UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

APLICACIÓN DE STEMMING DE 2” UTILIZADA COMO TACO, PARA MEJORAR LA FRAGMENTACIÓN EN LAS ZONAS DE BRECHAS CON MINERAL DE ALTA LEY EN LA UNIDAD MINERA CUAJONE

TESIS
PRESENTADO POR:

BACH. VICTOR RAUL CHAVEZ OCSA

Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERÚ
2019

028

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

FOLIO N° .....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Según Resolución..DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 1194-2019-UNAM.....

El Jurado Dictaminador ha calificado la defensa de la tesis:

TITULADA:

"APLICACIÓN DE STEMMING DE 2" UTILIZADA COMO TACO, PARA MEJORAR LA FRAGMENTACIÓN DE LAS ZONAS DE BRECHAS CON MINERAL DE ALTA LEY EN LA UNIDAD MINERA CUAJONE"

Asesor:..DR. MARCOS LUIS ORISPE PÉREZ.....

Asesor Externo:...—.....

Tesista: .BACH. VÍCTOR RAÚL CHÁVEZ OCSA.....

Dictamina como...APROBADO.....por....UNANIMIDAD.....

La defensa del tema de investigación con la nota: .....CATORCE..... (14)

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

Siendo las..18:00..horas, del...16.....de..DICIEMBRE.....del año....2019.....

se procede a firmar la presente.

.....
Presidente del Jurado
MGL. JORGE LUIS FLORES SALAS

.....
Primer Miembro
ING. AGAPITO FLORES JUSTO

.....
Segundo Miembro
Ing. [illegible]

.....
Tesista
Bach. Victor Chavez Ocsa

DEDICATORIA

A mis padres por el apoyo incondicional en la etapa de mi formación profesional, que fue muy gratificante y dificultoso al mismo tiempo; muchos de mis logros se los debo a ustedes incluido este.

Agradecimientos

Agradezco la confianza, consejos y lo enseñado por los catedráticos de la Universidad Nacional de Moquegua principalmente a los docentes de Escuela Profesional de Ingeniería de Minas.

A mis colegas del área de perforación y Voladura, de la unidad minera de Cuajone, por sus consejos, enseñanzas, aportaciones y sus valiosas críticas para el desarrollo de este proyecto.

A mis compañeros del Sive Cuajone, por su muy buena ética profesional y por su valiosa aportación para la explicación de este documento.

A mi asesor y jurados por los consejos para el desarrollo de mi proyecto.

RESUMEN

En el presente trabajo que se realizó es una comparación entre dos tipos de material para taco, material detritus y material grava, para realizar las pruebas se escogió los siguientes proyectos 3130-634, 3130-635, 3130-640 y 3130-641 todos tienen en común su macizo rocoso con presencia de brechas, su diseño de malla y diseño de carga.

Los cuatro proyectos se cargaron con 850 kg de mezcla explosiva Quantex 70/30 cuya densidad sin gasificar es de 1.37 gr/cm^3, densidad de copa 1.10 gr/cm^3, las longitudes de carga son de 8.2 m, con cámara de aire es de 0.8 m y 6 metros la distancia de taco, espaciamiento de 9 m, burden de 7.83 m, altura de banco de 15 metros más un metro de sobre perforación, el diámetro de los taladros de 0.311 m, y factor de potencia de 0.30 kg/tm haciendo un análisis de agrupamiento según Cluster.

La retención de la energía, para el taco que se tapó con material detritus la retención fue de 146.25 ms mientras que la retención del taco que se tapó con material grava con P80 de 1.907 pulgadas de la grava la retención de la energía fue de 237.86 ms en promedio, esto se debe a que la grava chancada tiene fragmentos angulosos que permiten una mejor retención que el material detritus, comparando la retención la grava retiene un 63 % más que el detritus, reteniendo 91.60 ms más la energía lo que permite una mejor fragmentación del macizo rocoso, y permitió se esta forma reducir el fly rock.

En el registro de vibraciones los proyectos que se taparon con material detritus la velocidad pico partícula registrada en promedio fueron de 70.98 mm/s, mientras los proyectos que se taparon con material grava, la velocidad pico partícula fue de 133.45 mm/s, comparamos los proyectos tapados con detritus y los proyectos tapados con grava, la vibración de los proyectos tapados con grava es un 88% mayor que los proyectos tapados con detritus, teniendo 62.48 mm/s más de velocidad pico partícula que el proyecto tapado con detritus, esto explica la fuga de la energía por la parte más débil en esta situación la zona del taco tapado con material detritus,

caso contrario el material tapado con grava retiene mejor la energía es por tal razón que la vibración es mucho mayor.

La velocidad de detonación para los proyectos tapados con detritus fue de 5516.35 m/s, mientras la velocidad de detonación del proyecto tapado con grava fue de 5665.55 m/s, 139.20 m/s más de velocidad de detonación que representa el 3% más que el proyecto tapado con detritus, esto se da al grado de confinamiento.

El P80 de los proyectos tapados con material detritus en promedio fue de 10.64 pulgadas, los proyectos tapados con grava el P80 fue de 7.69 pulgadas de un total de 5330 fotos analizadas gracias al Split online, el P80 de los proyectos tapados con grava es 28% menor que los proyecto tapados con detritus, reduciendo en 2.95 pulgadas el 80 % pasante, mejorando notablemente la fragmentación.

La velocidad de excavación de la pala 05 en los proyectos tapados con detritus fue de 9459.68 Tm/h, mientras que en los proyectos tapados con detritus la velocidad de excavación fue de 10058.29 Tm/h, los proyectos donde se tapó con material grava la velocidad de excavación aumenta en 6% más en comparación con los proyectos tapados con detritus, lo que representa 598.6 Tm/h que aumenta la producción.

ABSTRAC

In the present work that was carried out is a comparison between two types of material for block, material detritus and gravel material, to carry out the tests the following projects were chosen 3130-634, 3130-635, 3130-640 and 3130-641 all have in common its rocky massif with the presence of gaps, its mesh design and load design.

The four projects were loaded with 850 kg of 70/30 Quantex explosive mixture whose density without gasification is 1.37 gr / cm^3, cup density 1.10 gr / cm^3, loading lengths are 8.2 m, with air chamber is 0.8 m and 6 meters the distance of block, 9 m spacing, load of 7.83 m, bench height of 15 meters plus one meter of over drilling, the diameter of the drills of 0.311 m, and power factor of 0.30 kg / Tm. doing a cluster analysis according to Cluster.

The energy retention, for the block that was covered with detritus material, the retention was 146.25 ms while the retention of the block that was covered with gravel material with P80 of 1,907 inches of the gravel the energy retention was 237. 86 ms on average, this is because the crushed gravel has angular fragments that allow better retention than the detritus material, comparing the retention the gravel retains 63% more than the detritus, retaining 91.60 ms more energy which allows a better fragmentation of the rock mass, and allowed this way to reduce fly rock.

In the record of vibrations the projects that were covered with detritus material the average peak particle velocity recorded were 70.98 mm / s, while the projects that were covered with gravel material, the peak particle speed was 133.45 mm / s, we compared the projects covered with detritus and projects covered with gravel, the vibration of projects covered with gravel is 88% greater than projects covered with detritus, having 62.48 mm / s more peak particle velocity than the project covered with detritus, this explains the leakage of the energy by the weakest part in this situation the area of the block covered with detritus material, otherwise the material covered with gravel retains the energy better is for this reason that the vibration is much greater.

The detonation speed for projects covered with detritus was 5516.35 m / s, while the detonation speed of the project covered with gravel was 5665.55 m / s, 139.20 m / s more detonation speed representing 3% more than the project covered with detritus, this is given to the degree of confinement.

The P80 of the projects covered with detritus material on average was 10.64 inches, the projects covered with gravel the P80 was 7.69 inches out of a total of 5330 photos analyzed thanks to the Split online, the P80 of the projects covered with gravel is 28% smaller than the projects covered with detritus, reducing the passing through 80% by 2.95 inches, significantly improving fragmentation.

The excavation speed of the shovel 05 in the projects covered with detritus was 9459.68 Tm / h, while in the projects covered with detritus the excavation speed was 10058.29 Tm / h, the projects where the speed was covered with gravel material Excavation increases by 6% more compared to projects covered with detritus, which represents 598.6 Tm / h that increases production.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN ..... **III**

ABSTRAC ..... **V**

I. INTRODUCCIÓN ..... **XIII**

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA 1
1.1.1 Formulación del problema general 4
1.1.2 Formulación del problema específico 4
1.2 ANTECEDENTES 4
1.2.1 Antecedentes del estudio a nivel nacional 4
1.2.2 Antecedentes del estudio a nivel internacional 6
1.3 OBJETIVOS 7
1.3.1 Objetivo general 7
1.3.2 Objetivo específico 7
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN 7
1.5 HIPÓTESIS 8
1.5.1 Hipótesis general 8
1.5.2 Hipótesis específica 8

II. MARCO TEÓRICO **9**

2.1 BASE TEÓRICA 9
2.1.1 Ubicación del proyecto 9
2.1.2 Características de la mina Cuajone 10
2.1.3 Metodo de explotación 11
2.1.4 Equipos en la unidad Minara Cuajone 12
2.1.5 Geología de la unidad Minera de Cuajone 16
2.2 BRECHAS EN LA UNIDAD MINERA CUAJONE 19
2.2.1 Parámetros que controlan generación de brechas hidrotermales: 20
2.2.2 Clasificación de las Brechas de Cuajone 20
2.2.3 Evolución de Brechas en Cuajone 21
2.3 RETENCIÓN DE TACO 44
2.4 CHANCADORA DE GRAVA DE 2" 45
2.5 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS 47

III. MÉTODO. **55**

3.1 TIPO DE NIVEL DE INVESTIGACIÓN 55
3.2 ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL 57

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA. 57
3.4 INSTRUMENTOS. 58
3.5 PROCEDIMIENTOS. 58
3.5.1 Procedimiento del Sive Cuajone - Carguío de taladros primarios con explosivo 58
3.5.2 Procedimientos de cómo se realizó las Pruebas de Retención y sus controles. 66
3.5.3 Procedimiento de seguimiento de minado de los proyectos donde se realizó las pruebas. 71
3.6 ANÁLISIS DE DATOS. 72
3.7 ANÁLISIS DE VARIABLES. 72
IV. RESULTADOS 73
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 85
VI. CONCLUSIONES 89
VII. RECOMENDACIONES 91
VIII. REFERENCIAS 92
IX. ANEXOS 94
ANEXO 01: PRUEBAS PARA EL CÁLCULO DE DENSIDAD APARENTE. 95
ANEXO 02: GEOLOGÍA DE LOS PROYECTOS DONDE SE REALIZÓ LAS PRUEBAS 99
ANEXO 03: ANÁLISIS DE LA GRANULOMETRÍA DE LA GRAVA MEDIANTE EL SOFTWARE WIPFRAG 103
ANEXO 04: ANÁLISIS DEL TIEMPO DE RETENCIÓN POR CADA PROYECTO. 109
ANEXO 05: REPORTE DE VIBRACIONES DE LOS PROYECTOS. 137
ANEXO 06: REGISTRO DE VOD. 141
ANEXO 07: PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DE GRAVA Y TAPADO DE TALADROS. 143
ANEXO 08: ESTÁNDAR PROTOCOLO DE VOLADURA 146
ANEXO 09: GLOSARIO 153

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1: Fuga de la energía del explosivo por el taco inadecuado.....1
Figura 2: Frente de minado de la fase 6B2 zona de brecha - mala fragmentación.....2
Figura 3: Bolonería en fase 6B2 - zona de brecha. 2
Figura 4: Accidentes mortales por tipo - porcentaje 2000-2019. 3
Figura 5: Ubicación de la unidad minera de Cuajone. 10
Figura 6: Flujo Mina Cuajone. 12
Figura 7: Eventos de los pulsos en la Mina Cuajone. 19
Figura 8: Rocas preliminares, andesita y riolita. 22
Figura 9: Zona de debilidad producto de las fallas. 22
Figura 10: Intrusión de la Latita Porfirítica. 23
Figura 11: Pórfido mineralizando al brechamiento tectónico. 23
Figura 12: Enfriamiento del pórfido produciendo STOCKWORK mineralizado. 24
Figura 13: Venillas en Stockwork producto del primer pulso de la LP1. 25
Figura 14: Mineralización de las brechas tectónicas. 26
Figura 15: Intrusión de la LP2 y BLP GRIS donde se produce múltiples eventos de brechamiento. .26
Figura 16: Frente de la falla Cuajone donde se observa el brechamiento de las rocas huésped (Andesita y Riolita) y de la LP2 Gris. 27
Figura 17: Brechamiento de la Andesita, se observa oquedades, producto del movimiento tectónico. 27
Figura 18: Brechamiento de la falla Cuajone - Ore Brechas. 28
Figura 19: Brechas magmáticas hidrotermales de ricos sulfuros económicos. 29
Figura 20: Brecha Magmática-Hidrotermal del fondo de mina: se observa el desplazamiento del Stockwork de venas de cuarzo de la LP1 (Nivel 3085, fondo de mina). 29
Figura 21: Formación de las brechas magmáticas hidrotermales. 31
Figura 22: Primera brecha Ore muy rica en mineral que se encuentra dentro de la LP1. 31
Figura 23: Brecha Ore con una matriz de Calcopirita. 32
Figura 24: Ebullición de la salmuera. 33
Figura 25: Exposición violenta producto de las altas temperaturas. 33
Figura 26: Pebble Brecha o Brecha de Guijarros producto de la exposición violenta. 34
Figura 27: En la foto superior se observa calcopirita cristalizada, calcita cristalizada, tetraedrita, siderita cristalizada, galena y marmatita (Raíces de un Epitermal). 34
Figura 28: En la foto observamos la matriz de calcopirita con bornita, con clastos angulares. 35
Figura 29: Evento cuando los fluidos hidrotermales que viajaban a la superficie por las zonas de debilidad formado la Brecha Freato-Magmática o Brecha de cubos. 36
Figura 30: Brecha de Cubos conformado por pirita cristalizada, cuarzo cristalizados y calcosita. .36
Figura 31: Brecha 14.0, se observa argilización, sericita asociada con calcita. 37
Figura 32: Intrusión de la LP2 BLANCA produciendo contacto gradual con la LP2 GRIS. 38
Figura 33: Brechamiento donde se observa clastos de LP2 GRIS fusionado dentro de la LP2 BLANCA. 39
Figura 34: Pórfido forma una brecha explosiva, la cual al aprovechar zonas de debilidad en la LP1. 40
Figura 35: Brecha magmática-hidrotermal de LP1, englobados dentro la LP2 Blanca. 40
Figura 36: Crackel Brecha, ocurrida posiblemente, por enfriamiento de la LP2 BLANCA. 41
Figura 37: Crackel Brecha, se observa sulfuro masivo de calcopirita, rellenando oquedades, la roca es la LP2 Blanca. 42

Figura 38: Presencia de yeso – anhidrita, dentro de la Crackel Brecha. Esto nos indica la alta temperatura en que se emplazó la LP2 Blanca. 42
Figura 39: Ubicación de las brechas en mina Cuajone. 43
Figura 40: Tiempo de Retención del taco. 45
Figura 41: Excavadora PC300LC-8 acoplado una chancadora de mandibula. 46
Figura 42: Chancadora de mandíbula The Crushing Evolution BF 120.4. 46
Figura 43: Diseño de carga mostrando la mezcla explosiva, Booster, taco y accesorios. 48
Figura 44: Banco de Voladura. 49
Figura 45: Diseño de amarre con tiempos asignados. 50
Figura 46: Parte posterior del equipo microtrap. 52
Figura 47: Panel de control del equipo. 53
Figura 48: Cámara de alta velocidad Blaster's Ranger II. 54
Figura 49: Sismógrafo Minimate Pro6 de instantel. 54
Figura 50: Proceso cualitativo. 55
Figura 51: Diagrama de investigación cualitativa del proyecto. 56
Figura 52: Cálculo de densidad aparente del detritus producto de la perforación. 67
Figura 53: Cálculo de densidad aparente de la grava. 68
Figura 54: Análisis de la grava. 68
Figura 55: Pasos para la colocación de cordón detonante para visualizar el inicio de la detonación con cámara de alta velocidad. 69
Figura 56: Filmación con cámara de alta las pruebas de retención. 71
Figura 57: Longitud de carga, cámara de aire y taco de los proyectos 3130-634, 3130-635 y 3130-640. 76
Figura 58: Longitud de carga, cámara de aire y taco del proyecto 3130-641. 77
Figura 59: Densidad aparente del detritus y la grava. 78
Figura 60: Promedio de retención de taco comparando detritus y grava ANEXO 04. 80
Figura 61: Velocidad pico partícula vibración proyectos con detritus y proyecto con grava ANEXO 05. 81
Figura 62: Velocidad de detonación proyectos disparado con detritus y proyecto disparado con grava ANEXO 06. 82
Figura 63: Reporte del split shovel P80 y velocidad de excavación del 04/05/19 al 28/05/19 fecha donde se minó los proyectos de las pruebas. 84
Figura 64: Frente de minado de los proyectos tapados con material grava. 86
Figura 65: Frente de minado de los proyectos tapados con material grava. 87
Figura 66: Frente de minado de los proyectos tapados con material detritus. 87
Figura 67: Frente de minado de los proyectos tapados con material detritus. 88
Figura 68: Secundario del nivel 3115, en la zona de los proyectos donde se tapó con material detritus. 88
Figura 69: Prueba para el cálculo de masa aparente proyecto 3130-634. 95
Figura 70: Prueba para el cálculo de masa aparente proyecto 3130-635. 96
Figura 71: Prueba para el cálculo de masa aparente proyecto 3130-640. 97
Figura 72: Prueba para el cálculo de masa aparente proyecto 3130-641. 98
Figura 73: Geología del proyecto 3130-634 que presenta Latita Porfiritica Silicea Brechada, roca de dureza alta. 99
Figura 74: Geología del proyecto 3130-635 que presenta Latita Porfiritica Silicea Brechada, roca de dureza alta. 100

Figura 75: Geología del proyecto 3130-640 que presenta Latita Porfiritica Silicea Brechada, roca de dureza alta.....101
Figura 76: Geología del proyecto 3130-640 que presenta Brecha en Riolita Porfiritica, roca de dureza alta. 102
Figura 77: Análisis de la granulometría de la grava mediante el software Wipfrag proyecto 3130-640. 103
Figura 78: Análisis de la granulometría de la grava mediante el software Wipfrag proyecto 3130-640. 104
Figura 79: Análisis de la grava del proyecto 3130-640, material de grava es BLP-FRES. de P80 de 1.860 pulgadas.....105
Figura 80: Análisis de la granulometría de la grava mediante el software Wipfrag proyecto 3130-641. 106
Figura 81: Análisis de la granulometría de la grava mediante el software Wipfrag proyecto 3130-641. 107
Figura 82: Análisis de la grava del proyecto 3130-641, material de grava es IA-FIL. de P80 de 1.942 pulgadas.....108
Figura 83: Diseño de amarre y taladros donde se realizó las pruebas de retención proyecto 3130-634. 109
Figura 84: Análisis de retención de taco del taladro 2684. 110
Figura 85: Medición del tiempo de retención del taladro 2684. 111
Figura 86: Medición del tiempo de retención del taladro 2726. 112
Figura 87: Diseño de amarre y taladros donde se realizó las pruebas de retención proyecto 3130-635. 113
Figura 88: Medición del tiempo de retención del taladro 9057. 114
Figura 89: Medición del tiempo de retención del taladro 9056. 115
Figura 90: Medición del tiempo de retención del taladro 9178. 116
Figura 91: Medición del tiempo de retención del taladro 9300. 117
Figura 92: Medición del tiempo de retención del taladro 9177. 118
Figura 93: Medición del tiempo de retención del taladro 9055. 119
Figura 94: Medición del tiempo de retención del taladro 9299. 120
Figura 95: Medición del tiempo de retención del taladro 9176. 121
Figura 96: Medición del tiempo de retención del taladro 9054. 122
Figura 97: Medición del tiempo de retención del taladro 9298. 123
Figura 98: Medición del tiempo de retención del taladro 9174. 124
Figura 99: Medición del tiempo de retención del taladro 9052. 125
Figura 100: Medición del tiempo de retención del taladro 9297. 126
Figura 101: Medición del tiempo de retención del taladro 9173. 127
Figura 102: Diseño de amarre y taladros donde se realizó las pruebas de retención proyecto 3130-640. 128
Figura 103: Medición del tiempo de retención del taladro 4350. 129
Figura 104: Medición del tiempo de retención del taladro 4365. 130
Figura 105: Medición del tiempo de retención del taladro 4415. 131
Figura 106: Diseño de amarre y taladros donde se realizó las pruebas de retención proyecto 3130-641. 132
Figura 107: Medición del tiempo de retención del taladro 2499. 133
Figura 108: Medición del tiempo de retención del taladro 2501. 134
Figura 109: Medición del tiempo de retención del taladro 2502. 135

Figura 110: Medición del tiempo de retención del taladro 2503. 136
Figura 111: Reporte de vibraciones del proyecto 3130-634. 137
Figura 112: Reporte de vibraciones del proyecto 3130-635. 138
Figura 113: Reporte de vibraciones del proyecto 3130-640. 139
Figura 114: Reporte de vibraciones del proyecto 3130-641. 140
Figura 115: Registro de Velocidad de detonación proyecto 3130-634. 141
Figura 116: Registro de Velocidad de detonación proyecto 3130-635. 141
Figura 117: Registro de Velocidad de detonación proyecto 3130-640. 142
Figura 118: Registro de Velocidad de detonación proyecto 3130-641. 142
Figura 119: Aprobación del procedimiento de preparación de grava y tapado de taladros. 145
Figura 120: Aprobación de estándar de protocolo de voladura. 152

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Equipos de Carguío. 12
Tabla 2 Equipos de perforación. 13
Tabla 3 Equipos de acarreo. 13
Tabla 4 Tractores sobre llantas equipos auxiliares en Mina Cuajone. 14
Tabla 5 Tractores sobre orugas equipos auxiliares en Mina Cuajone. 15
Tabla 6 Cargadores frontales en Mina Cuajone. 15
Tabla 7 Motoniveladoras en Mina Cuajone. 15
Tabla 8 Tanques de agua en Mina Cuajone. 16
Tabla 9 Otros equipos en Mina Cuajone. 16
Tabla 10 Tipo de rocas en la mina Cuajone, alteración y densidades. 17
Tabla 11 Parámetros del macizo rocoso. 73
Tabla 12 Especificaciones técnicas de Quantex 73. 74
Tabla 13 Datos generales de los proyectos donde se realizó las pruebas. 75
Tabla 14 Parámetros de diseño de los proyectos 3130-634, 3130-635 y 3130-640. 75
Tabla 15 Parámetros de diseño del proyecto 3130-641. 76
Tabla 16 Densidad Aparente del material del taco tato para grava como para detritus. 78
Tabla 17 Tiempo de retención por proyecto, tipo de material y tiempo de retención con cámara de alta velocidad ANEXO 04. 79
Tabla 18 Registro de vibraciones por proyecto ANEXO 05. 80
Tabla 19 Velocidad de detonación en m/s de la mezcla explosiva Quantex ANEXO 06. 81
Tabla 20 Seguimiento de minado de la pala 5 sistema Jigsaw. 83
Tabla 21 Resumen de las pruebas y seguimientos que se hicieron a los proyectos donde se hicieron a las pruebas. 85
Tabla 22 Glosario de las nomenclaturas usadas en la Unidad Minera de Cuajone. 153

I. INTRODUCCIÓN

La distribución de la energía potencial de una mezcla explosiva en acción, donde la explosión, impacto y expansión, son las dos energías útiles de trabajo como la energía de la onda de choque y la energía de los gases de expansión, que mediante los efectos sumados de impacto y de presión que producen en la roca la deformación elástica y rotura insitú, la energía de la expansión de gases se pierde al contacto con la elevada presión de la atmósfera, el porcentaje utilizable para el desplazamiento de fragmentos dentro del montón de escombros empuje y apilamiento de los fragmentos del macizo rocoso, la perdida de la energía de empuje por la expansión de gases se pierde en el impulso de proyección de fragmentos volantes flyrocks.

Las energías no utilizables o pérdidas son las energías térmicas se pierde a través del calor producido al momento de la reacción química de la mezcla explosiva, sónica o ruido blast producida al momento de la denotación de los explosivos, luminosa a través de la luz al destello producido por la mezcla explosiva y vibratoria a través de las ondas sísmicas.

Las energías que se aprovechan de la manera más óptima con un buen taco son las energías de expansión de gases y la energía de la onda de choque, la importancia de un buen material para el taco.

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

La zona de brecha es un área difícil de fragmentar por sus vetillas preformadas por sedimentos hidrotermales bastantes flexibles y duros, estos sedimentos mineralizados y flexible muestran una resistencia al explosivo al momento de la fragmentación, produciendo un P80 en fragmentación por encima de los estándares para mineral en la unidad minera de Cuajone.

En la zona brecha tenía como malla de perforación un espaciamiento de 9 metros y burden 7.83 metros, para lo que es el carguío contaban con una longitud de carga de 8.2 metros y taco 6 metros, el material para el taco era el mismo stemming producto de la perforación.

El stemming producto de la perforación es un material que no ofrecía una resistencia adecuada al explosivo en la zona de brecha, permitía la fuga de la energía hacia la atmosfera y provocaba flyrock y mala fragmentación, provocando contratiempos en la operación aumentando sus costos, y generando condiciones inseguras en las zonas de brecha.

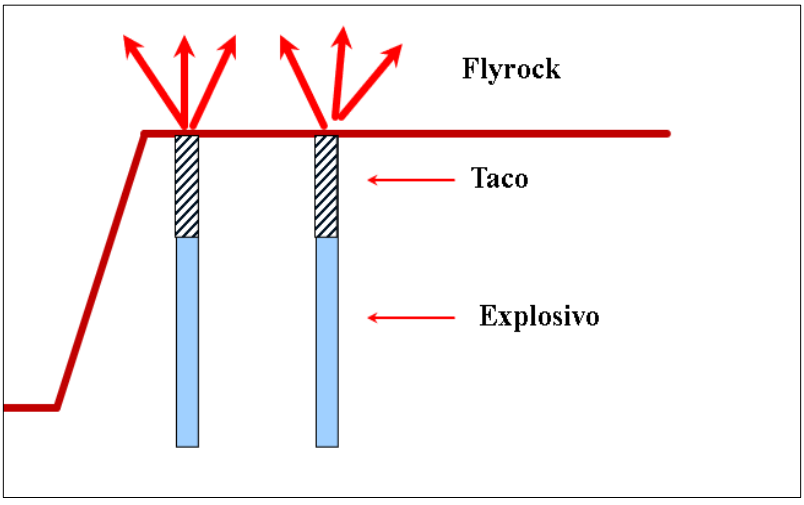


Figura 1: Fuga de la energía del explosivo por el taco inadecuado.

Fuente: Mina Cuajone, 2019.



Figura 2: Frente de minado de la fase 6B2 zona de brecha - mala fragmentación.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

En la figura 2, se muestra el frente de minado de la fase 6B2 zona de brecha con mala fragmentación, este problema aumentaba los costos de operación desde el carguío con el desgaste prematuro de los aceros de la pala, aumento en los tiempos de carguíos, y la disminución de la capacidad de carga de los camiones mineros, aumento en los costos de chancado y molienda.



Figura 3: Bolonería en fase 6B2 - zona de brecha.

Fuente: Mina Cuajone, 2019.

En la figura 3, se muestra bolonería producto de la mala fragmentación, la bolenería produce contratiempos en la operación y aumenta sus costos, en perforación y explosivos.

Al momento de la detonación de los bolones se produce flyrock, producir flyrock implica tener un alto riesgo de producir accidentes a los colaboradores, equipos y al proceso, que pueden hasta paralizar los trabajos en minería, es por tal razón en la mina Cuajone una de sus políticas es proveer un ambiente de trabajo seguro.

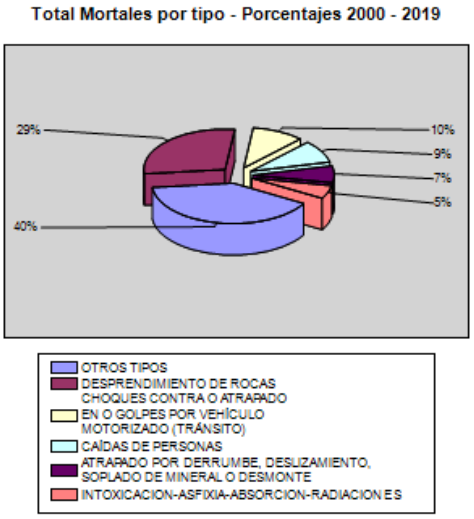


Figura 4: Accidentes mortales por tipo - porcentaje 2000-2019.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2019.

El Ministerio de Energía y Minas tiene como estadística de los accidentes fatales en minería el 7% es por atrapamiento por derrumbe, deslizamiento, soplado de mineral o desmonte con explosivos (Ministerio de Energía y Minas, 2019; Ministerio de Energía y Minas, 2019).

1.1.1 Formulación del problema general

¿Aplicando stemming de 2” utilizada como taco, mejorará la fragmentación en la zona de brecha con mineral de alta ley?

1.1.2 Formulación del problema específico

¿Aplicando stemming de 2” se podrá retener mejor la energía del explosivo y así obtener una mejor fragmentar del macizo rocoso en zonas de brecha?

1.2 Antecedentes

1.2.1 Antecedentes del estudio a nivel nacional

Nuevas técnicas para el confinamiento del explosivo en minas a tajo abierto, (SÁENZ, CASTAÑEDA, & CANCEC, 2015), cuyo presente trabajo tubo por finalidad demostrar la efectividad del uso del material triturado producto de la perforación (cutting o detritus de perforación) como elemento de confinamiento de energía (taco) para el control de una voladura a tajo abierto, siempre y cuando se use una nueva técnica en el carguío del explosivo. Esto se aplica tanto para taladros secos como los que presentan agua en su interior. Hasta inicios del año 2015 en Minera Yanacocha se mantenía el diseño tradicional en una columna explosiva de un taladro de producción, el cual contemplaba la utilización de una carga explosiva corrida con detonación electrónica o pirotécnica. Cabe resaltar que todos los taladros eran tapados con material zarandeado tipo stemming de 2 pulgadas de diámetro como promedio. El objetivo de aplicar esta técnica fue reemplazar el uso del material tipo stemming por el cutting sin aumentar el riesgo de tener flyrock, manteniendo y/o mejorando los resultados de fragmentación y obteniendo importantes resultados de ahorro en su aplicación. Para lograr el correcto confinamiento de energía en un taladro utilizando cutting se utiliza el principio de colisión de energía dentro del mismo, la cual

además considera la utilización de una cámara de aire o de agua intermedia cumpliendo la función de crear un área de acumulación de gases que genere micro fracturas y mantenga la energía en la zona central del taladro para obtener una buena fragmentación sin tener una columna completa de explosivo. Esto último se resume en una disminución de costo por tonelada volada.

Optimización de la fragmentación de roca en mina y su influencia en los circuitos de trituración y molinos, (CRUCES HERRERA & PAUCAR ALBARRACIN, 2011)cuyo objetivo fue incrementar la rentabilidad del proceso productivo global Mina - Concentradora a través de mejoras en la eficiencia de los procesos que forman la cadena del valor creado, es que los departamentos de Perforación y Disparos y Metalurgia han determinado en conjunto que uno de los procesos claves dentro de esta cadena es sin lugar a dudas la fragmentación de rocas por voladura. La variabilidad de ella tiene como consecuencia el mayor o menor tonelaje tratado en la etapa de trituración y molienda. Un análisis estadístico del producto de la fragmentación medido en un tamaño de 30cm y un porcentaje pasante promedio de 88%, muestran variaciones que van desde 76.1% hasta 99%. Esta variabilidad registrada en los últimos cinco años ha ocasionado alteraciones en la capacidad de producción de la Planta. Las operaciones de la Concentradora requieren un tamaño de mineral homogéneo con +/- 92% pasante (-30cm) en la alimentación a la trituradora primaria. Un material más fragmentado y homogéneo implica mayor presencia de tamaños pequeños y conlleva a menores costos en trituración, mayores flujos horarios y por ende mayor tonelaje tratado en molienda primaria.

Influencia de la Optimización de la Fragmentación de Roca en la Rentabilidad de las Operaciones Mina-Molienda (TORRES, 2017) Este trabajo de tesis ofrece un resumen y perspectiva de las actividades que se desarrollan actualmente sobre el tema de simulación de fragmentación de roca por voladura bajo un enfoque sistémico e intenta repasar algunos alcances técnicos en cuanto al proceso de optimización

de la voladura vía modelos de simulación de fragmentación y su influencia en la rentabilidad de la operación global (mina y molienda). Evaluando el papel que juega la distribución de la fragmentación de la roca por voladura en el desempeño eficiente del carguío, transporte, chancado y molienda con un énfasis en el uso adecuado de la energía, es decir de usar energía donde es más eficiente (voladura), y conservarlo donde es menos (chancado).

1.2.2 Antecedentes del estudio a nivel internacional

Nueva Técnica de Voladura, autor: R. Frank Chiappetta de BAI Artículo (2004) en "Journal of Explosives Engineering", Voladura Tensional es una nueva técnica desarrollada por International Technologies, LLC. Para eliminar la sobre perforación, disminuir las vibraciones en el terreno, mejorar la fragmentación y reducir el consumo de explosivos. Esta nueva técnica utiliza un accesorio de diseño único, con una cámara de aire en el fondo del pozo y una masa predeterminada de detritus encima del tapón. A esta combinación se le denomina Taponex, además de evitar el flyrock. (P.2)

Estado del Arte de la Tronadura (MC KENCIE, 1994) El material del taco es crítico en cualquier revisión del funcionamiento del taco. En muchas operaciones mineras, sólo se usa el detritus de perforación por su conveniencia. Sin embargo, a menos que el detritus sea muy grueso, es un material muy ineficiente para el taco, requiriendo una columna significativamente más larga relativa a la que se requiere para un material árido más grueso, para lograr un control estricto sobre la eyección del taco y de la proyección de rocas. El material óptimo para el taco es un árido graduado con un tamaño medio aproximadamente igual a un décimo o un quinceavo del diámetro del hoyo. Luego, un hoyo de 100 mm de diámetro debería utilizar un árido de 10 a 12 mm. Bajo estas condiciones, el largo del taco frecuentemente se puede reducir a casi 20 a 25 veces el diámetro del hoyo. La angulosidad es también el requerimiento principal del material para el taco. Partículas bien

redondeadas tales como la grava aluvial es mucho menos efectiva que el árido chancado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Utlizar stemming de 2” para el taco, para obtener mejor fragmentación del macizo rocoso en zonas de brecha con mineral de alta ley.

1.3.2 Objetivo específico

Utilizar stemming de 2” para retener mejor la energía del explosivo y así obtener una mejor fragmentar del macizo rocoso en zonas de brecha.

1.4 Justificación e importancia de la Investigación

El taco es el relleno de la parte superior del taladro con material estéril. Su misión es la de retener los gases producto de la explosión, durante fracciones de segundos, suficientes para evitar que los gases fuguen por la parte superior del taladro, de esta manera el explosivo trabaja para lo que fue creado, fragmentar la roca.

Si no hay taco los gases escaparán hacia la atmosfera arrastrando gran cantidad de energía que debería actuar en la fragmentación de la roca.

Si el taco es insuficiente habrá problemas de fuerte ruido producidos por los gases, generando proyecciones de rocas, conocidos como flyrock.

Si el taco es excesivo, se obtendrá gran cantidad de bloques procedentes de la parte superior del banco, por tanto, fragmentación irregular, poco esponjamiento de la pila del material.

Normalmente se usaba para el taco, detritus producto de la perforación, debido a su disponibilidad, el taco usado es de 6 metros, la retención de la energía del explosivo era bastante baja de 140 a 150 milisegundos, para diámetros de 12 ¼ la retención mínima de la energía del explosivo debe de ser 200 ms, para obtener una buena fragmentación.

Tiendo siempre en mente la mejora continua nace la idea de la tesis del presente trabajo, comparar la fragmentación utilizando taco con detritus con la fragmentación utilizando stemming de 2".

La investigación que se realizará tendrá como fin determinar que material stemming, analizando el tiempo de retención de la energía del explosivo, ayudará como indicador, por ejemplo, a más tiempo de retención habrá una mejor fragmentación del macizo rocoso brechado que contenga alta ley de mineral.

La determinación de un buen material como stemming para el taco permitirá aprovechar al máximo la energía del explosivo, que ayudará a obtener una adecuada fragmentación, y además reducirá el flyrock.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

Utlizando stemming de 2" para el taco, obtendremos mejor fragmentación del macizo rocoso en zonas de brecha con alta ley de mineral.

1.5.2 Hipótesis específica

Utilizando stemming de 2" podremos retener mejor la energía del explosivo y así obtener una mejor fragmentar del macizo rocoso en zonas de brecha.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Base teórica

En la actualidad el mercado mundial ha desarrollado una gran cantidad de tecnologías en el tema de perforación y voladura, con la finalidad de lograr los mejores estándares en fragmentación de la roca y cumplir con las exigencias de las áreas de planta, al óptimo costo y sin sacrificio de seguridad. Los diferentes métodos son innovadores e incluyen: a) tipos de explosivos, b) sistemas de carguío, c) secuencias de retardos, etc.; y poseen algo en común: se busca tener un mayor confinamiento y aprovechamiento de la energía del explosivo en el taladro y para ello la recomendación es el uso de grava (SÁENZ, CASTAÑEDA, & CANCEC, 2015).

2.1.1 Ubicación del proyecto

La mina Cuajone consiste de una mina de cobre a tajo abierto y una concentradora ubicada en el sur del Perú, a 33 kilómetros de la ciudad de moquegua y 840 Kilómetros de la ciudad de Lima . El acceso a la unidad minera de Cuajone es por avión de Lima a Tacna que demora 1:20 horas y luego por carretera hasta Moquegua y Cuajone son alrededor de 3:30 horas. (CORPORATION S. C., 2019).

La Ubicación de proyecto de la unidad minera Cuajone se ubica en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, cuyas instalaciones se distribuyen en plataformas que van desde los 2,600 a 3,500 m de altitud. La U.P. de Cuajone tiene una vía asfaltada de 33 km que la une con la ciudad de Moquegua, transitando por la carretera binacional con dirección de Moquegua hacia Torata. La distancia total que la separa del Puerto de Ilo es de 135 km de tránsito carretero por la vía Binacional. (CORPORATION S. P., 2012).



Figura 5: Ubicación de la unidad minera de Cuajone.

Fuente: Mina Cuajone, 2019.

- Ubicación: Ubicada al sur del Perú, 30 kilómetros de Moquegua.
- Productos: cobre; molibdeno.
- Altura 3500 m.s.n.m.

2.1.2 Características de la mina Cuajone

El yacimiento de Cuajone, está constituido por pórfidos de cobre diseminado, que ha permitido dividirla por zonas denominadas pushbacks de explotación, con el objetivo de ir descendiendo manteniendo la relación de desbroce y mineral adecuada, el máximo rendimiento económico al desarrollar cada etapa. El diámetro del pit actual es de 2,3 Km., la profundidad actual es de 900 m., que va desde el nivel 3 830 hasta el nivel 2950. El diámetro del pit proyectado es de 3 x 2,3 Km., con una profundidad de 1 090 m. (Nivel 3 830 – 2 740).

Actualmente en Mina Cuajone se viene explotando 3 fases, F08, F07, F6B2. Con un tonelaje estimado de 525,000 tm , de material, de las cuales 86,000 t es Mineral con una ley promedio de Cu% de 0.623 y ley de Mo% de 0.014.

La comunicación entre niveles es por medio de rampas que tiene una pendiente de 10%, un ancho mínimo de 35 m. y bermas de seguridad de 3 metros de altura como mínimo en toda su cresta libre.

2.1.3 Metodo de explotación

Se emplea el método de explotación denominado a tajo abierto (Open Pit), que consiste en realizar la excavación de la mina a partir de la superficie teniendo inicialmente que realizar un intenso movimiento de tierras conocido como desbroce hasta encontrar la mineralización, al inicio el método tiene un alto costo de capital, ya que por un periodo largo (de 3-6 años) sólo se tiene que realizar desbroce, preparación de grandes botaderos, construcción de la Planta Concentradora y accesos para toda la mina.

El método de tajo abierto consiste en ir arrancando el material por niveles que tienen una configuración de bancos simples y dobles en avance descendente que para el caso de Cuajone estos tienen una elevación de 15 m., un ancho mínimo de explotación de 60 m., lo que permite tener un área suficiente para el equipo de carguío (palas y cargadores frontales) logrando gran versatilidad y seguridad en la operación. Este método permite obtener gran rendimiento en la producción y productividad, bajos costos de operación y seguridad en la operación.

El ángulo del talud final es de 47 grados, sólo en un sector del sur el talud final es de 37 grados debido a una ocurrencia de fallas, las paredes finales tienen un ángulo de operación de 75 grados.

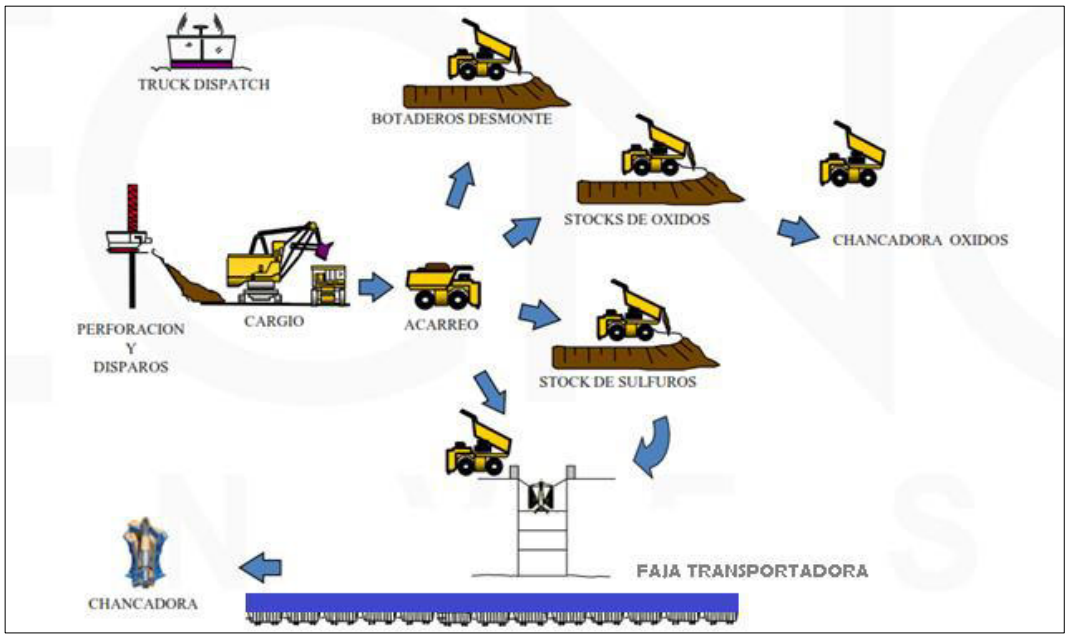


Figura 6: Flujo Mina Cuajone.

Fuente: Mina Cuajone, 2019.

2.1.4 Equipos en la unidad Minara Cuajone

Tabla 1
Equipos de Carguío.

EQUIPO	CÓDIGO	TIPO
PALA	P01	P&H 2800XPB
PALA	P03	P&H 4100ª
PALA	P04	Bucyrus 495BII
PALA	P05	Bucyrus 495HR
PALA	P06	Bucyrus 495HR
PALA	P07	P&H 4100 XPC
LT's	LT01	LeTorneau 1800
LT's	LT02	LeTorneau 2350

Fuente: Mina Cuajone, 2019.

Tabla 2
Equipos de perforación.

EQUIPO	CÓDIGO	TIPO
PERFORADORA	D11	P&H 120A
PERFORADORA	D13	Bucyrus 49RIII
PERFORADORA	D14	Bucyrus 49HR
PERFORADORA	D16	P&H 320XPC
PERFORADORA	D17	P&H 320XPC
PERFORADORA	D18	CAT MD6640

Fuente: Mina Cuajone, 2019.

Tabla 3
Equipos de acarreo.

EQUIPO	CODIGO	TIPO
VOLQUETE	V100	Komatsu 930E
VOLQUETE	V101	Komatsu 930E
VOLQUETE	V102	Komatsu 930E
VOLQUETE	V103	Komatsu 930E
VOLQUETE	V104	Komatsu 930E-TL
VOLQUETE	V105	Komatsu 930E
VOLQUETE	V106	Komatsu 930E-4
VOLQUETE	V107	Komatsu 930E-4
VOLQUETE	V108	Komatsu 930E-4
VOLQUETE	V109	Komatsu 930E-4
VOLQUETE	V110	Komatsu 930E-4
VOLQUETE	V111	Komatsu 930E-4
VOLQUETE	V112	Komatsu 930E-4
VOLQUETE	V113	Komatsu 930E-4
VOLQUETE	V114	Komatsu 930E-4
VOLQUETE	V115	Komatsu 930E-4SE
VOLQUETE	V116	Komatsu 930E-4SE
VOLQUETE	V120	Caterpilar 793D
VOLQUETE	V121	Caterpilar 793D
VOLQUETE	V130	CAT 797F
VOLQUETE	V131	CAT 797F
VOLQUETE	V132	CAT 797F
VOLQUETE	V133	CAT 797F

VOLQUETE	V134	CAT 797F
VOLQUETE	V135	CAT 797F
VOLQUETE	V136	CAT 797F
VOLQUETE	V137	CAT 797F
VOLQUETE	V138	CAT 797F
VOLQUETE	V139	CAT 797F
VOLQUETE	V140	CAT 797F
VOLQUETE	V141	CAT 797F
VOLQUETE	V142	CAT 797F
VOLQUETE	V143	CAT 797F
VOLQUETE	V144	CAT 797F
VOLQUETE	V145	CAT 797F
VOLQUETE	V146	CAT 797F
VOLQUETE	V147	CAT 797F
VOLQUETE	V160	Komatsu 980E
VOLQUETE	V161	Komatsu 980E
VOLQUETE	V162	Komatsu 980E
VOLQUETE	V163	Komatsu 980E
VOLQUETE	V388	Komatsu 830E
VOLQUETE	V389	Komatsu 830E-TL

Fuente: Mina Cuajone, 2019.

Tabla 4
Tractores sobre llantas equipos auxiliares en Mina Cuajone.

EQUIPO	**CODIGO**	**TIPO**
TRACTOR DE LLANTAS	T825	Caterpillar 824H
TRACTOR DE LLANTAS	T826	Caterpillar 824H
TRACTOR DE LLANTAS	T827	Caterpillar 824K
TRACTOR DE LLANTAS	T832	Caterpillar 834H
TRACTOR DE LLANTAS	T833	Caterpillar 834H
TRACTOR DE LLANTAS	T834	Caterpillar 834H
TRACTOR DE LLANTAS	T835	Caterpillar 834K
TRACTOR DE LLANTAS	T836	Caterpillar 834K
TRACTOR DE LLANTAS	T837	Caterpillar 834K

Fuente: Mina Cuajone, 2019

Tabla 5
Tractores sobre orugas equipos auxiliares en Mina Cuajone.

EQUIPO	CODIGO	TIPO
TRACTOR DE ORUGAS	T106	Caterpillar D10R
TRACTOR DE ORUGAS	T107	Caterpillar D10T
TRACTOR DE ORUGAS	T108	Caterpillar D10T
TRACTOR DE ORUGAS	T109	Caterpillar D10T
TRACTOR DE ORUGAS	T110	Caterpillar D10T
TRACTOR DE ORUGAS	T111	Caterpillar D11T
TRACTOR DE ORUGAS	T112	Caterpillar D11T
TRACTOR DE ORUGAS	T113	Caterpillar D11T
TRACTOR DE ORUGAS	T114	Caterpillar D11T
TRACTOR DE ORUGAS	T115	Caterpillar D11T

Fuente: Mina Cuajone, 2019.

Tabla 6
Cargadores frontales en Mina Cuajone.

EQUIPO	CODIGO	TIPO
CARGADOR FRONTAL	F967	Caterpillar 966G
CARGADOR FRONTAL	F987	Caterpillar 988H
CARGADOR FRONTAL	F991	Caterpillar 992K

Fuente: Mina Cuajone, 2019.

Tabla 7
Motoniveladoras en Mina Cuajone.

EQUIPO	CODIGO	TIPO
MOTONIVELADORA	M164	Caterpillar 16M
MOTONIVELADORA	M242	Caterpillar 24H
MOTONIVELADORA	M243	Caterpillar 24M
MOTONIVELADORA	M244	Caterpillar 24M
MOTONIVELADORA	M245	Caterpillar 24M

Fuente: Mina Cuajone, 2019.

Tabla 8
Tanques de agua en Mina Cuajone.

EQUIPO	CODIGO	TIPO
TANQUES	TQC81	Tanque de Agua 793C
TANQUES	TQC97	Tanque de Agua 785C
TANQUES	TQC98	Tanque de Agua 785C
TANQUES	TQC99	Tanque de Agua 785D

Fuente: Mina Cuajone, 2019.

Tabla 9
Otros equipos en Mina Cuajone.

EQUIPO	CODIGO	TIPO
OTROS EQUIPOS	GANZO 82	Cama Baja
OTROS EQUIPOS	GANZO 80	Cama Baja
OTROS EQUIPOS	EX-218	Caterpillar 336
OTROS EQUIPOS	EX-221	Komatsu PC350LC
FLETE	L57	U23B
FLETE	L54	U23B
Camión 07-338	Camión 07-338	Volvo

Fuente: Mina Cuajone, 2019.

2.1.5 Geología de la unidad Minera de Cuajone

La mina de Cuajone se encuentra en el Flanco Andino que está constituido por rocas volcánicas y macizos intrusivos, en las partes altas se presenta una topografía moderadamente ondulada con algunos sectores planos mayormente cubierto por rocas volcánicas. El cuerpo mineralizado ha sido parcialmente erosionado en el lado Noroeste por el río Torata y débilmente erosionado en su parte central de Este a Oeste en la quebrada Chuntacala que tributa sus aguas en épocas de lluvia al río Torata.

Tabla 10
Tipo de rocas en la mina Cuajone, alteración y densidades.

Tipo de roca	Roca	Planos	Alteración	Densidad gr/cm^3
Riolita porfiritica filica	RIOL-PORF	**RP-FIL**	FILICA	**2.65**
Brecha en riolita porfiritica cuarzo sericita	BRECHA-RP	**BX-RP-QS**	CUAR-SER	**2.50**
Riolita porfiritica argilica	RIOL PORF	**RP-ARG**	ARGILIC	**2.54**
Latita porfiritica silicifica	LATI-PORF	**LP-SIL**	SILICIFIC	**2.65**
Andesita basaltica argilica	AND-BAS	**BA-ARG**	ARGILIC	**2.60**
Brecha de riolita porfiritica silicificada	BRECH-RP	**BX-RP**	SILICIFIC	
Latita porfiritica estructura reticular de cuarzo	LATI-PORF	**LP-EST-RQ**	EST-RET	**2.65**
Brecha en latita porfiritica cuarzo sericita	BRECHA-LP	**BX-LP-QS**	CUAR-SER	**2.65**
Pebble brecha	PX	**PX**		**2.05**
Latita porfiritica moderadamente silicificada	LATI-PORF	**LP-MS**	MOD-SIL	**2.63**
Latita porfiritica cuarzo sericita	LATI-PORF	**LP-QS**	CUAR-SER	**2.63**
Brecha de andesita intrusiva filica	AND-INT	**BX-IA-FIL**	FILICA	**2.68**
Brecha de andesita intrusiva	AND-INT	**BX-IA**	PTK-ARG-INT	
Andesita intrusiva filica brechada	AND-INT	**IA-FIL-BX**	FIL-SIL	**2.64**
Brecha de andesita basaltica	BX - BA	**BX-BA-FIL**	FILICA	**2.79**
Riolita porfiritica fil propil	RIOL-PORF	**RP-FIL-PRO**	FIL-PROPIL	**2.64**
Latita porfiritica potasica	LATI-PORF	**LP-PTK**	PTK	**2.65**
Andesita intrusiva estructura reticular de cuarzo	AND-INT	**IA-EST-RQ**	EST-RET	**2.66**
Latita porfiritica filica potasica	LATI-PORF	**LP-FIL-PTK**	FIL-PTK	**2.69**
Brecha de latita porfiritica	BRECHA - LP	**BX-LP**	SILICIFIC	**2.65**
Andesita intrusiva silicea	AND-INT	**IA-SIL**	SILICIFIC	**2.69**
Latita porfiritica silicea brechada	LATI-PORF-BX	**LP-SIL-BX**	SILICIFIC	**2.70**
Brecha de blp fresca	BX-BLP-FRES	**BX-BLP-FRES**	SILICIFIC	**2.63**
Andesita basaltica silicea	AND-BAS	**BA-SIL**	SILICIFIC	
Brecha blp	BRECHA-BLP	**BX-BLP**	SILICIFIC	**2.65**
Andesita intrusiva filica	AND-INT	**IA-FIL**	FILICA	**2.72**
Andesita intrusiva filica potasica	AND-INT	**IA-FIL-PTK**	FIL-PTK	**2.69**
Andesita intrusiva filica silicea	AND-INT	**IA-FIL-SIL**	FIL-SIL	
Andesita basaltica filica potasica	AND-BAS	**BA-FIL-PTK**	FIL-PTK	**2.70**
Latita porfiritica fresca	LP-FRES	**BLP-FRES**	FRESCA	**2.67**
Andesita basaltica potasica	AND-BAS	**BA-PTK**	PTK	**2.70**
Andesita basaltica propilica	AND-BAS	**BA-PRO**	PRO	**2.75**
Toba café	TBC	**TBC**		**1.60**
Botadero	BOT	**BOT**		**1.80**
Latita esteril	LP3	**LP3**		**2.65**
Aluvial	AL	**AL**		**1.25**

Aglomerado superior	AS	**AS**		**2.24**
Toba superior	TS	**TS**		**2.25**
Aglomerado inferior	AI	**AI**		**1.80**
Toba inferior	TI	**TI**		**1.87**
Toba cristal	TC	**TC**		**2.33**
Conglomerado basal	CB	**CB**		**2.34**
Aglomarado tobaceo	AT	**AT**		**2.01**
Toba blanca	TB	**TB**		**2.04**
Conglomerado amarillo y verde	CA/CV	**CA/CV**		**2.09**
Traquita	TR	**TR**		**2.34**
Toba salmon	TSA	**TSA**		**1.94**
Aglomerado gris	AG	**AG**		**2.32**
Conglomerado riolitico	CR	**CR**		**2.37**
Dorita	DI	**DI**		**2.67**
Porfido andesitico	PA	**PA**		**2.40**
Dique	DK	**DK**		**2.65**
Toba traquitica	TBTR	**TBTR**		**2.12**
Aglomerado traquítico	AGTR	**AGTR**		**2.02**
Coluvial	CO	**CO**		**1.80**
Conglomerado dolerítico	CD	**CD**		**1.80**
Conglomerado traquitico	CTR	**CTR**		**1.80**
Toba micácea	TBM	**TBM**		**1.95**
Dolerita	DO	**DO**		**2.73**
Vitrofiro toba cristal	VTTC	**VTTC**		**2.34**
Dique de andesita	DK-A	**DK-A**		**2.67**
Vitrofiro traquitico	VTTR	**VTTR**		**2.34**
Toba retrabajada	TRE	**TRE**		**1.90**
Aglomerado blanco	AB	**AB**		**2.14**
Riolita fresca	RP-FRES	**RP-FRES**	FRESCA	**2.61**

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

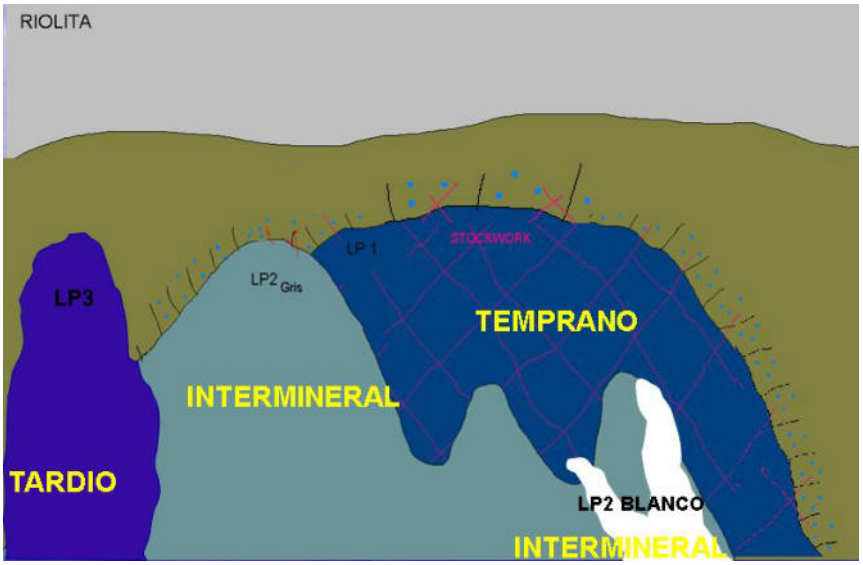


Figura 7: Eventos de los pulsos en la Mina Cuajone.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

2.2 Brechas en la unidad Minera Cuajone

Comúnmente se conoce a una brecha, como una roca constituida por fragmentos líticos que se encuentran englobados por una matriz y cuyo cemento en el caso de las asociadas a mineralización pueden ser minerales hidrotermales incluyendo a los minerales económicos (Ej. turmalina, cuarzo, calcopirita, etc.) (CUAJONE, 2019).

Los minerales hidrotermales rellenan total o parcialmente los huecos formados en la roca fragmentada y gran parte de la mineralización en brechas en la mina Cuajone ha sido introducida por fluidos hidrotermales y consecuentemente se encuentra en la masa fundamental de las brechas. Los procesos hidrotermales en ocasiones producen reemplazo o metasomatismo en las brechas, existen zonas en las cuales el cementante tuvo bastante acides, y reemplazó a los minerales de las rocas preexistentes, aprovechando algunos espacios u oquedades en las mismas (***Brechas Magmático-Hidrotermales***) (CUAJONE, 2019).

En una breve revisión de las brechas que se presentan en el yacimiento de Cuajone, podemos observar que en la mayoría de estas, independientemente

de su naturaleza o composición del cementante, sus clastos son del mismo tipo, indicándonos que estamos ante la presencia de brechas mayormente mono-litológicas, no descartando que se puedan presentar brechas hetero-litológicas, debido a la complejidad de los procesos que las generan (CUAJONE, 2019).

También encontramos brechas no típicas, que vienen a ser las ***Brechas Tectónicas*** y Magmático***-Hidrotermales***, que son producto de intrusiones de diferentes pulsos posteriores: Brechas de contacto entre diferentes rocas brechamiento de rocas producto de intrusiones posteriores en estas rocas podemos observar el movimiento de la misma roca, el movimiento de sus stockwork pre-existentes, oquedades en la matriz y en gran parte su matriz fue inyectada por soluciones acidas con buena mineralización económica.

2.2.1 Parámetros que controlan generación de brechas hidrotermales:

- Composición inicial del magma.
- Profundidad de emplazamiento del intrusivo.
- Porcentaje inicial de agua en el magma.
- Porcentaje de fundido en el magma inicial.
- Resistencia a la tensión de la roca de caja.
- Dimensión vertical de las fracturas (profundidad y largo de las fracturas.

2.2.2 Clasificación de las Brechas de Cuajone

En Cuajone hemos podido identificar diferentes génesis de brechamiento, que son las siguientes:

a. Brechas Magmático – Hidrotermales

- Ore Brechas.
- Ore Brechas Silíceas.
- Brecha Silícea.
- Brecha Ciega en LP2.
- **Brecha Intrusiva.**

- **Crackel Brecha.**

b. Brechas Hidromagmáticas

- ***Magmato-Freaticas.***
- Brecha de Cubos.
- Brecha 14.0 en LP1.

c. Brechas Tectónicas

Esta clasificación, divide a los distintos tipos de brechas de acuerdo a la naturaleza de los procesos que intervienen en su génesis, si bien todas se tratan de brechas relacionadas a la actividad magmática, al momento de la intrusión del pórfido, han intervenido, procesos metasomáticos o intercambios iónicos, como podemos mencionar aguas meteóricas que percolaron, la acción de los fluidos propios del magma que se separaron durante su enfriamiento, entre otros.

2.2.3 Evolución de Brechas en Cuajone

A continuación, iremos explicando los diferentes eventos intrusivos que ocurrieron en el Pórfido de Cuajone, los cuales fueron los principales causantes de los diferentes procesos a los que se les atribuye la génesis de las brechas.

- **Rocas Preminerales**

  Tenemos que con anterioridad a la intrusión de los pórfidos latíticos que trajeron la mineralización, se depositaron en primer lugar lavas andesíticas y riolíticas, las cuales luego de consolidarse sirvieron como roca huésped para la intrusión y mineralización de los pórfidos latíticos.

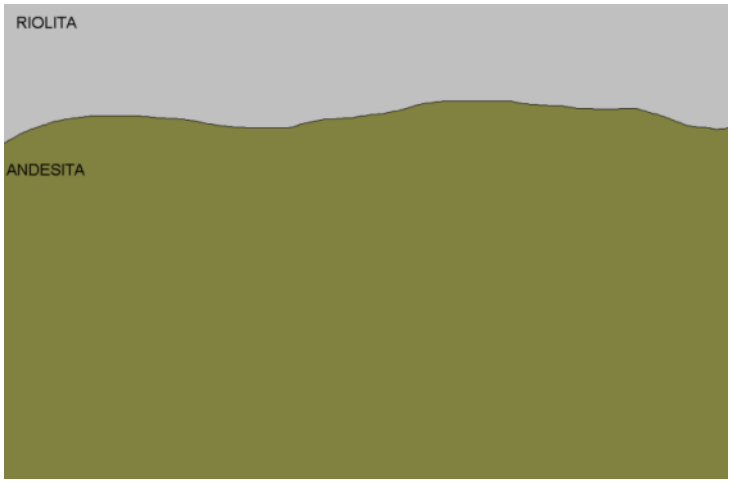


Figura 8: Rocas preliminares, andesita y riolita.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

- **Intrusión de la LP1, primer brechamiento tectónico y formación del stockwork**

El primer evento intrusivo se produjo por la intrusión de la ***LP1***, aprovechando las zonas de debilidad que en nuestro caso vendrían a ser los diferentes alineamientos estructurales, por ejemplo, intersecciones de los alineamientos estructurales (Falla Cuajone- Sistema "C" NW-SE, Chuntacala E-W, Sistema "J" NE-SW, Falla Mayor Sur,).

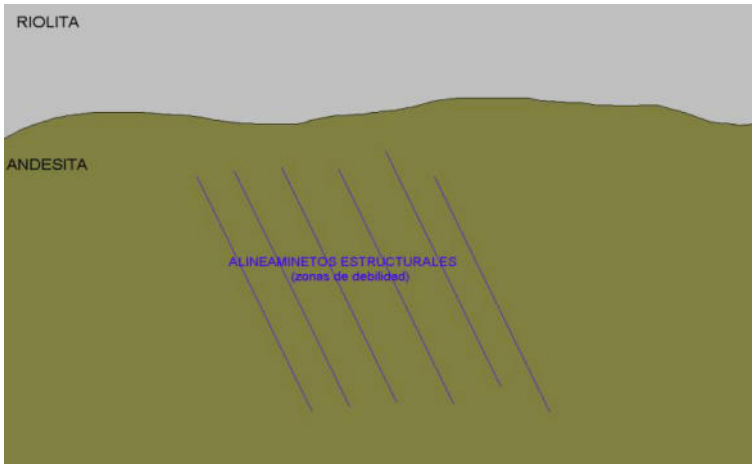


Figura 9: Zona de debilidad producto de las fallas.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

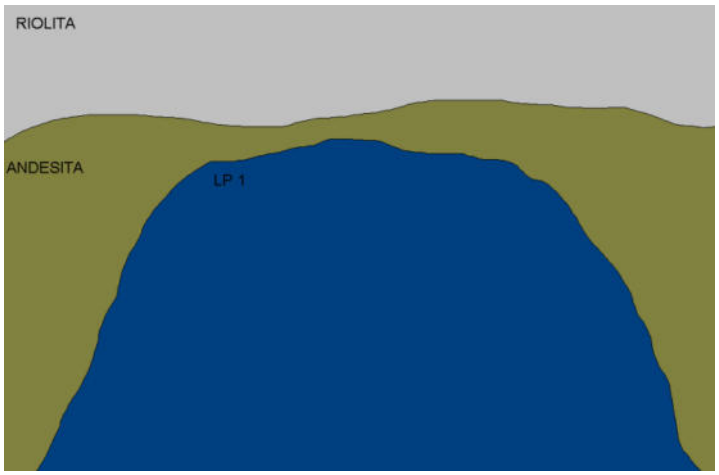


Figura 10: Intrusión de la Latita Porfirítica.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

Al momento de intruir, este pórfido mineralizó al brechamiento tectónico

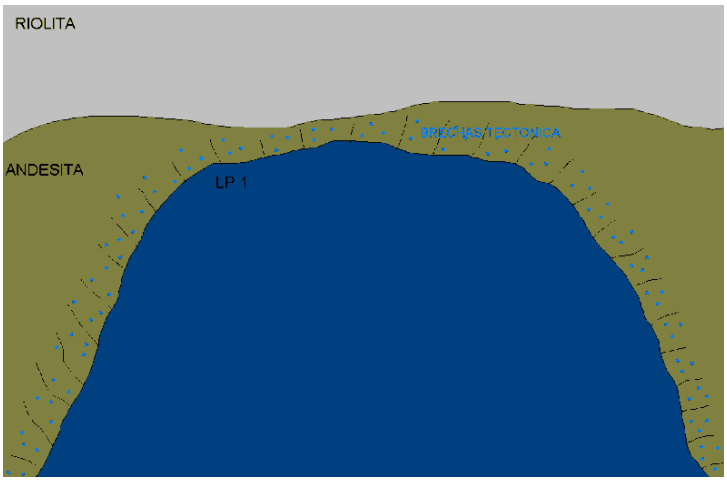


Figura 11: Pórfido mineralizando al brechamiento tectónico.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

Luego, conforme se enfriaba la ***LP1*** iban desprendiéndose fluidos y gases de este, y de acuerdo la propiedad de ***dilatación*** y ***contracción*** de los cuerpos, la propia ***LP1*** y parte de la roca huésped ***(BA)*** se

contrajeron y fragmentaron en bloques angulosos, y los fluidos que se fueron separando de este primer pulso se introdujeron en dichas fracturas y formaron un enjambre con venas de sílice y feldespato potásico, que transporto también fluidos mineralizantes con calcopirita , molibdenita, pirita, etc., produciéndose así un segundo brechamiento y consecuente mineralización, comúnmente esto lo conocemos como un ***STOCKWORK*** de venillas de cuarzo asociado a mineralización de sulfuros.

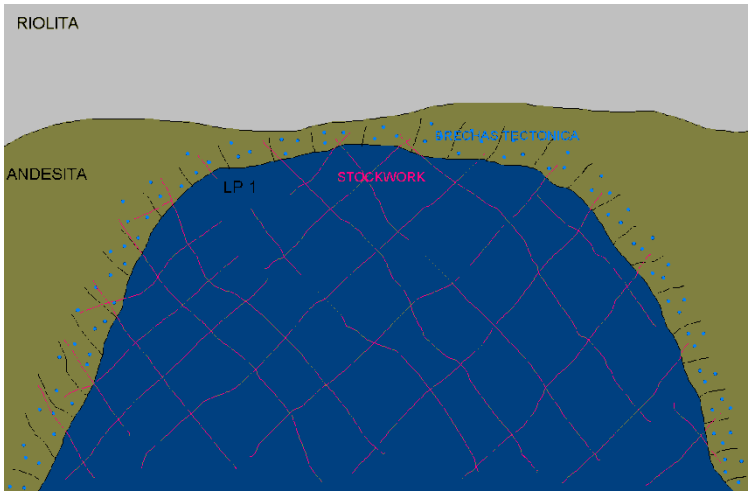


Figura 12: Enfriamiento del pórfido produciendo STOCKWORK mineralizado.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

Latita porfiritica del primer pulso **(LP1)**, con venillas en **Stockwork**: Las venillas delgadas de cuarzo con halos de feldespato potásico (Tipo “A”), típicas de zonas de alta temperatura, una característica típica de este tipo de venillas es que se rompen junto con la matriz de la roca, no se quiebran por él.



Figura 13: Venillas en Stockwork producto del primer pulso de la LP1.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

- **Intrusión de la LP2 (BLP) gris, y múltiples eventos de Brechamiento.**

Luego de la intrusión y enfriamientos de la LP1, se produjo otro evento intrusivo, la LP2 o BLP GRIS, con mayor afloramiento en la zona nor-oeste, la cual al momento de intruirse genera primeramente brechamientos de contacto:

Mineralización de las brechas tectónicas

En el nor-oeste, aprovechando la zona de debilidad de la falla Cuajone, se generan brechas de contacto, controladas por el corredor estructural formado por dicha falla.

Tanto las rocas huésped (andesita y riolita), y la misma LP2, son brechadas por este tectonismo. Seguidamente los fluidos mineralizantes aprovechan estas zonas de debilidad y mineralizan a estas rocas brechadas.

Esta falla tuvo varias reactivaciones ya que podemos observar diferentes eventos mineralógicos.

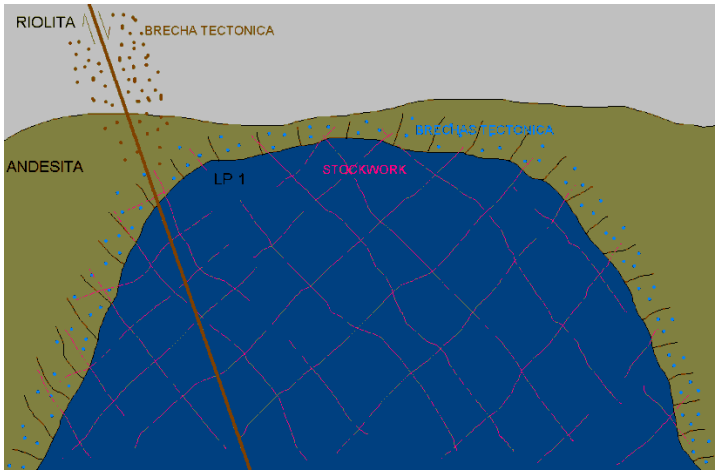


Figura 14: Mineralización de las brechas tectónicas.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

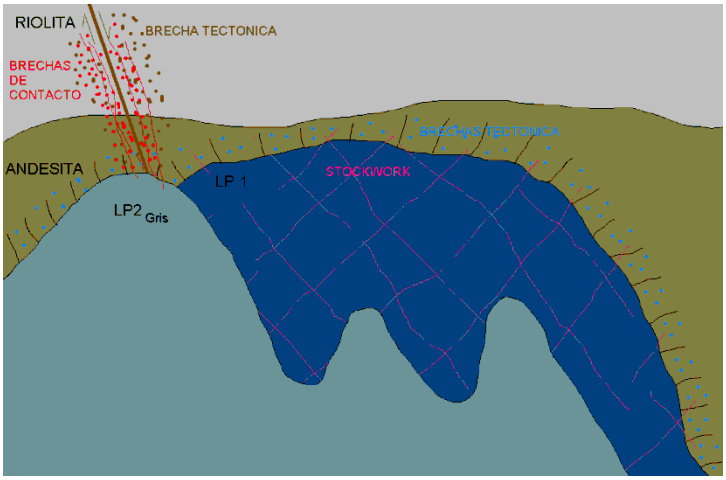


Figura 15: Intrusión de la LP2 y BLP GRIS donde se produce múltiples eventos de brechamiento.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.



Figura 16: Frente de la falla Cuajone donde se observa el brechamiento de las rocas huésped (Andesita y Riolita) y de la LP2 Gris.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.



Figura 17: Brechamiento de la Andesita, se observa oquedades, producto del movimiento tectónico.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.



Figura 18: Brechamiento de la falla Cuajone - Ore Brechas.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

- **Brechas magmáticas hidrotermales fondo-E-W mina**

En la parte central de la mina, esta **BLP Gris**, al intruir provoca tectonismo en la **LP1** depositada anteriormente, se produjo una disturbación, generándose así un **Brechamiento Magmático Hidrotermal** de la **LP1**, en su stockwork, y por efectos de la presión lo fragmento y le inyecto fluidos, como evidencia tenemos la presencia de bloques de **LP1** donde las venas de cuarzo se encuentran truncadas y desplazadas, habiendo sido **re-brechadas**, esta **LP1** brechada al verse vuelto a alimentar con fluidos mineralizantes, forma una **Brecha Magmática-Hidrotermal** más rica en sulfuros económicos (Calcopirita, Bornita).

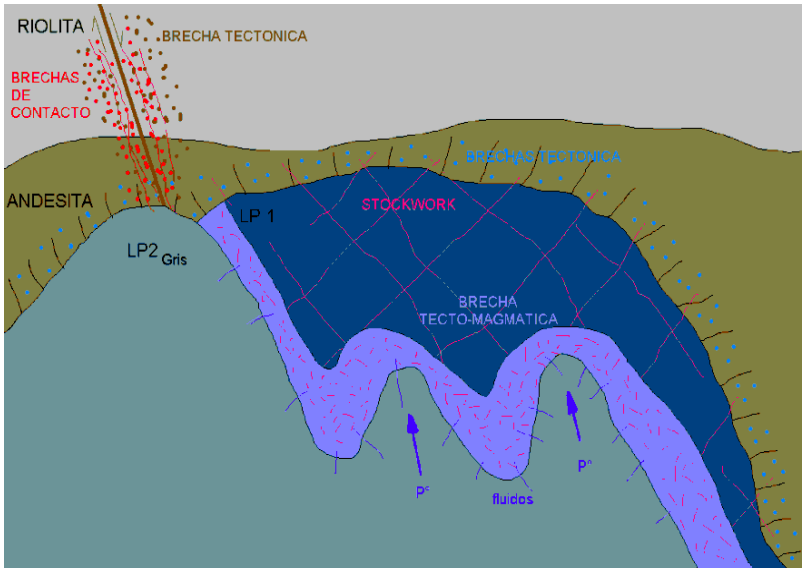


Figura 19: Brechas magmáticas hidrotermales de ricos sulfuros económicos.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.



Figura 20: Brecha Magmática-Hidrotermal del fondo de mina: se observa el desplazamiento del Stockwork de venas de cuarzo de la LP1 (Nivel 3085, fondo de mina).

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

- **Brechas magmático-hidrotermales NW**

El origen de estas ***Brechas Magmático-Hidrotermales***, se atribuye a que después del tectonismo producido por la ***LP2*** y el aporte de mineralización en la roca huésped, está en su camino de ascenso fue fracturando a la ***LP1***, al momento de enfriarse se separó la fase liquida y conforme fue aumentando el enfriamiento, también aumento el contenido de líquidos y por ende la presión hidrostática, las zonas debilitadas y fracturadas cedieron a la presión y dichas fracturas se prolongaron en forma vertical y horizontal, sirviendo como conducto para la exsolución de la fase hidrotermal, la cual se encontraba saturada de iones de ***NaCl y SiO_2***.

Los fluidos fueron expulsados e inyectados a gran presión por las fracturas creadas durante la intrusión de la ***LP2 GRIS.*** al momento de salir, el primer flujo de fluido este se encontraba sumamente enriquecido de iones de **NaCl** e iones de sulfuros metálicos, que viajaron a mayores distancias con respecto al pórfido, formando ***Ore Brechas***, que se encuentran en la ***LP1,*** seguidamente una ***Ore Brecha Silícea,*** estando estas más enriquecidas en calcopirita cuanto más alejadas del pórfido, y conforme fueron saliendo los fluidos, se fue concentrando la sílice, siendo esta la última en ser exsuelta y brechando la ***LP2*** en el contacto cercano a la fuente de emisión, en este caso nos encontramos frente a una ***Brecha Silícea***, que aportó con leyes moderadas a bajas de cobre.

En la mina tenemos ***Ore Brechas*** en el lado Este, dentro de la ***LP1***, y conforme nos acercamos al contacto en la ***LP2*** tenemos una ***Ore Brecha rica en Sílice*** y finalmente la ***Brecha Silícea*** dentro de la **LP2**.

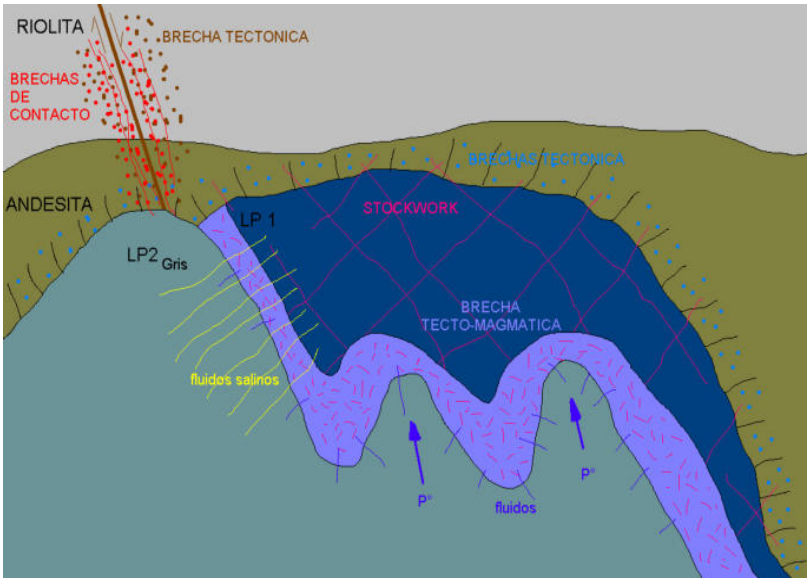


Figura 21: Formación de las brechas magmáticas hidrotermales.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

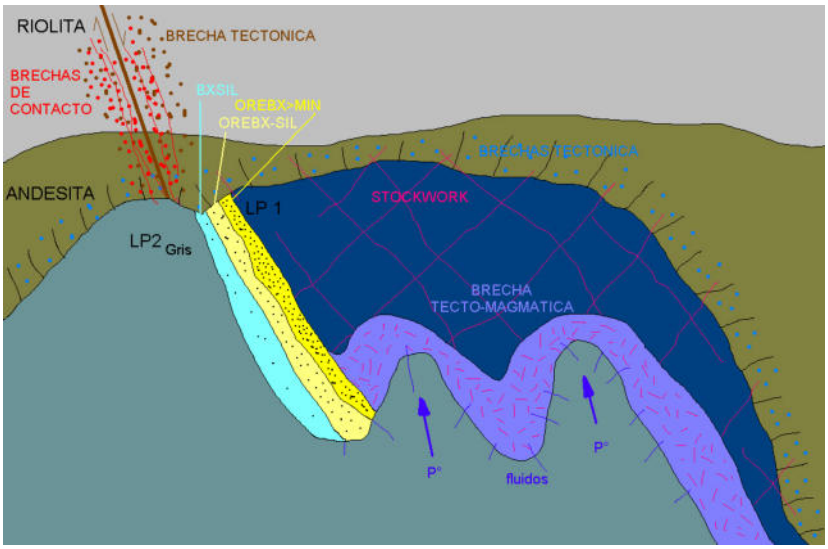


Figura 22: Primera brecha Ore muy rica en mineral que se encuentra dentro de la LP1.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.



Figura 23: Brecha Ore con una matriz de Calcopirita.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

En la zona Nor-Oeste, dentro de la LP Gris, se produjo otro evento generador de brecha, que en este caso se trata de una Brecha Ciega, que se originó cuando los fluidos que no pudieron escapar o separarse del núcleo del pórfido, se concentraron formando una salmuera en ebullición, con temperaturas muy por encima de las que se presentaban en la zona periférica del plutón, produciéndose explosiones debido a la presión de los fluidos, pero que por estar en un ambiente confinado no tiene la fuerza suficiente como para abrirse camino hacia la superficie, y fractura a la misma LP2, produciendo un sistema similar a una celda convectiva, haciendo que los bloques de LP2 fracturados choquen y friccionen unos con otros, trabajándolos, hasta darle una forma redondeada, dejando como residuo polvo de roca más sílice, la que más luego se comportaría como la matriz y cemento respectivamente, de dicha brecha, formándose aquella que denominamos Pebble Brecha, la cual en la parte de sus bordes fracturo a la LP2 en forma tabular, y dichos fragmentos que fueron desprendidos cayeron dentro de la matriz en forma semi paralela, ambos fenómenos se consideran dentro de la Pebble Brecha o Brecha de Guijarros, como otro ejemplo de una Brecha Ciega, Magmático-hidrotermal, que también esta enriquecida en

calcopirita, bornita, molibdenita, dentro de un ambiente de alta temperatura.

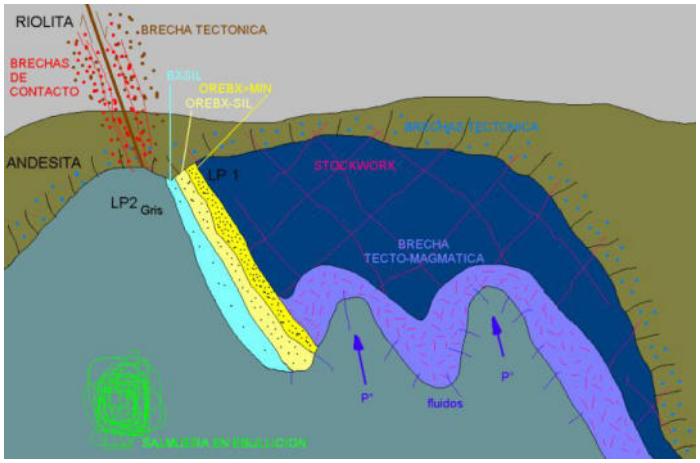


Figura 24: Ebullición de la salmuera.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

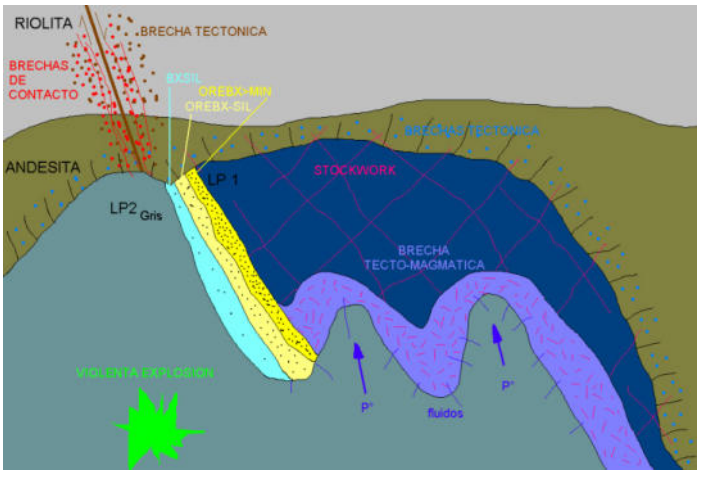


Figura 25: Exposición violenta producto de las altas temperaturas.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

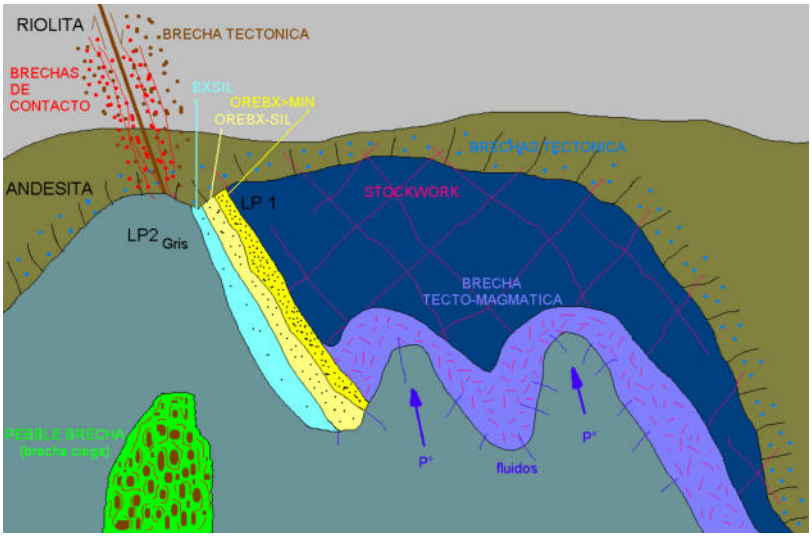


Figura 26: Pebble Brecha o Brecha de Guijarros producto de la exposición violenta.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.



Figura 27: En la foto superior se observa calcopirita cristalizada, calcita cristalizada, tetraedrita, siderita cristalizada, galena y marmatita (Raíces de un Epitermal).

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.



Figura 28: En la foto observamos la matriz de calcopirita con bornita, con clastos angulares.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

En la foto observamos la matriz de calcopirita con bornita, que nos indica la alta temperatura de formación. Los clastos son angulares lo que nos indica un evento posterior donde no hubo retrabajamiento. Tanto la calcopirita como la bornita fueron depositadas a alta temperatura (600-700ºC, Roseboon Kullerund).

- **Brechas magmato-freaticas y *brechas magmato-freaticas en la LP2.***

Seguidamente, En la misma ***LP GRIS*** del norte central se produjo otro evento cuando los fluidos hidrotermales que viajaban a la superficie por las zonas de debilidad, se encontraron en su camino con fluidos meteóricos que percolaron hasta un nivel relativamente profundo, produciéndose una reacción que desencadeno en la formación de una alteración retrograda intensa, (fílica), alterándose a sericita los feldespatos, y por reacción de los fluidos se formó turmalina, pirita, sericita, y cuarzo. Configurando lo que se conoce como la zona fílica, y generándose en esta una ***Brecha Freato-Magmática*** conocida como ***Brecha de Cubos***.

También este tipo de ***Brecha Magmática Freatica***, la encontramos en la ***LP1*** en forma intermitente

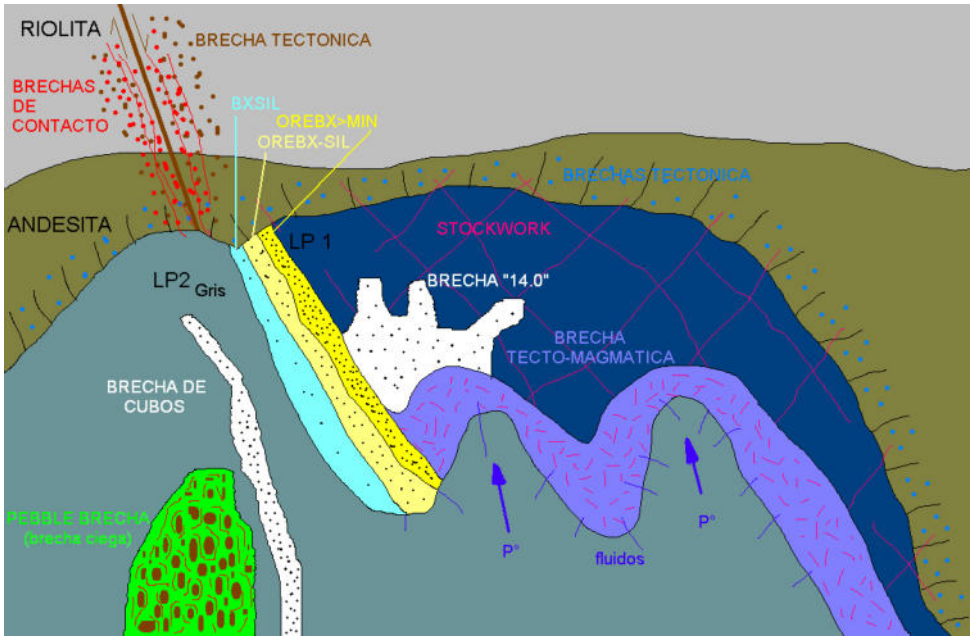


Figura 29: Evento cuando los fluidos hidrotermales que viajaban a la superficie por las zonas de debilidad formado la Brecha Freato-Magmática o Brecha de cubos.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.



Figura 30: Brecha de Cubos conformado por pirita cristalizada, cuarzo cristalizados y calcosita.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

- **Brechas Magmato-Freaticas en la LP1**

Dentro de la ***LP1*** se presenta otra brecha de tipo ***Magmática Freática***, se trata de la brecha 14.0, esta brecha se origina debido a la interacción de aguas magmáticas con aguas meteóricas que percolaron, y que, al reaccionar, originaron argilización de los feldespatos a: arcilla – sericita, con generación de pirita, debido al ambiente de temperatura intermedia.

Si observamos detalladamente la matriz de la roca de esta brecha, se nota todavía su textura original, eso quiere decir que su formación está ligada a una fase transicional.



Figura 31: Brecha 14.0, se observa argilización, sericita asociada con calcita.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

- **Intrusión de la LP2 BLANCA, contacto gradual entre la LP2 GRIS y la LP2 BLANCA, ¿micro-brechamiento?**

Se pudo definir una diferencia entre los dos pulsos de ***LP2***: El contacto que se observa en la zona central de la mina, es gradual entre ambas ***LP2***, se puede afirmar que mientras la ***LP2 GRIS*** aún se encontraba en un estado transicional entre sólido y liquido (pastoso), se produjo la intrusión de la ***LP2 BLANCA***, esto se basa en las evidencias

de un contacto gradual, además que se observa vestigios de un micro-brechamiento, en algunos clastos de ***LP2 GRIS*** que se fueron fusionando, englobados en la matriz de la ***LP2 BLANCA***, los cuales se encuentran asociados a magnetita y clorita que se presentan en forma de parches, además se observa que la magnetita se está alterando a hematina, rellenando algunas fracturas locales.

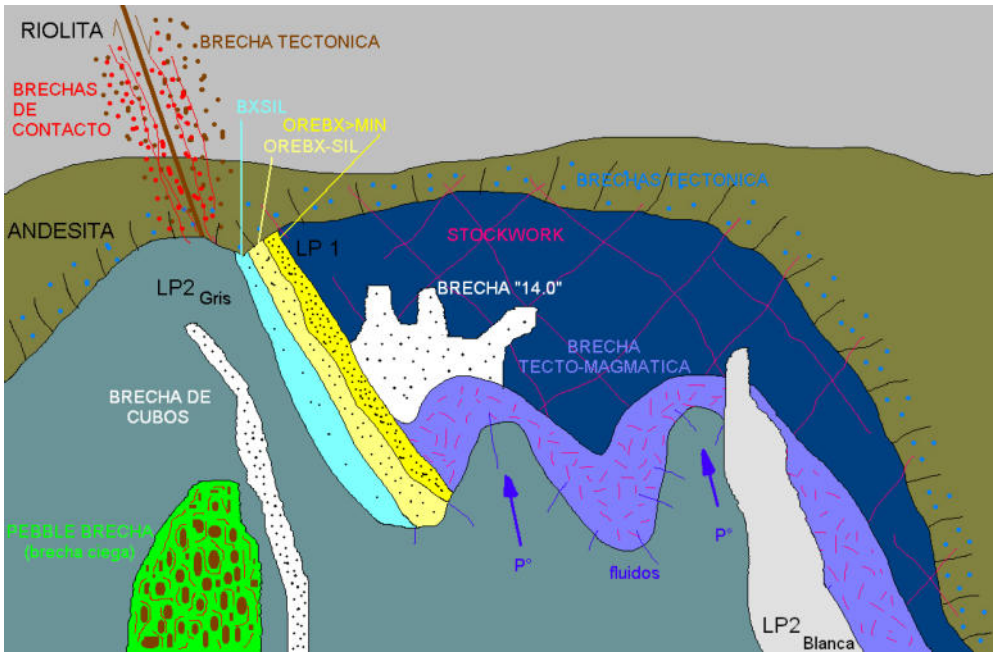


Figura 32: Intrusión de la LP2 BLANCA produciendo contacto gradual con la LP2 GRIS.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.



Figura 33: Brechamiento donde se observa clastos de LP2 GRIS fusionado dentro de la LP2 BLANCA.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

- **Brechas magmáticas hidrotermales producto de la LP BLANCA intrusivas**

  Un tercer pulso intrusivo trajo consigo a un pórfido latítico de similares características a la ***LP2 GRIS***, este pulso aflora al sur y al este de la mina, presenta un color más claro, esto es debido al abundante contenido de sílice, que en este caso en particular no pudo separarse de la fase sólida; debido a este enriquecimiento en sílice tuvo un comportamiento más violento, al sur, este pórfido forma una brecha explosiva, la cual al aprovechar zonas de debilidad en la ***LP1***, produjo una intrusión violenta de ***LP2 BLANCA***, rompiendo y englobando a su paso a la ***Brecha Magmática Hidrotermal*** de ***LP1***, la que debido a la consistencia de la matriz y al poco transporte conservo sus clastos angulosos, un poco más al norte se presentó este mismo evento, pero al parecer aquí la erupción no libero mucha energía porque a pesar de existir clastos de brecha tectónica de ***LP1***, estos se encuentran menos movidos, y el tamaño de los mismos es mayor al encontrado en el sur; este caso se presenta como una brecha intrusiva y de colapso.

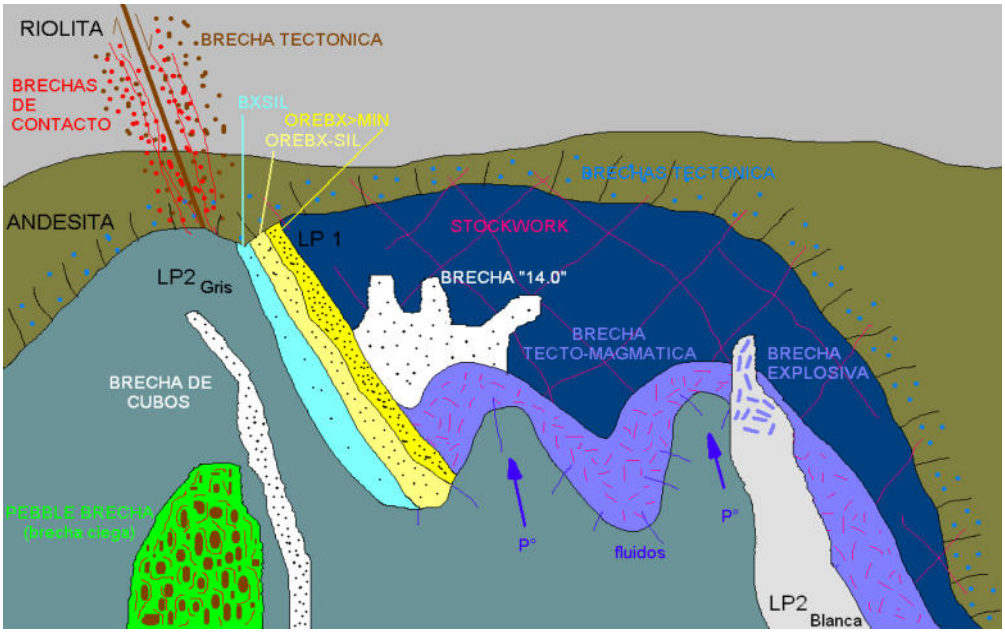


Figura 34: Pórfido forma una brecha explosiva, la cual al aprovechar zonas de debilidad en la LP1.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.



Figura 35: Brecha magmática-hidrotermal de LP1, englobados dentro la LP2 Blanca.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

- **Ckackel brecha de LP2 BLANCA**

Con posterioridad al brechamiento explosivo, se presenta un segundo brechamiento dentro de la ***LP2 BLANCA***, se trata de un autobrechamiento O una ***Crackel Brecha***, ocurrida posiblemente, por enfriamiento de la ***LP2 BLANCA***, posterior crackelado e invasión de sus propios fluidos mineralizadores, formando una zona de oquedades con presencia de mineralización, hay que resaltar la diferencia con el stockwork por el tipo de relleno de las venas, pues en nuestro caso se trata de un relleno de sulfuros masivos, mientras que en el ***Stockwork*** tenemos la presencia de Cuarzo – Feldespato Potásico, en las venas, la sílice residual no se llegó a desprender de la matriz, es por ello la tonalidad leucocrata.

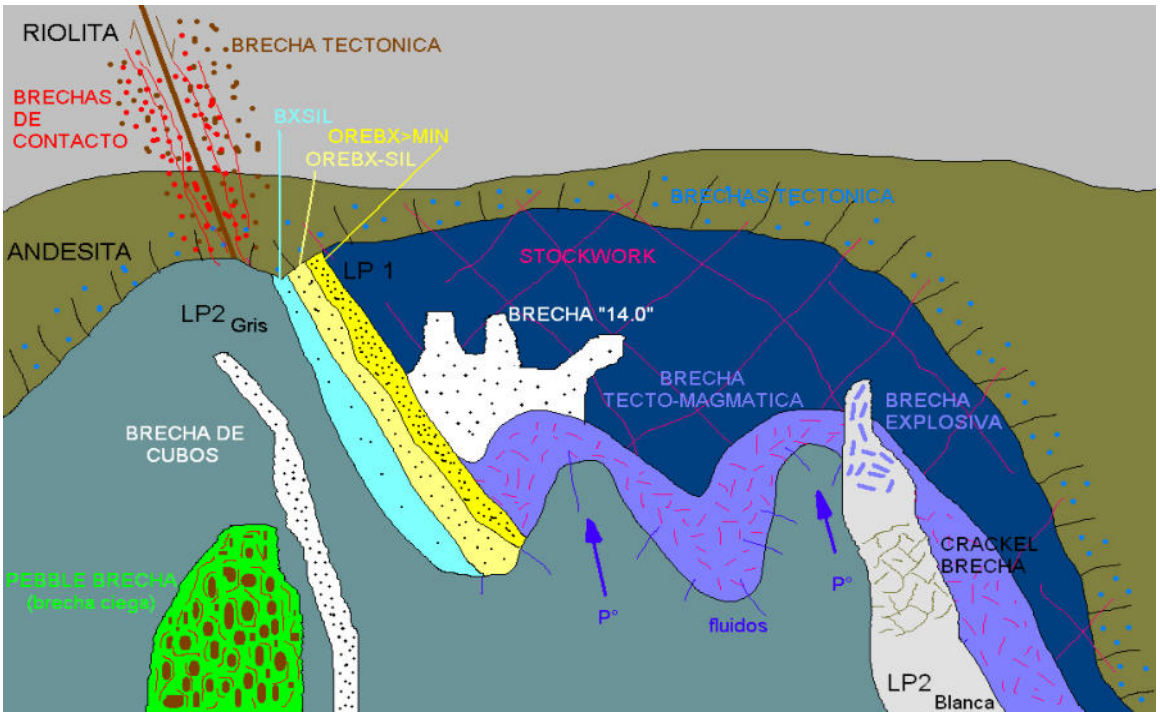


Figura 36: Crackel Brecha, ocurrida posiblemente, por enfriamiento de la LP2 BLANCA.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.



Figura 37: Crackel Brecha, se observa sulfuro masivo de calcopirita, rellenando oquedades, la roca es la LP2 Blanca.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.



Figura 38: Presencia de yeso – anhidrita, dentro de la Crackel Brecha. Esto nos indica la alta temperatura en que se emplazó la LP2 Blanca.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019,

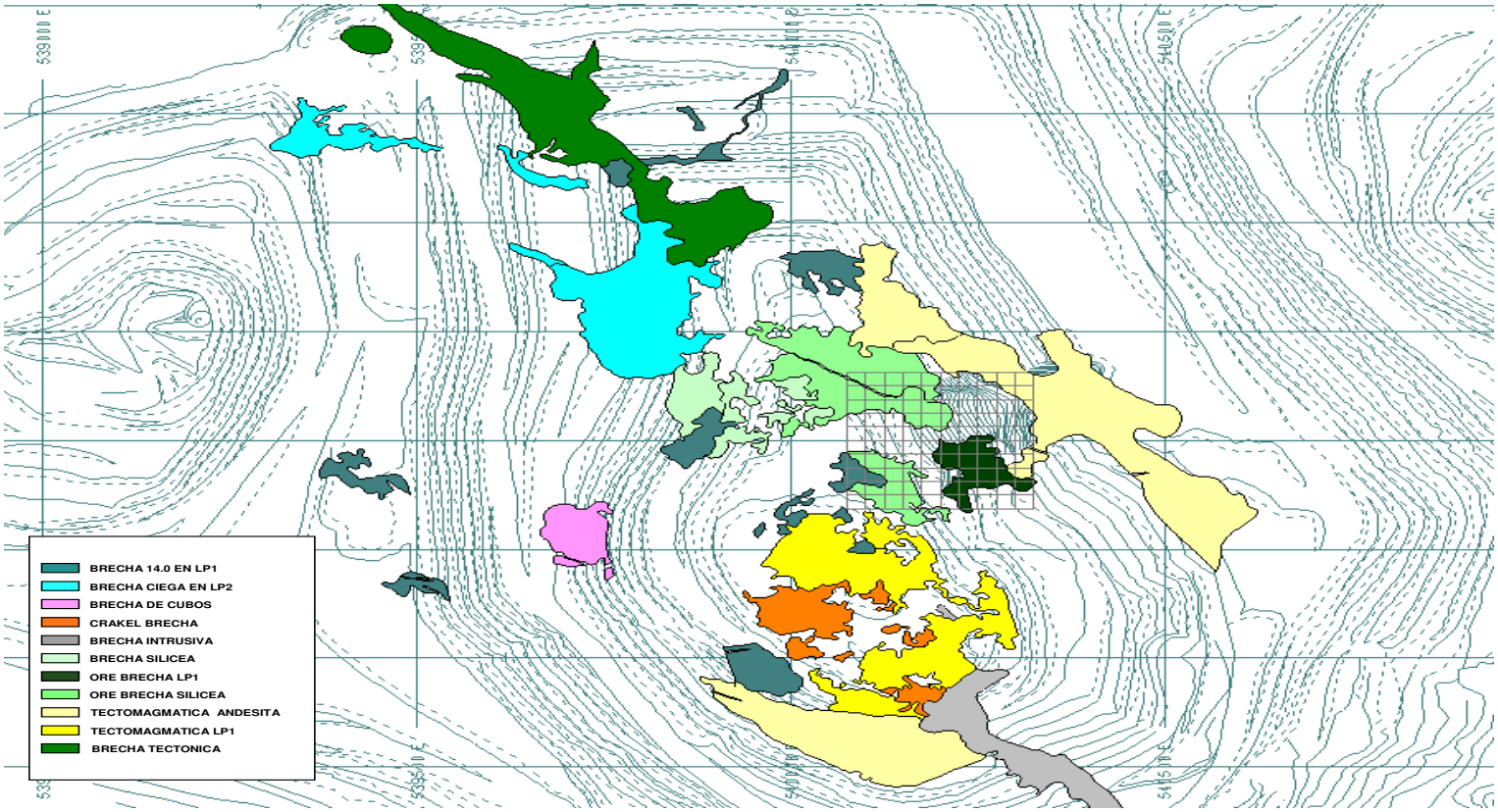


Figura 39: Ubicación de las brechas en mina Cuajone.

Fuente: Departamento de Geología - Mina Cuajone, 2019.

El corredor estructural de a falla Cuajone, en la zona SE es el principal control para el emplazamiento de las ***Brechas Magmato hidrotermales***, también controlaron a este brechamiento los alineamientos estructurales (Falla Cuajone- Sistema "C" NW-SE, Chuntacala E-W, Sistema "J" NE-SW, Falla Mayor Sur,).

En general todas las brechas de la mina Cuajone son esponjosas para la voladura, excepto las brechas freato-magmáticas que son ligeramente friables.

La ***Brecha Magmato-hidrotermal*** (BX-LP 15.8) es dura para voladura, pero muy buena para la molienda y recuperación de cobre.

2.3 Retención de taco

Es la diferencia de tiempo entre el inicio de la EYECCION del material de taco y la DETONACION de la columna explosiva, es decir; es el diferencial de tiempo desde el momento en que se produce la detonación de la carga explosiva y el instante en que el material del taco comienza a sufrir la deformación del material o eyección del taco.

Cuanto mayor es el diferencial de tiempo, mayor es la retención del taco y como beneficio se tiene mayor aprovechamiento de la energía explosiva para mejorar la fragmentación y reducir eyección de material (perdida de energía explosiva).

En esta oportunidad se va realizó una prueba comparativa de retención de taco.

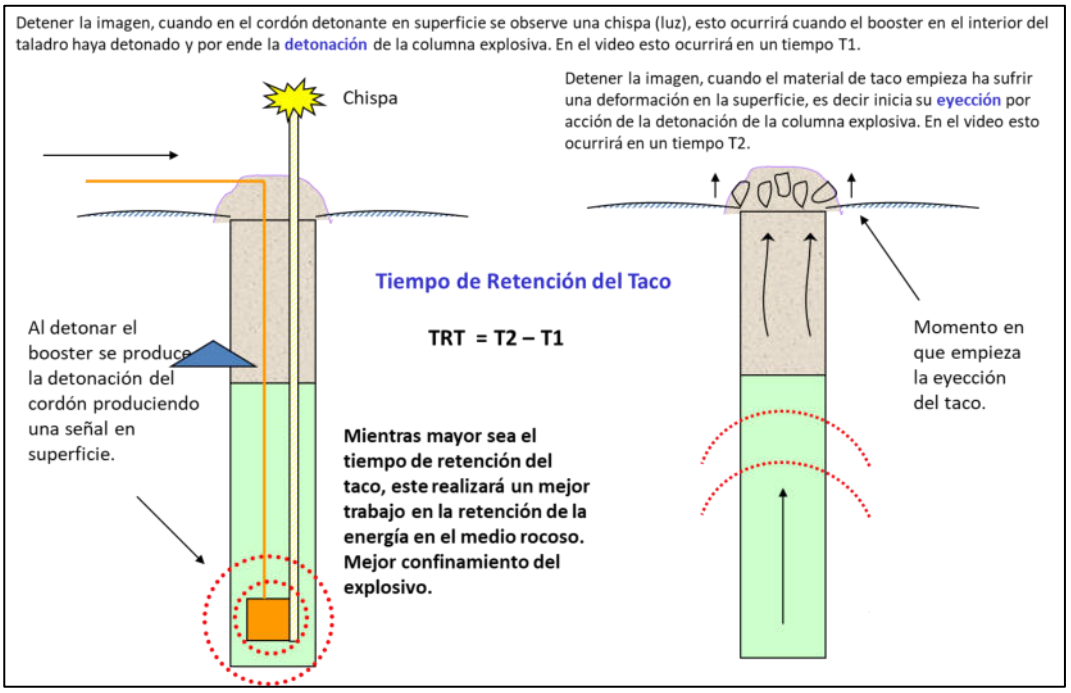


Figura 40: Tiempo de Retención del taco.

Fuente: R. Frank Chiappetta 2004

2.4 Chancadora de grava de 2”

En la unidad minera de Cuajone se está usando actualmente una excavadora Komatsu PC350LC acoplado una chancadora de mandíbula The Crushing Evolution BF 120.4 cuya producción es la siguiente de 22 horas seguidas en promedio de chancado produce una volquetada del camión Komatsu 930E de 290 toneladas.

La chancadora tiene una capacidad de 13.2 toneladas por hora neta de trabajo.



Figura 41: Excavadora PC300LC-8 acoplado una chancadora de mandibula.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.



Figura 42: Chancadora de mandíbula The Crushing Evolution BF 120.4.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

2.5 Definición de términos

Para aclarar términos y evitar doble interpretaciones del tema a investigar.

Grava o stemming: material fragmentado, cuyos fragmentos tienen que medir entre 2 mm hasta 64 mm.

P80: es el ochenta por ciento de material que pasa por un determinado tamiz.

Word index: es el índice de trabajo en el cual se demora la chancadora en procesar determinado peso, puede estar expresado en (tm/h), (tm/min), etc.

Explosivos y accesorios utilizados actualmente en mina. En la actualidad en la mina Cuajone los explosivos que se usa para voladura de producción es el booter y los accesorios (detonador electrónico y un detonador no eléctrico como back up).

Se considera explosivo a la mezcla de agentes, como el nitrato de amonio, la emulsión, el sensibilizante el nitrito de sodio que es el agente que gasifica, y hace que la mezcla esponje, el booster que va a un metro de la columna explosiva junto con los accesorios para iniciar la voladura.

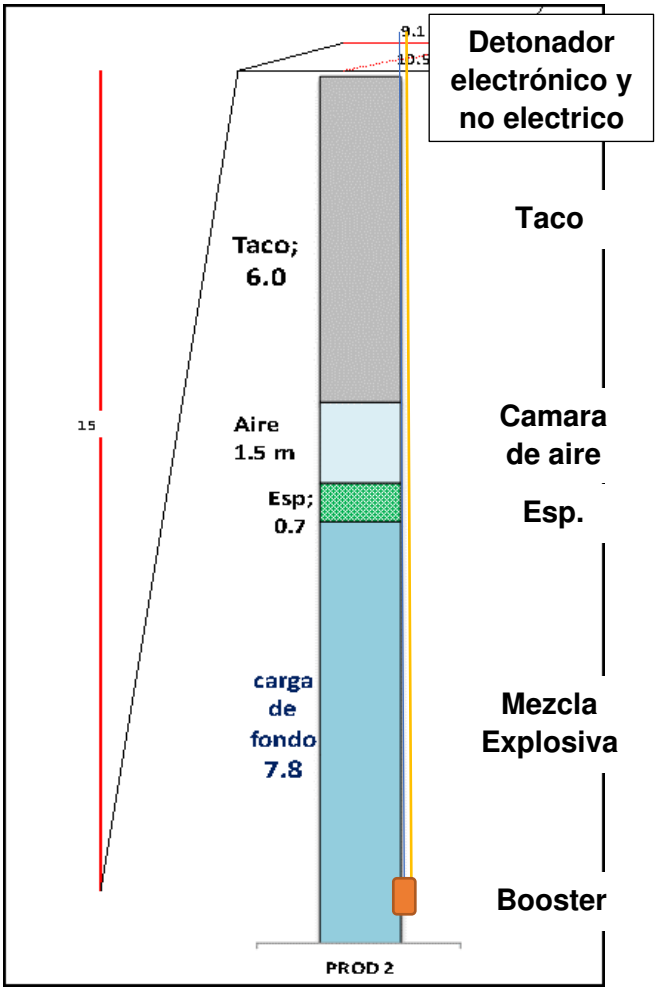


Figura 43: Diseño de carga mostrando la mezcla explosiva, Booster, taco y accesorios.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Burden: Es la distancia desde el pie o eje del taladro a la cara libre perpendicular más cercana. También la distancia entre filas de taladros en una voladura.

Espaciamiento: Es la distancia entre taladros de una misma fila que se disparan con un mismo detonador o con detonadores diferentes y mayores en la misma fila.

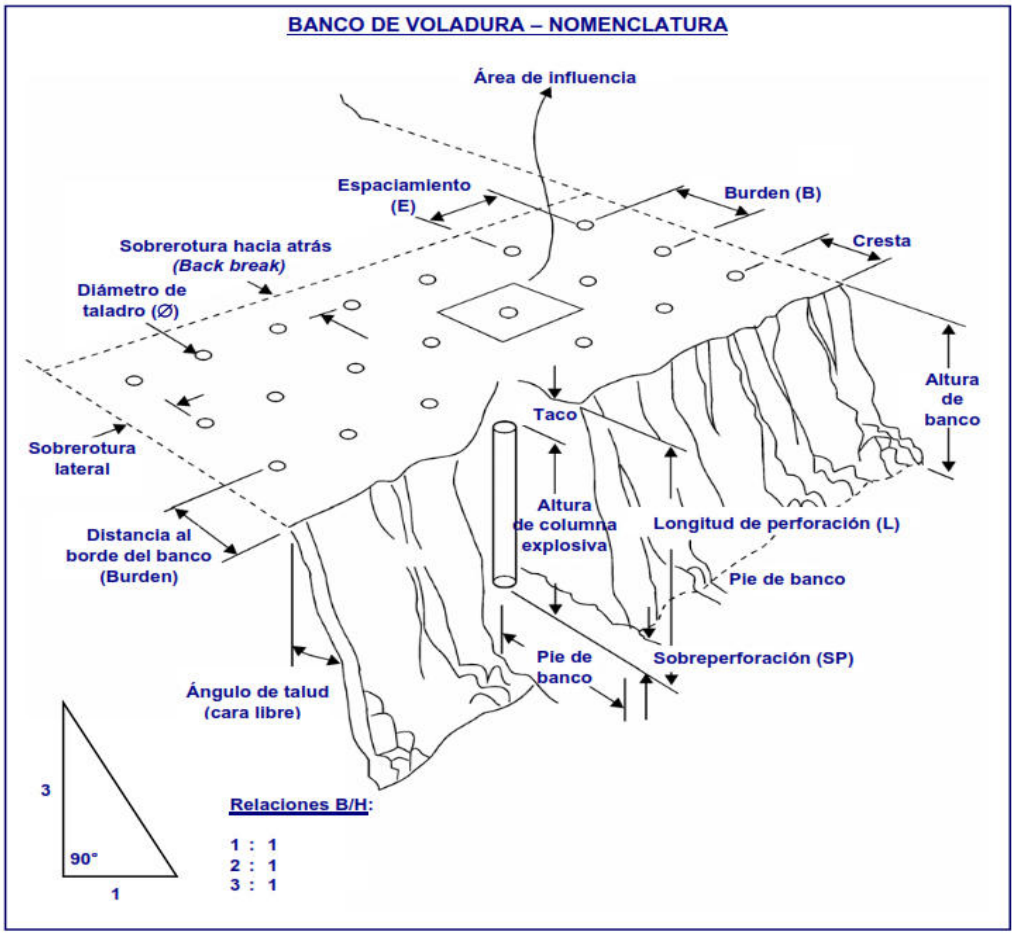


Figura 44: Banco de Voladura.

Fuente: Manual de Voladura Exsa S.A.

Tiempos de la malla cargada: Son los tiempos asignados a cada detonador que va introducido al booster, en la actualidad se asigna tiempos a cada taladro independientemente, esto se da por los detonadores electrónicos que tienen un chip incorporados.

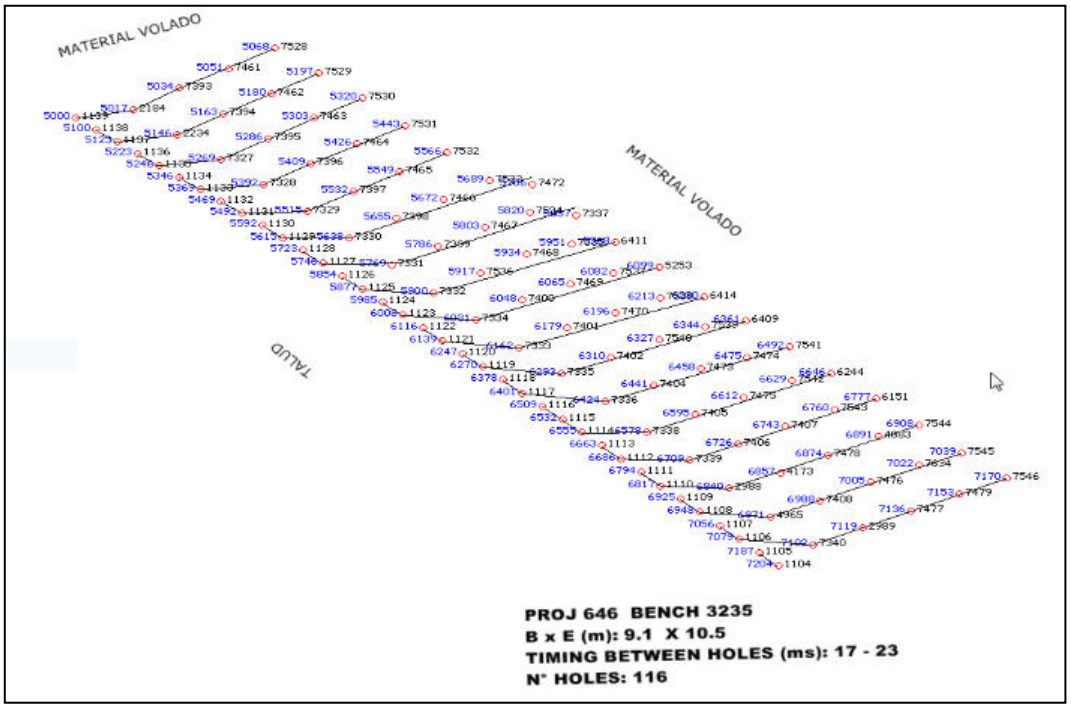


Figura 45: Diseño de amarre con tiempos asignados.

Fuente: Orica Cuajone 2019.

Flyrock: Proyección de roca, o roca volante en voladura es simplemente un fragmento de roca arrojada al aire con violencia como resultado de una explosión, por tanto, con gran potencial de causar daños.

velocidad pico partícula: La intensidad de la vibración en una localidad específica se determina mediante la siguiente relación empírica, usualmente denominada “Ley de Propagación”, que relaciona la velocidad de vibración máxima con la carga de explosivo y la distancia, es medida mediante el equipo del sismógrafo.

VOD: Velocidad de detonación es la velocidad de reacción de la mezcla explosiva, es medida mediante el equipo del microtrap.

Retención de la energía del explosivo: La retención de la energía del explosivo se logra con material grava que se rellena o se tapa el taladro para que la energía del explosivo no fuge y pueda fragmentar la roca, esta medición se logra con gravar la detonación de la malla con cámara de alta velocidad a 1000 cuadros por segundo, que se mide desde un destello producido por cordon detonante colocados específicamente a los taladros a analizar hasta la eyección de material.

Fragmentación: La fragmentación de rocas por voladura comprende a la acción de un explosivo y a la consecuente respuesta de la masa de roca circundante, involucrando factores de tiempo, energía termodinámica, ondas de presión, mecánica de rocas y otros, en un rápido y complejo mecanismo de interacción. Este mecanismo aún no está plenamente definido, existiendo varias teorías que tratan de explicarlo entre las que mencionamos a:

- Teoría de reflexión (ondas de tensión reflejadas en una cara libre).
- Teoría de expansión de gases.
- Teoría de ruptura flexural (por expansión de gases).
- Teoría de torque (torsión) o de cizallamiento.
- Teoría de caracterización.
- Teoría de energía de los frentes de onda de compresión y tensión.
- Teoría de liberación súbita de cargas.

Esponjamiento: Es la acción de aumento de volumen del macizo rocoso por acción de la voladura.

Sobre Rotura: Fracturas que se producen hacia la zona del nuevo proyecto, por acción de la voladura.

Pro analysis: Software que permite analizar los videos de la cama de alta velocidad, donde se puede evidenciar la retención de la energía del explosivo mediante la medición de tiempos desde el destello producto del cordón detónate hasta la eyección del material volado.

Wipfrag: Software que permite analizar la fragmentación del material chancado, volado.

Blasware: Software que permite analizar las vibraciones producto de la voladura.

Equipo Micrtrap: Equipo que permite analizar la velocidad de detonación de la columna explosiva.

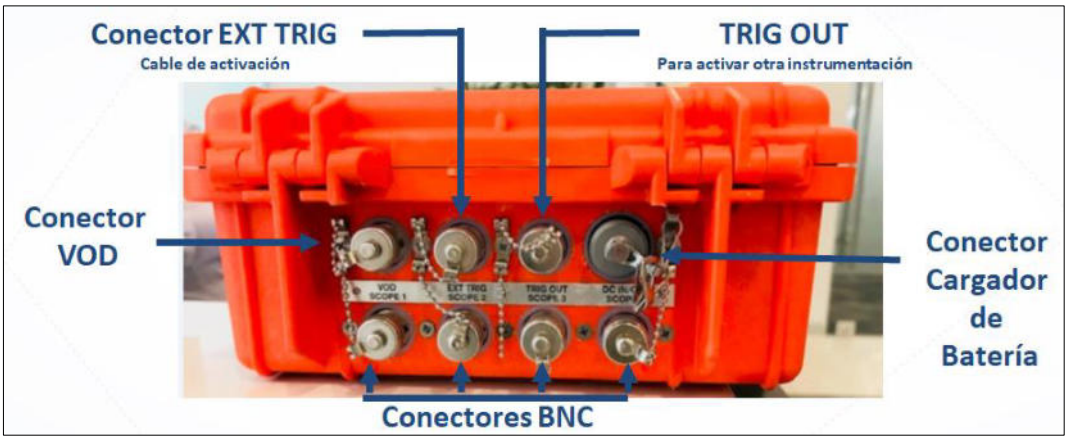


Figura 46: Parte posterior del equipo microtrap.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

La velocidad de detonación (VOD) se cita como la especificación de rendimiento para explosivos.

Si no está midiendo VOD, entonces no puede estar seguro de que sus explosivos funcionan correctamente.

Si desea perfilar el VOD continuamente a lo largo de las columnas de explosivos en múltiples pozos de sondeo, a lo largo de una muestra de explosivos, o determinar los tiempos de demora entre pozos de sondeo, el registrador de datos / VOD MicroTrap es el registrador de datos / VOD más económico y fácil de usar.

Es el grabador de VOD más popular del mundo y puede ampliarse opcionalmente para registrar cualquier sensor que emite voltaje de CC, como sensores de presión y acelerómetros.

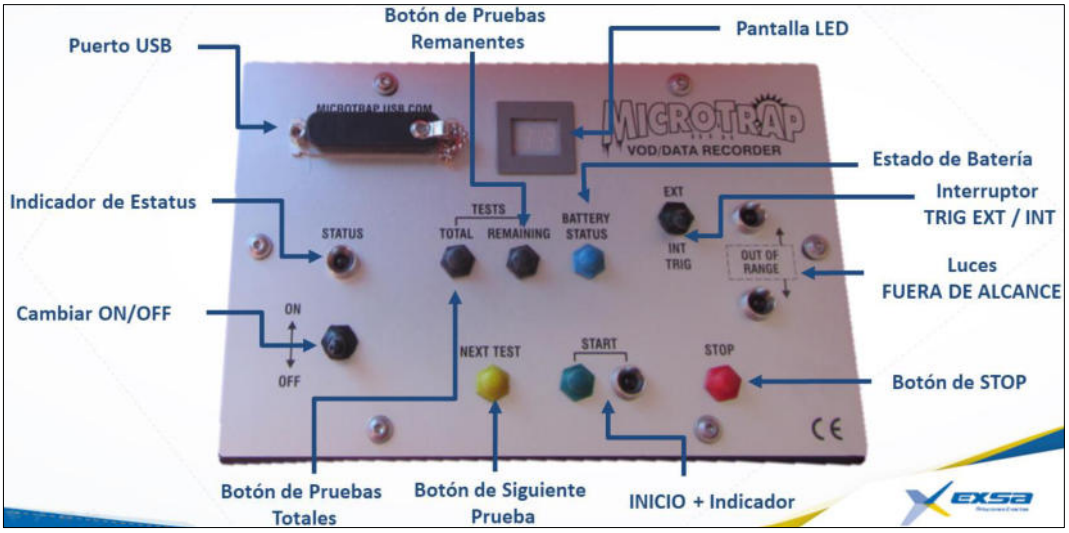


Figura 47: Panel de control del equipo.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Cámara de alta velocidad: Equipo que permite filmar un evento a 1000 cuadros por segundo,

Las explosiones y sus efectos ocurren demasiado rápido para ser capturados con cámaras de video de velocidad estándar. Para ver lo que te has estado perdiendo, debes grabar tus explosiones con video de alta velocidad.

Si desea determinar los efectos de las explosiones en estructuras o vehículos o determinar los tiempos de disparo reales de sus explosiones y la naturaleza del movimiento de la roca, la cámara de video digital con la velocidad y resolución para capturar con precisión estos eventos es el Blaster's Ranger II ™ Cámara de alta velocidad Es un sistema completo de grabación de video de alta velocidad con una pantalla LCD incorporada y una interfaz de operador fácil de usar (MREL BLASTING INSTRUMENTATION, 2019)



Figura 48: Cámara de alta velocidad Blaster's Ranger II.

Fuente: MREL BLASTING INSTRUMENTATION.

Sismógrafo: Equipo que permite medir las vibraciones en el terreno, en mina Cuajone contamos con el sismógrafo **Minimate Pro6 de Instantel.**

Los monitores de sonido, sobrepresión y vibraciones Minimate Pro6 de Instantel se basan en el éxito de los sistemas de monitorización Minimate Series III. El Minimate Pro6 ofrece 64MBs de memoria, robustez mejorada, incluyendo conectores y una caja de metal, y resistencia al agua. Conecte dos geófonos triaxiales DIN o ISEE estándar para monitorizar fuentes de vibración desde dos ubicaciones diferentes. O, conecte un geófono triaxial ISEE o DIN y un micrófono lineal ISEE o un micrófono de sonido opcional cuando se requieran datos de sobrepresión o sonido del aire (INSTANTEL, 2019).



Figura 49: Sismógrafo Minimate Pro6 de instantel.

Fuente: INSTANTEL.

III. MÉTODO.

3.1 Tipo de nivel de investigación.

El tipo de Investigación de la tesis es **comparativa** porque se comparó dos tipos de materiales para taco y **cualitativa** porque se evaluó las cualidades de cada material que se usará como taco, y **transversal** porque se desarrolló en puntos determinados en el tiempo.

En cuanto diseño según las etapas del proceso de investigación se utilizó un modelo de la metodología de investigación según, (HERNÁNDEZ SAMPIERI, FERNÁNDEZ COLLADO, & BAPTISTA LUCIO, 2010)

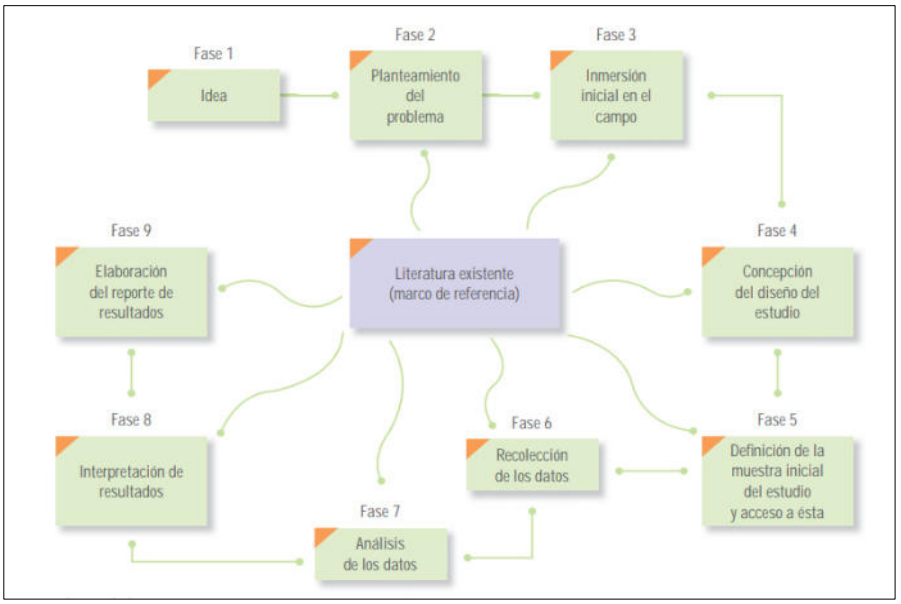


Figura 50: Proceso cualitativo.

Fuente: Metodologia de la Investigación Fernandez Hernandez 2003.

El nivel de investigación para el siguiente estudio es comparativo, porque se comparó a detalle dos materiales usados para taco, stemming de 2” y detritus.



Figura 51: Diagrama de investigación cualitativa del proyecto.

Fuentes: Elaboración propia.

3.2 Ámbito temporal y espacial.

- Ubicación: Ubicada al sur del Perú, 30 kilómetros de Moquegua.
- Distrito: Torata
- Provincia: Mariscal Nieto.
- Departamento: Moquegua.
- Altura 3500 m.s.n.m.

La Ubicación de proyecto de la unidad minera Cuajone se ubica en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, cuyas instalaciones se distribuyen en plataformas que van desde los 2,600 a 3,500 m de altitud. La U.P. de Cuajone tiene una vía asfaltada de 33 km que la une con la ciudad de Moquegua, transitando por la carretera binacional con dirección de Moquegua hacia Torata. La distancia total que la separa del Puerto de Ilo es de 135 km de tránsito carretero por la vía Binacional. (CORPORATION S. P., 2012)

Las pruebas de se realizaron el proyecto 3130-634 con material detritus para el taco se realizó el día 02/03/2019, el proyecto con material detritus para el taco se realizó el día 21/03/2019, proyecto 3130-640 con material grava se realizó el día 09/04/2019 y el proyecto 3130-641 se realizó el día 12/04/2019; el seguimiento de la del minado de la pala 05 en los proyectos de las pruebas se realizó del 04/05/2019 al 28/05/2019.

3.3 Población y muestra.

La población del trabajo de investigación se realizó en la fase 6B2 el nivel 3130 zona de Brecha mineralizada de la unidad minera de Cuajone.

Las muestras se tomaron del nivel 3130 de los siguientes proyectos: 634 se utilizó material de taco detritus, 635 se utilizó material de taco detritus, 640 se utilizó material de taco grava de 2” y 641 se utilizó material de taco grava de 2” pulgadas.

3.4 Instrumentos.

Materiales.

- Lápiz.
- Lapicero.
- Hoja de apunte.
- Trípodes.
- Regletas para medir fragmentación.
- Cable resistivo.
- Cable coaxial.
- Cinta aislante.
- Navaja pico de loro.
- Pela cable.
- Cajas de metal para proteger los equipos de medición.

Equipos.

- Laptop para procesar datos.
- Calculadora.
- Impresora.
- Cámara fotográfica.
- Cámara de alta velocidad.
- Sismógrafo.
- Microtrap.
- Multitest.
- Filmadoras.

3.5 Procedimientos.

Describiremos el procedimiento de carguío de taladros primarios del Sive Cuajone, el procedimiento de para realizar la prueba de tención de taco y sus controles, el seguimiento del minado de la pala 05 del proyecto donde se realizó las pruebas.

3.5.1 Procedimiento del Sive Cuajone - Carguío de taladros primarios con explosivo

El procedimiento describe a detalle la forma correcta de carguío de taladros primarios, que es necesito aplicarla para realizar las pruebas con las garantías de seguridad y calidad (S.A., 2019) .

Personal y responsabilidades.

- **Ingeniero Residente:** Coordina con el Operador de Contrato los proyectos para realizar el carguío. Coordina y da indicaciones de cargar los taladros.
- **Técnico Supervisor:** Coordina y da indicaciones de cargar los taladros.
- **Operador de Carguío:** Apoya en el carguío de taladros con el camión mezclador.

Equipos de protección personal.

- EPP básico (Casco, Zapatos punta de acero, chaleco y lentes).
- Guantes de badana, neopreno y/o Hyflex.
- Tapones Auditivos.
- Respirador de media cara con filtros 7093C.
- Cortaviento.
- Bloqueador Solar.

Equipo / HerramientaS / Materiales.

- Camión Mezclador.
- Conos de seguridad.
- Cinta de Seguridad “Peligro Explosivos”.
- Letreros.
- Espejo.
- Wincha.
- Cuchilla Tramontina.
- Mezcla Explosiva.
- Escalera.

Actividades preliminares.

- Todo el personal involucrado participara en la elaboración del IPERC antes del inicio de las labores.
- Se deben de inspeccionar las herramientas a utilizar, las que no estén en buen estado se deben de retirar del área.
- Señalizar el área de carguío con conos amarillos y letreros.

- Si el trabajo se realiza cerca del hombro de un talud, se colocará cinta roja en el perímetro de éste a 1 metro como mínimo.
- El Técnico Supervisor verificará que todo el personal que realizará el trabajo cuente con SUCAMEC vigente.

Zona de carguío voladura primaria.

- Llegando al proyecto de labor, el operador del camión mezclador solicitará permiso para ingreso a la malla de carguío, asimismo personal que dirija el tránsito del camión dentro de la malla
- Si no tiene espacio de carguío, o por algún motivo deba estacionarse, deberá hacerlo fuera de la malla en retroceso y en zona segura.
- Para ingresar o salir del proyecto solicitar permisos correspondientes a los equipos de perforación u otros si los hubiera, transito conservando distancia adecuada a otros vehículos y/o equipos; si por casos excepcionales esta distancia es reducida o menor a 2 metros, evalué y considere otras opciones de tránsito y solicite apoyo al supervisor y/o personal de piso para ser guiado.
- Estacionarse colocando sus elementos de bloqueo, caja de cambios trabada a velocidad adecuada, freno de parqueo, retirar la llave de contacto, coloque tacos, cuñas y conos.
- Estacionado, el operador debe preparar sus artículos para la labor del día: formatos, manga, limpieza general, mangueras, fugas de aire/aceite, re inspección del vehículo y módulo.
- El Técnico Supervisor coordina y da indicaciones de cargar los taladros.

Carguío de taladros.

- Una vez ubicados en el proyecto de voladura y antes de comenzar la operación, el Supervisor EXSA S.A inspeccionará el área para identificar los peligros. Cuando se trabaje a menos de 10 m de la cresta (banco superior) o pie del talud.
- El operador verificara y determinara la distancia del camión mezclador a los equipos dentro de la malla al momento de realizar

movimientos. La distancia mínima para el carguío de explosivos de la zona de carguío a perforadoras o equipos es dejando una fila.

- El operador de camión revisará el plano de carguío, 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 operador de carguío, para constatar la densidad correcta.
- En cada viaje o antes de iniciar el proceso de carguío, verterá los kilos necesarios fuera del primer taladro para verificar que la dosificación de la mezcla sea la requerida. El material vertido luego se echará sobre 1 metro del taco inerte del taladro para evitar ensuciar el proyecto
- La secuencia de carguío debe ser ordenada (carguío por filas), de manera de evitar errores. Por ningún motivo el operador de camión iniciara el carguío sin el Operador de carguío.
- El Operador de carguío medirá la longitud de taco con la Wincha, según el programa de carguío, e indicará si se requiere aumentar la carga.
- El operador de camión mezclador deberá tener en consideración de la dosificación del petróleo (FO), nitrito de sodio, cuando se realice la mezcla explosiva, reportar el % de paso analizado en el primer viaje aproximadamente en el segundo taladro de iniciado el carguío.
- Para “soplar” o limpiar el brazo, cierre la llave de los inyectores para evitar derrames o contaminaciones en el piso.
- Todo movimiento del camión mezclador dentro de la malla debe ser guiado por el 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.
- Nunca pase sobre taladros cargados sin tapar, y sin carga, NO pise los fanel o accesorios de voladura, el personal de piso es quien guiará y enterrará los faneles y/o electrónicos para evitar ser pisados.
- Las mangas plásticas que dejen de emplearse, deberán de ser eliminadas por contener restos de explosivos, cortándolas en

pedazos pequeños y depositándolos en los taladros, antes de que estos sean tapados.

- Todo taladro cargado deberá ser anotado en el reporte de carguío respectivo y verificado en el plano de la malla, individualizando el número de taladro que corresponda, altura, si tiene agua, cantidades de mezcla empleadas, número de boosters, fanel y cualquier observación que se presente en la malla.
- Si el operador observa zonas de carguío de riesgo (cerca de crestas, taludes, etc.) comunique al supervisor y/o prevencionista para el apoyo necesario.
- Todo exceso de carga se anotará para los controles administrativos.

Carguío de taladros con explosivo quantex.

- Activar la bomba de solución gasificante para un flujo entre 1.5 y 2.8 galones por minuto y compruebe si hay inyección.
- Controlar las presiones del sistema de bombeo de emulsión, menor a 100 psi y flujo constante de nitrito de sodio.
- Definir un taladro de prueba para inicio del carguío.
- Verificar la inyección de nitrito, observando la coloración de la mezcla al iniciar el carguío del taladro de prueba.
- Si no hay adecuada inyección de nitrito de sodio DETENER el carguío, Chequear el sistema; comunicar y pedir apoyo.
- Si la inyección de nitrito es correcta realice el control de densidad en el taladro de prueba.
- Si la densidad no corresponde a la de diseño, aplicar procedimiento de regulación de densidad.
- Si la densidad es la correcta continuar con el proceso de carguío.
- Dirigir el brazo de descarga axialmente sobre la boca del taladro.
- Iniciar el carguío.
- En todo momento observar el color y textura de la mezcla.
- CUIDADO, Evite demoras excesivas entre taladro y taladro ya que la mezcla reacciona dentro de los ductos y cuando reinicie el carguío tendrá problemas de sobrepresión.

- Mantener la velocidad de descarga constante entre 400-600 Kg/min.

Carguío taladros con agua.

- Lubricar la manguera con agua antes de iniciar el carguío.
- Ubicar el brazo en su descanso para iniciar el proceso de bombeo, recomendable que los primeros 50 kilos sea la mezcla explosiva quantex 73 para lubricar la manguera, y que se verifique la dosificación por gravedad en un taladro seco antes de iniciar el proceso.
- Cargar agua a la Tina y bombear más aire para limpiar y lubricar la manguera.
- Regular el paso de rotación del carrete para que se enrolle automáticamente a una velocidad que permita el tiempo adecuado de reposo del explosivo y que desplace el agua evitando atraparla en su interior (afecta la energía y rendimiento del explosivo).
- Revise siempre los controles de seguridad, relojes de presión, presión en la manguera, sellos, mandos, etc.
- Recuerde no exceder los 150 PSI de presión, puede romper el sello de seguridad.
- Posicionar la manguea al fondo del taladro y subirla medio metro del fondo para iniciar el bombeo del explosivo.
- La dosificación explosiva e inyección de agua a la mezcla debe ser de ½ hasta 2.0 galones por minuto, considerándola como lubricante entre la mezcla y la manguera. NUNCA exceda las presiones de bombeo establecidas por el fabricante
- NUNCA trabaje las bombas en vacío, esto eleva temperatura y es muy peligroso.
- Al finalizar calcule el espacio de altura del taladro adecuada para completar con la carga de soplado de la manguera y evitar derrames en el terreno, limpie con agua y aire hasta estar seguro de una limpieza eficiente.
- Finalizada la labor “limpie” el sistema de bombeo y manguera para evitar obstrucciones.
- La tina siempre debe estar con agua para diluir la carga “seca” que pudiera caer del brazo.

Consideraciones generales

- Limpiar el filtro de mezcla (combustible) mínimo cada dos días, reportar estado en la hoja de carguío.
- Limpiar el filtro de abastecimiento de nitrito mínimo cada dos días, reportar estado en la hoja de carguío.
- El control principal de altura de carga es por kilos, el Operador de carguío realiza medida de control referencial que indica la carga en el taladro y si subió adecuadamente lo previsto.
- Para traslado entre taladros, la manga estará en posición segura evitando derramar explosivo, de darse el caso recoger y verter a un taladro sobre la carga explosiva final.
- Taladros donde se detecte anomalías (oquedades o espacios internos), se procederá según el caso a tapar con algún elemento de forma segura y se considerara volver a primar y cargar luego de solucionar ese inconveniente (cantidad coordinada con el Supervisor de voladura), se registrará en el reporte de carguío y reporte final proporcionado al cliente.
- Para desplazarse verificar visualmente el estado de la vía o trayecto a seguir.
- Desplazarse siempre con el apoyo visual del Operador de carguío, principalmente en acciones de retroceso y paso de una fila a otra.
- Cargar taladros con indicación de kilos de explosivo, si no tiene dicha indicación no cargar.
- Nunca cargue hasta que quede vació el camión, puede derramar combustible por el auge vertical o cavitar las bombas.
- Para traslados cortos no son necesarios desencrochar o desactivar el PTO, NUNCA realice cambios de velocidad con el camión encrochado (PTO activado); asimismo NUNCA sobre pase las 1500 RPM (Inter) o 1200 RPM.
- Distancias largas (mayores a 30 m.), considerar trasladarse con el brazo en su descanso, evitar fatiga del brazo vertical y desactivar el PTO.
- Durante toda la labor de carguío de taladros el conductor del camión permanecerá dentro de su cabina, excepto cuando realice labores de vibración de tolvas de nitrato, carguío bombeable desde mandos externos, inspección breve por falla inesperada.

Para esta actividad deberá evaluar nivel de piso, aplicar freno de emergencia y de ser necesario tacos.

- Las zonas donde la pendiente es pronunciada, para realizar lo indicado en el ítem anterior deberá obligatoriamente colocar tacos.
- Por ningún otro motivo abandonara el vehículo con el motor en marcha, salvo excepciones de seguridad que pongan en riesgo la integridad del equipo y personal (incendio, emergencias).
- Se debe mantener distancia segura o mínima de un taladro sin cargar cerca de la perforadora, esto en forma radial a dicho equipo, es decir que entre el camión y la perforadora debe haber un taladro sin cargar (no tomar en cuenta el taladro que está perforando). Distancia establecida para cualquier caso es 20 metros mínimo en forma radial al equipo.
- Si los taladros que se perforan son inconsistentes y existe riesgo de taparse por inestabilidad de las paredes por la presencia de agua, se deberá cargar tan pronto se retira la perforadora, en este caso habrá una excepción de distancia mínima, por situación especial presentada, se coordina antes con el supervisor de EXSA S.A o se solicita un vigía para realizar esta labor.
- De realizarse algún mantenimiento correctivo al camión, retire el equipo fuera de la zona de carguío y coloque/use los elementos de protección ambiental necesarios (bandeja, bolsas, trapos absorbentes, etc.), no contamine el piso u otro sector.
- Al finalizar el carguío, debe limpiar los brazos de descarga adecuadamente y también la manguera del bombeable si se usó.
- Desencrochar el PTO, realice pruebas para asegurarse que se desactivo tal dispositivo.
- Antes de salir del proyecto revise las llantas, puede haber piedra entre ellas, de darse el caso solicite ayuda y con la saca piedras retire dicho elemento, evite dañar las mismas.
- Al finalizar la jornada y de acuerdo al factor climático, el camión debe quedar con todas las materias primas abastecidas y las tolvas cerradas por cualquier eventualidad del clima. Revise las Winchas y repare de ser necesario para tenerlas siempre listas para el día siguiente (obligación del operador).

- Los derrames, levantar con cuidado y verter al taladro sobre la carga explosiva (taladros completamente cargados), según el caso utilice la bandeja de derrames (anaranjada). Nunca debe quedar explosivo o partes de el sobre el terreno.
- Todo daño a sello de ruptura de las bombas debe ser reportado como incidente con daño material.

Restricciones.

- Tormenta eléctrica, suspender actividades cuando indiquen alerta naranja, comunique al supervisor para la evacuación respectiva de la zona.
- Detenga toda actividad si algún: equipo, vehículo, agente de voladura presenta condiciones sub estándares.

3.5.2 Procedimientos de cómo se realizó las Pruebas de Retención y sus controles.

Personal y responsabilidades.

- **Ingeniero Residente:** Coordina con el Operador de Contrato los proyectos para realizar las pruebas de retención. Coordina y da indicaciones de las pruebas
- **Asistente Técnico:** Coordina y da indicaciones de cómo se va a realizar las instalaciones de la prueba.
- **Operador de Carguío:** Apoya con la instalación de la prueba.

Equipos de protección personal.

- EPP básico (Casco, Zapatos punta de acero, chaleco y lentes).
- Guantes de badana, neopreno y/o Hyflex.
- Tapones Auditivos.
- Respirador de media cara con filtros 7093C.
- Cortaviento.
- Bloqueador Solar.

Equipo / Herramientas / Materiales.

- Cuchilla Tramontina.
- Condón detonante P5.
- Cinta aislante.
- Bastones de un metro de alto.
- Cámara de alta velocidad.
- Sismógrafo.
- Microtrap.
- Cable resistivo.
- Cable coaxial.
- Balanza de 100 kg.
- Tubo de 12 ¼ en pulgadas de diámetro
- Palana.
- Cámara.
- Filmadora de alta resolución.

Análisis del material de taco.

Para las pruebas de retención se analiza el material utilizado como taco del proyecto de la siguiente manera:

Para taco utilizando detritus de la perforación y grava, se realiza pruebas de densidad aparente que consiste en llenar detritus o grava en un tubo de 12 ¼" que simula el taladro, pesamos el material para taco.



Figura 52: Cálculo de densidad aparente del detritus producto de la perforación.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.



Figura 53: Cálculo de densidad aparente de la grava.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Se realiza el control de granulometría de la grava producto de la chancadora utilizando el software WipFrag, para ello se toma fotos a la grava utilizada para las pruebas.

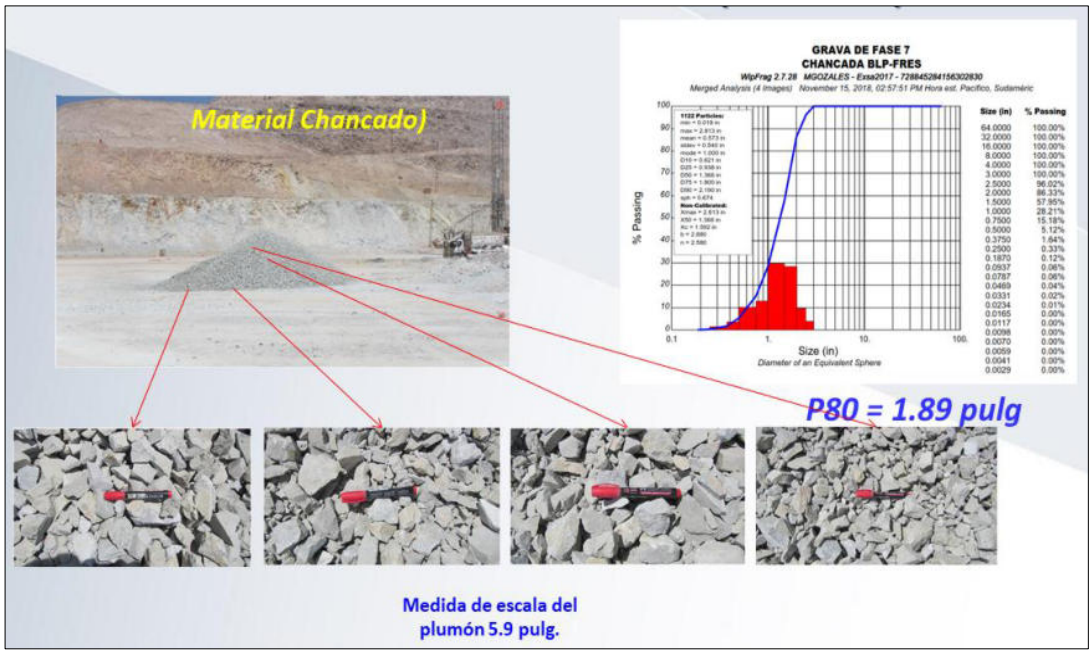


Figura 54: Análisis de la grava.

Fuente: Elaboración propia.

Colocación de cordón detónate para visualizar las pruebas con cámara de alta velocidad.

En primera instancia se mede los taladros donde se va realizar las pruebas, luego se trae el booster, el cordón detónate, detonador electrónico y detonador no eléctrico, se procede a primar, en el primado se coloca el cordón detónate al booster y se sujeta con cinta aislante, se baja la prima hacia el fondo del taladro, en el collar del taladro el cordón detonante sobre sale en promedio 5 metros juntos con los detonadores electrónico y no eléctrico, el cordón detónate sobresaliente del collar se forman los gogos y se sujeta a una estaca de un metro de alto.



Figura 55: Pasos para la colocación de cordón detonante para visualizar el inicio de la detonación con cámara de alta velocidad.

Fuente: Elaboración propia.

Monitoreo de los disparos.

A los proyectos de la pruebas de retención de taco se realiza controles de vibraciones y pruebas de VOD.

Los pasos para colocar un sismógrafo son los siguientes:

Antes de la prueba se carga la batería del equipo, con el equipo cargado nos dirigimos al proyecto donde se realiza las pruebas, se mide con wincha 50 metros desde el proyecto que se monitoreo, tomamos las coordenadas donde se va a colocar el sismógrafo, se hace un agujero de 20 cm de profundidad por 20 cm de diámetro, se coloca el geófono y se

enterró con material fino y una pesada de 2kg, se programa el equipo, una vez programado se señalizo y se cubro el equipo con una caja de metal.

Para instalar una prueba de VOD, se realizó los siguientes pasos:

Paso 1: Se coordinar con el jefe de grupo y operador de camión fábrica la ubicación del taladro donde se realizará la prueba, para su carguío y tapado respectivo.

Paso 2: Separar el o los taladros para realizar la medición, se recomienda que estos deben de ser los primeros o los últimos de la secuencia de salida de la malla y necesariamente en taladros sin agua.

Paso 3: Se realiza el cortocircuitado en un extremo del cable resistivo, luego se procede a aislar con la cinta aislante.

Paso 4: Con cinta aislante se adhiere el cable por el extremo cortocircuitado a la prima o iniciador para descenderlo al fondo del taladro, asegurando el cable resistivo al cable de los detonadores (electrónico y nonel) cada metro con cinta aislante.

Paso 5: Se procede a cargar el taladro, posteriormente se llena el taco con mucho cuidado sin dañar el cable resistivo. El carguío del taladro debe de ser de preferencia el mismo día del disparo.

Paso 6: Se verifica con el multitester la continuidad del cable resistivo.

Paso 7: En la zona de prueba se empalma el cable resistivo con el cable coaxial (debe verificarse que este en perfecto estado y debe tener continuidad).

Paso 8: Se verifica y se evalúa la distancia y zona donde se conectará y dejará el equipo microtrap con el cable coaxial, la cual será mayor de 50 metros en línea recta del ultimo taladro de la malla de voladura, cerciorándonos que se encuentre en zona segura fuera del alcance de alguna proyección de la voladura o circulación de equipos en la zona.

Paso 9: Se instala el equipo microtrap, conectando éste y el cable coaxial.

Paso 10: Se activa el equipo, se cubre con la caja metálica y se señaliza con conos**.**

Filmación con cámara de alta velocidad.

Para filmar con cámara de a la velocidad se carga en primera instancia la batería de la cámara, a primera hora se define el punto de filmación, 10 minutos antes del disparo se empieza a instalar la cámara siguiendo los siguientes pasos:

Paso 1: Se arma el trípode de tal manera que quede estable.

Paso 2: Se conecta la cámara a la batería.

Paso 3: Colocamos la cámara sobre el trípode y la encendemos.

Paso 5: Enfocamos el área que queremos filmar.

Paso 6: Programamos la cámara a 1000 cuadros por segundo.

Paso 6: Filmamos el proyecto a disparar.



Figura 56: Filmación con cámara de alta las pruebas de retención.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

3.5.3 Procedimiento de seguimiento de minado de los proyectos donde se realizó las pruebas.

Para el seguimiento de los proyectos se realiza mediante topografía y la ubicación mediante el sistema Jigsaw de los equipos que realizan el acarreo y carguío.

Por parte de asistencia técnica de exsa se hace la toma de fotos, al frente de minado.

3.6 Análisis de datos.

El análisis de datos se realizó de manera comparativa comparando dos tipos de datos, haciendo un análisis de cluster, puesto que se hiso análisis de grupos o agrupamientos que sean similares en algún sentido, otro, por ejemplo, las muestras tomadas en la fase 6B2 de la mina Cuajone serán similares los diseños de voladura y los diseños de cárga de las voladuras, serán semejantes para elegir la muestra.

3.7 Análisis de variables.

Variable dependiente: Obtener buena fragmentación en macizo rocoso brechado en mineral de alta ley, cuyas variables de las cuales depende son:

Variables independientes:

- Material para taco detritus o grava (A1).
- Tiempo de retención (A2).

$$\boldsymbol{buena\ fragmentación = A1 + A2}$$

Cabe resaltar que se repetirá las ecuaciones descritas para cada proyecto disparado con material grava o material detritus, el resultado de mejor puntaje, será elegido para taco óptima que da por resultado buena fragmentación.

IV. RESULTADOS

Tabla 11
Parámetros del macizo rocoso.

Parámetros	Unidad	3130-634	3130-635	3130-640	3130-641
Macizo Rocoso	-	LP-SIL-BX	LP-SIL-BX	LP-SIL-BX	BX-RP-QS
Densidad	gr/cm^3	2.70	2.70	2.70	2.65
Peso unitario del macizo rocoso	tm/m^3	2.74	2.74	2.74	2.74
Porosidad	%	2.30	2.30	2.30	3.00
Resistencia a la tracción indirecta de la roca intacta	Mpa	6.36	6.36	6.36	4.95
Resistencia a la compresión simple	Mpa	78.50	78.50	78.50	86.30
Módulo de Young o deformabilidad	Gpa	25.40	25.40	25.40	32.10
Razón de Poisson	-	0.19	0.19	0.19	0.23
Módulo de Young o deformabilidad dinamico	Gpa	74.20	74.20	74.20	81.40
Razón de Poisson dinámico	-	0.22	0.22	0.22	0.20
Parámetro de la roca intacta del criterio Hoek & Brown	-	13.59	13.59	13.59	18.71
Resistencia en compresión uniaxial roca intacta.	Mpa	86.56	86.56	86.56	92.62
Velocidad de compresión (Onda P)	m/s	5362.88	5362.88	5362.88	5704.47
Velocidad de corte (Onda S)	m/s	3215.82	3215.82	3215.82	3496.42
RQD (%)	%	58.00	64.00	72.00	56.00
RMR	-	56.00	59.00	68.00	54.00
Clasificación (RMR)	-	Regular	Regular	Buena	Regular

Fuente: Departamento de geotecnia.

Tabla 12
Especificaciones técnicas de Quantex 73.

Especificaciones técnicas	Unidades	Quantex 73
Densidad	gr/cm^3	1.13 +/-5%
Diámetro Crítico	Pulg	4.5
Profundidad máxima de carga	m	18
Velocidad de detonación (VOD)	m/s	4000-6000
Iniciador recomendado	-	Booster de pentolita B-450 gr
Emisión de CO2	kg CO_2/ tm Quantex	0.174
Tiempo de gasificación	min	20-30
Presión de detonación	Kbar	24.0-107.0
Energía absoluta en peso (AWS)	KJ/kg	3036
Energía absoluta en volumen (ABS)	J/cm^3	3214-3575
Potencia relativa efectiva al peso (RWS)	%	113
Potencia relativa efectiva en volumen (RBS)	%	170
Tipos de barrenos		Secos/Agua

Fuente: Exsa S.A., 2019.

Tabla 13
Datos generales de los proyectos donde se realizó las pruebas.

Fecha	Proyecto	Fase	F.P. Teórico (Kg/tm)	Roca	Densidad de la Roca (gr(cm^3)	Densidad de copa (gr/cm^3)	Mezcla explosiva	N° Total de taladros
2/03/2019	3130-634	6B2	0.30	LP-SIL-BX	2.70	1.10	70/30	273
21/03/2019	3130-635	6B2	0.30	LP-SIL-BX	2.70	1.10	70/30	106
9/04/2019	3130-640	6B2	0.30	LP-SIL-BX	2.70	1.10	70/30	72
12/04/2019	3130-641	6B2	0.32	BX-RP-QS	2.65	1.10	70/30	252

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

En los proyectos donde se realizó las pruebas se eligió rocas con presencia de brechas, con factores de potencia en promedio de 0.30 (kg/tm) con mezcla explosiva de 70/30 y densidad de copa de 1.10 (gr/cm^3), para los proyectos 3130-634, 3130-635 y 3130-640 se disparó con el siguiente diseño de malla y carga.

Tabla 14
Parámetros de diseño de los proyectos 3130-634, 3130-635 y 3130-640.

Parámetros y diseño	Cantidad	Unidad
Altura de banco	15.00	m
Densidad de la roca	2.70	gr/cm^3
Resistencia a la compresión	78.5	Mpa
Diámetro de perforación	0.31	m
Burden	7.83	m
Espaciamiento	9.00	m
Sobre perforación	1.00	m
Longitud de taladro	16.00	m
Taco de diseño	6.00	m
Cámara de aire intermedia	0.80	m
Densidad de vaso	1.10	gr/cm^3
Longitud de carga esponjada fondo	9.17	m
Densidad de mezcla sin gasificar	1.37	gr/cm^3
Longitud de carga inicial FO	8.17	m
Esponjamiento de carga	1.00	m
Volumen de roca por taladro	1056.52	m^3
Tonelaje de roca por taladro	2852.61	Tm/tal
Carga total	850.26	Kg
Factor de potencia	0.30	Kg/Tm

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

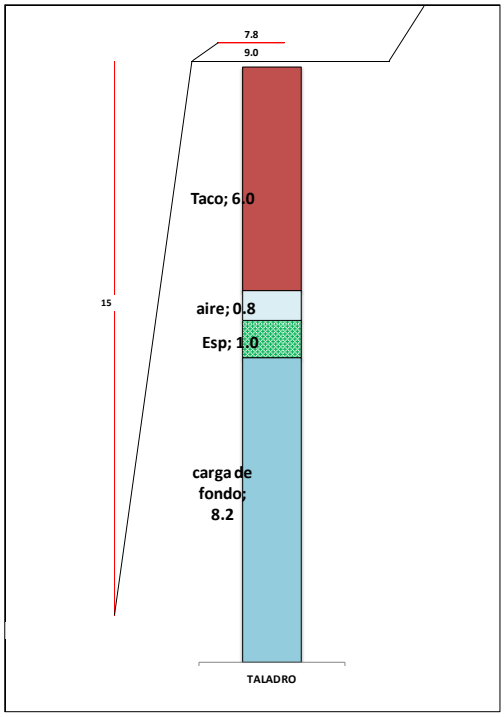


Figura 57: Longitud de carga, cámara de aire y taco de los proyectos 3130-634, 3130-635 y 3130-640.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Tabla 15
Parámetros de diseño del proyecto 3130-641.

Parámetros y diseño	**Cantidad**	**Unidad**
Altura de banco	15.00	m
Densidad de la roca	2.65	gr/cm^3
Resistencia a la compresión	86.3	Mpa
Diámetro de perforación	0.31	m
Burden	7.83	m
Espaciamiento	9.00	m
Sobre perforación	1.00	m
Longitud de taladro	16.00	m
Taco de diseño	6.00	m
Cámara de aire intermedia	0.80	m
Densidad de vaso	1.10	gr/cm^3
Longitud de carga esponjada fondo	9.17	m
Densidad de mezcla sin gasificar	1.37	gr/cm^3
Longitud de carga inicial FO	8.17	m
Esponjamiento de carga	1.00	m
Volumen de roca por taladro	1056.52	m^3
Tonelaje de roca por taladro	2852.61	Tm/tal
Carga total	850.26	Kg
Factor de potencia	0.32	Kg/Tm

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

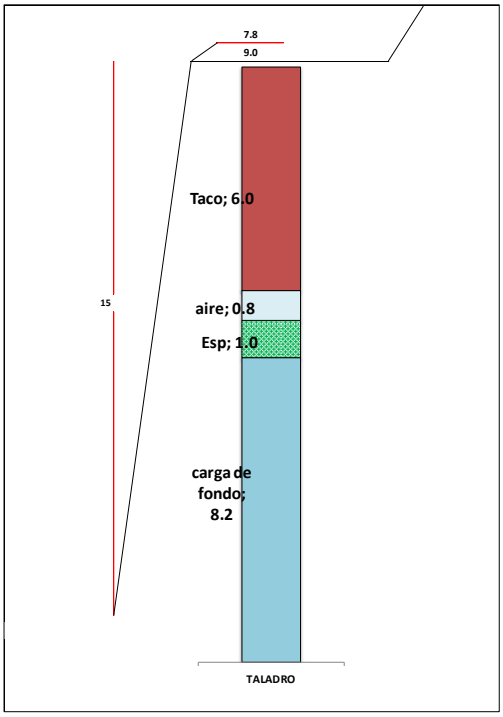


Figura 58: Longitud de carga, cámara de aire y taco del proyecto 3130-641.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Determinación de la densidad y masa aparente simulado de la grava y detritus el taladro con un tubo de hdpe de diámetro de 0.276 m y 0.382 m altura, se describe la forma de hallar la masa aparente en el ANEXO 01.

$$A = \pi\left(\frac{D}{2}\right)^2$$

$$A = 3.1416 * \left(\frac{0.276}{2}\right)^2$$

$$A = 0.059$$

$$v = A * H$$

$$V = 0.076 * 0.382$$

$$V = 0.023$$

Tabla 16
Densidad Aparente del material del taco tato para grava como para detritus.

Proyecto	Material Taco	Densidad de la roca (kg/m^3)	Volumen del Tubo (m^3)	Masa de la Roca (kg)	Masa Aparente de la roca (kg)	Densidad Aparente (kg/m^3)	Masa perdida (kg)	P80
3130-634	LP-SIL-BX	2700	0.023	61.707	40.950	1791.771	20.757	-
3130-635	LP-SIL-BX	2700	0.023	61.707	40.950	1791.771	20.757	-
3130-640	BLP-FRES	2670	0.023	61.022	35.000	1531.428	26.021	1.860
3130-641	IA-FIL	2720	0.023	62.164	37.200	1627.689	24.964	1.942

Fuente: Elaboración propia.

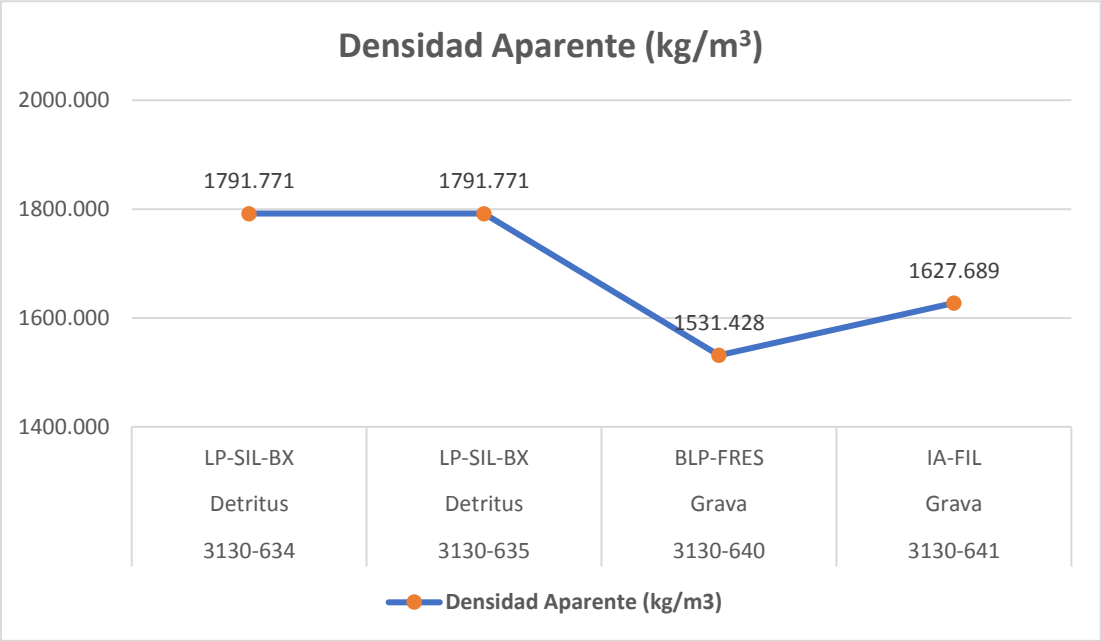


Figura 59: Densidad aparente del detritus y la grava.

Fuente: Elaboración propia.

La densidad aparente del detritus es mucho mayor llega a 1791.771 kg/m^3 mientas que en la grava de BLP-FRES es de 1531.428 kg/m^3 y la grava de IA-FIL es de 1627.689 kg/m^3.

Tabla 17
Tiempo de retención por proyecto, tipo de material y tiempo de retención con cámara de alta velocidad ANEXO 04.

Proyecto	ID de Taladro	Material Taco	Material de Tapado	Tiempo de Inicio	Tiempo de eyección	Recorrido de Cordón Detonante de 15 m Aprox. (ms)	Retención de la energía (ms)
3130-634	2684	LP-SIL-BX	Detritus	982	1165	2.143	185.143
3130-634	2662	LP-SIL-BX	Detritus	999	1180	2.143	183.143
3130-634	2726	LP-SIL-BX	Detritus	1016	1198	2.143	184.143
3130-634	2688	LP-SIL-BX	Detritus	1050	1235	2.143	187.143
3130-635	9057	LP-SIL-BX	Detritus	844	1010	2.143	168.143
3130-635	9056	LP-SIL-BX	Detritus	861	1005	2.143	146.143
3130-635	9178	LP-SIL-BX	Detritus	878	964	2.143	88.143
3130-635	9300	LP-SIL-BX	Detritus	895	990	2.143	97.143
3130-635	9177	LP-SIL-BX	Detritus	912	1004	2.143	94.143
3130-635	9055	LP-SIL-BX	Detritus	929	1120	2.143	193.143
3130-635	9299	LP-SIL-BX	Detritus	946	1100	2.143	156.143
3130-635	9176	LP-SIL-BX	Detritus	963	1086	2.143	125.143
3130-635	9054	LP-SIL-BX	Detritus	980	1155	2.143	177.143
3130-635	9298	LP-SIL-BX	Detritus	997	1102	2.143	107.143
3130-635	9174	LP-SIL-BX	Detritus	1014	1190	2.143	178.143
3130-635	9052	LP-SIL-BX	Detritus	1031	1160	2.143	131.143
3130-635	9297	LP-SIL-BX	Detritus	1048	1175	2.143	129.143
3130-635	9173	LP-SIL-BX	Detritus	1065	1165	2.143	102.143
3130-640	4350	BLP-FRES	grava	794	1053	2.143	261.143
3130-640	4365	BLP-FRES	grava	811	1058	2.143	249.143
3130-640	4415	BLP-FRES	grava	831	1026	2.143	197.143
3130-641	2499	IA-FIL	grava	1836	2054	2.143	220.143
3130-641	2501	IA-FIL	grava	1879	2121	2.143	244.143
3130-641	2502	IA-FIL	grava	1896	2131	2.143	237.143
3130-641	2503	IA-FIL	grava	2083	2337	2.143	256.143

Fuente: Elaboración propia.

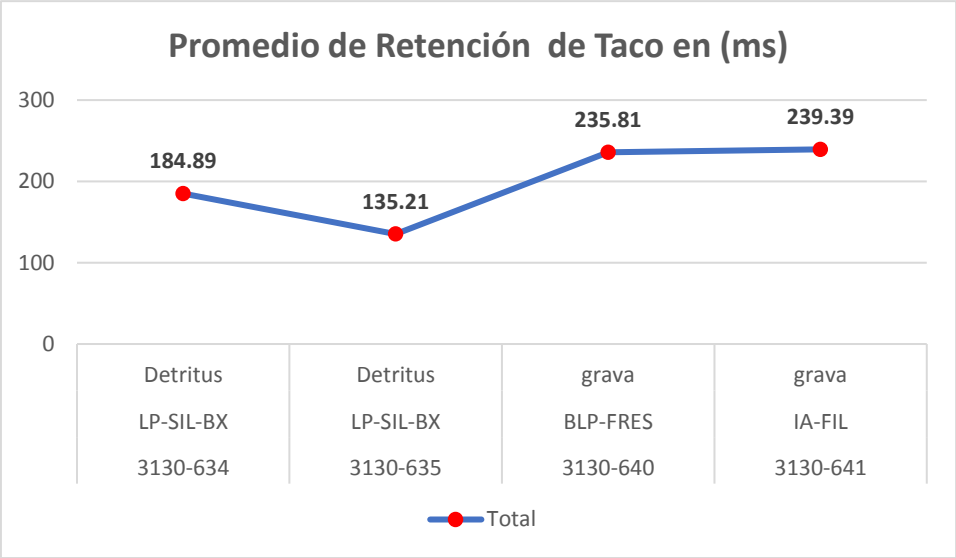


Figura 60: Promedio de retención de taco comparando detritus y grava ANEXO 04.

Fuente: Elaboración propia.

El tiempo de retención de la energía con material detritus para el proyecto 3130-634 es de 184.89 ms, para el proyecto 3130-635 con material detritus el tiempo de retención en promedio es de 135.21 ms, con material grava proyecto 3130-640 el tiempo de retención es de 235.81 ms y con material grava para el proyecto 3130-641 el tiempo de retención de la energía es de 239.39 ms.

Tabla 18
Registro de vibraciones por proyecto ANEXO 05.

Proyecto	Tipo de Roca	N° de Taladros	Distancia de sismógrafo (m)	Límite de Vibración (mm/s)	Vibración Registrada(mm/s)
3130-634	LP-SIL-BX	273	50	151	98.94
3130-635	LP-SIL-BX	106	50	151	43.01
3130-640	LP-SIL-BX	72	50	151	130.6
3130-641	BX-RP-QS	252	50	151	136.3

Fuente: Elaboración propia.

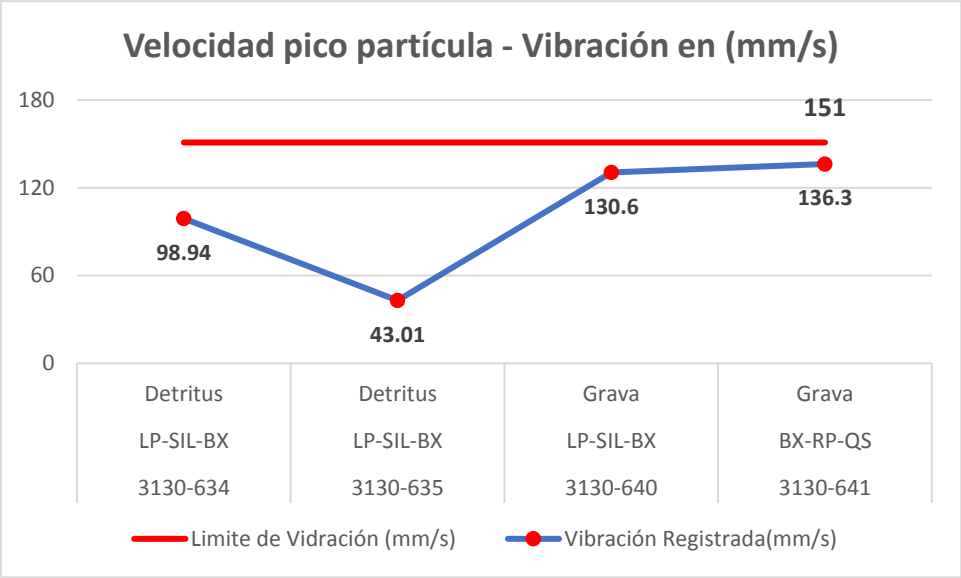


Figura 61: Velocidad pico partícula vibración proyectos con detritus y proyecto con grava ANEXO 05.

Fuente: Elaboración propia.

La velocidad pico partícula para el proyecto 3130-634 es de 98.94 mm/s para un total de 273 taladros disparados, para el proyecto 3130-635 con material detritus la velocidad pico partícula es de 43.01 mm/s de 106 taladros disparados, con material grava el proyecto 3130-640 con una vibración de 130.6 mm/s de un total de 72 taladros disparados y con material con grava para el proyecto 3130-641 la vibración es de 136.3 mm/s.

Tabla 19
Velocidad de detonación en m/s de la mezcla explosiva Quantex ANEXO 06.

Proyecto	Mezcla	Densidad de la mezcla (gr/cm^3)	Densidad de Copa (gr/cm^3)	VOD (m/s)
3130-634	70/30	1.15	1.1	5516.5
3130-635	70/30	1.15	1.1	5516.2
3130-640	70/30	1.15	1.1	5659.3
3130-641	70/30	1.15	1.1	5651.8

Fuente: Elaboración propia.

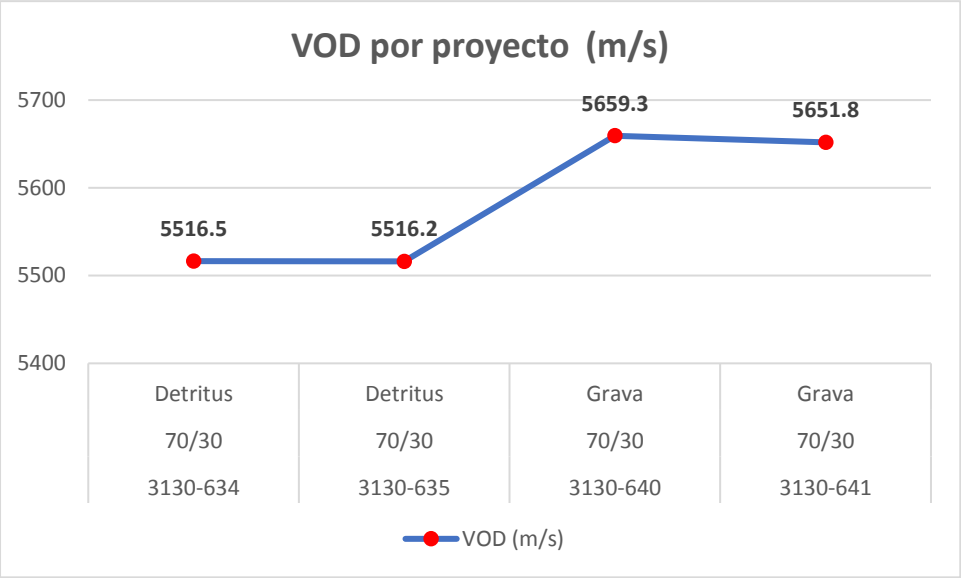


Figura 62: Velocidad de detonación proyectos disparado con detritus y proyecto disparado con grava ANEXO 06.

Fuente: Elaboración propia.

Para las pruebas de velocidad de detonación se realizó en una mezcla de 70 porciento de emulsión y 30 porciento de mezcla de anfo Quantex, cuya densidad final de la mezcla explosiva es de 1.10 gg/cm^3.

Para el proyecto 3130-634 proyecto que se utilizó material detritus la velocidad de detonación es 5516.5 m/s , en el proyecto 3130-635 que se cargó con material detritus la velocidad de detonación es de 5516.2 m/s, para los proyectos que se tapó con material grava, como se muestra en la gráfica el proyecto 3130-640 la velocidad de detonación es de 5659.3 m/s, para el proyecto 3130-641 la velocidad de detonación es de 5651.8 m/s.

En el seguimiento que se realizó cundo mino la pala 05 se obtuvo los siguientes resultados según el sistema Jigsaw, el tiempo de minado que realizó la pala 05 fue del 04/05/19 al 28/05/19, tiempo donde se hiso el seguimiento de la pala como se muestra en la siguiente tabla de resumen:

Tabla 20
Seguimiento de minado de la pala 5 sistema Jigsaw.

Fecha	Proyecto	Material	P80	N° Registro	Veloc. Excav	Tonelaje	horas
04	3130634	Detritus	11.5	281	10112	42825	4.2
05	3130634	Detritus	10.8	235	8056	61295	7.6
06	3130634	Detritus	10.5	226	9669	54510	5.6
07	3130635	Detritus	10.7	268	8468	62705	7.4
08	3130634	Detritus	10.9	246	8897	57335	6.4
09	3130635	Detritus	9.6	57	9757	36875	3.8
10	3130635	Detritus	12.4	186	9059	54830	6.1
11	3130635	Detritus	10.9	183	9649	46060	4.8
12	3130635	Detritus	9.8	109	9176	49460	5.4
13	3130635	Detritus	10.3	131	9911	50270	5.1
14	3130635	Detritus	11.1	102	10042	35630	3.5
15	3130635	Detritus	11.8	146	10237	45655	4.5
16	3130640	Detritus	8.0	168	9942	24535	2.5
17	3130640	Grava	7.4	646	10474	51315	4.9
18	3130640	Grava	7.4	216	10817	43610	4.0
19	3130640	Grava	7.8	159	9916	44525	4.5
20	3130641	Grava	7.8	187	9753	32525	3.3
21	3130641	Grava	7.2	293	9420	50850	5.4
22	3130641	Grava	7.8	112	10015	40225	4.0
23	3130641	Grava	7.5	143	10362	22820	2.2
24	3130641	Grava	7.9	245	10333	34035	3.3
25	3130641	Grava	9.2	249	9640	53490	5.5
26	3130640	Grava	8.8	168	10614	34800	3.3
27	3130641	Grava	9.2	335	9216	42275	4.6
28	3130641	Grava	4.1	239	10140	14855	1.5

Fuente: Área de Perforación y Disparos Cuajone.

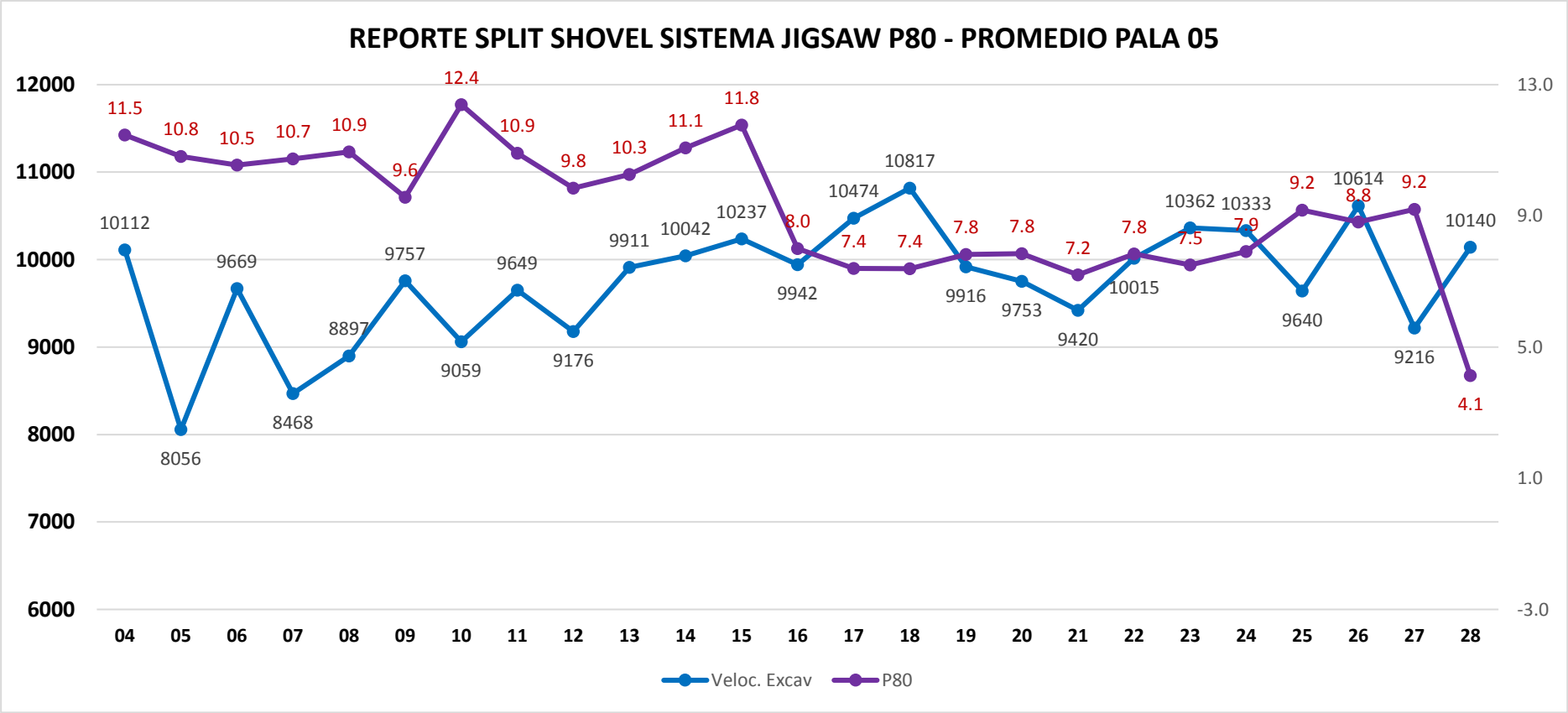


Figura 63: Reporte del split shovel P80 y velocidad de excavación del 04/05/19 al 28/05/19 fecha donde se minó los proyectos de las pruebas.

Fuente: Área de Perforación y Disparos Cuajone.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tabla 21
Resumen de las pruebas y seguimientos que se hicieron a los proyectos donde se hicieron a las pruebas.

Pruebas y seguimientos en promediados	Detritus	Grava	Diferencia	Variación
Densidad Aparente (kg/m^3)	1791.77	1579.56	-212.21	-12%
Retención de la energía (ms)	146.25	237.86	91.60	63%
Vibración (mm/s)	70.98	133.45	62.48	88%
VOD (m/s)	5516.35	5655.55	139.20	3%
P80	10.64	7.69	-2.95	-28%
Velocidad de excavación (Tm/h)	9459.68	10058.29	598.60	6%

Fuente: *Elaboración propia.*

Para realizar la comparación todos los proyectos se cargaron con 850 kg de mezcla explosiva Quantex 70/30 cuya densidad sin gasificar es de 1.37 gr/cc, densidad de copa 1.10 gr/cc, las longitudes de carga son de 8.2 m, la cámara de aire es de 0.8 m y 6 metros la distancia de taco, espaciamiento de 9 m, burden de 7.83 m, altura de banco de 15 metros más un metro de sobre perforación, el diámetro de los taladros de 0.311 m, y factor de potencia de 0.30 kg/Tm. haciendo un análisis de Cluster.

En la prueba de densidad aparente el material detritus tiene una densidad de 1791.77 kg/m^3 mientas el material taco tiene grava tiene una densidad aparente de 1579.56 kg/m^3, esto se debe a que el material detritus tiene menos espacios vacíos que la grava que tiene mayores espacios gracias a su granulometría más elevada con un P80 de 1.907 pulgadas, que entre sus fragmentos se forman los espacios vacíos.

Para la prueba de retención de la energía, el taco que se tapó con material detritus la retención fue de 146.25 ms mientras que la retención del taco que se tapó con material grava con P80 de 1.907 pulgadas la retención de la energía fue de 237 .86 ms en promedio, esto se debe a que la grava chancada tiene fragmentos angulosos que permiten una mejor retención que el material detritus, comparando la retención la grava retiene un 63 % más que el detritus.

En el registro de vibraciones los proyectos que se taparon con material detritus la velocidad pico partícula registrada en promedio fueron de 70.98 mm/s, mientras los proyectos que se taparon con material grava, la velocidad pico

partícula fue de 133.45 mm/s, comparamos los proyectos tapados con detritus y los proyectos tapados con grava, la vibración de los proyectos tapados con grava es un 88% mayor que los proyectos tapados con detritus.

En el registro de velocidad de detonación para los proyectos tapados con detritus fue de 5516.35 m/s, mientras la velocidad de detonación del proyecto tapado con grava fue de 5665.55 m/s 3% más que el proyecto tapado con detritus, esto se da al grado de confinamiento.

En el seguimiento de minado de la pala 05, el P80 de los proyectos tapados con material detritus en promedio fue de 10.64 pulgadas, los proyectos tapados con grava el P80 fue de 7.69 pulgadas de un total de 5330 fotos analizadas gracias al Split online, el P80 de los proyectos tapados con grava es 28% menor que los proyecto tapados con detritus, y la velocidad de excavación de la pala 05 en los proyectos tapados con detritus fue de 9459.68 Tm/h, mientras que en los proyectos tapados con detritus la velocidad de excavación fue de 10058.29 Tm/h 6% más la velocidad de excavación aumenta en comparación con los proyectos tapados con detritus.



Figura 64: Frente de minado de los proyectos tapados con material grava.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.



Figura 65: Frente de minado de los proyectos tapados con material grava.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.



Figura 66: Frente de minado de los proyectos tapados con material detritus.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.



Figura 67: Frente de minado de los proyectos tapados con material detritus.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

En los proyectos donde se tapó con detritus se realizó una voladura secundaria en el nivel 3115 en zona donde se tapó con material detritus.



Figura 68: Secundario del nivel 3115, en la zona de los proyectos donde se tapó con material detritus.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone.

VI. CONCLUSIONES

Se realizó un análisis de Cluster agrupando el proyecto 3130-634 y 3130-635 que se taparon con material detritus producto de la perforación y el macizo rocoso conformado por latita porfiritica silicea brechada (LP-SIL-BX) y se agrupo los proyectos 3130-640 y 3130-645 que se utilizó como material de taco grava y la composición del macizo latita porfiritica silicea brechada (LP-SIL-BX) para el proyecto 3130-640 y brecha en riolita porfiritica cuarzo sericita (BX-RP-QS) para el proyecto 3130-641, todos tienen en común su macizo rocoso con presencia de brechas.

Los cuatro proyectos se cargaron con 850 kg de mezcla explosiva Quantex 70/30 cuya densidad sin gasificar es de 1.15 gr/cm^3, densidad de copa 1.10 gr/cm^3, las longitudes de carga son de 8.2 m, con cámara de aire es de 0.8 m y 6 metros la distancia de taco, espaciamiento de 9 m, burden de 7.83 m, altura de banco de 15 metros más un metro de sobre perforación, el diámetro de los taladros de 0.311 m, y factor de potencia de 0.30 kg/Tm. haciendo un análisis de agrupamiento según Cluster.

La densidad aparente donde se usó material detritus fue de 1791.77 kg/m^3 mientas donde se usó material grava para el taco tiene 1579.56 kg/m^3, esto se debe a que el material detritus tiene menos espacios vacíos que la grava que tiene mayores espacios gracias a su granulometría más elevada con un P80 de 1.907 pulgadas, que entre sus fragmentos se forman los espacios vacíos.

La retención de la energía, para el taco que se tapó con material detritus la retención fue de 146.25 ms mientras que la retención del taco que se tapó con material grava con P80 de 1.907 pulgadas de la grava la retención de la energía fue de 237 .86 ms en promedio, esto se debe a que la grava chancada tiene fragmentos angulosos que permiten una mejor retención que el material detritus, comparando la retención la grava retiene un 63 % más que el detritus, reteniendo 91.60 ms más la energía lo que permite una mejor fragmentación del macizo rocoso, y permitió se esta forma reducir el fly rock.

La retención de la energía de 146.25 m/s, es una retención muy baja y el resultado fue voladura secundaria en el nivel 3115.

En el registro de vibraciones los proyectos que se taparon con material detritus la velocidad pico partícula registrada en promedio fueron de 70.98 mm/s, mientras los proyectos que se taparon con material grava, la velocidad pico partícula fue de 133.45 mm/s, comparamos los proyectos tapados con detritus y los proyectos tapados con grava, la vibración de los proyectos tapados con grava es un 88% mayor que los proyectos tapados con detritus, teniendo 62.48 mm/s más de velocidad pico partícula que el proyecto tapado con detritus, esto explica la fuga de la energía por la parte más débil en esta situación la zona del taco tapado con material detritus, caso contrario el material tapado con grava retiene mejor la energía es por tal razón que la vibración es mucho mayor.

La velocidad de detonación para los proyectos tapados con detritus fue de 5516.35 m/s, mientras la velocidad de detonación del proyecto tapado con grava fue de 5665.55 m/s, 139.20 m/s más de velocidad de detonación que representa el 3% más que el proyecto tapado con detritus, esto se da al grado de confinamiento.

El P80 de los proyectos tapados con material detritus en promedio fue de 10.64 pulgadas, los proyectos tapados con grava el P80 fue de 7.69 pulgadas de un total de 5330 fotos analizadas gracias al Split online, el P80 de los proyectos tapados con grava es 28% menor que los proyecto tapados con detritus, reduciendo en 2.95 pulgadas el 80 % pasante, mejorando notablemente la fragmentación.

La velocidad de excavación de la pala 05 en los proyectos tapados con detritus fue de 9459.68 Tm/h, mientras que en los proyectos tapados con detritus la velocidad de excavación fue de 10058.29 Tm/h, los proyectos donde se tapó con material grava la velocidad de excavación aumenta en 6% más en comparación con los proyectos tapados con detritus, lo que representa 598.6 Tm/h que aumenta la producción.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de grava como material para taco, porque mejora la retención de la energía de la mezcla explosiva en 63% más reteniendo 91.6 ms más que los proyectos donde se tapó con material detritus,

Se recomienda el uso de grava como material para taco, porque mejora la VOD en 139.20 m/s más de velocidad de detonación que representa el 3% más que el proyecto tapado con detritus, esto se da gracias al grado de confinamiento.

Se recomienda el uso de grava como material para taco, porque mejora el P80 reduciendo en 2.95 pulgadas los fragmentos, mejorando notablemente la fragmentación.

Se recomienda el uso de grava como material para taco, porque los proyectos donde se tapó con material grava, la velocidad de excavación aumenta en 6% más en comparación con los proyectos tapados con detritus, lo que representa 598.6 Tm/h que aumenta la producción.

Se recomienda el uso de grava como material para taco, porque no provoca voladura secundaria y reduce el flyrock gracias al mayor tiempo de retención de la energía.

Se recomienda realizar más pruebas para encontrar un material para el taco óptimo.

VIII. REFERENCIAS

American Psychologycal Association. (2010). *Manual de Publicaciones de la American Psychologycal Association.* México: D.F.:Editorial El Manual Moderno.

CORPORATION, S. C. (8 de SETIEMBRE de 2019). *SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION* . Obtenido de SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION : http://www.southernperu.com/ESP/opinte/Pages/default.aspx#cuadros

CORPORATION, S. P. (2012). *SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION UNIDAD DE PRODUCCIÓN CUAJONE ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE .* MOQUEGUA: SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION.

CRUCES HERRERA, J., & PAUCAR ALBARRACIN, F. (2011). OPTIMIZACION DE LA FRAGMENTACION DE ROCA EN MINA Y SU INFLUENCIA EN LOS CIRCUITOS DE TRITURACION Y MOLINOS. *PERUMIN*, 2.

CUAJONE, D. D. (2019). *ESTUDIO GENETICO DE LA EVOLUCION DE LAS BRECHAS .* MOQUEGUA CUAJONE: DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA UNIDAD MINERA CUAJONE.

EXSA S.A. (2018). *RETENCIÓN DE LA ENERGIA DEL EXPLOSIVO.* CUAJONE: ASISTENCIA TECNICA.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, D., FERNÁNDEZ COLLADO, D., & BAPTISTA LUCIO, D. (2010). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.* MEXICO: McGRAW-HILL / INTERAAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

INSTANTEL. (1 de 11 de 2019). *MINIMATE PRO 6.* Recuperado el 2 de 11 de 2019, de MINIMATE PRO 6: https://www.instantel.com/sites/default/files/minimate_pro_specifications_spanish.pdf

MC KENCIE, C. (1994). *ESTADO DEL ARTE DE LA TRONADURA.* SANTIAGO: ENAEX S.A.

Ministerio de Energía y Minas. (14 de Agosto de 2019). *Ministerio de Energía y Minas-ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES MORTALES EN EL SECTOR MINERO.* Obtenido de Ministerio de Energía y Minas-ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES MORTALES EN EL SECTOR MINERO: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=12464

MREL BLASTING INSTRUMENTATION. (1 de 11 de 2019). *BLASTER'S RANGER II HIGH SPEED CAMERA.* Recuperado el 1 de 11 de 2019, de BLASTER'S RANGER II HIGH SPEED CAMERA: http://mrel.com/blasting_instrumentation/ranger2.html

S.A., E. (2019). *PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO SIVE CUAJONE.* CUAJONE.

SÁENZ, Y., CASTAÑEDA, Á., & CANCEC, A. (2015). NUEVAS TÉCNICAS PARA EL CONFINAMIENTO DEL EXPLOSIVO EN MINAS A TAJO ABIERTO. *INSTITUTO DE INGENIEROS DE MINAS DEL PERÚ*, 1.

SOUTHERN COPPER CORPORATION. (2019). *FRENTE DE MINADO DURO.* CUAJONE: AREA DE PERFORACION Y DISPAROS.

TORRES, A. L. (2017). *INFLUENCIA DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA FRAGMENTACION DE ROCA EN LA RNTABILIDAD DE LAS OPERACIONES MINA-MOLIENDA.* OROYA.

IX. ANEXOS

ANEXO 01: Pruebas para el cálculo de densidad aparente.

Proyecto 3130-634.

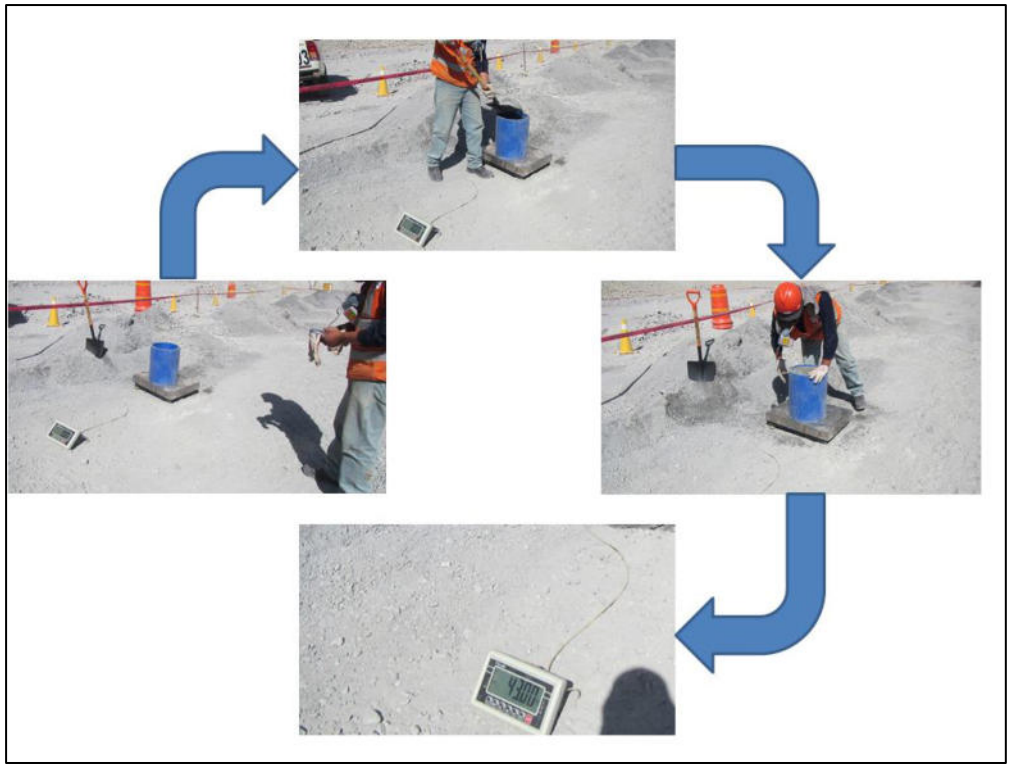


Figura 69: Prueba para el cálculo de masa aparente proyecto 3130-634.

Fuente: Elaboración propia.

Proyecto 3130-635.



Figura 70: Prueba para el cálculo de masa aparente proyecto 3130-635.

Fuente: Elaboración propia.

Proyecto 3130-640.

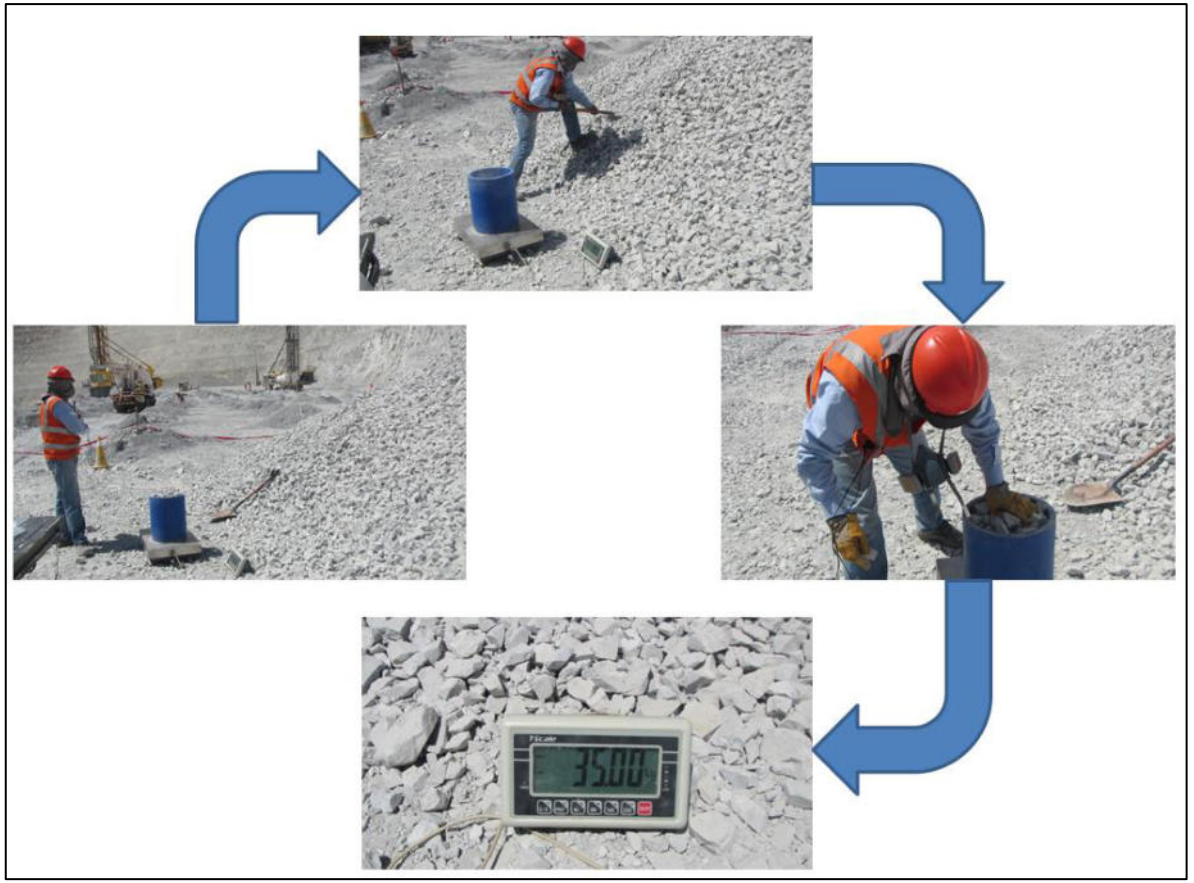


Figura 71: Prueba para el cálculo de masa aparente proyecto 3130-640.

Fuente: Elaboración propia.

Proyecto 3130-641.



Figura 72: Prueba para el cálculo de masa aparente proyecto 3130-641.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 02: Geología de los proyectos donde se realizó las pruebas.

Proyecto 3130-634.

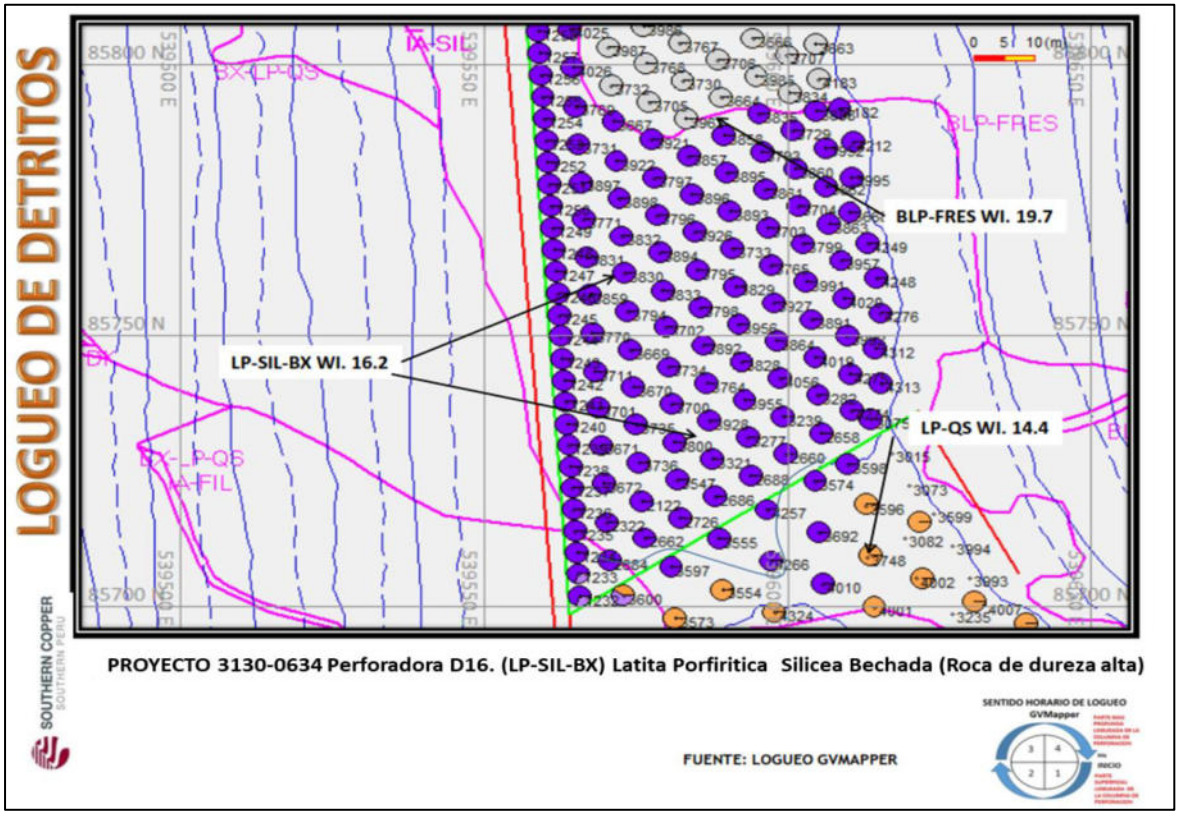


Figura 73: Geología del proyecto 3130-634 que presenta Latita Porfiritica Silicea Brechada, roca de dureza alta.

Fuente: Área de Perforación y Disparos Cuajone 2019.

Proyecto 3130-635.

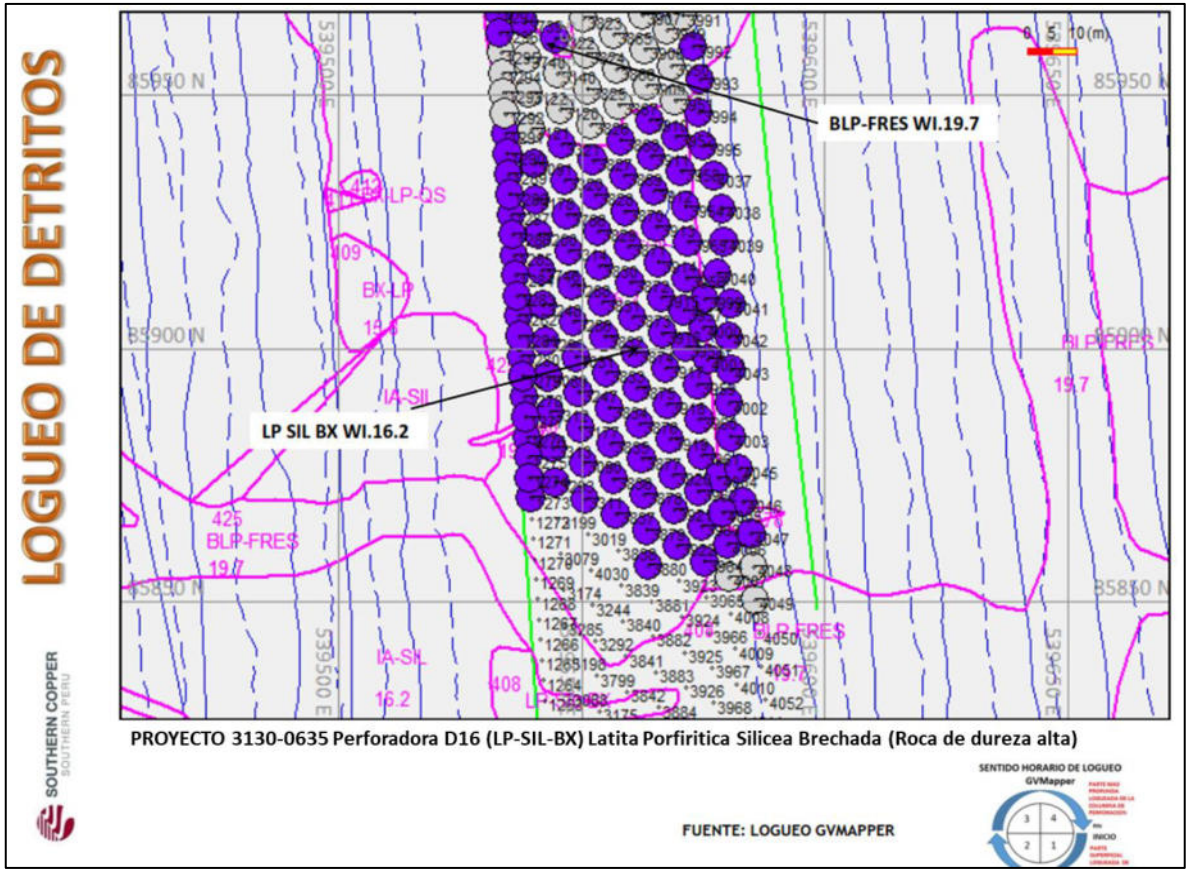


Figura 74: Geología del proyecto 3130-635 que presenta Latita Porfiritica Silicea Brechada, roca de dureza alta.

Fuente: Área de Perforación y Disparos Cuajone 2019.

Proyecto 3130-640.

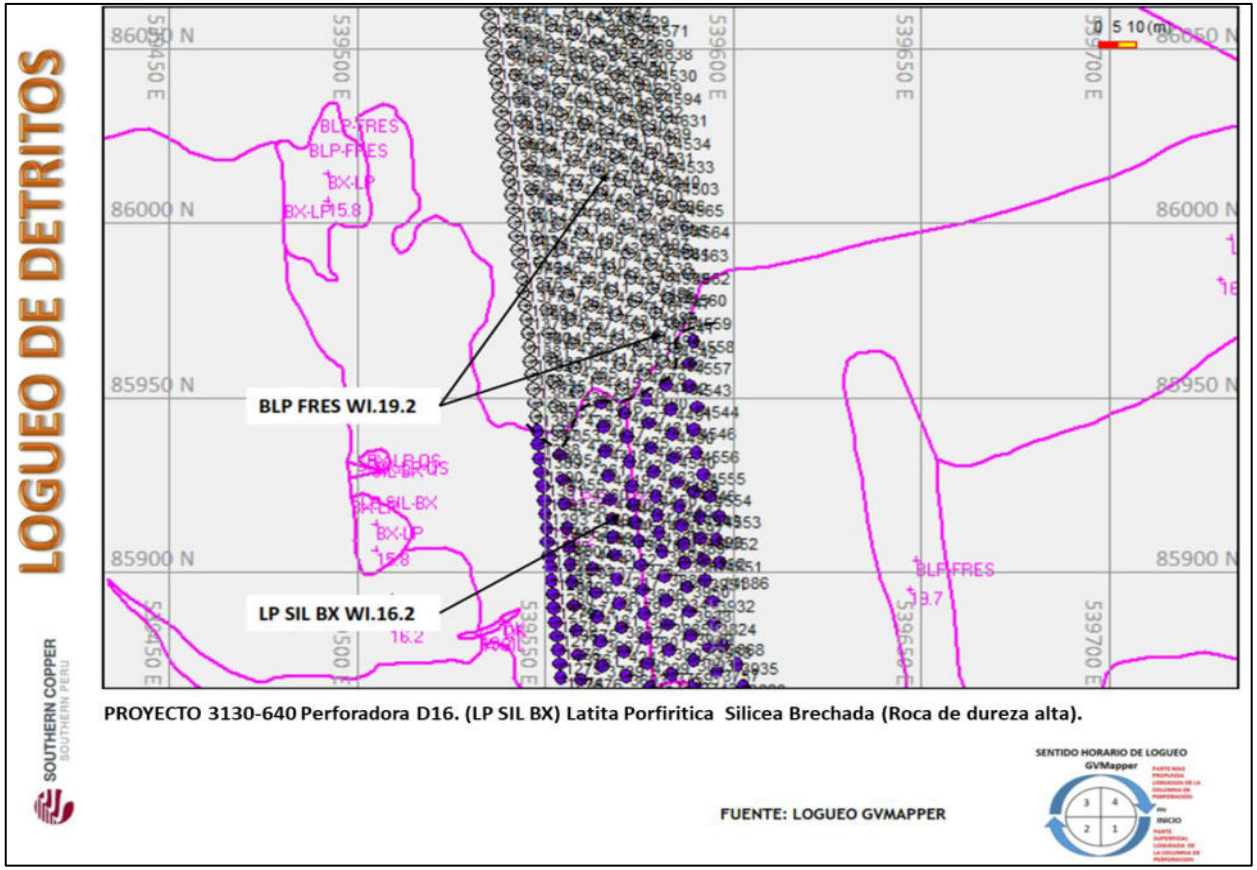


Figura 75: Geología del proyecto 3130-640 que presenta Latita Porfiritica Silicea Brechada, roca de dureza alta.

Fuente: Área de Perforación y Disparos Cuajone 2019.

Proyecto 3130-640.

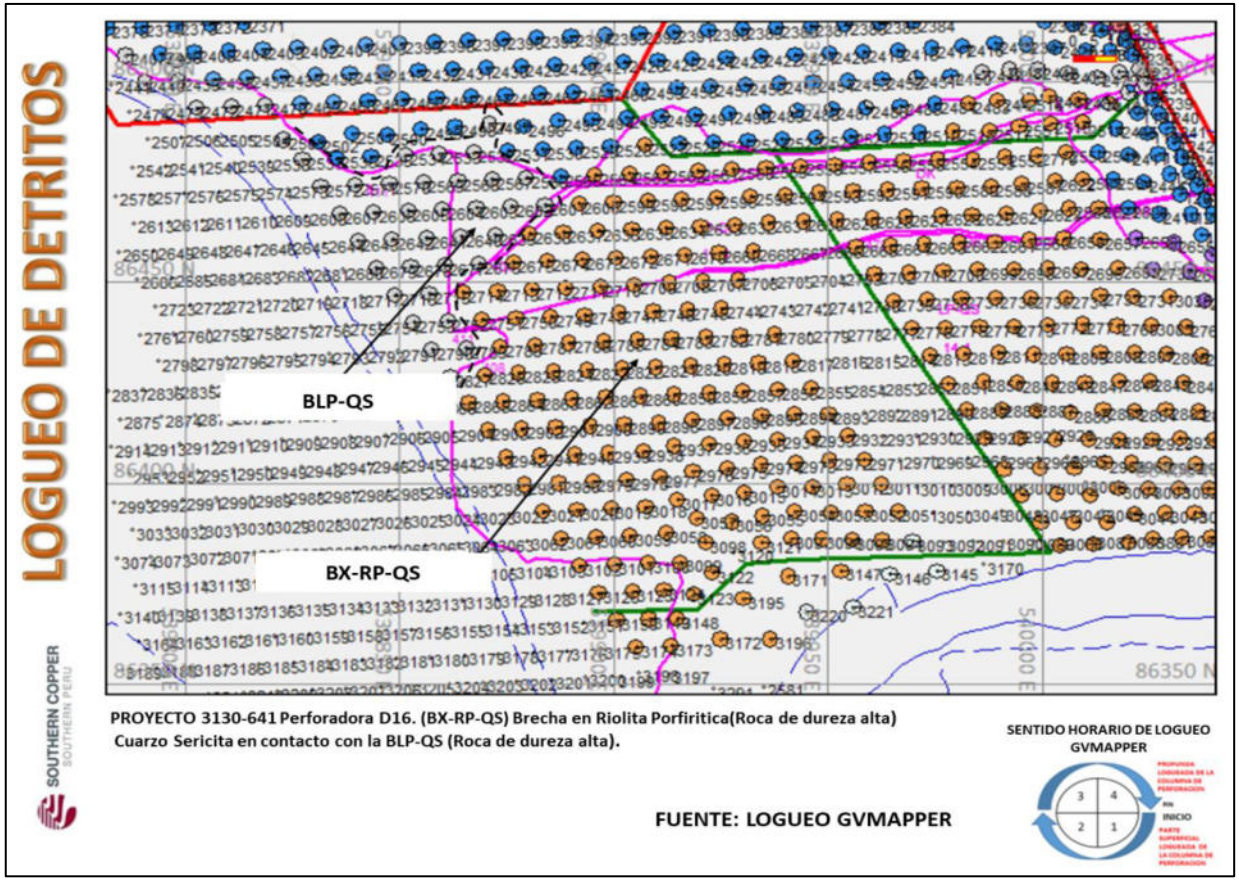


Figura 76: Geología del proyecto 3130-640 que presenta Brecha en Riolita Porfiritica, roca de dureza alta.

Fuente: Área de Perforación y Disparos Cuajone 2019.

ANEXO 03: Análisis de la granulometría de la grava mediante el software Wipfrag

Proyecto 3130-640.

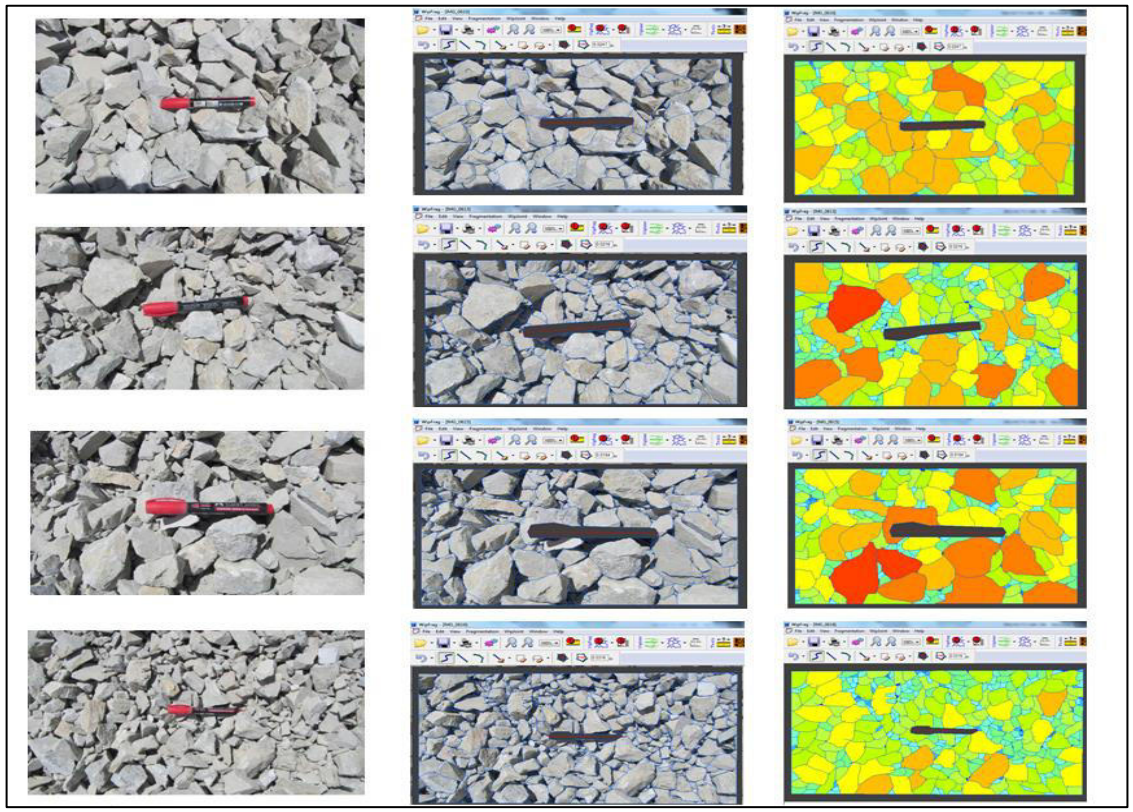


Figura 77: Análisis de la granulometría de la grava mediante el software Wipfrag proyecto 3130-640.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Proyecto 3130-640.

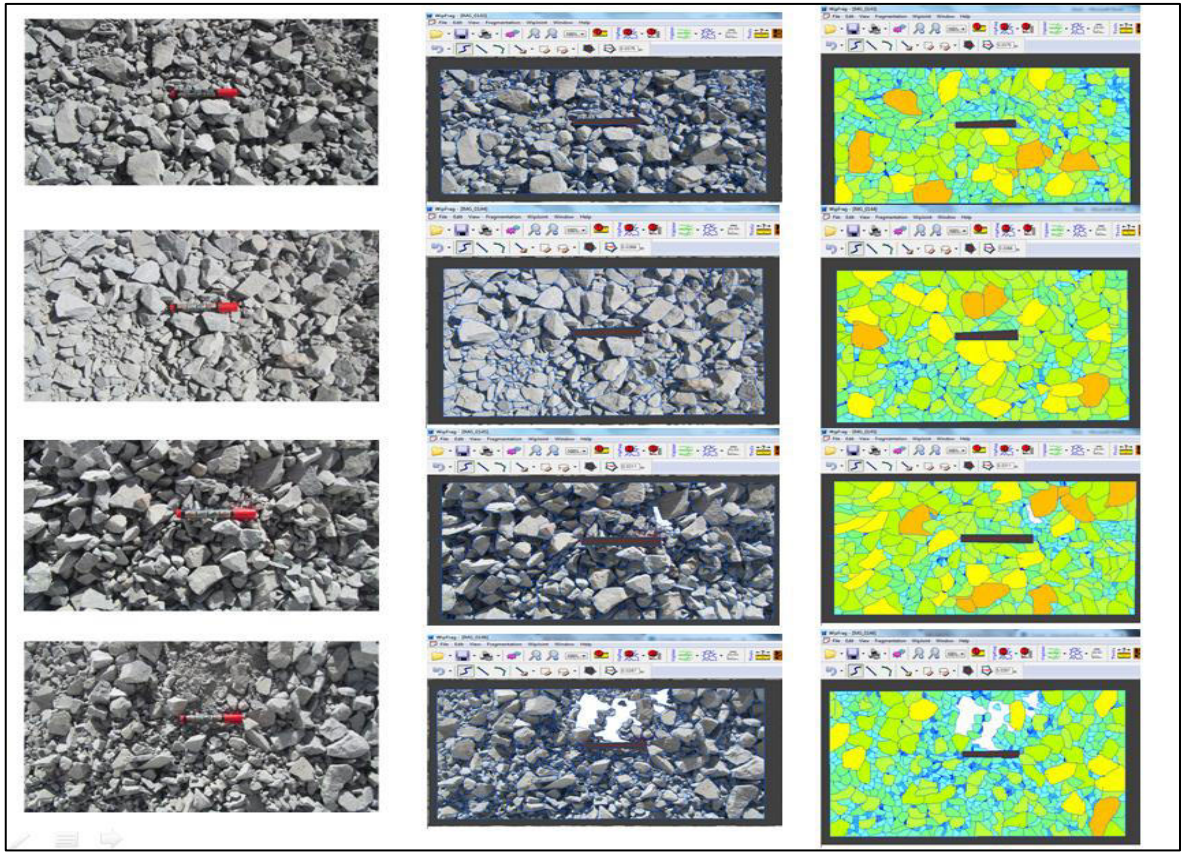


Figura 78: Análisis de la granulometría de la grava mediante el software Wipfrag proyecto 3130-640.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

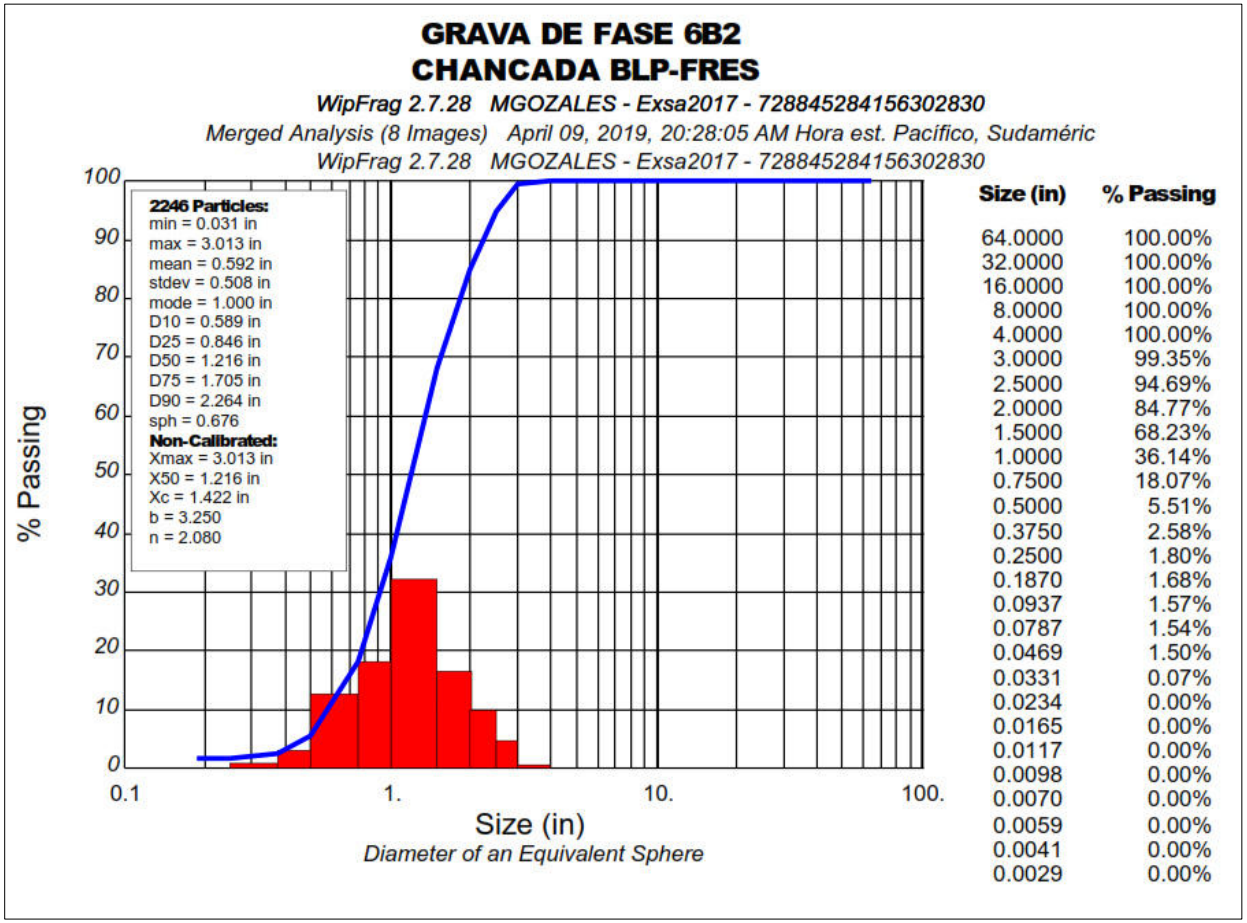


Figura 79: Análisis de la grava del proyecto 3130-640, material de grava es BLP-FRES. de P80 de 1.860 pulgadas.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Proyecto 3130-641.

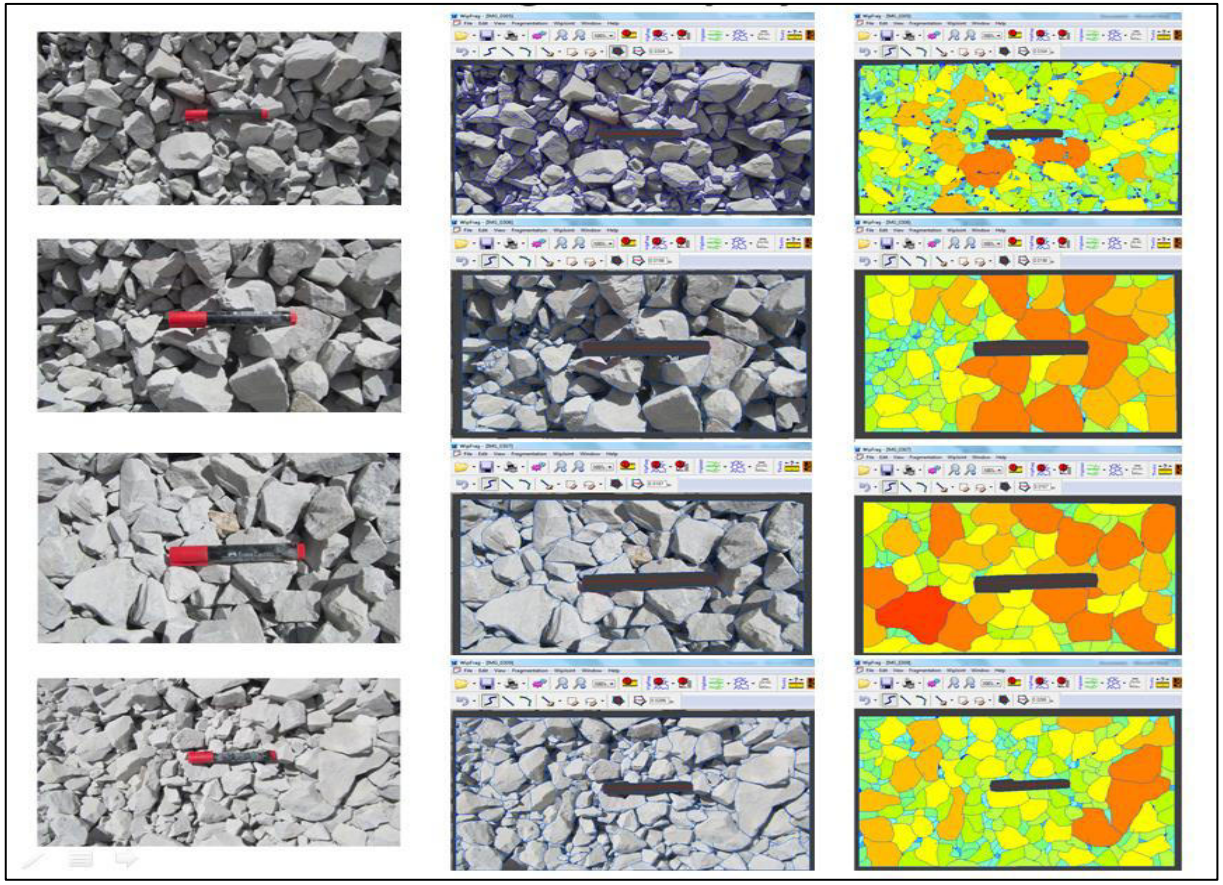


Figura 80: Análisis de la granulometría de la grava mediante el software Wipfrag proyecto 3130-641.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Proyecto 3130-641.

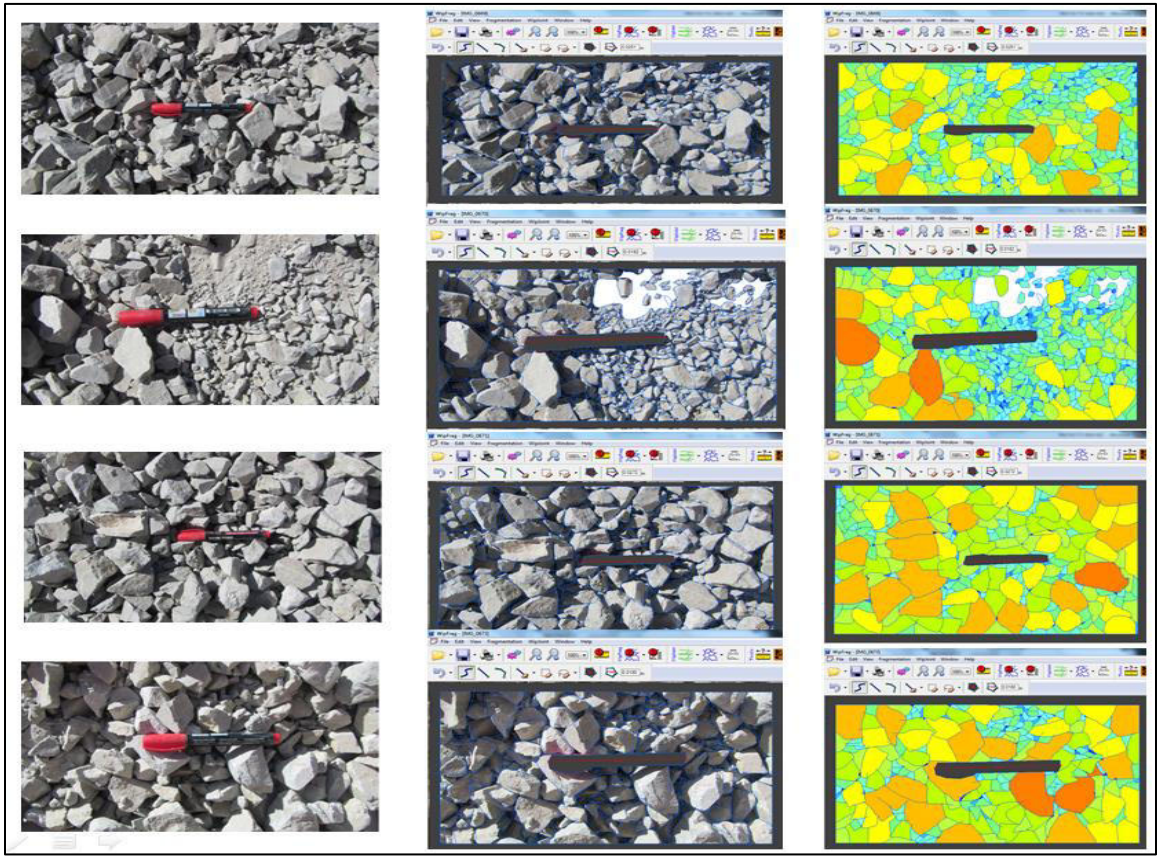


Figura 81: Análisis de la granulometría de la grava mediante el software Wipfrag proyecto 3130-641.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

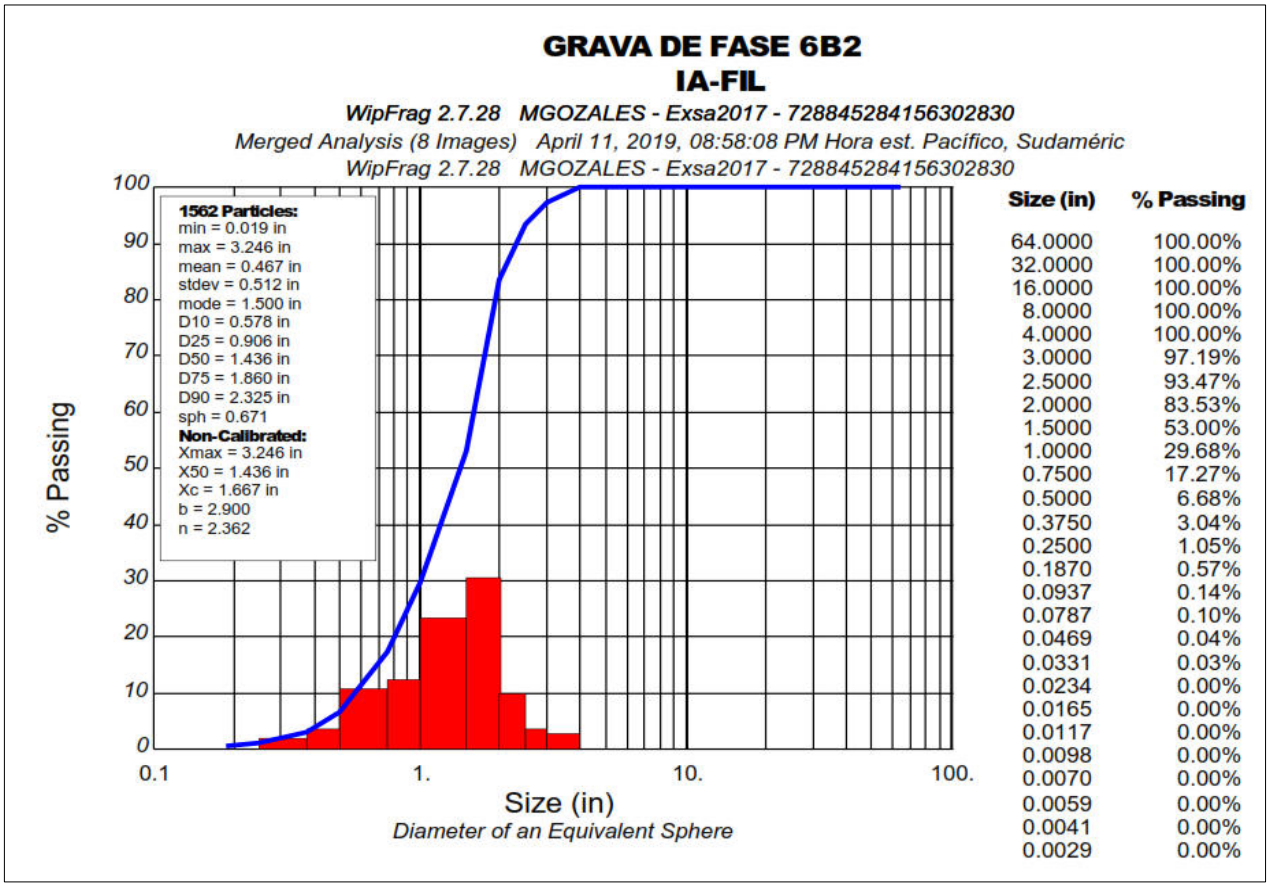


Figura 82: Análisis de la grava del proyecto 3130-641, material de grava es IA-FIL. de P80 de 1.942 pulgadas.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

ANEXO 04: Análisis del tiempo de retención por cada proyecto.

Proyecto 3130-634

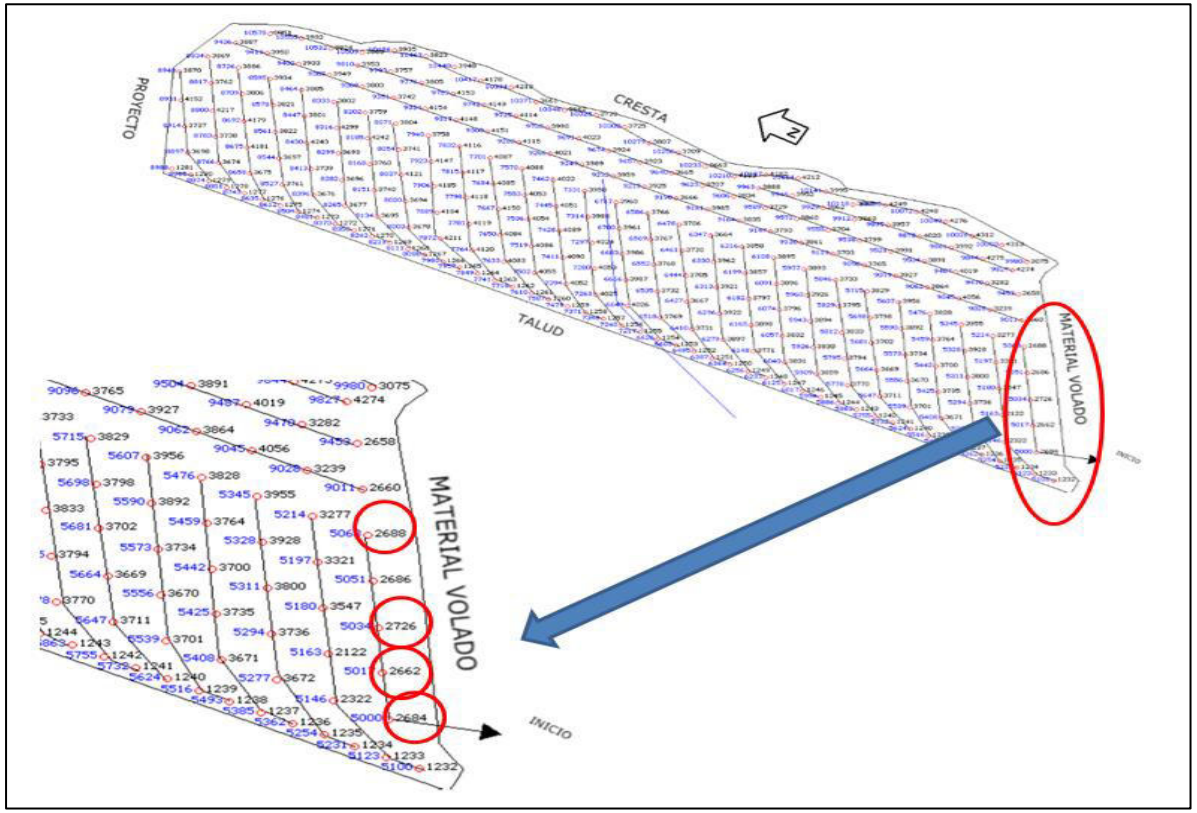


Figura 83: Diseño de amarre y taladros donde se realizó las pruebas de retención proyecto 3130-634.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 2684.

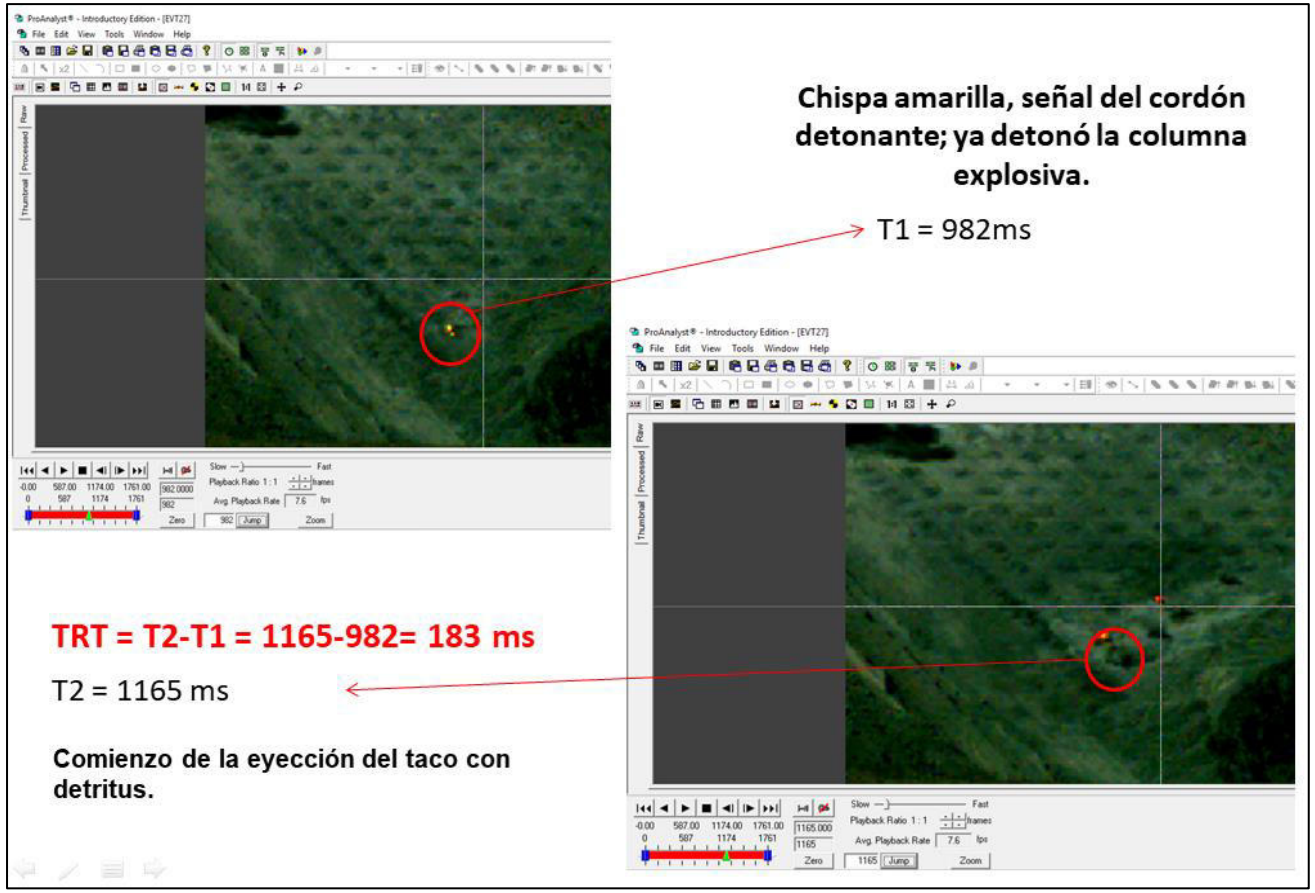


Figura 84: Análisis de retención de taco del taladro 2684.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 2684.

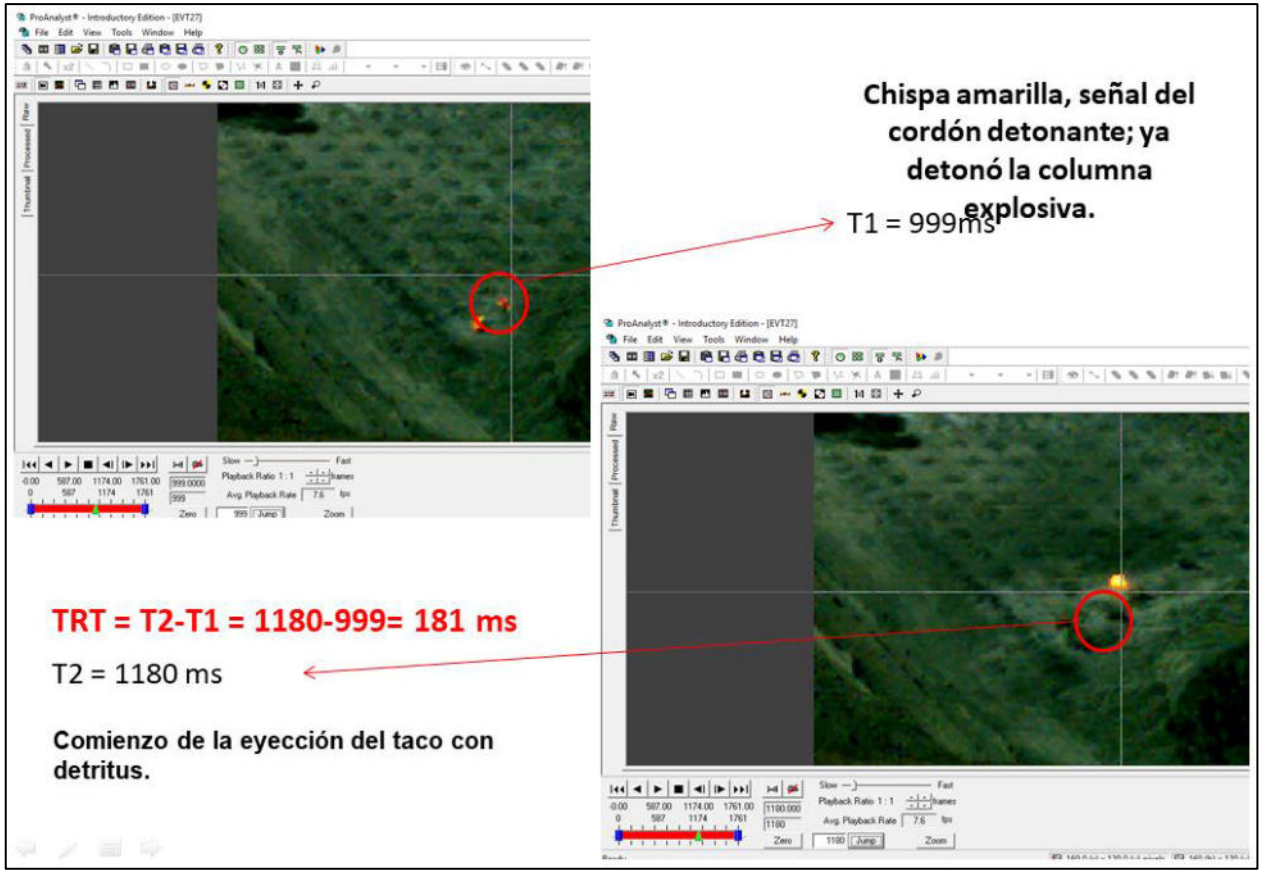


Figura 85: Medición del tiempo de retención del taladro 2684.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 2726

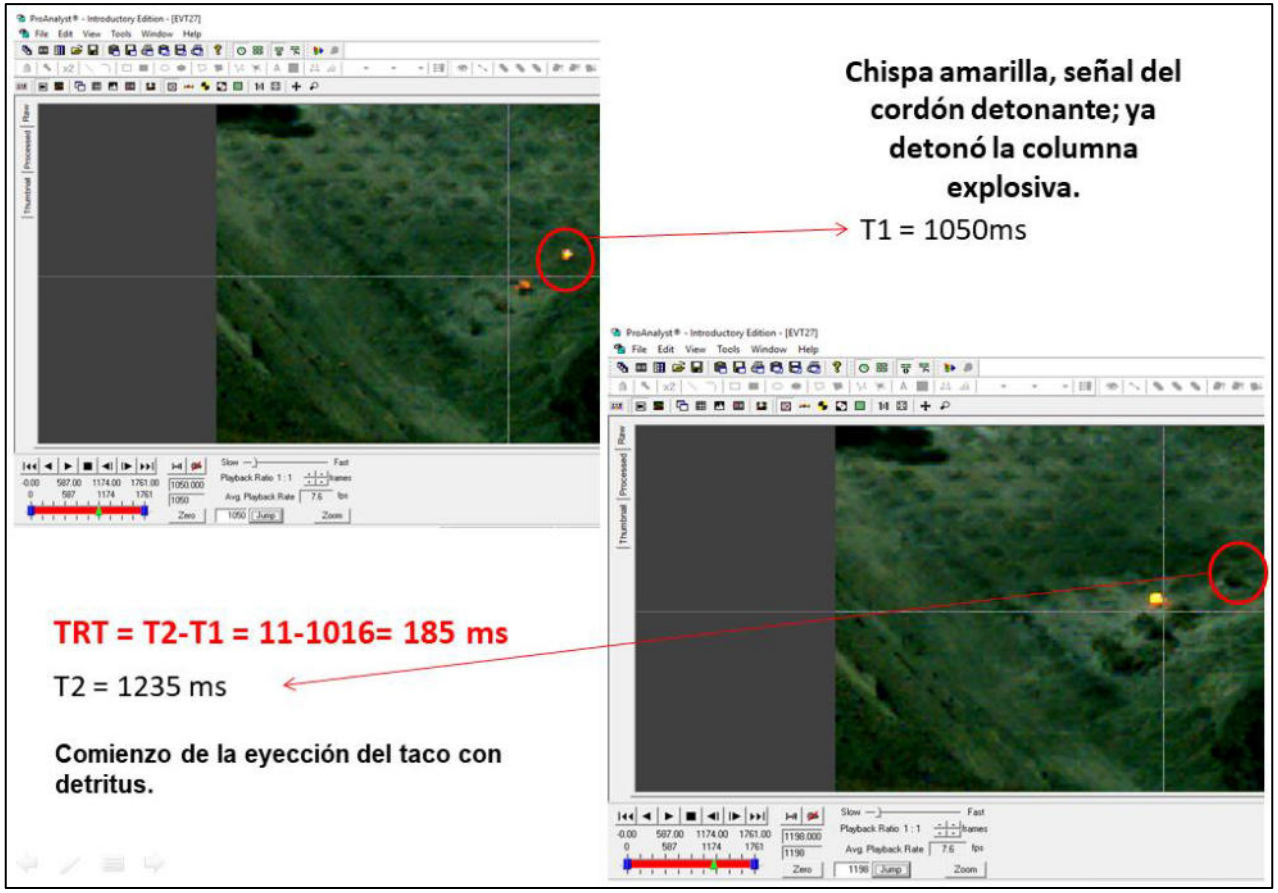


Figura 86: Medición del tiempo de retención del taladro 2726.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Proyecto 3130-635.

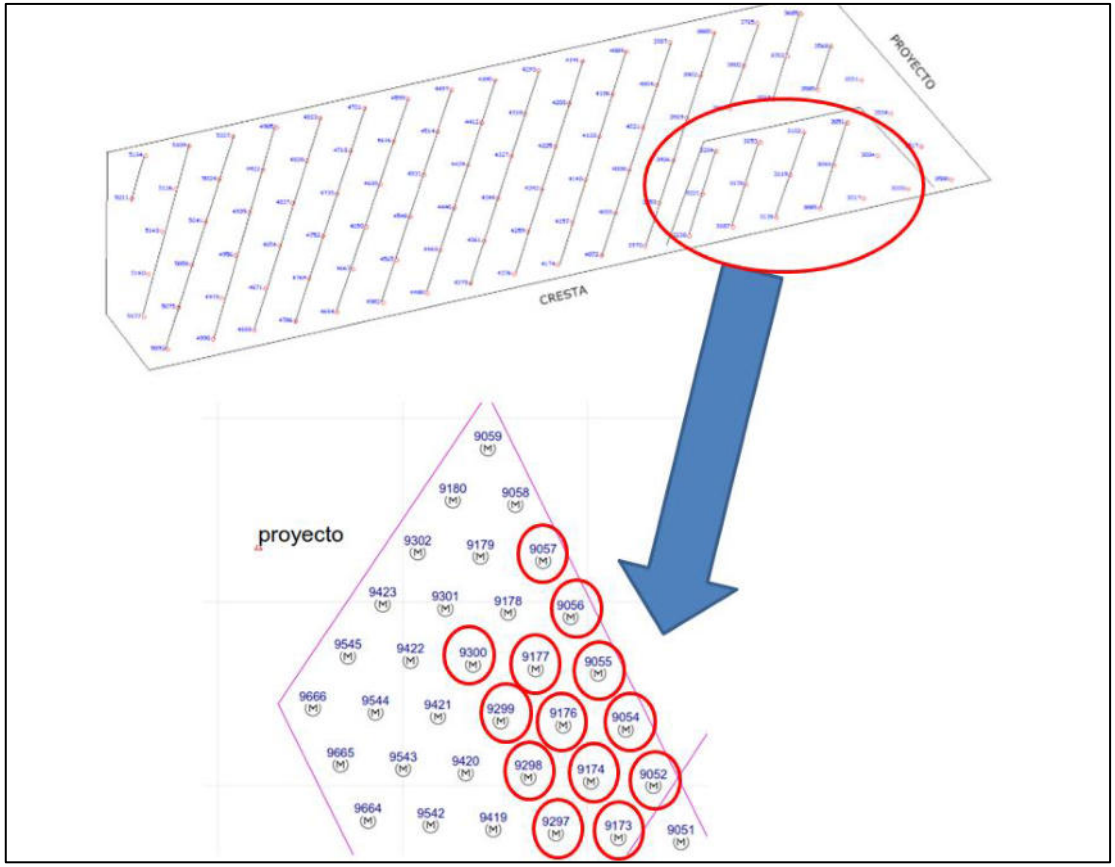


Figura 87: Diseño de amarre y taladros donde se realizó las pruebas de retención proyecto 3130-635.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 9057.

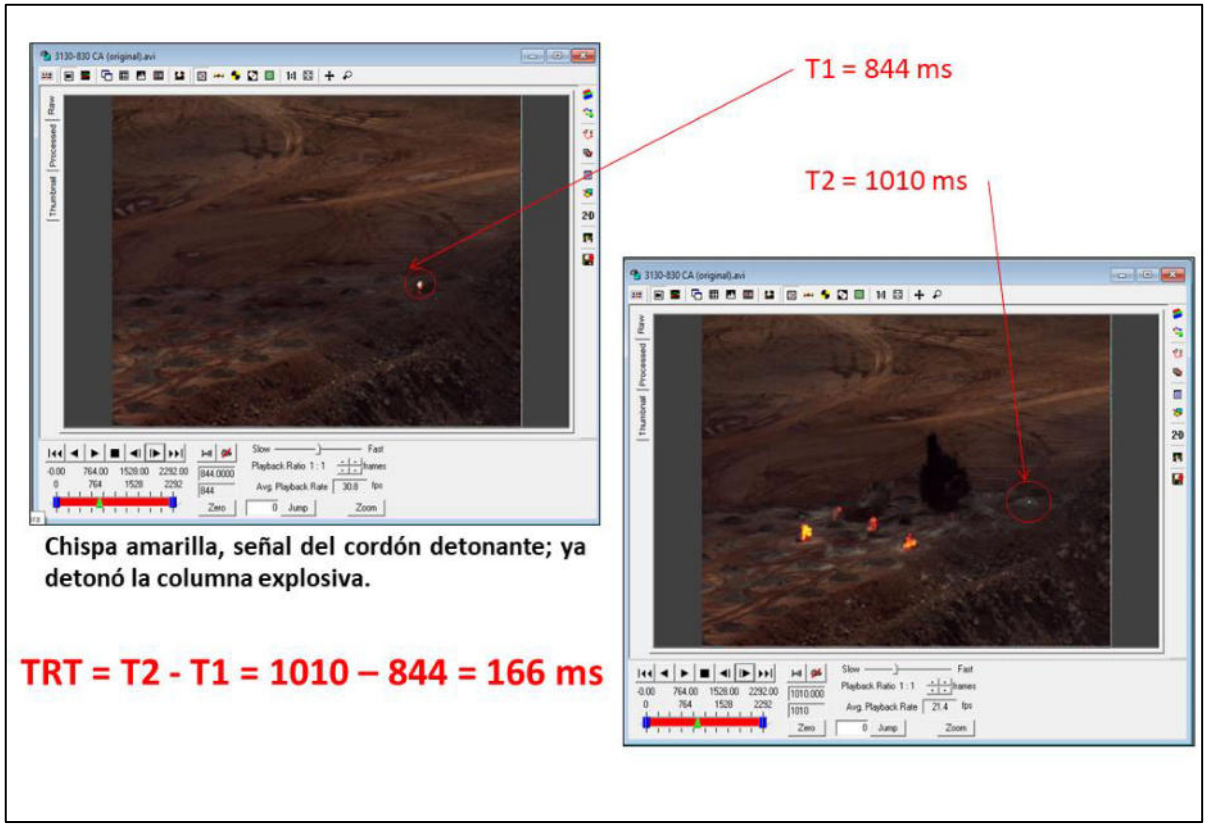


Figura 88: Medición del tiempo de retención del taladro 9057.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 9056.

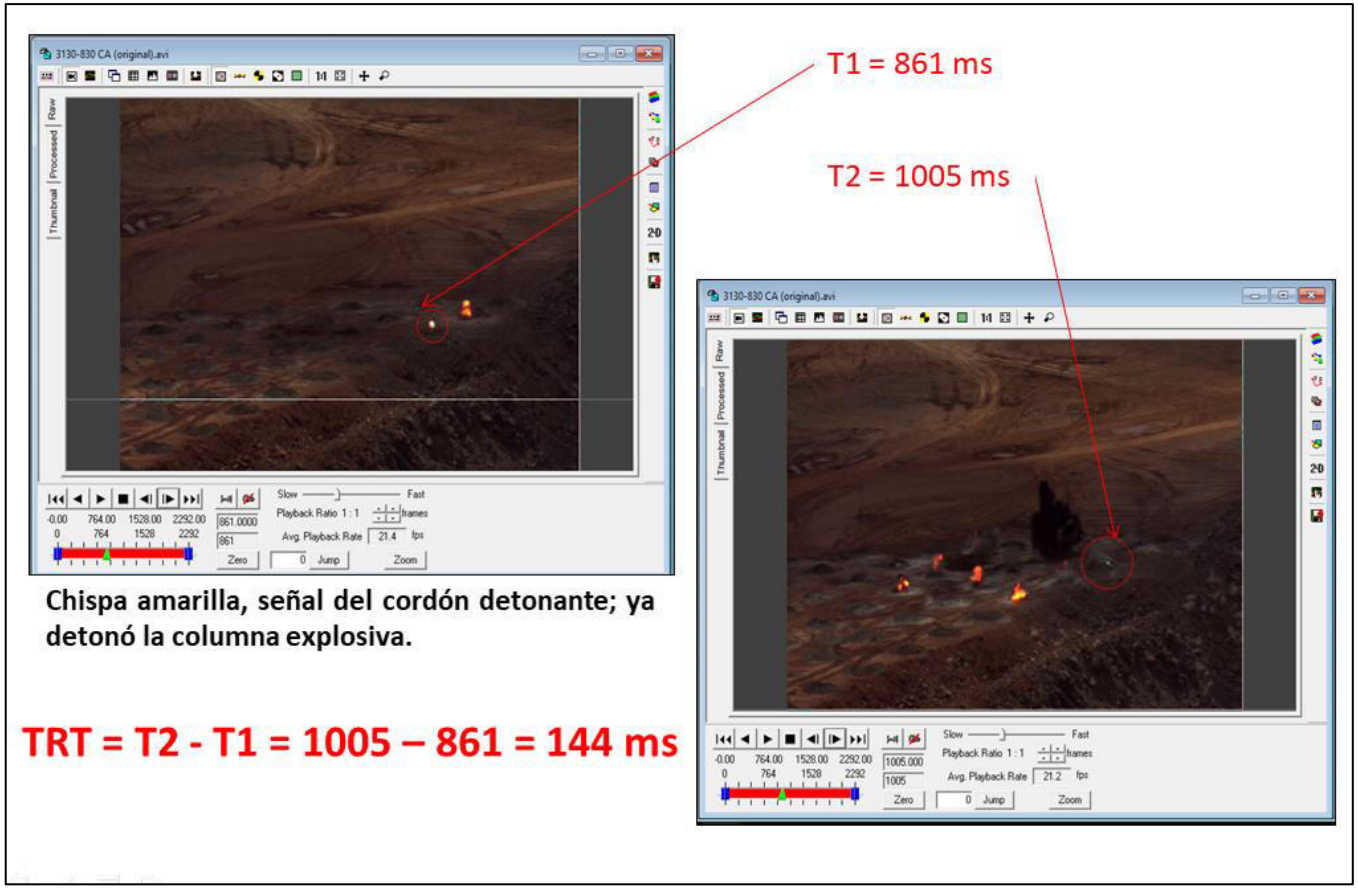


Figura 89: Medición del tiempo de retención del taladro 9056.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 9178.

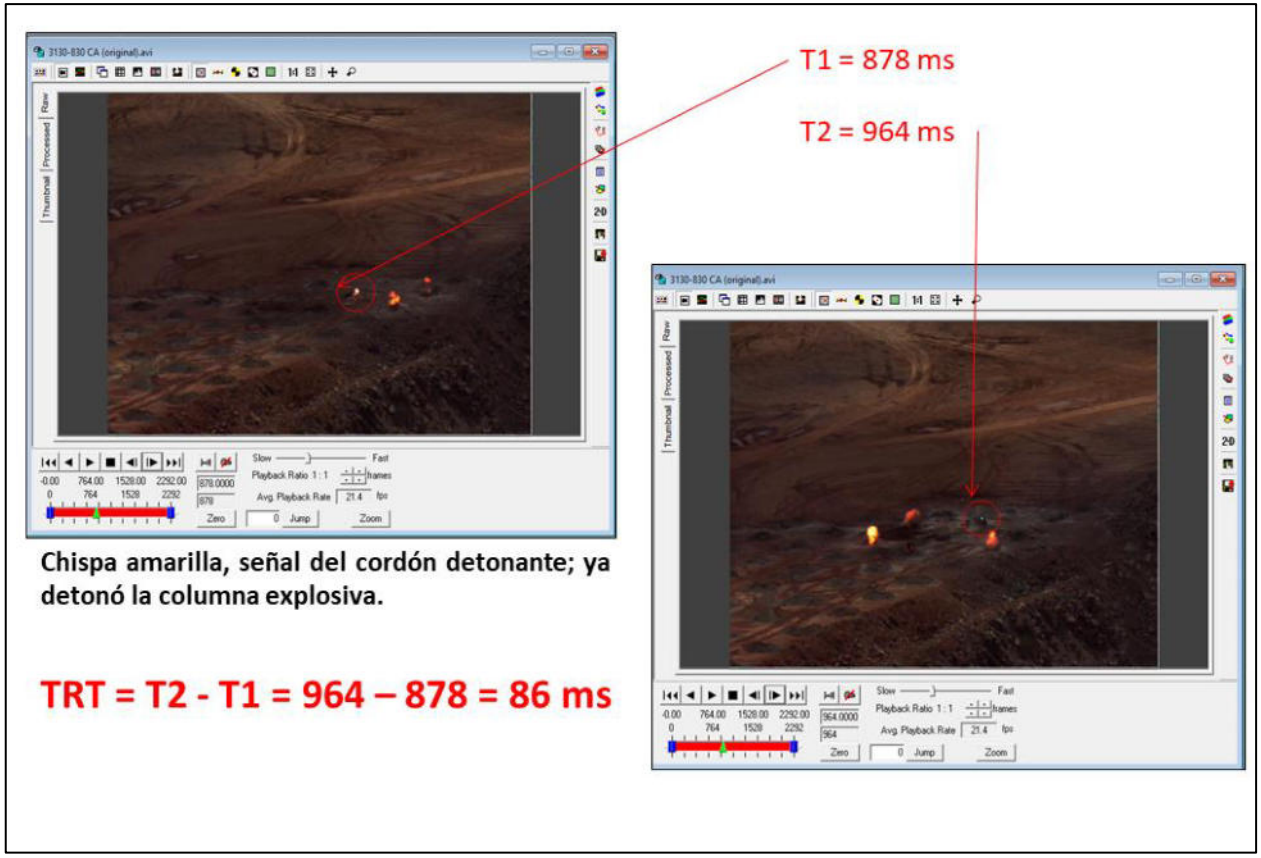


Figura 90: Medición del tiempo de retención del taladro 9178.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 9300.

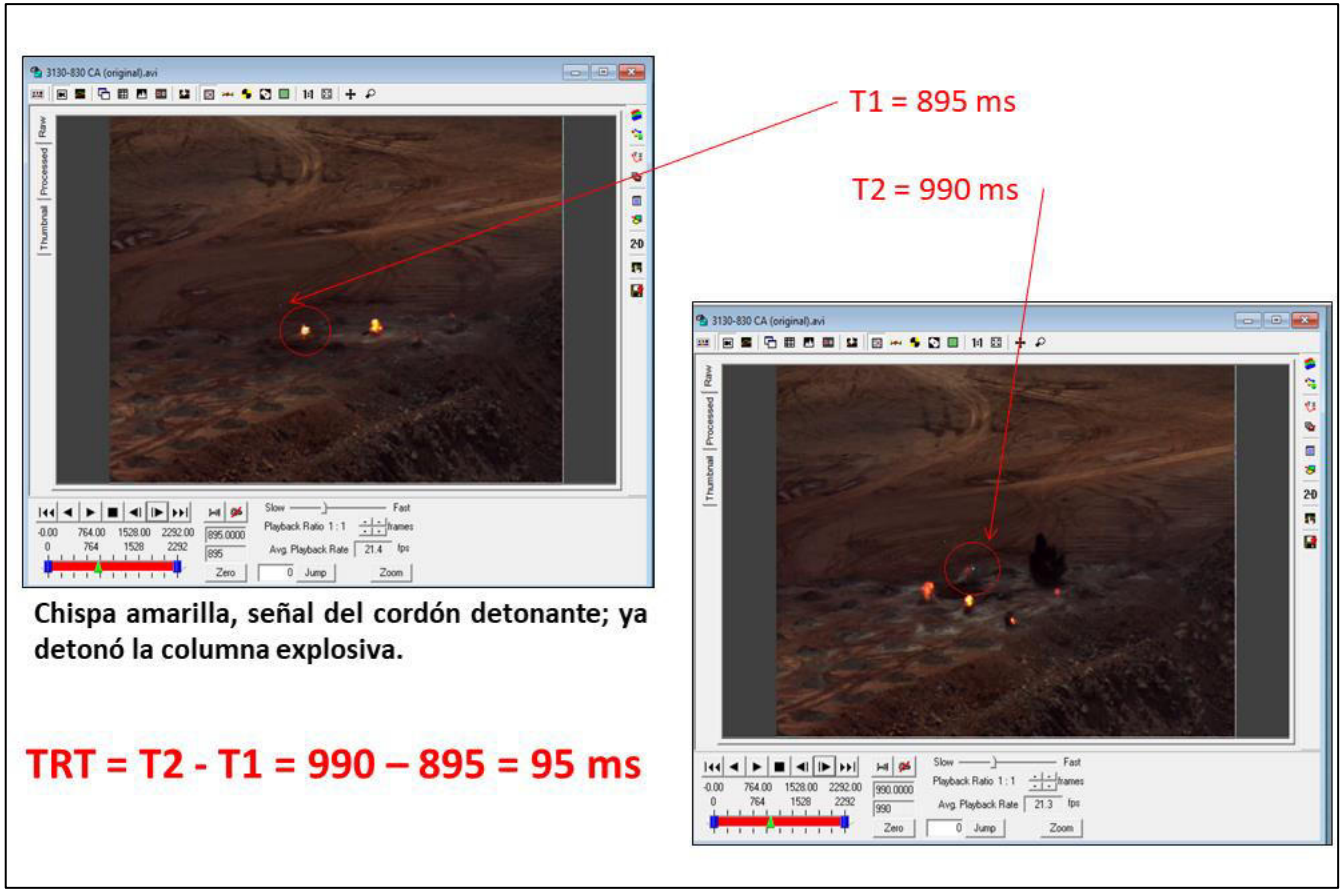


Figura 91: Medición del tiempo de retención del taladro 9300.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 9177.

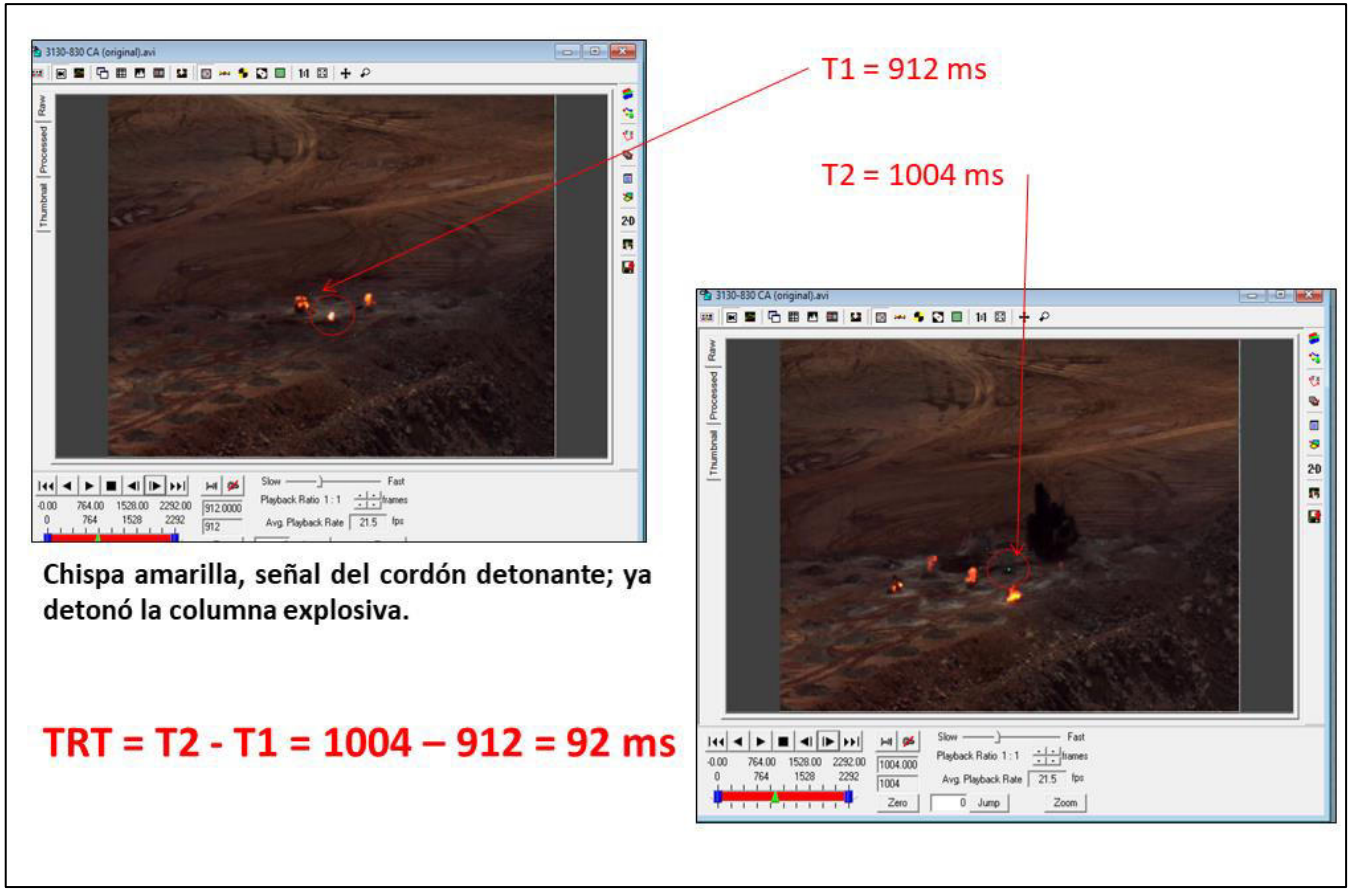


Figura 92: Medición del tiempo de retención del taladro 9177.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 9055.

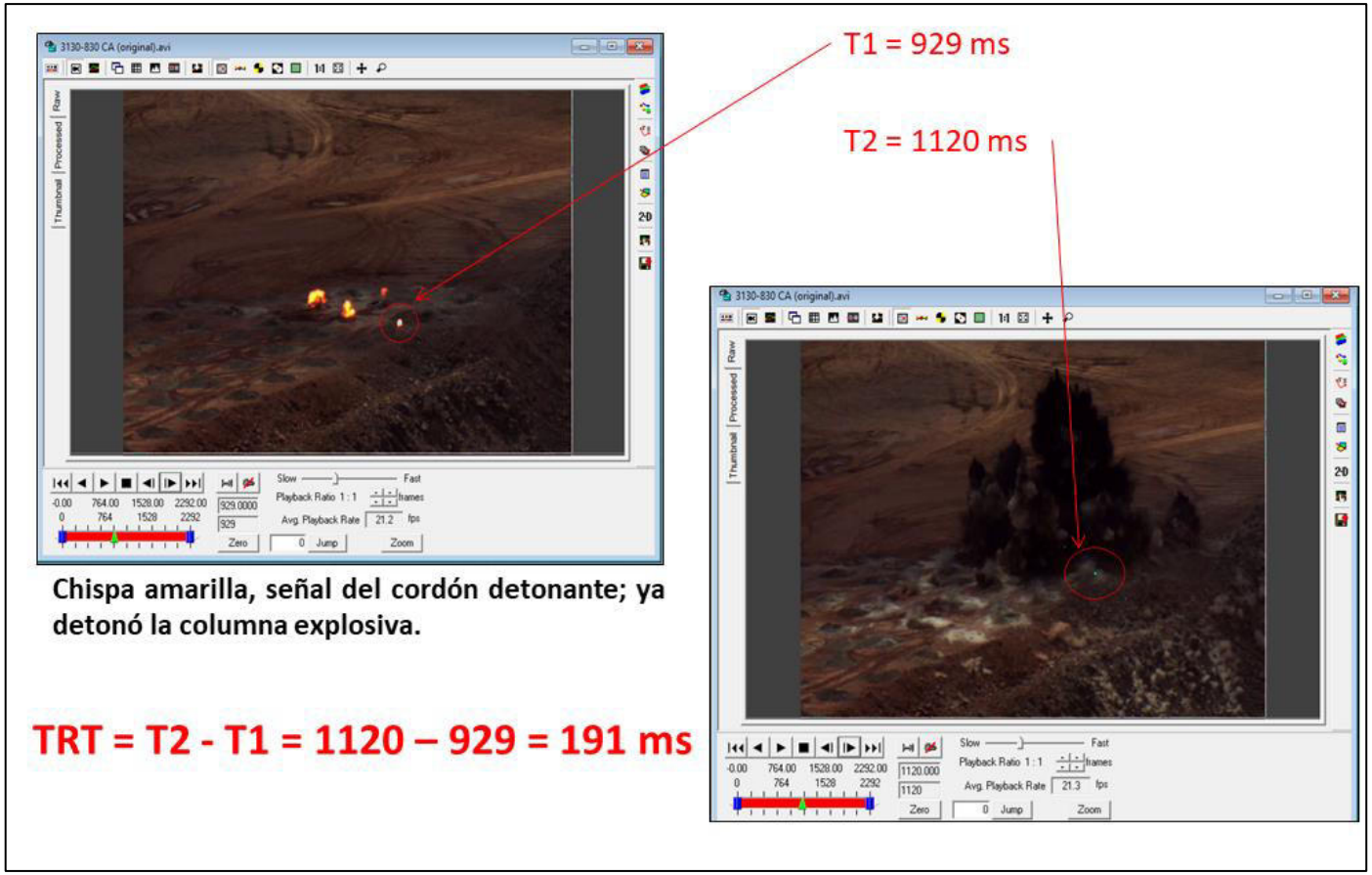


Figura 93: Medición del tiempo de retención del taladro 9055.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 9299.

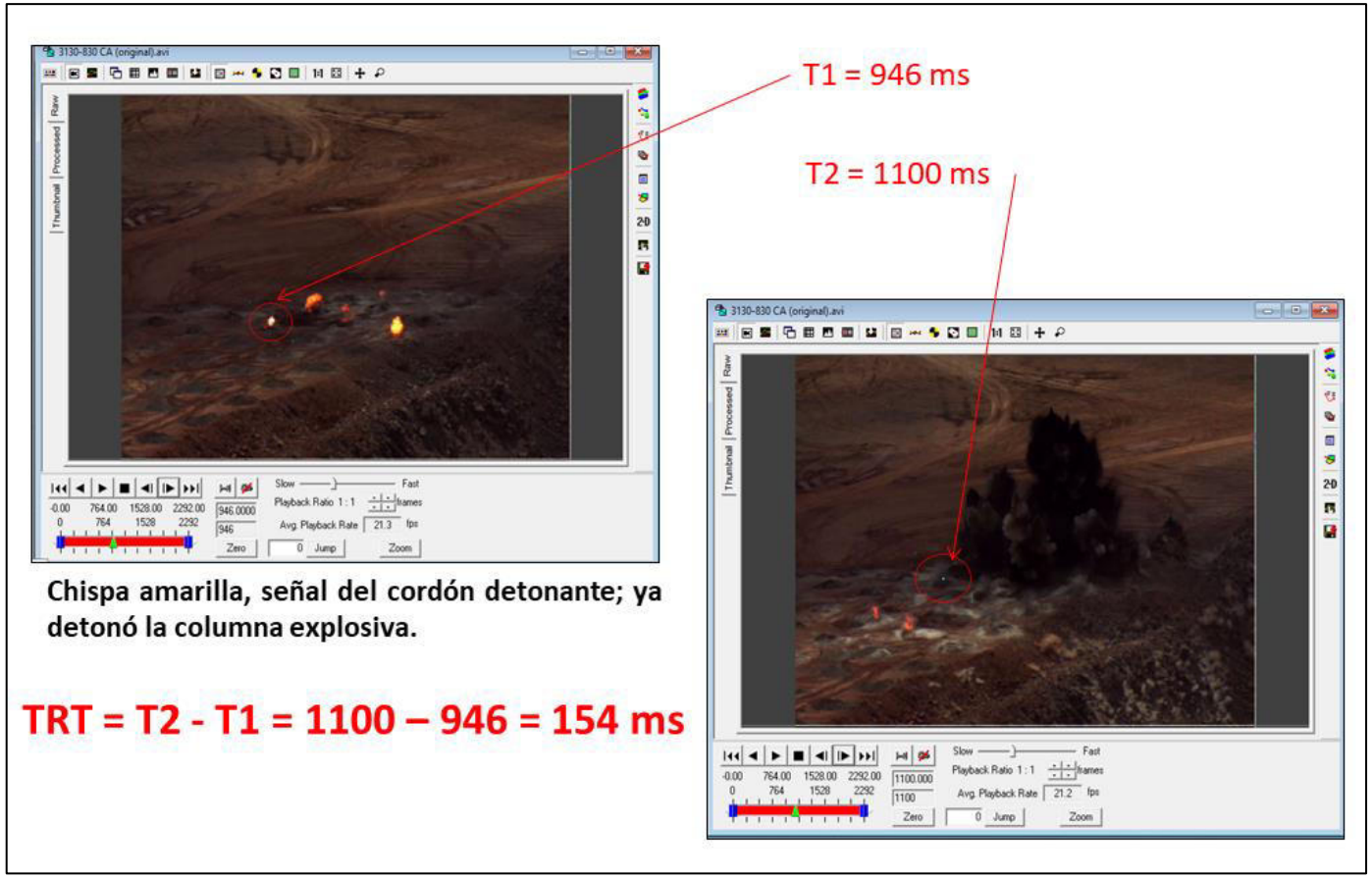


Figura 94: Medición del tiempo de retención del taladro 9299.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 9176.

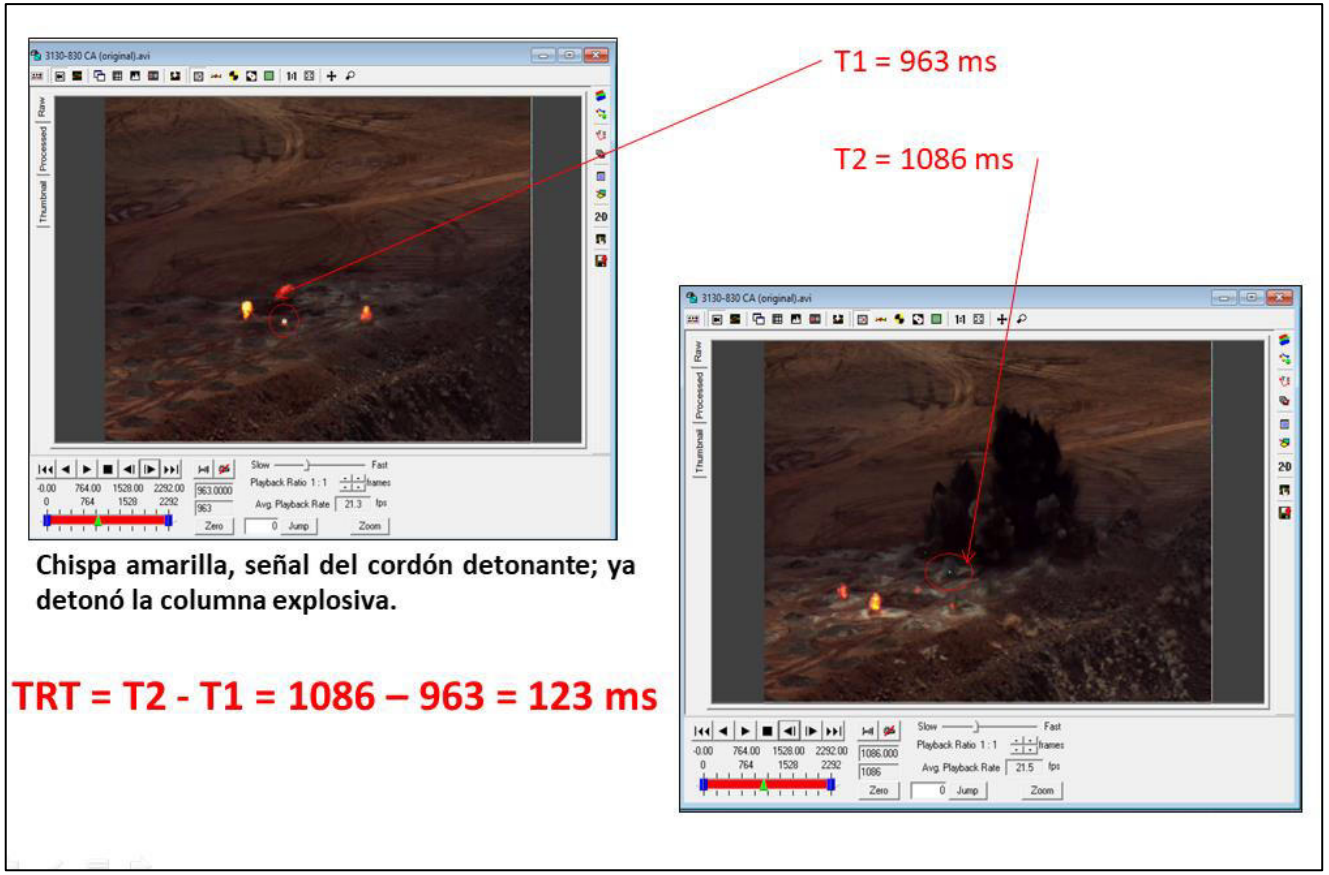


Figura 95: Medición del tiempo de retención del taladro 9176.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 9054.

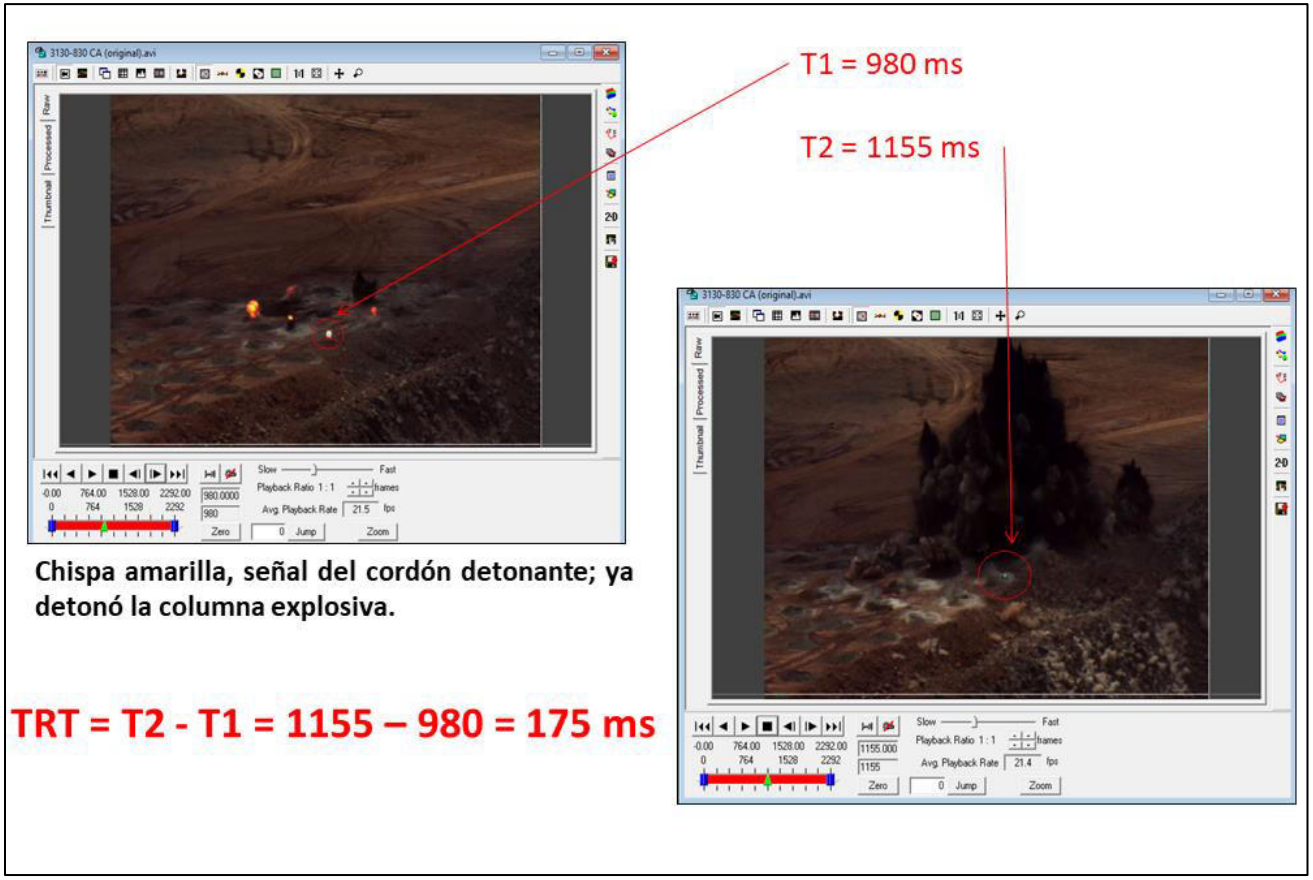


Figura 96: Medición del tiempo de retención del taladro 9054.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 9298.

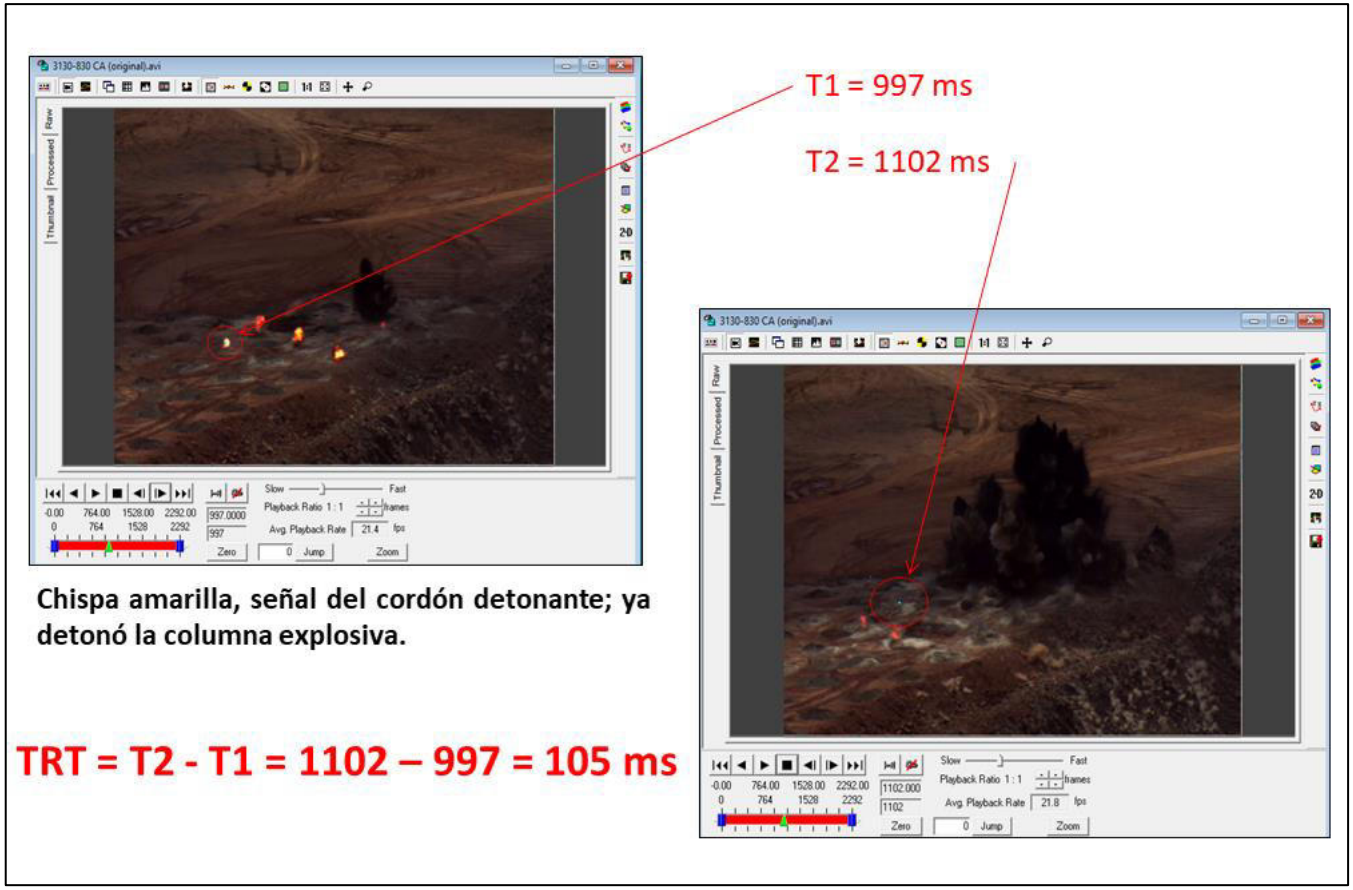


Figura 97: Medición del tiempo de retención del taladro 9298.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 9174.

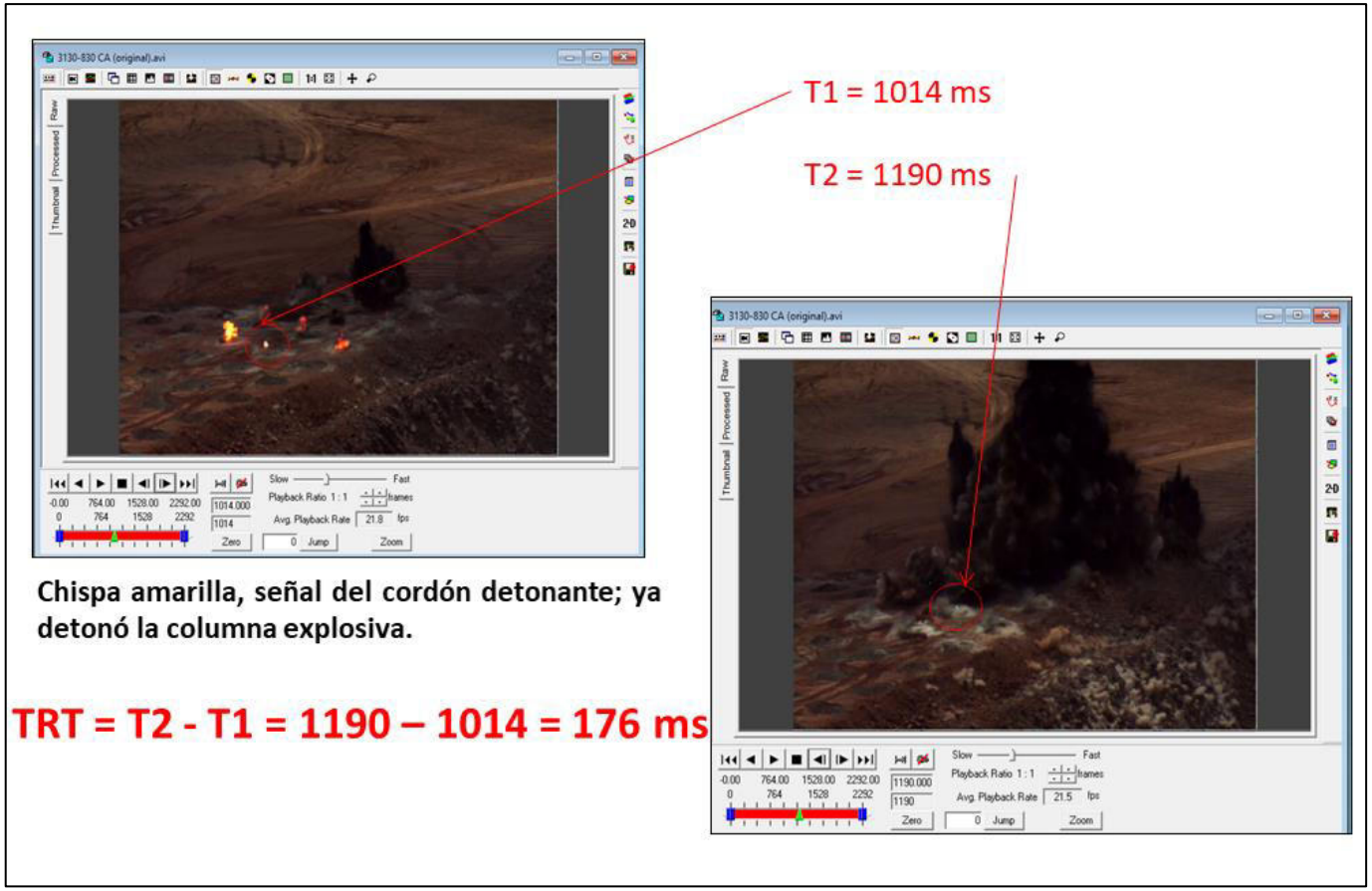


Figura 98: Medición del tiempo de retención del taladro 9174.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 9052.

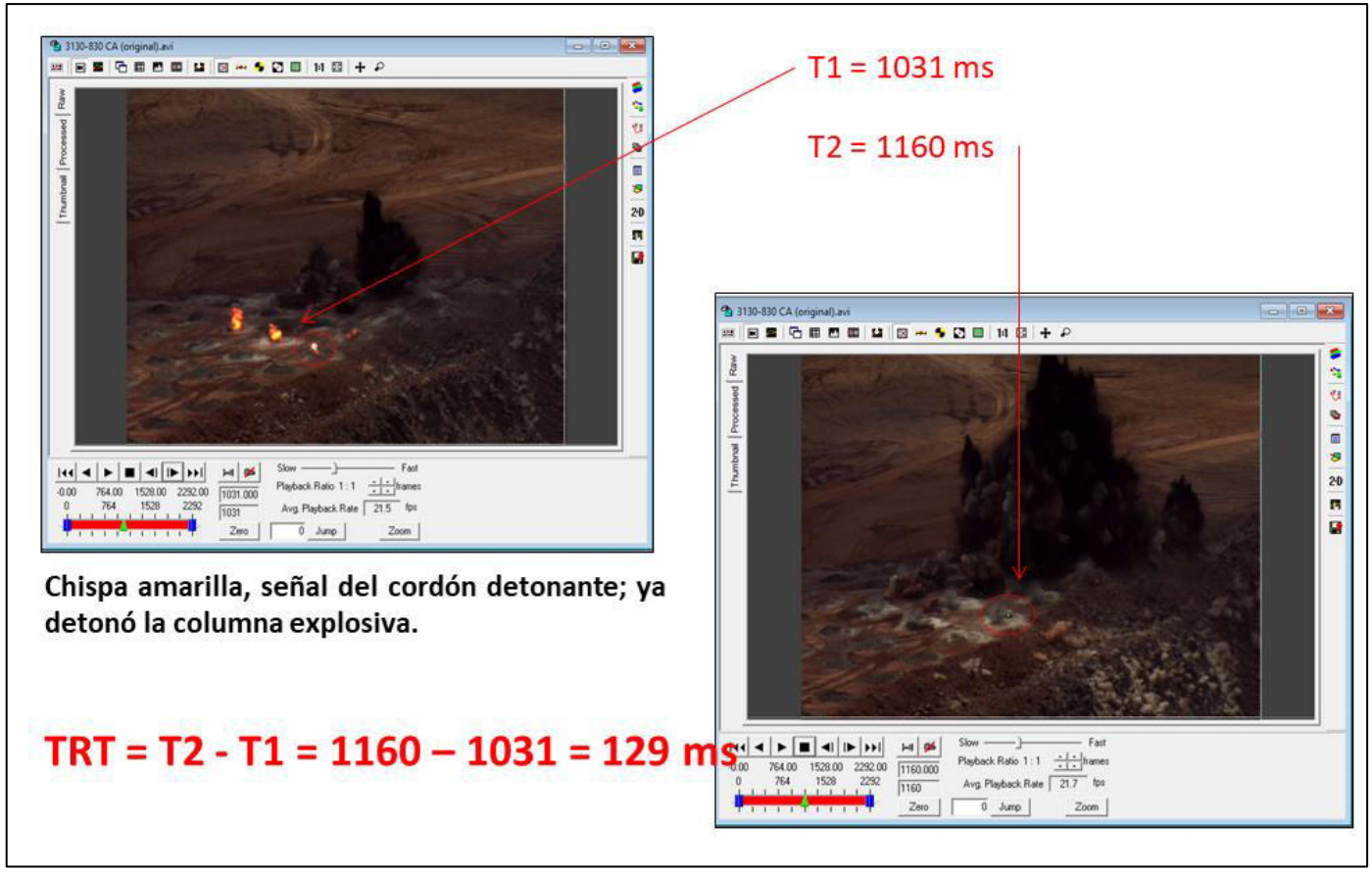


Figura 99: Medición del tiempo de retención del taladro 9052.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 9297.

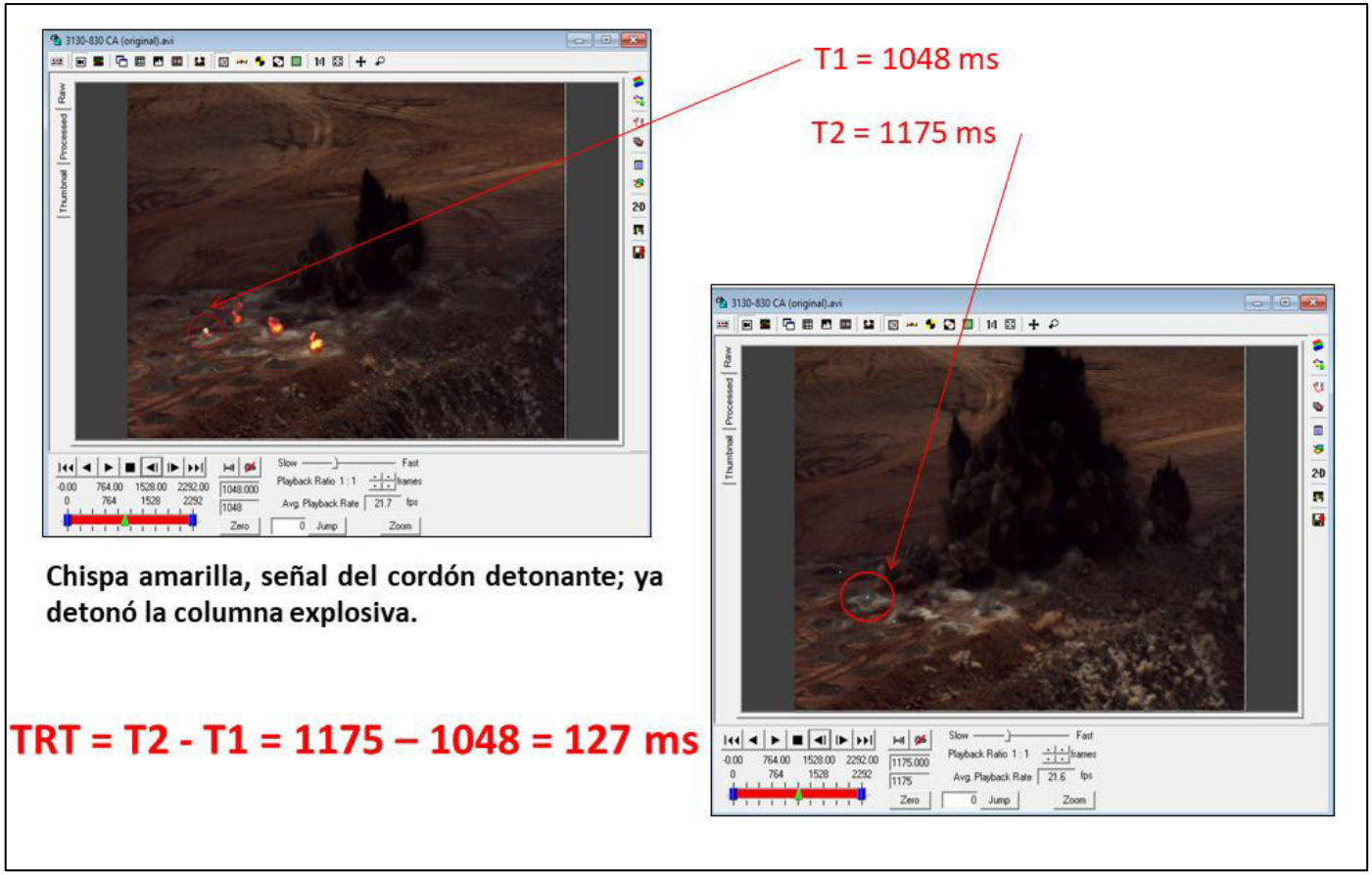


Figura 100: Medición del tiempo de retención del taladro 9297.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 9173.

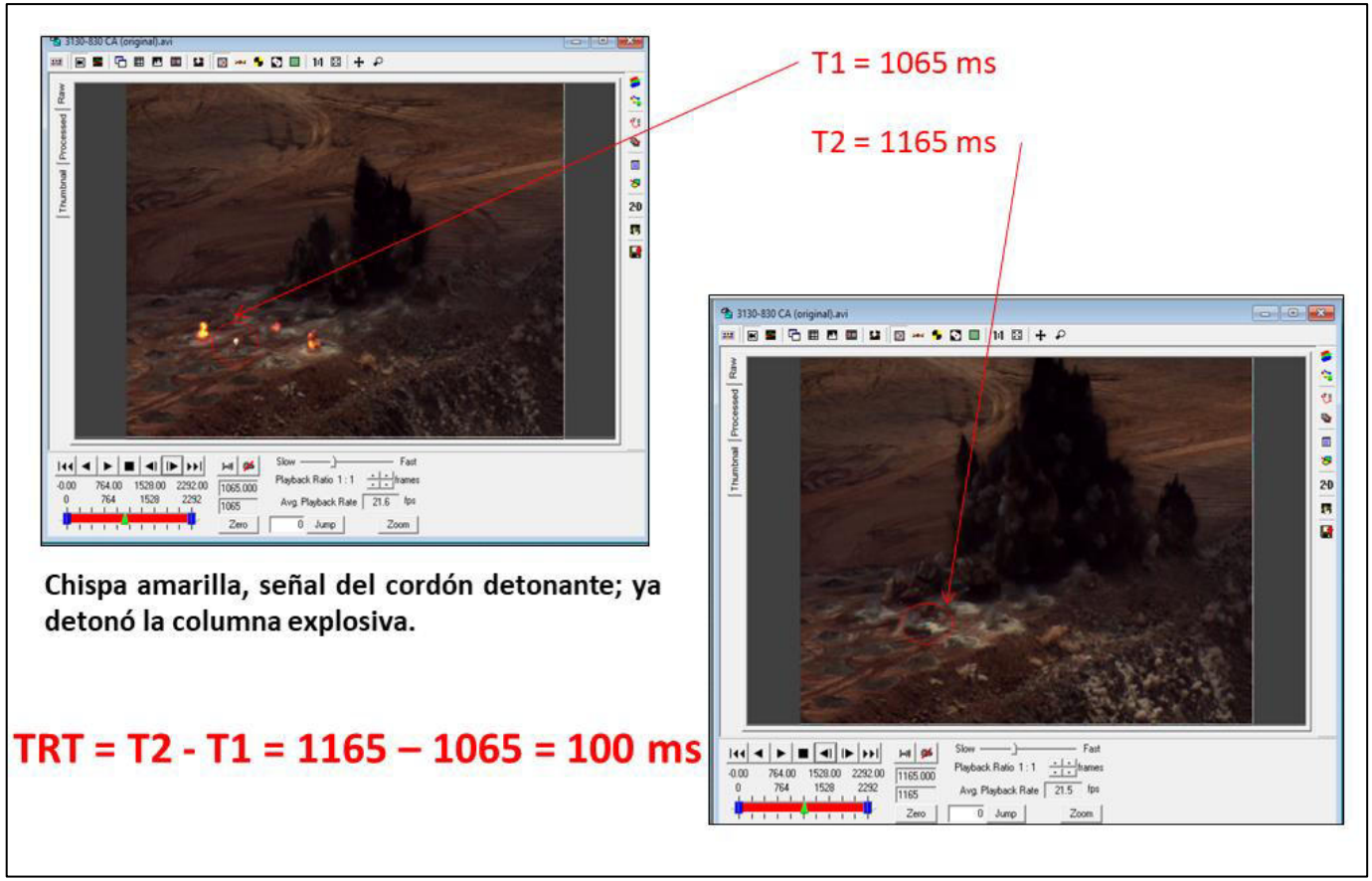


Figura 101: Medición del tiempo de retención del taladro 9173.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Proyecto 3130-641.

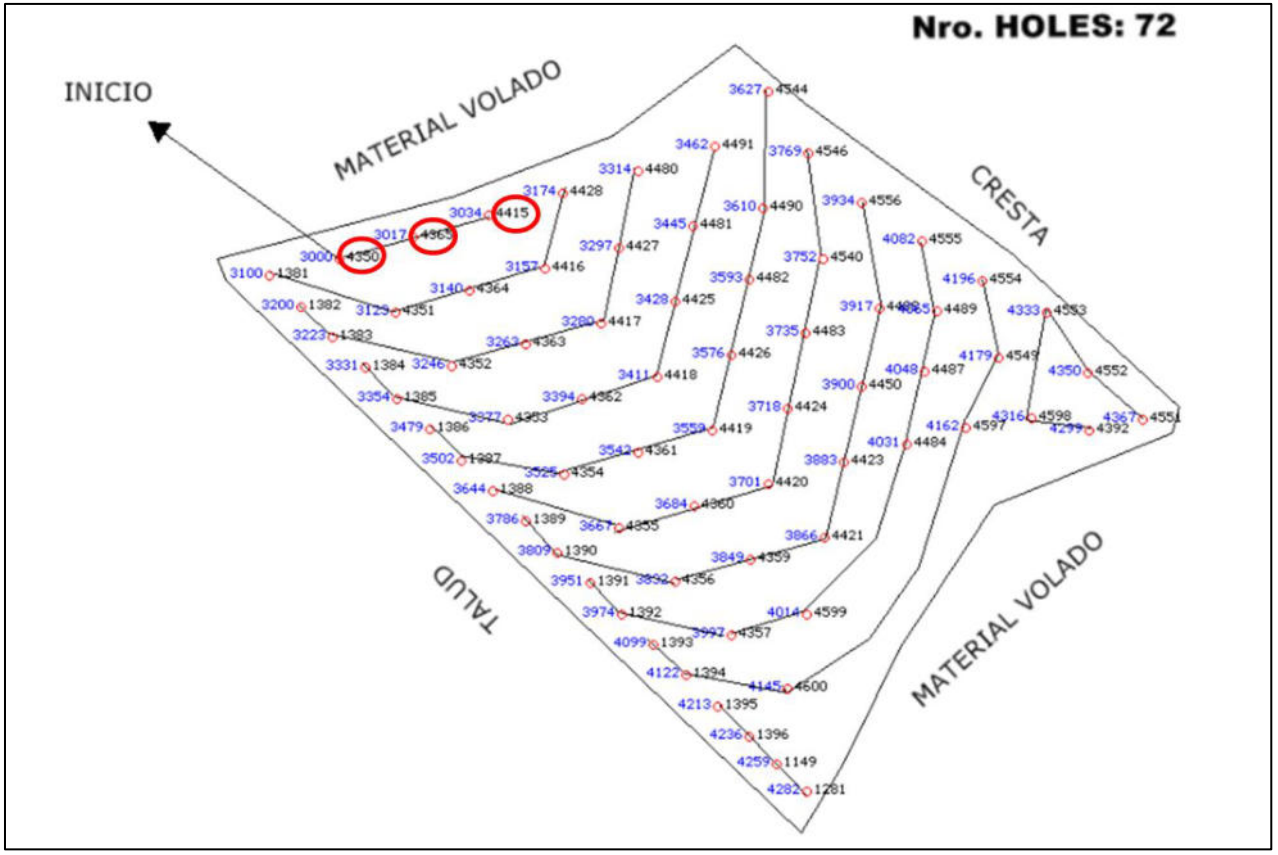


Figura 102: Diseño de amarre y taladros donde se realizó las pruebas de retención proyecto 3130-640.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 4350.

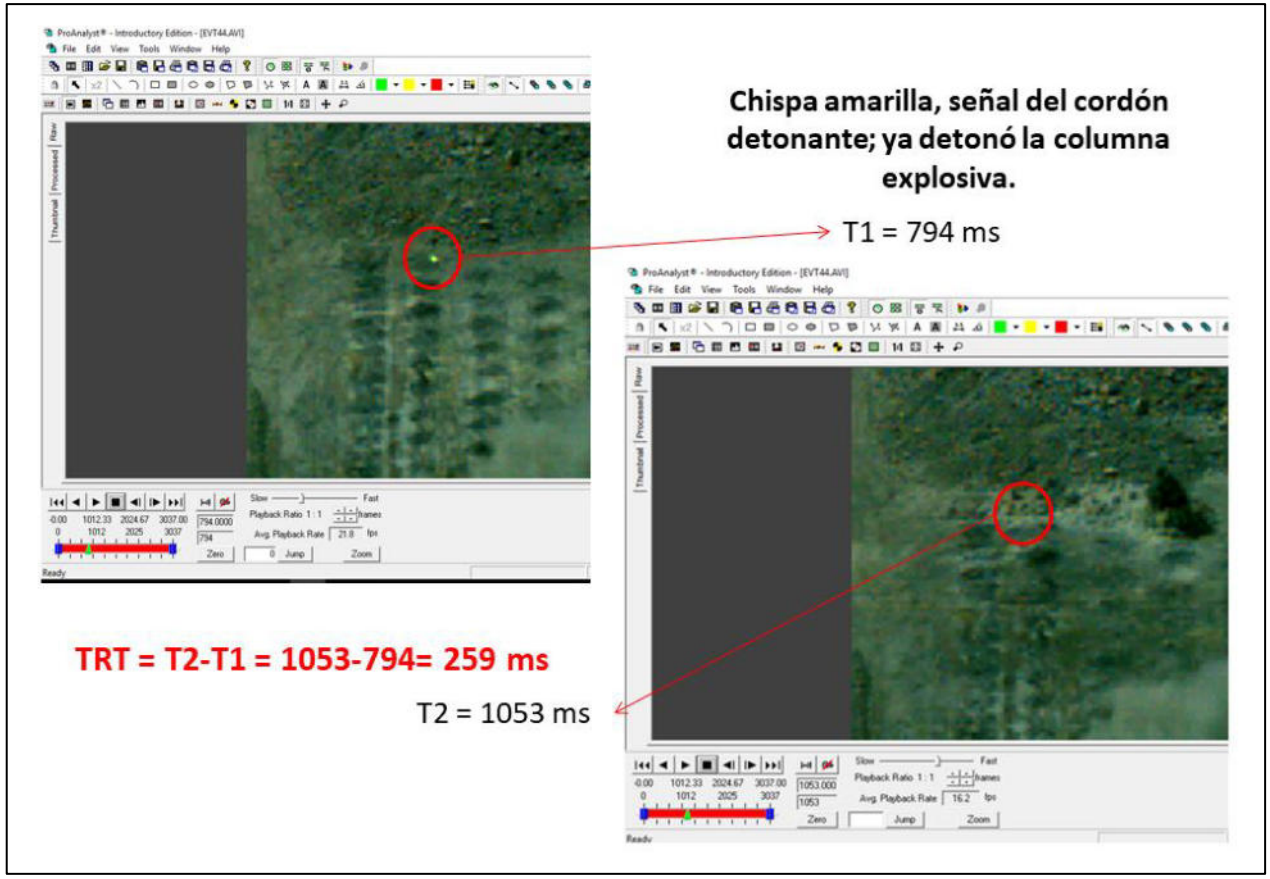


Figura 103: Medición del tiempo de retención del taladro 4350.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 4365.

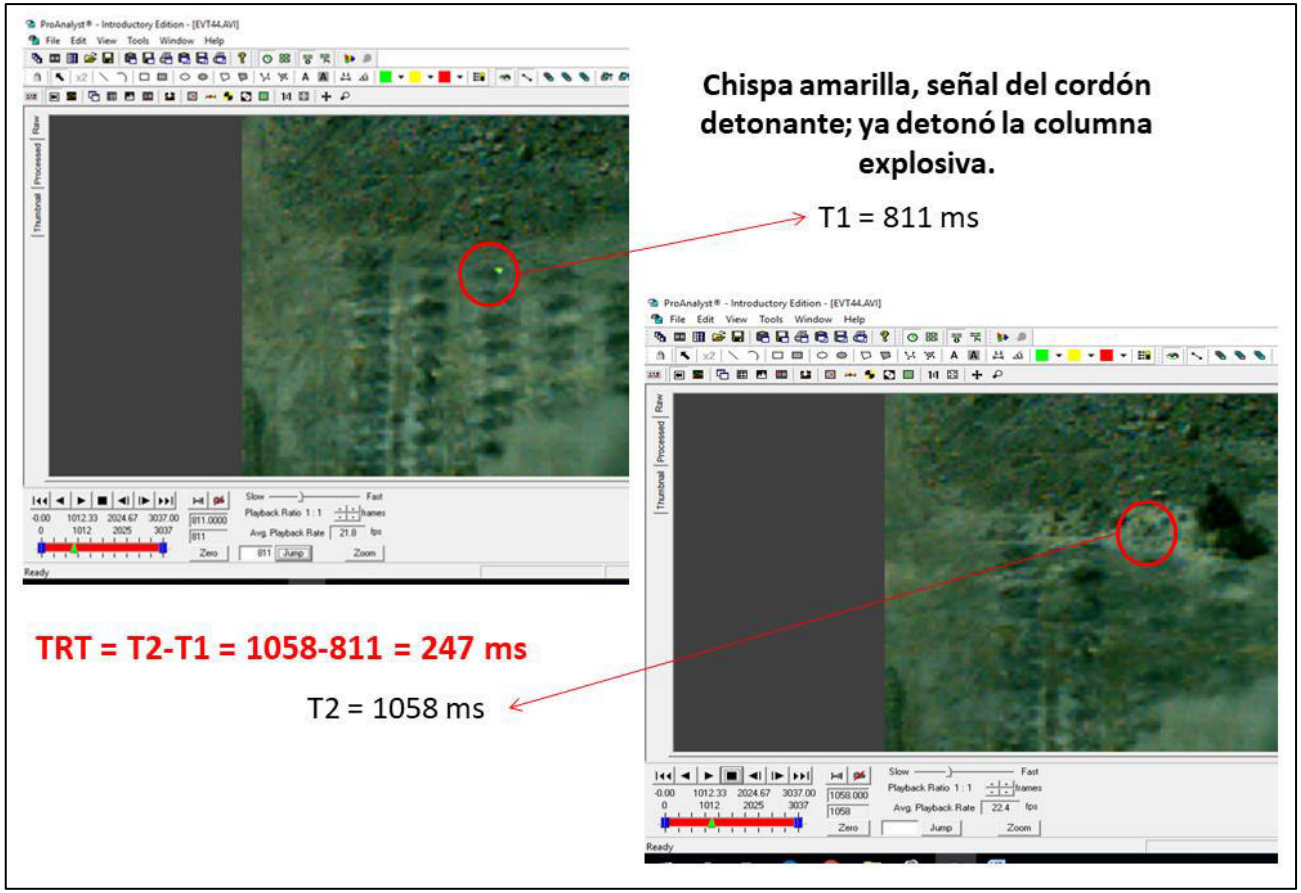


Figura 104: Medición del tiempo de retención del taladro 4365.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 4415.

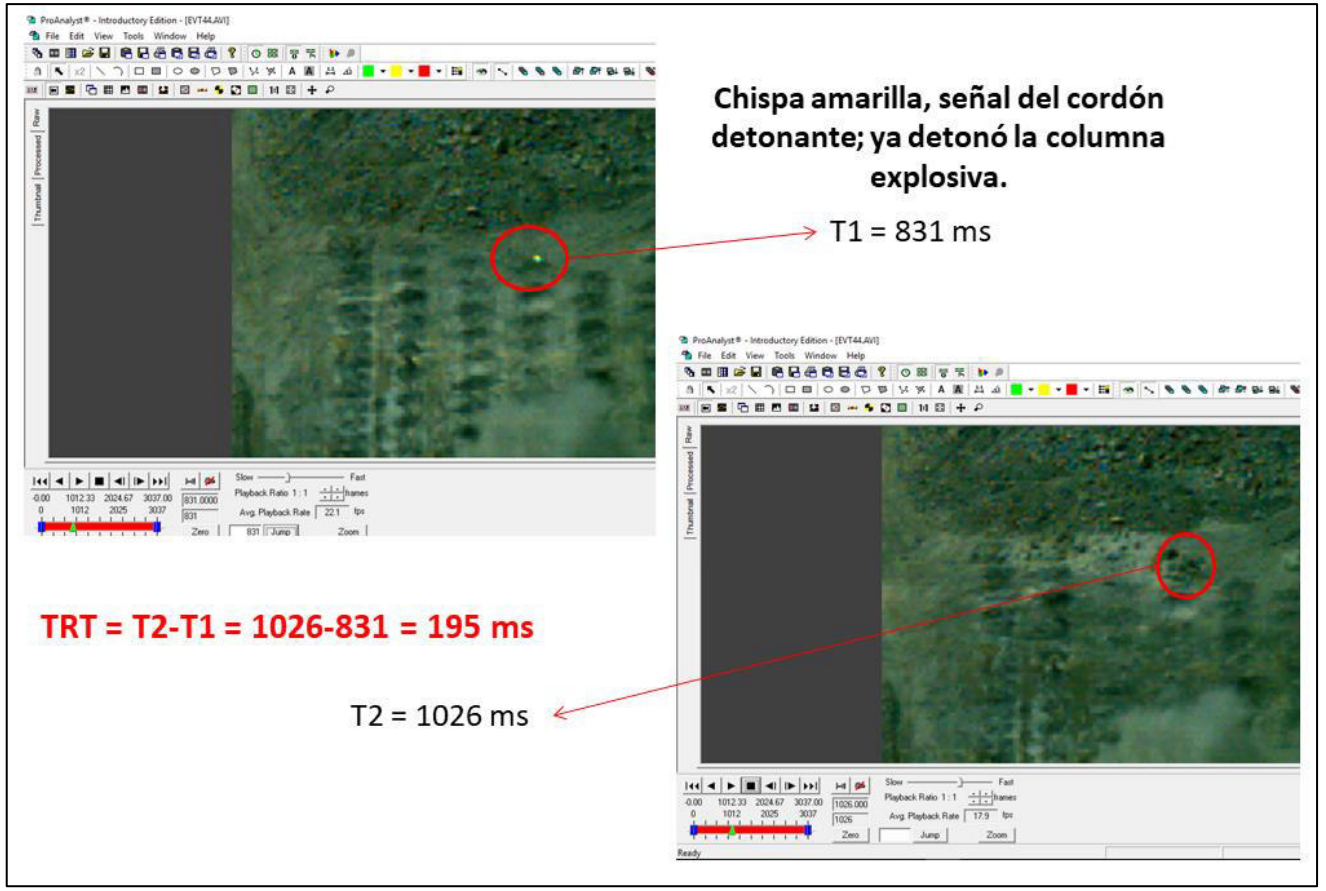


Figura 105: Medición del tiempo de retención del taladro 4415.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Proyecto 3130-641.

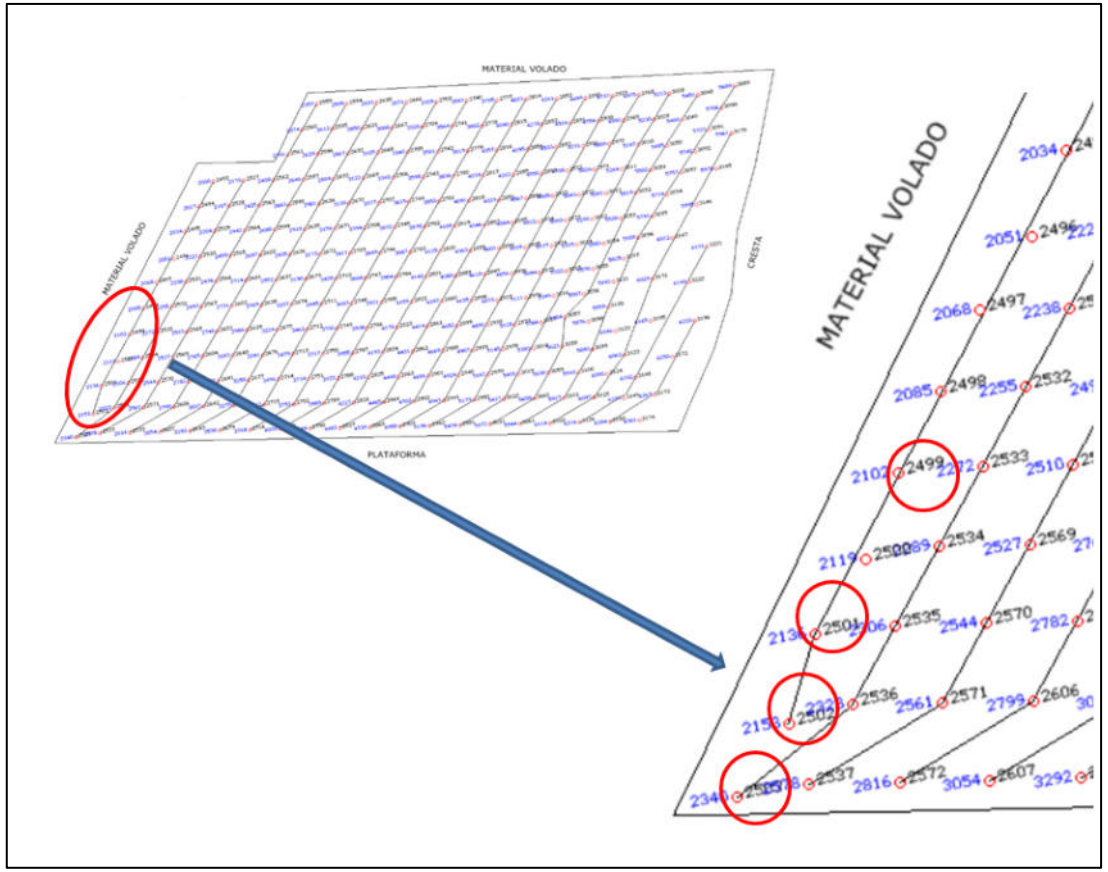


Figura 106: Diseño de amarre y taladros donde se realizó las pruebas de retención proyecto 3130-641.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 2499.

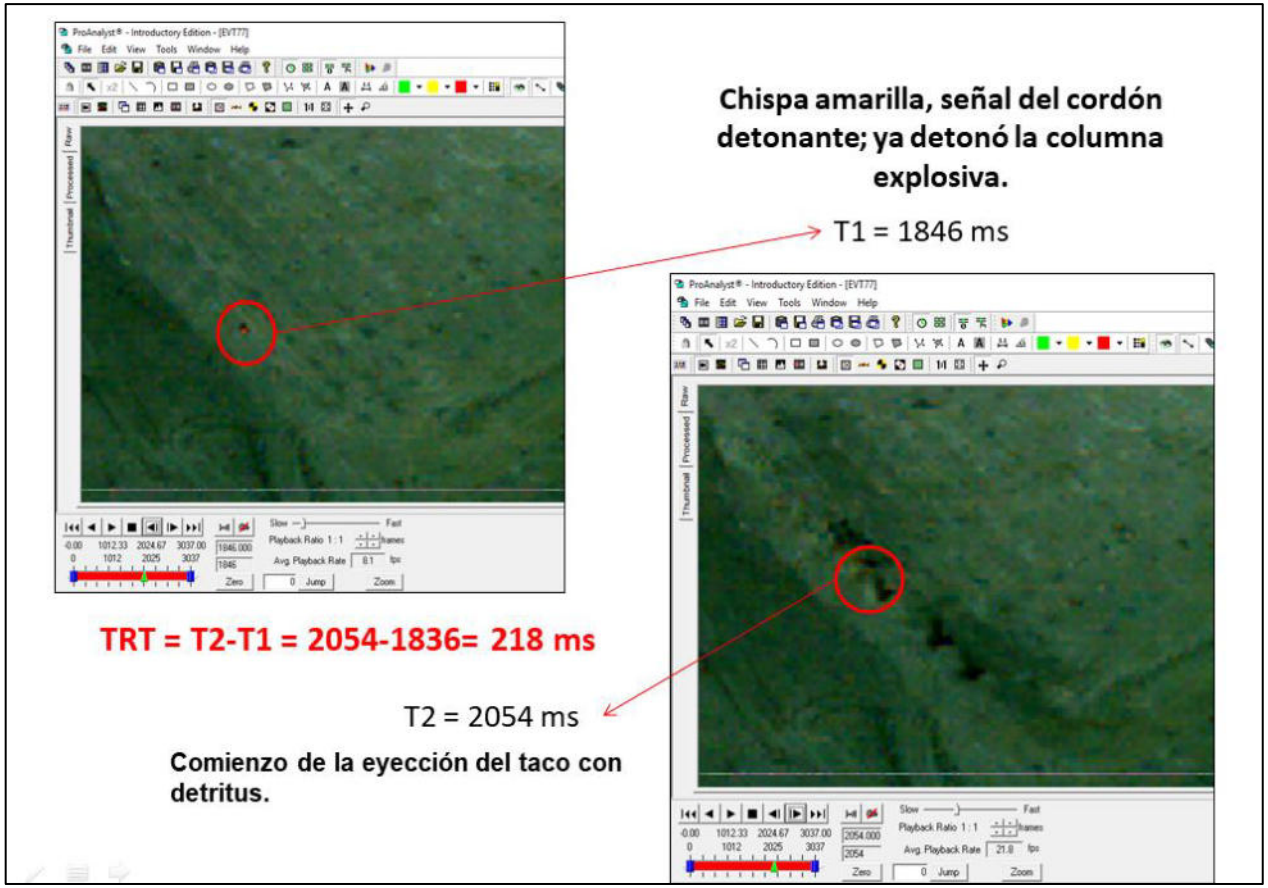


Figura 107: Medición del tiempo de retención del taladro 2499.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 2501.

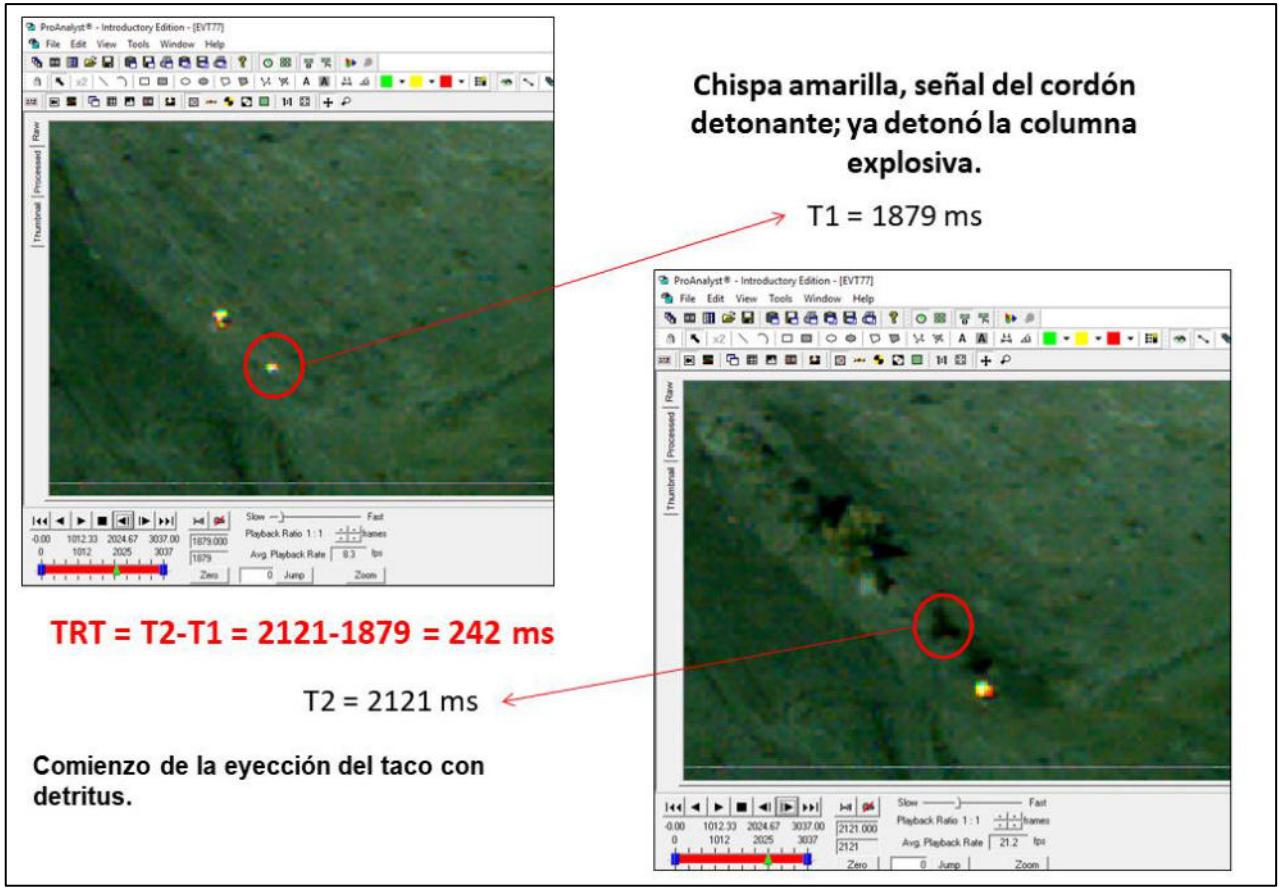


Figura 108: Medición del tiempo de retención del taladro 2501.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 2502.



Figura 109: Medición del tiempo de retención del taladro 2502.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Medición del taladro 2503.

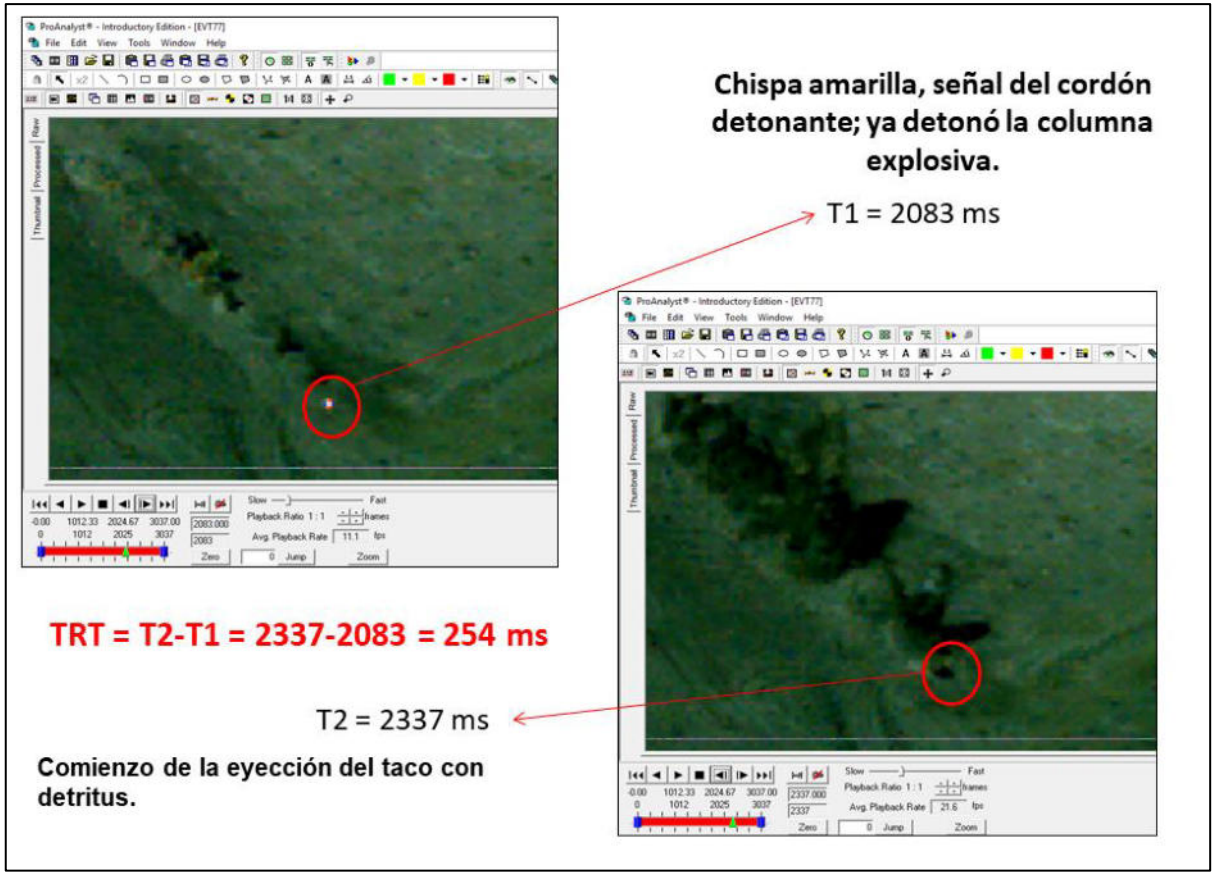


Figura 110: Medición del tiempo de retención del taladro 2503.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

ANEXO 05: Reporte de vibraciones de los proyectos.

Proyecto 3130-634.

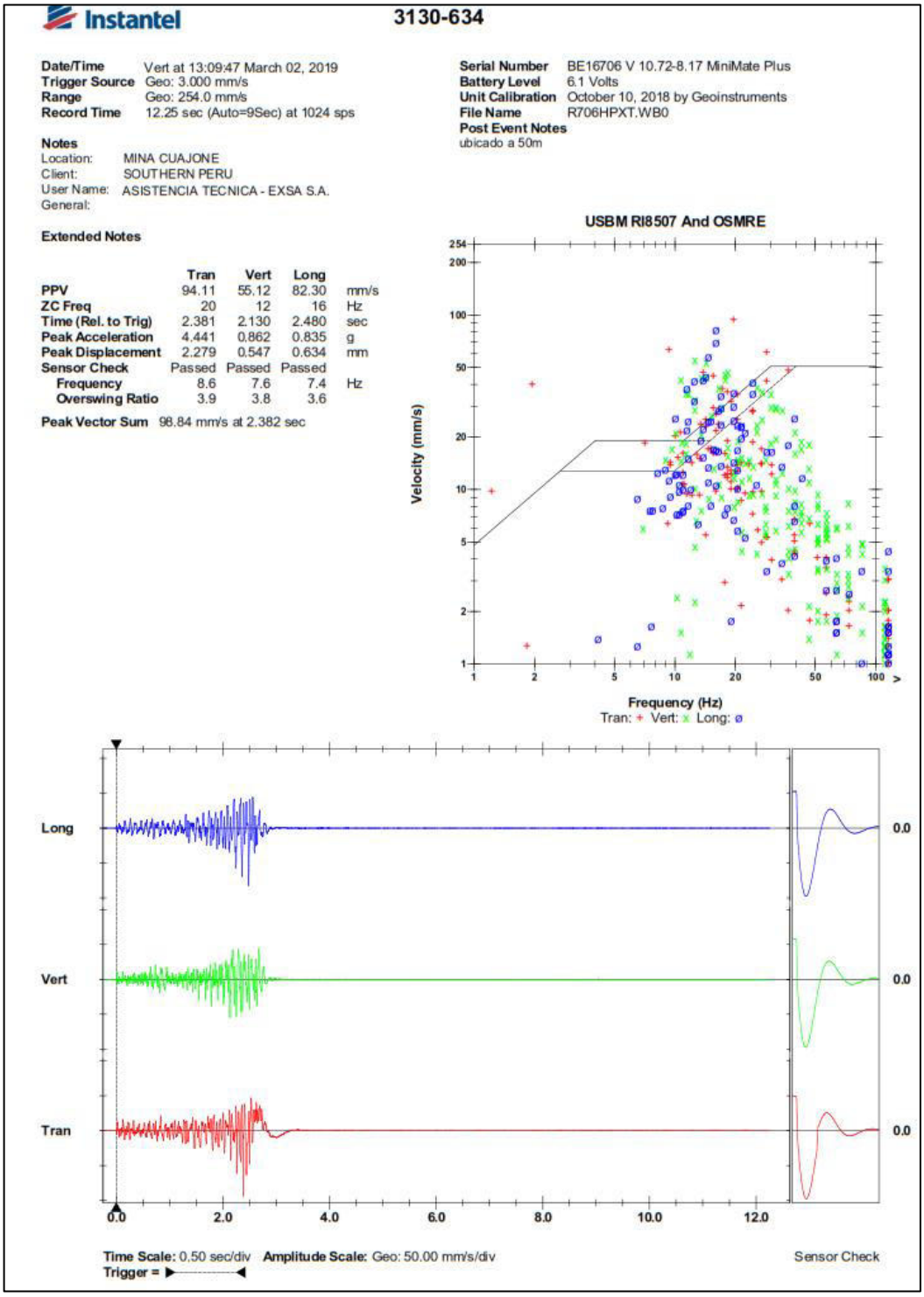


Figura 111: Reporte de vibraciones del proyecto 3130-634.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Proyecto 3130-635.

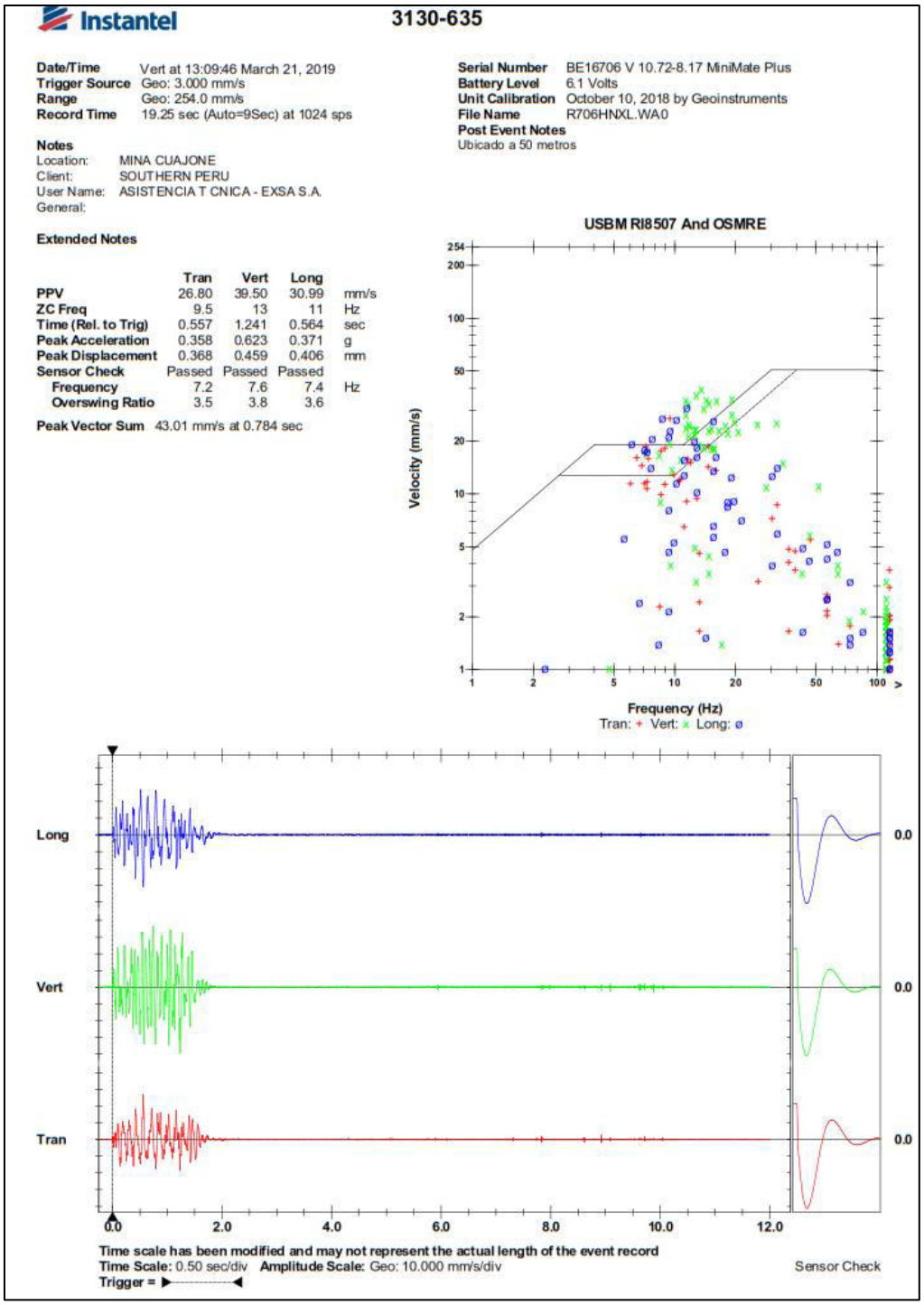


Figura 112: Reporte de vibraciones del proyecto 3130-635.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Proyecto 3130-640.

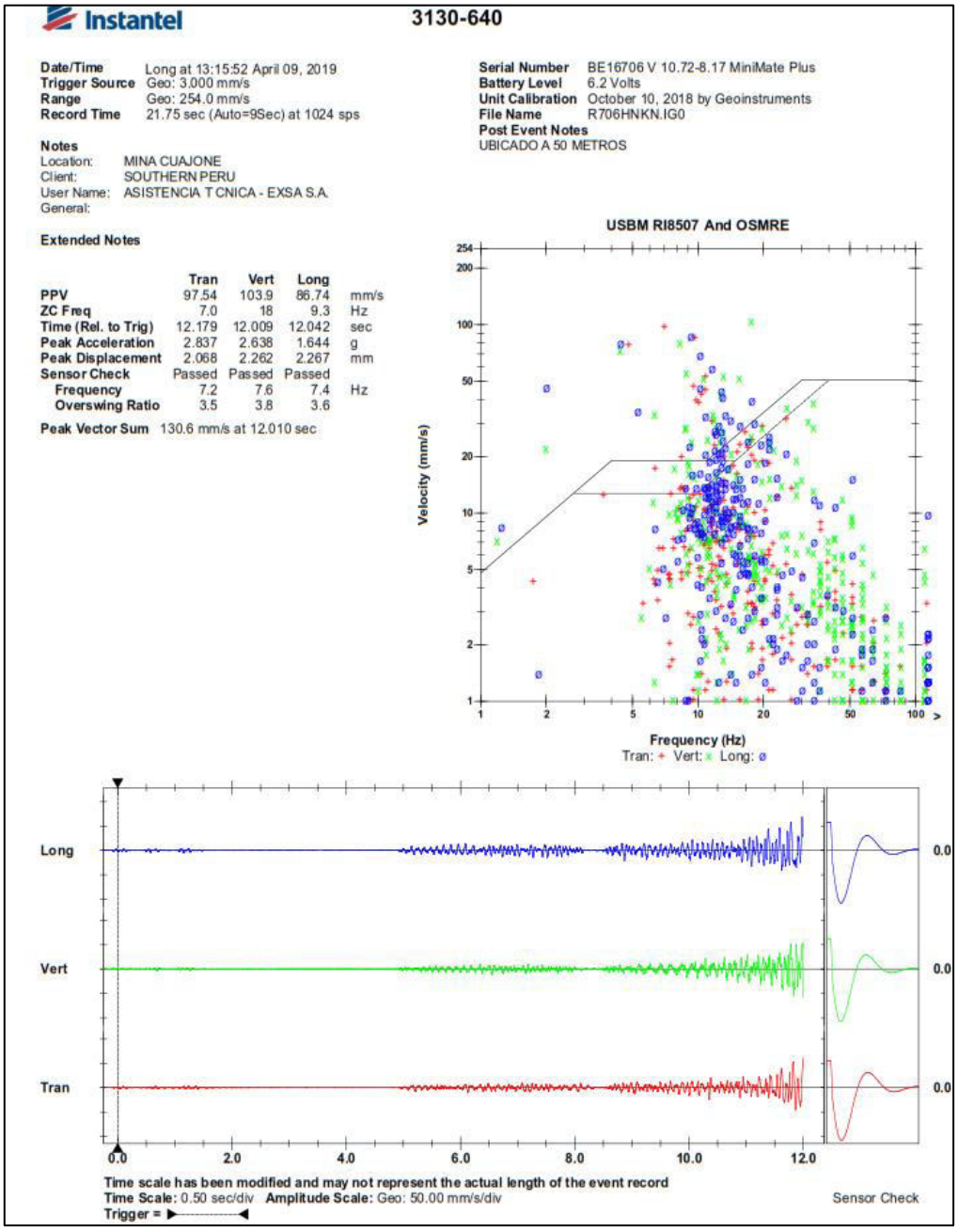


Figura 113: Reporte de vibraciones del proyecto 3130-640.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

Proyecto 3130-641.

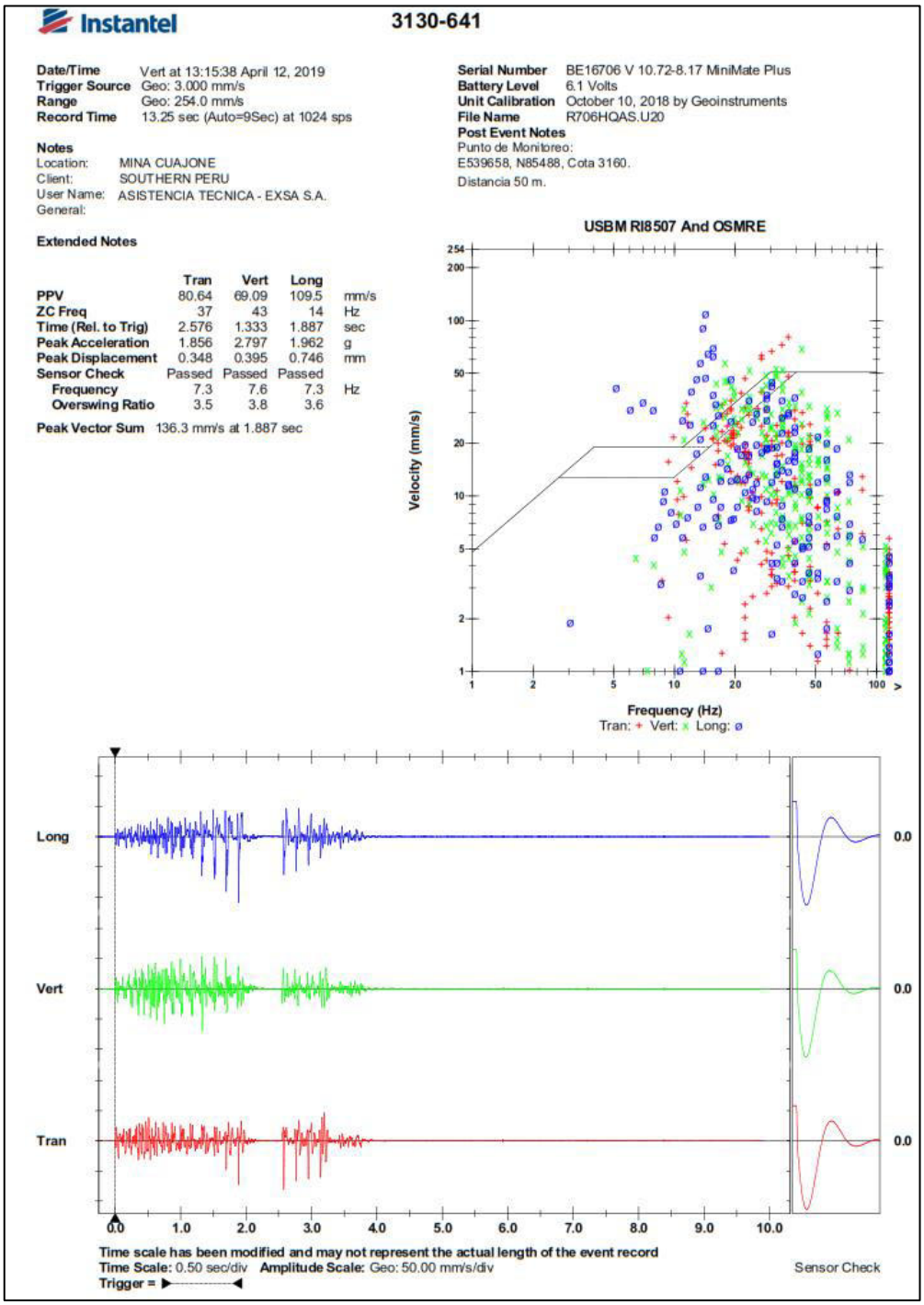


Figura 114: Reporte de vibraciones del proyecto 3130-641.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

ANEXO 06: Registro de VOD.

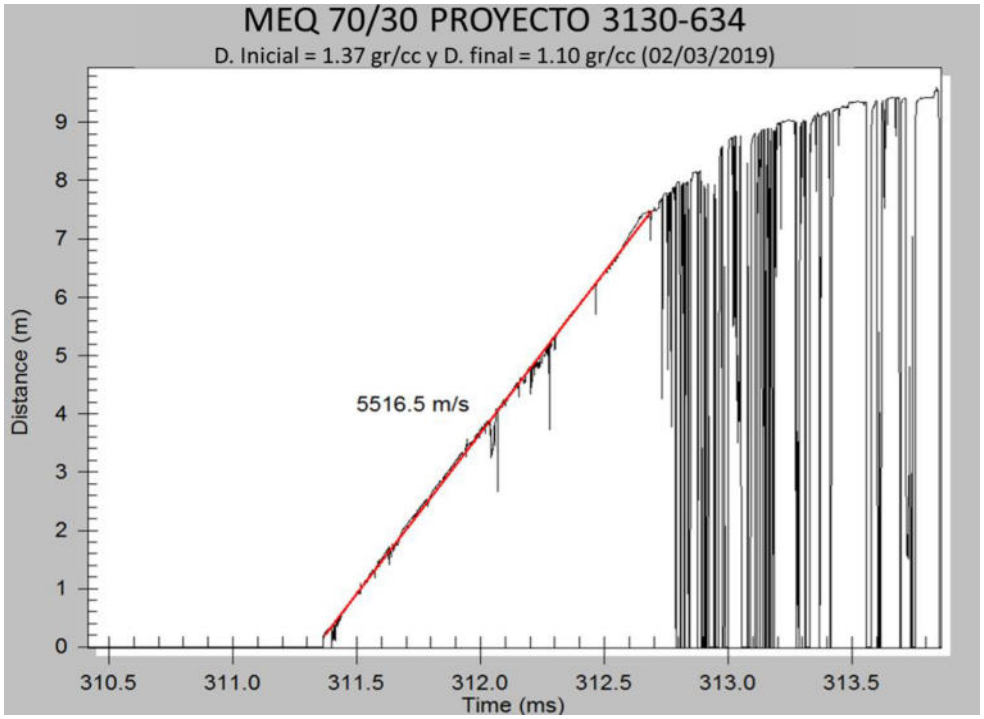


Figura 115: Registro de Velocidad de detonación proyecto 3130-634.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

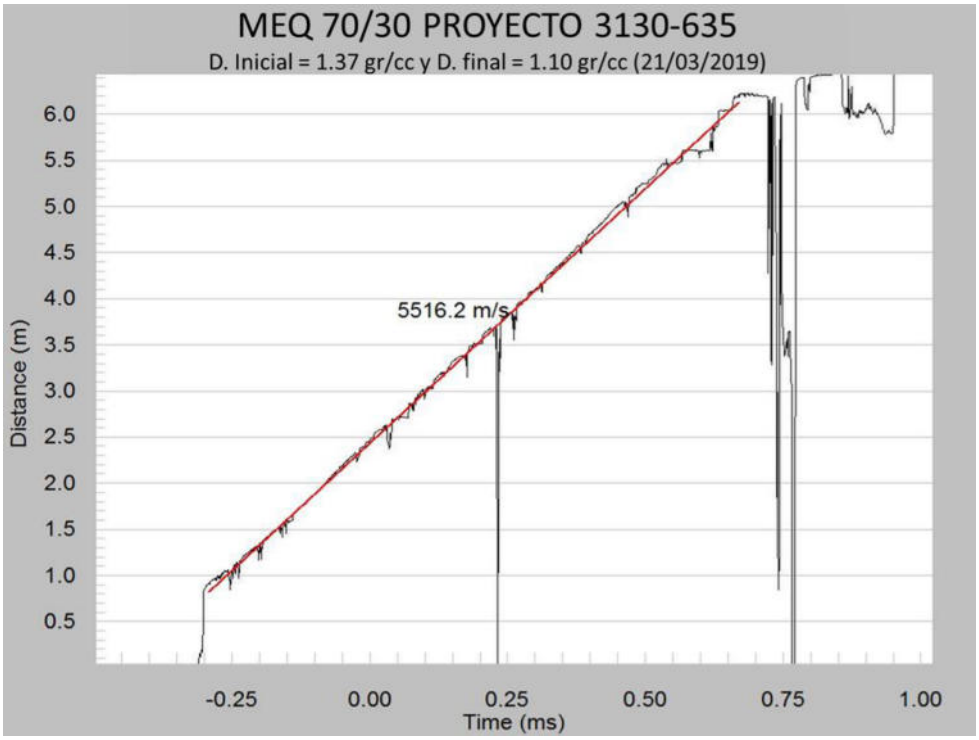


Figura 116: Registro de Velocidad de detonación proyecto 3130-635.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

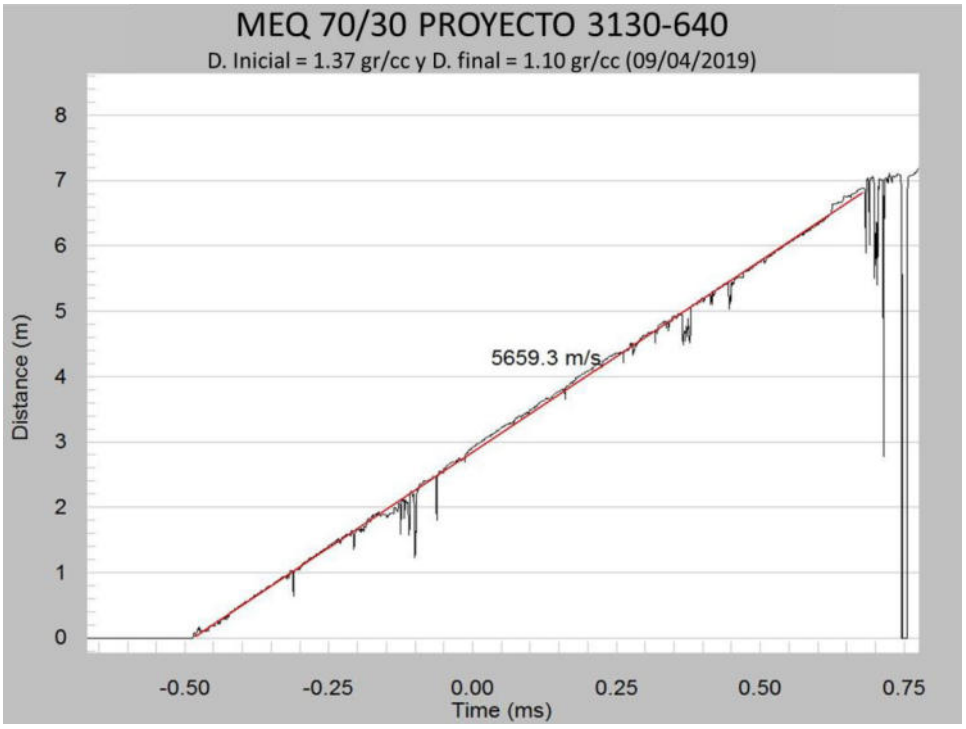


Figura 117: Registro de Velocidad de detonación proyecto 3130-640.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

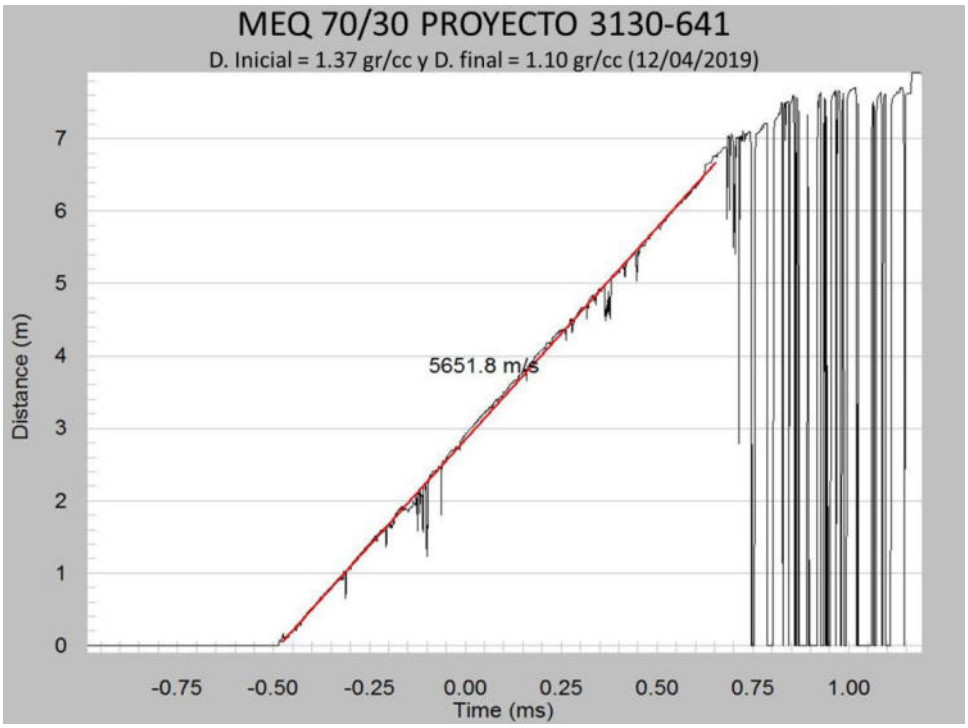


Figura 118: Registro de Velocidad de detonación proyecto 3130-641.

Fuente: Asistencia Técnica Exsa – Cuajone 2019.

ANEXO 07: Procedimiento de preparación de grava y tapado de taladros.

1. Personal y responsabilidades

1.1. Ingeniero Residente: Indicar e Inspeccionar el trabajo del personal a su cargo, revisa IPERC, Check list.

1.2. Técnico Supervisor: Coordina y da indicaciones para el correcto tapado de taladros.

1.3. Operador de Carguío: Operar los equipos de tapado (minicargador, retroexcavadora, cargador de volteo) siempre y cuando esté autorizado, Guía, apoya para el tapado de taladros con Minicargador, Retroexcavadora y Cargador de volteo.

2. Equipos de protección personal

2.1. EPP básico (Casco, Zapatos punta de acero, chaleco y lentes).

2.2. Guantes de Badana y/o Hyflex.

2.3. Tapones.

2.4. Respirador de Media Cara con filtros 7093C.

2.5. Cortaviento.

2.6. Bloqueador Solar.

2.7. Barbiquejo.

3. Equipo / herramientas / materiales.

3.1. Minicargador.

3.2. Retroexcavadora.

3.3. Cargador de Volteo.

3.4. Conos de seguridad.

3.5. Letreros.

3.6. Lampas.

3.7. Picos.

3.8. Atacador de madera.

3.9. Winchas.

4. Procedimiento

4.1. Realizar la evaluación del trabajo y llenado del IPERC con la firma de todos los integrantes del trabajo.

4.2. El tapado de taladros se realiza con grava (zarandeada), caso contrario, se coordina con el supervisor de perforación y disparos para realizar el tapado con detritus de perforación.

4.3. La retroexcavadora, minicargador y/o cargador de volteo puede distribuir el material de tapado con previa coordinación con el Ingeniero Residente / Técnico Supervisor.

4.4. Si el espaciamiento de la malla de perforación es menor a 6.5 m los equipos de tapado, minicargador, retroexcavadora y/o el cargador de volteo podrán ingresar previa autorización del operador de carguío, dicho personal tendrá que esconder y/o acomodar las líneas descendentes en los taladros tapados por donde ingresara el equipo.

4.5. Verificar la conformidad que los taladros estén logueados antes de tapar. (Coordinar con proveedor de accesorios electrónicos).

4.6. Coordinar con el Residente / Técnico supervisor, la secuencia del tapado.

4.7. El personal de detonadores electrónicos loguea el detonador y da el visto bueno para proceder con el tapado del taladro.

4.8. Tapar el taladro fijándose en las líneas descendentes y el personal de apoyo, antes de iniciar el tapado del taladro el operador de carguío deberá verificar que la boca del taladro no represente riesgo alguno de posible caída de rocas al taladro y avisar al operador del equipo.

4.9. En el proceso de tapado se identifica un taladro obstruido (chino), señalizar y comunicar al Residente / Técnico Supervisor; para dar el tratamiento respectivo.

4.10. De producir un corte a una línea descendente, (detonador electrónico o detonador no electrónico), suspenda el tapado del taladro, comunique al Residente / Técnico Supervisor, señalice el taladro.

4.11. Si se corta el detonador no electrónico, se realiza el logueo del detonador electrónico y si registra, se procede a tapar el resto del taladro con material zarandeado, al fin del tapado se debe proceder con el logueo nuevamente y estar conforme.

Si el corte es del detonador electrónico, se verificará que el detonador no electrónico esté en buen estado, se procede a tapar el taladro con material zarandeado, este taladro se considera Back up y deberá ser

detonado en tiempo “cero”, en caso contrario será levantado por topografía y señalizado luego del disparo, (estaca con cinta roja).

4.12. El tapado finaliza cuando se tiene un cono de material zarandeado de aproximadamente 40 cm de altura.

4.13. Las líneas descendentes son sujetadas a la estaca o a una roca para evitar su caída.

4.14. Todo taladro cargado debe quedar tapado, incluyendo el taladro corto más próximo, queda estrictamente prohibido dejar taladros cargados sin tapar.

5. Restricciones

5.1. En caso de tormenta eléctrica, alerta naranja se suspende el tapado y los operadores se retiran a un refugio seguro fuera del radio de voladura.

5.2. NO usar celular; durante la realización de labores, paralice toda acción y haga uso del equipo.

5.3. Detenga toda actividad si algún: equipo, vehículo, agente de voladura presenta condiciones sub estándares que ponga en riesgo la integridad personal, medio ambiente o de los equipos/vehículos.

5.4. No se debe realizar el tapado sin realizar el pre logueo de los detonadores electrónicos

5.5. No se debe tapar con material de considerable granulometría, puesto que son un peligro para las líneas descendentes.

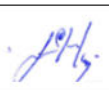
GENERADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
			
Darío Núñez Vera SUPERVISOR TECNICO DE VOLADURA	JEFE DE UNIDAD / INGENIERO RESIDENTE	INGENIERO DE SEGURIDAD	Ing. Ricardo Robles Loza JEFE DE OPERACIONES SIVE - CUAJONE
FECHA DE ELABORACIÓN: 24– 11 – 2019	Jorge Franco Huamani	Walter Asencios Guzmán	FECHA DE APROBACIÓN: 30 – 11 – 2019

Figura 119: Aprobación del procedimiento de preparación de grava y tapado de taladros.

Fuente: Exsa S.A.– Cuajone 2019.

ANEXO 08: Estándar protocolo de voladura

1. **Objetivo**

Establecer los lineamientos para un proceso sistemático de identificación continua de los peligros y evaluación y control de los riesgos relacionados a la Seguridad y Salud Ocupacional asociados a las actividades de voladura, almacenamiento, transporte, manipulación y uso de explosivos.

2. **Alcance**

A todo el personal de EXSA S.A. - Sive Cuajone.

3. **Referencias legales y otras normas:**
   - **3.1.** Decreto Supremo 024-2016-EM.
   - **3.2.** Ley N° 30299 de Armas de Fuego, Municiones, Explosivos, Productos Pirotécnicos y Materiales Relacionados de Uso civil

4. **Especificaciones del estándar:**
   - **4.1.** El Ingeniero Residente junto al personal deberá, elaborar los procedimientos estándar de tareas Seguras (PETS) para las actividades específicas.
   - **4.2.** Actualizar las Pizarras de Aviso de Voladura a más tardar a las 7:00 a.m. del mismo día de la voladura.
   - **4.3.** Todo trabajo de voladura, así como de transporte y manipulación de explosivos y accesorios de voladura debe ser realizado solo por personal debidamente autorizado con el carnet de la SUCAMEC vigente.
   - **4.4.** Asistencia técnica deberá definir los parámetros de diseño de malla, diseñar la malla de voladura incluyendo la secuencia de salida y factor de carga.
   - **4.5.** Asistencia Técnica deberá usar el modelo predictivo para estimar las vibraciones antes de cada voladura, Para tomar las medidas preventivas de ser necesario.

4.6. El Ingeniero Residente deberá revisar y aprobar el diseño de la malla de voladura.

4.7. El jefe de perforación y disparos (SPCC), emitirá una comunicación de Aviso de Voladura vía correo electrónico con 12 horas de anticipación y adjuntará la hoja line up; a todos los usuarios SPCC y empresas contratistas.

4.8. Acordar en una reunión a las 7:00 am del día con el Jefe de Perforación y Disparos los proyectos a cargar según diseños y cargas pre establecidas.

4.9. Realizar el día de la voladura a las 11:00 a.m. una reunión con los Supervisores del área de Mina, empresa contratista involucradas para revisar el line up (coordinación de voladura), ubicación de los equipos y personal, frecuencia de radios.

4.10. Se revisará en la reunión el line up de Voladura elaborado por El Jefe de perforación y disparos (SPCC), restricción de ingreso a los accesos dentro del Área de Influencia de Voladura, ubicación y número de vigías.

4.11. Los Vigías de voladura, deberán contar con una paleta de forma hexagonal de 20 cm. de lado de color rojo reflectivo de fondo, con la inscripción de “PARE” en color blanco reflectivo ubicado en el centro de la paleta y con bordes de cinta reflectiva blanca de 2.5 cm. de ancho, cono amarillo de seguridad con cinta reflectiva y una radio portátil para su comunicación en el momento del disparo.

4.12. Los vigías, una vez cerrado los accesos por voladura, no se permitirá el ingreso al Área de Influencia de Voladura por propia decisión en caso de ser estrictamente necesario deberá pedir autorización al jefe de perforación y disparos (SPCC).

4.13. Está prohibido fumar, soldar o hacer fuego abierto a una distancia menor de 100 m. del área cargada con explosivos, así como también el uso de celulares.

4.14. Las áreas cargadas con explosivos deben contar obligatoriamente con: Muros de seguridad perimétricos. Letreros con la leyenda "PELIGRO, ÁREA CARGADA CON EXPLOSIVOS", “PROHIBIDO EL INGRESO SÓLO PERSONAL AUTORIZADO” de acuerdo a lo establecido en el Estándar de Señalización y Código de Colores Cinta perimétrica de color rojo.

4.15. Sólo el personal de voladura (Con carnet de Sucamec), podrá ingresar al área cargada con explosivos, y otro personal, con autorización del jefe de perforación y disparos (SPCC).

4.16. Está prohibido el ingreso de cualquier vehículo o equipo móvil; ajenos al área de Perforación y disparos, con excepción de unidades autorizadas por el jefe de perforación y disparos (SPCC).

4.17. Si por razones de trabajo, personas ajenas al área de voladura necesiten ingresar a un área cargada con explosivos, necesariamente deben solicitar autorización al jefe de perforación y disparos (SPCC). En caso se autorice dicho ingreso, las personas deben ingresar guiado, por el personal de voladura de EXSA.

4.18. Solicitar al almacenero del polvorín los explosivos y accesorios de voladura de acuerdo a las necesidades verificadas en campo.

4.19. Ubicar solo para el caso de los trabajos de carguío de los taladros los explosivos y accesorios de voladura, en zonas de almacenamiento temporal cerca del área de trabajo respetando la compatibilidad entre los mismos y manteniendo cada 2 taladros de espaciamiento (min. 12 m), entre los explosivos y accesorios de voladura.

4.20. Si al concluir los trabajos de voladura hubiera accesorios de voladura remanentes, devolver al polvorín el excedente de manera inmediata y después de la voladura antes de concluir el turno de trabajo.

4.21. Sólo personal EXSA puede transportar explosivos desde el polvorín a las áreas de voladura y viceversa.

4.22. La velocidad máxima para el camión mezclador y la camioneta de transporte de explosivos es de 45 Km/h.

4.23. El camión mezclador y la camioneta de transporte de explosivos deben contar con líneas a tierra (cadena de arrastre) con la finalidad que la corriente estática que se pudiera acumular en la masa metálica de la unidad sea descargada.

4.24. Las tolvas de las camionetas de transporte de explosivos deben estar cubiertas con material ignifugo.

4.25. La camioneta de transporte de explosivos debe contar con un letrero tipo tag ubicado en la parte superior de la tolva con la inscripción “EXPLOSIVOS” de 1.0 m. de largo por 0.3 m. de altura

con fondo blanco y letras de color rojo. Estos letreros estarán colocados mientras las unidades estén con explosivos.

4.26. El camión mezclador y la camioneta de transporte de explosivos deben estar provistos de dos extintores de PQS, de 12 y 6 Kg. de capacidad, respectivamente.

4.27. Está prohibido transportar de manera simultánea en el mismo vehículo, agentes de voladura y accesorios de voladura.

4.28. Durante el transporte de explosivos solamente podrá ocupar el vehículo personal autorizado por EXSA.

4.29. Está prohibido fumar y usar celulares en el camión mezclador y la camioneta de transporte de explosivos.

4.30. Está prohibido que el camión mezclador o la camioneta de transporte de explosivos ingresen a mantenimiento u otras áreas diferentes al área de voladura con explosivos o accesorios de voladura.

4.31. Al completar el traslado de explosivos la camioneta de transporte de explosivos debe quedar completamente limpia y libres de residuos.

4.32. El horario de voladura es de 13.00 a 13.30 horas de lunes a domingo, sin embargo, si la operación lo requiere y previa coordinación con el área de Seguridad y Salud Ocupacional, se podrán programar voladuras en horarios distintos, comunicando oportunamente a todos los involucrados.

4.33. Retirar al personal y equipos del Área de Influencia de Voladura, entregando al jefe de perforación y disparos (SPCC)el área liberada.

4.34. El Área de Influencia de Voladura para las personas es de 500 m medidos en forma radial desde la periferia del área de disparo. Si se ejecutan voladuras atípicas el radio de influencia para personas debe incrementarse más allá de los 500m, de acuerdo a un análisis teórico-técnico de proyección de rocas.

4.35. Ubicar a los Vigías de voladura en los puntos definidos y desde ese momento se debe cerrar los accesos hacia el Área de Influencia de Voladura, para luego iniciar el proceso de revisión y despeje final del área.

4.36. Entregar el área de influencia de voladura al Supervisor de Perforación y Disparos SPCC. de acuerdo a las coordinaciones realizadas en el line up de Voladura, una vez liberada.

4.37. Declara silencio radial, el cual debe ser acatado por todo el personal que no está directamente involucrado en el proceso de voladura, con lo que se da inicio al protocolo de voladura.

4.38. Emitir una señal preventiva por medio de una sirena 10 minutos antes del inicio del disparo y en forma continua hasta su finalización; el sonido debe tener un alcance no menor de 500 m.

4.39. La iniciación y verificación del disparo es responsabilidad de EXSA siguiendo el protocolo y los procedimientos aplicables.

4.40. Pasado el peligro después de la voladura, se debe verificar la detonación de todos los taladros en su totalidad, para después reabrir nuevamente el tránsito y proceder al recojo de los vigías. En caso de que no hayan detonado todos los taladros y existan tiros cortados se debe proceder de acuerdo al procedimiento de desactivación de Tiros Cortados.

4.41. El Ingeniero Residente entregará al Supervisor de Perforación y Disparos el Área Volada.

4.42. Si por alguna consideración no se llegara a realizar el disparo programado, el área debe ser señalizada; el área cargada de explosivos, en coordinación con el jefe de perforación y disparos (SPCC). para un nuevo disparo al día siguiente.

4.43. Durante el protocolo de voladura, en caso de Alerta naranja de Tormenta Eléctrica se debe retirar inmediatamente al personal de la zona de voladura a una distancia de 500 m. debiéndose restringir los accesos por medio de vigías de voladura; dentro de los equipos o vehículos moviles.

4.44. Si se declara Alerta Roja de Tormenta Eléctrica durante el desarrollo del protocolo de Voladura y cuando los vigías ya estén ubicados y las áreas se encuentran despejadas, se procederá con el disparo y de inmediato se procederá con la evacuación de los vigías.

5. Responsabilidades:

4.1. Supervisor de Mina.

- Coordinar la evacuación del personal y equipos del Área de Influencia de Seguridad de Voladura de acuerdo a las responsabilidades asignadas en el Meeting de Voladura.

4.2. Supervisor de Perforación y Disparos

- Aprobar los planos del Área de Influencia de Voladura con las respectivas áreas de evacuación.
- Facilitar la reunión de planificación de voladura.
- Enviar el Aviso de Voladura por correo electrónico y actualizar la información en la pizarra de voladura.
- Aprobar el diseño de malla, diseño de carga, secuencia de salida y factores de carga entregados por el ingeniero residente de EXSA**.**
- Autorizar el silencio radial y el inicio del Protocolo de Voladura.
- Activar la sirena de voladura diez minutos antes del inicio del protocolo de voladura.
- Evaluar los resultados obtenidos a través de mediciones y monitoreos de vibraciones, secuencia de salida, filmaciones con cámara de alta velocidad, la calidad del explosivo y análisis de fragmentación.

4.3. Ingeniero residente EXSA

- Elaborar los planos del Área de Influencia de Voladura con las respectivas áreas de evacuación.
- Dirigir la reunión de planificación de voladura.
- Organizar la ubicación de los vigías de voladura.
- Verificar la evacuación del Área de Influencia de Voladura antes de iniciar el disparo.
- Informar las voladuras mediante las pizarras de Aviso de Voladura.
- Verificar que se cumpla con el presente procedimiento y los requisitos legales existentes.

- Asumir la responsabilidad de cualquier variación en el horario de voladura, previa coordinación y autorización del Supervisor de Perforación y Disparos SPCC.
- Diseñar la malla de voladura incluyendo la secuencia de salida y factor de carga.
- La iniciación y verificación del disparo es responsabilidad de EXSA siguiendo el protocolo y estándares aplicables.

4.4. Personal de Voladura de la EXSA

- Conocer y cumplir el presente Estándar.
- Contar con la autorización correspondiente de la SUCAMEC.
- Informar inmediatamente a su supervisor de cualquier condición sub estándar que se presente durante el proceso de voladura.

4.5. Vigía de Voladura de EXSA

- Conocer y cumplir el presente procedimiento.
- Restringir el ingreso de personas al Área de Influencia de Voladura.
- Informar inmediatamente a su supervisor del ingreso de personas o animales Área de Influencia de Voladura.

4.6. Operador de Almacén Cancha de Nitrato EXSA

- Conocer y cumplir el presente estándar.
- Asegurar que solo personal autorizado ingrese a las instalaciones del Cancha de Nitrato.

GENERADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
SUPERVISOR DEL AREA Y TRABAJDORES	JEFE DE UNIDAD / INGENIERO RESIDENTE	INGENIERO DE SEGURIDAD	JEFE DE SERVICIO A LA MINERIA Y CONSTRUCCION / JEFE DE ATT / JEFE DE ATS
FECHA DE ELABORACIÓN: 20-11-2019	Ricardo Robles Loza	Walter Asencios Guzmán	FECHA DE APROBACIÓN: 30-11-2019

Figura 120: Aprobación de estándar de protocolo de voladura.

Fuente: Exsa S.A.– Cuajone 2019.

ANEXO 09: Glosario

Tabla 22
Glosario de las nomenclaturas usadas en la Unidad Minera de Cuajone.

Nombre	Nomenclatura Cuajone
Riolita porfiritica filica	RP-FIL
Brecha en riolita porfiritica cuarzo sericita	BX-RP-QS
Riolita porfiritica argilica	RP-ARG
Latita porfiritica silicifica	LP-SIL
Andesita basaltica argilica	BA-ARG
Brecha de riolita porfiritica silicificada	BX-RP
Latita porfiritica estructura reticular de cuarzo	LP-EST-RQ
Brecha en latita porfiritica cuarzo sericita	BX-LP-QS
Pebble brecha	PX
Latita porfiritica moderadamente silicificada	LP-MS
Latita porfiritica cuarzo sericita	LP-QS
Brecha de andesita intrusiva filica	BX-IA-FIL
Brecha de andesita intrusiva	BX-IA
Andesita intrusiva filica brechada	IA-FIL-BX
Brecha de andesita basaltica	BX-BA-FIL
Riolita porfiritica fil propil	RP-FIL-PRO
Latita porfiritica potásica	LP-PTK
Andesita intrusiva estructura reticular de cuarzo	IA-EST-RQ
Latita porfiritica filica potasica	LP-FIL-PTK
Brecha de latita porfiritica	BX-LP
Andesita intrusiva silicea	IA-SIL
Latita porfiritica silicea brechada	LP-SIL-BX
Brecha de blp fresca	BX-BLP-FRES
Andesita basaltica silicea	BA-SIL
Brecha blp	BX-BLP
Andesita intrusiva filica	IA-FIL
Andesita intrusiva filica potasica	IA-FIL-PTK
Andesita intrusiva filica silicea	IA-FIL-SIL
Andesita basaltica filica potasica	BA-FIL-PTK
Latita porfiritica fresca	BLP-FRES
Andesita basaltica potasica	BA-PTK
Andesita basaltica propilica	BA-PRO
Toba café	TBC
Botadero	BOT
Latita esteril	LP3
Aluvial	AL
Aglomerado superior	AS
Toba superior	TS

Aglomerado inferior	AI
Toba inferior	TI
Toba cristal	TC
Conglomerado basal	CB
Aglomarado tobaceo	AT
Toba blanca	TB
Conglomerado amarillo y verde	CA/CV
Traquita	TR
Toba salmon	TSA
Aglomerado gris	AG
Conglomerado riolítico	CR
Dorita	DI
Porfido andesítico	PA
Dique	DK
Toba traquitica	TBTR
Aglomerado traquítico	AGTR
Coluvial	CO
Conglomerado dolerítico	CD
Conglomerado traquitico	CTR
Toba micácea	TBM
Dolerita	DO
Vitrofiro toba cristal	VTTC
Dique de andesita	DK-A
Vitrofiro traquitico	VTTR
Toba retrabajada	TRE
Aglomerado blanco	AB
Riolita fresca	RP-FRES
Kilogramo	kg
Tonelada métrica	tm
Segundo	s
Gramo	gr
Centímetro Cubico	cm^3
metro cubico	m^3
Metro	m
Milisegundo	ms
Milímetro	mm
Hora	h
Velocidad de detonación	VOD
Pasante 80 porciento	P80
Mega pascales	Mpa
Energía absoluta en peso	AWS
Energía absoluta en volumen	ABS
Potencia relativa efectiva al peso	RWS
Potencia relativa efectiva en volumen	RBS

Fuente: Elaboración propia.