

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de las variables operacionales de perforación y
voladura, para mejorar el avance lineal de la rampa 400,
Unidad Minera San Cristóbal**

Kevin Josue Chahuin Picon
Frank Paul Muñoz Vilcahuaman

Para optar el Título Profesional
de Ingeniero de Minas

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Felipe Néstor Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Jesús Fernando Martínez Ildelfonso
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 07 de agosto de 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "ANÁLISIS DE LAS VARIABLES OPERACIONALES DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, PARA MEJORAR EL AVANCE LINEAL DE LA RAMPA 400, UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL ", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Kevin Josue Chahuin Picon, Frank Paul Muñoz Vilcahuaman, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

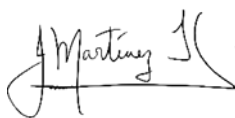
- Filtro de exclusión de bibliografía SI ☒ NO ☐
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 20) SI ☒ NO ☐
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI ☐ NO ☒

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Asesor de tesis

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Kevin Josue Chahuin Picon , identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 73531299, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "**ANÁLISIS DE LAS VARIABLES OPERACIONALES DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, PARA MEJORAR EL AVANCE LINEAL DE LA RAMPA 400, UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL**", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

Día 10 de agosto del 2023.



Kevin Josue Chahuin Picon

DNI. No. 73531299

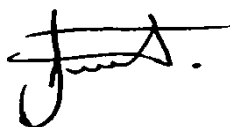
DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Frank Paul Muñoz Vilcahuaman , identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 70020628, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

5. La tesis titulada: **"ANÁLISIS DE LAS VARIABLES OPERACIONALES DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, PARA MEJORAR EL AVANCE LINEAL DE LA RAMPA 400, UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL"**, es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
6. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
7. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
8. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

Día 10 de agosto del 2023.



Frank Paul Muñoz Vilcahuaman

DNI. No.70020628

ANÁLISIS DE LAS VARIABLES OPERACIONALES DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, PARA MEJORAR EL AVANCE LINEAL DE LA RAMPA 400, UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL

ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

16%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

apirepositorio.unh.edu.pe

Internet Source

2%

2

www.scribd.com

Internet Source

1%

3

pt.scribd.com

Internet Source

1%

4

kupdf.net

Internet Source

1%

5

idoc.pub

Internet Source

1%

6

repositorio.utp.edu.pe

Internet Source

1%

7

repositorio.ucv.edu.pe

Internet Source

1%

8

cybertesis.uni.edu.pe

Internet Source

1%

dspace.unitru.edu.pe

9	Internet Source	1 %
10	minedocs.com Internet Source	1 %
11	core.ac.uk Internet Source	1 %
12	de.slideshare.net Internet Source	1 %
13	prezi.com Internet Source	1 %
14	docplayer.es Internet Source	<1 %
15	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
16	repositorio.upn.edu.pe Internet Source	<1 %
17	fdocuments.ec Internet Source	<1 %
18	cdn.www.gob.pe Internet Source	<1 %
19	vdocuments.mx Internet Source	<1 %
20	1library.net Internet Source	<1 %

21	alicia.concytec.gob.pe Internet Source	<1 %
22	de.scribd.com Internet Source	<1 %
23	Submitted to Universidad Católica San Pablo Student Paper	<1 %
24	repositoriodemo.continental.edu.pe Internet Source	<1 %
25	repositorio.ujcm.edu.pe Internet Source	<1 %
26	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Student Paper	<1 %
27	repositorio.unap.edu.pe Internet Source	<1 %

Exclude quotes On
Exclude bibliography On

Exclude matches < 20 words

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Continental, por formarnos como ingenieros de minas.

A los docentes, de la EAP de Ingeniería de Minas, por sus sabias enseñanzas.

DEDICATORIA

Yo, Kevin, dedico esta tesis a mi mamá: Eva que, con su amor y dedicación supo guiarme con valores y principios lo que fue una buena base para realizarme como profesional.

A mi esposa Ruvina, que con su apoyo incondicional y la capacidad de sobrellevar los momentos difíciles con acciones y palabras, me dieron un gran soporte para seguir adelante.

También a mis hijos, esas personitas quien han sido mi mayor motivación para seguir en los estudios y ser para ellos un ejemplo a seguir. A mis padres y hermanos, por su desinteresado apoyo emocional, para el logro de este objetivo.

Yo, Frank, dedico esta tesis a mi madre Bernardina Vilcahuaman Pérez y a mi esposa Leticia Vélchez Solano.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	13
1.1 Planteamiento y formulación del problema	13
1.1.1 Planteamiento del problema	13
1.1.2 Formulación del problema	14
1.2 Objetivos.....	15
1.2.1 Objetivo general.....	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 Justificación e importancia	15
1.4 Hipótesis	16
1.4.1 Hipótesis general	16
1.4.2 Hipótesis específicas	16
1.5 Identificación de variables.....	16
1.5.1 Variable independiente	16
1.5.2 Variable dependiente	16
1.5.3 Matriz de operacionalización de variable	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Antecedentes del problema	18
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	18
2.2 Generalidades de la unidad minera San Cristóbal.....	21
2.2.1 Ubicación	21
2.2.2 Geología regional	23
2.2.3 Geología local.....	24

2.2.4 Geología estructural	28
2.2.5 Geología económica.....	29
2.3 Bases teóricas	30
2.4 Operación minera en zona de cuerpos	39
2.8.1. Tipo de labores	39
2.8.2. Trabajos desempeñados	40
CAPÍTULO III MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO	45
3.1 Método y alcances de la investigación.....	45
3.1.1 Métodos de la investigación.....	45
3.1.2 Alcances de la investigación.....	45
3.2 Diseño de la investigación	46
3.3 Población y muestra	46
3.3.1 Población	46
3.3.2 Muestra.....	46
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	46
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos	46
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	46
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
4.1 Análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, para mejorar el avance lineal	47
4.2 Análisis de las variables operacionales de perforación y voladura para reducir las demoras operativas.....	48
4.1.1 Identificación de las demoras operativas de los tiempos de la perforación de frentes.....	48
4.1.2 Control y seguimiento de perforación de frentes	50
4.1.3 Control y seguimiento del carguío de frentes.....	56
4.3 Análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, para reducir el costo de avance lineal.....	63
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	17
Tabla 2. Accesibilidad unidad minera San Cristóbal	22
Tabla 3. Control de tiempo del Jumbos (J 146 Y J 150) - unidad minera San Cristóbal	41
Tabla 4. Control de tiempo del Jumbos (J 144 Y J 146) - unidad minera San Cristóbal	42
Tabla 5 Control de tiempo del Jumbos (J 144 Y J 146) - unidad minera San Cristóbal	43
Tabla 6. Resumen del control de tiempo de los Jumbos (J 142, J – 144, J 146, J 148 y J – 150)	44
Tabla 7. Promedio de la duración de charla seguridad	48
Tabla 8. Promedio de la duración de reparto de guardia	49
Tabla 9. Promedio de la duración de charla seguridad	49
Tabla 10. Clasificación de tiempos generales de los trabajos del personal	50
Tabla 11. Parámetros de perforación y tiempo de perforación	51
Tabla 12. Horas efectivas de trabajo del equipo por guardia	52
Tabla 13. Parámetros de mejora de la perforación y tiempo de perforación	54
Tabla 14. Mejora de las Horas efectivas de trabajo del equipo por guardia	55
Tabla 15. Distribución de carga explosiva	57
Tabla 16. Parámetros técnicos de la perforación y voladura del estado situacional anterior	63
Tabla 17. Costos de la mano de obra de la perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional anterior	64
Tabla 18. Costos de los aceros de perforación de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional anterior	64
Tabla 19. Costos de las herramientas utilizadas en la perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional anterior	64

Tabla 20. Costos de los implementos de seguridad en la perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional anterior	65
Tabla 21. Costos de los equipos en operación en la perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional anterior	65
Tabla 22. Costos los explosivos y accesorios de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional anterior	65
Tabla 23. Parámetros técnicos de la perforación y voladura del estado situacional óptimo.....	66
Tabla 24. Costos de la mano de obra de la perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional óptimo.....	66
Tabla 25. Costos de los aceros de perforación de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal., situacional óptimo	67
Tabla 26. Costos de las herramientas utilizadas en la perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional óptimo.....	67
Tabla 27. Costos de los implementos de seguridad en la perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional óptimo.....	67
Tabla 28. Costos de los equipos en operación en la perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional óptimo.....	67
Tabla 29. Costos los explosivos y accesorios de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional óptimo.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación y accesibilidad de la unidad minera San Cristóbal	23
Figura 2. Plano de mapeo geológico de la unidad minera San Cristóbal.	24
Figura 3. Columna estratigráfica generalizada de la unidad minera San Cristóbal	25
Figura 4. Plano geológico estructural de la unidad minera San Cristóbal	29
Figura 5. Perforación en preparación de subnivel, unidad minera San Cristóbal	30
Figura 6. Perforación de taladros largos, unidad minera San Cristóbal	31
Figura 7. Voladura del Slot (cara libre), unidad minera San Cristóbal.....	31
Figura 8. Voladura de las primeras secciones (lado W), unidad minera San Cristóbal	31
Figura 9. Limpieza de las primeras secciones (lado W), unidad minera San Cristóbal.	32
Figura 10. Limpieza y relleno detrítico, unidad minera San Cristóbal.....	32
Figura 11. Ciclo de minado del método de minado over cut and fill (Breasting), unidad minera San Cristóbal.....	33
Figura 12. Accesorios perforación, brocas retractiles.....	36
Figura 13. Accesorios perforación, columna de perforación	36
Figura 14. Identificación y control de problemas operacionales de perforación y voladura	47
Figura 15. Clasificación de tiempos generales de los trabajos del personal	50
Figura 16. Distribución de carga explosiva.....	57
Figura 17. Diseño de la malla de perforación y voladura - Distribucion de faneles	58
Figura 18. Malla de perforación inadecuada	59
Figura 19. Malla de perforación asimetría del arranque	60
Figura 20. Malla de perforación taladros de alivio insuficiente	60
Figura 21. Malla de perforación de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal	62
Figura 22. Cañas al 95 % de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal	63

RESUMEN

En algunas zonas de la unidad minera San Cristóbal de Volcan Compañía Minera S. A. A., se viene teniendo deficiencias en las actividades de perforación y voladura de los frentes de avance, lo que origina que no se logre cumplir con algunas programaciones mensuales y anuales de avance por los retrasos en la preparación y desarrollo. Las deficiencias de las operaciones de la perforación y voladura dieron como resultado: pérdida de tiempo en el desarrollo de cada actividad.

Los retrasos operativos y las deficiencias en la disponibilidad mecánica de los equipos de perforación han llevado a tener problemas en el disparo, el que se reflejó en un mayor diámetro de la fragmentación del macizo rocoso. Todas estas deficiencias han generado retrasos de las labores de desarrollo de la Rampa 400.

El estudio situacional del disparo fue realizado en la Rampa 400, Nivel 82 de la unidad minera San Cristóbal. Se presentaron las siguientes deficiencias: incumplimiento de las normas de distribución, la longitud del taco y la cantidad de carga en los taladros, una malla de perforación insuficiente porque hay demasiado cuerpo entre los taladros de la corona y la ayuda de la corona. Después del control de la voladura, se obtuvieron resultados muy satisfactorios en la mejora. Las cañas se pueden apreciar al 95 % después de la voladura, el techo tiene una buena estabilidad y no hay sobre rotura en la corona ni en los hastiales.

Las deficiencias en la perforación y voladura causaron una eficiencia del 77 %, lo que resultó en un aumento en el costo de la perforación y voladura en 1365.78 nuevos soles. Después de eliminar estas deficiencias, se pudo reducir el costo total en 1148.20 nuevos soles y reducir el costo en 217.58 nuevos soles por disparo.

Palabras clave: análisis de las variables operacionales de perforación y voladura.

ABSTRACT

In some areas of the San Cristobal Mining Unit of Volcan Compañía Minera S.A.A., there are deficiencies in the drilling and blasting activities of the advance fronts, failing to comply with some monthly and annual advance schedules, delays in the preparation and development. Deficiencies in drilling and blasting operations resulted in: loss of time in the development of each activity.

Operational delays and deficiencies in the mechanical availability of drilling equipment have led to deficiencies in the firing, which was reflected in a larger diameter of the fragmentation of the rock mass. All these deficiencies have caused delays in the development of the 400 ramp.

Situational study of the firing carried out at Ramp 400, Level 82, of the San Cristobal Mining Unit. The following deficiencies were present: non-compliance with the distribution rules, the length of the block and the amount of charge in the drill holes, insufficient drilling mesh because there is too much body between the drill holes of the crown and the crown support. After blasting control, very satisfactory results were obtained in the improvement. The reeds are 95% visible after blasting, the roof has good stability and there is no over breakage in the crown and gables.

The deficiencies in drilling and blasting caused an efficiency of 77%, which resulted in an increase in the cost of drilling and blasting by 1365.78 soles. After eliminating these deficiencies, it was possible to reduce the total cost by 1148.20 soles and reduce the cost by 217.58 soles per shot.

Key words: analysis of drilling and blasting operational variables.

INTRODUCCIÓN

En algunas zonas de la unidad minera San Cristóbal de Volcan Compañía Minera S. A. A., se viene teniendo deficiencias en las actividades de perforación y voladura de los frentes de avance, lo que origina que no se logre cumplir con algunas programaciones mensuales y anuales de avance por los retrasos en la preparación y desarrollo. Las deficiencias de las operaciones de la perforación y voladura dieron como resultado: pérdida de tiempo en el desarrollo de cada actividad.

Los retrasos operativos y las deficiencias en la disponibilidad mecánica de los equipos de perforación han llevado a tener problemas en el disparo, el que se reflejó en un mayor diámetro de la fragmentación del macizo rocoso. Todas estas deficiencias han generado retrasos de las labores de desarrollo de la Rampa 400.

Tras el control de estas deficiencias se tuvo la mejora de los tiempos generados por el personal que se evaluaron en lo siguiente: la entrada de personal se mejoró en 20 minutos, la Inducción de seguridad se mejoró en 30 minutos, el reparto de guardia se mejoró en 20 minutos, se estableció el tiempo de refrigerio en 60 minutos solo se da en la guardia día, las horas netas de trabajo del personal obrero se mejoró en 8 horas con 50 minutos y la salida del personal se demora 60 minutos.

El estudio situacional del disparo fue realizado en la Rampa 400, Nivel 82 de la unidad minera San Cristóbal. Se presentaron las siguientes deficiencias: incumplimiento de las normas de distribución, la longitud del taco y la cantidad de carga en los taladros, una malla de perforación insuficiente porque hay demasiado cuerpo entre los taladros de la corona y la ayuda de la corona. Después del control de la voladura, se obtuvieron resultados muy satisfactorios en la mejora. Las cañas se pueden apreciar al 95 % después de la voladura, el techo tiene una buena estabilidad y no hay sobre rotura en la corona ni en los hastiales.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

Toda empresa minera, a nivel universal, tiene como propósito general optimizar el tiempo de la realización de las labores de avance, los trabajos de preparación y desarrollo, a fin de aumentar el avance lineal con un análisis técnico, evaluando mejoras en la perforación o en la voladura, que son las operaciones unitarias principales, pero al realizar la voladura se tiene problemas en el disparo por factores como la mala elección del explosivo que repercute en la disminución del avance lineal de los frentes de avance, por eso, se debe tener una buena eficiencia en la perforación y voladura, a fin de obtener un buen avance efectivo tras el disparo.

Según vamos profundizando, la roca es cambiante y por ende se debe realizar un ajuste del explosivo a utilizar o contar con un diseño de malla de perforación y voladura determinada para cada tipo de roca, con esto se estarían eliminado los tiros cortados o fallados. De esta manera se elimina la perforación y voladura secundaria que generan pérdidas económicas y demoras del tiempo de trabajos en la operación, y así, evitar que se aumente los costos de extracción y la reducción del avance lineal.

Es importante que las operaciones de perforación y voladura se monitoreen a fin de mejorar los disparos en los frentes de avance en la minería subterránea.

En algunas zonas de la unidad minera San Cristóbal de Volcan Compañía Minera S. A. A., se viene teniendo deficiencias en las actividades de perforación y voladura de los frentes de avance, lo que origina que no se logre cumplir con algunas programaciones mensuales y anuales de avance por los retrasos en la preparación y desarrollo. Las deficiencias de las operaciones de la perforación y voladura dieron como resultado: pérdida de tiempo en el desarrollo de cada actividad.

Los retrasos operativos y las deficiencias en la disponibilidad mecánica de los equipos de perforación han llevado a tener deficiencias en el disparo que se reflejaron en un mayor diámetro de la fragmentación del macizo rocoso. Todas estas deficiencias han generado retrasos de las labores de desarrollo de la Rampa 400.

Para mejorar estas deficiencias se realizó el planteamiento de controles de los trabajos de perforación y voladura, desde el inicio hasta el fin de guardia.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1.Problema general

¿De qué manera influirá el análisis de las variables operacionales de perforación y voladura para mejorar el avance lineal de la Rampa 400, unidad minera San Cristóbal?

1.1.2.2.Problemas específicos

- ¿De qué manera influirá el análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, para reducir las demoras operativas de la Rampa 400, unidad minera San Cristóbal?
- ¿De qué manera influirá el análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, para reducir el costo de avance lineal de la Rampa 400, unidad minera San Cristóbal?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Realizar el análisis de las variables operacionales de perforación y voladura para mejorar el avance lineal de la Rampa 400, unidad minera San Cristóbal.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar el análisis de las variables operacionales de perforación y voladura para reducir las demoras operativas de la Rampa 400, unidad minera San Cristóbal.
- Realizar el análisis de las variables operacionales de perforación y voladura para reducir el costo de avance lineal de la Rampa 400, unidad minera San Cristóbal.

1.3 Justificación e importancia

En algunas zonas de la unidad minera San Cristóbal de Volcan Compañía Minera S. A. A., se viene teniendo deficiencias en las actividades de perforación y voladura de los frentes de avance, lo que origina que no se logre cumplir con algunas programaciones mensuales y anuales de avance por los retrasos en la preparación y desarrollo. Las deficiencias de las operaciones de la perforación y voladura dieron como resultado: pérdida de tiempo en el desarrollo de cada actividad.

Los retrasos operativos y las deficiencias en la disponibilidad mecánica de los equipos de perforación han llevado a tener deficiencias en el disparo, que se reflejaron en un mayor diámetro de la fragmentación del macizo rocoso. Todas estas deficiencias han generado retrasos de las labores de desarrollo de la Rampa 400.

Para mejorar estas deficiencias se realizaron el planteamiento de controles de los trabajos de perforación y voladura desde el inicio hasta el fin de guardia.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

El análisis de las variables operacionales de perforación y voladura es factible y viable para mejorar el avance lineal de la Rampa 400, unidad minera San Cristóbal.

1.4.2 Hipótesis específicas

- El análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, es factible y viable, para reducir las demoras operativas de la Rampa 400, unidad minera San Cristóbal.
- El análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, es factible y viable, para reducir el costo de avance lineal de la Rampa 400, unidad minera San Cristóbal.

1.5 Identificación de variables

1.5.1 Variable independiente

Análisis de las variables operacionales de perforación y voladura.

1.5.2 Variable dependiente

Mejorar el avance lineal.

1.5.3 Matriz de operacionalización de variable

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
V.I.: Análisis de las variables operacionales de perforación y voladura	Es el estudio situacional de los factores y parámetros de perforación y voladura, analizando las deficiencias de las perforación y voladura antes, durante y después del disparo, analizando el ciclo de trabajo a fin de mejorar las practicas operacionales de la mano de obra y el equipo de perforación, según el tipo de roca.	RMR	• Sistema del macizo rocoso • Tipo de roca • Burden (m) • Espaciamiento (m) • Metros perforados (m) • Consumo de aceros de perforación (unid.) • Longitud de perforación (m) • Factor de potencia - kg explosivo / m³ mineral (kg/m³) • Factor de carga - kg explosivo / TM mineral (kg/TM)
		Parámetros de perforación	
V.D.: Mejorar el avance lineal	Es la mejora del rendimiento, en función del avance efectivo, en base a la eficiencia de la perforación y voladura realizadas, controlando el consumo de las piezas de perforación, el equipo Boomer a utilizar, de acuerdo al tipo de roca a perforar.	Parámetros de la voladura	
		Eficiencia de perforación	• %
		Eficiencia de voladura	• %
		Avance efectivo	• %
		Longitud de carga	• m
		Longitud de avance de perforación	• m
		Costos por metro lineal de los frentes de avance	• P.U. de la mano de obra (\$/m) • P.U. de voladura (\$/m) • P.U. del equipo de perforación y limpieza (\$/m) • P.U. de los materiales y herramientas (\$/m)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes nacionales

a) Tesis titulada: «*Mejora en los parámetros de perforación y voladura para optimizar costos operacionales en la Compañía Minera Santa Luisa S.A. - Unidad Pallca*», tiene como objetivo mejorar los parámetros de perforación y voladura para optimizar costos operacionales en la Compañía Minera Santa Luisa S.A. – Unidad Pallca (1).

Además, la metodología tiene las siguientes características (1):

- El factor de carga se aumentó de 3.51 kg/m³ a 2.38 kg/m³ gracias al nuevo diseño de la malla de perforación y voladura, lo que redujo el consumo de explosivo y ahorró 15 USD por disparo (1).
- Se llevó a cabo un seguimiento y control operativo de las actividades unitarias realizadas para garantizar que los jumberos cumplieran con el diseño de malla de perforación adecuado. Haciéndoles pintar sus mallas. Se llevó a cabo esta operación con el objetivo de garantizar un excelente paralelismo entre los taladros, una buena precisión de perforación y un óptimo espaciamiento, entre otros aspectos (1).

- Al proporcionar a los cargadores hojas impresas con una distribución adecuada de las cargas explosivas que serán llenadas en los taladros, se mejoró el control del uso de explosivos (1).

b) Tesis titulada: *«Diseño de estándares de perforación y voladura de rocas, para normalizar la fragmentación del material resultante de la Construcción de la Rampa Positiva 050 de la Mina Arequipa M – CIA Minera AC Agregados S.A.C.»*, realizada en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. El objetivo del estudio fue diseñar los estándares de perforación y voladura de rocas, para normalizar la fragmentación del material resultante de la construcción de la rampa Positiva 050 de la mina Arequipa M – CIA Minera A.C. Agregados S.A.C. (2). Además, la metodología tiene las siguientes características (2):

- Los estándares de perforación y voladura de rocas para la rampa 050 positiva de la mina Arequipa M (2) se diseñaron (2).
- Se normalizó la fragmentación del material que surgió como resultado de la voladura (2).
- El estándar de perforación y voladura de la rampa Positiva 050 de la mina Arequipa M (2) se validó (2).
- Para realizar cualquier diseño y garantizar la continuidad de las operaciones de la construcción de la rampa Positiva 050 de la mina Arequipa M (2), es esencial realizar una caracterización del macizo rocoso (2).
- El criterio del mapeado o equipo de mapeo debe basarse en una base sólida de conocimientos teóricos y prácticos (experiencia), ya que estos son los pilares de todos los procesos de caracterización de la fragmentación (2).

c) Tesis titulada *«Optimización de la perforación y voladura para mejorar la zona de profundización en la mina Andaychagua de la Cía. Minera Volcan S.A.A.»*, el

objetivo del estudio, es aportar una metodología experimental apropiada, para evaluar el proceso de perforación y voladura, aplicando la emulsión bombeable gasificada (EBG) Quantex Sub, en las labores de profundización para lograr alcanzar los avances lineales programados mensualmente por la mina Andaychagua de la Cía. Minera Volcan S.A.A. (3).

Además, la metodología tiene las siguientes características (3):

- En condiciones normales, el rendimiento de eficiencia de disparo del Quantex Sub superaría el 95.5% de eficiencia por disparo (3).
- El factor de avance con Quantex Sub fue de 46.8 kg/m, mientras que el factor de carga fue de 1.8 kg/m (3).
- Se utilizaron cordón NP 80 y Quantex Sub de baja densidad (inferior a 0.9 gr/cm^3) para las voladuras en los taladros del contorno. Se logró disminuir el porcentaje de sobre rotura durante las pruebas a 8.3 % (3).
- En lo que respecta al rendimiento del equipo UBT, cada taladro se carga en 0,82 minutos por taladro y el tiempo de carguío por trabajo es de 32 minutos (3).

d) Tesis titulada: «*Reducción de costos operativos por medio del control de indicadores en el proceso de perforación y voladura en Minera Yanaquihua S.A.C. – Estudio de caso*», el **objetivo** del estudio es aportar una metodología experimental apropiada, para reducir los costos operativos en el área de perforación y voladura en la minera Yanaquihua S.A.C. (4).

Además, la metodología tiene las siguientes características (4):

- Se creó una nueva malla de perforación para optimizar la perforación; se redujo de 43 taladros perforados a 39 taladros perforados, y la broca escariadora se cambió de 38 mm a 50.80 mm para los taladros de alivio (4).

- Esto mejoró la producción y los costos y aumentó la eficiencia de voladura simulada en el software JKSImblast de 77.8 % a 87.7 %, lo que aumentó el avance lineal efectivo de 1.4 metros a 1.5 metros (4).
- Se logró un notable aumento de 0.62 m³/disparo, lo que equivale a 1.65 TM/disparo, en el ámbito del rendimiento (Indicador clave de desempeño), pasando de 8.75 m³/disparo real a 9.37 m³/disparo (4).

e) Tesis titulada: «*Optimización de la operación unitaria de perforación y voladura mediante el uso de indicadores claves de rendimiento en la Compañía Minera Arco de Oro S.A.C - Huarochirí - Lima - 2020*», el objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para controlar y optimizar el proceso unitario de perforación y voladura, para la reducción de los costos operativos incrementando la producción (5).

Además, la metodología tiene las siguientes características: (5)

- El seguimiento y control operativo de la perforación y voladura comienza con un buen reporte diario, en el cual se deben detallar los parámetros principales, como el número de taladros, los metros lineales de avances, la cantidad de explosivos utilizados y los detalles de la labor. Esto nos ayuda a tomar decisiones informadas y avanzar seguros sin incertidumbres en el caso (5).
- Los costos del consumo de explosivos se redujeron en un promedio del 14% en comparación con lo que se obtenía a través de la optimización de la operación unitaria de perforación y voladura. Esto resultó en una reducción anual de \$23,493.54 en los costos operativos de la mina (5).

2.2 Generalidades de la unidad minera San Cristóbal

2.2.1 Ubicación

La unidad minera San Cristóbal está políticamente ubicada en el distrito de Yauli, provincia de Yauli y departamento de Junín. Geográficamente se encuentra en el flanco este de la cordillera occidental de los Andes centrales del Perú (6).

Tabla 2. Accesibilidad unidad minera San Cristóbal		
Ruta	Distancia (km)	Carretera
Lima – Morococha-Cut Off	155	Asfaltada
Cut Off – Unidad Minera San Cristobal	25	Afirmada

Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)

La unidad minera San Cristóbal tiene una altitud de 4550 metros sobre el nivel del mar con las siguientes coordenadas geográficas (6):

- ✓ 76° 05' de longitud oeste
- ✓ 11° 43' de latitud sur

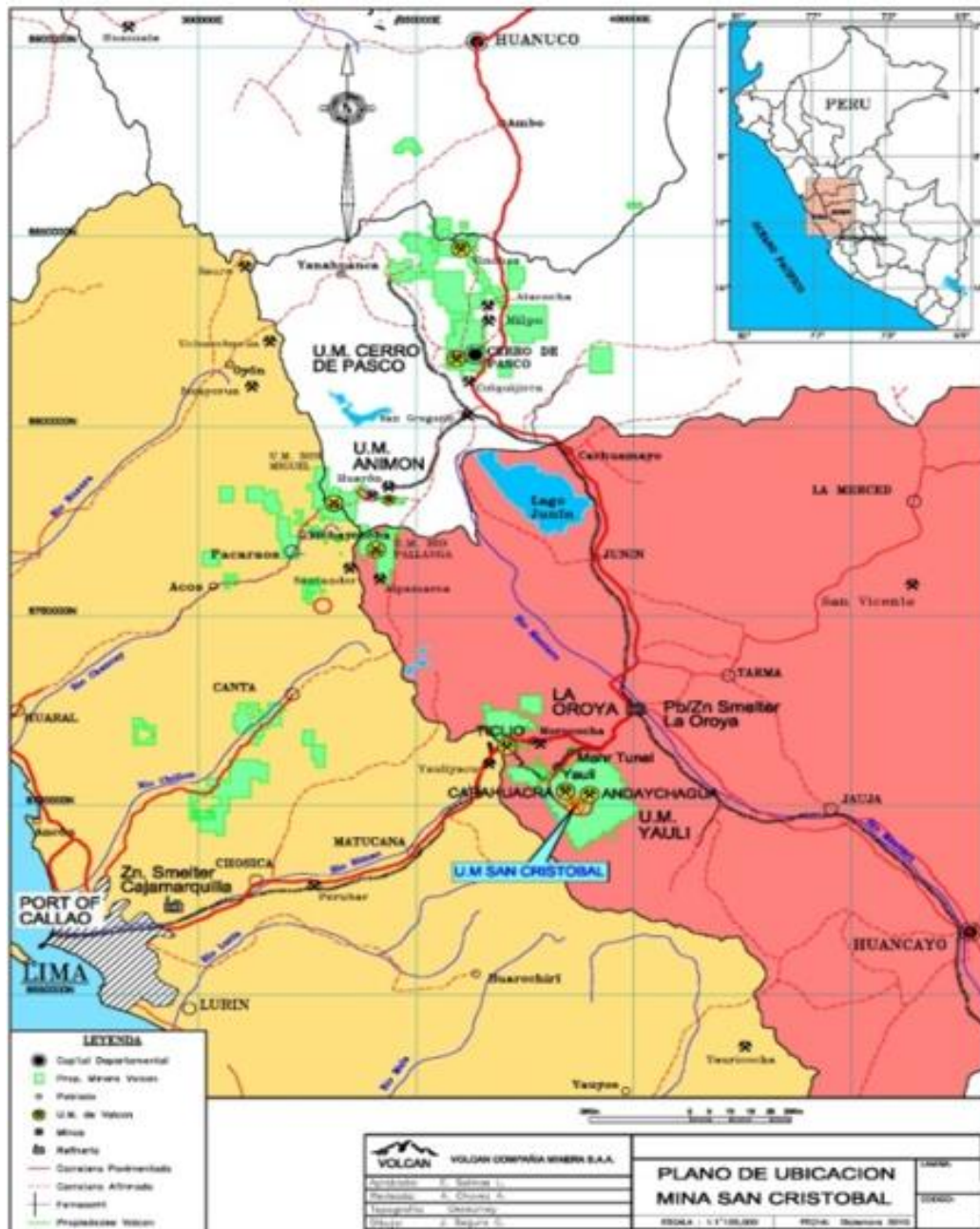


Figura 1. Ubicación y accesibilidad de la unidad minera San Cristóbal
 Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)

2.2.2 Geología regional

El distrito minero de San Cristóbal está localizado en la parte suroeste de una amplia estructura regional de naturaleza domática que abarca íntegramente los distritos de San Cristóbal y Morococha, conocida como el complejo Domal de Yauli (Figura 2), que representa una ventana de formaciones Paleozoicas dentro de la faja intracordillerana de formaciones Mesozoicas (6).

El Paleozoico tiene dos pisos, el inferior formado por el grupo Excélsior y el superior por el grupo Mitu; el Excélsior está aflorando a lo largo del anticlinal de Chumpe en la parte oeste del domo y en el anticlinal de Ultimátum hacia el este; el Mitu aflora en la mayor parte del domo. El margen está constituido por las formaciones mesozoicas: grupo Pucará, grupo Goyllarisquizga, grupo Machay y formación Jumasha (6).

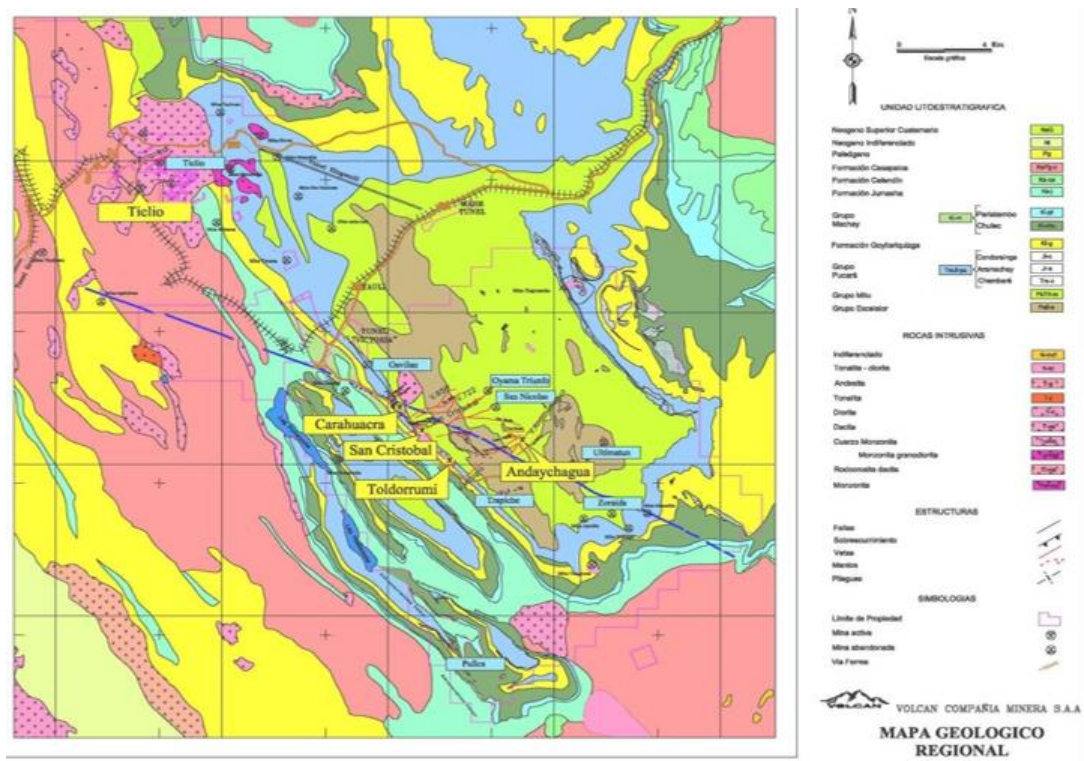


Figura 2. Plano de mapeo geológico de la unidad minera San Cristóbal.
Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)

2.2.3 Geología local

a) Secuencia litológica

La secuencia litológica de la unidad minera San Cristóbal de Volcan Compañía Minera S. A. A. tiene una extensión desde el Paleozoico hasta el Cretácico Superior (6).

COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA MINA SAN CRISTOBAL								
ERA	SISTEMA	EPOCA	EDADES PISOS	UNIDAD LITOLOGICA	GRAFICO	FORMACION SEDIMENTARIA	FORMACION IGNEA	MINERALIZACION
CENOZOICA	CUATERNARIO					SEDIMENTOS NO CONSOLIDADOS		
	TERCIARIO			DAPAS ROJAS CASAPALCA		DISCORDANCIA CONGLOMERADOS CALIZAS LUTITAS CALIZAS ARENISAS ROJAS	INTRUSIVAS INTERIORES DIAPIRO - DIORITAS	
MESOZOICA	CRETACIO	INFERIOR	COCHANCHEADO	FORMACION JINASHA		DIORITAS NARIAS POCO PORFIRITICA	CUELOS DE BASALTOS A TRAVES DE TODAS LAS FORMACIONES	
		NEOCOMICO		FORMACION PARATIANO FORMACION CHULEC		ALTERACION DE CALIZAS NARIAS BITUMINOSA	BASALTO	
	(EDOMET)		GRUPO DOLLAR		ALTERACION DE CALIZAS NARIAS PORFIRITICA LUTITAS ROJAS ARENISAS	BASALTO DIAPIRO + GABRO		
	TRIASICO JURACICO	INFERIOR O EQUIVOCADO (LAS)	SNEWIRANG ETTANGANG	FORMACION CONDENSINGA		CALIZAS BLANCAS ABARILLAS		MINERALIZACION CONDENSINGA DE Fe, Mn, Zn, Pb, con INTERPOSICION DE MINERALIZACION HIBO- TOMAL, FORMA DE DIAPIRO Y NARIAS
SUPERIOR O MESOTRASIDO		RETANO HORANO	FORMACION ARAKACHAY		BRECHAS CALIZAS CHULEC			
			FORMACION CHAMBERA		CALIZAS CON YESO	FORMAS DE BASALTO		
PALEOZOICA	PERMICO	SUPERIOR	OCHOA	GRUPO WITU		DISCORDANCIA	DIAPIRO DE BASALTO Y ARENOSAS	MINERALIZACION CONDENSINGA DE Fe, Mn, Zn, Pb, con INTERPOSICION DE MINERALIZACION HIBO- TOMAL, FORMA DE DIAPIRO Y NARIAS
		MEDIO	GUADALUPE- LEONARDO			LENTES DE ARENOSAS Y CONGLOMERADOS NARIAS	INTRUSIVO INTERIORES TIPO SANAGUAGA DIAPIRO-MINOTOMA	
	DEVONICO	SUPERIOR	CHAUTAUQUAN	GRUPO EXCELSIOR		DISCORDANCIA	VOLCANES VOLCANOLASTICOS MORAZON	MINERALIZACION HIBO- TOMAL DE YESO DE Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Sn, Ni, Pb, Zn
		MEDIO	ERRAN (HAMILTON)			FILITAS	INTRUSIVO ACIDO TIPO CHUMPE BRANCO	MINERALIZACION HIBO- TOMAL DE YESO DE Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Sn, Ni, Pb, Zn
INFORMACION BASE : C' de Pisco Corp : H. W. Kobe						Por: J. Viles M. Dib. G. Rojas E. Enero 2002		

Figura 3. Columna estratigráfica generalizada de la unidad minera San Cristóbal
Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)

✓ Silúrico-devónico-grupo Excélsior

El grupo Excélsior está conformado por rocas muy antiguas que afloran en el área e integran al núcleo del anticlinal Chumpe, está formado por filitas con intercalaciones de cuarcitas, vulcanitas verdes y bancos calcáreos marmolizados con fósiles (6).

En relación con la potencia, estableció una potencia de 1800 metros, en la secuencia de los alrededores de Tarma. Su mineralización se presenta en filones, H.W. Kobe, establece dos tipos de manto en la mina nombrado como ultimátum, constituida por Fe, Zn, Pb, Ag; y la otra estrictamente estrato ligada ubicada en el anticlinal, de Ni, Co, As (Sb), Fe, S. (6).

✓ **Pérmico-grupo Mitú**

Encima de las rocas del grupo Excelsior existen una sucesión volcánica, formada por rocas andesíticos y dacíticos diseminados, brechas, aglomerado y tufos. Asimismo, la mineralización para este grupo se sitúa en el domo Yauli notablemente, en forma de filones y diseminadas (6).

Presenta potencia irregular total en este grupo, al oeste de la unidad minera San Cristóbal la potencia de los volcánicos Catalina es aproximadamente 800 metros. La edad del grupo Mitú fue considerada como del Carbonífero Superior y posteriormente asignada al Pérmico (6).

✓ **Triásico Superior Liásico-grupo Pucara**

Este grupo es una agrupación de facies calcáreas, se ubica en la discordancia encima del grupo Mitú, este grupo se divide en tres formaciones: Chambará, Aramachay, y Condorsinga están relacionados con la mineralización económica del lugar (6).

a) Formación Chambará (Triásico Superior)

Está compuesta por calizas, dolomitas, calizas dolomíticas, separadas por capas calcáreo-arcillosas y tufos de pocos centímetros, las rocas calcáreas presentan un color gris claro a negro, con mayor porcentaje de materia orgánica (6).

b) Formación Aramachay (Liásico: Hetangiano-Sinemuriano)

Está compuesta por pizarras limosas, seguidamente de areniscas de grano fino, calizas y de chert en capas. Las calizas se presentan en bancos de 20 a 50 centímetros, frecuentemente lenticulares, o en nódulos discoidales de hasta un metro de diámetro, se nota también capas vulcano-detríticas (6).

c) Formación Condorsinga (Liásico Toarciano)

Se compone de oolíticas o bioclásticas en su mayoría, chert abundante en la mitad inferior de la formación; intercalaciones tufáceas de color gris claro, de grano fino a medio, son comunes. Las calizas varían de color gris claro a gris oscuro, son de grano fino, hay zonas donde están fuertemente brechadas (6).

✓ **Grupo Goyllarisquizga (Cretácico Inferior)**

Sobre el grupo Pucará yace en discordancia paralela el grupo Goyllarisquizga, el cual se depositó en dos fases sucesivas (6). La primera compuesta por depósitos de granulometría fina a muy fina, de facies llanura aluvial con pelitas rojas y escasas intercalaciones de areniscas de facies de desbordamiento, depositadas en un ámbito climático semiárido mostrado en la fuerte oxidación de las pelitas (6). Durante la segunda fase hay un cambio brusco respecto a la primera, depositándose areniscas medianas hasta muy gruesas y niveles conglomeráticos con troncos de árboles actualmente silicificados, en un ambiente húmedo e importante actividad ígnea evidenciada por sills de basalto (6). En San Cristóbal, su potencia alcanza 100 metros. El grupo Goyllarisquizga ha sido atribuido al Cretácico Inferior-Valanginiano-Aptiano (6).

✓ **Grupo Machay (Cretácico Medio)**

a) Formación Chúlec

Esta formación es totalmente carbonatada, litológicamente está conformada por una alternancia de calizas y margas de facies de plataforma externa; es muy fosilífera y constituye la primera formación cretácica de los Andes Centrales correctamente datada, toda la serie en su conjunto está intensamente bioturbada. en potencia varía desde 250 m justo al SO de Morococha a 350 m en Carahuacra. La base de la formación Chúlec está considerada como la base del primer horizonte calcáreo arriba de las areniscas cuarzosas del grupo Goyllarisquizga y data del Albiano Medio (6).

b) Formación Pariatambo

Esta formación es fácil de localizar en el paisaje por su coloración negra característica, escasa resistencia a la erosión y litología monótona está constituida por una alternancia margocaliza de pequeños bancos claros y oscuros generalmente muy bituminosos, señalados por un olor fétido muy pronunciado (6).

c) Formación Jumasha

Concordantemente sobre la formación Pariatambo se encuentra la formación Jumasha. Litológicamente es la más homogénea de las formaciones cretácicas

expuestas en el domo de Yauli. Consiste casi enteramente de una serie carbonatada dolomítica, masiva y poco fosilífera con escasos lentes de areniscas y sílex, depositada en una plataforma ligeramente confinada y de poca profundidad. Los amonites encontrados pertenecen al Albiano superior-Turoniano (6).

2.2.4 Geología estructural

a) Plegamiento

La mina Carahuacra, se encuentra en el flanco occidental de la estructura regional dominante del domo de Yauli, que se extiende longitudinalmente en aproximadamente 35 kilómetros, desde San Cristóbal hasta Morococha, y transversalmente 10 kilómetros; el rumbo promedio de esta estructura es N 40° O. Es asimétrico, su flanco este buza entre 30° y 40° mientras su flanco oeste buza entre 60° y 80°; está conformado por varios anticlinales y sinclinales, de los cuales los anticlinales más importantes son el de Chumpe y el de Yauli (Ultimátum); sus ejes tienen un rumbo que varía entre N 35° y 40° O (6).

b) Fracturamiento

El fracturamiento en el área de la mina Carahuacra, parece ser el resultado de las fuerzas compresivas e intrusivas que dieron lugar a la formación del domo de Yauli. Probablemente a fines del Cretácico, plegamiento, fuerzas de compresión de dirección NE-SO comenzaron a formar el anticlinal Chumpe, a medida que las fuerzas de compresión aumentaban de intensidad durante el plegamiento Incaico, los estratos inferiores de caliza resbalaron sobre los volcánicos subyacentes (6).

La complejidad geológica del distrito ha dado lugar a la formación de una variedad de depósitos minerales que se extienden ampliamente como se muestra en el gráfico siguiente (6).

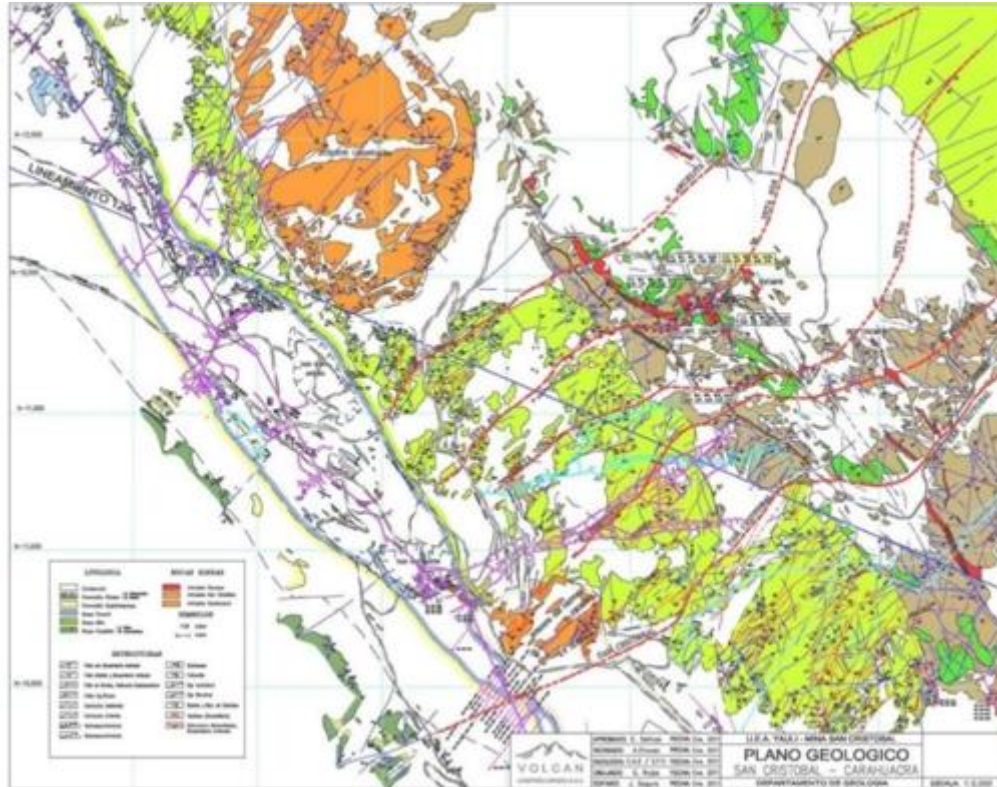


Figura 4. Plano geológico estructural de la unidad minera San Cristóbal
Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)

2.2.5 Geología económica

Después de la última etapa del plegamiento "Quechua" y la formación de las fracturas de tensión, vino el período de mineralización; soluciones residuales mineralizantes originadas probablemente de los stocks de monzonita cuarcífera, invadieron el área dando lugar a la formación de vetas, mantos y cuerpos; sin embargo, es necesario aclarar el origen de los mantos y cuerpos, fueron rellenados o reemplazados indistintamente por soluciones hidrotermales, a través de canales alimentadores (*feeders*). En los últimos estudios realizados el año 1999 por el Dr. Robert Moritz de la Universidad de Ginebra (6).

a) Vetos

Las vetas o filones fueron formados primordialmente por relleno de fracturas, son mineralizadas las que se desarrollaron a lo largo de fracturas de tensión. Además, las fallas de cizalla contienen mucho panizo no están bien mineralizadas o pobremente mineralizadas. Se encuentran ubicados en todo el distrito minero de la unidad, en su gran mayoría se desarrolló en los volcánicos del grupo Mitu (6).

b) Mantos

Los mantos se ubican en el flanco oeste del anticlinal, en la localización de las calizas de Pucará. A partir del contacto con los volcánicos Mitu, se hallan simultáneamente con la estratificación (6).

c) Cuerpos

Similar a los mantos se ubican localizados en el flanco oeste del anticlinal, en la localización de las calizas de Pucará. Su formación es debido a la unión de varios mantos o en su intersección de una veta con un manto (6).

2.3 Bases teóricas

2.7.1. Métodos de Explotación en la Unidad Minera San Cristóbal

a) Bench and fill

Es el método predominante en la unidad minera San Cristóbal, se ejecutan con bancos de 15 m. La llegada de los accesos se realiza en forma de rombo para darle mayor eficiencia a la operación (7).



Figura 5. Perforación en preparación de subnivel, unidad Minera San Cristóbal
Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)



Figura 6. Perforación de taladros largos, unidad minera San Cristóbal
Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)



Figura 7. Voladura del Slot (cara libre), unidad minera San Cristóbal
Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)



Figura 8. Voladura de las primeras secciones (lado W), unidad minera San Cristóbal
Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)

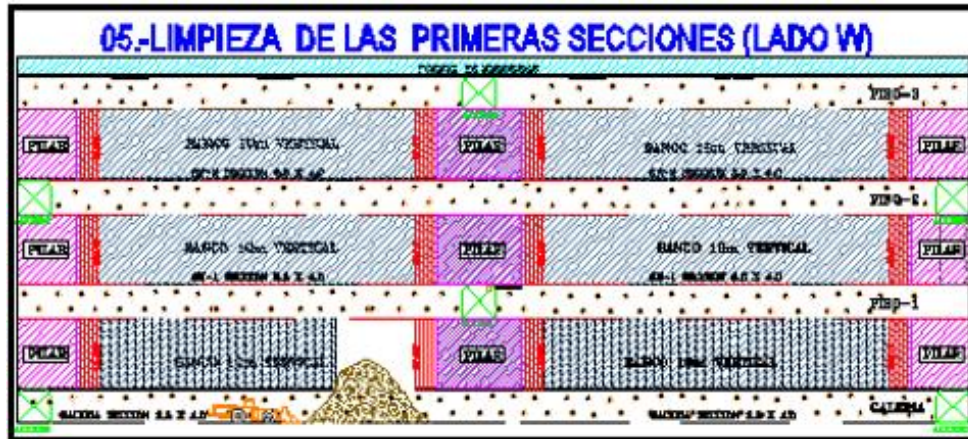


Figura 9. Limpieza de las primeras secciones (lado W), unidad minera San Cristóbal.
Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)

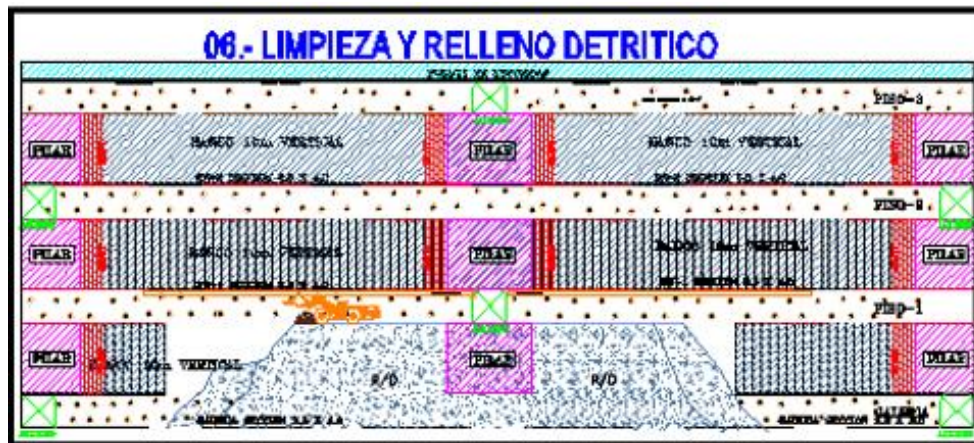


Figura 10. Limpieza y relleno detrítico, unidad minera San Cristóbal.
Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)

b) Over cut and Fill (Breasting)

Con una altura de 4.0 m (corte efectivo 3.5 m), este método se emplea en el cuerpo Huaripampa. En esta zona no se considera laboreo dentro del plan de minado (7).

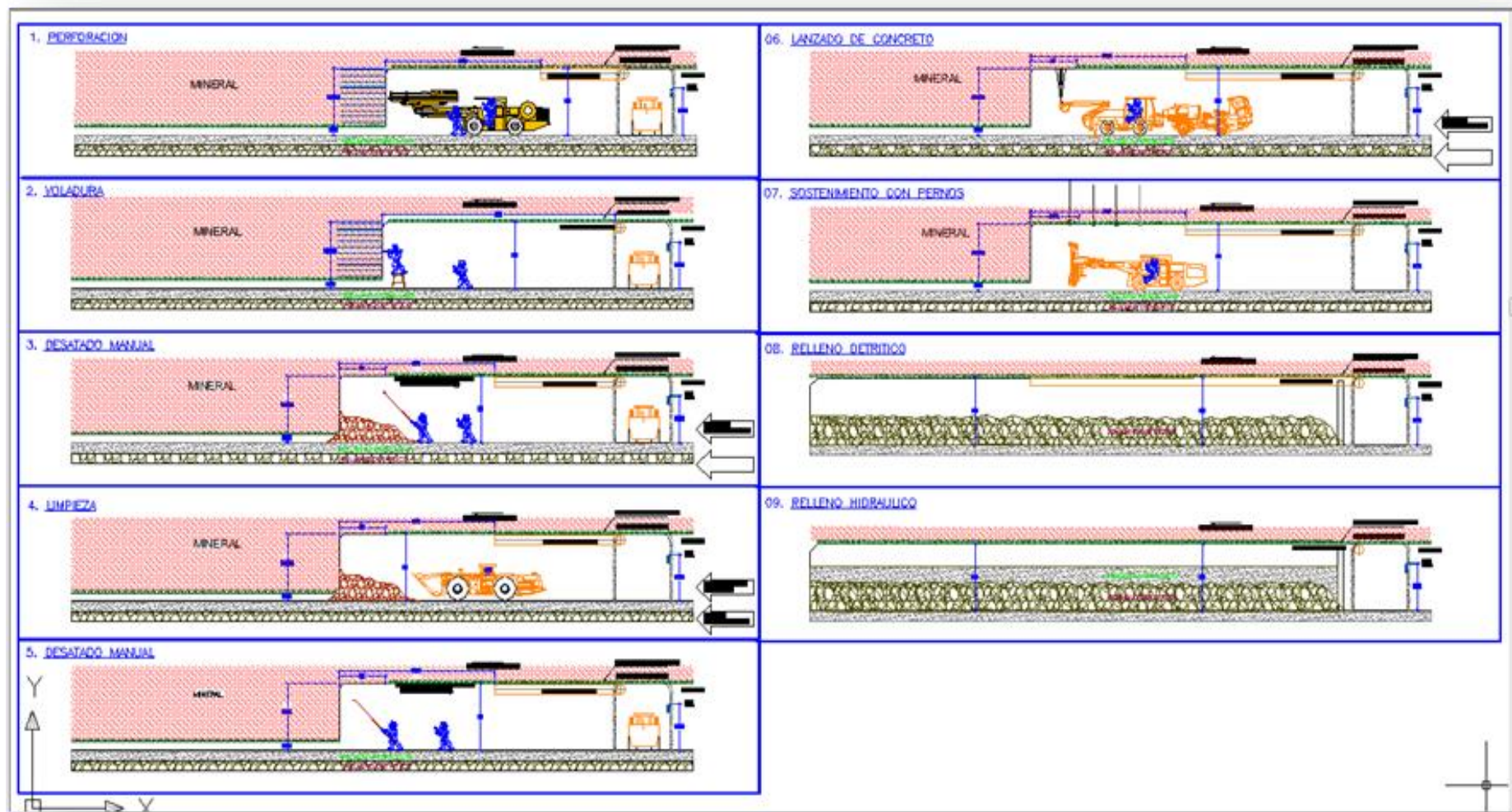


Figura 11. Ciclo de minado del método de minado over cut and fill (Breasting), unidad minera San Cristóbal
Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)

2.7.2. Operación minera en zona de vetas

2.7.2.1. Tipo de labores mineras

a) Galerías. Estas obras tienen un componente especial de 8'x 8' y se ejecutan bordeando la veta, dado que el lecho de roca es grande y la veta presenta las circunstancias esenciales para no tener un gasto importante de ayuda, en cualquier caso, en el caso de que el territorio sea extremadamente agrietado e inestable, los despliegues se ejecutan idealmente en la caja del suelo alineada con la veta a una buena distancia de 15 metros (llamada by pass) y posteriormente se entra en la veta a través de escalas o ventanas opuestas a ella (7). La limpieza de estos frentes se termina con herramientas neumáticas de excavación y pala de 1,5 yd³ (7).

b) Chimeneas. Son operaciones verticales de 8' X 8', que imparten visualizaciones de niveles superiores e inferiores, con una cota de hasta 50 metros, que actúan como funciones de doble negociación y administración (ventilación, establecimiento de líneas, calles, etc.) (7).

c) Subniveles. Trabajos de preparación que se realizan de manera uniforme y a través de la veta, que se crea a partir de una pila que pasa sobre un andamio a un nivel específico para iniciar un pozo y comenzar la estrategia de doble deal para cortar y rellenar hacia arriba (7).

d) Tajos. Labor de explotación la cual se realiza una vez culminada el subnivel con taladros en realce, la chimenea corta al tajo en dos lados y/o alas (este – oeste) (7).

2.7.3. Método corte y relleno ascendente

A partir del desarrollo del subnivel se procederá a aplicar el método de corte y relleno ascendente “cut and fill stoping”, la altura de corte depende de la competencia de la roca caja, de preferencia se desarrolla dos cortes con una altura de 3 metros (7).

a) Ventajas:

- Se tiene un buen control de dilución (7).

- En la perforación y voladura se tiene el control de las cajas, existiendo seguridad (7).
- La recuperación del mineral con las leyes deseadas es en un 90% efectiva (7).
- Buena fragmentación de mineral (7).

b) Desventajas:

- Se tiene baja productividad y producción.
- El costo de relleno tanto detrítico como hidráulico son altos.

2.7.4. Accesorios de la perforación roto-percutiva mecanizadas

a) Brocas

Estos se efectúan en la perforación roto-percutiva y se diseñan con una pequeña conicidad siendo la parte más ancha que está en contacto con la roca con la finalidad de contrarrestar el desgaste.

b) Tipos

- **Brocas de botones.** Poseen de unos botones de carburo de tungsteno distribuidos en toda la superficie, el diámetro que tiene es de 50 a 521 milímetros. Estos se adaptan a la perforación con rotación ya que obtienen mayor velocidad de avance y son de mayor resistencia al desgaste debido al contorno de los insertos.

Estos se subdividen en cuatro y son:

- **Brocas retractiles.** Se usan en las formaciones rocosas en donde los barrenos tienden a desmoronarse; dispone de estrías y dientes por detrás del frente que permite utilizar la perforación en retroceso.

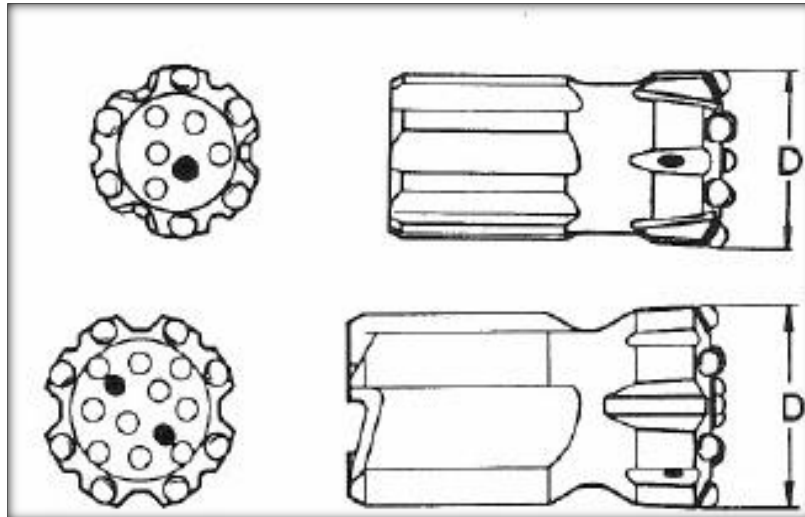


Figura 12. Accesorios perforación, brocas retractiles
Tomada del Manual de perforación y voladura (8)

- **Brocas de escariar.** Son de botones o plaquitas y se usan en labores subterráneas para abrir barrenos de mayor diámetro. Se utilizan con varilla y adaptador piloto, ya que poseen un orificio central.

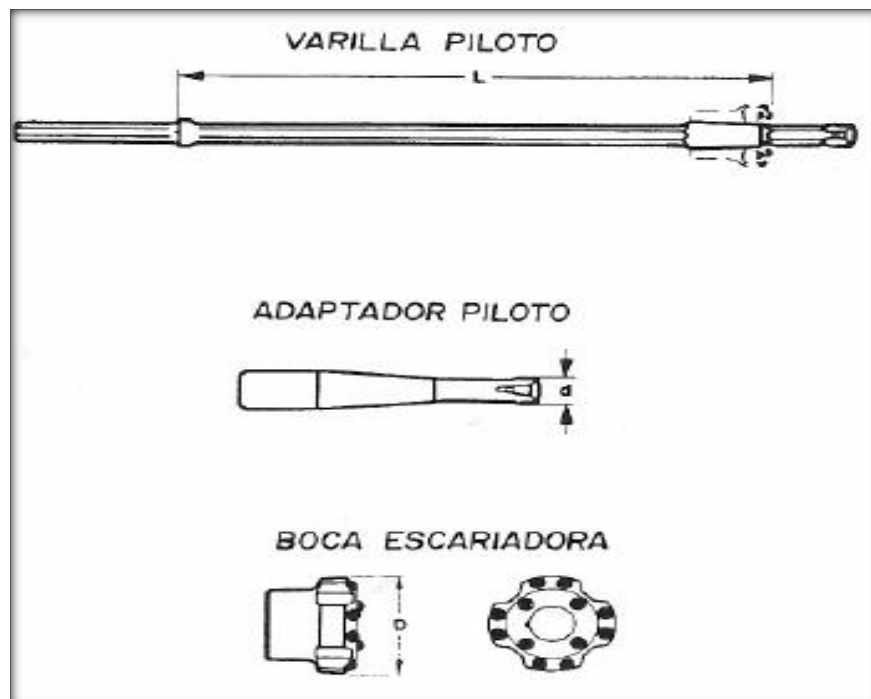


Figura 13. Accesorios perforación, columna de perforación
Tomada del Manual de perforación y voladura (8)

- **Brocas de centro hundido.** Tienen un excelente barrido ya que se realiza en una parte frontal; su uso es en rocas blandas (8).

- **Brocas balísticas.** Tiene insertos en forma de proyectiles; proporciona mayor velocidad de penetración y un barrido más eficiente y el principal inconveniente que tiene este tipo es el riesgo de rotura de los botones sobre todo en el desgaste que posee la boca (8).
- **Bocas de martillo en fondo.** Estos llevan incorporados en su diseño las culatas las que golpean a los pistones. Los diámetros que se utilizan son desde 85 a 250 milímetros (8).
- ✓ **Botones:** son las más utilizadas y de aplicación en cualquier tipo de roca (8).
- ✓ **Insertos:** Son dos de cara completa y de núcleo rompedor; se utilizan pocas veces en la perforación (8).

2.7.5.Cálculos de necesidades de los accesorios.

La cantidad de varillaje depende del volumen de la roca, perforación específica, perforabilidad y abrasidad de la roca, y por último método de perforación. Ya que la vida del varillaje depende de la perforabilidad y el método de perforación (8).

Su vida de los accesorios se expresa en “metros/varilla”. Su fórmula es el siguiente:

$$MV = L \times \left[\frac{L + L_v}{2L_v} \right]$$

Donde:

- ✓ L: Profundidad del barreno
- ✓ L₀: Longitud de cada varilla
- ✓ MV: Metros-varilla

Para estimar los accesorios se aplican las siguientes expresiones:

1. Número de brocas:

$$N_B = \frac{VR \times PS}{V_B}$$

2. Número de varillas:

$$N_v = \frac{VR \times PS}{V_v} \times \frac{L + L_v}{2L_v}$$

3. Número de adaptadores:

$$N_A = N_v/3$$

4. Número de manguitos:

$$N_M = 1,5 \times N_v$$

Donde:

- ✓ VR: Volumen de roca a volar
- ✓ PS: Perforación específica
- ✓ L: Profundidad de barrenos
- ✓ Vi: Vida en servicio del accesorio

2.7.6.Cuidado y mantenimiento de brocas.

El acondicionamiento de las bocas tiene como objetivo es obtener una velocidad óptima de penetración y aumentar la vida de dichos útiles (8).

a) Brocas de botones:

- ✓ Cuando el cuerpo de la boca se desgasta más que los botones (8).
- ✓ Cuando los botones se desgastan más que el cuerpo (8)..
- ✓ Si en rocas no abrasivas los botones se pulen mostrando fracturación en la superficie (8).

b) Brocas de pastillas

Se deben afilar, cuando:

- ✓ El filo se haya desgastado y la superficie cortante, vida de 2.4 a 5 mil metros de diámetro (8).
- ✓ Cuando la esquina exterior de la pastilla se haya desgastado con un radio mayor de 5 milímetros (8).
- ✓ Cuando la cara de la boca comience a tener un diámetro inferior al del cuerpo; entonces se esmerilará el diámetro exterior para eliminar los contras conos (8).

2.4 Operación minera en zona de cuerpos

2.8.1. Tipo de labores

En la zona de cuerpos se realiza operación minera de trackless o mecanizada, para lo cual se ejecutan diferentes labores como:

a) Rampas

Son labores de acceso hacia los niveles de explotación, tiene una sección de 4.0 x 4.0 con gradientes que varía de 10 % a 13 %, y en las curvas varían de 10 % a 12 %. Para la perforación se utilizan Jumbos de un solo brazo con una longitud de taladros de 14 y 12 pies respectivamente (7).

b) Chimeneas

Estas se realizan de forma convencional, por BCR o RICE BORING, cuya finalidad es para ventilación, instalación de servicios o como echaderos de mineral o desmonte. Para la perforación de las chimeneas se tiene máquina neumática Jack Leg con una profundidad de taladro de 8'. En la voladura se utilizan como accesorios los faneles con retardo, carmex y cordón detonante, como agente de voladura se utiliza el ANFO (7).

c) Galerías

Son labores horizontales realizadas con una sección de 4.00 X 4.00 m, que se ejecutan en los niveles principales para poder acceder al cuerpo o seguir alguna veta que contenga mineralización económicamente rentable (7).

d) Cruceros

Parten desde las galerías con la misma sección en forma perpendicular a ellas para poder acceder a los cuerpos y luego extraer el mineral (7).

e) Ventanas

Presentan la misma sección que las galerías, pero su función principal es el de acceder al cuerpo mineralizado para en las mismas realizar la perforación de taladros de producción (7).

2.8.2. Trabajos desempeñados

a) Estudio del control de tiempo de frontoneros - Jumbos (J 142, J – 144, J 146, J 148 y J – 150)

Objetivos:

- Conocer el tiempo de perforación de la barra.
- Identificar los tiempos muertos (demora operativa y demora mecánica).
- Identificar los problemas constantes del equipo de perforación.
- Conocer el tiempo de perforación efectiva de la barra. Reconocer los problemas más frecuentes en los frentes de trabajo.

Tabla 3. Control de tiempo del Jumbos (J 146 Y J 150) - unidad minera San Cristóbal

JUMBO	J - 146
Nº Taladros	33
HORA DE INICIO	15:20:00 am
HORA FINAL	17:30:00 pm
TIEMPO OPERADO	2:10:00 Hrs

EFF. OPERADOR	71%
---------------	-----

JUMBO	J - 150
Nº Taladros	34
HORA DE INICIO	11:20:00 pm
HORA FINAL	14:30:00 pm
TIEMPO OPERADO	3:10:00 Hrs

EFF. OPERADOR	58%
---------------	-----

	Nº Taladros	Tiempo de perforacion
ARRASTRES	1	0:02:20
	2	0:02:48
	3	0:02:48
	4	0:03:03
	5	0:03:08
ASTIALES	6	0:04:00
	7	0:02:30
	8	0:02:31
	9	0:02:10
	10	0:01:40
	11	0:02:30
ALZAS	12	0:02:10
	13	0:03:13
	14	0:01:56
CUADRADORES	15	0:02:20
	16	0:02:45
	17	0:02:34
	18	0:02:01
	19	0:02:42
	20	0:02:20
	21	0:02:25
	22	0:01:47
AYUDAS	23	0:01:50
	24	0:02:00
	25	0:02:16
	26	0:02:49
ARRANQUE	27	0:03:12
	28	0:02:03
	29	0:02:05
	30	0:02:26
	31	0:02:24
	32	0:02:02
	33	0:02:46
TIEMPO TOTAL DE PERF.		1:21:34
TIEMPO PROMEDIO DE PERF.		0:02:28

Nº TAL RIMADORES	4	
RIMADOR 1	1	0:03:24
RIMADOR 2	2	0:03:36
RIMADOR 3	3	0:04:05
TIEMPO TOTAL		0:11:05
TIEMPO PROMEDIO		0:02:46
TIEMPO NETO DE PERFORACION		1:32:39

	Nº Taladros	Tiempo de perforacion
ARRASTRES	1	0:02:14
	2	0:02:34
	3	0:03:05
	4	0:02:01
	5	0:05:34
ASTIALES	6	0:02:25
	7	0:03:02
	8	0:03:23
	9	0:03:23
	10	0:04:12
	11	0:02:30
ALZAS	12	0:01:23
	13	0:02:30
	14	0:02:50
CUADRADORES	15	0:02:15
	16	0:02:30
	17	0:04:32
	18	0:02:20
	19	0:02:20
	20	0:02:12
	21	0:02:18
	22	0:01:47
AYUDAS	23	0:02:15
	24	0:02:07
	25	0:02:10
	26	0:02:22
ARRANQUE	27	0:02:26
	28	0:03:45
	29	0:02:13
	30	0:02:26
	31	0:02:24
	32	0:02:02
	33	0:02:46
TIEMPO TOTAL DE PERF.		1:28:16
TIEMPO PROMEDIO DE PERF.		0:02:36

Nº TAL RIMADORES	4	
RIMADOR 1	1	0:05:32
RIMADOR 2	2	0:05:54
RIMADOR 3	3	0:03:06
RIMADOR 4	4	0:06:40
TIEMPO TOTAL		0:21:12
TIEMPO PROMEDIO		0:05:18
TIEMPO NETO DE PERFORACION		1:49:28

Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)

Tabla 4. Control de tiempo del Jumbos (J 144 Y J 146) - unidad minera San Cristóbal

JUMBO	J - 144
Nº Taladros	33
HORA DE INICIO	9:32:00 pm
HORA FINAL	11:47:00 pm
TIEMPO OPERADO	2:15:00 Hrs

EFF. OPERADOR	77%
----------------------	-----

JUMBO	J - 148
Nº TAL	33
HORA DE INICIO	21:20:00 pm
HORA FINAL	23:46:00 pm
TIEMPO OPERADO	2:26:00 Hrs

EFF. OPERADOR	78%
----------------------	-----

	Nº Taladros	Tiempo de perforacion
ARRASTRES	1	0:03:25
	2	0:03:01
	3	0:02:45
	4	0:02:01
	5	0:03:57
ASTIALES	6	0:02:25
	7	0:02:15
	8	0:02:43
	9	0:01:53
	10	0:02:01
	11	0:02:30
ALZAS	12	0:02:40
	13	0:02:30
	14	0:02:50
CUADRADORES	15	0:02:15
	16	0:02:30
	17	0:01:48
	18	0:02:20
	19	0:02:20
	20	0:02:12
	21	0:02:18
	22	0:01:47
AYUDAS	23	0:02:15
	24	0:02:07
	25	0:02:10
	26	0:02:22
ARRANQUE	27	0:02:26
	28	0:02:31
	29	0:02:33
	30	0:02:26
	31	0:02:24
	32	0:02:02
	33	0:02:46
TIEMPO TOTAL DE PERF.		1:20:28
TIEMPO PROMEDIO DE PERF.		0:02:26

	Nº Taladros	Tiempo de perforacion
ARRASTRES	1	0:02:40
	2	0:01:07
	3	0:02:44
	4	0:02:34
	5	0:05:20
ASTIALES	6	0:05:10
	7	0:02:48
	8	0:03:44
	9	0:02:44
	10	0:02:54
	11	0:03:20
ALZAS	12	0:02:45
	13	0:03:30
	14	0:03:24
CUADRADORES	15	0:03:15
	16	0:02:40
	17	0:02:32
	18	0:02:25
	19	0:02:34
	20	0:02:43
	21	0:03:56
	22	0:01:47
AYUDAS	23	0:02:40
	24	0:03:39
	25	0:01:52
	26	0:00:57
ARRANQUE	27	0:01:20
	28	0:02:19
	29	0:02:27
	30	0:02:20
	31	0:02:10
	32	0:04:10
	33	0:02:28
TIEMPO TOTAL DE PERF.		1:32:58
TIEMPO PROMEDIO DE PERF.		0:02:49

Nº TAL RIMADORES	4	
RIMADOR 1	1	0:06:32
RIMADOR 2	2	0:06:01
RIMADOR 3	3	0:04:42
RIMADOR 4	4	0:06:40
TIEMPO TOTAL		0:23:55
TIEMPO PROMEDIO		0:05:59
TIEMPO NETO DE PERFORACION		1:44:23

Nº TAL RIMADORES	4	
RIMADOR 1	1	0:03:32
RIMADOR 2	2	0:05:43
RIMADOR 3	3	0:04:56
RIMADOR 4	4	0:06:46
TIEMPO TOTAL		0:20:57
TIEMPO PROMEDIO		0:05:14
TIEMPO NETO DE PERFORACION		1:53:55

Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)

Tabla 5 Control de tiempo del Jumbos (J 144 Y J 146) - unidad minera San Cristóbal

JUMBO	J - 142
Nº TAL	33
HORA DE INICIO	0:11:00 am
HORA FINAL	2:30:00 am
TIEMPO OPERADO	2:19:00 Hrs

EFF. OPERADOR	75%
---------------	-----

	Nº Taladros	Tiempo de perforación
ARRASTRES	1	0:06:10
	2	0:04:10
	3	0:03:19
	4	0:04:40
	5	0:02:56
ASTIALES	6	0:03:45
	7	0:03:38
	8	0:02:20
	9	0:02:44
	10	0:03:44
	11	0:03:24
ALZAS	12	0:02:12
	13	0:02:04
	14	0:01:33
CUADRADORES	15	0:02:50
	16	0:01:50
	17	0:01:53
	18	0:01:35
	19	0:02:20
	20	0:02:43
	21	0:03:56
	22	0:01:47
AYUDAS	23	0:02:40
	24	0:03:39
	25	0:01:52
	26	0:00:57
ARRANQUE	27	0:01:20
	28	0:02:19
	29	0:02:27
	30	0:02:20
	31	0:02:10
	32	0:04:10
	33	0:02:28
TIEMPO TOTAL DE PERF.		1:31:55
TIEMPO PROMEDIO DE PERF.		0:02:47

Nº TAL RIMADORES	3	
RIMADOR 1	1	0:04:20
RIMADOR 2	2	0:04:07
RIMADOR 3	3	0:03:45
TIEMPO TOTAL		0:12:12
TIEMPO PROMEDIO		0:04:04
TIEMPO NETO DE PERFORACION		1:44:07

JUMBO	J - 146
Nº TAL	33
HORA DE INICIO	11:30:00 am
HORA FINAL	14:20:00 pm
TIEMPO OPERAD	2:50:00 Hrs

EFF. OPERADOR	53%
---------------	-----

	Nº Taladros	Tiempo de perforación
ARRASTRES	1	0:03:15
	2	0:02:45
	3	0:01:52
	4	0:02:10
	5	0:01:56
ASTIALES	6	0:03:40
	7	0:02:30
	8	0:02:04
	9	0:02:13
	10	0:01:20
	11	0:01:30
ALZAS	12	0:02:20
	13	0:02:15
	14	0:02:55
CUADRADORES	15	0:02:12
	16	0:02:06
	17	0:02:18
	18	0:02:11
	19	0:02:14
	20	0:02:44
	21	0:02:16
	22	0:01:32
AYUDAS	23	0:01:30
	24	0:01:00
	25	0:02:20
	26	0:02:30
ARRANQUE	27	0:02:13
	28	0:01:50
	29	0:02:16
	30	0:02:44
	31	0:02:41
	32	0:02:32
	33	0:02:28
TIEMPO TOTAL DE PERF.		1:14:22
TIEMPO PROMEDIO DE PERF.		0:02:15

Nº TAL RIMADOR	3	
RIMADOR 1	1	0:04:31
RIMADOR 2	2	0:05:30
RIMADOR 3	3	0:05:50
TIEMPO TOTAL		0:15:51
TIEMPO PROMEDIO		0:05:17
TIEMPO NETO DE PERFORACION		1:30:13

Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)

Tabla 6. Resumen del control de tiempo de los Jumbos (J 142, J – 144, J 146, J 148 y J – 150)

Jumbo	Nº Taladros	Tiempo neto perforacion	Demora operativas (min)	Promedio de perforacion (m)	Tiempo total de perfoacion	Observaciones
J - 146	33	1:21:34	0:17:00	3.41	1:38:34	cambio de manguera
J - 150	33	1:28:16	0:20:00	3.50	1:48:16	Sistema electrico
J - 144	33	1:20:28	0:23:00	3.41	1:43:28	cambio de manguera
J - 148	33	1:32:58	0:19:00	3.50	1:51:58	Sistema electrico
J - 142	33	1:31:55	0:15:00	3.41	1:46:55	Ajuste de manguera
J - 146	33	1:14:22	0:13:00	3.46	1:27:22	Ajuste de manguera
Jumbo	Nº Taladros rimados	Tiempo neto perforacion	Demora operativas (min)	Promedio de perforacion (m)	Tiempo total de perfoacion	Observaciones
J - 146	3	0:02:46	0:01:08	3.41	0:03:54	cambio de manguera
J - 150	4	0:05:18	0:01:20	3.50	0:06:38	Sistema electrico
J - 144	4	0:05:59	0:01:32	3.41	0:07:31	cambio de manguera
J - 148	4	0:05:14	0:01:16	3.50	0:06:30	Sistema electrico
J - 142	3	0:04:04	0:01:00	3.41	0:05:04	Ajuste de manguera
J - 146	3	0:05:17	0:00:52	3.46	0:06:09	Ajuste de manguera
Jumbo	Nº Taladros de produccion y rimados	Promedio de perforacion (m)	Tiempo total de perfoacion			
J - 146	36	3.41	1:24:20			
J - 150	37	3.50	1:33:34			
J - 144	37	3.41	1:26:27			
J - 148	37	3.50	1:38:12			
J - 142	36	3.41	1:35:59			
J - 146	36	3.46	1:19:39			

Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)

CAPÍTULO III

MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Métodos de la investigación

a) Método general

En forma general, se empleará el método científico, porque el análisis de las variables operacionales de perforación y voladura ayudará a mejorar el avance lineal de la rampa 400, unidad minera San Cristóbal.

b) Método específico

El método específico que se empleó es el método experimental deductivo. Se deduce, que, tras el análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, mejorará el avance lineal de la Rampa 400, unidad minera San Cristóbal.

3.1.2 Alcances de la investigación

a) Tipo de investigación

La investigación es aplicada, porque el objetivo de la investigación es determinar el análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, para mejorar el avance lineal de la Rampa 400, unidad minera San Cristóbal

b) Nivel de investigación

La investigación es descriptiva, porque trata de explicar de qué manera el análisis

de las variables operacionales de perforación y voladura, ayudará a mejorar el avance lineal de la Rampa 400, unidad minera San Cristóbal.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Todas las rampas de la unidad minera San Cristóbal.

3.3.2 Muestra

La Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

En la presente investigación se realizará la recolección de datos en campo, mediante la técnica observacional y procesamiento de datos pasados y actuales, en los trabajos de perforación y voladura subterránea de la Unidad Minera San Cristóbal.

Para la recolección de datos del área de operaciones mina y el área de planeamiento de los trabajos realizados en los tajeos, se usaron informes diarios, informes mensuales y anuales.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- Informes
- Publicaciones
- Tesis
- Planos
- Fichas
- Libros
- Internet
- PC

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, para mejorar el avance lineal de la Rampa 400, unidad minera San Cristóbal

Se evaluaron para identificar y controlar los problemas operativos de perforación y voladura:

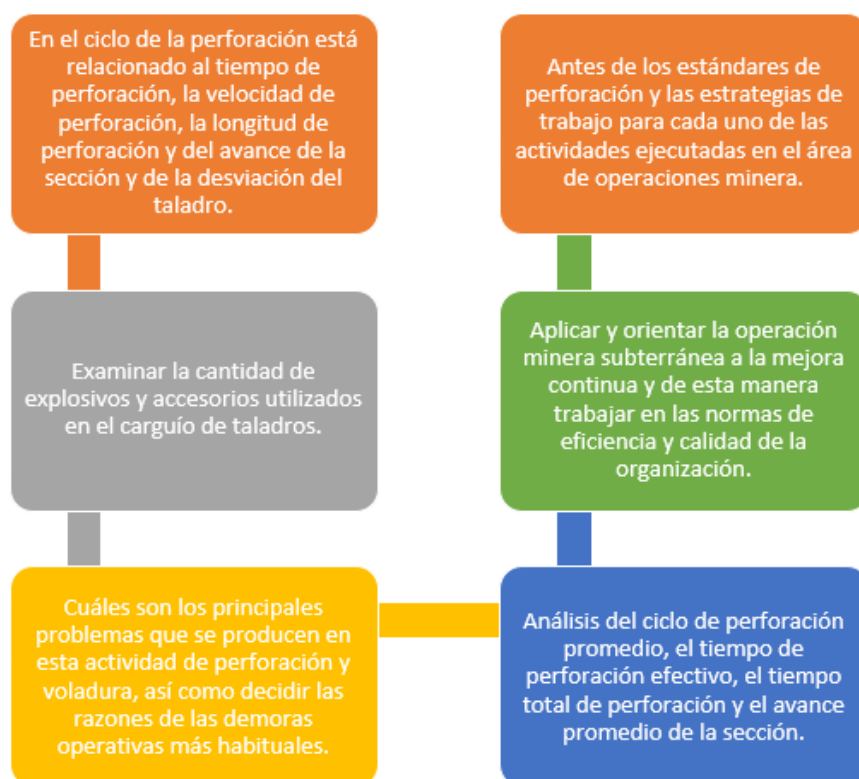


Figura 14. Identificación y control de problemas operacionales de perforación y voladura
Tomada del departamento de Planeamiento - La Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal

4.2 Análisis de las variables operacionales de perforación y voladura para reducir las demoras operativas de la Rampa 400, unidad minera San Cristóbal

4.1.1 Identificación de las demoras operativas de los tiempos de la perforación de frentes

La concentración del tiempo es uno de los parámetros más importantes en las operaciones mineras y se enfoca en mejorar y desarrollar aún más la eficiencia de la producción diaria de la unidad minera americana que espera lograr la producción a un costo mínimo. Antes, durante y después de la guardia se observan equipos y personal de trabajo.

Se obtuvieron las siguientes tablas de comparación de tiempos de los informes de la mina:

a) Comparación de duración de charla seguridad

Tabla 7. Promedio de la duración de charla seguridad

Comparación de duración de charla seguridad	
Acción	Duración
Charla de seguridad al personal	00:15:00

- Deficiencias en la demora la charla de seguridad**

La charla de seguridad, también conocida como inducción de 5 minutos, se retrasa debido a que los empleados no prestan atención al momento de exponerla, lo que provoca un desorden que permite discusiones sobre valores, comportamiento y normas de convivencia.

Es importante que los empleados sean conscientes de los conceptos de valores, comportamiento y comportamiento. La charla de seguridad debe centrarse en la seguridad.

b) Comparación de duración de reparto de guardia

Tabla 8. Promedio de la duración de reparto de guardia

Comparación de duración de reparto de guardia	
Acción	Duración
Reparto de guardia	00:45:00

- **Deficiencias en la demora en el reparto de guardia:**

El reparto de guardias se retrasa debido a que los empleados no están atentos al momento de ser designados, lo que resulta que, al finalizar el reparto, el jefe de guardia debe recurrir nuevamente a los trabajadores.

Es importante que se practique la retroalimentación y que el reparto de guardia sea claro y preciso.

c) Comparación de duración de traslados de personal hasta su labor

Tabla 9. Promedio de la duración de charla seguridad

Comparación de duración de traslados de personal hasta su labor	
Acción	Duración
La Rampa 400, Nivel 82, Unidad Minera San Cristóbal.	00:56:00

- **Deficiencias en la demora en el traslado de personal hasta su labor.**

El retraso en el traslado del personal se debe principalmente a la distancia que hay entre su área de reparto de guardia y su lugar de trabajo, ya que se lleva a cabo a pie. Además, hay retrasos debido a que su equipo (jumbo) está en otro nivel y trabajando en una perforación.

Se debe dar prioridad al traslado de los empleados que están más lejos de su lugar de trabajo mediante el uso de una camioneta. Cada nivel debe tener un lugar específico para estacionar o guardar equipos como jumbos, *scoop* y *dumpers*. De esta manera, se evitan los traslados desde su nivel de trabajo a su zona de reparto de guardia, que normal mente se encuentra en las zonas

intermedias y bajas. Ahorra combustibles, horas de trabajo de la máquina y llantas.

d) Análisis de la mejora de los tiempos de generales del personal

Para un mejor control se evaluó 7 ítems fundamentales como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 10. Clasificación de tiempos generales de los trabajos del personal

Nº	Clasificación de tiempos generales del personal	Guardia día	Guardia Noche
1	Entrada de personal	00:20:00	00:20:00
2	Inducción de seguridad	00:30:00	00:30:00
3	Reparto de guardia	00:20:00	00:20:00
4	Refrigerio	01:00:00	00:00:00
5	Horas netas de trabajo del personal obrero	08:50:00	07:50:00
6	Salida del personal	01:00:00	01:00:00
7	horas programadas por día	12:00:00	10:00:00

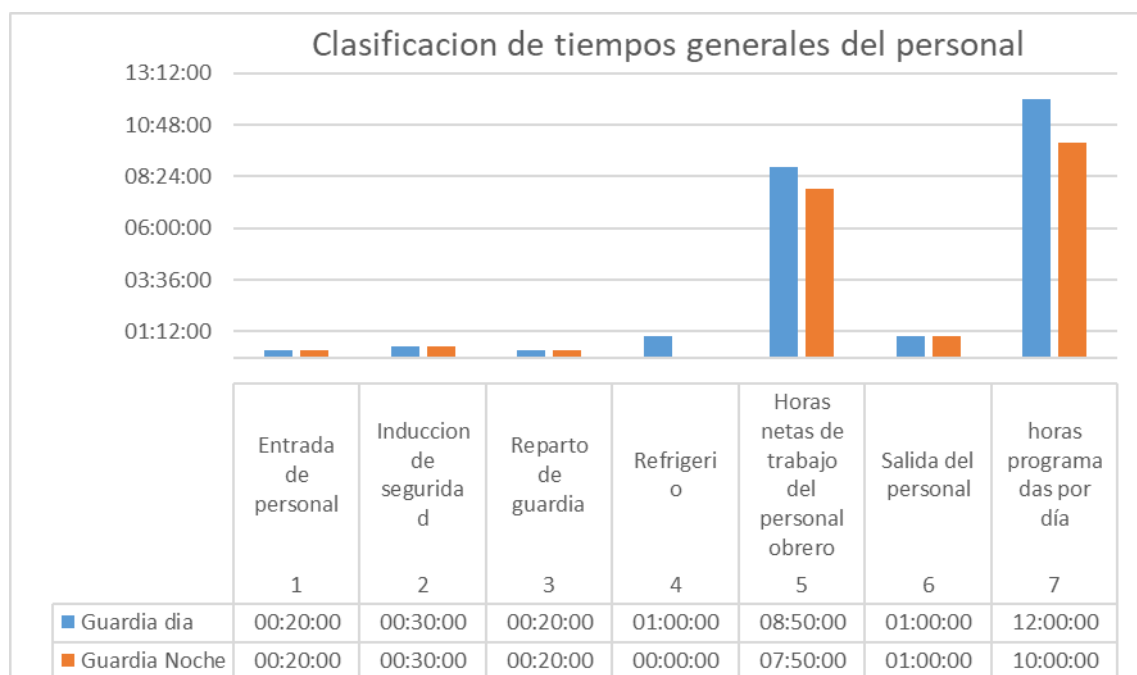


Figura 15. Clasificación de tiempos generales de los trabajos del personal

4.1.2 Control y seguimiento de perforación de frentes

El diseño de la malla de perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, así como las áreas de salida de los taladros cargados en los frentes de avance para

una sección de 4.0 x 4.0 metros con taladros de producción de 51 mm y taladros de alivio de 106 mm.

Debido a esto, es crucial la evaluación del equipo de perforación, el tipo de roca utilizado y el personal encargado de llevar a cabo los trabajos de perforación y voladura.

a) Evaluación situacional de la perforación

El boomer es el equipo de perforación; es un jumbo electrohidráulico de un brazo.

Primero, se tomaron datos de campo y se crearon cálculos promedio generales en función de las horas de trabajo involucradas directa o indirectamente en el antes, durante y después de la operación.

Tabla 11. Parámetros de perforación y tiempo de perforación

DESCRIPCIONES	1	2	3	4	5	PROM
longitud efectiva de perforación promedio en frente (m)	2.8	2.8	2.7	2.8	2.9	2.8
longitud de perforación objetivo (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
eficiencia de perforación (%)	77%	77%	75%	77%	78%	77%
tiempo total de perforación (ciclo + t. maniobra en perforación)	01:32:17	01:47:04	01:35:58	01:37:25	01:48:57	01:40:20
tiempo de rimado (2 taladros ciclo)	00:08:46	00:13:02	00:09:36	00:09:32	00:10:31	00:10:17
productividad en taladros de producción (tal/h)	20.8	17.9	20.0	18.6	17.6	19.0
productividad en taladros de producción (m/h)	62.4	53.8	58.5	55.7	53.7	56.8

Tomada del departamento de Planeamiento- La Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal

➤ **Interpretación:** de la tabla se muestra las deficiencias encontradas:

- La longitud de perforación efectiva en frente es de 2,8 metros.
- La longitud de perforación objetiva es de 3,6 metros
- La eficiencia de perforación es del 77 %.
- La duración total de la perforación, incluido el tiempo muerto, es en promedio de una hora y cuarenta minutos.
- Taladros de producción por hora es en promedio 19.0 tal/h
- Taladros de producción metros hora es en promedio 56.8 m/h

En la siguiente tabla se muestra las horas efectivas de trabajo del equipo por guardia

Tabla 12. Horas efectivas de trabajo del equipo por guardia

demoras operativas	01:28:00
traslado de equipo a la labor	00:10:00
traslado de equipo de labor a labor	00:15:00
instalación de equipo	00:30:00
atascado de brocas + cambio de brocas y rimadora	00:12:00
tapado de talad. De arrastre con carton	00:01:00
desinstalación de equipo	00:20:00
demora mecánica-eléctrica	00:20:00
falla mecánica	00:00:00
inspección diaria de equipos	00:20:00
falla electrica	00:00:00
reparaciones mecánicas del equipo	00:00:00
horas muertas	02:31:15
check list	00:10:00
espera por falta de limpieza en labor	00:30:00
por desatado de rocas (antes y despues del limpiado)	01:00:00
inspeccion de seguridad	00:00:00
limpieza de los arrastres para perforación	00:30:00
pintado de malla	00:15:00
otros	00:06:15
horas efectivas de perforación/guardia	03:38:03

Tomada del departamento de Planeamiento- La Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal

➤ Interpretación:

Las principales desventajas de este equipo son las malas condiciones de trabajo para la limpieza del frente, lo que provoca el desprendimiento de rocas. Se construyen a las horas muertas del día en este caso.

Las horas netas de perforación de 70 taladros de 2.8 metros son de 3 horas y 38 minutos en promedio. En esta situación, las horas muertas aumentan debido a que la contraguía no realiza correctamente los trabajos mineros (desatar correctamente las rocas y limpiar el material en el frente, entre otros) cuando no hay frentes de perforación.

b) Condiciones y causas básicas de la deficiencia de equipos

- Mala gestión del agua, la energía, el aire y la ventilación. Se ha observado que las instalaciones están ubicadas a una distancia de hasta 90 metros durante la vigilancia. La distancia ideal es de veinte metros. Esto causa contratiempos funcionales durante el proceso de formación del equipo. La

falta de ventilación es un factor crucial debido a la contaminación de gases nocivos al comienzo del trabajo, lo que provoca contratiempos.

- Derrames excesivos de agua y aire causados por fugas
- La demora en el marcado de la malla de perforación y la voladura del operador del equipo causa demoras operativas y tiempos muertos, que suelen durar 7 minutos.
- No hay frentes limpios de carga al inicio del turno, lo que causa tiempo muerto porque el equipo espera para limpiar.
- Los operadores no cumplieron con los estándares de malla de perforación y voladura.
- En el transcurso de la semana, el centro de distribución no tenía disponibles los tubos cartuflex de 1 3/4" para los arrastres.
- Se han registrado deficiencias significativas en el sistema de drenaje de agua para trabajos inclinados, lo que ha dificultado la perforación debido a los agrietamientos de roca en la Rampa 400.
- El equipo de perforación tiene una alta frecuencia de fallas mecánicas en los pistones, las mangueras y las barras de perforación.
- No se está proporcionando el apoyo preventivo del equipo de perforación con la regularidad requerida, especialmente cuando el brazo de perforación y las herramientas de perforación se engrasan.
- El equipo no indica si el tanque de combustible está lleno o no, lo que crea contratiempos para el rendimiento del equipo.

c) Mejora de la perforación en frentes de avance

El estudio de tiempos del mencionado equipo se realizó haciendo un seguimiento de una semana en ambas guardias de un solo operador.

Tabla 13. Parámetros de mejora de la perforación y tiempo de perforación

DESCRIPCIONES	1	2	3	4	5	PROM
longitud efectiva de perforación promedio en frente (m)	3.15	3.15	3.15	3.10	3.10	3.13
longitud de perforación objetivo (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
eficiencia de perforación (%)	86%	86%	86%	85%	85%	86%
tiempo total de perforación (ciclo + t. muerto en perforación)	01:39:00	01:21:57	01:09:56	01:25:37	01:25:37	01:24:25
tiempo de rimado (2 taladros ciclo)	00:11:00	00:10:09	00:09:05	00:09:02	00:08:46	00:09:36
productividad en taladros de producción (tal/h)	19.4	23.4	24.0	21.5	22.4	22.2
productividad en taladros de producción (m/h)	68.5	86.3	80.4	71.1	74.5	76.2

Tomada del departamento de Planeamiento- La Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal

➤ **Interpretación:** de la tabla se muestra:

- La longitud promedio de perforación en frente es de 3.13 metros.
- La longitud objetiva de perforación es de 3.6 metros, y la eficiencia de perforación promedio es del 88%.
- La duración total de la perforación, incluido el tiempo muerto, es en promedio de una hora y 24 minutos.
- En promedio, hay 22.2 tal/h de taladros por hora y 76.2 m/h de taladros por hora.

Las horas efectivas de trabajo del equipo por guardia se limitan a los siguientes datos:

Tabla 14. Mejora de las Horas efectivas de trabajo del equipo por guardia

demoras operativas	00:59:34
traslado de equipo a la labor	00:10:00
traslado de equipo de labor a labor	00:10:00
instalación de equipo	00:20:00
atascado de brocas en los taladros	00:03:04
tapado de talad. De arrastre con carton	00:01:30
desinstalación de equipo	00:15:00
demora mecánica -eléctrica	00:20:00
falla mecánica	00:00:00
inspección diaria de equipos	00:20:00
falla electrica	00:00:00
reparaciones mecánicas del equipo	00:00:00
horas muertas	00:20:00
check list	00:10:00
espera por falta de limpieza en labor	00:00:00
por desatado de rocas (antes y despues del limpiado)	01:10:00
inspeccion de seguridad	00:20:00
limpieza de los arrastres para perforación	00:10:00
pintado de malla	00:15:00
no hay labor para peroración (equipo parado)	02:15:00
horas efectivas de perforación/guardia	02:51:17

Tomada del departamento de Planeamiento- La Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal

➤ Interpretación:

En la perforación de frentes se logra el 30% de horas muertas, mientras que en el segundo caso se alcanza el 51%. En el segundo caso, a menudo nos encontramos con problemas para limpiar y/o desatar las rocas en la labor. Sería fantástico reducir las horas muertas con una buena coordinación e información con la contraguardia.

a) Mejora de la demora en la perforación

Las horas netas de perforación con 70 taladros de 3.13 metros son solo 2:51 minutos; en este caso, las horas muertas aumentan porque la contraguardia no realiza correctamente los trabajos de minado (desatado de rocas y limpieza de material). Cuando no hay frentes de perforación, el equipo no funciona.

En la mayoría de los casos, la demora en la operación de un jumbo frontonero se debe a un excesivo traslado debido a la falta de preparación de tareas cercanas o lejanas.

Las demoras en la perforación se deben al tipo de roca, la presencia de fracturas, las condiciones mecánicas del equipo, la presión del agua y la energía eléctrica.

Las condiciones de las brocas también causan retrasos, ya que una broca en buen estado perfora más rápido que una gastada y mal afilada.

Debido a que los tiros de frente deben ser eliminados antes de comenzar la perforación, demoran la perforación.

Uno de los principales obstáculos para la perforación es la presencia de carga en los frentes, ya que normalmente tardan entre una a una y media horas en limpiarse.

4.1.3 Control y seguimiento del carguío de frentes

El trabajo que se ha realizado en el campo es la observación y toma de datos como:

- Identificar los riesgos presentes en el lugar de trabajo.
- Garantizar que el lugar de trabajo esté protegido.
- Verifique que los materiales y equipos utilizados por el personal
- Observa la eficacia del personal.
- Considere las observaciones del personal sobre el trabajo que están realizando.
- Si es posible, ayude a los trabajadores a recibir comentarios sobre sus trabajos en campo para mejorar la comunicación.
- Escriba en el cuaderno de campo toda la información que pueda ser analizada y mejorada, como la cantidad de explosivos, la distribución de la carga, el tiempo de carguío, los problemas que surjan, etc.

a) Distribucion de carga

La distribucion de carga en un frente esm muy importante,depende de la distribucion de los faneles y la cantidad de carga de Anfo por taladro,asi como el confinamiento del Anfo,para que un frente cumpla con el avance programado y la sección,evitando dejar taco y la sobrerotura.

Tabla 15. Distribución de carga explosiva

Taladros	Nº de tal	Nº de Cartuchos	kg Emulnor	Long.De Taco(m)	Kg de ANFO/Tal	Total Kg ANFO
Arranque	3	3	0.81	0.7	4.83	14.48
1ra Ayuda	4	4	1.08	0.9	4.48	17.93
2da Ayuda	4	4	1.08	1	4.31	17.24
3ra Ayuda	4	4	1.08	1	4.31	17.24
Cuadradores	4	4	1.08	1.2	3.96	15.86
Corona	5	5	1.35	1.2	3.96	19.82
Arrastre	5	5	1.35	0.9	4.48	22.41
TOTAL	29	29	7.83			124.98

FACTOR DE AVANCE 39.06 Kg/m

Tomada del departamento de Planeamiento- La Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal

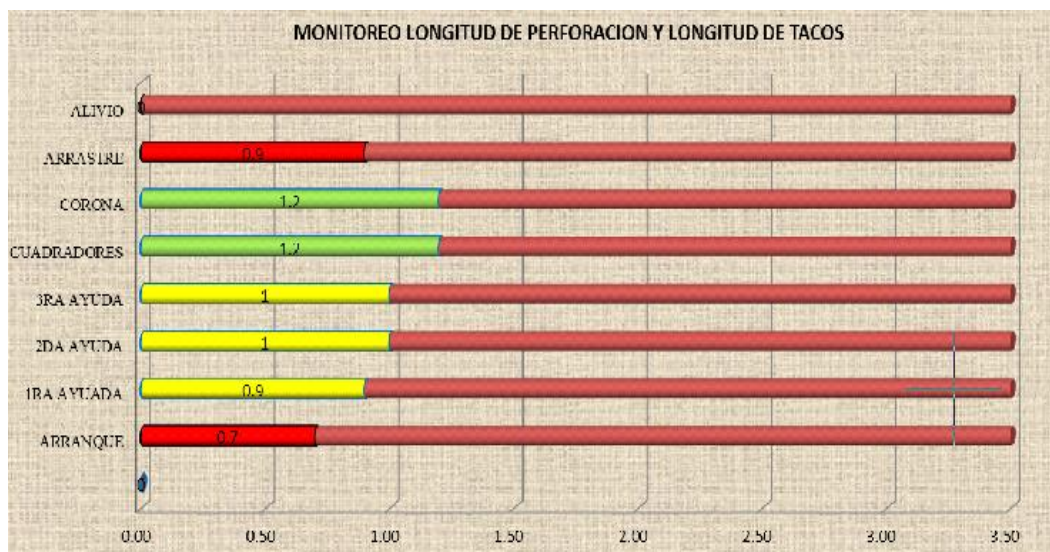


Figura 16. Distribución de carga explosiva

Tomada del departamento de Planeamiento- La Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal

Para el carguío de los frentes los materiales de voladura como son los explosivos, agentes de voladura y accesorios se le hace entrega a cada cargador por frente como muestra la siguiente tabla.

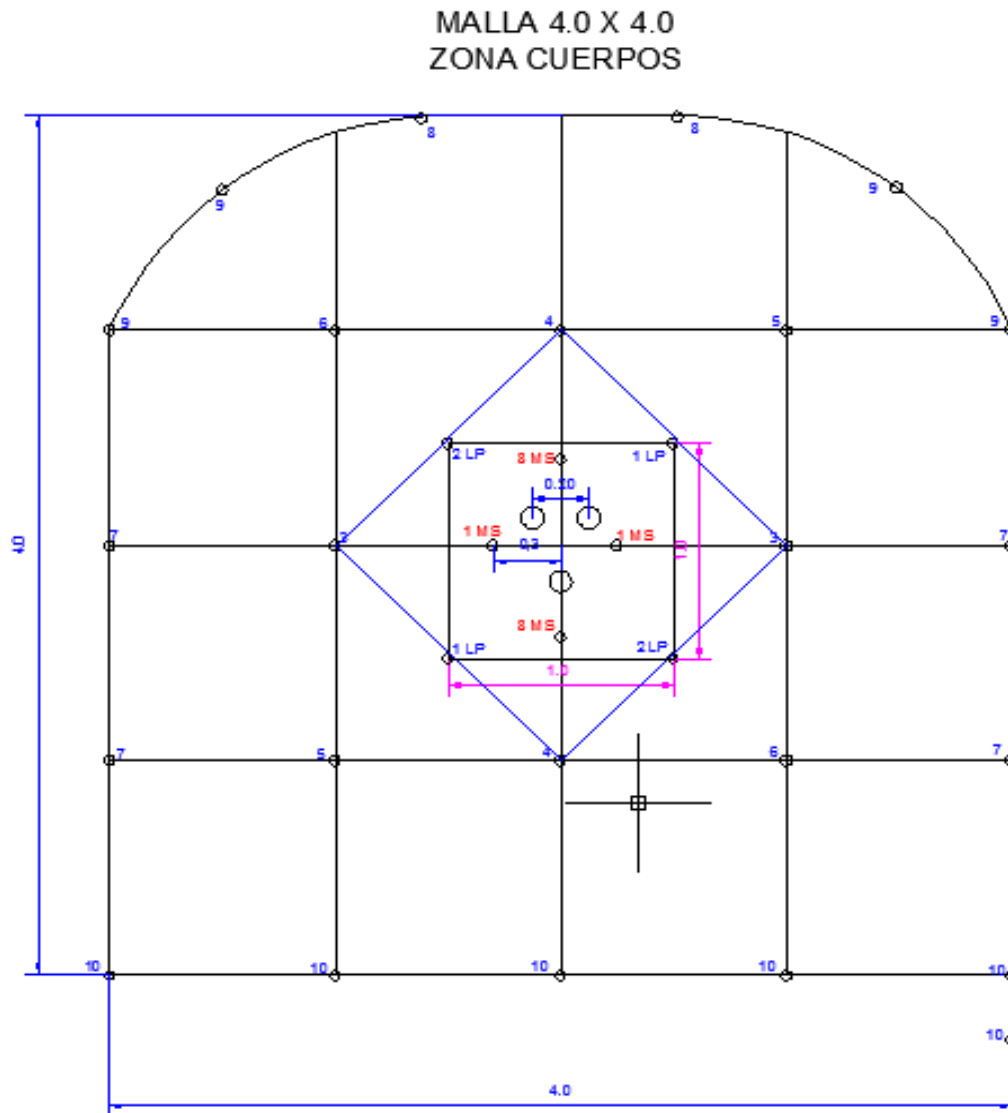


Figura 17. Diseño de la malla de perforación y voladura - Distribucion de faneles
Tomada del departamento de Planeamiento- La Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San
Cristóbal

Las tres áreas del cuerpo fueron sujetas al control de carguío de frentes, lo que se muestra en el cuadro siguiente, que muestra un resumen del carguío de la zona alta y muestra la cantidad precisa de explosivo utilizada por frente.

b) Condiciones y causas durante el carguio

Durante el carguío de los frentes se observaron las siguientes deficiencias.

- Los taladros no cumplen con los estándares de distribución, longitud de taco y cantidad de carga.
- La malla de perforación y voladura es insuficiente porque hay demasiada área para romper entre los taladros de corona y la ayuda de corona, por lo que se tuvo que modificar la malla de perforación, como se puede ver.

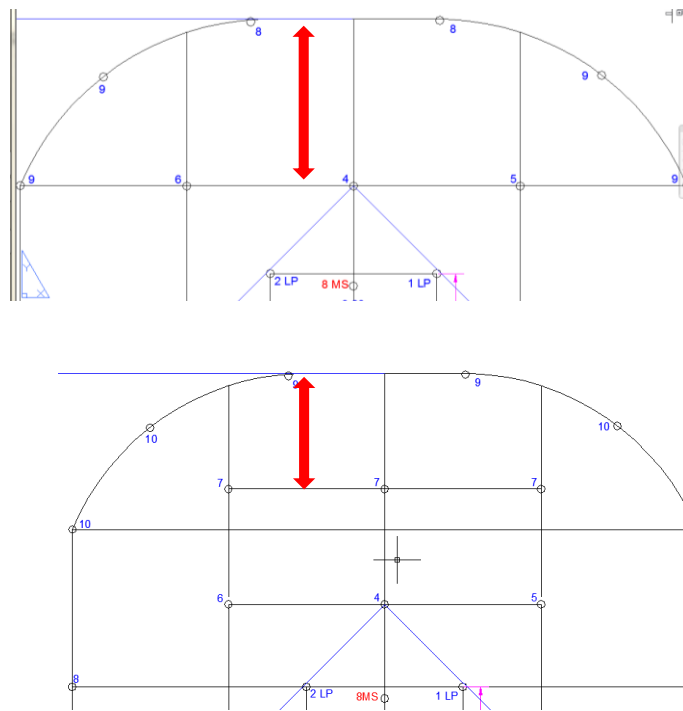


Figura 18. Malla de perforación inadecuada
Tomada del departamento de Planeamiento- La Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal

- Los cargadores no son conscientes del tipo de territorio donde trabajan y no están suficientemente preparados; el carguío se realiza de forma estándar para cada tipo de roca.
- La rápida conclusión del último frente se debe principalmente a la forma en que se llevó a cabo la entrega de accesorios de explosivos, que fue tarde en la zona alta a las 4:00 am.
- Los cargadores tienen retrasos porque es difícil limpiarlos porque no se utilizan tubos cartuflex de 1 3/4' en los arrastres.
- Los cargadores se oponen al uso y disposición de cañas para el disparo controlado en la corona y los picos.
- Se observó una simetría irregular, lo que indica una interacción deficiente entre el explosivo y la roca.

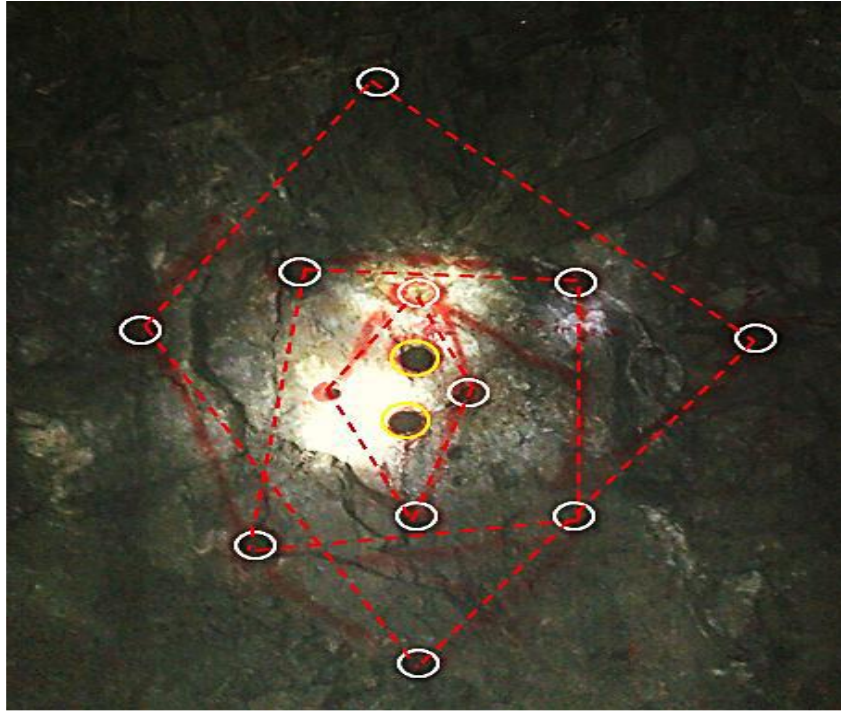


Figura 19. Malla de perforación asimetría del arranque
Tomada del departamento de Planeamiento- La Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal

- El arranque utilizado por los operadores tenía dos taladros rimados, lo que dificultaba la producción de una buena cara libre, lo que resultó en una baja eficiencia en los avances.



Figura 20. Malla de perforación taladros de alivio insuficiente
Tomada del departamento de Planeamiento- La Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal

- Durante la perforación, se observó una falta de paralelismo. Esto se debe al flexionamiento de la barra causado por la falta de grapa y el desgaste de los centralizadores del jumbo J-17.

c) Mejoras de la voladura en el frente de avance

Empleo de voladura controlada o amortiguada:

- El objetivo es reducir la sobrecarga y los costos de mantenimiento después del disparo reduciendo el factor de acoplamiento del borde.
- Usar cargas explosivas lineales de baja energía.
- Según el tipo de roca y el perfil a obtener, perfore con taladros de perforación extremadamente cercanos entre sí.
- Terminar todos los taladros de perforación simultáneamente para crear un plano de grieta o rotura constante.
- Los gases de voladura penetran en esta grieta con un impacto de cuña.
- Esta grieta se extiende de taladro a taladro hasta que el plano de grieta se cizalla.
- Para lograrlo, dos cargas cercanas se terminan constantemente, lo que provoca una rotura por deformación que determina el plano de corte. En el impacto controlado, se debe prescindir de la rotura exterior para lograr una rotura planar.

d) Ventajas y desventajas de una voladura controlada

▪ Ventajas

Proporciona superficies de roca lisas y estables, lo que reduce la vibración y el agrietamiento de la roca remanente.

Es una alternativa para explotar estructuras débiles e inestables y reduce el riesgo de caídas de rocas.

▪ Desventajas

Costo más alto que la voladura tradicional debido al mayor tiempo de preparación en el proceso de perforación y carguío.

Se puede lograr un buen resultado con material detrítico incompetente o deleznable, pero se mantiene más estable.

e) Mejoras en resultados de una voladura controlada

- Los resultados son muy satisfactorios, y las cañas son valoradas en un 95 %.
- La estabilidad del techo es buena.



Figura 21. Malla de perforación de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal

- La principal ventaja de este método es que es económico, fácil de realizar y muy efectivo. No hay tacos, como se puede visualizar en la siguiente figura.



Figura 22. Cañas al 95 % de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal

4.3 Análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, para reducir el costo de avance lineal de la rampa 400, unidad minera San Cristóbal

4.3.1 Análisis de la perforación y voladura del estado situacional anterior

La eficiencia obtenida después de la perforación y la voladura es del 83 %, lo que resulta en un aumento en los costos. Esto se refleja en los parámetros técnicos del estado situacional de la perforación y la voladura.

Tabla 16. Parámetros técnicos de la perforación y voladura del estado situacional anterior

RAMPA 4.0 m x 4.0 m					
Perforación con Jumbo - Limpieza con Scooptram 5yd3					
Datos Técnicos:					
Tipo de roca:	mala		Efic.Perf.	77%	
Ancho Labor:	4.0	m	Efic.Disp.	80%	
Alto Labor:	4.0	m	Long. Carga	1.88	m
Long. Barra (pie)	12.0	pie	Avanc.Efect.	2.25	m
NºTal. Frente	32	tal	m³ / Disp.	36.05	m3
NºTal. Cargados	29.0	tal	Longitud de avance de perforación	2.82	mts
Factor de carga:	38.0	Kg/m	kilogramos/ taladro	2.46	
kg explosivo	71.3	Kg			

➤ **Interpretación:**

Después de obtener los parámetros de perforación y voladura, se encontró que la eficiencia de perforación y voladura es del 83 %, lo que resulta en deficiencias operativas y pérdidas financieras.

La estructura de costos para la situación anterior de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 17. Costos de la mano de obra de la perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional anterior

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total S/.	Total
				S/./Unid	S/.	S/./MET.
1.1 Mano de Obra						504.15
Capataz	tarea	0.2	0.932	191.06	35.62	
Bodeguero	tarea	0.2	0.932	135.26	25.21	
Mecánico	tarea	0.4	1.864	212.94	158.78	
electricista Equipos	tarea	0.25	1.165	202.00	58.84	
Operador Jumbo	tarea	1.30	100%	202.00	262.60	
Ayudante Jumbo	tarea	1.30	100%	144.02	187.22	
Operador Scoop	tarea	1.30	50%	191.06	124.19	
Maestro Perforista	tarea	1.30	70%	144.02	131.05	
Ayudante	tarea	1.30	70%	135.26	123.09	
Ayudante de servicios	tarea	1.30	17%	135.26	29.31	

Tabla 18. Costos de los aceros de perforación de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional anterior

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total S/.	Total
				S/./Unid	S/.	S/./MET.
1.2 Aceros de perforación						113.66
Aceite de Perforación	Gln	0.33	100%	21.91	7.23	
Barras de Perforación	pp	295.68	100%	0.22	64.06	
Brocas de perforación 51 mm	pp	295.68	100%	0.35	104.82	
Rimadora	pp	27.72	100%	1.50	41.65	
Shank adapter	pp	295.68	100%	0.09	27.75	
Copas de afilado	pp	295.68	100%	0.04	10.57	

Tabla 19. Costos de las herramientas utilizadas en la perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional anterior

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total S/.	Total
				S/./Unid	S/.	S/./MET.
1.3 Herramientas						17.54
Lampa	pieza	2.00	100%	0.53	1.06	
Pico	pieza	2.00	100%	0.59	1.18	
Combo 6 Lbs	pieza	1.00	100%	0.39	0.39	
Llave Stilson de 8"	pieza	1.00	100%	0.27	0.27	
LLave Francesa 8"	pieza	1.00	100%	0.24	0.24	
Maquina Ban Dit	pieza	1.00	100%	1.81	1.81	
Cinta Ban Dit 1/2	rollo	1.00	100%	1.93	1.93	
Cinta Ban Dit 3/8	rollo	1.00	100%	1.63	1.63	
Barretilla de 4'	pieza	1.00	100%	0.99	0.99	
Barretilla de 6'	pieza	1.00	100%	1.17	1.17	
Barretilla de 8'	pieza	1.00	100%	1.30	1.30	
Barretilla de 10'	pieza	1.00	100%	1.43	1.43	
Barretilla de 12'	pieza	1.00	100%	1.43	1.43	
Tubo PVC 1 1/2 x 3.00 Mts.	uni	3.00	100%	3.60	10.80	
Disco de jebe	pieza	1.00	100%	0.20	0.20	
Taco de Arcilla	pieza	29.00	100%	0.20	5.80	
Ocre Polvo Rojo	kg	0.17	100%	10.00	1.67	
Escaleras telescópicas	pieza	1.00	100%	5.59	5.59	
Arco de sierra + hoja	pieza	1.00	100%	0.65	0.65	

Tabla 20. Costos de los implementos de seguridad en la perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional anterior

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total S/.	Total
				S/./Unid	S/.	S/./MET.
1.4 Implementos de Seguridad						25.43
Tareas sin ropa de agua	tareas	3.90	100%	8.59	33.51	
Tareas con ropa de agua	tareas	2.60	100%	9.15	23.79	

Tabla 21. Costos de los equipos en operación en la perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional anterior

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total S/.	Total
				S/./Unid	S/.	S/./MET.
1.5 Equipos en Operación						540.89
Jumbo 01 Brazo	Hm	2.82	100%	236.48	666.87	
Scooptram Sandvick	Hm	2.80	100%	197.07	551.79	

Tabla 22. Costos los explosivos y accesorios de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional anterior

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total S/.	Total
				S/./Unid	S/.	S/./MET.
(B) UTILIDAD	7.0%					84.12
(C) Explosivos y Acc. Voladura						253.31
Dinamita Semexa 65% 1 1/4" x 8"	kg	71.35	100%	6.24	444.92	
Fanel	und	29.00	100%	3.34	96.80	
Mecha rapida	m	2.00	100%	1.06	2.13	
Cordon detonante	m	25.00	100%	1.08	26.88	
(D) Combustible						79.99
Petroleo Jumbo	Gln	4.23	100%	11.68	49.41	
Petroleo Scoop	Gln	11.20	100%	11.68	130.82	

- **Interpretación:** El metro de avance lineal cuesta S/1365.78 nuevos soles por unidad valorizada.
- El costo de los trabajadores es de 504.15 nuevos soles.
 - El costo de los aceros para perforar es de 113.66 nuevos soles, que incluye las herramientas de perforación, las brocas cónicas y las perdidas por metro perforado después de las voladuras secundarias.
 - El costo de las herramientas es de 17.54 nuevos soles.
 - El costo de los implementos de seguridad es de 25.43 nuevos soles.
 - El costo del equipo de operación es de 540.89 nuevos soles.
 - El costo de los explosivos y accesorios de voladura tienen un costo de 253.31 nuevos soles.
 - El costo del combustible es de 79.99 nuevos soles.

4.3.2 Análisis de la perforación y voladura del estado situacional óptimo

Los trabajos de perforación y voladura se pudieron realizar de manera eficiente gracias a la identificación y control de la perforación y voladura, alcanzando un 87 % de eficiencia.

Tabla 23. Parámetros técnicos de la perforación y voladura del estado situacional óptimo

RAMPA 4.0 m x 4.0 m						
Perforación con Jumbo - Limpieza con Scooptram 5yd3						
Datos Técnicos:						
Tipo de roca:	Dura					
Ancho Labor:	4.0	m	Efic.Perf.	86%		
Alto Labor:	4.0	m	Efic.Disp.	87%		
Long. Barra (pie)	12.0	pie	Long. Carga	2.10	m	
NºTal. Frente	32	tal	Avanc.Efect.	2.74	m	
NºTal. Cargados	29.0	tal	m³ / Disp.	43.79	m³	
Factor de carga:	38.0	Kg/m	Longitud de avance de perforación	3.15	mts	
kg explosivo	79.7	Kg	kilogramos/ taladro	2.75		

➤ Interpretación:

Después de lograr los índices de perforación y voladura, se logró una eficiencia del 87% mediante la mejora de las fallas operativas, lo que resulta en pérdidas económicas.

La estructura de costos de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, en situación óptima, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 24. Costos de la mano de obra de la perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional óptimo

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	NCIDENCIA	P.U. S/. / Unid	Total S/. S/.	Total S/. /MET.
1.1 Mano de Obra						397.10
Capataz	tarea	0.2	0.767	191.06	29.32	
Bodeguero	tarea	0.2	0.767	135.26	20.76	
Mecánico	tarea	0.4	1.535	212.94	130.72	
electricista Equipos	tarea	0.25	0.959	202.00	48.44	
Operador Jumbo	tarea	1.30	100%	202.00	262.60	
Ayudante Jumbo	tarea	1.30	100%	144.02	187.22	
Operador Scoop	tarea	1.30	50%	191.06	124.19	
Maestro Perforista	tarea	1.30	70%	144.02	131.05	
Ayudante	tarea	1.30	70%	135.26	123.09	
Ayudante de servicios	tarea	1.30	17%	135.26	29.31	

Tabla 25. Costos de los aceros de perforación de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional óptimo

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total S/.	Total
				S/./Unid	S/.	S/./MET.
1.2 Aceros de perforación						104.21
Aceite de Perforación	Gln	0.33	100%	21.91	7.23	
Barras de Perforación	pp	330.24	100%	0.22	71.55	
Brocas de perforación 51 mm	pp	330.24	100%	0.35	117.07	
Rimadora	pp	30.96	100%	1.50	46.52	
Shank adapter	pp	330.24	100%	0.09	30.99	
Copas de afilado	pp	330.24	100%	0.04	11.81	

Tabla 26. Costos de las herramientas utilizadas en la perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional óptimo

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total S/.	Total
				S/./Unid	S/.	S/./MET.
1.3 Herramientas						16.39
Lampa	pieza	2.00	100%	0.53	1.06	
Pico	pieza	2.00	100%	0.59	1.18	
Combo 6 Lbs	pieza	1.00	100%	0.39	0.39	
Llave Stilson de 8"	pieza	1.00	100%	0.27	0.27	
LLave Francesa 8"	pieza	1.00	100%	0.24	0.24	
Maquina Ban Dit	pieza	1.00	100%	1.81	1.81	
Cinta Ban Dit 1/2	rollo	1.00	100%	1.93	1.93	
Cinta Ban Dit 3/8	rollo	1.00	100%	1.63	1.63	
Barretilla de 4'	pieza	1.00	100%	0.99	0.99	
Barretilla de 6'	pieza	1.00	100%	1.17	1.17	
Barretilla de 8'	pieza	1.00	100%	1.30	1.30	
Barretilla de 10'	pieza	1.00	100%	1.43	1.43	
Barretilla de 12'	pieza	1.00	100%	1.43	1.43	
Tubo PVC 1 1/2 x 3.00 Mts.	uni	3.00	100%	3.60	10.80	
Disco de jebe	pieza	1.00	100%	0.20	0.20	
Taco de Arcilla	pieza	29.00	100%	0.20	5.80	
Ocre Polvo Rojo	kg	0.17	100%	10.00	1.67	
Escaleras telescópicas	pieza	1.00	100%	5.59	5.59	
Arco de sierra + hoja	pieza	1.00	100%	0.65	0.65	
Manguera tipo boa de 4" Φ	ml	1.00	10%	53.30	5.33	

Tabla 27. Costos de los implementos de seguridad en la perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional óptimo

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total S/.	Total
				S/./Unid	S/.	S/./MET.
1.4 Implementos de Seguridad						20.94
Tareas sin ropa de agua	tareas	3.90	100%	8.59	33.51	
Tareas con ropa de agua	tareas	2.60	100%	9.15	23.79	

Tabla 28. Costos de los equipos en operación en la perforación y voladura de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional óptimo

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total S/.	Total
				S/./Unid	S/.	S/./MET.
1.5 Equipos en Operación						445.32
Jumbo 01 Brazo	Hm	2.82	100%	236.48	666.87	
Scooptram Sandvick	Hm	2.80	100%	197.07	551.79	

Tabla 29. Costos los explosivos y accesorios de la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal, situacional óptimo

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total S/.	Total
				S/./Unid	S/.	S/./MET.
(B) UTILIDAD	10.0%					98.39
(C) Explosivos y Acc. Voladura						227.56
Dinamita Semexa 65% 1 1/4" x 8"	kg	79.69	100%	6.24	496.93	
Fanel	und	29.00	100%	3.34	96.80	
Mecha rapida	m	2.00	100%	1.06	2.13	
Cordon detonante	m	25.00	100%	1.08	26.88	
(D) Combustible						65.86
Petroleo Jumbo	Gln	4.23	100%	11.68	49.41	
Petroleo Scoop	Gln	11.20	100%	11.68	130.82	

➤ **Interpretación:** El metro de avance lineal cuesta S/1148.20 nuevos soles por unidad valorizada.

- El costo de los trabajadores es de 397.10 nuevos soles.
- El costo de los aceros para perforar es de 104.21 nuevos soles, que incluye las herramientas de perforación, las brocas cónicas y las perdidas por metro perforado después de las voladuras secundarias.
- El costo de las herramientas es de 16.39 nuevos soles.
- El costo de los implementos de seguridad es de 20.34 nuevos soles.
- El costo del equipo de operación es de 445.32 nuevos soles.
- El costo de los explosivos y accesorios de voladura tienen un costo de 227.56 nuevos soles.
- El costo del combustible es de 65.86 nuevos soles.

Gracias a las optimizaciones se tuvo una reducción del costo total por unidad valorizada en función al metro de avance lineal en 217.58 nuevos soles.

CONCLUSIONES

1. Se detectaron deficiencias en los siguientes aspectos durante la evaluación del control de tiempos de perforación de frentes: la charla de seguridad generalmente demora 15 minutos debido a la falta de atención; el reparto de guardia generalmente demora 45 minutos debido a que no están atentos al momento de designarse las labores, lo que resulta en que el jefe de guardia se traslada a la Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal; debido a que los equipos jumbos, *scooptram* y *dumpers* están en otro nivel, debido a malas coordinaciones operativas, generalmente demora 56 minutos.
2. Después de resolver estas deficiencias, se produjeron mejoras en los tiempos generados por el personal, las cuales se evaluaron en lo siguiente: la entrada del personal se mejoró en 20 minutos, la inducción de seguridad se mejoró en 30 minutos, el reparto de guardia se mejoró en 20 minutos, se estableció el tiempo de refrigeración en 60 minutos solo para el día de guardia, las horas netas de trabajo del personal obrero se mejoraron en 8 horas 50 minutos y la salida del personal se mejoró en 60 minutos. En cuanto a la evaluación situacional de la perforación de la Rampa 400, Nivel 82, se tuvo los siguientes parámetros de perforación: la longitud efectiva de perforación en frente es en promedio 2.8 metros, la eficiencia de perforación es en promedio el 77 %, el tiempo total de perforación más tiempo muerto es en promedio de 1 horas con 40 minutos, los taladros de producción por hora es en promedio 19.0 tal/h y los taladros de producción metros hora es en promedio 56.8 m/h, una vez corregida las deficiencias en la mejora de los controles se tuvo los siguientes resultados: la longitud efectiva de perforación en frente es en promedio 3.13 metros, la eficiencia de perforación es en promedio el 88 %, el tiempo total de perforación más tiempo muerto es en promedio de 1 horas con 24 minutos, los taladros de producción por hora es en promedio 22.2 tal/h y los taladros de producción metros hora es en promedio 76.2 m/h.
3. Sobre el estudio situacional, el disparo realizado en la Rampa 400, Nivel 82, de la unidad minera San Cristóbal se presentaron las siguientes deficiencias:

incumplimiento de las normas de distribución, la longitud del taco y la cantidad de carga en los taladros, una malla de perforación insuficiente porque hay demasiado cuerpo entre los taladros de la corona y la ayuda de la corona. Después del control de la voladura, se obtuvieron resultados muy satisfactorios en la mejora. Las cañas se pueden apreciar al 95 % después de la voladura, el techo tiene una buena estabilidad y no hay sobre rotura en la corona ni en los hastiales.

4. Las deficiencias en la perforación y voladura causaron una eficiencia del 77 %, lo que resultó en un aumento en el costo de la perforación y voladura en 1365.78 nuevos soles. Después de eliminar estas deficiencias, se pudo reducir el costo total en 1148.20 nuevos soles y reducir el costo en 217.58 nuevos soles por disparo.

RECOMENDACIONES

1. Se deben llevar un mejor control de los aceros y barras de perforación, se deben cambiar a tiempo para no ocasionar la rotura de estas en plena perforación, evitando la pérdida de estos así mismo en el momento de realizar el carguío de dichos taladros no se realicen de la mejor manera.
2. Se deben dejar los frentes bien limpios para que los jumbos no pierdan mucho tiempo a la hora de iniciar la perforación, también evitar mover distancias largas en una guardia, ya que estos pueden llegar a perforar hasta 3 frentes en una guardia.
3. En caso de fallas en los frentes evitar a perforación de los 14 pies, ya que el disparo no sale completo; se puede perforar hasta 10 pies como máximo y realizar un carguío con mayor cuidado.
4. En el carguío de taladros de producción mayores de 10 metros se puede usar más de 1 cebos debidamente espaciados cada 5 o 6 metros sean en taladros positivos o negativos; del mismo modo en taladros negativos se puede hacer uso de tacos, para un mejor resultado en la voladura y en la granulometría.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. OTRILLA, Gofrey y ROMERO, José. Mejora en los parámetros de perforación y voladura para optimizar costos operacionales en la Compañía Minera Santa Luisa S.A. - Unidad Pallca. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cajamarca : Universidad Privada del Norte, 2018.
2. LOPEZ, Alan. Diseño de estándares de perforación y voladura de rocas, para normalizar la fragmentación del material resultante de la construcción de la Rampa Positiva 050 de la mina Arequipa M – CIA Minera AC agregados S.A.C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huaraz : Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2019, 105 pp.
3. BERROSPI, Víctor. 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 (Título de Ingeniero de Minas). Cerro de Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2019.
4. REYES, Poul. Reducción de costos operativos por medio del control de indicadores en el proceso de perforación y voladura en Minera Yanaquihua S.A.C. – Estudio de caso. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).. Arequipa : Universidad Tecnológica del Perú, 2019.
5. ROJAS, Percy. Optimización de la operación unitaria de perforación y voladura mediante el uso de indicadores claves de rendimiento en la Compañía Minera Arco de Oro S.A.C - Huarochirí - Lima - 2020. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2021.
6. DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y PLANEAMIENTO DE LA UEA YAULI. *Informe de estudio de las reservas y recursos minerales*. Yauli - Oroya : Unidad Minera San Cristobal, 2020.

7. DEPARTAMENTO DEL AREA DE PLANEAMIENTO. *Informe de estudio de los metodos explotacion* . Yauli - Oroya : Unidad Minera San Cristobal, 2022.
8. LOPEZ JIMENO y otros. *Manual de perforación y voladura*. España : Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 2003.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

Análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, para mejorar el avance lineal de la Rampa 400, unidad minera San Cristobal

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
¿De qué manera influirá el análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, para mejorar el avance lineal de la rampa 400, Unidad Minera San Cristóbal?	Realizar el análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, para mejorar el avance lineal de la rampa 400, Unidad Minera San Cristóbal.	El análisis de las variables operacionales de perforación y voladura es factible y viable, para mejorar el avance lineal de la rampa 400, Unidad Minera San Cristóbal.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas
¿De qué manera influirá el análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, para reducir las demoras operativas de la rampa 400, Unidad Minera San Cristóbal?	Realizar el análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, para reducir las demoras operativas de la rampa 400, Unidad Minera San Cristóbal.	El análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, es factible y viable, para reducir las demoras operativas de la rampa 400, Unidad Minera San Cristóbal.
¿De qué manera influirá el análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, para reducir el costo de avance lineal de la rampa 400, Unidad Minera San Cristóbal?	Realizar el análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, para reducir el costo de avance lineal de la rampa 400, Unidad Minera San Cristóbal.	El análisis de las variables operacionales de perforación y voladura, es factible y viable, para reducir el costo de avance lineal de la rampa 400, Unidad Minera San Cristóbal.

Anexo 2

**Diseño de malla de perforación y voladura sección de 4.0 m x 4.0 m -
Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal**



Tomada de unidad minera Americana

Anexo 3

Tiempos de la perforación y voladura - Rampa 400, Nivel 82, unidad minera San Cristóbal

	Nº TALADROS	TIEMPO DE PERF.
ARRASTRES	1	0:03:15
ARRASTRES	2	0:02:45
ARRASTRES	3	0:01:52
ARRASTRES	4	0:02:10
ARRASTRES	5	0:01:56
ASTIALES	6	0:03:40
ASTIALES	7	0:02:30
ASTIALES	8	0:02:04
ASTIALES	9	0:02:13
ASTIALES	10	0:01:20
ASTIALES	11	0:01:30
ALZAS	12	0:02:20
ALZAS	13	0:02:15
ALZAS	14	0:02:55
CUADRADORES	15	0:02:12
CUADRADORES	16	0:02:06
CUADRADORES	17	0:02:18
CUADRADORES	18	0:02:11
CUADRADORES	19	0:02:14
CUADRADORES	20	0:02:44
CUADRADORES	21	0:02:16
CUADRADORES	22	0:01:32
AYUDAS	23	0:01:30
AYUDAS	24	0:01:00
AYUDAS	25	0:02:20
AYUDAS	26	0:02:30
ARRANQUE	27	0:02:13
ARRANQUE	28	0:01:50
ARRANQUE	29	0:02:16
ARRANQUE	30	0:02:44
ARRANQUE	31	0:02:41
ARRANQUE	32	0:02:32
ARRANQUE	33	0:02:28
TIEMPO TOTAL DE PERF.		1:14:22
TIEMPO PROMEDIO DE PERF.		0:02:15

CX 212, del Nv. 23

Nº TAL	33
--------	----

FECHA 04/03/2022

HORA DE INICIO 11:30:00 am

HORA FINAL 14:20:00 pm

TIEMPO OPERADO 2:50:00 Hrs

EFF. OPERADOR	53%
---------------	-----

RIMADOR 1	1	0:04:31
RIMADOR 2	2	0:05:30
RIMADOR 3	3	0:05:50
TIEMPO TOTAL		0:15:51
TIEMPO PROMEDIO		0:05:17
TIEMPO NETO DE PERFORACION		1:30:13

Nº TAL RIMADORES	3
------------------	---

Tomada de unidad minera Americana