

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Evaluación de la perforación, voladura y aceros de perforación con
fines de mejora, en Nexa Resources Atacocha S.A.A.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Richard Samuel OSCATEGUI CHUQUILLANQUI

Asesor:

Mg. Joel Enrique OSCUVILCA TAPIA

Cerro de Pasco - Perú - 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Evaluación de la perforación, voladura y aceros de perforación con
fines de mejora, en Nexa Resources Atacocha S.A.A.**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Teodoro SANTIAGO ALMERCO
PRESIDENTE

Mg. Silvestre Fabian BENAVIDES CHAGUA
MIEMBRO

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería de Minas
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas



Firmado digitalmente por CONDOR
SURICHAQUI Santa Silvia FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 18.12.2024 19:04:30 -05:00



INFORME DE ORIGINALIDAD N° 075-2024

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. Richard Samuel OSCATEGUI CHUQUILLANQUI

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:
Tesis

Título del trabajo
**"EVALUACIÓN DE LA PERFORACIÓN, VOLADURA Y ACEROS DE
PERFORACIÓN CON FINES DE MEJORA, EN NEXA RESOURCES
ATACCOCHA S.A.A."**

Asesor:
Mg. Joel Enrique, OSCUVILCA TAPIA

Índice de Similitud: **16 %**

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 18 de diciembre de 2024.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

A mis amados padres, por su amor incondicional, su constante guía y por ser ejemplo de fe, sacrificio y perseverancia. Gracias por sembrar en mí los valores que hoy me sostienen.

A mis hermanos, quienes han sido mi alegría y apoyo. Su compañía y cariño han sido un regalo de Dios en esta etapa.

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ingeniería de Minas, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente, y a todos mis profesores, por su enseñanza, exigencia y dedicación durante estos años de formación.

A toda mi familia, gracias por estar presentes en los momentos importantes, por su apoyo sincero, sus consejos y por estar presentes a lo largo de este camino. Gracias su apoyo incondicional. Cada uno de ustedes ha sido parte esencial de este logro.

A mi Guardia “B” de Operaciones del Tajo San Gerardo, gracias por su apoyo, comprensión y por enseñarme con el ejemplo el valor del trabajo en equipo en el campo laboral.

Finalmente, a todos aquellos que, de una u otra forma, han sido parte de este proceso, ya sea con una palabra, un gesto o una oración, les agradezco de corazón. Este logro no es solo mío, sino también de cada uno de ustedes.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación que tiene como título: **“EVALUACION DE LA PERFORACION, VOLADURA Y ACEROS DE PERFORACION CON FINES DE MEJORA, EN NEXA RESOURCES ATACocha S.A.A.”** donde se ha establecido como objetivo principal determinar los valores de los parámetros de perforación, voladura y aceros de perforación al realizar la evaluación y ver si hay necesidad de realizar mejoras en la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACocha S.A.A.

La hipótesis principal planteada es: Al determinar los parámetros de la perforación, voladura y aceros de perforación durante la evaluación, vemos que dichos valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACocha S.A.A.

Respecto a la metodología, la investigación realizada es tipo aplicada, con un nivel descriptivo explicativo, y el diseño es cualitativo no experimental, y la técnica utilizada es la observación directa y recopilación documental, se tomo como muestra los bancos 4348, 4346, 4216, 4342 labores donde se pudieron recoger los datos de perforación y voladura. Finalizando la investigación, con las conclusiones y recomendaciones respectivas

Palabras claves: Evaluación, perforación, voladura, aceros de perforación

ABSTRACT

This research work is titled: "EVALUATION OF DRILLING, BLASTING AND DRILLING STEEL FOR IMPROVEMENT PURPOSES, AT NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A." where the main objective has been established to determine the values of the drilling, blasting and drilling steel parameters when carrying out the evaluation and see if there is a need to make improvements in the NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A Mining Unit.

The main hypothesis raised is: When determining the parameters of drilling, blasting and drilling steel during the evaluation, we see that these values are within the parameters established by the Mining Unit NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A.

Regarding the methodology, the research carried out is application type, with a descriptive explanatory level, and the design is qualitative, non-experimental, and the technique used is direct observation and documentary collection, banks 4348, 4346, 4216 were taken as a sample. 4342 jobs where drilling and blasting data could be collected. Completing the investigation, with the respective conclusions and recommendations

Keywords: Evaluation, drilling, blasting, drilling steels

INTRODUCCIÓN

En la unidad minera Atacocha cuyo sistema de explotación es el subterráneo y el superficial, hay necesidad de evaluar el proceso de voladura y perforación para poder detectar deficiencias, problemas referentes a los equipos, materiales, personal, y al proceso en si, los cuales pueden ocasionar costos excesivos, consumo elevado de materiales, accesorios tanto en la perforación como en la voladura. Estas evaluaciones nos servirán para poder corregir los problemas detectados y mejorar para poder obtener buenos resultados el proceso.

En lo referido a la estructura del trabajo, se planteó realizar por capítulos de la siguiente manera:

El capítulo I trata sobre el planteamiento del problema sobre la perforación, voladura y aceros de perforación, enfocando el planteamiento del problema, Problema General y específicos, Objetivo general y específicos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de las variables. Delimitación de la investigación y limitaciones.

El Capítulo II, se ocupa del Marco Teórico donde veremos los antecedentes de la investigación sobre temas de perforación, voladura, aceros de perforación usadas en las diferentes empresas. Se analizará las diferentes bases teóricas propuestas por autores y también veremos algunos términos más usados en la investigación.

Seguidamente, el Capítulo III, trata sobre la Metodología empleada, que contiene el método de investigación utilizado, el nivel y tipo de investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, las Técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procesamiento de Datos.

En el Capítulo IV realizamos un análisis y resultados de la investigación.

Por último, presentamos las conclusiones y recomendaciones, así como también mencionamos las referencias bibliográficas de todos los autores utilizados para esta investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.2.1. Delimitación espacial.....	2
1.2.2. Delimitación temporal	2
1.3. Formulación del problema.....	2
1.3.1. Problema general	2
1.3.2. Problema Específicos.....	2
1.4. Formulación de Objetivos	2
1.4.1. Objetivo general	2
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. Justificación del Problema	3
1.6. Limitaciones de la investigación.....	3

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio	4
2.1.1. Primer antecedente	4
2.1.2. Segundo antecedente	5
2.1.3. Tercer antecedente	5
2.1.4. Cuarto antecedente	6

2.1.5. Quinto antecedente	6
2.2. Bases teóricas científicas.....	7
2.2.1. Ubicación de la mina	7
2.2.2. Perforación	8
2.2.3. Aceros de perforación	11
2.2.4. Voladura superficial	13
2.2.5. Voladura de bancos.....	14
2.3. Definición de términos conceptuales.....	20
2.4. Enfoque filosófico - epistémico	24

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación	25
3.2. Nivel de investigación	25
3.3. Características de la investigación.....	25
3.4. Método de investigación	26
3.5. Diseño de investigación	26
3.6. Procedimiento de muestreo	26
3.6.1. Población	26
3.6.2. Muestra	26
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.7.1. Técnicas.....	27
3.7.2. Instrumentos.....	27
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	27
3.9. Orientación ética.....	27

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	28
4.1.1. Aspectos del Tajo San Gerardo.....	28

4.1.2. Sistema de minado actual	29
4.1.3. Parámetros de los bancos	32
4.1.4. Equipos de perforación.....	35
4.1.5. Aceros de perforación	38
4.1.6. Voladura.....	40
4.1.7. Parámetros de perforación y voladura.....	41
4.1.8. Explosivos	50
4.1.9. Evaluación de la perforación	56
4.1.10. Evaluación de la voladura.....	72
4.1.11. Control de aceros	75
4.1.12. Diseño de malla taja San Genaro	77
4.1.13. Diseño de carga	80
4.1.14. Informe de voladura.....	81
4.1.15. Reporte post voladura	91
4.1.16. Protocolo de voladura.....	93
4.1.17. Control de las vibraciones de la voladura	100
4.1.18. Reporte de vibraciones de la voladura.....	101
4.2. Discusión de resultados.....	103
4.3.1. Evaluación de la perforación	103
4.3.2. Evaluación de la voladura.....	104
4.3.3. Consumo y vida de los aceros de perforación	104
4.3.4. Otros aspectos evaluados	105

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables e indicadores.....	23
Tabla 2 Equipos de perforación	29
Tabla 3 Equipos de carguío	30
Tabla 4 Equipos de acarreo	31
Tabla 5 Equipos Auxiliares.....	32
Tabla 6 Parámetros de diseño de los bancos	32
Tabla 7 Datos técnicos de la DP1500i	35
Tabla 8 Datos técnicos de la FlexiROC D65	36
Tabla 9 Datos técnicos de la DX800	37
Tabla 10 Brocas utilizadas en los equipos de perforación del TSG	39
Tabla 11 Barras y tubos utilizadas en los equipos de perforación del TSG	40
Tabla 12 Parámetros de perforacion y voladura.....	42
Tabla 13 Disponibilidad de explosivos en el Tajo San Gerardo.....	51
Tabla 14 Especificaciones técnicas del Fanel CTD.....	51
Tabla 15 Especificaciones técnicas del Fanel Dual.....	52
Tabla 16 Especificaciones técnicas del Fanel LSEF (línea silenciosa)	52
Tabla 17 Especificaciones técnicas del Booster HDP-1/2 (225g)	53
Tabla 18 Especificaciones técnicas del Examon P (ANFO)	53
Tabla 19 Especificaciones técnicas del SAN-G.....	54
Tabla 20 Especificaciones técnicas del Emulex 100	54
Tabla 21 Rendimiento de perforacion mes de marzo	56
Tabla 22 Control del Rendimiento de perforacion - Perforadora PE- 002.....	60

Tabla 23 Consumo de combustible - Perforadora PE- 002	61
Tabla 24 Costo de brocas - Perforadora PE- 002.....	61
Tabla 25 Costo de Shank - Perforadora PE- 002	62
Tabla 26 Costo de barras - Perforadora PE- 002	62
Tabla 27 Resumen de costos de perforacion -Equipo de perforacion PE - 002.....	63
Tabla 28 Control del Rendimiento de perforacion - Perforadora PE- 004.....	64
Tabla 29 Consumo de combustible - Perforadora PE- 004	65
Tabla 30 Costo de brocas - Perforadora PE- 004.....	65
Tabla 31 Costo de Shank - Perforadora PE- 004	66
Tabla 32 Costo de barras - Perforadora PE- 004	66
Tabla 33 Resumen de costos de perforacion -Equipo de perforacion PE - 004.....	67
Tabla 35 Control del Rendimiento de perforacion - Perforadora PE- 008.....	68
Tabla 36 Consumo de combustible - Perforadora PE- 008	69
Tabla 37 Costo de brocas - Perforadora PE- 008.....	69
Tabla 38 Costo de Shank - Perforadora PE- 008	70
Tabla 39 Costo de barras - Perforadora PE- 008	70
Tabla 40 Resumen de costos de perforacion -Equipo de perforacion PE - 008.....	71
Tabla 41 Resumen total de costo de perforacion	71
Tabla 42 RESUMEN TOTAL.....	72
Tabla 43 Parametros de la voladura por día mes de marzo 2022	72
Tabla 44 Consumo de explosivos y accesorios en la voladura por día me de marzo 2022.....	73
Tabla 45 Costo de explosivos por día mes de marzo 2022	73

Tabla 46 Costo de accesorios por día mes de marzo 2022.....	74
Tabla 47 Costo mensual de voladura 2022.....	74
Tabla 48 Vida promedio de brocas, barra, shank en la perforacion.....	75
Tabla 49 Distribución de carga.....	95
Tabla 50 Control de las vibraciones de la voladura mes de febrero	100
Tabla 51 Control de las vibraciones de la voladura mes de marzo.....	100
Tabla 52 Control de las vibraciones de la voladura mes de abril.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la mina.....	8
Figura 2 Perforación mecánica de rocas.....	9
Figura 3 Transmisión de la energía a la roca	10
Figura 4 Tren de varillaje para equipo mecanizado Top Hammer	11
Figura 5 Accesorios del acero de perforación	11
Figura 6 Brocas roscadas	12
Figura 7 Acople de perforación	12
Figura 8 Barras de extensión	13
Figura 9 Adaptadores	13
Figura 10 Voladura de banco nomenclatura vista de perfil.....	16
Figura 11 Vista de un banco y su nomenclatura	16
Figura 12 Banco y su nomenclatura.....	17
Figura 13 Salida en paralelo	18
Figura 14 Salida en diagonal	18
Figura 15 Salida en cuña o en “V”	19
Figura 16 Salida trapezoidal	19
Figura 17 Carga del explosivo a un taladro	20
Figura 18 Carga de taladros en diferentes condiciones	20
Figura 19 Vista del tajo San Gerardo	28
Figura 20 Taladros perforados en el Tajo San Gerardo	29
Figura 21 Carguío del mineral a los camiones	30
Figura 22 Camiones para el transporte de mineral.....	31

Figura 23 Plataforma de trabajo.....	33
Figura 24 Ancho de banco	33
Figura 25 Perforación de los taladros.....	34
Figura 26 Perforadora DPI 500i Sandvik.....	35
Figura 27 Perforadora FlexiROC D65 -Epiroc	36
Figura 28 Perforadora DX800 – Sandvik.....	37
Figura 29 Partes de la retráctil GT60 de 5"- RG127DSR (Robit), vista lateral	38
Figura 30 Partes de la retráctil GT60 de 5"- RG127DSR (Robit), vista isométrica.....	39
Figura 31 Barra de perforación con acoplamiento incorporado (TH)	40
Figura 32 Carguío de los taladros para la voladura.....	41
Figura 33 Diseño de la malla de perforacion	43
Figura 34 Malla triangular	44
Figura 36 Parámetros de diseño de la malla de perforación en el TSG.....	46
Figura 37 Diseño de carga para taladros de producción	48
Figura 38 Diseño de carga para taladros de buffer	49
Figura 39 Diseño de carga para taladros de precorte	50
Figura 40 Metros perforados mes de marzo.....	56
Figura 41 Taladros ejecutados mes de marzo	57
Figura 42 Metros perforados y horas de perforación HM	57
Figura 43 Producción por operadores.....	58
Figura 44 Horas de perforación y horas de percusión.....	58
Figura 45 Consumo de combustible mensual	59
Figura 46 Costo mensual de voladura 2022.....	75

Figura 47 Vida promedio de accesorios de la perforadora DX700	76
Figura 48 Vida promedio de accesorios de la perforadora DX800	76
Figura 49 Vida promedio de accesorios de la perforadora FELXY ROCK D65	77
Figura 50 Vida promedio de accesorios de la perforadora DP1500I	77
Figura 51 Diseño de malla roca dura	78
Figura 52 Diseño de malla roca media dura.....	78
Figura 53 Diseño de malla roca media blanda	79
Figura 54 Vista de proyecto 4246 – 0225 fase 02 banco 4246.....	79
Figura 55 Proyecto 4318-12 cargado con explosivo al 100%.....	80
Figura 56 Diseño de carga.....	81
Figura 57 Informe de voladura 625 realizado el 06 de enero del 2022	82
Figura 58 Reporte de volumen, factor de carga y factor de potencia.....	83
Figura 59 Plano de diseño de malla de perforacion y voladura	84
Figura 60 Croquis de amarre de la voladura	85
Figura 61 Plano de ubicación del proyecto en el tajío San Gerardo	85
Figura 62 Ubicación del sismografo	86
Figura 63 Lectura del sismografo.....	86
Figura 64 Reporte de vibraciones de la voladura 625	87
Figura 65 Ubicación del sismografo	87
Figura 66 Plano de ubicación de estacion metereologica.....	88
Figura 67 Reporte de estacion metereologica.....	88
Figura 68 Registro fotografico antes de la voladura	89
Figura 69 Registro fotografico despues de la voladura	89

Figura 70 Registro de carguio de camion fabrica con San - G	90
Figura 71 Taladros no iniciados por falla de producto	91
Figura 72 Reporte de post voladura.....	92
Figura 73 Notificación de voladura N° 629/F02-4246-21.....	94
Figura 74 Diseño de carga en voladura de Producción	96
Figura 75 Diseño de amarre proyecto 629	97
Figura 76 Registro de meeting de voladura N° 629/F02-4246-21.....	97
Figura 77 Radio de influencia de la voladura N° 629.....	98
Figura 79 Vista del area a volar antes de la voladura.....	99
Figura 80 Vista del area despues de la voladura	99
Figura 81 Reporte de vibraciones voladura 635.....	101
Figura 82 Reporte de vibraciones voladura 636.....	102

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

Las diferentes empresas mineras realizan sus operaciones aplicando diferentes procesos para que puedan lograr beneficios de índole económico, uno de estos procesos es la perforación y voladura; actividad que a la vez es la más importante y delicadas lo cual debe estar en constante evaluación y mejora.

En la unidad minera Atacocha cuyo sistema de explotación es el subterráneo y el superficial, hay necesidad de evaluar el proceso de voladura y perforación para poder detectar deficiencias, problemas referentes a los equipos, materiales, personal, al proceso en si los cuales pueden ocasionar costos excesivos, consumo elevado de materiales, accesorios tanto en la perforación como en la voladura. Estas evaluaciones nos servirán para poder corregir los problemas detectados y mejorar para poder obtener buenos resultados el proceso.

Frente a esta preocupación se plantea realizar la presente investigación, que consistirá en evaluar los parámetros de la perforación y voladura, así como el de los aceros de perforación.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación se llevará a cabo en la Unidad Minera Atacocha que se halla en el distrito San Francisco de Yarusyacán, provincia de Pasco, Departamento Pasco

1.2.2. Delimitación temporal

El tiempo que se está estimando es de 6 meses enero a julio del 2022

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Al realizar la evaluación de la perforación, voladura y aceros de perforación que valores tienen sus parámetros y si hay necesidad de realizar mejoras en la unidad minera NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A.?

1.3.2. Problema Específicos

- a. ¿Cuál es el rendimiento de los parámetros de perforación y voladura al realizar la evaluación en la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A.?
- b. ¿Cuál es el rendimiento de los parámetros de los aceros de perforación al realizar la evaluación en la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A.?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar los valores de los parámetros de perforación, voladura y aceros de perforación al realizar la evaluación y ver si hay necesidad de realizar mejoras en la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Determinar el rendimiento de los parámetros de perforación y voladura al realizar la evaluación en la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A.
- b. Determinar el rendimiento de los parámetros de los aceros de perforación al realizar la evaluación en la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A

1.5. Justificación del Problema

La investigación justifica su realización toda vez que hay necesidad de realizar en forma periódica las evaluaciones y poder conocer los parámetros con la que se viene trabajando si son los adecuados o no, también para poder detectar los diferentes problemas e inconvenientes en estos procesos y poder plantear soluciones. Esto es una justificación desde el punto de vista practico

Desde el punto de vista teórico al realizar una evaluación de la perforación, voladura y de los aceros de perforación esteremos aplicando los fundamentos teóricos en la que se basa la perforación, voladuras encontradas en los documentos como libros, revistas y otras informaciones.

Desde el punto de vista económico se justifica porque de acuerdo a los resultados que obtenemos se podrán corregir errores que pueden significar costos para la empresa.

1.6. Limitaciones de la investigación

Al desarrollar la investigación se ha tenido pocos obstáculos o limitaciones para la realización del estudio, los cuales se solucionaron en su debido momento y que no significo retraso ni impedimento para la culminación

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Primer antecedente

La tesis de (ROJAS, 2013) que tiene por título “GESTIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL USO DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN EN LA MINA RADOMIRO TOMIC DE LA DIVISIÓN RADOMIRO TOMIC DE CODELCO-CHILE” tiene por objetivo elaborar un programa de mejoramiento en cuanto al control de los elementos de perforación (aceros de perforación) para la mina Radomiro Tomic.

Como conclusión se tiene:

Al hacer el estudio se detectó que el programa muestra errores de alimentación de datos por confusión de términos, uso de palabras no adecuadas

En relación al costo total de la perforación, el costo de aceros de perforación con perforadoras PV fue un 18.61 % y con las perforadoras DML el costo de sus aceros fue de 33.79 %

El costo por metro de perforación en perforadoras PV fue de 14.26 \$/m y en las perforadoras DLM fue de 9.94 \$/m

Los aceros que tuvieron mejor rendimiento de acuerdo a las marcas fueron:

Para brocas triconicas las marcas WLS y Atlas Copco, para las barras las de Tassaroly, para los anillos fue las marcas Tassaroly y Metal Tools, para los estabilizadores los de Metal Tools

2.1.2. Segundo antecedente

En la tesis de (APARCO, GARCIA, 2019) titulado “OPTIMIZACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN MINA SAN VICENTE – CIA. SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A. AÑO 2018” tiene por objetivo ver la influencia que tiene en los costos al optimizar la vida útil de los aceros de perforación, como conclusión indica:

Al optimizar se obtuvo un 35 % más de la vida útil de las brocas de 45 mm

La vida útil de las barras de perforación llega a un 31 % más,

Se logro mejorar el proceso de voladura al controlar los problemas de la perforación de taladros

Se redujo los costos por consumo de acero en 17,220.42 \$/año

Indica que un mal estudio geomecánica de la roca influye negativamente en el rendimiento de la perforación

2.1.3. Tercer antecedente

Al revisar la tesis de (BERROSPI, 2019) titulado “Optimización de la perforación y voladura para mejorar la zona de profundización en la mina Andaychagua de la Cía. minera Volcán S.A.A” presenta como objetivo ver si con el uso de emulsiones EBC Quantex Sub y al evaluar la perforación y voladura se cumple con el avance determinado.

Como conclusión tenemos:

Afirma que si se mejoró mejorar el avance por disparo programado al usar la emulsión; así en taladros de 14' se avanzó 3.64 m/disparo y en 12 pies se avanzó 3.21 m/disparo.

El avance en sub niveles de 5 m. x 4 m. fue de 3.59 m/disparo, en rampas de 4 m. x 4.20 m se tuvo un avance de 3.63 m/disparo en tajeos de 12 m. x 5 m. se tiene un rendimiento de 4.08 m/disparo

El rendimiento de las emulsiones fue de 95.5 % por disparo

También se redujo el número de taladros de 44 a 37 taladros con el nuevo diseño.

El costo que significo al usar estas emulsiones en la voladura se llegó a 94,571 \$/mes

2.1.4. Cuarto antecedente

Por otra parte, en la tesis de (RAMIREZ, SANDOVAL, 2020) que tiene por título “EVALUACIÓN TÉCNICA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS DE UNA MINA SUBTERRÁNEA EN CAJAMARCA – 2020” plantea como objetivo bajar los costos operativos de la perforación y voladura

Como conclusión llega a lo siguiente:

Se logro implementar una nueva malla de perforación y voladura, donde se alcanzó un avance de 1.16 m, con una eficiencia de 95 %

Los costos actuales de las operaciones de perforación y voladura son, costo de perforación: 109.868 \$(disparo, costo de voladura: 65.96 \$/disparo

Con el empleo de la nueva malla la perforación se realizó con 37 tal/disparo reduciendo un 19.5 % en relación al anterior

Los costos de la perforación y voladura fueron de: costo de perforación y voladura con la malla antigua: 175.831 \$/disparo y con la nueva malla fue de 140.548 \$/disparo, significando un 20 % de reducción de costos en estas operaciones.

2.1.5. Quinto antecedente

La tesis de (CONDORI, VELAZCO, 2021) “Optimización de perforación y voladura por el método de Roger Holmberg en minera aurífera Estrella de

Chaparra S.A.” cuyo objetivo es usando el modelo Holmberg y contando con nuevo diseño de malla mejorar la voladura

Como conclusión llegaron a:

Aplicando la nueva malla de perforación se logró incrementar la longitud efectiva de perforación, se redujo los costos, se disminuyó el número de taladros y se incrementó la producción

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Ubicación de la mina

Ubicación

“La unidad minera Atacocha está ubicada en el ala oriental de la Cordillera de los Andes, en la zona de Atacocha del distrito San Francisco de Yarusyacán, provincia de Pasco, Departamento Pasco. Atacocha es un depósito ubicado a 15 kilómetros de distancia. Noreste de la ciudad de Cerro de Pasco” (VILCAPOMA , 2020)

Accesibilidad

“El acceso a la mina es siguiendo la ruta Lima – La Oroya – Cerro de Pasco – Chicrín, cubriendo un recorrido de aproximadamente 324 km., Atacocha desde Chicrín hasta las instalaciones mineras es a través de una trocha carrozable de 7 km. de longitud” (VILCAPOMA , 2020)

Figura 1 *Ubicación de la mina*



2.2.2. Perforación

“La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blast holes” (LOPEZ JIMENO, 1987)

La perforación puede realizarse por:

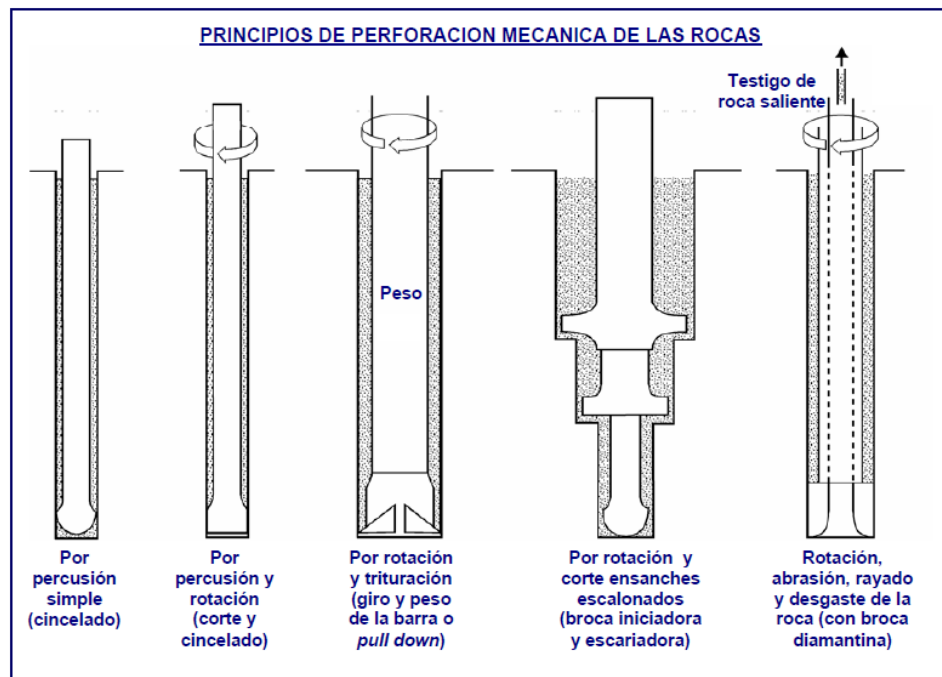
“Percusión: mediante el golpe y corte

Percusión /rotación: mediante golpe, corte y giro

Rotación: mediante corte por fricción y reyado

Fusión: mediante la fundición de la roca y mineral muy duros “

Figura 2 Perforación mecánica de rocas



Perforación rotopercutiva

La perforación rotopercutiva es uno de los dos grandes métodos mecánicos a parte de la perforación rotativa. Este método clásico de perforación es el más utilizado ya que se aplica para todos los tipos de roca, ya sea en obras públicas, subterráneas como en minas o explotaciones a cielo abierto.

El principio de perforación de estos equipos se basa en el impacto de una pieza de acero llamado pistón, que golpea y que a su vez transmite la energía al fondo del barreno, por medio de un elemento final denominado boca o bit (LOPEZ JIMENO, 1987)

Las acciones básicas que tienen lugar sobre el sistema de transmisión de energía has la boca de perforación son las siguientes

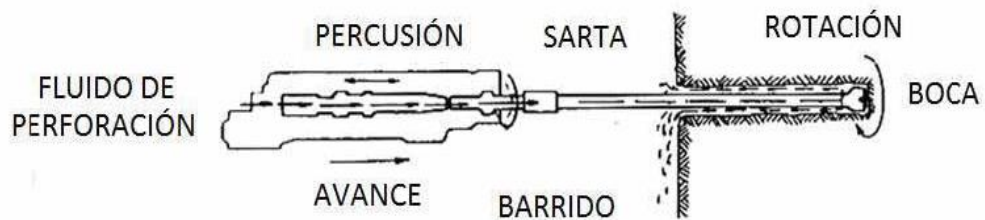
La percusión: los impactos producidos por el golpe del pistón originan ondas de choque que se transmiten a la boca a través del varillaje

La rotación se hace girar la boca para cambiar la zona de impacto

El empuje: para mantener en contacto la roca con la boca

El barrido: done el fluido permite extraer el detritus del fondo del barreno
(LOPEZ JIMENO, 1987)

Figura 3 Transmisión de la energía a la roca



Tipos de perforación

Perforación con martillo en cabeza (TopHammer)

Es cuando la percusión y la rotación se efectúa en el exterior del barreno, transmitiéndose a través de una espiga y del varillaje hasta la boca de perforación. Los martillos pueden ser de accionamiento neumático o hidráulico” (LOPEZ JIMENO, 1987)

Perforación con martillo en fondo (DTH)

Es cuando la percusión se realiza directamente sobre la boca de perforación, mientras que la rotación se efectúa en el exterior del barreno. El accionamiento del pistón se lleva a cabo neumáticamente, mientras que la rotación puede ser neumática o hidráulica” (LOPEZ JIMENO, 1987)

Ventajas de la perforación rotopercutiva

Se tiene:

“Se aplica a todas las rocas

La gama de diámetros de perforación es amplia

Sus equipos son versátiles, pues se adaptan bien a diferentes trabajos y tienen una gran movilidad

Se necesita un solo hombre para su manejo y operación

Su mantenimiento es fácil y rápido

Su precio no es elevado” (LOPEZ JIMENO, 1987)

2.2.3. Aceros de perforación

“Está compuesta por cuatro elementos, que vienen a ser la broca, la barra, el manguito y la culata” (LOPEZ JIMENO, 1987)

Figura 4 Tren de varillaje para equipo mecanizado Top Hammer

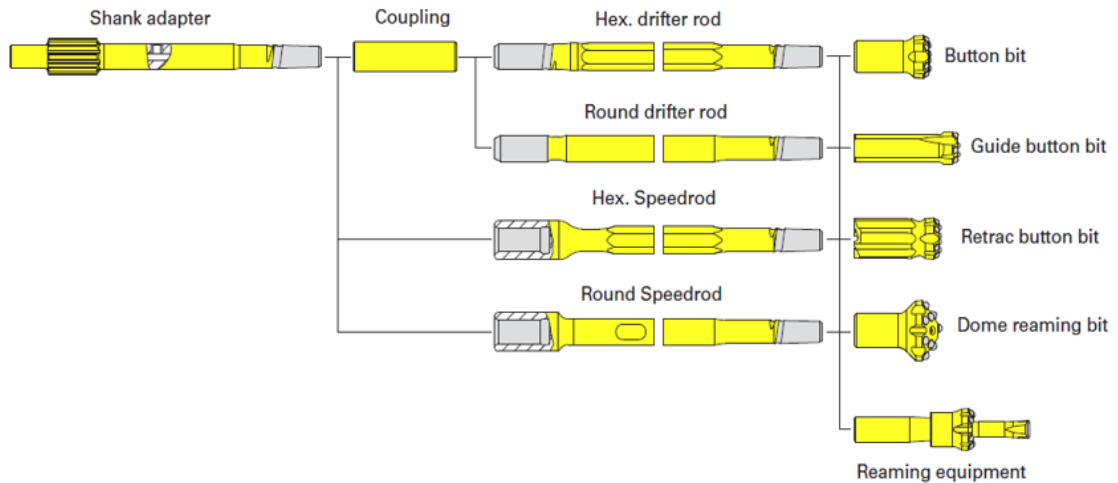
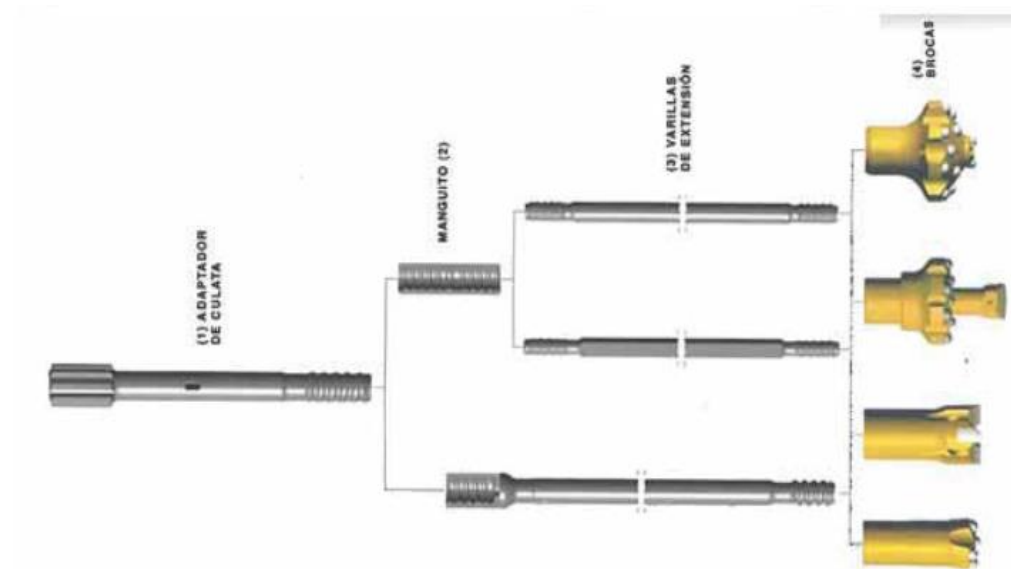


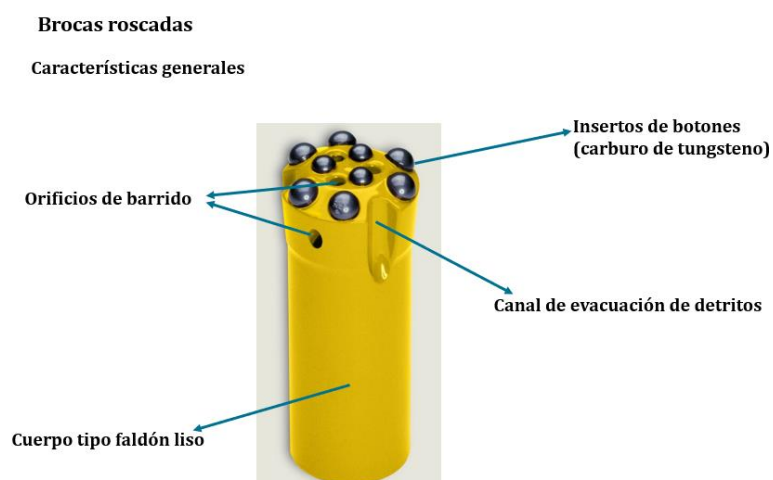
Figura 5 Accesorios del acero de perforación



Brocas

“Es una herramienta de corte que está compuesto de insertos periféricos y centrales, estos insertos están fabricados de carburo de tungsteno y son los que tienen contacto directo con la roca” (AIMA, 2021)

Figura 6 *Brocas roscadas*



Manguitos

“Conocido también como acoples, tiene como finalidad unir las barras con los adaptadores, este componente utiliza los equipos de perforación frontal, en cuanto a los equipos de taladros largos no es necesario de este componente, ya que las barras tienen en su extremo una rosca macho y en la otra una rosca hembra” (AIMA, 2021)

Figura 7 *Acople de perforación*

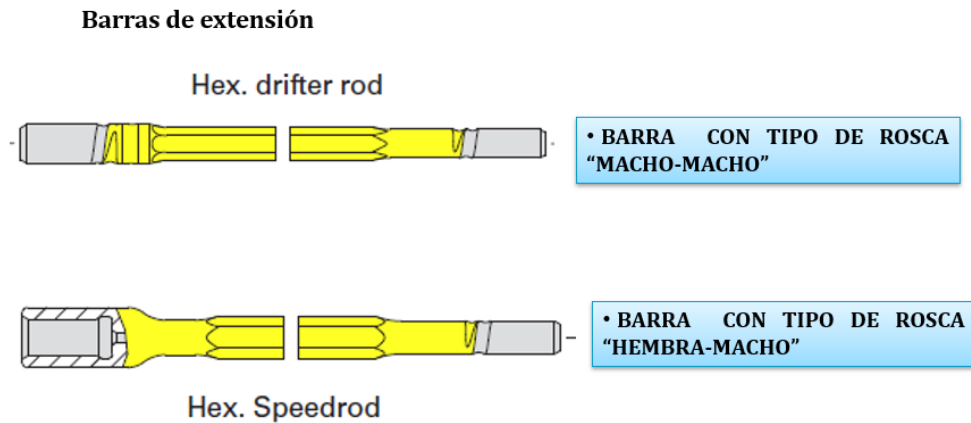


Barras

“Este componente se utiliza para transmitir el movimiento rotativo que genera la perforadora y son fabricados de material de acero, compuesto de un orificio en la parte central para el barrido de los detritos generados” (AIMA, 2021)

Figura Barras de extensión

Figura 8 Barras de extensión



Adaptadores

“Los adaptadores de culata, espigas o shank adapters son elementos que se fijan a las perforadoras para transmitir la energía de impacto, la rotación del varillaje y el empuje” (AIMA, 2021)

Figura 9 Adaptadores



2.2.4. Voladura superficial

La voladura superficial comprende:

1. Bancos para explotación minera y preparación de agregados para construcción.
2. Excavaciones en obras de ingeniería civil: zanjas, canales, cimentaciones.
3. Obras de ingeniería vial: cortes a media ladera, terraplenes, piedra dimensionada para escolleras y otros.

4. Pre-voladuras de aflojamiento para remover terreno sin desplazarlo.
5. Demoliciones y reducción de pedrones
6. Voladura de máximo desplazamiento para proyectar un gran volumen de roca a distancia.
7. Voladura de cráter con taladros cortos de gran diámetro para desbroce
8. La voladura superficial se efectúa con dos o más caras libres a diferencia de la subterránea que tiene una sola cara libre.

Por su menor confinamiento el consumo de explosivos por metro cúbico de roca movida es mucho menor que en subterráneo. Igualmente, a mayor dimensión de voladura, menor consumo de explosivo (EXSA, s.f.)

Condiciones básicas para voladura de superficie:

Son las siguientes

“Alivio o cara libre inicial (relief).

Relación de diámetro-burden-altura de cara libre

Distribución de los taladros (alignment).

Tipo y distribución de la carga explosiva (charge).

Secuencia de salidas (timming), para el desplazamiento de los fragmentos, normalmente de retardo corto” (EXSA, s.f.)

Tipos

Se tiene los siguientes tipos de voladura.

“Voladura convencional de bancos.

Voladura de máximo desplazamiento.

Voladura de cráter.”

2.2.5. Voladura de bancos

“Son excavaciones similares a escalones en el terreno con un mínimo de dos caras libres” (EXSA, s.f.)

“Según sus dimensiones pueden ser:

Voladuras con taladros de pequeño diámetro, de 65 a 165 mm.

Voladuras con taladros de gran diámetro, de 180 a 450 mm.

-Según su aplicación pueden ser:

Voladura convencional: Busca la máxima concentración, esponjamiento y desplazamiento del material roto (explotación minera).

Voladura de escollera: Para obtener piedras de gran tamaño.

Voladura de proyección (cast blasting): Para proyectar gran volumen de roca a gran distancia, usual en tajos de carbón.

Tajeos mineros subterráneos con dos caras libres: como breasting, VCR, LHB (EXSA, s.f.)

Parámetros

“Son las relaciones dimensionales entre las diferentes partes de un banco, siendo las principales:

Superficie del banco

Altura de banco

Diámetro de taladros.

Burden

Espaciamiento.

Profundidad del taladro

Sobreperforación

Longitud y distribución de columna explosiva

Longitud de taco.

Volumen de roca a romper”

Figura 10 Voladura de banco nomenclatura vista de perfil

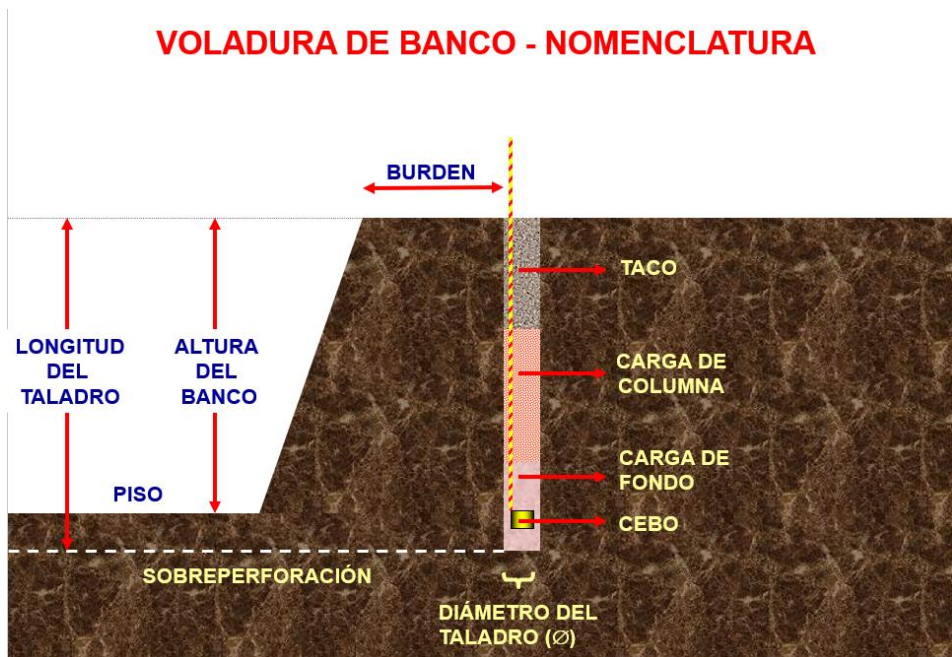


Figura 11 Vista de un banco y su nomenclatura

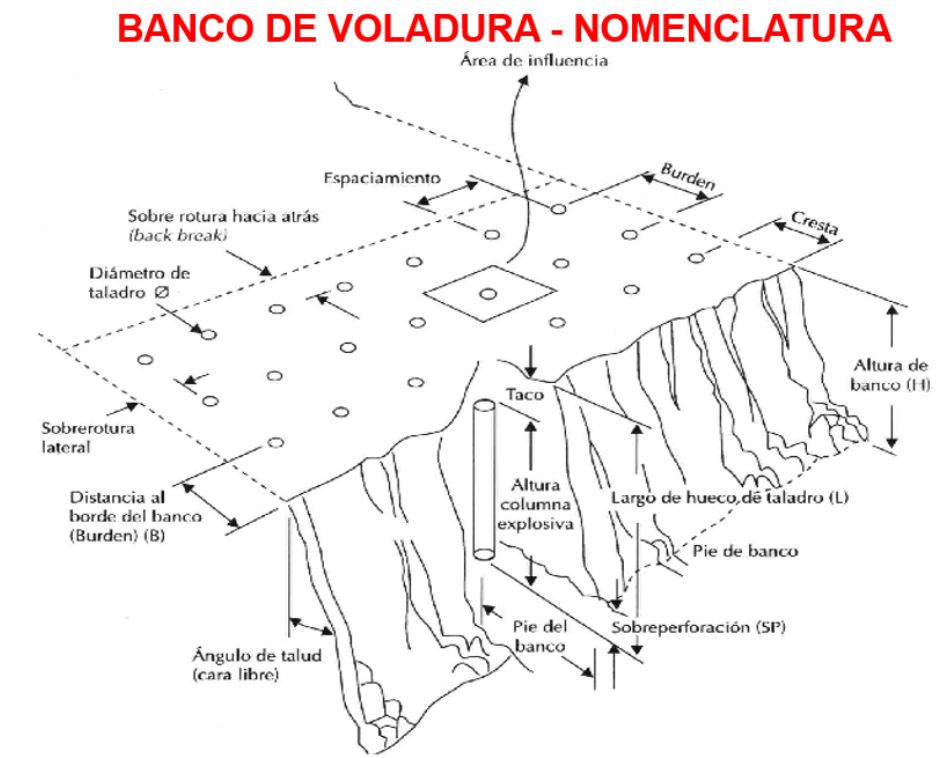
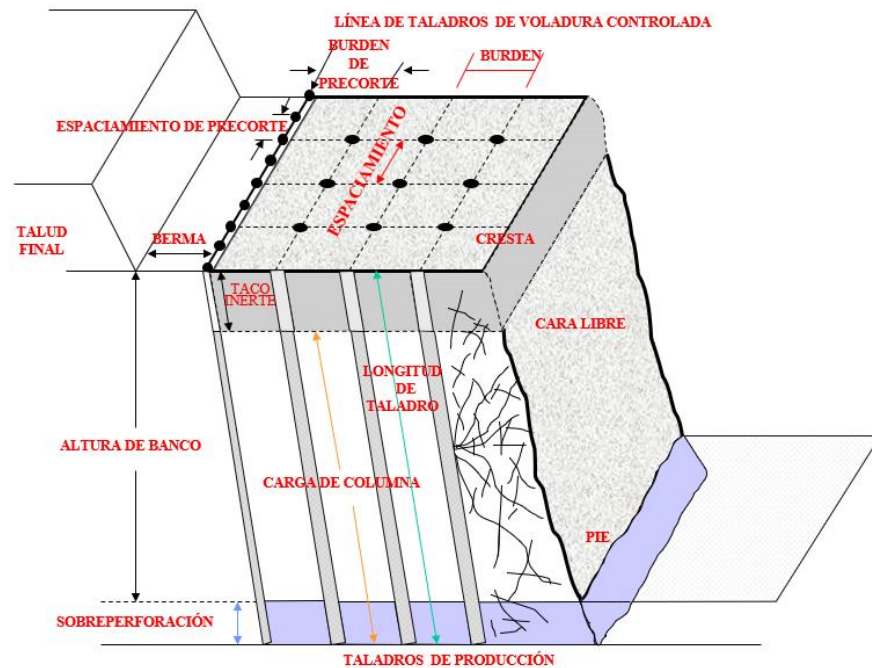


Figura 12 Banco y su nomenclatura

BANCO - NOMENCLATURA



Ciclo básico de excavación

El ciclo básico de excavación con perforación y voladura, comprende las siguientes fases:

“Perforación de los taladros.

Cebado y carga de explosivo.

Tendido o amarre del sistema de iniciación

Despeje del área de voladura.

Disparo.

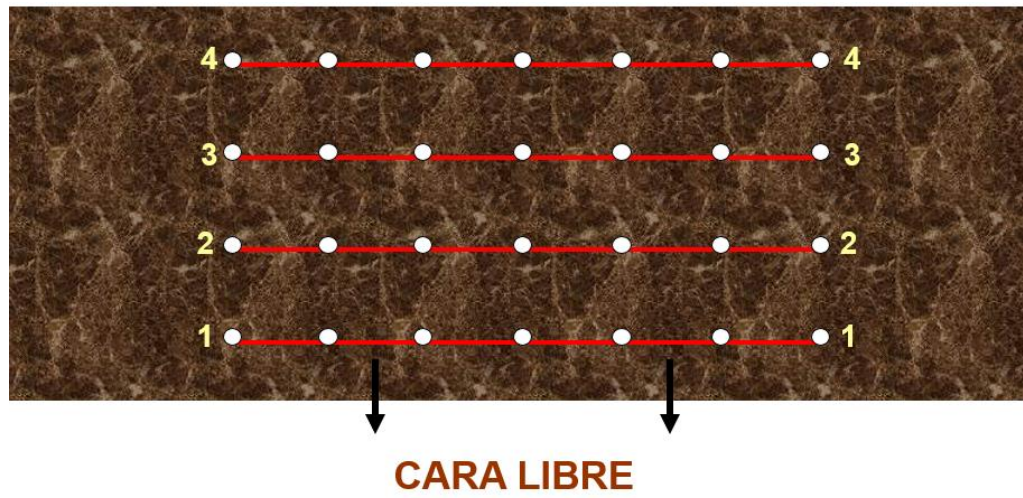
Control de riesgos para el reingreso a la evaluación del disparo.

Retiro del material volado” (EXSA, s.f.)

Trazos de perforación

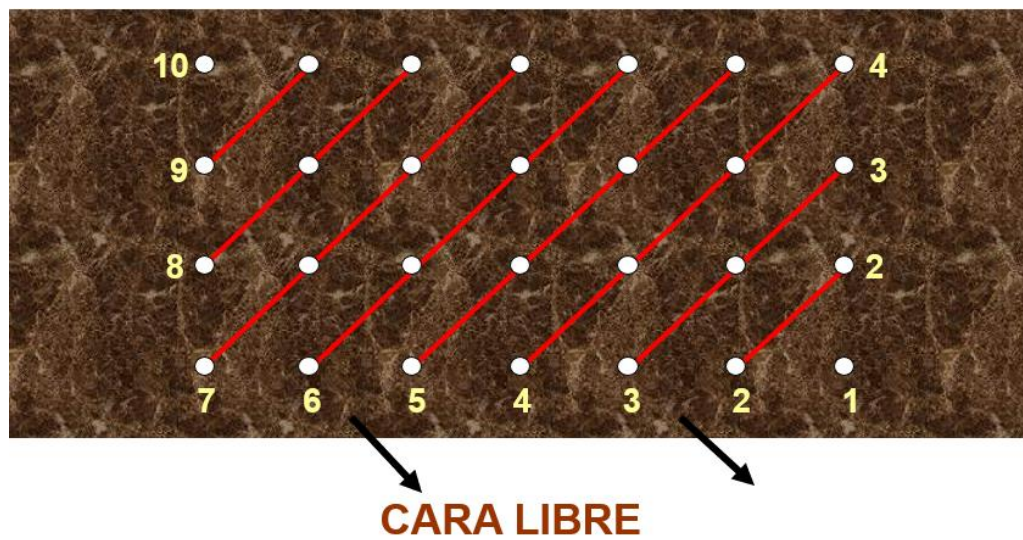
Salidas en paralelo

Figura 13 *Salida en paralelo*



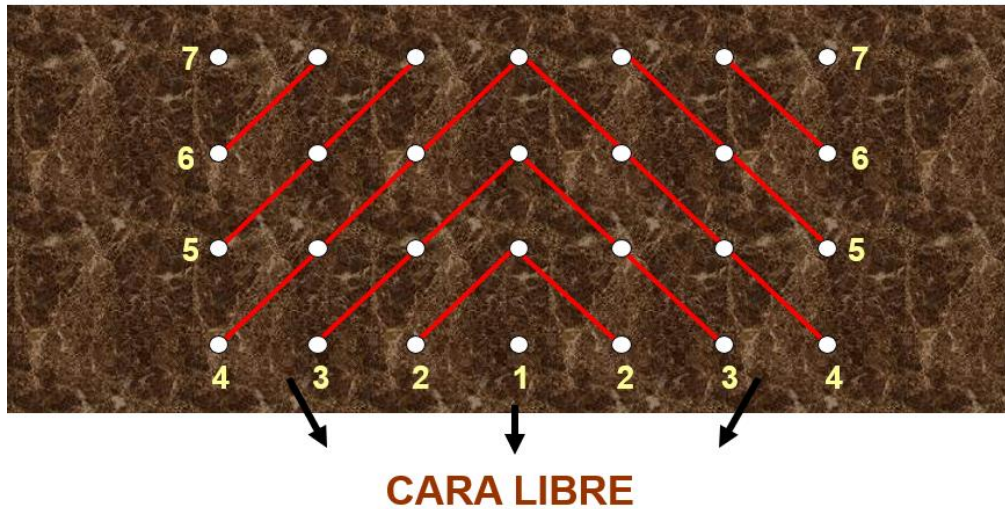
Salidas en diagonal

Figura 14 *Salida en diagonal*



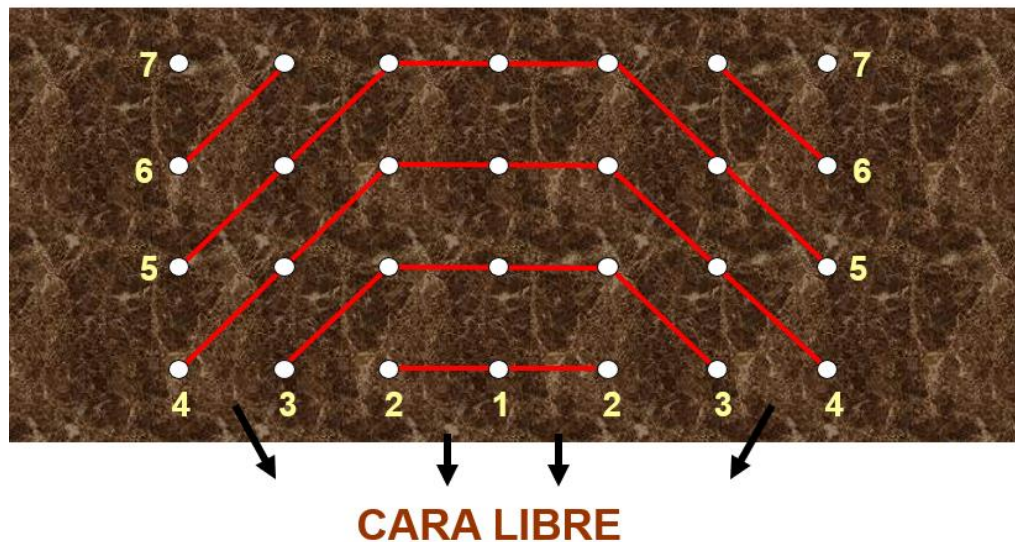
Salida en cuña o en “V”

Figura 15 Salida en cuña o en “V”



Salida trapezoidal

Figura 16 Salida trapezoidal



Carga de taladros

Tenemos las siguientes formas de cargar

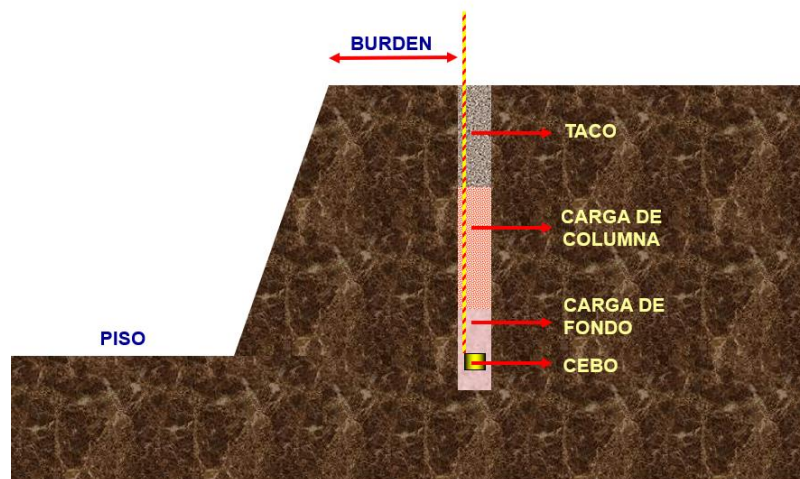
“Carguío manual con explosivos encartuchados, embolsados o a granel

Ejemplo: dinamitas, emulsiones sensibles, ANFO y ANFO pesado

Carguío mecanizado con camiones mezcla-dores/dosificadores

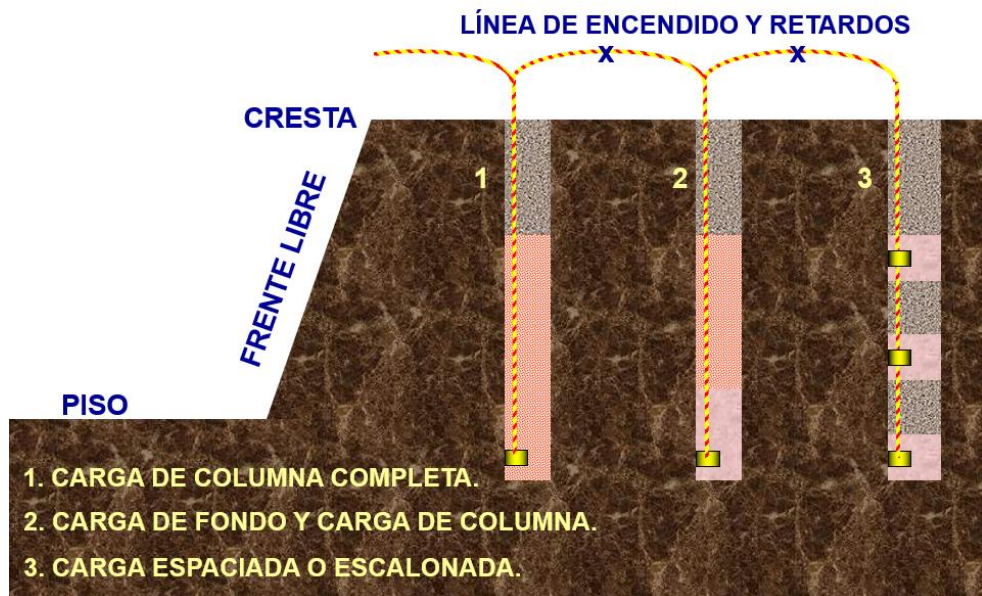
Ejemplo: ANFO, ANFO pesado y emulsión sensibilizada in situ” (EXSA, s.f.)

Figura 17 Carga del explosivo a un taladro



Esquema de cargas de taladros en diferentes condiciones

Figura 18 Carga de taladros en diferentes condiciones



2.3. Definición de términos conceptuales

Acoplamiento.

“Se refiere al grado de contacto entre el explosivo en un pozo y la roca que lo rodea” (ENAEX, s.f.)

Altura de banco (H)

“Distancia vertical desde la superficie horizontal superior (cresta) al inferior piso” (ENAEX, s.f.)

Burden

“El burden de un pozo se refiere a la dimensión lineal entre el pozo y la cara libre y se mide perpendicular a la dirección de la línea de pozos que constituyen una fila” (ENAEX, s.f.)

Dimensión de la voladura

“Comprende al área superficial delimitada por el largo del frente y el ancho o profundidad de avance proyectados (m^2) por la altura de banco o de corte (H), en m^3 ” (ENAEX, s.f.)

Columna explosiva

“Es la parte activa del taladro de voladura, también denominada “longitud de carga” donde se produce la reacción explosiva y la presión inicial de los gases contra las paredes del taladro” (EXSA, s.f.)

Espaciamiento

“El espaciamiento para un pozo de tronadura se refiere a la dimensión lineal entre pozos de tronadura adyacentes que forman una fila, y se mide usualmente paralelo a la cara libre” (ENAEX, s.f.)

Factor de carga.

“Mediante este término se describe la cantidad de explosivo usado para romper un volumen o peso unitario de roca. El factor de carga se indica mediante unidades de kg/m^3 o kg/ton ” (ENAEX, s.f.)

Malla

“Es la forma en la que se distribuyen los taladros de una voladura, considerando básicamente a la relación de burden y espaciamiento y su directa vinculación con la profundidad de taladros.” (ENAEX, s.f.)

Velocidad de Detonación.

“Velocidad de detonación (VOD) es una medida de la razón a que la reacción de la detonación procede, por la columna del explosivo” (ENAEEX, s.f.)

Formulación de la hipótesis

Hipótesis General

Al determinar los parámetros de la perforación, voladura y aceros de perforación durante la evaluación, vemos que dichos valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A.

Hipótesis específicas

- a. El rendimiento de los parámetros de perforación y voladura al realizar la evaluación se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A
- b. El rendimiento de los parámetros de los aceros de perforación al realizar la evaluación se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A

Identificación de variables

Variables para la hipótesis general

Evaluación de Parámetros de perforación

Evaluación de Parámetros de voladura

Evaluación de Parámetros de aceros de perforación

Variables para la hipótesis específicas

Variable para la hipótesis específica a

Evaluación de parámetros de perforación y voladura

Variable para la hipótesis específica b

Evaluación de parámetros de aceros de perforación

Definición operacional de términos

Tabla 1 Operacionalización de variables e indicadores

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES E INDICADORES				
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENCION	INDICADORES
1.1.1 Variables para la hipótesis general Evaluación de Parámetros de perforación Evaluación de Parámetros de voladura Evaluación de Parámetros de aceros de perforación 1.1.2 Variables para la hipótesis específicas Variable para la hipótesis específica a Evaluación de parámetros de perforación y voladura Variable para la hipótesis específica b Evaluación de parámetros de aceros de perforación	Perforación “La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blast holes” (LOPEZ JIMENO, 1987) Voladura de bancos “Son excavaciones similares a escalones en el terreno con un mínimo de dos caras libres” (EXSA, s.f.) Aceros de perforación “Está compuesta por cuatro elementos, que vienen a ser la broca, la barra, el manguito y la culata” (LOPEZ JIMENO, 1987)	En esta investigación Determinar los valores de los parámetros de perforación, voladura y aceros de perforación al realizar la evaluación y ver si hay necesidad de realizar mejoras en la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A.	-Parámetros de perforación -Parámetros de voladura - Parámetros de aceros de perforación	Diámetro de taladro Metros perforados Cantidad de taladros Hrs de percusión Longitud de taladro Disponibilidad mecánica Velocidad e perforación Factor de carga Factor de potencia Factor de perforación Volumen roto Tonelaje roto Carga total Vida de brocas Vida de barra Vida de shank

2.4. Enfoque filosófico - epistémico

La presente investigación propone una aproximación científica desde varios enfoques. Además, debemos saber que nuestro objetivo es determinar los valores de los parámetros de perforación, voladura y aceros de perforación al realizar la evaluación y ver si hay necesidad de realizar mejoras en la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A.

Los resultados que obtengamos de este objetivo nos podrán parecer distintos si realizamos su aplicación en otros parámetros. Este contraste demuestra que nuestra investigación puede ser enfocada desde una perspectiva distinta de la cual inicialmente la presentamos

A partir de esta compleja estructuración de los conocimientos y los puntos de vista de la minería debemos ser conscientes de que la investigación es el única fuente que nos ayudará a entender los fenómenos que describimos en esta investigación y por cual realizamos las distintas pruebas a fin de enfocar nuestro trabajo y obtener los resultados que plasmamos en la investigación

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

En cuanto al tipo de investigación que tiene nuestra investigación siendo una investigación cualitativa, es de tipo aplicativo porque vamos a aplicar toda la información sobre los parámetros de perforación, voladura y aceros de perforación que se tiene en la empresa sección mina de enero a julio del 2022 para poder evaluarlo como dice “concentra su atención en las posibilidades concreta de llevar a la práctica las teorías generales y destinan sus esfuerzos a resolver las necesidades que se plantean la sociedad y los hombres” (BAENA , 2017)

3.2. Nivel de investigación

El nivel que está comprendido es de un nivel descriptivo explicativo porque describiremos el estado que se encuentra la perforación y voladura; y a la vez explicaremos el comportamiento de los parámetros durante la evaluación que realizamos.

3.3. Características de la investigación

Es de tipo de investigación requiere de analizar lo procedimientos ya que se tiene unos pasos determinados, comenzando con una fin, para después

lograr el producto. La investigación implicó analizar y recopilar datos para evaluar dicha información basados en los objetivos planteados.

3.4. Método de investigación

Para poder ejecutar la investigación haremos uso del método científico porque nos apoyaremos en los procedimientos, instrumentos, técnicas y estructura del método científico a través de los métodos científicos deductivo y analítico. Como dice (TAMAYO Y TAMAYO, 2003) “es la sucesión de pasos que debemos dar para descubrir nuevos conocimientos o, en otras palabras, para comprobar o desaprobar hipótesis que implican o predicen conductas de fenómenos, desconocidos hasta el momento”

3.5. Diseño de investigación

El diseño que emplearemos es el diseño cualitativo o no experimental como dice “Investigación no experimental Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, 2014)

3.6. Procedimiento de muestreo

3.6.1. Población

La población está constituida por todos los bancos que se encuentran operativos al momento de realizar la investigación del tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha.

3.6.2. Muestra

La muestra lo constituyan los bancos 4348, 4346, 4216, 4342 labores donde se pudieron recoger los datos de perforación y voladura

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos que se empleó en nuestra investigación fueron

3.7.1. Técnicas

Dentro de las técnicas que emplearemos están:

La observación directa: porque nos constituiremos al mismo lugar de trabajo (bancos) para poder observar todo el proceso de perforación y voladura que se realizan.

Recopilación documental: con esta técnica será posible recolectar los datos de los parámetros de perforación, voladura y aceros de perforación de las fuentes secundarias que se tiene en la mina

3.7.2. Instrumentos

De acorde con las técnicas a emplear haremos uso de los siguientes instrumentos:

La guía de Observación en algunos casos realizaremos la observación como participante y en otros casos como no participante

Otros instrumentos que estará presente en nuestra investigación son los equipos de perforación, materiales de voladura, los aceros de perforación

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Después del trabajo de campo realizado y habiendo obtenido los datos en forma dispersa un tanto desordenado pasaremos generar datos ordenados agrupados para poder realizar el análisis y obtener los resultados de acuerdo a nuestros objetivos planteados.

Haremos uso del equipo de cómputo, planos, hoja de cálculo.

3.9. Orientación ética

Como nuestra profesión de ingeniero de minas exige responsabilidad, honestidad, trabajar con la verdad, respeto a la persona, y que haya beneficio para todos; practicaremos esos principios

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Aspectos del Tajo San Gerardo

“Las operaciones mineras en el tajo San Gerardo se inicia con el área de perforación y voladura se realiza una planificación y previa aprobación por parte de superintendencia de la unidad Minera Atacocha para su ejecución” (COMPAÑIA MINERA ATACOCHA S.A.A. NEXA, 2021)

Figura 19 *Vista del tajo San Gerardo*



Figura 20 Taladros perforados en el Tajo San Gerardo



4.1.2. Sistema de minado actual

La planificación de la explotación del tajo conlleva a realizar un diseño detallado de todo el proceso para poder tener éxito, en el tajo San Gerardo consideramos los siguientes aspectos.

Perforación

La perforación se realiza mediante tres perforadoras marca Atlas Copco y Sandvik de 5 pulgadas de diámetro de broca, y de 6.0 m. de longitud de taladro y en áreas de 50 a 100 metros de longitud con un ancho de 25 metros.

Tabla 2 Equipos de perforación

Equipos de perforación			
Código	Descripción	Marca	Modelo
AT-PVX PE - 01	Perforadora	Sandvik	DP 1500i
AT-PVX PE – 05	Perforadora	Sandvik	DX 800
AT-PVX PE - 07	Perforadora	Atlas Copco	POWR ROC T45

Voladura

Para la voladura se emplea como explosivo emulsión gasificada, cebándose con un booster de 450 gr., fñeles dual 15.0 MTL 17/800 ms colocados en el fondo y cerca de superficie.

Carguío

El carguío de mineral se realiza con excavadoras Caterpillar

“Las operaciones de carguío se realizan mediante el uso de maquinaria pesada como: excavadoras, las cuales cargan a los camiones de 20 m³ de capacidad. Estos son: 2 excavadoras Komatsu - 3.5 m³.” (Bazán, 2016)

Figura 21 *Carguío del mineral a los camiones*



Tabla 3 *Equipos de carguío*

Equipos de carguío				
Código	Descripción	Marca	Modelo	Capacidad
AT-PVX EX – 02	Excavadora	Caterpillar	336D2L	2.4 m ³
AT-PVX EX – 03	Excavadora	Caterpillar	336D2L	2.4 m ³
AT-PVX EX - 05	Excavadora	Caterpillar	374F	2.4 m ³

Acarreo

El material disparado mineral o estéril es transportado mediante volquetes marca Volvo de 20 m³ y Mercedes Benz de 15 m³ de capacidad.

Figura 22 *Camiones para el transporte de mineral*



Tabla 4 *Equipos de acarreo*

Equipo de Acarreo				
Cantidad	Descripción	Marca	Modelo	Capacidad
13	Volquete	Volvo	FMX 8X4R	20 m ³
04	Volquete	Mercedes Benz	FMX 8X4R	20 m ³
05	Volquete	Volvo	FMX 5X4R	15 m ³

Equipos Auxiliares se detalla en la tabla siguiente

Tabla 5 Equipos Auxiliares

Equipos Auxiliares			
Cantidad	Descripción	Marca	Modelo
01	Tractor de Orugas	Caterpillar	D6T
01	Tractor de Orugas	Caterpillar	D8T
01	Motoniveladora	Caterpillar	140K
01	Retroexcavadora	Caterpillar	420F2-BE
01	Cisterna de Agua	Hino	FM

4.1.3. Parámetros de los bancos

Los bancos están diseñados de función de la capacidad de los equipos carguío, excavación, al área de perforación, a las características de la roca etc.

Dentro de sus parámetros tenemos:

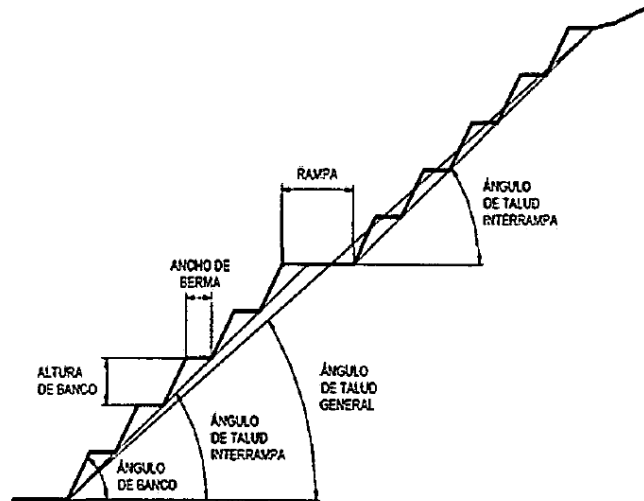
Tabla 6 Parámetros de diseño de los bancos

Parámetros de diseño de los bancos	
Angulo interrampas	43° - 50° grados
Angulo de talud	60° - 70° grados
Angulo final	30° - 40° grados
Ancho de la rampa	11 metros
Ancho de la berma	4.0 metros
Área mínima	50 metros
Pendiente de rampa	0.1 %
Altura de rampa	6 metros
Ancho de bancos	25 metros
Factor de seguridad	2 – 3 %

Plataforma de trabajo

Estas plataformas son concebidas de acuerdo a los espacios que ocupan los equipos de perforación, excavadoras, volquetes; calculado para un trabajo simultaneo, y teniendo en cuenta que debe haber una distancia mínima de seguridad de 5 metros al borde del banco

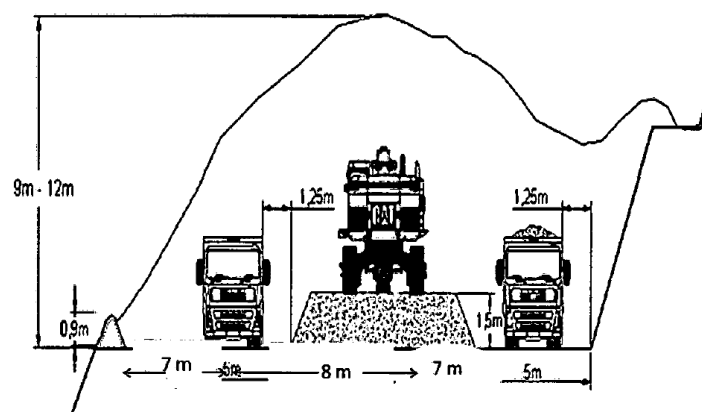
Figura 23 *Plataforma de trabajo*



Ancho de banco

Los bancos tienen un ancho de 25 metros, diseñados de acuerdo al ancho de los equipos de perforación y la producción.

Figura 24 *Ancho de banco*



Accesos

Los accesos que se cuenta para acceder a las labores de trabajo son una rampa positiva de 10% de gradiente de unos 100 metros de longitud para

acceder a las plataformas de trabajo y una rampa negativa de 10% de gradiente para el acceso a la profundización de la mina.

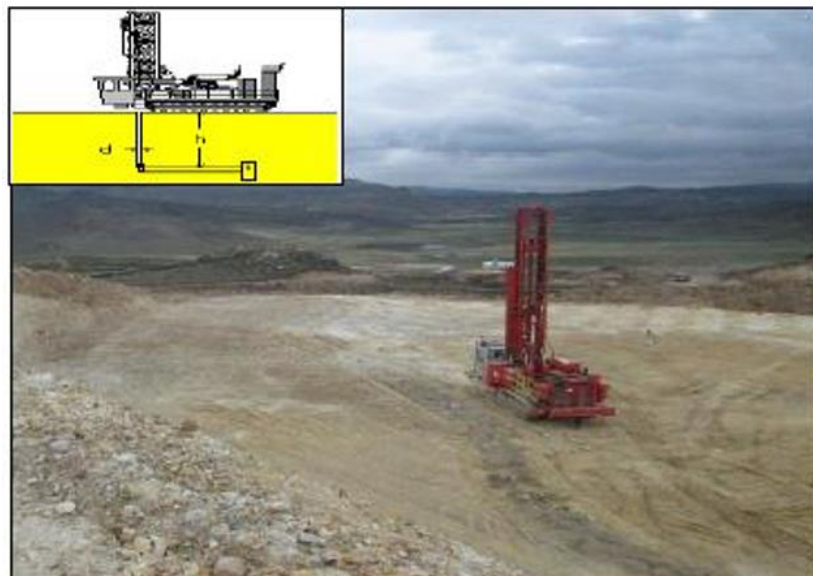
Perforación

Con este proceso se da inicio a minado del tajo San Gerardo una vez que el terreno este marcado, se traza la malla de perforación para iniciar la perforación.

Para la perforación, se utilizan tres perforadoras: DP1500i (TH) Sandvik, FlexiROC D65 (DTH) de Epiroc, y la DX800 (TH) de Sandvik, Para los taladros de producción, se tiene el diámetro de perforación de 5" y 6.80 metros de longitud total de perforación. Este último incluye 0.80 metros de sobre perforación para obtener un piso uniforme. Esto se realiza con la perforadora rotativa

Mientras que los taladros precorte se ejecutan con la perforadora de martillo de fondo, cuyo diámetro de perforación es de 4 1/2" y 6.0 metros de longitud, estos no cuentan sobre perforación. (Bazán, 2016)

Figura 25 *Perforación de los taladros*



4.1.4. Equipos de perforación

DP1500i (TH) – Sandvik

En las operaciones de minado del Tajo San Gerardo, la perforadora DP1500i Cumple la función de perforar taladros de producción, con un diámetro de broca de 5 pulgadas, aunque ocasionalmente por temas de exigencia de la operación el equipo también perfora taladros de buffer y precorte con diámetros de broca de 4 pulgadas, en la Tabla 04 se puede apreciar los datos técnicos relevantes del equipo.

Tabla 7 Datos técnicos de la DP1500i

Datos Técnicos	Parámetros
Marca	Sandvik
Dimensión (L-W-H)	15.5 x 2.5 x 3.2 m
Varilla de perforación / diámetro del tubo	51, 60, 87 mm / 2", 2 3/8", 3 1/2"
Potencia	261 kw / 360 hp / 1800 rpm
Diámetro de taladro	89 - 152 mm (3 1/2" - 6")
Peso	21,800 Kg
Motor	Caterpillar
Certificado	ROPS and FOPS

Fuente: Mantenimiento, Pevoex S.A.C., 2019.

Figura 26 Perforadora DPI 500i Sandvik



FlexiROC D65 (DTH) – Epiroc

En las operaciones de minado del Tajo San Gerardo, la perforadora FlexiROCD65 cumple la función de perforar taladros de producción, con un diámetro de broca de 5 pulgadas, en la Tabla 05 se puede apreciar los datos técnicos relevantes del equipo.

Tabla 8 Datos técnicos de la FlexiROC D65

Datos Técnicos	Parámetros
Marca	Epiroc
Dimensión (L-W-H)	11.6 x 2.5 x 3.5 m
Varilla de perforación / diámetro del tubo	89-114 mm (3.5"- 4.5")
Potencia	1800rpm 402 kW (539 HP)
Diámetro de taladro	110 - 203 mm (4.31" - 8")
Peso	26,600 Kg
Motor	Caterpillar
Certificado	ROPS and FOPS

Fuente: Mantenimiento, Pevoex S.A.C., 2019.

Figura 27 Perforadora FlexiROC D65 -Epiroc



DX800 (TH) – Sandvik

En las operaciones de minado del Tajo San Gerardo, la perforadora DX800 cumple la función de perforar taladros de precorte, buffer, taladros de producción de corte bajo como en rampas, con un diámetro de broca de 4 pulgadas, en la Tabla 06 se puede apreciar los datos técnicos relevantes del equipo.

Figura 28 Perforadora DX800 – Sandvik



Tabla 9 Datos técnicos de la DX800

Datos Técnicos	Parámetros
Marca	Sandvik
Dimensión (L-W-H)	11.3 x 2.45 x 3.2 m
Varilla de perforación / diámetro del tubo	45 -51 mm (1 3/4"- 2")
Potencia	168 kw / 225.3 hp / 2200 rpm
Diámetro de taladro	76 - 127 mm (3" - 5")
Peso	14,900 Kg
Motor	Caterpillar
Certificado	ROPS and FOPS

Fuente: Área de Mantenimiento, Pevoex Contratistas S.A.C., 2019.

4.1.5. Aceros de perforación

Dentro de los aceros de perforación que se usa en la perforación de los taladros tenemos las brocas de botones, barras de perforación (TH) y tubos (DTH)

Broca de botones

Las brocas usadas en la perforación de los taladros en el tajo San Gerardo son las brocas retráctiles GT60 de 5 pulgadas – RG127DSR marca Robit.

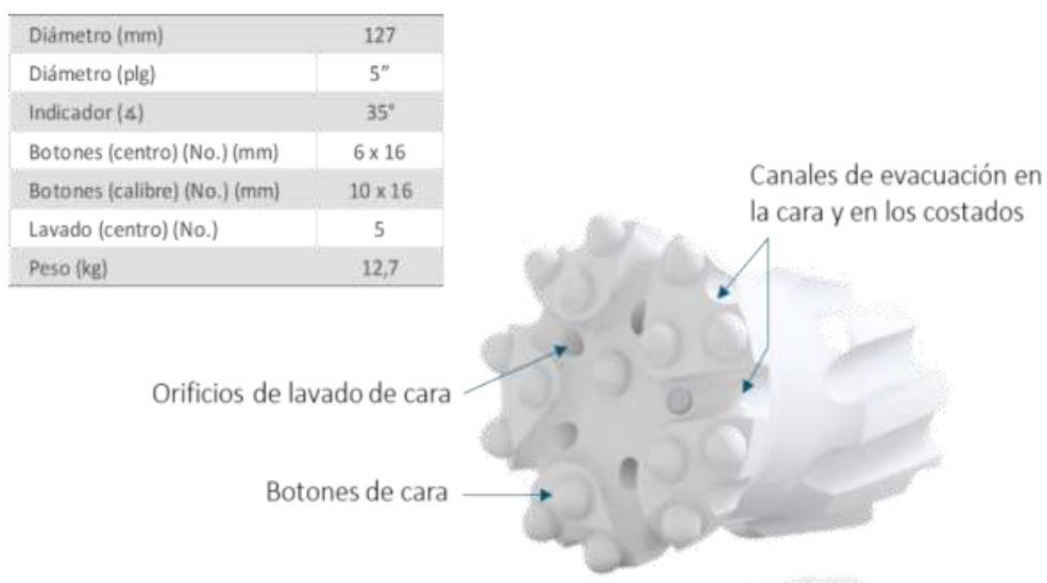
En la perforación se utiliza dos tipos de brocas, brocas de botones para los equipos con martillo en superficie (DP1500i y DX800), la FlexiROC utiliza también Broca de botones, pero con una distinta configuración, en la Tabla 07 se detalla la descripción de brocas por equipo

Figura 29 Partes de la retráctil GT60 de 5"- RG127DSR (Robit), vista lateral



Fuente: Robit Top Hammer Product Catalogue, 2019

Figura 30 Partes de la retráctil GT60 de 5"- RG127DSR (Robit), vista isométrica



Fuente: Robit Top Hammer Product Catalogue, 2019

Tabla 10 Brocas utilizadas en los equipos de perforación del TSG

Equipo	Descripción	Marca
DP1500i	Broca Retráctil GT60 de 5" - RG127DSR	Robit
DP1500i	Broca Retráctil GT60 de 4"	Robit
FlexiROC D65	Broca DTH de 5" COP 44Q	Atlas Copco
FlexiROC D65	Broca DHD-340 5"	Epiroc
DX800	Broca Retráctil T-51 de 4.5"	Robit
DX800	Broca Normal T-51 de 4"	Mitsubishi
DX800	Broca Retráctil T-51 de 4" - HTG51C102DSR	Robit

Fuente: Área de Logística, Pevoex Contratistas S.A.C., 2019.

Barras de perforación (TH) y tubos (DTH)

En la tabla siguiente mostramos las barras y tubos utilizados en los equipos de perforación del tajo San Gerardo.

Tabla 11 Barras y tubos utilizadas en los equipos de perforación del TSG

Equipo	Descripción	Marca
DX 800	BARRAS MF T-51 DE 14 PIES	ROBIT
DX 800	BARRAS MF T-51 DE 12 PIES	ROBIT
DP1500i	BARRA GT60 7610-1143-70 DE 14 PIES	SANDVIK
DP1500i	BARRA MF GT60 X 14 PIES	ROBIT
FLEXIROC	TUBO DTH API 2 3/ 8" X 6MM 89009356	ROBIT
FLEXIROC	BARRA PERFORACION DTH API 2 3/8" X 6.5 MM X 6 MTS RACORES 300 MM	ROBIT

Fuente: Logística, Pevoex S.A.C., 2019.

Figura 31 Barra de perforación con acoplamiento incorporado (TH)



Fuente: Robit Top Hammer Product Catalogue, 2019.

4.1.6. Voladura

Este proceso realizado en el tajo San Gerardo es uno de los más importantes y delicados; se contó con todos los materiales como explosivos, anfo, retardos en la cantidad programada

El objetivo es fragmentar el macizo rocoso a través de agentes de voladura. Los taladros son cargados con aproximadamente 110.88 kilos de material explosivo por taladro. Con accesorios de voladura, se garantiza la mayor seguridad posible y la mejor fragmentación del material

De existir presencia de agua, el anfo pesado es utilizado en una proporción de 40/60 y el factor de potencia estimado es de 0.28 kg/tn. Los taladros de producción son primados con booster de 1 libra y dos fulminantes

por seguridad. Para evitar impacto de sonido, se inicia la voladura con línea silenciosa (similar a Fanel LSEF)

En lo que respecta a este tema, se realizan y aplican los siguientes controles: calibración de camiones mezcladores, medición de densidad de nitrato, medición de dispersión de faneles y retardos

En lo que concierne al sistema de control y reportes realizados, estos son: consumo de nitrato y emulsión diario, stock de material disponible en mina (diario), factor de potencia (por disparo), tiempo de demora por disparo de los principales equipos (por disparo), número de disparos a la semana, tonelaje promedio volado por taladro y totales semanal y mensual, además del control de la vibración, que es un tema muy importante en la perforación y voladura de rocas en el tajo San Gerardo. (Bazán, 2016)⁴

Figura 32 *Carguío de los taladros para la voladura*



4.1.7. Parámetros de perforación y voladura

Los parámetros empleados en la actualidad en el tajo San Gerardo son los siguientes.

Tabla 12 *Parámetros de perforación y voladura*

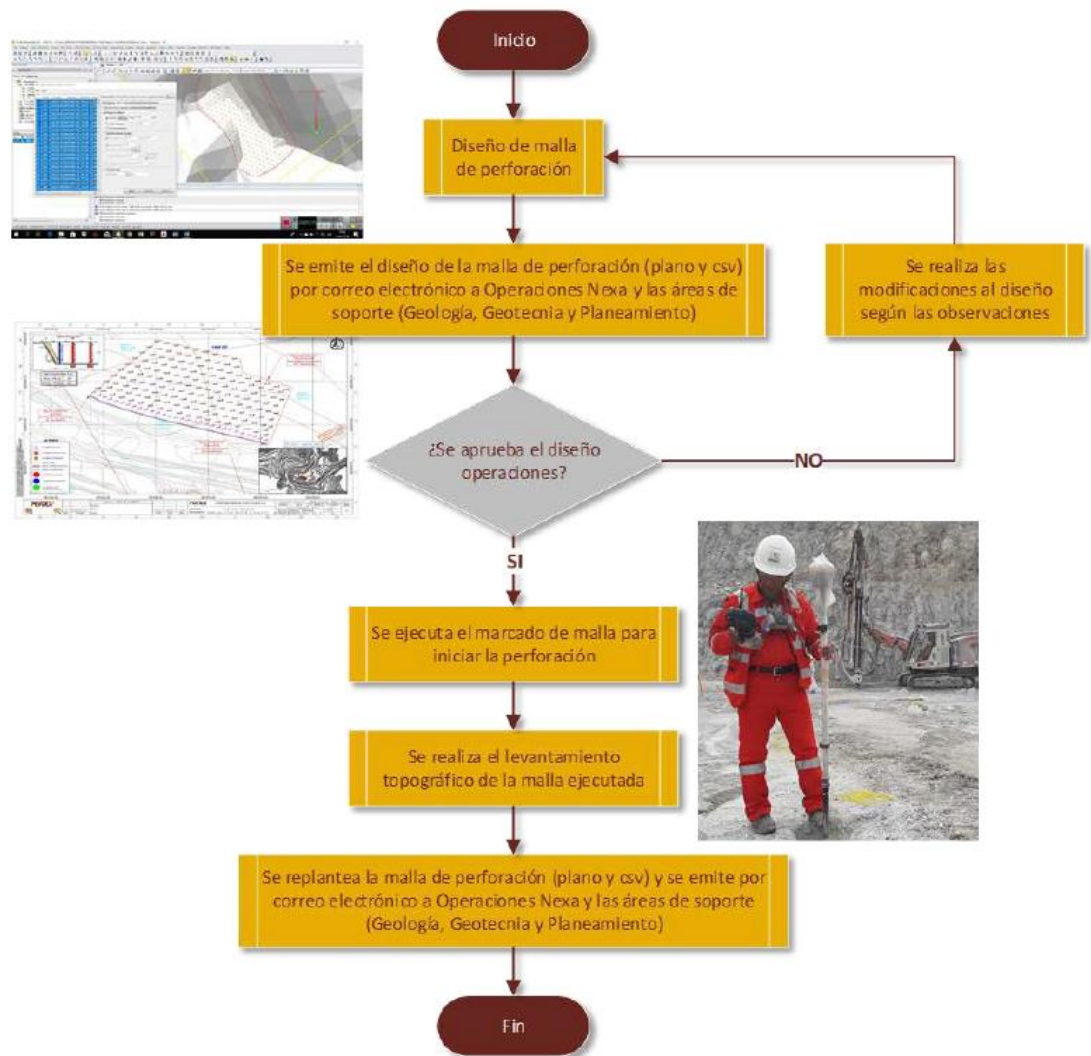
Parámetros de perforación y voladura		
Parámetro	Unidad	Valor
Altura de banco	m.	6.0
Sobre perforación	m	0.80
Inclinación del taladro	°	90
Factor de potencia	kg/tn	0.17
Longitud del taco	m	2.80
Burden	m	3.65
Espaciamiento	m	4.20
Longitud de carga	m/tal	3.50
Tipo de explosivo	ANFO	Emulsión gasificante
Cebo o Booster	lb.	½ hdp
Densidad de explosivo	gr/cc	1,100
Densidad lineal	kg/m	13.93
Explosivo total/taladro	kg/tal	53.65
Volumen/taladro	m3/tal	119.72
Factor de carga	kg/m3	0.45
Densidad de roca	kg/m3	2.70

Malla de perforación

La elección de la malla de perforación dependerá del espaciamiento, burden y la profundidad del taladro.

En el tajo San Gerardo se emplea la malla cuadrada y triangular, el proceso del diseño de la malla se muestra en la siguiente figura.

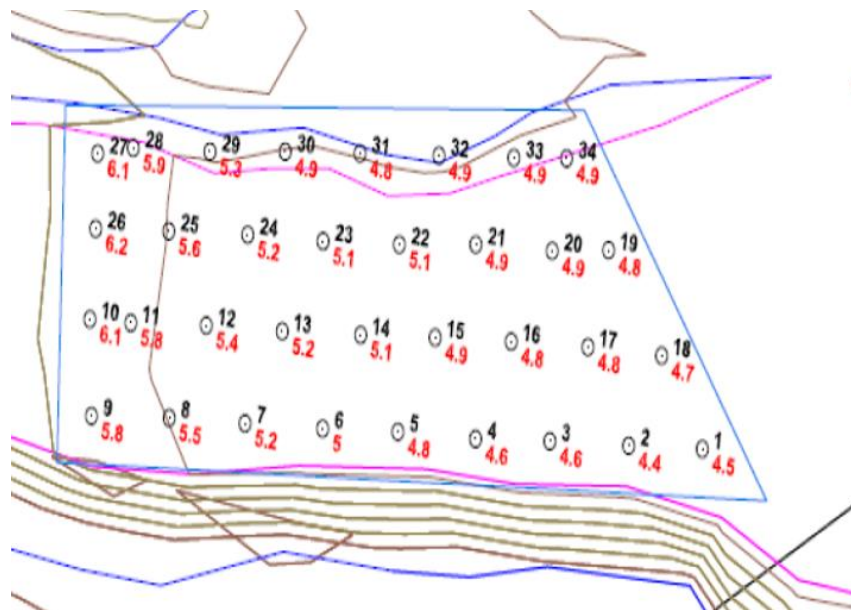
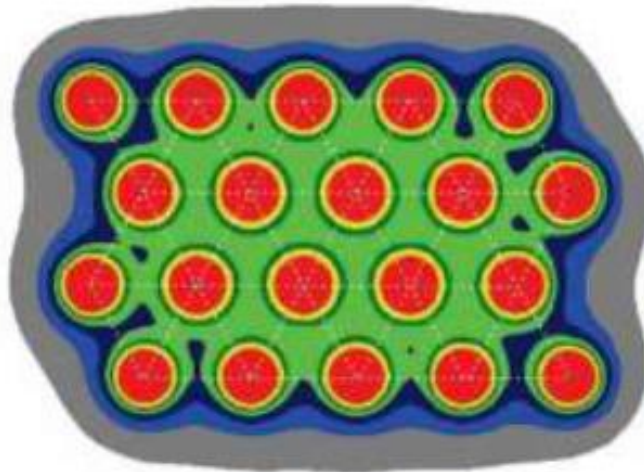
Figura 33 *Diseño de la malla de perforación*



Malla triangular

Es la malla utilizada en el tajo San Gerardo, cuyas dimensiones es de 3.65 m x 4.2 m.

Figura 34 *Malla triangular*



Malla cuadrada

Es la malla utilizada en el tajío San Gerardo, cuyas dimensiones es de 4.0 m x 4.0 m.

Figura 35 Malla cuadrada

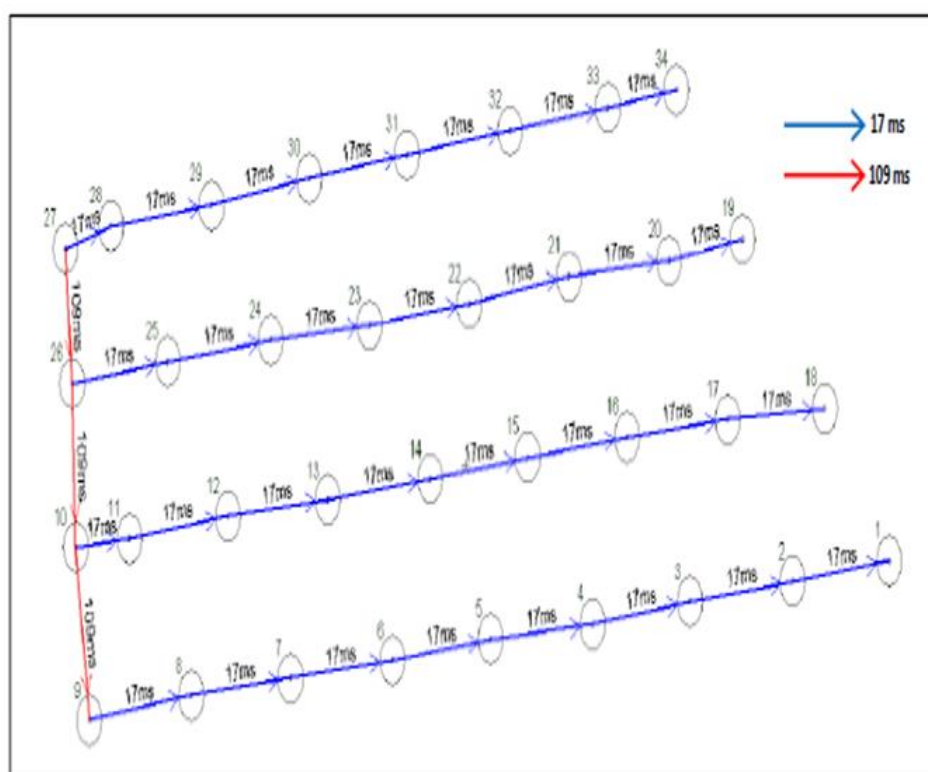
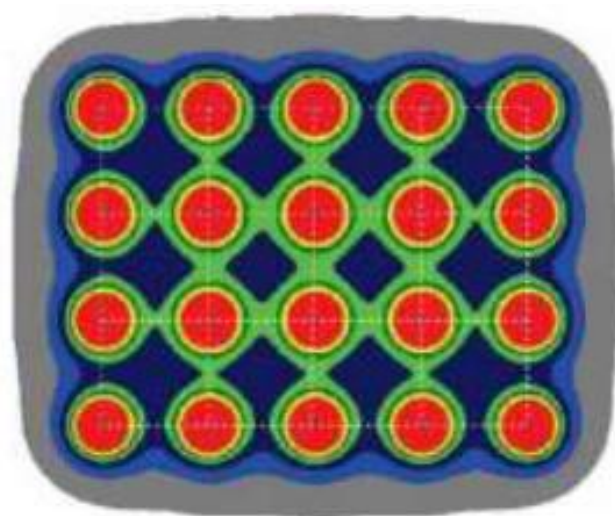
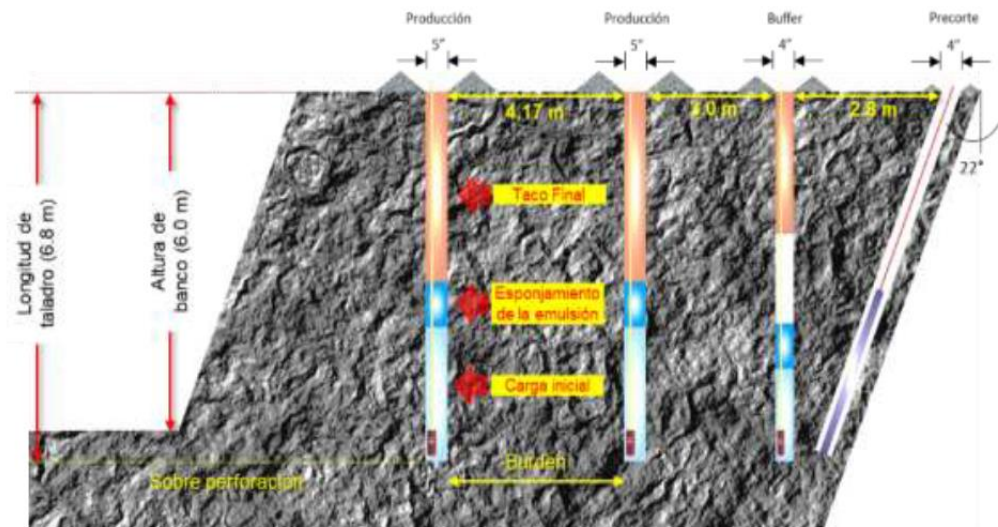


Figura 36 *Parámetros de diseño de la malla de perforación en el TSG*



Diámetro de perforación

Es uno de los parámetros más importantes en su selección porque de este parámetro va a depender el resto de los otros parámetros como el burden, selección del equipo de perforación, de acarreo, de carguío, la fragmentación, la distribución de la carga explosiva etc.

En el caso del tajo San Gerardo el diámetro del barreno es de 5 pulgadas.

Burden de perforación

Es la distancia que se tiene desde la cara libre o punto de alivio al taladro en forma perpendicular, este parámetro es uno de los más importantes en seleccionar, porque dependerá de una buena elección para tener una voladura optima, si es pequeña se corre el riesgo de un lanzamiento amplio del material y una fragmentación fina, y si es muy grandes el burden se tendrá bancos en la última fila y una fragmentación gruesa. En el caso del tajo San Gerardo el burden es de 3.65 metros.

Espaciamiento

El espaciamiento es la distancia paralela a la cara libre, distancia entre taladros de una misma fila y perpendicular al burden, en caso del tajo San Gerardo es de 4.2 metros.

Altura de banco

Para determinar la altura de los bancos del tajo se tendrá en cuenta el material a volar, estabilidad del talud, el equipo que se va emplear en la remoción del material, en caso del tajo San Gerardo se tiene bancos de 6.0 m.

Sobre perforación

Es la perforación que se realiza por debajo del nivel del piso, calculado en base a la relación de Burden x 0.3 a 0.8, en caso del tajo San Gerardo es de 0.8 metros para no tener problemas de presencia de lomas, sobresaltos

Longitud de taladro

Son los metros perforados por cada taladro, es importante controlar este parámetro para evitar que queden sobresaltos que dificulten la limpieza, en la voladura del tajo San Gerardo está calculado para el caso de mineral 6.0 m.

Volumen por taladro

Este volumen esta dado por los metros cúbicos que puede volar un taladro, y este dado en m³, en el caso del tajo San Gerardo es de 119.72 m³/taladro

Diseño de carga

“El diseño de carga se refiere a los explosivos y accesorios utilizados para cargar un taladro de perforación, como el tipo de prima (cebo), detonador, carga de fondo (explosivo), taco y sus dimensiones de carga como longitud y cantidad de material a usarse.”

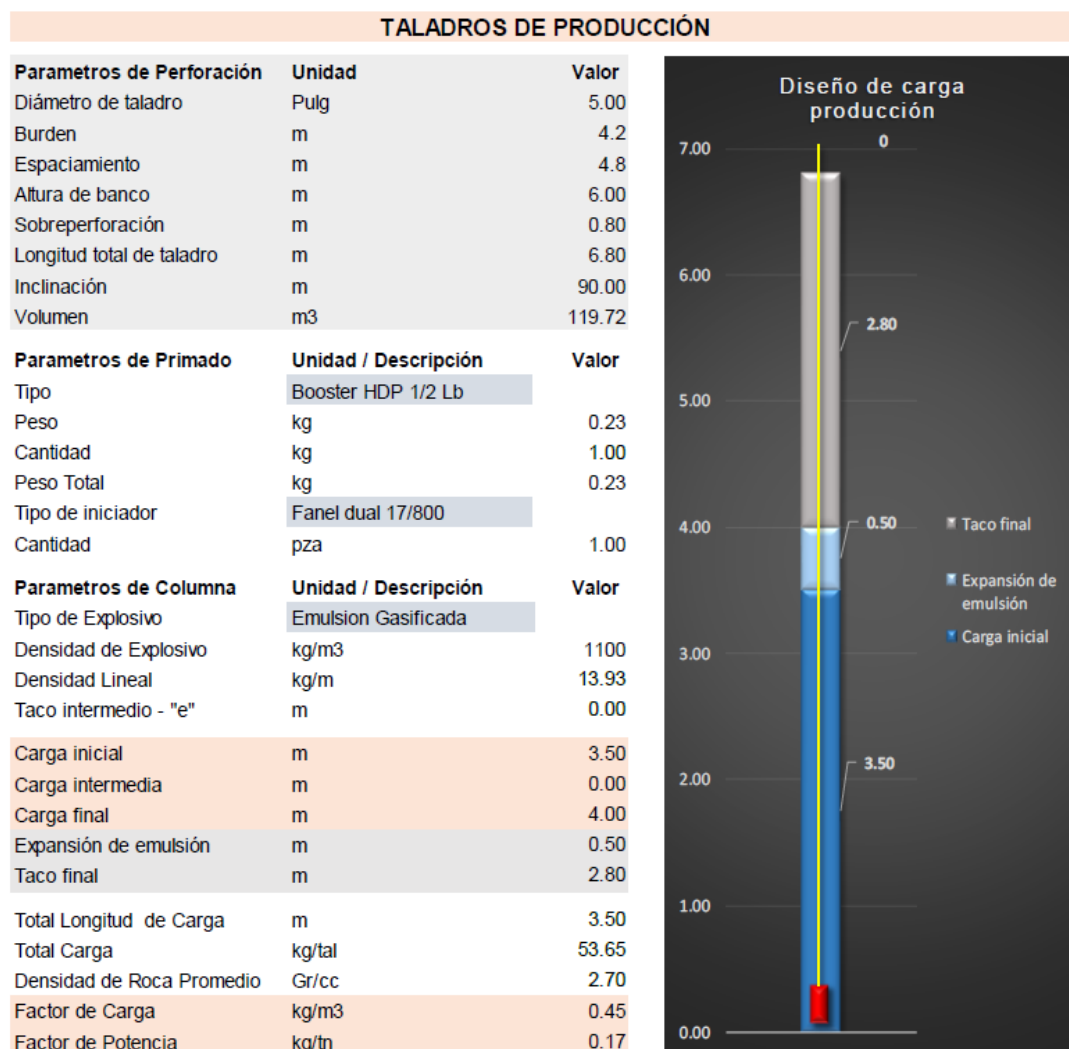
Mostramos los componentes de carga explosiva que tiene un taladro para la voladura en el tajo San Gerardo

Taladros de producción (PRD)

El diseño de carga de taladros de producción en el Tajo San Gerardo se describe en la Figura 16, básicamente el diseño comprende en la columna de carga el uso de emulsión gasificada SAN-G, como cebo se utiliza booster hdp

de ½ libra, y como detonador, fanel dual de 17/800 (17ms retardo de superficie y 800 ms como retardo de fondo). (MUCHO, 2020)

Figura 37 *Diseño de carga para taladros de producción*

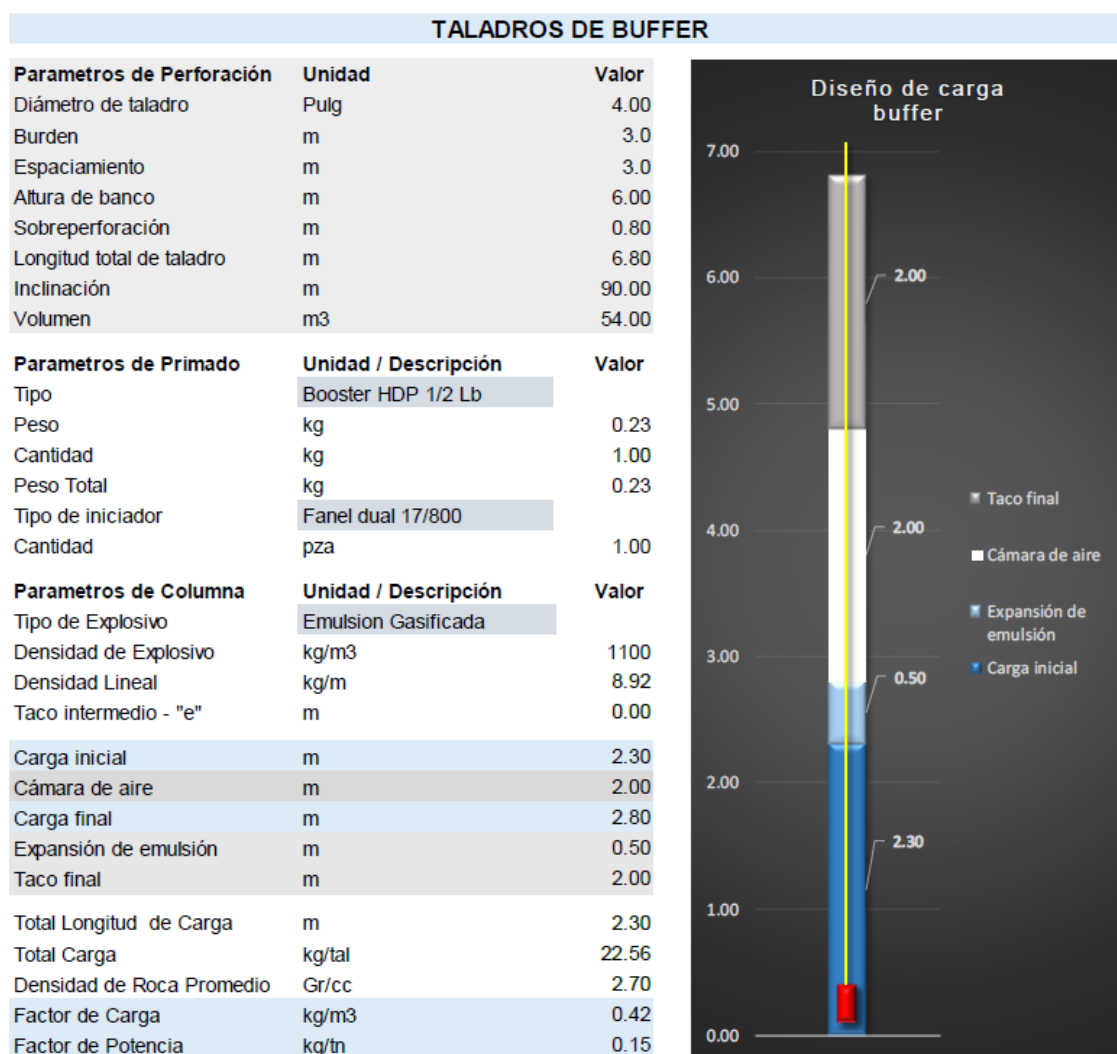


Taladros de buffer (BF)

El diseño de carga para taladros de buffer (amortiguamiento) en el Tajo San Gerardo se describe en la Figura 17, básicamente la configuración de este diseño comprende el uso emulsión gasificada SAN-G en la columna de carga, como cebo se utiliza un booster hdp de ½ libra, y como detonador, fanel dual de 17/800 (17ms retardo de superficie y 800 ms como retardo de fondo). La diferencia con el diseño de carga de taladros de producción está en la cantidad

de emulsión que es menor, además de generar un airdeck (cámara de aire), con el fin de amortiguar la energía de los taladros de producción

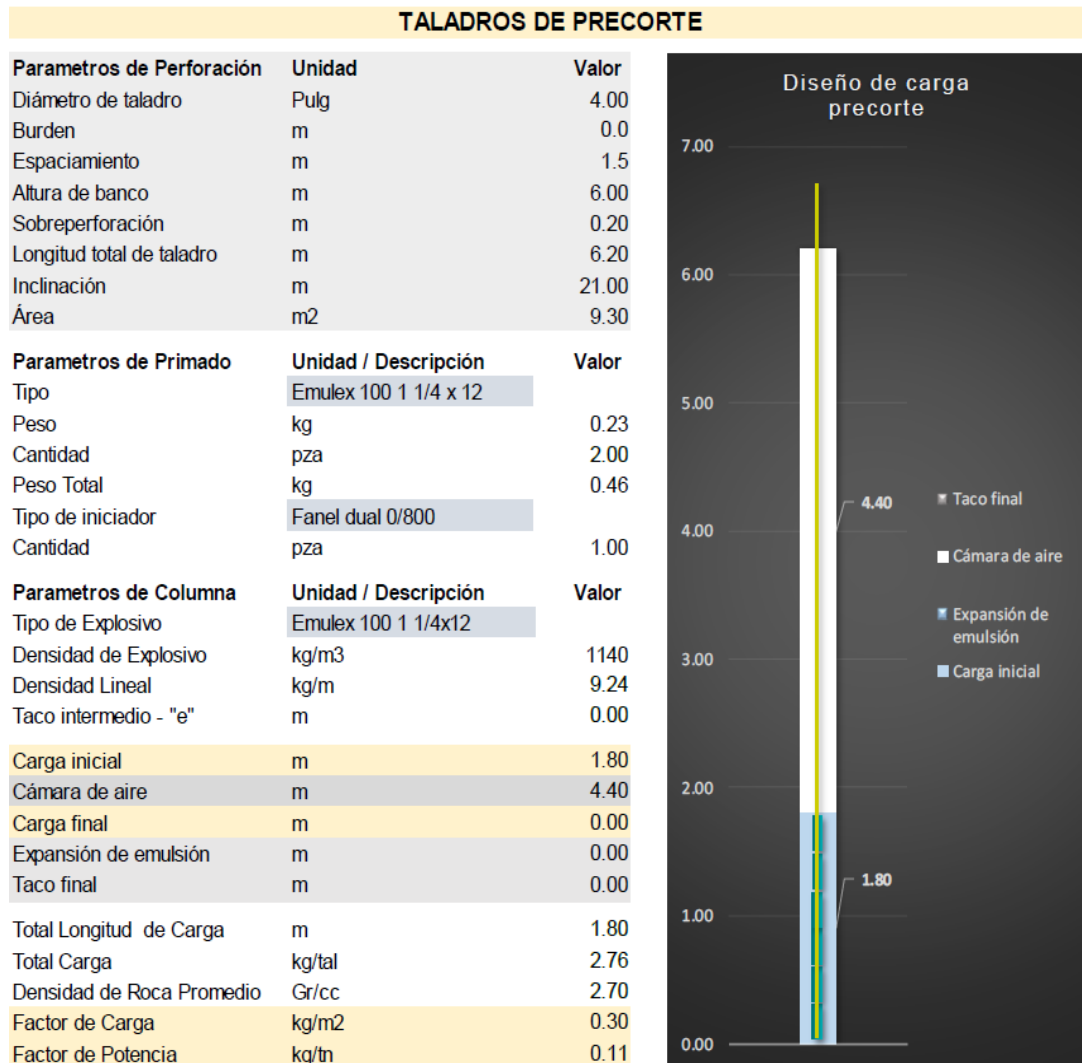
Figura 38 *Diseño de carga para taladros de buffer*



Taladros de precorte (PC)

El diseño de carga para taladros de precorte en el Tajo San Gerardo se describe en la Figura 18, la función principal de este tipo de taladro es la generación de la cara del talud, por ende, la carga del explosivo es mínima, el diseño comprende el uso de una carga acoplada de emulsión encartuchada en mangas de polietileno, el cebo es un paquete de emulsión, no lleva taco, el detonador es fanel dual de 0/800 ms.

Figura 39 *Diseño de carga para taladros de precorte*



4.1.8. Explosivos

Los explosivos empleados en la voladura del tajo San Gerardo se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 13 Disponibilidad de explosivos en el Tajo San Gerardo

Descripción	Unidad	Características
FANEL CTD # 25	UN	Detonador no Eléctrico
FANEL CTD # 35	UN	Detonador no Eléctrico
FANEL CTD # 42	UN	Detonador no Eléctrico
FANEL CTD # 65	UN	Detonador no Eléctrico
FANEL DUAL 15.0 MTL 0/800 MS	UN	Detonador no Eléctrico
FANEL DUAL 15.0 MTL 17/800 MS	UN	Detonador no Eléctrico
LINEA SILENCIOSA X 500 MTS	M	Detonador no Eléctrico
BOOSTER 1/2 LB 225 GR	PC	Iniciador (cebo)
EXAMON "P"	KG	Anfo
EMULSION EMULEX 100 1 1/4" X 12"	KG	Emulsión Encartuchada
EMULSIÓN MATRIZ GASIFICADA SAN G	KG	Emulsión Matriz

Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

Fanel CTD

El Fanel CTD es un sistema de iniciación que se usa para retardar taladros y está compuesto por un fulminante de retardo ensamblado a la manguera fanel e insertado dentro de un bloque plástico.

Tabla 14 Especificaciones técnicas del Fanel CTD

Especificaciones técnicas	Unidades	Fanel CTD
Del fulminante de retardo		
Diámetro	mm	7,3
Longitud	mm	60
Prueba de esopo, Diámetro de perforación	mm	Min. 4
Volumen trauzl	cm3	Min. 2,0
Resistencia al impacto	2kg/1m	No detona
De la manguera fanel		
Material		Termoplástico
Diámetro	mm	3,3 ± 0,2
Longitudes	m	Variable
Color		Amarillo
Velocidad de onda	m/s	2000 ± 200



Fuente: Famesa Explosivos S.A.C.

Fanel Dual

En el Tajo San Gerardo se utiliza FANEL DUAL 15.0 MTL 17/800 MS para taladros de producción y buffer, para taladros de precorte se utiliza FANEL DUAL 15.0 MTL 0/800 MS.

Tabla 15 Especificaciones técnicas del Fanel Dual

Especificaciones técnicas	Unidades	Fanel Dual
Del fulminante de superficie		
Diámetro	mm	7,3
Longitud	mm	60
Prueba de esopo, Diámetro de perforación	mm	Min. 4
Volumen trauzl	cm3	Min. 2,0
Resistencia al impacto	2kg/1m	No detona
De la manguera fanel		
Material		Termoplástico
Diámetro	mm	3,3 ± 0,2
Longitudes	m	Variable
Color		Rojo - Naranja
Velocidad de onda	m/s	2000 ± 200



Fuente: Famesa Explosivos S.A.C.

Fanel LSEF (línea silenciosa)

El Fanel LSEF o línea silenciosa de encendido se utiliza para iniciar en forma segura y silenciosa los disparos primarios y secundarios, desde una distancia previamente establecida

Tabla 16 Especificaciones técnicas del Fanel LSEF (línea silenciosa)

Especificaciones técnicas	Unidades	Fanel LSEF
Del fulminante		
Diámetro	mm	7,3
Longitud	mm	60
Prueba de esopo, Diámetro de perforación	mm	Min. 9
Volumen trauzl	cm3	Min. 15
Resistencia al impacto	2kg/1m	No detona
De la manguera fanel		
Material		Termoplástico
Diámetro	mm	3,3 ± 0,2
Longitudes	m	100 / 200 / 400 / 500 / 700 / 1000
Color		Amarillo
Velocidad de onda	m/s	2000 ± 200



Fuente: Famesa Explosivos S.A.C.

Booster 1/2 lb 225 gr

En el Tajo San Gerardo el 100% de explosivos secundarios (también llamado cebo) que se usa es el Booster de ½ lb (225 gr).

Tabla 17 Especificaciones técnicas del Booster HDP-1/2 (225g)

Especificaciones técnicas	Unidades	HDP-1/2 (225g)
Diámetro	mm	43,0 ± 2,0
Altura	mm	120,0 ± 2,0
Peso (g)	g	225 ± 15
Velocidad de detonación	m/s	Min. 7000
Diámetro de perforación en plancha de fierro de 1/2" de	mm	Min. 28
Resistencia presión hidrostática por 2 horas	kg/cm2	2,1
Sensibilidad al cordón detonante		5P
Resistencia al agua		Excelente
Densidad	g/cm3	1,6



Fuente: Famesa Explosivos S.A.C.

Examon "P" (ANFO)

Es un agente de voladura granulado para uso en voladuras superficiales, permite ser empleado como carga de columna en terreno intermedio a duro.

Tabla 18 Especificaciones técnicas del Examon P (ANFO)

Especificaciones técnicas	Unidades	Examon - P
Densidad Aparente	g/cm3	0.72 – 0.82
Densidad Compacta	g/cm3	0.82 ± 3%
Velocidad de detonación*	m/s	3,200 ± 200
Presión de detonación	kbar	21
Energía**	KJ/kg	3,899
RWS**	%	104
RBS**	%	106
Resistencia al agua		Nula
Volumen de gases**	l/kg	1,056.5
Categoría de gases	Categoría	2da
Color Anaranjado		Anaranjado



(*) Confinado en tubo de acero de 1 ½ pulgada de diámetro (Schedule 40)

(**) Calculado con programa de simulación TERMODET a condiciones ideales de 1 atm.

Fuente: Exsa S.A.

Solución Acuosa de Nitrato Gasificable SAN-G

SAN-G es un explosivo que se produce justo antes de ser bombeada o vaciada al taladro, mediante una reacción química entre la Matriz SAN gasificable y el sensibilizante denominado Solución N-20.

Tabla 19 Especificaciones técnicas del SAN-G

Especificaciones técnicas	Unidades	SAN-G
Densidad relativa de la matriz	g/cm3	1,35 ± 3%
Densidad relativa de la matriz sensibilizada	g/cm3	0,90 a 1,20
Viscosidad de la matriz en condiciones normales *	cP	13000
Velocidad de detonación de la matriz sensibilizada **	m/s	4 600 a 5 500
Presión de detonación	kbar	48 a 91
Energía	kcal/kg	770
Volumen normal de gases	l/kg	1020
Potencia relativa en peso ***	%	70
Potencia relativa en volumen	%	118
Resistencia al agua		Excelente
Categoría de humos		Primera
Diámetro crítico de taladro	mm	76 (3 pulgadas)
Tiempo de espera en el taladr	días	7



* Medido con BROKFIELD HA DVII A 50 RPM

** Confinado en tubo de 4 pulgadas de diámetro.

*** Potencias relativas referidas al ANFO, con potencia convencional de 100.

Fuente: Famesa Explosivos S.A.C.

Emulsión Emulex 100 1 1/4" x 12"

Es una emulsión encartuchada en lámina plástica, sensible al detonador, con un alto valor de energía que le permiten adaptarse a todo tipo de operación incluyendo terrenos húmedos o inundados (con presencia de agua).

Tabla 20 Especificaciones técnicas del Emulex 100

Especificaciones técnicas	Unidades	Emulex 100
Densidad	g/cm3	1.16 ± 5%
Velocidad de detonación *	m/s	5,600 ± 300
Velocidad de detonación **	m/s	4,300 ± 300
Presión de detonación **	kbar	91
Energía **	kJ/kg	4,425
RWS **	%	120
RBS **	%	180
Resistencia al agua **		Excelente
Volumen de gases **	l/kg	909
Categoría de humos		Primera



(*) Confinado en tubo de acero de 1 ½ pulgada de diámetro (Schedule 40)

(**) Sin confinar en cartucho de 1 ¼ de diámetro

(**) Calculado con programa de simulación TERMODET a condiciones ideales de 1 atm.

Fuente: Exsa S.A.

Densidad de carga

Este parámetro representa la cantidad de explosivos que hay en una unidad de volumen, para el caso del Tajo San Gerardo es actualmente 1,100 kg/m³

Densidad lineal

Como la densidad lineal es la cantidad de explosivo que se tiene por metro, en caso del tajo San Gerardo es de 13.93 kg/m

Taco

Para el taco de los taladros de la voladura se usará el material detrítico producto de la voladura, esta porción del taladro está diseñada para controlar los gases de la explosión, así como también el control de la proyección del material volado, la longitud del taco en el tajo San German es de 2.80 m.

Longitud de carga

La cantidad de metros relleno de explosivo que tiene un taladro es de 3.50 m. metros lineales en los disparos del tajo San Gerardo

Cantidad de explosivo

La cantidad de explosivos por taladros es 53.65 kg/tal., para la voladura del tajo San Gerardo.

4.1.9. Evaluación de la perforación

4.1.9.1. Evaluación del Rendimiento de perforación mes de marzo

Tabla 21 Rendimiento de perforación mes de marzo

Rendimiento de la perforación mes de marzo					
PARAMATROS	MEDIDA	Perforadora			TOTAL
		FLEXIROC D65	DX800	DX700	PROMEDIO
Diámetro de taladro	Pulgadas	5	4 – 4.5	4 – 4.5	
Metros perforados	Metros	4,438	2,282	3,029	9,749
Taladros	Unidad	682	399	683	1,764
Hrs. Horómetro	Horas	141	86	122	350
Hrs. Percusión	Horas	84	40	65	189
Combustible	gl/hr	25	18	24	13
Velocidad perforacion global	m/h	27	25	25	25
Longitud/taladro	m/tal	7.0	6.8	6.0	6
Disponibilidad mecánica	%	62	50	45	53
Utilización	%	64	33	25	42
Velocidad de perforacion neta	m/hr	53	57	47	52

Figura 40 Metros perforados mes de marzo

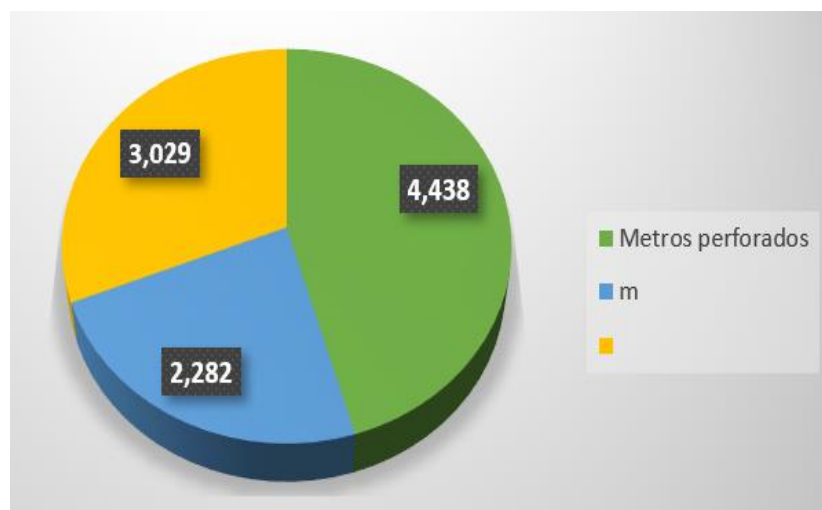


Figura 41 Taladros ejecutados mes de marzo

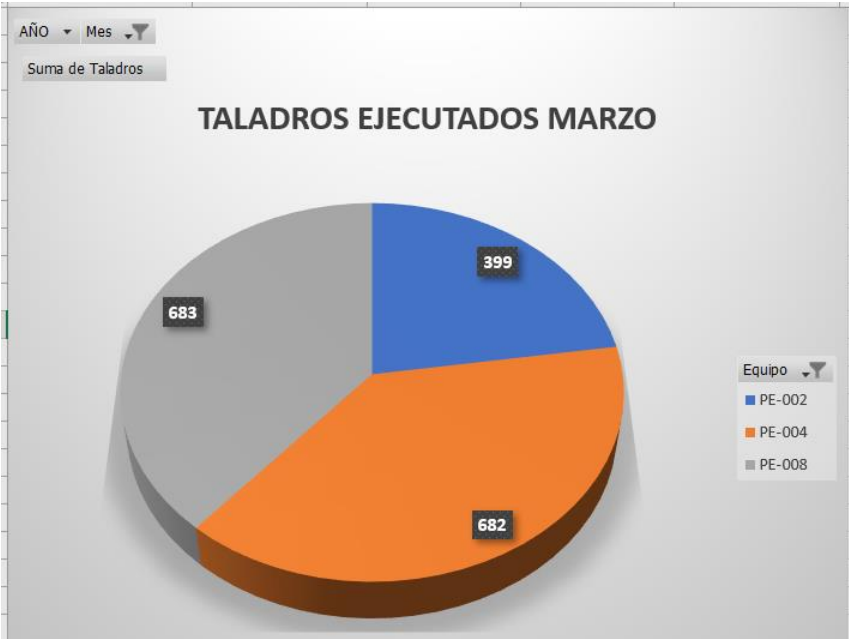


Figura 42 Metros perforados y horas de perforación HM

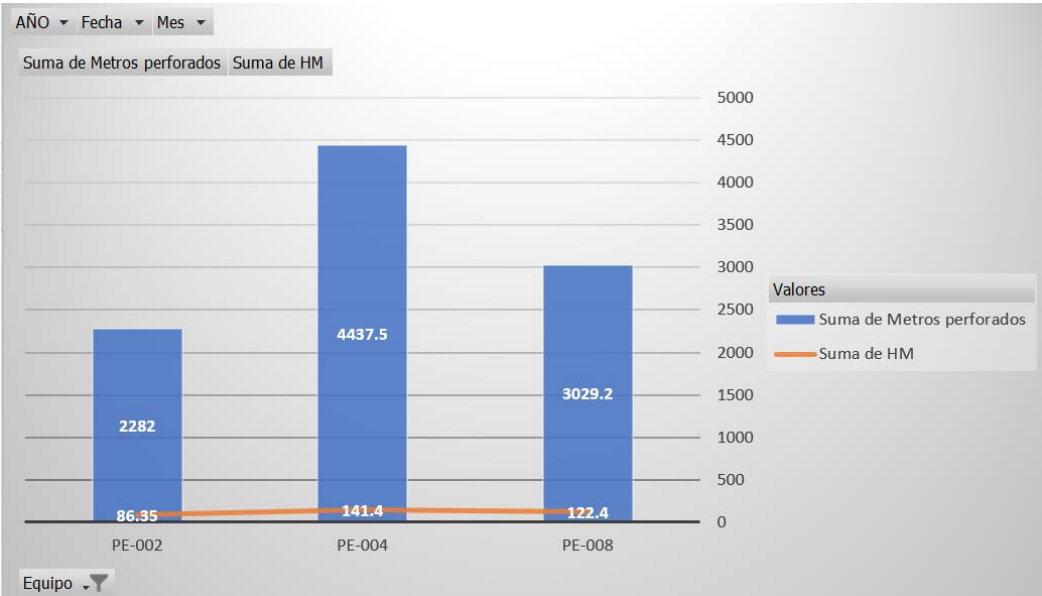


Figura 43 Producción por operadores

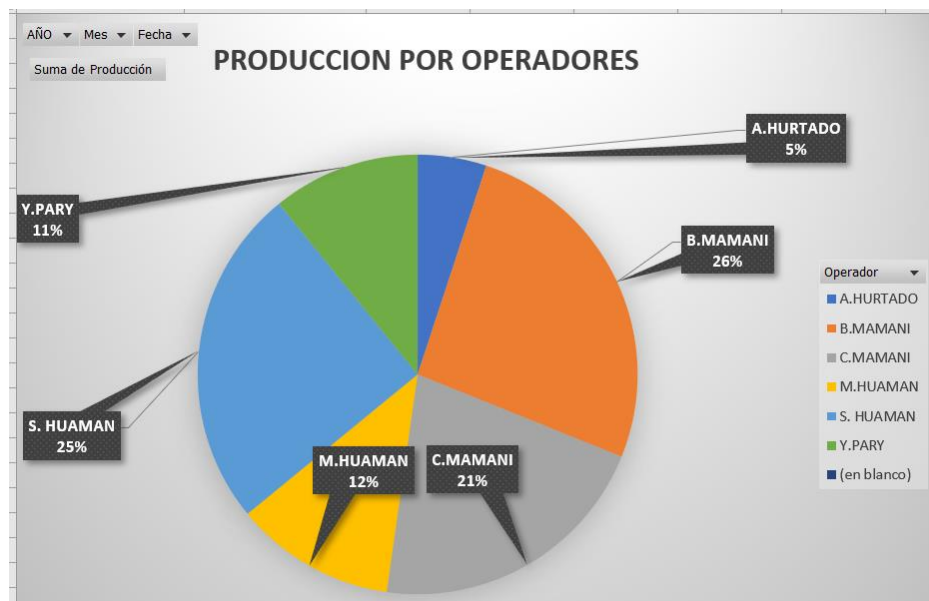


Figura 44 Horas de perforación y horas de percusión

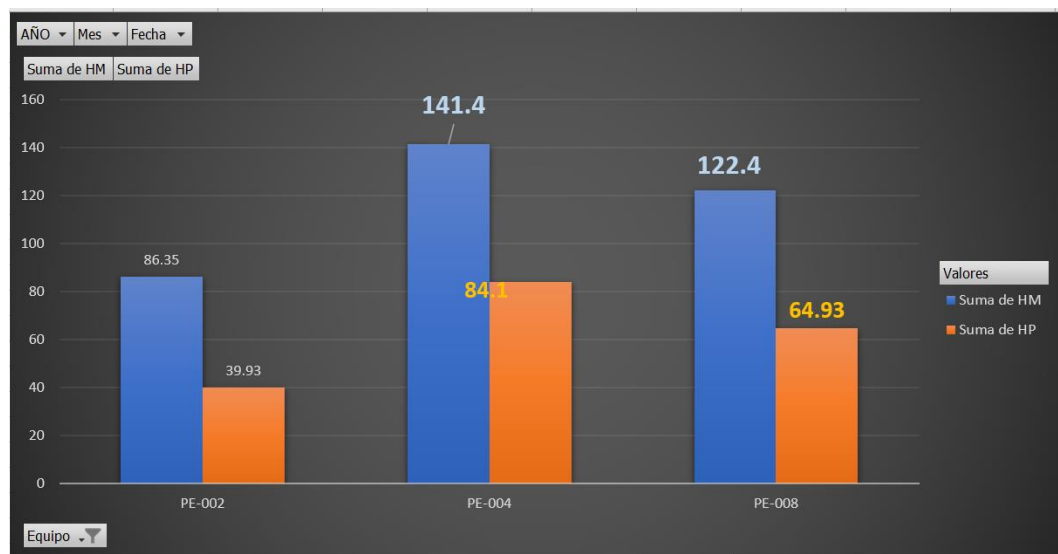
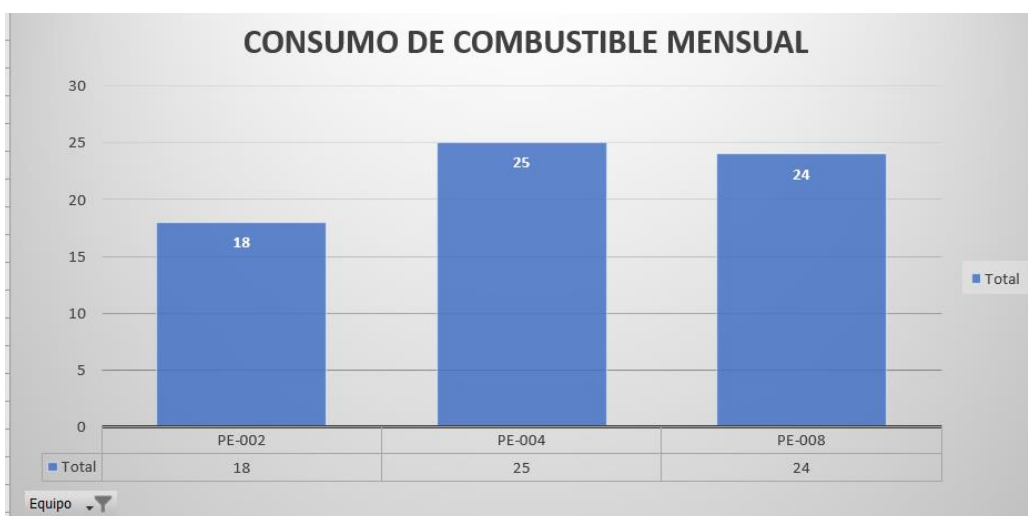


Figura 45 Consumo de combustible mensual



4.1.9.2. Control de rendimientos y costos de perforacion – perforadora PE-002

El control de rendimientos y los costos de la perforacion en el tajo San Gerardo se determina en forma diaria por guardia y mensualmente, teniendo en cuenta parámetros como la fecha, guardia, horas perforadas, longitud de taladro, numero de taladros perforados, total de metros perforados, las toneladas a volar, la velocidad de perforación, consumo de petróleo.

Para el caso de los costos de los accesorios de aceros de perforación (broca, shank, barras) se toma en cuenta la vida útil, precio unitario, metros perforados por guardia.

En conclusión, para obtener el costo por cada guardia se obtiene sumando el costo del equipo, costo de combustible, costo de aceros, costo de mano de obra, con la que obtendremos el costo total de perforación (\$), el costo unitario (\$/tn), costo por metro (\$/m). a continuación, mostramos un ejemplo de la determinación de costos.

Tabla 22 Control del Rendimiento de perforacion - Perforadora PE- 002

RENDIMIENTO DE PERFORADORA PE - 002														
Fecha	Guardia	Operador	Banco	PROY.	Equipo	Diam. Pulg.	Hora inicio	Hora termino	Total horas	Long. Tal (m)	Total (m)	N° Tal.	TMS	Velocidad Perf. (m)
01/03/22	Dia	M.Huamán	4222	110	PE-002	4	11.117	11.118	1.5	12.5	38	3	1,800	25.00
01/03/22	Dia	M.Huamán	4216	104	PE-002	4	11.118	11.126	8.0	6	240	40	24,000	30.00
01/03/22	Noche	Y. Pary	4216	104	PE-002	4	11.126	11.132	5.5	3.2	118	19	11,400	21.42
02/03/22	Dia	M.Huamán	4216	104	PE-002	4	11.132	11.139	7.1	6.2	192	31	18,600	27.07
02/03/22	Noche	Y. Pary	4216	104	PE-002	4	11.139	11.141	2.6	6.3	63	10	6,000	24.23
02/03/22	Noche	Y. Pary	4216	Sondeo	PE-002	4	11.141	11.146	4.3	12	72	6	3,600	16.74
03/03/22	Dia	M.Huamán	4216	Sondeo	PE-002	4	11.146	11.153	7.0	12	218	18	10,800	31.14
03/03/22	Noche	Y. Pary	4216	Sondeo	PE-002	4	11.153	11.158	5.4	12	144	12	7,200	26.67
05/03/22	Dia	B. Mamani	4354	310	PE-002	4	11.158	11.166	8.4	4.5	167	50	30,000	19.89
06/03/22	Dia	B. Mamani	4354	310	PE-002	4	11.166	11.174	8.0	5.4	255	63	37,800	31.89
07/03/22	Dia	C. Mamani	4222	Sondeo	PE-002	4	11.174	11.179	4.3	13	117	9	5,400	27.21
07/03/22	Noche	M.Huamán	4228	Traslado	PE-002	0	11.179	11.179	0.3	0	0	0	0	0.00
08/03/22	Dia	B. Mamani	4222	110	PE-002	4	11.179	11.184	4.7	6.5	138	22	13,200	29.40
10/03/22	Noche	B. Mamani	4222	Traslado	PE-002	0	11.184	11.185	1.8	0	0	0	0	0.00
11/03/22	Dia	A.Hurtado	4338	302	PE-002	4.5	11.185	11.186	0.9	6	6	1	600	6.67
11/03/22	Noche	B. Mamani	4338	0	PE-002	0	11.186	11.187	0.9	0	0	0	0	0.00
12/03/22	Dia	A.Hurtado	4354	309	PE-002	4	11.187	11.195	7.9	6.5	234	42	25,200	29.56
12/03/22	Noche	B. Mamani	4354	309	PE-002	4	11.195	11.203	7.7	6	167	32	19,200	21.69

Tabla 23 Consumo de combustible - Perforadora PE- 002

CONSUMO DE COMBUSTIBLE			
Fecha	Guardia	Diesel	
		Galones	Galones/Hrs
01/03/22	Día	0	0.00
01/03/22	Día	65	8.13
01/03/22	Noche	0	0.00
02/03/22	Día	72	10.14
02/03/22	Noche	0	0.00
02/03/22	Noche	71	16.51
03/03/22	Día	32	4.57
03/03/22	Noche	0	0.00
05/03/22	Día	37	4.40
06/03/22	Día	0	0.00
07/03/22	Día	0	0.00
07/03/22	Noche	0	0.00
08/03/22	Día	56	11.91
10/03/22	Noche	0	0.00
11/03/22	Día	16	17.78
11/03/22	Noche	0	0.00
12/03/22	Día	45	5.70
12/03/22	Noche	0	0.00

Tabla 24 Costo de brocas - Perforadora PE- 002

Fecha	Guardia	Broca	Costo	Marca	Vida util	Precio unitario	Costo total
		Metros	\$/Unidad				
01/03/22	Día	37.5	363.87	ROBIT	3,000	0.12	4.5
01/03/22	Día	240.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	29.1
01/03/22	Noche	117.8	363.87	ROBIT	3,000	0.12	14.3
02/03/22	Día	192.2	363.87	ROBIT	3,000	0.12	23.3
02/03/22	Noche	63.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	7.6
02/03/22	Noche	72.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	8.7
03/03/22	Día	218.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	26.4
03/03/22	Noche	144.0	144.0	ROBIT	3,000	0.05	6.9
05/03/22	Día	167.1	363.87	ROBIT	3,000	0.12	20.3
06/03/22	Día	255.1	193.30	ROBIT	3,000	0.06	16.4
07/03/22	Día	117.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	14.2
07/03/22	Noche	0.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	0.0
08/03/22	Día	138.2	363.87	ROBIT	3,000	0.12	16.8
10/03/22	Noche	0.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	0.0
11/03/22	Día	6.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	0.7
11/03/22	Noche	0.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	0.0
12/03/22	Día	233.5	363.87	ROBIT	3,000	0.12	28.3
12/03/22	Noche	167.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	20.3

Tabla 25 Costo de Shank - Perforadora PE- 002

Fecha	Guardia	SHANK	Costo	Marca	Vida útil	Precio unitario	Costo total
		Metros	\$/Unidad				
01/03/22	Dia	37.5	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	0.339
01/03/22	Dia	240.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	2.171
01/03/22	Noche	117.8	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	1.066
02/03/22	Dia	192.2	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	1.739
02/03/22	Noche	63.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	0.570
02/03/22	Noche	72.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	0.651
03/03/22	Dia	218.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	1.972
03/03/22	Noche	144.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	1.303
05/03/22	Dia	167.1	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	1.511
06/03/22	Dia	255.1	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	2.307
07/03/22	Dia	117.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	1.058
07/03/22	Noche	0.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	0.000
08/03/22	Dia	138.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	1.250
10/03/22	Noche	0.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	0.000
11/03/22	Dia	6.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	0.054
11/03/22	Noche	0.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	0.000
12/03/22	Dia	233.5	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	2.112
12/03/22	Noche	167.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	1.511

Tabla 26 Costo de barras - Perforadora PE- 002

Fecha	Guardia	Barras	Costo	Marca	Vida util	Precio unitario	Costo total
		Metros	\$/Unidad				
01/03/22	Dia	37.5	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	0.5372
01/03/22	Dia	240.0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	3.4379
01/03/22	Noche	117.8	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	1.6874
02/03/22	Dia	192.2	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	2.7531
02/03/22	Noche	63.0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	0.9024
02/03/22	Noche	72.0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	1.0313
03/03/22	Dia	218.0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	3.1226
03/03/22	Noche	144.0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	2.0626
05/03/22	Dia	167.1	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	2.3935
06/03/22	Dia	255.1	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	3.6539
07/03/22	Dia	117.0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	1.6758
07/03/22	Noche	0.00	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	0.000
08/03/22	Dia	138.2	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	1.9795
10/03/22	Noche	0.00	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	0.000
11/03/22	Dia	6.0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	0.0859
11/03/22	Noche	0.00	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	0.000
12/03/22	Dia	233.5	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	3.344
12/03/22	Noche	167.0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	2.3919

Tabla 27 Resumen de costos de perforación -Equipo de perforación PE - 002

RESUMEN DE COSTOS								
Fecha	Guardia	Tarifa	Diesel – 2	Aceros	Costo Mano de obra	Costo total perforación	Costo unitario	Costo metro
		\$	\$	\$	\$	\$	\$/TM	\$/m.
		53.77	3.20	3.50	9.75			
01/03/22	Dia	80.66	672.13	2016.38	195.00	2,964.16	1.647	79.04
01/03/22	Dia	430.16	322.62	12,904.80	195.00	13,852.58	0.577	57.72
01/03/22	Noche	295.74	172.06	6,334.11	195.00	6,996.91	0.614	59.40
02/03/22	Dia	381.77	333.37	10,334.59	195.00	11,244.74	0.605	58.51
02/03/22	Noche	139.80	338.75	3,387.51	195.00	4,061.06	0.677	64.46
02/03/22	Noche	231.21	645.24	3,871.44	195.00	4,942.89	1.373	68.65
03/03/22	Dia	376.39	645.24	11721.86	195.00	12,938.49	1.198	58.35
03/03/22	Noche	290.36	645.24	7742.88	195.00	8,873.48	1.232	61.62
05/03/22	Dia	451.67	241.97	8984.97	195.00	9,873.60	0.329	59.09
06/03/22	Dia	430.16	290.36	13716.73	195.00	14,632.25	0.387	57.36
07/03/22	Dia	231.21	699.01	6291.09	195.00	7,416.31	1.373	63.39
07/03/22	Noche	16.13	0.00	0.000	195.00	211.13	0.00	0.00
08/03/22	Dia	252.72	349.51	7431.01	195.00	8,228.24	0.623	59.54
10/03/22	Noche	96.79	0.00	0.000	195.00	291.79	0.00	0.00
11/03/22	Dia	48.39	322.62	322.62	195.00	888.63	1.481	148.11
11/03/22	Noche	48.39	0.00	0.00	195.00	243.39	0.00	0.00
12/03/22	Dia	424.78	349.51	12555.30	195.00	13,524.58	0.537	57.92
12/03/22	Noche	414.03	322.62	8979.59	195.00	9911.24	0.516	59.35

4.1.9.3. Control de rendimientos y costos de perforación – perforadora PE-004

El control de rendimientos y los costos de la perforación en el tajo San Gerardo se determina de igual forma como se determinó para la perforadora anterior.

A continuación, mostramos un ejemplo de la determinación de costos.

Tabla 28 Control del Rendimiento de perforación - Perforadora PE- 004

RENDIMIENTO DE PERFORADORA PE - 002														
Fecha	Guardia	Operador	Banco	PROY.	Equipo	Diam. Pulg.	Hora inicio	Hora termino	Total horas	Long. Tal (m)	Total (m)	N° Tal.	TMS	Velocidad Perf. (m)
04/04/22	Noche	S.Huamán	4336	0302	PE-004	5	8.260	8.268	7.8	6.8	218	32	19,200	27.90
05/04/22	Dia	M.Huamán	4336	0302	PE-004	5	8.268	8.276	7.6	6.8	245	37	22,200	32.21
05/04/22	Noche	Y. Pary	4336	0302	PE-004	5	8.276	8.285	9.4	6.8	297	44	26,400	31.63
06/04/22	Dia	M.Huamán	4336	0302	PE-004	5	8.285	8.291	5.3	6.8	204	30	18,000	38.49
06/04/22	Noche	Y. Pary	4336	0302	PE-004	5	8.291	8.299	8.7	6.2	284	45	27,000	32.62
07/04/22	Dia	Y. Pary	4336	0302	PE-004	5	8.299	8.301	1.3	6.8	19	3	1,800	14.31
07/04/22	Noche	M.Huamán	4336	0302	PE-004	5	8.301	8.310	9.9	6.8	300	44	26,400	30.34
08/04/22	Dia	Y. Pary	4336	0302	PE-004	5	8.310	8.315	4.7	7	147	23	13,800	31.28
08/04/22	Noche	B. Mamani	4342	0311	PE-004	5	8.315	8.324	8.9	7	280	40	24,000	31.46
09/04/22	Dia	B. Mamani	4342	0311	PE-004	5	8.324	8.331	6.8	6.5	186	30	18,000	27.35
09/04/22	Noche	C. Mamani	4342	0311	PE-004	5	8.331	8.337	5.8	7	169	25	15,000	29.21
09/04/22	Noche	M.Huamán	4336	0302	PE-004	5	8.337	8.339	2.1	7	105	15	9,000	50.00
10/04/22	Dia	B. Mamani	4336	0302	PE-004	5	8.339	8.340	1.4	7	16	2	1,200	11.43
11/04/22	Noche	B. Mamani	4342	0	PE-004	5	8.340	8.341	1.3	0	0	0	0	0
12/04/22	Noche	A.Hurtado	4342	0311	PE-004	5	8.341	8.345	3.6	7	112	16	9,600	31.11
13/04/22	Noche	B. Mamani	4342	0311	PE-004	5	8.345	8.346	0.9	6.9	40	6	3,600	44.67
13/04/22	Dia	A.Hurtado	4336	0303	PE-004	5	8.346	8.353	7.3	6.8	260	38	22,800	35.62
14/04/22	Noche	B. Mamani	4336	0303	PE-004	5	8.353	8.360	7.0	7	264	40	24,000	37.66

Tabla 29 Consumo de combustible - Perforadora PE- 004

CONSUMO DE COMBUSTIBLE			
Fecha	Guardia	Diesel	
		Galones	Galones/Hrs
04/04/22	Noche	79	10.13
05/04/22	Dia	62	8.16
05/04/22	Noche	180	19.15
06/04/22	Dia	0	0.00
06/04/22	Noche	90	10.38
07/04/22	Dia	127	97.69
07/04/22	Noche	164	16.57
08/04/22	Dia	104	22.13
08/04/22	Noche	0	0.00
09/04/22	Dia	58	8.53
09/04/22	Noche	193	33.28
09/04/22	Noche	111	52.86
10/04/22	Dia	78	55.71
11/04/22	Noche	107	82.31
12/04/22	Noche	0	0.00
13/04/22	Dia	0	0.00
13/04/22	Noche	140	19.18
14/04/22	Dia	60	8.57

Tabla 30 Costo de brocas - Perforadora PE- 004

Fecha	Guardia	Broca	Costo	Marca	Vida util	Precio unitario	Costo total
		(m)	\$/Unidad		(m)	\$/m	\$
04/04/22	Noche	217.6	531.00	ALKAM	800	0.66	144.4
05/04/22	Dia	244.8	531.00	ALKAM	800	0.66	162.5
05/04/22	Noche	297.4	531.00	ALKAM	800	0.66	197.4
06/04/22	Dia	204.0	531.00	ALKAM	800	0.66	135.4
06/04/22	Noche	283.8	531.00	ALKAM	800	0.66	188.4
07/04/22	Dia	18.6	531.00	ALKAM	800	0.66	12.3
07/04/22	Noche	300.4	531.00	ALKAM	800	0.66	199.4
08/04/22	Dia	147.0	531.00	ALKAM	800	0.66	97.6
08/04/22	Noche	280.0	531.00	ALKAM	800	0.66	185.9
09/04/22	Dia	186.0	531.00	ALKAM	800	0.66	123.5
09/04/22	Noche	169.4	531.00	ALKAM	800	0.66	112.4
09/04/22	Noche	105.0	531.00	ALKAM	800	0.66	69.7
10/04/22	Dia	12.0	531.00	ALKAM	800	0.66	10.6
11/04/22	Noche	0.0	531.00	ALKAM	800	0.66	0.0
12/04/22	Noche	112.0	531.00	ALKAM	800	0.66	112.0
13/04/22	Dia	40.2	531.00	ALKAM	800	0.66	40.2
13/04/22	Noche	260.0	531.00	ALKAM	800	0.66	260.0
14/04/22	Dia	263.6	531.00	ALKAM	800	0.66	263.6

Tabla 31 Costo de Shank - Perforadora PE- 004

Fecha	Guardia	SHANK	Costo	Marca	Vida útil	Precio unitario	Costo total
			\$/Unidad				
					(m)	\$/m	\$
04/04/22	Noche	217.6	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	51.441
05/04/22	Dia	244.8	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	57.871
05/04/22	Noche	297.4	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	70.305
06/04/22	Dia	204.0	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	48.226
06/04/22	Noche	283.8	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	67.090
07/04/22	Dia	18.6	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	4.397
07/04/22	Noche	300.4	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	6.633
08/04/22	Dia	147.0	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	34.751
08/04/22	Noche	280.0	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	66.192
09/04/22	Dia	186.0	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	43.970
09/04/22	Noche	169.4	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	40.046
09/04/22	Noche	105.0	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	24.822
10/04/22	Dia	12.0	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	3.782
11/04/22	Noche	0.0	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	0.000
12/04/22	Noche	112.0	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	26.477
13/04/22	Dia	40.2	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	9.503
13/04/22	Noche	260.0	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	61.464
14/04/22	Dia	263.6	2364.00	ALKAM	10,000	0.236	62.315

Tabla 32 Costo de barras - Perforadora PE- 004

Fecha	Guardia	Barras	Costo	Marca	Vida util	Precio unitario	Costo total
		Metros	\$/Unidad				
					(m)	\$/m	\$
04/04/22	Noche	217.6	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	5.9024
05/04/22	Dia	244.8	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	20.1571
05/04/22	Noche	297.4	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	24.4883
06/04/22	Dia	204.0	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	16.7976
06/04/22	Noche	283.8	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	23.3684
07/04/22	Dia	18.6	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	0.4111
07/04/22	Noche	300.4	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	24.7353
08/04/22	Dia	147.0	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	12.1042
08/04/22	Noche	280.0	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	23.0566
09/04/22	Dia	186.0	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	15.3155
09/04/22	Noche	169.4	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	13.9486
09/04/22	Noche	105.0	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	8.6458
10/04/22	Dia	12.0	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	1.3175
11/04/22	Noche	0.0	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	0.000
12/04/22	Noche	112.0	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	9.2222
13/04/22	Dia	40.2	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	3.3101
13/04/22	Noche	260.0	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	21.4087
14/04/22	Dia	263.6	658.73	ALKAM	8,000	0.0823	21.7052

Tabla 33 Resumen de costos de perforación -Equipo de perforación PE - 004

RESUMEN DE COSTOS								
Fecha	Guardia	Tarifa	Diesel – 2	Aceros	Costo Mano de obra	Costo total perforación	Costo unitario	Costo metro
		\$	\$	\$	\$	\$	\$/TM	\$/m.
		53.77	3.20	3.50	9.75			
04/04/22	Noche	419.41	252.80	201.78	195.00	1,068.98	0.056	4.91
05/04/22	Día	408.65	198.40	240.51	195.00	1,042.57	0.047	4.26
05/04/22	Noche	505.44	576.00	292.19	195.00	1,568.63	0.059	5.27
06/04/22	Día	284.98	0.00	200.43	195.00	680.41	0.038	3.34
06/04/22	Noche	467.80	288.96	278.83	195.00	1,230.59	0.046	4.34
07/04/22	Día	69.90	406.40	17.15	195.00	688.45	0.382	37.01
07/04/22	Noche	532.32	524.80	230.75	195.00	1,482.88	0.056	4.94
08/04/22	Día	252.72	332.80	144.43	195.00	924.95	0.067	6.29
08/04/22	Noche	478.55	0.00	275.10	195.00	948.65	0.040	3.39
09/04/22	Día	365.64	185.60	182.74	195.00	928.98	0.052	4.99
09/04/22	Noche	311.87	617.60	166.43	195.00	1,290.90	0.086	7.62
09/04/22	Noche	112.92	355.20	103.16	195.00	766.28	0.085	7.30
10/04/22	Día	75.28	249.60	15.72	195.00	535.60	0.446	33.47
11/04/22	Noche	69.90	342.40	0.00	195.00	607.30	0.000	0.00
12/04/22	Noche	193.57	0.00	110.04	195.00	498.61	0.052	4.45
13/04/22	Día	48.39	0.00	39.50	195.00	282.89	0.079	7.04
13/04/22	Noche	392.52	448.00	255.45	195.00	1,290.97	0.057	4.97
14/04/22	Día	376.39	192.00	256.98	195.00	11,022.37	0.043	3.88

4.1.9.4. Evaluación de rendimiento y costos de perforación – Perforadora PE -008

Tabla 35 Control del Rendimiento de perforación - Perforadora PE- 008

RENDIMIENTO DE PERFORADORA PE - 002														
Fecha	Guardia	Operador	Banco	PROY.	Equipo	Diam. Pulg.	Hora inicio	Hora termino	Total horas	Long. Tal (m)	Total (m)	N° Tal.	TMS	Velocidad Perf. (m)
03/04/22	Dia	S. Huamán	0	0	PE-008	0	7143	7144	1.0	0	0	0	0	0.0
03/04/22	Noche	A.Hurtado	4342	310	PE-008	4	7144	7151	7.0	6.6	244	37	22,200	34.89
04/04/22	Dia	B. Mamani	4342	310	PE-008	4	7151	7159	8.0	6.5	198	31	18,600	24.75
04/04/22	Noche	M.Huamán	4348	310	PE-008	4	7159	7168	9.0	6.1	210	38	22,800	23.33
05/04/22	Noche	M.Huamán	4354	310	PE-008	4	7168	7178	10.0	5.5	295	60	36,000	29.50
06/04/22	Noche	M.Huamán	4336	302	PE-008	4	7178	7184	6.0	5	111	50	30,000	18.50
07/04/22	Dia	Mamani	4336	302	PE-008	4	7184	7189	6.0	4	155	42	25,200	30.92
07/04/22	Noche	M.Huamán	0	0	PE-008	0	7189	7190	1.0	0	0	0	0	0.00
08/04/22	Dia	B. Mamani	4336	203	PE-008	4	7190	7191	1.0	4	4	1	600	4.00
08/04/22	Noche	M.Huamán	4342	311	PE-008	4	7191	7200	9.0	6	264	62	37,200	29.28
09/04/22	Dia	C. Mamani	4348	311	PE-008	4	7200	7208	8.0	5	212	60	36,000	26.49
09/04/22	Noche	M.Huamán	4342	311	PE-008	4	7208	7216	8.0	7	231	35	21,000	28.85
10/04/22	Dia	B. Mamani	4342	311	PE-008	4	7216	7222	6.0	5	126	41	24,600	21.07
10/04/22	Dia	B. Mamani	4336	REPER	PE-008	4.5	7222	7225	3.0	5.5	45	8	4,800	15.03
10/04/22	Noche	M.Huamán	4336	REPER	PE-008	4.5	7225	7228	3.0	6	65	11	6,600	21.67
10/04/22	Noche	M.Huamán	4342	311	PE-008	4	7228	7229	1.0	2	22	11	6,600	22.00
11/04/22	Dia	Y.Pary	4342	311	PE-008	4.5	7229	7232	3.0	6.8	26	4	2,400	8.53
12/04/22	Dia	Y.Pary	4354	309	PE-008	4.5	7232	7238	6.0	3.4	123	42	25,200	20.50

Tabla 36 Consumo de combustible - Perforadora PE- 008

CONSUMO DE COMBUSTIBLE			
Fecha	Guardia	Diesel	
		Galones	Galones/Hrs
03/04/22	Dia	23.00	23.00
03/04/22	Noche	0.00	0.00
04/04/22	Dia	51.00	6.38
04/04/22	Noche	51.00	5.67
05/04/22	Noche	48.00	4.80
06/04/22	Noche	63.00	10.50
07/04/22	Dia	24.00	4.80
07/04/22	Noche	0.00	0.00
08/04/22	Dia	0.00	0.00
08/04/22	Noche	55.00	6.11
09/04/22	Dia	43.00	5.38
09/04/22	Noche	42.00	5.25
10/04/22	Dia	54.00	9.00
10/04/22	Dia	0.00	0.00
10/04/22	Noche	0.00	0.00
10/04/22	Noche	0.00	0.00
11/04/22	Dia	0.00	0.00
12/04/22	Dia	0.00	0.00

Tabla 37 Costo de brocas - Perforadora PE- 008

Fecha	Guardia	Broca	Costo	Marca	Vida util	Precio unitario	Costo total
		Metros	\$/Unidad			\$/m	\$
03/04/22	Dia	0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	0.0
03/04/22	Noche	244.2	363.87	ROBIT	3,000	0.12	29.6
04/04/22	Dia	198	363.87	ROBIT	3,000	0.12	24.0
04/04/22	Noche	210.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	25.5
05/04/22	Noche	295.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	35.8
06/04/22	Noche	111.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	13.5
07/04/22	Dia	154.6	363.87	ROBIT	3,000	0.12	18.8
07/04/22	Noche	0.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	0.0
08/04/22	Dia	4.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	0.5
08/04/22	Noche	263.5.	193.30	ROBIT	3,000	0.12	32.0
09/04/22	Dia	211.9	363.87	ROBIT	3,000	0.12	25.7
09/04/22	Noche	230.8	363.87	ROBIT	3,000	0.12	28.0
10/04/22	Dia	126.4	363.87	ROBIT	3,000	0.12	15.3
10/04/22	Dia	45.1	363.87	ROBIT	3,000	0.12	5.5
10/04/22	Noche	65.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	7.9
10/04/22	Noche	22.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	2.7
11/04/22	Dia	25.6	363.87	ROBIT	3,000	0.12	3.1
12/04/22	Dia	123.0	363.87	ROBIT	3,000	0.12	14.9

Tabla 38 Costo de Shank - Perforadora PE- 008

Fecha	Guardia	SHANK	Costo	Marca	Vida útil	Precio unitario	Costo total
		Metros	\$/Unidad		(m)	\$/m	\$
03/04/22	Día	0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	0.000
03/04/22	Noche	244.2	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	2.209
04/04/22	Día	198	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	1.791
04/04/22	Noche	210.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	1.900
05/04/22	Noche	295.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	2.668
06/04/22	Noche	111.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	1.004
07/04/22	Día	154.6	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	1.398
07/04/22	Noche	0.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	0.000
08/04/22	Día	4.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	0.036
08/04/22	Noche	263.5.	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	2.383
09/04/22	Día	211.9	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	1.917
09/04/22	Noche	230.8	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	2.088
10/04/22	Día	126.4	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	1.143
10/04/22	Día	45.1	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	0.408
10/04/22	Noche	65.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	0.588
10/04/22	Noche	22.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	0.199
11/04/22	Día	25.6	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	0.232
12/04/22	Día	123.0	407.040	SANDVIK	45,000	0.009	1.113

Tabla 39 Costo de barras - Perforadora PE- 008

Fecha	Guardia	Barras	Costo	Marca	Vida util	Precio unitario	Costo total
		Metros	\$/Unidad		(m)	\$/m	\$
03/04/22	Día	0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	0.0000
03/04/22	Noche	244.2	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	3.4980
04/04/22	Día	198	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	2.8361
04/04/22	Noche	210.0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	3.0081
05/04/22	Noche	295.0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	4.2256
06/04/22	Noche	111.0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	1.5900
07/04/22	Día	154.6	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	2.2145
07/04/22	Noche	0.0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	0.0000
08/04/22	Día	4.0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	0.0573
08/04/22	Noche	263.5.	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	3.7743
09/04/22	Día	211.9	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	3.0351
09/04/22	Noche	230.8	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	3.3058
10/04/22	Día	126.4	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	1.8105
10/04/22	Día	45.1	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	0.6460
10/04/22	Noche	65.0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	0.9310
10/04/22	Noche	22.0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	0.3151
11/04/22	Día	25.6	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	0.3667
12/04/22	Día	123.0	814,000	SANDVIK	56.826	0.0143	1.7617

Tabla 40 Resumen de costos de perforación -Equipo de perforación PE - 008

RESUMEN DE COSTOS								
Fecha	Guardia	Tarifa	Diesel – 2	Aceros	Costo Mano de obra	Costo total perforación	Costo unitario	Costo metro
		\$	\$	\$	\$	\$	\$/TM	\$/m.
		53.77	3.20	3.50	9.75			
03/04/22	Dia	53.77	73.60	0.00	195.00	322.37	0.000	0.00
03/04/22	Noche	376.39	0.00	35.32	195.00	606.71	0.027	2.43
04/04/22	Dia	430.16	163.20	28.63	195.00	816.99	0.044	4.13
04/04/22	Noche	483.93	163.20	30.38	195.00	872.51	0.038	4.15
05/04/22	Noche	537.70	153.60	42.67	195.00	928.97	0.026	3.15
06/04/22	Noche	322.62	201.60	16.06	195.00	735.28	0.025	6.62
07/04/22	Dia	268.85	76.80	22.36	195.00	563.01	0.022	3.64
07/04/22	Noche	53.77	0.00	0.00	195.00	248.77	0.000	0.00
08/04/22	Dia	53.77	0.00	0.58	195.00	249.35	0.416	62.34
08/04/22	Noche	483.93	176.00	38.12	195.00	893.05	0.024	3.39
09/04/22	Dia	430.16	137.60	30.65	195.00	793.41	0.022	3.74
09/04/22	Noche	430.16	134.40	33.39	195.00	792.96	0.038	3.44
10/04/22	Dia	322.62	172.80	18.28	195.00	708.70	0.029	5.61
10/04/22	Dia	161.31	0.00	6.52	195.00	362.83	0.076	8.05
10/04/22	Noche	161.31	0.00	9.40	195.00	365.71	0.055	5.63
10/04/22	Noche	53.77	0.00	3.18	195.00	251.95	0.038	11.45
11/04/22	Dia	161.31	0.00	3.70	195.00	360.01	0.150	14.06
12/04/22	Dia	322.62	0.00	17.79	195.00	535.41	0.021	4.35

Tabla 41 Resumen total de costo de perforación

RESUMEN DE COSTOS DE PERFORACION										
			Costo equipo	D-2	Costo mano obra	C.T. Perforación	C.U. Perf.	Costo metro	Veloc. Perf.	Tm/perf.
N°	Equipo	Código	\$	\$	\$	\$	\$/Tn	\$/m	m/hr	Tn/perf.
1	DX800	PE-002	597,734.21	8,194.55	9,555.00	427,025.14	1.363	150.11	0.59	313,200
2	FLEXY R	PE-004	442,672.28	7,462.16	7,410.00	422,903.03	0.97	86.71	0.59	436,200
3	DP1500I	PE-008	384,079.11	2,012.80	7,800.00	373,573.73	0.958	130.26	17.79	390,000
COSTO TOTAL			1,424,485.6	17,667.5	24,765.0	1,223,501.9	3.291	367.09	5.54	1,139,400.

Tabla 42 RESUMEN TOTAL

RESUMEN TOTAL		
TONELADAS PERFORADAS	1,139,400	Tm
COSTO TOTAL DE PERFORACION	1,223,501.9	US\$/TM
COSTO UNITARIO DE PERFORACION	1.07	\$/Tm

4.1.10. Evaluacion de la voladura

Parametros de la voladura por dia

El consumo esta determinado por los siguientes rubros el número de voladura, los parámetros de perforación, numero de taladros, diámetro del taladro, las cantidades de explosivos y accesorios a usar son, emulex real 100 en kg, emulnor 5000, emulsión gasificable San-G, el factor de carga kg/m3, factor de potencia kg/tn, accesorios como fanel dual 17/800,fanel dual 0/800, booster, fanel 25, 35, 42, 65, línea LSEF 500, vemos en la siguiente tabla ejemplos de consumo por fechas y numero de voladura.

Parametros de voladura

Tabla 43 Parametros de la voladura por dia mes de marzo 2022

FASE	RAMPA / PROYECTO	BANCO/PROG RESIVA	BURDEN (m)	ESPACIAMIE NTO (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	VOLUMEN (m3)	Producción	Buffer	Precorte	Ayuda	Nº TALADROS	Ø DE TALADRO (Pulg.)
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Fase 02	Proyecto	4318	2.43	2.8	3.75	4402.11	154	19	40	0	213	4
Fase 01	Proyecto	4180	4	4.6	9.5	9937.43	37	20	40	20	950	5
Fase 02	Proyecto	4312	3.8	4.37	6	19867.00	303	0	0	0	303	5
Fase 03	Proyecto	4306	3.8	4.37	4.25	4357.30	79	27	34	0	140	5
Fase 02	Proyecto	4306	3.8	4.37	6.7	30787.70	324	0	0	0	324	5
Fase 02	Proyecto	4312	4.17	4.8	6.6	25798.01	344	25	0	0	369	5
Fase 02	Proyecto	4312	4.17	4.8	6.3	25750.54	228	33	0	0	272	5
Fase 01	Proyecto	4180	4.17	4.8	9.83	3136.17	7	12	39	16	74	5
Fase 02	Proyecto	4312	3.5	4	6.5	4167.74	73	38	0	0	111	4
Fase 03	Proyecto	4306	4.17	4.8	6.3	32383.19	357	0	0	0	357	5
Fase 03	Proyecto	4330	4	4.6	6.12	21706.00	200	25	50	0	294	5
Fase 02	Proyecto	4300	4	4.6	6.58	30266.00	284	0	0	0	284	5
Fase 02	Proyecto	4306	4	4.6	5.8	24837.49	241	15	0	0	256	5
Fase 02	Proyecto	4306	4	4.6	6.7	23217.30	260	0	0	0	260	5

Consumo de explosivos y accesorios de la voladura

Tabla 44 Consumo de explosivos y accesorios en la voladura por día me de marzo 2022

Ø DE TALADRO (Pulg.)	EMULEX REAL 100(kg) 1 1/4"x12"	EMULNOR 5000 3"x16"	EMULSION GASIFICADA SAN-G	CANTIDAD TOTAL DE EXPLOSIVO	FACTOR DE CARGA (kg/m3)	FACTOR DE POTENCIA (kg/TM)	FANEL DUAL 17/800	FANEL DUAL 0/800	BOOSTER 1 LB 450 GRS (UN)	FANEL CTD # 25	FANEL CTD # 35	FANEL CTD # 42	FANEL CTD # 65	LINEA LSEF 500	SEMANA
4	450	0	2351	2801	0.64	0.23	179	38	113	0	10	6	6	1	4
5	850	0	6490	7340	0.74	0.26	201	164	91	14	5	11	8	1	4
5	925	0	12965	13890	0.70	0.25	353	0	263	10	0	14	10	1	4
5	850	0	1486	2336	0.54	0.19	106	136	52	19	0	21	5	1	5
5	125	0	20779	20904	0.68	0.24	325	0	283	6	0	9	3	1	5
5	1050	0	14326	15376	0.60	0.21	415	0	217	16	0	12	9	1	6
5	100	0	16681	16781	0.65	0.23	275	0	240	23	5	16	8	1	6
5	100	0	1591	1691	0.54	0.19	58	80	58	2	9	5	5	1	6
4	300	0	1915	2215	0.53	0.19	94	10	102	0	0	5	2	1	7
5	950	0	17093	18043	0.58	0.20	443	18	290	20	0	10	6	1	7
5	225	0	12939	13164	0.61	0.22	244	65	225	0	0	12	12	1	7
5	25	0	18710	18735	0.62	0.22	284	0	276	1	0	8	6	1	7
5	50	0	14359	14409	0.58	0.21	256	2	256	20	0	23	6	1	8
5	575	0	12446	13021	0.56	0.20	270	18	231	18	5	19	4	1	8

Costo de voladura

El costo de voladura se determina para un disparo en función de la cantidad de material de voladura que se va a usar, esto es cantidad de explosivo, accesorios de voladura, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 45 Costo de explosivos por día mes de marzo 2022

COSTO DE EMULEX REAL 1 1/2" X 12" (\$)	EMULNOR 5000 3"x16"	COSTO DE EMULNOR 5000 3"x16"	EMULSION GASIFICADA SAN-G	COSTO DEL SAN-G (\$)	CANTIDAD TOTAL DE EXPLOSIVO	FACTOR DE CARGA (kg/m3)	FACTOR DE POTENCIA (kg/TM)	COSTO TOTAL DE EXPLOSIVOS
0	550	4702.5	13630	6475.61844	14180	0.75	0.27	11178.12
0	100	855	18472	8776.05458	18572	0.70	0.25	9631.05
34.5	0	0	0	0	0	0.00	0.00	34.50
0	150	1282.5	20169	9582.29995	20319	0.65	0.23	10864.80
0	0	0	8446	4012.69797	8446	0.76	0.27	4012.70
0	300	2565	12552	5963.46021	12852	0.79	0.28	8528.46
193.2	350	2992.5	13568	6446.16222	13918	0.59	0.21	9631.86
34.5	325	2778.75	17138	8142.27064	17463	0.71	0.25	10955.52
69	525	4488.75	14964	7109.40238	15489	0.75	0.27	11667.15
138	500	4275	3485	1655.72489	3985	0.58	0.21	6068.72
103.5	250	2137.5	0	0	325	0.55	0.20	2241.00
172.5	200	1710	7596	3608.86263	7796	0.82	0.29	5491.36
276	0	0	0	0	200	0.29	0.10	276.00
0	200	1710	14873	7066.16824	15073	0.64	0.23	8776.17
69	0	0	0	0	0	0.00	0.00	69.00
0	600	5130	22620	10746.771	23220	0.79	0.28	15876.77
69	0	0	0	0	0	0.00	0.00	69.00
0	100	855	12694	6030.92447	12794	0.73	0.26	6885.92
0	125	1068.75	9760	4636.9799	9885	0.61	0.22	5705.73

Tabla 46 Costo de accesorios por día mes de marzo 2022

FANEL DUAL 17/800	COSTO DE FANEL DUAL 17/800 (\$)	FANEL DUAL 0/800	COSTO DE FANEL DUAL 0/800 (\$)	BOOSTER 1 LB 450 GRS (UN)	COSTO DE BOOSTER 1 LB (\$)	FANEL CTD # 25	COSTO DE FANEL CTD # 25 (\$)	FANEL CTD # 35	COSTO DE FANEL CTD # 35 (\$)	FANEL CTD # 42	COSTO DE FANEL CTD # 42 (\$)	FANEL CTD # 65	COSTO DE FANEL CTD # 65 (\$)	LINEA LSEF 500	COSTO DE LINEA LSEF 500 (\$/.)	COSTO TOTAL	COSTO POR METRO CUBICO	COSTO POR TONELADA	SEMANA
326	915.219858	14	38	231	753	6	9	6	9	1	1	14	25	1	101	13029.69355	0.6924	0.2565	40
349	979.790585	11	30	274	893	21	30	20	30	0	0	2	4	1	101	11698.58286	0.4439	0.1644	40
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34.5	-	-	40
346	971.368316	6	16	344	1121	19	27	10	15	6	8	3	5	1	101	13130.97338	0.4219	0.1563	41
138	387.424357	2	5	138	450	13	19	8	12	0	0	3	5	1	101	4992.497366	0.4485	0.1661	41
360	1010.67224	8	22	190	619	6	9	10	15	2	3	6	11	1	101	10318.43259	0.6357	0.2354	41
304	853.456555	80	217	253	825	25	36	32	48	6	8	4	7	1	101	11727.4202	0.4976	0.1843	42
390	1094.89492	28	76	271	883	17	24	16	24	0	0	3	5	1	101	13164.57607	0.5339	0.1978	42
418	1173.50276	7	19	251	818	10	14	16	24	2	3	6	11	1	101	13830.80276	0.6671	0.2471	42
90	252.668059	47	127	87	284	8	12	6	9	6	8	1	2	1	101	6864.171288	0.9955	0.3687	43
32	89.8375321	0	0	0	0	1	1	1	1	9	13	0	0	1	101	2447.367532	0.45	0.1667	43
211	592.366227	2	5	126	411	10	14	10	15	1	1	1	2	1	101	6633.423896	0.7001	0.2593	43
49	137.563721	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	9	16	1	101	532.3437211	0.7738	0.2866	43
325	912.412436	6	16	225	734	14	20	6	9	3	4	0	0	1	101	10572.65578	0.4466	0.1654	43
28	78.6078406	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	147.6078406	-	-	43
562	1577.77166	0	0	359	1170	11	16	30	45	2	3	10	18	1	101	18807.32269	0.6424	0.2379	44
0	0	70	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	258.8762472	-	-	44
252	707.470565	0	0	172	561	10	14	10	15	0	0	2	4	1	101	8288.035034	0.4715	0.1746	44
201	564.291999	5	14	145	473	7	10	8	12	7	10	5	9	1	101	6898.134485	0.428	0.1585	44

Tabla 47 Costo mensual de voladura 2022

Costo mensual de voladura 2022				
Nº	Mes	Costo total mensual \$	Costo/metro cubico \$/m3	Promedio de costo/Tn \$/tn
1	Enero	133,322.87	0.5449	0.2018
2	Febrero	219,215.45	0.7307	0.2706
3	Marzo	130,340.67	0.4785	0.1773
4	Abril	127,173.44	0.3821	0.1415
5	Mayo	76,232.44	0.3513	0.1301
6	Junio	109,999.98	0.4607	0.1706
7	Julio	117,014.29	0.4646	0.1721
8	Agosto	118,405.25	0.4542	0.1682
9	Setiembre	74,255.94	0.5458	0.2021
10	Octubre	153,377.42	0.5781	0.2141
11	Noviembre	126,274.72	0.8667	0.3209
12	Diciembre	161,942.12	0.8381	0.3104

Figura 46 Costo mensual de voladura 2022



4.1.11. Control de aceros

Consumo y vida de aceros por perforadora

En cuanto al consume y vida promedio de los aceros de perforación se pudo determinar por cada perforadora que trabaja en el tajo San Gerardo.

Se utilizo 4 tipos de perforadora habiendo observado que la vida de las brocas, barras, shank es bastante variado, así tenemos el promedio de vida en promedio en las 4 perforadoras durante el mes de marzo fue lo siguiente:

En el caso de las brocas donde se usaron 27 brocas el promedio de vida fue de 904 metros, en las barras donde se usó 9 barras el promedio de vida es de 3768 metros y en el caso del shank donde se usó 5 su promedio fue de 6,918 metros

Tabla 48 Vida promedio de brocas, barra, shank en la perforación

Ubicación	Perfo-radora	Broca	Vida Prom. Broca (m)	Barra	Vida Prom. Barra (m)	Shank	Vida Prom. Shank (m)
GH	DX700	5	766	3	3,221	1	6,483
GH	DP1500I	4	803	2	1,828	1	2,427
GH	DX800	11	1,044	2	2,507	1	10,728
GH	FELXY ROCK D65	7	1,000	2	7,515	2	8,034
Total		27	904	9	3,768	5	6,918

Figura 47 Vida promedio de accesorios de la perforadora DX700

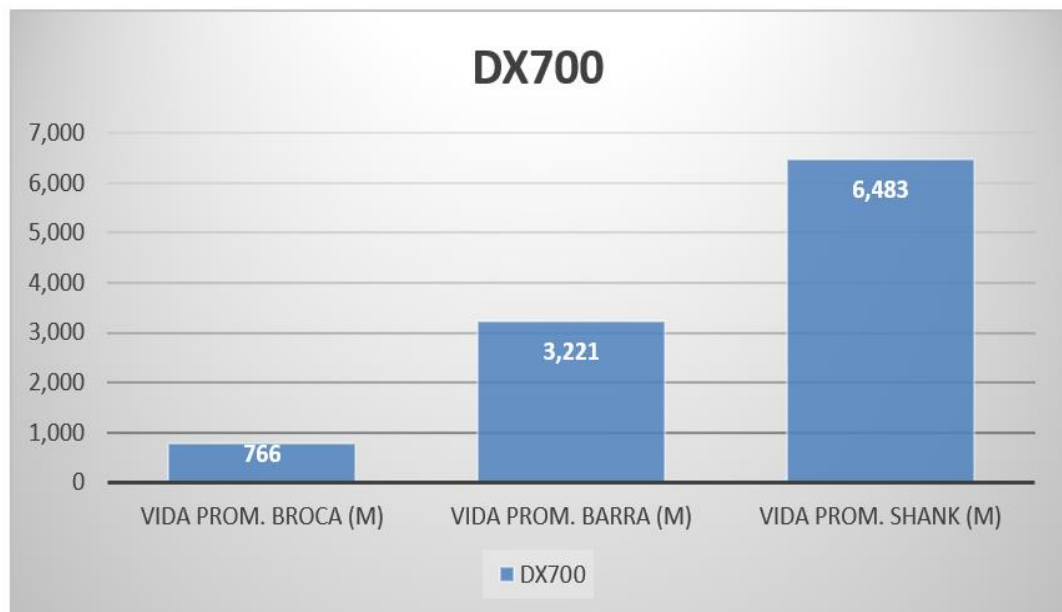


Figura 48 Vida promedio de accesorios de la perforadora DX800

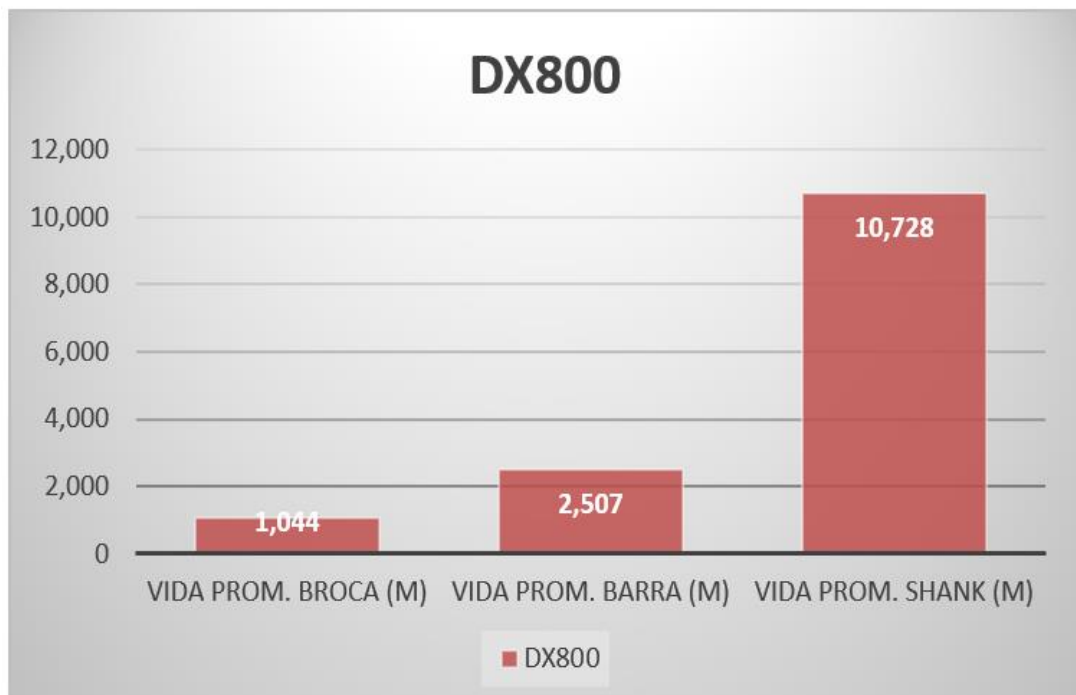


Figura 49 Vida promedio de accesorios de la perforadora FELXY ROCK D65

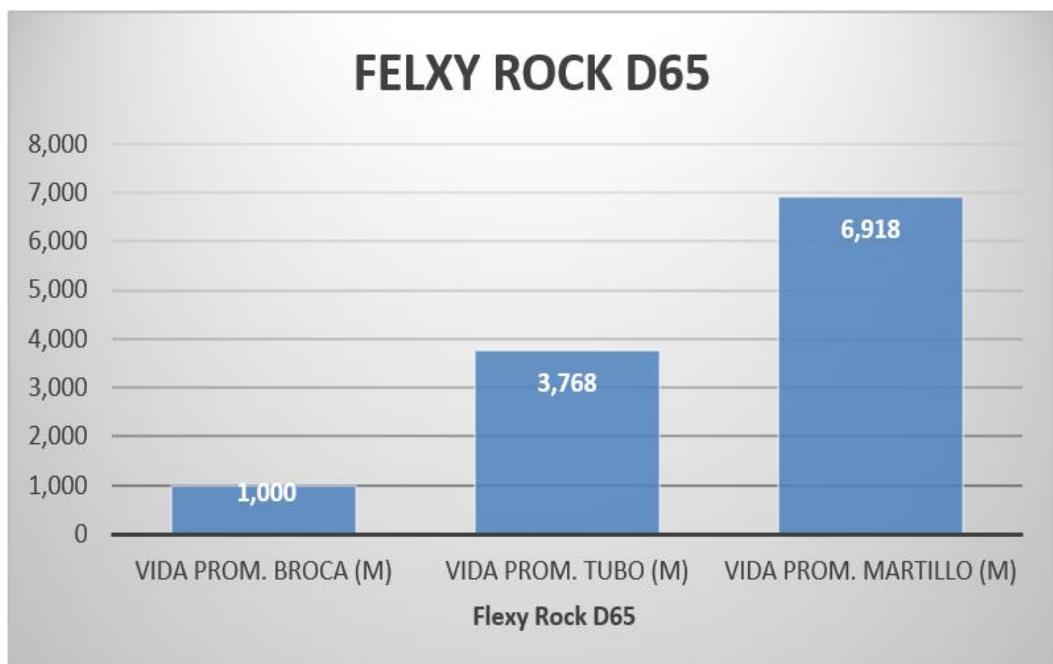
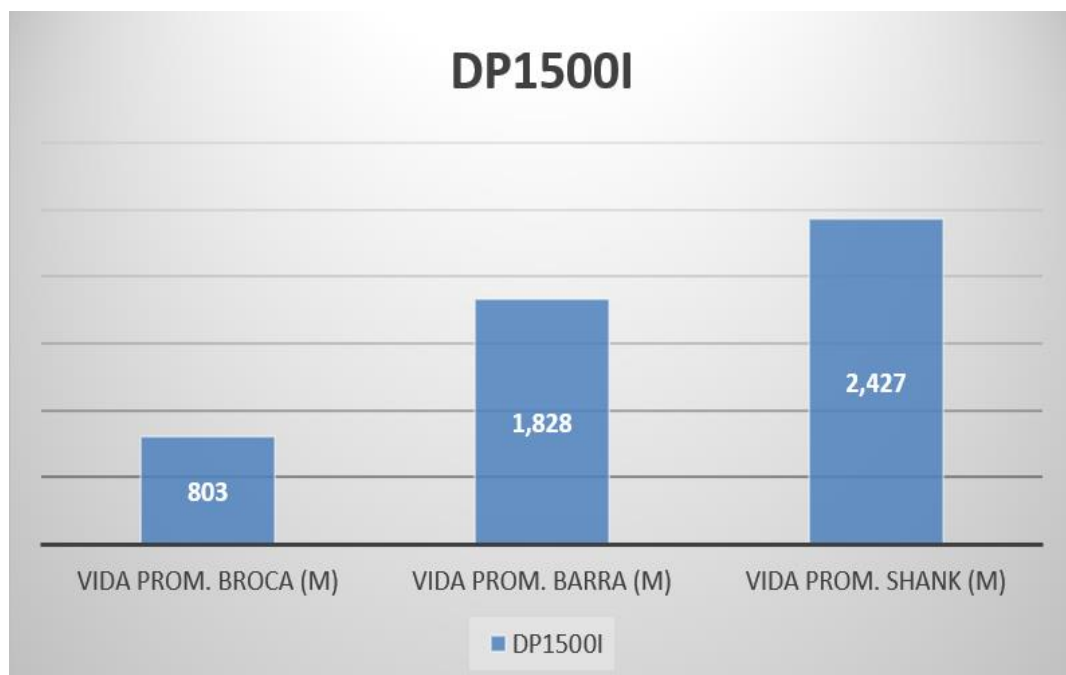


Figura 50 Vida promedio de accesorios de la perforadora DP1500I



4.1.12. Diseño de malla taja San Genaro

La malla de perforacion que se realiza en el tajo San Gerardo se diseña en funcion al tipo de roca que se va a volar asi tenemos para roca dura, media dura, media blanda; considerando el tipo de taladro si es de produccion, taladros

de buffer, taladros de precorte, su burden, espaciamiento, sobre perforacion, en las siguientes figuras podemos observar estos tipos de malla que se ejecuta en el tajo San Gerardo.

Figura 51 Diseño de malla roca dura

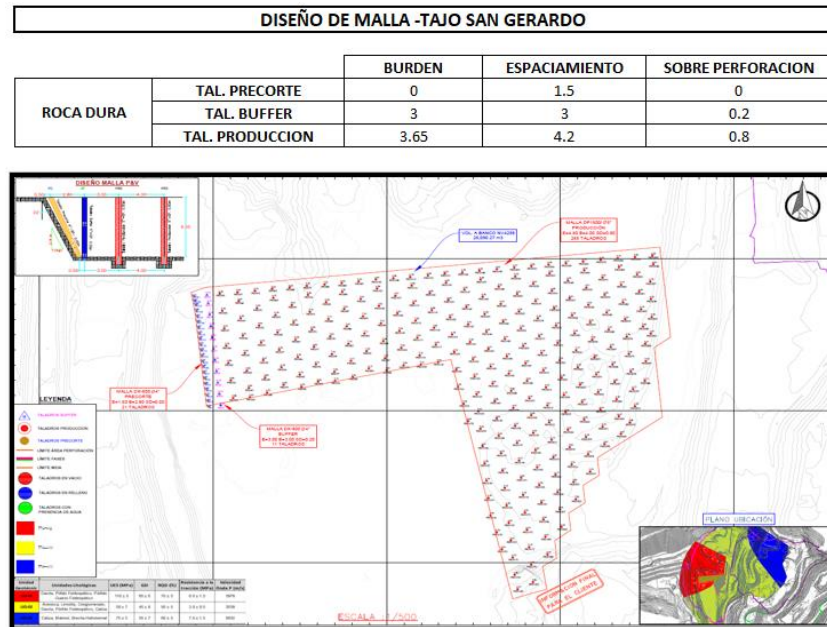


Figura 52 Diseño de malla roca media dura

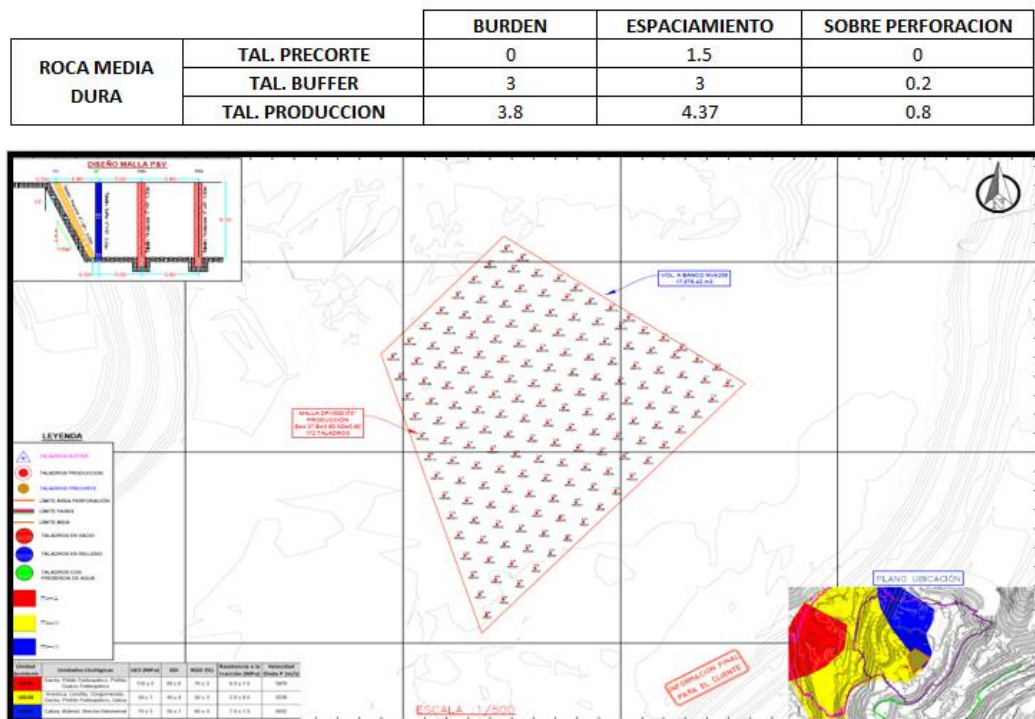


Figura 53 Diseño de malla roca media blanda

ROCA MEDIA BLANDA		BURDEN	ESPACIAMIENTO	SOBRE PERFORACION
	TAL. PRECORTE	0	1.5	0
	TAL. BUFFER	3	3	0.2
	TAL. PRODUCCION	4	4.6	0.8

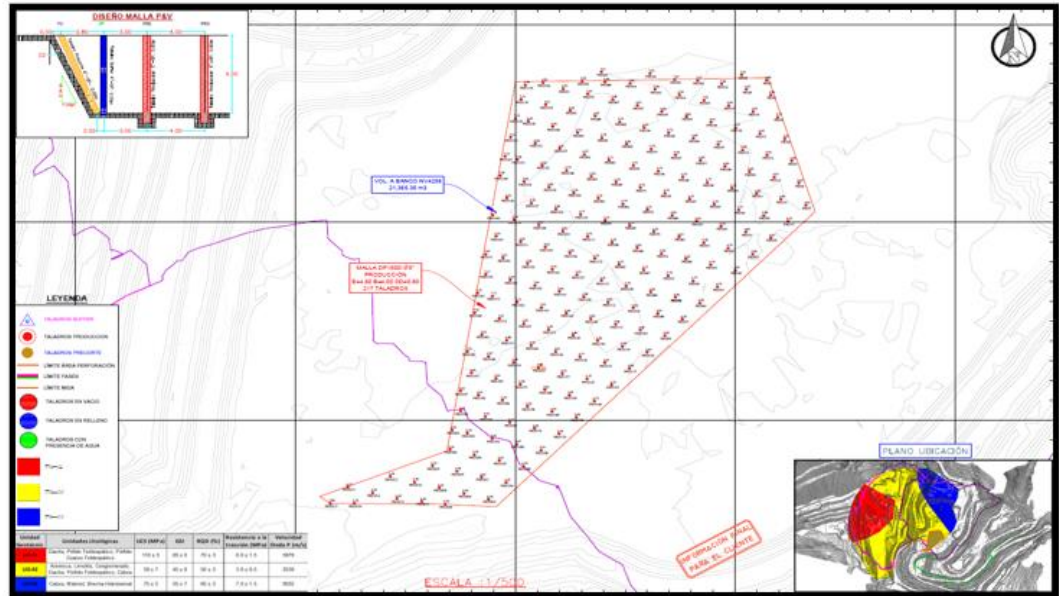
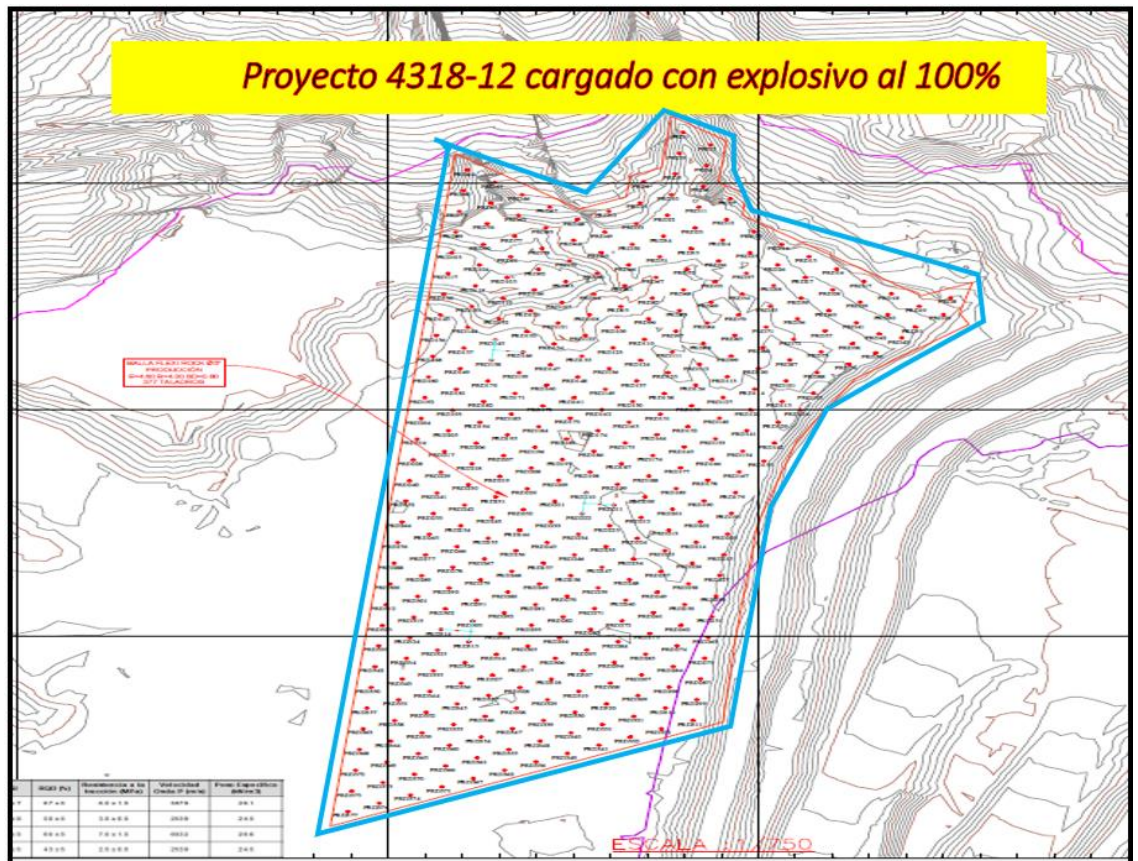


Figura 54 Vista de proyecto 4246 – 0225 fase 02 banco 4246



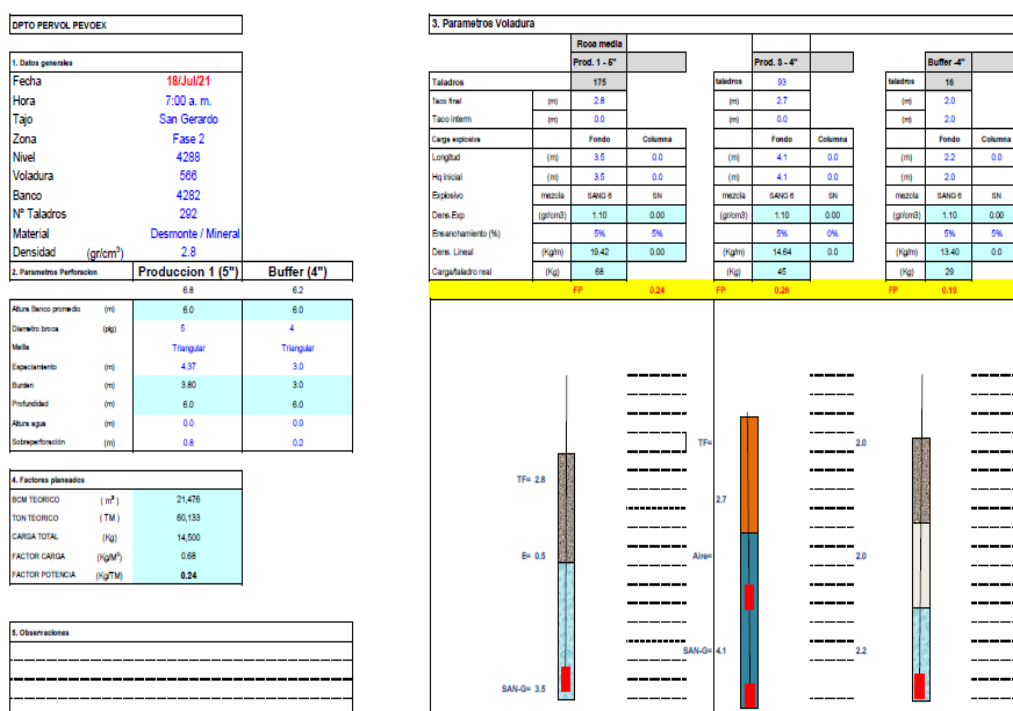
Figura 55. Proyecto 4318-12 cargado con explosivo al 100%



4.1.13. Diseño de carga

En el diseño de la carga para cada taladro se considera los siguientes datos, datos generales de la voladura, parámetros de perforación si es de producción, de precorte o buffer, sus parámetros, luego el diseño de carga donde se coloca los parámetros de voladura con su respectiva gráfica, como se muestra en la figura siguiente.

Figura 56 Diseño de carga



4.1.14. Informe de voladura

Un informe de voladura es un documento que se elabora en base a los resultados obtenidos, consta básicamente de:

Informe de voladura: donde se registra el número de voladura, características del disparo, explosivos usados, accesorios, parámetros de perforacion, factores obtenidos, monitoreo del viento, datos de taladros, distancia del sismógrafo, vibraciones, costo de disparo.

Reporte de volumen y factor de carga, factor de potencia: contiene, volumen volado, factor de carga y de potencia obtenido, con su respectivo diseño de carga utilizada en la voladura.

Plano de diseño de malla de perforación y voladura

Croquis de amarre de la voladura

Plan de ubicación de la voladura en el tajo

Ubicación del sismógrafo

Lectura del sismógrafo

Medición de vibraciones, reporte del sismógrafo

Plano de ubicación del sismógrafo

Plano de ubicación de la estación meteorológica

Reporte de estación meteorológica

Registro fotográfico

Reporte de carguío de camión de fabrica con San – G

Reporte de taladros no iniciados por falla de producto.

Mostramos un informe de voladura realizado el 06 de enero del 2022.

Figura 57 Informe de voladura 625 realizado el 06 de enero del 2022

PEVOEX										INFORME DE VOLADURA N° 625									
Disparo Primario				Explosivos				Parametros Perforación											
Preparado por		Jorge Castillo		ANFO		(kg)		0		Altura Banco Prom. Prod 01		(m)		6.00					
Fecha		06-01-22		Booster (1 lb)		(pza)		305		Diametro broca		(plg)		5.00					
				Senatel Plus		(kg)		75		Espacio Prom. Producción		(m)		4.20					
Hora		06:28 a.m.		Emulsion gasificada		(kg)		17,579		Burden Prom. Producción		(m)		3.65					
Fase		2		Emulnor 3"x 16"		(kg)		300		Profundidad Prom. Prod 01		(m)		6.89					
Banco		4252		Linea Silenciosa		(m)		1,000											
Proyecto		625		Accesorios						Altura Banco Prom. Bf 01		(m)		6.00					
Malla		Triangular								Diametro broca		(plg)		4.0					
Precorte		0		Panel dual 17/800		(ms)		479		Espacio Prom. Buffer		(m)		3.00					
Buffer		58		Panel dual 0/800		(ms)		70		Burden Prom. Buffer		(m)		3.00					
Produccion 01		233		Ctd # 25		(ms)		16		Profundidad Prom. Pro		(m)		6.20					
Produccion 03		46		Ctd # 35		(ms)		27		Volumen Roto 5"		(m3)		23545.2					
Total		337		Ctd # 42		(ms)		4		Volumen Roto 4"		(m3)		0.00					
Monitoreo de vientos				Ctd # 65		(ms)		7		Volumen Roto Total"		(m3)		23545.20					
				Ctd # 0		(ms)		0		Tonelaje roto		(TM/m)		65,926.56					
Direccion		Sur		DISTANCIA DEL SISMOGRAFO						Carga Total		(kg)		17,954.00					
Velocidad (km/h)		3.2		Distancia				mts		945.6		factores Obtenidos							
Tal. Perforados		337		Costo Disparo (relativo)															
Tal. Disparados		337		Costo total				(US\$)		13,843									
Tal. Tapado		0		Costo unitario				(US\$/TM)		0.21		Factor de Carga		(kg/m3)		0.76			
Tal Relleno		0		Costo unitario				(US\$/m3)		0.59		de Potencia total		(kg/TM)		0.27			
Tal. Agua		0		Vibraciones								de Rotura		(TM/m)		28.6			
Metros Perforados		2308.5		PPV				(mm/s)		0.495		de Perforacion		(TM/m)		28.6			
Metros Disparados		2308.5		Ruido				(dB)		43.30		de taladros		(TM/tal)		195.6			
Area influencia disp.		4378.6																	
El factor de potencia que se ha trabajado en general es de 0.27 kg/tm																			
se realizo el registro de vibracion cuyo valor es PPV 0.495 mm/s a una distancia de 945.6 mtrs																			
Se trabajo con una temperatura de 16 c° con un porcentaje de N3O de 0.70 % con una densidad de 1.10 g/cc																			
La secuencia de salida fue en "V" hacia la cara libre.																			
se utilizo 142 Paneles Duales de 17/800 para doble iniciador primados con Emulnor 5000																			
Se tuvo presencia de Tiros no iniciados por la cual se realizó una segunda voladura consumiendose los Siguietes																			
Linea Silenciosa 500 mtrs																			
Panel Dual 0/800 70 unds																			
</																			

Figura 58 Reporte de volumen, factor de carga y factor de potencia

PEVOEX INFORME DE VOLADURA N° 625							
REPORTE DE VOLUMEN Y FC/FP							
Tipo de Taladros	Cantidad de Taladros	Diametro (Pulg)	Altura Promedio (m)	Burden (m)	Espac. (m)	Volumen (m)	
Buffer 01	58.00	4.00	6.00	3.00	3.00	3,132.00	
Producción 01	233.00	5.00	5.50	3.65	4.20	19630.74	
Producción 03	46.00	4.00	2.50	2.43	2.80	782.46	
	337.0					23,545.20	
Tipo de Taladros	Emulnor 5000 3"x16"	Booster HDP 1 Lb (Pza)	Fanel dual 17/800x15m (Pza)	Fanel dual 0/800x15m (Pza)	Emulsion Gasificada (Kg)	Factor de Carga (Kg/m3)	Factor de Potencia (Kg/tn)
Buffer 01	0.00	58.00	58.00	0.00	2084.00	0.66	0.24
Producción 01	0.00	233.00	375.00	0.00	15295.00	0.78	0.28
Producción 03	300.00	14.00	46.00	70.00	200.00	0.67	0.24
	300.00	305.00	479.00	70.00	17,579.00	0.76	0.27

PRODUCCIÓN 01	BUFFER 01	DISEÑO DE CARGA UTILIZADOS EN EL PROYECTO DE VOLADURA 625
--------------------------	----------------------	--

Figura 59 Plano de diseño de malla de perforacion y voladura

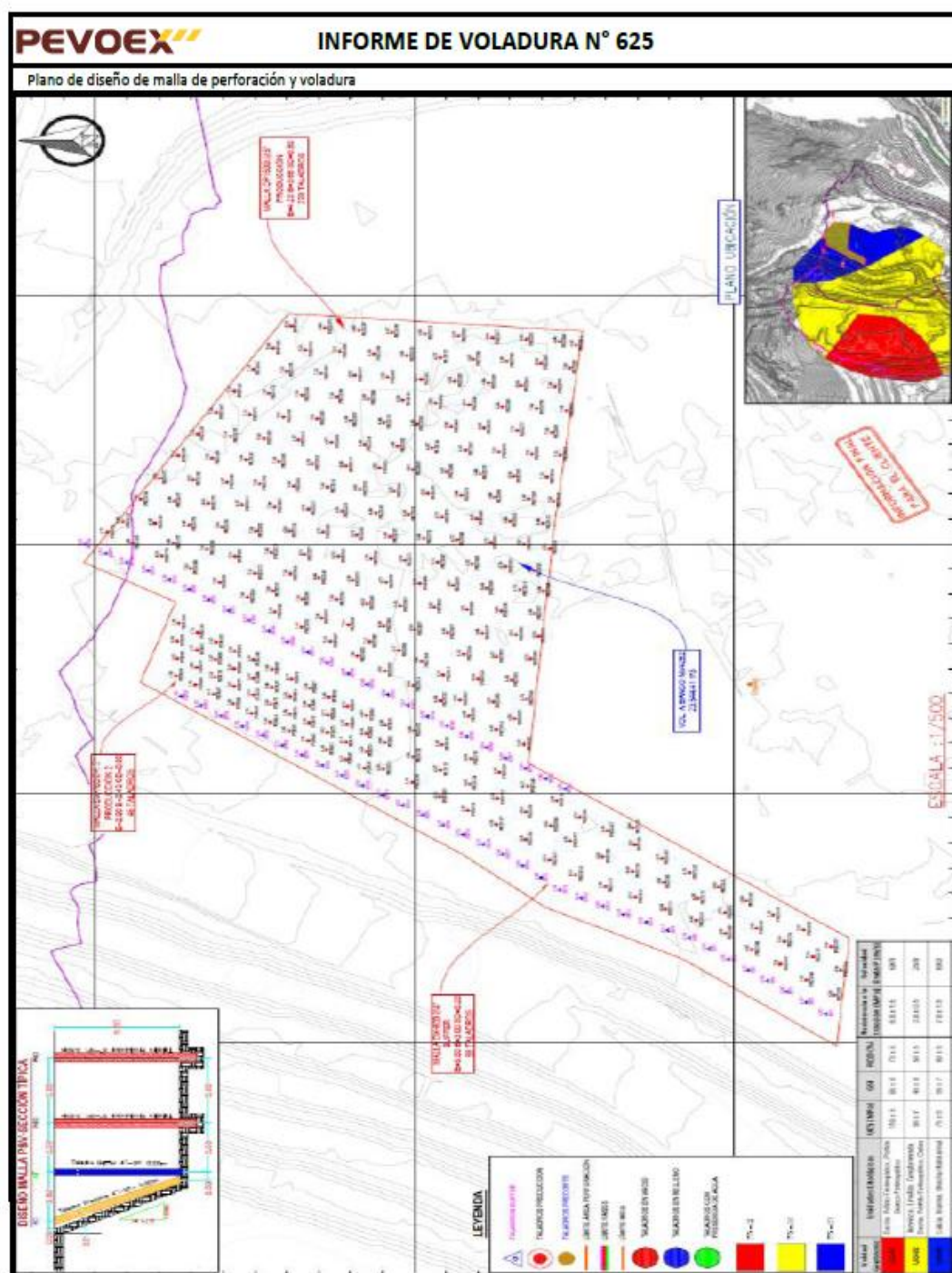


Figura 60 Croquis de amarre de la voladura

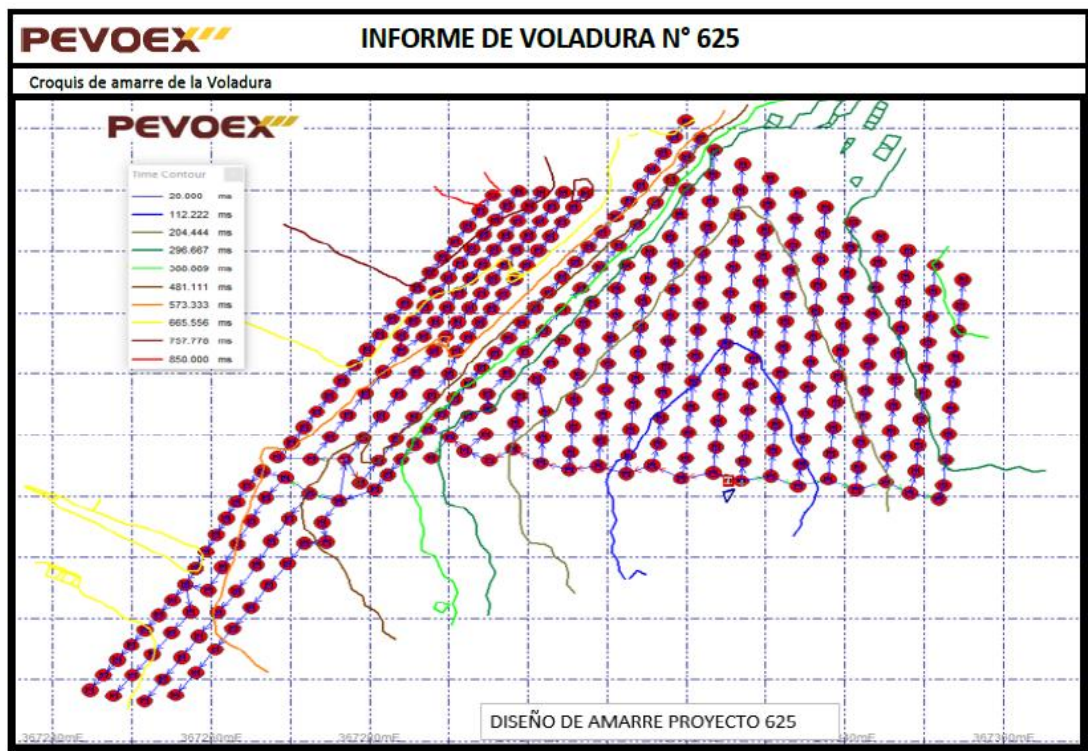


Figura 61 Plano de ubicación del proyecto en el tajo San Gerardo

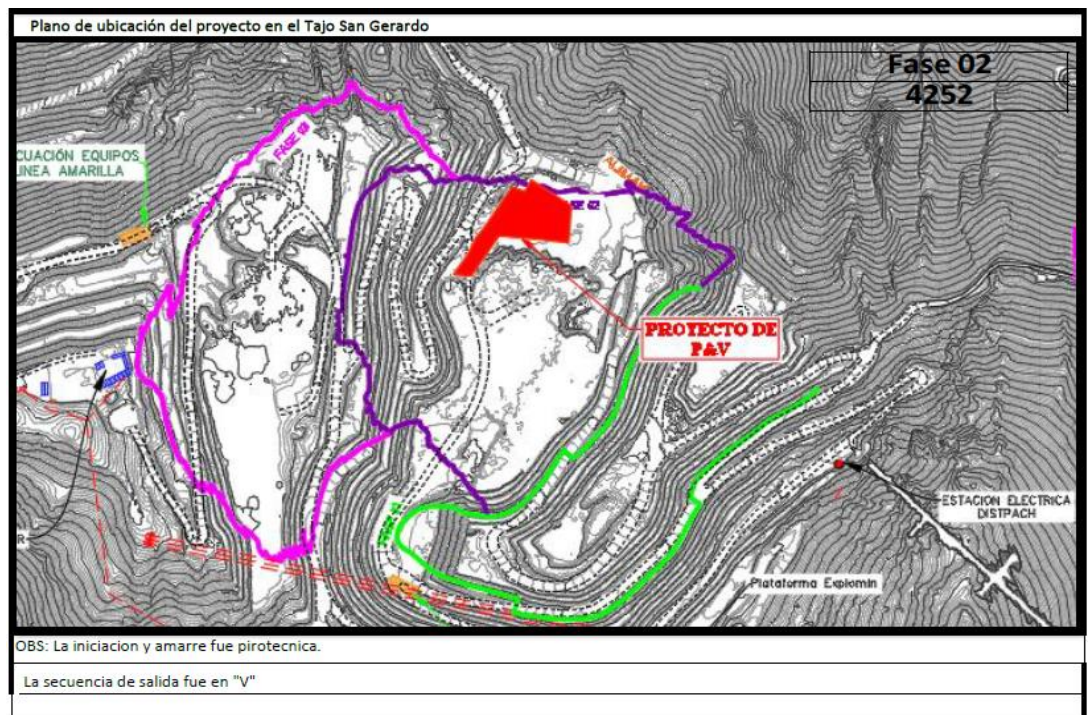


Figura 62 Ubicación del sismografo

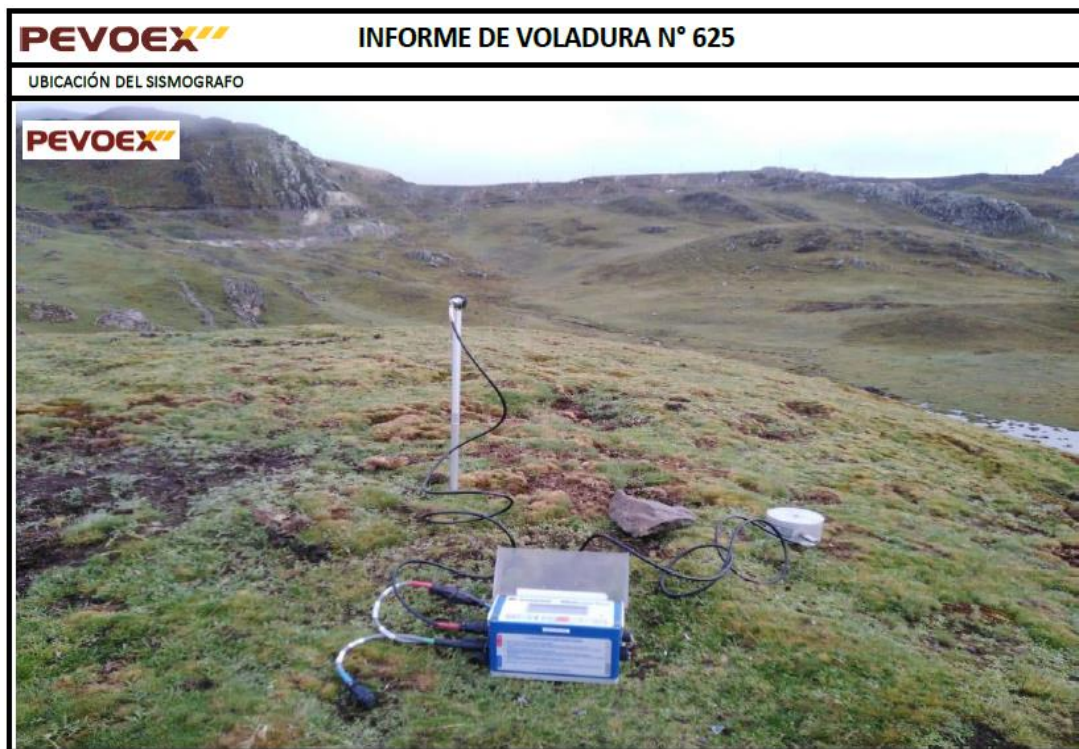


Figura 63 Lectura del sismografo

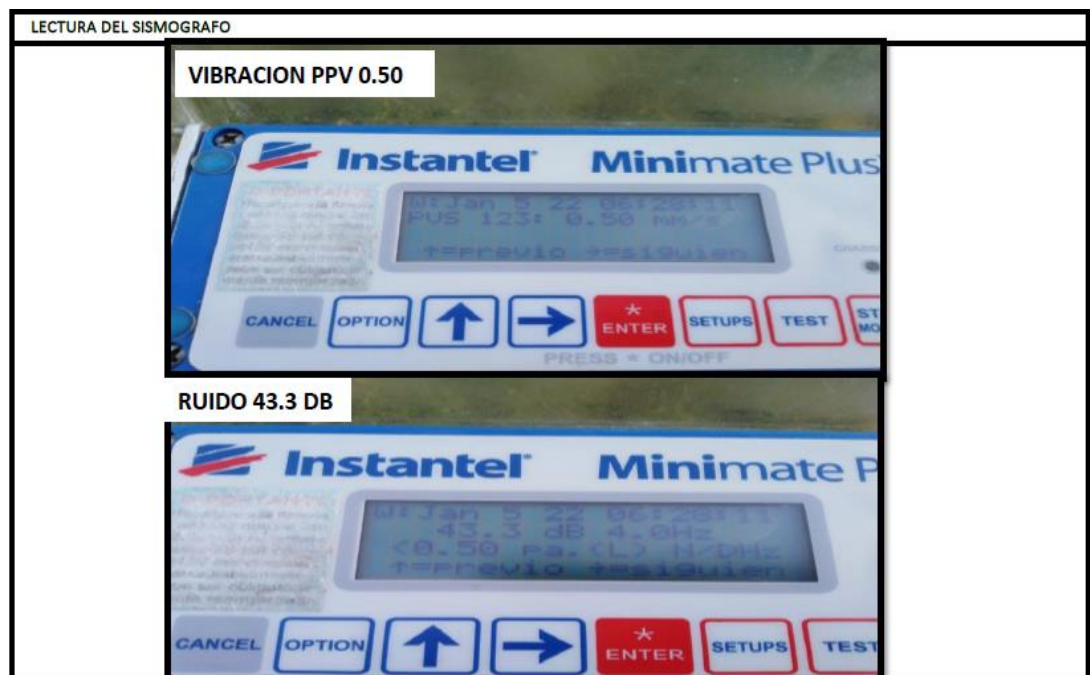


Figura 64 Reporte de vibraciones de la voladura 625

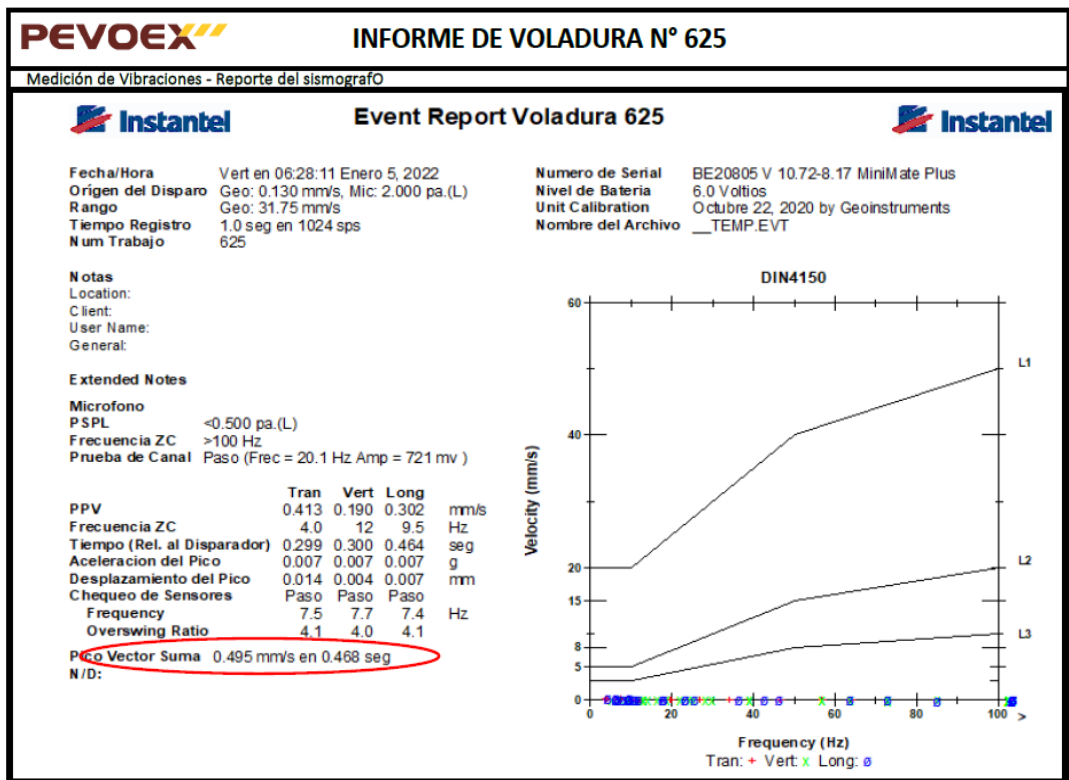


Figura 65 Ubicación del sismógrafo

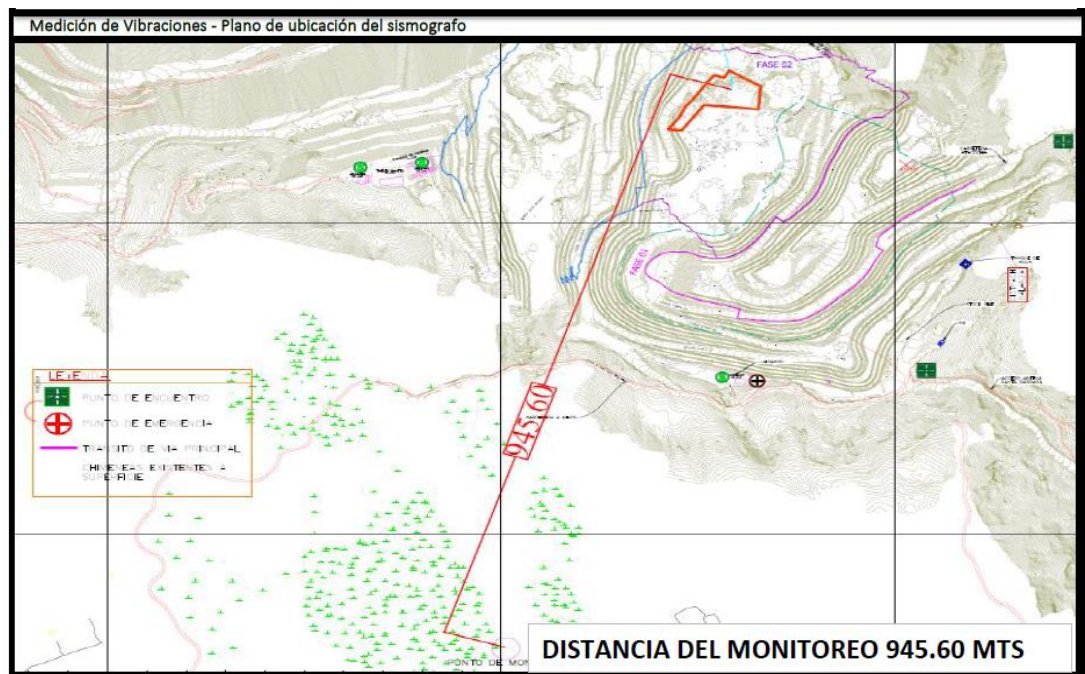


Figura 66 Plano de ubicación de estación metereologica

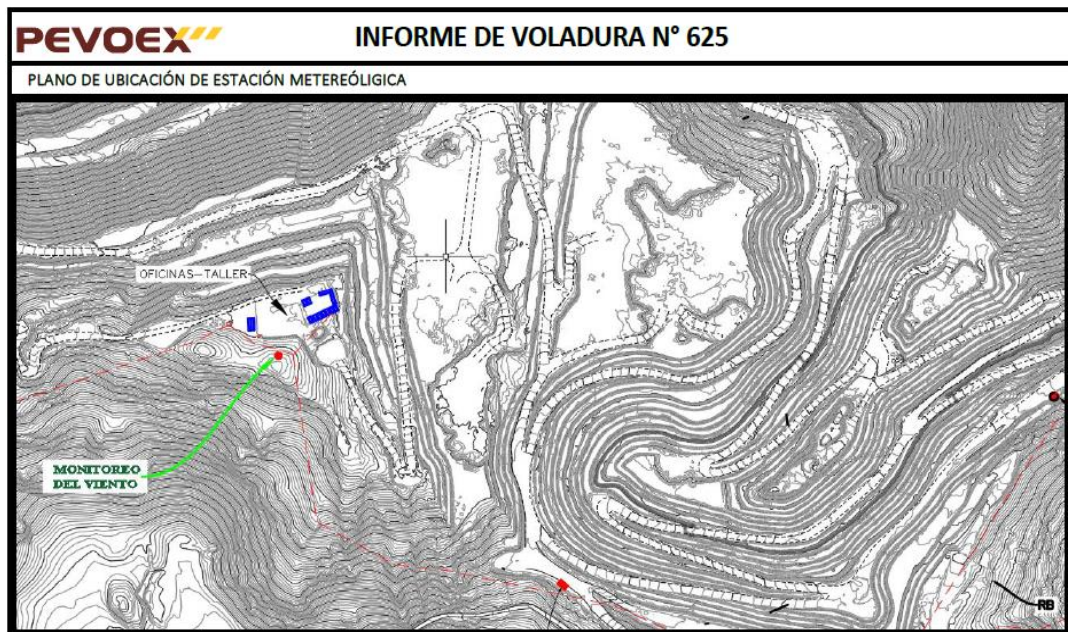


Figura 67 Reporte de estación metereologica



Figura 68 Registro fotografico antes de la voladura



Figura 69 Registro fotografico despues de la voladura

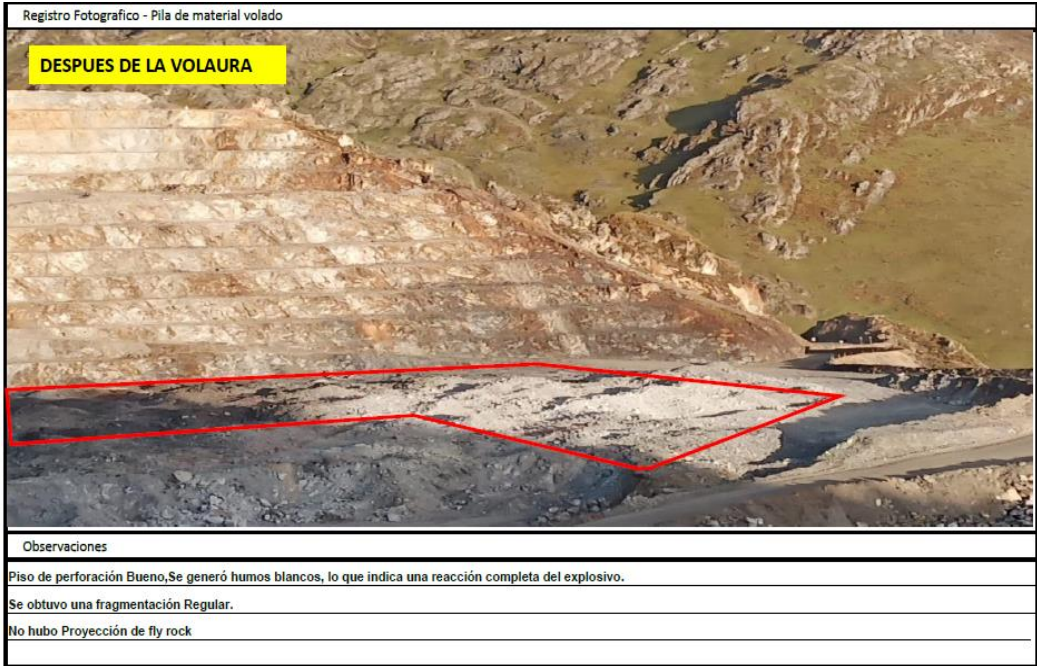
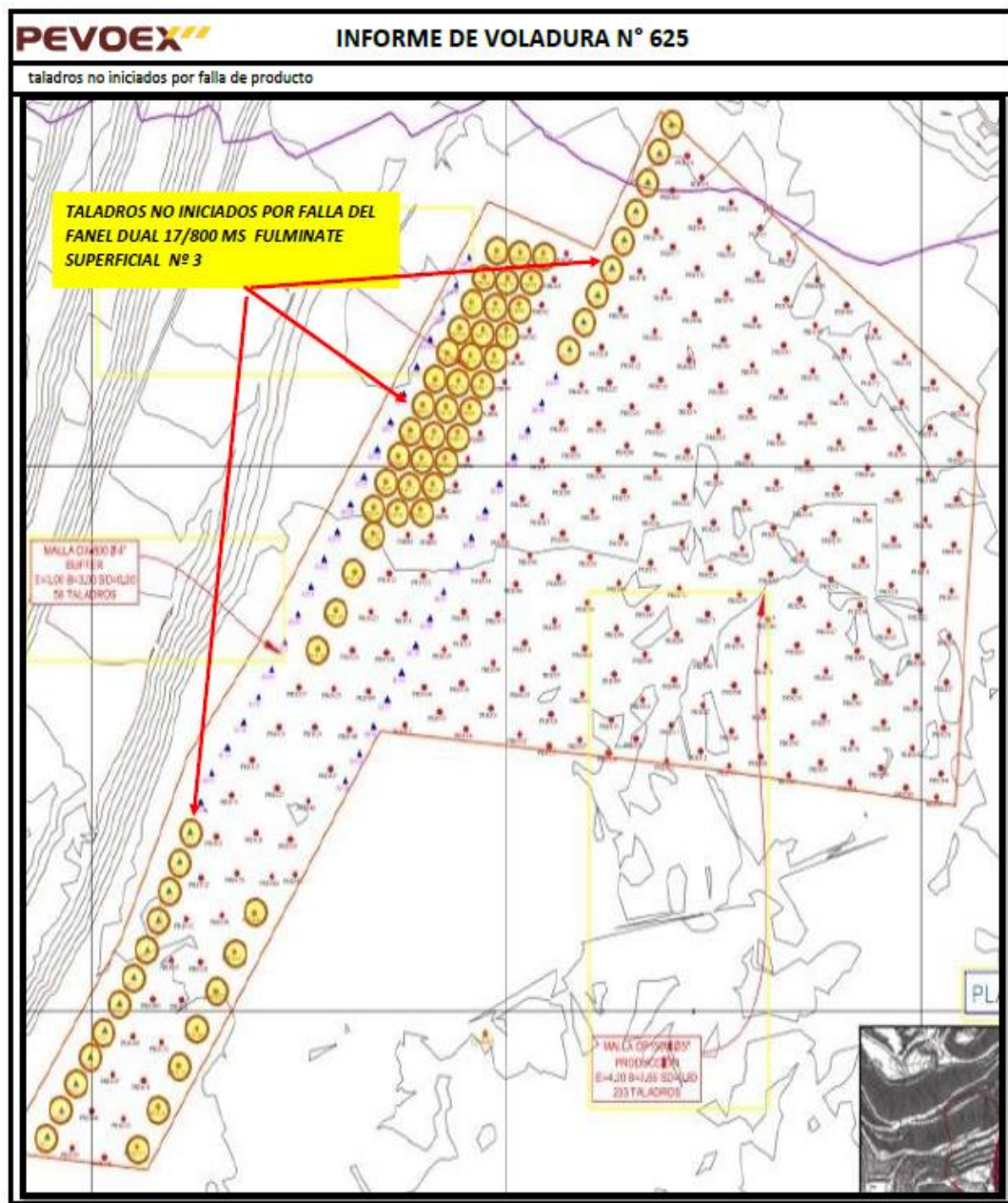


Figura 70 Registro de carguio de camion fabrica con San - G

PEVOEX

Figura 71 Taladros no iniciados por falla de producto



4.1.15. Reporte post voladura

El reporte de voladura se elabora una vez concluido con el disparo este documento contiene lo siguiente:

Información general de la voladura

Datos de la malla de perforación

Datos de taladros cargados

Monitoreo de vibraciones

Esquema de carga de los taladros. Mostramos un reporte de voladura realizado en el tajo San Gerardo.

PEVOXX

REPORT POST - VOLADURA

N° Voladura	505	Hora programada de la voladura	6:30 a.m.	Fase	Fase 2
Fecha de la Voladura	23-01-21	Hora exacta de la voladura	6:33 a.m.	Banco/Nivel	4318
Malla	E 2.80 B 2.43	Lugar de la voladura	Fase 1		

MALLA DE VOLADURA		TALADROS CARGADOS	
N° Filer	13	N° frentes/caras	2
Cuadrado	-	Echelon	-
Triangular	x	Diamante	-
Rectangular	-	"V"	x
Tiro cortado/fallido	Si ☐ No ☒	F.C. (Kg/m3)	0.64
Daño a estructuras/equipos	Si ☐ No ☒	F.P. (Kg/Tn)	0.23
		PPV (mm/s)	0.169
		PSPL (pa)	0.00
		Ruido (dB)	37.00
		Distancia (m)	718.4
MONITOREO DE VIBRACIONES		MONITOREO DE VIENTOS	
Comunidades	Si ☒ No ☐	Dirección	Noroeste
Coordenadas del punto de monitoreo	N: 8829768.77 E: 367035.55 Z: 4244.88	Velocidad (m/s)	0
Ubicación del punto de monitoreo de vibraciones:			
San Juan de Milpo			
		RETARDOS (ms)	
		Fondo	800
		Superficie	17
		Entre filas	42-65
		DENSIDAD DEL SAN-G (gr/cc)	
		Inicial	1.33
		Final	1.09

ESQUEMA DE CARGA DE LOS TALADROS	PRECORTE	BUFFER SAN-G	PRODUCCIÓN 1 SAN-G
	B = 2.80 m E = 1.50 m Ht = 0.50 m Hc = 3.00 m Ca = 2.50 m T = 0.00 m	B = 3.00 m E = 3.00 m Ht = 4.50 m Hc = 2.30 m Es = 0.00 m Ca = 0.70 m T = 1.50 m	B = 2.43 m E = 2.80 m Ht = 3.80 m Hc = 1.50 m Es = 0.30 m T = 2.00 m D = 0.00 m Cc = 0.00 m
	BUFFER - EMULEX 100	PRODUCCIÓN -2 (SAN-G)	PRODUCCIÓN -2 (EMULEX)
	B = 0.00 m E = 0.00 m Ht = 0.00 m Hc = 0.00 m T = 0.00 m Ca = 0.00 m	B = 0.00 m E = 0.00 m Ht = 0.00 m Hc = 0.00 m Es = 0.00 m T = 0.00 m Mg = No	B = 2.43 m E = 2.80 m Ht = 3.80 m Hc = 1.60 m Tp = 0.00 m T = 2.20 m Mg = Si
Legenda: B: Bordin, E: Espaldamiento, Ht: Altura de taladro, Hc: Altura de carga, Es: Esporcionamiento, Ca: Cámara de aire, T: Taco, Mg: Mango, Tp: Tapón, D: Dedo, Cc: Carga			

Observaciones:

No hubo presencia de gases y/o polvo que impacte a la comunidad de San Juan de Milpo.

Info de Report - PVO

Info de Gestión - MEVA

4.1.16. Protocolo de voladura

Realizado todo el proceso de la perforación y voladura y para un control de una ejecución correcta y que se tenga como sustento tanto en la parte de producción y de seguridad se debe elaborar un protocolo de voladura antes de realizar la voladura, este documento contiene los siguientes aspectos:

Caratula: se coloca datos de la voladura, firma de los responsables.

Taladros: va los parámetros de todos los taladros

Malla de perforación: va el plano de la malla de perforación

Diseño de carga: va los parámetros de carga de los explosivos en los taladros

Protocolo de voladura: contiene cantidad de taladros, cantidad de explosivos, diseño, salida de la voladura.

Radio de voladura: se indica el área de influencia de la voladura para personas, equipos, ubicación de los vigías.

Vigías: se muestra la ubicación en coordenadas y datos personales

PETAR: firmado por personal de voladura, autorizado por el superintendente, y jefe de seguridad.

La voladura en el tajo San Gerardo se realiza a las 7.00 a.m., el radio de voladura es de 500 m. para personal y animales y de 300 m. para equipos, los vigías de voladura hacen un control del área asignada, ve que no haya personas, animales ni equipos en el área de influencia de la voladura y cierran el acceso al tajo en el momento de la voladura.

En los documentos que mostramos seguidamente se observa un protocolo de voladura usado en el tajo San Gerardo indicando los principales documentos.

Figura 73 Notificación de voladura N° 629/F02-4246-21



AT-PERVOL-FR-006
 V.00
 16/09/2018

NOTIFICACIÓN DE VOLADURA N° 629/F02-4246-21

EXPLOTACION DEL TAJO "SAN GERARDO"
 TAJO SAN GERARDO FASE 02 BCO 4246

1	NÚMERO DE PROTOCOLO:	629/F02-4246-21
2	EMPRESA RESPONSABLE:	PEVOEX CONTRATISTAS S.A.C.
3	BANCO O ZONA:	TAJO SAN GERARDO FASE 02 BCO 4246
4	FECHA DE VOLADURA:	Martes, 18 de enero del 2022
5	ÁREA DE VOLADURA:	SUPERFICIE - TAJO SAN GERARDO
6	RESPONSABLE DE OPERACIONES:	Ebert Almonacid
7	RESPONSABLE DE VOLADURA:	Manuel Catacora
8	RESPONSABLE DE SEGURIDAD:	Raul Cotrado
9	HORARIO DEL RANGO DE VOLADURA:	06:00 a.m. - 06:30 a.m.

ADVERTENCIA:

- RESPETAR EN TODO MOMENTO LAS INDICACIONES DE LOS VIGÍAS

- SI EL VIGÍA INDICA DETENERSE, **ACATE LA INSTRUCCIÓN**

NRO	EMPRESA	RESPONSABLE	CARGO	FIRMA
1	PEVOEX- OPERACIONES			
2	PEVOEX - SEGURIDAD			
3	NEXA- RELACIONES COM.			
4	NEXA- OPERACIONES			
5	NEXA- PLANEAMIENTO			
6	NEXA-GEOTECNIA			
7	NEXA- SEGURIDAD			

Tabla 49 Distribución de carga

DISTRIBUCION DE CARGA

N° TAL	NORTE	ESTE	COTA	Altura de Taladro (m)	ID Taladro	Tipo de Taladro	Diametro (Pulg)	BURDEN (m)	ESPACIAM (m)	Volumen (m3)	Tipo de Explosivo de Columna
1	8830058.803	367312.077	4252.237	6.237	PRD1	Producción 01	5	4	4.60	114.76	Emulsion Gasificada
2	8830058.227	367316.302	4252.19	6.19	PRD2	Producción 01	5	4	4.60	113.90	Emulsion Gasificada
3	8830057.534	367320.475	4252.173	6.173	PRD3	Producción 01	5	4	4.60	113.58	Emulsion Gasificada
4	8830056.96	367324.645	4252.235	6.235	PRD4	Producción 01	5	4	4.60	114.72	Emulsion Gasificada
5	8830056.304	367328.775	4252.113	6.113	PRD5	Producción 01	5	4	4.60	112.48	Emulsion Gasificada
6	8830055.605	367332.893	4251.98	5.98	PRD6	Producción 01	5	4	4.60	110.03	Emulsion Gasificada
7	8830054.978	367337.062	4252	6	PRD7	Producción 01	5	4	4.60	110.40	Emulsion Gasificada
8	8830054.396	367341.237	4252.001	6.001	PRD8	Producción 01	5	4	4.60	110.42	Emulsion Gasificada
9	8830053.772	367345.418	4252.05	6.05	PRD9	Producción 01	5	4	4.60	111.32	Emulsion Gasificada
10	8830053.09	367349.56	4252.028	6.028	PRD10	Producción 01	5	4	4.60	110.92	Emulsion Gasificada
11	8830052.449	367353.76	4251.842	5.842	PRD11	Producción 01	5	4	4.60	107.49	Emulsion Gasificada
12	8830051.85	367358.03	4251.945	5.945	PRD12	Producción 01	5	4	4.60	109.39	Emulsion Gasificada
13	8830051.157	367362.077	4251.871	5.871	PRD13	Producción 01	5	4	4.60	108.03	Emulsion Gasificada
14	8830050.515	367366.237	4251.771	5.771	PRD14	Producción 01	5	4	4.60	106.19	Emulsion Gasificada
15	8830049.933	367370.358	4251.49	5.49	PRD15	Producción 01	5	4	4.60	101.02	Emulsion Gasificada
16	8830049.235	367374.564	4251.008	5.008	PRD16	Producción 01	5	4	4.60	92.15	Emulsion Gasificada
17	8830062.196	367314.683	4252.068	6.068	PRD17	Producción 01	5	4	4.60	111.65	Emulsion Gasificada
18	8830061.458	367318.928	4252.173	6.173	PRD18	Producción 01	5	4	4.60	113.58	Emulsion Gasificada
19	8830060.885	367323.057	4252.112	6.112	PRD19	Producción 01	5	4	4.60	112.46	Emulsion Gasificada
20	8830060.165	367327.227	4252.207	6.207	PRD20	Producción 01	5	4	4.60	114.21	Emulsion Gasificada
21	8830059.612	367331.351	4252.089	6.089	PRD21	Producción 01	5	4	4.60	112.04	Emulsion Gasificada
22	8830058.87	367335.542	4251.962	5.962	PRD22	Producción 01	5	4	4.60	109.70	Emulsion Gasificada
23	8830058.3	367339.734	4252.048	6.048	PRD23	Producción 01	5	4	4.60	111.28	Emulsion Gasificada
24	8830057.65	367343.886	4252.017	6.017	PRD24	Producción 01	5	4	4.60	110.71	Emulsion Gasificada
25	8830056.979	367348.027	4252.052	6.052	PRD25	Producción 01	5	4	4.60	111.36	Emulsion Gasificada
26	8830056.473	367352.237	4251.924	5.924	PRD26	Producción 01	5	4	4.60	109.00	Emulsion Gasificada
27	8830055.774	367356.328	4251.797	5.797	PRD27	Producción 01	5	4	4.60	106.66	Emulsion Gasificada
28	8830055.097	367360.483	4251.816	5.816	PRD28	Producción 01	5	4	4.60	107.01	Emulsion Gasificada
29	8830054.45	367364.733	4251.721	5.721	PRD29	Producción 01	5	4	4.60	105.27	Emulsion Gasificada
30	8830053.843	367368.914	4251.757	5.757	PRD30	Producción 01	5	4	4.60	105.93	Emulsion Gasificada
31	8830053.178	367373.045	4251.407	5.407	PRD31	Producción 01	5	4	4.60	99.49	Emulsion Gasificada
32	8830052.442	367377.175	4251.01	5.01	PRD32	Producción 01	5	4	4.60	92.18	Emulsion Gasificada
33	8830065.405	367317.393	4251.907	5.907	PRD33	Producción 01	5	4	4.60	108.69	Emulsion Gasificada

Figura 74 Diseño de carga en voladura de Producción

PRODUCCIÓN 01

1 PARAMETROS DE PERFORACIÓN

D	Diámetro de taladro	Pulg	5.00
B	Burden	m	4.00
E	Espaciamiento	m	4.60
HB	Altura de banco	m	6.00
J	Sobreperforación	m	0.80
L	Longitud total de taladro	m	6.80
I	Inclinación	°	90.00
	Volumen	m3	110.40

2 PARAMETROS DE PRIMADO

Tipo	Booster HDP 1 Lb		
Peso	kg		0.45
Cantidad	Unid	1.00	
Peso Total	kg		0.45
Tipo de iniciador	Fanel dual 17/800x12m		
Cantidad	pza		2.00

2 PARAMETROS DE COLUMNA

Tipo de Explosivo	Emulsion Gasificada		
Densidad de Explosivo	kg/m3		1.100
Densidad Lineal	kg/m		13.00
C1			
T1	Taco intermedio - "e"	m	-
	Expansion de Emulsion	m	0.50
	Carga Inicial	m	3.40
	Taco intermedio - "e"	m	-
T2	Taco final	m	2.90
	Carga de columna	m	3.90
	Total Carga	kg/tal	65
	Densidad de Roca Promedio	Gr/cc	2.70
	Factor de Carga	kg/m3	0.59
	Factor de Potencia	kg/tn	0.21

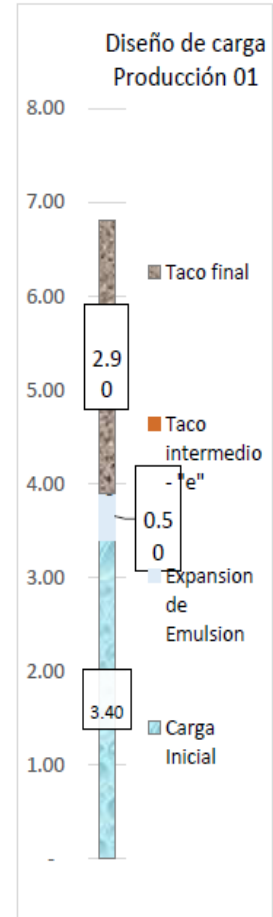


Figura 75 Diseño de amarre proyecto 629

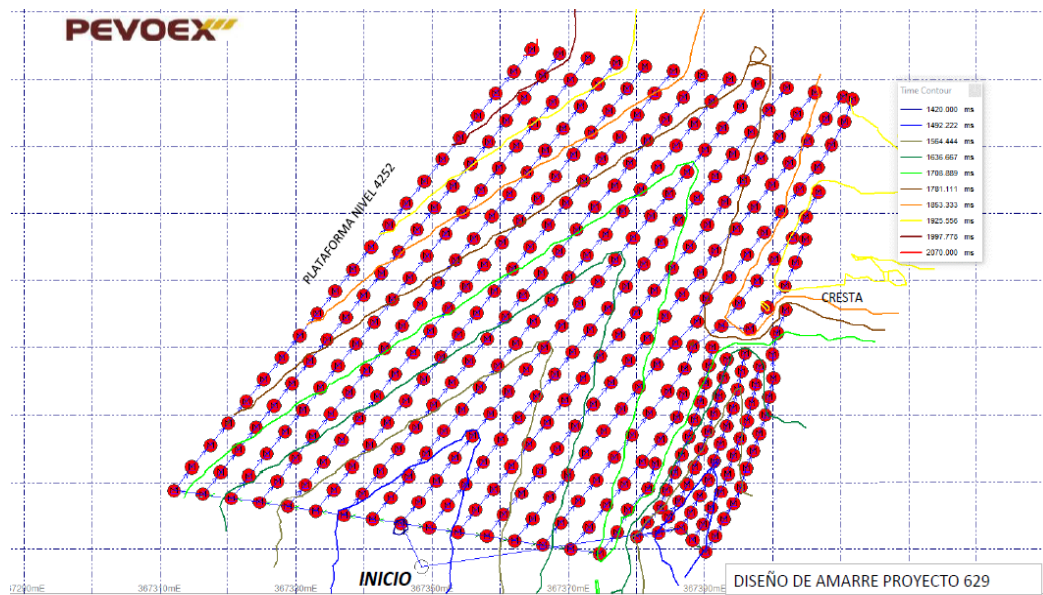


Figura 76 Registro de meeting de voladura N° 629/F02-4246-21



REGISTRO DE MEETING DE VOLADURA N° 629/F02-4246-21

TAJO SAN GERARDO FASE 02 BCO 4246

1 EMPRESA RESPONSABLE:	PEVOEX CONTRATISTAS S.A.C.
2 FECHA DE VOLADURA:	Martes, 18 de enero del 2022
3 ÁREA DE VOLADURA:	SUPERFICIE - TAJO SAN GERARDO
4 RESPONSABLE DE OPERACIONES:	Eberl Almonacid
6 RESPONSABLE DE VOLADURA:	Manuel Catacora
8 RESPONSABLE DE SEGURIDAD	Raul Cotrado
7 HORARIO DEL RANGO DE VOLADURA:	06:00 a.m. - 06:30 a.m.

10. UBICACIÓN - IDENTIFICACIÓN DE LOS VIGIAS				
VIGIA	ESTE	NORTE	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA
V1	366896.36	8829724.19		
V2	367711.13	8829620.79		
V3	367953.11	8830134.63		
V4	367813.29	8830532.81		
V5	366931.69	8830480.55		
V6	366784.16	8830176.47		
V7	366773.48	8830075.53		

Figura 77 *Radio de influencia de la voladura N° 629*

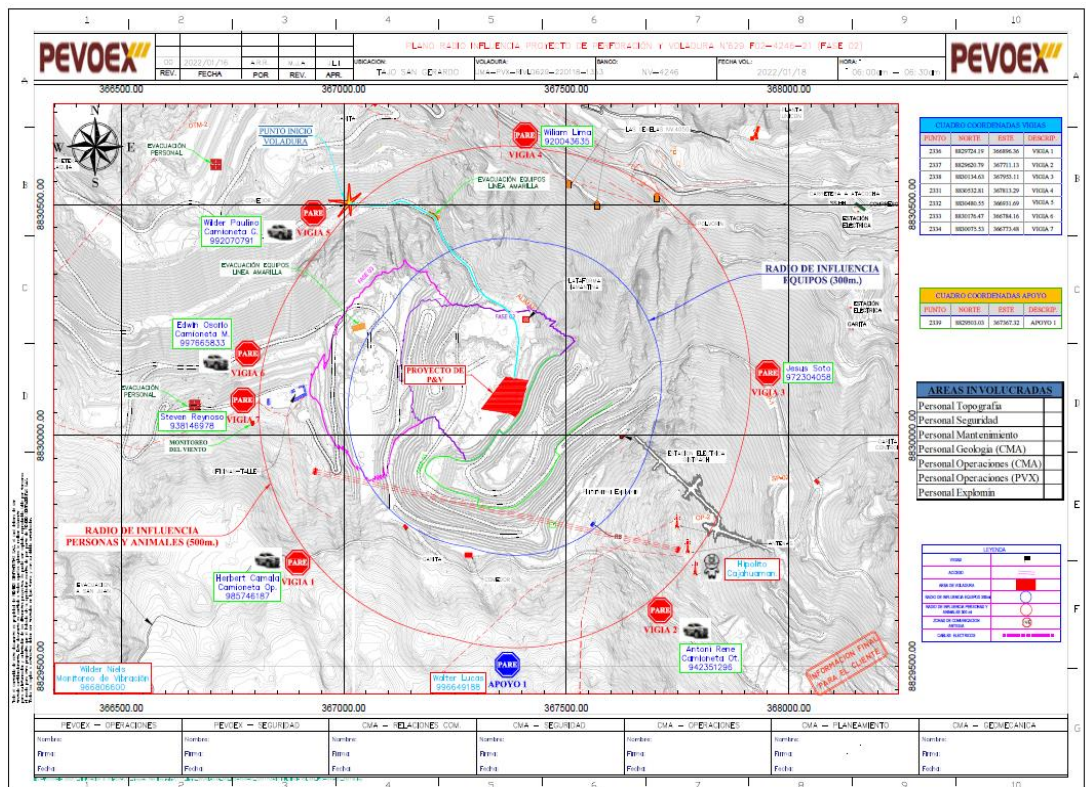


Figura 78 *Diseño de la malla de perforación y voladura N° 629*

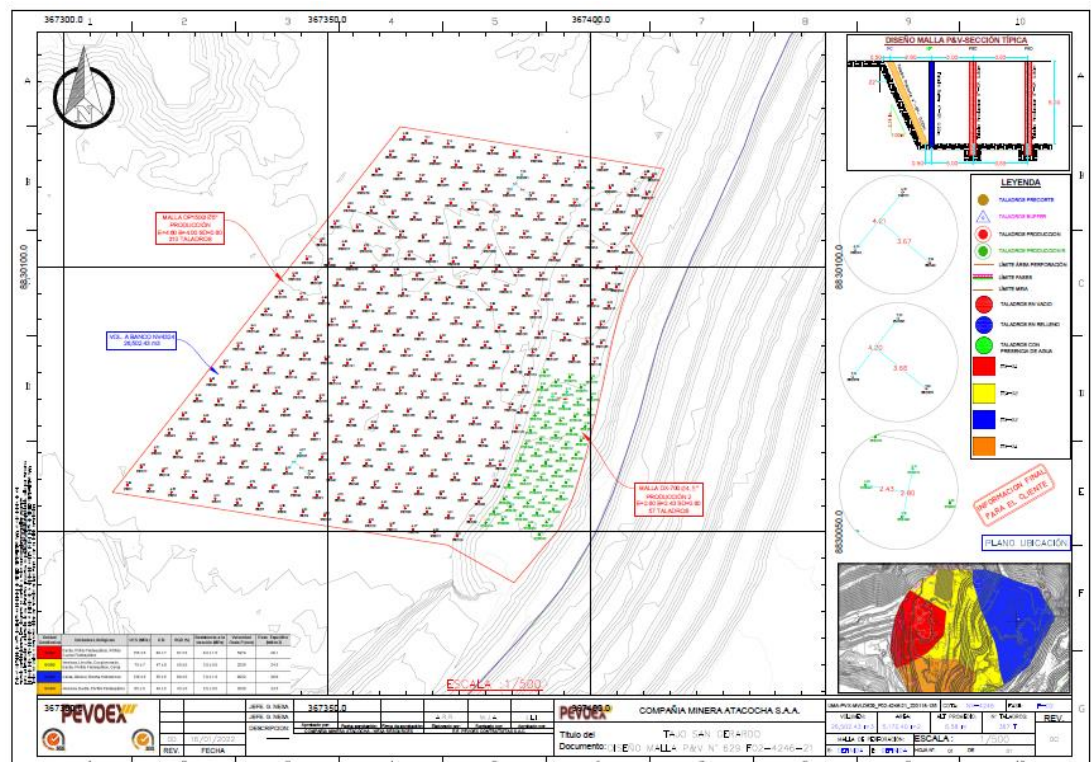


Figura 79 *Vista del area a volar antes de la voladura*



Figura 80 *Vista del area despues de la voladura*



4.1.17. Control de las vibraciones de la voladura

Se realizo en cada voladura realizada un control de las vibraciones como muestra tenemos tres grupos de control de vibraciones de la voladura realizadas en el mes de febrero, marzo y abril, teniendo como resultado que dichas vibraciones no excedieron el límite máximo permisible que es de 3 mm/seg.

En el mes de febrero el promedio de VPP fue de 0.33 mm/seg, en el mes de marzo fue de VPP 0.28 mm/seg, y en abril fue de VPP 0.23 mm/seg.

Tabla 50 Control de las vibraciones de la voladura mes de febrero

CONTROL DE LAS VIBRACIONES DE LA VOLADURA														
N°	DIA	BANCO - PROGRESIVA/ DISPARO	FASE / PROYECTO	Nro. TAL DISP.	ALT. PROM. TAL	MALLA		M3 DISP.	VIBRACIONES					
						B	E		LUGAR DE MONITOREO	DISTANCIA HORIZONTAL (Mts)	TOTAL DE CARGA POR PROYECTO	CARGA PROMEDIO POR TALADRO	VPP mm/seg	LMP* mm/seg
						(mts.)	(mts.)							
331	7-Feb	4240	Fase 2 Centro	207	6.60	4.17	4.8	20030.41	San Juan de Milpo	604.3	6719	32.5	0.783	3
332	14-Feb	4234	Fase 3	302	6.50	4.17	4.8	30764.5	San Juan de Milpo	708.28	13753	45.5	0.22	3
333	21-Feb	4234	Fase 2 Centro	170	6.80	4.17	4.8	18,219	San Juan de Milpo	737.00	8,085	47.6	0.22	3
334	28-Feb	4234	Fase 3 Sur	305	5.61	4.17	4.8	16,833	San Juan de Milpo	824.00	8,267	27.1	0.22	3
	SUB - TOTAL									718.4	9206.0	38.2	0.33	3
	TOTAL									718.4	9206.0	38.2	0.33	3
	NR	* No registro												

Tabla 51 Control de las vibraciones de la voladura mes de marzo

CONTROL DE LAS VIBRACIONES DE LA VOLADURA														
N°	DIA	BANCO - PROGRESIVA / DISPARO	FASE / PROYECTO	Nro. TAL DISP.	ALT. PROM. TAL	MALLA		M3 DISP.	VIBRACIONES					
						B	E		LUGAR DE MONITOREO	DISTANCIA HORIZONTAL (Mts)	TOTAL DE CARGA POR PROYECTO	CARGA PROMEDIO POR TALADRO	VPP mm/seg	LMP* mm/seg
						(mts.)	(mts.)							
335	7-Feb	4234	Fase 2 Centro	312	6.87	4.17	4.8	17300.19	San Juan de Milpo	733.1	8583	27.5	0.22	3
336	10-Mar	4240	Fase 2 Centro	104	6.20	4.17	4.8	6157.19	San Juan de Milpo	663.3	2561	24.6	0.22	3
337	18-Mar	4228	Fase 3 Norte	338	6.71	3.5	4	18,586	San Juan de Milpo	898.9	9,598	28.4	0.22	3
338	24-Mar	4234	Fase 2 Centro	307	6.70	4.17	4.8	32,348	San Juan de Milpo	662.2	13,424	43.7	0.54	3
339	25-Mar	4350	Zatme 02	177	2.50	2.2	2.5	1,737	San Juan de Milpo	836.31	1,000	5.6	NR	3
	SUB - TOTAL									758.8	7033.2	26.0	0.28	3
	TOTAL									758.8	7033.2	26.0	0.28	3
	NR	* No registro												

Tabla 52 Control de las vibraciones de la voladura mes de abril

CONTROL DE LAS VIBRACIONES DE LA VOLADURA														
N°	DIA	BANCO - PROGRESIVA / DISPARO	FASE / PROYECTO	Nro. TAL DISP.	ALT. PROM. TAL	MALLA		M3 DISP.	VIBRACIONES					
						B	E		LUGAR DE MONITOREO	DISTANCIA HORIZONTAL (Mts)	TOTAL DE CARGA POR PROYECTO	CARGA PROMEDIO POR TALADRO	VPP mm/seg	LMP* mm/seg
						(mts.)	(mts.)							
340	5-Abr	4228	Fase 3	245	4.40	3.8	4.4	20,458.4	San Juan de Milpo	837.9	12548	51.2	0.22	3
341	16-Abr	4218	OP1 - Nv. 4218	139	2.50	2.2	2.5	750	No se realizo	960.0	220	1.6	NR	3
342	26-Abr	4228	Fase 3	124	6.60	3.8	4.4	8,664	San Juan de Milpo	858.2	7,993	64.5	0.33	3
343	30-Abr	4228	Fase 3	117	6.80	4	4.6	12,040	San Juan de Milpo	780.4	7,605	65.0	0.14	3
	SUB - TOTAL									859.1	7091.5	45.6	0.23	3
	TOTAL									859.1	7091.5	45.6	0.23	3
NR	* No registro													

4.1.18. Reporte de vibraciones de la voladura

Figura 81 Reporte de vibraciones voladura 635

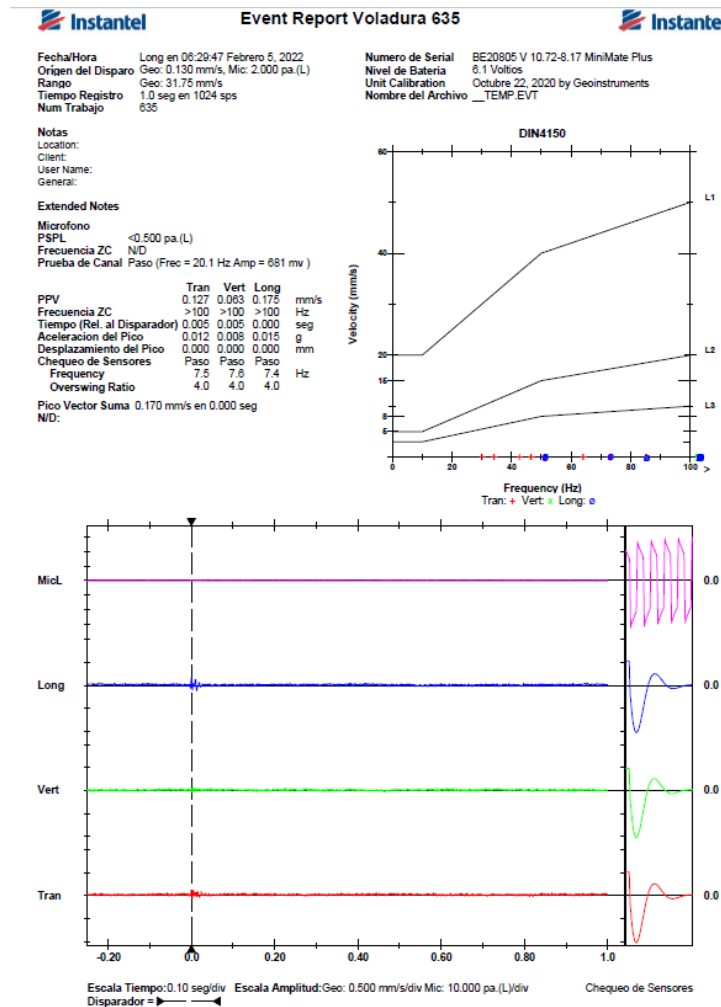
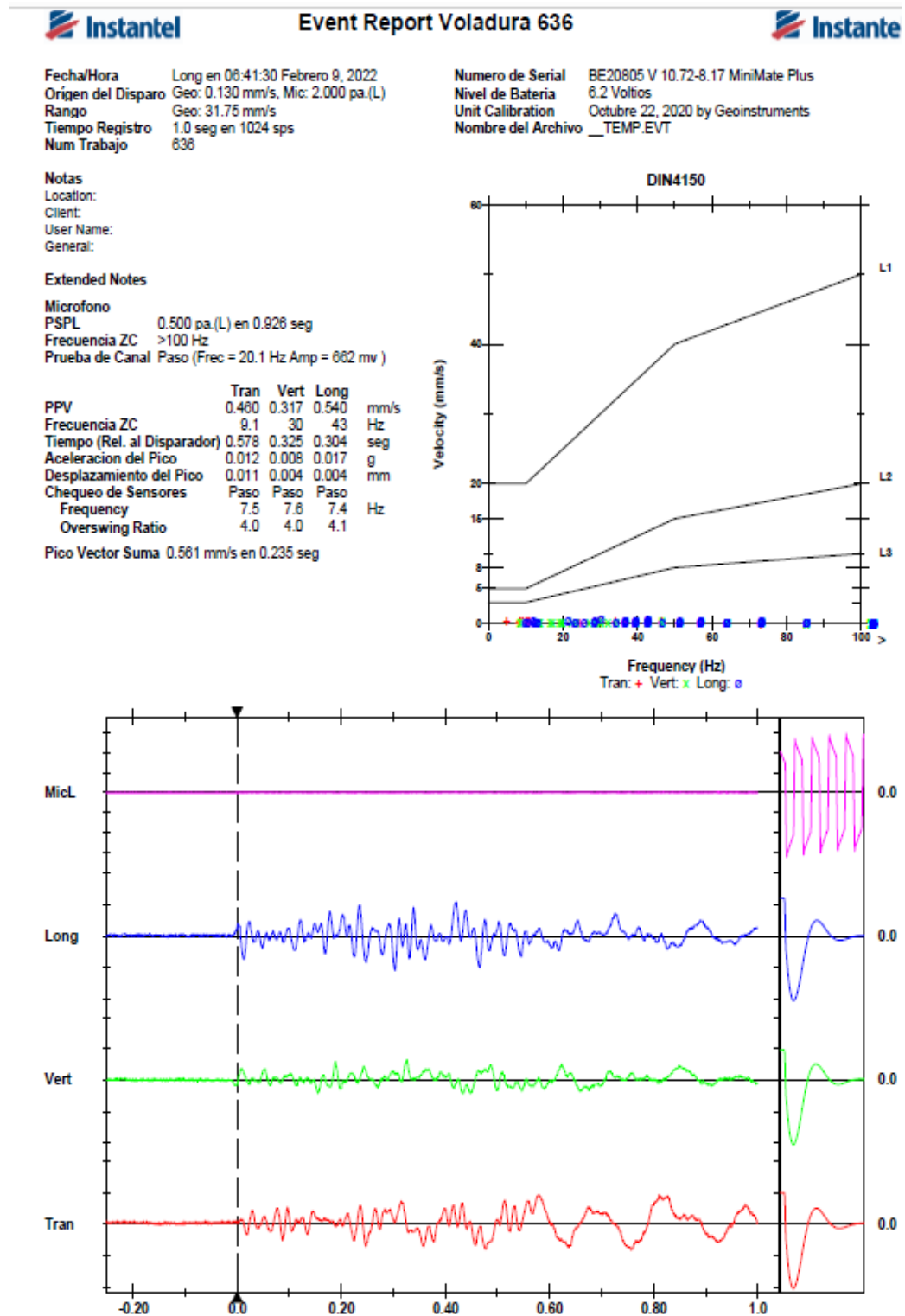


Figura 82 Reporte de vibraciones voladura 636



4.2. Discusión de resultados

Habiendo realizado las evaluaciones de los parámetros del desarrollo de la perforación, voladura y aceros de perforación por un periodo de 5 meses se pudo ver el rendimiento, los costos y vida útil de los aceros de perforación llegándose a los siguientes resultados.

4.3.1. Evaluación de la perforación

Rendimiento de los equipos.

Se inicio la evaluación del rendimiento de los equipos de perforación en este caso fueron tres perforadoras FlexiROC D65 (DTH) – Epiroc, DX800 (TH) – Sandvik, DP1500i (TH) – Sandvik, cuyos códigos son PE-2, PE- 4, PE-8 respectivamente, esta evaluación se llevó a cabo en el mes de febrero y marzo del 2022, donde se evaluó los parámetros siguientes: diámetro de taladro, metros perforados, numero de taladros, tiempo de perforación, velocidad de perforación, longitud de taladro, disponibilidad mecánica, utilización del equipo obteniendo como resultados que el rendimiento de los equipos es bastante adecuados o aceptables.

También se evaluaron el rendimiento detallado de cada perforadora durante 14 días considerando todos los parámetros mencionados líneas arriba.

Costos de los accesorios de perforación

Se evaluaron los costos de los accesorios de perforación como las brocas, shank, barras, durante los 14 días y las dos guardias de día y noche, evaluándose los metros perforados, costo de cada elemento, marca, vida útil, precio unitario y costo total de cada elemento.

Resumen de costos de perforación

Dentro del resumen de costos de perforación se consideró lo siguiente: costo de equipo, de combustible, costo de mano de obra, costo total de perforación, costo unitario de perforación, costo por metro, toneladas producidas.

Teniendo como resultado en cuanto al tonelaje por perforación fue de 1,139,400 tn, con un costo total de perforación de 1,223,501.9 \$ y un costo unitario de 1.07 \$/tn.

4.3.2. Evaluación de la voladura

La evaluación de la voladura se realizó en el mes de marzo del 2022, considerándose los siguientes parámetros: la fase de operación, banco programado, el burden, el espaciamiento, la altura de banco, volumen, taladros de producción, taladros de búfer, taladros de precorte, ayudas, numero de taladros y diámetro de taladro.

En cuanto a consumo de explosivos se tuvo en cuenta el consumo de los explosivos emulex real 100, emulnor 5000, emulsión gasificada san-g, cantidad total de explosivo, factor de carga, factor de potencia. En cuanto a accesorios se evaluó el uso de fanel dual 17/800, fanel dual 0/800, booster 1 lb, fanel 25, fanel 35, fanel 42, fanel 65 línea LSEF.

En cuanto a costo de voladura se evaluó los costos del consumo de emulex real, costo de emulnor 5000, costo de emulsión gasificada san-g, y el costo total del uso de explosivos. De igual manera los costos de los accesorios como fanel dual 17/800, fanel dual 0/800, booster 1 lb, fanel 25, fanel 35, fanel 42, fanel 65 línea LSEF. Determinando el costo total, costo por metro cubico, costo por tonelada.

Se evaluó el costo de la voladura durante el año 2022 en cuanto al costo mensual, costo por tonelada, costo por metro cubico en cada mes del año.

4.3.3. Consumo y vida de los aceros de perforación

En cuanto al consume y vida promedio de los aceros de perforación se pudo determinar por cada perforadora que trabaja en el tajo San Gerardo.

Se utilizo 3 tipos de perforadora habiendo observado que la vida de las brocas, barras, shank es bastante variado, así tenemos el promedio de vida en promedio en las 4 perforadoras lo siguiente:

En el caso de las brocas donde se usaron 27 brocas en total el promedio de vida fue de 904 metros, en las barras donde se usó 9 barras en total el promedio de vida es de 3768 metros y en el caso del shank donde se usó 5 en total su promedio fue de 6,918 metros

4.3.4. Otros aspectos evaluados

Parte de la evaluación se consideró también los siguientes aspectos:

- ❖ diseño de la malla de perforación de acuerdo al tipo de roca.
- ❖ diseño de la carga explosiva
- ❖ informe de la voladura
- ❖ reporte post voladura
- ❖ protocolo de voladura
- ❖ Control de las vibraciones de la voladura

CONCLUSIONES

1. El control de rendimientos y los costos de la perforación en el tajo San Gerardo se determina en forma diaria por guardia y mensualmente, teniendo en cuenta parámetros como la fecha, guardia, horas perforadas, longitud de taladro, numero de taladros perforados, total de metros perforados, las toneladas a volar, la velocidad de perforación, consumo de petróleo.
2. Para el caso de los costos de los accesorios de aceros de perforación (broca, shank, barras) se toma en cuenta la vida útil, precio unitario, metros perforados por guardia.
3. En La evaluación de la voladura se consideró el consumo de explosivos como el emulex real 100, emulnor 5000, emulsión gasificada san-g, cantidad total de explosivo, factor de carga, factor de potencia. En cuanto a accesorios se evaluó el uso de fanel dual 17/800, fanel dual 0/800, booster 1 lb, fanel 25, fanel 35, fanel 42, fanel 65 línea LSEF. En cuanto a costo de voladura se evaluó los costos del consumo de los explosivos y accesorios mencionados. Determinando el costo total, costo por metro cubico, costo por tonelada.
4. En cuanto al consume y vida promedio de los aceros de perforación se pudo determinar por cada perforadora que trabaja en el tajo San Gerardo.

Se utilizo 3 tipos de perforadora habiendo observado que la vida de las brocas, barras, shank es bastante variado, así tenemos el promedio de vida en promedio en las 4 perforadoras lo siguiente:
5. En el caso de las brocas donde se usaron 27 brocas en total el promedio de vida fue de 904 metros, en las barras donde se usó 9 barras en total el promedio de vida es de 3768 metros y en el caso del shank donde se usó 5 en total su promedio fue de 6,918 metros

RECOMENDACIONES

1. El éxito de un buen rendimiento en el proceso de la perforación es el de contar con un personal bien preparado, equipos adecuados y en óptimas condiciones por lo que se recomienda contar con un personal bien capacitado y que estén en condiciones económicas y emocionales adecuadas.
2. Se debe tender a estandarizar los parámetros de voladura, así como el uso de explosivos y accesorios de acuerdo al tipo de roca para evitar sobre costos.
3. Se debe controlar y dar buen uso a los aceros de perforación evitando un desgaste prematuro lo que a la larga signifique mayores costos.

BIBLIOGRAFÍA

- AIMA, J. (2021). *optimizacion de la perforacion mediante la ampliacion del diametro de taladros largos en el metodo tajeo por subniveles en la mina Marcapunta Norte - el Brocal - Pasco*. [tesis de licenciamiento, U.N.de San Antonio Abad del Cusco] repositorio institucional U.N. de San Antonio Abad del Cusco.
- APARCO, GARCIA, A. (2019). *OPTIMIZACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN MINA SAN VICENTE – CIA. SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A. AÑO 2018*. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional de Huancavelica] repositorio institucional U. N. de Huancavelica.
- ATLAS COPCO. (2012). *Lineas de perforacion Magnum SR35*.
- ATLAS COPCO. (2012). *Rock Drilling Tools*.
- BAENA , G. (2017). Metodologia de la investigacion. En G. E. PATRIA (Ed.).
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). *Perforacion y voladura de rocas en mineria*. DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS, Universidad Poitecnica de Madrid.
- BERROSPI, V. (2019). *Optimización de la perforación y voladura para mejorar la zona de profundización en la mina Andaychagua de la Cía. minera Volcan S.A.A*. [tesis de licenciamiento U. N.Daniel Alcides Carrion] repositorio institucional U. N. Daniel Alcides Carrion.
- CHAMBI, E. (2018). *EVALUACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA Y ECOLÓGICA DE LA APLICACIÓN DE EMULSIÓN GASIFICABLE EN LUGAR DE HEAVY ANFO TRADICIONAL EN MINA APUMAYO*. [tesis de licenciamiento, U.N. San Agustin de Arequipa] repositorio institucional U.N. San Agustin de Arequipa.
- COMPAÑIA MINERA ATACUCHA S.A.A. NEXA. (2021). *Informe de produccion mensual Tajo San Gerardo*.
- CONDORI, VELAZCO, M. (2021). *“Optimización de perforación y voladura por el método de Roger Holmberg en minera aurífera Estrella de Chaparra S.A.”*. [tesis

de licenciamiento, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ] REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ.

ENAEX. (s.f.). *Manual de tronadura ENAEX S.A.* ENAEX, Gerencia técnica.

EXSA. (s.f.). *Manual práctico de voladura, 4ta edición.* exsa.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. (2018). Emulsiones/Hidrigel a granel no sensibilizado SAN-G APU.

GUERRA, R. (2013). *USO DE EMULSIÓN GASIFICABLE PARA REDUCIR COSTOS DE PERFORACIÓN-VOLADURA EN MINERÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA*. [tesis de licenciatura, U.N. de Ingeniería]repositorio institucional U.N. de Ingeniería.

HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, R. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta edición ed.). (M. e. S.A., Ed.)

Instituto Geológico y Minero de España. (1987). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Instituto Geológico y Minero de España.

LOPEZ JIMENO, C. (1987). *MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA*. (I. G. España, Ed.)

MAMANI, E. (2018). *APLICACIÓN DE EMULSIÓN GASIFICADA (SAN-G) Y SU FACTIBILIDAD EN EL RENDIMIENTO DE COLUMNA EXPLOSIVA DE LA COMPAÑÍA MINERA “LA ZANJA” CAJAMARCA 2014*. [tesis de licenciamiento, U.N. Jorge Basadre Grohmann - Tacna] repositorio institucional.

Ministerio de Energía y Minas, D.S. 024 -2016. (2016). Reglamento de seguridad y salud en el trabajo. Lima: Diario El Peruano .

MUCHO, M. (2020). *“LABORES SUBTERRÁNEAS Y SU INCIDENCIA EN LA PERFORACIÓN Y VOLADURA DEL TAJO SAN GERARDO, ATACUCHA 2019”*. [tesis de licenciatura Universidad Nacional del Altiplano] repositorio institucional Universidad Nacional del Altiplano.

RAMIREZ, SANDOVAL, W. (2020). *EVALUACIÓN TÉCNICA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS DE UNA MINA*

SUBTERRÁNEA EN CAJAMARCA – 2020. [tesis de licenciamento UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE] repositorio institucional Universidad Privada del Norte.

ROJAS, C. (2013). *“GESTIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL USO DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN EN LA MINA RADOMIRO TOMIC DE LA DIVISIÓN RADOMIRO TOMIC DE CODELCO-CHILE”*. [tesis de licenciamento, Universidad Central de Ecuador] repositorio institucional U. Central del Ecuador.

SANDVIK. (2014). *Aceros de perforacion, Volcan Compañía Minera S.A.A. Cerro de Pasco.*

TAMAYO Y TAMAYO, M. (2003). *El proceso de la investigacion cientifica* (cuarta edicion ed.). (L. N. Editores, Ed.)

VILCAPOMA , A. (2020). *Evaluación geomecánica de la estructura mineralizada veta 23 en el modelamiento del dimensionamiento de tajeo y pilar de seguridad en la compañía minera milpo S.A.A. unidad Atacocha.* [tesis de licenciamento, U.N. Daniel Alcides Carrion] repositorio institucional U.N. Danel Alcides Carrion.

ANEXOS

Anexo A: Instrumentos de Recolección de datos

Rendimiento de la perforación mes

Rendimiento de la perforación mes de marzo					
PARAMATROS	MEDIDA	Perforadora			TOTAL
		FLEXIROC D65	DX800	DX700	PROMEDIO
Diámetro de taladro					
Metros perforados					
Taladros					
Hrs. Horómetro					
Hrs. Percusión					
Combustible					
Velocidad perforación global					
Longitud/taladro					
Disponibilidad mecánica					
Utilización					
Velocidad de perforación neta					

Rendimiento de perforadora PE

[illegible]

Consumo de combustible

[illegible]

Vida útil y costos de loa accesorios de perforación

[illegible]

Resumen de costos de perforación

[illegible]

Costo mensual de voladura

Costo mensual de voladura 2022				
Nº	Mes	Costo total mensual \$	Costo/metro cubico \$/m3	Promedio de costo/Tn \$/tn
1	Enero			
2	Febrero			
3	Marzo			
4	Abril			
5	Mayo			
6	Junio			
7	Julio			
8	Agosto			
9	Setiembre			
10	Octubre			
11	Noviembre			
12	Diciembre			

Anexo B

Matriz de consistencia

Título: “ANÁLISIS DE LA PERFORACION, VOLADURA Y ACEROS DE PERFORACION CON FINES DE MEJORA, EN NEXA RESOURCES ATACCOCHA S.A.A.”				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
Problema general ¿Al realizar la evaluación de la perforación, voladura y aceros de perforación que valores tienen sus parámetros y si hay necesidad de realizar mejoras en la unidad minera NEXA RESOURCES ATACCOCHA S.A.A.? Problemas específicos a. ¿Cuál es el rendimiento de los parámetros de perforación y voladura al realizar la evaluación en la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACCOCHA S.A.A.? b. ¿Cuál es el rendimiento de los parámetros de los aceros de perforación al realizar la evaluación en la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACCOCHA S.A.A.?	Objetivo general Determinar los valores de los parámetros de perforación, voladura y aceros de perforación al realizar la evaluación y ver si hay necesidad de realizar mejoras en la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACCOCHA S.A.A. Objetivos específicos a. Determinar el rendimiento de los parámetros de perforación y voladura al realizar la evaluación en la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACCOCHA S.A.A. b. Determinar el rendimiento de los parámetros de los aceros de perforación al realizar la evaluación en la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACCOCHA S.A.A.	Hipótesis General Al determinar los parámetros de la perforación, voladura y aceros de perforación durante la evaluación, vemos que dichos valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACCOCHA S.A.A. Hipótesis específicas a. el rendimiento de los parámetros de perforación y voladura al realizar la evaluación se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACCOCHA S.A.A. b. El rendimiento de los parámetros de los aceros de perforación al realizar la evaluación se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Unidad Minera NEXA RESOURCES ATACCOCHA S.A.A.	Variables para la hipótesis general Evaluación de Parámetros de perforación Evaluación de Parámetros de voladura Evaluación de Parámetros de aceros de perforación Variables para la hipótesis específicas Variable para la hipótesis específica a Evaluación de parámetros de perforación y voladura Variable para la hipótesis específica b Evaluación de parámetros de aceros de perforación	Tipo de I. Aplicado Nivel de I. Descriptivo, explicativo Métodos método científico, deductivo y analítico Diseño de investigación cualitativo o no experimental Población todos los bancos que se encuentran operativos Muestra bancos 4348, 4346, 4216, 4342