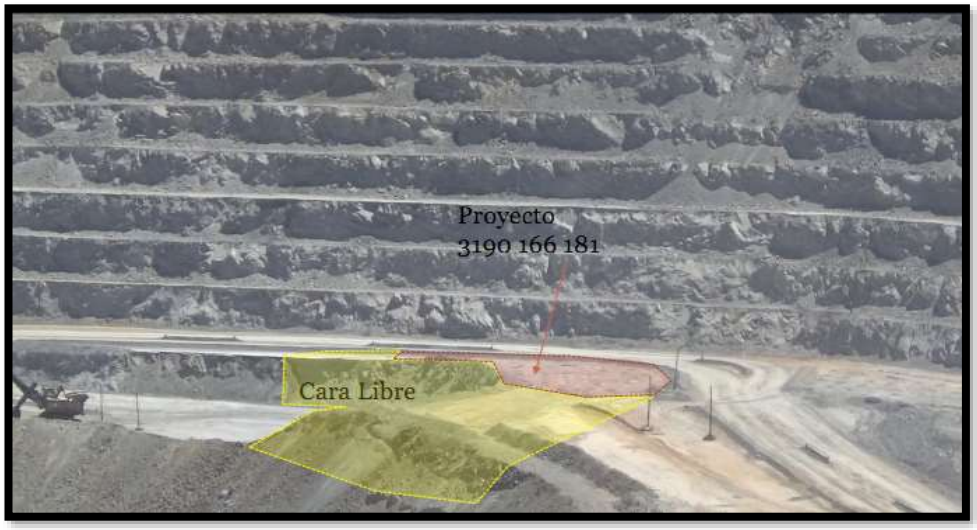
*Figura 32.*Secuencia de salida del Proyecto 3190 166 181.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Imágenes del disparo

*Figura 33.*Imágenes del Proyecto 3190 166 181.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Análisis de costo

Tabla 22

Analisis de costos del Proyecto 3190 166 181

Descripción	Unidades	Cantidades
Proyecto		3190 166 181
Toneladas rotas	TN	203478.26
Mezcla explosiva total(80/20)	Kg	45360.00
Mezcla explosiva total(70/30)	Kg	48510.00
Diferencia	TN	3.15
Numero de taladros	und	60.00
Espaciamiento	m	10.00
Burden	m	8.70
Densidad de roca	gr/cc	2.60
Altura de banco	m	15.00
kilos por taladro(80/20)	kg	756.00
kilos por taladro(70/30)	kg	808.50
Emulsión gasificada (80%)	kg	604.80
Anfo (20%)	kg	151.20
Nitrato de amonio (97%)	kg	146.66
Petróleo (3%)	kg	4.54

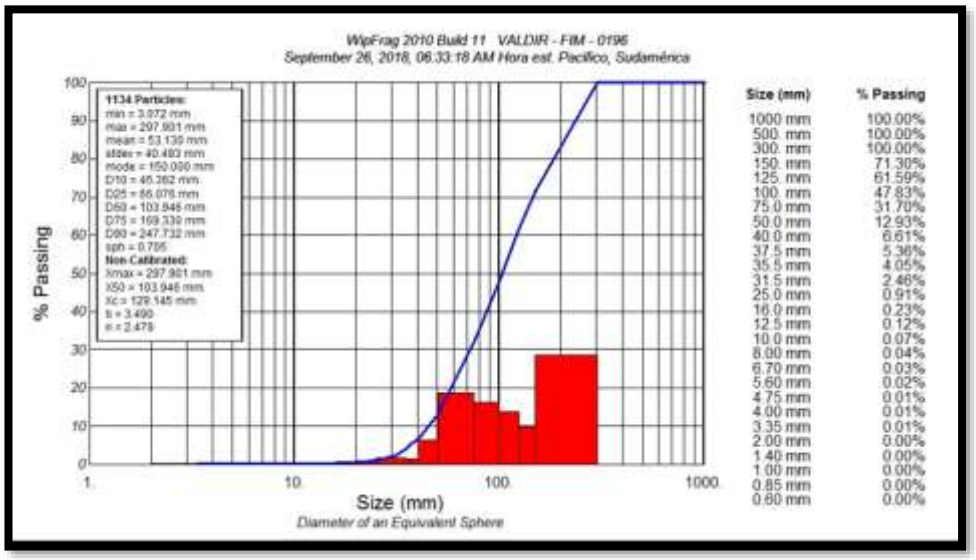
Descripción	Unidades	Costos
Nitrato de amonio	$/kg	0.570
Diésel	$/kg	1.630
Anfo	$/kg	0.602
Emulsión	$/kg	0.505
MEQ 80/20	$/kg	0.524
MEQ 70/30	$/kg	0.534
Emulsión	$/tal	305.424
Anfo	$/tal	90.992
ME 80/20	$/tal	396.416
Ton Rotas/Tal	TN/tal	3391.304
MEQ 80/20	$/m	55.058
MEQ 80/20	$/TN	**0.117**
MEQ 70/30	$/TN	**0.127**
COSTO DEL PY 80/20	$	23785
COSTO DEL PY 70/30	$	25906

***Fuente**: Elaboración propia*

Análisis de fragmentación

Para el analisis de fragmentacion se realizará la toma de *fotografías al frente de minado volado.*

*Figura 34.*Resultado de VOD del Proyecto 3190 175 174.



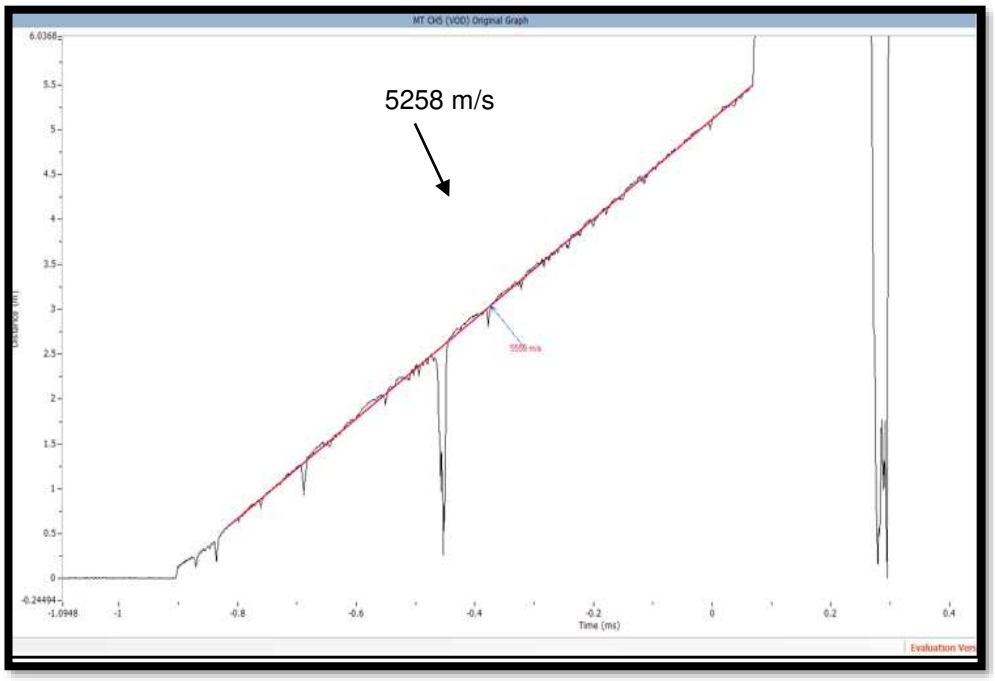
***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Se tiene como resultado un p80 de 19cm para el frente de minado.

Análisis de velocidad de detonación

Para poder analizar la velocidad de onda de la Mezcla Explosiva se instaló el equipo medidor de VOD.

*Figura 35.*Resultado de VOD del Proyecto 3190 166 181.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Se tuvo como resultado una velocidad de detonación de 5258 m/s para la mezcla explosiva aplicada en el proyecto 3190 166 181.

4.1.5. Prueba y resultados en el proyecto 3190 180 179 (18-09-2018)

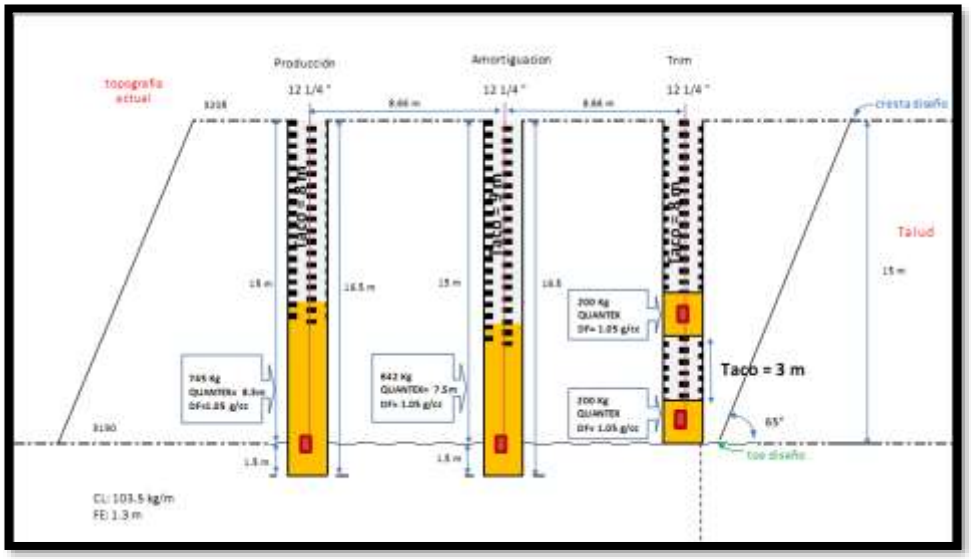
Datos generales

- Proyecto: 3190 180 179 (18-09-2018)
- Pala:09
- Cantidad de taladros disparados: 189 und
- Cantidad de taladros con presencia de agua (%) : 0%
- Cantidad de taladros con presencia de gases (%) : 0%
- Cantidad de Back Up: 00 und
- Cantidad de Booster: 268 und
- Cantidad de Faneles: 268 und
- Cantidad de Ikon: 276 und (Adicional 74 Trim + 5 Doble prima + 8 Pre corte)
- Hora del disparo: 1:12 pm

Diseño de carga

- Tipo de Roca : Qq/Di-prop
- Vpp Registrado : 83.13 mm/s
- Vpp Critico : 226 mm/s
- Malla (m) : 10 x 10
- Densidad de Roca : 2.6 g/cc
- FP (teórico) : 0. 22Kg/TN

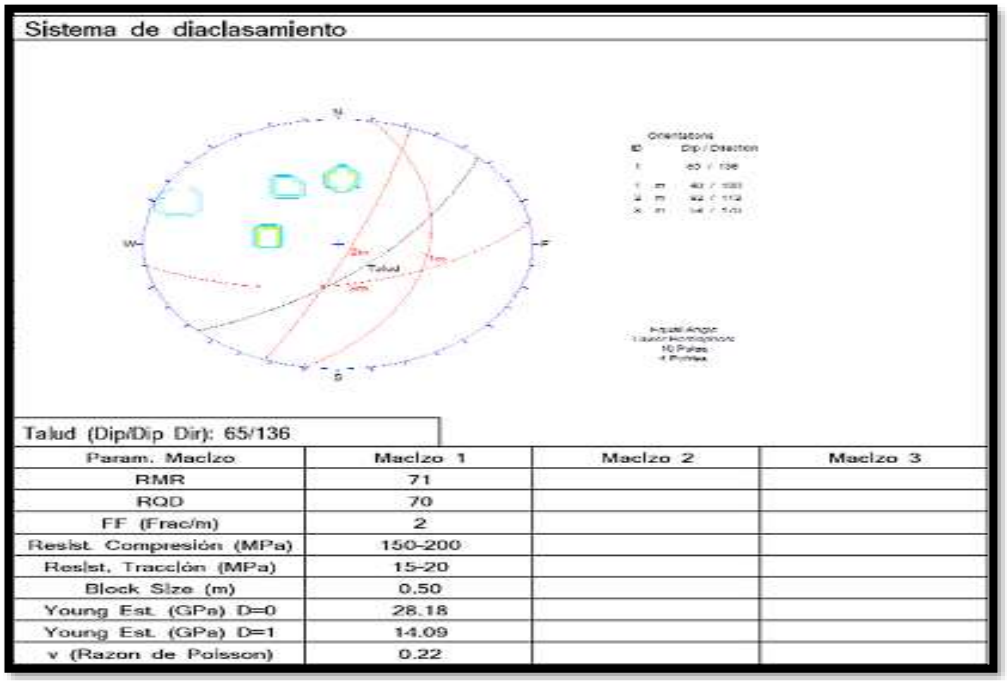
*Figura 36.*Toma de densidades del Proyecto 3190 180 179..



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Datos geotécnicos y geológicos

*Figura 37.*Sistema de Diaclasamiento nivel 3190 180 179.

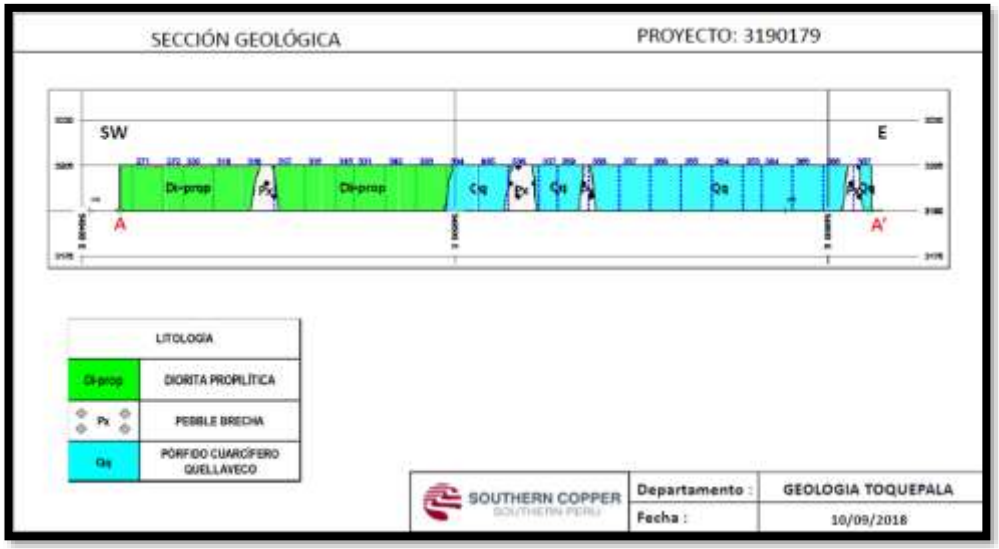


Talud (Dip/Dip Dir): 65/136

Param. Macizo	Macizo 1	Macizo 2	Macizo 3
RMR	71		
RQD	70		
FF (Frac/m)	2		
Resist. Compresión (MPa)	150-200		
Resist. Tracción (MPa)	15-20		
Block Size (m)	0.50		
Young Est. (GPa) D=0	28.18		
Young Est. (GPa) D=1	14.09		
v (Razon de Poisson)	0.22		

***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

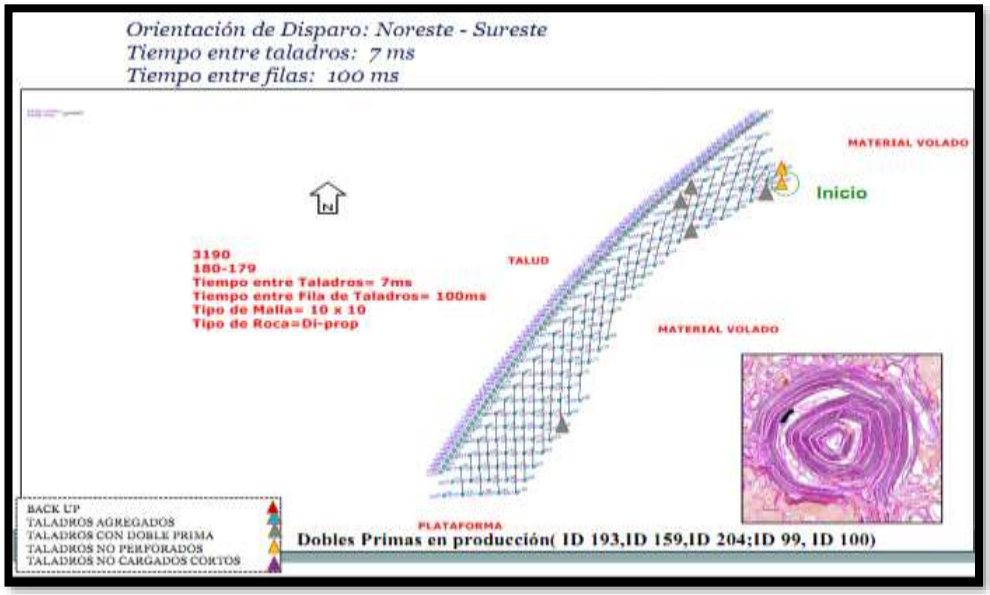
Figura 38. Sección geológica nivel 3190 179.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Secuencia del disparo

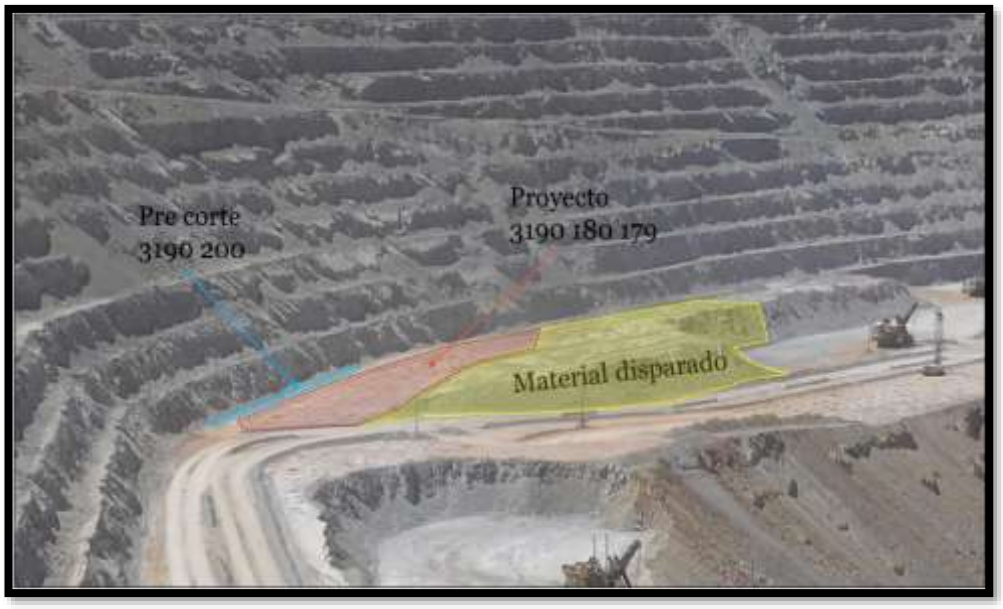
*Figura 39.*Secuencia de salida del Proyecto 3190 180 179.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Imágenes del disparo

*Figura 40.*Imagen del Proyecto 3190 180 179.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Análisis de costos

Tabla 23

Analisis de costos del Proyecto 3190 180 179

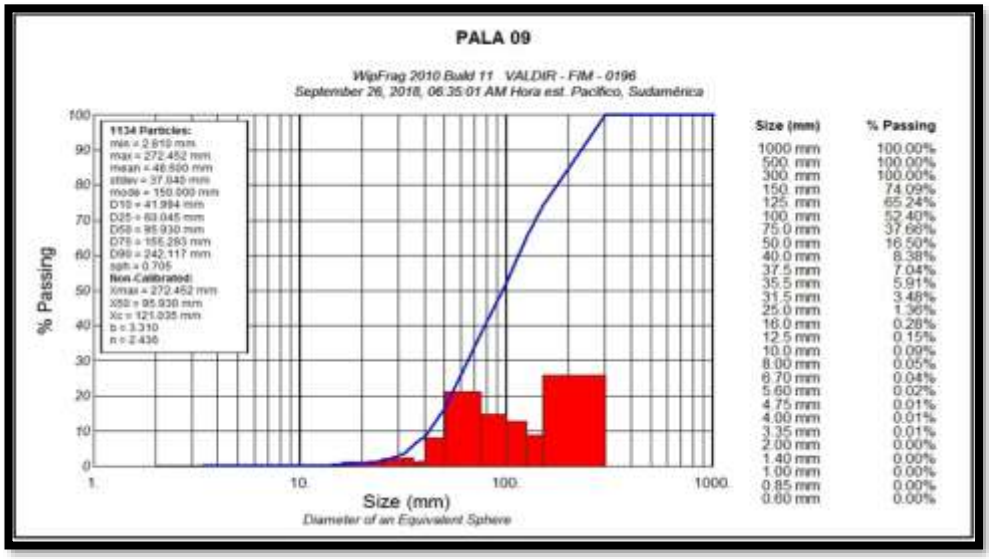
Descripción	Unidades	Cantidades
Proyecto		3190 180 179
Toneladas rotas	TN	515478.26
Mezcla explosiva total(80/20)	Kg	116540.00
Mezcla explosiva total(70/30)	Kg	122577.50
Diferencia	TN	**6.04**
Numero de taladros	und	152.00
Espaciamiento	m	10.00
Burden	m	8.70
Densidad de roca	gr/cc	2.60
Altura de banco	m	15.00
kilos por taladro(80/20)	kg	766.71
kilos por taladro(70/30)	kg	806.43
Emulsión gasificada (80%)	kg	613.37
Anfo (20%)	kg	153.34
Nitrato de amonio (97%)	kg	148.74
Petróleo (3%)	kg	4.60

Descripción	Unidades	Costos
Nitrato de amonio	$/kg	0.570
Diésel	$/kg	1.630
Anfo	$/kg	0.602
Emulsión	$/kg	0.505
MEQ 80/20	$/kg	0.524
MEQ 70/30	$/kg	0.534
Emulsión	$/tal	309.751
Anfo	$/tal	92.281
ME 80/20	$/tal	402.032
Ton Rotas/Tal	TN/tal	3391.304
MEQ 80/20	$/m	55.838
MEQ 80/20	$/TN	**0.119**
MEQ 70/30	$/TN	**0.127**
COSTO DEL PY 80/20	$	61109
COSTO DEL PY 70/30	$	65461

***Fuente**: Elaboración propia*

Análisis de fragmentación

Figura 41.Analisis de fragmentacion con Wi Frag del Proyecto 3190 180 179.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Se tuvo un p80 de 18 cm para el frente de minado.

4.1.6. Prueba y resultados en el proyecto 3190 176 178 (05-09-2018)

Datos generales

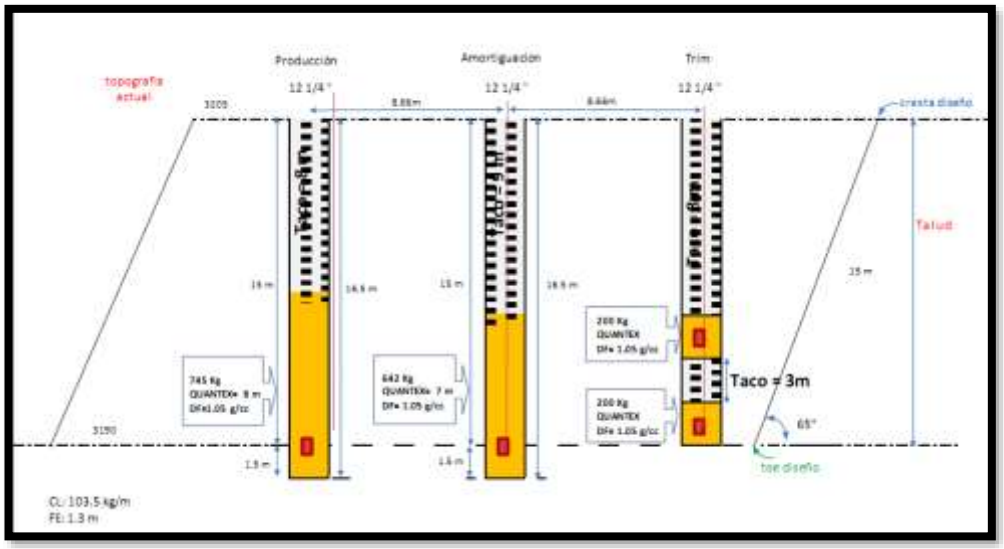
- Proyecto: 3190 176 178
- Cantidad de taladros disparados: 217 und
- Cantidad de taladros con presencia de agua (%) : 0%

- Cantidad de taladros con presencia de gases (%) : 0%
- Cantidad de Back Up: 01 und
- Cantidad de Booster: 239 und
- Cantidad de Faneles: 239 und
- Cantidad de Ikon: 240 und (16 Trim + 6 Doble prima)
- Hora del disparo: 1:20 pm

Diseño de carga

- Tipo de Roca : Qq/Bx-T
- Vpp Registrado : N.M.
- Malla (m) : 10 x 10
- Densidad de Roca : 2.6 g/cc
- FP (teórico) : 0.21 Kg/TN

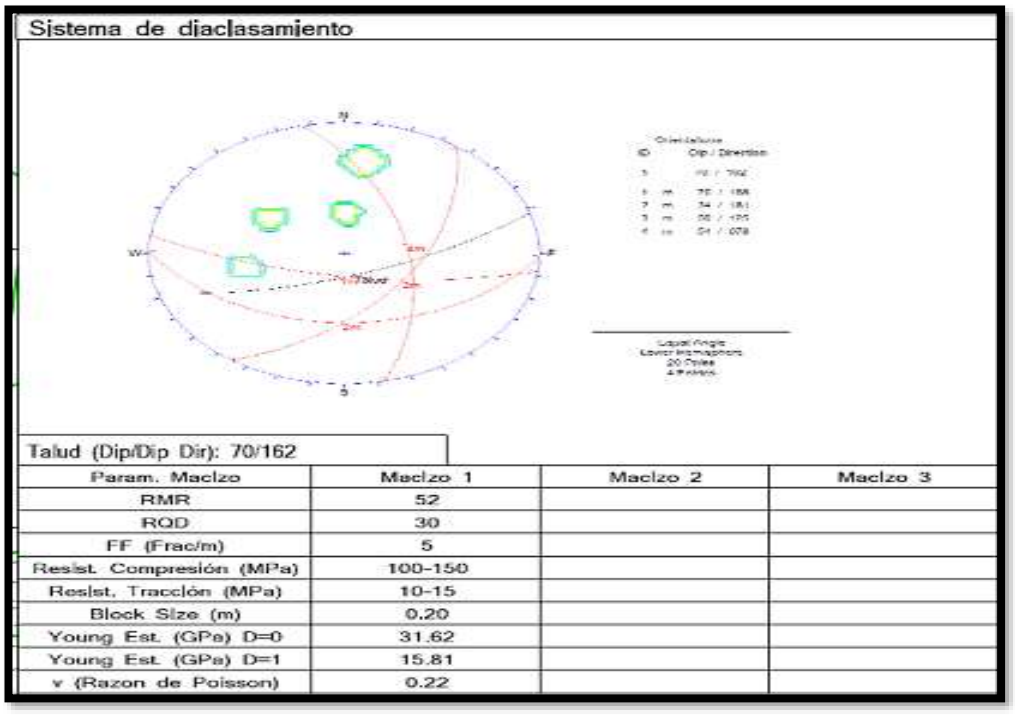
*Figura 42.*Toma de densidades del Proyecto 3190 176 178.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Datos geotécnicos y geológicos

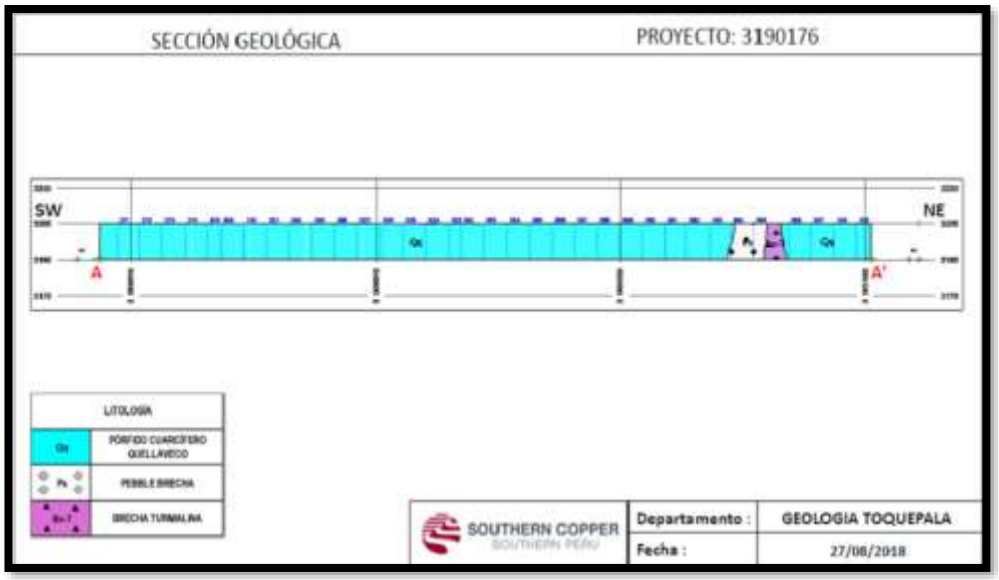
Figura 43. Sistema de Diaclasamiento 3190 176 178.



Param. Macizo	Macizo 1	Macizo 2	Macizo 3
RMR	52		
RQD	30		
FF (Frac/m)	5		
Resist. Compresión (MPa)	100-150		
Resist. Tracción (MPa)	10-15		
Block Size (m)	0.20		
Young Est. (GPa) D=0	31.62		
Young Est. (GPa) D=1	15.81		
v (Razon de Poisson)	0.22		

***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

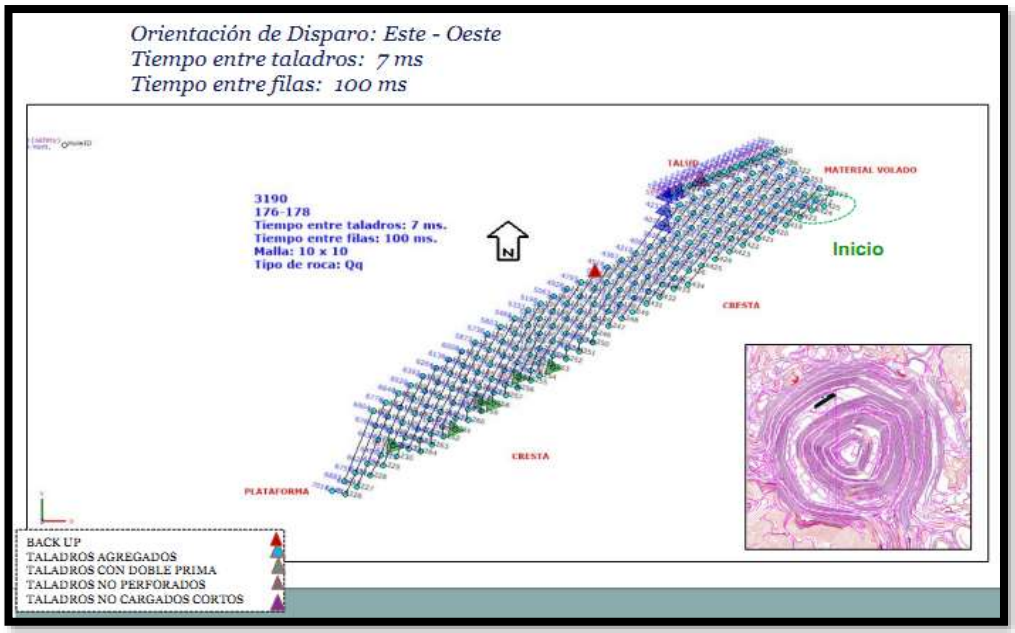
Figura 44. Seccion Geologica nivel 3190 176



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Secuencia de disparo

Figura 45.Secuencia de disparo del Proyecto 3190 176 178



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Imágenes del disparo

Figura 46.. Imagen del Proyecto 3190 176 178.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Análisis de costos

Tabla 24

Analisis de costos del Proyecto 3190 180 176 178

Descripción	Unidades	Cantidades
Proyecto		3190 176 178
Toneladas rotas	TN	735913.04
Mezcla explosiva total(80/20)	Kg	164052.00
Mezcla explosiva total(70/30)	Kg	175444.50
Diferencia	TN	**11.39**
Numero de taladros	und	217.00
Espaciamiento	m	10.00
Burden	m	8.70
Densidad de roca	gr/cc	2.60
Altura de banco	m	15.00
kilos por taladro(80/20)	kg	756.00
kilos por taladro(70/30)	kg	808.50
Emulsión gasificada (80%)	kg	604.80

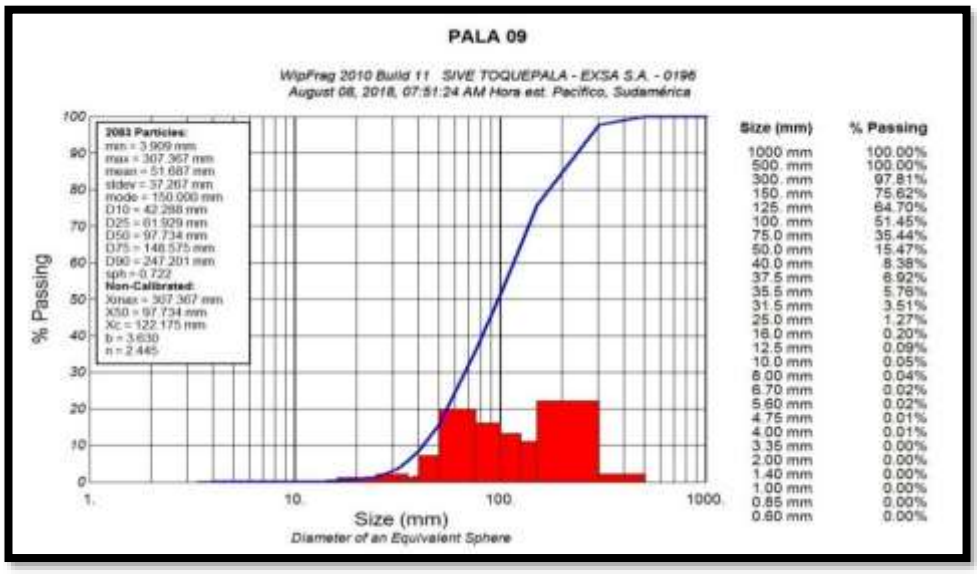
Anfo (20%)	kg	151.20
Nitrato de amonio (97%)	kg	146.66
Petróleo (3%)	kg	4.54

Descripción	**Unidades**	**Costos**
Nitrato de amonio	$/kg	0.570
Diésel	$/kg	1.630
Anfo	$/kg	0.602
Emulsión	$/kg	0.505
MEQ 80/20	$/kg	0.524
MEQ 70/30	$/kg	0.534
Emulsión	$/tal	305.424
Anfo	$/tal	90.992
ME 80/20	$/tal	396.416
Ton Rotas/Tal	TN/tal	3391.304
MEQ 80/20	$/m	55.058
MEQ 80/20	$/TN	**0.117**
MEQ 70/30	$/TN	**0.127**
COSTO DEL PY 80/20	$	86022
COSTO DEL PY 70/30	$	93694

***Fuente**: Elaboración propia*

Análisis de fragmentación

*Figura 47.*Analisis de fragmentacion con Wi Frag del Proyecto 3190 176 178.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Como resultado del analisis de fragmentacion se tiene un p80 de 18cm para el frente de minado.

4.1.7. Prueba y resultados en el proyecto 3175 175 176 178 179 184 (28-09-2018)

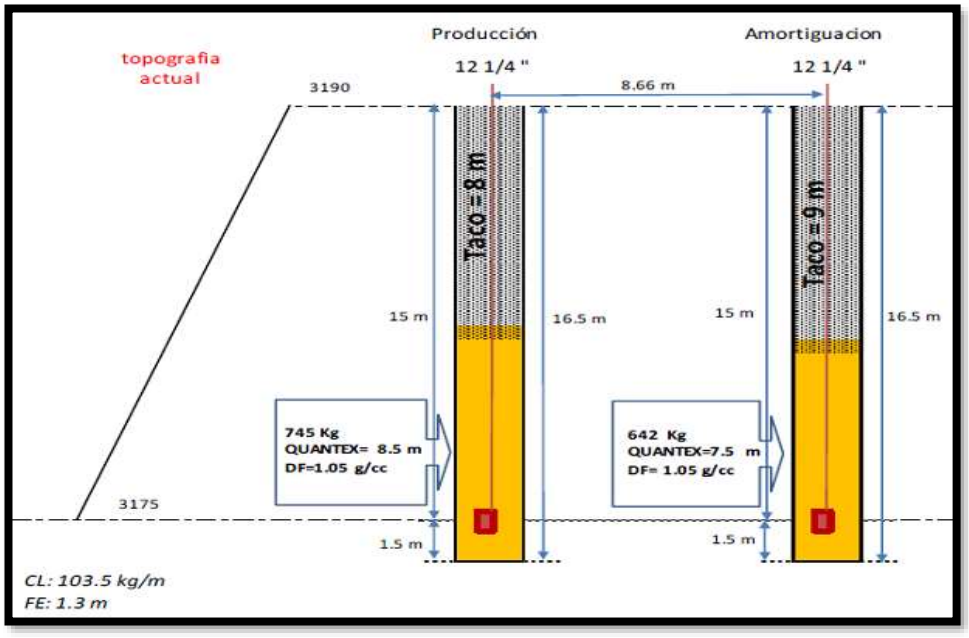
Datos generales

- Proyecto: 3175 175 176 178 179 184
- Pala: 05
- Cantidad de taladros disparados: 367 und
- Cantidad de taladros con presencia de agua (%) : 0%
- Cantidad de taladros con presencia de gases (%) : 0
- Cantidad de Back Up: 00 und
- Cantidad de Booster: 390 und (Adicional 23 Doble Prima)
- Cantidad de Faneles: 390 und (Adicional 23 Doble Prima)
- Cantidad de Ikon: 390 und (Adicional 23 Doble Prima)
- Hora del disparo: 1:13 pm

Diseño de carga

- Tipo de Roca : Qq/Bx-qs
- Vpp Registrado : NM
- Malla (m) : 10 x 10
- Densidad de Roca : 2.6 g/cc
- FP (teórico) : 0.20 Kg/TN

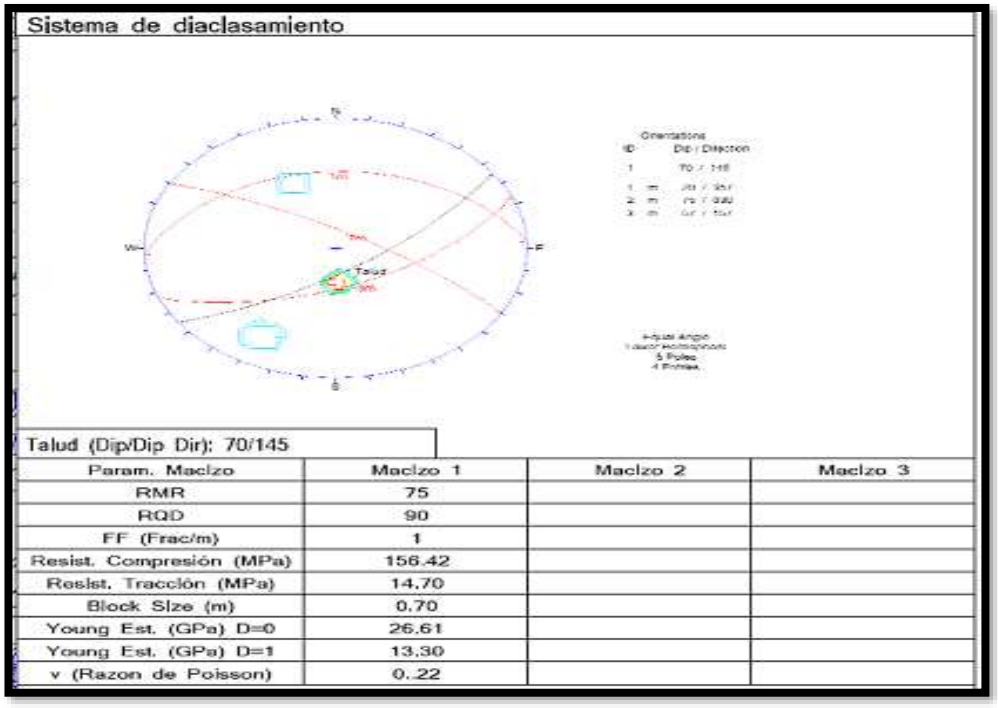
*Figura 48.*Toma de densidades del Proyecto 3175 175 176 178 179 184.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

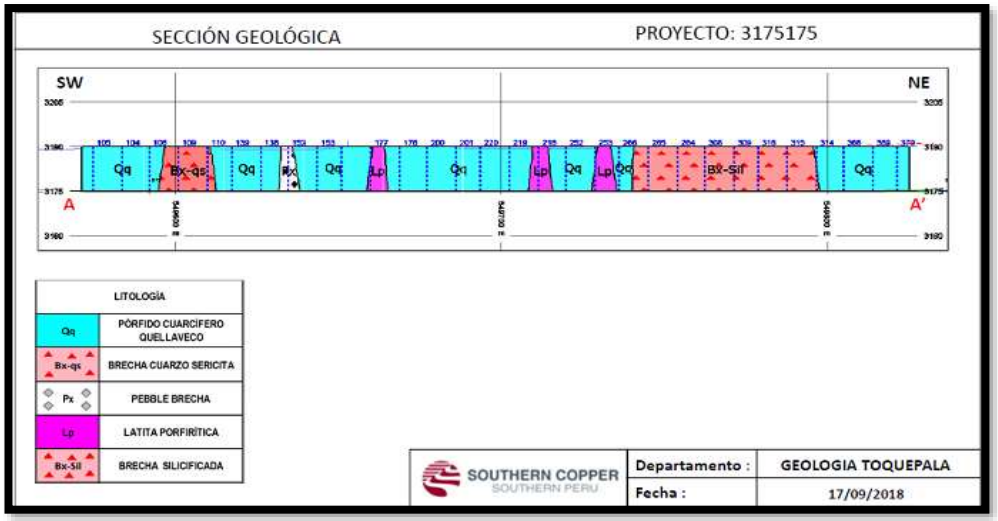
Datos geotécnicos y geológicos

Figura 49. Sistema de Diaclasamiento nivel 3175 175 176 178 179 184.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

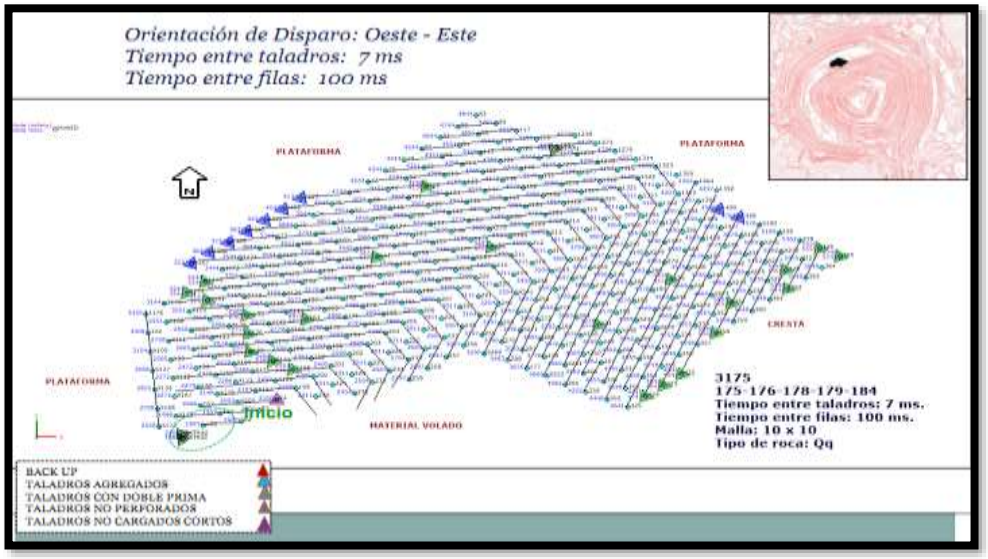
Figura 50. Seccion Geologica nivel 3175 175.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Secuencia de disparo

*Figura 51.*Secuencia de disparo del Proyecto 3175 175 176 178 179 184.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

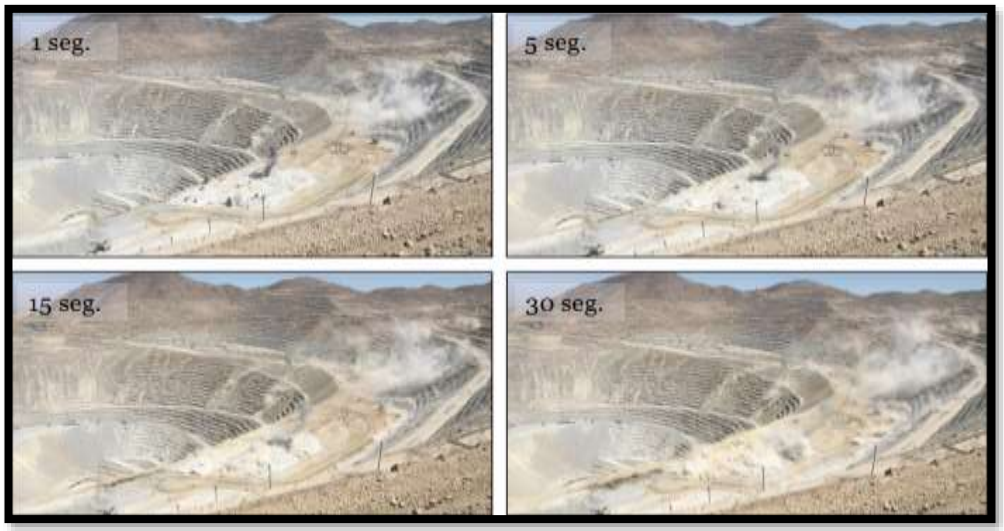
Imágenes del disparo

*Figura 52.*Imagen del Proyecto 3175 175 176 178 179 184.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Figura 53.Imágenes del proceso de voladura del Proyecto 3175 175 176 178 179 184.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Análisis de costos

Tabla 25

Analisis de costos del Proyecto 3175 175 176 179 184

Descripción	Unidades	Cantidades
Proyecto		3175 175 176 179
Toneladas rotas	TN	1244608.70
Mezcla explosiva total(80/20)	Kg	277452.00
Mezcla explosiva total(70/30)	Kg	296719.50
Diferencia	TN	**19.27**
Numero de taladros	und	367.00
Espaciamiento	m	10.00
Burden	m	8.70
Densidad de roca	gr/cc	2.60
Altura de banco	m	15.00
kilos por taladro(80/20)	kg	756.00
kilos por taladro(70/30)	kg	808.50
Emulsión gasificada (80%)	kg	604.80
Anfo (20%)	kg	151.20
Nitrato de amonio (97%)	kg	146.66
Petróleo (3%)	kg	4.54

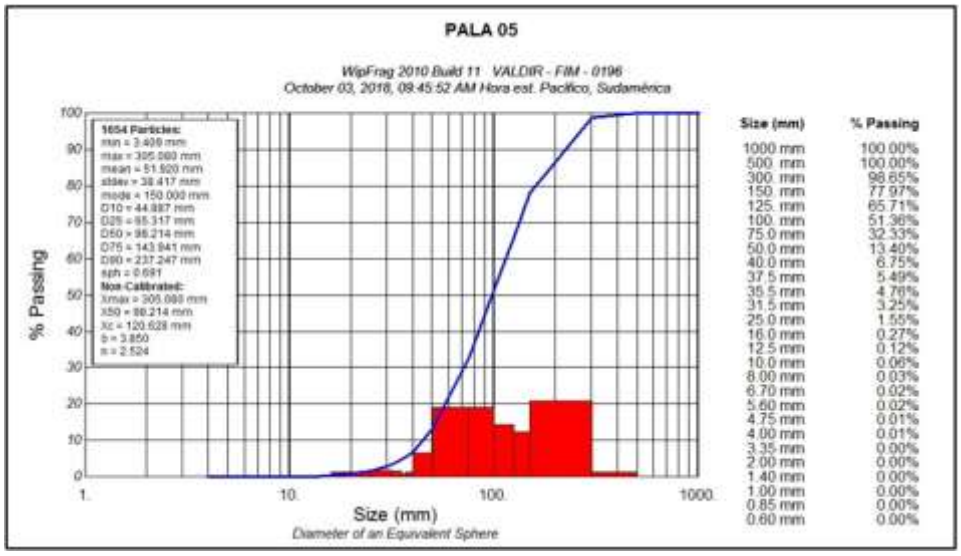
Descripción	Unidades	Costos
Nitrato de amonio	$/kg	0.570
Diésel	$/kg	1.630
Anfo	$/kg	0.602
emulsión	$/kg	0.505
MEQ 80/20	$/kg	0.524
MEQ 70/30	$/kg	0.534
Emulsión	$/tal	305.424
Anfo	$/tal	90.992
ME 80/20	$/tal	396.416
Ton Rotas/Tal	TN/tal	3391.304
MEQ 80/20	$/m	55.058
MEQ 80/20	$/TN	**0.117**
MEQ 70/30	$/TN	**0.127**
COSTO DEL PY 80/20	$	145485
COSTO DEL PY 70/30	$	158460

***Fuente**: Elaboración propia*

Análisis de fragmentación

Para el análisis de fragmentación se realizó la toma de fotografía al frente de minado.

Figura 54.Analisis de fragmentacion con Wi Frag del Proyecto 3175 175 176 178 179 184.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Como resultado se tuvo un p80 de 18 cm para el frente de minado

4.1.8. Prueba y resultados en el proyecto 3175 174 175 (22-09-2018)

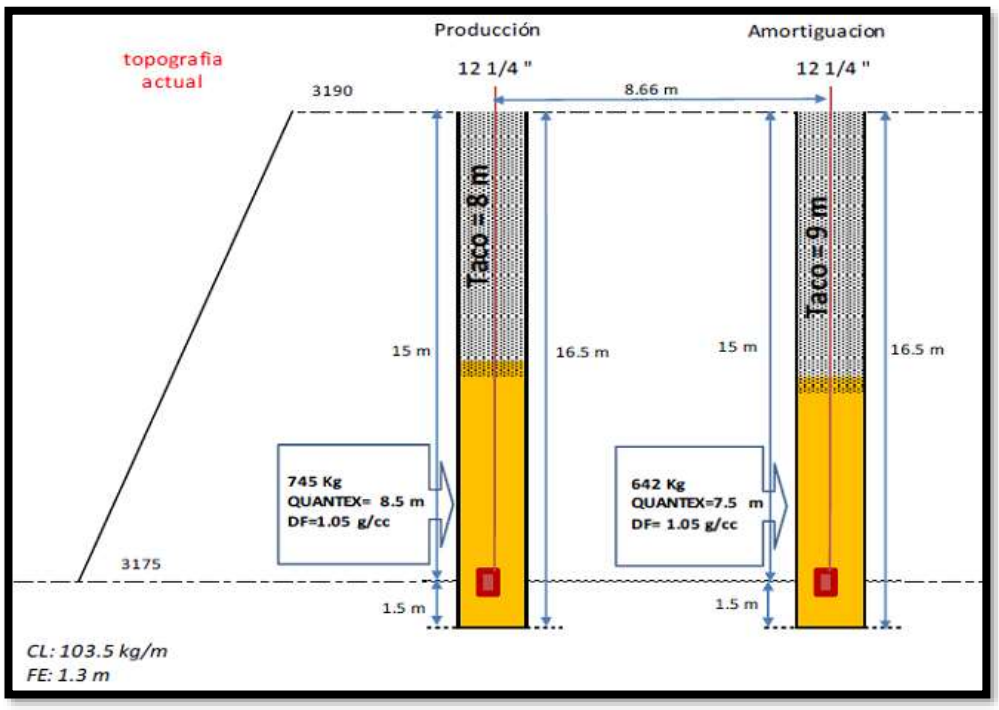
Datos generales

- Proyecto: 3175 174 175
- Pala: 05
- Cantidad de taladros disparados: 408 und
- Cantidad de taladros con presencia de agua (%) : 0%
- Cantidad de taladros con presencia de gases (%) : Nivel 1-A
- Cantidad de Back Up: 00 und
- Cantidad de Booster: 462 und (Adicional 54 Doble Prima)
- Cantidad de Faneles: 462 und (Adicional 54 Doble Prima)
- Cantidad de Ikon: 462 und (Adicional 54 Doble Prima)
- Hora del disparo: 1:15 pm

Diseño de carga

- Tipo de Roca : Qq/Bx-qs
- Vpp Registrado : 229.7mm/s
- Vpp Critico : 253 mm/s
- Malla (m) : 10 x 10
- FP (teórico) : 0.23 Kg/TN

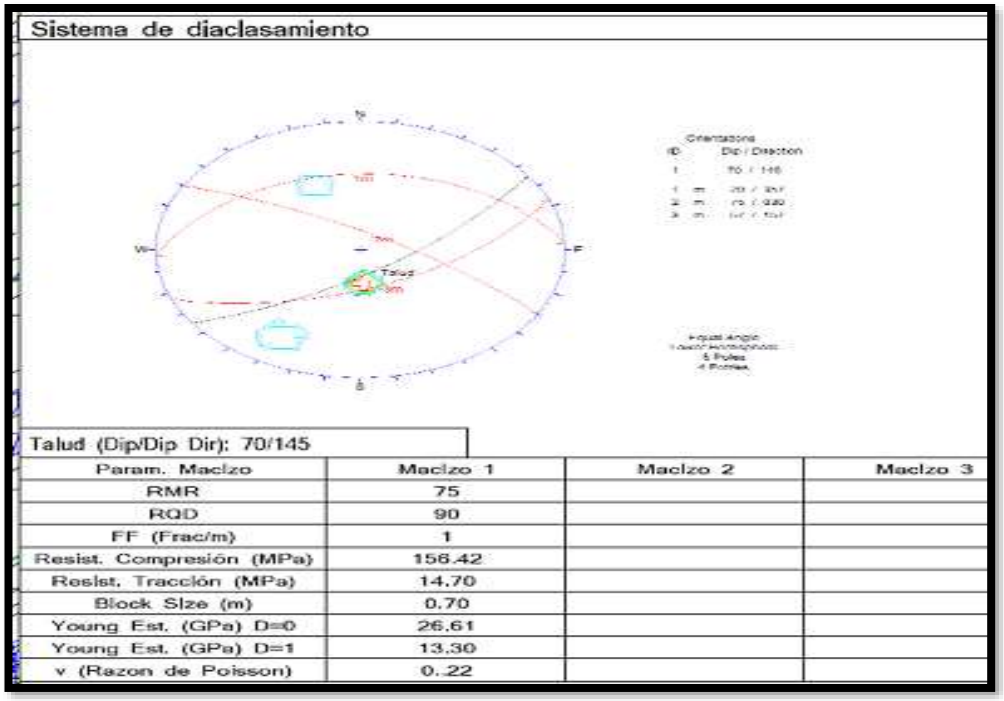
*Figura 55.*Toma de densidades del Proyecto 3175 174 175.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Datos geotécnicos y geológicos

Figura 56. Sistema de Diaclasamiento nivel 3175 174 175.

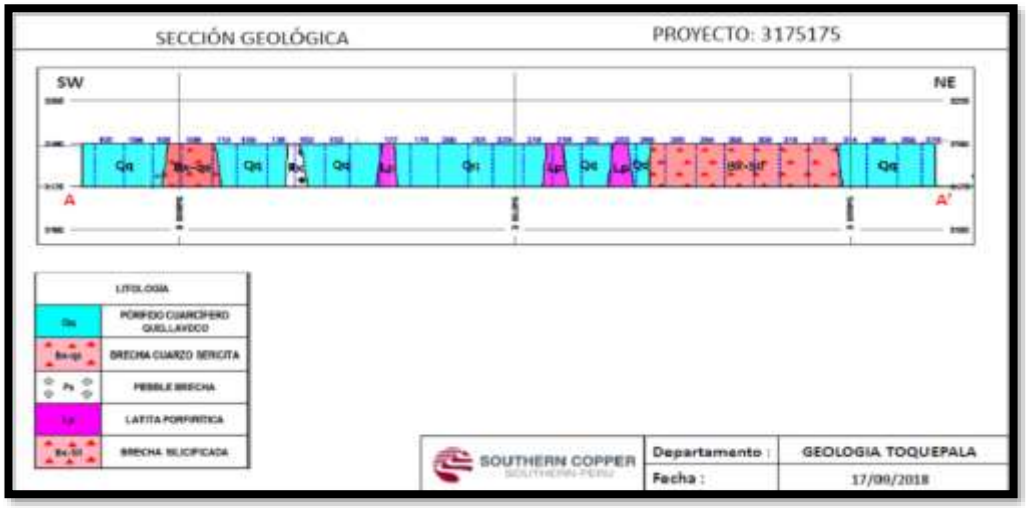


Talud (Dip/Dip Dir): 70/145

Param. Macizo	Macizo 1	Macizo 2	Macizo 3
RMR	75		
RQD	90		
FF (Frac/m)	1		
Resist. Compresión (MPa)	156.42		
Resist. Tracción (MPa)	14.70		
Block Size (m)	0.70		
Young Est. (GPa) D=0	26.61		
Young Est. (GPa) D=1	13.30		
v (Razon de Poisson)	0.22		

***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

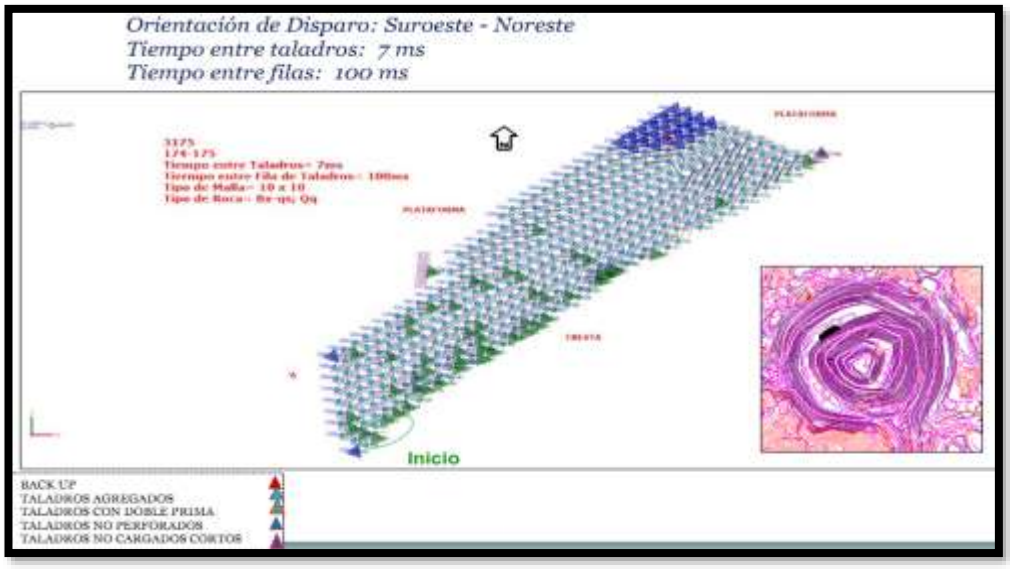
Figura 57. Sección Geologica nivel 3175 175



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Secuencia de disparo

*Figura 58.*Secuencia de disparo del Proyecto 3175 174 175.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

Imágenes del disparo

Figura 59.Imagen del Proyecto 3175 174 175.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018.

Análisis de costos

Tabla 26

Analisis de costos del Proyecto 3175 174 175

Descripción	Unidades	Cantidades
Proyecto		3175 174 175
Toneladas rotas	TN	1383652.17
Mezcla explosiva total(80/20)	Kg	308448.00
Mezcla explosiva total(70/30)	Kg	329868.00
Diferencia	TN	**21.42**
Numero de taladros	und	408.00
Espaciamiento	m	10.00
Burden	m	8.70
Densidad de roca	gr/cc	2.60
Altura de banco	m	15.00
kilos por taladro(80/20)	kg	756.00
kilos por taladro(70/30)	kg	808.50
Emulsión gasificada (80%)	kg	604.80
Anfo (20%)	kg	151.20
Nitrato de amonio (97%)	kg	146.66
Petróleo (3%)	kg	4.54

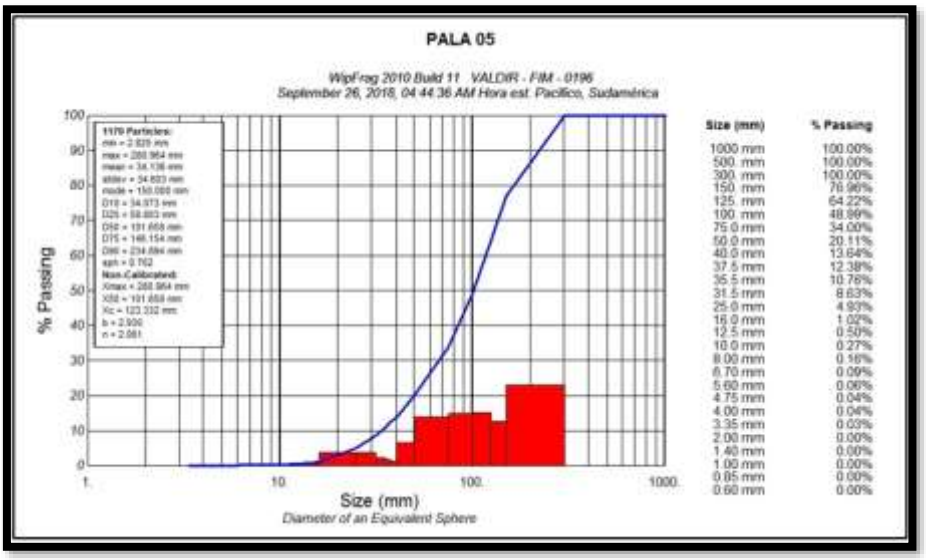
Descripción	Unidades	Costos
Nitrato de amonio	$/kg	0.570
Diésel	$/kg	1.630
Anfo	$/kg	0.601
Emulsión	$/kg	0.505
Emulsión	$/tal	305.424
Anfo	$/tal	90.871
Toneladas por taladro	TN/tal	3391.304
ME 80/20	$/tal	396.295
ME 80/20	$/m	55.041
ME 80/20	$/TN	**0.117**
ME 70/30	$/TN	**0.127**

***Fuente**: Elaboración propia*

Análisis de fragmentación

Para el análisis de fragmentación se tomaron fotografías del frente de minado.

*Figura 60.*Analisis de fragmentacion con Wi Frag del Proyecto 3175 174 175.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018.

Los resultados del análisis de fragmentación indica que se tiene un p80 de 18 cm.

4.1.9. Resumen comparativo de mezclas.

a-. Comparación de costo

El costo de mezcla explosiva por proyecto donde se realizaron las pruebas son los siguientes:

Tabla 27

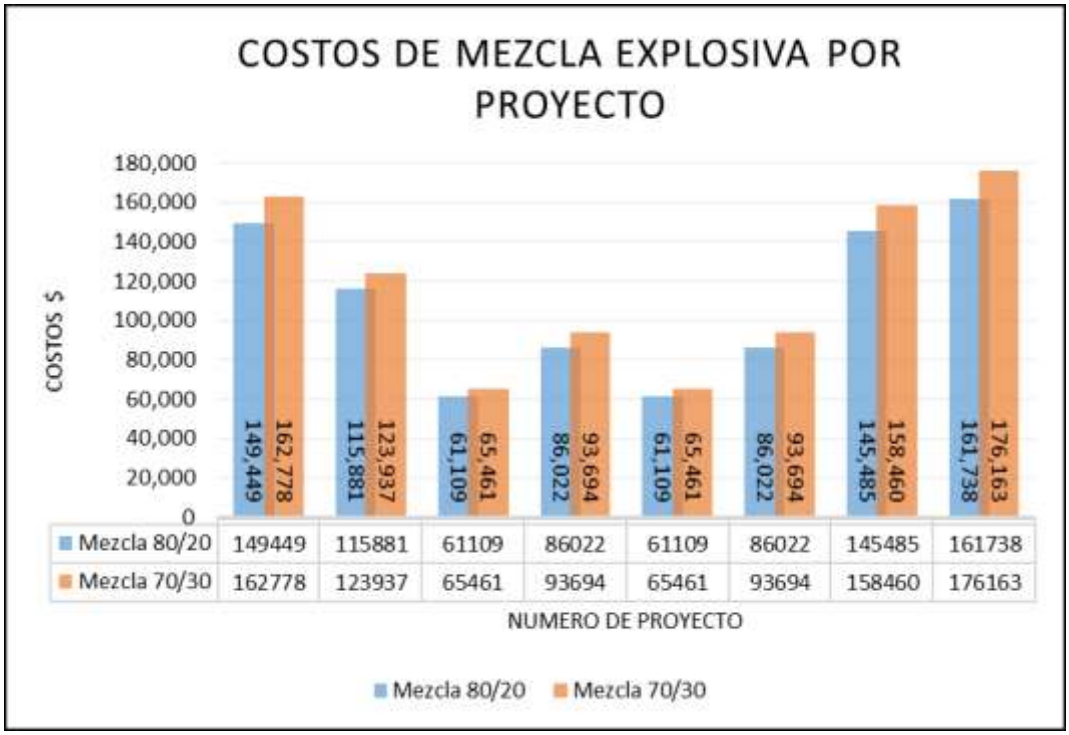
Diferencia de costos entre una Mezcla Explosiva 80/20 y entre mezcla Explosiva 70/30 por Proyecto.

Proyectos	unidad	Mezcla 80/20	Mezcla 70/30	Diferencia
3190 166 167	$	149,449	162,778	13,329
3190 175 174	$	115,881	123,937	8,055
3190 168	$	61,109	65,461	4,352
3190 166 181	$	86,022	93,694	7,672
3190 180 179	$	61,109	65,461	4,352
3190 176 178	$	86,022	93,694	7,672
3175 175 178 179 184	$	145,485	158,460	12,975
3175 174 175	$	161,738	176,163	14,425
Costo Total	$			72,833

***Fuente**: Elaboración propia*

Se tiene un ahorro total de $ 72,833 dólares en total en los ocho proyectos de prueba que se realizaron en el mes de agosto y septiembre llevados a cabo en la fase 5 en los niveles 3175 y 3190.

Figura 61.Comparación de costos de mezcla 80/20 y mezcla 70/30.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

b-. Comparación en fragmentación.

Se tiene como promedio un p80 de 18 cm como indica los reportes de mejora continua de las semanas 2897 al 2904 que representan los meses de agosto y septiembre donde se realizaron las pruebas aplicando mezcla explosiva 80/20, y de la misma manera el promedio de p80 de 18 cm para las semanas 2893-2896 que representa al mes de julio donde se utilizó mezcla explosiva 70/30.

Figura 48. Resumen de p80 de Pala 9 de Julio – Agosto – Septiembre.



***Fuente**: Área de* asistencia técnica Exsa – Mina Toquepala, 2018

El resultado indica que no existe una variación significativa en la fragmentación de los frentes ni presencia de boloneria ni material comprimido, de tal manera que no habría problemas de remplazar la mezcla explosiva 70/30 por mezcla explosiva 80/20 a pesar de que ingresamos menos explosivo al aplicar la mezcla 80/20 ya que se aprovecha el mayor esponjamiento que presenta la misma.

C Comparación en generación de gases nitrosos.

En los ocho proyectos de prueba realizados utilizando mezcla explosiva 80/20 se puedo minimizar la generación de gases nitrosos en comparación de los demás proyectos donde se cargaron con mezcla

explosiva 70/30 volados con anterioridad en el mismo tipo de roca cuarzo Quellaveco(QQ).2

La clasificación del nivel de gases se da según el anexo 2.

Tabla 28

Generación de gases nitrosos por proyecto.

Proyecto	Nivel de Gases
3190 166 167	0
3190 175 174	0
3190 168	0
3190 166 181	0
3190 180 179	0
3190 176 178	0
3175 175 178 179 184	0
3175 174 175	1-A

***Fuente**: Elaboración propia*

Dentro de los beneficios de usar la mezcla explosiva 80/20 es la disminución de generación de gases nitrosos debido a la reducción de ANFO en la mezcla explosiva.

4.2. COMPROBACION DE HIPOTESIS

Para el contraste de la hipótesis, se realizó una prueba estadística de comparación de medias, mediante la t-Student. Donde se tomó muestras de costos de voladura en ocho proyectos volados entre los meses de agosto y septiembre donde se realizaron las pruebas aplicando mezcla explosiva 80/20.

Para la prueba se tiene 8 datos de costos de voladura en mezcla 70/30 (pre-test) y 8 datos de costos de voladura en mezcla 80/20 (post-test) como se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 29

Costos de Mezcla Explosiva por Proyecto.

Proyectos	Unidad	Mezcla 80/20	Mezcla 70/30
3190 166 167	$	149,449	162,778
3190 175 174	$	115,881	123,937
3190 168	$	61,109	65,461
3190 166 181	$	86,022	93,694
3190 180 179	$	61,109	65,461
3190 176 178	$	86,022	93,694
3175 175 178 179 184	$	145,485	158,460
3175 174 175	$	161,738	176,163

***Fuente**: Elaboración propia*

4.2.1. Formulación de Hipótesis.

Ho: $X1 - X2 = 0$

Ha: $X1 - X2 > 0$

Donde:

Ho = Hipótesis Nula.

Ha = Hipótesis Alterna.

Nivel de Significancia.

$\alpha = 0.5$

4.2.2. Prueba de t Student y resultados

Para el cálculo de la prueba estadística se utilizará el software SPSS para realizar el contraste de medias y el nivel de significancia.

Primero determinaremos si nuestras muestras provienes de una distribución normal aplicando el método de Shapiro-Wilk, se tiene como nivel de significancia a=5%=0.05.

Se tiene los siguientes enunciados.

P =>a,H0 =Proviene de una distribución normal

P<a, Ha =NO proviene de una distribución normal

Son la ayuda del software IBM SPSS determinaremos si las muestras provienes de una distribución nominal

Figura 62. Prueba de Distribución normal.

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ME 80/20	,210	8	,200*	,891	8	,238
ME 70/30	,204	8	,200*	,892	8	,246

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

. ***Fuente****: Software IBM SPSS STATISTICS.*

El software calculó valores de 0.238 para mezcla 80/20 y de 0.246 para mezcla 70/30 siendo ambos mayores al valor de significancia de 0.05 entones se acepta a hipótesis nulo lo que indica que nuestra muestra proviene de una distribución normal.

Ya sabiendo que las muestras provienen de una distribución normal aplicares el cálculo de t de Student mediante el programa Excel.

Pero teniendo en cuenta los siguientes enunciados.

H0= NO hay diferencia significativa en las medias de los costos de voladura de la mezcla 80/20 y 70/30

H1=EXISTE diferencia significativa en las medias de los costos de voladura de la mezcla 80/20 y 70/30

Tabla 30

Prueba de t student.

	ME 80/20	*ME70/30*
Media	108351.915	117456.057
Varianza	1633654094	1965714825
Observaciones	8	8
Coeficiente de correlación de Pearson	0.99984	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	7	
Estadístico t	-6.45184	
P(T<=t) una cola	**0.00017**	
Valor crítico de t (una cola)	1.89458	
P(T<=t) dos colas	**0.00035**	
Valor crítico de t (dos colas)	2.36462	

***Fuente**: Elaboración propia*

Se tiene un valor de 0.00017 para una cola y 0.00035 para dos colas lo que nos permite concluir que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna.

La hipótesis alterna establece que un parámetro de población es más pequeño, más grande o diferente del valor hipotético de la hipótesis nula lo que significa que si existe una diferencia significativa en el ahorro de costos aplicando la mezcla 80/20.

Se puede concluir que la aplicación de la mezcla explosiva 80/20 no permite reducción costos de manera significativa en función a la mezcla 70/30

CONCLUCIONES

Con el desarrollo de la investigación se puedo demostrar que la aplicación de la mezcla explosiva 80/20 mediante el aprovechamiento del esponjamiento nos permite reducir los costos de voladura ya que por taladro se tiene un ahorro de US$ 27.5 dólares en taladros de diámetro de 12 ¼ de pulg. El ahorro total del proyecto de los ocho disparos utilizando mezcla explosiva 80/20 fue de US$ 72,833.00 dólares.

Se determinó la eficiencia de la mezcla explosiva 80/20 en comparación con la mezcla explosiva 70/30 ya que se verifico que la fragmentacion de los proyectos de prueba arrojaron un p80 promedio de 18 cm estando por debajo del estándar que es de 30 cm, esto es debido a que la mezcla 80/20 mantiene la VOD similar a la mezcla explosiva 70/30 estando por encima de los 5200 m/s a una densidad de 1.05 gr/cc. Se verifico un buen esponjamiento sin presencia de boloneria en los frentes de minado de prueba.

En los ocho proyectos de prueba solo en uno se evidencia gases de nivel 1A siendo muy leves y puntual y en los demás no se tuvo presencia

de gases nitroso. En comparación con los proyectos volados en los meses de junio y julio se tiene una mejora significativa ya que la mezcla explosiva 80/20 contiene un 10% menos de ANFO lo que disminuye la probabilidad de generación de gases nitroso.

Se determina que aplicar mezcla explosiva 80/20 permite reducir costos de voladura manteniendo un p80 en los frentes de minado aceptables manteniendo la VOD por encima del estándar y reduce la generación de gases nitrosos en las voladuras. Todos estos beneficios se dan sin inversión alguna solo modificando la proporción de la mezcla explosiva de 70/30 a 80/20 y así aprovechar el mayor esponjamiento que genera la mezcla explosiva de prueba.

RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar la muestra de prueba para poder determinar el comportamiento de la mezcla explosiva en otros tipos de roca y así poder probar sus características para verificar si es viable aplicar mezcla explosiva 80/20 en la unidad minera Toquepala en todas sus fases siendo fase 4, fase 5, y fase 6. De tal manera que se pueda estandarizar en la unidad minera con el fin de reducir costos de voladura y mitigar los gases nitrosos.

Se recomienda poder brindar capacitación al personal encargado del carguío para asegurar el correcto cumplimiento del procedimiento PETS y aseguramiento de la calidad de la mezcla explosiva, así poder hacer seguimiento al explosivo teniendo en mira el concepto de mejora continua para poder realizar un trabajo de clase mundial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfaro, C. (2012). *Metodología de investigación científica aplicado a la ingeniería*. Lima.

Chávez, L. (2014). *Optimización de la fragmentación en los proyectos de voladura primaria en la zona norte del tajo San Pedro Sur, Minera La Zanja.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima

Chambi, D. (2018). *Aplicación de Flexigel en voladuras de control - Orica Mining Services S.A. - Mina Cerro Verde.* Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa.

Condori, C. (2015). *Estandarización del explosivo ME - Quantex con el propósito de reducir los costos operativos y eliminar la generación de gases contaminantes mediante el análisis de parámetros de voladura en mina Cuajone.* Universidad Nacional de San Agustín, A*requipa.*

Enaex, S.A.C. (2007). *Manual de Tronadura Enaex SAC Chile*. Santiago: 6 ed. p 1-205.

Exsa, S.A. (2008). *Manual Práctico de Voladura*. Lima: 4 ed. 1-51.

Garrido, A. (2007). *Diagnostico y Optimización de Disparos en desarrollo horizontal Mina el Teniente. Antofagasta*. Universidad de Chile. p 89.

Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación. Sexta Edición*. p 1-634

Hinostroza, J. (2014*). Optimización de la fragmentación en las rocas con la aplicación de la doble iniciación electrónica en la explotación de cobre porfirítico a cielo abierto*. Universidad nacional mayor de San Marcos, Lima.

ISEM. (2012). *Uso seguro de explosivos en voladura de rocas.* Recuperado a partir de: http://www. revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/uso-seguro-de-explosivos/.

Leiva, A. (2007). *Influencia de la optimización de la fragmentación de roca en la rentabilidad de las operaciones mina-molienda.* Pontificia universidad católica del Perú, Lima.

López Jimeno, C. (2006). *Manual de tronadura*. ENAEX S.A.

Mendieta L., & Vilela, E. (2014). *Optimizacion de los costos operativos en la unidad Cerro Chilco. Lima*: Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.

Minitab. (2019). *Interpretar todos los estadísticos y gráficas para t de 2 muestras*. Recuperado a partir de: https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/2-sample-t/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/

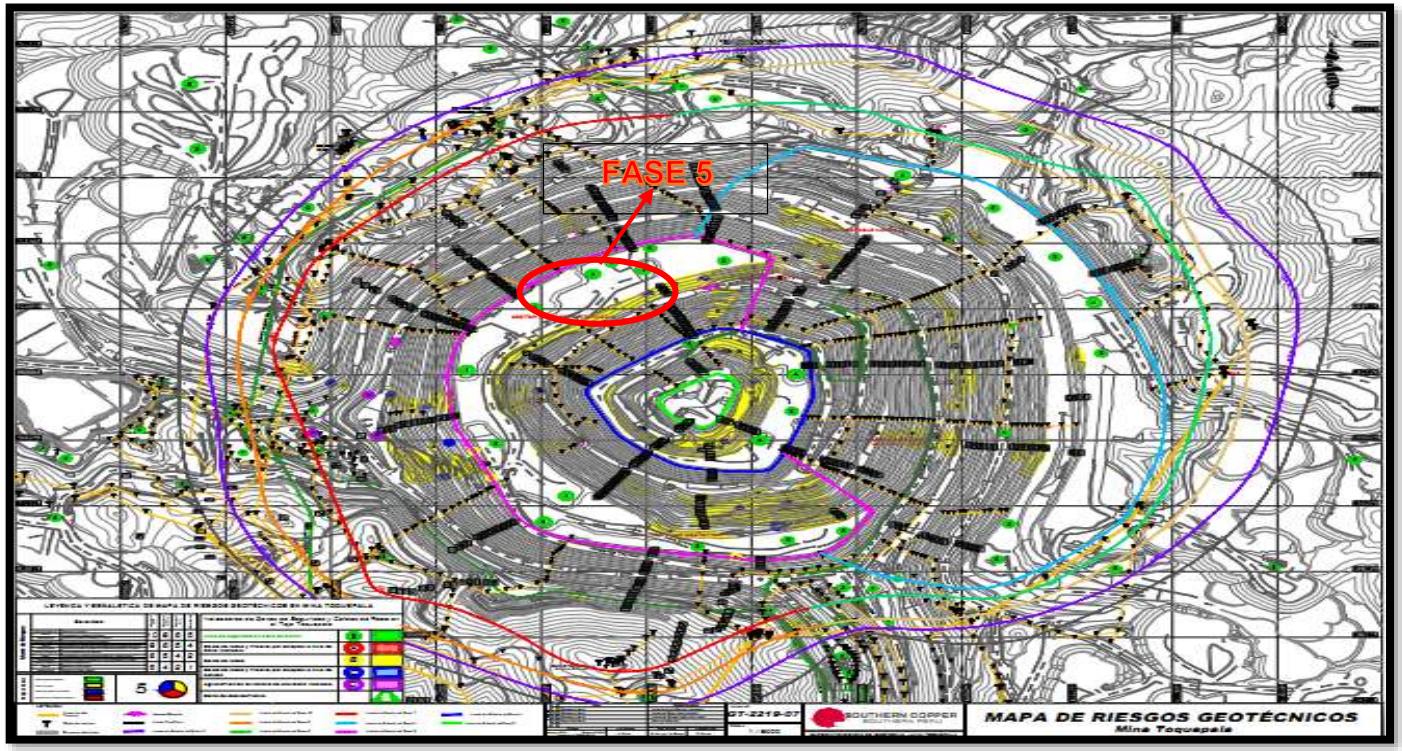
Quispe, L (2014). *Reducción de costos en perforación y voladura por la aplicación de cámaras de aire en la U.M. constancia - hudbay Perú S.A.C.* Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.

Vilela, W. (2014). *Análisis de factibilidad para el uso de anfo pesado a base de emulsión gasificable en minera Yanacocha.* Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

ANEXOS

ANEXO 1.

Figura 1.1: Muestra de estudio del Proyecto, Fase 5.



Fuente: Departamento de Geotecnia, Toquepala.

ANEXO 2.

Figura 2.1: Escala de clasificación visual de gases nox.

Nivel	Apariencia Típica
Nivel 0 Gases NOx inexistentes	
Nivel 1 Gases NOx leves	
1A Localizado	
1B Medio	
1C Extenso	
Nivel 2 Gases amarillos/naranjas menores	
2A Localizado	
2B Medio	
2C Extenso	
Nivel 3 Gases naranjas	
3A Localizado	
3B Medio	
3C Extenso	
Nivel 4 Gases naranjas/rojos	
4A Localizado	
4B Medio	
4C Extenso	
Nivel 5 Gases rojos/morados	
5A Localizado	
5B Medio	
5C Extenso	

Fuente: Australian explosives industry and safety group inc, AEISG.

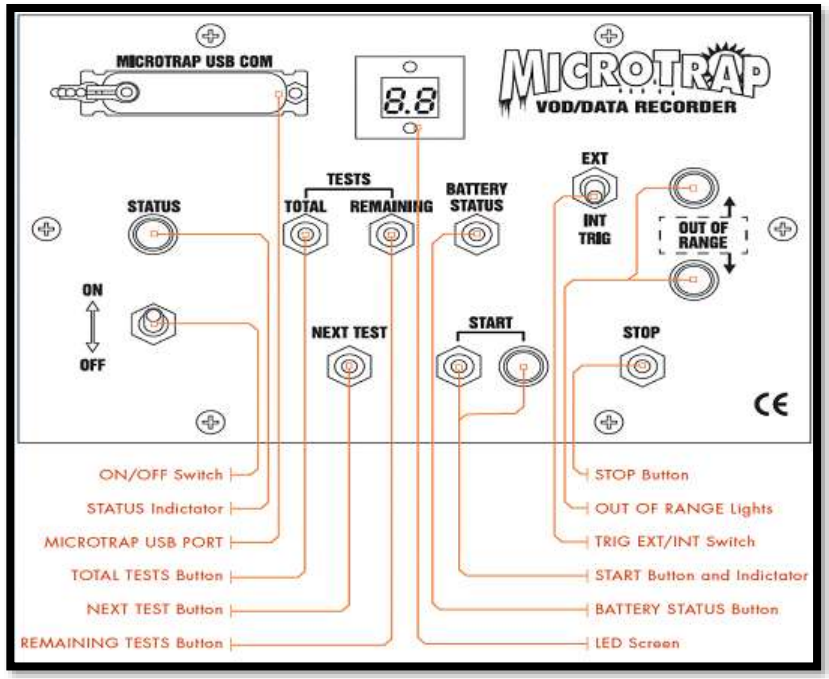
ANEXO 3

Figura 3.1. Imagen de Microtrap utilizado para el calculo de la VOD.



Fuente: Area de Asistencia Técnica, Exsa.

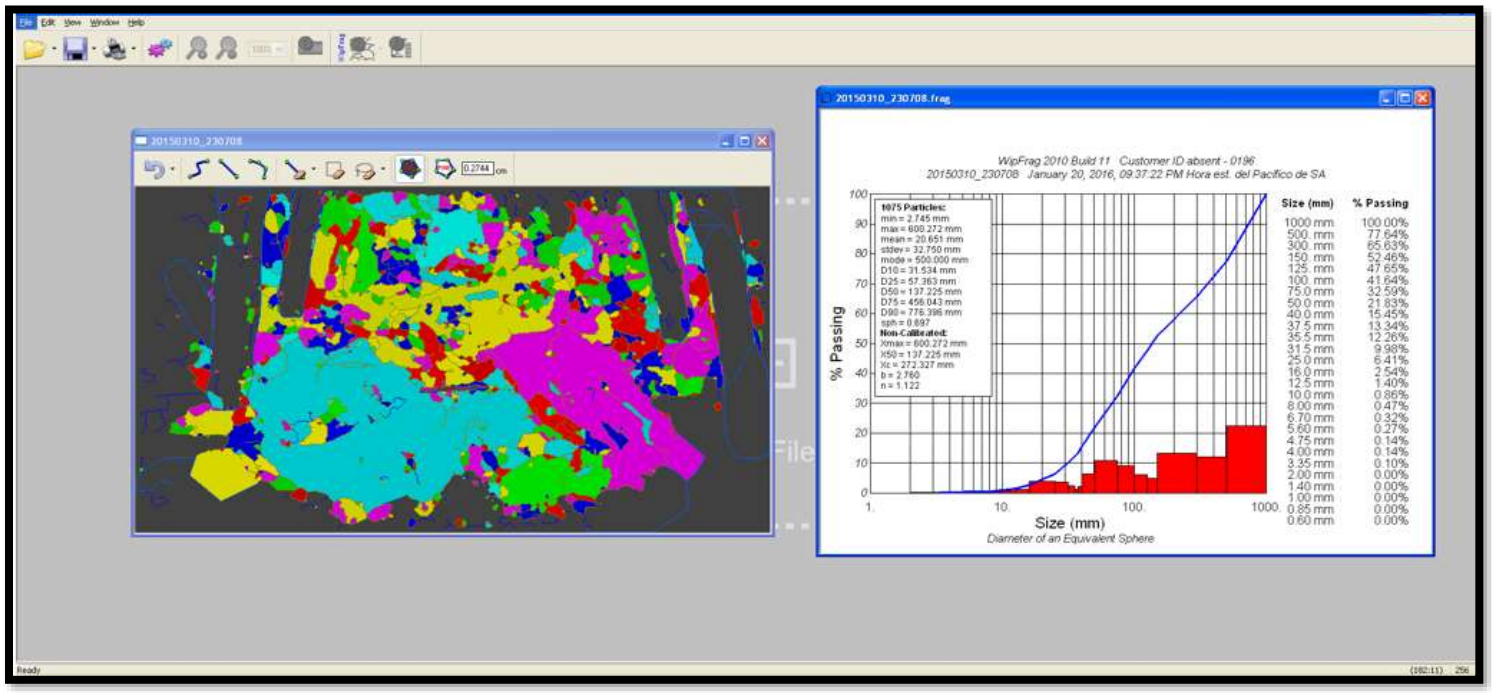
Figura 3.2. Herramientas del equipo Microtrap.



Fuente: Area de Asistencia Técnica, Exsa.

ANEXO 4

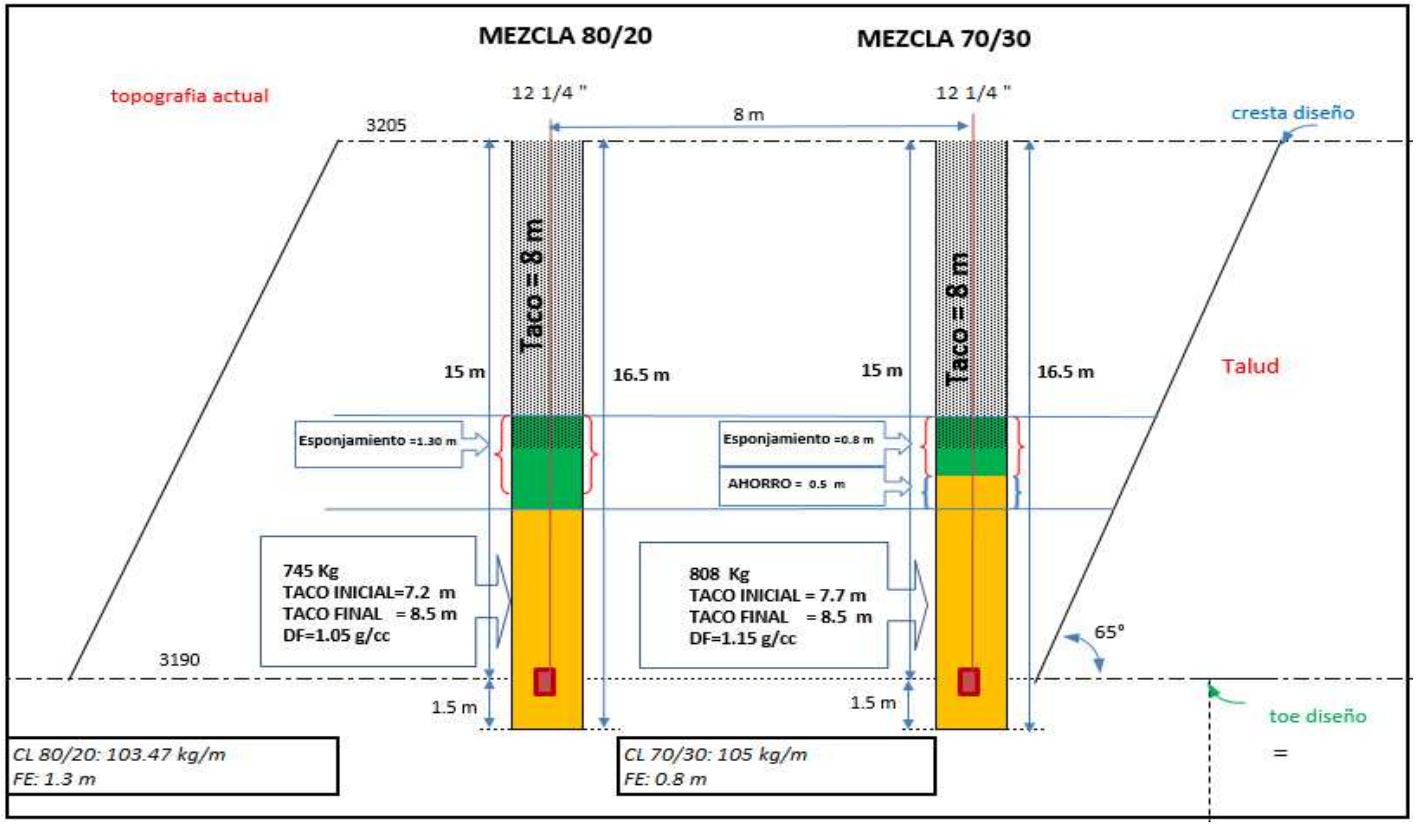
Figura 4.1. Analisis de fragmentacion aplicando Wi frag.



Fuente: Area de Asistencia Técnica, Exsa

ANEXO 5

Figura 5.1. Diferencia de esponjamiento entre Mezcla Explosiva 80/20 y Mezcla Explosiva 70/30.



Fuente: Area de Asistencia Técnica, Exsa.

. ANEXO 6

Figura 6.1. Matriz de consistencia del proyecto de investigación.

	Preguntas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
General	¿Se lograra disminuir los costos de voladura aplicando mezcla explosiva gasificada 80/20 en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation?	Demostrar que aplicando mezcla explosiva gasificada 80/20 se reducen los costos de voladura en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation	Aplicando mezcla explosiva gasificada 80/20 se reducirán los costos de voladura en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation	**Variable independiente** Mezcla explosiva 70/30 Mezcla explosiva 80/20 **Variable dependiente** • Optimización de la fragmentación. • Reducción de costos de perforación y voladura. • Mitigación de gases. .	**Tipo de investigación** El tipo de investigación que se adapta al presente trabajo es **Correlacional**. **Método de investigación** El método de investigación es de carácter **cuantitativa.** **Diseño de investigación** De acuerdo a su naturaleza corresponde al diseño **experimental** tipo **experimento puro** y adopta un diseño con **posprueba única y grupo de control.** **Técnica** Se realizará la prueba estadística t Student. Ha= O1 =/ O2 Ho=O1 = O2.
Especifica	- ¿Qué tan eficiente será la mezcla explosiva gasificada 80/20 en comparación con otro explosivo utilizado en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation? -¿Qué beneficios operativos traerá usar mezcla explosiva gasificada 80/20 en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation?	-Demostrar la eficiencia de la mezcla explosiva gasificada 80/20 en comparación con otros explosivos utilizados en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation -Cuantificar los beneficios operativos de utilizar la mezcla explosiva gasificada 80/20 en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation	La mezcla explosiva gasificada 80/20 es eficiente en comparación con otros explosivos utilizados en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation. Aplicando mezcla explosiva gasificada 80/20 se tiene beneficios operativos cuantificables en la unidad minera Toquepala de la empresa Southern Perú Copper Corporation		

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 7

Figura 7.1. Aporte energético de sus componentes en una Mezcla Explosiva



Fuente: Area de Asistencia Técnica, Exsa.

ANEXO 8

EXSA SIVE TOQUEPALA

PETS / CARGUÍO DE TALADROS CON MEZCLA EXPLOSIVA

1. PERSONAL Y RESPONSABILIDADES

1.1. Residente EXSA: Es el responsable de verificar el cumplimiento del presente PETS y asegurarse que las condiciones de trabajo sean las adecuadas.

1.2. Colaboradores: Son todos aquellos trabajadores que se encuentran entrenados, capacitados y cuentan con el carnet de SUCAMEC para el carguío de taladros. Para el caso de los conductores y operadores deberán de contar con la autorización interna de conducción de vehículos y/o equipos de código 1-P y practicar en todo momento el manejo defensivo.

1.3. Controladores de campo: Son los responsables de controlar y verificar al inicio y durante el carguío de taladros las mezclas y densidades adecuadas según diseño establecido para lo cual utilizan el formato SVE-F-021 (Medición de Densidades).

2. EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

2.1. EPP: Zapatos punta de acero, chaleco naranja con cintas reflectivas, lentes de seguridad, casco

2.2. Protector de oídos (según evaluación del IPERC diario)

2.3. Respirador con filtros para polvo (según evaluación del IPERC diario)

2.4. Guantes de neopreno y/o nitrilo, cuero

2.5. Arnés y línea de vida simple en labores sobre 1.80 m.

2.6. Bloqueador Solar

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES

3.1. Conos y tacos de Seguridad: son dispositivos de seguridad que se utilizan para delimitar el área asignada a un vehículo y/o equipo (conos de seguridad) y bloquear el vehículo o equipo (tacos).

3.2. Radio Handy: dispositivo de comunicación que utilizanlos conductores, operadores de vehículos y equipos y la supervisión

durante el carguío de taladros y el tránsito en mina con la finalidad de mantener una comunicación efectiva de las actividades y anticipar el acercamiento y/o solicitar autorización de pase a los equipos gigantes.

3.3. Camioneta Pick UP 4x4: vehículo utilizado para el transporte de personal durante el tránsito en mina. También se cuenta con camionetas Pick Up 4x4 acondicionadas para el transporte de accesorios y explosivos.

3.4. Camión Mezclador: camión acondicionado con compartimientos separados para el transporte de agentes de voladura y utilizado para el carguío de taladros.

3.5. Wincha de lona de 50 metros: herramienta de medida utilizada por el operador de carguío para determinar la longitud de taco que se requiere durante el carguío de taladros según diseño de carguío establecido.

3.6. Balanza digital de plataforma con una capacidad nominal de 10 Kg. (Precisión 0.1 gr y calibrada): equipo de medición de peso de la sustancia destinada a la medición de su densidad en el campo.

3.7. Recipiente Cilíndrico de 1,000 cm^3: recipiente que contiene a la sustancia destinada a la medición de su densidad en campo.

3.8. Espátula: accesorio de limpieza utilizado durante la medición de densidades.

4. PROCEDIMIENTO

4.1. Reunión de Seguridad Diaria

4.1.1. Antes de iniciar con la jornada de trabajo todo el personal participa de la reunión de seguridad del día y establece sus nombres, apellidos y firma correspondiente en el registro de participantes.

4.2. Coordinaciones Previas y Verificación Inicial

4.2.1. El Jefe dePerforación y Voladura de la minera (B-1) o el encargado en su reemplazo (B-2), coordina un día antes en la reunión de voladura con las áreas involucradas (Geología, Geotecnia, Ingeniería) de la minera los proyectos que serán primados y comunica al residente de EXSA dicho primado y posterior carguío de proyecto y/o el avance de otros proyectos. Para tal efecto se utiliza el formato Reporte de Voladura Diaria de Southern.

4.2.2. Así mismo, en dicha reunión de voladura el residente de EXSA solicita al responsable del área de Perforación y Voladura B-1 la autorización de ingreso a mina para el carguío de taladros en el proyecto designado.

4.2.3. El responsable del área de Geotecnia de la minera confirma en la reunión diaria de voladura la estabilidad de los taludes en el proyecto asignado para el carguío de taladros y autoriza el ingreso de personal de EXSA para el carguío de taladros. Para tal efecto se utiliza el formato Reporte de Voladura Diaria de Southern.

4.3. Pre uso de equipos

4.3.1. El personal responsable y autorizado para la operación del camión mezclador deberá realizar la inspección visual diaria del equipo (vuelta del gallo) antes de la operación y tránsito en mina y luego proceder al llenado del checklist en donde registra todas las observaciones detectadas. Si el camión mezclador no se encuentra en condiciones de seguridad adecuadas comunique de inmediato al residente de EXSA para su verificación por el personal de mantenimiento.

4.4. Zona de carguío

4.4.1. Todo el personal involucrado en la tarea realiza el IPERC continuo diario, caso contrario no podrán iniciar la tarea.

4.4.2. Llegando al proyecto designado para el carguío de taladros, el operador del camión mezclador solicitará permiso para ingreso a la malla de carguío al líder de grupo, así mismo tendrá que ser guiado en todo momento por el operador de carguío (personal de piso) dentro de la malla.

4.4.3. Si no tiene espacio de carguío, o por algún motivo deba estacionarse, deberá hacerlo fuera de la malla en retroceso y en zona segura, considerar minimo 30 metros del talud y listo para salir por cualquier emergencia.

4.4.4. Para ingresar o salir del proyecto, solicitar el permiso correspondiente a los equipos de perforación u otros si los hubiera haciendo uso de la radio y espere la confirmación respectiva por parte del operador de dicho equipo; así mismo transite conservando una distancia de 20 metros como mínimo a otros vehículos y/o equipos.

4.4.5. Así mismo, al ingresar a la zona de carguío de taladros en taludes cercanos se debe verificar constantemente la presencia de material inestable y/o rocas colgadas comunicando de inmediato al residente de EXSA, el mismo que comunicará al Jefe de Perforación y Voladura B-1 quien coordinará con el área de Geotecnia de la minera Southern y se proceda a realizar la evaluación correspondiente y de ser necesario se restrinja o prohíba el acercamiento de personal y equipos por dicha zona.

4.4.6. Al estacionarse el operador del camión mezclador utiliza sus elementos de bloqueo (caja de cambios trabada a velocidad

adecuada, freno de parqueo, retirar la llave de contacto, coloque tacos y conos).

4.5. Carguío de Taladros

4.5.1. Una vez ubicados en el proyecto designado para el carguío de taladros y antes de comenzar la tarea, el Supervisor EXSA inspeccionará el área para identificar los peligros. Cuando se trabaje a menos de 10 m del pié del talud (taladros de pre-corte) se coordinará para la ubicación de un vigía durante todo este proceso con la finalidad de anticipar posibles deslizamientos y/o desprendimientos de material o rocas sueltas.

4.5.2. El operador del camión mezclador verificará la ubicación del equipo y con el apoyo del operador de carguío (personal de piso) ubicará su equipo a una distancia de acercamiento segura mínima de 20 metros de otros equipos (camión mezclador o mini cargador) tal que les permita realizar maniobras seguras dentro de la malla al momento de realizar el carguío de taladros.

4.5.3. El supervisor de EXSA o líder de grupo establece el sector de estacionamiento para vehículos y/ o equipos involucrados en una zona contigua al proyecto de tal manera que no interfieran con la tarea.

4.5.4. Para el carguío de taladros el operador del camión mezclador mantiene la radio musical apagada, estando en todo momento atento a las comunicaciones radiales por frecuencia mina (canal 1).

4.5.5. El operador del camión mezclador revisará el plano de carguío y diseño de carga establecido, verificará la densidad de la mezcla explosiva antes de cargar el primer taladro. Para ello deberán contar con el equipo necesario para esta operación. Esta densidad será tomada aleatoriamente por el controlador de la mezcla, para constatar la densidad correcta.

4.5.6. En cada viaje o antes de iniciar el proceso de carguío, el operador del camión mezclador verterá los kilos necesarios fuera del primer taladro en una bolsa o bandeja para verificar que la dosificación de la mezcla sea la requerida. El material vertido en la bolsa o bandeja se echará sobre 1 metro del taco inerte del taladro para evitar ensuciar el proyecto.

4.5.7. Cargue el brazo de descarga aproximadamente con 70 a 100 Kg de explosivo, dependiendo de las longitudes del brazo, resetear el totalizador de explosivos y proceda al carguío del taladro.

4.5.8. Está terminantemente prohibido que el personal transite por debajo del brazo de descarga del camión mezclador, podría desprenderse y causar lesiones graves.

4.5.9. Está prohibido realizar carguío de taladros en retroceso sin ser guiado por el personal de piso, se puede cargar en retroceso

usando los tres toques de claxon y con su guía (personal piso). Se prohíbe dar en retroceso sin guía en la malla de carguío.

4.5.10. La secuencia de carguío de taladros debe ser ordenada (carguío por filas), por ningún motivo el operador del camión mezclador cargará taladros sin la presencia y apoyo del operador de carguío (personal de piso). Tampoco está permitido que un operador de carguío (personal de piso) realice el winchado a dos camiones en simultaneo.

4.5.11. El operador de carguío (personal de piso) medirá la longitud de taco con la Wincha, según el diseño de carga establecido, e indicará si se requiere aumentar la carga en el taladro cargado.

4.5.12. El operador del camión mezclador deberá tener en consideración de la dosificación del petróleo (FO) cuando se fabrique la mezcla explosiva, reportar el % de paso analizado en el primer viaje aproximadamente en el segundo taladro de iniciado el carguío. El operador del camión mezclador deberá tener en consideración de la dosificación del nitrito de sodio, cuando se fabrique la mezcla explosiva, reportar el % de paso analizado en el primer viaje aproximadamente en el segundo taladro de iniciado el carguío.

4.5.13. Para “soplar” o limpiar el brazo de descarga, cierre la llave de los inyectores para evitar derrames o contaminaciones en el piso.

4.5.14. Todo movimiento del camión mezclador dentro de la malla debe ser guiado por el operador de carguío (personal de piso), de lo contrario abstenerse a realizar maniobras que pueden ser riesgosas, esto se tendrá en cuenta hasta que se retire del proyecto.

4.5.15. El camión mezclador nunca debe pasar sobre taladros cargados sin tapar, o taladros sin carga, NO pise los faneles o accesorios de voladura, salvo lo autorice el operador de carguío (personal de piso) quien guiará y enterrará los faneles para protegerlos y evitar que sean pisados y deteriorados.

4.5.16. Las mangas plásticas de los brazos de descarga que dejen de emplearse por desgaste, deberán de ser eliminadas por contener restos de explosivos, cortándolas en pedazos pequeños y depositándolos en los taladros, antes de que estos sean tapados. NUNCA dejar sobre los taladros.