

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS**



**T E S I S**

**Evaluación técnica de la voladura en la compañía  
minera Corihuarmi**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor: Bach. Jean Carlos SALCEDO TORRES**

**Asesor: Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS**

**Cerro de Pasco - Perú - 2020**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS**



**T E S I S**

**Evaluación técnica de la voladura en la compañía  
minera Corihuarmi**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

Mg. Edwin Elías Sánchez Espinoza

**PRESIDENTE**

---

Mg. Teodoro Rodrigo Santiago Almerco

**MIEMBRO**

---

Mg. Raúl Fernández Mallqui

**MIEMBRO**

**DEDICATORIA**

*Dedico esta tesis a mis padres que siempre me brindaron su apoyo incondicional en todo este tiempo para llegar a ser un Profesional.*

*A mi esposa e hijo, quienes estuvieron a mi lado brindándome la comprensión, tolerancia, amor y a la alegría.*

*A toda mi familia que siempre me apoyaron desde niño, a todos les dedico esta tesis con cariño.*

## AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

De igual manera agradecer a mi profesor y asesor de Investigación y de Tesis de Grado, Mg. GARCIA CONTRERAS, Toribio por su visión crítica de muchos aspectos de la vida, por su rectitud en su profesión como docente, por sus consejos, que ayudan a formarte como persona e investigador.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos Muchas gracias y que Dios los bendiga.

## RESUMEN

En la presente tesis intitulo "EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA VOLADURA EN LA COMPAÑÍA MINERA CORIHUARMI" enfocamos la investigación en función del factor de potencia y la velocidad de detonación, grado de fragmentación y los costos porque creemos que son los factores de mayor incidencia en la voladura que se viene llevando a cabo. Nuestro objetivo primordial fue el de determinar si los parámetros de voladura mencionados están respondiendo adecuadamente. En cuanto al tipo y nivel de investigación es de carácter APLICATIVO, el estudio se ubica en el nivel descriptivo, explicativo y de correlación, El diseño que utilizare en la investigación descriptivo y aplicativo.

La muestra estuvo constituida por tres tajos en los siguientes bancos: Proyecto 09 – 4820 – Tajo Cayhua, Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua, Proyecto 02 – 4855 – Tajo Ampliación Diana, Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan, las técnicas empleadas fueron información bibliográfica, diagnóstico de campo, información documentaria, pruebas de campo, archivos, fotografías, observaciones sistemáticas y los instrumentos Software para simulación de voladura, jk simblast, Microtrap, Sismógrafo White, Portametries, Latop, Cable RG 58. Equipos de Monitoreo: para control y monitoreo constante, WipFrag (análisis virtual de fragmentación).

Como resultados fueron: se emplearon booster de 1 lb. Y de  $\frac{3}{4}$ , como explosivo se usó emulnor 500 y anfo superfam dos, obteniéndose los resultados siguientes Horas Hombre Trabajadas: 240, Índice de accidentabilidad: 0%, Nivel de Gases Nitrosos: 0%, Vibración en zonas de criticidad: Dentro de los parámetros establecidos. VOD: Dentro de los rangos, Tiros Cortados: 0 Reducción de % gruesos: 40%, Reducción costos de voladura: 23.2%, Reducción factor de potencia: 7.9%

**Palabras clave: perforación, voladura, grado de fragmentación, costos, factor de potencia, velocidad de detonación**

## ABSTRACT

In this thesis entitled "TECHNICAL EVALUATION OF BLASTING IN THE CORIHUARMI MINING COMPANY, we focus our research on the power factor and detonation speed, degree of fragmentation and costs, because we believe that they are the factors with the greatest incidence in blasting that it is being carried out. Our primary objective was to determine if the blasting parameters mentioned are responding adequately. Regarding the type and level of research, it is APPLICABLE, the study is located at the descriptive, explanatory and correlation level, The design that I will use in the descriptive and applicative research.

The sample consisted of three pits in the following banks: Project 09 - 4820 - Tajo Cayhua, Project 12 - 4830 - Tajo Cayhua, Project 02 - 4855 - Diana Expansion Pit, Project 02 - 4805 - Tajo Susan, the techniques used were information bibliography, field diagnosis, documentary information, field tests, files, photographs, systematic observations and instruments. Software for blast simulation, jk simblast, Microtrap, White Seismograph, Portametries, Latop, Cable RG 58. Monitoring Equipment: for control and constant monitoring, WipFrag (virtual fragmentation analysis).

The results were: 1 lb booster was used. And of  $\frac{3}{4}$ , as explosive emulnor 500 and ampho superfam two were used, obtaining the following results Man-Hours Worked: 240, Accident Rate: 0%, Nitrous Gas Level: 0%, Vibration in criticality areas: Within the parameters established. VOD: Within the ranges, Cut Shots: 0 Coarse% reduction: 40%, Blasting cost reduction: 23.2%, Power factor reduction: 7.9%

Keywords: drilling, blasting, degree of fragmentation, costs, power factor, detonation velocity

## INTRODUCCIÓN

La inversión en minería es de alto riesgo, por lo cual para que los costos de producción puedan permitir conseguir los márgenes adecuados, se tiene que velar para que las operaciones sean las más baratas posibles, siendo el costo de perforación y voladura el que provee el material necesario para la producción y estos costos son del orden del 30%.

En la actualidad ninguna organización puede permitirse dejar de lado la optimización de sus operaciones, por lo que para contribuir a la mejora de la calidad del proceso de la voladura se plantea la presente investigación.

En ese sentido en esta ocasión realizamos la presente investigación del seguimiento realizado a los proyectos de voladura ejecutados en Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi en los Tajos Susan, Ampliación Diana y Cayhua Norte, durante el año 2019 con el objetivo de mostrar un análisis a los valores emitidos postvoladura.

Los valores como la Velocidad de Detonación del explosivo o mezcla de explosivos, los niveles de vibración durante el momento de la voladura, el grado de Fragmentación como resultado de la misma y el Factor de Potencia, son indicadores que permiten llevar un control operativo y económico de nuestras operaciones, el cual son de mucho interés para la evaluación y la mejora continua de sus procesos. Para cumplir con este fin, la estructura de la presente investigación se ha dividido en cuatro partes principales

El Capítulo I, desarrolla aspectos generales enfocando la problemática de la investigación, considerando aspectos como: identificación y planteamiento del problema, delimitación de la investigación, formulación del problema, objetivos, justificación, limitación de la investigación, y lugar del desarrollo.

El Capítulo II, trata sobre el marco teórico considerando antecedentes del problema, bases teóricas, tratando aspectos como, explosivos, proceso de detonación, mecánica de rotura de rocas; definición de términos. Formulación de la hipótesis, sus variables.

El capítulo III, describe la metodología y técnicas de investigación; comprendiendo el tipo y nivel de investigación, método de investigación, diseño, población y muestra y las técnicas e instrumento de recolección de datos.

El Capítulo IV, trata sobre los resultados donde vemos aspectos como: aspectos generales de la mina, geología y mineralización, exploración, extracción, recursos minerales, reservas de mineral; RECURSOS, Evaluación de Proyectos, Proyecto 09 – 4820 – Tajo Cayhua, Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua, Proyecto 02 – 4855 – Tajo Ampliación Diana, Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan, Control de Perforación, Factor de Potencia, Costos de Voladura, Velocidad de Detonación, Análisis de Vibraciones, Análisis de Fragmentación, Soporte en Voladuras Secundarias; concluyendo con las conclusiones y recomendaciones.

El autor

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTO .....	III
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
INTRODUCCION .....	V
INDICE DE TABLAS .....	XI
INDICE DE FIGURAS .....	XIII
CAPITULO I .....	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1 Identificación y planteamiento del problema.....	1
1.2 Delimitación de la investigación .....	1
1.2.1 Delimitación espacial.....	1
1.2.2 Delimitación temporal.....	2
1.3 Formulación del problema.....	2
1.3.1 Problema general.....	2
1.3.2 Problemas específicos.....	2
1.4 Formulación de objetivos.....	2
1.4.1 Objetivo general.....	2
1.4.2 Objetivos específicos.....	2
1.5 Justificación e importancia de la investigación .....	2
1.6 Limitaciones de la investigación.....	3
1.7 Lugar donde se desarrollará la investigación.....	3

CAPITULO II.....	4
MARCO TEÓRICO .....	4
2.1 Antecedentes del problema.....	4
2.2 Bases teóricas - Científicas.....	5
2.2.1 Proceso de detonación: .....	5
2.2.1 Mecánica de rotura de rocas .....	8
2.3 Formulación de hipótesis.....	8
2.3.1 Hipótesis general .....	8
2.3.2 Hipótesis específicas.....	8
2.4 Identificación de variables. ....	9
2.4.1 Variables para la hipótesis general.....	9
2.4.2 Variables para las hipótesis específicas.....	9
2.5 Definición de términos.....	9
2.6 Definición operacional de variables e indicadores .....	10
CAPITULO III.....	11
METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN .....	11
3.1 Tipo y nivel de investigación.....	11
3.2 Métodos de investigación.....	11
3.3 Diseño de investigación. ....	11
3.4 Población y muestra.....	11
3.4.1 Población .....	11
3.4.2 Muestra.....	11
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	12

3.6 Técnicas de procesamiento de datos .....	12
3.7 Tratamiento estadístico .....	13
3.8 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	14
3.9 Orientación ética .....	14
CAPITULO IV .....	15
RESULTADOS .....	15
4.1 Descripción del trabajo de campo .....	15
4.1.1 Ubicación de la mina .....	15
4.1.2 Geología y mineralización .....	17
4.1.3 Exploración .....	17
4.1.4 Extracción .....	17
4.1.5 Recursos minerales .....	18
4.1.6 Reservas de mineral .....	18
4.1.7 Recursos.....	19
4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	19
4.2.1 Proyecto 09 – 4820 – Tajo Cayhua .....	19
4.2.2 Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua .....	21
4.2.3 Proyecto 02 – 4855 – Tajo Ampliación Diana .....	23
4.2.4 Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan .....	25
4.3 Prueba de hipótesis .....	26
4.3.1 Evaluación de la perforación .....	28
4.3.2 Factor potencia .....	28
4.3.3 Costos de Voladura.....	29

4.3.4 Velocidad de Detonación.....	32
4.3.5 Análisis de Vibraciones .....	42
4.3.6 Análisis de Fragmentación .....	49
4.3.7 Soporte en voladuras secundarias .....	59
4.4 Discusión de resultados .....	59
4.4.1 Evacuación técnica y seguimiento a la ejecución de la voladura.....	59
4.4.2 Factor de potencia .....	62
4.4.3 Costo de voladura .....	62
4.4.4 Velocidad de detonación .....	63
4.4.5 Grado de fragmentación.....	63
4.4.6 Medio ambiente.....	64
4.4.7 Apariencia típica por niveles.....	65
CONCLUSIONES .....	
RECOMENDACIONES .....	
BIBLIOGRAFÍA.....	
ANEXOS.....	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Definición operacional de variables e indicadores .....	10
Tabla N°2. Recursos de minerales.....	18
Tabla N°3. Reservas de mineral .....	18
Figura N°7. Proyecto 9- 4820 Tajo Cayhua.....	20
Tabla N°4. Resumen de resultados .....	27
Tabla N°5. Factor de potencia Proyecto 09 – 4820 Tajo Cayhua .....	28
Tabla N°6. Factor de potencia Proyecto 12 – 4830 Tajo Cayhua .....	29
Tabla N° 7. Factor de potencia Proyecto 02 – 4855 Tajo Ampliación Diana.....	29
Tabla N°8. Factor de potencia Proyecto 02 – 4805 Tajo Susan .....	30
Tabla N°9. Costo unitario Proyecto 09 – 4820 Tajo Cayhua .....	30
Tabla N° 10. Costo unitario Proyecto 12 – 4830 Tajo Cayhua .....	31
Tabla N°11. Costo unitario Proyecto 02 – 4855 Tajo Ampliación Diana .....	31
Tabla N°12. Costo unitario Proyecto 02 – 4805 Tajo Susan.....	32
Tabla N°13. Velocidades con booster de 1lb, y $\frac{3}{4}$ lb, Proyecto 09-4820 .....	34
Tabla N°14. Velocidades con booster de 1lb, y $\frac{3}{4}$ lb. Proyecto 12-4830, Tajo Cayhua	36
Tabla N°15. Velocidades con booster de 1lb, y $\frac{3}{4}$ lb, Proyecto 02-4855, Tajo ampliación Diana .....	38
Tabla N°16. Velocidades de Detonación Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan .....	41
Tabla N° 17. Norma Norteamericana USBM RI – 8507, sobre análisis de vibraciones	42
Tabla N° 18. Frecuencia y amplitud de las vibraciones, proyecto 12-4830, Tajo Cayhua .....	43
Tabla N° 19. Frecuencia y amplitud de las vibraciones, proyecto 12-4855 Tajo ampliación Diana .....	45

Tabla N° 20. Frecuencia y amplitud de las vibraciones, proyecto 02-4805, Tajo Susan .....	47
Tabla N° 21. Análisis granulométrico .....	50
Tabla N° 22. Fragmentación Proyecto 09 – 4820 – Tajo Cayhua.....	50
Tabla N° 23. Fragmentación Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua.....	52
Tabla N° 24. Fragmentación, Proyecto 02-4805 -Tajo Susan .....	56
Tabla N° 25. Los principales indicadores de VOLADURA: .....	61
Tabla N° 26. Nivel de humos generados.....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1. Proceso de detonación .....	6
Figura N°2. Distribución de la energía potencial de un explosivo .....	7
Figura N°3. Efectos del proceso de detonación de un explosivo .....	8
Figura N°4. Ubicación de la mina.....	16
Figura N°5. Vista de los tajos de explotación y la planta de procesamiento .....	16
Figura N°6. Equipos de monitoreos .....	19
Figura N°8. Diseño de carga.....	21
Figura N°9. Secuencia de salida .....	21
Figura N°10. Diseño de carga 1, diseño de carga 2 .....	22
Figura N°11. Proyecto 12 – 4830 Tajo Cayhua .....	22
Figura N°12. Secuencia de salida en V.....	23
Figura N°13. Proyecto 02 – 4855 Tajo Ampliación Diana.....	23
Figura N°14. Diseño de carga Plano del Proyecto 02 – 4855 – Tajo Ampliación Diana .....	24
Figura N°15. Secuencia de salida en diamante.....	24
Figura N°16. Plano del proyecto 02 – 4805 Tajo Susan.....	25
Figura N°17. Diseño de carga Plano del Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan .....	25
Figura N°18. Secuencia de salida en trapecio.....	26
Figura N°19. Booster de 1 Lb. y $\frac{3}{4}$ Lb. ....	32
Figura N°20. Disposición de los taladros Proyecto 09 – 4820 – Tajo Cayhua: .....	34
Figura N°21. Velocidades de Detonación Proyecto 09 – 4820 – Tajo Cayhua: .....	35
Figura N°22. Disposición de los taladros Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua .....	37

Figura N°23. Velocidades de Detonación Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua: .....	37
Figura N°24. Vista de la malla repleta de agua .....	39
Figura N°25. Disposición de los taladros Proyecto 02 – 4855 – Tajo ampliación Diana .....	39
Figura N° 26. Velocidades de Detonación Proyecto 02 – 4855 – Tajo ampliación Diana .....	40
Figura N°27. Disposición de los taladros Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan .....	41
Figura N°28. Velocidades con booster de 1lb, y $\frac{3}{4}$ lb. Proyecto 02-4805, Tajo Susan	42
Figura N° 29. Frecuencia y amplitud de las vibraciones, proyecto 12-4830, Taja Cayhua .....	44
Figura N° 30. Frecuencia y amplitud de las vibraciones, proyecto 12-4855, Tajo ampliación Diana .....	46
Figura N° 31. Frecuencia y amplitud de las vibraciones, proyecto 02-4805, Taja ampliación Diana .....	48
Figura N° 32. Vista del frente de minado Proyecto 09 – 4820 – Taja Cayhua .....	51
Figura N° 33. Análisis de Fragmentación Proyecto 09 – 4820 – Taja Cayhua.....	51
Figura N° 34. Vista del frente de minado 1, Proyecto 12 – 4830 – Taja Cayhua .....	52
Figura N° 35. Análisis de Fragmentación Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua.....	53
Figura N° 36. Vista del frente de minado 2, Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua .....	54
Figura N° 37. Análisis de Fragmentación Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua.....	54
Figura N° 38 Frente de minado Proyecto 02-4805 -Tajo Susan .....	56
Figura N° 39. Análisis de Fragmentación 1, Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan.....	57
Figura N°40.Frente de minado 2, Proyecto 02-4805 -Tajo Susan .....	58
Figura N°41. Análisis de Fragmentación 2, Proyecto 02 – 48005 – Tajo Susan.....	58

Figura N° 42.Frente de minado presencia de bancos grandes.....	59
Figura N° 43 Factor de potencia .....	62
Figura N°44. Costo de voladura .....	62
Figura N° 45. Velocidad de detonación .....	63
Figura N°46. Grado de Fragmentación .....	63
Figura N° 47. Humos generados en la voladura.....	64
Figura N°48.Nivel 0: No se observa humos contaminados.....	65
Figura N° 49. Nivel 1: Leve humo de color amarillo.....	65
Figura N° 50. Nivel 2: Menor humos de color amarillo y anaranjado .....	66
Figura N° 51. Nivel 3: Moderado humos color anaranjado .....	66
Figura N° 52. Nivel 4: Significativamente la presencia de humos color anaranjado....	67
Figura N° 53. Nivel 5: Se nota mayor humo de color rojo.....	67

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Identificación y planteamiento del problema**

El problema de nuestra investigación que trata sobre la EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA VOLADURA EN LA COMPAÑÍA MINERA CORI HUARMI, vemos que este tipo de problema ocurre con frecuencia en casi todas las minas a nivel mundial, de américa y en las minas del Perú: más aun cuando un proyecto minero está empezando a producir.

Estos problemas se han solucionado de diversas maneras ya sea controlando la perforación, la voladura, el factor de potencia, la velocidad de detonación, tiempo de salida de los taladros, el grado de fragmentación, etc.

En nuestra investigación nos enfocaremos en realizar la investigación en función del factor de potencia y la velocidad de detonación porque creemos que son los factores de mayor incidencia en la voladura que se viene llevando a cabo: los cuales nos permitirá llevar un mejor control de las operaciones.

#### **1.2 Delimitación de la investigación**

##### **1.2.1 Delimitación espacial**

El presente trabajo de investigación se ha realizado en las instalaciones de la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi.”

### **1.2.2 Delimitación temporal**

6 meses; Julio 2019 – diciembre 2019

## **1.3 Formulación del problema.**

### **1.3.1 Problema general**

¿Estarán respondiendo adecuadamente los parámetros de voladura en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi vigente?

### **1.3.2 Problemas específicos.**

- a. ¿Cuál es el comportamiento de la velocidad de detonación del explosivo, en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi?
- b. ¿Cuál es el comportamiento del factor de potencia del explosivo en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi?

## **1.4 Formulación de objetivos.**

### **1.4.1 Objetivo general.**

Determinar el grado de comportamiento de los parámetros de voladura en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi.

### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- a. Determinar el comportamiento de la velocidad de detonación del explosivo, en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi.
- b. Determinar el comportamiento del factor de potencia del explosivo en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi.

## **1.5 Justificación e importancia de la investigación**

Nuestra investigación va a justificar su realización y remarca su importancia porque nos permitirá evaluar los parámetros técnicos de la voladura en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi para poder ver si se está

trabajando dentro de los estándares establecidos y realizar las correcciones necesarias.

#### **1.6 Limitaciones de la investigación.**

Podemos tener limitación en cuanto a:

- Información de la data actual en cuanto a su operatividad de la investigación.
- Limitaciones en cuanto al apoyo de la empresa no se han encontrado

#### **1.7 Lugar donde se desarrollará la investigación.**

El presente trabajo de investigación se ha realizado en las instalaciones de la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes del problema.**

En cuanto a los antecedentes a nivel del Perú encontramos bastante información sobre voladura tanto en empresas mineras grandes, medianas y pequeñas; los cuales nos servirán para guiarnos en la formulación del presente proyecto y adecuarlo a nuestra realidad, así tenemos:

- a. En la tesis voladura controlada y reducción porcentual de la dilución y costos; en esta tesis el autor manifiesta que el proceso de investigación llevado a cabo fue en una primera etapa un control y seguimiento de los disparos realizados en la voladura convencional, usando explosivos semexa 65%; luego se realiza una voladura controlada usando explosivos exsablock, para terminar en una comparación de ambas voladuras.

Como resultado tenemos en la voladura convencional la dilución fue de 52% y en la voladura controlada de 47%; en cuanto a costos de la perforación y voladura se redujo en un 15.62\$/m<sup>3</sup>, también se redujeron los costos de sostenimiento y los costos de limpieza de los tajeos. (VILCA, 2019).

- b. la tesis reducción del daño generado por la voladura a los taludes finales se tiene, como objetivo el de realizar un diseño de precorte en una mina a tajo abierto considerando aspectos como geología, geotecnia, planeamiento, seguridad; con los cuales se alcanzó estándares de diseño que se viene practicando en la voladura de pre corte, logrando estabilizar los taludes con la seguridad aceptable, consiguiendo mejorar el diseño. Pacco Ramos, Apaza Maquera, 2019
- c. En la presente tesis se aplica el software Vulcan 8.0 con explosivos anfo emulsión, anfo pesado, booster, retardadores y aplicando todos los parámetros de un diseño de voladura, se determinó que la roca del tajo era de sílice masiva de alta dureza; obteniendo un tamaño de fragmentación de 14.6 cm. Luego se trabajó en la mejora de la fragmentación mediante el factor de potencia, tiempo de detonación, impedancia; con lo cual se mejoró el grado de fragmentación a 6.5 cm. Mejorando la fragmentación del material volado. (3) OVIEDO NINA, 2017

## **2.2 Bases teóricas - científicas.**

Haremos uso de una serie de información tanto bibliográficos, de campo, que darán evidencia sobre la investigación realizada; aspectos que tendremos en cuenta en el desarrollo de la investigación.

Dentro de los aspectos teóricos científicos tenemos:

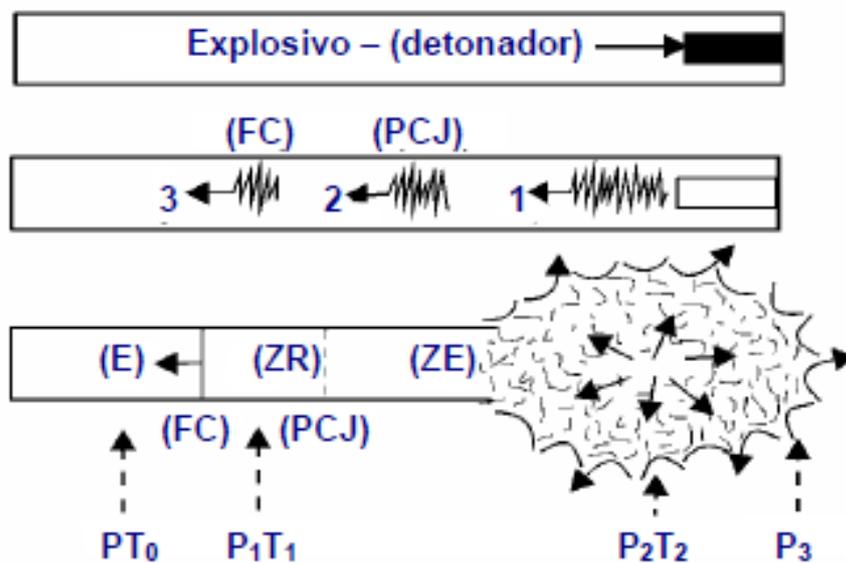
Voladura superficial, tipos de voladura, voladura de bancos, parámetros, nomenclatura, ciclo básico de excavación, estructura de las rocas, factores que influyen en la voladura, trazos de perforación, condiciones fundamentales de los taladros, carga y cebado de taladros, voladura controlada, voladura de pre corte, fragmentación.

También hemos hecho uso de los siguientes conceptos:

### **2.2.1 Proceso de detonación:**

El proceso de detonación podemos describirlo mejor en: EXSA (s.f.)

Figura N°1. Proceso de detonación



E = explosivo aún sin reaccionar

ZR = zona de reacción

ZE = zona de explosión

FC = frente de choque de la onda de detonación

PCJ = plano de Chapman – Jouget (límite de la zona de reacción hacia la explosión)

PT0 = presión cero

P1T1 = presión y temperatura de reacción

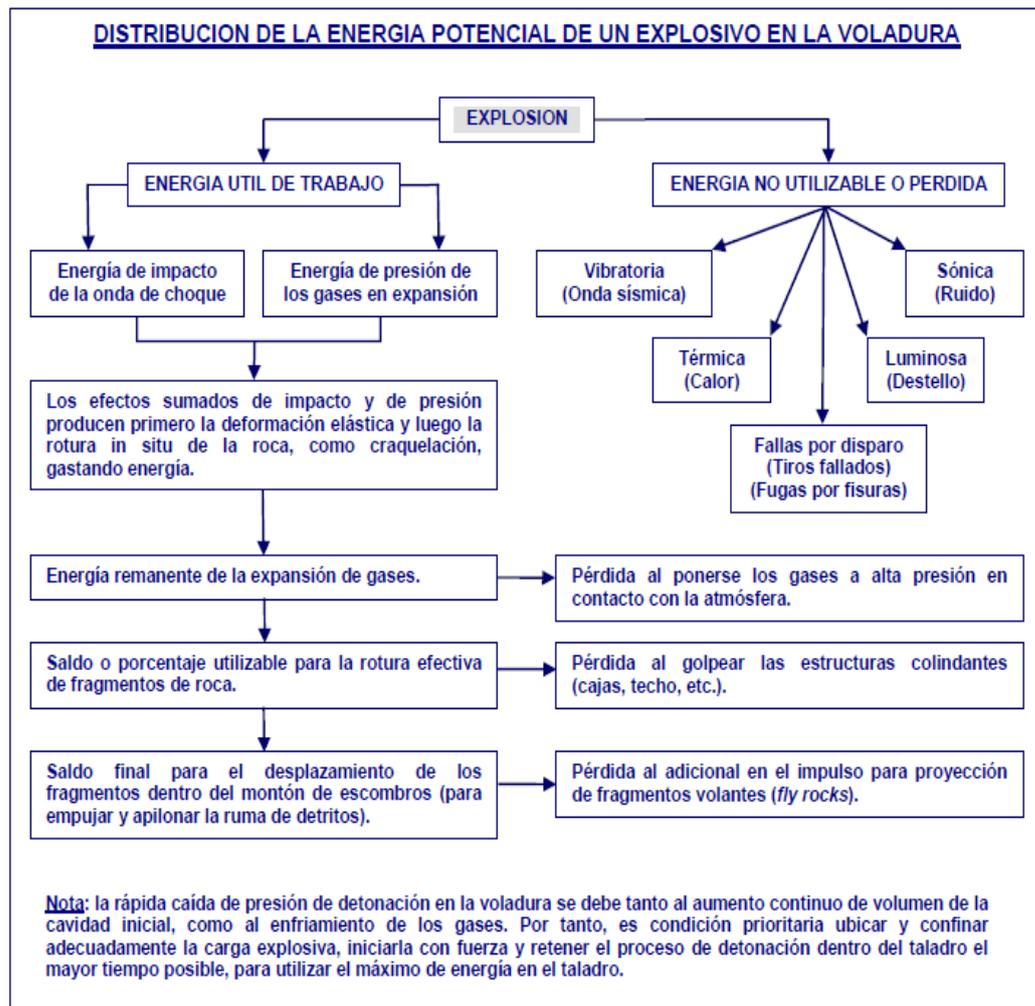
P2T2 = presión y temperatura de explosión

P3 = presión de trabajo (efecto mecánico)

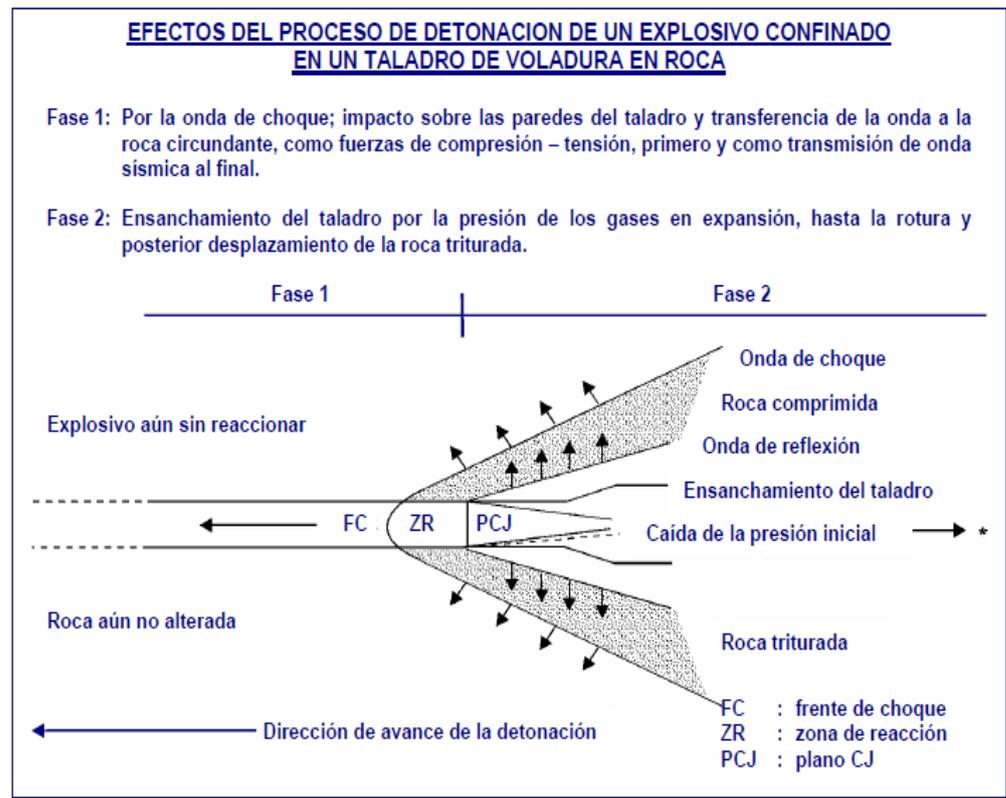
Explosivo rompedor (secundario)

Explosivo iniciador (primario) – detonador

Figura N°2. Distribución de la energía potencial de un explosivo



**Figura N°3. Efectos del proceso de detonación de un explosivo**



### 2.2.1 Mecánica de rotura de rocas

#### A. Proceso de fracturamiento

En el proceso de fracturamiento existen varias teorías que tratan de explicar

## 2.3 Formulación de hipótesis.

### 2.3.1 Hipótesis General

Al Determinar el grado de comportamiento de los parámetros de voladura en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi se debe realizar algunas correcciones para mejorar la eficiencia.

### 2.3.2 Hipótesis específicas

a. Al Determinar el comportamiento de la velocidad de detonación del explosivo, los niveles de vibración en la Minera IRL SA. en su Unidad

de Producción Corihuarmi se debe realizar algunas correcciones para mejorar la eficiencia.

- b. Al Determinar el comportamiento del grado de fragmentación y del factor de potencia del explosivo en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi se debe realizar algunas correcciones para mejorar la eficiencia.

## **2.4 Identificación de variables.**

### **2.4.1 Variables para la hipótesis general**

Variable Independiente:

Determinar el grado de comportamiento de los parámetros de voladura

Variable Dependiente:

Correcciones para mejorar la eficiencia.

### **2.4.2 Variables para las hipótesis específicas**

Para la hipótesis a.

Variable independiente

Determinar el comportamiento de la velocidad de detonación del explosivo, los niveles de vibración

Variable dependiente

Correcciones para mejorar la eficiencia.

Para la hipótesis b.

Variable independiente

Determinar el comportamiento del grado de fragmentación y del factor de potencia del explosivo.

Variable dependiente

Correcciones para mejorar la eficiencia.

## **2.5 Definición de términos**

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes:

Anfo

Detonador

Emulsión

Accesorio de voladura

Gases

Detonación

Explosivos

Voladura

Explotación

## 2.6 Definición operacional de variables e indicadores

Tabla N° 1. Definición operacional de variables e indicadores

Hipótesis	Variable	Indicador
<p><b>Hipótesis General</b>            Al Determinar el grado de comportamiento de los parámetros de voladura en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi se debe realizar algunas correcciones para mejorar la eficiencia.</p>	<p>V.I. parámetros de voladura</p> <p>V.D. mejorar la eficiencia.</p>	<p>5"</p> <p>Bourden</p> <p>Espaciamiento</p> <p>Malla de perforación</p>
<p><b>Hipótesis específicas</b>            a. Al Determinar el comportamiento de la velocidad de detonación del explosivo, los niveles de vibración en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi se debe realizar algunas correcciones para mejorar la eficiencia.            b. Al Determinar el comportamiento del grado de fragmentación y del factor de potencia del explosivo en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi se debe realizar algunas correcciones para mejorar la eficiencia.</p>	<p>V.I. velocidad de detonación</p> <p>V.D. mejorar la eficiencia.</p> <p>V.I. fragmentación y del factor de potencia</p> <p>V.D. mejorar la eficiencia.</p>	<p>5"</p> <p>Tn/mes</p> <p>Tn/tal.</p> <p>5"</p> <p>Fragmentación</p> <p>Emulsión</p> <p>Kg/tal</p> <p>Kg/m<sup>3</sup></p>

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1 Tipo de investigación.**

El presente trabajo de investigación es de carácter APLICATIVO, el estudio se ubica en el nivel descriptivo, explicativo y de correlación.

##### **3.2 Métodos de investigación.**

A efectos de abordar todos los factores que intervienen en el problema planteado, se empleó métodos: inductivo, deductivo, análisis, síntesis.

##### **3.3 Diseño de investigación.**

El diseño que utilizare en la investigación descriptivo y aplicativo

##### **3.4 Población y muestra.**

###### **3.4.1 Población**

La población estará compuesta por los siete tajos que están operativos en la mina.

###### **3.4.2 Muestra**

Y la muestra estará constituida por tres tajos en los siguientes bancos:  
Proyecto 09 – 4820 – Tajo Cayhua, Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua,

Proyecto 02 – 4855 – Tajo Ampliación Diana, Proyecto 02 – 4805 –  
Tajo Susan

### **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Descripción de las técnicas empleadas

Para nuestra investigación usaremos una serie de técnicas e instrumentos para reunir información, entendiendo como técnica según Bernal C. (2010)

“En cuanto a técnicas de recolección de información, en la actualidad, en investigación científica hay gran variedad de técnicas o instrumentos para la recolección de información en el trabajo de campo de una determinada investigación”.

(pp. 196). Para lo cual haremos uso de información bibliográfica, diagnóstico de campo, información documentaria, pruebas de campo, archivos, fotografías, observaciones sistemáticas.

Los instrumentos de recolección de datos

Haremos uso de:

Vehículos, Maquinarias, Materiales y Equipos, Software para simulación de voladura, jk simblast, Microtrap, Sismógrafo White, Portametries, Latop, Cable RG 58, Camioneta: 01 pick up 4x4

Equipos de Monitoreo: para control y monitoreo constante, WipFrag (análisis virtual de fragmentación)

### **3.6 Técnicas de procesamiento de datos y análisis de datos**

El procesamiento de datos lo haremos siguiendo el procedimiento que indica Bernal C. (2010) “La recopilación de información es un proceso que implica una serie de pasos” (p.194)

Para lo cual usaremos el Software para simulación de voladura, jk simblast, Microtrap, y WipFrag (análisis virtual de fragmentación)

### **3.7 Tratamiento estadístico**

El tratamiento estadístico se realizará por medio, JKSimblast (Kuz Ram fragmentación) y WipFrag. Estos datos se agruparán en tablas y gráficos.

### **3.8 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

En cuanto a la selección de los instrumentos debo decir que los instrumentos que haremos uso en las pruebas programadas de nuestra investigación son los siguientes:

#### **Humanos**

Supervisor: 02 ingenieros de minas con experiencia acreditada

#### **Materiales y equipos**

Vehículos, Maquinarias, Materiales y Equipos

Software para simulación de voladura, jk simblast

Microtrap

Sismógrafo White

Portametries

Laptop

Cable RG 58

Camioneta: 01 pick up 4x4

Equipos de Monitoreo: para control y monitoreo constante

Explosivos

Cebo

Cordón detonante

Fulminante

La validación y confiabilidad de dichos instrumentos, vemos que; el personal es de amplia experiencia y labora por más de 15 años en la empresa, los materiales y equipos que usamos se hallan certificados y calibrados por las casas que

fabrica dichos instrumentos o equipos cuya certificación obra en la Empresa Corihuarmi como nos informaron los supervisores.

### **3.9 Orientación ética**

La presente investigación se desarrollará dentro de los principios que rige la ética profesional, considerando los valores, principios, criterios, que una investigación debe tener. Cabe mencionar que nuestra investigación se ha dado en hechos verídicos que no están separados de la realidad y que contribuirán al desarrollo de la ciencia, en beneficio de la sociedad.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **4.1 Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1 Ubicación de la mina**

En cuanto a la ubicación de la mina vemos:

Corihuarmi (la Propiedad) está ubicada en los altos Andes del centro del Perú, atravesando las regiones de Lima, Junín y Huancavelica aproximadamente a 160 km al sureste de la capital del Perú, Lima.

La Propiedad está actualmente compuesta por 10 concesiones mineras que abarcan aproximadamente 6,719 hectáreas. Estas concesiones incluyen concesiones a nombre de Minera Andes Exploration (Minandex) y concesiones a nombre de MIRL. (Minera IRL Limited, 2020.p.9)

Figura N°4. Ubicación de la mina

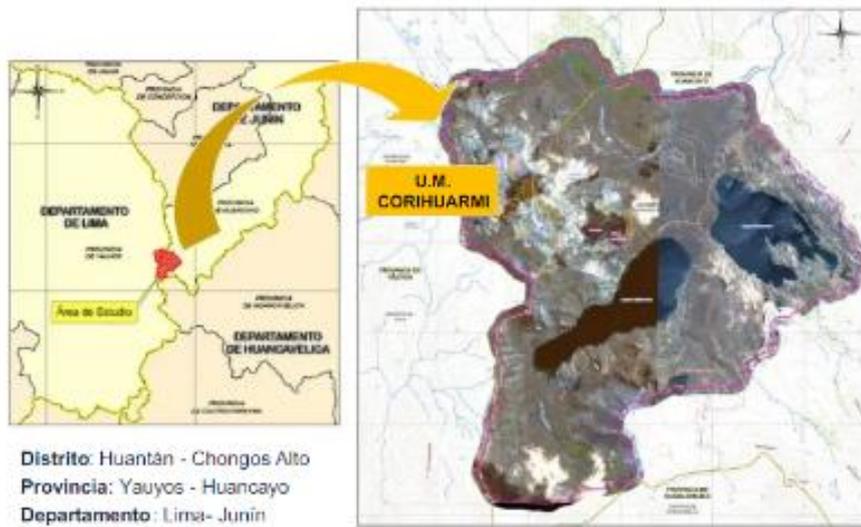


Figura N°5. Vista de los tajos de explotación y la planta de procesamiento



#### **4.1.2 Geología y mineralización**

Geológicamente corresponde al extremo norte del cinturón epitermal de Au-Ag en el sur del Perú. La mineralización es de tipo epitermal con alto contenido de sulfuros que se hallan en las rocas volcánicas cercanas a la falla de Chonta, de dirección NNW de importancia regional. La alteración y mineralización zonificada se centra en domos de dacita y riodacita intruidos cerca de la falla de Chonta en su intersección con las fallas subordinadas de NE. (Minera IRL Limited 2020.)

#### **4.1.3 Exploración**

Mediante los trabajos de exploración que se realizaron en el lugar mediante métodos geoquímicos, geofísicos, perforaciones diamantinas, mapeos geológicos se logró descubrir siete zonas mineralizadas de oro y plata

Estas fueron descubiertas en 1996 por las anomalías que presentaban el suelo.

#### **4.1.4 Extracción**

La Mina Corihuarmi realiza la explotación del yacimiento bajo las siguientes consideraciones: Minera IRL Limited (2020)

La mineralización de oro se extrae mediante métodos a tajo abierto con un ritmo de producción en mina de 9.000 toneladas por día (t/d) de mineral y 5.000 t/d de residuos. La ley promedio obtenida en el último año (2017) es de alrededor de 0,27 g/t y se espera obtener 0,28 g/t en los próximos años (2018 a 2020).

En Corihuarmi se utiliza una configuración convencional de camión y excavadora. Los tajos abiertos son explotados en bancos de 5 metros de altura mediante operaciones de perforación, voladura, carga y transporte en la unidad. El circuito de transporte de materiales se realiza en dos partes, siendo la primera del tajo a la trituradora y la segunda de la

tritadora a la plataforma de lixiviación. Si el mineral no requiere trituración adicional, el material se transporta directamente a la plataforma de lixiviación. Los residuos son transportados al depósito de residuos.

El programa de mina ha sido elaborado en periodos mensuales y se basa en 7 pequeños tajos que serán explotados a lo largo de 3 años de operaciones mineras. (pp. 9-10)

#### 4.1.5 Recursos minerales

En cuanto a los recursos minerales debemos decir que “fueron estimados por el Sr. J. Limaylla (consultor independiente) y revisados por el Dr. A. Fowler (QP), quien considera que el uso de los datos iniciales fue adecuado para una Estimación de Recursos Minerales” (Minera IRL Limited 2020.p.10) se puede observar en el siguiente cuadro.

**Tabla N°2. Recursos de minerales**

<b>Categoría del Recurso</b>	<b>Tonelaje (t)</b>	<b>Au (g/t)</b>	<b>Contenido metálico (oz Au)</b>
Medido	11,800,000	0.27	104,000
Indicado	1,760,000	0.27	15,000
<b>Medido + Indicado</b>	<b>13,560,000</b>	<b>0.27</b>	<b>119,000</b>
Inferred	420,000	0.3	4,000

#### 4.1.6 Reservas de mineral

Las reservas de mineral se ven en la siguiente tabla:

**Tabla N°3. Reservas de mineral**

<b>Categoría de reserva</b>	<b>Tonelaje (t)</b>	<b>Au (g/t)</b>	<b>Contenido metálico (oz Au)</b>
Probada	7,966,900	0.28	70,900
Probable	775,900	0.27	6,800
<b>Probada + Probable</b>	<b>8,742,800</b>	<b>0.28</b>	<b>77,700</b>

#### 4.1.7 Recursos

##### Humanos

Supervisor: 02 ingenieros de minas con experiencia acreditada

##### Materiales y equipos

Vehículos, Maquinarias, Materiales y Equipos

Software para simulación de voladura, jk simblast

Microtrap

Sismógrafo White

Portametries

Laptop

Cable RG 58

Camioneta: 01 pick up 4x4

Equipos de Monitoreo: para control y monitoreo constante

##### Figura N°6. Equipos de monitoreos



## 4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados

### Evaluación de proyectos

Durante la investigación, en Minera IRL – Corihuarmi, se observó que estaban en plena producción 4 proyectos primarios, a los cuales se evaluó y se le dio el soporte y la asistencia técnica correspondiente, a cada uno de ellos. Del mismo modo, en la ejecución de las voladuras secundarias (plasteos), se asistió al personal de voladura de la mina.

Los proyectos evaluados fueron los siguientes

#### 4.2.1 Proyecto 09 – 4820 – Tajo Cayhua

Figura N°7. Proyecto 9- 4820 Tajo Cayhua

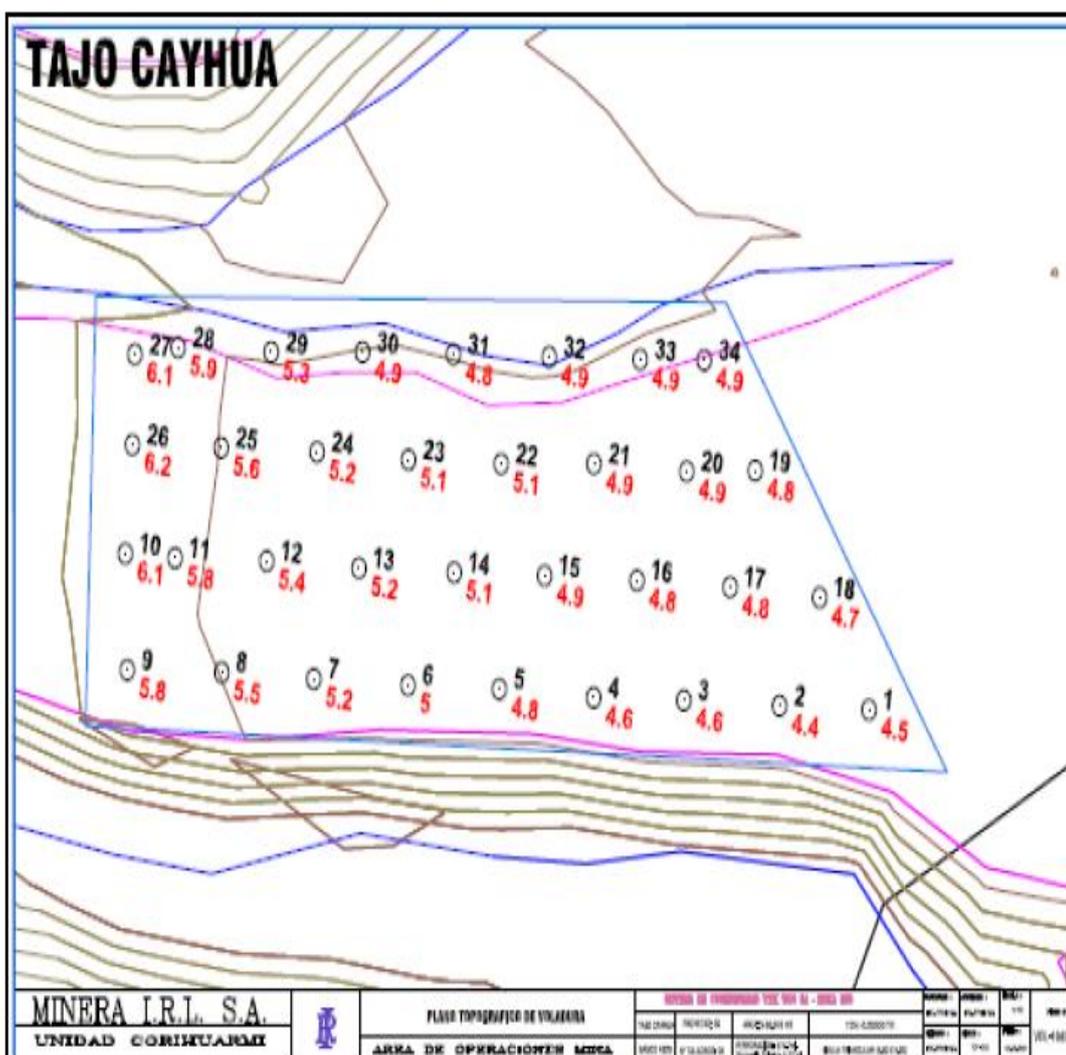


Figura N°8. Diseño de carga

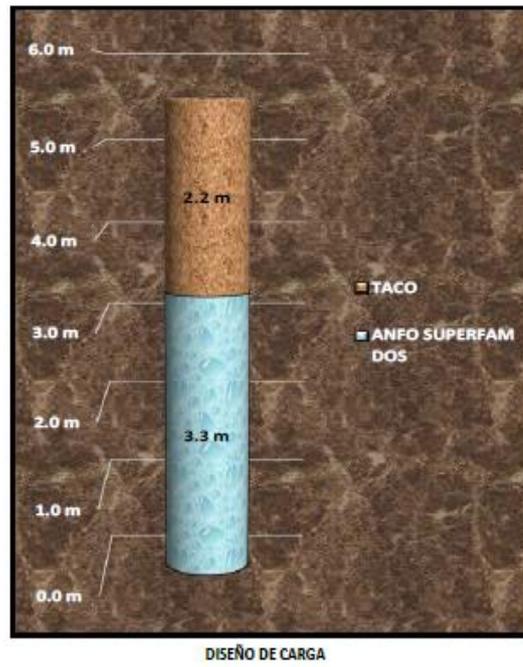
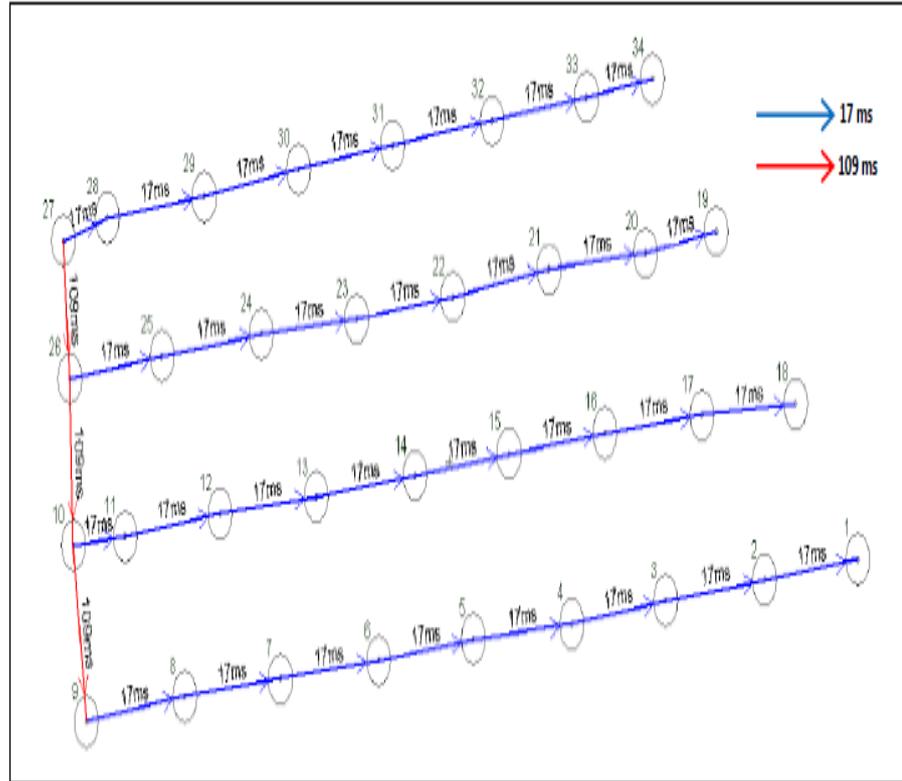


Figura N°9. Secuencia de salida



SECUENCIA DE SALIDA EN ECHELON

4.2.2 Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua

Figura N°10. Diseño de carga 1, diseño de carga 2

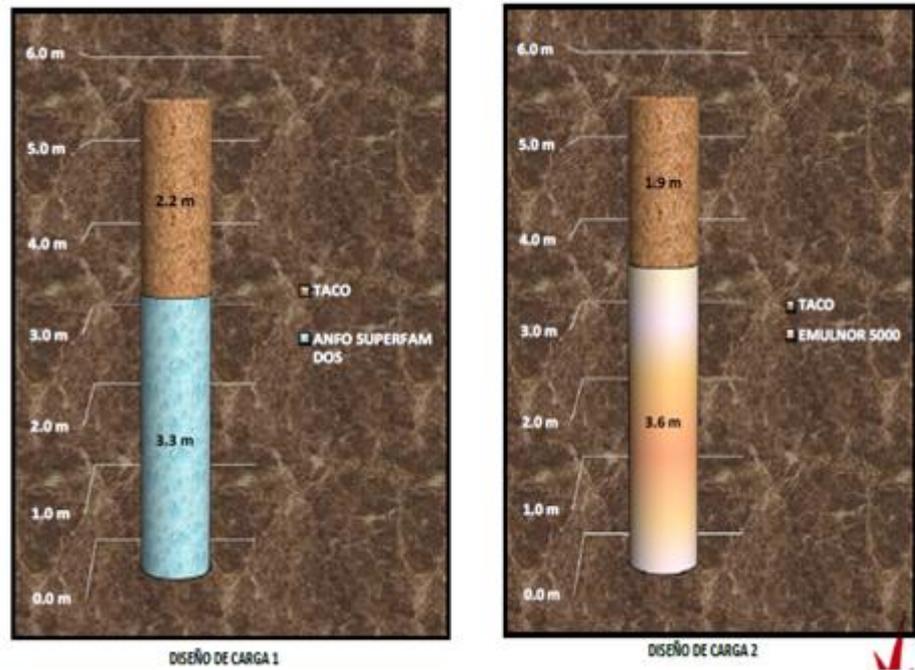


Figura N°11. Proyecto 12 – 4830 Tajo Cayhua

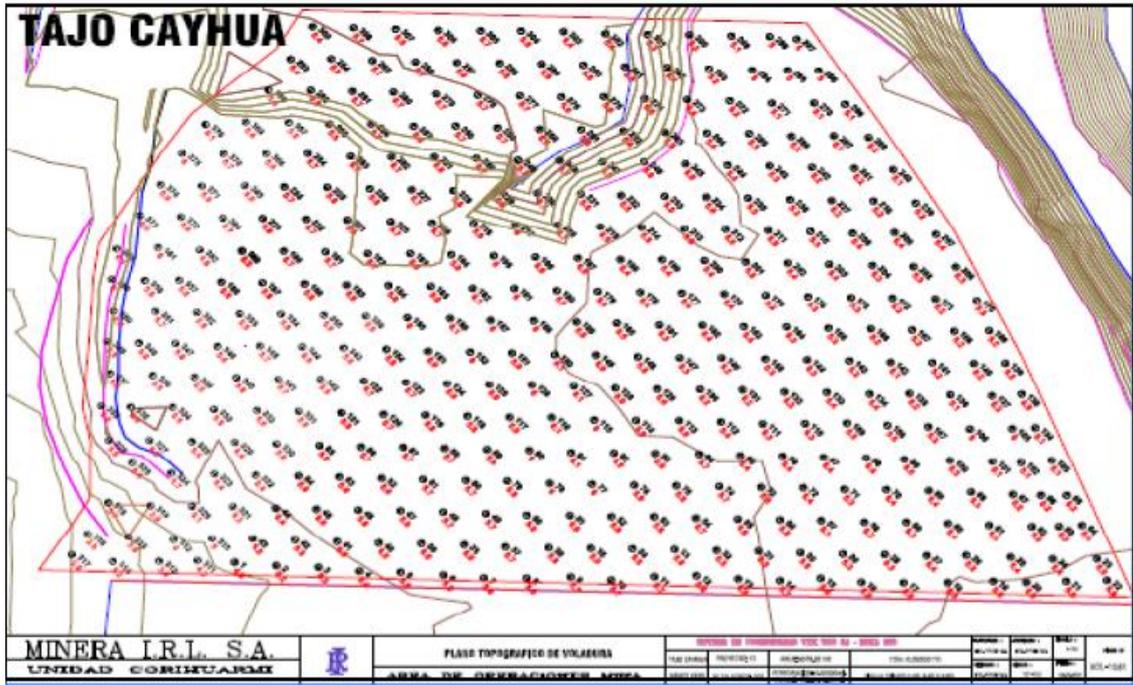
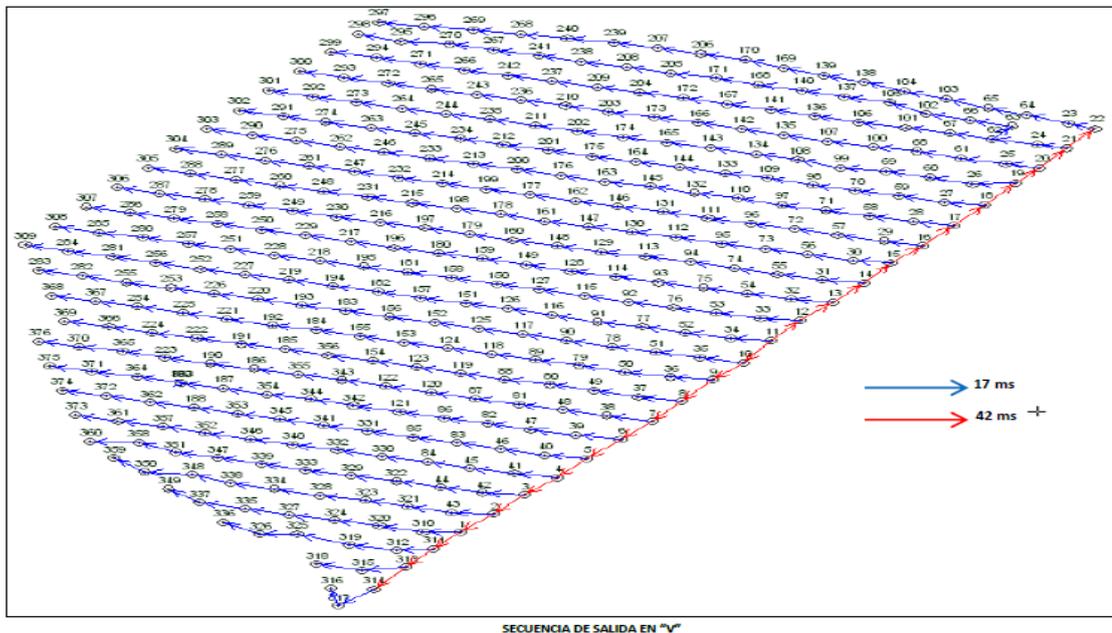


Figura N°12. Secuencia de salida en V



4.2.3 Proyecto 02 – 4855 – Tajo Ampliación Diana

Figura N°13. Proyecto 02 – 4855 Tajo Ampliación Diana

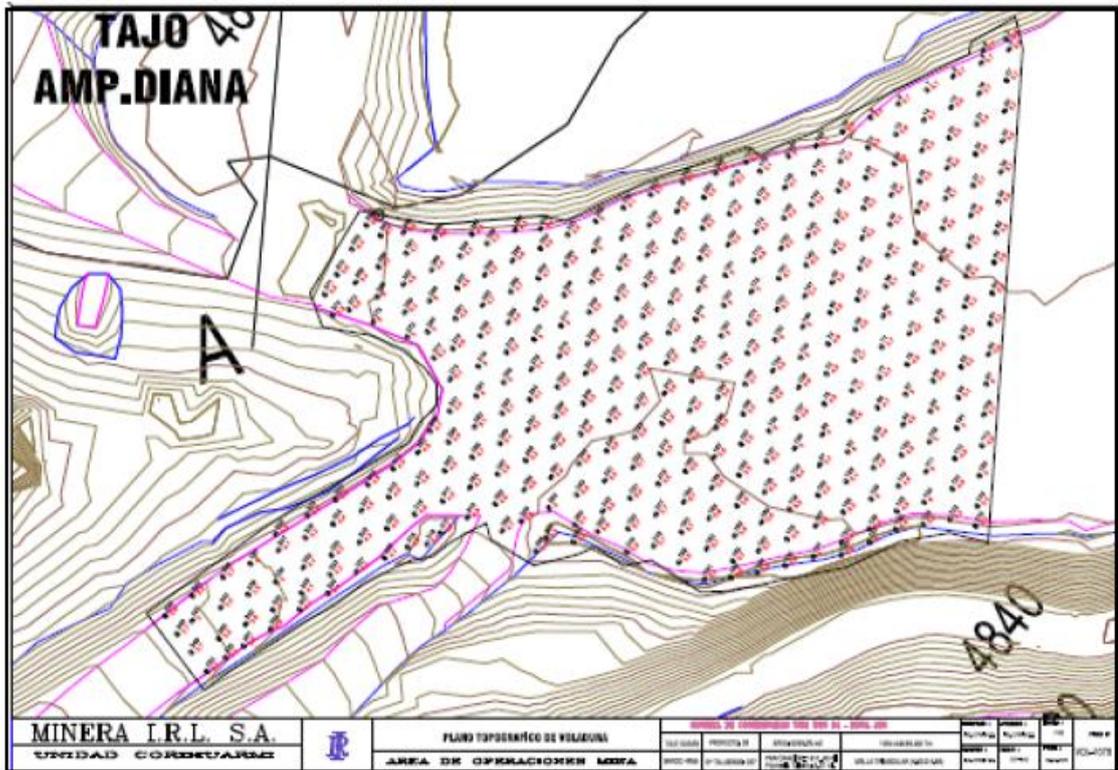


Figura N°14. Diseño de carga Plano del Proyecto 02 – 4855 – Tajo Ampliación Diana

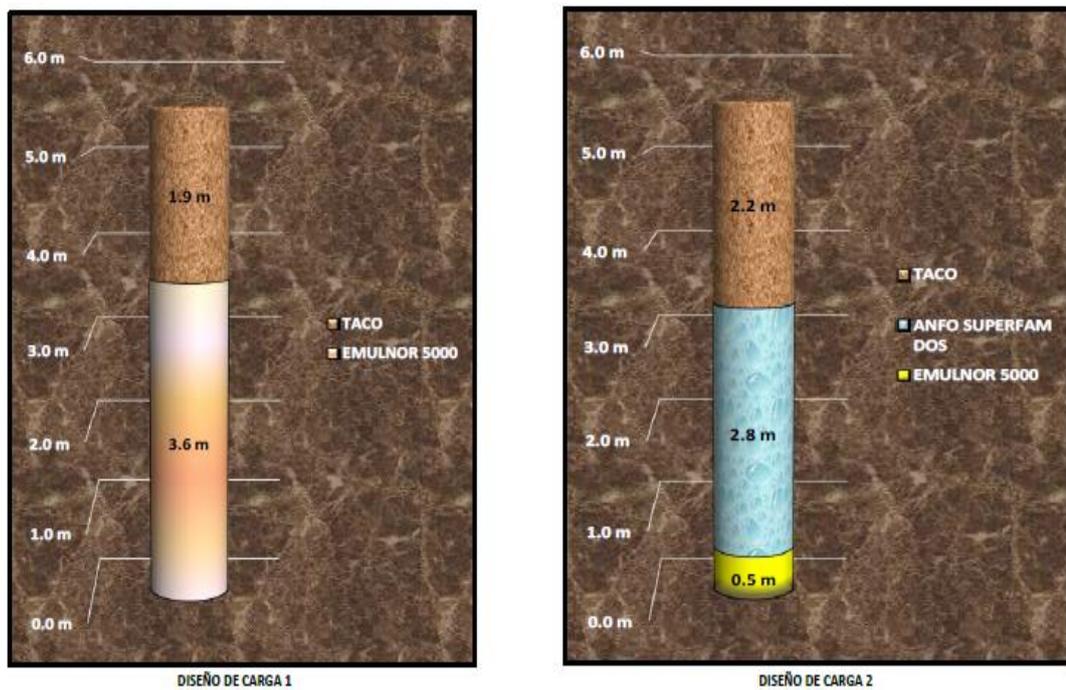
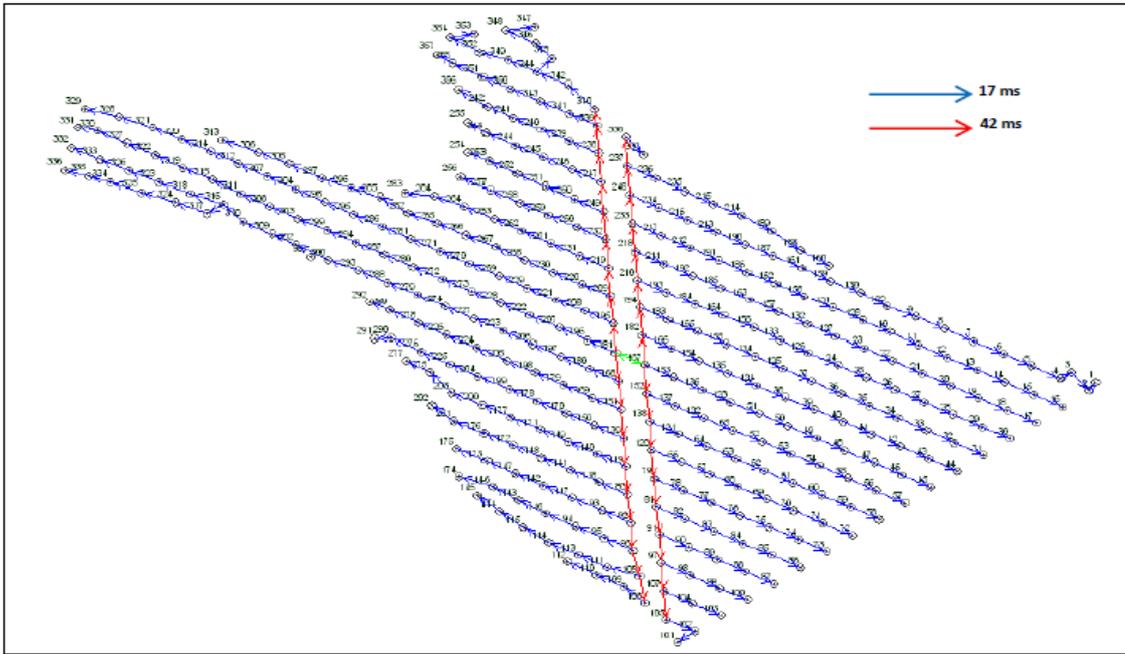


Figura N°15. Secuencia de salida en diamante



4.2.4 Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan

Figura N°16. Plano del proyecto 02 – 4805 Tajo Susan

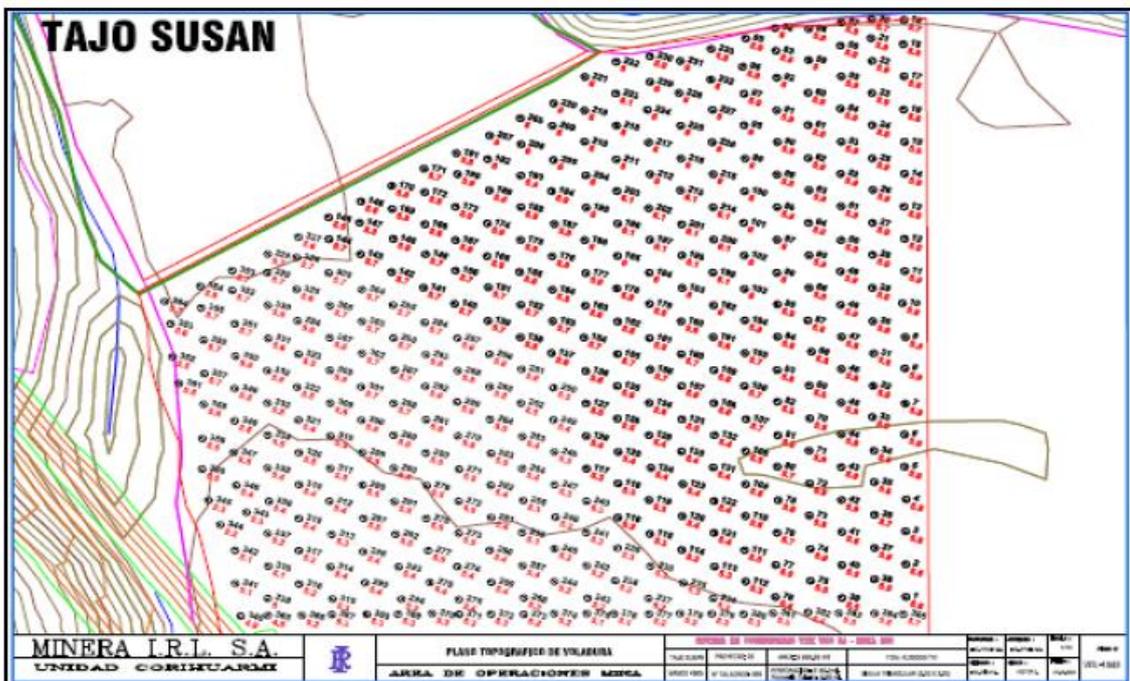


Figura N°17. Diseño de carga Plano del Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan

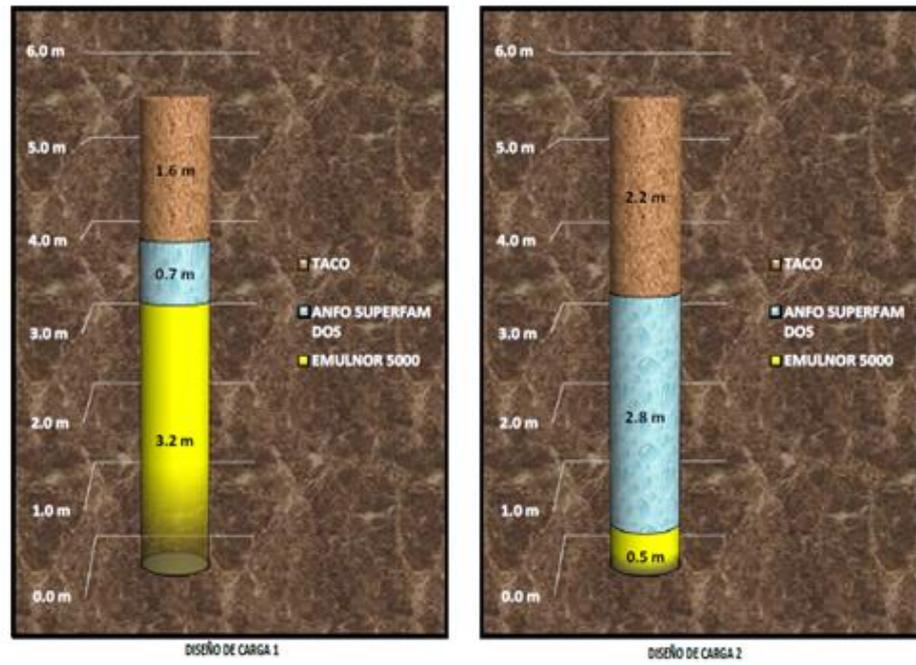
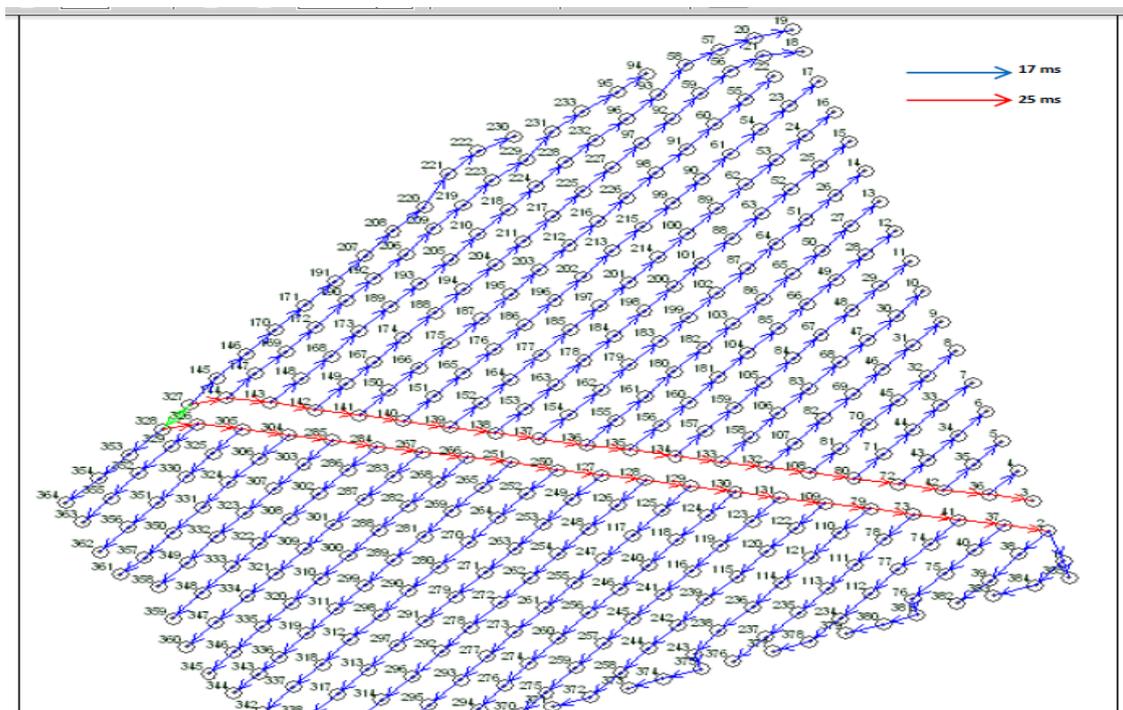


Figura N°18. Secuencia de salida en trapecio



Secuencia de salida en trapecio

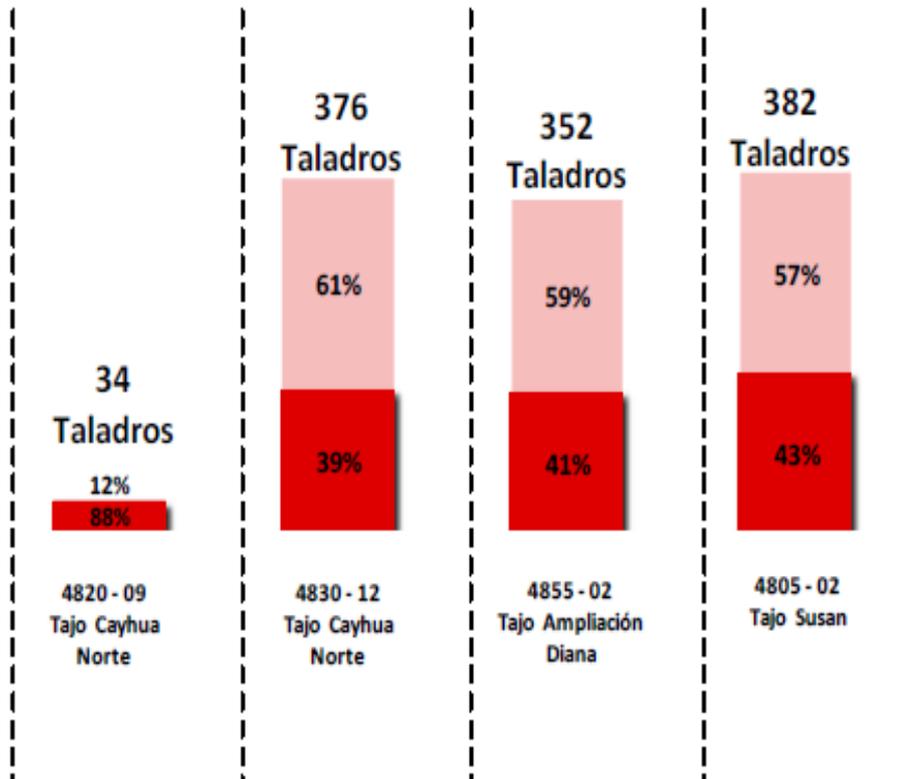
### 4.3 Prueba de hipótesis

#### 4.3.1 Evaluación de la perforación

Cumpliendo con la programación, se procede a realizar el levantamiento y registro de datos correspondiente de los taladros perforados en los proyectos en evaluación, denotando una pobre eficiencia en la perforación, a continuación, el resumen de lo levantado:

**Tabla N°4. Resumen de resultados**

Proyecto	Fecha de disparo	Malla (BxS)	# Taladros	# Taladros con error en perforación	# Taladros sin error en perforación	Eficiencia de perforación
4820 - 09 - Tajo Cayhua Norte	05/02/2020	3.98 x 4.6	34	4	30	88%
4830 - 12 - Tajo Cayhua Norte	06/02/2020	3.98 x 4.6	376	229	147	39%
4855 - 02 - Tajo Amp. Diana	07/02/2020	3.98 x 4.6	352	207	145	41%
4805 - 02 - Tajo Susan	10/02/2020	2.77 x 3.2	382	216	166	43%



#### 4.3.2 Factor de potencia

Proyecto 09 – 4820 – Tajo Cayhua

Tabla N°5. Factor de potencia Proyecto 09 – 4820 Tajo Cayhua

<b>TONELAJE ESTIMADO (t)</b>	<b>5700</b>
------------------------------	-------------

<b>PRODUCTO</b>	<b>SUPERFAM DOS (saco)</b>	<b>EMULNOR 5000 (caja)</b>	<b>CANTIDAD DE EXPLOXIVO EMPLEADA EN EL PROYECTO</b>
<b>CANTIDAD</b>	<b>31</b>	<b>2</b>	<b>-</b>
<b>KILOGRAMOS POR UNIDAD</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>-</b>
<b>KILOGRAMOS TOTALES (kg)</b>	<b>775</b>	<b>50</b>	<b>825</b>

<b>FACTOR POTENCIA (kg/t)</b>	<b>0.14</b>
-------------------------------	-------------

**Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua**

**Tabla N°6. Factor de potencia Proyecto 12 – 4830 Tajo Cayhua**

<b>TONELAJE ESTIMADO (t)</b>	<b>81200</b>
------------------------------	--------------

<b>PRODUCTO</b>	<b>SUPERFAM DOS (saco)</b>	<b>EMULNOR 5000 (caja)</b>	<b>CANTIDAD DE EXPLOXIVO EMPLEADA EN EL PROYECTO</b>
<b>CANTIDAD</b>	<b>420</b>	<b>23</b>	<b>-</b>
<b>KILOGRAMOS POR UNIDAD</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>-</b>
<b>KILOGRAMOS TOTALES (kg)</b>	<b>10500</b>	<b>575</b>	<b>11075</b>

<b>FACTOR POTENCIA (kg/t)</b>	<b>0.14</b>
-------------------------------	-------------

**Proyecto 02– 4855 – Tajo Ampliación Diana**

**Tabla N° 7. Factor de potencia Proyecto 02 – 4855 Tajo Ampliación Diana**

<b>TONELAJE ESTIMADO (t)</b>	<b>63200</b>
------------------------------	--------------

<b>PRODUCTO</b>	<b>SUPERFAM DOS (saco)</b>	<b>EMULNOR 5000 (caja)</b>	<b>CANTIDAD DE EXPLOXIVO EMPLEADA EN EL PROYECTO</b>
<b>CANTIDAD</b>	99	207	-
<b>KILOGRAMOS POR UNIDAD</b>	25	25	-
<b>KILOGRAMOS TOTALES (kg)</b>	2475	5175	<b>7650</b>

<b>FACTOR POTENCIA (kg/t)</b>	<b>0.12</b>
-------------------------------	-------------

### Proyecto 02– 4805 – Tajo Susan

Tabla N°8. Factor de potencia Proyecto 02 – 4805 Tajo Susan

<b>TONELAJE ESTIMADO (t)</b>	<b>37500</b>
------------------------------	--------------

<b>PRODUCTO</b>	<b>SUPERFAM DOS (saco)</b>	<b>EMULNOR 5000 (caja)</b>	<b>CANTIDAD DE EXPLOXIVO EMPLEADA EN EL PROYECTO</b>
<b>CANTIDAD</b>	360	168	-
<b>KILOGRAMOS POR UNIDAD</b>	25	25	-
<b>KILOGRAMOS TOTALES (kg)</b>	9000	4200	<b>13200</b>

<b>FACTOR POTENCIA (kg/t)</b>	<b>0.35</b>
-------------------------------	-------------

#### 4.3.3 Costos de voladura

Considerando costos reales y el consumo previsto en el proyecto se realiza un análisis para determinar el costo por tonelada volada

### Proyecto 09 – 4820 – Tajo Cayhua

Tabla N°9. Costo unitario Proyecto 09 – 4820 Tajo Cayhua

<b>TONELAJE ESTIMADO (t)</b>	5700
------------------------------	------

<b>PRODUCTO</b>	<b>FULMINANTE # 8 (und)</b>	<b>GUIA DE SEGURIDAD (und)</b>	<b>FANEL DUAL 17/800 (und)</b>	<b>FANEL CTD 109 (und)</b>	<b>BOOSTER 3/4 (und)</b>	<b>BOOSTER 1lb (und)</b>	<b>SUPERFAM DOS (saco)</b>	<b>EMULNOR 5000 (caja)</b>	<b>COSTO TOTAL DE VOLADURA</b>
<b>CANTIDAD</b>	2	4	34	4	33	1	31	2	-
<b>COSTO UNITARIO</b>	0.17	0.19	2.87	1.92	2.67	2.67	18.25	44.25	-
<b>COSTO TOTAL</b>	0.34	0.76	97.58	7.68	88.11	2.67	565.75	88.5	851.39

<b>COSTO UNITARIO DE VOLADURA (\$/t)</b>	0.15
--	------

### Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua

Tabla N° 10. Costo unitario Proyecto 12 – 4830 Tajo Cayhua

<b>TONELAJE ESTIMADO (t)</b>	81200
------------------------------	-------

<b>PRODUCTO</b>	<b>FULMINANTE # 8 (und)</b>	<b>GUIA DE SEGURIDAD (und)</b>	<b>FANEL DUAL 17/800 (und)</b>	<b>FANEL CTD 42 (und)</b>	<b>BOOSTER 3/4 (und)</b>	<b>BOOSTER 1lb (und)</b>	<b>SUPERFAM DOS (saco)</b>	<b>EMULNOR 5000 (caja)</b>	<b>COSTO TOTAL DE VOLADURA</b>
<b>CANTIDAD</b>	2	4	376	24	375	1	420	23	-
<b>COSTO UNITARIO</b>	0.17	0.19	2.87	1.92	2.67	2.67	18.25	44.25	-
<b>COSTO TOTAL</b>	0.34	0.76	1079.12	46.08	1001.25	2.67	7665	1017.75	10812.97

<b>COSTO UNITARIO DE VOLADURA (\$/t)</b>	0.13
--	------

### Proyecto 02– 4855 – Tajo Ampliación Diana

Tabla N°11. Costo unitario Proyecto 02 – 4855 Tajo Ampliación Diana

<b>TONELAJE ESTIMADO (t)</b>	63200
------------------------------	-------

PRODUCTO	FULMINANTE # 8 (und)	GUIA DE SEGURIDAD (und)	FANEL DUAL 17/800 (und)	FANEL CTD 42 (und)	BOOSTER 3/4 (und)	BOOSTER 1lb (und)	SUPERFAM DOS (saco)	EMULNOR 5000 (caja)	COSTO TOTAL DE VOLADURA
CANTIDAD	2	4	352	35	350	2	99	207	.
COSTO UNITARIO	0.17	0.19	2.87	1.92	2.67	2.67	18.25	44.25	.
COSTO TOTAL	0.34	0.76	1010.24	67.2	934.5	5.34	1806.75	9159.75	12984.88

<b>COSTO UNITARIO DE VOLADURA (\$/t)</b>	0.21
--	------

### Proyecto 02– 4805 – Tajo Susan

Tabla N°12. Costo unitario Proyecto 02 – 4805 Tajo Susan

<b>TONELAJE ESTIMADO (t)</b>	37500
------------------------------	-------

PRODUCTO	FULMINANTE # 8 (und)	GUIA DE SEGURIDAD (und)	FANEL DUAL 17/800 (und)	FANEL CTD 25 (und)	BOOSTER 3/4 (und)	BOOSTER 1lb (und)	SUPERFAM DOS (saco)	EMULNOR 5000 (caja)	COSTO TOTAL DE VOLADURA
CANTIDAD	2	4	382	35	1	381	360	168	.
COSTO UNITARIO	0.17	0.19	2.87	1.92	2.67	2.67	18.25	44.25	.
COSTO TOTAL	0.34	0.76	1096.34	67.2	2.67	1017.27	6570	7434	16188.58

<b>COSTO UNITARIO DE VOLADURA (\$/t)</b>	0.43
--	------

#### 4.3.4 Velocidad de detonación

Figura N°19. Booster de 1 Lb. y ¾ Lb.



BOOSTER DE 1 lb y  $\frac{3}{4}$  lb

Se planteó realizar el monitoreo de velocidades de detonación dobles, tal como se aprecia en la imagen, el estudio consistió en evaluar dos taladros de un mismo proyecto, con una misma configuración de carga, pero cada uno con booster de 1 lb y  $\frac{3}{4}$  lb respectivamente, Técnicamente se colocó el booster de 1 lb en el taladro de arranque y posteriormente el booster de  $\frac{3}{4}$  lb en el siguiente taladro. Se ejecutó mencionada prueba en cuatro proyectos, a continuación, los registros respectivos:

#### **Proyecto 09 – 4820 – Tajo Cayhua**

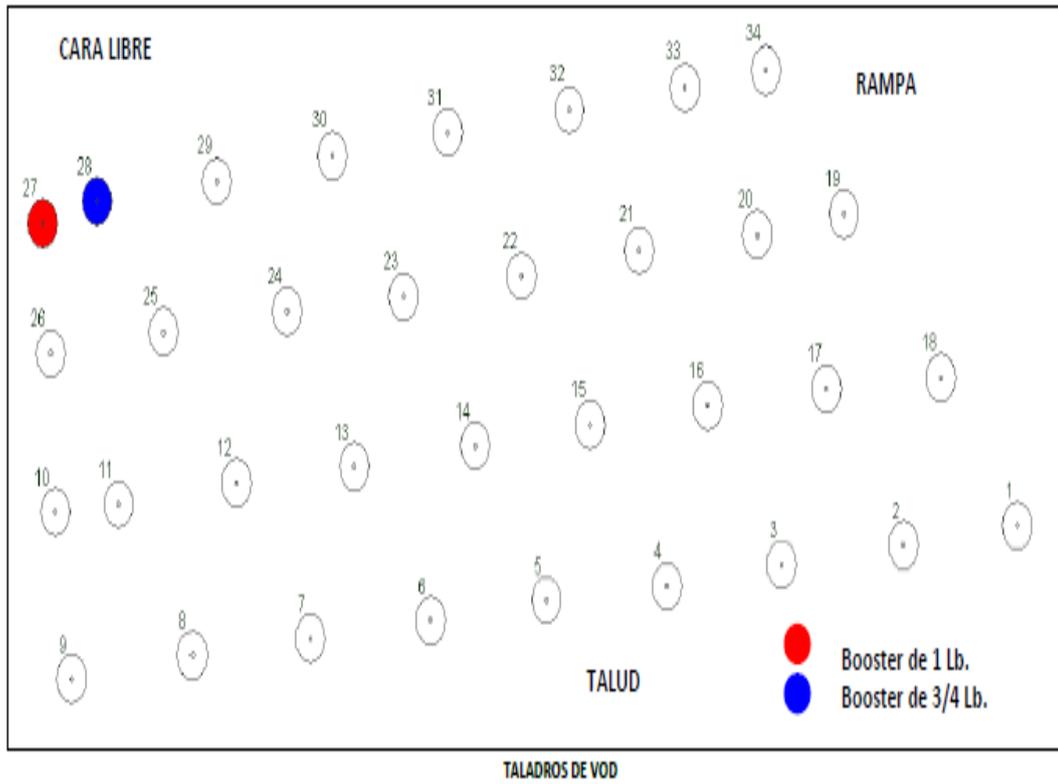
En este proyecto se realizó el carguío de los taladros netamente con Anfo Superfam Dos, colocando el booster a 10 cm aproximadamente del piso. Al analizar las lecturas obtenidas, es preciso mencionar que existe una variación de velocidades del booster con 1 lb, respecto al de  $\frac{3}{4}$  lb, registrándose un valor de mayor intensidad de 8303.01 m/s y manteniendo la velocidad de detonación en la columna de carga, mientras que la actuación del booster de  $\frac{3}{4}$  lb registra una VOD de

7325.2 m/s valor inferior comparado con el valor obtenido con el booster de 1 lb.

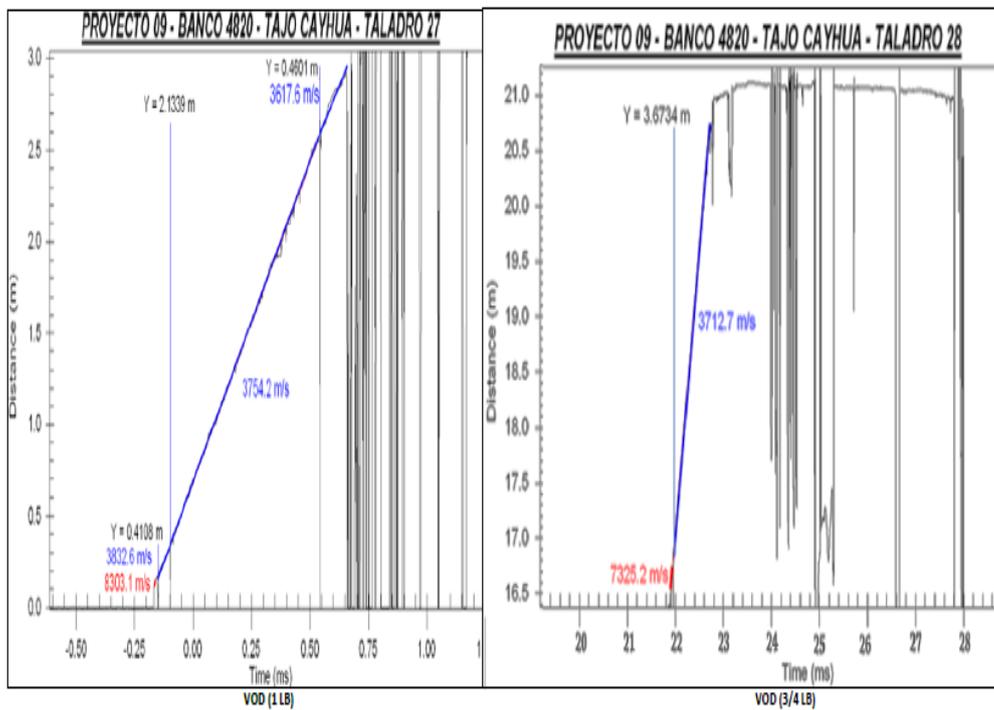
**Tabla N°13. Velocidades con booster de 1lb, y ¾ lb, Proyecto 09-4820**

<b>3/4 Lb</b>	<b>N° Taladro</b>	28		
	<b>Altura Teórica (m)</b>	5.9		
	<b>Altura Real (m)</b>	5.7		
	<b>Explosivo Empleado</b>	Anfo Superfam Dos		
	<b>Densidad de Explosivo (g/cc)</b>	0.8		
	<b>Altura de Carga (m)</b>	3.5		
	<b>Longitud de Taco (m)</b>	2.2		
	<b>VOD (m/s)</b>			
	<b>Booster</b>	<b>Distancia 1 (3.6734 m.)</b>	<b>Distancia 2 ( m.)</b>	<b>Distancia 3 ( m.)</b>
	7325.2	3712.7	-	-
<b>Promedio</b>	<b>3712.7</b>			
<b>1 Lb</b>	<b>N° Taladro</b>	27		
	<b>Altura Teórica (m)</b>	6.1		
	<b>Altura Real (m)</b>	5.7		
	<b>Explosivo Empleado</b>	Anfo Superfam Dos		
	<b>Densidad de Explosivo (g/cc)</b>	0.8		
	<b>Altura de Carga (m)</b>	3.5		
	<b>Longitud de Taco (m)</b>	2.2		
	<b>VOD (m/s)</b>			
	<b>Booster</b>	<b>Distancia 1 (0.4108 m.)</b>	<b>Distancia 2 (2.1339 m.)</b>	<b>Distancia 3 ( 0.4601 m.)</b>
	8303.1	3832.6	3754.2	3617.6
<b>Promedio</b>	<b>3734.8</b>			

**Figura N°20. Disposición de los taladros Proyecto 09 – 4820 – Tajo Cayhua:**



**Figura N°21. Velocidades de Detonación Proyecto 09 – 4820 – Tajo Cayhua:**



### Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua

En este proyecto se realizó el carguío de los taladros con Anfo Superfam Dos y en algunos taladros se empleó el Emulnor 5000, debido a la presencia de agua en su interior, sin embargo, los taladros evaluados correspondientes al arranque, se hallaban en condiciones normales, es decir sin agua, por consiguiente, se realizó el carguío netamente con Anfo Superfam Dos. Del mismo modo, se colocó el booster a 10 cm aproximadamente del piso.

Al analizar las lecturas obtenidas, es preciso mencionar que existe una variación de velocidades del booster con 1 lb, respecto al de  $\frac{3}{4}$  lb, registrándose un valor de mayor intensidad de 8076.9 m/s y manteniendo la velocidad de detonación en la columna de carga, mientras que la actuación del booster de  $\frac{3}{4}$  lb registra una VOD de 7831.7 m/s valor inferior comparado con el valor obtenido con el booster de 1 lb.

**Tabla N°14. Velocidades con booster de 1lb, y  $\frac{3}{4}$  lb. Proyecto 12-4830, Tajo Cayhua**

<b>3/4 Lb</b>	N° Taladro		34	
	Altura Teórica (m)		5.8	
	Altura Real (m)		5.8	
	Explosivo Empleado		Anfo Superfam Dos	
	Densidad de Explosivo (g/cc)		0.8	
	Altura de Carga (m)		3.6	
	Longitud de Taco (m)		2.2	
	VOD (m/s)			
	Booster	Distancia 1 (0.8327 m.)	Distancia 2 (1.7952m.)	Distancia 3 (0.3564m.)
	7831.7	3853	3844.7	3384.7
Promedio	<b>3694.1</b>			

<b>1 Lb</b>	N° Taladro		11	
	Altura Teórica (m)		5.7	
	Altura Real (m)		5.7	
	Explosivo Empleado		Anfo Superfam Dos	
	Densidad de Explosivo (g/cc)		0.8	
	Altura de Carga (m)		3.5	
	Longitud de Taco (m)		2.2	
	VOD (m/s)			
	Booster	Distancia 1 (0.1632 m.)	Distancia 2 (3.0742 m.)	Distancia 3 (0.2203 m.)
	8076.9	3803.5	3692.5	-
Promedio	<b>3748</b>			

Figura N°22. Disposición de los taladros Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua

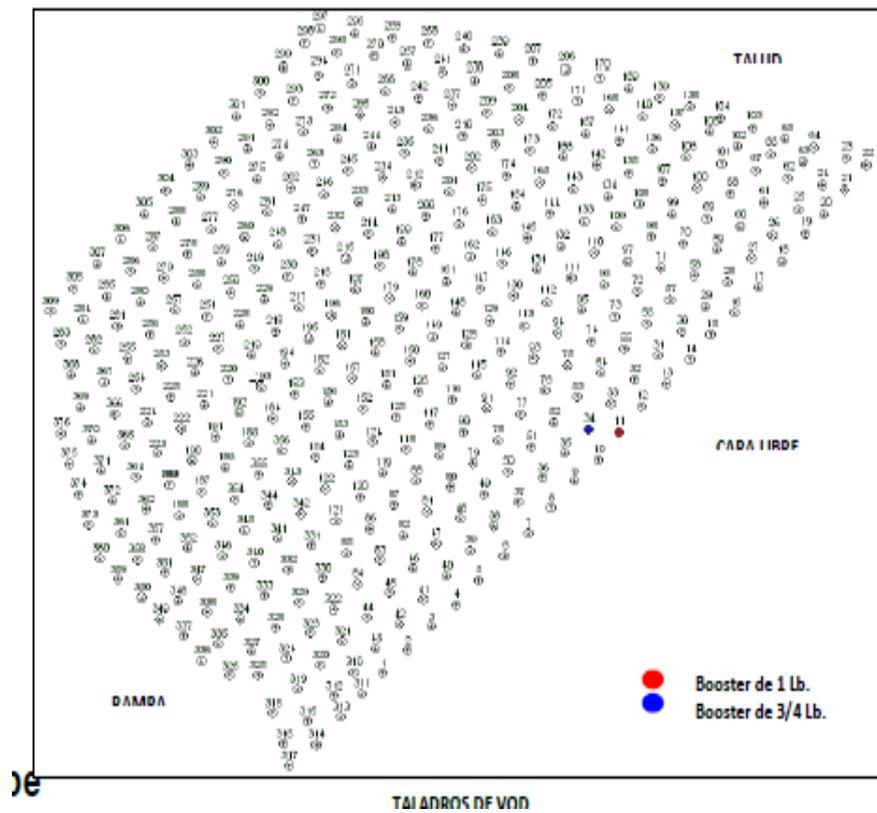
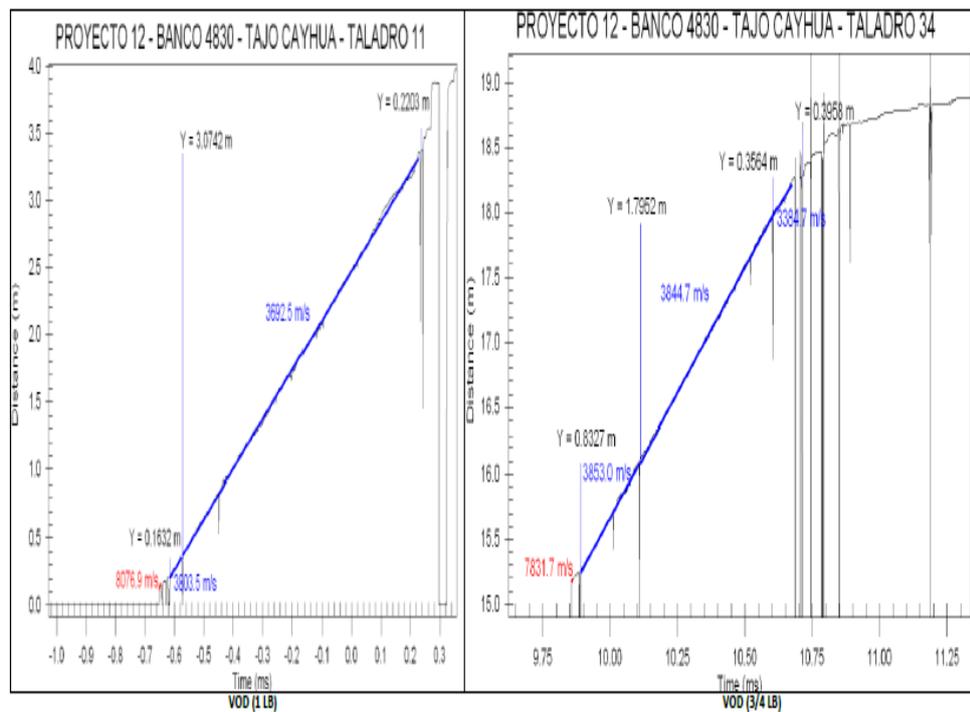


Figura N°23. Velocidades de Detonación Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua:



### Proyecto 02– 4855 – Tajo Ampliación Diana

En este proyecto se realizó el carguío de los taladros con Emulnor 5000 debido a la presencia de agua en su interior, sin embargo, 100 taladros se encontraban en condiciones normales, es decir sin agua, los mismos que fueron cargados solo con Anfo Superfam Dos, cabe resaltar que los taladros que estaban cubiertos por agua, contenían un 80% del mismo, incluso algunos taladros hasta en su totalidad. El esquema de carguío consistía en colocar un cartucho de Emulnor 5000, para el posterior colocado del booster. La mecánica de evaluación fue la misma, colocando los booster de 1 Lb y  $\frac{3}{4}$  de Lb en los taladros de arranque iniciales respectivamente.

Al realizar el análisis del monitoreo realizado, se observó discontinuidades en la VOD del taladro cargado con booster de 1Lb, se concluye que la gráfica está sujeta al mal acoplamiento de los cartuchos de Emulnor 5000, debido a la presencia de agua y de la realización de un mal atacado. Ambos registros presentan valores por debajo del performance adecuado del Emulnor 5000.

**Tabla N°15. Velocidades con booster de 1lb, y  $\frac{3}{4}$  lb, Proyecto 02-4855, Tajo ampliación Diana**

<b>3/4 Lb</b>	<b>N° Taladro</b>	213 (Con Agua)		
	<b>Altura Teórica (m)</b>	5.6		
	<b>Altura Real (m)</b>	5		
	<b>Explosivo Empleado</b>	Emulnor 5000		
	<b>Densidad de Explosivo (g/cc)</b>	1.16		
	<b>Altura de Carga (m)</b>	3.7		
	<b>Longitud de Taco (m)</b>	1.3		
	<b>VOD (m/s)</b>			
	<b>Booster</b>	<b>Distancia 1 (1.13517 m.)</b>	<b>Distancia 2 (1.1300 m.)</b>	<b>Distancia 3 (0.1293m.)</b>
	7331.2	4805.3	4863.3	-
<b>Promedio</b>	<b>4834.3</b>			

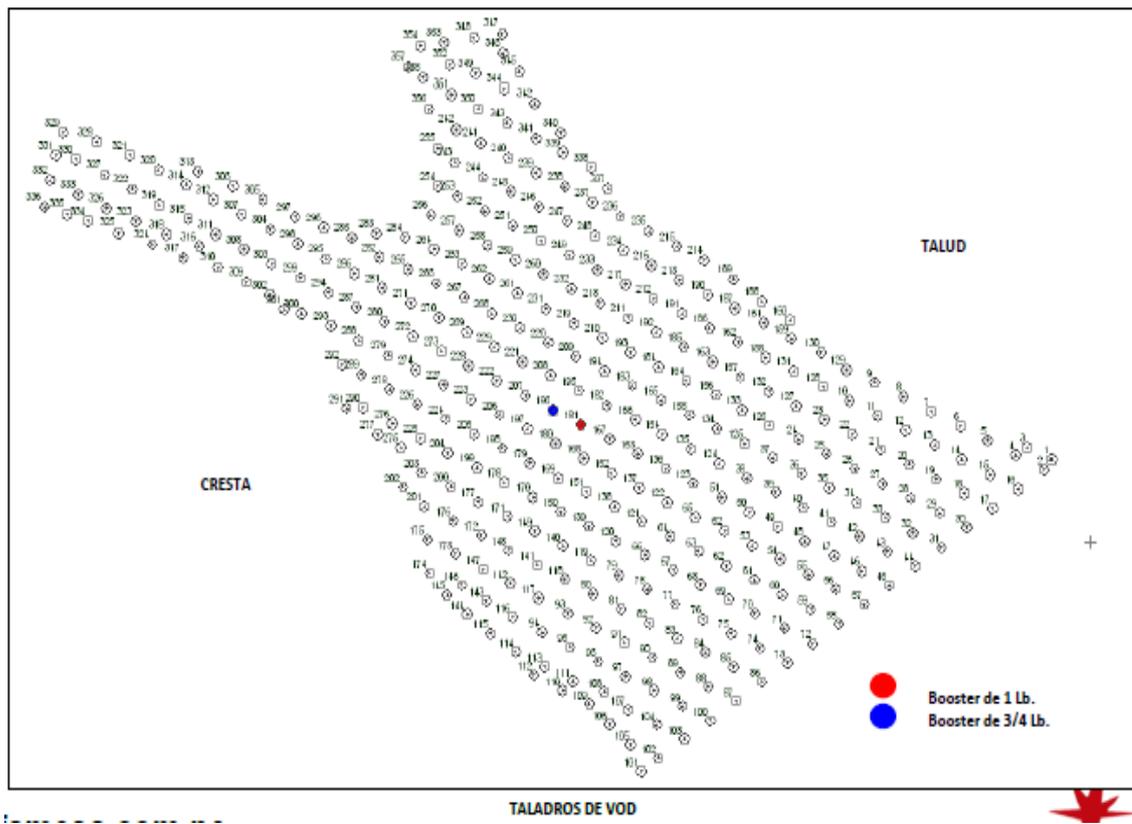
<b>1 Lb</b>	<b>N° Taladro</b>	198 ( Con Agua)		
	<b>Altura Teórica (m)</b>	5.5		
	<b>Altura Real (m)</b>	5.1		
	<b>Explosivo Empleado</b>	Emulnor 5000		
	<b>Densidad de Explosivo (g/cc)</b>	1.16		
	<b>Altura de Carga (m)</b>	3.8		
	<b>Longitud de Taco (m)</b>	1.3		
	<b>VOD (m/s)</b>			
	<b>Booster</b>	<b>Distancia 1 (2.0560 m.)</b>	<b>Distancia 2 (1.0567 m.)</b>	<b>Distancia 3 (m.)</b>
	8331.6	-	4927.4	-
<b>Promedio</b>	<b>4927.4</b>			

Figura N°24. Vista de la malla repleta de agua

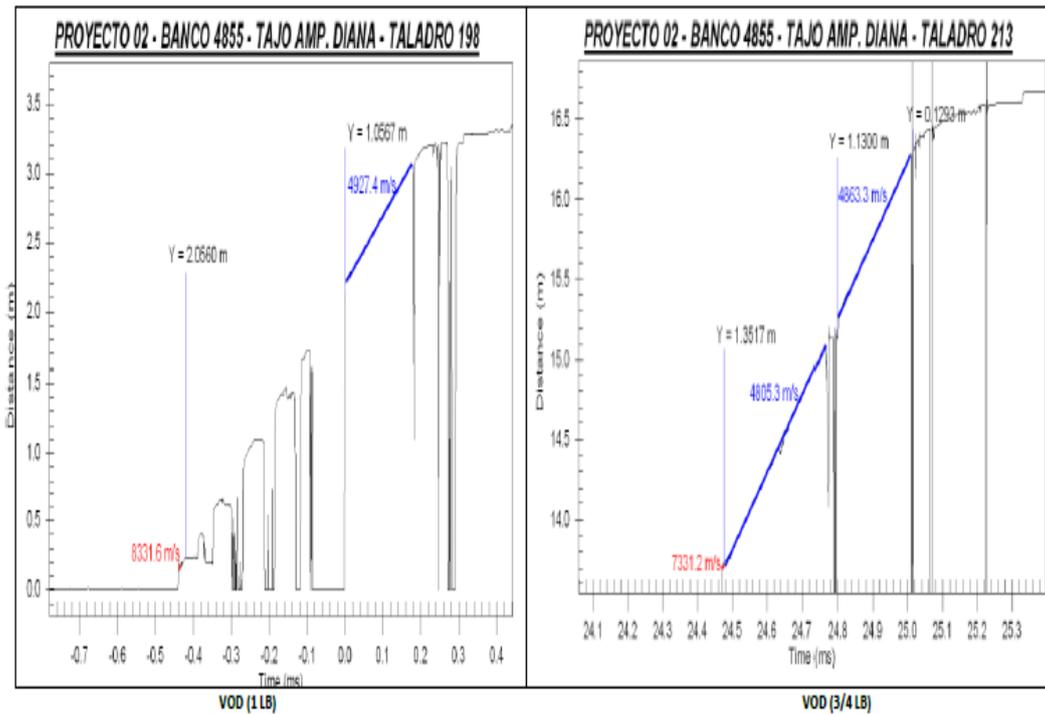


MALLA REPLETA DE AGUA

Figura N°25. Disposición de los taladros Proyecto 02 – 4855 – Tajo ampliación Diana



**Figura N° 26. Velocidades de Detonación Proyecto 02 – 4855 – Tajo ampliación Diana**



### Proyecto 02– 4805 – Tajo Susan

En este proyecto se realizó el carguío de los taladros con Emulnor 5000 y Anfo Superfam Dos debido a la geología de la roca cuya densidad es de 2.23, extremadamente dura y con presencia de poros en su estructura, sin embargo, zonificando la malla se denotó áreas de macizo rocoso suave, por ende, en los taladros que abarcaban esa parte de la malla, se sugirió realizar el carguío con un cartucho de Emulnor 5000 y la columna completa de Anfo Superfam Dos. La mecánica de evaluación fue la misma, colocando los booster de 1 Lb y  $\frac{3}{4}$  de Lb en los taladros de arranque iniciales respectivamente. Al analizar las lecturas obtenidas, es preciso mencionar que existe una variación de velocidades del booster con 1 lb, respecto al de  $\frac{3}{4}$  lb, registrándose un valor de mayor intensidad de 8417.0 m/s y manteniendo la velocidad de detonación en la columna

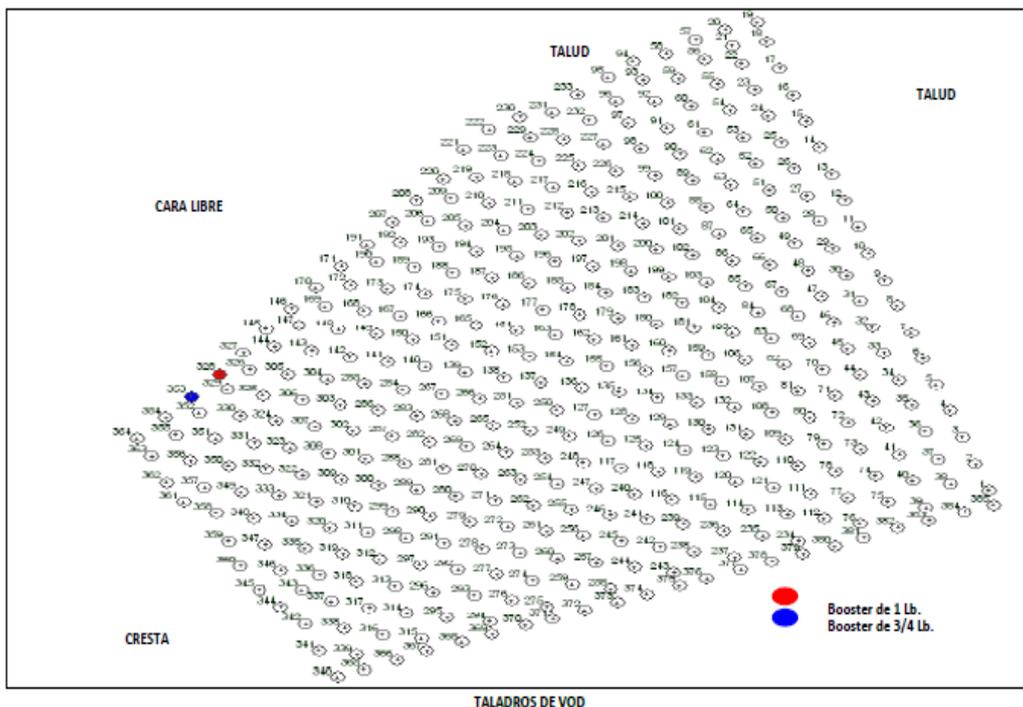
de carga, mientras que la actuación del booster de ¾ lb registra una VOD de 7759.3 m/s valor inferior comparado con el valor obtenido con el booster de 1 lb.

**Tabla N°16. Velocidades de Detonación Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan**

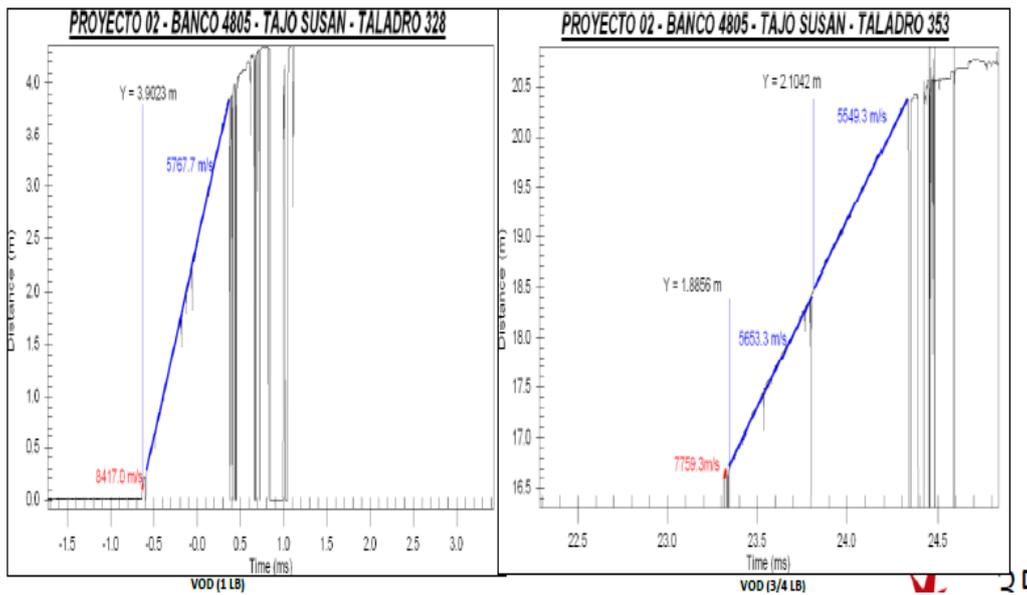
3/4 Lb		N° Taladro	353
		Altura Teórica (m)	5.7
Altura Real (m)	5.6		
Explosivo Empleado	Emulnor 5000/Anfo		
Densidad de Explosivo (g/cc)	1.16 / 0.80		
Altura de Carga (m)	4		
Longitud de Taco (m)	1.6		
VOD (m/s)			
Booster	Distancia 1 (1.8356 m.)	Distancia 2 (2.1042 m.)	Distancia 3 (m.)
7759.3	5653.3	5549.3	-
Promedio	5601.3		

1 Lb		N° Taladro	328
		Altura Teórica (m)	5.7
Altura Real (m)	5.7		
Explosivo Empleado	Emulnor 5000/Anfo		
Densidad de Explosivo (g/cc)	1.16 / 0.80		
Altura de Carga (m)	4.1		
Longitud de Taco (m)	1.6		
VOD (m/s)			
Booster	Distancia 1 (3.9023 m.)	Distancia 2 (m.)	Distancia 3 (m.)
8417	5767.7	-	-
Promedio	5767.7		

**Figura N°27. Disposición de los taladros Proyecto 02 – 4805 – Tajo Susan**



**Figura N°28. Velocidades con booster de 1lb, y ¾ lb. Proyecto 02-4805, Tajo Susan**



#### 4.3.5 Análisis de vibraciones

**Tabla N° 17. Norma Norteamericana USBM RI – 8507, sobre análisis de vibraciones**

NORMA NORTEAMERICANA USBM RI - 8507		
Tipo de estructura	Baja frecuencia	Alta frecuencia
Casas modernas con paredes revestidas de material diferente del revoque común (yeso).	19 mm/s	50 mm/s
Casas antiguas con paredes revoadas.	12.5 mm/s	50 mm/s
Baja frecuencia	< 40 Hz, todo pico espectral por debajo de 40 Hz y dentro de una faja de 6dB (o sea 5% de la amplitud verificada a la frecuencia predominante) justificada el empleo del criterio de baja frecuencia.	
Alta frecuencia	>40 Hz	

Basándonos y respetando la Norma Norteamericana USBM RI – 8507, se realizó el análisis de vibraciones de los proyectos de voladura ejecutados durante nuestra estadía en la unidad, empleando el Sismógrafo White Miniseis II, obteniendo resultados por debajo de lo establecido por la misma.

#### **Proyecto 09 – 4820 – Tajo Cayhua**

En el presente proyecto se realizó el diseño de secuencia de tiempos en forma de Echelón, empleando 17 ms entre taladros y 109 ms entre filas, la carga operante era de 24.3 Kg, sin embargo, no se registró vibraciones porque era una rampa de 34 taladros.

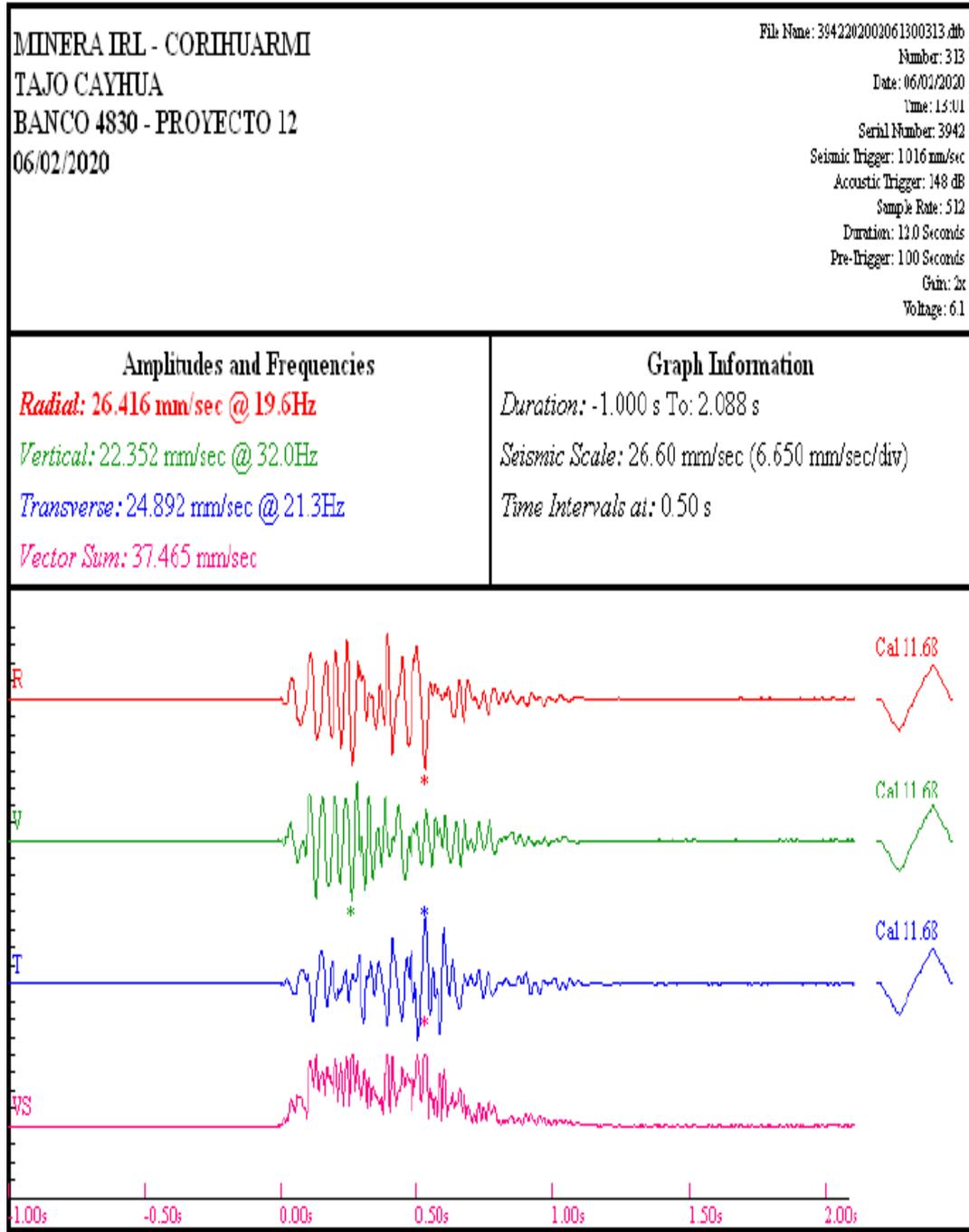
#### **Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua**

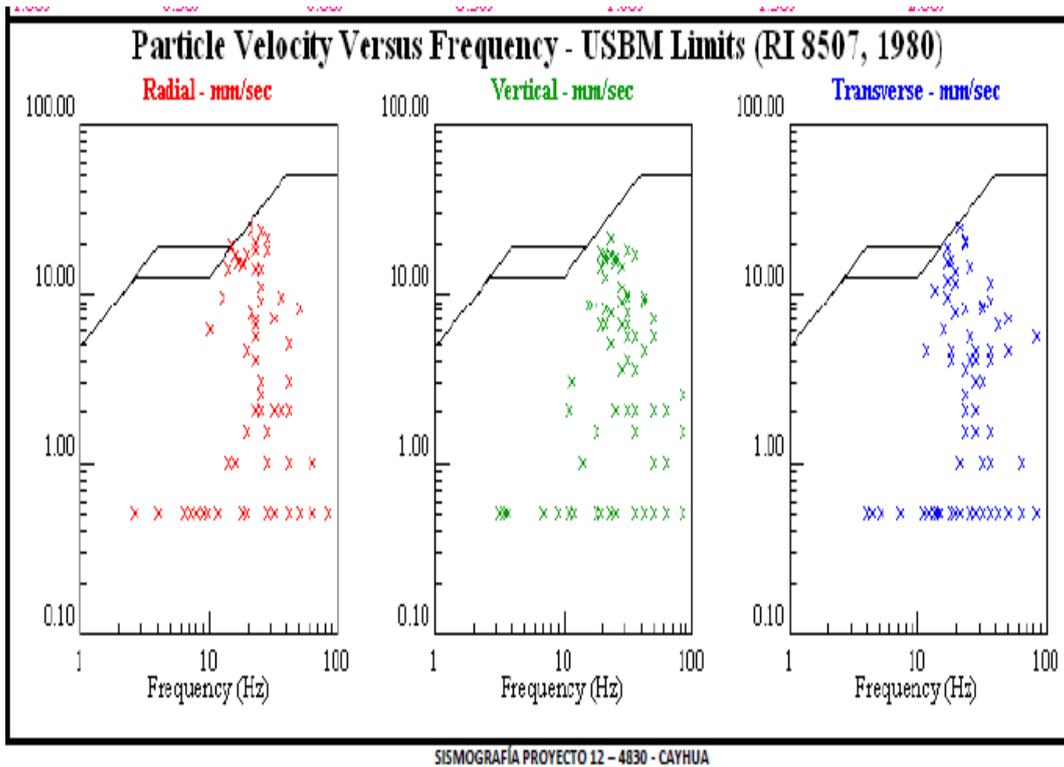
En el presente proyecto se realizó el diseño de secuencia de tiempos en forma de “V”, empleando 17 ms entre taladros y 42 ms entre filas, la carga operante era de 29.6 Kg, los resultados se presentan a continuación:

**Tabla N° 18. Frecuencia y amplitud de las vibraciones, proyecto 12-4830, Taja Cayhua**

<b>Factor de carga (kg/tal)</b>	<b>DISTANCIA (m)</b>	<b>VPP RADIAL (mm/s)</b>	<b>VPP VERTICAL (mm/s)</b>	<b>VPP TRANSVERSAL (mm/s)</b>	<b>VPP SUMA (mm/s)</b>
29.6	100	26.42	22.35	24.89	37.47

**Figura N° 29. Frecuencia y amplitud de las vibraciones, proyecto 12-4830, Taja Cayhua**





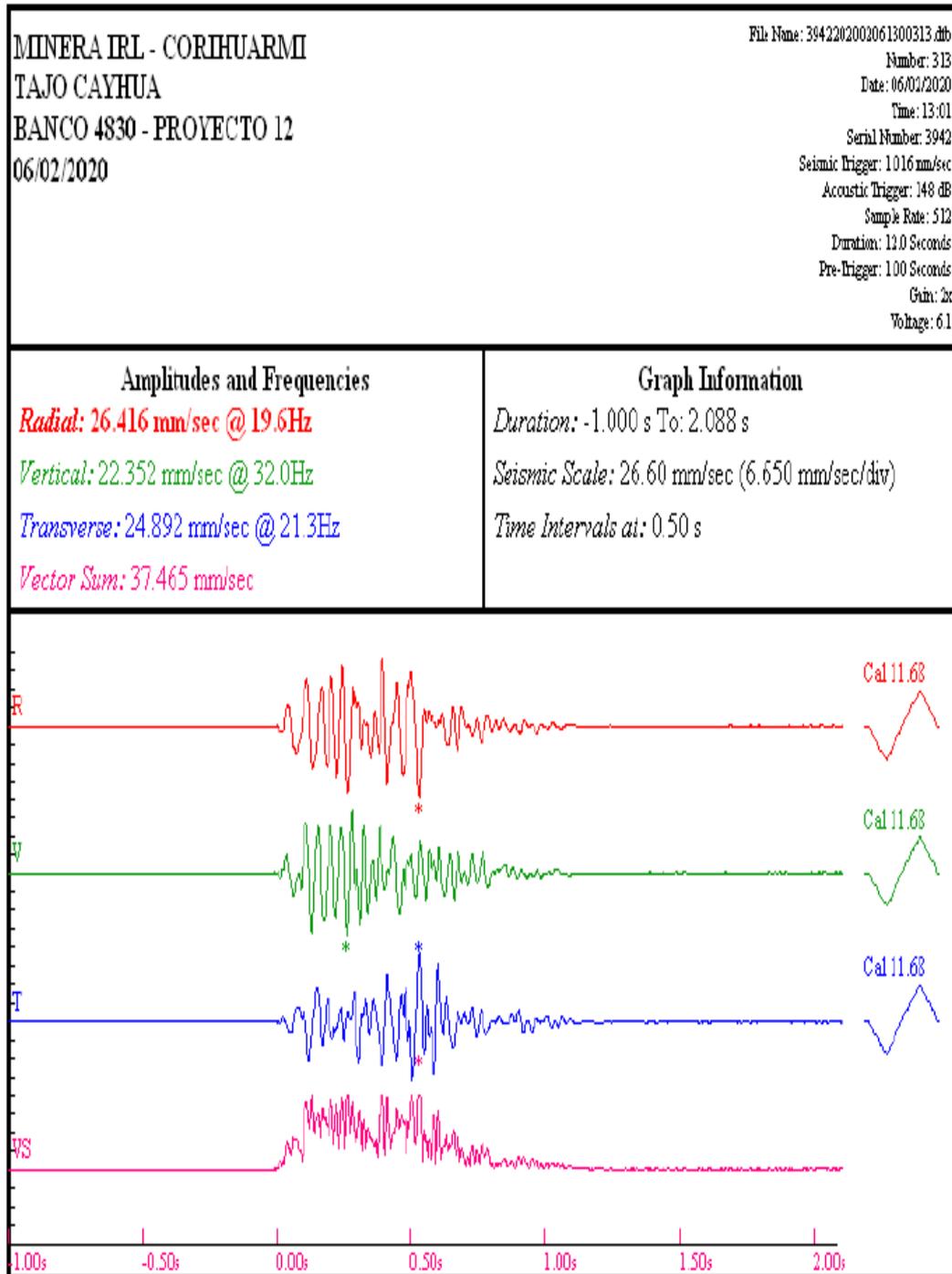
### Proyecto 02- 4855 – Tajo Ampliación Diana

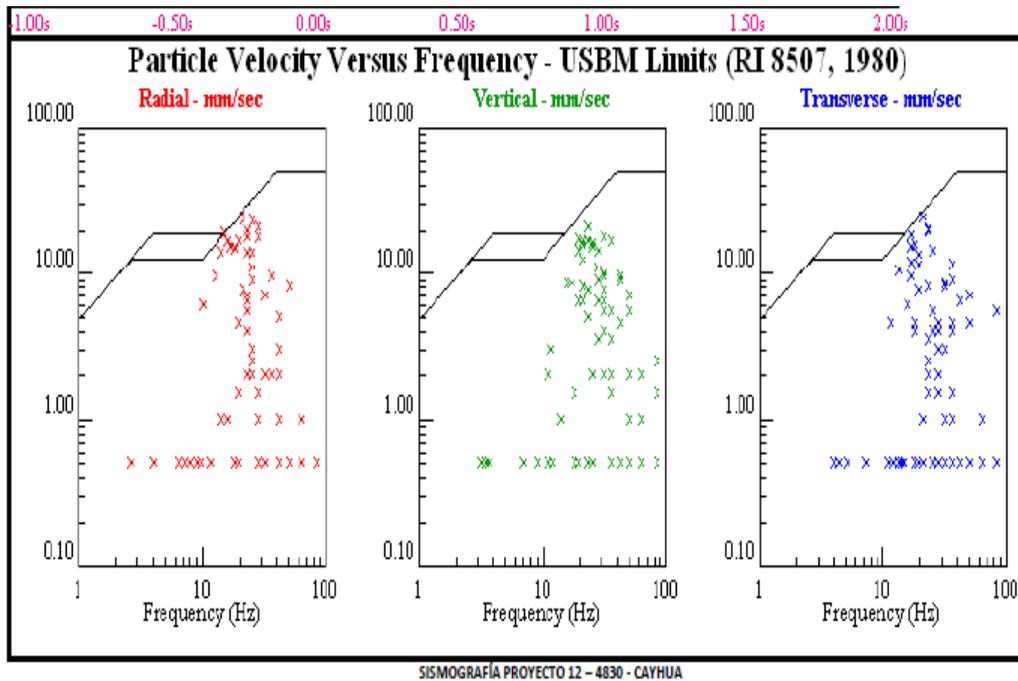
En el presente proyecto se realizó el diseño de secuencia de tiempos en forma de diamante, empleando 17 ms entre taladros y 42 ms entre filas, la carga operante era de 21.9 Kg, los resultados se presentan a continuación:

**Tabla N° 19. Frecuencia y amplitud de las vibraciones, proyecto 12-4855 Tajo ampliación Diana**

Factor de carga (kg/tal)	DISTANCIA (m)	VPP RADIAL (mm/s)	VPP VERTICAL (mm/s)	VPP TRANSVERSAL (mm/s)	VPP SUMA (mm/s)
21.9	132	34.54	27.43	38.61	43.82

**Figura N° 30. Frecuencia y amplitud de las vibraciones, proyecto 12-4855, Tajo ampliación Diana**





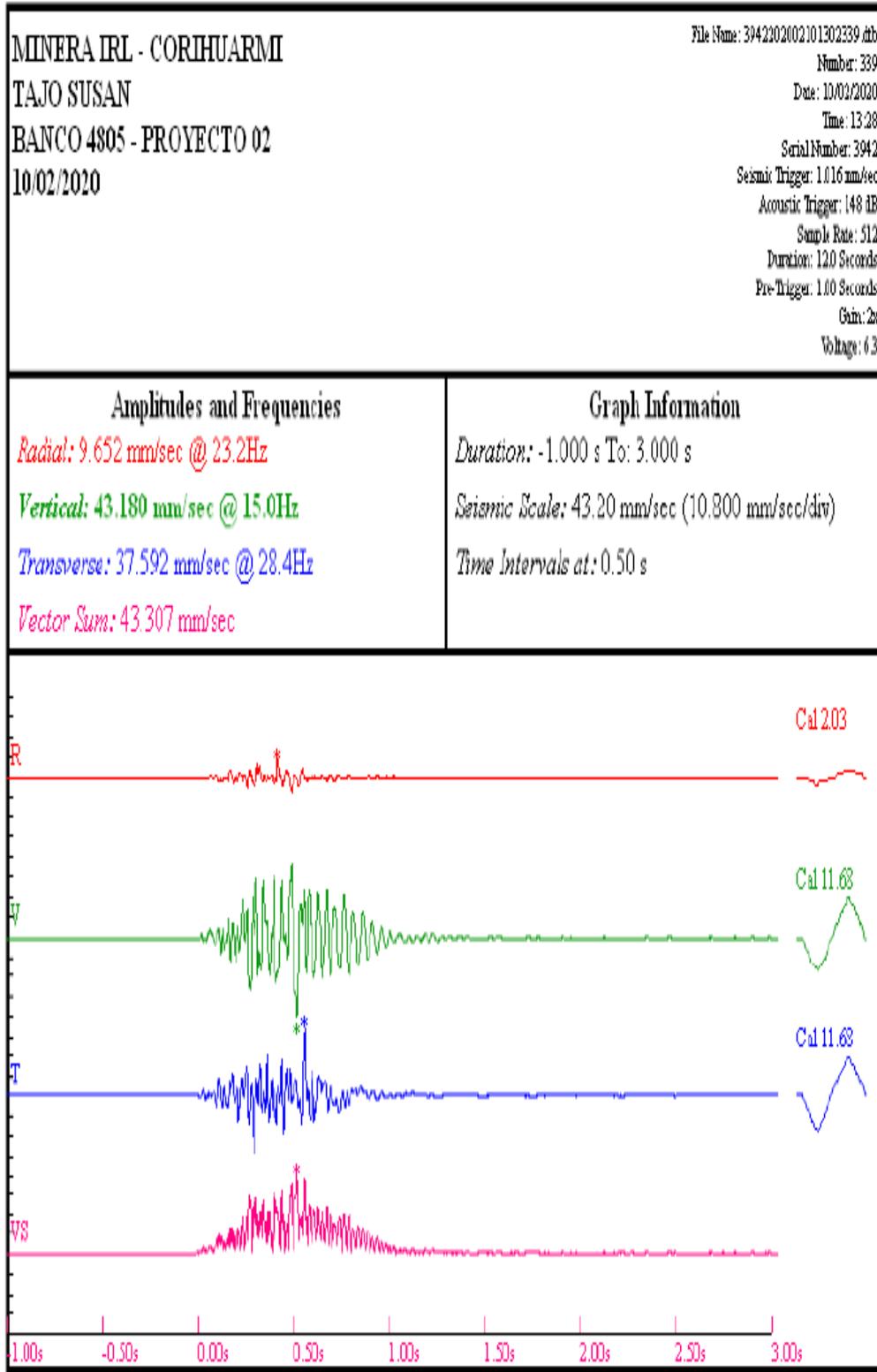
### Proyecto 02- 4805 – Tajo Susan

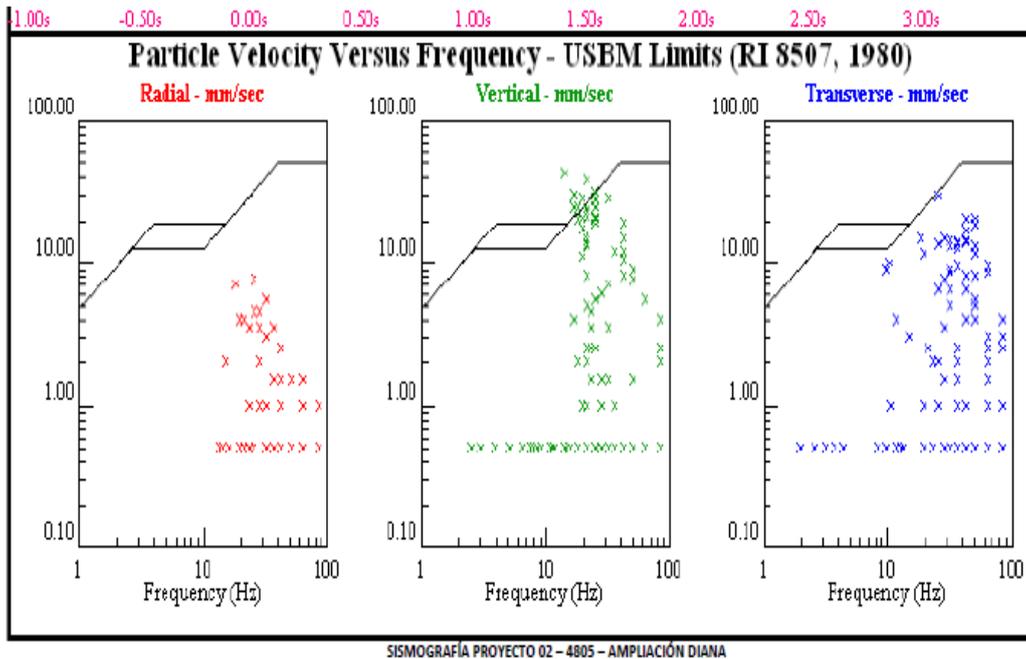
En el presente proyecto se realizó el diseño de secuencia de tiempos en forma de trapecio, empleando 17 ms entre taladros y 25 ms entre filas, la carga operante era de 34.55 Kg, los resultados se presentan a continuación:

**Tabla N° 20. Frecuencia y amplitud de las vibraciones, proyecto 02-4805, Tajo Susan**

Factor de carga (kg/tal)	DISTANCIA (m)	VPP RADIAL (mm/s)	VPP VERTICAL (mm/s)	VPP TRANSVERSAL (mm/s)	VPP SUMA (mm/s)
34.55	80	9.65	43.18	37.59	43.31

**Figura N° 31. Frecuencia y amplitud de las vibraciones, proyecto 02-4805, Taja ampliación Diana**





#### 4.3.6 Análisis de fragmentación

Continuando con los controles Post – Voladura, se realizó el seguimiento y posterior análisis a la fragmentación, producto de la ejecución de los proyectos de voladura aplicando el booster de 1 Lb y  $\frac{3}{4}$  Lb. Cabe resaltar que en el único proyecto que se empleó el booster de 1Lb en la totalidad de taladros fue el 4805 – 02 – Tajo Susan.

El estudio y evaluación consiste en la toma de fotografías empleando un equipo especializado "PORTAMETRICS", en los frentes en proceso de minado, para posteriormente analizarlas en gabinete. A continuación, se presentan los resultados:

Tabla N° 21. Análisis granulométrico

ANÁLISIS	UNIDAD	PROYECTO 09 - BANCO 4820 - TAJO CAYHUA		PROYECTO 12 - BANCO 4830 - TAJO CAYHUA		PROYECTO 02 - BANCO 4805 - TAJOSUSAN	
<u>Cantidad que pasa:</u>							
Por una malla de 0.00 a 1.97 pulg	%	68.13	13.87	19.65	80.93	64.53	
Por una malla de 1.97 a 3.94 pulg	%	29.7	31.87	53.13	13.18	27.21	
Por una malla de 3.94 a 5.91 pulg	%	2.17	29.65	21.33	5.89	6.72	
<u>Tabla Acumulativa</u>							
< a 1 pulg	%	34.15	6.94	4.38	59.92	26.47	
Rango de 1 a 4 pulg	%	64.34	40.59	20.27	35.17	65.8	
> a 4 pulg	%	1.51	52.47	25.35	4.9	7.74	
<u>P50 en promedio</u>	pulg		4.17	2.99	0.79	1.57	
		1.42	3.58	1.18			
<u>P80 en promedio</u>	pulg		6.46	4.33	1.89	2.6	
		2.48	5.40	2.25			

## 4.3.7 Proyecto 09 – 4820 – Tajo Cayhua

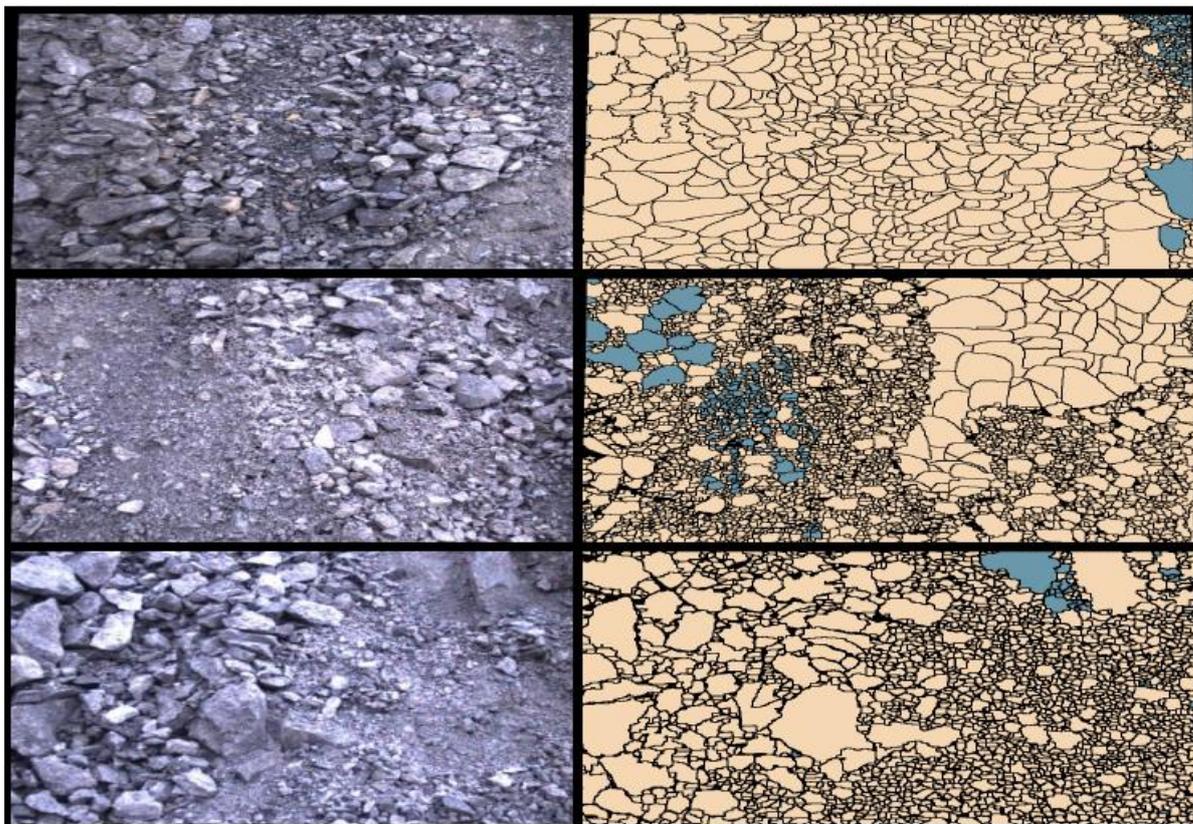
Tabla N° 22. Fragmentación Proyecto 09 – 4820 – Taja Cayhua

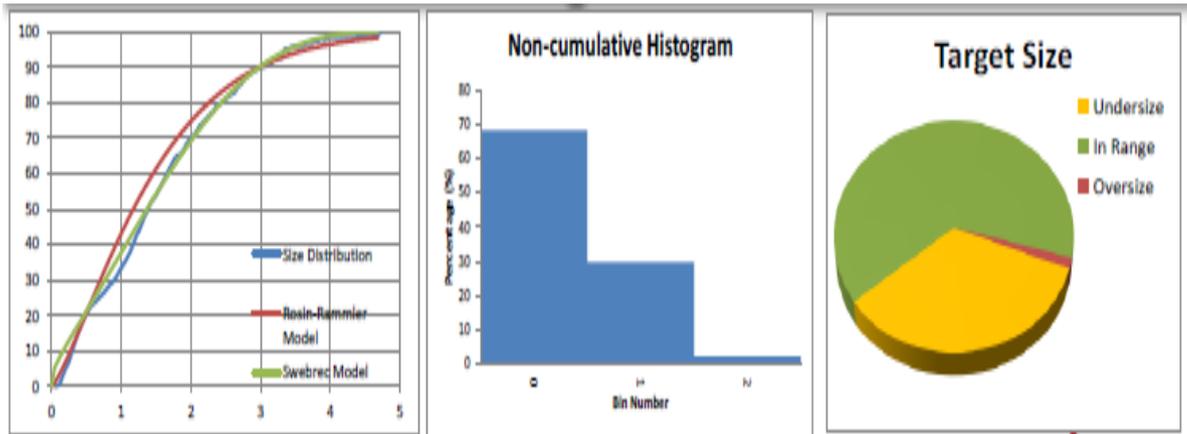
RESULTADOS DE FRAGMENTACIÓN					
P20 (pulg)	P50 (pulg)	P80 (pulg)	P100 (pulg)	% FINOS	% GRUESOS
0.51	1.42	2.48	4.72	34.15	1.51

**Figura N° 32. Vista del frente de minado Proyecto 09 – 4820 – Taja  
Cayhua**



**Figura N° 33. Análisis de Fragmentación Proyecto 09 – 4820 – Taja  
Cayhua**





**Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua**

**Tabla N° 23. Fragmentación Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua**

RESULTADOS DE FRAGMENTACIÓN					
P20 (pulg)	P50 (pulg)	P80 (pulg)	P100 (pulg)	% FINOS	% GRUESOS
2.4	4.17	6.46	16.34	6.94	52.47

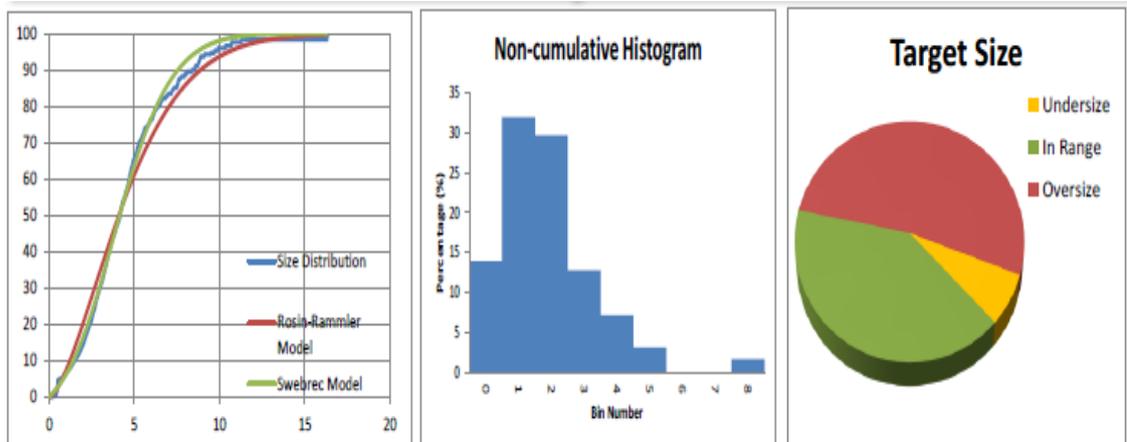
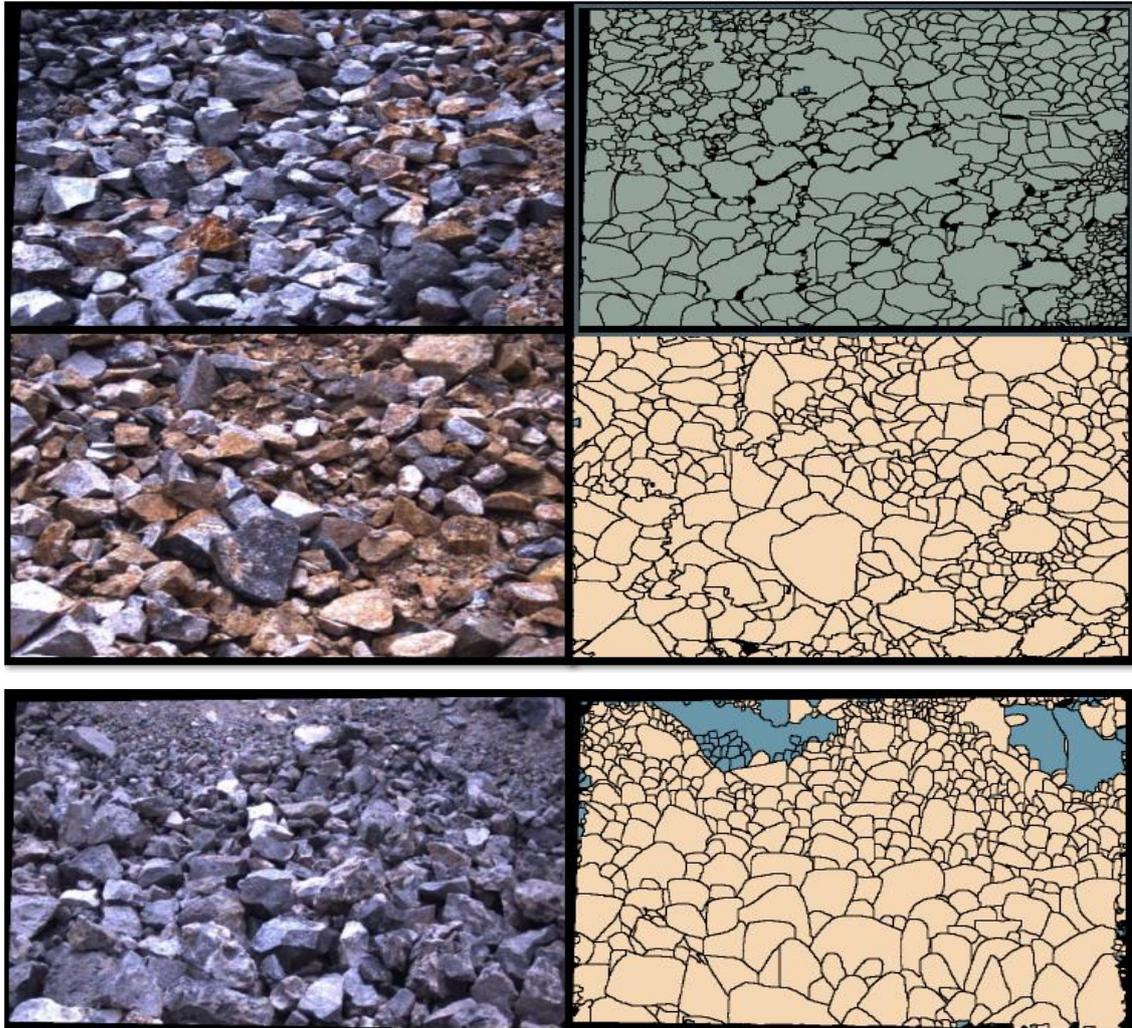
RESULTADOS DE FRAGMENTACIÓN					
P20 (pulg)	P50 (pulg)	P80 (pulg)	P100 (pulg)	% FINOS	% GRUESOS
1.97	2.99	4.33	8.15	4.38	25.35

**Figura N° 34. Vista del frente de minado 1, Proyecto 12 – 4830 – Taja Cayhua**



**Análisis de Fragmentación**

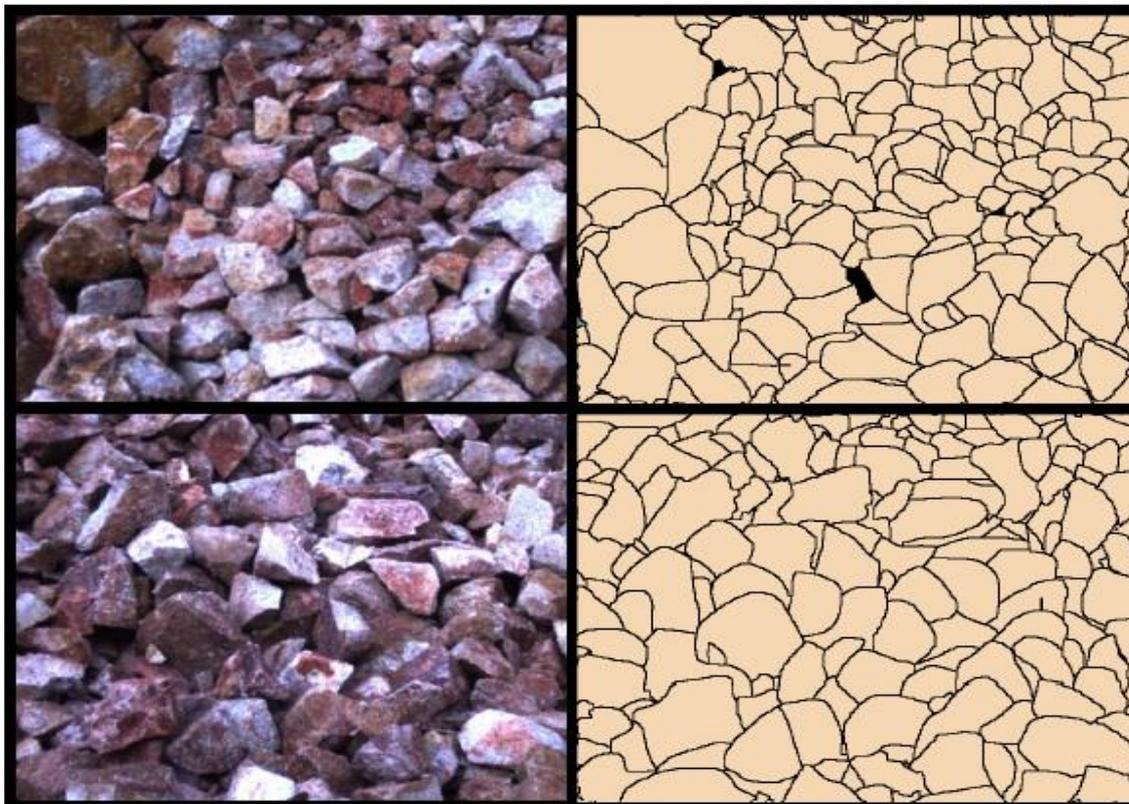
**Figura N° 35. Análisis de Fragmentación Proyecto 12 – 4830 – Tajo Cayhua**

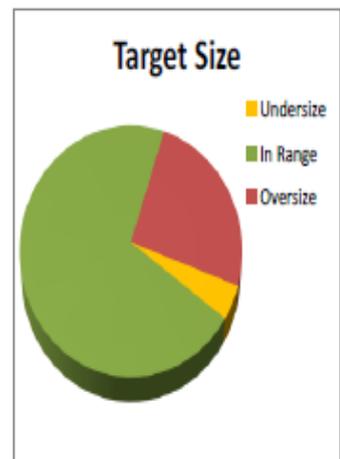
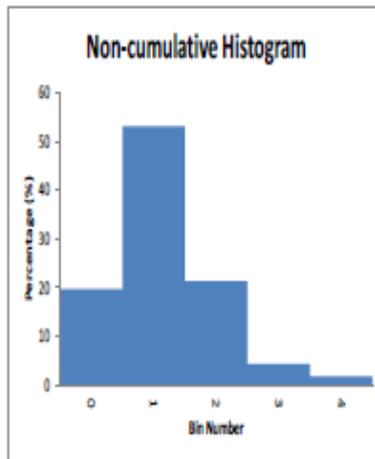
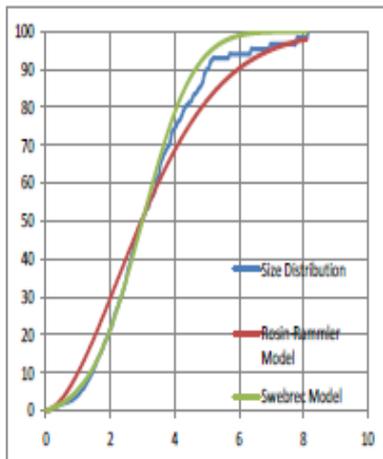
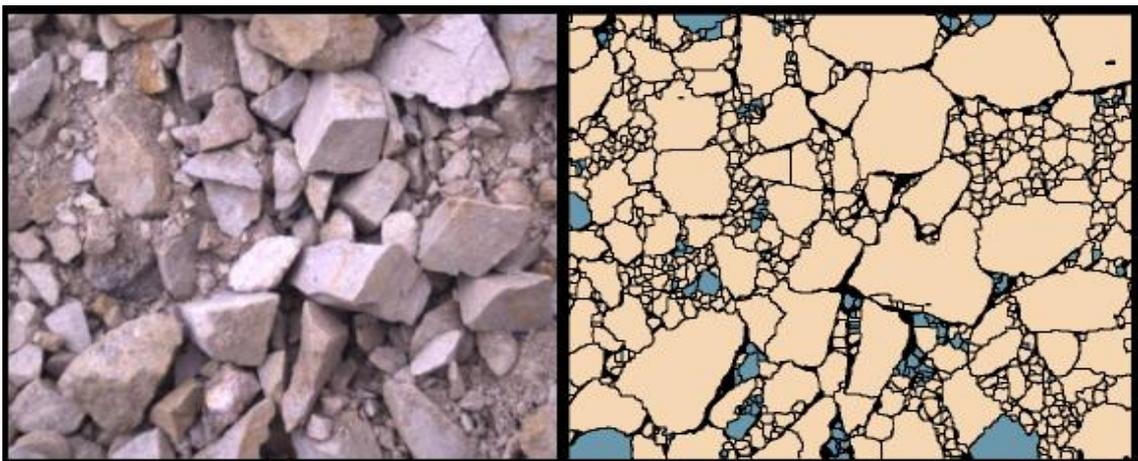
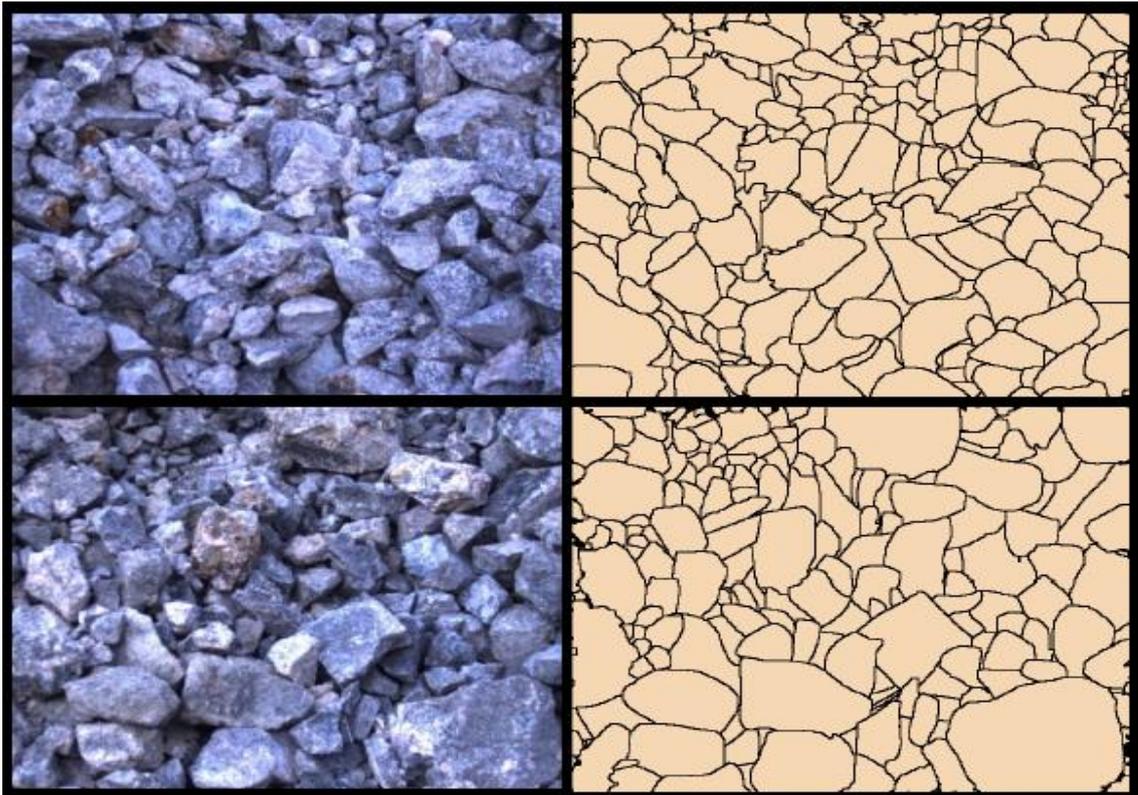


**Figura N° 36. Vista del frente de minado 2, Proyecto 12 – 4830 –  
Tajo Cayhua**



**Figura N° 37. Análisis de Fragmentación Proyecto 12 – 4830 –  
Tajo Cayhua**





### Proyecto 02– 4855 – Tajo Ampliación Diana

No se realizó análisis de fragmentación de este proyecto, debido a la no programación de minado, se comunicó con mina, no es prioridad por ser desmante.

### Proyecto 02– 4805 – Tajo Susan

Tabla N° 24. Fragmentación, Proyecto 02-4805 -Tajo Susan

RESULTADOS DE FRAGMENTACIÓN					
P20 (pulg)	P50 (pulg)	P80 (pulg)	P100 (pulg)	% FINOS	% GRUESOS
0.35	0.79	1.89	4.92	59.92	4.9

RESULTADOS DE FRAGMENTACIÓN					
P20 (pulg)	P50 (pulg)	P80 (pulg)	P100 (pulg)	% FINOS	% GRUESOS
0.87	1.57	2.6	7.17	26.47	7.74

Figura N° 38 Frente de minado Proyecto 02-4805 -Tajo Susan



VISTA PANÓRAMICA FRENTE DE MINADO

Figura N° 39. Análisis de Fragmentación 1, Proyecto 02 – 4805 –  
Tajo Susan

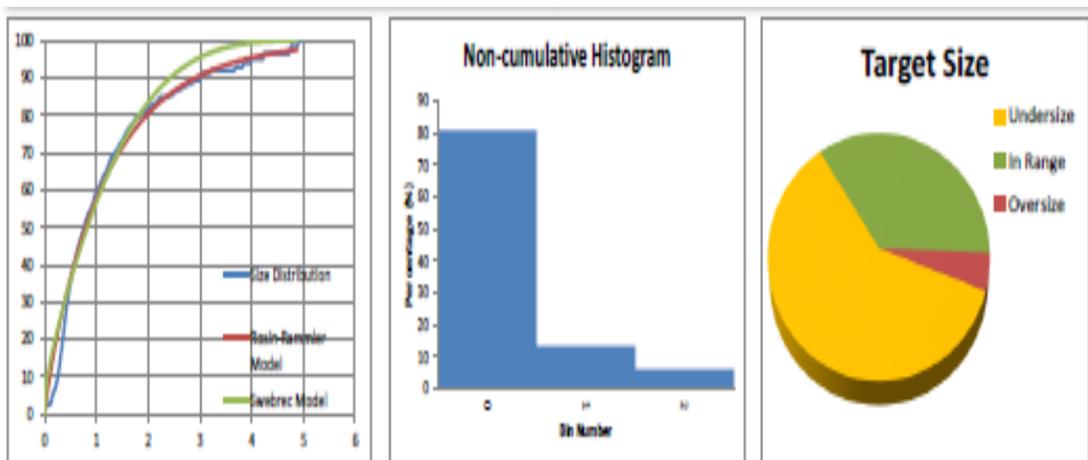
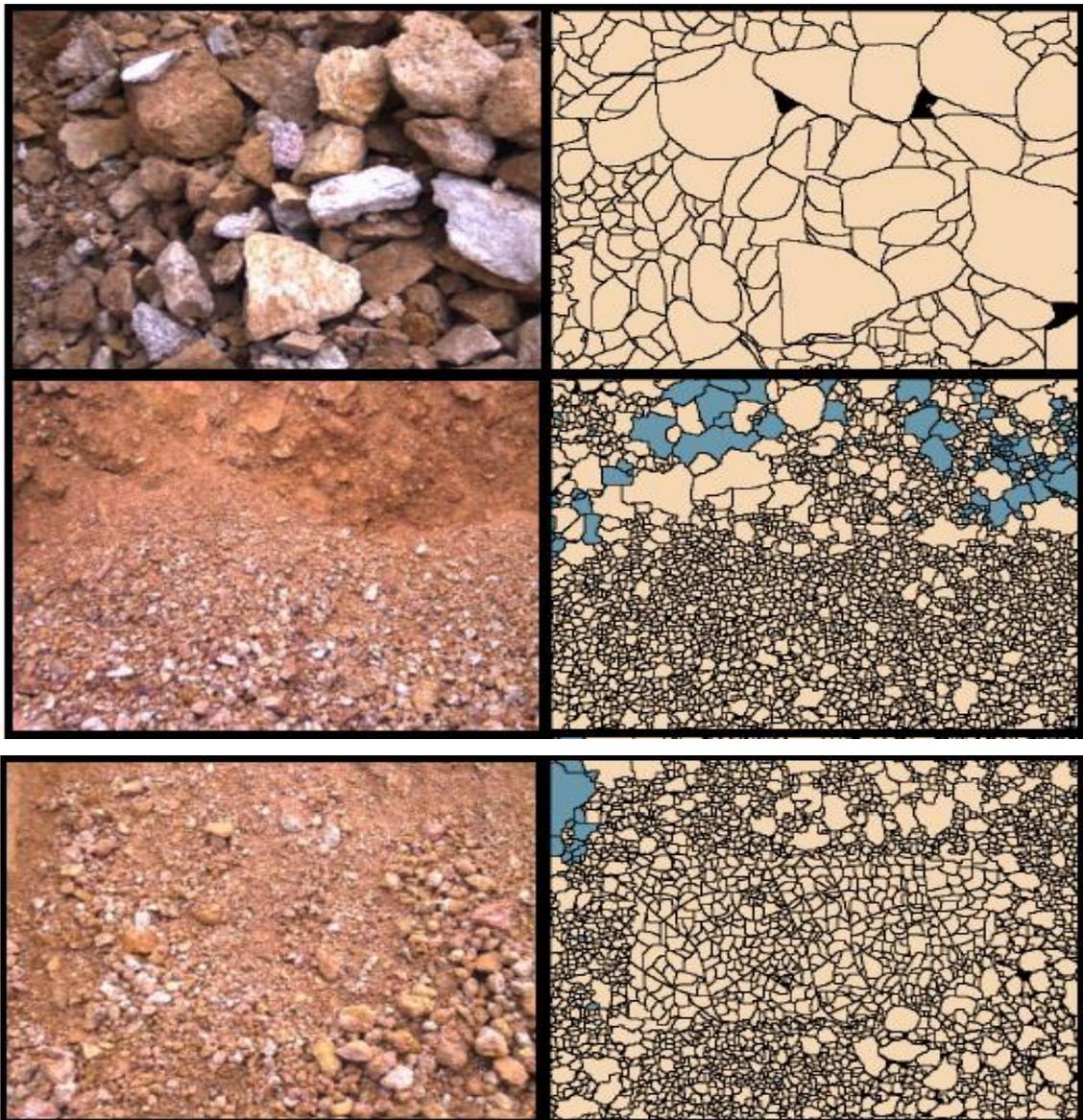
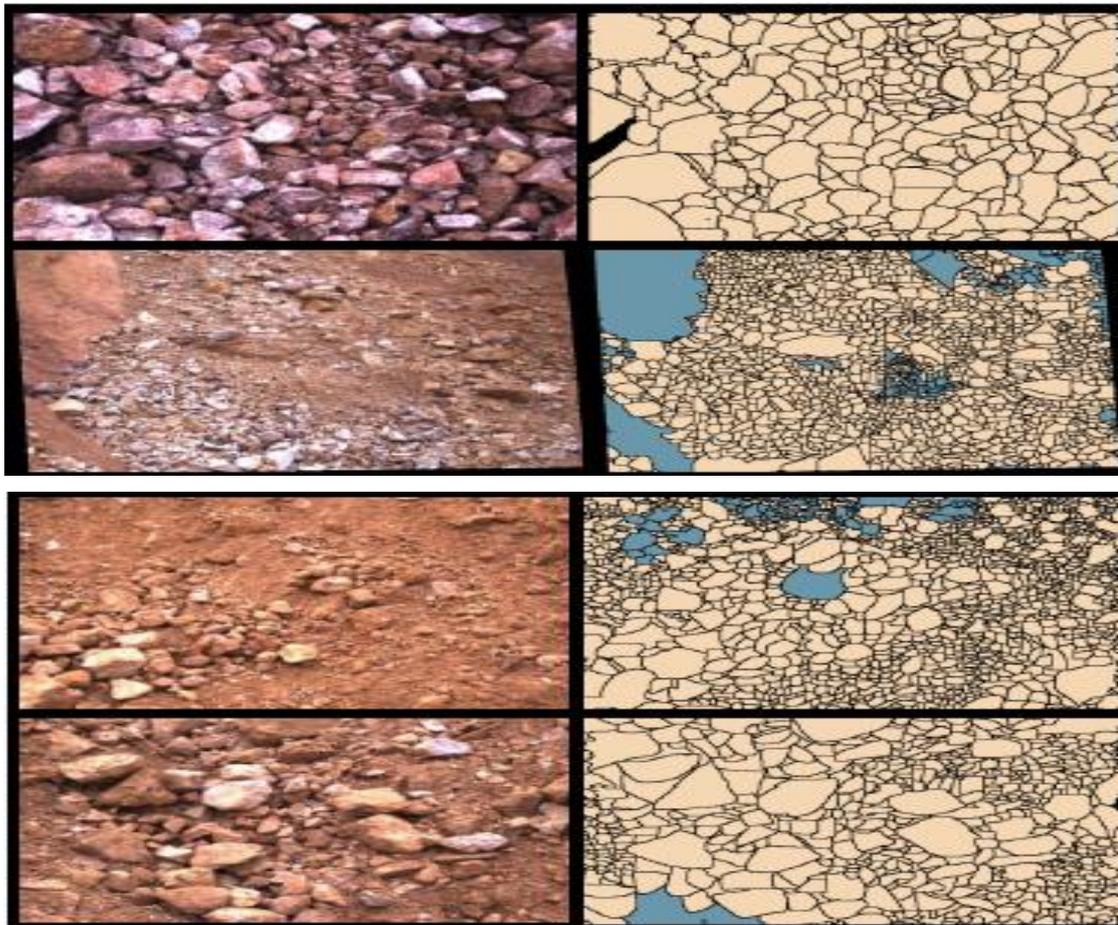


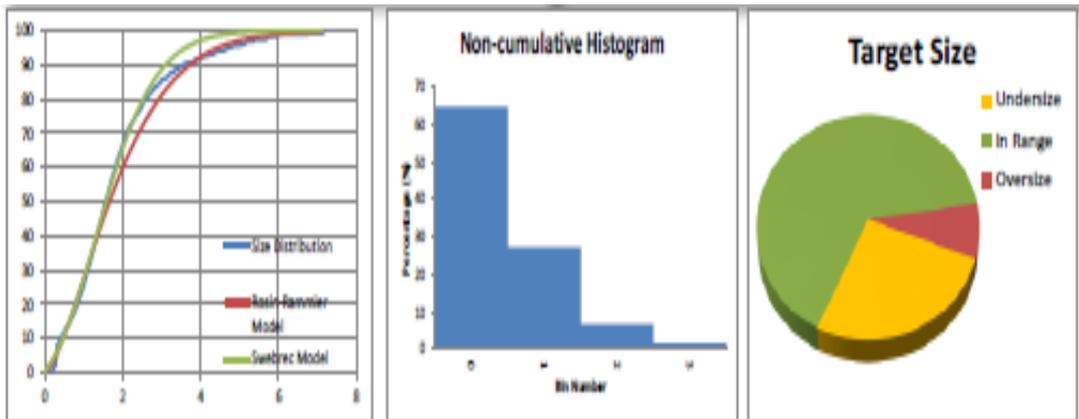
Figura N°40.Frente de minado 2, Proyecto 02-4805 -Tajo Susan



VISTA PANÓRAMICA FRENTE DE MINADO 2

Figura N°41. Análisis de Fragmentación 2, Proyecto 02 – 48005 – Tajo Susan





#### 4.3.7 Soporte en voladuras secundarias

Se brindó el soporte y la asistencia correspondiente al personal de Voladura, para la realización de la voladura secundaria (Plasteo) en el Tajo Susan, zona donde hay presencia de bancos grandes.

**Figura N° 42. Frente de minado presencia de bancos grandes**



#### 4.4 Discusión de resultados

##### 4.4.1 Evacuación técnica y seguimiento a la ejecución de la voladura

Durante la evaluación técnica y seguimiento correspondiente a la ejecución de voladuras se emplearon Booster de 1 Lb, con el objetivo de determinar a partir del análisis de los resultados, el performance obtenido con respecto a las voladuras ejecutadas con Booster de  $\frac{3}{4}$  Lb.

El programa se realizó desde el 04 de febrero hasta el 14 del mismo, el cual tuvo un enfoque primario en el monitoreo de velocidades de detonación dobles y análisis de fragmentación.

Teniendo en cuenta el punto crítico de la mina, el Tajo Susan, donde yace el origen de la problemática, el material grueso, se determina una reducción de 40% en el porcentaje de gruesos respecto a la tendencia presentada en la mina que alcanzaba valores de 60% normalmente y valores de P80 por debajo de 4", 2.25" exactamente, cuando normalmente se alcanzaban valores de P80 de hasta 10", sin embargo, esto podría ser perjudicial al momento de procesar el material en las celdas, para evitar esto, se podría ampliar la malla y continuar evaluando la granulometría.

Así mismo se determina un mejor performance de VOD en los taladros cargados con booster de 1 Lb respecto a los cargados con booster de  $\frac{3}{4}$  Lb en un 1 % en taladros cargados con ANFO, mientras que en los taladros cargados netamente con Emulnor 5000 la superioridad es de 1.89 %, así mismo la ventaja de 2.89 % en los taladros cargados con Emulnor 5000 y Anfo Superfam Dos.

El factor potencia en el Tajo Susan se redujo en un 7.9%, mientras que el costo de voladura se redujo en un 23.2%, respecto a la última evaluación realizada en el mes de diciembre.

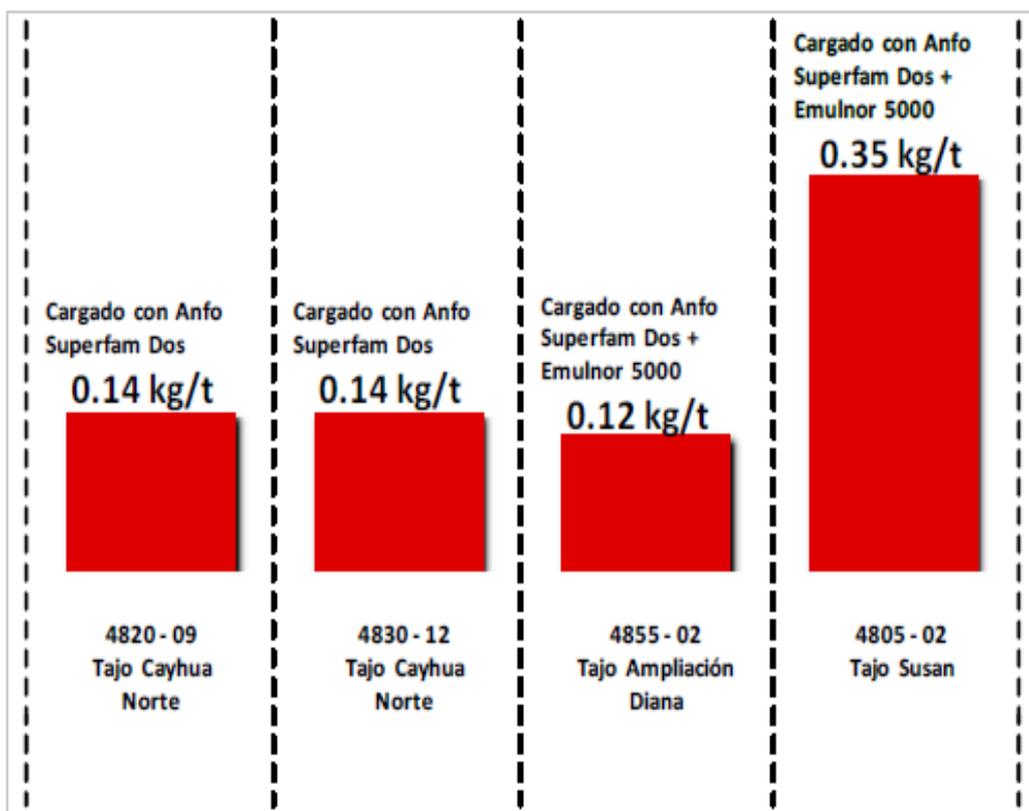
Tabla N° 25. Los principales indicadores de VOLADURA:

<b>Seguridad Y Salud Ocupacional</b>	Horas Hombre Trabajadas: 240 Índice de accidentabilidad: 0%
<b>Medio Ambiente</b>	Nivel de Gases Nitrosos: 0%
<b>Asistencia Técnica</b>	Vibración en zonas de criticidad: Dentro de los parámetros establecidos. VOD: Dentro de los rangos Tiros Cortados: 0 Reducción de % gruesos: 40% Reducción costos de voladura: 23.2% Reducción factor de potencia: 7.9%

Proyecto	Fecha de disparo	Malla (BxS)	# Taladros	Diámetro de taladro (pulg)	Explosivo Utilizado	Factor Potencia (kg/t)	Costo Voladura (\$/t)	VOD (m/s)		VPP (m/s)	P 80 (pulg)
								1 Lb	3/4 Lb		
4820 - 09 - Tajo Cayhua Norte	05/02/2020	3.98 x 4.6	34	4.5	Anfo Superfam dos	0.14	0.15	3734.8	3712.7	-	2.48
4830 - 12 - Tajo Cayhua Norte	06/02/2020	3.98 x 4.6	376	4.5	Emulnor 5000 + Anfo	0.14	0.13	3748	3694.1	37.47	5.4
4855 - 02 - Tajo Amp. Diana	07/02/2020	3.98 x 4.6	352	4.5	Emulnor 5000 + Anfo	0.12	0.21	4927.4	4834.3	43.82	-
4805 - 02 - Tajo Susan	10/02/2020	2.77 x 3.2	382	4.5	Emulnor 5000 + Anfo	0.35	0.43	5767.7	5601.3	43.31	2.25

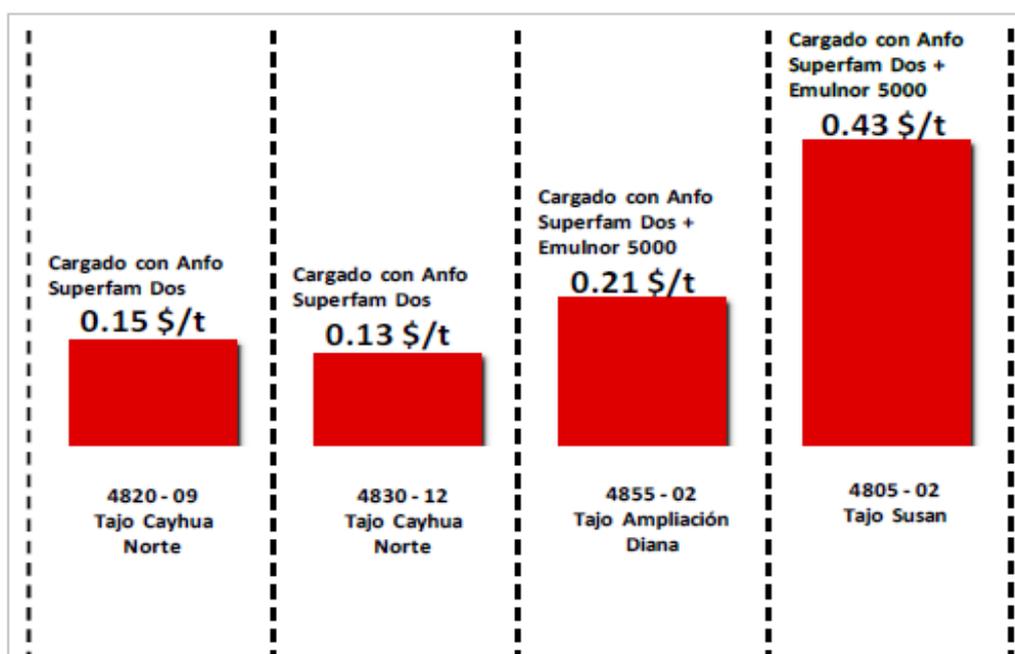
#### 4.4.2 Factor de potencia

Figura N° 43 Factor de potencia



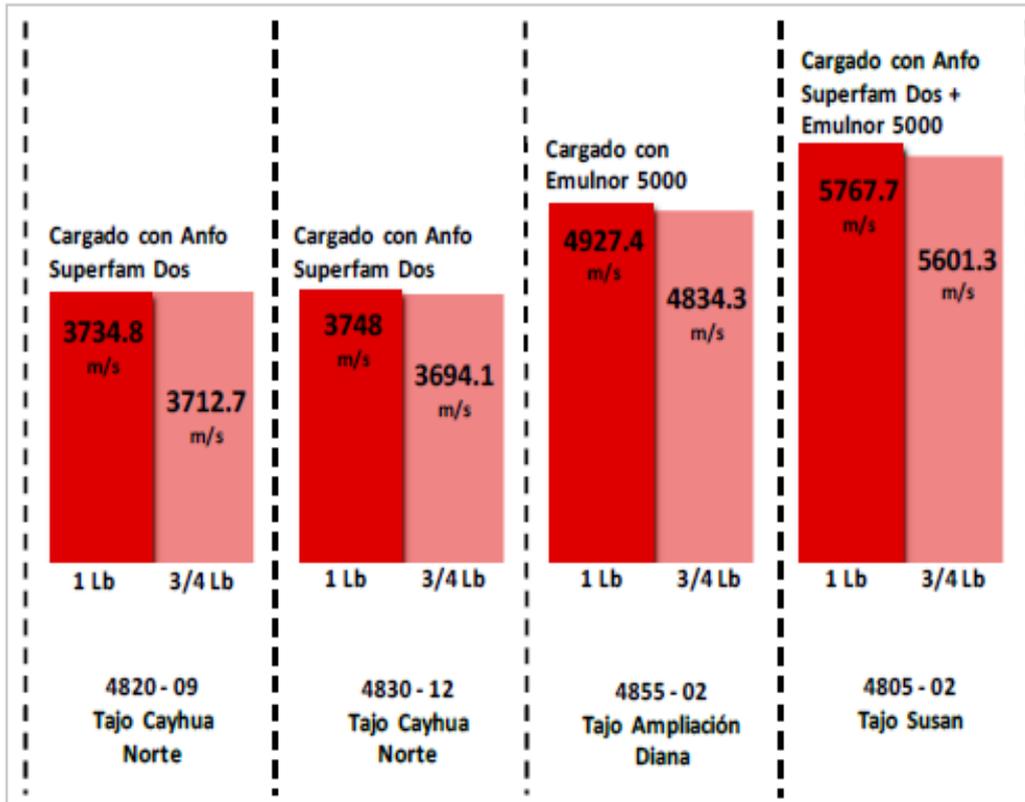
#### 4.4.3 Costo de voladura

Figura N°44. Costo de voladura



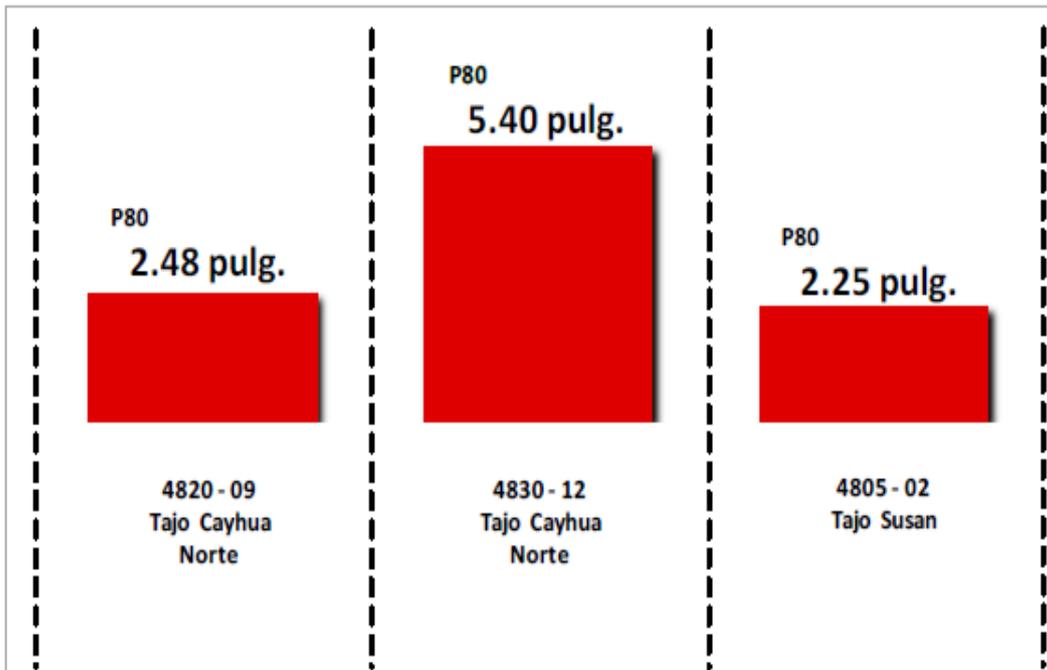
4.4.4 Velocidad de detonación

Figura N° 45. Velocidad de detonación



4.4.5 Grado de fragmentación

Figura N°46. Grado de Fragmentación



#### 4.4.6 Medio ambiente

A partir del análisis en video y de fotografías, se determina que la clasificación de humos generados en los proyectos evaluados, corresponden al nivel 0, es decir, “no humos”. A continuación, los registros:

**Figura N° 47. Humos generados en la voladura**



**Tabla N° 26. Nivel de humos generados**

Proyecto	# Taladros	Explosivo Utilizado	NIVEL DE HUMOS	CATEGORÍA
4820 - 09 - Tajo Cayhua Norte	34	Anfo Superfam dos	0	NO HUMOS
4830 - 12 - Tajo Cayhua Norte	376	Emulnor 5000 + Anfo	0	NO HUMOS
4855 - 02 - Tajo Amp. Diana	352	Emulnor 5000 + Anfo	0	NO HUMOS
4805 - 02 - Tajo Susan	382	Emulnor 5000 + Anfo	0	NO HUMOS

#### 4.4.7 Apariencia típica por niveles

**Figura N°48. Nivel 0: No se observa humos contaminados**



**Figura N° 49. Nivel 1: Leve humo de color amarillo**



**Figura N° 50. Nivel 2: Menor humos de color amarillo y anaranjado**



**Figura N° 51. Nivel 3: Moderado humos color anaranjado**



**Figura N° 52. Nivel 4: Significativamente la presencia de humos color anaranjado**



**Figura N° 53. Nivel 5: Se nota mayor humo de color rojo**



## CONCLUSIONES

1. Se observa una reducción de 40% de gruesos con respecto a la última evaluación realizada en el mes de diciembre, en la cual normalmente se alcanzaban valores de hasta 60% de material grueso.
2. Del mismo modo se registraron valores de P80 por debajo de 4", 2.25" exactamente, cuando normalmente se alcanzaban valores de hasta 10".
3. En los taladros cargados con booster de 1 Lb, se puede observar que la velocidad de detonación de carga de columna se mantiene en toda su longitud, a mayor intensidad que los taladros cargados con  $\frac{3}{4}$  Lb, superando su performance en un 1 % en taladros cargados con ANFO, en un 1.89% en taladros cargados con Emulnor 5000 y en un 2.89% en los taladros cargados con Emulnor 5000 y ANFO.
4. El performance en los taladros contenidos con agua, dependerá mucho del carguío realizado por el personal de voladura, acoplado de forma adecuada los cartuchos, si fuese el caso.
5. El factor potencia en el Tajo Susan se redujo en un 7.9%, respecto a la última evaluación realizada en el mes de diciembre.
6. El costo de voladura se redujo en un 23.2%, respecto a la última evaluación realizada en el mes de diciembre.
7. El monitoreo de vibraciones realizado en los proyectos en estudio alcanzan valores de 37.47 mm/s, 43.82 mm/ y 43.31, valores que se encuentran por debajo de los límites permisibles establecidos bajo la norma USBM – RI 8507.
8. En el Tajo Susan se registró una VOD de 5767.7 m/s en el taladro cargado con booster de 1 Lb, mientras que 5601.3 m/s el cargado con booster de  $\frac{3}{4}$  Lb.
9. La eficiencia de perforación promedio es de 52.8%.

## RECOMENDACIONES

1. Se sugiere el empleo de booster de 1 Lb en todos los proyectos, denotándose en la mejora de los resultados.
2. Se recomienda en general en todos los proyectos primarios a volar, el control constante de las alturas de los taladros, conforme avance la perforación.
3. El ayudante de perforista debería realizar el control de alturas de corte, ya que no se respeta las longitudes.
4. Se recomienda el uso de estacas en lugar de plástico, para identificar los taladros.
5. Se recomienda respetar el diseño de perforación de malla, esto debido a que al momento de realizar el control respectivo de calidad se pudo apreciar variación en cuanto a las medidas del burden y espaciamiento.
6. Coordinaremos con el área de Topografía para que se nos entregue plano de ubicación de los puntos antes y después de la perforación. Esto nos permitirá ver las diferencias de distancias entre los puntos ubicados y los perforados.
7. Se plantea realizar un control de calidad antes, durante y después de las voladuras. Exhaustivo seguimiento, a las longitudes reales de los taladros.
8. Solicitar zonificación de mineral y desmonte en los proyectos de voladura.
9. Verificar constantemente la presencia de agua en los taladros, no emplear ANFO SUPERFAM DOS en los mismos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bernal C. (2010). *Metodología de la investigación*, (3ra ed.). Pearson, Educacion.Colombia Worldcolor
- EXSA (s.f.) "*Manual Práctico de Voladura*". (4ta ed.)
- Famesa explosivos (2019), *Manual de perforación y voladura*, Editorial COSAS
- Hock y Brown. (1980) "*Excavaciones Subterráneas en Rocas*". Editorial Mc Graw Hill. México.
- Instituto tecnológico de España. "Manual de Perforación y Voladura de Rocas". Editorial España (1998).
- López C. (2003), *Manual de Perforación y Voladura*, Graficas Arias Montano S.A. Madrid
- OVIEDO, L. (2017). *diseño de mallas de perforación y voladura haciendo uso del software drill and blast vulcan 8.0 para obtener una óptima fragmentación en e.e. ajani unidad minera Anabi*, [Tesis de pre grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. repositorio Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
- Pimienta J, y De la Orden Hoz (2017), *Metodología de la investigación*, 3ra. Ed. Pearson, Educacion de Mexico, S.A.
- Pacco, B. y Apaza, E, (2019), *Reducción del daño generado por voladura a taludes finales por medio de técnicas de precorte para yacimiento tipo pórfido de gran escala superficial*, [Tesis de pregrado, Universidad tecnológica del Perú]. repositorio Universidad Tecnológica del Perú – Arequipa.
- VILCA, Y, (2019), *Voladura controlada y reducción porcentual de dilución y costos en tajeo con uso de exsablock en la minera aurífera retamas S.A.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. repositorio Universidad Nacional del Altiplano – Arequipa.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Matriz de consistencia

Matriz DE Consistencia				
Titulo	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables
<p style="text-align: center;"><b>“EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA VOLADURA EN LA COMPAÑÍA MINERA CORIHUARMI”</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Problema General</b></p> <p>¿Estarán respondiendo adecuadamente los parámetros de voladura en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi vigente?</p> <p style="text-align: center;"><b>Problemas específicos.</b></p> <p>a.¿Cuál es el comportamiento de la velocidad de detonación del explosivo, en la</p>	<p style="text-align: center;"><b>Objetivo General.</b></p> <p>aumentar el diámetro de los Determinar el grado de comportamiento de los parámetros de voladura en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi.</p> <p style="text-align: center;"><b>Objetivos Especificos.</b></p> <p>a.Determinar el comportamiento de la velocidad de detonación del explosivo, en</p>	<p style="text-align: center;"><b>1 hipótesis General</b></p> <p>Al Determinar el grado de comportamiento de los parámetros de voladura en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi se debe realizar algunas correcciones para mejorar la eficiencia.</p> <p style="text-align: center;"><b>Hipótesis especificas</b></p> <p>a.Al Determinar el comportamiento de la velocidad de detonación del explosivo, los niveles de vibración en la Minera</p>	<p style="text-align: center;"><b>Variables para la hipótesis general</b></p> <p style="text-align: center;"><b>V.I. parámetros de voladura</b></p> <p style="text-align: center;"><b>V.D. mejorar la eficiencia.</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Variables para las hipótesis específicas</b></p> <p style="text-align: center;">a• V.I. velocidad de detonación</p>

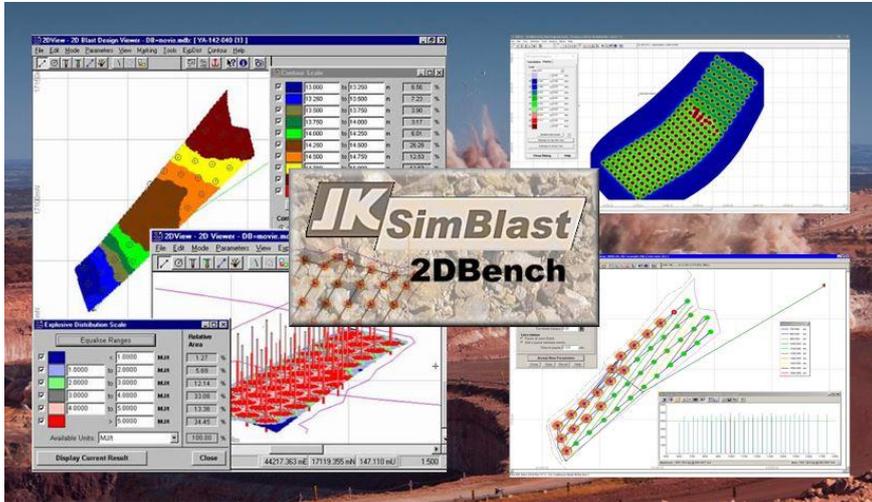
	<p><b>Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi.?</b></p> <p><b>b.¿Cuál es el comportamiento del factor de potencia del explosivo en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi?</b></p>	<p><b>la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi.</b></p> <p><b>b.Determinar el comportamiento del factor de potencia del explosivo en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi.</b></p>	<p><b>IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi se debe realizar algunas correcciones para mejorar la eficiencia.</b></p> <p><b>b. Al Determinar el comportamiento del grado de fragmentación y del factor de potencia del explosivo en la Minera IRL SA. en su Unidad de Producción Corihuarmi se debe realizar algunas correcciones para mejorar la eficiencia.</b></p>	<p><b>V.D. mejorar la eficiencia.</b></p> <p><b>b.V.I. fragmentación y del factor de potencia</b></p> <p><b>V.D. mejorar la eficiencia</b></p>
--	--	--	---	--

Fuente: elaboración propia

## ANEXO N° 2

### Instrumentos Derecoleccion De Datos

#### Software Para Simulación De Voladura, Jk Simblast



#### Microtrap



#### Sismógrafo White



## Portametries



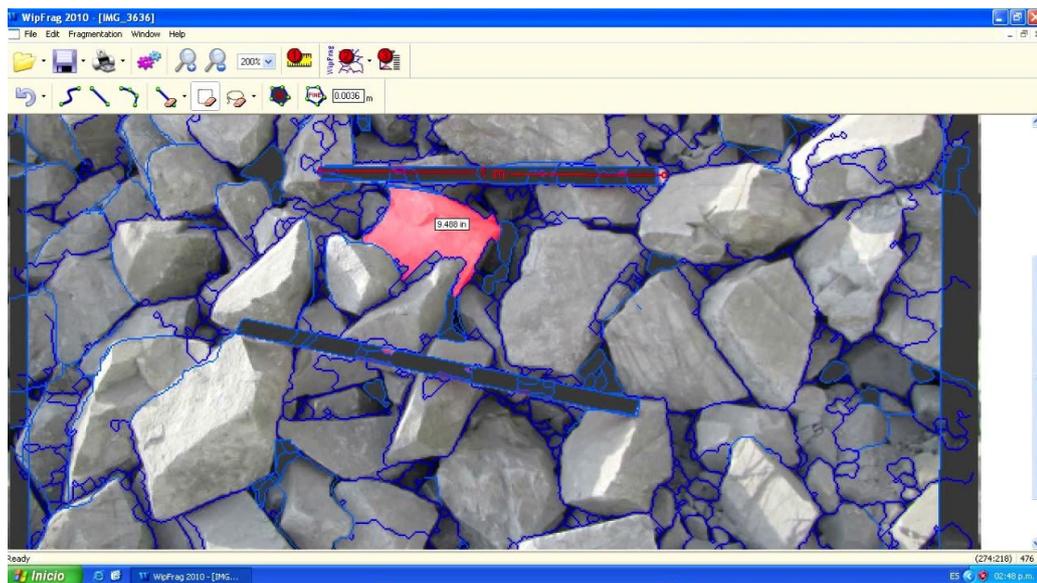
## Latop



## Camioneta: 01 Pick Up 4X4



## Wipfrag (Análisis Virtual De Fragmentación)



### ANEXO N° 3

#### Velocidad De Detonación En Unidad Corihuarmi

FECHA	TAJO	VOD(m/s)	TIPO DE EXPLOSIVOS
15/10/2018	Susan	0.0	ANFO PESADO ARTICO
03/03/2019	Susan	3366.8	ANFO
05/05/2019	Susan	0.0	HEAVY ANFO ARTICO
10/05/2019	Susan	5400.0	HEAVY ANFO ARTICO
22/11/2019	Susan	0.0	EMULSION ENCARTUCHADA
19/12/2019	Susan	4712.0	EMULSION ENCARTUCHADA
12/04/2019	Ampliación Diana	4810.6	HEAVY ANFO ARTICO
06/06/2019	Ampliación Diana	4845.8	ANFO SUPERFAM DOS
20/12/2019	Ampliación Diana	4860.4	ANFO SUPERFAM DOS
09/05/2019	Cayhua Norte	4865.1	ANFO SUPERFAM DOS
05/06/2019	Cayhua Norte	4835.1	ANFO SUPERFAM DOS
26/11/2019	Cayhua Norte	4820.6	ANFO SUPERFAM DOS
21/12/2019	Cayhua Norte	4835.14	ANFO SUPERFAM DOS

## ANEXO N° 4

### Monitoreo De Vibración En Unidad Corihuarmi

FECHA	TAJO	PROYECTO	Distancia(m)	VPP (mm/s)	USBM - VPP (mm/s)
15/10/2018	Susan	4820 - 14	150.0	23.5	50
03/03/2019	Susan	4820 - 20	0.0	0	50
05/05/2019	Susan	4815 - 12	90.0	15.96	50
10/05/2019	Susan	4820 - 23	120.0	28.4	50
22/11/2019	Susan	4810 - 8	80.0	34.04	50
19/12/2019	Susan	4810 - 11	80.0	154.43	50
12/04/2019	Ampliación Diana	4810 - 6	100.0	0.788	50
06/06/2019	Ampliación Diana	4845 - 8	90.0	58.4	50
20/12/2019	Ampliación Diana	4860 - 4	60.0	31.5	50
09/05/2019	Cayhua Norte	4865 - 10	100.0	15.47	50
05/06/2019	Cayhua Norte	4835 - 10	80.0	60.4	50
26/11/2019	Cayhua Norte	4820 - 6	80.0	18.29	50
21/12/2019	Cayhua Norte	4835 - 14	60.0	15.75	50

## ANEXO N° 5

### Estudios Del Nivel De Fragmentación En Unidad Corihuarmi

FECHA	TAJO	PROYECTO	P80 (")	P80 max (")
15/10/2018	Susan	4820 - 14	9	4
03/03/2019	Susan	4820 - 20	9.4	4
05/05/2019	Susan	4815 - 12	9.8	4
10/05/2019	Susan	4820 - 23	8.5	4
22/11/2019	Susan	4810 - 8	9.2	4
19/12/2019	Susan	4810 - 11	9.24	4
12/04/2019	Ampliación Diana	4810 - 6	4.6	4
06/06/2019	Ampliación Diana	4845 - 8	3	4
20/12/2019	Ampliación Diana	4860 - 4	3.05	4
09/05/2019	Cayhua Norte	4865 - 10	3	4
05/06/2019	Cayhua Norte	4835 - 10	8.7	4
26/11/2019	Cayhua Norte	4820 - 6	3.14	4
21/12/2019	Cayhua Norte	4835 - 14	3.18	4

## ANEXO N° 6

### Cálculo Del Factor De Potencia En Unidad Corihuarmi

FECHA	TAJO	PROYECTO	FACTOR DE POTENCIA (Kg/t)
15/10/2018	Susan	4820 - 14	0.51
03/03/2019	Susan	4820 - 20	0.56
05/05/2019	Susan	4815 - 12	0.63
10/05/2019	Susan	4820 - 23	0.51
22/11/2019	Susan	4810 - 8	0.37
19/12/2019	Susan	4810 - 11	0.38
12/04/2019	Ampliacion Diana	4810 - 6	0.19
06/06/2019	Ampliacion Diana	4845 - 8	0.13
20/12/2019	Ampliacion Diana	4860 - 4	0.14
09/05/2019	Cayhua Norte	4865 - 10	0.13
05/06/2019	Cayhua Norte	4835 - 10	0.14
26/11/2019	Cayhua Norte	4820 - 6	0.11
21/12/2019	Cayhua Norte	4835 - 14	0.14

## ANEXO N° 7

### Características Técnicas Del Emulnor 5000

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
		EMULNOR® 500	EMULNOR® 1000	EMULNOR® 3000	EMULNOR® 5000
DENSIDAD RELATIVA (g/cm³)		0,90	1,13	1,14	1,16
VELOCIDAD DE DETONACIÓN (m/s)	CONFINADO *	4 400	5 800	5 700	5 500
	S/CONFINAR **	3 500	4 500	4 400	4 200
PRESIÓN DE DETONACIÓN (kbar)		44	95	93	88
ENERGÍA (kcal/kg)		628	785	920	1010
VOLUMEN NORMAL DE GASES (L/kg)		952	920	880	870
POTENCIA RELATIVA EN PESO *** (%)		63	85	100	105
POTENCIA RELATIVA EN VOLUMEN *** (%)		75	120	145	155
SENSIBILIDAD AL FULMINANTE		N° 8	N° 8	N° 8	N° 8
RESISTENCIA AL AGUA		Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
CATEGORÍA DE HUMOS		Primera	Primera	Primera	Primera

