

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Voladura controlada en corona con Famecorte
E-20 para plantear oportunidades de mejora de
indicadores claves de desempeño en perforación
voladura**

Max Brayaam Molina Quispe

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

“VOLADURA CONTROLADA EN CORONA CON FAMECORTE E-20 PARA PLANTEAR OPORTUNIDADES DE MEJORA DE INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO EN PERFORACIÓN VOLADURA”

INFORME DE ORIGINALIDAD

27%

INDICE DE SIMILITUD

27%

FUENTES DE INTERNET

%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1 repositorio.undac.edu.pe 13%
Fuente de Internet

2 incual.mecd.es 7%
Fuente de Internet

3 repositorio.continental.edu.pe 4%
Fuente de Internet

4 www.coursehero.com 1%
Fuente de Internet

5 www.scribd.com <1%
Fuente de Internet

6 1library.co <1%
Fuente de Internet

7 informatica.upla.edu.pe <1%
Fuente de Internet

8 repositorio.upla.edu.pe <1%
Fuente de Internet

9	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	repository.uniminuto.edu Fuente de Internet	<1 %
11	worldskills.org Fuente de Internet	<1 %
12	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
13	repositorioslatinoamericanos.uchile.cl Fuente de Internet	<1 %
14	virtual.urbe.edu Fuente de Internet	<1 %
15	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
16	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	manualzilla.com Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	studyres.es Fuente de Internet	<1 %

21	www.aaea.org.tn Fuente de Internet	<1 %
22	agrijournal.ir Fuente de Internet	<1 %
23	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

AGRADECIMIENTO

Mi primer agradecimiento a Dios, por cuidar mi camino y darme las fuerzas para romper todas las barreras que se me presentaron durante la vida, a mi familia por su compañía a cada momento brindando su apoyo incondicional a mi superación, a la facultad de Ingeniería de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Minas de la universidad Continental, en especial a los profesionales que me inculcaron y transmitieron sabias enseñanzas en el ámbito teórico – práctico en el transcurso de mi etapa académica de la universidad.

Asimismo, a la ECM PEGAMA ING. SAC por darme la oportunidad de aprender y desenvolverme como profesional demostrando todas mis cualidades y desempeño en el trabajo. También agradezco a todo el personal con quienes compartí los años de minería hasta la actualidad, quienes me enseñaron, aconsejaron sus sabidurías en la industria minera.

Bach. Max Brayaam Molina Quispe

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi padre: Pepe Molina Hinostriza quien estuvo presente durante los buenos y malos momentos, guiándome constantemente y brindándome su apoyo incondicional a lograr mis metas trazadas durante la vida cotidiana y profesional.

Asimismo, a Alejandro, mi tío, quien fue la persona que siempre me aconsejó a superarme y me acompañó y brindó su apoyo durante mi etapa de estudios de la universidad; a Daniel, mi hermano, que siempre me veía como ejemplo para su superación y a toda mi familia se las dedico esta tesis con mucho aprecio.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	15
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	15
1.1.1 Problema general.....	15
1.1.2 Problemas específicos.....	16
1.2 Objetivos.....	16
1.2.1 Objetivo general.....	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 Justificación.....	17
1.3.1 Justificación práctica.....	17
1.3.2 Justificación metodológica.....	17
1.4 Hipótesis y descripción de variables.....	17
1.4.1 Hipótesis general.....	17
1.4.2 Hipótesis específicas.....	18
1.4.3 Variables.....	18
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 Antecedentes del problema.....	19
2.2 Bases teóricas.....	22
2.2.1 Voladura controlada y amortiguada.....	22
2.2.2 Diferencias entre la voladura convencional y la voladura controlada.....	24
2.3 Definición de términos básicos.....	32
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	38

3.1 Métodos y alcances de la investigación	38
3.1.1 Método general.....	38
3.1.2 Tipo de investigación.....	38
3.1.3 Nivel de investigación.....	38
3.2 Diseño de investigación.....	38
3.3 Población y muestra	39
3.3.1 Población.....	39
3.3.2 Muestra.....	39
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	39
3.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	39
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.....	39
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1 Resultados de la investigación	40
4.1.1 Ubicación y acceso.....	40
4.1.2 Resultados del cálculo del factor de carga aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 mes de abril	40
4.1.3 Cuadro comparativo de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura.....	49
4.1.4 Pruebas de voladura controlada en taladros de corona con Famecorte E-20.....	50
4.1.5 Resultados del cálculo del factor de carga aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 mes de mayo	59
4.1.6 Control de daño por vibraciones subestación eléctrica N°50.....	66
4.1.7 Monitoreo de vibraciones	69
4.2 Discusión de resultados.....	81
4.2.1 Hipótesis específica N°1.....	81
4.2.2 Hipótesis específica N°2.....	81
4.2.3 Hipótesis específica N°3.....	82
4.2.4 Hipótesis específica N°4.....	83
CONCLUSIONES.....	84

RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXOS.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tablas Resultados de voladuras - control de avances con Jumbo Zona II	41
Tabla 2. Avances en frentes comparativo de KPI.....	49
Tabla 3. De productividad	50
Tabla 4. Consumo de explosivo.....	50
Tabla 5. Comparativo de costos de explosivo	50
Tabla 6. Pruebas de voladura controlada en taladros de corona con Famecorte E-20.....	52
Tabla 7. Comparativo de KPI	58
Tabla 8. Comparativo de productividad	58
Tabla 9. Comparativo consumo de explosivo	58
Tabla 10. Comparativo de costos de explosivo	59
Tabla 11. Comparativo de costos de voladura controlada (perforación y explosivos)	59
Tabla 12. Pruebas de voladura controlada en taladros de corona con Famecorte E-20	60
Tabla 13. Comparativa de KPI	64
Tabla 14. Comparativo de productividad	64
Tabla 15. Comparativo consumo de explosivo	64
Tabla 16. Comparativo de Costos de explosivo	64
Tabla 17. Comparativo de costos de explosivo cordón detonante 80P vs Famecorte E-20	65
Tabla 18. Carga operante recomendada según distancia escalada 27.7	67
Tabla 19. Carga operante máxima a detonar en función a la distancia	68
Tabla 20. Análisis de vibraciones.....	71
Tabla 21. Análisis de frecuencias	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mecánica de corte linear (4)	24
Figura 2. Mecánica de corte linear (4)	24
Figura 3 Voladura controlada en subsuelo (4).....	30
Figura 4 Tipos de voladura controlada (4)	31
Figura 5 Esquemas de carga explosiva (4)	31
Figura 6 Esquema de voladura controlada para túnel (recorte) (4).....	32
Figura 7. Comparativo de avance por voladura (m)	42
Figura 8. Comparativo de factor de carga lineal (kg/m).....	42
Figura 9. Comparativo de costo de explosivo (\$/m)	43
Figura 10. Pecho en el hastial exceso de burden	43
Figura 11. No se usa tacos de arcilla.....	44
Figura 12. Cartuchos sobrantes son cargados en los taladros sin atacar.....	44
Figura 13. Cartuchos no detonados por no ser atacados en el taladro.....	45
Figura 14. Frente fallado por desviación en perforación	45
Figura 15. Exceso de burden en los arranques falta de simetría	46
Figura 16. Simetría en la perforación de los taladros de arranque	46
Figura 17. Carguío adecuado y amarre	47
Figura 18. Control de carguío	47
Figura 19. Carguío de frente sin cortar las grapas SN 6917	48
Figura 20. Marcado de malla con colas SN 6917	48
Figura 21. Control de perforación SN 6917	49
Figura 22. Comparativo de avance por voladura para sección 3.5m x 3.5m	53
Figura 23. Comparativo de costo de perforación y explosivo taladros de corona voladura para sección 3.5 m x 3.5 m.....	53
Figura 24. Comparativo factor de carga lineal (kg/m) para sección 3.5 m x 3.5 m.....	54
Figura 25. Comparativo de costo de explosivo (\$/m) para sección 3.5 m x 3.5 m.....	54
Figura 26. Capacitación de armado Famecorte E-20.....	55

Figura 27. Famecorte E-20 armado SN 6917.....	55
Figura 28. Carguío con capataz SN6917.....	55
Figura 29. Carguío Famecorte E-20 SN 6917	55
Figura 30. Capacitación armado de Famecorte E-20.....	56
Figura 31. Carguío de frente con Famecorte E-20CX 1169.....	56
Figura 32. SN 6917, 100% de cañas con 6 taladros cargados sección más controlada.....	56
Figura 33. Control de la sobre rotura y estabilidad de corona SN 6917.....	57
Figura 34. CX 1169 voladura 5 taladros cargaos con 4 taladros de alivio 85 % cañas.....	57
Figura 35. CX 1169 taladros cargados separados a 87 cm	57
Figura 36. Comparativo costo de explosivo taladros de corona para sección 3.5 m x 3.5 m	61
Figura 37. Comparativo costo de explosivo para sección 3.5 m x 3.5 m calidad de roca IV-A.....	61
Figura 38. Comparativo factor de carga lineal para Sección 3.5 m x3.5 m calidad de roca IV-A	62
Figura 39. Avance 2.70 TJ 0337, visibilidad de cañas.....	62
Figura 40. Control de sobrerotura	63
Figura 41. Ancho 3.48 m	63
Figura 42. Alto 3.68 m.....	63
Figura 43. Monitoreo N°1 voladura del block 6.....	70
Figura 44. Malla aplicada según protocolo	70
Figura 45. Análisis de monitoreo de vibraciones grafica Norma DIN 4155 obtenida de la voladura	71
Figura 46. Análisis de vibraciones	72
Figura 47. Análisis de onda componente vertical	72
Figura 48. Análisis de transformación rápida de Fourier (FFT)	73
Figura 49. Análisis de aceleración	74
Figura 50. Monitoreo N°2 voladura desquinche block 3	74
Figura 51. Análisis de onda.....	75

Figura 52. Análisis de transformación rápida de Fourier (FFT)	75
Figura 53. Análisis de aceleración	76
Figura 54. Monitoreo N° 3 voladura de prueba.....	76
Figura 55. Análisis de onda.....	77
Figura 56. Análisis de transformación rápida de Fourier (FFT)	77
Figura 57. Análisis de aceleración	78
Figura 58. Norma DIN 4155 obtenida de la voladura	79
Figura 59. Análisis de onda.....	79
Figura 60. Análisis de transformación rápida de Fourier (FFT)	80
Figura 61. Análisis de aceleración	80

RESUMEN

La presente investigación planteó como objetivo general: establecer los resultados de la aplicación de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura, Sierra Metals Corona unidad de producción Yauricocha 2021, cuya hipótesis general fue: la aplicación de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 debido a su bajo poder rompedor permite mejorar los indicadores claves de desempeño en perforación voladura, Sierra Metals Corona unidad de producción Yauricocha 2021.

El método general de investigación empleado fue el científico, tipo aplicado, nivel correlacional, diseño cuasiexperimental; la población y muestra conformada por las labores mineras Nivel 970, Piso 12, Rampa 1215 NE, Zona III, Cuerpo Karlita Mina Cachicachi – Yauricocha Unidad minera Cerro Lindo

Producto de la investigación se concluye que la aplicación del Famecorte E-20 permite reducir la existencia de pechos en hastiales, corona. Del mismo modo, se redujo la sobre rotura en la corona en promedio de 20 cm; por otro lado las pruebas con Famecorte E-20 fueron favorables, en el mismo sentido la propuesta de mejora continua que refiere al cambio de voladura controlada del uso actual de 5 taladros cargados con Emulnor de 1000 de 1 1/8" x 12" y 4 taladros de alivio, a la realización de 6 taladros cargados con el Famecorte E-20, esto conlleva a la reducción del costo de perforación y voladura de un estándar de 27.58 \$/m a 23.13 \$/m

Palabras claves: voladura controlada, corona, Famecorte E-20, indicadores claves de desempeño en perforación voladura.

ABSTRACT

The present investigation was raised as a general objective: To establish the results of the application of controlled blasting in the crown with Famecorte E-20 to propose opportunities to improve key performance indicators in drilling blasting, Sierra Metals Corona production unit Yauricocha 2021, whose general hypothesis was: The application of controlled blasting in the crown with Famecorte E-20 due to its low breaking power allows to improve the key performance indicators in drilling blasting, Sierra Metals Corona production unit Yauricocha 2021.

The general research method used was scientific, applied type, correlational level, quasi-experimental design; the population and sample made up of the mining activities Level 970, Floor 12, Ramp 1215 NE, Zone III, Body Karlita Mine Cachicachi – Yauricocha Cerro Lindo mining unit

As a result of the investigation, it is concluded that the application of FAMECORTE E-20 allows to reduce the existence of breasts in gables, crown, in the same way, the over-breakage in the crown was reduced by an average of 20 cm; On the other hand, the tests with Famecorte E-20 were favorable, in the same sense the proposal for continuous improvement that refers to the change of controlled blasting, of the current use of 5 drills loaded with Emulnor 1000 of 1 1/8 "x 12" and 4 relief drills, to the realization of 6 drills loaded with the Famecorte E-20, this leads to the reduction of the cost of drilling and blasting from a standard of 27.58 \$/m to 23.13 \$/m

Keywords: Controlled blasting, crown, Famecorte E-20, key performance indicators in drilling blasting.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada: “Voladura controlada en corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura” propone desarrollar un análisis del estado actual de las actividades de perforación y voladura para controlar el sobre dimensionamiento de galerías y a su vez disminuir el sostenimiento de estas.

El procedimiento seguido fue el siguiente: primero, se justificó el trabajo de investigación, considerando los nuevos enfoques de productividad y conservación del medio ambiente que dan énfasis al uso racional de los recursos y optimización de los procesos en trabajos de perforación y voladura en galerías, esto significa una reducción de costos directos e indirectos de producción, no solo en perforación y voladura, sino en las fases de sostenimiento, obteniéndose mayor seguridad y estabilidad del macizo rocoso.

Para una mejor comprensión la investigación se desarrolló en cuatro capítulos cuyos contenidos son los siguientes:

El capítulo I, que lleva por título Planteamiento del estudio, en el cual se da a conocer el planteamiento y formulación del problema formulando el problema general y específico, de igual manera se exponen tanto el objetivo general como los específicos, seguidamente se da a conocer la justificación práctica y metodológica; finalmente en este capítulo se redactan la hipótesis general y específica y en la parte final se exponen las variables de esta investigación.

El capítulo II denominado Marco teórico en el que exponen los antecedentes nacionales e internacionales resaltando sus objetivos y conclusiones, del mismo modo se dan a conocer las bases teóricas y finalmente se exponen las definiciones de términos básicos de la investigación.

El capítulo III, que lleva por título Metodología concerniente para la metodología de la investigación, poniendo hincapié en el: método de investigación general, tipo, nivel, diseño, población y muestra, así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo IV que corresponde a resultados y discusión en donde se proporcionan los resultados de datos que se obtuvieron de la investigación.

Y para finalizar esta investigación se formulan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos

Bach. Max Brayaam Molina Quispe

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

La presente investigación tiene como objetivo principal desarrollar un análisis del estado actual de las actividades de perforación y voladura para controlar el sobre dimensionamiento de galerías y a su vez disminuir el sostenimiento de estas.

El procedimiento seguido fue el siguiente: primero, justificó el trabajo de investigación, considerando los nuevos enfoques de productividad y conservación del medio ambiente que dan énfasis al uso racional de los recursos y optimización de los procesos en trabajos de perforación y voladura en galerías, lo cual significa una reducción de costos directos e indirectos de producción, no solo en perforación y voladura, sino en las fases de sostenimiento, obteniéndose mayor seguridad y estabilidad del macizo rocoso.

En tal sentido se hace necesario realizar la evaluación de la incorporación de cañas en los taladros de la corona

1.1.1 Problema general

¿Cuál es el resultado de la aplicación de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de

desempeño en perforación voladura, Sierra Metals Corona unidad de producción Yauricocha 2021?

1.1.2 Problemas específicos

- a) ¿Cuánto es el factor de carga aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura?

- b) ¿Cuánto es la sobre rotura aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura?

- c) ¿Cuáles son los resultados del monitoreo de vibraciones aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura?

- d) ¿Cuáles son los costos de la aplicación de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Establecer los resultados aplicación de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura, Sierra Metals Corona unidad de producción Yauricocha 2021

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Establecer el factor de carga aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura.

- b) Calcular la sobre rotura aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura.
- c) Analizar los resultados del monitoreo de vibraciones aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura
- d) Calcular los costos de la aplicación de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación práctica

La presente investigación propone realizar la investigación aplicación de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura, de esta manera se pretende dar una propuesta de solución al problema de daño al macizo rocoso en la corona de las labores de avance.

1.3.2 Justificación metodológica

Con la finalidad de desarrollar de la presente tesis, el investigador hará uso de metodologías propias para la toma de información *in situ* que serán procesadas en forma ordenada y sistemática, estas metodologías podrán servir de base para otras investigaciones similares.

1.4 Hipótesis y descripción de variables

1.4.1 Hipótesis general

La aplicación de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 debido a su bajo poder rompedor permite mejorar los indicadores claves de desempeño en perforación voladura, Sierra Metals Corona unidad de producción Yauricocha 2021

1.4.2 Hipótesis específicas

- a) La reducción del número de taladros y del factor de carga aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 permite mejorar los indicadores claves de desempeño en perforación voladura.

- b) La sobre rotura aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 se reduce debido a la disminución de la carga explosiva lo que mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura.

- c) El monitoreo de vibraciones aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 mediante el uso de geófono instalado dentro sub de la estación eléctrica punto más cercano a la voladura, mejora los indicadores claves de desempeño en perforación voladura.

- d) La reducción de los costos de la aplicación de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 mejora los indicadores claves de desempeño en perforación voladura.

1.4.3 Variables

a) Variable Independiente (X):

✓ Voladura controlada

Indicadores:

- Factor de carga
- Sobre rotura
- Monitoreo de vibraciones
- Costos

b) Variable dependiente (Y)

✓ Indicadores claves de desempeño

Indicadores:

- Indicadores claves de desempeño en perforación voladura

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

- a) Tesis titulada: “*Implementación del sistema electrónico -DIGISHOT para la reducción de vibraciones en voladura – compañía minera Atacocha*” con el objetivo general de usar el sistema eléctrico DigiShot™ Plus para reducir costos y seguridad en el sistema de voladuras en la compañía minera Atacocha S. A. (1)

Los objetivos específicos son:

- ✓ Minimizar el daño al macizo rocoso al realizar voladuras controladas utilizando el sistema eléctrico DigiShot™ Plus (1).

- ✓ Caracterizar comportamiento del macizo rocoso desde un punto de vista geotécnico para controlar el factor de seguridad, y obtener los parámetros.

- ✓ “Mejorar las ratios de voladura (KPI) de Compañía Minera Atacocha S.A.A. con el uso del sistema eléctrico DigiShot™ Plus (1).

Producto de su investigación concluye que:

- ✓ Facilidad de diseño de secuencia de salida de voladura, de acuerdo con los manuales establecidos en donde indican las secuencias a utilizar, para una

óptima fragmentación y reducción de daños a causa de las vibraciones generadas por voladuras (1).

- ✓ Facilita el entendimiento, interpretación y manejo del sistema (1).
- ✓ Dependiendo de un buen diseño de secuencias de salida de los detonadores, minimiza las vibraciones, protegiendo daños a los taludes y las poblaciones aledañas (1).
- ✓ El resultado de una buena fragmentación de rocas hace posible la optimización de los procesos productivos y reduce los costos de operación (Carguío, transporte, chancado y molienda) (1).
- ✓ Reduce los conflictos sociales con las comunidades aledañas, ya que es posible controlar la generación de vibraciones excesivas que causan daños a las viviendas aledañas a las operaciones mineras (1).

b) Tesis titulada: “*Influencia de voladura de precorte en estabilidad de galería 835ne – Nv. 3430 – unidad victoria 1 – invicta Mining Corp S. A. C.*” (2). El objetivo general fue determinar cómo influye la voladura con precorte en la estabilidad de la Galería 835NE del Nivel 3430 de la Unidad Victoria 1 de Invicta Mining Corp S.A.C.

Los objetivos específicos fueron:

- ✓ Establecer cómo influye el diseño de la malla de perforación con pre- corte en la estabilidad de la galería 835NE del Nivel 3430 de la unidad Victoria 1 de Invicta Mining Corp S.A.C. (2).
- ✓ Determinar en qué medida influye la disminución de la cantidad de explosivo en la estabilidad de la Galería 835NE del Nivel 3430 de la Unidad Victoria 1 de Invicta Mining Corp S.A.C. (2).

Producto de su investigación concluye que:

- ✓ La voladura con precorte influye significativamente en la estabilidad de la Galería 835NE del Nivel 3430 de la Unidad Victoria 1 de Invicta Mining Corp S.A.C. (2).
 - ✓ El diseño de la malla de perforación con precorte influye positivamente en la estabilidad de la galería 835NE del Nivel 3430 de la Unidad Victoria 1 de Invicta Mining Corp S.A.C. (2).
 - ✓ La disminución de la cantidad de explosivo influye positivamente en la estabilidad de la Galería 835NE del Nivel 3430 de la Unidad Victoria 1 de Invicta Mining Corp S.A.C. (2).
 - ✓ En los disparos realizados anterior al uso de precorte y comparados con lo propuesto por la Unidad Victoria fueron deficientes. El avance fue de 3.143 m y un área de 13.69 m, resultando un volumen de 43,03 m³ representando una sobre rotura de aproximadamente 11.76%, mientras que con la voladura de precorte se alcanza a tener solo 2.85% de sobrerotura (2).
 - ✓ Respecto al avance antes de la voladura controlada se obtuvo 3.143 m, representando un 79.97% de lo propuesto y en caso de usar la voladura de precorte se mejoró el avance en 22.9% respecto a los disparos anteriores (2).
 - ✓ Tomando en cuenta los disparos antes de la voladura con precorte y el mismo, las diferencias son muy significativas, principalmente en el factor de potencia, lo cual indica el porqué de la sobrerotura en una voladura sin precorte, de igual manera se ha mejorado hasta un 22.9% la eficiencia de la voladura y se ha reducido el área hasta un valor en 8.6%, lo que permite reducir la sobre rotura”² (2).
- c) Tesis titulada: *“Optimización de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Roger Holmberg en el proyecto central hidroeléctrica San Gabán III”* (3). El objetivo general fue optimizar las operaciones de perforación y voladura en el túnel de la central hidroeléctrica San Gabán III, mediante la aplicación del modelo matemático de Roger Holmberg.

Los objetivos específicos fueron:

- ✓ Diseñar la malla de perforación y voladura a partir del modelo matemático Roger Holmberg (3).
- ✓ Mejorar el avance lineal, empleando el modelo matemático de Roger Holmberg (3).
- ✓ Reducir el factor de carga para la voladura, según el modelo matemático Roger Holmberg (3).

Las conclusiones de su investigación fueron:

- ✓ Se estandariza la nueva malla de perforación y voladura, logrando reducir la cantidad de taladros mediante el diseño de malla por el modelo matemático Holmberg de 65 taladros perforados a 52 taladros perforados y tener una buena distribución de acuerdo con los resultados obtenidos de los cálculos del burden y espaciamiento entre taladros en la sección del túnel.
- ✓ Con el nuevo diseño de malla de perforación y voladura por el método Roger Holmberg modificado implementado en la construcción del túnel se logró una eficiencia en cuanto a avances lineales de 2.77 metros a 3.55 metros y de esta manera se mejoró el avance lineal en el túnel, logrando cumplir el planeamiento mensual programado en avance lineal.
- ✓ Con el nuevo diseño de malla de perforación y voladura implementado en el proyecto hidroeléctrico se logra reducir el factor de carga explosiva de 3.47 Kg/m³ a 2.52 Kg/m³, obteniendo una voladura controlada y no tener sobre excavación, mayor control de los hastiales y corona distribuyendo el explosivo de acuerdo con los cálculos realizados.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Voladura controlada y amortiguada

Consiste en el empleo de cargas explosivas lineares de baja energía colocadas en taladros muy cercanos entre sí, que se disparan en forma simultánea para crear

y controlar la formación de una grieta o plano de rotura continuo, que límite la superficie final de un corte o excavación. (4)

✓ **Precorte o presplitting**

Es el disparo anterior a la voladura principal (4).

✓ **Smooth Blasting**

Es la voladura posterior conocida como recorte, voladura de contorno o voladura suave, en el caso de túneles también suele denominarse voladura periférica (4).

a) Teoría del método

Una carga explosiva convencional acoplada, que llena completamente un taladro, al detonar crea una zona adyacente en la que la resistencia dinámica a compresión de la roca es ampliamente superada, triturándola y pulverizándola. Fuera de esa zona de transición, los esfuerzos de tracción asociados a la onda de compresión generan grietas radiales alrededor de todo el taladro, lo que se denomina fisuramiento radial.

Cuando son dos las cargas que se disparan simultáneamente, esas grietas radiales tienden a propagarse por igual en todas direcciones, hasta que, por colisión de las dos ondas de choque en el punto medio entre taladros, se producen esfuerzos de tracción complementarios perpendiculares al plano axial. (4)

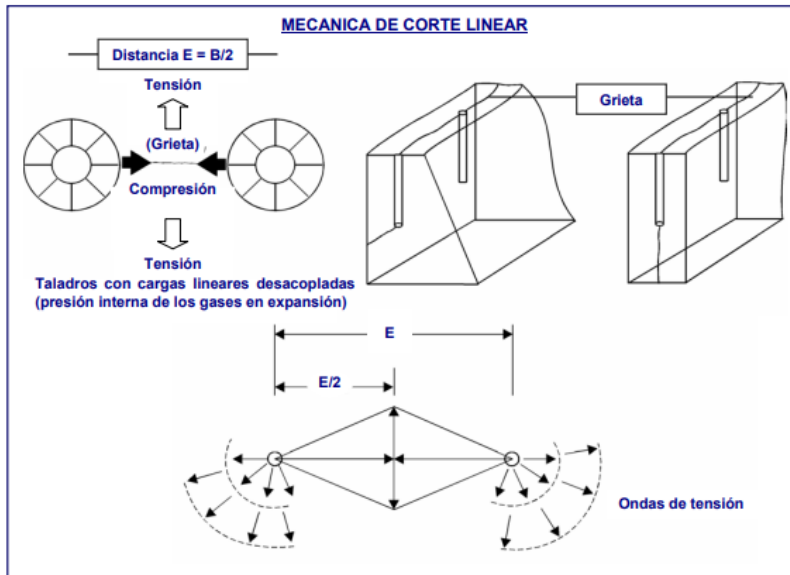


Figura 1. Mecánica de corte lineal (4)

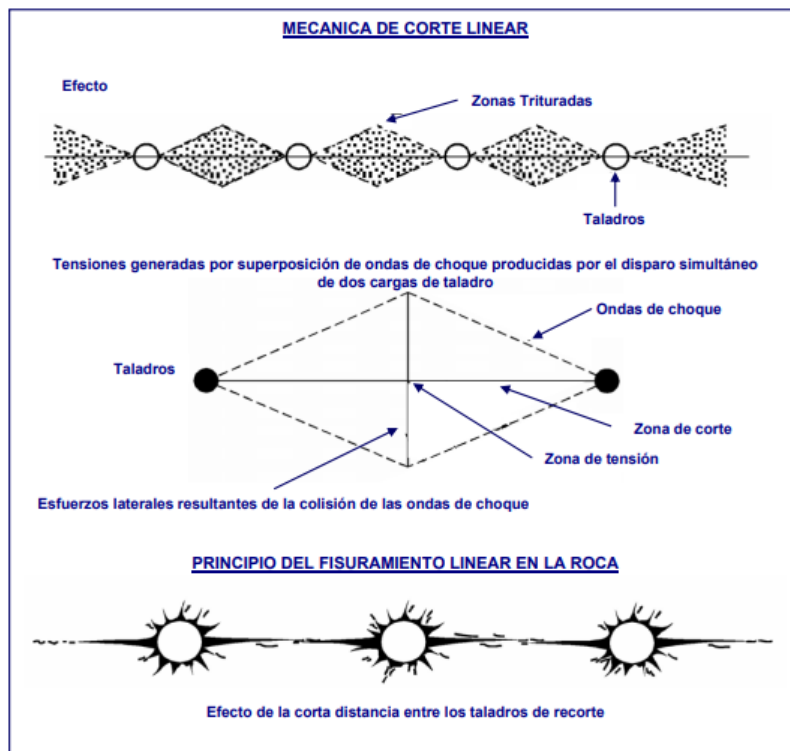


Figura 2. Mecánica de corte lineal (4)

2.2.2 Diferencias entre la voladura convencional y la voladura controlada

En la práctica el método de voladura controlada requiere de ciertas condiciones que la diferencian del método convencional, como se muestra a continuación: (4)

a) Voladura convencional

Los taladros de voladura normal destrozan la roca por interacción entre sí, con predominio de fracturamiento radial; para lograr este efecto es necesario mantener ciertas condiciones, como:

- ✓ Relación de espaciamiento a burden:

$$E = (1,3 \text{ a } 1,5) \times B$$

- ✓ Relación de acoplamiento (diámetro de taladro a diámetro de cartucho): máxima de 1,2 a 1, buscando un adecuado confinamiento y atacado del explosivo (4).
- ✓ Distribución de la carga explosiva, ocupando en promedio los 2/3 de la longitud del taladro (66%) procurando la mayor concentración de carga al fondo de este.
- ✓ Uso de taco inerte para retener la explosión en el taladro el mayor tiempo posible, y para mejorar el grado de confinamiento.
- ✓ Empleo de explosivo con el mayor brisance y empuje dentro de la relación energía/costo, para las características de la roca.
- ✓ Disparo de todos los taladros de la voladura siguiendo un orden de salida, espaciados en tiempo de acuerdo con un esquema de secuencias (arranques, ayudas, cuadradores, alzas, etc.) (4).

b) Voladura controlada

A diferencia de los taladros de voladura normal, los de voladura controlada deben espaciarse de tal modo, que las fracturas creadas se dirijan a los puntos de menor resistencia, es decir de taladro a taladro, alineándose para formar un plano de corte, con lo que se disminuye o elimina la formación de fracturas radiales (4).

Entre sus condiciones fundamentales tenemos:

- ✓ Relación de espaciamiento a burden inversa a la normal; es decir menor espaciamiento que burden, usualmente: $E = 0,5 \text{ a } 0,8 B$ (4).

- ✓ Explosivo de mucho menor diámetro que el del taladro para que la relación de desacoplamiento sea mayor que la convencional de 2,1 a 1 (4).
- ✓ Carga explosiva linear distribuida a todo lo largo del taladro preferentemente con cartuchos acoplables como los de Exsacorte, o en ciertos casos carga amortiguada con espaciadores (4).
- ✓ Taco inerte solamente para mantener el explosivo dentro del taladro, no para confinarlo (4).
- ✓ Empleo de explosivo de baja potencia y velocidad, brisance, como el Exacorte. Disparo simultáneo de todos los taladros de la línea de corte, sin retardos entre sí, y sólo después de la voladura principal. (Es conveniente un intervalo mínimo de 60 a 100 ms entre el último taladro de la voladura principal y los taladros de la línea de corte periférica) (4).
- ✓ Mantener el alineamiento y paralelismo de los taladros, de acuerdo con el diseño del corte a realizar, de lo contrario no hay buen resultado. (4)

c) Ventajas de la voladura controlada

- ✓ Produce superficies de roca lisas y estables (4).
- ✓ Contribuye a reducir la vibración de la voladura principal y la sobre excavación, con lo que se reduce también la proyección de fragmentos y los efectos de agrietamiento en construcciones e instalaciones cercanas a la voladura. También facilita el transporte de los detritos de voladura, por su menor tamaño (4).
- ✓ Produce menor agrietamiento en la roca remanente. Es importante tener en cuenta que la voladura convencional, según la carga y el tipo de roca puede afectar a las cajas techos a profundidades de hasta 1,50 y 2,00 m debilitando la estructura en general, mientras que la voladura controlada sólo la afecta entre 0,20 y 0,50 m, contribuyendo a mejorar el autosostenimiento de las excavaciones (4).

- ✓ En minería puede ser una alternativa para la explotación de estructuras débiles e inestables (4).

d) Desventajas de la voladura controlada

- ✓ Mayor costo que la voladura convencional por requerir más perforación y empleo de explosivos especiales o acondicionados a propósito (4).
- ✓ Mayor demora en la obra, por el incremento del trabajo de perforación (4).
- ✓ En algunos tipos de terreno no llega a dar los resultados esperados, como por ejemplo en material detrítico incompetente o deleznable. Mejores resultados por lo general se obtienen en rocas homogéneas y competentes (4).

Son varias las técnicas para voladura controlada desarrolladas en los últimos años, muchas veces específicamente para un problema particular, pero las más aplicadas son: (4)

- ✓ Voladuras de precorte
- ✓ Voladura de recorte
- ✓ Voladuras amortiguadas

Estas técnicas se efectúan tanto para trabajos subterráneos como en superficie (4).

e) Voladura de precorte

Consiste en crear en el cuerpo de roca una discontinuidad o plano de fractura (grieta continua) antes de disparar la voladura principal o de producción, mediante una fila de taladros generalmente de pequeño diámetro, muy cercanos, con cargas explosivas desacopladas y disparos instantánea (4).

El disparo de los taladros de precorte también puede hacerse simultáneamente con los de producción, pero adelantándonos una fracción de tiempo de 90 a 120 ms, el disparo es pues en dos etapas (4).

Normalmente es necesario efectuar algunos disparos de prueba para conocer el comportamiento de la roca y ajustar parámetros, pero como guía puede aplicarse algunas ecuaciones propuestas para el caso, como las de C. Konya (4).

así:

El factor de carga por pie de taladro que no cause daño a la roca, pero que produzca suficiente presión como para crear la acción de corte se puede estimar por: (4)

$$q = [(\emptyset)^2 / 28]$$

Donde:

q: carga de explosivo por pie de taladro (lb/pie).

\emptyset : diámetro de los taladros vacíos, en pulgadas.

Si se aplica este factor de carga, el espaciamiento entre los taladros de precorte será determinado por la ecuación:

$$E = (10 \times \emptyset)$$

Donde:

E: espaciamiento, en pulgadas.

\emptyset : diámetro de los taladros vacíos, en pulgadas.

La constante 10 se aplica para asegurar que la distancia no sea excesiva y que el corte ocurra, pero según experiencia puede llevarse a 12 o 14.

Estos valores por norma deben darse en el equivalente métrico.

En la mayoría de las aplicaciones de precorte no se estila sobreperforación. En algunos casos se aplica una carga concentrada de 2 a 3 veces al fondo del taladro, en otros toda la columna es desacoplada, es decir de baja energía y de menor diámetro que el del taladro (4).

Existen diferentes criterios respecto a las necesidades de taquear o no los taladros, y sobre la longitud del taco teniendo en cuenta la necesidad de mantener retenidos los gases de explosión en los taladros. Usualmente las rocas competentes no requieren taco mientras que sí son necesarios en las rocas fisuradas e incompetentes (4).

El precorte se aplica preferentemente en bancos de superficie para delimitar sectores, para cortar bloques; para evitar una excesiva sobrerotura hacia atrás (back break) y para formar los taludes finales del pit (4).

f) Voladura de recorte

Consiste en la voladura de una fila de taladros cercanos, con cargas desacopladas, pero después de la voladura “principal” o de producción. El factor de carga se determina de igual forma que para los taladros de precorte, pero como esta técnica implica el arranque de roca hacia un frente libre, el espaciamiento normalmente es mayor que en el precorte, pudiendo ser determinado por la ecuación: (4)

$$E = (16 \times \emptyset)$$

Donde:

E: espaciamiento.

\emptyset : diámetro del taladro vacío.

El disparo es también en dos etapas, primero los taladros de producción y después, con una diferencia de unos 100 ms, los de recorte.

Las condiciones de confinamiento de ambas son diferentes, en el precorte mientras no sale la voladura principal el burden es infinito, en tanto que en el recorte el burden tiene una distancia definida y razonable, después de haber salido la voladura principal, de modo que puede ser estimado en el diseño de la voladura (4).

El *burden* debe ser mayor que el espaciado para asegurar que las fracturas se “encadenen” apropiadamente entre los taladros antes que el bloque de *burden* se desplace, pudiendo estimar con la ecuación: (4)

$$B = (1,3 \times E)$$

Donde:

B: *burden* o línea de menor resistencia.

E: espaciado entre taladros.

Cuando los taladros de recorte tienen el mismo diámetro que los de producción la técnica se conoce como Trim Blasting (4).

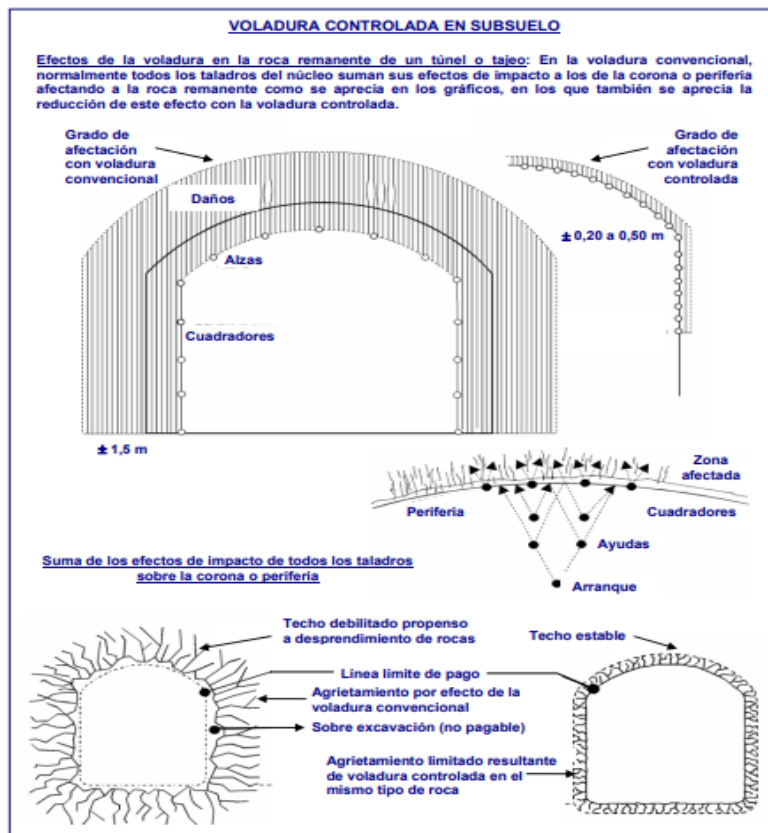


Figura 3 Voladura controlada en subsuelo (4)

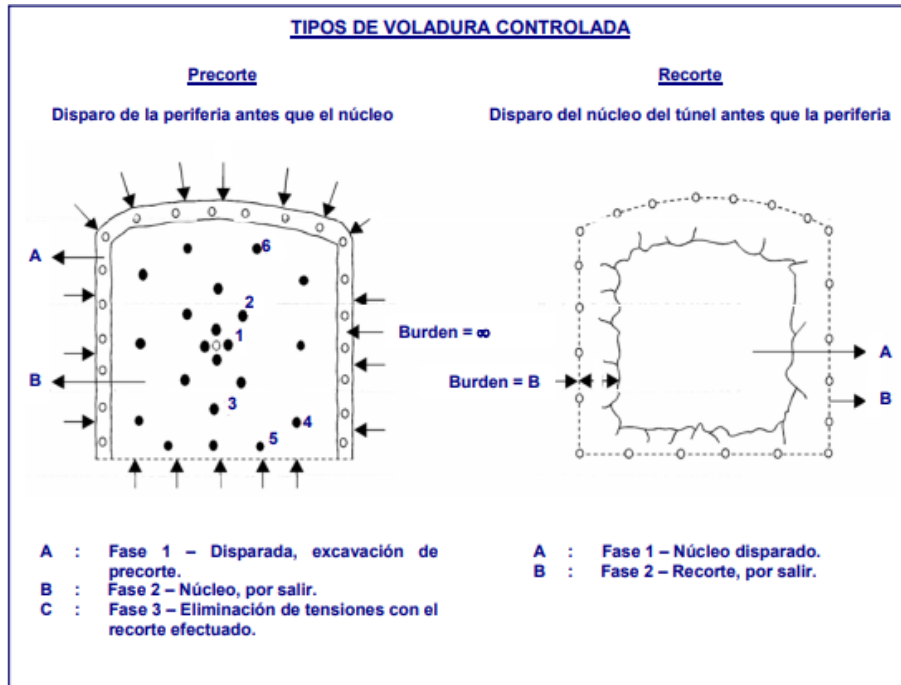


Figura 4 Tipos de voladura controlada (4)

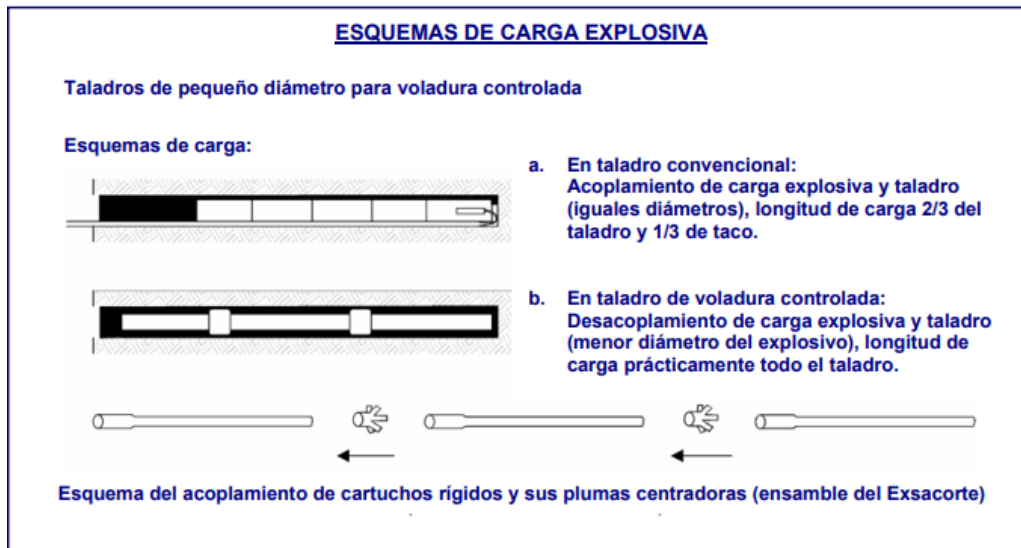


Figura 5 Esquemas de carga explosiva (4)

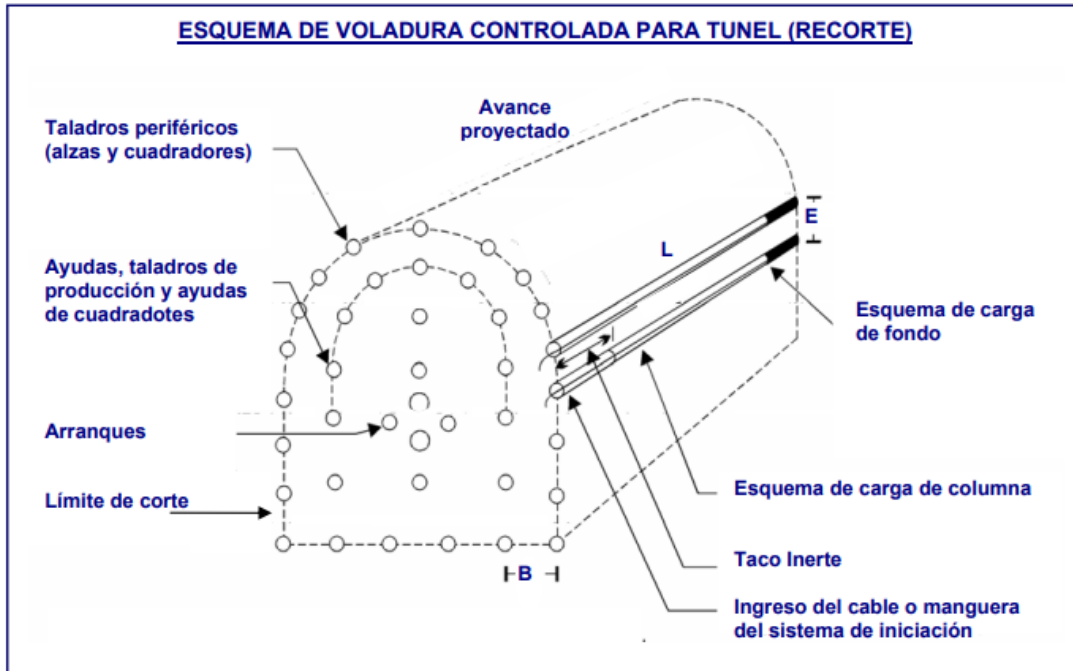


Figura 6 Esquema de voladura controlada para túnel (recorte) (4)

2.3 Definición de términos básicos

- **Anfo**

Compuestos por sustancias combustibles (gasóleo) y oxidantes (nitrato amónico). Su aspecto es granular. Su resistencia al agua es nula. No se deben utilizar en barrenos con agua. Se emplea en voladuras de rocas blandas. Nagolita, Anfo (5)

- **Barreno:**

Hueco cilíndrico practicado en la roca para alojar explosivo (5).

- **Broca**

Herramienta útil que está en contacto directo con la roca que se está perforando, ejerce energía sobre la roca (5).

- **Carga conformada**

Explosivo preparado con una configuración geométrica especial, empleado fundamentalmente en la fragmentación secundaria y en demoliciones (5).

- **Carga de columna**

Explosivo colocado a lo largo del barreno. Si se usan explosivos a granel se rellena todo el talado. Si se usan explosivos en geles se colocan cartuchos con un espaciamiento adecuado, que debe ser estudiado previamente y probado en campo (5).

- **Carga espaciada**

Carga constituida por explosivo a granel, cartuchos o fracciones de éstos, separados con un material inerte o aire, e iniciados de forma instantánea o retardada (5).

- **Cargadora neumática**

Equipo accionado por aire comprimido usado para cargar explosivos encartuchados o a granel (5).

- **Cartucho**

Carga de explosivo con una geometría cilíndrica (5).

- **Cebo**

Carga de explosivo de alta potencia y sensibilidad, en la que se sitúa el iniciador, y que sirve para aumentar el rendimiento de otros explosivos (5).

- **Circuito de voladura**

Circuito eléctrico utilizado para disparar uno o más explosivos (5).

- **Concentración de carga**

Cantidad de explosivo utilizada por metro lineal de barreno para un diámetro dado. También se expresa por unidad de superficie en voladuras de contorno (5).

- **Conector**

Accesorio de voladuras empleado para unir los cordones detonantes o hilos de los detonadores eléctricos (5).

- **Cordón detonante**

Cordón con cubierta de plástico y ánima de un explosivo potente y alta velocidad de detonación usado para iniciar las cargas de explosivo y transmitir la detonación (5).

- **Corona**

Parte superior de una cámara de mineral en explotación que se encuentra por debajo del nivel de cabeza o perforación (5).

- **Deflagración**

Es una combustión acelerada por un crecimiento local de la presión y la temperatura. La velocidad de la reacción interna es menor de 2.000 m/s (4).

- **Densidad**

Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo, roca, explosivo, etc. (5).

- **Detonación**

Reacción explosiva a muy alta velocidad, superior a 2.000 m/s en explosivos normales, que consiste en la propagación de una onda de choque a través del explosivo, acompañada por una reacción química en la que se libera una gran cantidad de gases a alta presión y temperatura (5).

- **Detonador**

Accesorio de iniciación en forma de cápsula detonante que puede ser en los eléctricos de retardo (0.5 s), de microrretardo (20 o 30 ms) o instantáneos. También se diferencian en función del impulso de encendido (5).

- **Diámetro de perforación**

Diámetro de perforación para introducción del barreno (5).

- **Elemento de retardo**

Accesorio de iniciación que sirve para desfasar en el tiempo el instante de detonación de una carga con respecto a otra (5).

- **Espaciador**

Elemento o material utilizado para separar las cargas dentro de un mismo barreno (5).

- **Espaciamiento**

Separación entre barrenos (perforaciones) en dirección paralela al talud. Distancia entre barrenos de una misma fila (5).

- **Esquema de perforación**

Plan de colocación geométrica de los barrenos para ser perforados en una voladura (5).

- **Explosión**

Proceso termoquímico en el que una mezcla de gases, líquidos o sólidos reacciona con la formación instantánea a alta presión y temperatura (5).

- **Explosivo**

Sustancia o mezcla de sustancias que por liberación súbita de su energía produce una sobrepresión en sus alrededores. Susceptibles de transformarse en gases, generando presión y calor en un tiempo muy breve (5).

- **Explosivos gelatinosos**

Compuestos por nitroglicerina o nitroglicol, nitrocelulosa, estabilizantes y sustancias combustibles y oxidantes. Su consistencia es plástica. Velocidad de detonación (más de 5.000 m/s) y elevado poder rompedor. Voladuras de rocas duras y semiduras (carga de fondo). Goma 2 Eco, Amonite Plus (5).

- **Explosivos pulverulentos**

Compuestos por nitrato amónico, impermeabilizantes, estabilizantes y sustancias combustibles y oxidantes. Se emplean en voladuras semiduras y blandas y en voladuras de contorno. Amonita, Ligamita (5).

- **Explosor**

Equipo empleado para energetizar a los detonadores eléctricos u otros especiales (5).

- **Longitud del barreno**

La longitud del barreno debe ser algo mayor que la altura de banco (5).

- **Perforación y voladura**

Es una técnica aplicable a la extracción de roca en terrenos competentes, donde los medios mecánicos no son aplicables de una manera rentable. Así, partiendo de esta definición, este método es aplicable a cualquier método de explotación, bien en minería, bien en obra civil, donde sea necesario un movimiento de tierras (6).

- **Pólvora de mina**

Está compuesta por una mezcla de azufre, carbón vegetal y nitrato potásico. Su textura es granular. Su energía, velocidad de detonación, potencia y densidad son bajos. Se emplea para pequeños trabajos de excavación (5).

- **Polvorín**

Estructura portátil o construcción fija usada para almacenar explosivos y accesorios de voladura (5).

- **Precorte**

Se consigue cuando se vuela en primer lugar la fila que delimita el talud final. Su finalidad es crear una discontinuidad en el macizo que mitigue la propagación de las ondas de voladura por el macizo que no va a ser volado (5).

- **Presión de barreno**

Presión que los gases calientes de la detonación ejercen sobre las paredes de los barrenos (5).

- **Recorte**

Consiste en ejecutar una fila de taladros más próximos y menos cargados, de manera que la voladura cree un talud final con menos fragmentación del material, que consiga un acabado más limpio (5).

- **Retacado**

Cierre y obturación del barreno que se rellena con un material inerte, polvo, arena, arcilla, etc. Es fundamental para que la energía de la voladura se transmita al terreno, y no se pierda por la parte superior del barreno (5).

- **Tiro**

Barreno cargado con explosivo (5).

- **Triconos**

Están formado por tres cuerpos cónicos, que tienen una directriz horizontal o cuasi horizontal, y que cuentan con protuberancias de carburo de tungsteno (5).

- **Velocidad de perforación**

Ritmo medio de perforación de barrenos incluyendo los tiempos no productivos (5).

- **Voladura**

Proceso de fragmentación y desplazamiento de la roca con el uso de explosivos confinados en barrenos o adosados a su superficie (5).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Métodos y alcances de la investigación

3.1.1 Método general

El método general de la investigación es el científico, debido que se seguirán pasos ordenados con la finalidad de demostrar las hipótesis planteadas mediante la observación experimental, para buscar la solución al problema planteado.

3.1.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, debido a que en una primera instancia se aplicara los conocimientos de la investigación básica para solucionar el problema de la sobre excavación en las labores mineras.

3.1.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación correlacional, el propósito consiste en buscar la causa efecto que se generan en el problema en la sobre excavación en las labores mineras.

3.2 Diseño de investigación

La investigación cuasi experimental, debido que la variable independiente será manipulada para encontrar el efecto en la variable dependiente en la sobre excavación en las labores mineras.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La población está conformada por:

- ✓ Nivel 970
- ✓ Piso 12
- ✓ Rampa 1215 NE
- ✓ Zona III
- ✓ Cuerpo Karlita
- ✓ Mina Cachicachi - Yauricocha
- ✓ Unidad minera Cerro Lindo.

3.3.2 Muestra

La muestra censal está conformada por:

- ✓ Nivel 970
- ✓ Piso 12
- ✓ Rampa 1215 NE
- ✓ Zona III
- ✓ Cuerpo Karlita
- ✓ Mina Cachicachi - Yauricocha
- ✓ Unidad minera Cerro Lindo.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas de recolección de datos

- ✓ Observación
- ✓ Encuesta
- ✓ Entrevista

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

- ✓ Ficha de observación
- ✓ Encuesta focalizada
- ✓ Entrevista presencial

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de la investigación

4.1.1 Ubicación y acceso

a) Ubicación

- ✓ Mina : Cachicachi - Yauricocha
- ✓ Unidad minera : Cerro Lindo.
- ✓ Provincia : Yauyos
- ✓ Región : Lima

b) Acceso:

Se accede desde la ciudad de Lima hacia la provincia de Chincha – Cañete, pasando por los distritos de Chavi, Lunahuaná

4.1.2 Resultados del cálculo del factor de carga aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 mes de abril

Resultados del cálculo del factor de carga aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura control de avance con jumbo zona II.

a) Resultados de control avances con Jumbo

Se realizó los controles de perforación y voladura, obteniendo como media avance de 3.0 m y factorde carga lineal 27.4 kg/m.

A continuación, se muestra los resultados en la tabla N° 01 y las figuras comparativas

Tabla 1. Tablas Resultados de voladuras - control de avances con Jumbo Zona II

N° de disparo	Fecha	Nivel	Labor	Calidad de roca	Programado	Sección taladros			Longitud taladro perforado (m)	Avance por disparo (m)	Rend. %	Explosivos (kg)					Total explosivo kg.	Factores		Costo de explosivo \$/Disparo	Costo de explosivo \$/metro
						Cargado Unidad	Alivios Unidad	Total perforado Unidad				Emulnor 3000 1/2"x12"	Emulnor 3000 1/4"x12"	Emulnor 1000 1/8"x12"	Cordon 80P	Famecorte E-20		Potencia kg/t	Avance Kg/m		
1	22-Abr	1070	SN 5516 poza	III-B	3.5 x 3.0	30	4	34	3.17	3.02	95%	62.5	12	1.1	1.6	0	77.2	0.9	25.5	186.3	61.7
2	22-Abr	1020	CX 1169	III-B	3.5 x 3.5	33	4	37	3.22	3.05	95%	62.5	19.1	1.1	1.6	0	84.3	0.8	27.6	201	65.9
3	23-Abr	1020	SN 6917	III-B	3.5	32	4	36	3.12	2.92	94%	62.5	19.1	1.1	1.6	0	84.3	0.9	28.9	200.2	68.5
PROMEDIO									3.17	3	95%						81.9	0.9	27.4	195.8	65.4

- Comparativo de avance por voladura (m) para sección 3.5m x 3.5m calidad de roca III -B

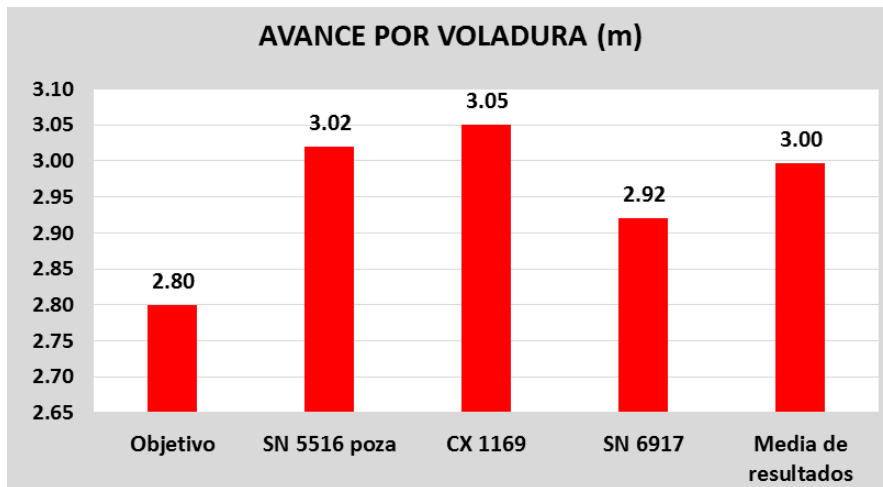


Figura 7. Comparativo de avance por voladura (m)

- Comparativo de factor de carga lineal (kg/m) para sección 3.5m x 3.5m calidad de roca III -B

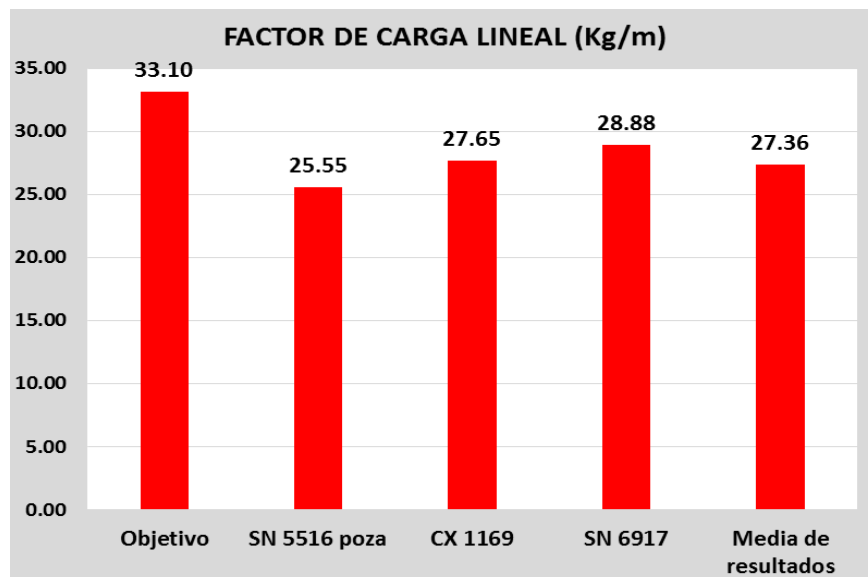


Figura 8. Comparativo de factor de carga lineal (kg/m)

- Comparativo de costo de explosivo (\$/m) para sección 3.5m x 3.5m calidad de roca III -B

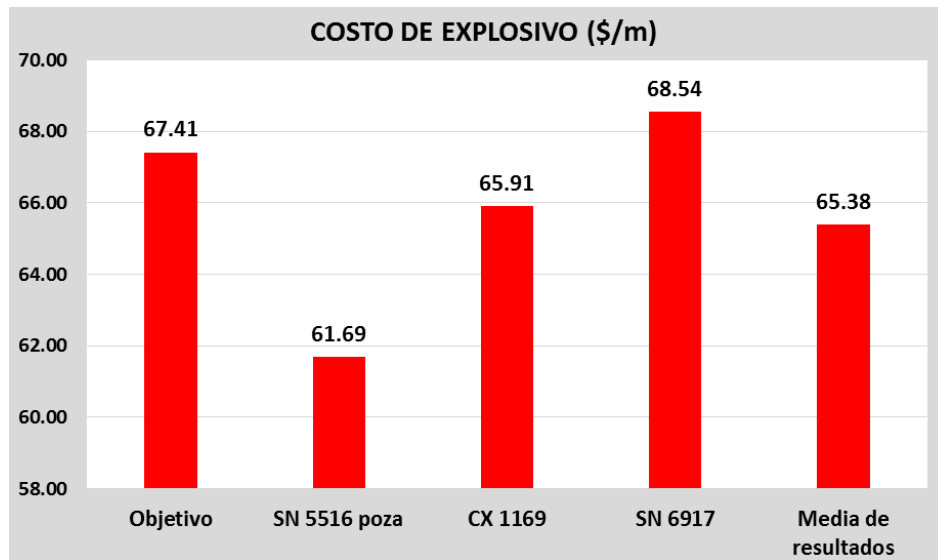


Figura 9. Comparativo de costo de explosivo (\$/m)

- Evidencias de desvíos encontrados durante seguimiento

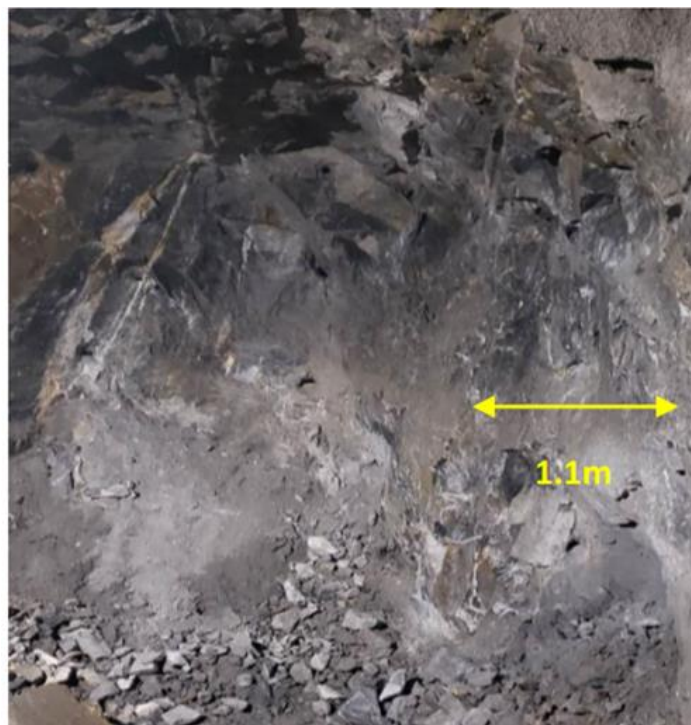


Figura 10. Pecho en el hastial exceso de burden



Figura 11. No se usa tacos de arcilla



Figura 12. Cartuchos sobrantes son cargados en los taladros sin atacar



Figura 13. Cartuchos no detonados por no ser atacados en el taladro



Figura 14. Frente fallado por desviación en perforación



Figura 15. Exceso de burden en los arranques falta de simetría

- Evidencias de los controles



Figura 16. Simetría en la perforación de los taladros de arranque



Figura 17. Carguío adecuado y amarre



Figura 18. Control de carguío



Figura 19. Carguío de frente sin cortar las grapas SN 6917



Figura 20. Marcado de malla con colas SN 6917



Figura 21. Control de perforación SN 6917

4.1.3 Cuadro comparativo de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura

Para la realización del comparativo de Indicadores en sección de 3.5m x 3.5m de calidad de tipo de roca III-B, se realizó entre el KPI estándar de corona y la mediate los resultados obtenidos durante nuestra estadía.

- Cuadro comparativo de KPI**

Tabla 2. Avances en frentes comparativo de KPI

Avance en frentes	KPI	KPI	Mejora
	estándar corona	promedio abril	
Avance por disparo (m)	2.8	3.0	6%
Factor de carga lineal (kg/m)	33.1	27.4	-17%
Costo de Explosivo por metro (\$/m)	67.4	65.4	-3%

- **Comparativo de productividad**

Tabla 3. De productividad

Estándar (m/disparo)	Control abril (m/disparo)	Diferencia (m/disparo)	Proyección mes N° disparos x jumbo	Incremento productividad mes (m)	Incremento productividad anual (m)
2.8	3.0	0.2	100	20	236

- **Comparativo consumo de explosivo**

Tabla 4. Consumo de explosivo

Estándar (kg de explosivo/m)	Control abril (kg de explosivo/m)	Diferencia (kg de explosivo/m)	Proyección avances mes (m)	Reducción mensual (kg explosivo)	Reducción anual (kg explosivo)
33.1	27.4	-5.7	500	2,872.95	34,475.35

- **Comparativo de costos de explosivo**

Tabla 5. Comparativo de costos de explosivo

Estándar (\$/m)	Control abril (\$/m)	Ahorro (\$/m)	Proyección avance mes (m)	Ahorro mensual (\$)	Ahorro anual (\$)
67.4	65.4	2.0	500	1,014.84	12,178.12

4.1.4 Pruebas de voladura controlada en taladros de corona con Famecorte E-20

Se realizó pruebas con el Famecorte E-20 como mejora continua en el proceso de perforación y voladura de los frentes.

En el mismo sentido, se propuso una segunda mejora continua que refiere al cambio de voladura controlada, del uso actual de 5 taladros cargados con

Emulnor de 1000 de 1 1/8" x 12" y 4 taladros de alivio a la realización de 6 taladros cargados con el Famecorte E-20, esto conlleva a la reducción del costo de perforación.

Como resultado de las pruebas satisfactorias, se obtuvo como media de avance 2.96 m y factor de carga lineal 30.67 kg/m.

A continuación, se muestra los resultados en la tabla de resultados y figuras comparativas

Tabla 6. Pruebas de voladura controlada en taladros de corona con Famecorte E-20

N° de disparo	Fecha	Labor	Calidad de roca	Sección taladros				Longitud taladro perforado (m)	Avance por disparo (m)	Rend. %	Explosivos (kg)			Total explosivo kg.	Factores		Costo de explosivo \$/Disparo	Costo de explosivo \$/metro	Costo de voladura controlada \$/metro
				Programado	Cargado Unidad	Alivios Unidad	Total perforado Unidad				Emulnor 3000 1/2"x12"	Emulnor 3000 1/4"x12"	Famecorte E-20		Potencia kg/tn	Avance Kg/m			
1	27-Abr	SN 6917	III-B	3.5 x 3.0	33	4	37	2.94	2.92	99%	74.2	13.3	5.0	92.5	1.0	31.7	201.8	69.1	21.9
2	27-Abr	CX 1169	III-B	3.5 x 3.5	32	4	40	3.10	3.00	97%	71.5	13.3	4.2	88.9	0.9	29.6	192.8	64.3	27.1
Promedio								3.02	2.96	98%				90.73	0.93	30.67	197.32	66.69	24.5

- **Comparativo de avance por voladura para sección 3.5 m x 3.5 m - calidad de roca III-B**

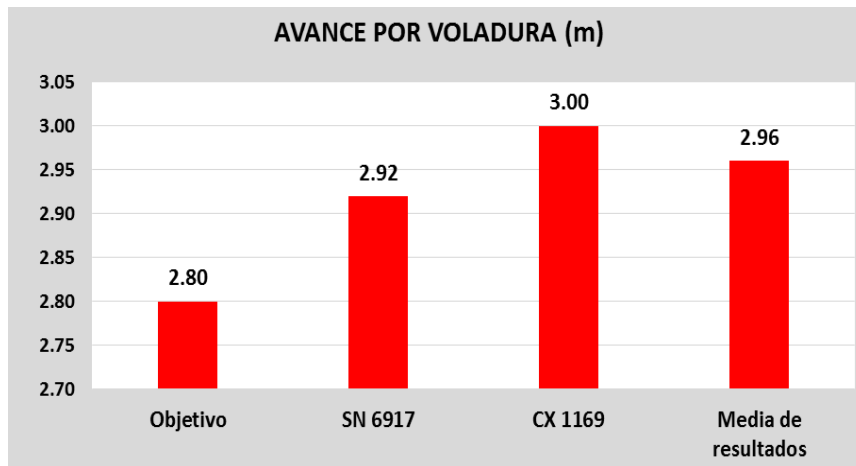


Figura 22. Comparativo de avance por voladura para sección 3.5m x 3.5m

- **Comparativo de costo de perforación y explosivo taladros de corona voladura para sección 3.5 m x 3.5 m - calidad de roca III-B**

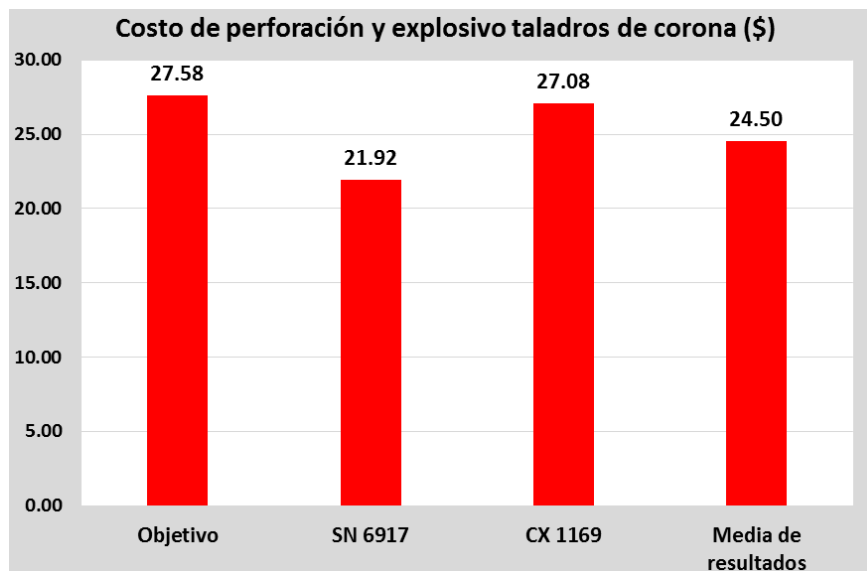


Figura 23. Comparativo de costo de perforación y explosivo taladros de corona voladura para sección 3.5 m x 3.5 m

- Comparativo factor de carga lineal (kg/m) para sección 3.5 m x 3.5 m - calidad de roca III-B

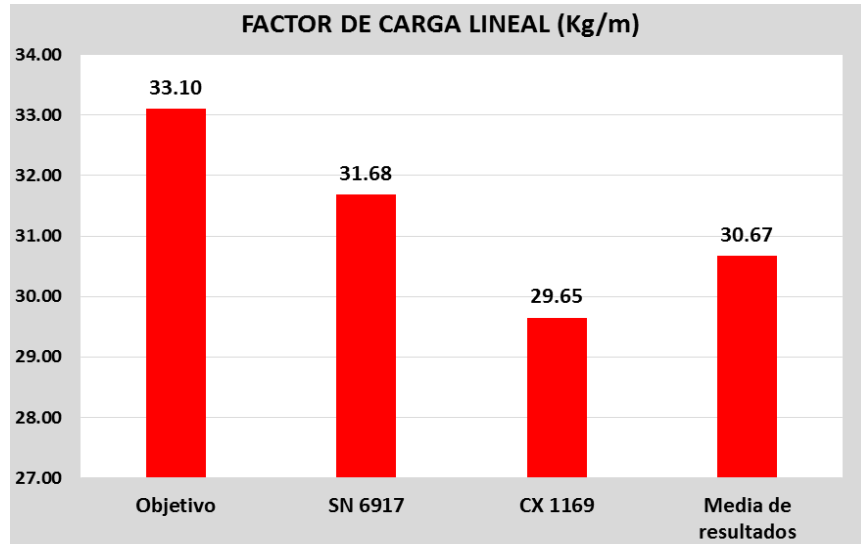


Figura 24. Comparativo factor de carga lineal (kg/m) para sección 3.5 m x 3.5 m

- Comparativo costo de explosivo (\$/m) para sección 3.5m x 3.5m - calidad de roca III-B

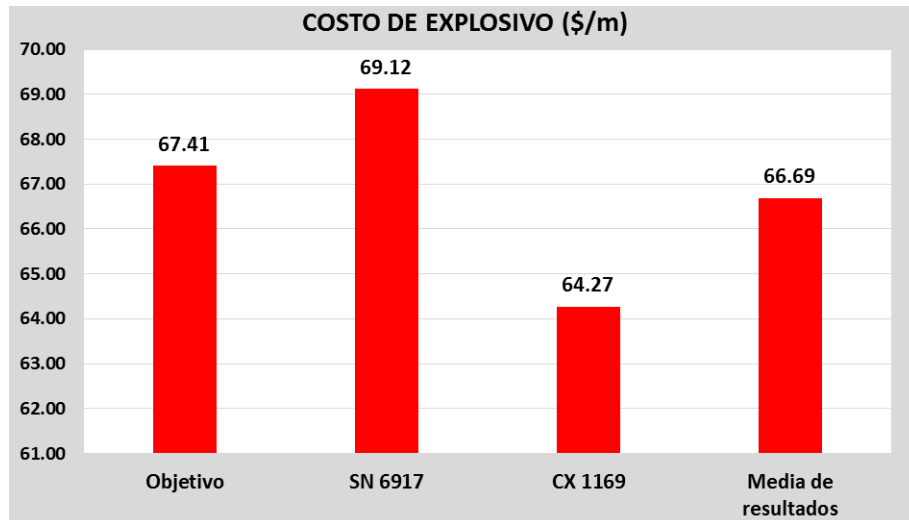


Figura 25. Comparativo de costo de explosivo (\$/m) para sección 3.5 m x 3.5 m

- **Evidencias de capacitación y carguío Famecorte E-20**



Figura 26. Capacitación de armado Famecorte E-20



Figura 27. Famecorte E-20 armado SN 6917



Figura 28. Carguío con capataz SN6917



Figura 29. Carguío Famecorte E-20 SN 6917



Figura 30. Capacitación armado de Famecorte E-20



Figura 31. Carguío de frente con Famecorte E-20CX 1169

- **Evidencias de resultados Famecorte E-20**

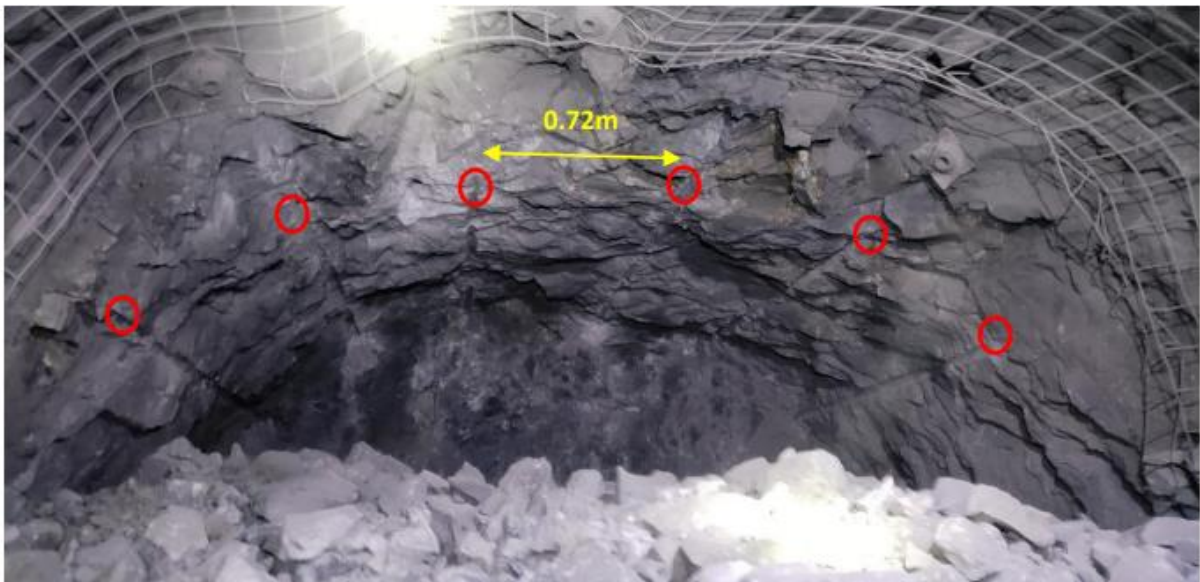


Figura 32. SN 6917, 100% de cañas con 6 taladros cargados sección más controlada



Figura 33. Control de la sobre rotura y estabilidad de corona SN 6917



Figura 34. CX 1169 voladura 5 taladros carga con 4 taladros de alivio 85 % cañas



Figura 35. CX 1169 taladros cargados separados a 87 cm

- **Comparativos**

Para la realización del comparativo de indicadores en sección de 3.5 m x 3.5 m de calidad de tipo de roca III-B, se realizó entre el KPI estándar de corona y la mediate los resultados obtenidos durante nuestra estadía.

- **Comparativo de KPI**

Tabla 7. Comparativo de KPI

Avance en frentes	KPI	KPI promedio	Mejora
	Estándar corona	FAMECORTE E-20	
Avance por disparo (m)	2.8	3.0	6%
Factor de carga lineal (kg/m)	33.1	30.7	-7%
Costo de explosivo por metro (\$/m)	67.4	66.7	-1%
Costo de voladura controlada por metro (\$/m)	27.6	24.5	-11%

- **Comparativo de productividad**

Tabla 8. Comparativo de productividad

Estándar (m/disparo)	Control abril (m/disparo)	Diferencia (m/disparo)	Proyección	Incremento	Incremento
			Nº disparos x Jumbo	mes (m)	productividad anual (m)
2.8	3.0	0.2	100	16	192

- **Comparativo consumo de explosivo**

Tabla 9. Comparativo consumo de explosivo

Estándar (kg de explosivo/m)	Control abril (kg de explosivo/m)	Ahorro (kg de explosivo/m)	Proyección avances mes (m)	Reducción mensual (kg explosivo)	Reducción anual (kg explosivo)
33.1	30.7	2.4	500	1,210.08	14,628.95

- **Comparativo de costos de explosivo**

Tabla 10. Comparativo de costos de explosivo

Estándar (\$/m)	Control abril (\$/m)	Ahorro (\$/m)	Proyección avance mes (m)	Ahorro mensual (\$)	Ahorro anual (\$)
67.41	66.69	0.72	500.00	358.45	4,301.44

- **Comparativo de costos de voladura controlada (perforación y explosivos)**

Tabla 11. Comparativo de costos de voladura controlada (perforación y explosivos)

Estándar (\$/m)	FAMECORTE E- 20 abril (\$/m)	Ahorro (\$/m)	Proyección avance mes (m)	Ahorro mensual (\$)	Ahorro anual (\$)
27.58	24.50	3.08	500.00	1,541.20	18,494.37

4.1.5 Resultados del cálculo del factor de carga aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 mes de mayo

a) Trabajos realizados zona profundización

Se realizó controles de perforación y voladura con recomendaciones y capacitaciones en las labores, obteniendo como media avance de 2.63 m y factor de carga lineal 28.1 kg/m.

A continuación, se muestra los resultados en la tabla y figuras siguiente

Tabla 12. Pruebas de voladura controlada en taladros de corona con Famecorte E-20

N° de disparo	Fecha	Zona	Labor	Calidad de roca	Sección taladros				Longitud taladro perforado (m)	Avance por disparo (m)	Rend. %	Explosivos (kg)				Total explosivo kg.	Factores		Costo de explosivo \$/Disparo	Costo de explosivo \$/metro
					Programa do	Cargado Unidad	Alivios Unidad	Total perforado Unidad				Emulnor 3000 1/2"x12"	Emulnor 3000 1/4"x12"	Cordón 80P	Famecorte E-20		Potencia kg/t	Avance Kg/m		
1	27-may	Profundización	1170	Tj 0337	IV-A	3.5 x 3.5	33	4	37	2.70	2.70	100%	44.9		3.5	71.0	0.8	26.3	161.8	59.9
2	28-may	Profundización	1170	Tj 0337	III-B	3.5 x 3.5	32	4	36	2.70	2.75	98%	50.0	6.0	3.5	84.5	1.0	31.9	183.7	69.3
3	30-may	Profundización	1170	Tj 0337	III-B	3.5 x 3.5	32	4	36	2.75	2.60	95%	51.2	6.0	3.5	72.6	0.8	27.9	164.4	63.2
4	30-may	Profundización	1170	Tj 0337	III-B	3.5 x 3.5	32	4	36	2.70	2.65	98%	51.2	6.0	3.5	72.6	0.8	27.4	163.8	61.8
5	31-may	Profundización	1170	Tj 0337	IV-A	3.5 x 3.5	32	4	32	2.75	2.55	93%	19.9	6.0	3.5	68.3	0.8	27.4	157.4	61.7
					Promedio					2.72	2.63	97%				73.8	0.8	28.1	166.2	63.2

- Comparativo costo de explosivo taladros de corona para sección 3.5 m x3.5 m calidad de roca IV-A

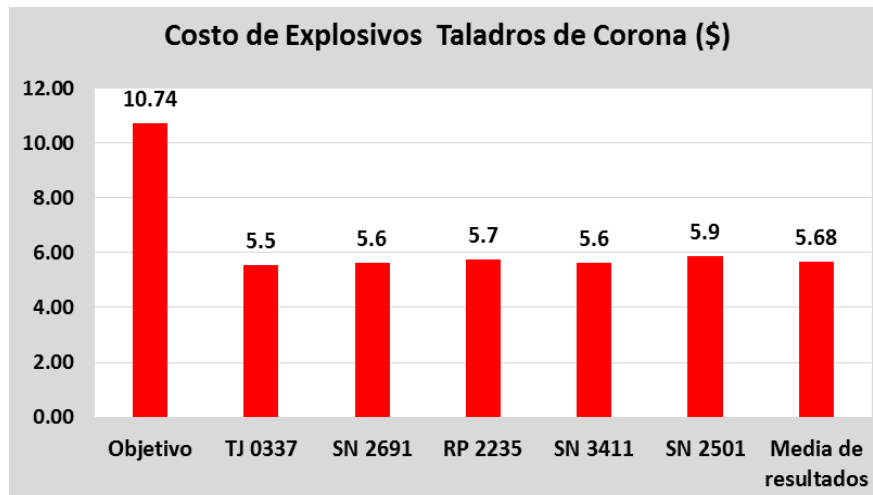


Figura 36. Comparativo costo de explosivo taladros de corona para sección 3.5 m x3.5 m

- Comparativo costo de explosivo para sección 3.5 m x3.5 m calidad de roca IV-A

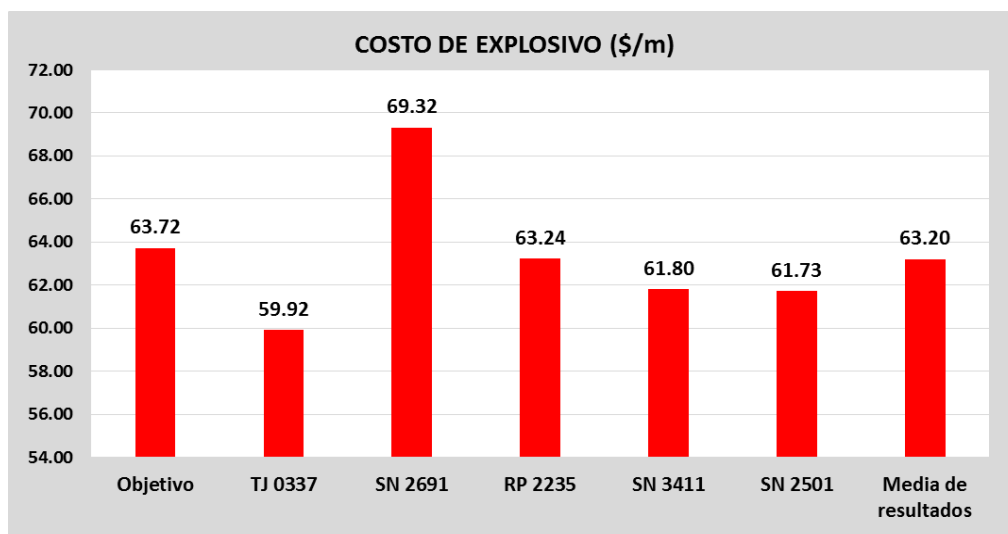


Figura 37. Comparativo costo de explosivo para sección 3.5 m x3.5 m calidad de roca IV-A

- Comparativo factor de carga lineal para sección 3.5 m x3.5 m calidad de roca IV-A

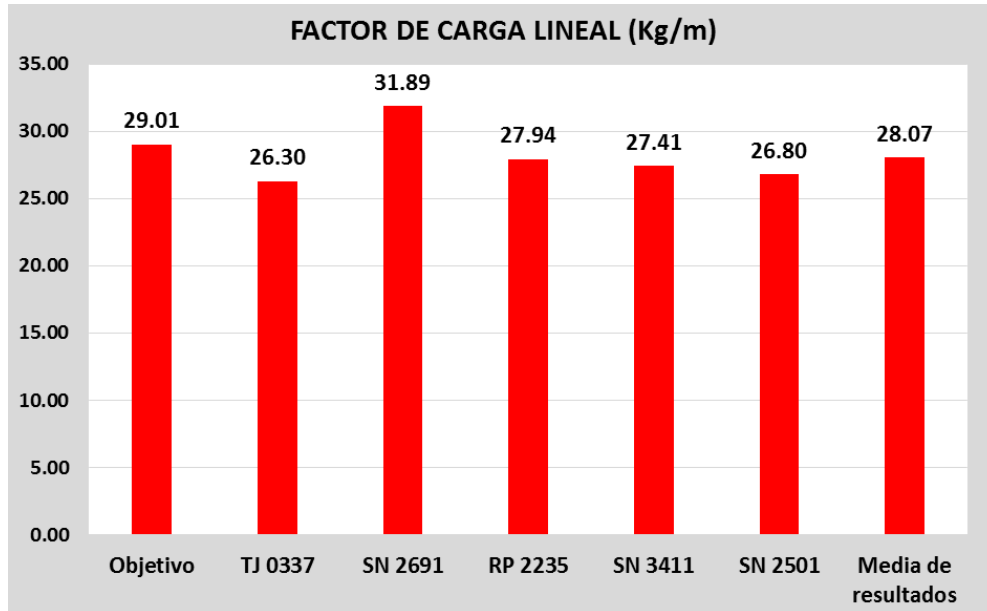


Figura 38. Comparativo factor de carga lineal para sección 3.5 m x 3.5 m calidad de roca IV-A

b) Evidencias de los resultados Famecorte E-20



Figura 39. Avance 2.70 TJ 0337, visibilidad de cañas

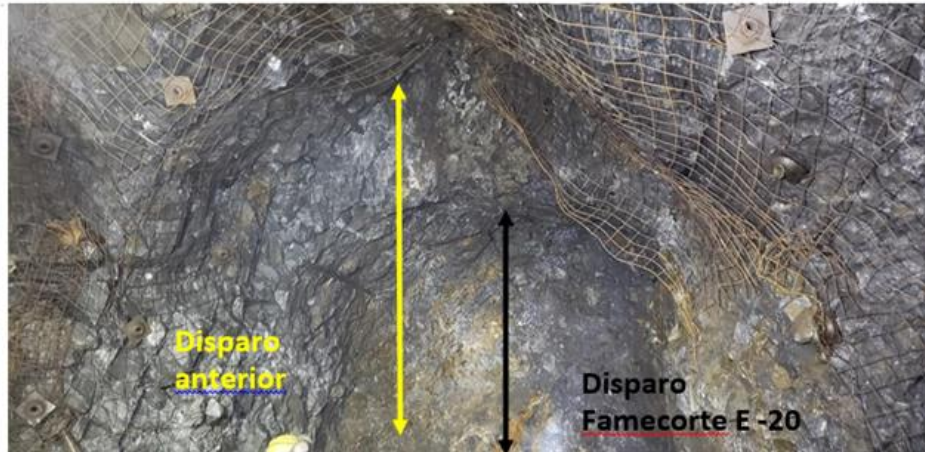


Figura 40. Control de sobrerotura



Figura 41. Ancho 3.48 m



Figura 42. Alto 3.68 m

c) Comparativo de Indicadores en sección de 3.5m x 3.5m de calidad de tipo de roca IV-A

Para la realización del comparativo de Indicadores en sección de 3.5m x 3.5m de calidad de tipo de roca IV-A, se realizó entre el KPI estándar de corona y la media de los resultados obtenidos durante las Pruebas con Famecorte E-20.

- **Comparativo de KPI**

Tabla 13. Comparativa de KPI

Avance en frentes	KPI Estándar corona	KPI Promedio mayo	Mejora
Avance por disparo (m)	2.5	2.6	5%
Factor de carga lineal (kg/m)	29.0	28.1	-3%
Costo de explosivo por metro (\$/m)	63.7	63.2	-1%
Costo de explosivos taladros Corona(\$/m)	10.7	5.7	-47%

- **Comparativo de productividad**

Tabla 14. Comparativo de productividad

Estándar (m/disparo)	Control mayo (m/disparo)	Diferencia (m/disparo)	Proyección mes N° Disparos x Jumbo	Incremento productividad mes (m)	Incremento productividad anual (m)
2.5	2.6	0.1	100	13	156

- **Comparativo consumo de explosivo**

Tabla 15. Comparativo consumo de explosivo

Estándar (Kg explosivo/m)	Control mayo (Kg explosivo/m)	Diferencia (kg explosivo/m)	Proyección avance mes (m)	Reducción mensual (kg explosivo)	Reducción anual (Kg explosivo)
29.0	28.1	-0.9	200	188.95	2,267.42

- **Comparativo de costos de explosivo**

Tabla 16. Comparativo de Costos de explosivo

Estándar (\$m)	Control mayo (\$m)	Ahorro (\$m)	Proyección avance mes (m)	Ahorro mensual (\$)	Ahorro anual (\$)
63.7	63.2	0.5	200	103.04	1,236.46

- **Comparativo de costos de explosivo cordón detonante 80P vs Famecorte E-20**

Tabla 17. Comparativo de costos de explosivo cordón detonante 80P vs Famecorte E-20

Estándar cordón detonante 80P (\$/m)	Famecort E-20 (\$/m)	Ahorro (\$/m)	Proyección avance mes (m)	Ahorro mensual (\$)	Ahorro anual (\$)
10.7	5.7	5.1	200	1,011.54	12,138.52

4.1.6 Control de daño por vibraciones subestación eléctrica N°50

a) Determinación de carga operante

La distancia escalada es similar a la distancia normal en que: entre más alto sea el valor, es más segura. Los valores altos ($DS > 22.7$) indican condiciones de vibración seguras con poca probabilidad de daño, mientras que los valores bajos ($DS < 11$) indican un peligro mayor con altas probabilidades de daño. La Agencia de Minas de los E.U propuso una distancia escalada de 22.7 como un límite seguro para las vibraciones por voladura. Este es un límite conservador, pero muchas agencias reguladoras están usando una distancia escalada de 27.7 para mayor seguridad.

$$DS = \frac{d}{\sqrt{w}}$$

Donde:

DS = Distancia Escalada

d = Distancia de la voladura a la estructura (m)

w = Peso máximo de la carga por retardo (kg)

b) Carga operante recomendada según distancia escalada 27.7

Tabla 18. *Carga operante recomendada según distancia escalada 27.7*

Distancia (m)	Distancia Escalar (m)	Carga operante (kg)
3	27.5	0.012
4	27.5	0.021
5	27.5	0.033
6	27.5	0.048
7	27.5	0.065
8	27.5	0.085
9	27.5	0.107
10	27.5	0.132
11	27.5	0.160
12	27.5	0.190
13	27.5	0.223
14	27.5	0.259
15	27.5	0.298
16	27.5	0.339
17	27.5	0.382
18	27.5	0.428
19	27.5	0.477
20	27.5	0.529
21	27.5	0.583
22	27.5	0.640
23	27.5	0.700
24	27.5	0.762
25	27.5	0.826
26	27.5	0.894
27	27.5	0.964
28	27.5	1.037
29	27.5	1.112
30	27.5	1.190

c) Distancia escalada 15 reducida

En coordinación entre proyectos y E.E DC MINING, se decidió trabajar con una distancia escalar de 15, con el objetivo de ser viable el proyecto de la cámara de Winche Bv. 720 tanto en tiempo y costos, esta distancia escalar sería validada por Famesa siempre y cuando los monitoreos de vibraciones estarían por debajo de la tercera línea inferior de la Norma Alemana DIN 4150.

En base a esta distancia escalar, se determinó la carga operante máxima a detonar en función a la distancia, resultando el siguiente cuadro

Tabla 19. Carga operante máxima a detonar en función a la distancia

Distancia (m)	Distancia Escalar (m)	Carga operante (kg)
3	15	0.040
4	15	0.071
5	15	0.111
6	15	0.160
7	15	0.218
8	15	0.284
9	15	0.360
10	15	0.444
11	15	0.538
12	15	0.640
13	15	0.751
14	15	0.871
15	15	1.000
16	15	1.138
17	15	1.284
18	15	1.440
19	15	1.604
20	15	1.778
21	15	1.960
22	15	2.151

23	15	2.351
24	15	2.560
25	15	2.778
26	15	3.004
27	15	3.240
28	15	3.484
29	15	3.738
30	15	4.000

4.1.7 Monitoreo de vibraciones

Se realizó el monitoreo de vibraciones en la subestación eléctrica 50 en el Nv. 720 como protocolo de control de voladura a la malla de perforación y voladura que se viene ejecutando por la contrata E.E DC MINING en base a la carga operante determinada con la distancia escalada de 15.

- **Monitoreo N°1 voladura del block 6**

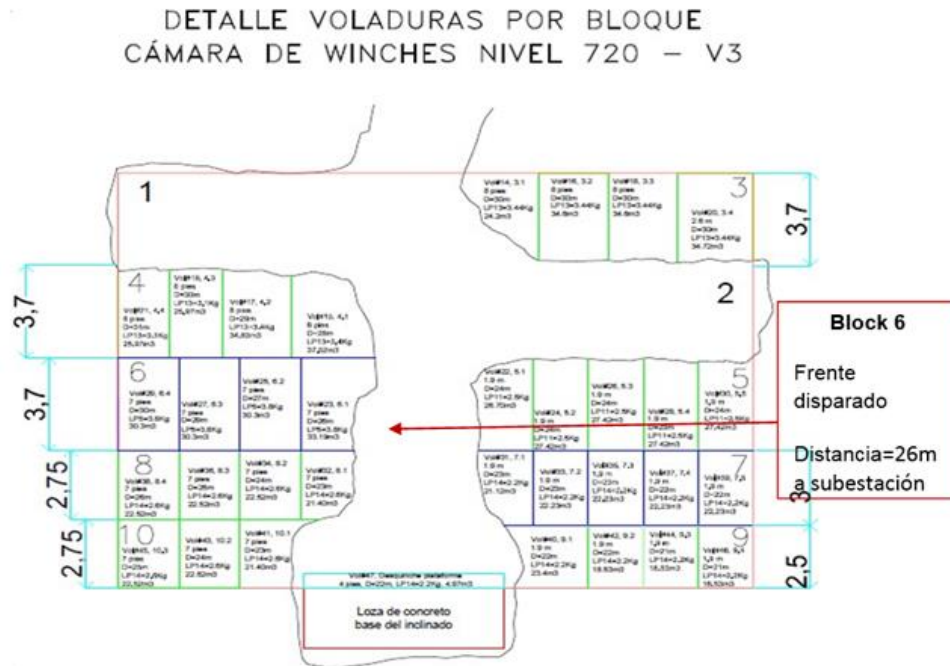


Figura 43. Monitoreo N°1 voladura del block 6

- **Malla aplicada según protocolo**

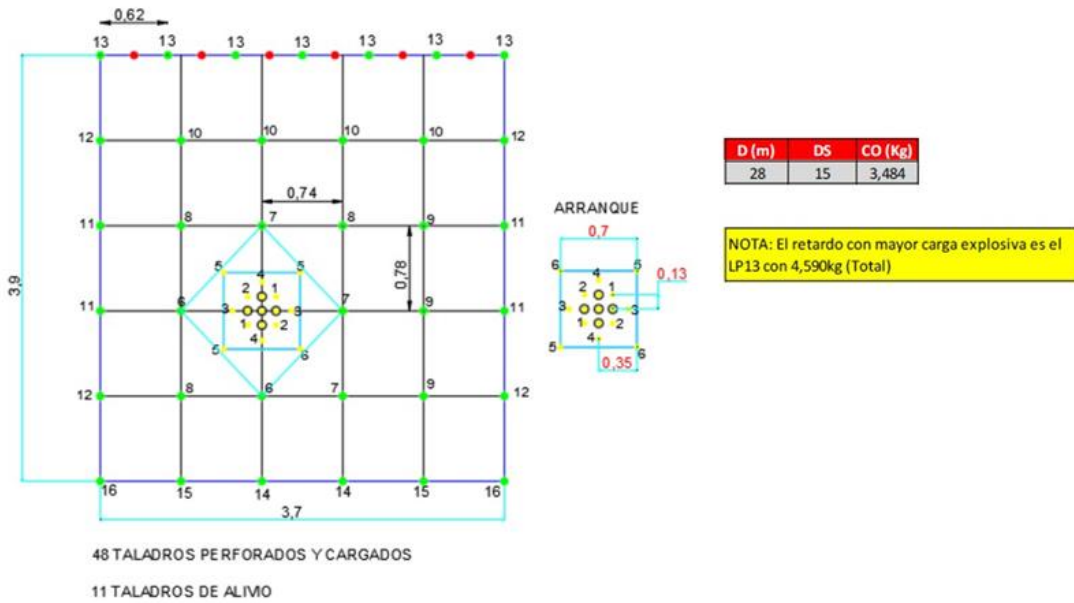


Figura 44. Malla aplicada según protocolo

- **Análisis de monitoreo de vibraciones grafica Norma DIN 4155 obtenida de la voladura**

Según el monitoreo no se registra daño

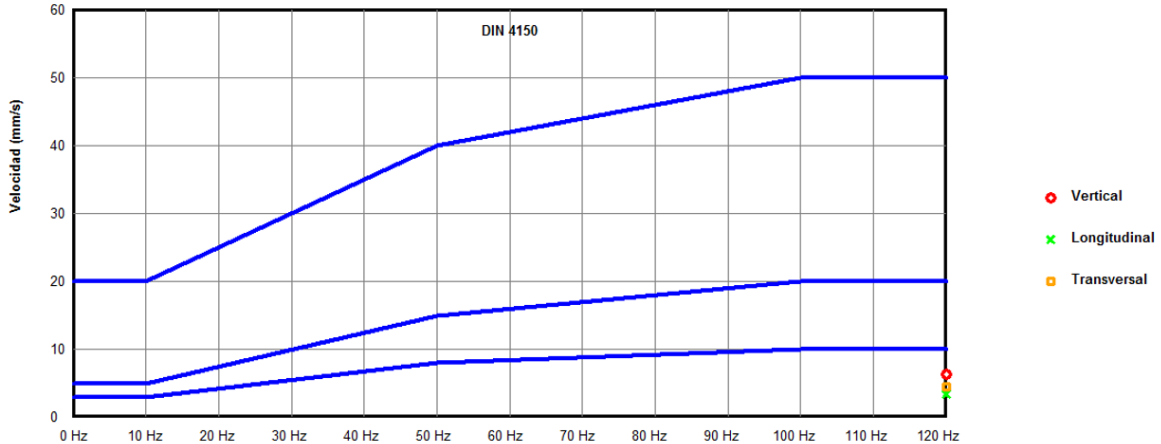


Figura 45. Análisis de monitoreo de vibraciones grafica Norma DIN 4155 obtenida de la voladura

- **Análisis de vibraciones**

La velocidad pico partícula resultante de las tres componentes es 6.84 mm/s, siendo la velocidad de la componente vertical la que mayor registra una Vpp de 6.17 mm/s en el tiempo 5546.4 ms.

Tabla 20. Análisis de vibraciones

Resumen de datos			
Fecha: 21/05/2019		Número de serie: VB0514	
Hora: 06:12:57		Fecha de calibración: 28/02/18	
Nota 1: UM Yauricocha			
Nota 2: Subestación eléctrica 50			
Nota 3: Monitoreo 1			
Valores pico			
Canal: 1	Canal: 2	Canal: 3	Canal: 4
6.17 mm/s	3.26 mm/s	4.38 mm/s	0.0 Pa < 90 dB
Resultante bloque 1: 6.84 mm/s – 5546.0 m			

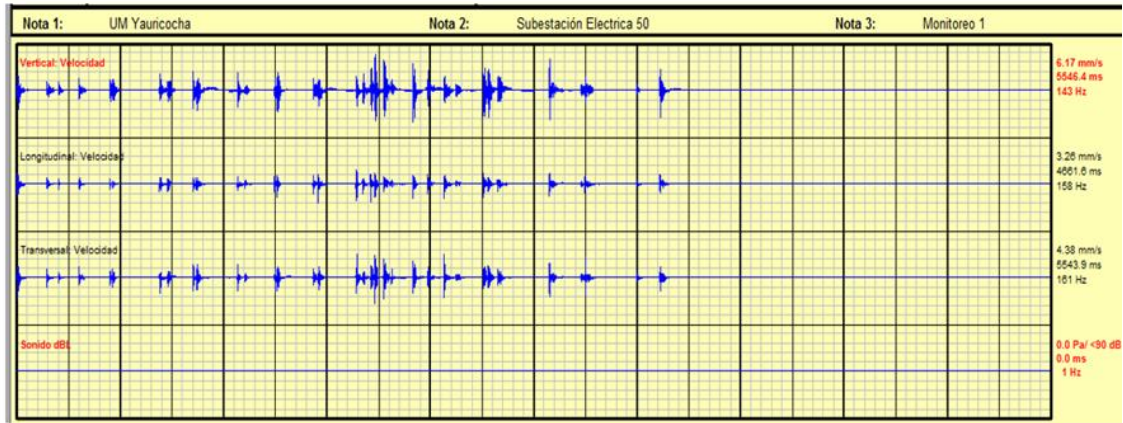


Figura 46. Análisis de vibraciones

- **Análisis de onda componente vertical**

Del análisis de onda vertical, se determina que el detonador N°11 LP, genero la mayor amplitud de la voladura, siendo este movimiento 6.17 mm/s, estos mismos detonadores se encuentran cargados en los hastiales comose muestra en la malla.

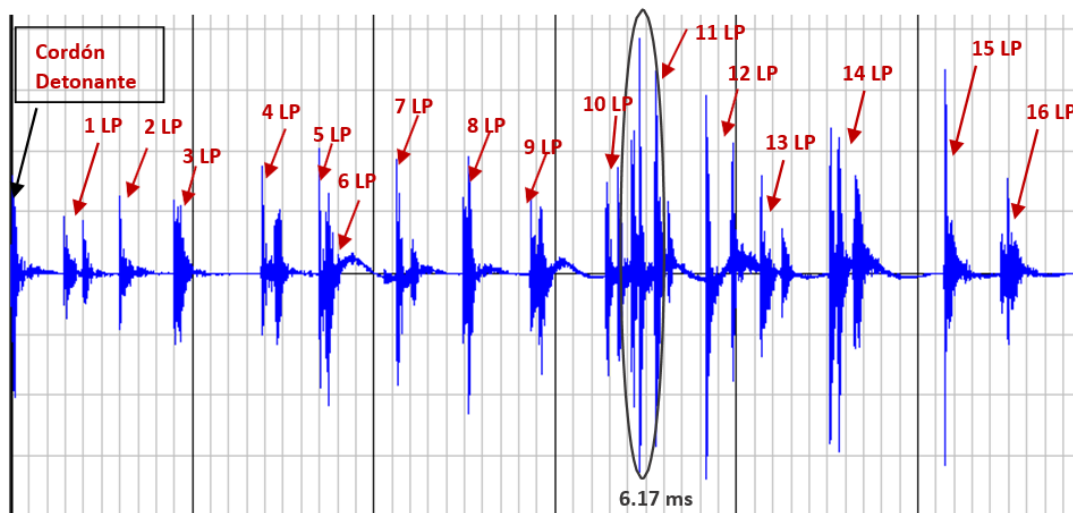


Figura 47. Análisis de onda componente vertical

- **Análisis de transformación rápida de Fourier (FFT)**

Las frecuencias dominantes del terreno mostradas a continuación son por encima de los 100 Hz.

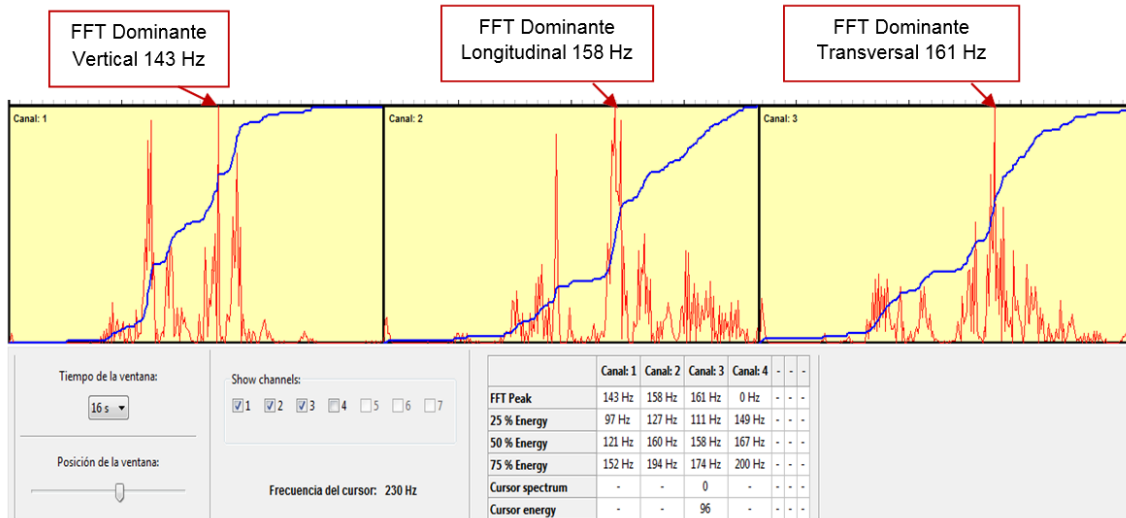


Figura 48. Análisis de transformación rápida de Fourier (FFT)

Las frecuencias altas permiten tener un mayor límite de Vpp, y por ende un menor riesgo de daño a la infraestructura como se muestra en la norma alemana

Tabla 21. Análisis de frecuencias

Tipo de edificación	Frecuencia		
	10 Hz	10 – 50 Hz	50 - 100 Hz
Estructuras delicadas, muy sensibles a vibraciones	3	.3 – 8.	.8 – 10.
Viviendas y edificios	5	.5 – 15.	.15 – 20.
Comercial e industrias	20	.20 – 40.	.40 – 50.

- **Análisis de aceleración**

Valores de diseño sismo resistente de transformadores:

- ✓ Aceleración horizontal: $0.5g = 4.90 \text{ m/s}^2$
- ✓ Aceleración vertical: $0.2g = 1.96 \text{ m/s}^2$
- ✓ Frecuencia de movimiento: 0-10 Hz

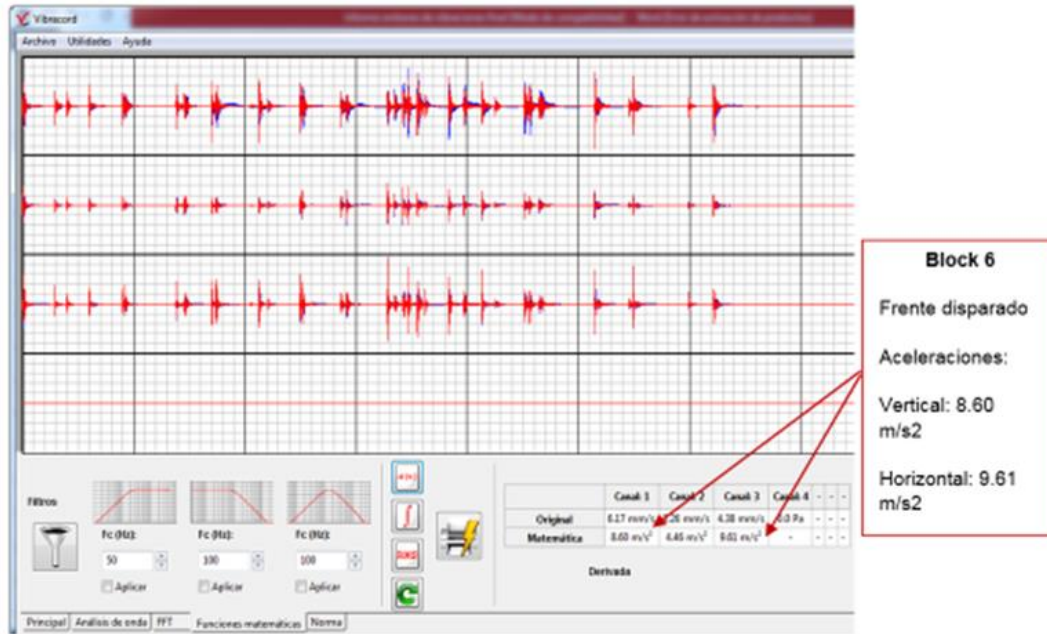


Figura 49. Análisis de aceleración

- **Monitoreo N°2 voladura desquinche block 3**

Grafica Norma DIN 4155 obtenida de la voladura, según el monitoreo se registra daño, debido a la componente vertical supera latercera línea de control de daño.

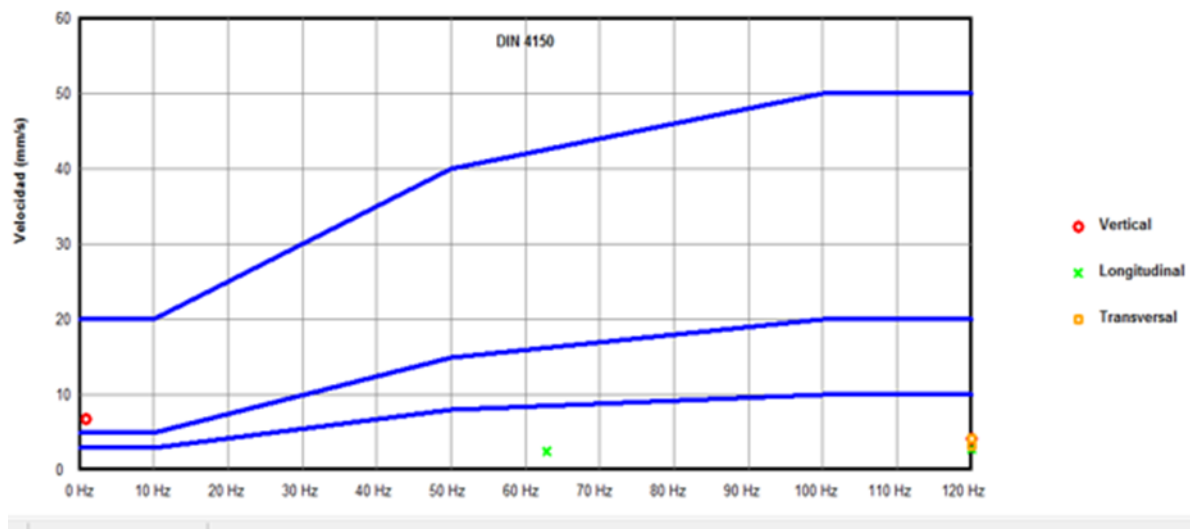


Figura 50. Monitoreo N°2 voladura desquinche block 3

- **Análisis de onda**

Del análisis de onda, el segundo geófono ubicado al costado del transformador la componente vertical reporta daño, debido al movimiento registrado de 6.76mm/s y principalmente a la frecuencia baja reportada en este punto de 1Hz.

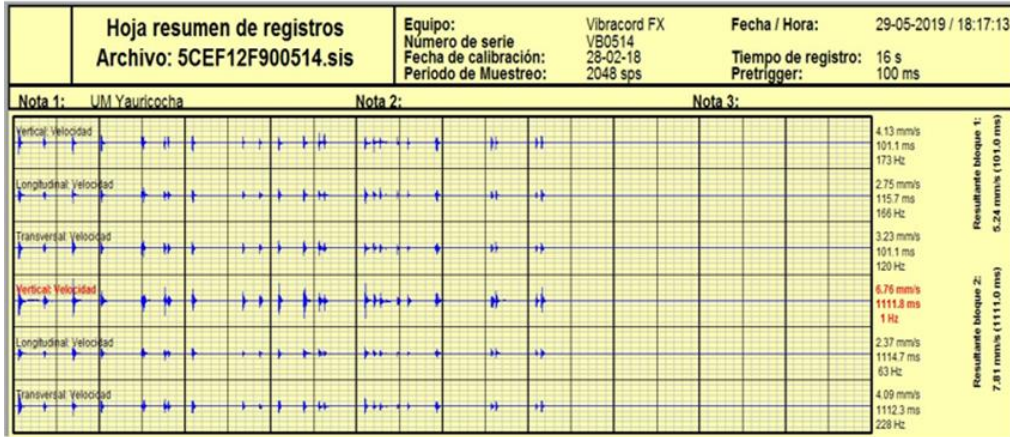


Figura 51. Análisis de onda

- **Análisis de transformación rápida de Fourier (FFT)**

El semiperíodo de las frecuencias del terreno mostradas a continuación está por encima de los 100 Hz, la componente vertical presenta una frecuencia dominante de 1 Hz, este fenómeno en la onda vertical es debido a la elevada concentración de carga.

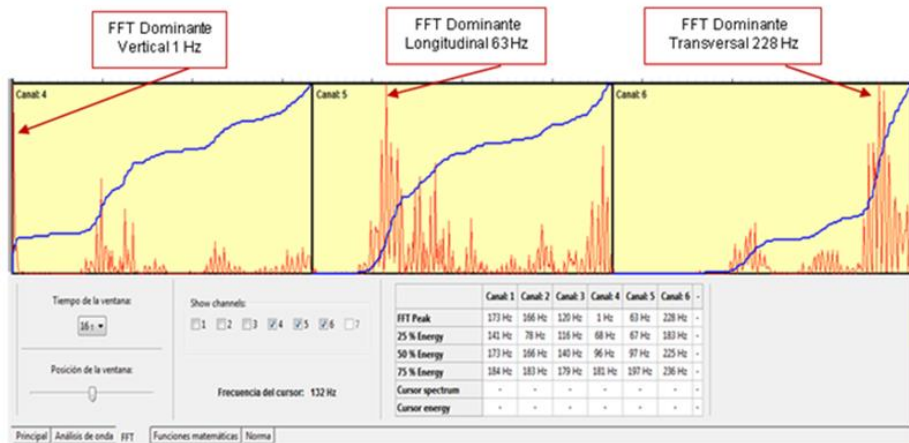


Figura 52. Análisis de transformación rápida de Fourier (FFT)

- **Análisis de aceleración**

Valores de diseño sismo resistente de transformadores:

- ✓ Aceleración horizontal: $0.5g = 4.90 \text{ m/s}^2$
- ✓ Aceleración vertical: $0.2g = 1.96 \text{ m/s}^2$
- ✓ Frecuencia de movimiento: 0-10 Hz

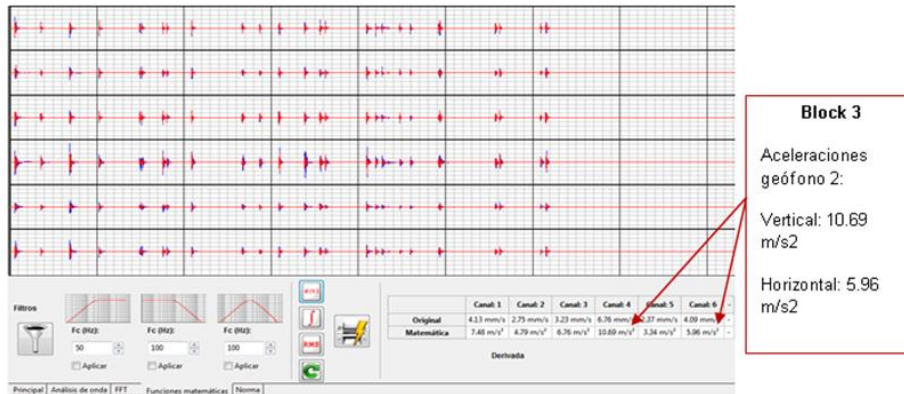


Figura 53. Análisis de aceleración

- **Monitoreo N°3 voladura de prueba**

Se probó la detonación de 2 taladros con 4 y 5 cartuchos por taladro en el desquinche del block 8, este desquinche se realizó con el burden de 0.80m el cual actualmente se encuentra realizando por la E.E DC MINING.

Gráfica Norma DIN 4155 obtenida de la voladura, según el monitoreo se registra daño, debido a la componente Horizontal supera la tercera línea de control de daño.

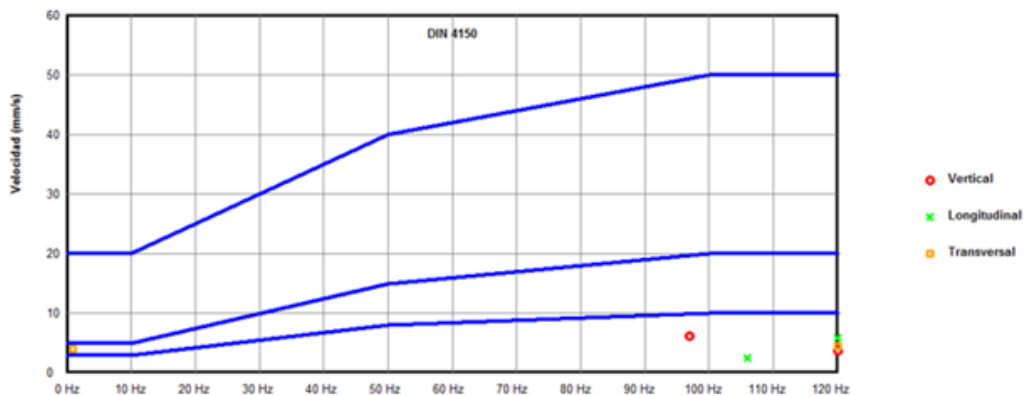


Figura 54. Monitoreo N° 3 voladura de prueba

- **Análisis de onda**

Del análisis de onda, el segundo geófono ubicado al costado del transformador su componente horizontal reporta daño, debido al movimiento registrado de 3.95 mm/s y principalmente a la frecuencia baja reportada en este punto de 1 Hz.



Figura 55. Análisis de onda

- **Análisis de transformación rápida de Fourier (FFT)**

El semiperiodo de las frecuencias del terreno mostradas a continuación está por encima de los 100 Hz, la componente horizontal presenta una frecuencia dominante de 1 Hz, este fenómeno en la horizontal es debido a la elevada concentración de carga para ese punto.

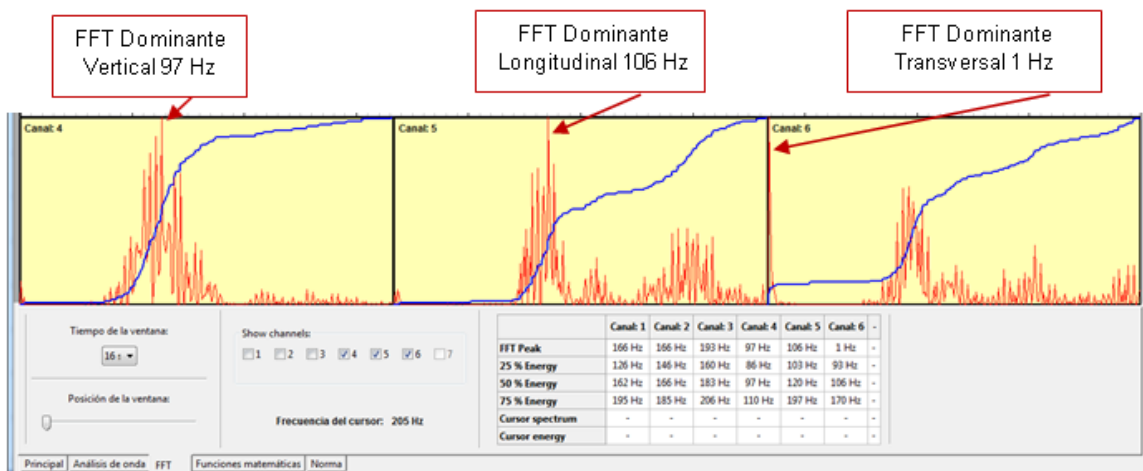


Figura 56. Análisis de transformación rápida de Fourier (FFT)

- **Análisis de aceleración**

Valores de diseño sismo resistente de transformadores:

- ✓ Aceleración horizontal : $0.5g = 4.90 \text{ m/s}^2$
- ✓ Aceleración vertical: $0.2g = 1.96 \text{ m/s}^2$
- ✓ Frecuencia de movimiento: 0-10 Hz.

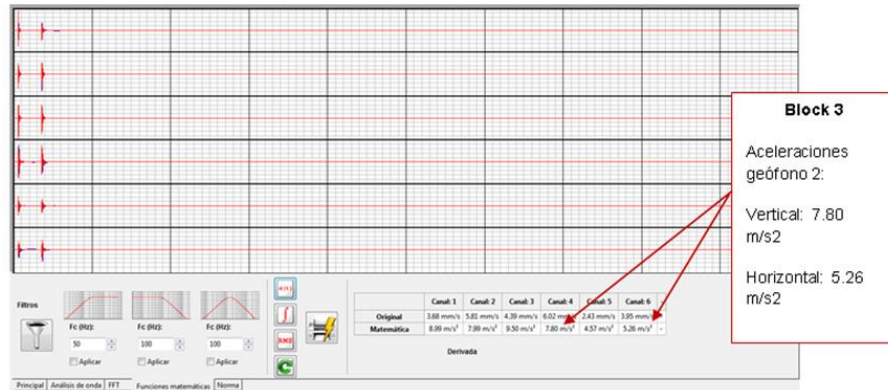


Figura 57. Análisis de aceleración

- **Monitoreo N°4 voladura de prueba**

Se realizó la detonación de 3 taladros con 2,3 y 4 cartuchos por taladro en el desquinche del block 5, con el objetivo de reducir las vibraciones y alcanzar los parámetros sismo resistente del transformador, para ello se redujo el *burden* de 0.80m a 0.50 m.

De las detonaciones realizadas, el taladro cargado con 2 cartuchos logra cumplir con el parámetro solicitado de la aceleración horizontal, por otro lado, en cuanto la aceleración vertical se logra reducir, pero no cumplir con el parámetro solicitado.

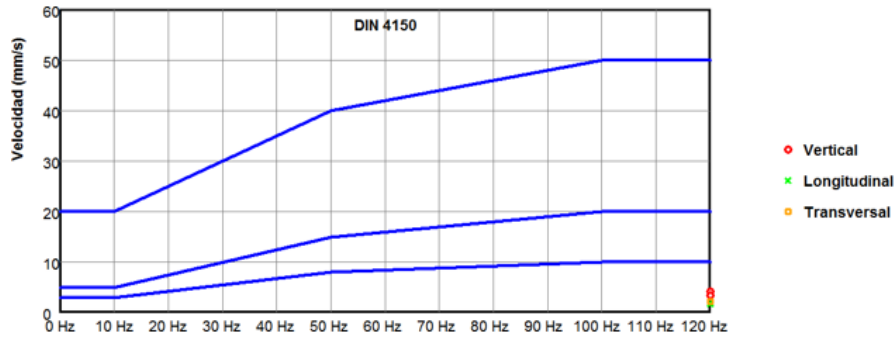


Figura 58. Norma DIN 4155 obtenida de la voladura

Según el monitoreo no registra daño.

- Análisis de onda**

Del análisis de onda, los parámetros de velocidad de movimiento y frecuencias se encuentran dentro de los parámetros requeridos según la Norma DIN 4150.

Hoja resumen de registros		Equipo:	Vibracord FX	Fecha / Hora:	01-06-2019 / 13:34:37
Archivo: 5CF2C53D00514.sis		Número de serie:	VB0514	Tiempo de registro:	2 s
		Fecha de calibración:	28-02-18	Pretrigger:	100 ms
		Periodo de Muestreo:	2048 sps		
Nota 1:	UM Yauricocha	Nota 2:	camara winche	Nota 3:	
Vertical Velocidad					4.13 mm/s 102.5 ms 246 Hz
Longitudinal Velocidad					1.54 mm/s 98.1 ms 226 Hz
Transversal Velocidad					2.10 mm/s 99.6 ms 184 Hz
Vertical Velocidad					3.29 mm/s 103.6 ms 218 Hz
Longitudinal Velocidad					1.72 mm/s 97.7 ms 228 Hz
Transversal Velocidad					2.04 mm/s 102.1 ms 164 Hz
					Resultado bloque 1: 4.61 mm/s (102.0 ms)
					Resultado bloque 2: 3.62 mm/s (102.0 ms)

Figura 59. Análisis de onda

- Análisis de transformación rápida de Fourier (FFT)**

El semiperiodo de las frecuencias del terreno mostradas a continuación está por encima de los 100 Hz para los 2 geófonos instalados en un mismo punto al costado del transformador.

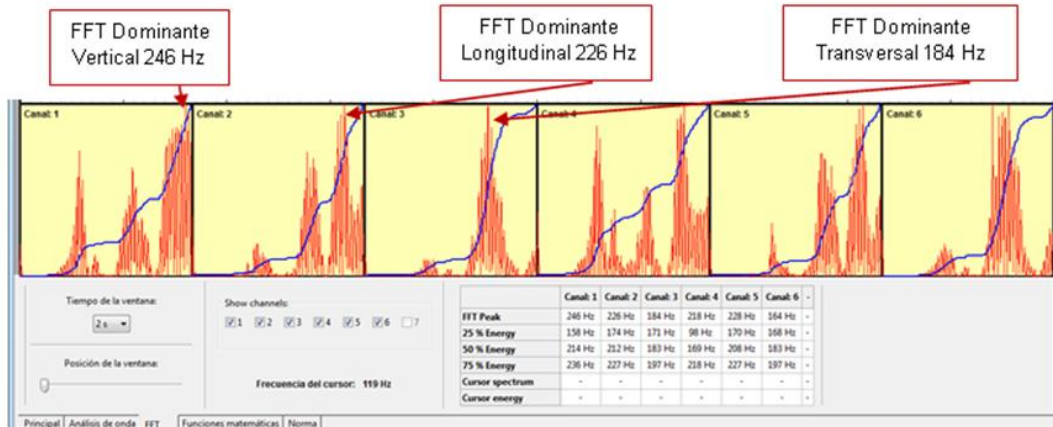


Figura 60. Análisis de transformación rápida de Fourier (FFT)

• **Análisis de aceleración**

Valores de diseño sismo resistente de transformadores:

- ✓ Aceleración horizontal: $0.5 g = 4.90 \text{ m/s}^2$
- ✓ Aceleración vertical: $0.2g = 1.96 \text{ m/s}^2$
- ✓ Frecuencia de movimiento: 0-10 Hz.

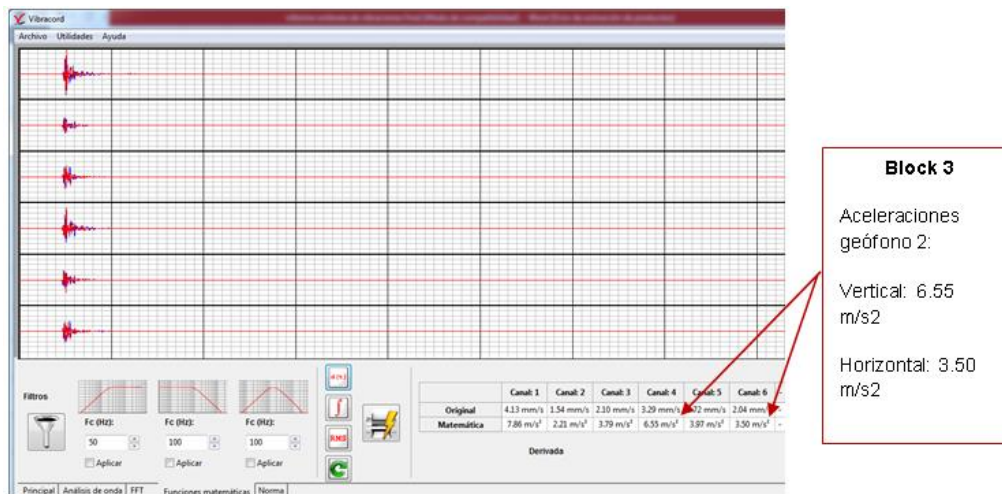


Figura 61. Análisis de aceleración

4.2 Discusión de resultados

4.2.1 Hipótesis específica N°1: Reducción del número de taladros y del factor de carga aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 permite mejorar los indicadores claves de desempeño en perforación voladura.

Respecto a esta hipótesis, la investigación concluyó que la existencia de pechos en los hastiales, corona y piso es causada por el exceso de *burden* en estos mismos, por ello, se recomienda el correcto marcado de la cuadrícula en la malla de perforación, en labores de calidad de roca IVA el entubado de los taladros perforados, ya que brindan beneficios, garantizando que los taladros no se tapen y por consiguiente facilitar el carguío, asimismo se reduce el consumo de los explosivos al reemplazar los cartuchos de diámetros 1 ½" x 12" 3000 por 1 ¼" x 12" 3000.

Según el ingeniero Lazo (2019) en su investigación sobre "*Influencia de voladura de precorte en estabilidad de galería 835ne – Nv. 3430 – unidad victoria invicta Mining Corp S.A.C.*" concluyó que en los disparos realizados anterior al uso de precorte y comparados con lo propuesto por la unidad Victoria fueron deficientes. El avance fue de 3.143 m y un área de 13.69 m, resultando un volumen de 43,03 m³ representando una sobre rotura de aproximadamente 11.76 %, mientras que con la voladura de precorte se alcanza a tener solo 2.85 % de sobrerotura.

En tal sentido en la investigación se demuestra que con el uso de Famecorte E-20 se reduce el factor de carga y la sobre rotura, en tal sentido de ambas conclusiones se comparte opinión sobre los beneficios alcanzados.

4.2.2 Hipótesis específica N°2: Sobre rotura aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 se reduce debido a la disminución de la carga explosiva lo que mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura.

Respecto a esta hipótesis la investigación concluyo que en cuanto a la evaluación de la sobre rotura la aplicación de la voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 se pudo evidenciar una reducción de hasta 20 cm en promedio: considerando el marcado adecuado de la cuadrícula en malla de perforación y el pintado del arranque, lo cual facilita una correcta simetría en la perforación de los taladros y por consiguiente

buenos resultados en los avances.

Según el ingeniero Lazo (2019) en su investigación sobre “*Influencia de voladura de precorte en estabilidad de galería 835ne – Nv. 3430 – unidad victoria invicta Mining Corp S.A.C.*” concluyó que respecto al avance antes de la voladura controlada se obtuvo 3.143 m, representando un 79.97 % de lo propuesto y en caso de usar la voladura de pre- corte se mejoró el avance en 22.9 % respecto a los disparos anteriores.

En tal sentido, en la investigación se demuestra que con el uso de Famecorte E-20 se reduce la sobre rotura, en tal sentido de ambas conclusiones se comparte opinión sobre los beneficios alcanzados.

4.2.3 Hipótesis específica N°3: Monitoreo de vibraciones aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 mediante el uso de geófono instalado dentro sub de la estación eléctrica punto más cercano a la voladura, mejora los indicadores claves de desempeño en perforación voladura.

Respecto a esta hipótesis, la investigación concluyo que la distancia escalar de 15, con el cual se determinó la carga operante máxima a detonar en función a la distancia, con el cual se viene realizando las voladuras en la cámara de winche Nv.720, cumple en algunos casos el no daño a la infraestructura delicada según la Norma Alemana DIN 4150, por otro lado, en referencia a los parámetros sismo resistentes del transformador brindadas por el fabricante no se cumple ninguna voladura actual estando por encima de lo requerido. De los parámetros sismo resistentes del transformador, el principal factor que no se cumple es la aceleración vertical el cual solicitan como máximo 0.2g o 1.96 m/s², el segundo factor que no se cumple son las frecuencias requeridas de 0-10 Hz, el cual en este punto debido a la cercanía a las voladuras las frecuencias son altas estando en promedio por encima de los 100Hz.

Según el ingeniero Mendoza (2018) en su investigación sobre “*Implementación del Sistema Electrónico -DIGISHOT para la Reducción de Vibraciones en Voladura – Compañía Minera Atacocha*” en una de sus conclusiones afirma que: “Dependiendo

de un buen diseño de secuencias de salida de los detonadores, minimiza las vibraciones, protegiendo daños a los taludes y las poblaciones aledañas”

En tal sentido en la investigación se demuestra que con el uso de Famecorte E-20 se reduce las vibraciones en las instalaciones mineras próximas a la zona de estudio, en tal sentido de ambas conclusiones se comparte opinión sobre los beneficios alcanzados.

4.2.4 Hipótesis específica N°4: La reducción de los costos de la aplicación de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 mejora los indicadores claves de desempeño en perforación voladura.

Respecto a esta hipótesis, la investigación concluyó que las pruebas con Famecorte E-20 son favorables, en el mismo sentido la propuesta de mejora continua que refiere al cambio de voladura controlada, del uso actual de 5 taladros cargados con Emulnor de 1000 de 1 1/8” x 12” y 4 taladros de alivio, a la realización de 6 taladros cargados con el Famecorte E-20, esto conlleva a la reducción del costo de perforación y voladura de un estándar de 27.58 \$/m a 23.13 \$/m.

Según el ingeniero Mendoza (2018) en su investigación sobre “*Implementación del Sistema Electrónico -DIGISHOT para la Reducción de Vibraciones en Voladura – Compañía Minera Atacocha*” en una de sus conclusiones afirma que: “El resultado de una buena fragmentación de rocas, hace posible la optimización de los procesos productivos y reduce los costos de operación (Carguío, transporte, chancado y molienda)”.

En tal sentido en la investigación se demuestra que con el uso de Famecorte E-20 se reduce los costos, en tal sentido de ambas conclusiones se comparte opinión sobre los beneficios alcanzados.

CONCLUSIONES

1. La aplicación del Famecorte E-20 permite reducir la existencia de pechos en hastiales, corona. Del mismo modo, se redujo la sobre rotura en la corona en promedio de 20 cm; por otro lado las pruebas con Famecorte E-20 fueron favorables, en el mismo sentido la propuesta de mejora continua que refiere al cambio de voladura controlada, del uso actual de 5 taladros cargados con Emulnor de 1000 de 1 1/8" x 12" y 4 taladros de alivio, a la realización de 6 taladros cargados con el Famecorte E-20, esto conlleva a la reducción del costo de perforación y voladura de un estándar de 27.58 \$/m a 23.13 \$/m.
2. La existencia de pechos en los hastiales, corona y piso es causada por el exceso de *burden* en estos mismos, por ello se recomienda el correcto marcado de la cuadrícula en la malla de perforación, en labores de calidad de roca IVA el entubado de los taladros perforados brindan beneficios, garantizando que los taladros no se tapen y por consiguiente facilitar el carguío, asimismo se reduce el consumo de los explosivos al reemplazar los cartuchos de diámetros 1 1/2" x 12" 3000 por 1 1/4" x 12" 3000.
3. En cuanto a la evaluación de la sobre rotura, la aplicación de la voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 evidenció una reducción de hasta 20 cm en promedio: considerando el marcado adecuado de la cuadrícula en malla de perforación y el pintado del arranque, lo cual facilita una correcta simetría en la perforación de los taladros y por consiguiente buenos resultados en los avances.
4. La distancia escalar de 15, con el cual se determinó la carga operante máxima a detonar en función a la distancia, con el que se viene realizando las voladuras en la cámara de winche Nv.720 cumple en algunos casos el no daño a la infraestructura delicada según la Norma Alemana DIN 4150, por otro lado, en referencia a los parámetros sísmo resistentes del transformador brindadas por el fabricante no se cumple ninguna voladura actual estando por encima de lo

requerido. De los parámetros sísmo resistentes del transformador, el principal factor que no se cumple es la aceleración vertical el cual solicitan como máximo 0.2g o 1.96 m/s², el segundo factor que no se cumple son las frecuencias requeridas de 0-10 Hz, el cual en este punto debido a la cercanía a las voladuras las frecuencias son altas estando en promedio por encima de los 100Hz.

5. Las pruebas con Famecorte E-20 son favorables, en el mismo sentido la propuesta de mejora continua que refiere al cambio de voladura controlada, del uso actual de 5 taladros cargados con Emulnor de 1000 de 1 1/8" x 12" y 4 taladros de alivio, a la realización de 6 taladros cargados con el Famecorte E-20, esto conlleva a la reducción del costo de perforación y voladura de un estándar de 27.58 \$/m a 23.13 \$/m

RECOMENDACIONES

1. Para obtener buenos resultados en las voladuras es importante emplear la malla diseñada según estándar de la unidad, realizar perforaciones simétricamente, controlar el paralelismo durante la perforación, realizar un secuenciamiento de salida adecuado con los retardos, solicitar la cantidad de carga explosiva necesaria y el uso importante del taco inerte.
2. En avances con Jumbo de calidad de roca tipo IVA, se recomienda el entubado de los taladros perforados para garantizar que estos mismos no se tapen, aprovechando el entubado de los taladros se debe reducir el diámetro de carguío de los cartuchos de explosivo por Emulnor de 1 ½" x 12" 3000 por 1 ¼" x 12" 3000, esto ayuda a la reducción del consumo de explosivo.
3. Se recomienda continuar con las pruebas de voladura controlada en los taladros de la corona con 6 taladros cargados con Famecorte E-20 para la calidad de tipode roca IIIB.
4. Se recomienda la utilización del Famecorte E-20 en los taladros de la corona en calidades de roca tipo IVA, en remplazo del Cordón detonante 80P.
5. Es importante el control del retorno de los explosivos y accesorios excedentes del carguío al polvorín.
6. La comunicación entre el perforista, disparador, bodeguero y supervisión es primordial para requerir la cantidad y tipo de explosivo adecuado según la calidad del frente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MENDOZA, Adú. Implementación del sistema electrónico -DIGISHOT para la reducción de vibraciones en voladura – Compañía Minera Atacocha. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cerro de Pasco - Perú : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2018, 179 pp.
2. LAZO, Oliver. Influencia de voladura de precorte en estabilidad de galería 835ne – Nv. 3430 – unidad victoria 1 – invicta Mining Corp S.A..C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo - Perú : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019, 75 pp.
3. RIVERA, Harry. Optimización de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Roger Holmberg en el proyecto central hidroeléctrica San Gabán III. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno - Perú : Universidad Nacional del Altiplano, 2019.
4. EXSA. *Manual práctico de voladura*. [en línea] Lima, 2020. [Fecha de consulta: 05 de noviembre del 2022] Disponible en: https://www.academia.edu/23767654/MANUAL_PRACTICO_DE_VOLADURA_Edici%C3%B3n_especial_La_L%C3%ADnea_m%C3%A1s_Completa_para_Voladura_Das_Komplette_Sprengstoffprogramm_The_Most_Complete_Blasting_Line
5. MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE, Dirección general de formación profesional. *Glosario de términos utilizados en excavación a cielo*. [en línea] España, 2011 [Fecha de consulta: 13 de noviembre del 2022] Disponible en: https://incual.educacion.gob.es/documents/20195/1873855/GLOSARIO+IEX430_2.pdf/57613345-951e-4b17-8daa-0308fd831df4
6. BERNAOLA, José , CASTILLA, Jorge y HERRERA, Juan. *Perforación y voladura de rocas en minería*. Madrid - España : s.n., 2013.

7. D.S. N° 023-2017-EM. Modifican diversos artículos y anexos del reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería, aprobado por decreto supremo N° 024-2016-EM. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 18 de agosto de 2017.

8. SÁNCHEZ, Hugo y REYES, Carlos. *Metodología y diseños en la investigación científica*. Lima – Perú: Universidad Ricardo Palma, 2017, 216 pp. ISBN: 978-612-00-5123-8

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable
General	¿Cuál es el resultado de la aplicación de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura, Sierra Metals Corona unidad de producción Yauricocha 2021?	La aplicación de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura, Sierra Metals Corona unidad de producción Yauricocha 2021	Establecer la aplicación de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 debido a su bajo poder rompedor permite mejorar los indicadores claves de desempeño en perforación voladura, Sierra Metals Corona unidad de producción Yauricocha 2021	INDEPENDIENTE Voladura controlada
Específicos	a) ¿Cuánto es el factor de carga aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura?	a) Establecer el factor de carga aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura.	a) La reducción del número de taladros y del factor de carga aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 permite mejorar los indicadores claves de desempeño en perforación voladura.	DEPENDIENTE Indicadores claves de desempeño
	b) ¿Cuánto es la sobre rotura aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura?	b) Calcular la sobre rotura aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura.	b) La sobre rotura aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 se reduce debido a la disminución de la carga explosiva lo que mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura	
	c) ¿Cuáles son los resultados del monitoreo de vibraciones aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura?	c) Analizar los resultados del monitoreo de vibraciones aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura	c) a) El monitoreo de vibraciones aplicando voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 mediante el uso de geófono instalado dentro sub de la estación eléctrica punto más cercano a la voladura, mejora los indicadores claves de desempeño en perforación voladura	
	d) ¿Cuáles son los costos de la aplicación de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura?	d) Calcular los costos de la aplicación de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 para plantear oportunidades de mejora de indicadores claves de desempeño en perforación voladura	d) La reducción de los costos de la aplicación de voladura controlada en la corona con Famecorte E-20 mejora los indicadores claves de desempeño en perforación voladura	

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador
Independiente	Voladura controlada de precorte: Consiste en crear en el cuerpo de roca una discontinuidad o plano de fractura (grieta continua) antes de disparar la voladura principal o de producción, mediante una fila de taladros generalmente de pequeño diámetro, muy cercanos, con cargas explosivas desacopladas y disparos instantáneos	▪ Factor de carga	Kg/m ³
Voladura controlada		▪ Sobre rotura	m ³
		▪ Monitoreo de vibraciones	Hz
		▪ Costos	\$
Dependiente	Los KPI (Key Performance Indicators) o Indicadores Clave de Desempeño miden el nivel del desempeño de un proceso determinado, enfocándose en el "cómo" e indicando que tan efectivos son los procesos, de forma que se pueda alcanzar el objetivo fijado	▪ KPI de logística	s/u
Indicadores claves de desempeño		▪ KPI de producción	s/u
		▪ KPI financieros.	s/u

Anexo 2

Muestreo abril

Factores estándar corona jumbo sección 3.5x3.5 tipo de roca IIIB

DATOS TECNICOS	
Tipo de Roca	Desmonte
Densidad de Roca	2.7 gr/cc
Sección de labor (A X H)	3.5 x 3.5 m
Nº Taladros Cargados	33.0 taladros
Nº Taladros de Alivio	4.0 taladros
Diametro de Taladro	45.0 mm
Longitud Promedio x taladro	3.00 Metros
Tipo de Corte Empleado	III-B

RESULTADOS DE VOLADURA	
Nº de tiros cortados	Unid
Longitud Avance	2.80 m
Longitud Prom. Taco	0.20 m
Volumen Roto	34.30 m3
Tonelaje Roto	92.61 Ton
Factor de Carga	2.70 Kg/m3
Factor de Avance	33.10 Kg/m
Factor de Potencia	1.00 Kg/Ton

EXPLOSIVO / ACCESORIOS POR DISPARO			\$/Uhd	Kgs	COSTOS VOLADURA
Emulnor 3000 (1 1/2"x12")	158.0	Carts	1.68	61.7	103.7
Emulnor 3000 (1 1/4" X 12")	80.0	Carts	1.68	21.3	35.7
Emulnor 3000 (1 1/8 " X 12")		Carts	1.68		
Emulnor 1000 (1 1/8 " X 12")	45.0	Carts	1.63	9.7	15.8
Cordon Detonante 80P		m	1.92		
Total Explosivo utilizado \$				92.7	155.2
Fanel 2.4 m (Detonador No Electr)		Pzs	0.84		
Fanel 3.6 m (Detonador No Electr)	33.0	Pzs	0.87		28.7
Cordon detonante 3P	20.0	m	0.17		3.3
Carmex 7 pies	2.0	Pzs	0.58		1.2
Mecha rapida Z-18	0.5	m	0.58		0.3
Total Accesorio utilizado \$					33.51
Total Explosivos y Accesorios \$					188.75
Costo de Explosivo por metro de Avance \$/m					67.41

Control de los disparos realizado

SOCIEDAD MINERA CORONA S.A.					
DISPARO N°	1	FECHA	22-abr	LABOR	SN 5516 poza

NIVEL	1070
ZONA:	II

DATOS TECNICOS	
Tipo de Roca	Desmonte
Densidad de Roca	2.7 gr/cc
Sección de labor (A X H)	3.5 x 3.0 m
N° Taladros Cargados	30.0 taladros
N° Taladros de Alivo	4.0 taladros
Diametro de Taladro	45.0 mm
Longitud Promedio x taladro	3.17 Metros
Tipo de Roca	III-B

RESULTADOS DE VOLADURA	
N° de tiros cortados	Unid
Longitud Avance	3.02 m
Longitud Prom. Taco	0.15 m
Volumen Roto	31.71 m3
Tonelaje Roto	85.62 Ton
Factor de Carga	2.43 Kg/m3
Factor de Avance	25.55 Kg/m
Factor de Potencia	0.90 Kg/Ton

EXPLOSIVO / ACCESORIOS POR DISPARO	\$/kg	Kg	COSTOS VOLADURA		
Emulnor 3000 (1 1/2"x12")	160.0	Carts	1.68	62.5	105.0
Emulnor 3000 (1 1/4" X 12")	45.0	Carts	1.68	12.0	20.1
Emulnor 3000 (1 1/8" X 12")		Carts	1.68		
Emulnor 1000 (1 1/8" X 12")	5.0	Carts	1.63	1.1	1.8
Cordon Detonante 80P	15.0	m	1.92	1.6	28.8
Famecorte E -20		pza	4.3		
Total Explosivo utilizado			77.2	155.62	
Fanel 3.6 m (Detonador No Electr)	30.0	pza	0.87		26.10
Cordon detonante 3P	20.0	m	0.17		3.35
Carmex 7 pies	2.0	pza	0.58		1.16
Mecha rapida Z-18	0.2	m	0.35		0.07
Total Accesorio utilizado					30.68
Total Explosivos y Accesorios					186.30
Costo de Explosivo por metro de Avance \$/m					61.69

SOCIEDAD MINERA CORONA S.A.					
DISPARO N°	2	FECHA	22-abr	LABOR	CX 1169

NIVEL	1020
ZONA:	II

DATOS TECNICOS	
Tipo de Roca	Desmonte
Densidad de Roca	2.7 gr/cc
Sección de labor (A X H)	3.5 x 3.5 m
N° Taladros Cargados	33.0 taladros
N° Taladros de Alivo	4.0 taladros
Diametro de Taladro	45.0 mm
Longitud Promedio x taladro	3.22 Metros
Tipo de Roca	III-B

RESULTADOS DE VOLADURA	
N° de tiros cortados	Unid
Longitud Avance	3.05 m
Longitud Prom. Taco	0.17 m
Volumen Roto	37.36 m3
Tonelaje Roto	100.88 Ton
Factor de Carga	2.26 Kg/m3
Factor de Avance	27.65 Kg/m
Factor de Potencia	0.84 Kg/Ton

EXPLOSIVO / ACCESORIOS POR DISPARO	\$/kg	Kg	COSTOS VOLADURA		
Emulnor 3000 (1 1/2"x12")	160.0	Carts	1.68	62.5	105.0
Emulnor 3000 (1 1/4" X 12")	72.0	Carts	1.68	19.1	32.2
Emulnor 3000 (1 1/8" X 12")		Carts	1.68		
Emulnor 1000 (1 1/8" X 12")	5.0	Carts	1.63	1.1	1.8
Cordon Detonante 80P	15.0	m	1.92	1.6	28.8
Famecorte E -20		pza	4.3		
Total Explosivo utilizado			84.3	167.69	
Fanel 2.4 m (Detonador No Electr)		pza	0.84		
Fanel 3.6 m (Detonador No Electr)	33.0	pza	0.87		28.71
Cordon detonante 3P	20.0	m	0.17		3.35
Carmex 7 pies	2.0	pza	0.58		1.16
Mecha rapida Z-18	0.2	m	0.58		0.12
Total Accesorio utilizado					33.33
Total Explosivos y Accesorios					201.02
Costo de Explosivo por metro de Avance \$/m					65.91

SOCIEDAD MINERA CORONA S.A.				
DISPARO N°	3	FECHA	15-mar	LABOR
				Rp (-) 5682 SW

NIVEL	970
ZONA:	III

DATOS TECNICOS	
Tipo de Roca	Desmante
Densidad de Roca	2.7 gr/cc
Sección de labor (A X H)	3.5 x 3.5 m
N° Taladros Cargados	32.0 taladros
N° Taladros de Alivio	taladros
Diametro de Taladro	45.0 mm
Longitud Promedio x taladro	3.20 Metros
Tipo de Roca	IV-A

RESULTADOS DE VOLADURA	
N° de tiros cortados	Unid
Longitud Avance	3.10 m
Longitud Prom. Taco	0.10 m
Volumen Roto	37.98 m3
Tonelaje Roto	102.53 Ton
Factor de Carga	2.23 Kg/m3
Factor de Avance	27.35 Kg/m
Factor de Potencia	0.83 Kg/Ton

EXPLOSIVO / ACCESORIOS POR DISPARO	\$/Und	Kgs	COSTOS VOLADURA	
Emulnor 3000 (1 1/2"x12")	116.0	Carts	0.66	45.3
Emulnor 3000 (1 1/4" X 12")	116.0	Carts	0.45	30.9
Emulnor 3000 (1 1/8" X 12")		Carts	0.37	
Emulnor 1000 (1 1/8" X 12")	40.0	Carts	0.35	8.62
Cordon Detonante 80P		m	1.92	
Total Explosivo utilizado			84.8	142.28
Fanel 2.4 m (Detonador No Electr)		Pzs	0.84	
Fanel 3.6 m (Detonador No Electr)	32.0	Pzs	0.87	
Cordon detonante 3P	20.0	m	0.17	
Carmex 7 pies	2.0	Pzs	0.58	
Mecha rapida Z-18	0.2	m	0.58	
Total Accesorio utilizado				32.46
Total Explosivos y Accesorios				174.74
Costo de Explosivo por metro de Avance \$/m				56.37

Control de disparo con Famecorte – 20

SOCIEDAD MINERA CORONA S.A.				
DISPARO N°	1	FECHA	27-abr	LABOR
				SN 6917

NIVEL	1020
ZONA:	II

DATOS TECNICOS	
Tipo de Roca	Desmante
Densidad de Roca	2.7 gr/cc
Sección de labor (A X H)	3.5 x 3.5 m
N° Taladros Cargados	33.0 taladros
N° Taladros de Alivio	4.0 taladros
Diametro de Taladro	45.0 mm
Longitud Promedio x taladro	2.94 Metros
Tipo de Roca	III-B

RESULTADOS DE VOLADURA	
N° de tiros cortados	Unid
Longitud Avance	2.92 m
Longitud Prom. Taco	0.02 m
Volumen Roto	35.77 m3
Tonelaje Roto	96.58 Ton
Factor de Carga	2.59 Kg/m3
Factor de Avance	31.68 Kg/m
Factor de Potencia	0.96 Kg/Ton

EXPLOSIVO / ACCESORIOS POR DISPARO	\$/Und	Kgs	COSTOS VOLADURA	
Emulnor 3000 (1 1/2"x12")	190.0	Carts	1.68	74.2
Emulnor 3000 (1 1/4" X 12")	50.0	Carts	1.68	13.3
Emulnor 3000 (1 1/8" X 12")		Carts	1.68	
Emulnor 1000 (1 1/8" X 12")		Carts	1.63	
Cordon Detonante 80P		m	1.92	
Famecorte E -20	36.0	und	4.3	5.0
Total Explosivo utilizado			92.5	168.53
Fanel 3.6 m (Detonador No Electr)	33.0	Pzs	0.87	
Cordon detonante 3P	20.0	m	0.17	
Carmex 7 pies	2.0	Pzs	0.58	
Mecha rapida Z-18	0.2	m	0.35	
Total Accesorio utilizado				33.29
Total Explosivos y Accesorios				201.82
Costo de Explosivo por metro de Avance \$/m				69.12

Costo de voladura controlada

Perforación			
# Taladros corona	Metros perf. (m)	Costo (\$/m)	Costo perf (\$)
6	17.64	2.11	37.291

Explosivos			
# Taladros cargados	Explosivo (und)	Costo (\$/und)	Costo explo(\$)
6	5 kg	4.3	21.5
	6 pza	0.87	5.22
	Total explosivo		26.72

costo voladura controlada (\$)	64.0
voladura controlada por avance (\$/m)	21.9

SOCIEDAD MINERA CORONA S.A.				
DISPARO N°	2	FECHA	27-abr	LABOR
				CX 1169

NIVEL	1020
ZONA:	II

DATOS TECNICOS	
Tipo de Roca	Desmante
Densidad de Roca	2.7 gr/cc
Sección de labor (A X H)	3.5 x 3.5 m
N° Taladros Cargados	32.0 taladros
N° Taladros de Alivio	4.0 taladros
Diametro de Taladro	45.0 mm
Longitud Promedio x taladro	3.10 Metros
Tipo de Roca	III-B

RESULTADOS DE VOLADURA	
N° de tiros cortados	Unid
Longitud Avance	3.00 m
Longitud Prom. Taco	0.10 m
Volumen Roto	36.75 m3
Tonelaje Roto	99.23 Ton
Factor de Carga	2.42 Kg/m3
Factor de Avance	29.65 Kg/m
Factor de Potencia	0.90 Kg/Ton

EXPLOSIVO / ACCESORIOS POR DISPARO	\$/Und	Kgs	COSTOS VOLADURA	
Emulnor 3000 (1 1/2"x12")	183.0	Carts	1.68	71.5
Emulnor 3000 (1 1/4" X 12")	50.0	Carts	1.68	13.3
Emulnor 3000 (1 1/8" X 12")		Carts	1.68	
Emulnor 1000 (1 1/8" X 12")		Carts	1.63	
Cordon Detonante 80P		m	1.92	
Famecorte E -20	30.0	und	4.3	4.2
Total Explosivo utilizado			88.9	160.35
Fanel 2.4 m (Detonador No Electr)		Pzs	0.84	
Fanel 3.6 m (Detonador No Electr)	32.0	Pzs	0.87	27.84
Cordon detonante 3P	20.0	m	0.17	3.35
Carmex 7 pies	2.0	Pzs	0.58	1.16
Mecha rapida Z-18	0.2	m	0.58	0.12
Total Accesorio utilizado			32.46	
Total Explosivos y Accesorios			192.82	
Costo de Explosivo por metro de Avance \$/m			64.27	

Costo de voladura controlada				
Perforación				
# Taladros corona	Metros perf. (m)	Costo (\$/m)	Costo perf (\$)	
9	27.90	2.11	58.98	
Explosivos				
# Taladros cargados	Explosivo (und)	Costo (\$/und)	Costo explo(\$)	
5	4.2 kg	4.3	17.92	
	5 pza	0.87	4.35	
	Total explosivo		22.27	
costo voladura controlada (\$)			81.2	
voladura controlada por avance (\$/m)			27.1	

COSTO DE METRO PERFORADO CON JUMBO (ACEROS Y EQUIPO)

IV.- PERFORACION :	Cantidad (m)	Costo (soles/m)	Sub total (soles)
BARRAS DE PERFORACION	1.00	0.89	0.89
BROCAS DE 45 MM	1.00	2.86	2.86
SHANK ADAPTER	1.00	0.56	0.56
AFILADOR BROCAS	1.00	0.26	0.26
		Total (soles)	4.57
VI.- EQUIPOS :			
JUMBO MERCURY QUASAR	0.01	308.00	2.41
		Total (soles)	2.41
		ACEROS Y EQUIPO (Soles/m)	6.98
		ACEROS Y EQUIPO (\$/m)	2.11

Control mes de mayo

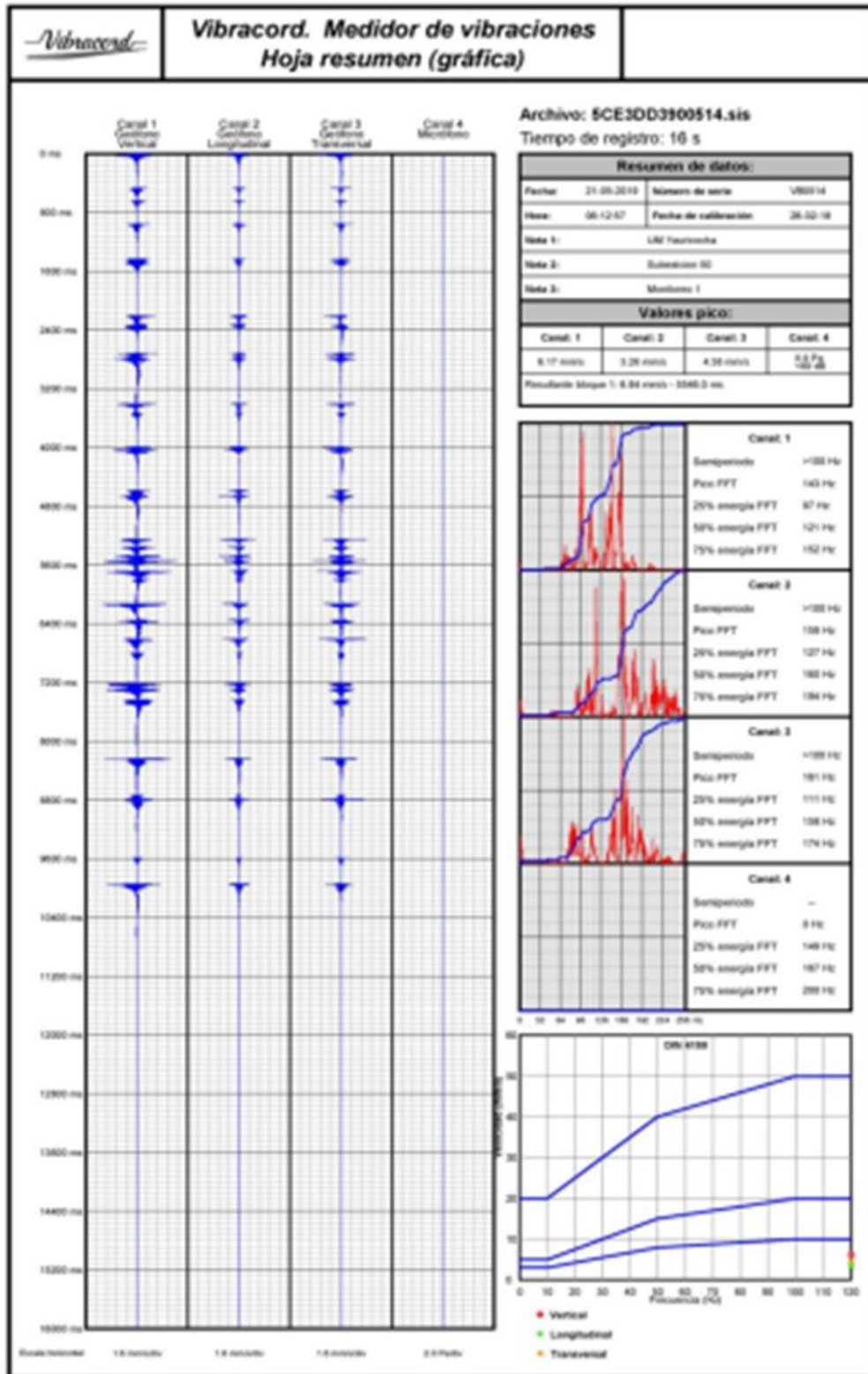
Factores estándar corona jumbo sección 3.5x3.5 tipo de roca IV-A

DATOS TECNICOS	
Tipo de Roca	Desmonte
Densidad de Roca	2.7 gr/cc
Sección de labor (A X H)	3.5 x 3.5 m
Nº Taladros Cargados	32.0 taladros
Nº Taladros de Alivio	4.0 taladros
Diametro de Taladro	45.0 mm
Longitud Promedio x taladro	2.70 Metros
Tipo de Corte Empleado	IV-A

RESULTADOS DE VOLADURA	
Nº de tiros cortados	Unid
Longitud Avance	2.50 m
Longitud Prom. Taco	0.20 m
Volumen Roto	30.63 m3
Tonelaje Roto	82.69 Ton
Factor de Carga	2.37 Kg/m3
Factor de Avance	29.01 Kg/m
Factor de Potencia	0.88 Kg/Ton

EXPLOSIVO / ACCESORIOS POR DISPARO			\$/Kg	Kgs	COSTOS VOLADURA
Emulnor 3000 (1 1/2"x12")	131.0	Carts	1.68	51.2	86.0
Emulnor 3000 (1 1/4" X 12")	52.0	Carts	1.68	13.8	23.2
Emulnor 3000 (1 1/8 " X 12")		Carts	1.68		
Emulnor 1000 (1 1/8 " X 12")	28.0	Carts	1.63	6.0	9.8
Cordon Detonante 80P	14.0	m	1.92	1.5	26.8
Famecorte E -20		und	4.3		
Total Explosivo utilizado \$				72.5	145.88
Fanel 2.4 m (Detonador No Electr)		Pzs	0.84		
Fanel 3.6 m (Detonador No Electr)	32.0	Pzs	0.87		27.84
Cordon detonante 3P	20.0	m	0.17		3.35
Carmex 7 pies	2.0	Pzs	0.58		1.16
Mecha rapida Z-18	0.5	m	0.35		0.18
Total Accesorio utilizado \$					32.52
Total Explosivos y Accesorios \$					178.41
Costo de Explosivo por metro de Avance \$/m					63.72

Registros de monitoreo de la subestación eléctrica N°50 Monitoreo de voladura N°1 (Frente block 6)

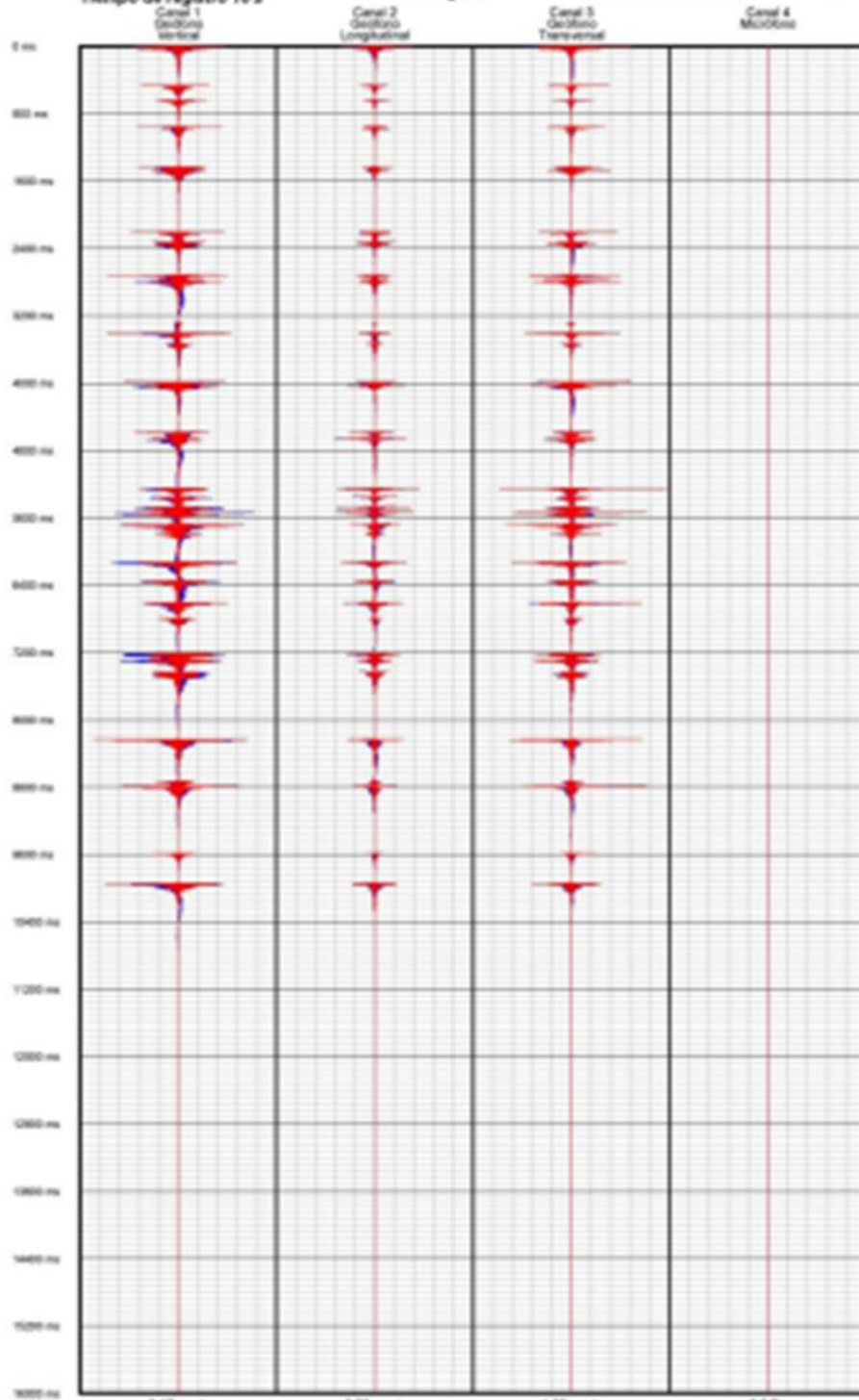


Archivo: SCE3DD3908514.sis
 Tiempo de registro: 16 s

Original

Matemática

Página 1/1



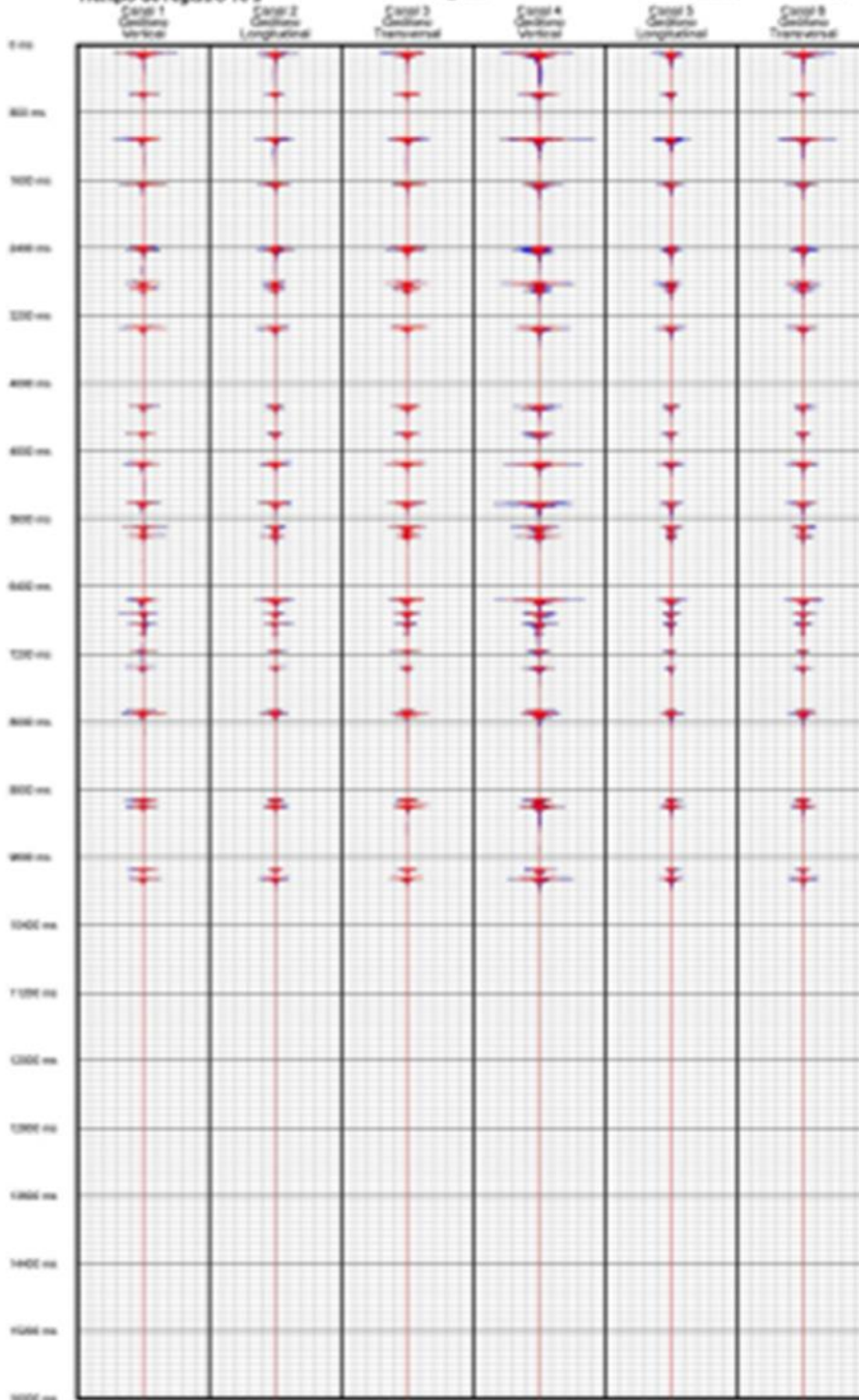
Excite vertical: 91 m/s ²	6.17 mm/s ² 8.00 m/s ²	5.26 mm/s ² 4.46 m/s ²	4.38 mm/s ² 5.91 m/s ²	2.17 m/s ² 2.17 m/s ²
Excite horizontal (Matemática):	11.05 mm/s ² 1.2 mm/s ²	15.65 mm/s ² 1.2 mm/s ²	19.26 mm/s ² 1.2 mm/s ²	22.27 mm/s ² 1.2 mm/s ²

Archivo: SCP12P00514.xls
Tiempo de registro: 16 s

Original

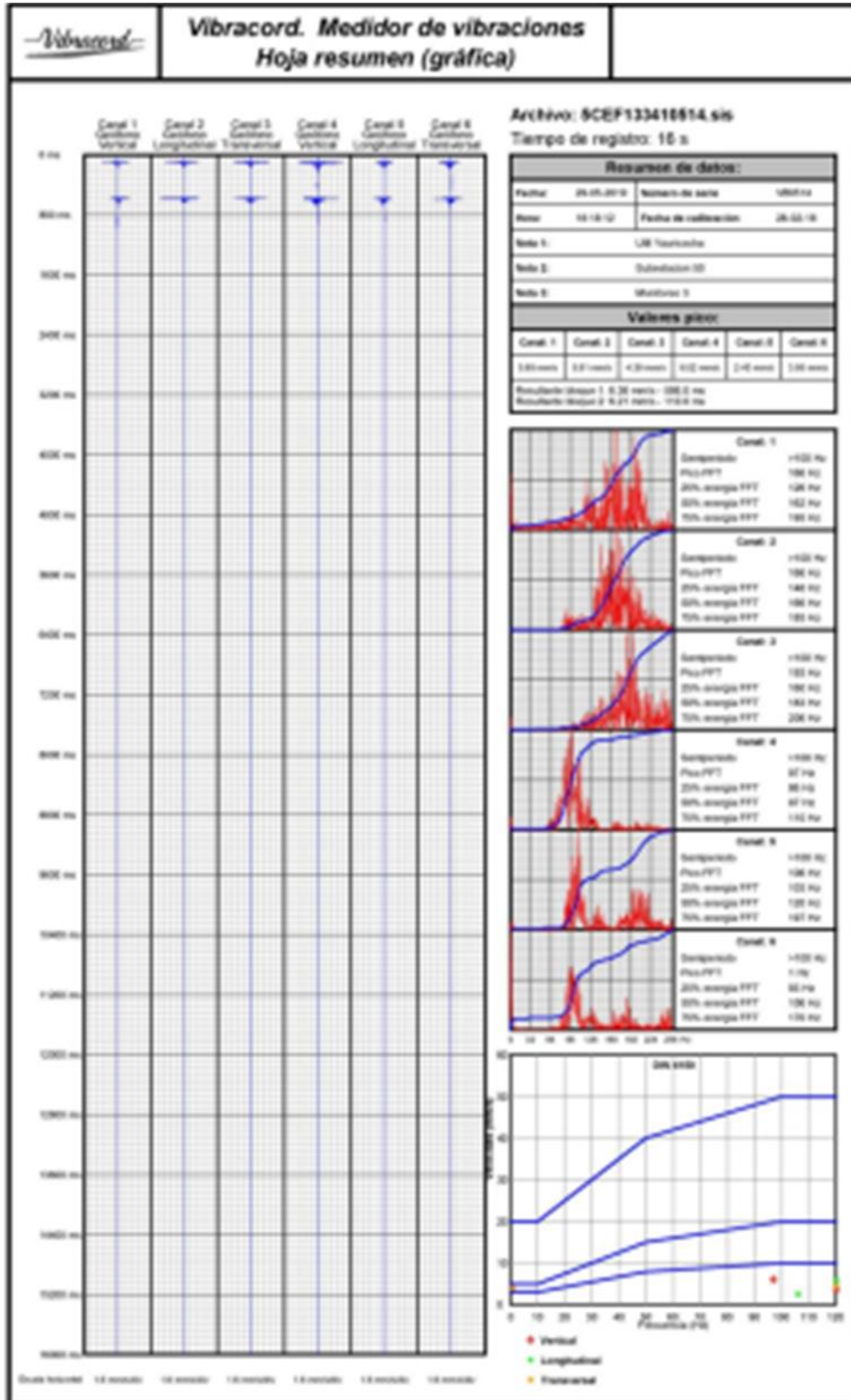
Matemática

Página 1/7



Escala vertical: 50 mm/mm	4.11 mm/s	4.75 mm/s	5.76 mm/s	5.76 mm/s	5.57 mm/s	5.58 mm/s
Escala horizontal: 100 ms/mm	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Monitoreo de voladura N°3 (Prueba)

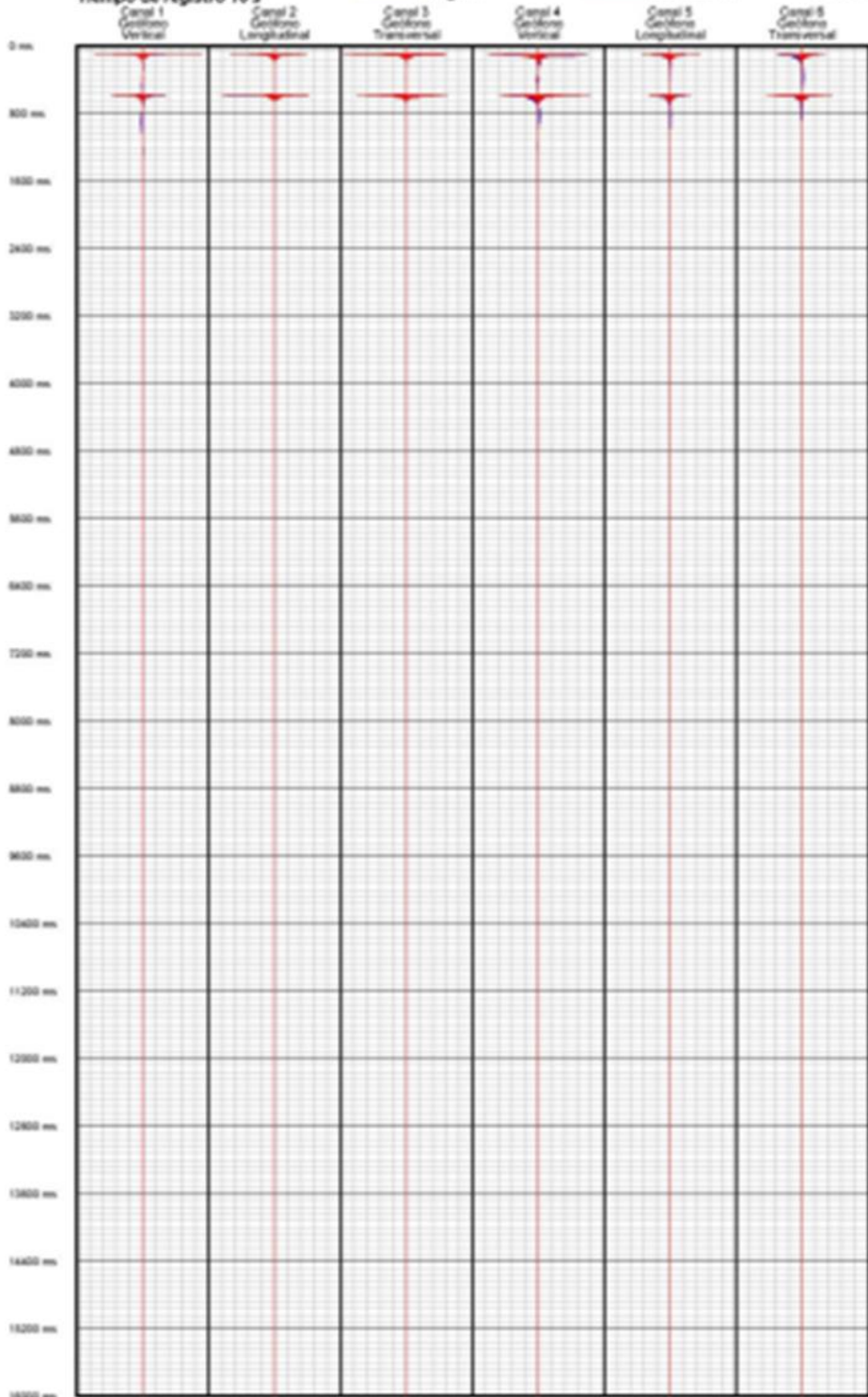


Archivo: SCEP132410514.xls
 Tiempo de registro 16 s

Original

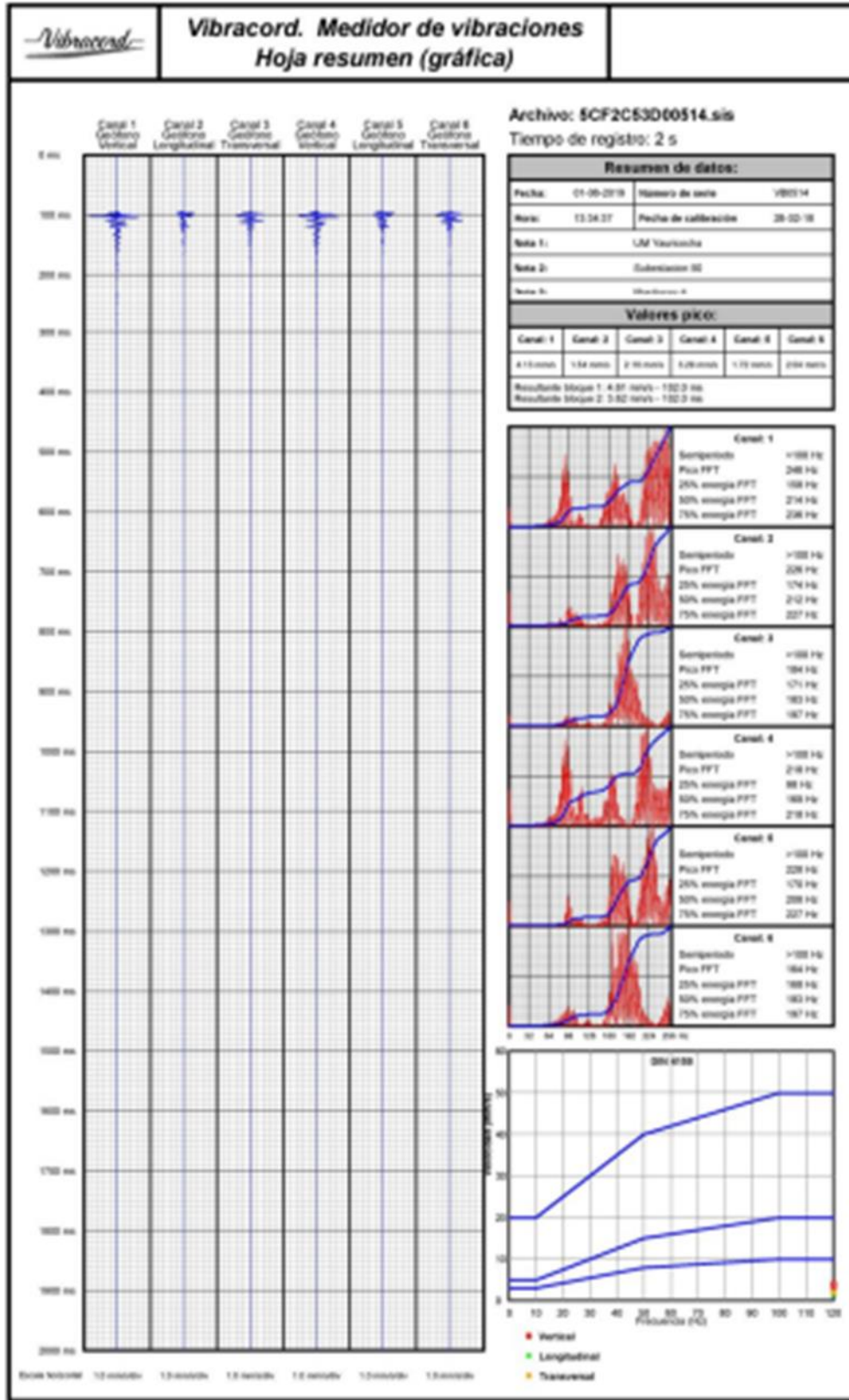
Matemática

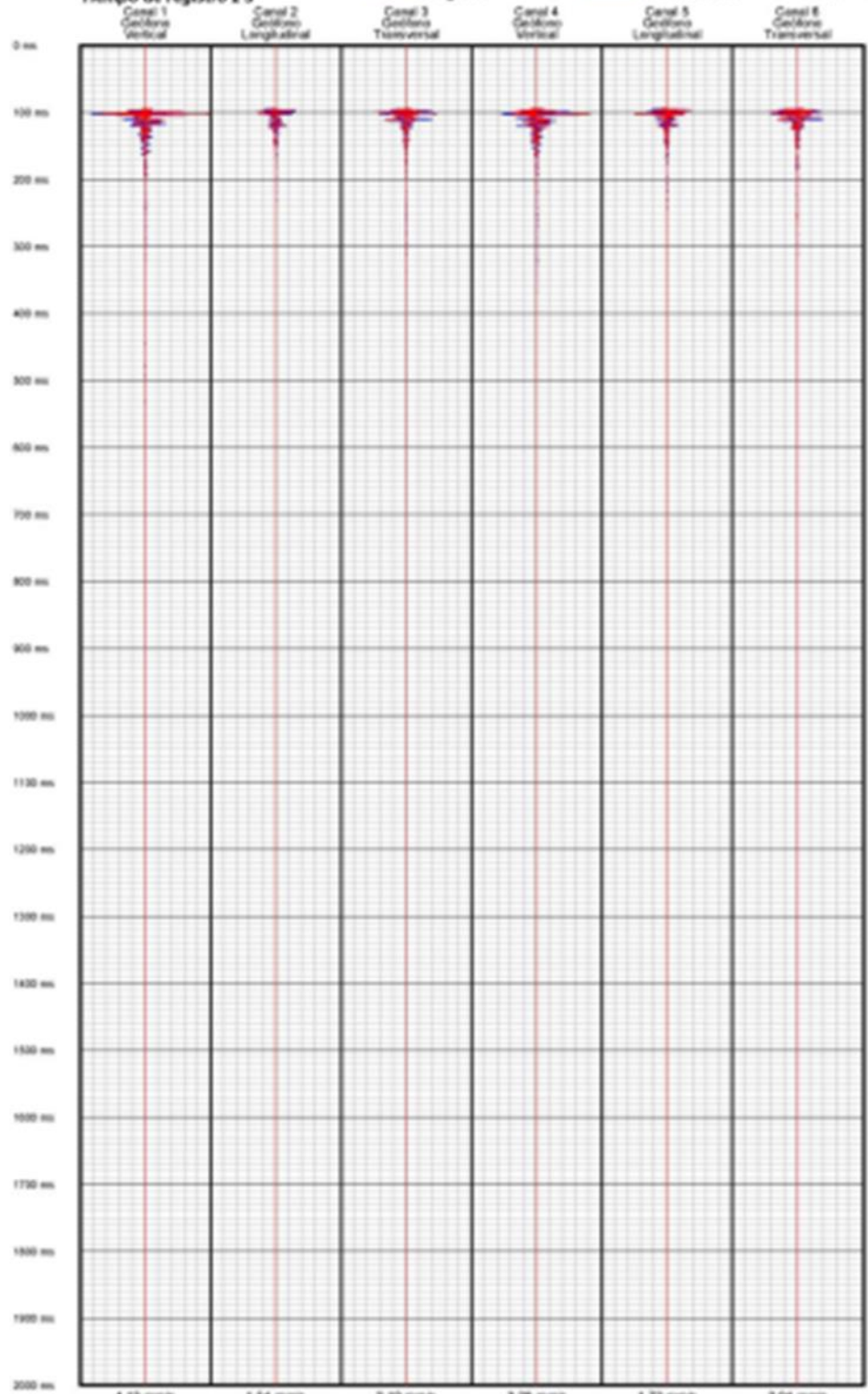
Página 1/1



Escala vertical: 91 mm/s²
 Escala horizontal: 0.25 m/s²

Monitoreo de voladura N°4 (Prueba)





Escala vertical: 10 mm/s	4,13 mm/s	1,04 mm/s	2,32 mm/s	3,28 mm/s	1,72 mm/s	2,08 mm/s
Escala horizontal: 10 mm/s	7,80 mm/s ²	2,21 mm/s ²	3,79 mm/s ²	8,35 mm/s ²	3,87 mm/s ²	3,30 mm/s ²
Escala horizontal: 10 mm/s	1,8 mm/s ²	1,8 mm/s ²	1,8 mm/s ²	1,8 mm/s ²	1,8 mm/s ²	1,8 mm/s ²

Validación *in situ* de no daño a la subestación eléctrica según la norma DIN 415



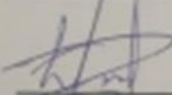
Reporte diario

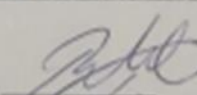
SOCIEDAD MINERA CORONA S.A.					
DISPARO N°	1	FECHA	24/06/19 (DIA)	LABOR	0007710
				NIVEL	1070 - PISO 13
				ZONA:	V

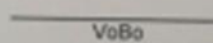
DATOS TECNICOS	
Tipo de Roca	ORTONITE
Densidad de Roca	244 gr/cc
Sección de labor (A X H)	3.50 x 3.00 m
N° Taladros Cargados	30 taladros
N° Taladros de Alivio	4 taladros
Diametro de Taladro	450 mm
Longitud Promedio x taladro	3.25 Metros
Tipo de Roca	IVA

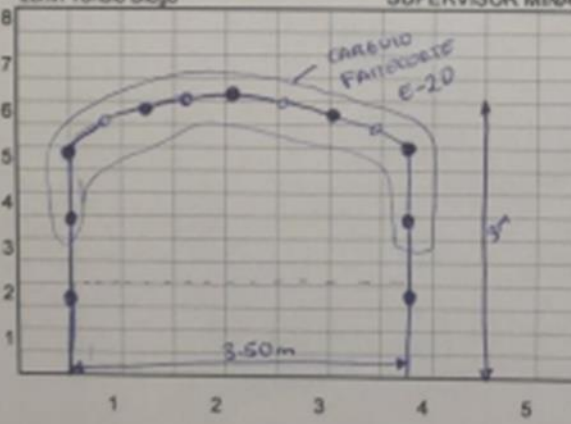
RESULTADOS DE VOLADURA		
N° de tiros cortados		Unid
Longitud Avance	3.20	m
Longitud Prom. Taco	0.05	m
Volumen Roto		m3
Tonelaje Roto		Ton
Factor de Carga		Kg/m3
Factor de Avance	22.96	Kg/m
Factor de Potencia		Kg/Ton

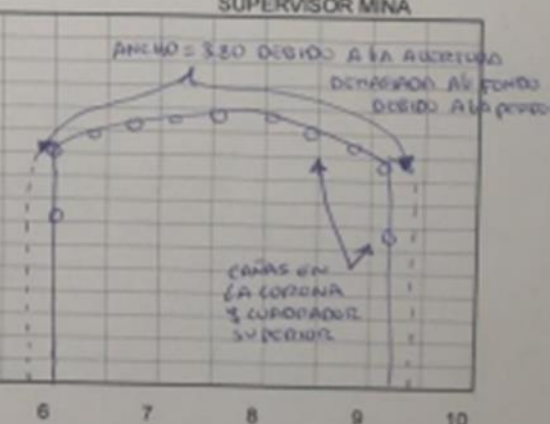
EXPLOSIVO / ACCESORIOS POR DISPARO					OBSERVACIONES:
	Qty	Kg	COSTOS VOLADURA		
Emulnor 3000 (1 1/2" x 12")	140 Carts	1.68	54.7	91.9	ANCHO = 3.80m ALTO = 2.97m
Emulnor 3000 (1 1/4" X 12")	55 Carts	1.68	14.6	24.6	
Emulnor 3000 (1 1/8" X 12")	Carts	1.68			
Emulnor 1000 (1 1/8" X 12")	Carts	1.63			
Cordon Detonante 80P	m	1.92			RECOMENDACION: CONTROLAR LA PERFORACION AL FONDO DEL TALADRO PARA EVITAR LA SOBREADTURA.
Famecorte E-20	30 pza	4.3	4.2	17.9	
Total Explosivo utilizado			33.5	134.37	
Fanel 3.6 m (Detonador No Electr)	30 pza	0.87		26.10	
Cordon detonante 3P	30 m	0.17		5.02	
Carmex 7 pies	2 pza	0.58		1.16	
Mecha rapida Z-18	0.10 m	0.35		0.04	
Total Accesorio utilizado				32.32	
Total Explosivos y Accesorios				166.69	
Costo de Explosivo por metro de Avance \$/m				52.3	


PERSONAL FAMESA
Lenin Torbio Diego


VoBo
SUPERVISOR MINA


VoBo
SUPERVISOR MINA





SOCIEDAD MINERA CORONA S.A.

DISPARO N°	2	FECHA	24/06/19	O/A	LABOR	SN 3843 NW	NIVEL	1070	Piso	0
ZONA: V										

DATOS TECNICOS

Tipo de Roca	DESTINTE
Densidad de Roca	2.64 gr/cc
Sección de labor (A X H)	3.50 x 3.00 m
N° Taladros Cargados	30 taladros
N° Taladros de Alivio	4 taladros
Diametro de Taladro	45.0 mm
Longitud Promedio x taladro	3.20 Metros
Tipo de Roca	IB

RESULTADOS DE VOLADURA

N° de tros cortados	Unid
Longitud Avance	3.05 m
Longitud Prom. Taco	0.15 m
Volumen Roto	m3
Tonelaje Roto	Ton
Factor de Carga	Kg/m3
Factor de Avance	24.04 Kg/m
Factor de Potencia	Kg/Ton

EXPLOSIVO / ACCESORIOS POR DISPARO

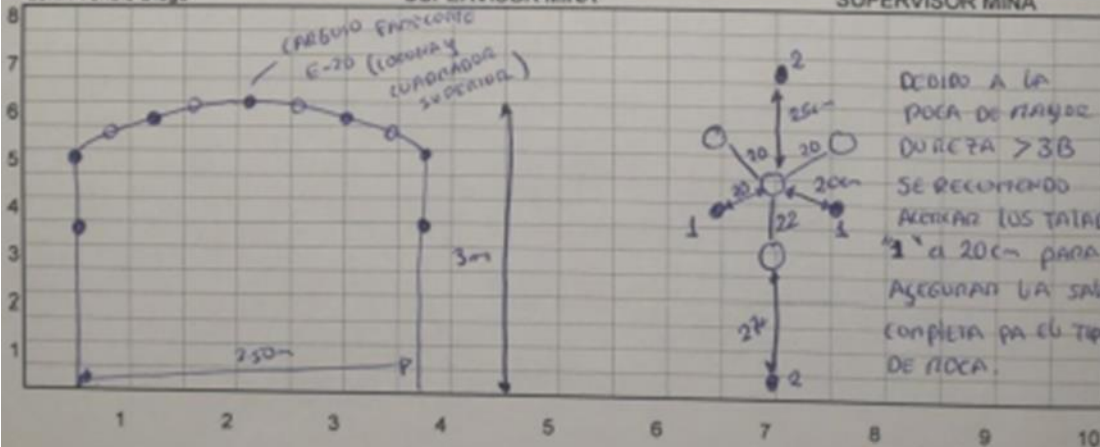
	\$/kg	Kg	COSTOS VOLADURA
Emulnor 3000 (1 1/2" x 12")	140	Carts	1.68 54.7 41.9
Emulnor 3000 (1 1/4" X 12")	55	Carts	1.68 14.6 24.6
Emulnor 3000 (1 1/8" X 12")		Carts	1.68
Emulnor 1000 (1 1/8" X 12")		Carts	1.63
Cordon Detonante 80P		m	1.92
Famecorte E-20	30	pza	4.3 4.2 17.9
Total Explosivo utilizado			43.5 134.32
Fanel 3.6 m (Detonador No Electr)	30	pza	0.87 26.10
Cordon detonante 3P	30	m	0.17 5.02
Carmex 7 pies	2	pza	0.58 1.16
Mecha rapida Z-18	0.1	m	0.35 0.04
Total Accesorio utilizado			32.32
Total Explosivos y Accesorios			166.64
Costo de Explosivo por metro de Avance \$/m			54.65

OBSERVACIONES:
 SACAR 20m DE CORDON DETONANTE
 SE TIENE QUE USAR EMULNOR 3000 1 1/4 x 12" EN LOS HASTIALES
 NO EL 3000 1 1/2 x 12"

PERSONAL FAMESA
 Lenin Toribio Diego

VaBo
 SUPERVISOR MINA

VaBo
 SUPERVISOR MINA



SOCIEDAD MINERA CORONA S.A.

DISPARO N°	2	FECHA	24/06/19	O/A	LABOR	SN 3843 NW	NIVEL	1070	Piso	0
ZONA: V										

DATOS TECNICOS

Tipo de Roca	DESTINTE
Densidad de Roca	2.64 gr/cc
Sección de labor (A X H)	3.50 x 3.00 m
N° Taladros Cargados	30 taladros
N° Taladros de Alivio	4 taladros
Diametro de Taladro	45.0 mm
Longitud Promedio x taladro	3.20 Metros
Tipo de Roca	IB

RESULTADOS DE VOLADURA

N° de tros cortados	Unid
Longitud Avance	3.05 m
Longitud Prom. Taco	0.15 m
Volumen Roto	m3
Tonelaje Roto	Ton
Factor de Carga	Kg/m3
Factor de Avance	24.04 Kg/m
Factor de Potencia	Kg/Ton

EXPLOSIVO / ACCESORIOS POR DISPARO

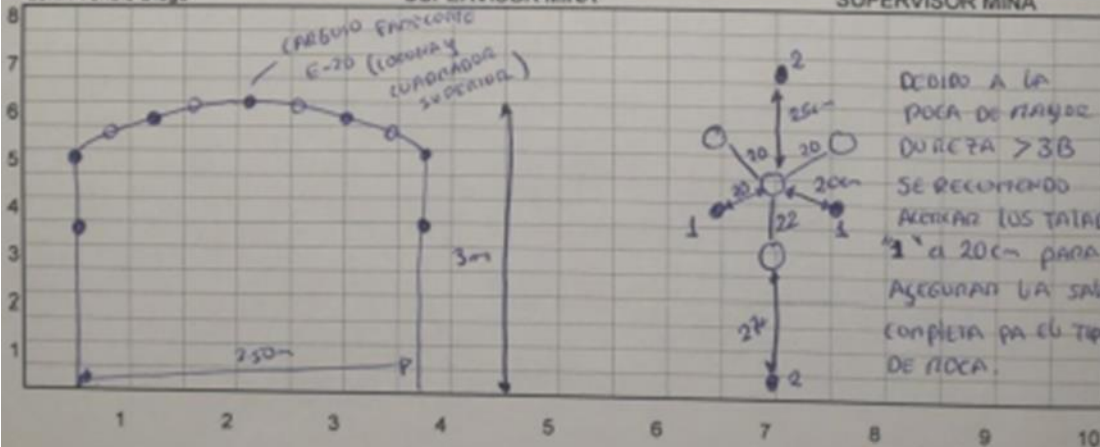
	\$/kg	Kg	COSTOS VOLADURA
Emulnor 3000 (1 1/2" x 12")	140 Carts	1.68	54.7 41.9
Emulnor 3000 (1 1/4" X 12")	55 Carts	1.68	14.6 24.6
Emulnor 3000 (1 1/8" X 12")	Carts	1.68	
Emulnor 1000 (1 1/8" X 12")	Carts	1.63	
Cordon Detonante 80P	m	1.92	
Famecorte E-20	30 pza	4.3	4.2 17.9
Total Explosivo utilizado			73.5 134.32
Fanel 3.6 m (Detonador No Electr)	30 pza	0.87	26.10
Cordon detonante 3P	30 m	0.17	5.02
Carmex 7 pies	2 pza	0.58	1.16
Mecha rapida Z-18	0.1 m	0.35	0.04
Total Accesorio utilizado			32.32
Total Explosivos y Accesorios			166.64
Costo de Explosivo por metro de Avance \$/m			54.65

OBSERVACIONES:
 SACAR 20m DE CORDON DETONANTE
 SE TIENE QUE USAR EMULNOR 3000 1 1/4 x 12" EN LOS HASTIALES
 NO EL 3000 1 1/2 x 12".

PERSONAL FAMESA
 Lenin Toribio Diego

VaBo
 SUPERVISOR MINA

VaBo
 SUPERVISOR MINA



DEBIDO A LA POCA DE RAYOS DIRECTA > 3B SE RECOMIENDA ACORTAR LOS TALADROS 1' a 20cm PARA ASEGURAR LA SALIDA COMPLETA PA EL TIPO DE ROCA.