UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

APLICACIÓN DEL PLASMA 4TH PARA FRAGMENTACIÓN CONTROLADA EN LA PLATAFORMA T7 – PROYECTO QUELLAVECO

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. Mayer Yony Cuayla Medina

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

APLICACIÓN DEL PLASMA 4TH PARA LA FRAGMENTACIÓN CONTROLADA EN LA PLATAFORMA T7 – PROYECTO QUELLAVECO

Tesis sustentada y aprobada el...09...de...noviembre...del 2019, estando el jurado dictaminador y asesor integrado por:

PRESIDENTE : .....
MGR. Jorge Luis Tomas Flores Salas

1ER MIEMBRO : .....
MGR. Víctor Adrian Ponce Estrada

2DO MIEMBRO : .....
ING. Martin Mario Arocutipa Gonza

ASESOR : .....
Dr. Marcos Luis Quispe Perez

Folio N° 034

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Según Resolución Presidencial N° 081-2020-UNAM

El Jurado Dictaminador ha calificado la defensa de la tesis:

TITULADA:

APLICACIÓN DEL PLASMA 4TH PARA FRAGMENTACIÓN CONTROLADA EN LA PLATAFORMA T7 - PROYECTO QUELLAVECO.

Asesor Principal:

Dr. MARCOS LUIS QUISPE PÉREZ

Asesor Externo:

.....

Tesista:

Bach. MAYER YONY CUAYLA MEDINA

Dictamina como: APROBADO por UNANIMIDAD

la defensa del informe final de tesis, aprobada con nota: QUINCE (15)

Por lo que SI opta el título profesional de Ingeniero de Minas.

Siendo las 09:00 horas a los 09 días del mes de noviembre del año 2020 se procede a la firma con conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA EPIM

Presidente

Mgr. JORGE LUIS TOMAS FLOREZ SALAS

Primer Miembro

Mgr. VICTOR ADRIAN PONCE ESTRADA

Segundo Miembro

Ing. MARTÍN MARIO AROCUTIPA GONZA

Bachiller

MAYER YONY CUAYLA MEDINA

DEDICATORIA

A Dios por darme salud y vida, por permitirme llegar hasta este momento tan especial en la vida, por esos triunfos en los momentos más difíciles.

A mis padres Julián Armando y Valvina Teodora, que son el motor y engranaje para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Al proyecto Quellaveco, de igual forma al Ingeniero Oscar LN. Por brindarme la oportunidad para realizar este proyecto de investigación de tesis.

A la Universidad Nacional de Moquegua y a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por brindarme todo el conocimiento necesario para realizar mis estudios profesionales.

A mi asesor Dr. Marcos Luis Quispe Perez por el apoyo en el desarrollo de mi investigación.

A los docentes de la escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Moquegua, por haberme trasmitido todo el conocimiento, experiencias para desenvolverme en el ámbito profesional.

A la empresa Enaex por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente y ser parte de su familia.

A mi Madre Balbina mi Padre Julián y Hermana, por su comprensión y consejos que hicieron posible llegar a mi objetivo.

Finalmente, un agradecimiento a todas las personas que me apoyaron incondicionalmente amigos, compañeros de trabajo, familiares y todos en general.

RESUMEN

El presente estudio describe la aplicación de la tecnología plasma, el cual tiene como objetivo, realizar un control eficiente de los daños inducidos por vibración y fly rock en zonas cercanas a la plataforma T7 – proyecto Quellaveco.

Estos resultados serán acompañados de una buena fragmentación y un diseño de carga adecuado. El cual será cuantificado mediante un análisis de fragmentación P80, medición de vibraciones.

Para la medición de vibración se consideró la norma alemana DIN4150, para establecer límites de vibración.

Estos resultados obtenidos por la fractura con plasma 4th se verán reflejadas en una medida de control ajustando un diseño de carga y un tiempo óptimo considerando retardos por canales.

ABSTRACTO

The present study describes the application of plasma technology, which aims to perform an efficient control of damage induced by vibration and fly rock in areas close to the T7 platform.

These results will be accompanied by good fragmentation and a suitable loading design. Which will be quantified through a P80 fragmentation analysis, vibration measurement.

For the vibration measurement, the German standard DIN4150 was considered, to establish vibration limits.

These results obtained by the 4th plasma fracture will be reflected in a control measure adjusting a load design and an optimal time considering channel delays.

INDICE

1. CAPITULO I Planteamiento del Problema 16
1.1. Descripción de la Realidad problemática 16
1.2. Formulación del Problema 17
1.2.1. Interrogante General. 17
1.2.2. Interrogante Específica. 17
1.3. Antecedentes 17
1.4. Objetivos 22
1.4.1. Objetivo General 22
1.4.2. Objetivo Especifico 22
1.4.3. Justificación e Importancia de la Investigación 23
1.5. Hipótesis 23
1.5.1. Hipótesis General 23
1.5.2. Hipótesis Especifica. 23
1.6. Aplicación de Variables 24
1.6.1. Variable Independiente 24
1.6.2. Variable Dependiente 24
2. CAPITULO II Marco Teórico 25
2.1. Caracterización sobre el Tema de Investigación 25
2.1.1. Ubicación 25
2.1.2. Accesibilidad 26
2.1.3. Clima 27
2.1.4. Flora y Vegetación 28
2.1.5. Fauna Silvestre 28
2.1.6. Ecosistema Acuático 29
2.1.7. Recursos 30
2.1.8. Geomorfología 30
2.2. Geología General del área de operaciones. 31
2.2.1. Lito Estratigrafía 33
2.2.2. Rocas Intrusivas 37
2.2.3. Geología Local 38

2.2.4. Geología Estructural. 40
2.3. Operación de Proyecto Quellaveco 42
2.3.1. Voladura 44
2.3.2. Carguío 47
2.3.3. Acarreo 48
2.4. Definición de Términos 48
3. CAPITULO III Metodología 51
3.1. Tipo de Nivel de Investigación 51
3.2. Operación de Variables 51
3.3. Población y Muestra 52
3.3.1. Población 52
3.3.1.1. Muestra 52
3.4. Instrumentos Materiales y Equipos 52
3.5. Procedimientos 53
3.5.1. Procedimiento de fragmentación con plasma. 54
3.5.2. Carguío de taladros con plasma 4TH 55
3.5.3. Ventajas 55
3.6. Análisis de Datos. 56
3.6.1. Validación y Confiabilidad de los Instrumentos 56
3.6.2. Métodos y Técnicas para la Presentación y Análisis de Datos 57
3.6.2.1. Cálculo de Diseño de Carga 58
3.6.2.2. Cálculo de Taco inicial. 58
3.6.2.3. Cálculo de longitud de Carga 61
3.6.2.4. Reglamento de Vibraciones 62
3.6.2.5. Norma Alemana DIN 4150 de 1999 62
4. CAPITULO IV Resultados 64
4.1. Resultados del Trabajo en Campo 64
4.1.1. Proyectos de Voladura con ANFO 64
4.1.1.1. Proyecto 110 64
4.1.1.2. Registro de Vibraciones 68
4.1.1.3. Interpretación 69
4.1.1.4. Proyecto 019 70
4.1.1.5. Registro de Vibraciones 73
4.1.1.6. Interpretación 75

4.1.2. Proyectos de Fragmentación con Plasma 75
4.1.2.1. Proyecto 055 75
4.1.2.2. Registro de Vibraciones 79
4.1.2.3. Interpretación 81
4.1.2.4. Proyecto 109 81
4.1.2.5. Registro de Vibraciones 86
4.1.2.6. Interpretación 88
5. CAPÍTULO V Discusión de Resultados 89
6. CONCLUSIONES 91
7. RECOMENDACIONES 93
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 94
9. ANEXOS 96

INDICE DE TABLAS

Tabla1 Diámetros de Mallas..... 43

Tabla2 Frentes de Proyectos de voladura y fragmentación - (Proyecto Quellaveco) 44

Tabla 3 Relación de Factor de Carga por Frente de Proyecto 45

Tabla 4 Relación de equipos para voladura. 46

Tabla 5 Relación de equipos para fragmentación. 47

Tabla 6 Proyectos de voladura. 53

Tabla 7 Características del Plasma 4th..... 59

Tabla8 Tabla de valores SD..... 60

Tabla 9 Parámetros de la Norma DIN 4150 63

Tabla 10 Resumen de la Voladura 110. 64

Tabla 11 Monitoreo de Vibraciones..... 68

Tabla 12 Resumen de la Voladura 70

Tabla 13 Monitoreo de Vibraciones..... 73

Tabla 14 Resumen de la Fractura. 76

Tabla 15 Monitoreo de Vibraciones..... 79

Tabla 16 Resumen de Fractura..... 82

Tabla 17 Monitoreo de Vibraciones..... 86

Tabla 18 Matriz de Consistencia 96

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Proyecto minero Quellaveco 26

Figura 2 Mapa Geológico Regional de Quellaveco..... 32

Figura 3 Mapa geológico local de Quellaveco 39

Figura 4 Equipo de Perforación Sandvik Ranger DX700..... 43

Figura 5 Diagrama del Proceso 54

Figura 6 Diagrama del Proceso de Carguío 55

Figura 7 *Variables del Calculo SD*..... 59

Figura 8 Criterio de profundidad de entierro a escala (SD) 60

Figura 9 Diseño de Carga – Proyecto 110..... 65

Figura 10 Plano del Proyecto 110..... 65

Figura 11 Diseño de amarre del proyecto 110..... 66

Figura 12 Imagen Pre - Voladura..... 66

Figura 13 Imagen Post - Voladura 67

Figura 14 Curva de fragmentación - Wipfrag 67

Figura 15 Registro de Vibraciones Proyecto 110..... 68

Figura 16 Análisis de Vibraciones..... 69

Figura 17 Parámetros de la Norma DIM 4150 69

Figura 18 Diseño de Carga – Proyecto 019..... 70

Figura 19 Plano del Proyecto 019..... 71

Figura 20 Diseño de amarre del proyecto 019..... 71

Figura 21 Imagen Pre – Voladura. 72

Figura 22 Imagen Post – Voladura. 72

Figura 23 Curva de fragmentación - Wipfrag 73

Figura 24 Registro de Vibraciones, Proyecto 019..... 74

Figura 25 Análisis de Vibraciones..... 74

Figura 26 Parámetros de la Norma DIM 4150 75

Figura 27 Diseño de Carga - Proyecto 55. 76

Figura 28 Plano del Proyecto 55..... 77

Figura 29 Diseño de amarre del proyecto 55..... 77

Figura 30 Imagen Pre - Voladura..... 78

Figura 31 Imagen Post – Voladura. 78

Figura 32 Curva de fragmentación - Wipfrag 79

Figura 33 Registro de Vibraciones, Proyecto 55..... 80

Figura 34 Análisis de Vibraciones..... 80

Figura 35 Cuadro de Valores de NORMA DIM 4150. 81

Figura 36 Diseño de Carga del Proyecto 109 82

Figura 37 Diseño de Carga del Proyecto. 83

Figura 38 Plano del Proyecto 109..... 83

Figura 39 Diseño de Amarre del proyecto 109 84

Figura 40 Imagen Pre – Voladura. 84

Figura 41 Imagen Post – Voladura. 85

Figura 42 Imagen Post – Voladura. 85

Figura 43 Curva de fragmentación - Wipfrag 86

Figura 44 Registro de Vibraciones, Proyecto 109..... 87

Figura 45 Análisis de Vibraciones..... 87

Figura 46 Cuadro de Valores de NORMA DIM 4150. 88

Figura 47 Imagen de Zona de Estudio..... 97

Figura 48 Imagen de Zona de estudio 97

Figura 49 Procedimiento escrito de trabajo seguro – PETS/JSA..... 98

Figura 50 Procedimiento de Operación del plasma..... 112

Figura 51 Equipos de monitoreo de Vibraciones..... 114

Figura 52 Carguío de Proyecto con Capsulas de Plasma 4th..... 115

Figura 53 Presentación de capsulas de plasma 4th..... 115

Figura 54 Proceso de Amarre en malla de Fractura..... 116

Figura 55 Equipo generador Panther de 220 V a dicel..... 116

Figura 56 Acumulador y Equipos conectados para la iniciacion..... 117

Figura 57 Cables troncales para los cuatro canales de salida..... 117

Figura 58 Perforadora SANDVIK RANGER DX700..... 118

Figura 59 Equipos del Área de Operaciones Quellaveco..... 118

LISTA DE ABREVIATURAS

Lp:	Longitud de perforación.
VPP:	Vibración pico partícula.
m/s:	Metros por segundo.
E-W:	Este – Oeste
N – S:	Norte Sur.
UTM:	Universal Transverse Mercator (sistema de coordenadas).
Km:	Kilómetros.
gr/cc:	Gramos por centímetro cubico
DIM 4150:	Instituto alemán de normalización
V – (Volt):	Voltios. Potencial eléctrico, tensión eléctrica
m^3:	Metros Cúbicos. Unidad muy grande para las medidas que normalmente se utilizan en la vida diaria
Pets:	Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación., Aplicación del plasma 4th para fragmentación controlada en la plataforma T7 – proyecto Quellaveco, se da como parte de un proyecto de mejora con el fin de poder realizar un trabajo con eficiencia, poder cumplir con las metas aprovechando al máximo nuestros recursos.

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

En el segundo capítulo se desarrolla la revisión de antecedentes, se describe la característica geográfica donde se desarrolló el trabajo, y definición de términos utilizados en el presente estudio.

En el tercer capítulo se desarrolla la metodología de cómo se desarrolló el trabajo de investigación indicando las variables de estudio se determina la población, muestras de estudio y presentación de resultados.

En el cuarto capítulo se describe y se analizan los resultados del frente de trabajo

Finalmente, en los últimos capítulos se tiene discusión de resultados obtenidos, conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

Planteamiento del Problema

1.1. Descripción de la Realidad problemática

Frente a las exigencias de la industria minera en factores de seguridad y medioambiente, nace la necesidad de utilizar nuevos productos en fragmentaciones controladas a un bajo nivel de vibraciones, capaces de satisfacer las necesidades del mercado y cumplir con las exigencias del cliente, es por ello que el presente estudio evalúa la utilización de plasma 4th como tecnología de fragmentación de rocas.

El proyecto Quellaveco, se enfrenta el día a día a problemas como: polvo, estabilidad de taludes, fly rock y vibraciones generados por las voladuras, es por el cual la presente investigación se aplicará el uso del Plasma 4th para fragmentación controlada en la plataforma T7, de esta manera se podrá bajar los niveles de riesgo de las proyecciones de roca, vibraciones altas y estabilidad de taludes cercanas a construcciones tanto como el radio de influencia de las fracturas y así tener un registro de vibraciones y fotos, de tal manera se podrá ajustar los diseños de carga, el tamaño de mallas.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Interrogante General.

¿La aplicación del plasma 4th realizara una mejor fragmentación controlada en la plataforma t7- proyecto Quellaveco?

1.2.2. Interrogante Específica.

¿Con la aplicación del plasma 4th para fragmentación controlada se podrá reducir el nivel de las vibraciones menores a 4 mm/s en la plataforma t7- proyecto Quellaveco?

1.3. Antecedentes

Para el desarrollo de la presente investigación se han desarrollado cuatro registros de vibraciones en la misma zona de estudio de igual forma otras muestras de registros de otras zonas.

A continuación, se nombran la cantidad de los antecedentes considerados en el presente estudio de investigación.

A nivel internacional, (Kapra & Associates) – Corea. El punto de partida para el modelado de la fractura de formación de roca mecánica de plasma es la ecuación desarrollada por Denisiuk et al. Los autores derivaron un modelo de la energía interna específica en el volumen del flujo de plasma. Sin embargo, no tuvieron en cuenta la posibilidad de utilizar plasma inductivo. Por lo tanto, en esta investigación, su modelo fue modificado para incluir los efectos de la unidad inductiva de fractura de roca plasmática, teniendo en cuenta la inductancia y la intensidad actual de la unidad de fractura plasmática por Terentiev y Kleshchov.

El aumento de las exigencias para mitigar los efectos propios de las voladuras con explosivos en zonas urbanas en Corea impulsó el desarrollo de una nueva tecnología no explosiva de fractura de roca y hormigón armado, permitiendo obtener un producto con gran resultado de fractura y fragmentación con apreciables efectos en lo referido a mínimo fly-rock, bajas vibraciones y una generación nula de gases tóxicos.

Estos problemas han llevado al desarrollo de nuevos métodos de fractura que pueden reemplazar la fractura hidráulica. Entre los métodos recientemente desarrollados, la voladura de plasma está actualmente en el centro de atención. Este método tiene varias ventajas en comparación con la fractura hidráulica: utiliza cantidades muy pequeñas de agua y la posibilidad de problemas ambientales y de seguridad es notablemente baja (Chen et al., 2012).

En el comienzo de este siglo, Korea Accelerator y Plasma Research (KAPRA) desarrolló “Pulse Plasma Rock” Fragmentation Technology / Electro Power Impact (EPI) para áreas cercanas a la población y en una masa de roca débil como un reemplazo seguro y económico a los explosivos convencionales. En el sistema EPI, la energía eléctrica de pulso de alta potencia generada se suministra a través de electrodos integrados a las celdas llenas de polvos de aluminio y óxido de cobre en milisegundos. Como resultado, el electrolito de las células se convierte en estado de plasma y genera un alto calor y onda de impacto (pulso), fragmentando la roca con un ruido y vibración débiles. El sistema es bueno pero el costo de rotura es alto y, por lo tanto, no es popular.

Asegura **Francisco Portilla** "*Plasma 4TH es tecnología no explosiva para la minería del futuro"* (Riquelme, 2020)

Hace una década, un equipo de 5 investigadores: 3 coreanos y 2 chilenos, doctores en física, química e ingenieros mecánicos, desarrollaron una tecnología conocida hoy como Plasma 4TH. Se inició como un emprendimiento familiar, con recursos muy limitados y demoró cerca de 4 años para llevarlo a un nivel operacional. Solo hace año y medio Plasma 4TH cuenta con el respaldo de Enaex (Empresa Nacional de Explosivos), la cual invirtió en equipos y personal para seguir desarrollando esta tecnología no explosiva, con el propósito de adaptarse a las diversas necesidades de sus clientes. "Para las nuevas aplicaciones utilizamos campos de prueba de Enaex o algunas minas con las que tenemos acuerdos", explica el gerente general de Plasma 4TH, Francisco Portilla Campos. (Riquelme, 2020)

Experiencias de uso, para el gerente general de Explonun (2012) Explonun cuenta con experiencia en diferentes trabajos mineros, tanto para rajo como para minería subterránea, brindando servicios de fractura en minas tales como: El Soldado, Los Bronces, Collahuasi, Quebrada Blanca, Codelco Andina, teniente y Salvador.

Respecto de dónde se visualiza la aplicación de la tecnología Plasma en los diferentes procesos mineros, cabe mencionar que en rajo ésta es indicada cuando se requiere un alto control de vibraciones, tronaduras de bancos cercanas a plantas e instalaciones, para controlar la dilución de metales, en precorte

para mejorar ángulos y mantener un buen control de estabilidad de paredes, para evitar evacuaciones de equipos y personal, y también para mantener procesos mineros continuos sin interferir por efectos de las tronaduras.

En la minería subterránea se recomienda el uso de tecnología Plasma para desquinches, reducción secundaria, desarrollos de túnel y reacondicionamiento.

Esta tecnología presenta altas respuestas a requerimientos como control de vibraciones, bajo fly-rock, y cero gases tóxicos, permitiendo un mejor desarrollo de los procesos mineros al presentar una reducida interferencia. (Asecio, 2012)

A nivel Nacional, Área de operaciones Enaex. (Enaex A. d., 2019) La unidad minera de El Brocal, Colquijirca, en Perú, posee una continua actividad en la zona, explotando dos minas contiguas. La primera produce minerales de plata, plomo y zinc. La segunda, de carácter subterráneo, produce cobre. Ambas se encuentran ubicadas a 289 km. de Lima y 10 km de Pasco, a 4.250 msnm, generando 1,2 millones de toneladas al año. La comunidad de Pasco, aledaña a la minera, se ve afectada por las constantes tronaduras con explosivos, dado que éstos generan vibraciones, ruidos y polución. Esta situación obligó a la minera a hacer un compromiso con la comunidad, realizándoles un pago por cada daño que las voladuras puedan causarles.

Actualmente, minera El Brocal se encuentra en la segunda fase de expansión de su rajo, por lo que el problema podría acrecentarse aún más, ya que dicha

expansión es justamente en dirección a Pasco. Para dar una solución efectiva a esta situación, minera El Brocal decidió realizar pruebas con Plasma 4TH, producto de tecnología no explosiva, obteniendo excelentes resultados: se controlaron las vibraciones, se eliminó la emisión de gases tóxicos, no hubo evacuaciones de ningún tipo (mecánico y/o minero), convirtiendo a Plasma 4TH en un producto 100% efectivo para sus demandas. (Enaex A. d., 2019)

Resultados que logra el plasma: (Enaex, 2017) Al no ser explosivo no necesita trasporte, almacenamiento o permisos especiales. Este producto se debe trabajar confinado y no tiene simpatía, aumentando la seguridad en operaciones.

La ingeniería técnica del plasma asegura un correcto funcionamiento del producto acorde a las necesidades operacionales de la mina. Es un punto diferenciar en el resultado esperado. (Enaex, 2017)

Utilización del fracturador Plasma 4TH, Enaex (2017)**.** El Plasma 4TH resolvió este desafío utilizando una tecnología no explosiva, eficiente y segura para la fractura de roca: Este producto es especial para obras de gran minería, y otras que requieran un alto grado de control y precisión (minería de rajo, pre cortes, buffer, bordes de bancos (pilares), entre otros trabajos específicos). Su aplicación minimizó y/o eliminó las problemáticas de ruido, polución y vibración de la comunidad de Cerro de Pasco, factores que afectaban su día a día.

En consecuencia, Plasma 4TH obtuvo muy buena recepción por parte de los especialistas técnicos de minera

El Brocal, demostrando de forma positiva los resultados prometidos, así como su excelente desempeño. (Enaex, 2017)

A nivel regional, Hasta el momento no se han realizado investigaciones con el fin de poder fragmentar roca y monitorear el nivel de vibración producto de una fragmentación con plasma. Desde el año 2015 se ha puesto grandes esfuerzos en investigar con profundidad varios aspectos que se encuentren involucrados a fin de no solo evitar que los niveles de vibraciones

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Aplicando un diseño de carga con plasma 4th, se logrará una fragmentación controlada, con la reducción de vibraciones y bajo nivel de fly rock en la plataforma T7- proyecto Quellaveco.

1.4.2. Objetivo Especifico

- ✓ Minimizar las vibraciones menores a 4 mm/s, en estructuras cercanas al campamento T7- proyecto Quellaveco.
- ✓ Reducir nivel de fly rock en zonas cercanas al campamento T7- proyecto Quellaveco.
- ✓ Mejorar la fragmentación y esponjamiento de la pila de material.

1.4.3. Justificación e Importancia de la Investigación

El reciente trabajo nos permite aplicar el producto fracturador, (plasma 4TH) en zonas cercanas a campamentos y construcciones no menores a 50 mts, por el cual es bastante accesible realizar las fragmentaciones muy cercanas a construcciones y campamentos.

En estos casos las ondas de vibraciones, contaminación, daños etc. tendrán una menor incidencia, por lo que no se genera con la misma intensidad en comparación con el explosivo.

La presente investigación generara un aporte a la hora de tomar una decisión.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General.

Aplicando un diseño de carga con el plasma 4th, se podrá hacer una fragmentación controlada minimizando las vibraciones menores a 4 mm/s, reduciendo daños e incidencia de fly rock, en la plataforma T7-proyecto Quellaveco.

1.5.2. Hipótesis Especifica.

a) Empleando un diseño de carga, se podrá minimizar las vibraciones menores a 4 mm/s, en estructuras cercanas al campamento T7-proyecto Quellaveco.

b) Aplicando un diseño de carga con capsulas de plasma 4th se podrá reducir las probabilidades de fly rock en zonas cercanas al campamento T7- proyecto Quellaveco.

c) Aplicando un diseño de carga con capsulas de plasma 4th tendremos resultados positivos de esponjamiento en la pila de material.

1.6. Aplicación de Variables

1.6.1. Variable Independiente

- Aplicación del fracturador plasma 4th
- Reducción de las vibraciones, proyección de rocas (fly rock)
- Registro fotográfico, antes y después de la fractura.

1.6.2. Variable Dependiente

- Fragmentación controlada con plasma 4th.
- Control de vibraciones en fracturas con el plasma 4 th.
- Control de la proyección de rocas (fly rock) en plataforma t 7.

CAPITULO II

Marco Teórico

2.1. Caracterización sobre el Tema de Investigación

2.1.1. Ubicación

El proyecto Quellaveco se encuentra ubicado al sur del Perú, en el distrito de Torata, Provincia Mariscal Nieto, Departamento del Moquegua.

Las instalaciones proyectadas están emplazadas en el distrito de Torata, en el departamento de Moquegua; aproximadamente a una altitud que varía entre los 3000 y 3200 m.

La ubicación del proyecto Quellaveco está por las siguientes coordenadas geográficas y coordenadas UTM:

Coordenadas geográficas:

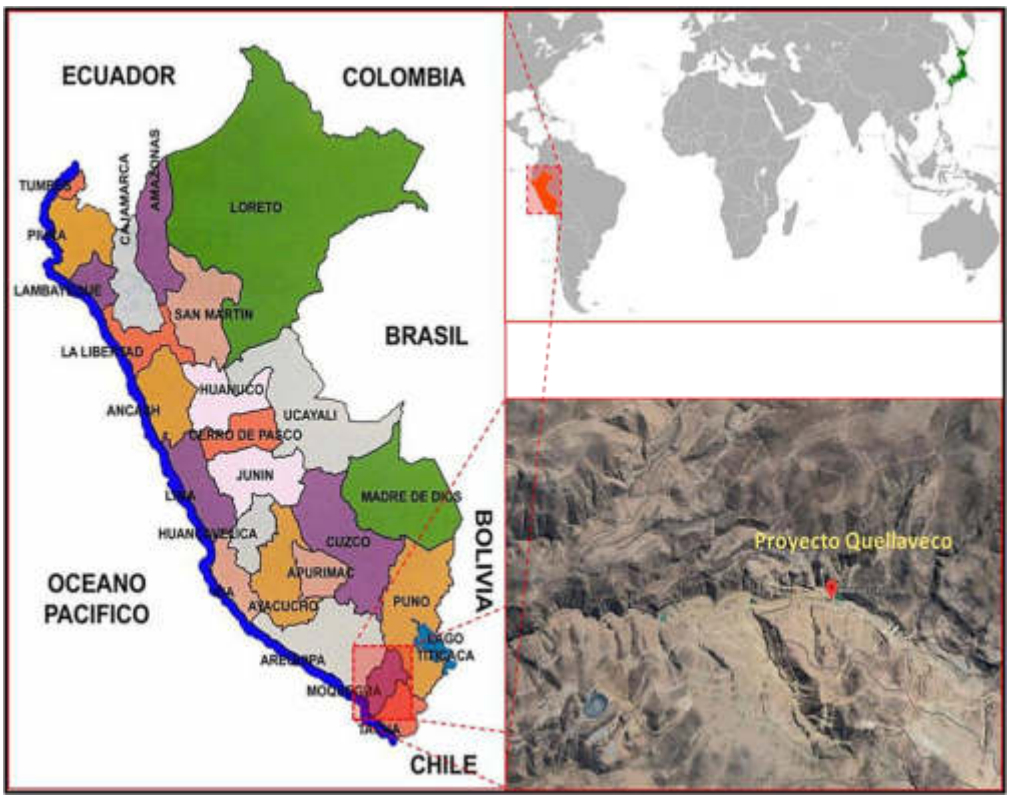
- 17°6'16" latitud Sur
- 70°37'25" longitud W

Coordenadas UTM DATUM PSAD – 56, Zona 18:

- 8 107 410 N
- 326 940 E

Figura 1

Ubicación del Proyecto minero Quellaveco



Nota: Internet Google.

2.1.2. Accesibilidad

Se puede acceder a la zona por carretera asfaltada Moquegua - Quellaveco (km 40), tomando vía Moquegua - Toquepala, este recorrido dura aproximadamente 2 horas al proyecto. Desde este punto hasta el área de construcción concentradora existe un tramo de aproximadamente 4 km (30 minutos adicionales).

Vía aérea puede realizarse desde la capital Lima a Tacna. Tomando un tiempo de vuelo de (aproximadamente de 1 hora con 30 minutos). Para luego continuar el acceso terrestre de Tacna a Moquegua y finalmente llegando al proyecto Quellaveco.

- Lima a Tacna: 1 370 Km. El tiempo, 2 hora con 00 min vía aérea.
- Tacna a Moquegua: 2 horas vía terrestre
- Lima a Arequipa y a Moquegua: 1 120 Km. 18 horas vía terrestre
- Moquegua al proyecto Quellaveco: 75 Km. 1.5 horas vía Terrestre. (Barrazueta Jabier , 2014)

2.1.3. Clima

Para la caracterización climática del área de operaciones, se consideró la información de los registros de la estación meteorológica Quellaveco propiedad de AAQ. Esta estación se encuentra dentro del campamento de exploraciones ubicado en las inmediaciones de la zona del proyecto minero a 3 600 m s.n.m. Los valores registrados en forma horaria y automática por la estación son:

El clima en el área de operaciones presenta una temperatura media entre 9,0°C y 12,5°C, sin una variación anual significativa y con una temperatura promedio anual de 10,8°C. La precipitación media anual es de 169 mm, mientras que la humedad promedio es de 40,7%. Con respecto a la velocidad del viento, se registran 3,0 m/s con dirección predominante este (E) durante la noche y oeste (O) durante el día.

En el área de abastecimiento de agua, la temperatura promedio anual es de 2,1ºC, con valores extremos promedio de 18,1ºC y -23,3ºC. La precipitación anual promedio es de 521,2 mm mientras que la humedad relativa promedio mensual varió entre un 82,2% y 48,9%. (Knight Piésold Consultores S.A., 2008)

2.1.4. Flora y Vegetación

En el área de operaciones, la cobertura vegetal promedio en la época húmeda fue de 30%, la que disminuyó en la época seca a un 23,1%. Se registró un total de 235 especies vegetales, agrupadas en 43 familias botánicas, las que por su hábito se pueden agrupar en cinco especies arbóreas, 66 especies arbustivas y 164 especies herbáceas. Estas especies se distribuyen en un total de 16 formaciones vegetales. (Knight Piésold Consultores S.A., 2008)

La diversidad de esa zona es alta, con una distribución poco equitativa de la abundancia relativa de las especies sobre el terreno.

Según la categorización del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), en el área de operaciones se han encontrado dos especies en “peligro crítico” (pinco pinco y lloque), una especie en “peligro” (ragtaña), seis especies como “vulnerables” (yareta, tola, waychay, sanqui, queñua y Junellia arequipense) y cinco especies como “casi amenazada” (carqueja, huamanpinta, condorsana, faique y cantuta). Asimismo, en el área de abastecimiento de agua se ha encontrado una especie en “peligro crítico” (pinco pinco) y cinco especies como “vulnerables” (yareta, tola, contra hierba, valeriana y waychay). (Knight Piésold Consultores S.A., 2008)

2.1.5. Fauna Silvestre

En el área de operaciones se identificaron diez tipos de hábitats (tolar, monte ribereño, matorral, pajonal, matorral – pajonal, roquedal, yareta, Polylepis, cactáceas y canyar). En esta zona se reportó un

total, de 94 especies de avifauna, distribuidas en 28 familias y doce órdenes. Asimismo, se encontraron 17 especies de mamíferos pertenecientes a seis órdenes taxonómicos y ocho familias; así como tres especies de reptiles y tres de anfibios. (Knight Piésold Consultores S.A., 2008)

Según la categorización del INRENA, en el área de operaciones se han determinado dos especies en la categoría “en peligro” (cóndor andino y guanaco), dos especies como “vulnerable” (comesebo de los tamarugales y bandurria) y cuatro especies como “casi amenazado” (halcón peregrino, pájaro de los queñuales, francolina y sapo). En el área de abastecimiento de agua se determinó una especie en “peligro crítico” (suri), una especie en “peligro” (cóndor andino), dos especies como “vulnerable” (bandurria y taruca) y nueve especies como “casi amenazada” (halcón peregrino, flamenco, gallareta gigante, chorlito cordillerano, zambullidor blanquillo, francolina, vicuña, puma y sapo). (Knight Piésold Consultores S.A., 2008)

2.1.6. Ecosistema Acuático

En el área de operaciones, con respecto al periphyton, se registraron 138 morfoespecies ubicadas en 62 géneros, 31 familias, 20 órdenes y 6 clases. En relación a los macroinvertebrados bentónicos, la mayor abundancia correspondió a la clase Insecta con el 91,51% del total de organismos registrados. Para los peces se registró la especie trucha arcoíris solo en el río Asana, aguas arriba del emplazamiento para la mina. (Knight Piésold Consultores S.A., 2008)

2.1.7. Recursos

El proyecto Minero Quellaveco es uno de los yacimientos de cobre más grandes del mundo, Tiene una vida de reservas de 30 años.

Utilizará proceso minero de tajo abierto y flotación para producir concentrados de cobre, así como molibdeno y plata como subproductos. (Knight Piésold Consultores S.A., 2008)

En esta zona cercanas de la operación se encuentran comunidades campesinas cercanas vinculados con el consumo de recursos hídricos como son:

- Comunidad campesina Tumilaca - Pocata - Coscore -Tala:
- Pocata, Coscore, Tala, Calientes, Quebrada Honda y entre otras.

El recurso humano calificado y no calificado para la construcción, procede de distintos lugares, Nacionales y extranjeros como del mismo departamento de Moquegua, de igual manera de ciudades vecinas como Tacna, Puno, Arequipa y entre otras ciudades.

2.1.8. Geomorfología

a) Colinas altas

En el área de estudio se pueden distinguir tres unidades geomorfológicas:

Esta unidad abarca desde la diferencia de altitudes de la Cordillera Occidental, con una altitud variable entre 3500 – 4300 m s.n.m. Se caracteriza por ser un paisaje típico de -

mesetas altas separadas por suaves colinas y algunos casos Por cerros agrestes. Con pendientes promedios de 25° -40°. (Barrazueta Jabier , 2014)

b) Colinas bajas

Cerros medianos o colinas que varían entre 3,500 – 4,000 m s.n.m, de superficies abruptas, bastante intemperadas por los agentes geológicos; de superficies abruptas, bastante intemperadas por los agentes geológicos; entre ellos tenemos cerros Asana, Sarallenque, Millune, limitados por quebradas que drenan en la dirección de las cuencas adyacentes, una hacia el campamento minero Quellaveco. Con pendientes promedio de 10˚ - 25˚. (Barrazueta Jabier , 2014)

c) Terrazas fluvioglaciares

Las terrazas formadas por la acción fluvial se encuentran en la base de los valles formados por la acción fluvioglacial, originados en el terciario y el cuaternario. Formando superficies casi horizontales, están compuestos por el volcánico Asana. Esta se da en los dos lados del rio Asana. (Barrazueta Jabier , 2014)

2.2. Geología General del área de operaciones.

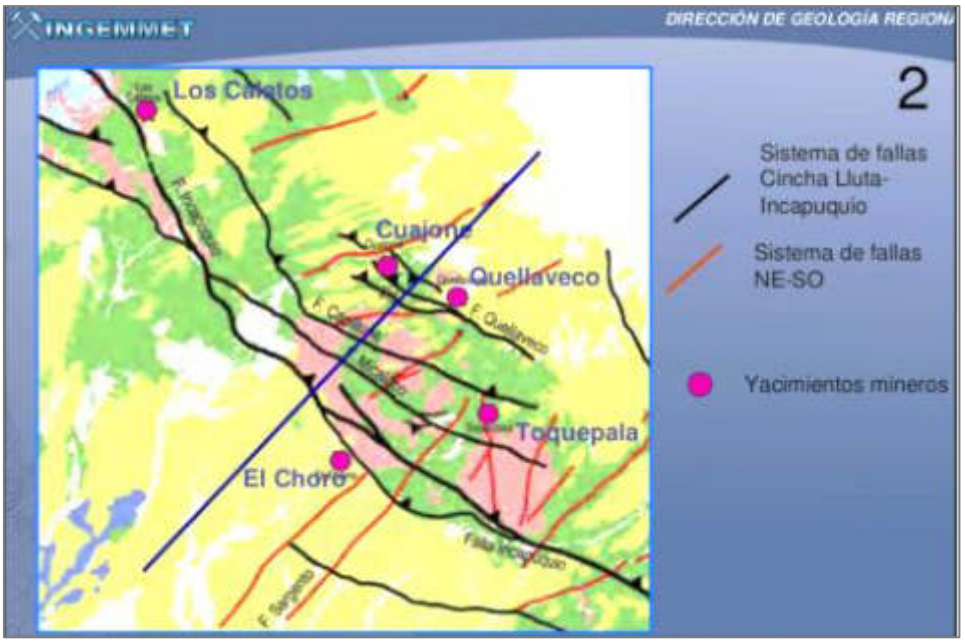
Entre los acontecimientos geológicos más antiguos, están registrados algunos procesos de la era del Paleozoico no datados debido a la ausencia de sedimentos que fueron sometidos a una fuerte erosión regional, dejando al descubierto algunas zonas de la era Precámbrica que no se exponen

en el área de estudio, pero que influenciaron en la lito estratigrafía del área de operaciones del Proyecto Quellaveco. (Knight Piésold Consultores S.A., 2008)

Las rocas más antiguas que afloran en el área son las volcánicas del grupo Toquepala, de edades entre el Cretáceo Superior al Terciario Inferior, compuestas por derrames lávicos y piroclastos andesíticos y riolíticos que afloran a lo largo del Flanco Andino. Esta gruesa secuencia volcánica se ha depositado en condiciones sub-aéreas inferidas por las discordancias que existen entre las formaciones que la componen y que determinan varias fases de vulcanismo con algunos períodos de inactividad. (Knight Piésold Consultores S.A., 2008)

Figura 2

Mapa Geológico Regional de Quellaveco



Nota: Internet Google

2.2.1. Lito Estratigrafía

a) Volcánico Paralaque (KTI-VPA)

El nombre de esta formación deriva de la hacienda Paralaque, ubicada en las laderas del río Quele, a unos 5 Km. al NO de Torata.

Esta unidad aflora al oeste de la zona mineralizada en el sector de Tala, aflora una secuencia de rocas volcánicas, compuesta mayormente por derrames de dacita, riolita y andesitas, de colores marrón, rosado claro con intercalaciones de piroclásticos y lentes de conglomerados en el tercio superior. Los derrames volcánicos tienen tumbo general NO con buzamientos que varían desde pocos grados hasta 30 o y 35 o al N y EN. (Barrazueta Jabier , 2014)

b) Volcánico Quellaveco

Bajo esta denominación se reúne a un conjunto de rocas volcánicas de la parte superior del grupo Toquepala, las cuales afloran en la porción nororiental del cuadrángulo a lo largo de una faja de rumbo NO-SE. En la parte central de este afloramiento se encuentra el depósito cuprífero de Quellaveco, de donde deriva el nombre de la formación. Los yacimientos Cuajone y Toquepala se hallan dentro de la misma formación al NO y SE de Quellaveco respectivamente. RICHARD and COURT RIGHT (1956), describen las rocas volcánicas del área de Quellaveco -Toquepala con las denominaciones Pórfido cuarcífero de Quellaveco. (Barrazueta Jabier , 2014)

c) Pórfido Quellaveco (KTI-PQ)

Es el miembro más bajo de la formación y aflora en la ladera sur, es el miembro más bajo de la formación y aflora en la ladera sur, de la quebrada Asana, en el lugar del yacimiento Quellaveco, de donde viene su nombre.

Allí consiste en derrames macizos de Riolitas, de color blanco en superficie fresca y gris blanquecino a blanco amarillo cuando esta alterado.

La roca está compuesta por granos de cuarzo de forma redondeados hasta de 2mm. De sección y de ortosa blanca, englobado en una matriz fina, silicia de aspecto lechoso. El contacto inferior es con un Stock de monzonita cuarcífera que la intruye, en cambio su techo se hunde discordantemente debajo de potentes derrames de andesitas y Riolitas de la Serie Alta, en el lado izquierdo del valle, y debajo de los tufos Huaylillas en el lado derecho. Su grosor a sido determinado en 300m. (Barrazueta Jabier , 2014)

d) Volcánico Huaylilla (TQ-VHU)

Esta unidad estratigráfica fue descrita por WILSON y GARCÍA (1962) como una secuencia volcánica compuesta principalmente por tufos y subsidiariamente por derrames lávicos ácidos de colores blanco y rosado, que cubren extensas áreas de los cuadrángulos de Pachía y Huaylillas.

En la hoja de Moquegua el Volcánico de Huaylillas se presenta mayormente en el sector norte del cuadrángulo, donde sus afloramientos se hallan distribuidos a manera de pequeños parches irregulares o en forma de lenguas

que cubren las superficies que quedan entre quebradas adyacentes. La solución de continuidad de dichos afloramientos indica intensa remoción de estas rocas de naturaleza relativamente blanda. (Barrazueta Jabier , 2014)

El Volcánico Huaylillas del área de Moquegua, fundamentalmente consiste de tufos dacíticos y riolíticos de colores blanco grisáceo, gris blanquecino y rosado. Estas rocas superficialmente intemperizan a pardo rojizo o pardo amarillento y destacan notablemente en el paisaje por su color y por sus farallones verticales que se forman por erosión en el contorno de sus afloramientos. (Barrazueta Jabier , 2014)

e) Volcánico Barroso (TQ-VBAI/VBAS)

WILSON y GARCÍA (1962) describen con esta denominación una serie de rocas volcánicas de composición predominantemente andesítica, traquítica y tranquiandesítica, que conforman la Cordillera del Barroso, en la hoja de Palca. La cadena volcánica mencionada, con sus conos típicos, se prolongan hacia el Noroeste por los cuadrángulos de Maure y Tarata y pasa por la esquina Noreste de la hoja de Moquegua, donde está representada por los volcanes Arundane (5.247m.) y Chuquimanta (5.428m.) de rocas andesíticas cuyas cimas quedan en los cuadrángulos de Omate y Tarata, respectivamente.

Las rocas de la formación consisten en derrames intercalados con brechas de flujo y piroclásticos, son de color gris claro, gris pardo hasta gris oscuro. Los derrames son mayormente de andesitas basálticas, tienen textura porfirítica, con fenocristales de feldespatos de 1 a 2 mm. de longitud

que muestran cierta orientación, distribuidos en una pasta fina gris pardo. (Barrazueta Jabier , 2014)

f) Deposito Coluvial (Q-COL)

Los depósitos coluviales son muy pequeños y no tienen mayor significación geológica en el área. La acumulación más importante de esta clase de depósitos se encuentra en las laderas del rio Asana, los fragmentos de bloques de tufos y materiales volcánicos, han cubierto una gran parte de dicha ladera. (Barrazueta Jabier , 2014)

g) Deposito Fluvial (Q-FL)

A esta clase de depósitos corresponden las gravas, arenas y arcillas que están en proceso de transporte y deposición por los ríos actuales; consiste en toda clase de materiales clásticos sueltos, desde bloques gruesos hasta arcillas con predominio de conglomerados y arena; en forma de bancos de grava o pequeñas playas de arena a lo largo del lecho de los ríos; los depósitos aluviales inmediatos a sus márgenes, ligeramente más altos, son utilizados como terreno de cultivo. Durante la avenida, parte de estos terrenos, que corresponden al piso del valle, son aveses parcialmente inundados por el rio renovándose el transporte y la sedimentación. (Barrazueta Jabier , 2014)

h) Deposito Aluvial (Q-AL)

Son acumulaciones de clastos que se encuentran constituidos por arcillas, arenas, gravas, cantos y bloques de variada naturaleza en diferentes proporciones, debido a que han sido depositados bajo condiciones

variables en cuanto a volumen y velocidad de flujo. Estos depósitos han sido transportados por el río, dando origen a la llanura fluvio-aluvial. (Barrazueta Jabier , 2014)

2.2.2. Rocas Intrusivas

- **Diorita – Granodiorita**

Los mayores cuerpos intrusivos del área consisten de rocas cuya composición varia graduacionalmente de diorita a Granodiorita. A este grupo pertenece el Stock de Calumbraya-Micalaco; los intrusivos de la parte central norte que se asocian constituyendo un afloramiento casi anular; el macizo del cerro Huanaco, en la esquina noroeste; los afloramientos del rio Otora, aguas abajo del depósito Cuajone; el pequeño Stock que aparese en la cabecera de la quebrada Charaque, ubicado entre Cuajone y Quellaveco.

Superficialmente, por el intemperismo tiene una coloración marron rojiza débil; en algunas localidades como el cerro Piruncho, alrededores de Tala, partes altas de Micalaco, tienen disminución esferoidal; en otras áreas especialmente en las laderas de la quebrada, se muestran con disminución tabular, unas veces bien marcadas y otras en forma bastante grosera. (Barrazueta Jabier , 2014)

- **Monzonitas y Dacitas**

El afloramiento de monzonita tiene topografía suave: la roca ofrece disyunción tabular e irregular y coloración de intemperismo pardo amarillento. En superficie fresca la roca es maciza, con textura granular porfiritica y de color rosado débil; en la masa de la roca se observa en forma dispersa

numerosos granos y manchitas verdosas. A simple vista se reconocen granos de feldespatos y minerales de color negro muy finos no reconocibles ni con lupa. En quellaveco la monzonita cuarcífera aflora en el fondo del rio Asana, donde destaca por su coloración blanco amarillento. (Barrazueta Jabier , 2014)

- **Chimeneas de granodiorita brechizadas**

Los depósitos de cobre diseminados de Quellaveco y Cuajone están asociados con chimeneas de brechas, esto es, con estructuras tabulares de sección más o menos circular, elíptica o irregulares, rellenadas con rocas fragmentadas de los muros. En el caso de los depósitos de Toquepala y Quellaveco se refiere que las chimeneas de brechas controlaron la mineralización. (Barrazueta Jabier , 2014)

2.2.3. Geología Local

El yacimiento de Quellaveco forma parte de la faja de pórfidos cupríferos del Paleoceno del sur del Perú; este yacimiento de cobre y molibdeno relacionado estructuralmente a la zona cizallamiento Incapuquio-Atacama, una falla siniestral que controla el emplazamiento de rocas plutónicas y la formación de importantes depósitos de mineral

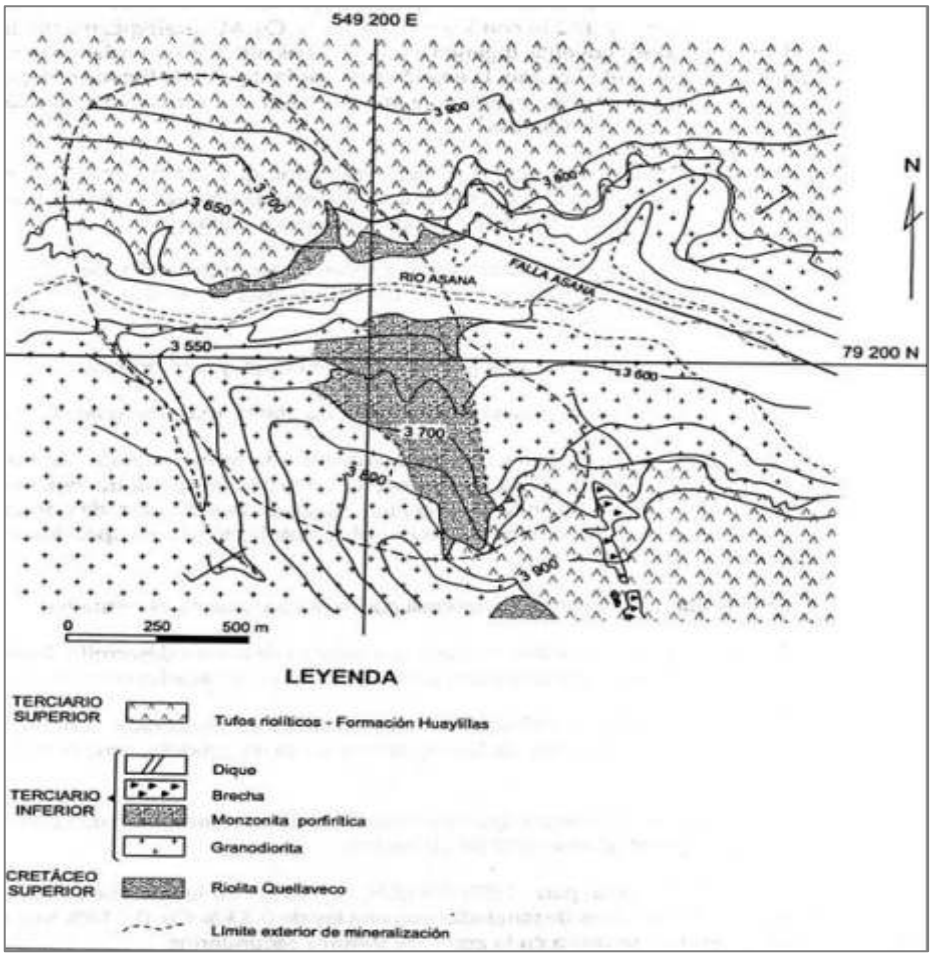
Las rocas encajonates del stock de Quellaveco son los volcánicos del grupo Toquepala del Paleoceno – Eoceno están constituidos por:

- La riolita de Quellaveco
- Las andesitas de Samanape
- La riolita de Asana

El ámbito geológico está constituido por rocas volcánicas, volcánicas sedimentarias e intrusivas de edades desde el Mesozoico al Cuaternario reciente. Las unidades más antiguas abarcan edades desde el Cretáceo Superior representado por el grupo Toquepala, la formación Huaylillas, formación Millo de edades entre el Mioceno al Plioceno, la formación Moquegua del Paleógeno y el Volcánico Barroso del Pleistoceno. (Rafael Beltran, 2019)

Figura 3

Mapa geológico local de Quellaveco



Nota: Tesis. *(Rafael Beltran, 2019)*

2.2.4. Geología Estructural.

- **Área de operaciones**

La región está dividida en dos zonas estructurales: una occidental compuesta por una depresión con relleno sedimentario continental, producto del levantamiento y degradación del frente montañoso oriental, relacionado directamente al sistema de falla Incapuquio con orientación NO – SE; y una zona oriental maciza, conformada por secuencias volcánicas, volcánicas sedimentarias e intrusivas afectada por sistemas de fallas secundarias transversales N – S y NE – SO.

Estas fallas, en cierta forma, han controlado el emplazamiento de los cuerpos monzoníticos y dioríticos, así como la formación de las chimeneas de brecha, con las cuales se asocian los yacimientos de cobre de Toquepala, Cuajone y el propio Proyecto Quellaveco. (Knight Piésold Consultores S.A., 2008).

- **Sistema de fallas Incapuquio – Micalaco – Quellaveco**

Estos sistemas tienen movimientos tanto verticales como horizontales, aunque sus magnitudes y sentido exacto no estén determinados. Presentan brechas con rocas alteradas y tienen como rumbo preferencial regional el NO, siendo reconocida su traza hasta Chile.

El desarrollo del sistema de falla Incapuquio se atribuye a la existencia de una subducción oblicua de orientación NO – SE entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana. El incremento en la velocidad de emplazamiento durante el Mioceno fue de 12 cm/año y originó las secuencias

conglomerádicas de la formación Moquegua y piroclástica ignimbrítica de la formación Huaylillas que se expone a lo largo del sur de Perú y norte de Chile.

El desarrollo del sistema de falla Incapuquio se atribuye a la existencia de una subducción oblicua de orientación NO – SE entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana. El incremento en la velocidad de emplazamiento durante el Mioceno fue de 12 cm/año y originó las secuencias conglomerádicas de la formación Moquegua y piroclástica ignimbrítica de la formación Huaylillas que se expone a lo largo del sur de Perú y norte de Chile.

Los antecedentes geológicos indican que muchos pórfidos cupríferos de la zona se emplazaron en un régimen distensivo dentro de una zona de cizalla, por lo que se infiere que estos sistemas de falla constituyen una pieza fundamental en la mineralización de la región del sur del Perú. (Knight Piésold Consultores S.A., 2008)

- **Falla Micalaco**

Falla de desplazamiento normal, con dirección al noroeste, de aproximadamente 42 km de longitud, que está basada en la cartografía Fenton y otros (1995), pero según estudios realizados para la mina Toquepala, esta falla es de tipo transcurrente sinestral con movimiento vertical - horizontal y aproximadamente de 200 km de longitud, como la falla Incapuquio y falla Quellaveco, que no fue reconocida en este estudio (Memoria Explicativa de la Geología del Cuadrángulo de Moquegua. (Knight Piésold Consultores S.A., 2008)

- **Falla Toquepala (Falla Incapuquio)**

También es una falla con dirección al noroeste, con desplazamiento normal y paralela a la falla Micalaco. Actualmente la falla Toquepala es reconocida con el nombre de falla Incapuquio y tiene una longitud cartografiada para este estudio de 107 km, pero en los últimos estudios llega hasta 140 km, con un ancho de 1 km con brechas y rocas alteradas, tipo transcurrente sinestral y con traza vertical (Memoria Explicativa de la Geología del Cuadrángulo de Moquegua – INGEMMET, 2000). (Knight Piésold Consultores S.A., 2008)

2.3. Operación de Proyecto Quellaveco

Las operaciones de movimiento de tierras en dichas zonas de estudio están basadas en técnicas convencionales, con el uso de perforación, voladura, fragmentación con plasma, volquetes, excavadoras.

a) Perforación

Las perforaciones se realizan con dos perforadoras hidráulicas SANDVIK RANGER DX700, con un diámetro de perforación de 3”, 3.5” en las distintas zonas para taladros de Pre corte, buffer, Short hole y producción, La velocidad de perforación es de 28 m/h aproximadamente.

Figura 4

Equipo de Perforación Sandvik Ranger DX700



Nota: Elaboración Propia

b) Mallas de Perforación

Se trabajan con mallas rectangulares, que van desde:

Tabla1

Diámetros de Mallas

MALLAS DE PERFORACIÓN	
Burden	**Espaciamiento**
2.08	2.4
2.78	3.2
2.1	1.8
1.8	3.5

Nota: Elaboración Propia

c) Diámetros de Perforación

Se trabaja con dos diámetros de perforación para las fracturas a realizar: Diámetro de 3 y 3.5'', las perforadoras con dicho diámetro se encuentran ubicadas en la plataforma, para las perforaciones de las distintas áreas cercanas a la planta concentradora.

d) Equipos de Perforación

En cuanto a perforación se utilizan dos perforadoras hidráulicas Sandvik Ranger Dx700.

2.3.1. Voladura

En el proyecto Quellaveco se utiliza diferentes explosivos, esto dependerá de la condición del terreno se explica mejor en la siguiente tabla:

Tabla2

Frentes de Proyectos de voladura y fragmentación - (Proyecto Quellaveco)

FRENTES DE PROYECTOS	EXPLOSIVO			FRACTURADOR
	ANFO	EMULTEX	ENALINE	PLASMA
GyM STRACON	x	x	x	x
COSAPI EPSA	x	x	x	
JJC BESALCO	x	x	x	x
ECOP SAC	x	x	x	
SACYR AJANY	x	x	x	
OHL	x	x	x	

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 3

Relación de Factor de Carga por Frente de Proyecto

FRENTES DE PROYECTOS	FACTOR DE CARGA		FACTOR DE CARGA DEL FRACTURADOR
	ANFO Kg/m3	EMULTEX Kg/m3	PLASMA Kg/m3
GyM STRACON	0.18 - 0.66	0.15 - 0.71	0.20 - 0.45
COSAPI EPSA	0.18 - 0.66	0.15 - 0.71	
JJC BESALCO	0.18 - 0.66	0.15 - 0.71	0.20 - 0.45
ECOP SAC	0.18 - 0.66	0.15 - 0.71	
SACYR AJANY	0.18 - 0.66	0.15 - 0.71	
OHL	0.18 - 0.66	0.15 - 0.71	

Nota: Elaboración Propia.

Los principales insumos que se utilizan son:

- ✓ Anfo.
- ✓ Emultex. Altos Explosivos (Boosters, explosivos de Pre Corte, Enaline y Cordón Detonante).
- ✓ Accesorios para voladura (Detonadores y Retardos).
- ✓ Iniciadores (Línea Silenciosa).
- ✓ Fracturador de roca plasma 4TH.

a) Diseño de Carga:

El diseño de carga se hace de acuerdo al factor de carga adecuado, según las características del macizo rocoso, considerando el espaciamiento de la malla y el diámetro de taladro.

b) Tiempos de Retardo:

El proceso de amarre es una actividad que realiza el personal de ENAEX. Quienes en coordinación con el cliente y área de asistencia técnica

ENAEX, definen los tiempos para cada disparo según protocolo aprobado.

- Tiempo entre taladros: 17 milisegundos.
- Tiempo entre filas: 25, 35, 42, 65, 100 milisegundos.
- Tiempo entre filas en plasma: 0, 10, 25, milisegundos.

c) Accesorios de voladura y accesorios para fragmentación:

Los accesorios de voladura utilizados son:

- ✓ Detonador electrónico Davey Tronic.
- ✓ Dual 17/800.
- ✓ Conector Unidireccional Superficie: 17, 25, 35, 42, 80, 100.

Los accesorios para el proceso de fragmentación con plasma son:

- ✓ Cable de conexión H07V-U 1,5 mm 2/NYA.

d) Equipos usados en Voladura y Fragmentación

En el proyecto Quellaveco, para los distintos servicios de voladura como para las fracturas con plasma, la empresa Enaex utiliza los siguientes equipos.

Tabla 4

Relación de equipos para voladura.

EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL SERVICIO DE VOLADURA		
CAMION FURGON	**CAPACIDAD**	**CAPACIDAD DE CARGA DE EXPLOSIVO**
CAMION FURGÓN - Marca Mitsubishi	5 TN	4.5 TN
CAMION FURGÓN - Marca Mitsubishi	4.5 TN	4 TN
EQUIPOS AUXILIARES	**CANTIDAD**	
CAMIONETA FURGON ACCESORIOS - Marca Toyota	2	

Nota: Elaboración Propia

Tabla 5

Relación de equipos para fragmentación.

EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL SERVICIO DE FRACTURA		
CAMION FURGON	**CAPACIDAD**	**CAPACIDAD DE CARGA DE PLASMA 4TH**
CAMION FURGÓN - Marca Mitsubishi	5 TN	4.5 TN
CAMION FURGÓN - Marca Mitsubishi	4.5 TN	4 TN

EQUIPOS AUXILIARES	**ESPECIFICACIONES**		
	CANTIDAD	VOLTAJE	SALIDA DE VOLTAJE
ACUMULADOR ELÉCTRICO - Modelo YL 1602LD	1	120 V	4000 V
GENERADOR DIESEL - Modelo PD 11000E	1	120 V	120 V

Nota: Elaboración Propia

Para el proceso de fragmentación:

- ✓ Generador eléctrico de 7 KVA, Combustible petróleo de 220 V.
- ✓ Acumulador eléctrico modelo YL1602 LD de 4000 V.

2.3.2. Carguío

El proceso consiste en cargar el material volado mediante los equipos de acarreo.

a) Equipos de Carguío.

Se realiza con 3 Excavadoras sobre orugas: 2 John Deere 350GLC y 1 Hyundai R300LC-9S con una capacidad de carga de 2.3 m^3 también se utiliza un cargador frontal John Deere 644k con una capacidad de 3.2 m^3 .

2.3.3. Acarreo

a) Equipos de Acarreo.

En cuanto a equipos de acarreo en el proyecto Quellaveco, se cuenta con camión volquete VOLVO modelo FMX6X4R con una capacidad de 17 m^3.

2.4. Definición de Términos

Para mejor comprensión de la presente investigación se considera los siguientes términos.

ANFO Premium: Es un agente de voladura fabricado con nitrato de amonio grado explosivo Enaex de baja densidad y alta absorción de petróleo. Es especialmente recomendable para uso en pequeño diámetro en minería subterránea y para tronaduras de superficie, especialmente cuando se presenta una roca competente, en perforaciones sin agua. Se recomienda utilizarlo en zonas con buena ventilación en minería subterránea. Se envasa en sacos de 25 y 50 kg, de tejido de polipropileno con bolsa interior de polietileno. (Enaex S.A.)

Burden: Dimensión lineal entre el pozo y la cara libre. Se mide perpendicular a la dirección de la línea de pozos que constituyen una fila.

Canales: Es la cantidad de salidas de los cables troncales con los que cuenta el equipo eléctrico u acumulador de energía.

Espaciamiento: Dimensión lineal entre posos adyacentes que forman una fila. Se mide paralelamente a la cara libre.

Explosivos: Los explosivos son compuestos o mezclas de sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso, que por medio de reacciones químicas de óxido-reducción, son capaces de transformarse en un tiempo muy breve, del orden de una fracción de microsegundo, en productos gaseosos y condensados, cuyo volumen inicial se convierte en una masa gaseosa que llega a alcanzar muy altas temperaturas y en consecuencia muy elevadas presiones. (Exsa S.A.)

Fractura: Proceso donde las presiones de las altas temperaturas del plasma 4th genera 20000 grados, genera una deflagración y desplazamientos de las rocas y material.

Gravilla: Roca triturada utilizada para generar confinamiento de cargas.

Iniciación: Proceso de activación de carga, mediante reacción eléctrica, mediante chispa de 4000 volt.

Partícula: La partícula es el fragmento más pequeño de materia que mantiene las propiedades químicas de un cuerpo.

Procedimiento: Es un documento que describe una secuencia de acciones que deben ser ejecutadas de forma sistemática, para logra un objetivo determinado. Implica la participación de diferentes departamentos de la organización.

Protocolo: Es la secuencia de todas las actividades a realizar durante el proceso con el objetivo de efectuar las voladuras como las fracturas de un determinado proyecto a realizar.

Sucamec: Superintendencia Nacional de Control de Servicios de Seguridad, Armas, Municiones y Explosivos de Uso Civil

Sustancia Plasma: Es una mezcla de sales metálicas de expansión rápida, capaz de iniciar una reacción termoquímica al suministrarle una chispa de alto voltaje en un espacio confinado. Está, genera una reacción termoquímica generando rápidamente temperaturas muy elevadas y energía expansiva por las altísimas presiones. Cuando el espacio donde se realiza la expansión se abre (fractura), la energía expansiva se reduce abruptamente y termina su trabajo.

Taco: Termino que describe la instalación de un material (gravilla, arcilla o lechada) que obstruirá un poso ya cargado.

Taladro: Corresponde la perforación que albergara una carga.

Vibraciones: Según Orihuela & Dapello. (2009)Las vibraciones son fenómenos de transmisión de energía que se manifiestan por medio del movimiento ondulatorio a través de un medio. El explosivo contenido en un taladro localizado en un macizo rocoso produce de manera instantánea el volumen de gases de altas temperaturas y elevadas presiones. El uso repentino de presiones tan altas sobre las paredes del taladro pretende un choque de impacto, provocando las deformaciones axiales y tangenciales en cada punto del macizo de distintas direcciones, generando roturas del macizo en sus proximidades. (Stefanie Castillo & Dapello Vizcarra, 2009)

CAPITULO III

Metodología

3.1. Tipo de Nivel de Investigación

El presente trabajo de investigación se realizará mediante un análisis Cuantitativo, para el trabajo de investigación se usará el producto fracturador plasma 4th y equipos para realizar los registros de monitoreo de vibraciones.

Experimental – Cuantitativo porque nos regiremos a estimar parámetros por medio de resultados obtenidos, por los que se realizaran cambios, mejoras o aplicar otro proceso.

En esta investigación se aplicará un producto nuevo, fragmentador plasma 4th, por medio de monitoreo de vibraciones y un diseño de carga correspondiente, podremos cuidar construcciones cercanas a las fracturas como la estabilidad de los taludes y determinar un radio para que las operaciones sigan en curso, de tales resultados podremos ajustar los diseños de carga como la dimensión de mallas así evitar vibraciones por encima de los valores.

3.2. Operación de Variables

a) Variable independiente

- ✓ Aplicación del fracturador plasma 4th
- ✓ Reducción de las vibraciones, proyección de rocas (fly rock)

- ✓ Registro fotográfico, antes y después de la fractura

b) Variables dependientes

- ✓ Fragmentación controlada con plasma.
- ✓ Control de vibraciones en fracturas con el plasma 4 th.
- ✓ Control de la proyección de rocas (fly rock) en plataforma t 7- proyecto Quellaveco.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

La población para dicha investigación está conformada por las áreas de fragmentación de rocas que se realizara en la plataforma T7 - proyecto Quellaveco y diferentes lugares que no son cuantificables.

3.3.1.1. Muestra

Siendo una población no cuantificable se utilizará un muestreo no probabilístico usando la técnica por conveniencia de tomar las zonas con el proceso de voladura y fragmentación con plasma 4th.

3.4. Instrumentos Materiales y Equipos

Para garantizar la presente investigación se requiere los siguientes materiales y equipos que a continuación se detalla:

- ✓ Cargas de Plasma 4th de 1.3 kg.
- ✓ Cable Conexión para circuito NYA H07V-U 1.5 mm.
- ✓ Grava chancada para taco.

- ✓ Herramientas menores (Pelacables 6”, cinta aisladora eléctrica 19 x 0.177 mm x 20 m).
- ✓ Generador eléctrico de 7 KVA, Combustible petróleo de 220 Volt.
- ✓ Equipo de iniciación (Acumulador eléctrico modelo YL1602LD de 4000 Volt.
- ✓ Multitester digital.
- ✓ Cable de conexión H07V-U 1,5 mm 2/NYA.
- ✓ Grava chancada para taco.

3.5. Procedimientos

El fracturador PLASMA es el cuarto estado de la materia compuesta con sales metálicas de expansión rápida, que permite por medio de una iniciación eléctrica fracturar rocas, con bajos niveles de ruido, fly rock y vibraciones.

La presente investigación toma como referencia cuatro proyectos, se realizará dos voladuras con explosivo Anfo y dos fracturas con plasma 4TH de los cuales se tomará un diseño de carga según altura de taladros, previa aprobación del cliente y asistencia técnica ENAEX.

Tabla 6

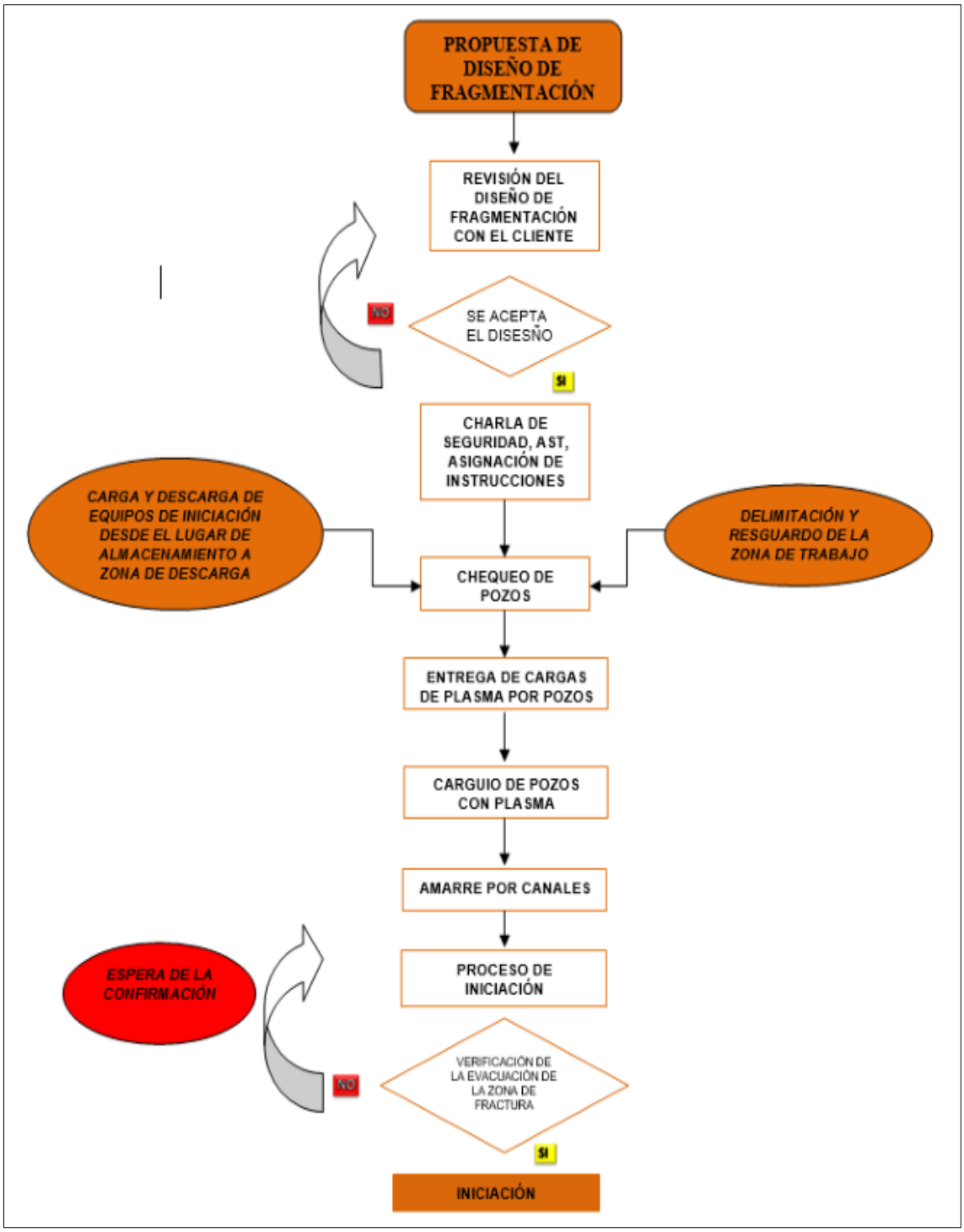
Proyectos de voladura.

VOLADURAS			
Frente de Proyecto	N° de Proyecto	Explosivo Anfo	Fracturador Plasma
GyM STRACON	110	X	
GyM STRACON	19	X	
GyM STRACON	55		X
GyM STRACON	109		X

Nota: Proyectos de voladura.

3.5.1. Procedimiento de fragmentación con plasma.

Figura 5
Diagrama del Proceso



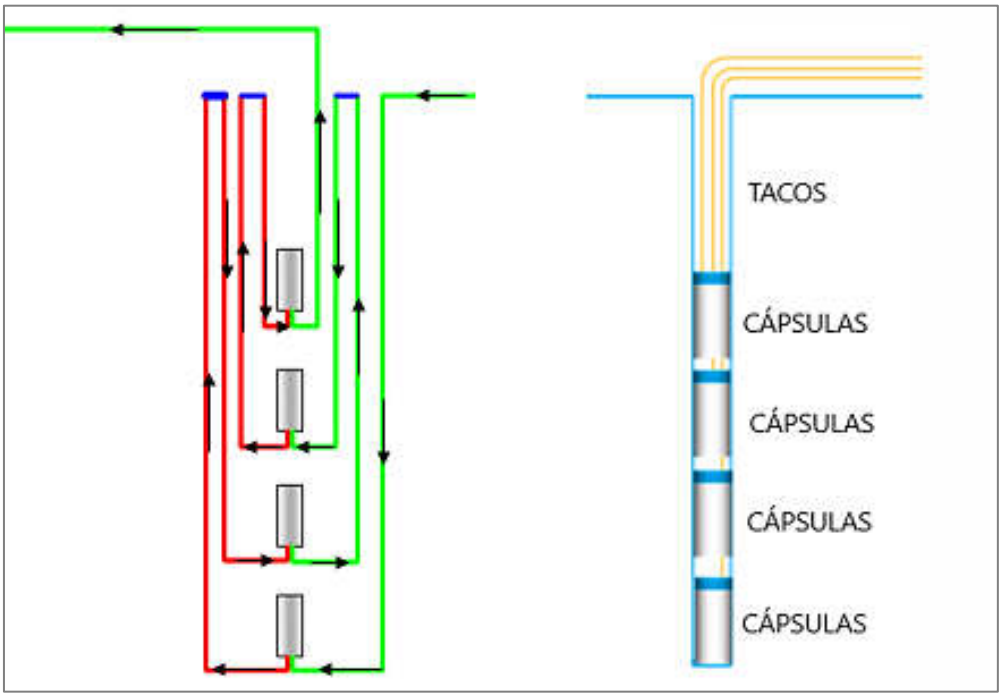
Nota: Fragmentación de Rocas – Enaex

3.5.2. Carguío de taladros con plasma 4TH

El plasma se puede cargar en cartuchos de acuerdo a las alturas y diseño de carga proporcionado y aprobado por el área de asistencia técnica de Enaex y cliente. La conexión es en serie.

Figura 6

Diagrama del Proceso de Carguío



Nota: Uso del plasma - ENAEX

3.5.3. Ventajas

El plasma es una tecnología no explosiva compuesta de metal y sales metálicas iniciado su reacción termoquímica por una chispa eléctrica de alto voltaje a continuación enunciamos algunas ventajas en la aplicación de plasma:

- ✓ Elemento no explosivo.
- ✓ Mezcla metálica estable contra golpes fricción y altas temperaturas.
- ✓ No necesita permiso de SUCAMEC para transporte, almacenamiento y manipulación.
- ✓ Alta productividad en comparación con medios mecánicos.
- ✓ Reducción del radio de evacuación.
- ✓ Mínima proyección de rocas.
- ✓ No genera contaminación (residuos o gases tóxicos).
- ✓ Bajo nivel de ruido y vibraciones.
- ✓ Baja generación de polvo.

3.6. Análisis de Datos.

3.6.1. Validación y Confiabilidad de los Instrumentos

La presente investigación es de diseño experimental se basa en la teoría experimental que determina la validez y confiabilidad mediante la eficiencia de control mediante los protocolos de trabajo y el cumplimiento.

El análisis de datos se determinará utilizando los programas:

- ✓ Sofware Opit Blast (Diseño de secuencia, amarre de proyecto de voladura).
- ✓ Blastware (Análisis y medición de vibración).
- ✓ Wipfrag (Análisis y medición de P80).
- ✓ Excel.

En cuanto a equipos se consideró sismógrafo y filmadora

3.6.2. Métodos y Técnicas para la Presentación y Análisis de Datos

La aplicación de plasma 4TH para la fragmentación controlado en la plataforma T7 – Proyecto Quellaveco. Seguirán diferentes etapas dos procesos con voladura explosivo anfo, y dos fracturas con plasma 4TH.

Seguidamente se recolectará datos de Mina:

- ✓ Longitud de Perforación (Lp)
- ✓ Burden (B)
- ✓ Espaciamiento (S)
- ✓ Altura de Banco (H)
- ✓ Sobre perforación (J)
- ✓ Diámetro de perforación (Ø)
- ✓ Tipo de explosivo / Fracturador de roca.
- ✓ Densidad de explosivo.
- ✓ Densidad de plasma.

Una vez obtenido los datos se procederá a definir los proyectos de investigación.

3.6.2.1. Cálculo de Diseño de Carga

a) Burden

$$B = \sqrt{S^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2} \quad \textit{(m)}$$

En donde:

B = Burden (m)

S = Espaciamiento (m)

b) Volumen a Remover por cada taladro

$$V = HxSxB \quad (m^3)$$

En donde:

B = Burden (m)

S = Espaciamiento (m)

H = Altura de Taladro (m)

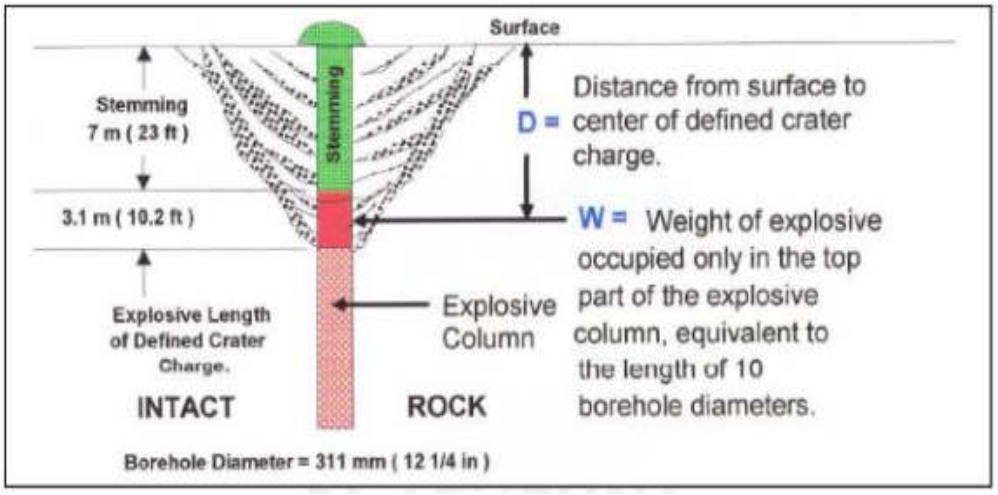
Multiplicando por la densidad de la roca, obtendrá el tonelaje equivalente.

3.6.2.2. Cálculo de Taco inicial.

Considerando que su resultado tiene varias variables importantes de evaluar, tales como: Tipo de taco utilizado, compactación de taco y características del macizo rocoso.

Figura 7

Variables del Calculo SD



Nota: Tesis *(Basilio Mendoza)*

$$SD = \frac{D}{\sqrt[3]{W}}$$

D = Taco inicial más ½ longitud de la carga Plasma.

W = Peso de la carga plasma más el taco inicial.

L = Longitud carga plasma.

T = Longitud del Taco inicial mínimo.

Tabla 7

Características del Plasma 4th

	L	T	W	D	
Tipo de Carga	Longitud de Carga (m)	Longitud del Taco (m)	Peso de la Carga (Kg)	Longitud (m) Ti + (0,5*Lc)	SD
1300D	0.46	1.6	1.3	1.71	1.56

Nota: Elaboración Propia

Interpretación de SD:

Tabla8

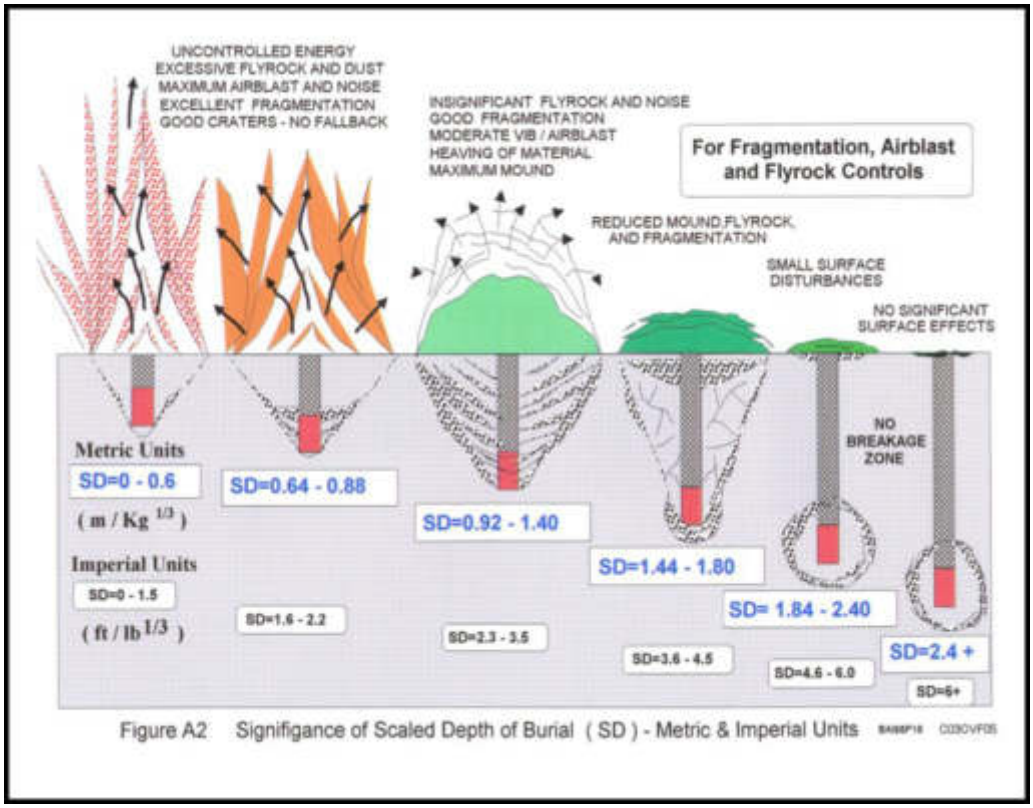
Tabla de valores SD

SD =	0,0 - 0,66	Muy malo
	0,64 - 0,88	Malo
	0,92 - 1,4	Bueno
	1,44 - 1,8	Menos bueno
	1,84 - 2,4	Pobre
	2,4 - 3	Muy pobre

Nota: Elaboración Propia

Figura 8

Criterio de profundidad de entierro a escala (SD)



Nota: Cálculo Chiapetta

3.6.2.3. Cálculo de longitud de Carga

Las longitudes de carga (Lc) de las capsulas de plasma va a corresponder a 06 unidades de plasma para la primera producción, la segunda producción corresponde a 09 unidades de plasma. Esta carga puede ser modificada dependiendo de la altura real de perforación.

$$\frac{kg}{m} = Densidad\ (\rho) * Ø^2 * 0.507$$

$$Q = lc * kg/m$$

Ecuación 2

ρ = Densidad.

Ø = Diametro de taladro.

L = Longitud carga plasma.

Lc = Longitud de Carga.

Q = Cantidad de carga

a) Factor de Carga

$$\mathrm{Fc} = \frac{\mathrm{Ct}}{\mathrm{V}} \qquad \left(\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{m}^3}\right)$$

Ct = Carga total de taladro (kg).

V = Volumen de material roto (m^3)

Se determinará un diseño de carga para cada proyecto ya sea de voladura o de fractura considerando los parámetros mencionados.

3.6.2.4. Reglamento de Vibraciones

De acuerdo a las normas internacionales nos regimos en los límites de vibración y airblast basados en la norma alemana que es la más rígida considerando los siguientes valores:

- ✓ Vibración máxima PPV de 5 mm/s en frecuencia > 10 Hz
- ✓ PPV de 3 mm/s en frecuencias < 10 Hz
- ✓ Presión de onda aérea: 90 dB a cualquier frecuencia
- ✓ Normas Internacionales Sobre Vibraciones Generadas por voladura

Seguidamente se detalla la norma más representativa, el cual se tomará como valores representativos en la presente investigación.

3.6.2.5. Norma Alemana DIN 4150 de 1999

Establece valores límites de velocidad de vibración de partícula en mm/s, considerando el tipo de estructura civil y el intervalo de frecuencia en Hz, en los cuales demuestra si está en riesgo de daño. Las tres clases de edificios definida por la norma son:

- ✓ Edificio estructurales o industriales
- ✓ Edificios residenciales
- ✓ Edificios históricos y construcciones sensibles (madera, barro, etc)

Las frecuencias son analizadas en tres intervalos, valores menores de 10 Hz, valores entre 10-50 Hz y valores entre 50-100 Hz. La norma prevé que para frecuencias encima de 100 Hz, a estructura soporta niveles altos de vibración.

Tabla 9

Parámetros de la Norma DIN 4150

TIPO DE EDIFICACIÓN	**FRECUENCIA (HZ)**		
	< 10 HZ	**10 - 50 HZ**	**50 - 100 HZ**
	VELOCIDAD (mm/s)	**VELOCIDAD (mm/s)**	**VELOCIDAD (mm/s)**
TIPO I: Edificios Públicos o Industrial	20	20….40	40….50
TIPO II: Edificios de Viviendas o Asumibles a Viviendas	5	5….15	15….20
TIPO III: Edificios Históricos o por su Construcción son Sensibles a la Vibración	3	3….8	8….10

Nota: Elaboración Propia

CAPITULO IV

Resultados

4.1. Resultados del Trabajo en Campo

Los proyectos descritos corresponden a las primeras pruebas con explosivos y plasma, realizadas muy cercanas a las construcciones del proyecto Quellaveco, para lo cual se cumplió con todos los protocolos correspondientes, y a la vez se llevó acabó un monitoreo de la voladura, de igual forma se tomó todas las precauciones correspondientes para el cuidado del personal, equipos y construcciones.

4.1.1. Proyectos de Voladura con ANFO

4.1.1.1. Proyecto 110

Tabla 10

Resumen de la Voladura 110.

DISPARO		*PLATAFORMA MOLIBDENO - T19 - GyM STRACON*
PROYECTO		*110*
FECHA		*10/11/19*
HORA DE DISPARO	*(Pm)*	*13:00*
VPP SUMA	*(mm/s)*	*11.8*
N° TAL	*(Unidad)*	*420*
N° TAL PRE - CORTE	*(Unidad)*	*0*
FC	*(Kg/Tn)*	*0.18*
TOTAL, EXP.	*(Kg)*	*850*
ANFO	*(Kg)*	*850*
EMULTEX	*(Kg)*	*0.00*
ENALINE	*(Kg)*	*0.00*
CORDON DETONANTE	*(m)*	*0*
VOLUMEN	*(m^3)*	*4,817.65*
MALLA	*(m x m)*	*Producción 2.08x2.40*

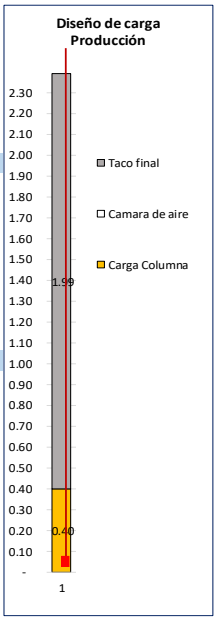
Nota: Elaboración Propia

Figura 9

Diseño de Carga – Proyecto 110

PRODUCCIÓN 3.5"

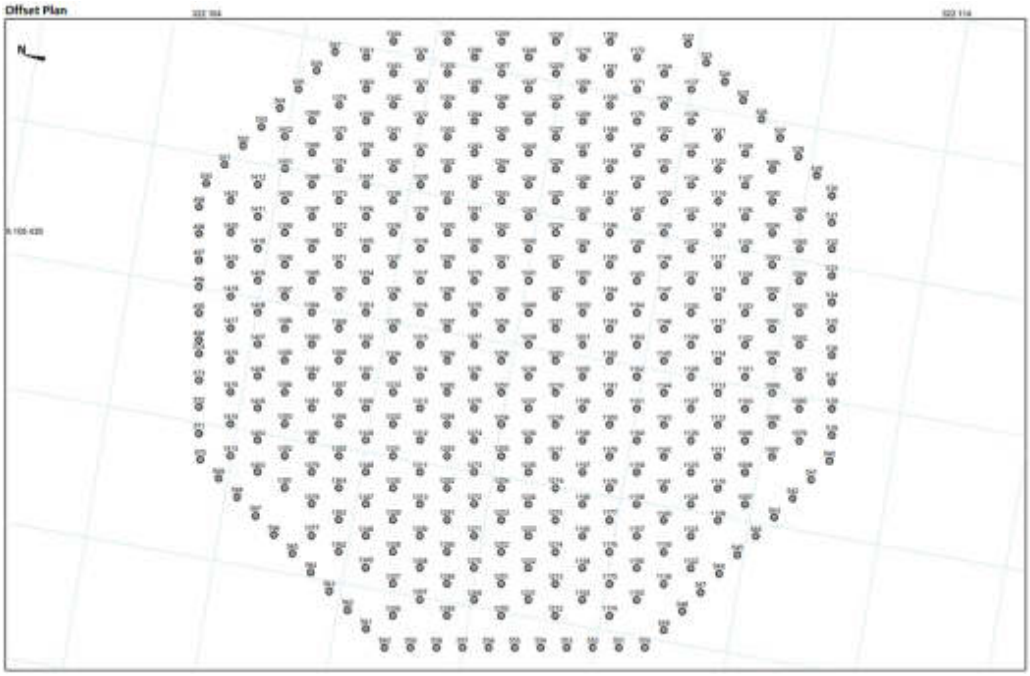
1 PARAMETROS DE PERFORACIÓN			
Diámetro de taladro	Pulg	3.50	0.0889 m
Burden	m	2.08	
Espaciamiento	m	2.40	
Altura de banco	m	2.39	
Sobreperforación	m	-	
Longitud total de taladro promedio	m	2.39	
Inclinación	°	90.00	
Volumen	m3	11.93	
2 PARAMETROS DE PRIMADO			
Tipo		Booster 225 gr.	
Peso	kg	0.225	
Cantidad	pza	1.00	
Peso Total	kg	0.225	
Tipo de iniciador		Conector Dual 17/800ms x 15m	
Cantidad	pza	1.00	
2 PARAMETROS DE COLUMNA			
Tipo de Explosivo		ANFO	
Densidad de Explosivo	kg./m3	770.00	
Densidad Lineal	kg/m	4.78	100%
Carga Columna	m	0.40	17%
Taco intermedio	m	-	0%
Carga intermedia	m	-	0%
Camara de aire	m	-	0%
Taco final	m	1.99	83%
Total Longitud de Carga	m	0.40	17%
Total Carga	kg/tal	2.137	
Factor de Carga	gr./m3	0.18	



Nota: Elaboración Propia.

Figura 10

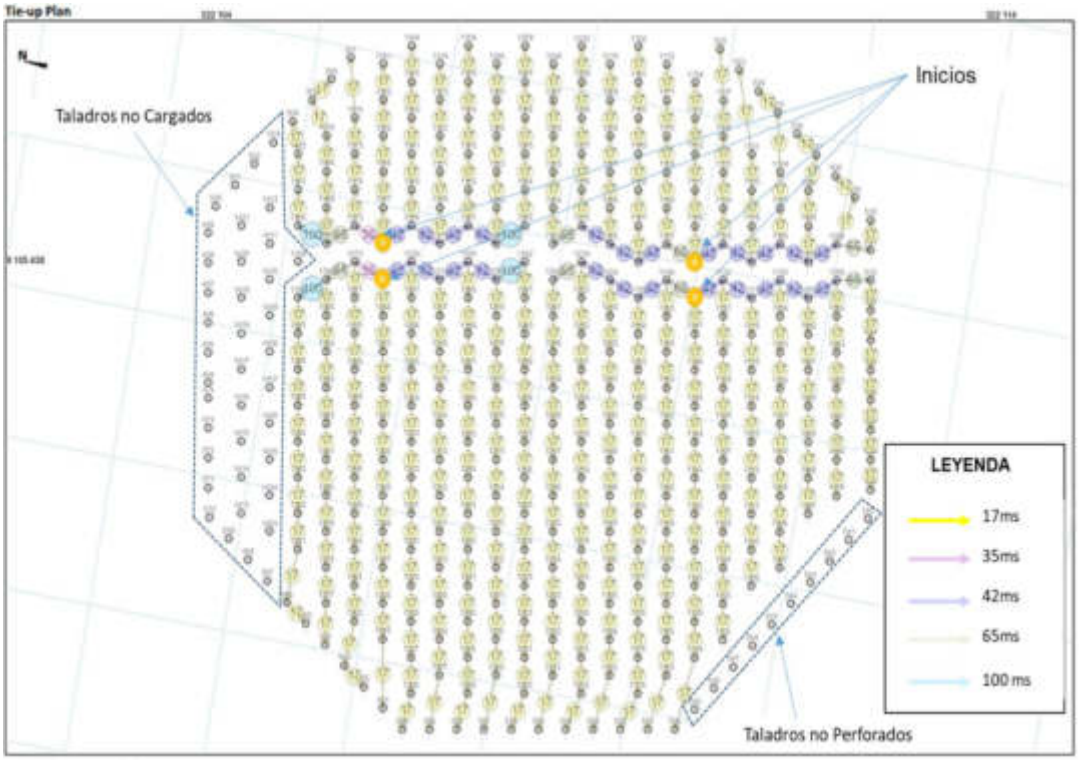
Plano del Proyecto 110



Fuente 1: Elaboración, Propia software Enaex.

Figura 11

Diseño de amarre del proyecto 110



Nota: Elaboración Propia, software Enaex.

Figura 12

Imagen Pre - Voladura



Nota: Elaboración Propia

Figura 13

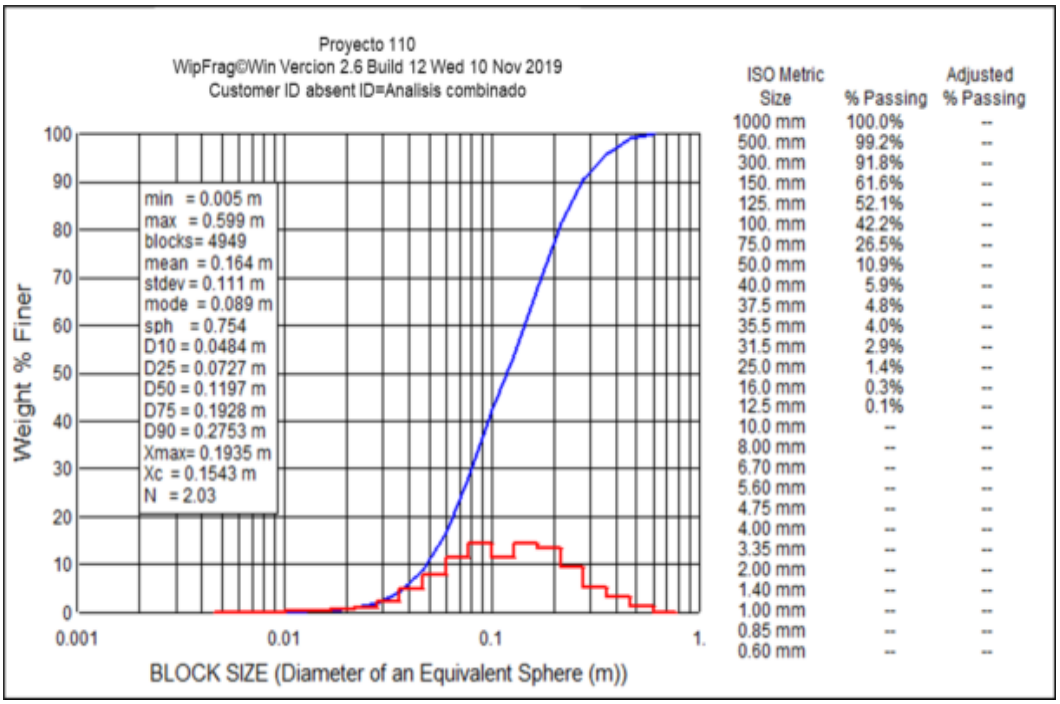
Imagen Post - Voladura



Nota: Elaboración Propia

Figura 14

Curva de fragmentación - Wipfrag



Nota: Elaboración Propia

4.1.1.2. Registro de Vibraciones

Tabla 11

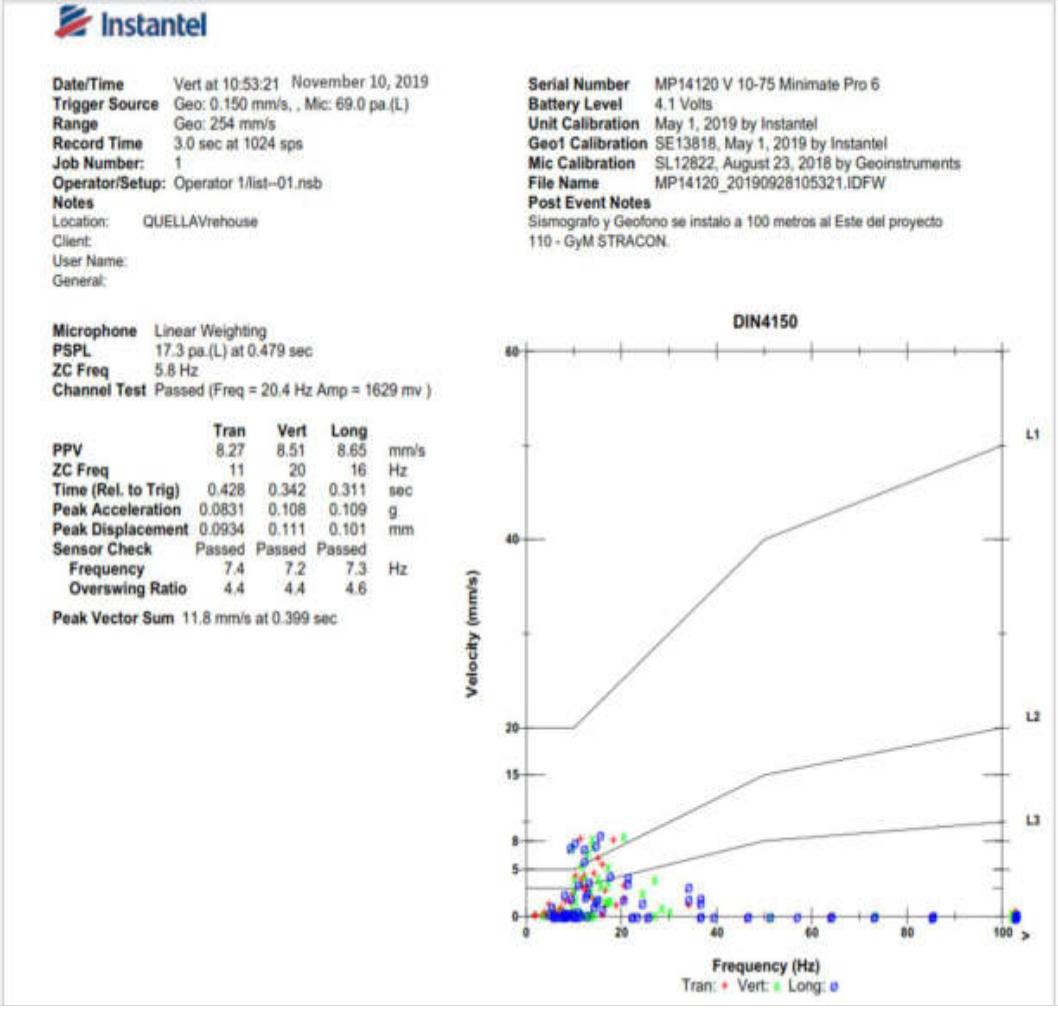
Monitoreo de Vibraciones.

Fecha	*Mallas Monitoreadas*	*PPV (mm/s)*			*PPV (mm/s)*	*Air Blast (dB)*
		Trans.	*Vert.*	*Long.*		
10-11-2019	Py_110 Plataforma T9 GyM STRACON	8.27 mm/s	8.51 mm/s	8.65 mm/s	11.8	17.3

Nota: Elaboración Propia.

Figura 15

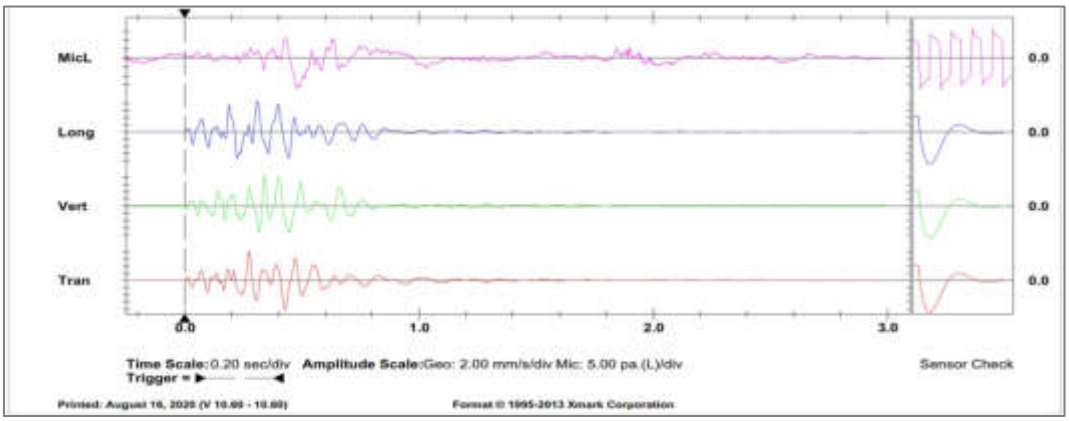
Registro de Vibraciones Proyecto 110



Nota: Elaboración Propia.

Figura 16

Análisis de Vibraciones



Nota: Elaboración Propia

Figura 17

Parámetros de la Norma DIM 4150

TIPO DE EDIFICACIÓN	FRECUENCIA (HZ)		
	< 10 HZ	10 - 50 HZ	50 - 100 HZ
	VELOCIDAD (mm/s)	VELOCIDAD (mm/s)	VELOCIDAD (mm/s)
TIPO I: Edificios Publicos o Industrial	20	20....40	40....50
TIPO II: Edifios de Viviendas o Asimiibles a Viviendas	5	5....15	15....20
TIPO III: Edificios Historicos o por su Construcción son Sensibles a la Vibracion	3	3....8	8....10

Nota: Asistencia Técnica Quellaveco - Enaex

4.1.1.3. Interpretación

Se Realizó monitoreo de vibraciones a 100 m., al Este del Proyecto 110; obteniéndose una PPV Suma de 11.8 mm/s en 0.399 s., de tal forma que la voladura supero el tipo L2 y 3, considerando construcciones de concreto no mayor a 116 m., dichos valores se encuentran por debajo del umbral de daño “Tipo I” según la Norma DIN4150.

4.1.1.4. Proyecto 019

Tabla 12

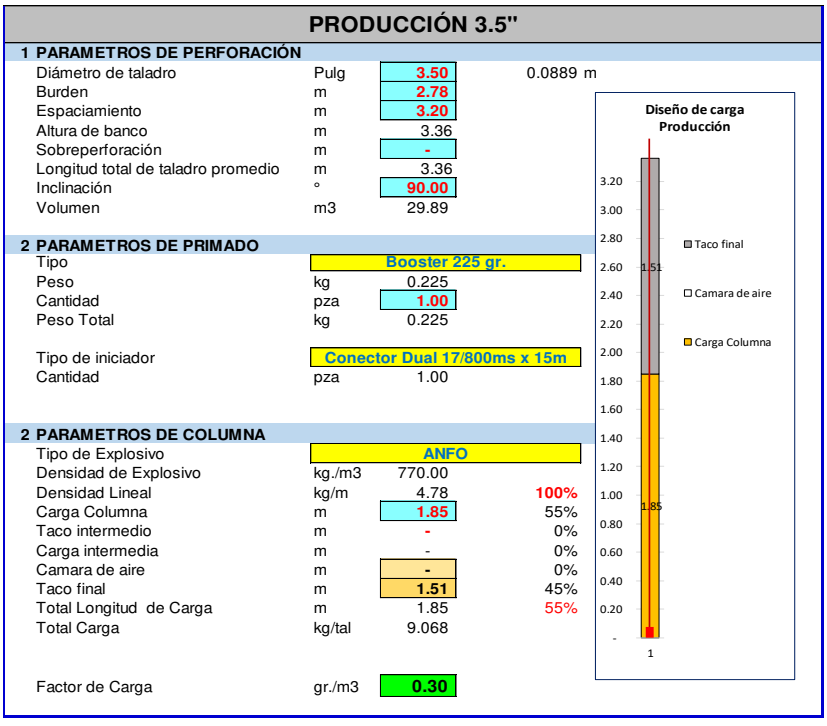
Resumen de la Voladura

DISPARO		*PLATAFORMA DE ESPESADORE*
PROYECTO		*019*
FECHA		*24/11/19*
HORA DE DISPARO	*(pm)*	*13:00*
VPP SUMA	*(mm/s)*	*9.154*
N° TAL	*(Unidad)*	*240*
N° TAL PRE - CORTE	*(Unida)*	*0*
FC	*(Kg/tn)*	*0.30*
TOTAL, EXP.	*(Kg)*	*2,175*
ANFO	*(Kg)*	*2,175*
EMULTEX	*(Kg)*	*0*
ENALINE	*(Kg)*	*0.000*
CORDON DETONANTE	*(m)*	*0*
VOLUMEN	*(m^3)*	*7,213.32*
MALLA	*(m x m)*	*PROD 2.78X3.20*

Nota: Elaboración Propia.

Figura 18

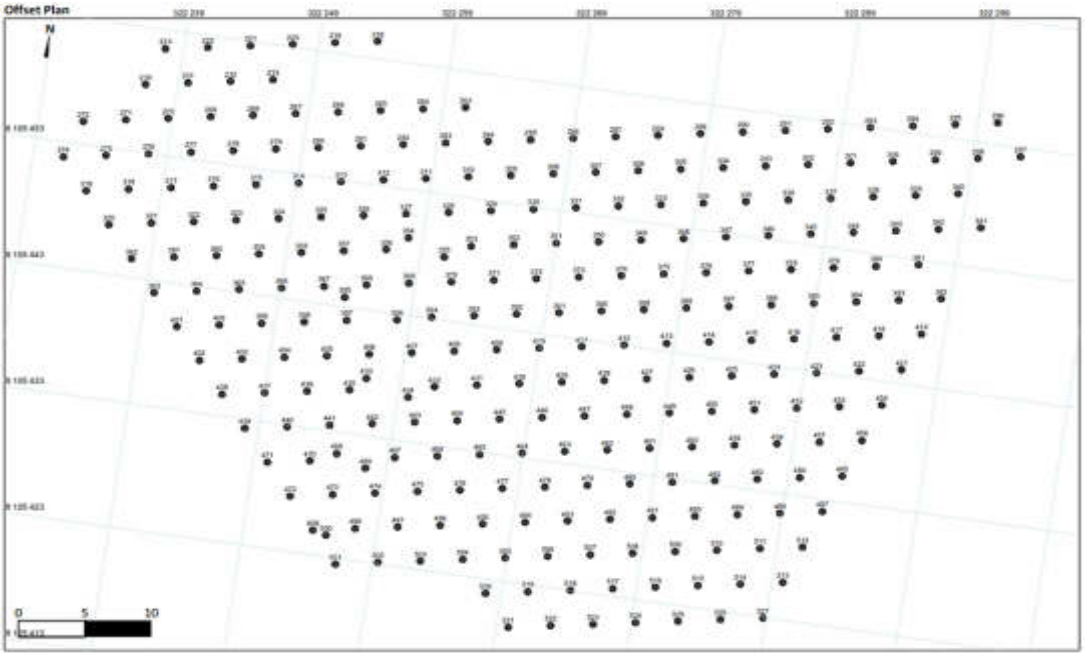
Diseño de Carga – Proyecto 019



Fuente 2: Elaboración Propia

Figura 19

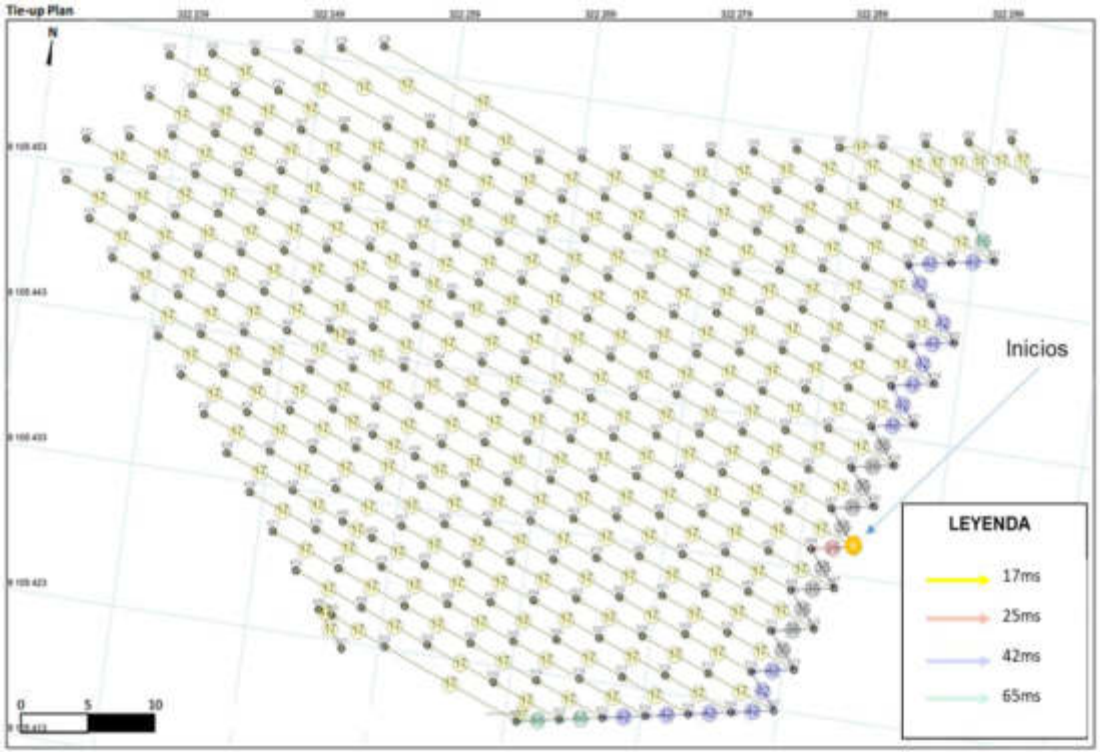
Plano del Proyecto 019



Nota: Elaboración Propia, software Enaex.

Figura 20

Diseño de amarre del proyecto 019



Nota: Elaboración Propia, software Enaex.

Figura 21

Imagen Pre – Voladura.



Nota: Elaboración Propia

Figura 22

Imagen Post – Voladura.

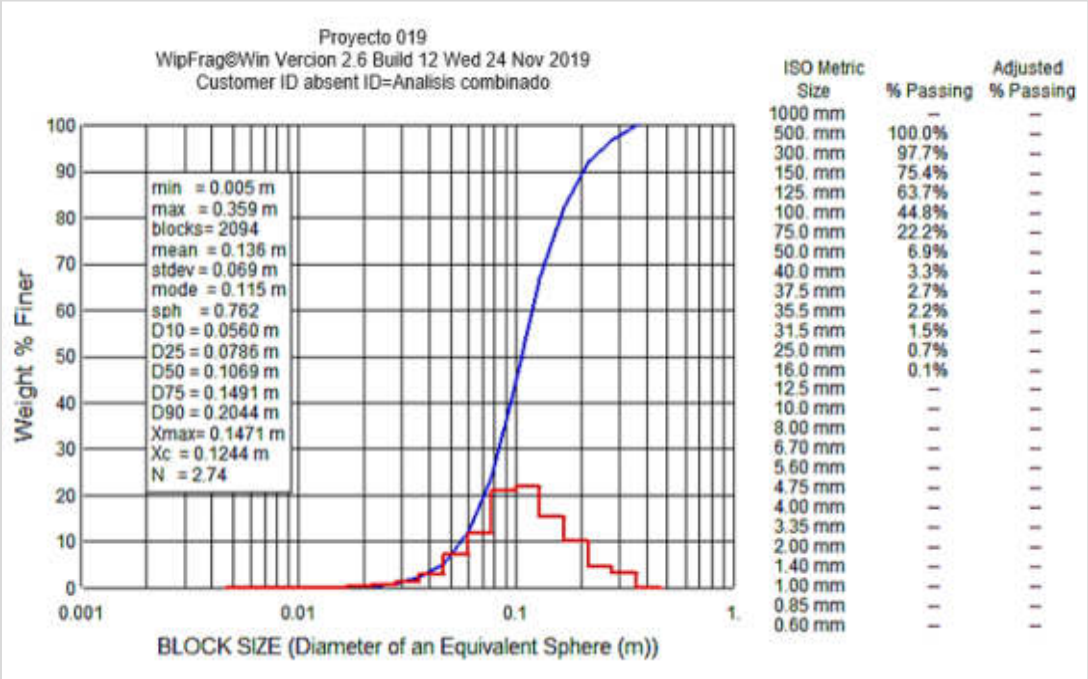


Nota: Elaboración Propia.

4.1.1.5. Registro de Vibraciones

Figura 23

Curva de fragmentación - Wipfrag



Nota: Elaboración Propia.

Tabla 13

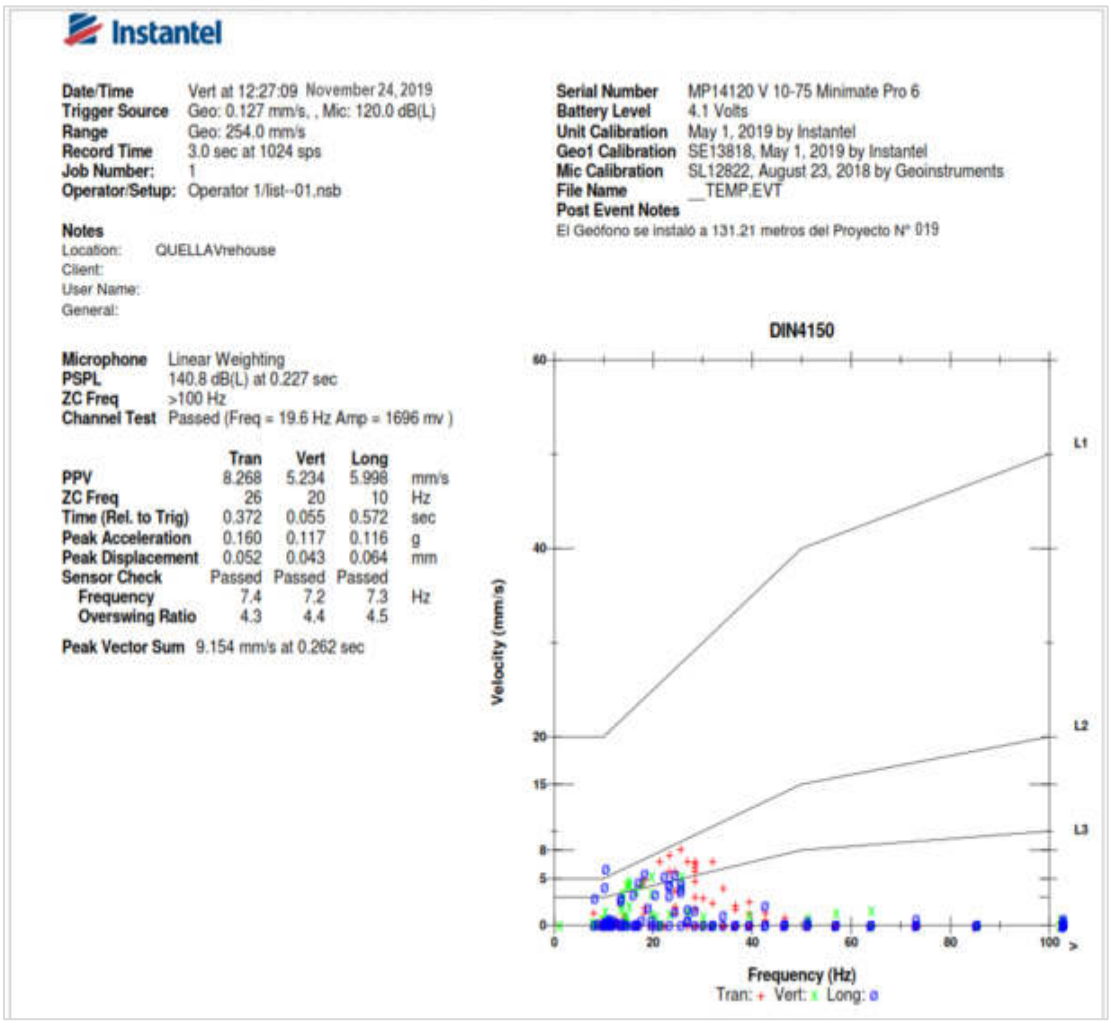
Monitoreo de Vibraciones.

Fecha	***Mallas Monitoreadas***	***PPV (mm/s)***			***PPV (mm/s)***	***Air Blast (dB)***
		Trans.	***Vert.***	***Long.***		
24-11-2019	Py_019 Plataforma de Espesadotres - GyM	8.268 mm/s	5.234 mm/s	5.998 mm/s	9.154	140.8

Nota: Elaboración Propia.

Figura 24

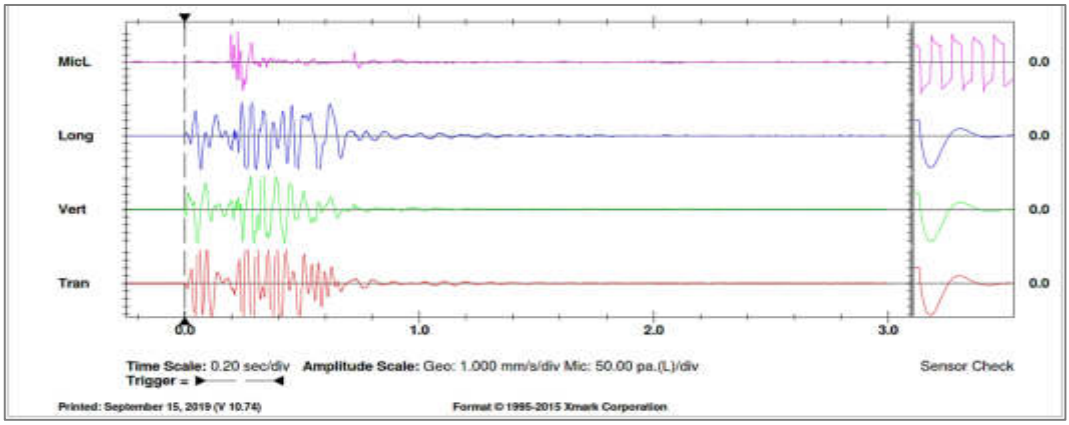
Registro de Vibraciones, Proyecto 019



Nota: Elaboración Propia.

Figura 25

Análisis de Vibraciones.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 26

Parámetros de la Norma DIM 4150

TIPO DE EDIFICACIÓN	FRECUENCIA (HZ)		
	< 10 HZ	10 - 50 HZ	50 - 100 HZ
	VELOCIDAD (mm/s)	VELOCIDAD (mm/s)	VELOCIDAD (mm/s)
TIPO I: Edificios Publicos o Industrial	20	20....40	40....50
TIPO II: Edifios de Viviendas o Asimiibles a Viviendas	5	5....15	15....20
TIPO III: Edificios Historicos o por su Construcción son Sensibles a la Vibracion	3	3....8	8....10

Nota: Asistencia Técnica Quellaveco - Enaex

4.1.1.6. Interpretación

Se Realizó monitoreo de vibraciones a 131.21 m., al Sur del Proyecto 019; obteniéndose una PPV Suma de 9.154 mm/s en 0.262 s., de tal forma que la voladura supero el tipo de edificación 2 y 3, considerando construcciones de concreto no mayor a 125 m., el cual presenta indicio de daños menores, a la vez se tubo presencia de fly rock, dichos valores se encuentran por debajo del umbral de daño “Tipo I” según la Norma DIN4150.

4.1.2. Proyectos de Fragmentación con Plasma

4.1.2.1. Proyecto 055

Tabla 14

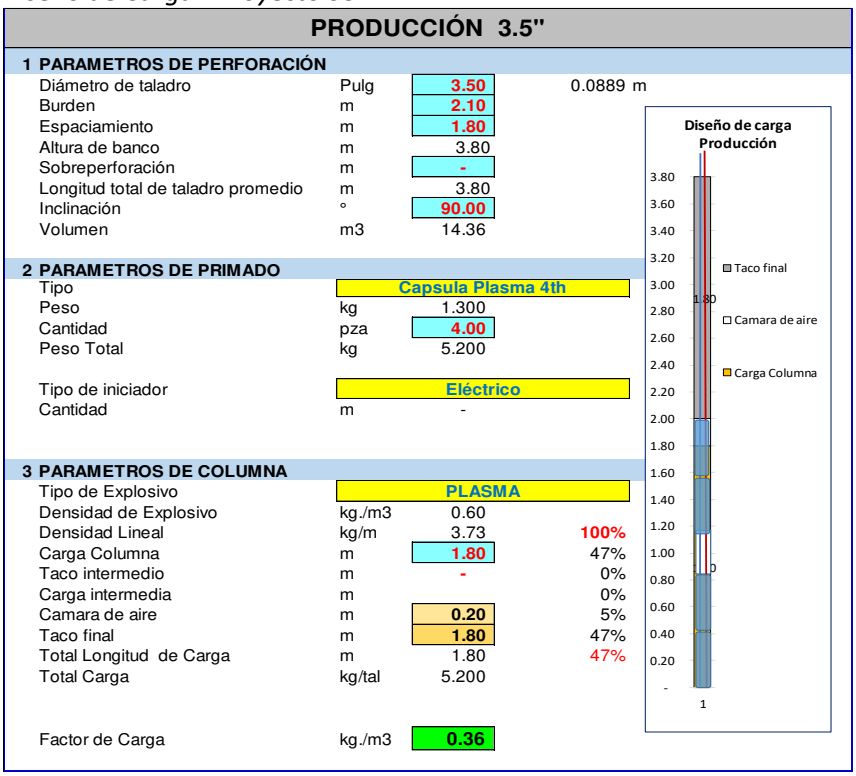
Resumen de la Fractura.

DISPARO		*PLATAFORMA FLOTACIÓN*
PROYECTO		*55*
FECHA		*08/11/19*
HORA DE DISPARO	*(Pm)*	*13:00*
VPP SUMA	*(mm/s)*	*1.64*
N° TAL	*(Unidad)*	*73*
N° SHORT HOLE	*(Unidad)*	*0*
N° BUFFER	*(Unidad)*	*0*
N° PRODUCCIÓN	*(Unidad)*	*73*
FC	*(Kg/Tn)*	*0.36*
TOTAL, PLASMA.	*(Kg)*	*340*
PLASMA 4TH	*(Kg)*	*340*
VOLUMEN	*(m^3)*	*964.00*
MALLA	*(m x m)*	*Prod 2.10x1.80*

Nota: Elaboración Propia

Figura 27

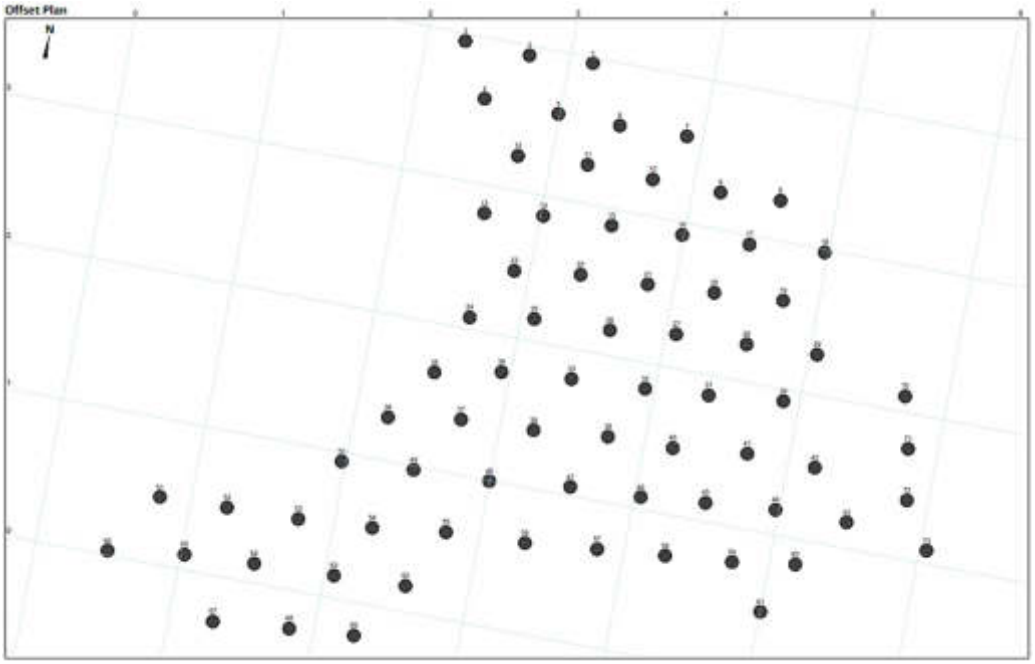
Diseño de Carga - Proyecto 55.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 28

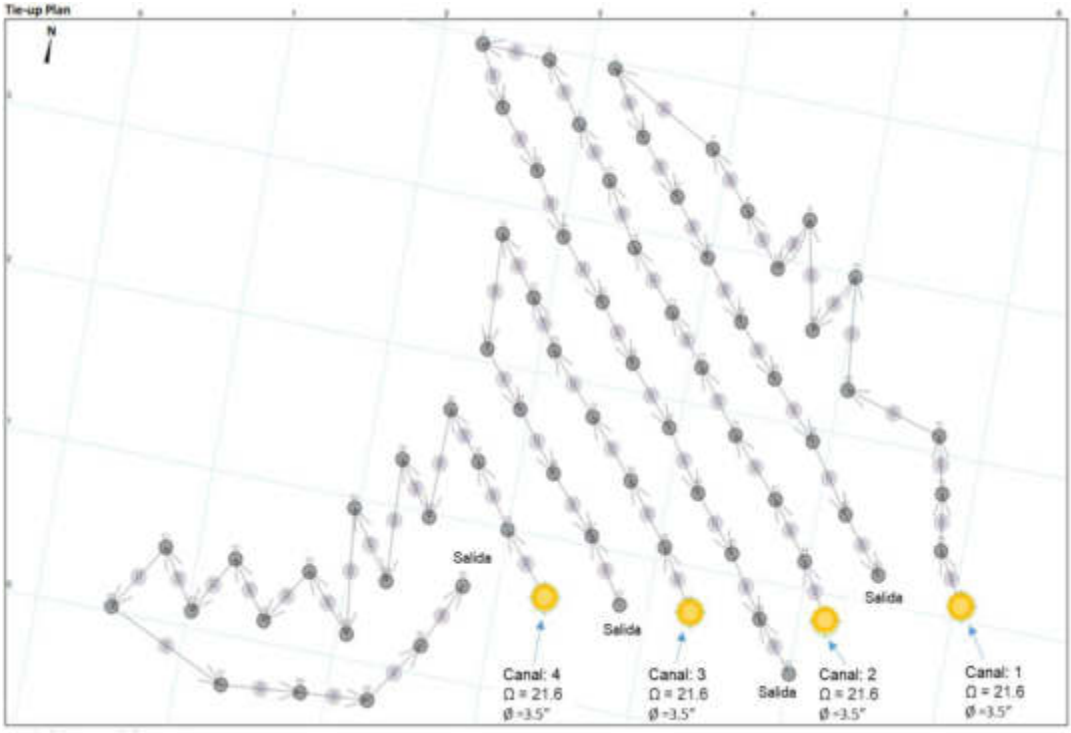
Plano del Proyecto 55.



Nota: Elaboración Propia, software Enaex.

Figura 29

Diseño de amarre del proyecto 55



Nota: Elaboración Propia, software Enaex.

Figura 30

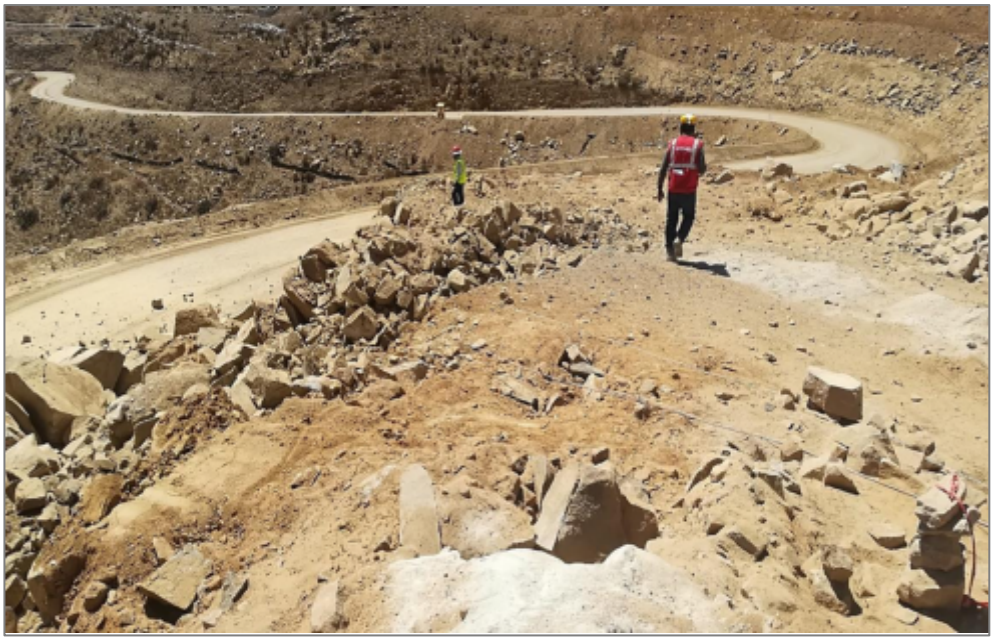
Imagen Pre - Voladura



Nota: Elaboración Propia

Figura 31

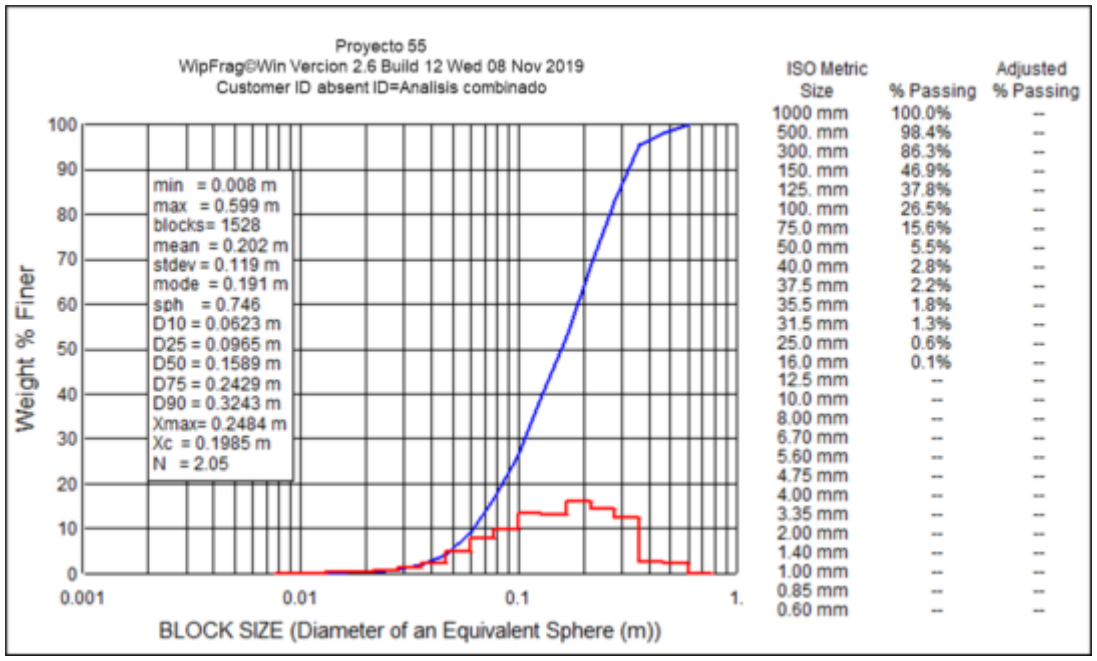
Imagen Post – Voladura.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 32

Curva de fragmentación - Wipfrag



Nota: Elaboración Propia.

4.1.2.2. Registro de Vibraciones

Tabla 15

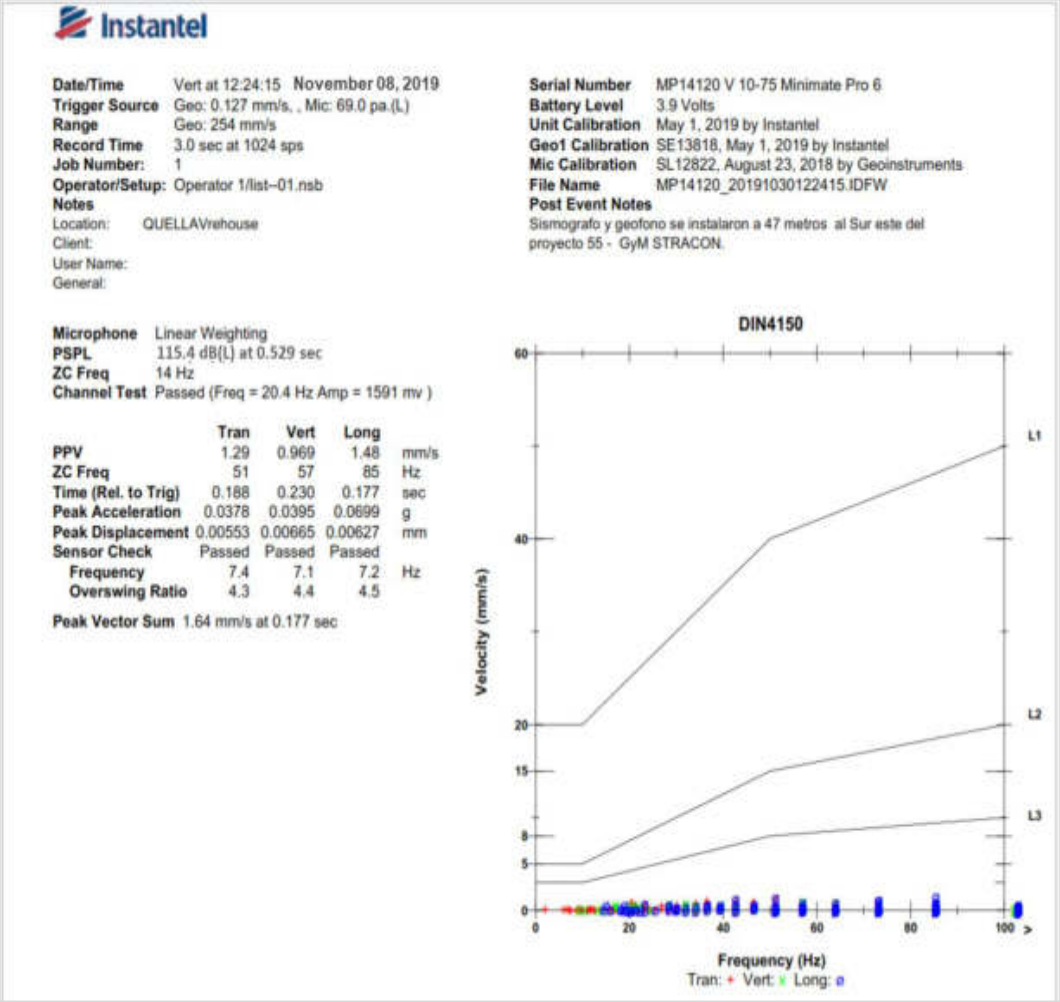
Monitoreo de Vibraciones.

Fecha	***Mallas Monitoreadas***	***PPV (mm/s)***			***PPV (mm/s)***	***Air Blast (dB)***
		Trans.	***Vert.***	***Long.***		
08-11-2019	Py_55 Plataforma Flotación – GyM	1.29 mm/s	0.96 mm/s	1.48 mm/s	1.64	115.4

Nota: Elaboración Propia

Figura 33

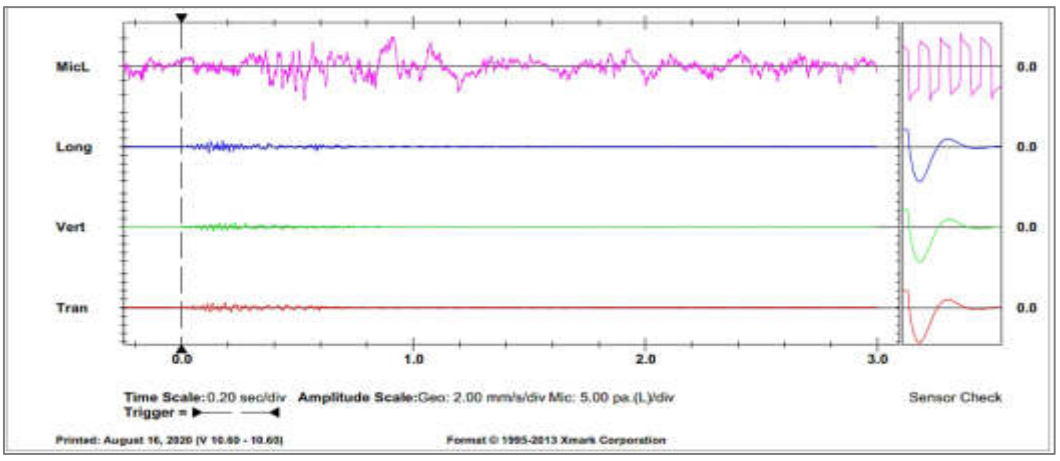
Registro de Vibraciones, Proyecto 55



Nota: Elaboración Propia.

Figura 34

Análisis de Vibraciones



Nota: Elaboración Propia.

Figura 35

Cuadro de Valores de NORMA DIM 4150.

TIPO DE EDIFICACIÓN	FRECUENCIA (HZ)		
	< 10 HZ	10 - 50 HZ	50 - 100 HZ
	VELOCIDAD (mm/s)	VELOCIDAD (mm/s)	VELOCIDAD (mm/s)
TIPO I: Edificios Publicos o Industrial	20	20....40	40....50
TIPO II: Edifios de Viviendas o Asimiibles a Viviendas	5	5....15	15....20
TIPO III: Edificios Historicos o por su Construcción son Sensibles a la Vibracion	3	3....8	8....10

Nota: Asistencia Técnica Quellaveco - Enaex

4.1.2.3. Interpretación

Se Realizó monitoreo de vibraciones a 47 m., al Sur Este del Proyecto 55; obteniéndose una PPV Suma de 1.64 mm/s en 0.177 s., esta fractura obtuvo valores que se encuentran muy por debajo del umbral de daño “Tipo III” según la Norma DIN4150.

Además, teniendo en cuenta que no dificulto el transito antes y después de la fractura, asimismo en dicha zona cercana al proyecto, a una distancia de 60 m, se encuentran construcciones, campamentos, equipos entre otros.

4.1.2.4. Proyecto 109

Tabla 16

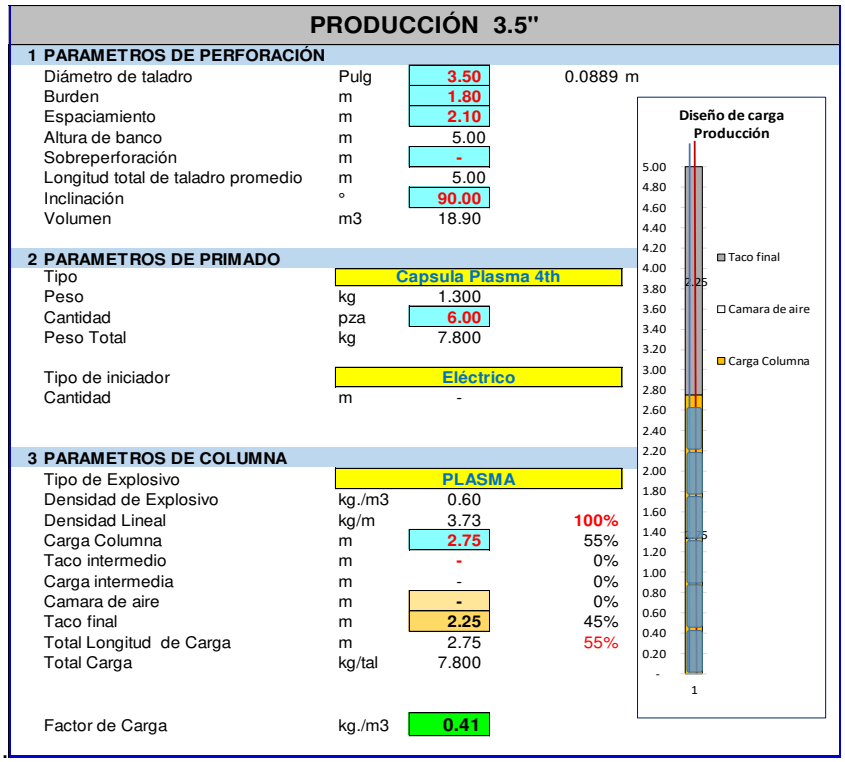
Resumen de Fractura.

DISPARO		*PLATAFORMA FLOTACIÓN*
PROYECTO		*109*
FECHA		*04/11/19*
HORA DE DISPARO	*(Pm)*	*13:00*
VPP SUMA	*(mm/s)*	*3.88*
N° TAL	*(Unidad)*	*121*
N° SHORT HOLE	*(Unidad)*	*0*
N° BUFFER	*(Unidad)*	*0*
N° PRODUCCIÓN	*(Unidad)*	*121*
FC	*(Kg/Tn)*	*0.41*
TOTAL, PLASMA.	*(Kg)*	*997*
PLASMA 4TH	*(Kg)*	*997.1*
VOLUMEN	*(m^3)*	*2,516.00*
MALLA	*(m x m)*	*Prod 1.8x3.5*

Nota: Elaboración Propia.

Figura 36

Diseño de Carga del Proyecto 109



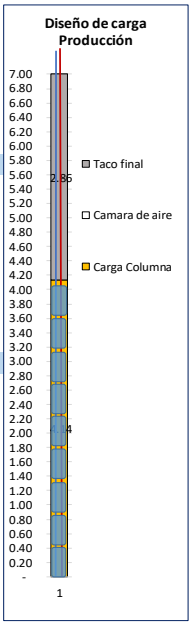
Nota: Elaboración Propia.

Figura 37

Diseño de Carga del Proyecto.

PRODUCCIÓN 3.5"

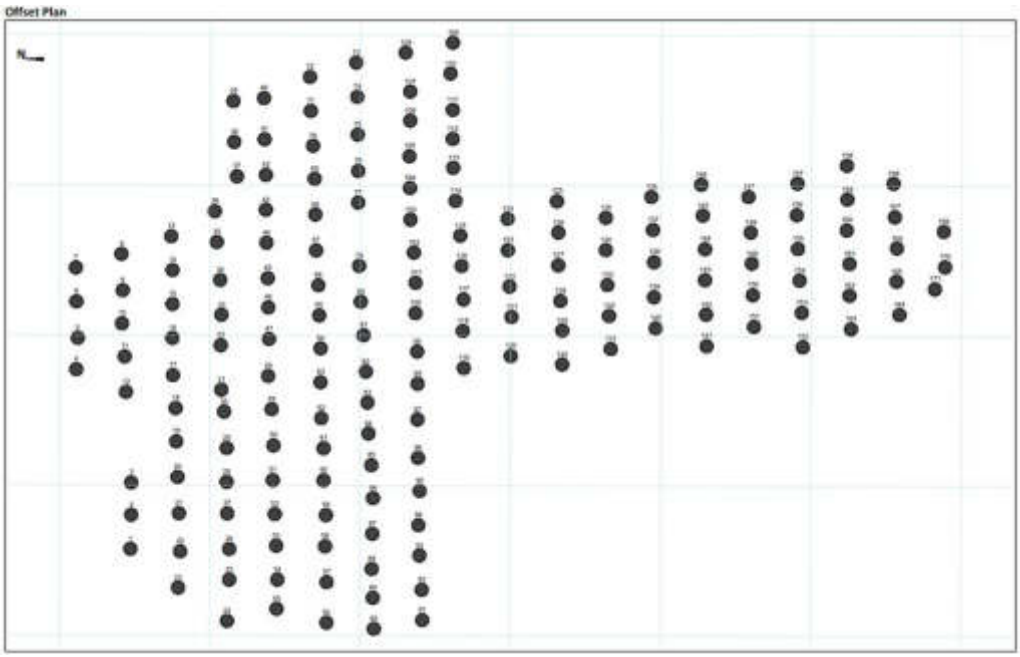
1 PARAMETROS DE PERFORACIÓN			
Diámetro de taladro	Pulg	3.50	0.0889 m
Burden	m	1.80	
Espaciamiento	m	2.10	
Altura de banco	m	7.00	
Sobreperforación	m	-	
Longitud total de taladro promedio	m	7.00	
Inclinación	°	90.00	
Volumen	m3	26.46	
2 PARAMETROS DE PRIMADO			
Tipo		Capsula Plasma 4th	
Peso	kg	1.300	
Cantidad	pza	9.00	
Peso Total	kg	11.700	
Tipo de iniciador		Eléctrico	
Cantidad	m	-	
3 PARAMETROS DE COLUMNA			
Tipo de Explosivo		PLASMA	
Densidad de Explosivo	kg./m3	0.60	
Densidad Lineal	kg/m	3.73	100%
Carga Columna	m	4.14	59%
Taco intermedio	m	-	0%
Carga intermedia	m	-	0%
Camara de aire	m	-	0%
Taco final	m	2.86	41%
Total Longitud de Carga	m	4.14	59%
Total Carga	kg/tal	11.700	
Factor de Carga	kg./m3	0.44	



Nota: Elaboración Propia.

Figura 38

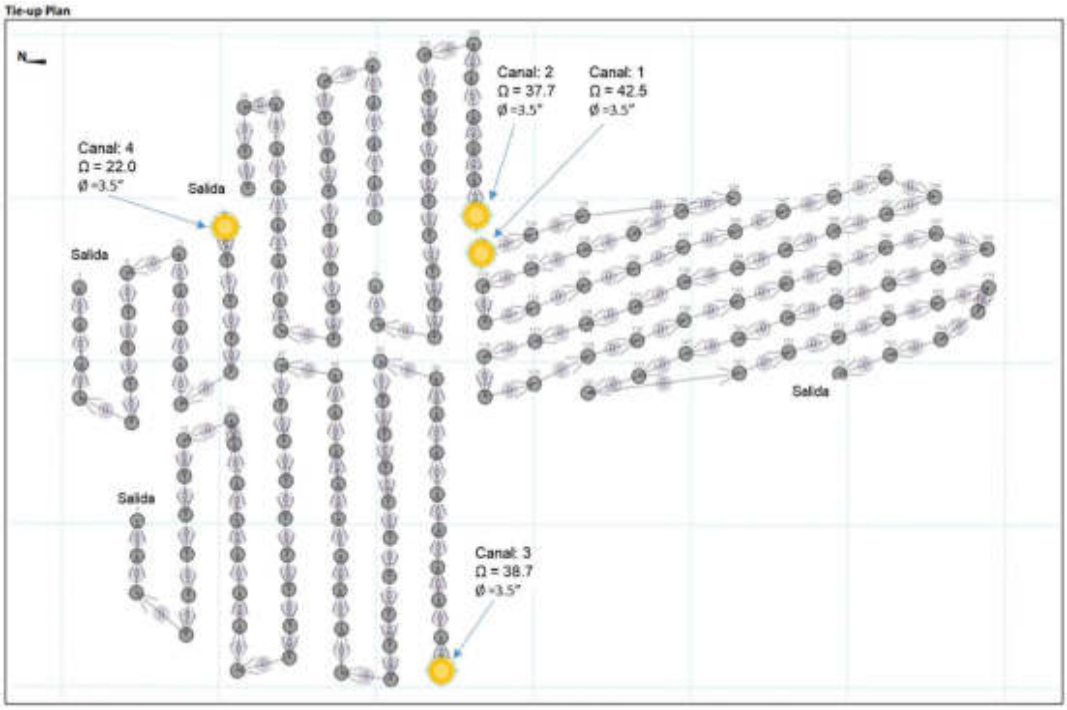
Plano del Proyecto 109.



Nota: Elaboración Propia, software Enaex

Figura 39

Diseño de Amarre del proyecto 109



Nota: Elaboración Propia, software Enaex.

Figura 40

Imagen Pre – Voladura.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 41

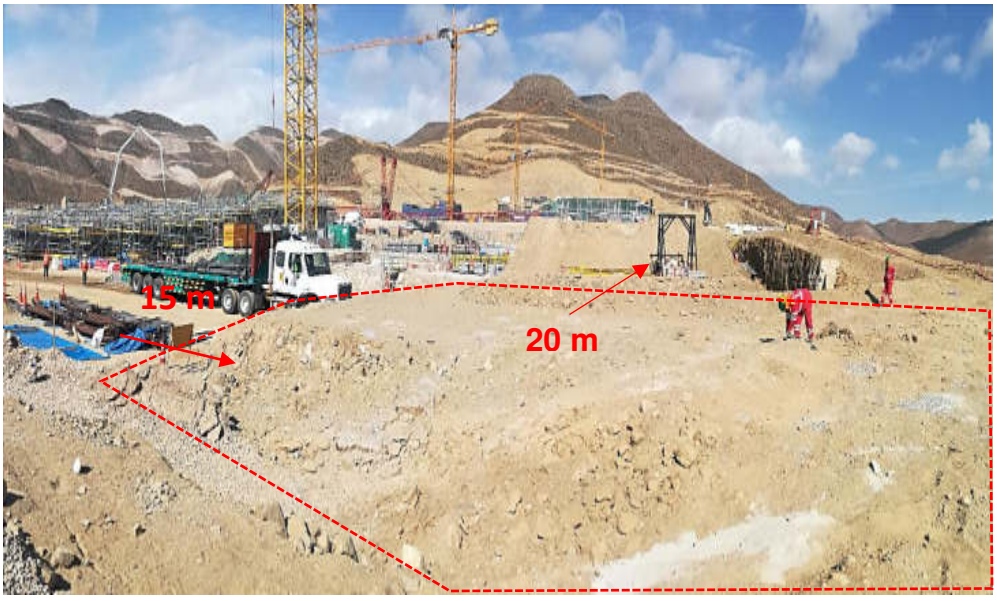
Imagen Post – Voladura.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 42

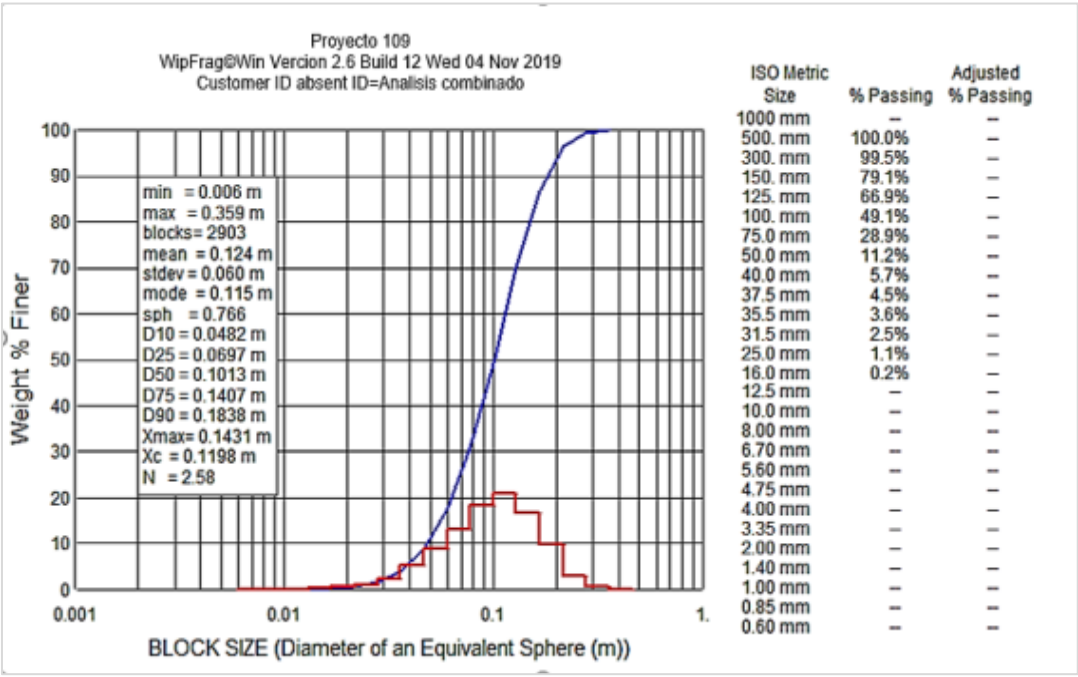
Imagen Post – Voladura.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 43

Curva de fragmentación - Wipfrag



Nota: Elaboración Propia

4.1.2.5. Registro de Vibraciones

Tabla 17

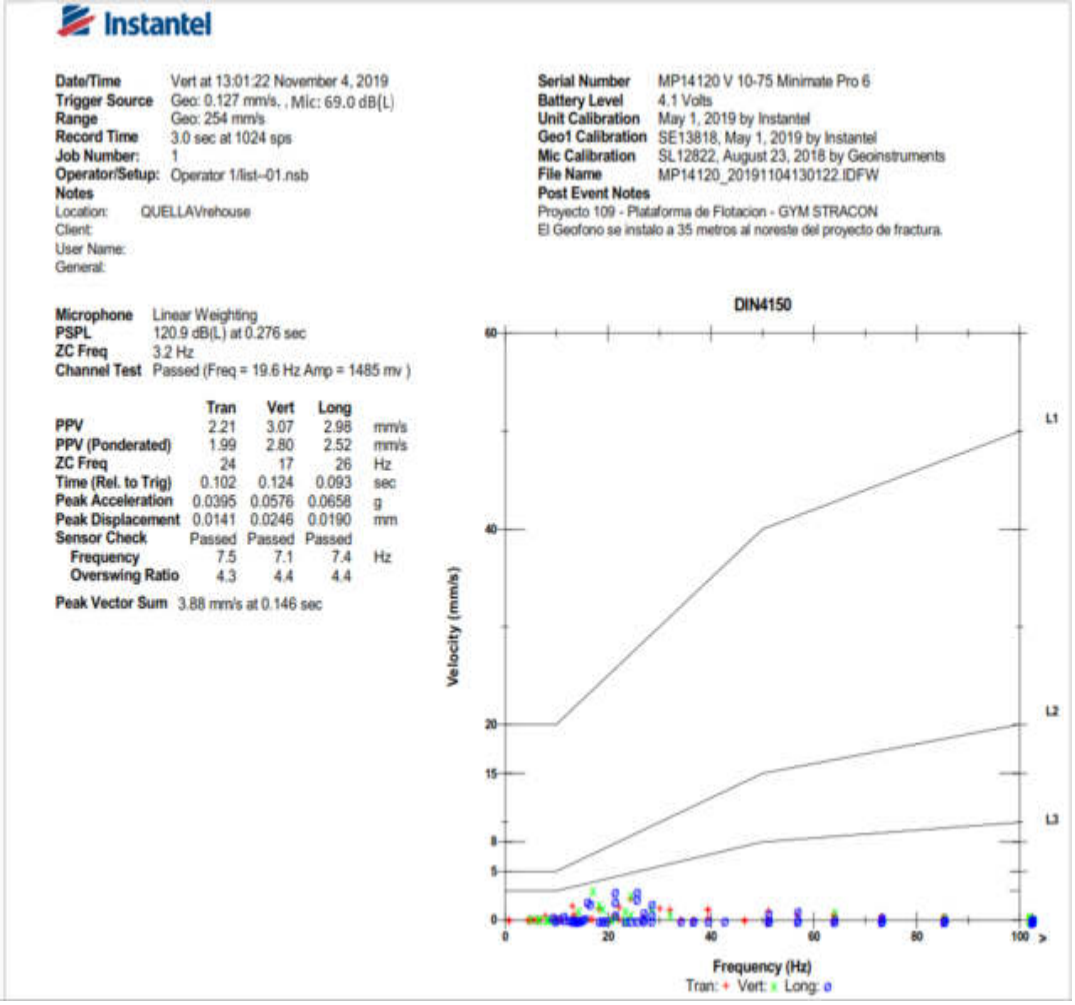
Monitoreo de Vibraciones.

Fecha	*Mallas Monitoreadas*	***PPV (mm/s)***			***PPV (mm/s)***	***Air Blast (dB)***
		Trans.	***Vert.***	***Long.***		
04-11-2019	Py_109 Plataforma Flotación – GyM	2.21 mm/s	3.07 mm/s	2.98 mm/s	3.88	120.9

Nota: Elaboración Propia.

Figura 44

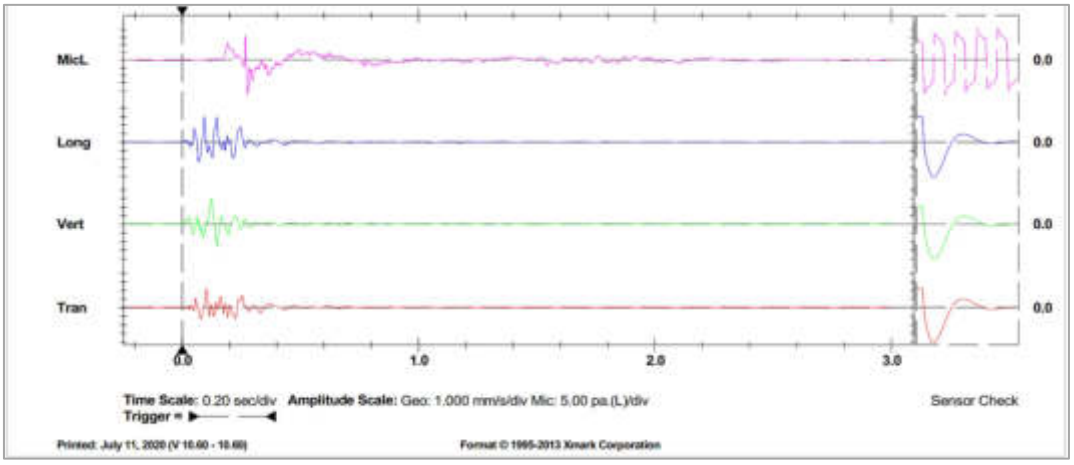
Registro de Vibraciones, Proyecto 109



Nota: Elaboración Propia.

Figura 45

Análisis de Vibraciones.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 46

Cuadro de Valores de NORMA DIM 4150.

TIPO DE EDIFICACIÓN	FRECUENCIA (HZ)		
	< 10 HZ	10 - 50 HZ	50 - 100 HZ
	VELOCIDAD (mm/s)	VELOCIDAD (mm/s)	VELOCIDAD (mm/s)
TIPO I: Edificios Publicos o Industrial	20	20....40	40....50
TIPO II: Edifios de Viviendas o Asimiibles a Viviendas	5	5....15	15....20
TIPO III: Edificios Historicos o por su Construcción son Sensibles a la Vibracion	3	3....8	8....10

Nota: Asistencia Técnica Quellaveco - Enaex

4.1.2.6. Interpretación

Se Realizó monitoreo de vibraciones a 35 m., al Noreste del Proyecto 109; obteniéndose una PPV Suma de 3.88 mm/s en 0.146 s., esta fractura obtuvo valores que se encuentran muy por debajo del umbral de daño “Tipo III” según la Norma DIN4150.

Además, dicha fractura no dificulto el tránsito y trabajos de contratistas cercanos al proyecto, así mismo se tuvo en consideración que en una distancia de 31 m., se encuentran. Construcciones, campamentos, Equipos.

CAPÍTULO V

Discusión de Resultados

El presente estudio investigación permitió obtener datos representativos de acuerdo a los monitoreos realizados. Seguidamente fueron simulados en el software Blastware, Opit Blast con los diseños de carga y tiempos asociados.

Se Realizó monitoreo de vibraciones a 100 m, al Este del Proyecto 110; obteniéndose una PPV Suma de 11.8 mm/s en 0.399 s., de tal forma que la voladura supero el tipo L2 y 3, considerando construcciones de concreto no mayor a 116 m, dichos valores se encuentran por debajo del umbral de daño “Tipo I” según la Norma DIN4150. Sin embargo, los resultados de la voladura no fueron los esperados ya que hubo presencia de bolonería y un p80 superficial de 21 cm., estos valores fueron útiles para ajustar nuestros diseños de cargas posteriores.

Se Realizó monitoreo de vibraciones a 131.21 m., al Sur del Proyecto 019; obteniéndose una PPV Suma de 9.154 mm/s en 0.262 segundos, de tal forma que la voladura supero el tipo de edificación 2 y 3, considerando construcciones de concreto no mayor a 125 m., el cual presenta indicio de daños menores, a la vez se tubo presencia de fly rock, Dichos valores se encuentran por debajo del umbral de daño “Tipo I” según la Norma DIN4150.

Este diseño tuvo mejores resultados en cuanto a fragmentación, con un P80 de 16 cm. Pero se observó presencia de Fly Rock.

Con los proyectos con plasma se obtuvo una mejora considerable a los diseños anteriores de voladura.

Se Realizó monitoreo de vibraciones a 47 m, al Sur Este del Proyecto 55; obteniéndose una PPV Suma de 1.64 mm/s en 0.177 s, esta fractura obtuvo valores que se encuentran muy por debajo del umbral de daño “Tipo III” según la Norma DIN4150.

Además, teniendo en cuenta que no dificulto el transito antes y después de la fractura, asimismo en dicha zona cercana al proyecto, a una distancia de 60 m, se encuentran construcciones, campamentos, equipos entre otros. En cuanto a resultados de fragmentación se obtuvo un P80 de ,26 cm, no se observó presencia de Fly Rock.

Se Realizó monitoreo de vibraciones a 35 m., al Noreste del Proyecto 109; obteniéndose una PPV Suma de 3.88 mm/s en 0.146 s., esta fractura obtuvo valores que se encuentran muy por debajo del umbral de daño “Tipo III” según la Norma DIN4150.

Además, dicha fractura no dificulto el tránsito y trabajos de contratistas cercanos al proyecto, así mismo se tuvo en consideración que a una distancia de 31 m., se encuentran Construcciones, campamentos, y Equipos.

Se pone en evidencia que los proyectos de fragmentación con plasma 55 y 109 monitoreados a una distancia menor a 50 m., los niveles de vibraciones y Fly rock son considerablemente bajos en comparación al uso de explosivos.

CONCLUSIONES

- ✓ Los resultados obtenidos de voladuras con Anfo, se logró determinar el nivel de daño, por medio de un registro de vibraciones mayores a 100 m., superando a las fracturas con plasma, el cual fue analizado con los resultados obtenidos

  En comparación de las fracturas con plasma 4th se obtuvo como resultado muy por debajo del umbral de daño de tipo III por el cual los monitoreos se colocaron en lugares críticos a las construcciones no mayor a 50 m.
- ✓ Por medio de todos los resultados obtenidos se puede predecir si la cantidad de kg de Anfo como la cantidad de kg en capsulas de plasma, puede causar daño a las estructuras cercanas a los proyectos según diseño de amarre y tiempos asociados.
- ✓ Con los diseños de carga planteados en cada una de las voladuras y fracturas, las vibraciones no generaron daño a las estructuras de las construcciones cercanas al proyecto, ya que los valores obtenidos se encuentran por muy debajo del umbral de daño según la Norma DIN 4150.
- ✓ Por medio del método de formulación de cráter de Frank Chiappetta, se pudo comparar los SD obtenidos y hacer un ajuste respectivo de los diseños de carga, para así bajar los riesgos de Fly rock en zonas cercanas a campamento.

- ✓ Se obtuvo un óptimo P80 promedio para cada una de las Voladuras y como para las fracturas con plasma 4th.

  Voladuras:

  - ❖ P80 del Proyecto 110 fue 21 cm equivalente a 8.3 pulg.
  - ❖ P80 del Proyecto 019 fue de 16 cm equivalente a 6.3 pulg.

  Fracturas:

  - ❖ P80 del Proyecto 55 fue de 26 cm equivalente a 10.2 pulg, este resultado fue por la presencia de taladros tapados.
  - ❖ P80 del Proyecto 109 fue 18 cm equivalente a 7.1 pulg.

  Estos valores de desmonte se encuentran en el rango solicitado por la contratista GyM, a la vez hubo ahorro de costos de horas máquina y horas hombre por lo que las fracturas fueron muy cercanos a las construcciones.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se puede reducir los efectos del daño de las vibraciones mediante un control de registros confiables; por lo que se recomienda que las personas que hacen los monitoreos de vibraciones sean realizadas por personas capacitadas.
- ✓ Se considera trabajar a un taco no menor a 1.50 m.
- ✓ Se recomienda registrar los valores obtenidos por voladura para un mejor control.
- ✓ Se recomienda capacitar al personal de carguío para asegurar el correcto cumplimiento de PETS.
- ✓ Finalmente se recomienda realizar monitoreos en puntos más críticos y así determinar un mejor análisis de daño inducido por la fragmentación de rocas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Basilio Mendoza , E. E. (9 de Agosto de 2014). *Tesis PUCP*.

Asecio, C. N. (02 de Marzo de 2012). Plasma: Nueva tecnología de fractura de roca. (g. g. Por Claudio Núñez Asecio, Ed.) *Grupo Editorial Editec*, 02.

Barrazueta Jabier , N. R. (2014). Estudio Geologico - Géotecnico del Proyecto Túnel de Desvío Rio Asana - Quellaveco - Moquegua. *Tesis*. Puno, Perú.

Enaex. (2017). *Características técnicas.*

Enaex S.A. (s.f.). Manual de Tronadura Enaex S.A. *Terminologia de la Tronadura*. Chile.

Enaex, A. d. (2019). Plasma - Unidad minera el Brocal. *Disminución de daños ambientales a través del uso de Plasma 4TH.* Enaex, Lima, Colquijirca, Perú. Obtenido de Plasma: https://plasma4th.com/proyecto/el-brocal/

Exsa S.A. (s.f.). *Manual Practico de Voladura - Edición Especial.* Obtenido de https://www.academia.edu/8493894/Manual_Practico_de_Voladuras

Kapra & Associates. (s.f.). Pulse plasma rock fragmentation technology. *Korea Acelerator andPlasma Research Association Physico Technology Laboratory*.

Knight Piésold Consultores S.A. (2008). *Modificación de Estudio de Impacto Ambiental.* Lima.

Rafael Beltran, H. A. (2019). Implementación del Plan de Respuesta a Emergencia en la Construcciónde Presa de Relaves – Consorcio JJC – BESALCO S.A.C. - CIA. MINERA QUELLAVECO. *Implementación del Plan de Respuesta a Emergencia en la Construcciónde Presa de Relaves – Consorcio JJC – BESALCO S.A.C. - CIA. MINERA QUELLAVECO*. Arequipa, Perú. Obtenido de Tesis.

Riquelme, S. (7 de Setiembre de 2020). *Guía Minera de Chile*. Obtenido de Guía Minera de Chile.

Stefanie Castillo, O. M., & Dapello Vizcarra, J. R. (Junio de 2009). Tesis. *Diseño de un Modelo Predictivo a partir de un estudio devibraciones en una voladura en una Mina modelo*. Lima, Perú.

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 18

Matriz de Consistencia

	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	METODOLOGIA
General	¿La aplicación del plasma 4th realizara una mejor fragmentación controlada en la plataforma T 7 – Proyecto Quellaveco?.	Aplicando un diseño de carga con plasma 4th, se logrará una fragmentación controlada con la reducción de vibraciones y bajo nivel de fly rock en la plataforma T-7 proyecto Quellaveco.	Aplicando un diseño de carga con el plasma 4th, se podrá hacer una fragmentación controlada, minimizando las vibraciones menores a 4 mm/s, reduciendo los daños e incidencia de fly rock en la plataforma T 7 – proyecto Quelllaveco.	Variable independiente • Aplicación del fracturador plasma 4th. • Reducción de las vibraciones y proyección de rocas (fly rock) • Registro fotográfico, antes y después de las fracturas Variable dependiente • Fragmentación controlada con plasma 4th. • Control de vibraciones en fracturas con plasma 4th. • Control de la proyección de rocas (fly rock), en plataforma T 7.	Tipo de investigación En el ámbito de la metodología, la investigación se clasifica en un tipo de investigación experimental cuantitativo. Diseño de investigación Diseño de investigación según el método de manipulación de datos: Experimental Cuantitativo.
Específicos	¿Con la aplicación del plasma 4th para fragmentación controlada, se podrá reducir el nivel de las vibraciones menores a 4 mm/s, en la plataforma T 7 – proyecto Quellaveco?	1. Minimizar las vibraciones menores a 4 mm/s, en estructuras cercanas al campamento T 7 – proyecto Quellaveco. 2. Reducir el nivel de fly rock en zonas cercanas al campamento T 7 – proyecto Quellaveco. 3. Mejorar la fragmentación y esponjamiento de la pila de material. .	1. Empleando un diseño de carga, se podrá minimizar las vibraciones menores a 4 mm/s, en estructuras cercanas al campamento T7- proyecto Quellaveco. 2. Aplicando un diseño de carga con capsulas de plasma 4th se podra reducir las probabilidades de fly rock en zonas cercanas al campamento T7- proyecto Quellaveco. 3. Aplicando un diseño de carga con capsulas de plasma 4th tendremos resultados positivos de esponjamiento en la pila de material.		

.

Nota: Elaboración Propia.

ANEXOS 2

Figura 47

Imagen de Zona de Estudio



Nota: Internet Google Earth

Figura 48

Imagen de Zona de estudio



Nota: Elaboración Propia

ANEXOS 3

Procedimiento de operación de Voladura

Figura 49

Procedimiento escrito de trabajo seguro – PETS/JSA.

Enaex	**PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO – PETS / JSA**				**CÓDIGO:**	K-CS-292B-HSE-JSA-013_R6
	TRABAJOS DE VOLADURA PRIMARIA				**VERSION:**	06
	Gerencia:	**CONSTRUCCION**	**Página:**	3 **de** 11	**FECHA DE APROBACIÓN :**	20/03/2020

SECCIÓN I – INFORMACIÓN GENERAL			
PROYECTO QUELLAVECO	Nombre de la Empresa: CHEMTRADE S.A.C.	N°. de Contrato: Q1CO-K-CS-292B	Fecha: 15.03.2020
Ubicación(es) Específica(s): Área 2000, 3000, 4000 y 5000		Nivel de Riego Residual (IPERC Línea Base): Medio	

Alcance del trabajo / Descripción:

Alcance:

A todos los trabajadores involucrados en los TRABAJOS DE VOLADURA PRIMARIA

Descripción:
La acción de fragmentar o fracturar la roca, mediante el empleo de explosivos se denomina voladura.
Los explosivos y accesorios serán usados en el carguío de los taladros perforados, para realizar la rotura de roca fija mediante la voladura, que debidamente iniciadas, dan lugar a una reacción química muy violenta y rápida. Dicha reacción produce gases a alta temperatura y presión fragmentando la roca. La manipulación de los explosivos y sus accesorios se realizará por personal capacitado y autorizado con su carnet SUCAMEC.

En caso de una emergencia comunicarse a los siguientes contactos de emergencia del proyecto:
- Teléfono fijo 053-309044
- Celular – 943652972

Radio canal 1 indicando la palabra "NIDO".

Responsabilidades: (Identificar al personal responsable de proveer recursos, indique cargos y especificar sus responsabilidades)

- **Supervisor de Voladura (Enaex 01):** Ingeniero responsable en brindar las instrucciones a la(s) cuadrilla(s) que hará(n) el manipuleo de los explosivos, accesorios de voladura en el polvorín.
- **Supervisor SSOMA:** Ingeniero responsable de verificar que se cumplan con los procedimientos y estándares en el área de trabajo.
- **Ing. Asistencia técnica:** Ingeniero encargado de proporcionar los diseños e insumos necesarios para la voladura.
- **Operador de Camión Furgón:** Personal responsable de trasladar los explosivos de polvorines al área de carguío.
- **Operador de Camioneta Furgón:** Personal responsable de trasladar accesorios de voladura de polvorines al área de carguío.
- **Operarios de piso:** Personal de apoyo para manipular los explosivos y accesorios de voladura.

Equipos, Herramientas y Materiales Requeridos: (especificar qué y cantidad)

- **Equipos:** 02 camionetas para traslado de herramientas y materiales, 01 camioneta para traslado de accesorios de explosivos, 01 camión furgón para traslado de explosivos, Radio Handy (En función al número de vigías), 01 detector de tormentas, 02 equipos para iniciación electrónico de voladura, un equipo iniciador para voladura no eléctrica, cámara fotográfica.
- **Herramientas:** atacadores de madera, cuchilla pico de loro, tijera, conos de seguridad, picos, lampas, lampas, winchas, cinta aislante. carretillas, combas, cinta de señalización, barras extensibles, letreros de señalización, estacas de madera.

Requerimiento de personal para la tarea: (Especificar cargo y cantidad)

- **01 Supervisor de Voladura (Enaex 01):** Ingeniero responsable en brindar las instrucciones a la(s) cuadrilla(s) que hará(n) el manipuleo de los explosivos, accesorios de voladura en el polvorín.
- **01 Supervisor SSOMA:** Ingeniero responsable de verificar que se cumplan con los procedimientos y estándares en el área de trabajo.
- **01 Ing. Asistencia técnica:** Ingeniero encargado de proporcionar los diseños e insumos necesarios para la voladura.
- **01 Operador de Camión Furgón:** Personal responsable de trasladar los explosivos de polvorines al área de carguío.
- **01 Operador de Camioneta Furgón:** Personal responsable de trasladar accesorios de voladura de polvorines al área de carguío.
- **07 Operarios de piso:** Personal de apoyo para manipular los explosivos y accesorios de voladura.

Requerimientos de EPP: (Especificar detalle del EPP y cantidad)

- **Personal**: 01par de orejeras, 01 tapón de oídos, 01 par de lentes de seguridad, 01 par de guantes anti cortes, 01 juego uniforme de trabajo, 01 chaleco de seguridad con cinta reflectiva, 01 par de zapatos de seguridad, 01 casco de seguridad, 01 cortaviento, 01 barbiquejo (según tarea), 01 juego respirador media cara con filtros para polvo y/o gases (según condiciones), 01 bloqueador solar, ropa de agua (según condiciones).

Restricciones:

- No ingresará al proyecto de voladura personal que no esté capacitado, y certificado con carnet de manipulador de explosivos SUCAMEC vigente categoría III.
- Solamente se trabaja con equipos autorizados para transporte de explosivos.
- Está prohibido almacenar los explosivos y accesorios en otros envases que no seas los propios.
- Durante tormentas eléctricas (alerta roja y naranja), todo el personal debe evacuar y se activara el protocolo de voladura.
- No usar celular en proyectos donde se utilice detonadores electrónicos.
- Detener toda actividad si algún equipo presenta condiciones sub estándares que pongan en riesgo la integridad del personal, equipos, medio ambiente o equipos/vehículos al proceso.

SECCIÓN II – ¿EL TRABAJO REQUIERE ALGUNA DE LAS SIGUIENTES OPERACIONES?

3 = Requiere entrenamiento formal/especial λ = Requiere permiso/forma/reporte ν = Requiere certificación o designación de Persona Competente/Calificada

Δ = Operación Life Critical = Requiere Evaluación de Riesgo

	Si	Procedimiento		Si	Procedimiento
Plataforma Aéreas ✓ Δ	☐		Trabajo con Plomo ✓ λ ■	☐	
Asbestos ✓ λ ν	☐		Comunicación Limitada	☐	
Espacio Confinado ✓ λ ■ Δ	☐		Carga/Descarga de Material Δ	☒	HSE. 2.24
Riesgo Eléctrico ✓ λ ■ Δ	☐		Exposición a Ruido ✓	☒	HSE. 5.03
Paro de Emergencia	☐		Camiones Industriales ν Δ	☐	
Excavaciones / Zanjas λ ■ Δ	☐		Proceso Inestable/alterado	☐	
Apertura de Líneas ✓ λ Δ	☐		Área de Trabajo con Radiación ✓ λ	☐	
Retirada de Rejilla/Tapas/Barandales λ Δ	☐		Ubicación Remota	☐	
Control de Energías Peligrosas ✓ λ ■ Δ	☐		Riesgos Respiratorios ✓	☒	HSE. 5.02
Productos Peligrosos HDS ✓	☒	HSE. 4.02	Trabajos en Techos 3 λ ■ Δ	☐	
Operaciones de Limpieza Peligrosas ✓ λ	☐		Tráfico Vehicular en Sitio	☐	
Maquinaria Pesada ✓ ■ Δ	☐		Temperaturas Extremas	☐	
Potenciales de Alta Energía	☐		Mantenimiento Inesperado/Cambios	☐	
Eslingado, Suspensión y Grúas ✓ ■ Δ	☐		Procedimiento de voladura	☒	HSE. 2.33 / 2.52
Trabajos Caliente ✓ λ	☐		Trabajo en Altura (≥1.8 m) ✓ λ ■ Δ	☐	
Escaleras y Andamios ✓ λ ■	☐		Otros	☒	HSE. 2.46

SECCIÓN III ¿ALGUNO DE ESTOS FACTORES HUMANOS/ORGANIZACIONALES ES APLICABLE EN ESTE TRABAJO?

Naturaleza Humana

- ☐ Asunciones (inadecuada imagen mental)
- ☒ Complacencia /exceso de confianza
- ☒ Distracción
- ☐ Hábitos
- ☒ Inapropiada percepción de los riesgos
- ☐ Memoria a corto plazo limitada
- ☐ Atajos mentales
- ☐ Mentalidad
- ☐ Estrés (atención limitada)

Factores Organizacionales

- ☐ Importancia de la programación
- ☐ Falta de soporte a la autoridad de parar el trabajo inseguro
- ☐ Conflictos personales
- ☐ Comunicación pobre con los compañeros/supervisor
- ☐ Objetivos, roles y responsabilidades no claras

Demandas de la Tarea

- ☐ Alta carga de trabajo (requisito de memoria)
- ☐ Requisitos de interpretación
- ☐ Actos irrecuperables
- ☐ Falta de estándares o poco claros

Ambiente de Trabajo

- ☐ Cambios /salidas de rutina
- ☐ Paneles o controles confusos
- ☒ Distracciones/interrupciones
- ☐ Respuesta oculta del sistema
- ☐ Falta de indicación alternativa
- ☐ Condiciones inesperadas del equipo
- ☐ Trabajos alrededor/ Instrumentos OOS

Capacidades Individuales

- ☒ Actitud "Peligrosa" en tarea crítica
- ☐ Enfermedad/fatiga
- ☐ Hábitos de comunicación imprecisos
- ☐ Escasas habilidades de resolución de problemas
- ☐ Falta de conocimiento (modelo mental)
- ☐ Falta de competencia/ inexperiencia
- ☐ Nueva técnica no utilizada anteriormente
- ☐ No familiarizado con la tarea – primera vez

SECCIÓN IV			EVALUACIÓN DEL RIESGO RESIDUAL		
A PASOS DE LA TAREA	B PELIGROS / ASPECTOS AMBIENTALES	C MEDIDAS DE CONTROL	D CONSECUENCIA	E PROBABILIDAD	F NIVEL DE RIESGO
1. Reconocimiento del área y Señalización de la malla de carguío	1. Superficies de trabajo en mal estado e irregular 2. Talud inestable, suelos / plataformas inestables 3. Manipulación de herramientas y objetos varios durante la señalización. 4. Maquinaria en movimiento	1.1 Realizar una inspección visual de la supervisión previa del área de trabajo 1.2 El personal debe evitar ingresar al área de proyecto por zonas próximas al toe del banco y cresta, de existir caídas de rocas o desprendimiento de bancos se debe esperar la evaluación por parte de supervisión. 1.3 Caminar por lugares libres de obstáculos. Está prohibido correr dentro del proyecto de voladura. 1.6 Nunca se debe dar la espalda a la cresta y a los taludes 2.1 Se debe realizar una inspección visual del talud identificando la presencia de rocas sueltas. Si se identifican se comunicará al supervisor de operaciones (Enaex 1) y al (O1) de la empresa encargada del área donde se realizará la voladura, para su liberación. 2.2 Se debe paralizar trabajos que se realicen cerca al perímetro y bancos superiores del área carguío con explosivos que puedan ocasionar caída de material o caída rocas. 2.3 Se debe señalizar con cinta roja, el área donde se presente riesgo de caída previa evaluación de la supervisión, nunca se debe dar la espalda a la cresta cuando se realice esta actividad. 3.1 El personal involucrado deberá realizar la inspección de las herramientas antes de utilizarla, en caso se encuentre en mal estado alguna herramienta, se comunicará la supervisión para su retiro. 3.2 Se deberá utilizar conos, cinta, estacas, letreros (PELIGRO ÁREA CARGADA CON EXPLOSIVO, PROHIBIDO EL INGRESO SOLO PERSONAL AUTORIZADO, PROHIBIDO FUMAR, PROHIBIDO EL USO DE CELULARES Y ZONA SEGURA DE PARQUEO), para señalizar y delimitar el área de carguío. 3.3 Para realizar la colocación de estacas, se utilizará una comba, en la zona de cresta se señalizará con conos en presencia de bermas, de no existir se colocará estacas con cinta roja y/o conos. La distancia de la señalización a la cresta será de mínimo 1m. 3.4 Se colocará conos de referencia en el taladro de inicio y en los extremos de la línea troncal, para identificar y ordenar el sentido de la distribución en los explosivos y accesorios de voladura y secuencia de amarre. 4.1 El área de carguío con explosivos debe ser aislada de toda otra operación de equipos de línea amarilla en operación como mínimo 25 m y de presentarse tránsito de equipos se solicitará al supervisor de operaciones (O1) de la empresa encargada del área donde se realizará la voladura, la colocación de bermas de seguridad.	2	E	16
2. Identificación y medición de taladros	1. Superficies de trabajo en mal estado, irregular 2. Movimientos repetitivos (más de 4 veces por minuto de 2 o más horas al a día) 3. Talud inestable, suelos / plataformas inestables	1.1 Caminar por lugares libres de obstáculos. Está prohibido correr dentro del proyecto de voladura. 1.2 El personal autorizado realizará la medición de los taladros con una wincha y pesa. En caso de encontrar taladros cortos, reportar inmediatamente a supervisor de voladura y se colocará la medición en la estaca del taladro colocado por la contratista indicando el ID y la altura teórica del taladro. 1.3 En caso se presente algún taladro tapado se utilizará las barras de aluminio para desatorar. 1.4 Cuando se presente agua en los taladros, se debe comunicar inmediatamente a supervisor de voladura, el cual evaluará el explosivo a utilizar. 1.5 El winchero durante la medición de los taladros con agua, colocará la estaca invertida y escribirá en él la letra "W" y la altura de agua en el taladro. 1.6 Nunca se debe dar la espalda a la cresta y a los taludes 2.1 Considerar posición ergonómica, aplicar pausa activa para evitar fatiga muscular, rotar en el trabajo, mantener comunicación constante. 3.1 Se debe realizar una inspección visual del talud identificando la presencia de rocas sueltas. Si se identifican se comunicará al supervisor de operaciones (Enaex 1) y al (O1) de la empresa encargada del área donde se realizará la voladura, para su liberación.	2	E	16

		3.2 Se debe paralizar trabajos que se realicen cerca al perímetro y bancos superiores del área carguío con explosivos que puedan ocasionar caída de material o caída rocas. 3.3 Nunca se debe dar la espalda a la cresta y a los taludes.			
3. Descarga y distribución de explosivos y accesorios de voladura en el proyecto	1. Explosivos y Accesorios de voladura (manipulación y transporte) 2. Superficies de trabajo en mal estado, irregular Movimientos repetitivos (más de 4 veces por minuto de 2 o más horas al a día	1.1 El personal debe contar con su carnet de SUCAMEC. 1.2. Contar con las Hojas MSDS en el lugar de trabajo. 1.3 Se debe distribuir los explosivos y accesorios evitando golpearlos, pisarlos y arrastrarlos. (distancia de separación de 1m. mínimo entre explosivo booster y accesorio al distribuir) 1.4 Al descargar los explosivos y accesorios en el área de carguío se señalizará con conos amarillos por separado (5 metros como mínimo). 1.5 Se debe distribuir los accesorios y explosivos en filas separado entre sí por los taladros. 2.1 Realizar una inspección visual de la supervisión previa del área de trabajo. 2.2 Mantener el área ordenada en el desarrollo del trabajo. 2.3 Caminar por lugares libres de obstáculos. Está prohibido correr dentro del proyecto de voladura. 3.1 Capacitación al personal en Ergonomía 3.2 Realizar pausas activas. 3.3 No exceder el límite de carga de 25 Kg.	3	D	17
4. Primado de taladros con líneas descendentes: pirotécnico	1. Explosivos y Accesorios de voladura (Transporte y manipulación) 2. Rocas sueltas 3. Talud y cresta de bancos (altura). 4. Superficies de trabajo en mal estado, irregular	1.1 El personal debe contar con su carnet de SUCAMEC. 1.2. Contar con las Hojas MSDS en el lugar de trabajo. 1.3 Está prohibido, realizar trabajos en caliente o producir llamas de cualquier tipo en el área de carguío o cerca al área de carguío. 1.4 De detectarse que las condiciones del taladro ponen en riesgo el corte de línea descendente se utilizará doble prima, se realizará el doble primado utilizando 02 booster y 02 detonadores no eléctrico dual y/o detonadores electrónicos, desplazarlo por la columna del taladro evitando que choque con el piso del taladro. 1.5 De acuerdo a la evaluación del Supervisor de Voladura en taladros de cresta y empalmes de voladuras continuas se colocará doble iniciación. 1.6 De acuerdo a la evaluación del Supervisor de Voladura en taladros mayores a 10 metros se colocará doble iniciación. 1.7 Se utilizará la cuchilla pico de loro y/o tijera en caso se requiera cortar cordón detonante y salchichas de Emulsión, se debe utilizar guantes anti corte, se debe mantener la cuchilla retraída cuando no se utilice y no se debe exponer las manos a la línea de fuego cuando se utilice la cuchilla pico de loro y/o tijera. 1.8 Se debe proceder a asegurar el sobrante de la línea descendente con una piedra a un costado del taladro, paralela al sentido de carguío y opuesta al taladro de inicio. 1.9 El primado se realizará utilizando faneles duales (líneas descendentes o retardo de fondo) y/o detonadores electrónicos. 1.10 Nunca se deberá dejar la prima armada fuera del taladro 2.1 Se debe realizar una inspección visual del talud identificando la presencia de rocas sueltas o taludes inestables, al presentarse esta condición no se primará los taladros expuestos. 3.1lizar una inspección visual de la supervisión previa del área de trabajo 4.2 Mantener el área ordenada en el desarrollo del trabajo. 4.3 Mantener los accesos libres de obstáculos.	3	D	17
5. Carguío de taladros de producción con ANFO y tubos de choque (retardos)	1. Explosivos y Accesorios de voladura (manipulación) 2. Movimientos repetitivos (más de 4 veces por minuto de 2 o más horas al adía) 3. Superficies de trabajo en mal estado, irregular 4. Rocas sueltas 5. Talud y cresta de bancos (altura).	1.1 El personal debe contar con su carnet de SUCAMEC. 1.2 Contar con las Hojas MSDS en el lugar de trabajo. 1.3 Está prohibido, realizar trabajos en caliente o producir llamas de cualquier tipo en el área de carguío o cerca al área de carguío. 1.4 Se utilizará la cuchilla pico de loro y/o tijera en caso se requiera cortar los sacos de anfo cordón detonante y salchichas de Emulsión, se debe utilizar guantes anti corte, se debe mantener la cuchilla retraída cuando no se utilice y no se debe exponer las manos a la línea de fuego cuando se utilice la cuchilla pico de loro y/o tijera. 1.5 El carguío de cada taladro se realiza entre 2 personas (una persona llena explosivo al taladro y la otra realiza la medición con una wincha para llegar al taco según diseño de carga). Se debe respetar el diseño de carga establecido en el Protocolo. 1.6 Para colocar cámaras de aire se utilizará las barras de aluminio con la finalidad de no dañar el tubo de choque del taladro. 1.7 De producir un corte a la línea descendente al momento del carguío del taladro se comunicará inmediatamente al supervisor de voladura y señalizar el taladro. 1.8 Se evaluará el factor de carga cuando se presenten infraestructuras cercanas el cual será realizado por el área de asistencia técnica. 2.1 Considerar posición ergonómica, aplicar pausa activa para evitar fatiga muscular, rotar en el trabajo, mantener comunicación constante. 2.2 Capacitación al personal en Ergonomía 2.3 Realizar pausas activas. 2.4 No exceder el límite de carga de 25 Kg. 3.1 Realizar una inspección visual de la supervisión previa del área de trabajo 3.2 Mantener el área ordenada en el desarrollo del trabajo. 3.3 Mantener los accesos libres de obstáculos 3.4 Está prohibido correr dentro del proyecto de voladura.	3	D	17

		4.1 Se debe realizar una inspección visual del talud identificando la presencia de rocas sueltas o taludes inestables, de presentarse esta condición no se cargará los taladros expuestos, retirando los explosivos. 5.1 Nunca se debe dar la espalda a la cresta y a los taludes. 5.2 Caminar por lugares libre de obstáculos. 5.3 Se debe señalizar con cinta roja, el área donde se presente riesgo de caída previa evaluación de la supervisión			
6. Carguío de taladros de pre corte con Emulsión Encartuchada	1. Explosivos y Accesorios de voladura (manipulación) 2. Movimientos repetitivos (más de 4 veces por minuto de 2 o más horas al adía) 3. Superficies de trabajo en mal estado, irregular 4. Rocas sueltas 5. Talud y cresta de bancos (altura).	1.1 El personal debe contar con su carnet de SUCAMEC. 1.2 Contar con las Hojas MSDS en el lugar de trabajo. 1.3 Está prohibido, realizar trabajos en caliente o producir llamas de cualquier tipo en el área de carguío o cerca al área de carguío. 1.4 Se utilizará la cuchilla pico de loro y/o tijera en caso se requiera cortar cordón detonante y salchichas de Emulsión, se debe utilizar guantes anti corte, se debe mantener la cuchilla retraída cuando no se utilice y no se debe exponer las manos a la línea de fuego cuando se utilice la cuchilla pico de loro y/o tijera. 1.5 Se debe proceder a asegurar las salchichas de Emulsión con doble línea de Cordón detonante, las cuales deben ser encintadas 1.6 El carguío de cada taladro se realiza entre 1 o 2 personas. Se debe respetar el diseño de carga establecido en el Protocolo. 1.7 De producir una caída de la línea del cordón detonante con las salchichas de Emulsión al momento del carguío del taladro se comunicará inmediatamente al supervisor de voladura y señalizar el taladro. 2.1 Considerar posición ergonómica, aplicar pausa activa para evitar fatiga muscular, rotar en el trabajo, mantener comunicación constante. 3.1 Realizar una inspección visual de la supervisión previa del área de trabajo 3.2 Mantener el área ordenada en el desarrollo del trabajo. 3.3 Mantener los accesos libres de obstáculos 3.4 Está prohibido correr dentro del proyecto de voladura. 4.1 Se debe realizar una inspección visual del talud identificando la presencia de rocas sueltas o taludes inestables, de presentarse esta condición no se cargará los taladros expuestos, retirando los explosivos. 5.1 Nunca se debe dar la espalda a la cresta y a los taludes. 5.2 Caminar por lugares libre de obstáculos. 5.3 Se debe señalizar con cinta roja, el área donde se presente riesgo de caída previa evaluación de la supervisión	3	D	17
7. Carguío de taladros con presencia de agua	1. Explosivos y Accesorios de voladura (manipulación) 2. Movimientos repetitivos (más de 4 veces por minuto de 2 o más horas al adía)	1.1 El personal debe contar con su carnet de SUCAMEC. 1.2 Contar con las Hojas MSDS en el lugar de trabajo. 1.3 Está prohibido, realizar trabajos en caliente o producir llamas de cualquier tipo en el área de carguío o cerca al área de carguío. 1.4 Se debe considerar un explosivo resistente al agua, previa evaluación del área de Asistencia técnica y supervisor de voladura. 1.5 El carguío de cada taladro se realiza entre 1 o 2 personas. Se debe respetar el diseño de carga establecido en el Protocolo. 1.6 De producir un corte a la línea descendente al momento del carguío del taladro se comunicar inmediatamente al supervisor de voladura y señalizar el taladro. 2.1 Considerar posición ergonómica, aplicar pausa activa para evitar fatiga muscular, rotar en el trabajo, mantener comunicación constante.			
8. Tapado manual de taladros	1. Manipulación de herramientas manuales. 2. Movimientos repetitivos (más de 4 veces por minuto de 2 o más horas al día)	1.1 Antes de realizar el tapado asegurarse que el taladro este cargado verificando la tensión de la línea descendente. 1.2 Utilizar las herramientas en buen estado e inspeccionadas con la cinta del mes. 1.3 De acuerdo a la evaluación del Supervisor de Voladura se utilizará material stemming para el taco del taladro. De acuerdo al acceso del terreno (regular o irregular) se utilizará carretillas para terrenos homogéneos o regulares y el traslado en sacos si el terreno es irregular o accidentado. 1.4 De acuerdo a la evaluación del Supervisor de Voladura se realizar el tapado utilizando tubos de PVC para proteger la línea descendente en el tapado. 1.5 Cuando se realice el tapado de los taladros cargados Críticos (collar irregular, longitud de taladro mayor a 10m, paredes de taladro fracturado) se debe realizar entre dos personas, se utilizará lampas y para proteger la línea descendente se hará uso de tubos de PVC en los taladros con riesgo de corte de línea. 1.6 De producir un corte a la línea descendente al momento del tapado del taladro se comunicará inmediatamente al supervisor de voladura y señalizar el taladro. 2.1 Considerar posición ergonómica, aplicar pausa activa para evitar fatiga muscular, rotar en el trabajo, mantener comunicación constante. No trasladar pesos mayores a 25 kg por persona, pausas activas para evitar fatiga muscular.	3	D	17
9. Amarre de taladros de pre corte	1. Explosivos y Accesorios de voladura (manipulación) 2. Rocas sueltas 3. Talud y cresta de bancos 4. Superficies de trabajo en mal estado, irregular	1.1 El personal debe contar con su carnet de SUCAMEC. 1.2 Verificar el plano de conexión o diseño del amarre y asegurarse de contar con el personal y material necesario para realizar la tarea. 1.3 Solo se realizará el amarre de la malla el mismo día del disparo. 1.4 Las dos líneas de Cordón Detonante salientes del taladro deben asegurarse a cada extremo de la línea troncal de amarre. 1.5 Cada 05 taladros se colocará un puente para asegurar el ingreso del fuego por ambas troncales, asimismo la longitud sobrante en el punto de amarre no debe exceder los 5 cm. Cada punto de amarre con las líneas troncales debe respetar el	3	D	17

		ángulo de 90°. La separación entre líneas de Cordón Detonante debe ser como mínimo 20 cm. 1.6 Asegurar con cinta aislante al fulminante pirotécnico o electrónico al Cordón Detonante donde se dará inicio de la detonación del Precorte. 2.1 Se debe realizar una inspección visual del talud identificando la presencia de rocas sueltas o taludes inestables. 3.1 Nunca se debe dar la espalda a la cresta y a los taludes. 4.1 Realizar una inspección visual de la supervisión previa del área de trabajo 4.2 Mantener el área ordenada en el desarrollo del trabajo. 4.3 Mantener los accesos libres de obstáculos 4.4 Está prohibido correr dentro del proyecto de voladura.			
10. Amarre de taladros de producción (pirotécnico)	1. Explosivos y Accesorios de voladura (manipulación) 2. Rocas sueltas 3. Talud y cresta de bancos 4. Superficies de trabajo en mal estado, irregular	1.1 El personal debe contar con su carnet de SUCAMEC. 1.2 Verificar el plano de conexión o diseño del amarre y asegurarse de contar con el personal y material necesario para realizar la tarea. 1.3 Solo se realizará el amarre de la malla el mismo día del disparo. 1.4 Realizar el amarre de los detonadores no eléctricos siempre revisando que las líneas superficiales no tengan golpes o cortes que pongan en riesgo la secuencia de salida de la detonación. 1.5 Si por alguna razón el largo de los tubos es insuficiente para la conexión, se debe recurrir a tubos con retardo de superficie de 0ms o 17 ms. 1.6. No conectar una cantidad mayor de tubos en un conector que la recomendada por el fabricante, máximo 6. 1.7 Utilizar doble retardo superficial para la conexión de la línea troncal de acuerdo al diseño de voladura. 1.8 Asegurar con cinta aislante al fulminante pirotécnico o electrónico a los tubos de choque donde se dará inicio a la detonación de la malla de producción. 2.1 Se debe realizar una inspección visual del talud identificando la presencia de rocas sueltas o taludes inestables. 3.1 Nunca se debe dar la espalda a la cresta y a los taludes. 4.1 Realizar una inspección visual de la supervisión previa del área de trabajo. 4.2 Mantener el área ordenada en el desarrollo del trabajo. 4.3 Mantener los accesos libres de obstáculos. 4.4 Está prohibido correr dentro del proyecto de voladura.	3	D	17
11. Verificación de amarre	1. Explosivos y Accesorios de voladura (manipulación) 2. Talud y cresta de bancos 3. Superficies de trabajo en mal estado, irregular	**Taladros de Producción:** 1.1 El personal debe contar con su carnet de SUCAMEC. 1.2 Terminada la conexión de toda la malla el supervisor de voladura realiza una inspección física (tacto) y visual de cada uno de los puntos de conexión tomando las precauciones para no pisar ni enredar los pies con los tubos y se pintarán con plumón cada conector superficial. 1.3 El amarre de la malla (pirotécnica) de voladura se filmará con una cámara digital (Go Pro) como evidencia del correcto amarre del total de taladros. **Taladros de Precorte:** 1.4 Terminada la conexión de toda la malla el supervisor de voladura realiza la inspección física (tacto), visual de cada uno de los puntos de conexión. Se tendrá precaución para no pisar las líneas de cordón detonante en superficie. 1.5 El amarre de la malla de voladura se filmará con una cámara digital (Go Pro) como evidencia del correcto amarre del total de taladros. 2.1 Nunca se debe dar la espalda a la cresta y a los taludes. 3.1 Realizar una inspección visual de la supervisión previa del área de trabajo. 3.2 Mantener el área ordenada en el desarrollo del trabajo. 3.3 Mantener los accesos libres de obstáculos. 3.4 Está prohibido correr dentro del proyecto de voladura.	3	D	17
12. Colocación de geotextil o malla	1. Explosivos y Accesorios de voladura (manipulación) 2. Talud y cresta de bancos 3. Superficies de trabajo en mal estado, irregular 4. Geotextil o malla	1.1 El personal debe contar con su carnet de SUCAMEC. 1.2 Verificar que toda la malla se encuentre amarrada (post marcado con plumón y contabilidad de retardos. 1.3 Se evaluará la colocación del geotextil cuando se presente infraestructuras cercanas al proyecto debido al potencial de riesgo de proyección de rocas. 1.4 En el caso de utilizar geotextil o malla pesada el supervisor de voladura evaluará enterrar y/o encintar los conectores y líneas para evitar desacoples de los conectores o algún daño al amarre. 1.5 El supervisor de voladura evaluará y de acuerdo a las dimensiones de la malla metálica dará la aprobación para su colocación. 1.6 Si se determina colocar la malla metálica, se realizará el tendido sobre el geotextil con mucho cuidado de no dañar las conexiones en general de la malla de voladura. 1.7 Se colocará sacos alrededor del perímetro del geotextil evitando dañar el amarre superficial. El supervisor de voladura evaluara colocar sacos dentro de la malla de voladura. 2.1 Nunca se debe dar la espalda a la cresta y a los taludes. 3.1 Realizar una inspección visual de la supervisión previa del área de trabajo. 3.2 Mantener el área ordenada en el desarrollo del trabajo. 3.3 Mantener los accesos libres de obstáculos. 3.4 Está prohibido correr dentro del proyecto de voladura. 4.1 Considerar la posición ergonómica al colocar el geotextil o malla. 4.2 Realizar pausas activas para evitar fatiga muscular.	3	D	17

13. Tendido de línea silenciosa para la iniciación (pirotécnico)	1. Explosivos y Accesorios de voladura (manipulación 2. Superficies de trabajo en mal estado, irregular 3. Talud o plataformas inestable	1.1 Antes de extender la línea silenciosa los accesos deben estar cerrados y totalmente libre de transito de equipos y unidades con los vigías de voladura. 1.2 En el Meeting se comunicará la dirección donde se tenderá la línea silenciosa. 1.3 Asegurar con cinta aislante el punto de contacto del conector del tubo de la línea silenciosa y los tubos receptores del primer taladro. 1.4 Por cada disparo se debe contar con dos rollos de línea silenciosa, para estar listos en caso se produjera algún corte de línea. 1.5 El supervisor de voladura verificará el extendido de la línea silenciosa y que el percutor / Starter esté en perfectas condiciones. 1.6 El supervisor de voladura dará la autorización para conexión de la línea silenciosa al percutor o equipo iniciador para voladura no eléctrica. 1.7 La línea silenciosa que sobra de la voladura se percuta inmediatamente para que quede un tubo inerte sin explosivo. 1.8 Después del disparo se recoge la línea silenciosa que fue utilizada para el disparo y se transportará al recipiente adecuado en polvorín para su próxima segregación. Cuando se realicen voladuras simultaneas de 2 o más proyectos, analizar la secuencia de salida de los mismos para evitar posibles tiros cortados. 2.1. Caminar por lugares libres de obstáculos. Identificar niveles y desniveles. 2.2. Uso de plano de riesgos geotécnicos (plano de proyecto de voladura). 2.3 Está prohibido correr dentro del proyecto de voladura. 3.1 Tomar la distancia prudente de 1 a 2 metros de separación de talud y cresta, contar con un vigía para la observación y comunicación. 3.2 Se debe realizar una inspección visual del talud identificando la presencia de rocas sueltas. Si se identifican se comunicará al supervisor de voladura.	3	D	17
14. Activación del protocolo de voladura	1. Desconocimiento del proceso: Difusión del proceso y colocación de los vigías de voladura) 2. Equipos, unidades livianas en movimiento.	**Pre Meeting y Meeting** 1.1 El horario del Pre Meeting, Meeting, cierre de vías y detonación serán indicadas por la supervisión de Enaex y emitida vía correo al área de construcción de SMI el cual difundirá a las empresas involucradas mediante el área de HSE SMI. 1.2 Se actualizará en los AVISOS DE VOLADURA el lugar, Fecha y hora 24 horas antes de la voladura. Cuando se tenga voladura en áreas alejadas que demanden tiempo para llegar y se tengan voladuras continuas se colocará después del Pre meeting. 1.3 El Meeting se realizará el día de la voladura con la participación de la supervisión de SMI Flúor, supervisión de todas las empresas involucradas en el radio de influencia de voladura y la supervisión de Enaex. 1.4 Contar con el protocolo de voladura aprobado por SMI y contratistas con 72 horas de anticipación. 1.5 La alerta de seguridad se enviará con 24 horas de anticipación antes de la voladura. 1.6 Se verificará la cantidad de vigías en el Pre Meeting (en la alerta de seguridad). 1.7 Cuando se realicen voladuras simultaneas de 2 o más proyectos cercanos esto debe estar contemplado en el plano de radio de influencia de la voladura, debe ser comunicado en el Meeting de voladura. 1.8 El radio de influencia de la voladura será de 500m para personas y animales y 300m para equipos. Este será señalizado a través de banderines, los cuales serán colocados por cada empresa contratista donde se realice la voladura. 1.9 Se contará con refugios (Camionetas) para cada vigía de voladura cuando se presenten alerta roja (tormenta eléctrica), Se coordinará con las empresas involucradas para proporcionar unidades móviles para el proceso. 1.10 Cuando se realicen disparos en distintos proyectos se deberá considerar el tiempo que se tomará en retirar los equipos y personas del área de influencia y también el tiempo que se tomará en realizar el despeje de la zona de influencia esto se deberá considerar en la línea de tiempo y se comunicará en el pre meeting de voladura. 1.11 Si la voladura se realiza en zonas cercanas a comunidades, se comunicará al área de relaciones comunitarias y ellos a su vez comunicarán a la comunidad sobre la voladura programada. **Ubicación de Vigías** 1.8 Se procede a trasladar a los vigías en unidades móviles hacia sus puntos correspondientes, asegurándose que las radios de comunicación estén operativas. Al llegar a su punto de llegada comunicarán al supervisor de voladura (Enaex 1), realizando en ese momento la prueba radial 1.9 Cuando el vigía tenga que caminar por quebradas o laderas para llegar a su punto de vigía hará uso obligatorio del bastón trecking. 1.10 Se realiza la prueba de radios con los vigías al llegar cada uno a su punto de ubicación. 1.11 En caso de no contar con la cobertura radial en el proceso de voladura se deberá realizar puente con la radio más próxima y cerrar la comunicación con el Supervisor de Voladura. 1.12 En caso se presente una unidad en emergencia el vigía de voladura debe comunicar al Supervisor de voladura (Enaex 1) quien dará autorización de pase y se debe asegurar su salida del radio de influencia de voladura. 1.13 Los vigías de voladura deben estar capacitados para la tarea.	2	D	12

		1.14 Todo vigía de voladura debe contar con conos amarillos para el cierre de vías, paleta de vigía de voladura donde indica alto Voladura, debe contar con Radio y el plano de radio de influencia. En caso de vías nacionales se adicionará barras extensibles para asegurar el cierre de todo el ancho de la vía y el apoyo de una unidad móvil para bloquear la vía. 1.15 De haber presencia de personas (contratistas, comunidad) o animales dentro del área de influencia, el vigía comunica inmediatamente al supervisor de voladura (Enaex 1) y este a su vez al área de construcción SMI. **Previo a la Detonación** 1.16 El Supervisor de SMI Fluor , liberará vía radial respecto a personal y equipos 30 minutos antes de la detonación (300 metros para equipos, 500 metros para personas), a Enaex 01. 1.17 El Supervisor de voladura (Enaex 1) dará la orden cierre de vías, los vigías de voladura procederán a cerrar, utilizando los conos amarillos y comunicando al Supervisor de Voladura del primer vigía hasta el último en forma ordenada. 1.17 El supervisor de voladura (Enaex 1) dará las indicaciones del primer Vigía hasta el último "ATENTO VIGÍAS PROCEDAN A CERRAR LOS ACCESOS "; Los vigías reportan en forma ordenada "VIGÍA 01 ACCESO CERRADO" 2.1 El supervisor HSE Enaex pedirá al supervisor de voladura (Enaex 1) la autorización para la inspección dentro del radio de influencia de la voladura de todo personal, animales, equipos; con los vehículos de despeje y la sirena encendida. 2.2 De haber presencia de personas (contratistas, comunidad) o animales dentro del área de influencia, el vigía comunica inmediatamente al supervisor de voladura (Enaex 1) y este a su vez al área de construcción SMI, para coordinar las acciones a tomarse. 2.3 Todo equipo, instalación y/o materiales que no hayan sido evacuados o protegidos, dentro de los 300 metros de radio de influencia, quedarán a responsabilidad de la empresa contratista responsable del retiro de lo anteriormente mencionado. 2.4 El supervisor HSE Enaex culminado con la inspección dentro del radio de influencia de la voladura de Personal, animales y equipos dará la conformidad al supervisor de voladura (Enaex 1), en caso de verificar Personal, animales o equipos dentro del radio de influencia se procederá comunicar al supervisor de voladura (Enaex 1) para evacuar fuera del radio de influencia de voladura			
15. Proceso de Detonación	1. Cultura organizacional: comunicaciones pobres, falta de definición de objetivos.	**Detonación** 1.1 En caso de ser iniciación electrónica, Enaex 01 autorizará la programación de los detonadores electrónicos al programador de disparo y posterior detonación en cuenta regresiva. Revisar K-CS-292B-HSE-JSA-023_RB Detonación Electrónica 1.2 En caso de ser iniciación pirotécnica, Enaex 01 autorizará la detonación en cuenta regresiva. 1.3 Si hubiera alguna emergencia los vigías de voladura comunicarán vía radial (mismo canal) con la palabra EMERGENCIA, para detener el proceso de detonación. 1.4 Para la detonación se dará el conteo regresivo y pausado de 5, 4, 3, 2, 1 "Detonación".	2	D	12
16. Verificación Post Voladura	1. Superficies de trabajo en mal estado, irregular 2. Gases 3. identificación de área detonada 4. Tránsito vehicular	1.1 El personal debe observar y tomar precauciones al momento de ingresar al área volada. 2.1 Luego de realizar el disparo se espera 5 minutos verificando que se mitigue el polvo de la voladura y para asegurar la mitigación total de los gases y polvo producidos. 2.2 El supervisor de Voladura (Enaex 1) y el personal que ingresa debe contar con su respirador de media cara contra polvo y/o gases. 3.1 El supervisor de Voladura y el supervisor HSE deberán ingresar para la verificación, para ello tendrán el apoyo del personal de piso asignado en función a la cantidad de taladros disparados, se debe realizar una evaluación del riesgo del área disparado para realizar el ingreso sin exponer al personal. 3.2 Cuando se tenga voladura masiva (por encima del rendimiento de una sola cuadrilla) incluirán 2 supervisores de Voladura para verificación pre y post voladura. 3.3 El supervisor de voladura Enaex 1 filmará la verificación post voladura, se distribuirá al personal para la inspección abarcando toda el área, para ello avanzaran jalando los tubos de choque, en las zonas donde se identifique que no exista riesgo a su seguridad, de detectar que algún tubo de choque no este suelto, se revisará a detalle para descartar un posible TQ. 3.4 El supervisor de voladura (Enaex 1) da la conformidad al supervisor de operaciones (O1) de la empresa encargada del área donde se realizará la voladura "VOLADURA SIN NOVEDAD" da la orden a los vigías "LIBERAR LOS ACCESOS" Los vigías reportan en forma ordenada "VIGÍA N° LIBERANDO ACCESOS". 4.1 Alarma de retroceso, faros neblineros y cámara de retroceso. 4.2 Unidad vehicular con radio base y/o manual. 4.3 Control de velocidades por GPS. 4.4 Realizar check list antes de iniciar la tarea. 4.5 Cumplir con el RITRAN y los límites de velocidad. 4.6 Capacitación en Life Critical vehículos livianos.	3	D	17

17. Para todos los pasos en campo	1. Condiciones climáticas adversas: lluvias, neblina, tormentas eléctricas. 2. Material particulado (polvo). 3. Exposición a radiación UV (sol). 4. Ruido del entorno. 5. Terreno Irregular. 6. Trabajos en turno noche. 7. Residuos peligrosos (Explosivos y accesorios); Residuos comunes. 8. Manipulación manual de carga 9. Celular	1.1 Uso de ropa impermeable, botas de jebe en caso de lluvia. 1.2 Uso de luces neblineros de las unidades (camionetas y camiones furgón) 1.3 En caso de lluvias torrenciales se paralizan los trabajos de carguío. 1.4 Cumplir el estándar para tormentas eléctricas. 1.5 Uso de radio de comunicación para recibir el estado de alertas. 1.6 Contar con vehículos suficientes para el personal en el lugar de trabajo para ser usados como refugio en caso de tormenta eléctrica manteniendo sus puertas y ventanas cerradas. 1.7 Cuando se presente alerta naranja se debe paralizar las actividades de voladura y se deberá trasladar a los vigías a sus puntos establecidos en el plano del radio de influencia. 1.8 Cuando se presente alerta roja se detienen las actividades de voladura y se refugia el personal en unidades vehiculares y se cierran los accesos con las unidades vehiculares en los puntos de vigía establecidos en el plano de radio de influencia. 1.10 En caso se presente lluvias el personal debe colocarse su ropa de agua correspondiente. 1.11 Vehículos cargados con explosivos no son considerados como refugio. 2.1 Uso de respirador de media cara de silicona de doble vía con filtros para polvo y/o gases. 3.1 Uso de bloqueador solar FPS 50. 3.2 Uso de tapasol. 4.1 Uso de orejeras y/o tapones auditivos. 5.1 Caminar por lugares libres de obstáculos. Identificar niveles y desniveles. Tomar la distancia prudente de 1 a 2 metros de separación de talud y cresta, contar con un vigía para la observación y comunicación. 5.2 Uso de plano de riesgos geotécnicos (plano de proyecto de voladura). 6.1. Cuando se realicen trabajos sin luz natural se debe coordinar en el Pre meeting con todos los involucrados la colocación de luminarias en el proyecto de voladura asegurando que cubra la iluminación de toda el área de carguío. 6.2. Para la carga, descarga de explosivos en los polvorines y para descarga y carga en el proyecto de voladura se contará con linternas de casco. 6.3. Se cumplirá con el procedimiento de Control de fatiga. 7.1. Todos los envases que albergaron explosivos o accesorios se desecharan como materiales peligrosos, se colocaran en los vehículos furgón, se transportarán y se colocaran en los contenedores de materiales peligrosos instalados en los polvorines. 8.1. Posturas correctas para levantar peso. 8.2. No cargar más de 25 Kg en Varones y 15 Kg en damas. 9.1 No utilizar ningún celular móvil cuando se tenga dispositivos electrónicos en el proyecto cargado (Detonadores electrónicos)	3	D	17

SECCIÓN V– AUTORIZACIONES Y FIRMAS (EMPRESA QUE EJECUTA LA TAREA)			
ELABORADO POR:			
NOMBRE	CARGO	FECHA	FIRMA
ROBERT MEDINA CORTEZ	Supervisor de Voladura	15.03.2020	
JUAN CARLOS TACUSI RUSSELL	Operador de Piso	15.03.2020	
REVISADO Y APROBADO POR:			
NESTOR DELGADO PONCE	Gerente de Operaciones	20.03.2020	
OSCAR LARA NEGRON	Jefe de Servicio	20.03.2020	
DEIVYS SANCHEZ MEDINA	Jefe de SSOMA	20.03.2020	
EDWIN CARI CARI	Supervisor SSOMA	20.03.2020	

Nota: *procedimiento de fragmentación de Rocas con Plasma – Enaex.*

ANEXOS 4
Procedimiento de operación del Plasma

PLASM4 Plasma 4th State of matter	**PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN**	CÓDIGO SSM	**PCPP - 01**
		REVISIÓN Nº	**03**
		FECHA DE VIGENCIA	**Junio - 2018**
		Página 107 de 118	

1. Propósitos
2. Alcances
3. Definiciones
4. Responsabilidad
5. Diagrama de Proceso
6. Equipos y Elementos de Protección Personal
7. Procedimiento Seguro
8. Análisis Seguro del Trabajo

1. Propósitos

Establecer formalmente un procedimiento seguro del trabajo para las actividades a realizar durante la operación de manipulación, carguío e iniciación de fragmentación de rocas por medio de plasma.

2. Alcance

Este procedimiento es aplicable a todas las operaciones unitarias y segundarias realizadas.

3. Definiciones

Procedimiento: Es un documento que describe una secuencia de acciones que deben ser ejecutadas en forma sistemática, para lograr un objetivo determinado. Implica la participación de diferentes Departamentos de la Organización.

Burden: Distancia perpendicular entre la cara libre y la corrida de tiros

Pozo: Corresponde a la perforación que albergará una carga

Taco: Término que describe la instalación de un material (gravilla, arcilla o lechada) que obstruirá un pozo ya cargado

Lechada: Mezcla cementicia de fraguado rápido

AST: Análisis seguro del trabajo

HDS: Hoja de datos de seguridad

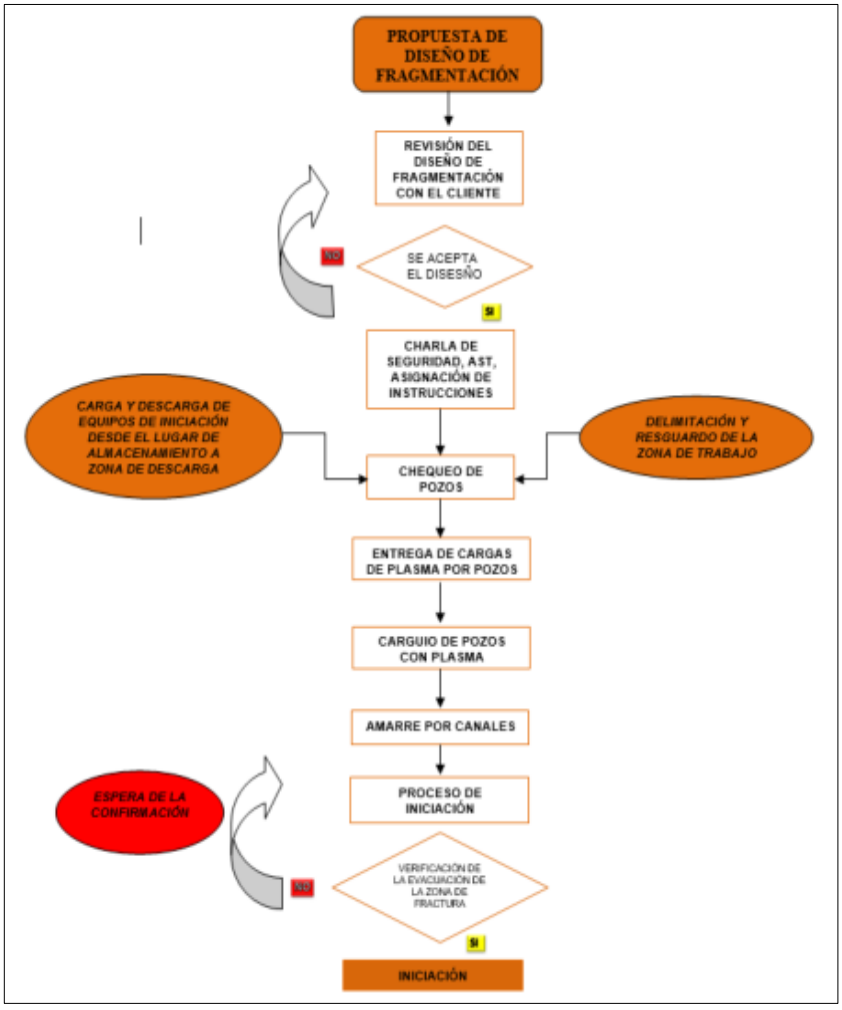
Plasma: Plasma es una mezcla de sales metálicas de expansión rápida, capaz de iniciar una reacción termoquímica al suministrarle una chispa de alto voltaje en un espacio confinado. Está, genera una reacción termoquímica

generando rápidamente temperaturas muy elevadas y energía expansiva por las altísimas presiones. Cuando el espacio donde se realiza la expansión se abre (fractura), la energía expansiva se reduce abruptamente y termina su trabajo.

4. Responsabilidad

Responsable	Actividad
Administrador de Contrato	• Aprobar el presente procedimiento y dar instrucciones para su difusión y aplicación. Otorgar los recursos humanos y materiales necesarios para llevar a cabo todos los trabajos
Jefe de Operaciones de Explonun	• Dar a conocer a los trabajadores el presente procedimiento, haciendo cumplir las normas imperantes del punto de vista técnico constructivo como de prevención de riesgos, siendo directamente responsable de coordinar las cuadrillas e indicarles la forma de proceder para el despeje del área
Cargador de Plasma	• Realizar la manipulación, carguío e iniciación del Plasma, aplicando todas las medidas de seguridad de acuerdo al presente procedimiento y Matriz de Identificación de los Peligros y Evaluación de los Riesgos. • Asistir, participar y firmar registro diario de charla operacional. • Reportar inmediatamente al Supervisor de terreno de todo incidente, cuasi-accidente o falla operacional de cualquier equipo por menor que esto parezca. • Aplicar correctamente este procedimiento. • Informar a Instancias superiores de la organización las desviaciones que se produzcan en la aplicación de este procedimiento

5. Diagrama del Proceso



6. Equipos y Elementos de Protección Personal

6.1. Equipos y Herramientas

- Extensiones eléctricas.
- Herramientas menores.
- Generador eléctrico
- Extintor PQS de 10k para combatir fuegos tipo ABC.
- Equipo de iniciación.
- Multitester digital.
- Carga de plasma con iniciación incluida
- Alambre 1,5 mm2/NYA
- grava chancada para taco.

6.2. Elementos de Protección Personal

- Casco de seguridad “Clase A”, con barbiquejo.
- Zapatos de seguridad.
- Lentes de seguridad con protección UV
- Chaleco geólogo reflectante, con logo corporativo.
- Protector respiratorio doble vía
- Tapón auditivo o tipo fono.
- Filtro protector solar.
- Cubre nuca, tipo legionario.
- Overol.
- Guantes de cabritilla.
- Capas de protección invernal, de aplicar.

7. Procedimiento Seguro

Al comienzo de la jornada el Jefe de Operaciones de Explonun, deberá solicitar y coordinar los permisos del proceso de carguío con Plasma al Jefe de Operaciones de la empresa mandante, para acceder y verificar las mallas a cargar, inspeccionando el estado de los pozos y las condiciones de seguridad.

7.1. Actividades Privadas.

- Antes de dar comienzo a toda actividad relacionada con el presente documento, será de responsabilidad del Jefe de Operaciones de Explonun a cargo, el difundir el presente procedimiento a todo el personal que participará directa o indirectamente en la ejecución de las actividades aquí descritas y dejar registro por escrito de dicha difusión.
- Será de responsabilidad del Jefe de Operaciones de Explonun el contar con los documentos internos, charlas, procedimientos e instructivos de trabajo y de seguridad según corresponda.
- Será de responsabilidad del Jefe de Operaciones de Explonun implementar y administrar todos los resguardos necesarios para asegurar el área y la integridad de las personas y la protección de los equipos al efectuar las actividades.
- Se deberá tener la plena certeza si habrá posibles tormentas eléctricas, esta información debe ser corroborada con el personal de meteorología de la empresa mandante, si los hubiere, se deberá coordinar las tareas de carguío de plasma antes de que las tormentas eléctricas estén a **menos de 1 kilómetro de distancia**.

7.2. Preparación de área de Trabajo.

- Será responsabilidad del Jefe de Operaciones de Explonun a cargo de las actividades el proveer y chequear todos los materiales, herramientas y equipos necesarios para desarrollar las actividades de instalación e ignición de las cargas de plasma. Esta revisión será realizada utilizando el formulario F-02 “Check-list del equipo de iniciación”.
- Se debe contar con toda la información necesaria que asegure la correcta manipulación de materiales, elementos y equipos que intervengan en las actividades.
- La delimitación y restricción de acceso al área de trabajo deberá ser implementada antes de comenzar los trabajos. Jefe de Operaciones de Explonun inspeccionará el área de trabajo para corroborar las medidas de seguridad para esta actividad.
- Será responsabilidad del Jefe de Operaciones de Explonun el contar con un cronograma de actividades y con los planos de configuración de las cargas, establecer las secuencias de iniciación, las cantidades de carga involucradas y una estimación del área (superficie y volumen) de la roca que será fracturada.
- Será responsabilidad del Jefe de Operaciones de Explonun, el dirigir las secuencias de iniciación, siendo el único autorizado para dar esta orden o poder designar esta función al personal que realizará esta operación. Sin desmedro de lo anterior, solo se designará a un trabajador como líder de iniciación.

7.3. Consideraciones Previas.

Antes de dar comienzo a las actividades se deberá considerar lo siguiente:

- La tarea de fractura de roca con plasma se debe realizar en forma tal que proporcione la fractura de roca esperada, respetando la metodología de trabajo seguro en la correcta ejecución de las actividades.
- Para el desarrollo de la actividad de fractura de roca con plasma, se consideran esencialmente dos actividades;

    1. Carguío de plasma en las perforaciones.
    2. Iniciación de la fractura de roca con plasma.

- El producto plasma se almacenará en bodega, trasladándose al área de trabajo únicamente cuando sea necesario para el carguío de las perforaciones, este traslado se realizará por personal debidamente autorizado por DGMN (Licencia de manipulador de productos químicos) y en un vehículo habilitado por lo descrito en la norma chilena Nch.2190.
- Para el traslado previo de los cartuchos y equipos de iniciación de plasma, se deberá tener en consideración que no se podrá realizar manipulación elementos que tengan un peso superior a lo establecido por la legislación vigente (25 kilos). Ante esto si el elemento tiene un peso superior a lo establecido, se deberán utilizar equipos mecánicos autorizados para su traslado.
- Las perforaciones deberán ser inspeccionadas verificando su ubicación, diámetro y profundidad antes de comenzar las actividades de instalación de cargas. Esta inspección se realizará de acuerdo a lo especificado en los croquis de perforaciones indicados por el supervisor de terreno de plasma para cada sector y geometría de roca, utilizando el formulario F01 “Lista de Chequeo Carguío de Plasma”

7.4. Secuencia de fractura de roca con plasma

- No se podrá realizar ninguna tarea de carguío de Plasma en los pozos mientras exista en las cercanías, una tormenta eléctrica.
- La secuencia considera como primera etapa chequear el espaciamiento, Burden y profundidad de los pozos conforme al diseño entregado, se verificará que se hayan respetado y mantenido las distancias calculadas.
- Si un pozo estuviera tapado, se deberá destapar y si las medidas de profundidad, espaciamiento y/o Burden no corresponde al calculado, se deberá rediseñar la carga.
- Verificación de la distribución y cantidad de gravilla requerida para atranco de los pozos.
- Distribución de las cargas de plasma en los pozos, conforme a las cantidades calculadas
- Testeo de todas las cargas de plasma antes de introducirlas en los pozos, con la finalidad de probar continuidad, respetando las indicaciones del fabricante. Esta acción se realizará por medio de instrumento multitester.
- **Introducción de las cargas de plasma en los pozos**; Las cargas se colocarán respetando los tacos de gravilla previamente establecidos, siendo de responsabilidad del supervisor de terreno a cargo, el verificar su correcta instalación. La instalación de los “tacos” de gravilla, será realizada por un equipo tapa pozos.
- Testeo de las conexiones de las cargas introducidas en el pozo constatando su continuidad. Este trabajo deberá realizarse en cada uno de los pozos. Todas las conexiones serán aisladas con cinta aislante de PVC.
- Conformación y unión del circuito de amarre de las cargas, esto se realizará de acuerdo a la resistencia óhmica, manteniendo el cuidado de no sobrepasar los ohm total 45 ohm por canal señaladas por el fabricante, incluido el cable doble conductor que el equipo acumulador es capaz de ionizar por canal.
- Extensión del cable conductor de iniciación: este se extenderá manualmente por una zona segura dejando la vía libre para el tránsito peatonal y vehicular, de ser necesario. Luego de extender el cable, se verificará la continuidad del o los circuitos.
- Instalación del equipo iniciador (acumulador de energía) en el lugar asignado. Verificación del funcionamiento del equipo F02.
- Conexión del cable conductor a equipo iniciador.
- Verificación que la zona de fractura haya sido evacuada de personal, maquinaria y equipo.
- Fractura de la roca, para esto se debe seguir el proceso de despeje de área

Proceso de despeje de área:

Se deberá tener presente que la distancia mínima de seguridad para realizar la iniciación y evacuación de personas, será definida en conjunto con empresa mandante, teniendo en consideración los siguientes factores:

- Reglamento de seguridad empresa mandante.
- Diseño de carga.
- Factor de Carga de Plasma.
- Profundidad de los pozos.
- Cercanía de instalaciones o comunidades.

7.5. Cargas sin iniciar.

En caso que se encuentren cargas de Plasma sin iniciar, se deberá proceder de acuerdo al instructivo de trabajo seguro N° 01, llamado “Tratamiento de cargas sin iniciar”.

7.6. Abandono del área de trabajo.

Una vez terminados los trabajos de fractura, se realizará una reconstitución general del área, la cual deberá quedar libre de desechos y derrames de tal manera de entregar el área limpia y ordenada, lo más parecido posible a su condición inicial. Con esto se logrará minimizar los impactos visual y ambiental al sector involucrado:

Para el abandono del área de trabajo se dispone lo siguiente:

- Retiro de Señalética
- Retiro de instalaciones eléctricas portátiles (alargadores eléctricos).
- Retiro de herramientas
- Retiro de embalaje y residuos.

7.7. Prohibiciones

- ✓ Manipular el producto “Plasma” sin licencia de manipulador de productos químicos controlado entregados por DGMN.
- ✓ Participar de la tarea sin contar con difusión del procedimiento.
- ✓ Comenzar trabajos sin realizar segregación de áreas.
- ✓ Realizar trabajos próximos a talud sin restricción de movimiento.
- ✓ No hacer uso de los elementos de protección personal establecidos en el presente documento.
- ✓ Levantar carga que sobrepasen los 25kg.
- ✓ Realizar maniobras sin la presencia del supervisor de terreno.
- ✓ Exponerse a línea de fuego.
- ✓ Realizar más de una actividad en área segregada.
- ✓ Realizar actividades que no estén consideradas en este procedimiento.
- ✓ Al realizar levantamiento de carga, este no debe sobre pasar los 25kg. Mantener una postura correcta al tomar la carga, de lo contrario se debe utilizar equipo mecánico para levantar sobre los 25 kg.

8. Análisis Seguro del Trabajo

Figura 50

Procedimiento de Operación del plasma

PLASM Plasma 4th State of matter	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN	CÓDIGO SSM	PCPP - 01
		REVISIÓN Nº	03
		FECHA DE VIGENCIA	Junio - 2018
		Página 112 de 118	
SECUENCIA DE TRABAJO	**RIESGOS POTENCIALES**	**CONTROL DE RIESGOS**	
1. Instruir sobre los riesgos al personal involucrado en la tarea a realizar y procedimientos específicos para el trabajo en conjunto con su inventario.	1.1. Desconocer los riesgos asociados a las tareas a realizar y desconocimiento de los métodos establecidos como correctos para ejecutar los trabajos	1.1.1. El supervisor de terreno debe instruir a los trabajadores con respecto al procedimiento de trabajo, además realizar prueba de conocimientos y difusión del inventario de riesgos.	
2. Solicitar firma de PTS al dueño del área	2.1. No generar PTS	2.1.1. Es responsabilidad del supervisor de terreno, reunirse directamente con personal de la inspección para firmar de PTS.	
	2.2. Desconocer los riesgos del área en la que trabaja.	2.2.1. Analizar y controlar los riesgos asociados al entorno de trabajo y los	

		inherentes del trabajo. Además, se debe contar con la documentación necesaria
3. Aplicar proceso de análisis de riesgos	3.1. No detener labores con alto potencial de perdidas, sin control de riesgos asociados.	3.1.1. Se debe reunir a la totalidad del personal que va a intervenir en el trabajo, para evaluar los riesgos presentes en la actividad (antes, durante, después) a realizar evaluando la criticidad de riesgos asociados a los trabajos
4. Traslado de equipos, materiales y personas a terreno.	4.1. Atropello, por interacción hombre maquina 4.2. Volcamiento del vehículo	4.1.1. Respetar Señalética, poseer licencia interna al día, conducir a la defensiva. 4.1.2. Segregación de área 4.1.3. Control Operacional mediante radio. 4.2. Cumplir con todas las medidas de seguridad en el reglamento de conducción de la empresa mandante.
5. Chequeo de dimensiones en pozos y distribución de las cargas en los pozos en forma manual.	5.1. Caída del mismo y distinto nivel, por tránsito por superficies irregulares e inestables.	5.1.1. Respetar señalización para tránsito peatonal, utilización de calzado de seguridad. No transitar por área no autorizada, limpia y ordenada. Jamás exponerse a menos de 2 metros del borde de la cara libre y dar la espalda a esta.
	5.2. Atropello, aplastamiento por interacción hombre maquina cercana a la labor.	5.2.1. Segregación de área 5.2.2. Conductores Autorizados 5.2.3. Revisión mantención de los vehículos
	5.3. Lesiones lumbares, sobrepasar capacidad física.	5.3.1. Al realizar levantamiento de carga, este no debe sobre pasar los 25kg. Mantener una postura correcta al tomar la carga.
6. Carguío y taco de los pozos	6.1. Caída del mismo nivel, por tránsito en superficies irregulares.	6.1.1. Transitar con cuidado y apoyo estable al piso al momento de cargar y taconear.
	6.2. Atropello, aplastamiento, interacción hombre máquina.	6.2.1. Segregación de área 6.2.2. Conductores Autorizados 6.2.3. Revisión mantención de los vehículos
	6.3. Mal posicionamiento de materiales	6.3.1. Encargado de taconear, mantener en forma permanente el taco en sentido vertical y/o apoyando en forma horizontal sobre la superficie del terreno. 6.3.2. Estar atento a movimientos inesperados de taco de madera y/o plástico.
	6.4. Lesiones lumbares, sobrepasar capacidad física.	6.4.1. Al realizar levantamiento de carga, este no debe sobre pasar los 25kg. Mantener una postura correcta al tomar la carga.
	6.5. Iniciación por tormentas eléctricas	6.5.1. No se deberá manipular el Plasma en presencia de tormentas eléctricas. 6.5.2. No se deberá cargar pozos con Plasma a menos de 1 kilómetro de distancia de acercamiento de una tormenta eléctrica.
7. Testeo de carga para verificar continuidad y unión de circuito de amarre.	7.1. Atropello, interacción hombre máquina.	7.1.1. Segregación de área 7.1.2. Conductores Autorizados 7.1.3. Revisión mantención de los vehículos
8. Extensión de cable conductor	8.1. Caída del mismo nivel, por tránsito en superficies irregulares.	8.1.1. Desplazarse en forma segura, evitando situaciones de inestabilidad en el terreno o área de trabajo.
	8.2. Atropello, aplastamiento, interacción con vehículo menor.	8.2.1. Segregación de área mediante barrera dura. 8.2.2. Conductores Autorizados 8.2.3. Revisión mantención de los vehículos
	8.3. Contacto eléctrico por falla en cable.	8.3.1. Extender cable eliminando condiciones de atravieso sobre charcos de agua y superficies metálicas.
9. Instalación y recarga de energía eléctrica al equipo iniciador	9.1. Golpes con/contra, cortes, exponer extremidades a la línea de fuego.	9.1.1 No exponer extremidades en traslado y posicionamiento del equipo. Uso de guantes cabritilla.
	9.2. Atropello, aplastamiento, interacción con vehículo menor.	9.2.1. Segregación de área 9.2.2. Conductores Autorizados 9.2.3. Revisión mantención de los vehículos
	9.3. Lesiones lumbares, sobrepasar capacidad física.	9.3.1. Al realizar levantamiento de carga, este no debe sobre pasar los 25kg. Mantener una postura correcta al tomar la carga. De lo contrario se debe utilizar equipo mecánico para levantar sobre los 25 kg.

	9.4. Electrocución	9.4. El equipo generado de energía, debe contar con corta corriente, protección de las líneas de transmisión de energía eléctrica y disyuntor diferencial.
10. Iniciación de la fractura con plasma.	10.1 Proyección de Material.	10.1.1 Retirar del área de fractura de roca a todo el personal, así como también vehículos y equipos
	10.2 Electrocución al operar.	10.2.1. Precaución al manipular equipo iniciador, hacerlo de acuerdo a lo establecido por el fabricante. Nunca exponer las extremidades a los bornes del equipo iniciador
11. Housekeeping, termino de los trabajos.	11.1. Lesiones cutáneas, contacto con sustancia química.	11.1.1. El retiro de capsulas cutáneas de plasma iniciadas que no se destruyeron completamente, deben ser retiradas con guantes y desechadas en contenedores autorizados.
	11.2. Caída del mismo nivel, por tránsito en superficies irregulares.	11.2.1. Desplazarse en forma segura, evitando situaciones de inestabilidad en el terreno o área de trabajo.
	11.3. Generación de Residuos	11.3.1. Se deberán disponer según estándar.

Nota: Procedimiento de Análisis de Trabajo seguro del Plasma - Enaex.

ANEXOS 5

Equipos de Monitoreo del Área de Asistencia Técnica

Figura 51

Equipos de monitoreo de Vibraciones



Nota: Área de asistencia técnica - ENAEX.

ANEXOS 6

Uso y Manipulación de Plasma 4th

Figura 52

Carguío de Proyecto con Capsulas de Plasma 4th



Nota: Elaboración Propia.

Figura 53

Presentación de capsulas de plasma 4th



Nota: Elaboración Propia.

Figura 54

Proceso de Amarre en malla de Fractura



Nota: Elaboración Propia

ANEXOS 7

Equipos para las Fracturas con Plasma

Figura 55

Equipo generador Panther de 220 V a dicel



Nota: Elaboración Propia.

Figura 56

Acumulador y Equipos conectados para la iniciacion



Nota: Elaboración Propia.

Figura 57

Cables troncales para los cuatro canales de salida



Fuente 3: Elaboración Propia

ANEXOS 8

Equipos

Figura 58

Perforadora SANDVIK RANGER DX700



Nota: Plataforma T7

Figura 59

Equipos del Área de Operaciones Quellaveco



Nota: Elaboración Propia