

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

Calidad de la voladura para una mejora continua en Compañía

Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Brayan Víctor TELADA HUARICANCHA

Asesor:

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA

Cerro de Pasco - Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

Calidad de la voladura para una mejora continua en Compañía

Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA
PRESIDENTE

Mg. Silvestre Fabian BENAVIDES CHAGUA
MIEMBRO

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA
MIEMBRO



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

INFORME DE ORIGINALIDAD N°031-JUIFIM-2024

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

Presentado por:

Bachiller: Brayan Víctor, TELADA HUARICANCHA

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

**CALIDAD DE LA VOLADURA PARA UNA MEJORA CONTINUA EN
COMPAÑÍA MINERA SANTA LUISA – UNIDAD HUANZALA.**

Asesor:

Ing. Julio César, SANTIAGO RIVERA

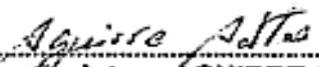
Índice de Similitud: 04%

Calificativo

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 20 de enero 2024


.....
Dr. Agustín Arturo ÁGUIRRE ADAUTO
JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

DEDICATORIA

Lleno de regocijo, de amor y esperanza, dedico esta tesis a mis padres y hermanos, quienes han sido el pilar para seguir adelante en búsqueda de mis objetivos en esta aventura de la vida.

AGRADECIMIENTO

Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta de los pones en frente mío para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras.

Este trabajo de tesis ha sido de gran bendición en todo sentido y agradezco a mis padres, y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ustedes que esta meta esta cumplida.

Gracias por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mi persona.

RESUMEN

La presente tesis que lleva por título: “CALIDAD DE LA VOLADURA PARA UNA MEJORA CONTINUA EN COMPAÑÍA MINERA SANTA LUISA – UNIDAD HUANZALA.”, plantea como objetivo general el de Determinar las condiciones de calidad de los parámetros de la voladura que hacen que no se tenga una eficiente voladura y ver alternativas de solución a plantear en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala. La hipótesis principal fue: Si determinamos las condiciones de calidad de los parámetros de voladura podremos plantear alternativas de solución y obtener una eficiente voladura. Respecto a la metodología, la investigación es de tipo aplicativo, con un nivel descriptivo, y el diseño es no experimental y la técnica utilizada fue la observación, documental, trabajo de campo. Como conclusiones se llegó a lo siguiente:

Durante la realización de la investigación se logró identificar cuatro principales problemas para los cuales se estableció un orden de prioridad en su solución, que viene a ser: Primero: daño al macizo rocoso, Segundo: Incidencia geomecánica de la roca, Tercero: fragmentación, Cuarto: sobre excavación

Las causas identificadas durante la investigación fueron tanto por los materiales, maquinas, metodo empleado, persona. Logrando establecerse 15 causas.

Los resultados obtenidos en la aplicación de la investigación son: Incidentes por caída de rocas se bajó a 58 incidentes el 2022

El nivel de vibraciones se bajó a 11.3 mm/seg. el 2022

El factor de potencia se estableció entre 0.18 a 0.28

El consumo de pernos de sostenimiento fue de 1485 el 2022

Las áreas críticas de la estabilidad de la roca se bajaron a 15 % el 2022

Palabras claves: Calidad, voladura, perforación, mejora continua seguridad.

ABSTRACT

The present thesis, which is titled: “BLASTING QUALITY FOR CONTINUOUS IMPROVEMENT IN COMPAÑÍA MINERA SANTA LUISA – HUANZALA UNIT.”, proposes as a general objective that of determining the quality conditions of the blasting parameters that make it impossible to have an efficient blasting and see alternative solutions to be proposed at the Santa Luisa Mining Company – Huanzala Unit. The main hypothesis was: If we determine the quality conditions of the blasting parameters, we will be able to propose alternative solutions and obtain efficient blasting. Regarding the methodology, the research is of an application type, with a descriptive level, and the design is non-experimental and the technique used was observation, documentary, and field work. The following conclusions were reached:

During the investigation, it was possible to identify four main problems for which an order of priority was established in their solution, which is: First: damage to the rock mass, Second: Geomechanical incidence of the rock, Third: fragmentation, Fourth: about excavation

The causes identified during the investigation were due to the materials, machines, method used, and person. Managing to establish 15 causes.

The results obtained in the application of the research are: Incidents due to falling rocks decreased to 58 incidents in 2022

The vibration level was lowered to 11.3 mm/sec. 2022

The power factor was set between 0.18 to 0.28

The consumption of support bolts was 1485 in 2022

Critical areas of rock stability lowered to 15% in 2022

Keywords: Quality, blasting, drilling, continuous safety improvement.

INTRODUCCIÓN

Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala; es una empresa especializada en labores centradas en explorar, explotar y tratar concentrados de mineral con contenido de zinc y plata.

Con la finalidad de alcanzar los objetivos de su política centrada en la mejora continua de su la totalidad de sus operaciones la empresa encarga a la división de mina realizar un estudio que pueda abordar la problemática que presenta el cuerpo de rocas en la perforación y voladura. Para lo cual se buscan asegurar los estándares de calidad total y una mejora continua con el objetivo de poder identificar los problemas de las operaciones unitarias de perforación y voladura, para poder reconocer y evaluar sus causas, para luego plantear recomendaciones y una posible solución que tenga como consecuencia alcanzar rendimientos eficientes en cuanto a la perforación y voladura en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala.

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

El capítulo I trata sobre el planteamiento del problema para poder ver las condiciones de calidad en los parámetros de la voladura y sus alternativas de solución, abarcando el planteamiento del problema, Problema General y específicos, Objetivo general y específicos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de las variables. Delimitación de la investigación y limitaciones.

El Capítulo II, se ocupa del Marco Teórico donde analizamos los antecedentes de la investigación sobre parámetros de voladura en las diferentes empresas mineras. Se analizará las diferentes bases teóricas propuestas por autores que mencionamos

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

En el Capítulo IV veremos los resultados sobre los principales problemas, identificación, criterios de selección evaluación y alternativas planteadas

Por último, presentamos las conclusiones y recomendaciones

También se indica las referencias bibliográficas de todos los autores utilizados para esta investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

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

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de estudio	1
2.2	Bases teóricas - científicas	8
2.2.1	Perforación	8
2.2.2	Voladura	16
2.2.3	Mejora continua	21
2.2.4	Herramientas básicas de la calidad	24
2.3	Definición de términos básicos	303
2.4	Formulación de la hipótesis	35
2.4.1	Hipótesis General	35
2.4.2	Hipótesis específicas	36
2.5	Identificación de variables	36
2.5.1	Variables para la hipótesis general	36
2.5.2	Variables para la hipótesis específicas	336
2.6	Definición operacional de variables e indicadores	347

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1	Tipo de investigación.....	358
3.2	Nivel de investigación.....	3538
3.3	Métodos de investigación	39
3.4	Diseño de investigación	39
3.5	Población y muestra.....	369
3.5.1	Población.....	369
3.5.2	Muestra	369

3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	40
3.7	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	40
3.8	Tratamiento estadístico	41
3.9	Orientación ética	41

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Descripción del trabajo de campo	42
4.3	Presentación, análisis e interpretación de resultados	52
4.4	Pruebas de Hipótesis	56
4.7	Discusión de resultados	74

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Aplicaciones de los Jumbos	7
Figura 2 Acciones básicas en la perforación	9
Figura 3 Posicionamiento del equipo de perforacion BOOMER _1D.....	10
Figura 4 Emboquillado correcto del equipo de perforacion BOOMER _1D	11
Figura 5 Avance del equipo de perforacion BOOMER _1D.....	12
Figura 6 Desviación de los taladros en una perforación	13
Figura 7 Mecanismo de rotación del equipo de perforación BOOMER _1D	14
Figura 8 Proceso de perforación de un taladro	14
Figura 9 Barrido de los detritos en la perforación.....	15
Figura 10 Extracción de los detritos	16
Figura 11 Limpieza de los taladros	16
Figura 12 Esquemas de carga para voladura controlada	20
Figura 13 Proceso de mejora continua Ciclo de PHVA	23
Figura 14 Histogramas.....	26
Figura 15 Grafico de Pareto.....	27
Figura 16 Diagrama de causa efecto	28
Figura 17 Estratificación de datos	29
Figura 18 Gráficos de control.....	30
Figura 19 Tipos de pernos	42
Figura 20 Equipo de perforacion Robot vista de perfil.....	43
Figura 21 Parte delantera del equipo Robot.....	43
Figura 22 Equipo Anfotrack.....	44

Figura 23 Carguío de taladros.....	45
Figura 24 Diagrama causa - efecto	49
Figura 25 Incidentes por caída de rocas	57
Figura 26 Velocidad de detonación y diámetro de broca.....	58
Figura 27 Velocidad de detonación y tipo de explosivo	58
Figura 28 Velocidad de detonación y carga operante	59
Figura 29 Factor de potencia	60
Figura 30 Consumo de pernos de sostenimiento	61
Figura 31 Líneas de referencia	62
Figura 32 Línea de referencia en la labor.....	63
Figura 33 Clinómetro	63
Figura 34 Ubicación del Clinómetro en el Jumbo	64
Figura 35 Trabajo a escuadra	64
Figura 36 Uso de escuadra en breasting	65
Figura 37 Formato de evaluación del disparo	65
Figura 38 Tipo de malla para roca IV A, RMR (31-40)	66
Figura 39 Tipo de malla para roca III B, RMR (41-50).....	67
Figura 40 Tipo de malla para roca III A, RMR (51-60).....	68
Figura 41 Uso de explosivos adecuados.....	69
Figura 42 Acoplamiento del explosivo.....	69
Figura 43 Engrasadora manual.....	70
Figura 44 Paneles Geomecánicos	70
Figura 44 Voladura controlada.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Figura Tipos de presión a regular de la perforadora BOOMER _1D.....	10
Tabla 2 Valores comparativos entre voladura convencional y controlada, amplitud del daño a la roca	21
Tabla 3 Operacionalización de variables e indicadores.....	34
Tabla 4 Clasificación de rocas por el sistema RMR	41
Tabla 5 Areas críticas de la estabilidad de la mina.....	41
Tabla 6 Sostenimiento del macizo rocoso	51
Tabla 7 Incidentes por caídas de rocas 2020	46
Tabla 8 Incidentes por caída de rccas 2021	46
Tabla 9 Nivel de vibraciones	47
Tabla 10 Causas del problema	48
Tabla 11 Paradas de producción por causas principales	50
Tabla 12 Principales problemas división mina	51
Tabla 13 Criterios de selección	52
Tabla 14 Evaluación de los problemas.....	52
Tabla 15 Matriz de selección del problema	53
Tabla 16 Soluciones planteadas	54
Tabla 17 Cronograma de implementación	55
Tabla 18 Incidentes caída de rocas 2022.....	56
Tabla 19 Nivel de vibraciones	56
Tabla 20 Seguridad 2022.....	57
Tabla 21 Factor de potencia 2022.....	59

Tabla 22 Consumo de pernos de sostenimiento	60
Tabla 23 Corrección de errores en la perforación y voladura	61

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIONN

1.1. Identificación y determinación del problema

Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala; es una empresa especializada en labores centradas en explorar, explotar y tratar concentrados de mineral con contenido de zinc y plata.

Con la finalidad de alcanzar los objetivos de su política centrada en la mejora continua de su la totalidad de sus operaciones la empresa encarga a la división de mina realizar un estudio que pueda abordar la problemática que presenta en cuerpo de rocas en los cuales se aplicarán las labores vinculadas a la perforación y voladura. Es en el contexto de esta propuesta que se optó por plantear este trabajo de tesis, que se basa en en los procedimientos que buscan asegurar los estándares de calidad total y una mejora continua con el objetivo de poder identificar los problemas de las operaciones unitarias de perforación y voladura, para poder reconocer y evaluar sus causas, para luego plantear recomendaciones y una posible solución que tenga como consecuencia alcanzar rendimientos eficientes en cuanto a la perforación y voladura en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

Se escogió como lugar adecuado para llevar adelante la siguiente investigación el establecimiento operativo de la COMPAÑÍA MINERA SANTA LUISA S.A. UNIDAD HUANZALA. La Unidad Minera Huanzalá perteneciente a la Compañía Santa Luisa S.A., ubicada en la parte norte del Perú en la región de Ancash al norte de la ciudad de Lima y dentro de la provincia de Bolognesi, en la jurisdicción distrital de Huallanca, específicamente a unos 8 kilómetros de distancia en orientación norte oeste de pueblo del mismo nombre.

1.2.2. Delimitación temporal

El tiempo estimado para desarrollar la totalidad este trabajo es del primer semestre del año 2022 entre los meses de enero y julio.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General

¿Qué condiciones de calidad en los parámetros de la voladura hacen que no se tenga una eficiente voladura y que alternativas de solución se puede plantear en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala?

1.3.2. Problema Específicos

1.3.2.1. Problema específico a.

¿Qué causas generan problemas en la calidad de la voladura en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala?

1.3.2.2. Problema específico b.

¿Qué alternativas de solución se puede plantear para poder mejorar la calidad de la voladura en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar las condiciones de calidad de los parámetros de la voladura que hacen que no se tenga una eficiente voladura y ver alternativas de solución a plantear en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala

1.4.2. Objetivos Específicos

1.4.2.1. Objetivo específico a

Determinar las causas que generan problemas en la calidad de la voladura en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala.

1.4.2.2. Objetivo específico b

Determinar que alternativas de solución se puede plantear para poder mejorar la calidad de la voladura en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala

1.5. Justificación de la investigación

Nuestra propuesta de estudio será de suma importancia porque podremos evaluar mediante la mejora continua y un control minucioso, la calidad de la voladura en la mina Huanzala, para lo cual seguiremos todo un proceso de calidad donde identificaremos las posibles causas y posibles soluciones de los problemas de voladura desarrollando un plan de acción de mejora evaluando los avances que se pueden obtener y recomendar su aplicación.

1.6. Limitaciones de la investigación

Durante la elaboración de este trabajo se pueden presentar contratiempos relacionados a su financiación de las distintas etapas. Así mismo, otro tipo de limitación es encontrar el personal con la capacitación adecuada. Así mismo también se pueden presentar limitaciones para acceder a la información actualizada específica. Por último, se contó con el apoyo de la Empresa Minera.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Dentro de los antecedentes relacionados a las variables de la investigación podemos mencionar:

Primer antecedente

En la tesis titulada “OPTIMIZACIÓN DE LA PERFORACIÓN Y VOLADURA DE ROCAS PARA MAXIMIZAR UTILIDADES EN LA MINA PANULCILLO DE MINERA CRUZ LTDA. – 2016” elaborado por (DIAZ OLIVERA, 2017) en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, se presenta como principal objetivo planteado alcanzar una mejoría en cuanto a los parámetros para las operaciones de perforaciones y voladuras para poder aumentar las utilidades en la mina Panulcillo.

Y como conclusión indica:

Se logro obtener mejorar los márgenes de ganancias al disminuir un 2 % el coste de operaciones de perforado y 1.98% el de las brocas.

También se logró mejorar la eficiencia de los equipos de perforación en un 77 %, trabajando en forma continua.

Todas estas mejoras se lograron por la capacitación que se realizó a los trabajadores y la optimización de los servicios auxiliares.

Segundo antecedente:

La tesis “DISEÑO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN MINERÍA CONVENCIONAL PARA MINIMIZAR LOS COSTOS EN EL FRENTE DE LABORES DE DESARROLLO COMPAÑÍA MINERA YANAQUIHUA S.A.C.” presentado por (SAHUINCO, 2019), el objetivo planteado fue el de contar con una nueva malla de perforacion que ayude a tener menos costos en la perforacion y voladura al realizar los avances de frentes.

Como conclusión plantea:

Al aplicar el nuevo diseño de la malla se logró reducir el coste para operaciones de perforacion y voladura que previamente a la mejora fueron altos lo cual se consiguió reducir.

Todas estas mejoras trajeron como consecuencia el aumento del avance por disparo en un 20.17 %, también se logró disminuir la carga explosiva por disparo en un 12.98 %, quedando estandarizado los parámetros de perforacion y voladura.

Tercer antecedente:

Por otra parte, en la tesis “Grado de desempeño de los Parámetros de Voladura, para mejorar la calidad operacional, en la Unidad Minera La Virgen – Huamachuco” de (MUÑOZ, 2022), su objetivo indica la evaluación de los parámetros de la voladura con fines de mejora en la Unidad Minera La Virgen.

Como conclusión nos dice:

Al evaluar la precisión de los parámetros de la perforacion y voladura se obtuvo mejoras significativas en cada parámetro así tenemos: en el taco se mejoró a un 95 % su precisión, la precisión de la perforacion referente a la altura llego a 12 m. significando un 97 %, la densidad del explosivo se estandarizo en 1.13 g/cm³ con una gasificación a los 20 minutos.

Referente a la VOD se llegó a 5305.83 m/s, con una potencia optima y una buena fragmentación. Esta fragmentación se estableció para el P80 en 5.48 pulgadas como mínimo y de 8.44 pulgadas como máximo.

En cuanto a la generación de gases no se tuvo gases nitrosos ni generación de humos.

Cuarto antecedente:

La investigación “Evaluación técnica de la voladura en la compañía minera Corihuarmi” presentado por (SALCEDO, 2020), el objetivo planteado fue el de analizar los parámetros de voladura en la mina Corihuarmi.

Llego a las siguientes conclusiones:

Después de la evaluación se consiguió mejorar los resultados de la perforación y voladura, así tenemos que la fragmentación se redujo en un 40% referente al tamaño del material, llegando a tener en el P80 4 pulgadas como máximo y 2.25 pulgadas como mínimo, la velocidad de detonación usando booster de 1 libra se mejoró significativamente; mejorándose en 1 % al usar anfo, 1.89 % al usar emulnor 5000 y en un 2.89 % al usar emulnor y anfo. El nivel de potencia disminuyo en un 7.9 % en el tajo Susan.

Las vibraciones se hallan dentro de los límites permitidos por las normas, así como también se VOD está en los límites establecidos para una adecuada voladura.

Quinto antecedente:

La tesis “MEJORA EN LOS PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA OPTIMIZAR COSTOS OPERACIONALES EN LA COMPAÑÍA MINERA SANTA LUISA S.A. - UNIDAD PALLCA” de (OTRILLA, ROMERO, 2018), el objetivo de la tesis fue el de tratar de reducir los costos de operación al mejorando los parámetros de perforado y en voladuras en las operaciones mineras Pallca.

Sus conclusiones fueron:

Se consiguió los objetivos planteados mediante el establecimiento de una malla de perforación de 4 m x 3.80 m. con un avance de los frentes de 3.90 m, y un factor de carga de 2.38 kg/m³, lo que significó menos costo y menos uso de explosivos.

También se aplicó controles en la perforación, en el consumo de explosivos, entre otros.

Todo esto trajo consigo un aumento del tonelaje a 34,000 tn, aumentando 5600 tn por semestre.

Sexto antecedente:

La tesis “Optimización de la perforación y voladura para mejorar la zona de profundización en la mina Andaychagua de la Cía. minera Volcán S.A.A” elaborado por (BERROSPI, 2019), cuyo objetivo es alcanzar el avance programado con el uso de emulsiones Quantex Sub al profundizar las labores mineras; como conclusiones arriba a:

Mediante el estudio se logró alcanzar el avance programado con el uso de las emulsiones Quantex Sub, en lo referente a las eficiencias por metro disparado así tenemos en disparos de 14 pies, se tuvo un avance de 3.64 m/disp. Y en el de 12 pies fue de 3.21 metros por disparo alcanzando una eficiencia de 95.5 % por disparo.

Su factor de avance fue de 46.8 kg/m. y el factor de carga de 1.8 kg/m. en cuanto al carguío de los taladros se tiene en promedio 32 min/labor.

Al usar la emulsión se redujo el número de taladros perforados a 44 taladros en secciones de 5 m x 4.5 m.

Al final todo este trabajo trajo un beneficio económico en lo referente a la perforación y voladura, por el avance en los frentes de perforación y la disminución de la cantidad de taladros en cada disparo.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Perforación

Concepto de perforación de rocas

Se trata del procedimiento para horadar un agujero en una determinada superficie rocosa que presenta un determinado grado de dureza. Las labores de perforación se llevan a cabo mediante una maquinaria especializada denominada perforadora la que funciona mediante un golpe continuo y una dinámica de giro repetitivo con lo cual se ejerce presión sobre la superficie hasta fracturarla. Este equipamiento cuenta con distintas capacidades destinadas a trabajar distintos materiales desde los blandos hasta los más duros como los macizos de mineralización.

Perforación con martillo en cabeza

Tenemos:

Perforadoras neumáticas

Este dispositivo funciona mediante el uso de la compresión de aire y entre sus características se encuentran las siguientes:

- Su forma es cilíndrica y debe estar completamente cerrada solo con el espacio suficiente para poder abrir de manera axial una tapa que permita el acceso al espacio donde New ven colocarse las barrenas y donde se sujetarán las varas para perforaciones.
- Cuenta con un pistón cuya función es golpear la culata o vástago por medio de movimientos alternarles, este golpe será transmitido a la varilla de perforación.
- El paso del aire se regula mediante el funcionamiento de una válvula que fija el volumen y de forma alternada distribuyen a las partes posterior y anterior del pistón.

- Su rotación es posible gracias a un mecanismo que puede estar fijado en la barra estirada o puede accionarse independientemente.
- la forma en que se es posible hacer llegar el aire hasta dentro del varillaje es por medio del denominado sistema de barrido.

Perforadoras hidráulicas

Consiste en el funcionamiento de un motor diésel que permite accionar el rotor para que el movimiento producido pueda activar el pisto. De esta manera es posible iniciar el funcionamiento de las bombas para que puedan suministrar el volumen necesario de aceite para un funcionamiento adecuado de todo el dispositivo perforador.

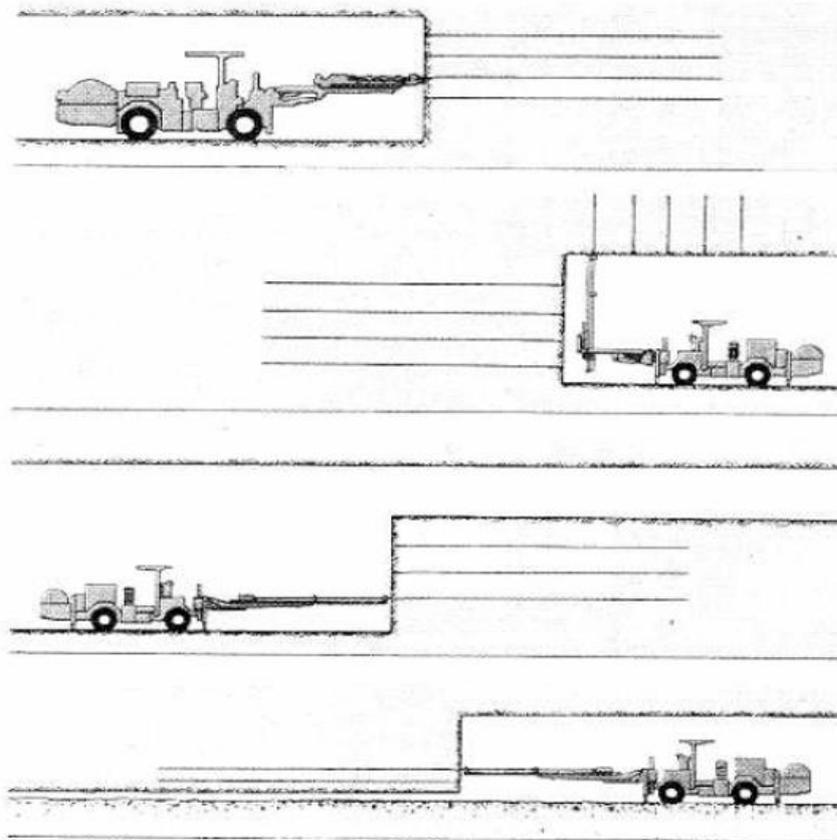
Jumbos

Se trata de los vehículos mineros específicamente desdeñados para llevar sobre ellos el equipamiento necesario para poder realizar perforaciones por medio de los martillos. Entre sus principales actividades operativas tenemos:

- Minería por corte y relleno
- Banqueo con barrenos horizontales
- Bulonaje y perforación transversal.
- Avance de túneles y galerías.

Figura 1

Aplicaciones de los Jumbos



Factores y parámetros de perforación de rocas

Son los parámetros principales que considera el nivel de presión sobre el área atacada y que se deben tener en cuenta antes de cada labor de perforado.

Nivel y orientación de Avance

Rotaciones

Emboquillados

Posicionamientos

Percusión

RPM

Lubricación

Barridos

Anti atasque

Tabla 1

Figura Tipos de presión a regular de la perforadora BOOMER _1D

EQUIPO	BOOMER S-1D
PERFORADORA	COP 1838ME T38
BRAZO	UNICO
TIPO DE PRESION A REGULAR (BAR)	
<i>Presión Bomba principal</i>	<i>230 bar</i>
<i>Presion de rotación Emboquillado</i>	<i>30 bar</i>
<i>Presion de rotación perforación plena</i>	<i>50 bar</i>
<i>Presion de percusión Emboquillado</i>	<i>140 bar</i>
<i>Presion de percusión perforación plena</i>	<i>180 bar</i>
<i>Presion de avance Emboquillado</i>	<i>60 bar</i>
<i>Presion de avance perforación plena.</i>	<i>90 bar</i>
<i>RPM Broca 51mm (Ø)</i>	<i>180</i>
<i>RPM Broca 102mm (Ø)</i>	<i>130</i>
<i>Presión sistema antiatasques</i>	<i>75 bar (+25bar P/rotación)</i>
<i>Presión de agua</i>	<i>12 bar</i>
<i>Presión de aire</i>	<i>4 bar</i>
<i>Lubricación (gotas/minuto)</i>	<i>40 g/m.</i>

Clasificación de los factores que influyen en la perforación

Factores Antes de la Perforación.

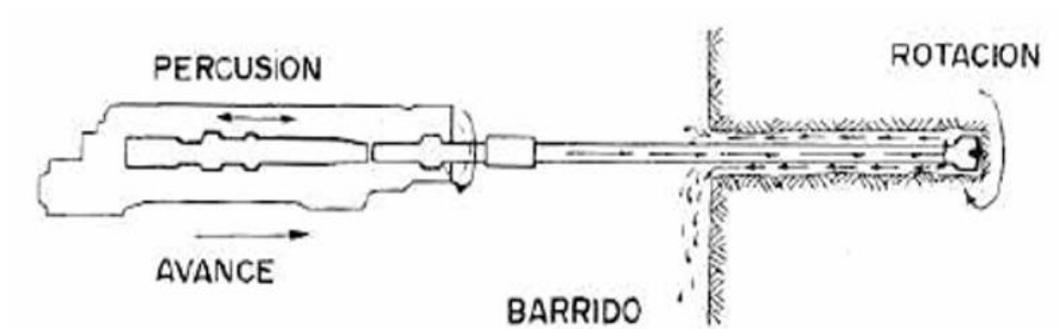
- Posicionamiento.
- Alineación.
- Emboquillado

Durante la Perforación.

- Percusión
- Avance.
- Rotación.
- Barrido.

Figura 2

Acciones básicas en la perforación



Complementos

- Desgaste.
- Desgaste del Carburo Cementado.
- Intervalo de Afilado

Posicionamiento

La disposición adecuada del brazo o deslizadora con el que cuenta el equipamiento debe encontrarse ejerciendo la presión necesaria sobre la pared rocosa mientras dure la totalidad de la labor de perforado.

De esta manera podemos asegurar que el resto de la estructura no se mueva debido a que si se produce algún movimiento este podría tener como consecuencia que el tren de varillas se doble ocasionando una fractura en el equipamiento.

Anticipando estas circunstancias el equipamiento de fabricación contemporánea cuenta con gatas para garantizar una disposición firme y adecuada de manera que estabilice el posicionamiento.

Es determinante alcanzar una adecuada a estabilización en el posicionamiento debido a que será esta disposición la que permita de manera óptima la fuerza de avance y con ello aumentar las velocidades de perforaciones.

Figura 3

Posicionamiento del equipo de perforacion BOOMER _1D



Emboquillado

Este procedimiento consiste en emboquillar el barreno mediante la presión que la broca ejerce contra la roca. Para ello se debe iniciar la labor de perforado un nivel bajo de precisión y de presión de avance.

Además, es conveniente la aplicación de agua o aire para un barrido continuo, la presión de este debe ubicar e por encima de los 5 bar.

En el momento en que la broca logre penetrar en la pared se de subir el nivel de impacto y fuerza de avance por encima de un pie.

En cuanto al ajuste de la deslizadera hay que verificar si se encuentra en la posición adecuada en él momento en que la broca haya iniciado la penetración de modo que se pueda garantizar un avance recto y no alterar la orientación prefijada.

Cuando se realicen perforaciones que no presenten una orientación exacta en paralelo de acuerdo a la deslizadera es posible que se generen roturas por exceso de fatiga en la barra.

Figura 4

Emboquillado correcto del equipo de perforación BOOMER_1D



Percusión

Es determinante poder alcanzar una concordancia entre la fuerza del impacto y el tipo de la pared rocosa de manera que se pueda realizar las labores de la manera con resultados óptimos.

En el caso que el material a perforar sea de consistencia suave y con presencia de fracturas la energía requerida será menor, en este caso se debe optar por usar una percusión con menor presión.

Considerando estos escenarios el equipamiento contemporáneo prevé una regulación automática de la presión de acuerdo al tipo de material trabajado, se trata del sistema anti atasque.

Avance

Para garantizar un desempeño óptimo de las perforaciones es necesario regular la fuerza de avance.

Si no se dispone de la suficiente fuerza se tendrá como consecuencia una penetración de baja velocidad ya que el tren de varillaje no se encuentra ajustado correctamente por sus juntas que no ofrecen la presión necesaria.

Específicamente esta circunstancia hace deficiente que se transmita la carga energética de manera óptima al estar flojas las juntas la perforación no puede aprovechar toda la fuerza por medio de la columna de perforado o el tren de varillas. En estos es común encontrarnos con situaciones en las que el acero presenta gran carga por fatiga que no se corresponde a un avance adecuado.

Por el contrario, una fatiga innecesaria puede producir complicaciones para la labor en general debido a que el calor producido por un mal acoplamiento de las juntas eleva la temperatura de la pared de roca, de los acoplamientos y de las barras lo que resulta contraproducente con la regulación térmica aplicada lo que tiene como consecuencia que desgaste más rápido de las varillas por corrosión crateriforme.

En cambio, si se trata de fuerzas superiores a lo soportado por las barras producirán una tensión que doblarán las barras y causarán una desviación en la orientación inicial.

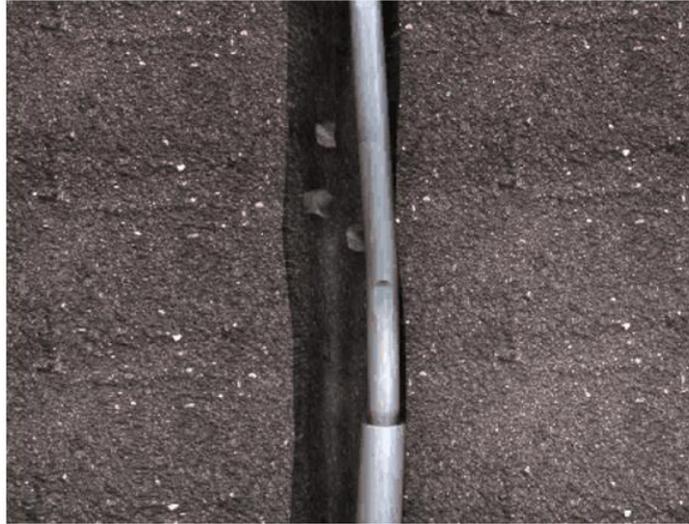
Figura 5

Avance del equipo de perforación BOOMER_1D



Figura 6

Desviación de los taladros en una perforación



Rotación

Existen dos criterios para establecer las velocidades de rotación la frecuencia del impacto y el diámetros de las brocas.

Para que cada sección de la roca se pueda romper debidamente los botones o placas de la broca deben entre golpe u golpe recorrer una determinada distancia.

La velocidad del giro es inversamente proporcional al tamaño de la broca en ese sentido una más grande tendrá una rotación más lenta. Por ese motivo rotaciones innecesariamente rápidas producirán un desgaste inútil del carburo cementado. Cuando este fenómeno ocurre se puede apreciar en la parte externa de la broca.

Específicamente se establece que para brocas con un diámetro desde 51 a 102 mm la rotación adecuada debe oscilar entre 100 y 200 rpm, a partir de estos parámetros se debe aumentar la velocidad conforme sean más cortos los diámetros de las brocas.

Figura 7

Mecanismo de rotación del equipo de perforación BOOMER_1D

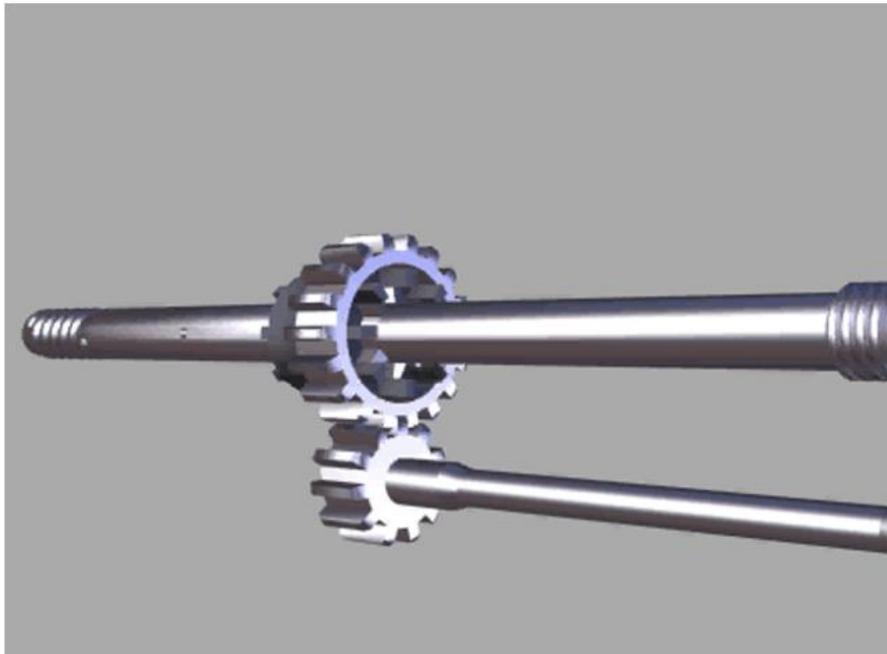
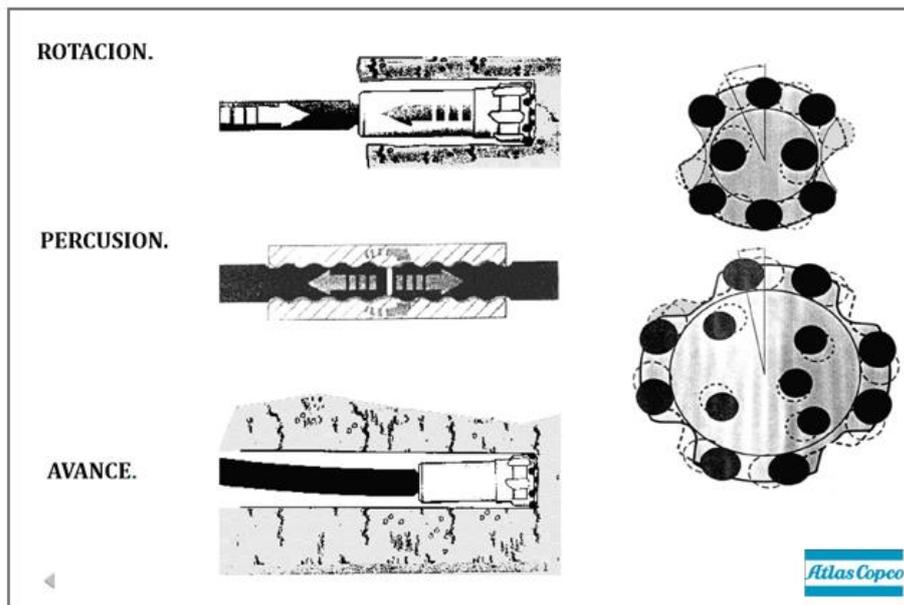


Figura 8

Proceso de perforación de un taladro



Barrido

Una condición indispensable para un resultado óptimo es que la sección interior del barreno debe estar libre de detritus en el momento mientras se perfora el orificio.

Para ello se debe disponer de un adecuado sistema de barrido que permitirá extraer rápidamente cualquier residuo de material que produzca la acción del taladro.

Cuando no se logra un barrido eficiente la consecuencia es reducción en la velocidad que la broca penetra la pared además de aumentar la incidencia de atascamientos por presencia de restos de material.

Una ventaja del sistema de perforado hidráulico es que cuenta con un sistema de barrido automático y que funciona independientemente del taladro.

Para los casos en los que el sistema de barrido use agua como medio de conducción de desechos la presión de este agente de establecerse en un bar por debajo de la presión que presente el aire.

De no asegurar el equilibrio de presiones entre el agua y el aire hay la posibilidad de que el taladro se inunde de agua.

Figura 9

Barrido de los detritos en la perforación

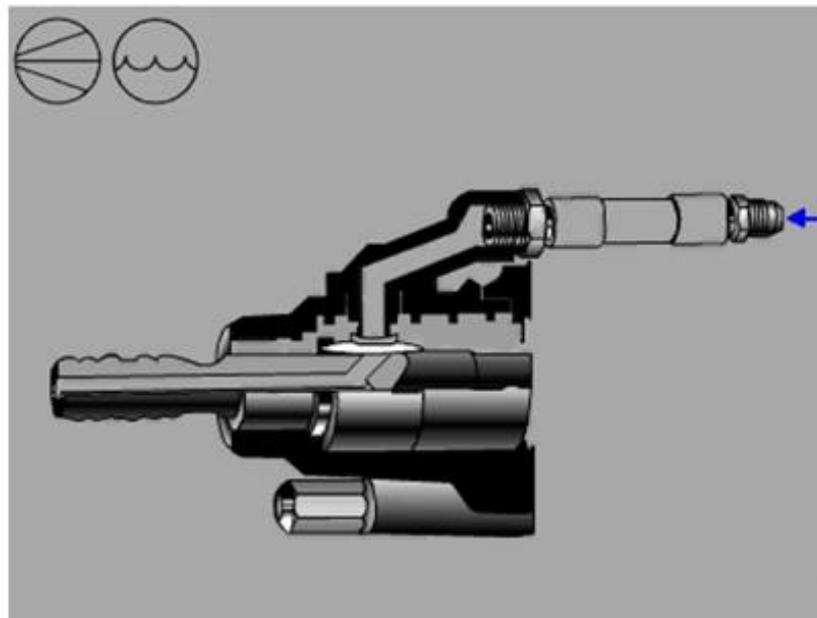


Figura 10

Extracción de los detritos

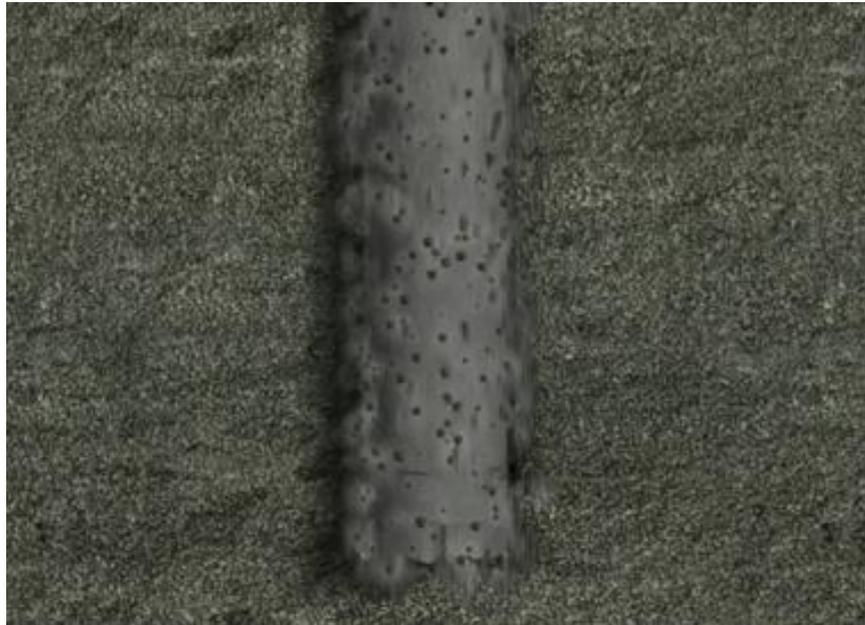


Figura 11

Limpieza de los taladros



2.2.2. Voladura

Se trata del procedimiento en tres dimensiones por el cual se logra una fractura que produce fragmentos de un cuerpo rocoso mayor y lo convierte en pedazos más pequeños. Su acción puede ser llevada a cabo sobre distintos

materiales, para ello se requiere emplear material explosivo que al estar confinado en los orificios dejados por los taladros en la pared rocosa originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento.

Voladura convencional

En este caso los taladros para voladuras convencionales deben destrozar la pared rocosa mediante una interacción entre ellos. De esta manera predominará las fracturas radiales.

Para alcanzar estas características específicas se deben cumplir las siguientes condiciones:

1. El esparcimiento debe equivaler al burden en la siguiente relación:
$$E = (1,3 \text{ a } 1,5) \times B$$
2. La diferencia entre los diámetros del taladro y del cartucho debe ofrecer un acoplamiento que guarde la siguiente relación: 1,2 a 1. De esta manera se puede garantizar un confinamiento adecuado y atacado del explosivo.
3. El material explosivo se debe distribuir de manera que ocupe $\frac{2}{3}$ o de la cavidad dejada por el taladro, buscando cargar con mayor concentración la sección del fondo del taladro.
4. Se debe usar un taco inerte con el fin de contener la detonación lo más que se pueda de manera que se alcance el nivel máximo de confinamiento.
5. Los componentes del material explosivo deben cumplir adecuadamente la combinación de debrisanse y empuje como parte del cálculo energía costo en relación a las características de la pared rocosa.
6. Organizar el esquema secuencial, que fijé los tiempos que indiquen la orden de salida en el que se deberán disparar todos los taladros.

Voladura controlada

Este método se emplea para alcanzar una fractura del material rocoso dentro de los parámetros para una labor óptima y de esta manera asegurar que

la labor no presente un material sobre fracturado. El resultado de emplear este tipo de voladura es la obtención de una súper definida y de corte liso sin grietas en que puedan interferir en la estabilidad de la pared.

La principal característica de este método son las siguientes:

1. Entre el burden y el espaciamiento debe existir una relación contraria a la normal, en ese sentido se debe buscar que el burden sea mayor que el espaciamiento la relación exacta es como se indica a continuación:

$$E = 0,5 \text{ a } 0,8 B.$$

2. Se debe procurar que el material explosivo tenga un diámetro de menor extensión de n comparación con el diámetro del taladro. De esta manera se logra que la el desacoplamiento sea mayor que lo usual en una tanto de 2,1 a 1.
3. Se debe usar cartuchos de acople para distribuir el material detonante en lo que bien a ser la longitud del taladro, para ello se debe usar Famecorte, Exacorte o amortiguación de carga espaciadores.
4. En este caso el uso de tacos inertes es solo para retener el material detonante no para su confinamiento.
5. Se debe emplear material detonante de menor potencia, velocidades y brisance. En este caso podría ser un Famecorte o Exsacorte, este lo que dependerá del material que disponga los proveedores.
6. La configuración simultánea de los disparos de la totalidad de taladros de corte debe realizarse sin que alguno se retracte y posteriormente a la detonación principal. El espacio adecuado entre la la detonación principal y la línea de corte de taladros debe ser entre 60 y 100 metros.
7. En todo momento se debe asegura que alineación y la configuración paralela de los talados se mantenga estable y acorde con lo diseñado para la labor de corte, esto con él objetivo de alcanzar un resultado óptimo.

Voladura de precorte

Este método de voladura se aplica previamente a la detonación principalmente, para ello se dispone linealmente los taladros de menor tamaño con una corta distancia entre ellos con el objetivo de crear un agrietamiento continuo o fracturar la pared. La caraca adecuada para este trabajo debe ser instantánea y desacoplada.

Voladura de recorte

Esta técnica se realiza al igual que la voladura de pre corte con una alineación de taladros dispuestos cercanamente y que lleven una carga desacoplada, a diferencia del precorte su detonación es posterior a la detonación principal. Para determinar qué factor de carga corresponde se realiza la misma operación que para el precorte.

A diferencia que en el precorte en ese método la orientación del arranque busca el frente libre y presenta un espaciamiento más grande que se puede calcular con la siguiente fórmula que considera el Espaciamiento (E) y el Diámetro del taladro vacío (\emptyset). $E = (16 \times \emptyset)$

Voladura amortiguada

Este método es un tipo especial de Pobladura convencional a la que se le practicó una modificación hacia la última fila, Lo que nos da como resultado un diseño Más reducido que el convencional debido a que sus esquemas geométricos consideran cargas detonantes de menor poder y que no están acopladas. En cuanto al disparo este se produce de manera normal de una sola vez.

Específicamente para en caso del taladro existen varias modificaciones para lograr que pueda cargar detonaciones reducidas o con desacople, a continuación, se muestran casos ejemplifica activos en el nivel subterráneo en superficie.

Figura 12

Esquemas de carga para voladura controlada



Fuente: Manual de Exsa.

- a. En este caso se muestra un taladro con capacidad para cargar convencionalmente, el material detonante es de bajo nivel energético sin atacar y sin tacos. El dispositivo accionador puede ir en el fondo o en la boca.
- b. En este caso se muestra un esquema con cartuchos espaciados, los separados deben ser de aire o en todo caso de material inerte, la carga se activa por cordón de detonación axial.
- c. En este caso se trata de cartuchos de tipo convencional fijados a una distancia determinada sobre media caña de tubo de plástico. Los cartuchos deben contar con unos diámetros de 22 a 38 milímetros, en cambio el taladro debe tener entre 50 y 75 milímetros de diámetro.
- d. en este caso se usa material detonante de tipo convencional pero específico para voladuras controladas como pueden ser Exsacorte o Famecorte. El canal usado puede ser un tubo de plástico rígido que sirva Para el acople lineal, el que debe estar centrado en el taladro de diámetro más grande por

medio de rosetas o plumas. La activación del cebo es mediante noel o detonador de tipo eléctrico. El material usado para el taco debe ser inerte. Los diámetros deben alcanzar los 22 milímetros para el explosivo y de 38 a 51 para el taladro.

Mallas de voladura en túneles

Para este tipo de voladuras el burden y el espaciamento deben encontrarse en relación de 1,3 y 1,5 cuando se trate del método convencional y de 0,5 a 0,8 cuando se trate del método controlado respectivamente.

Tabla 2

Valores comparativos entre voladura convencional y controlada, amplitud del daño a la roca

DIAMETRO (mm)	VOLADURA CONVENCIONAL		VOLADURA CONTROLADA	
	BURDEN (m)	ESPACIAMIENTO (m)	BURDEN (m)	ESPACIAMIENTO (m)
16	0,62	0,80	0,60	0,45
22	0,87	1,13	0,85	0,70
32 a 38	1,25	1,50	0,70	0,60
51	1,80	2,30	0,90	0,70
64	2,25	2,80	1,20	0,90
76	2,50	3,10	1,40	1,10

RANGOS DE ENERGI Y DAÑO A LA ROCA REMANENTE				
DIAMETRO (mm)	TIPO DE EXPLOSIVO	CONCENTRACION LINEAR DE CARGA (kg/m)	PRESION DE TALADRO (bar)	AMPLITUD DEL MALTRATO CREADO (m)
45	ANFO	1,80	30 000	1,50 a 1,80
17 a 22	Exsacorte	0,80	900	0,20 a 0,30

2.2.3. Mejora continua

Este tipo de estrategia puede ser definida por su principal característica orientada al continuo incremento de las capacidades para alcanzar los objetivos y expectativas fijadas por la empresa.

Metodología sobre mejora continua

La más conocida es el ciclo PHVA o ciclo de Deming, también se tiene otros como Seis Sigma o Lean Management.

Ciclo de PHVA

Comprende cuatro etapas: planificación, acción, verificación y actuación. También se conoce por el nombre Ciclo PDCA por sus siglas en inglés, así como es denominado ciclo de Deming.

Planificar: consiste en la planificación de la problemática que se abordará, o a los aspectos que deberán mejorarse, de esta manera se establecen las metas que se tienen que alcanzar y los medios que se usará para lograr estas metas y por último se determinan los factores que indicarán el tipo de control de todo el proceso.

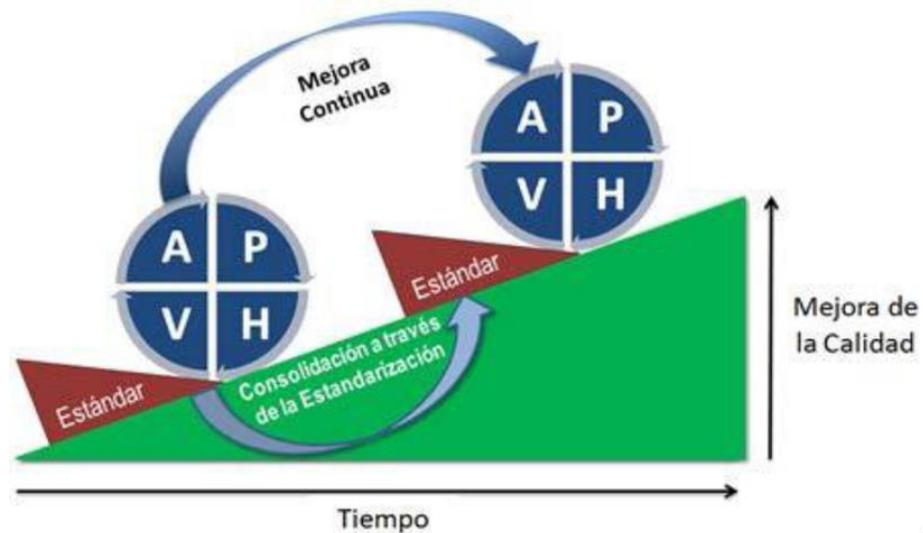
Hacer: esta etapa consiste en la aplicación bajo control de la planificación antes establecida, asimismo se deben recoger la información para la siguiente etapa de verificación de manera que se pueda establecer las mejoras necesarias.

Verificar: esto consiste en la comprobación del resultado obtenido por el plan aplicado, para ellos deben ser comparados con los objetivos iniciales y establecer si se produjeron mejoras como si había planificado. En todo momento se debe procurar que esta etapa sea de carácter objetivo y sustentada en datos verificables.

Actuar: esta etapa consiste en el análisis y corrección de las desviaciones del plan original que posiblemente pudieron afectarlo, así como la estandarización de los procedimientos que se llevaron a cabo y que alcanzaron mejoras notorias con éxito.

Figura 13

Proceso de mejora continua Ciclo de PHVA



Equipos de Mejora

Estos equipos están constituidos para dar solución a problemas específicos relacionados con algún tipo de mejora, cuando el problema haya sido solucionado el equipo se debe disolver.

Las características del equipo de mejora

Debe contar con ciertas características como:

- El grupo debe ser menor de 10 personas
- Los integrantes son voluntarios
- Deben tener conocimiento sobre el problema a resolver
- El grupo será heterogéneo
- Dentro del equipo habrá un líder responsable

Proceso de realización de mejoras

Se debe seguir la siguiente secuencia:

- Conocimiento del problema y oportunidad de mejora
- Priorización y selección de los problemas y mejoras
- Definición del problema o mejora
- Identificación y análisis de las causas

- Búsqueda de posibles soluciones
- Elección de criterios para la elección de la solución
- Confrontación de soluciones y criterios
- Selección de la mejor solución
- Implantación de la solución
- Seguimiento y evaluación
- Estandarización de la mejora

La Tormenta de ideas o Brainstorming

Esta técnica consiste en que distintas personas propongan ideas diversas y diferentes en gran cantidad y sin restricciones de ningún tipo para proponerlas. El marco que contiene toda la cantidad de ideas generadas debe ser un tema abarcador y que sea de interés común sobre el que irán dirigidas las propuestas del grupo. En este proceso se pueden abordar etapas específicas de una planificación como cómo la identificación del problema principal, las causas de la problemática, así como las soluciones posibles.

2.2.4. Herramientas básicas de la calidad

Se trata de un conjunto de instrumentos básicos que buscan aumentar los niveles de calidad de las organizaciones. En total son siete aspectos los que están orientados a recopilar de forma sistemática información, así como su análisis para llegar a resultados efectivos.

En específico cada una de estas herramientas presenta diferentes utilidades. Y es por ello que su uso puede ser de forma individual, así como grupal, sin embargo, hay que señalar que usarlas en conjunto aumenta su capacidad individual, así como también garantizan mejor resultado.

Hoja de control o Check Lists

Se trata de formularios que funcionan como hojas de controles, que están destinadas al registro de los datos sobre las características o parámetros que se necesita verificar.

Entre los principales objetivos de estos formularios que están los siguientes:

- Facilita la recolección de información.
- Organiza la información para que se pueda analizar fácilmente.
- Organiza de manera automática los datos de para que su uso pueda ser más accesible posteriormente.
- Es el punto de partida para la aplicación de otros instrumentos, como por ejemplo los Gráficos o los Control Histogramas.

Histograma

Este método consiste en la elaboración de un diagrama o gráfico que puede mostrar todas las veces que valor se repite en el registro durante todas las mediciones que se hayan podido hacer sucesivamente.

Se recomienda usar este tipo de diagramas en análisis que corresponden a la recaudación de datos sobre una variable que se repite.

Entre los objetivos de este diagrama podemos encontrar los siguientes:

- exponer los datos de forma sencilla y con una claridad adecuada para una mejor interpretación posterior.
- facilitar la visualización de la tendencia predominante dentro del caudal de información, considerando para ello los valores que presenten dispersiones frecuencias relativas.

Figura 14

Histogramas

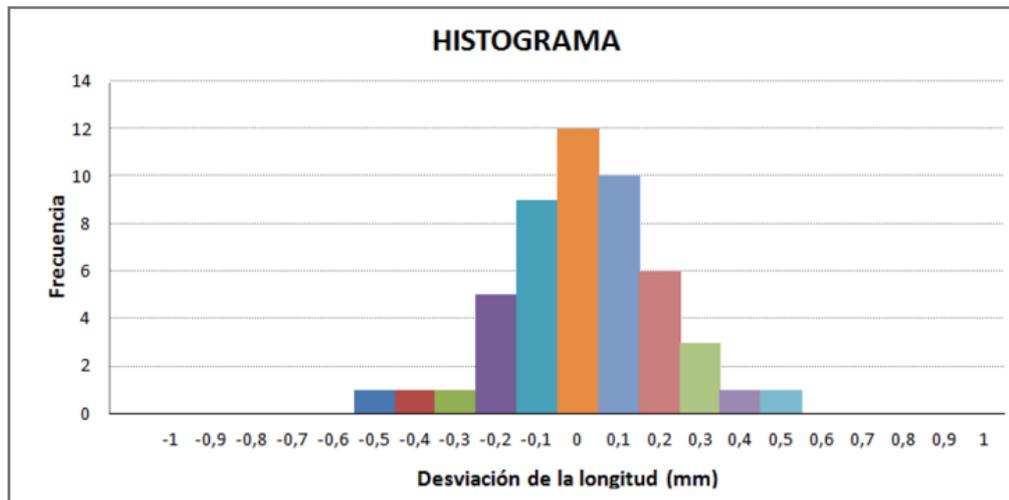


Gráfico de Pareto

Se trata de un principio básico de la ciencia estadística que establece que una porción alrededor del 20% del conjunto total poblacional seleccionado predomina sobre una variable que concierne al 80% restante.

Entre los objetivos de esta técnica se encuentran:

Poner en evidencia el rasgo más destacable de un problema y qué demande los mayores recursos y el esfuerzo necesarios para ser atendido como una prioridad dentro de toda la problemática planteada.

Figura 15

Grafico de Pareto

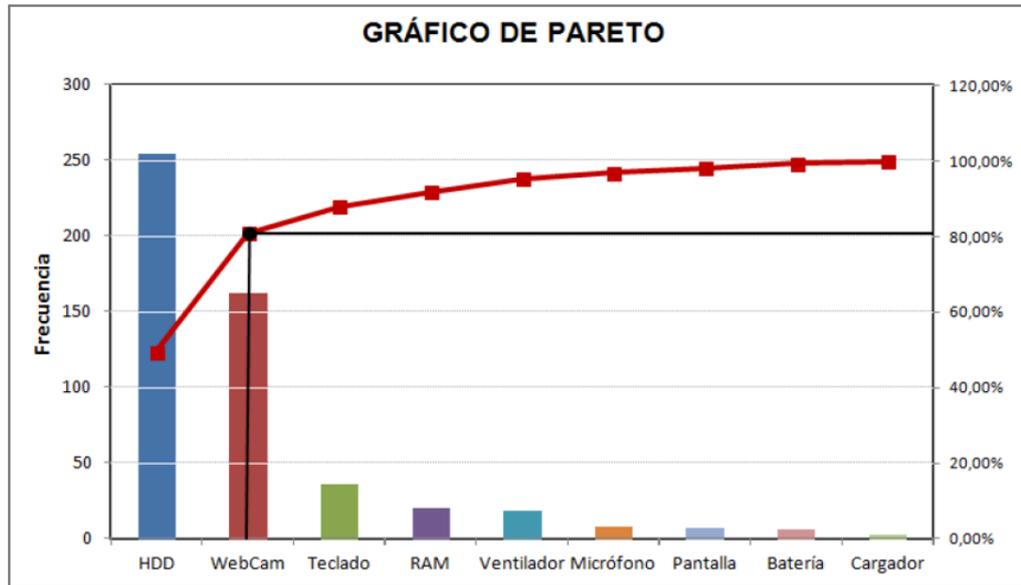


Diagrama de causa y efecto

Conocido como el método de Ishikawa, se trata de un Diagrama que presenta una forma de espinas de pescado.

Este diagrama resulta útil para identificar los principales elementos causantes o factores relevantes dentro del criterio general de calidad.

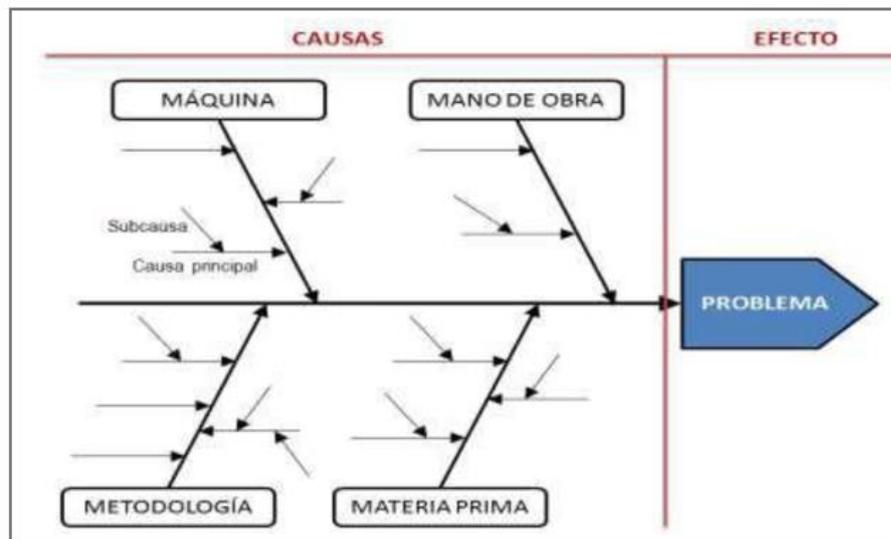
Su método consiste en poner orden análisis, mediante la identificación de las causas posibles las cuales se deben clasificar por categorías o grupos.

Entre los objetivos de este método podemos señalar los siguientes:

- la identificación de la causa principal o la raíz de una problemática específica.
- clasificación y relacionamiento de las interacciones entre factores que afectan a los resultados de un proceso o producto.

Figura 16

Diagrama de causa efecto



Estratificación

Este método es usado para la clasificación de los datos que se tiene a disposición que provienen de grupos con características parecidas.

A cada conjunto que se identifique por sus características similares se le denominará estrato:

Entre los objetivos del método de estratificación están los siguientes:

Elaborar una clasificación de la información que se dispone con el fin de hacer un análisis más accesible.

Figura 17

Estratificación de datos

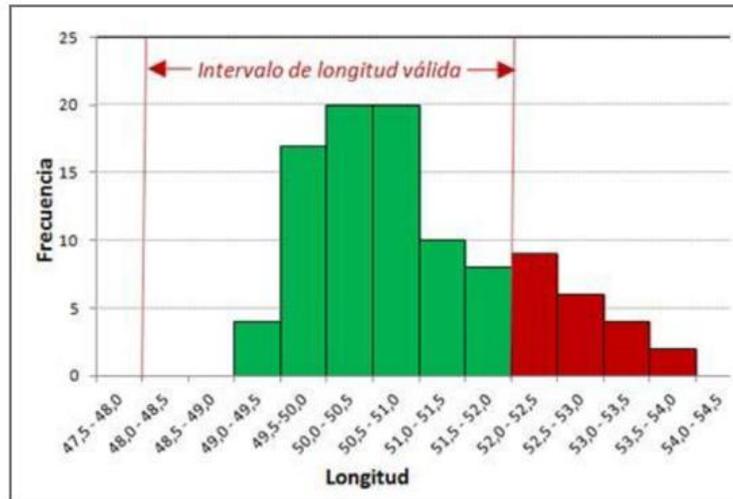


Diagrama de correlación y dispersión

Este tipo de diagramas facilitan el estudio de distintos factores causas o variables relacionadas entre sí.

Mediante este tipo de diagramas se busca:

Evidenciar la existencia una relación de relevancia entre distintas variables, típicamente se prevé que algún factor se encuentre vinculado a otro por un aspecto específico, es ahí cuando entra en juego este diagrama.

Gráfico de control

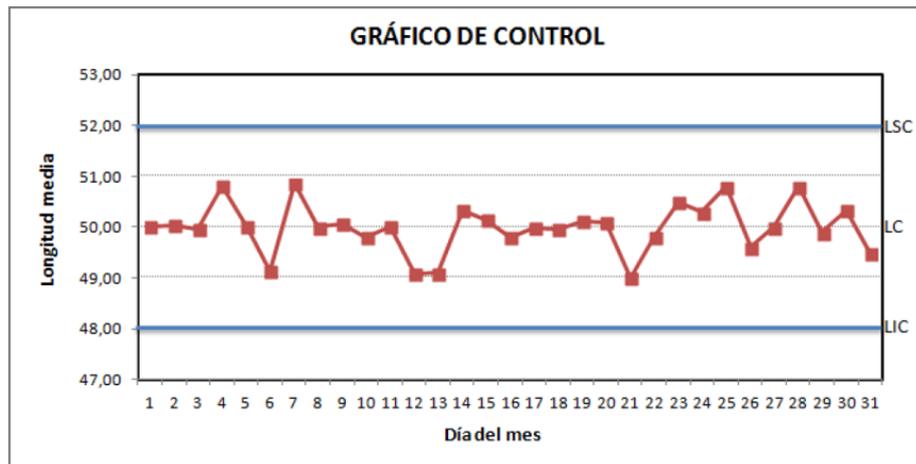
Este tipo de esquemas son usados para evaluar ciertos criterios o factores que se estudian en un determinado periodo de tiempo. Para esta evaluación se determina unos límites que servirán para luego poder diagnosticar y en base a ello tomar decisiones específicas.

Entre sus ideas objetivos tenemos los siguientes:

Realizar una evaluación sobre un proceso, servicio o producto para verificar si se encuentra dentro de los criterios estadísticos de control, específicamente si sus parámetros son uniformes y estables.

Figura 18

Gráficos de control



2.3. Definición de términos básicos

Área de voladura

Se trata del sector determinado por una onda de choque producto de una explosión en el cual la materia expulsada, así como los gases pueden ocasionar diversos niveles peligro y daño.

Agente de voladura

Se trata de los compuestos o mezclas químicas que no son sensibles al agente fulminante, no deben contener ningún elemento explosivo que lo pueda hacer detonar cuando se produzca las primeras explosiones de gran, como las producidas por el ANFO.

Boosters (iniciadores)

Son los dispositivos para voladuras que están constituido por una carga explosiva detonante que no pueden activarse.

Son usados para dar inicio al agente de voladura

Burden:

Se trata de la menor distancia que se puede establecer al punto de alivio cuando detona un taladro. Se considera al punto de alivio como un frente interno

creado por una fila de taladros que fueron disparados anteriormente, o el frente original del banco.

Detonador

Es el dispositivo que se usa como iniciador de un explosivo, este debe llevar una carga detonante suficiente para esa tarea. Entre este tipo de accesorios se encuentran los fulminantes de acción eléctrica, los no eléctricos, los de acción instantánea y la acción retardada, así como los conectores de acción retardada.

Espaciamiento

Se trata del espacio que debe existir necesariamente para cada carga de taladro que configuren una misma fila. Y que por comparten un mismo sector de influencia en un mallado de perforación.

Explosivo de voladura

Es el material explosivo que ocasionará una detonación con usos específicamente para labores mineras o de obras de ingeniería. Este material puede estar compuesto por elementos inertes como pueden ser diatomita, así como otros componentes de menor presencia como estabilizantes o elementos colorantes.

Mecha de seguridad

Es un dispositivo que lleva un centro hecho de pólvora granulada finamente, está recubierto por material textil flexible al que se añaden coberturas de protección externa.

Al encenderse su acción de quemado no produce explosión y se consume a una velocidad constante prefijada.

Carguío

Se trata de la carga detonante que deberá ser colocada en la cavidad del taladro o directamente en el material que se detonará.

Perforación

Se trata del procedimiento para horadar un agujero en una determinada superficie rocosa que presenta un determinado grado de dureza. Las labores de perforación se llevan a cabo mediante una maquinaria especializada denominada perforadora la que funciona mediante un golpe continuo y una dinámica de giro repetitivo con lo cual se ejerce presión sobre la superficie hasta fracturarla. Este equipamiento cuenta con distintas capacidades destinadas a trabajar distintos materiales desde los blandos hasta los más duros como los macizos de mineralización.

Smooth blasting

Se trata de un método específico de voladuras destinadas específicamente a contornos o a trabajos suaves, cuando las labores se realizan en túneles se denomina voladura de periferia.

Voladura

Se trata del procedimiento en tres dimensiones por el cual se logra una fractura que produce fragmentos de un cuerpo rocoso mayor y lo convierte en pedazos más pequeños. Su acción puede ser llevada a cabo sobre distintos materiales, para ello se requiere emplear material explosivo que al estar confinado en los orificios dejados por los taladros en la pared rocosa originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento.

2.4. Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Si determinamos las condiciones de calidad de los parámetros de voladura podremos plantear alternativas de solución y obtener una eficiente voladura en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala.

2.4.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica a.

Las principales causas que generan problemas a la calidad de la voladura son la fragmentación, daño al macizo rocoso, la sobre excavación, incidencia de la geomecánica en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala.

Hipótesis específica b.

Si planteamos algunas alternativas de solución para mejorar la calidad de la voladura obtendremos una voladura eficiente en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variables para la hipótesis general

Calidad de los parámetros de voladura

Alternativas de solución

Eficiente voladura

2.5.2. Variables para la hipótesis específicas

Variables para la hipótesis específica a

Problemas de calidad de la voladura

Fragmentación, masico rocoso, sobre excavación, la geomecánica

Variables para la hipótesis específica b

Alternativas de solución, mejora de la calidad, eficiente voladura.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 3

Operacionalización de variables e indicadores

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES E INDICADORES				
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES
3.5 Identificación de variables 3.5.1 Variables para la hipótesis general Calidad de los parámetros de voladura Alternativas de solución Eficiente voladura 3.5.2 Variables para la hipótesis específicas Variables para la hipótesis específica a Problemas de calidad de la voladura Fragmentación, masico rocoso, sobre excavación, la geomecánica Variables para la hipótesis específica b Alternativas de solución, mejora de la calidad, eficiente voladura.	voladura "es un proceso tridimensional, en el cual las presiones generadas por explosivos confinados dentro de taladros perforados en la roca, originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento" (EXSA, 2004)	en el proceso de la investigación referente a la calidad de la voladura se vera sobre la calidad e eficiencia de la voladura, determinando las causas, y posibles soluciones.	tenemos: -fragmentación -Macizo rocoso -Sobre excavación -influencia de la geomecánica	% RQ, RMR Dilución Planos Geomecánicos

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Éste trabajo utilizará un método aplicativo debido a que su finalidad es poner en la práctica la hipótesis que fórmula habiendo hecho una exhaustiva revisión de las ideas y aportes específicos referidos al tema que se desarrolla aquí.

De esta manera se busca dar una solución aplicativo al problema identificado en el desarrollo de esta tesis, y de esta manera contribuir al desarrollo de la investigación en minería, así como dar un aporte efectivo a la sociedad que está vinculada a las operaciones mineras que aquí se detallan.

Por otra parte, se presentó un nivel de desarrollo basado en la descripción debido a que se hace un repaso de las tesis que revisaron previamente este problema.

En cuanto a las variables utilizadas se procuró que sean independientes y neutrales para que no afecten de alguna manera el resultado al que se llegó.

3.2. Nivel de investigación

Se presentó un nivel de desarrollo basado en la descripción ya que se hace un repaso de las tesis que revisaron previamente este problema en minería.

En cuanto a las variables utilizadas se procuró que sean independientes y neutrales para que no afecten de alguna manera el resultado al que se llegó.

3.3. Métodos de investigación

Para este trabajo se requirió la aplicación del método científico debido a que es el único que permite la verificación de una hipótesis a través de la experimentación o revisión de experiencias comparadas. Para ello se implementará un procedimiento que busque examinar por medio de instrumentos y técnicas las posibles soluciones al problema que se presenta de modo que se encuentren soluciones a través de un proceso seguimiento de inducción y deducción.

3.4. Diseño de investigación

En esta oportunidad se optó por diseñar esta investigación de manera no experimental debido a que el fenómeno estudiado se desarrolla mientras se lo aborda esa característica de simultaneidad demanda un diseño transversal a todos los elementos implicados en este trabajo y en el momento en que se desarrolla.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

El grupo poblacional selecto será constituido por el conjunto total de las labores de perforación y voladura que están operativas de la minera Santa Luisa, Unidad Huanzala. Debido a que se entiende que representa el conjunto de fenómenos o electos en los que queremos enfocar nuestro análisis y de los cuales deberemos recabar información relevante.

3.5.2. Muestra

La muestra será las labores tajo B-75 y frente D-21 ubicado en el nivel 400 E, debido a que componen muestral mente el marco de nuestro estudio, y que provienen del conjunto poblacional previamente seleccionado.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Entre la herramienta que empleamos en nuestro análisis se encuentra las siguientes:

3.6.1. Técnicas

Entre las técnicas usadas para la elaboración de nuestro trabajo contaremos con:

- El enfoque directo
- Entrevista
- Recopilación documental

Las que vienen a ser un grupo de regulaciones y acciones para el manejo correcto del instrumental que resulta necesario como ayuda para la labor investigativa en cuanto se apliquen los métodos adecuados.

3.6.2. Instrumentos

Este conjunto estará constituido por:

- Manual de observación
- Manual de pautas
- Fichas de registro
- Libreta de campo
- Maquina fotográfica
- Programas informáticos

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En cuanto a la acción de procesar y analizar los datos se ha seguido una secuencia de etapas como indicamos a continuación:

- Identificación y definición del problema
- Recojo de información
- Determinación de las posibles causas
- Identificación de las posibles soluciones
- Desarrollo de un plan de acción

- Control de los avances
- Estandarización

3.8. Tratamiento estadístico

Se obtuvo resultados de acuerdo al factor de ponderación en los criterios de selección con fórmulas empíricas propiamente evaluadas en campo.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

En toda investigación que realizamos haremos uso de datos, información, documentos, trataremos con personas; los cuales serán usados de la mejor manera sin perjudicar a nadie ni dándole mal uso, siempre respetando los principios, valores de la sociedad, de las instituciones, de las personas; practicando el respeto, la veracidad, la honestidad, la transparencia.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de trabajos de campo

4.1.1. Evaluación de la perforación y voladura

4.1.1.1. Horas/hombre en el desatado – ciclo de minado

- En cada guardia se efectúan mínimo tres disparos de producción en breasting.
- Como promedio cada disparo se tarda 1:30 hrs. en desatado.
- Los equipos de limpieza deben esperar en la labor que el desatador termine su trabajo con el operador del scoop retrasando el ciclo de **minado**.

4.1.1.2. Labores críticas

- El año 2021 se tuvo un promedio mensual de 30 % de labores críticas de estabilidad de las áreas de producción programadas.
- Se observa sobreroturas sobre todo en labores con tipo de roca IIIB y IV A.

4.1.1.3. Sistemas de clasificación de rocas por el sistema RMR

Se puede observar que el macizo rocoso está compuesto por los cinco tipos de roca, rocas de calidad muy buena, buena, regular, mala, muy mala como vemos en el siguiente cuadro.

Tabla 4

Clasificación de rocas por el sistema RMR

TIPO ROCA	RMR	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	RESIST. DE LA ROCA	
I	I-B	81 - 90	MUY BUENA "B"	Roca dura con muy pocas fracturas, leve alteración, terreno seco	Solo se puede romper esquirlas de la muestra con el martillo de geólogo.
II	II-A	71 - 80	BUENA "A"	Roca dura con pocas fracturas, leve alteración, terreno seco con cierta humedad	Con varios golpes con el martillo de geólogo se puede romper pequeños fragmentos de la muestra
	II-B	61 - 70	BUENA "B"	Roca dura con regular cantidad de fracturas, leve alteración, húmedo en algunos casos.	Se requieren varios golpes con el martillo de geólogo para romper la muestra.
III	III-A	51 - 60	REGULAR "A"	Roca de regular dureza, con regular a mayor cantidad de fracturas, ligeramente a moderadamente alterada, pequeñas fallas con panizo, terreno con ligero humedecimiento.	Se requiere tres golpes firmes con el martillo de geólogo para romper la muestra.
	III-B	41 - 50	REGULAR "B"	Roca poco blanda con regular a mayor cantidad de fracturas, ligeramente a moderadamente alterada, pequeñas fallas con panizo, terreno con goteo ocasional.	Con dos golpes con el martillo de geólogo se puede producir fracturamiento.
IV	IV-A	31 - 40	MALA "A"	Roca blanda que presenta muchas fracturas, roca alterada, fallas un poco significativas con panizo y goteo de agua.	No se puede rayar o desconchar con una navaja. La muestra se puede romper con dos golpes firmes del martillo.
	IV-B	21 - 30	MALA "B"	Roca blanda que presenta muchas fracturas, roca muy alterada, fallas significativas con panizo, goteo o flujo constante de agua.	Se puede rayar con dificultad con una navaja. La muestra se puede romper con un golpe firme del martillo de geólogo.
V	V-A	0 - 20	MUY MALA "A"	Roca muy blanda, intensamente deleznable con muchas fracturas. Roca intensamente fracturada, fallas significativas con mucho panizo, flujo continuo de agua en las fracturas.	Puede desconcharse con dificultad con una navaja. Se puede hacer marcas poco profundas golpeando firmemente con el martillo de geólogo.

4.1.1.4. Áreas críticas de la estabilidad de la mina

Tenemos tres tipos de roca en la mina, roca tipo II buena B, roca tipo III regular A, Regular B y roca tipo IV roca mala A, como se ve en el siguiente cuadro.

Tabla 5

Áreas críticas de la estabilidad de la mina

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO					
TIPO ROCA		RMR	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	RESIST. DE LA ROCA
II	II-B	61 - 70	BUENA "B"	Roca dura con regular cantidad de fracturas, leve alteración, húmedo en algunos casos.	Se requieren varios golpes con el martillo de geólogo para romper la muestra.
III	III-A	51 - 60	REGULAR "A"	Roca de regular dureza, con regular a mayor cantidad de fracturas, ligeramente a moderadamente alterada, pequeñas fallas con panizo, terreno con ligero humedecimiento.	Se requiere tres golpes firmes con el martillo de geólogo para romper la muestra.
	III-B	41 - 50	REGULAR "B"	Roca poco blanda con regular a mayor cantidad de fracturas, ligeramente a moderadamente alterada, pequeñas fallas con panizo, terreno con goteo ocasional.	Con dos golpes con el martillo de geólogo se puede producir fracturamiento.
IV	IV-A	31 - 40	MALA "A"	Roca blanda que presenta muchas fracturas, roca alterada, fallas un poco significativas con panizo y goteo de agua.	No se puede rayar o desconchar con una navaja. La muestra se puede romper con dos golpes firmes del martillo.

4.1.1.5. Selección del tipo de sostenimiento del macizo rocoso

Tabla 6

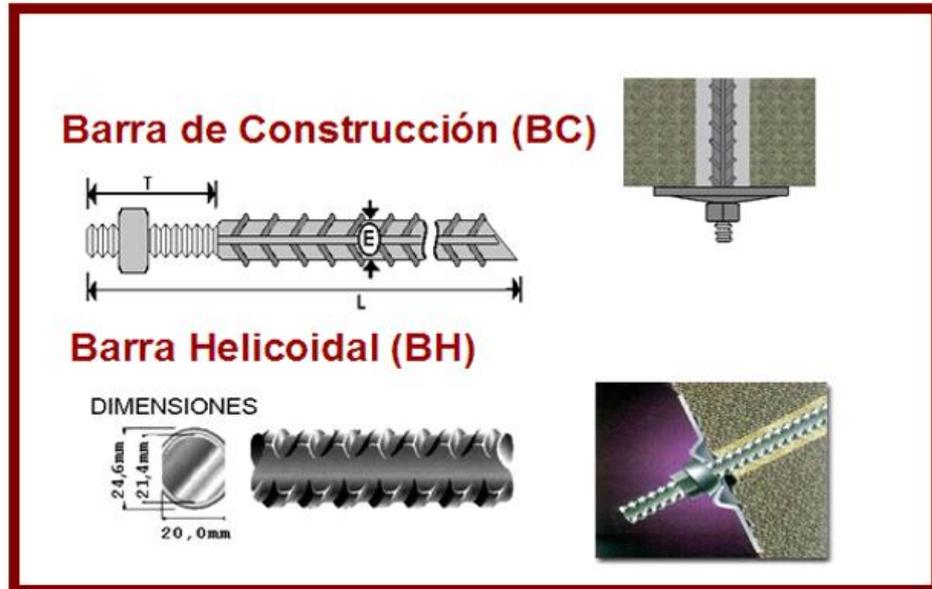
Sostenimiento del macizo rocoso

SOSTENIMIENTO DEL MACIZO ROCOSO					
TIPO DE ROCA Y COLOR	ACCESOS Y TAJEOS DE EXPLOTACION			TIEMPO DE AUTOSOPORTE	
	SOSTENIMIENTO RECOMENDADO		ABERTURA PERMISIBLE		
II	II-B	Pernos helicoidales de 2.25 m espaciados de manera esporádica u ocasional en áreas donde se requiera		12.0 m	8 meses
III	III-A	Pernos helicoidales de 2.25 y 3.0m espaciados de 1.2 a 1.5 m (alternativa: intermediar con cables de 6 a 8 m de longitud, según método minado).		8.0 m	3 meses
	III-B	Pernos helicoidales de 2.25 y 3.0m espaciados de 1.1 a 1.2 m (alternativa: intermediar con cables de 6 a 8 m de longitud, según método minado), más malla electrosoldada de 2"x2" o shotcrete de 2" de mínimo espesor sin fibra de acero.		5.0 m	1.5 semanas
IV	IV-A	Pernos helicoidales de 2.25 y 3.0m espaciados de 1.0m (alternativa: intermediar con cables de 6 a 8 m de longitud, según método minado), más shotcrete de 2" de mínimo espesor con fibra de acero.		3.4 m	1 día

Pernos para el sostenimiento

Figura 19

Tipos de pernos



Equipos Robot

Figura 20

Equipo de perforación Robot vista de perfil



Figura 21

Parte delantera del equipo Robot



Consumo de pernos

- El año 2021 el consumo de pernos helicoidales cementados de sostenimiento colocados por el equipo mecanizado ROBOLT fue de 21,076 unidades.
- El costo por perno colocado por este equipo es de 7.85 \$/perno.

4.1.1.6. Factor de potencia

- En rocas de tipo IIB y IV A. El año 2021 se tuvo un promedio en el factor de potencia de (0.32 – 0.35) Kg./ton.
- Los taladros eran perforados con brocas de 51mm y la malla de perforación para los breasting eran de 1 x 1 m en secciones de 3.5 x 4 m.

Carguío de taladros

Figura 22

Equipo Anfotrack



Figura 23

Carguío de taladros



4.1.1.7. Seguridad

Tabla 7

Incidentes por Caídas de Rocas 2020

Descripción	Ene	Feb	Marz	Abr	May	jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total	% distrib.
Desprendimiento de Rocas	44	42	65	26	27	12	9	19	18	11	12	25	310	28%
Falta de sostenimiento	15	17	27	16	23	9	4	13	10	12	14	8	168	15%
operaciones de maquinas	8	10	22	15	11	12	13	9	8	4	2	8	122	11%
Incumplimiento de procedimientos	6	17	24	18	10	10	9	5	8	5	6	2	120	11%
Energía eléctrica	12	8	21	10	8	7	7	5	4	4	6	5	97	9%
Otros	30	23	59	33	24	19	12	8	20	10	38	11	287	26%

Tabla 8

Incidentes por caídas de rocas 2021

Descripción	Ene	Feb	Marz	Abr	May	jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total	% distrib.
Desprendimiento de Rocas	9	9	5	12	15	9	11	11	9	11	10	16	127	33%
Incumplimiento de procedimientos	11	9	4	6	3	7	6	6	2	2	8	4	68	18%
Falta de sostenimiento	1		1	4	3	2	4	4	4	4	4	4	35	9%
Operación de maquinas.	11	3	1	4	3	3	1	1		1			28	8%
Explosiones	3	6	2	4	4	1			2	2	2	2	28	8%
Otros	9	6	5	16	15	9	17	17	1	1	3	6	96	24%

4.1.1.8. Producciones de vibraciones

Variables que afectan a las características de las vibraciones

- Geología local y características de las rocas
- Peso de la carga operante
- Distancia al punto de la voladura
- Consumo específico de explosivo
- Tipos de explosivos
- Tiempos de retardo
- Variables geométricas de las voladuras

Nivel de vibraciones

Tabla 9

Nivel de vibraciones

Broca mm	Fecha	Labor	Tipo explosivo	Kg. expl.	Radial	Vert.	Trans versal	Suma vectores VPP mm/s	Tipo de roca
51	22/08/21	D20 Rojo	Anfo/emulsión	50.97	5.08	17.43	5.58	19.65	IVA
45	24/09/21	B-75 azul	Anfo/Emulsión	56.69	14.73	12.19	7.62	17.52	IVA
45	08/10/21	D21 Rojo	Anfo / famecorte	32.82	5.58	15.24	5.58	15.49	IVA

4.1.2 Identificación de posibles causas

Posibles causas del problema

Tabla 10

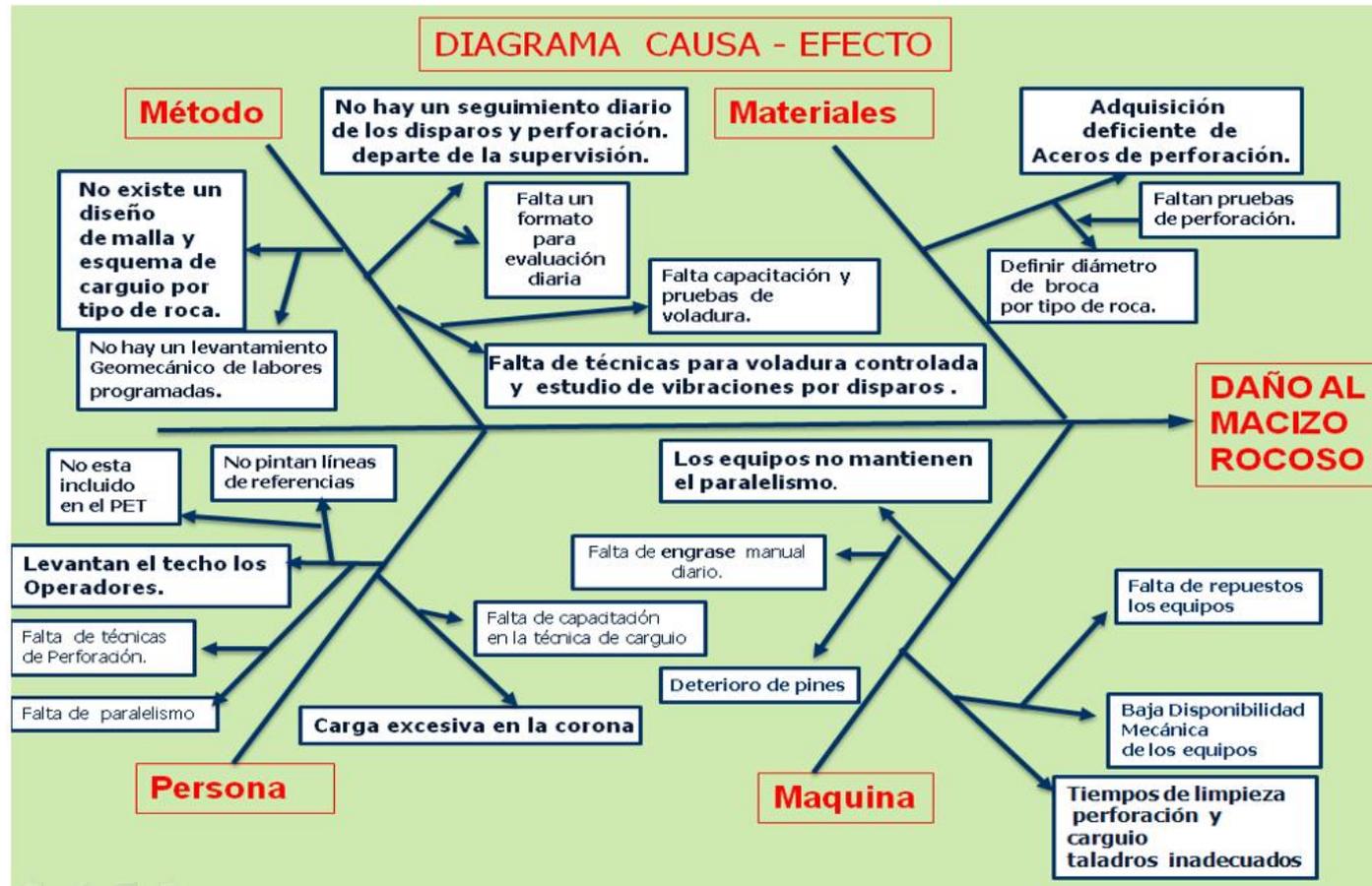
Causas del problema

Nº	Posibles causas del problema	Materiales	Maquina	Método	M.O
1	Equipos JUMBOS no mantienen el paralelismo, pines.		X		
2	Adquisición deficiente de aceros de perforación 51mm	X			
3	No existe un formato de evaluación de disparo diario.			X	
4	Insuficiente paralelismo de los taladros.				X
5	Tiempos de limpieza, perforación y carguío deficientes		X		
6	Faltan estudios para controlar vibraciones por disparo.			X	
7	Perforista no limpian bien los taladros				X
8	Falta diseño de malla de acuerdo a tipo de roca			X	
9	Carga excesiva en taladros de corona y cajas				X
10	Baja disponibilidad mecánica de los equipos.		X		
11	No se utilizan métodos de voladura controlada			X	
12	Falta de planos geomecánicos de las labores.	X			
13	Operadores de Jumbos levantan el techo al perforar.				X
14	No usan clinómetros ni escuadras los operadores.	X			
15	No pintan línea de referencia en la labor para perforar.				X

4.1.2.1. Diagrama causa – efecto

Figura 24

Diagrama causa - efecto



4.1.2.2. Paradas de producción por causas principales

Tabla 11

Paradas de producción por causas principales

Tipo de Defecto	Detalle del problema	Frecuencia (guardias)	% frecuencia
No existe formato de Evaluación de disparo.	La supervisión no corrige errores diarios de <u>perf.</u> Y voladura.	24	40
Operadores de perforación no conservan paralelismo.	Taladros levantados que golpean y perturban el techo y cajas.	18	30
No se usa técnicas de voladura controlada, diámetro de brocas excesivo.	Demasiada carga explosiva en los taladros de corona y cajas se observa <u>sobrerotura.</u>	12	20
Baja disponibilidad mecánica de los equipos.	Los equipos no tienen el tiempo adecuado para ejecutar sus operaciones unitarias	6	10
TOTAL		60	100

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Aspectos generales

El “Mejoramiento Continuo” es un proceso que se encarga a un “Círculo de Calidad” conformado por un grupo reducido de miembros que se convoca periódicamente para identificar problemas de su jurisdicción, analizar y recomendar soluciones a la Jefatura, aplicando la metodología y las técnicas básicas de los círculos de calidad la cual es una herramienta fundamental del programa de “Calidad Total”.

4.2.2. Metodología seguida

Pasos a seguir:

- P1: Identificación y definición del problema.
- P2: Recolección de información.
- P3: Identificación de posibles causas.
- P4: Identificación de las posibles soluciones.
- P5: Desarrollo de un plan de acción.
- P6: Evaluación de avances.
- P7: Estandarización

4.2.3. Identificación del problema

Podemos considerar los siguientes problemas:

Tabla 12

Principales problemas división mina

	PRINCIPALES PROBLEMAS División Mina
A	Fragmentación
B	Daño al macizo rocoso
C	Sobre excavación
D	Incidencia de la Geomecánica en la Perforación y voladura.

4.2.4. Criterios de selección

Tabla 13

Criterios de selección

CRITERIOS DE SELECCIÓN			FACTOR DE PONDERACIÓN
F	Facilidad para solucionarlo		5
	1.-muy difícil	2.-Difícil	
A	Afecta a otras áreas su implementación		3
	1.-Si	3.-Algo	
C	Mejora la calidad		2
	1.- Poco	3.-Medio	
T	Tiempo que implica Solucionarlo		3
	1.- Largo	2.-Medio	
I	Requiere Inversión		4
	1.- Alta	3.-Medio	
S	Mejora la seguridad		3
	1.- Poco	2.-Medio	

4.2.5. Evaluación de los problemas

Tabla 14

Evaluación de los problemas

EVALUACIÓN							
PROBLEMA	F	A	C	T	I	S	Puntos
A (Fragmentación)	10	3	6	6	12	3	40
B (Daño al macizo rocoso)	10	9	10	6	12	9	56
C Sobre excavación	10	3	2	3	12	3	33
D (Incidencia de la geomecánica)	10	9	6	6	12	9	52

4.2.6. Matriz de selección del problema

Tabla 15

Matriz de selección del problema

N°	Puntaje	Prioridad	Nombre de los proyectos a evaluar.
A	40	3	Fragmentación
B	56	1	Daño al macizo rocoso
C	33	4	Sobre excavación
D	52	2	Incidencia Geomecánica de la Roca

4.2.7. Efectos del problema

- Aumento de hrs/hombre en el desatado de labores - retraso en ciclo de minado.
- Aumento de áreas críticas de estabilidad de labores – sobrerotura.
- Alto consumo de explosivos - factor de potencia - vibraciones.
- Aumenta el consumo de elementos de sostenimiento.
- Incidentes por caída de rocas - seguridad.

4.2.8. Objetivos a alcanzar

- Disminuir paradas de producción por desate de rocas - acelerar ciclo de minado.
- Disminuir áreas críticas de labores en producción.
- Reducir el factor de potencia.
- Mejorar diseños de perforación y voladura -
- Disminuir el nivel de vibraciones
- Reducir costo de sostenimiento.
- Disminución de incidentes por caída de rocas.

4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Tipos de soluciones

A: Es factible técnicamente

B: Es factible económicamente

C: Implementarla requiere demasiado tiempo

4.3.2. Soluciones planteadas

Tabla 16

Soluciones planteadas

Causas	Sub-causas	Posibles soluciones	A B C	total
Operadores levantan el techo al perforar no conservan paralelismo.	No pintan líneas de referencia.	• Elaborar PET de trabajo	8 6 5	19
	Falta de técnicas.	• Capacitar operadores.	7 8 5	20
	Falta de herramientas para conservar paralelismo	• Uso de clinómetros, escuadras.	8 9 4	21
No existe un seguimiento diario de parte de la supervisión.	Falta de formatos de evaluación diaria de perforación y voladura	• Implementar formatos.	9 9 4	22
No existen explosivos adecuados para voladura controlada Mala distribución de retardos.	Carga excesiva en la corona.	• Disminuir carga operante.	8 7 4	19
	Falta de capacitación al personal	• Estudio de vibraciones.	7 8 5	21
	No hay pedido de explosivos adecuados.	• Mejorar distribución de retardos.	7 7 7	20
Baja disponibilidad mecánica de los equipos, jumbo scoop anfotrack.	Repuestos de los equipos no originales.	• Stock de repuestos críticos.	5 5 5	15
	Los jumbos no mantienen paralelismo.	• Engrase manual diario.	8 6 5	19
	Tiempos inadecuados de operación.	• Mejorar la disponibilidad mecánica de los equipos	5 5 5	15

4.3.3. Cronograma de implementación de mejoras

Tabla 17

Cronograma de implementación

Cronograma Implementación de Mejoras	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag.	Set	Oct	Nov	Dic
Pintado de líneas de referencia	X											
Uso de clinómetros y centralizadores						X						
Formato de evaluación de disparo					X							
Disminuir carga en taladros de corona		X										
Disminuir diámetro de taladros		X										
Implementar técnicos capacitadores							X					
Pedido de explosivos adecuados.						X						
Stock de repuesto de equipos											X	
Engrase manual de equipos jumbos	X											
Elevar disponibilidad mecánica equipos												X
Estudios de Vibraciones	X											

4.3.4. Resultados conseguidos en el año 2022

4.3.4.1. Incidentes Caída de Rocas 2022

Tabla 18

Incidentes caída de rocas 2022

Descripción	Ene	Feb	Mar.	Abr.	May	jun	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total	% distrib.
Desprendimiento de Rocas	8	9	6	7	6	1	3	3	7	8			58	30%
Falta de ventilación	9	6	4	1	2	1				2			25	13%
Falta / Falla sostenimiento	4	3	3		1			1					12	7%
Operación de Maquinas	4	3			2		1						10	5 %
Energía eléctrica	1	2	3	2			2						10	5 %
Otros	4	8	6	5	11	0	1	6	1	14			66	35%

4.3.4.2. Nivel de vibraciones

Tabla 19

Nivel de vibraciones

Broca mm	Fecha	Labor	Tipo explosivo	Kg. expl.	Radial	Vert.	Transv	Suma vectores VPP mm /s	Tipo de Roca
45	14/02/22	B-75 azul	Anfo/ Emulsión	56.69	14.73	12.19	7.62	17.52	IVA
45	09/03/22	D21 Rojo	Anfo /famecorte Fanel 1-13	32.82	5.58	15.24	5.58	15.49	IVA
45	15/04/22	B75 Azul	Anfo / Emulsión/ famecorte Fanel 1-20	47	5.08	8.63	7.11	11.3	IVA

4.3.5. Seguridad 2022

Los incidentes fueron disminuyendo con la aplicación de las medidas correctivas como se ve el cuadro siguiente.

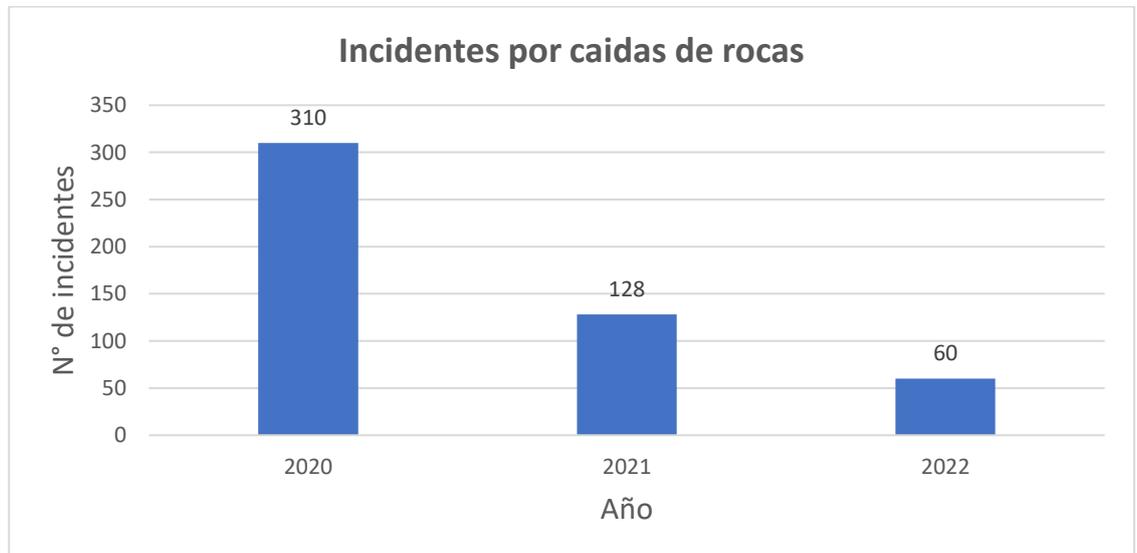
Tabla 20

Seguridad 2022

INCIDENTES POR CAIDAS DE ROCAS	
AÑO	N° DE INCIDENTES
2020	310
2021	128
2022	60

Figura 25

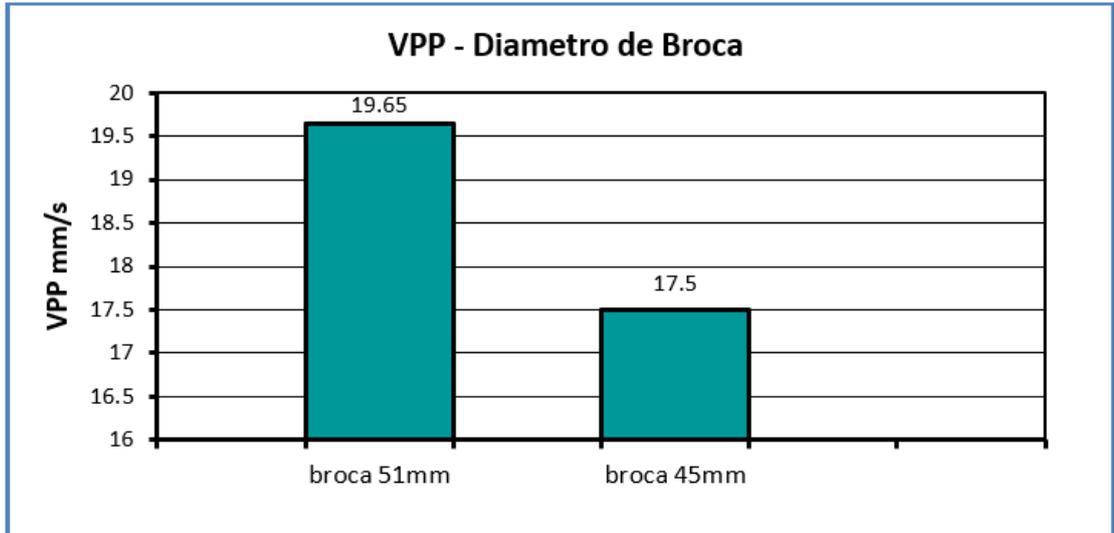
Incidentes por caída de rocas



4.3.6. Velocidad de detonación y diámetro de broca

Figura 26

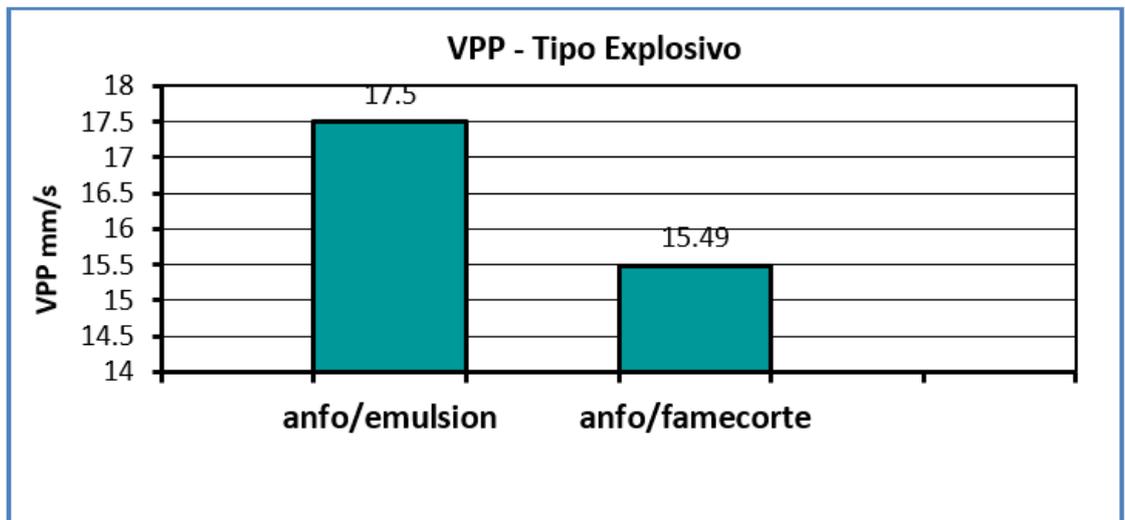
Velocidad de detonación y diámetro de broca



4.3.7. Velocidad de detonación y tipo de explosivo

Figura 27

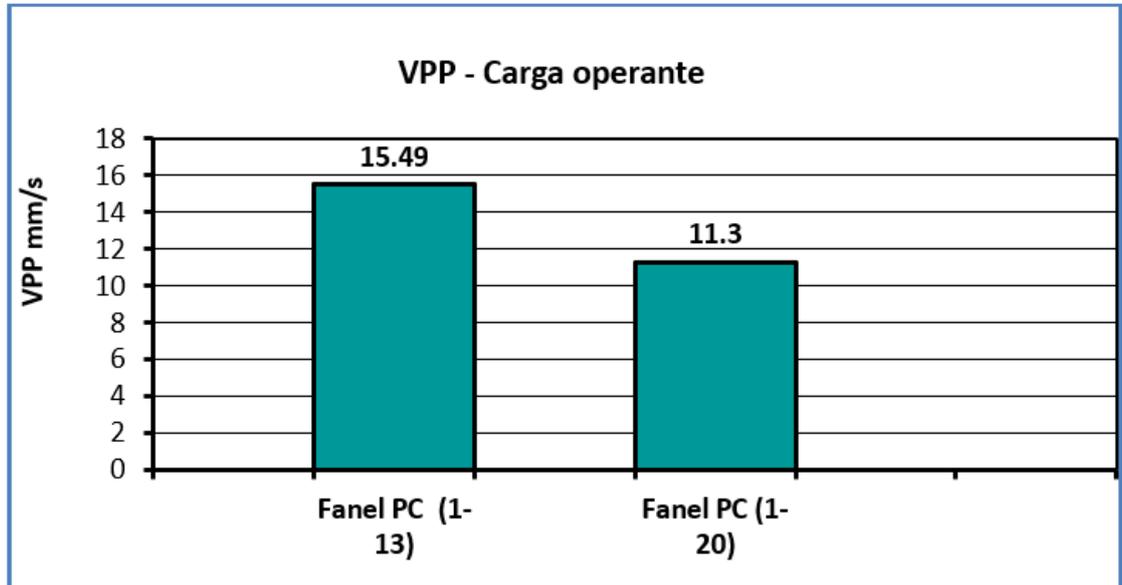
Velocidad de detonación y tipo de explosivo



4.3.8. Velocidad de detonación y carga operante

Figura 28

Velocidad de detonación y carga operante



4.3.9. Factor de potencia en 2022

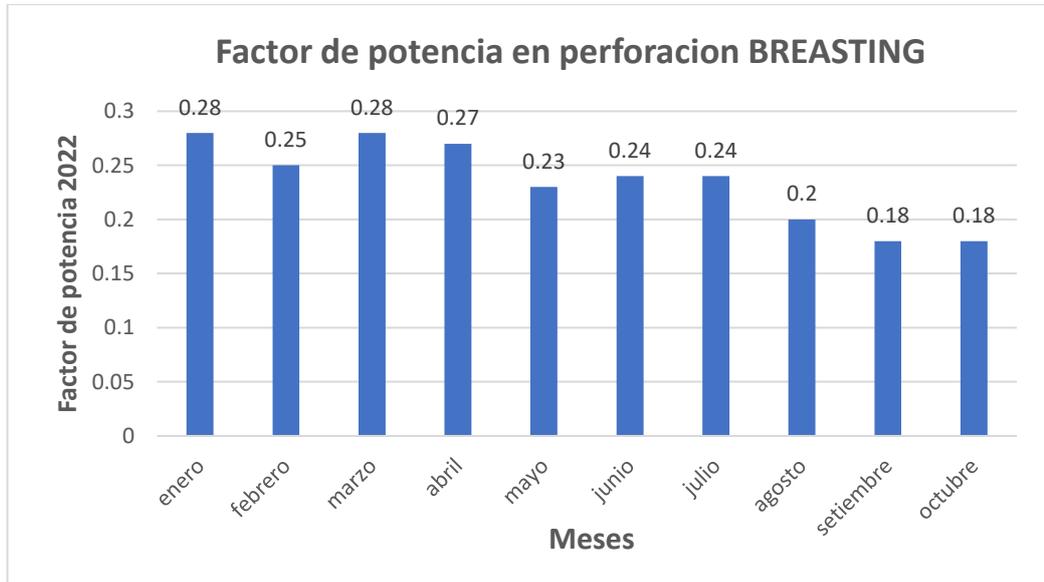
Tabla 21

Factor de potencia 2022

MES	TIPO DE PERFORACION	F.P
ENERO	BREASTING	0.28
FEBRERO	BREASTING	0.25
MARZO	BREASTING	0.28
ABRIL	BREASTING	0.27
MAYO	BREASTING	0.23
JUNIO	BREASTING	0.24
JULIO	BREASTING	0.24
AGOSTO	BREASTING	0.20
SETIEMBRE	BREASTING	0.18
OCTUBRE	BREASTING	0.18

Figura 29

Factor de potencia



4.3.10. Consumo de pernos de sostenimiento

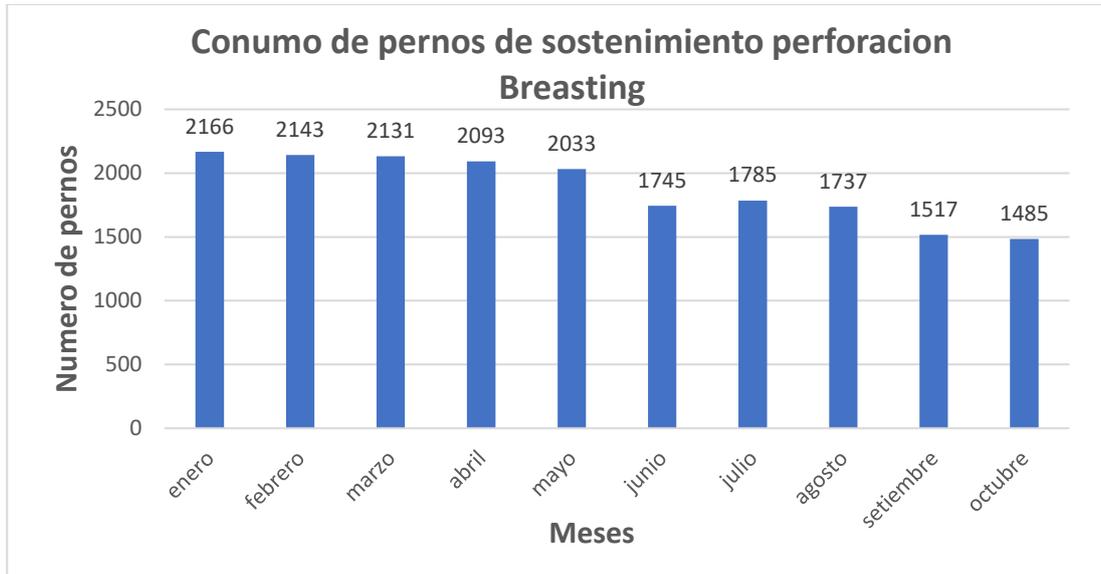
Tabla 22

Consumo de pernos de sostenimiento

MES	TIPO DE PERFORACIÓN	Numero de pernos
ENERO	BREASTING	2166
FEBRERO	BREASTING	2143
MARZO	BREASTING	2131
ABRIL	BREASTING	2093
MAYO	BREASTING	2033
JUNIO	BREASTING	1745
JULIO	BREASTING	1785
AGOSTO	BREASTING	1737
SETIEMBRE	BREASTING	1517
OCTUBRE	BREASTING	1485

Figura 30

Consumo de pernos de sostenimiento



4.3.11. Áreas críticas de estabilidad

- Según el departamento de geomecánica las áreas críticas de estabilidad el 2021 fueron de 30%.
- El 2022 han bajado las áreas críticas, en enero fue 25% Octubre en un 15%.

4.3.12. Corrección de errores en la perforación y voladura

Tabla 23

Corrección de errores en la perforación y voladura

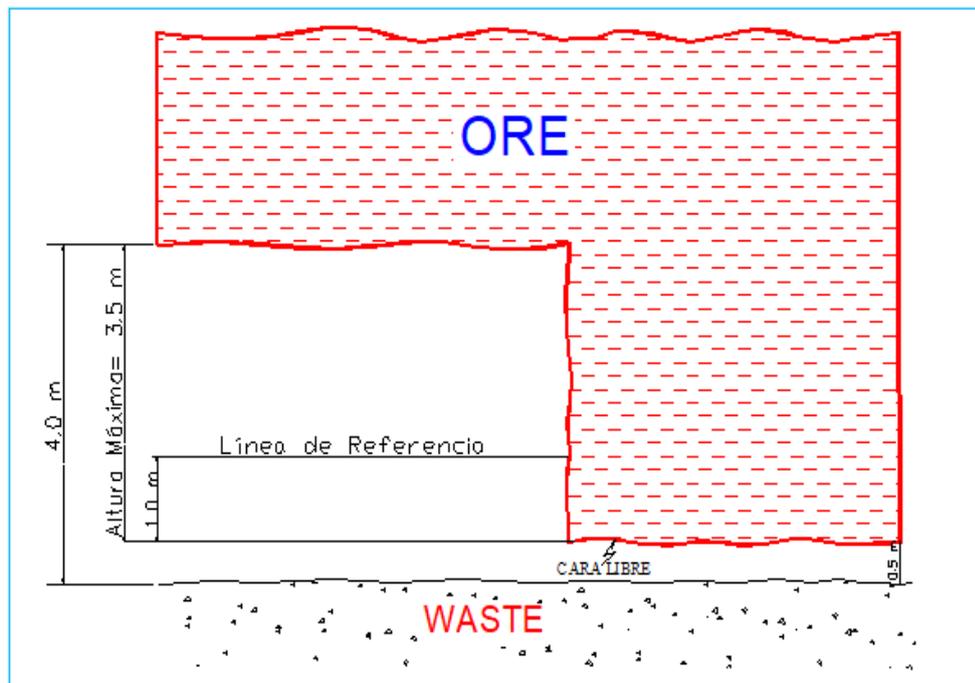
EJECUCIÓN DE LAS MEJORAS	SITUACIÓN ANTERIOR	SITUACIÓN ACTUAL
"Pet" pintado de líneas de referencia	Sin línea de referencia	Labores con línea de referencia
Uso de inclinómetros fijos en el equipo	Sin inclinómetros	Con inclinómetros
Uso de escuadras	Sin escuadras	Con escuadras
Formato de evaluación de disparo	Sin hojas de formato	Con hojas de formato
Disminuir carga en taladros de corona	F.p alto	F.p bajo

Implementar mallas perforación de acuerdo al tipo de roca	Sin diseño de mallas	Perforación y carguío de acuerdo al tipo de roca.
Pedido de explosivos adecuados	Uso de emulsión y anfo	Uso de productos diseñado para voladuras perimétricas.
Stock de repuestos de equipos	Falta de logística	En implementación
Engrase manual	Equipo sin grasera manual	Equipo con grasera manual
Elevar disponibilidad mecánica	D.m = 70%	D.m = 76%
Uniformizar aceros de perforación	Brocas de 51mm	Uso de brocas de 45mm
Planos Geomecánicos	Sin panel informativo	Con panel de planos Geomecánicos.

4.3.13. Línea de referencia

Figura 31

Líneas de referencia



Línea de Referencia en Labor

Figura 32

Línea de referencia en la labor



4.3.14. Uso del clinómetro

Figura 33

Clinómetro



Clinómetro en el Jumbo

Figura 34

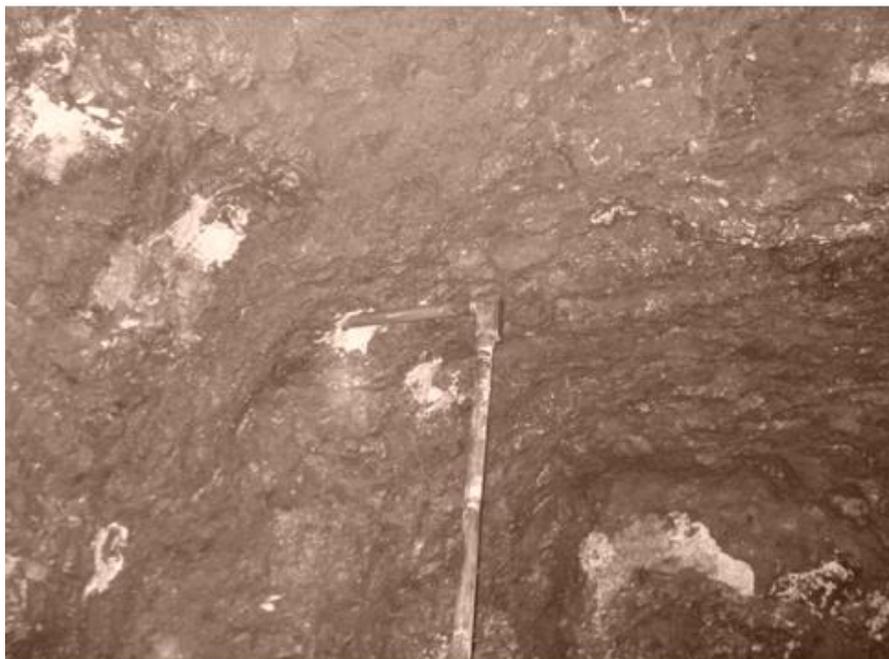
Ubicación del Clinómetro en el Jumbo



4.3.15. Trabajo a escuadra

Figura 35

Trabajo a escuadra



Uso de escuadra en Breasting

Figura 36

Uso de escuadra en breasting



4.3.16. Formato de evaluación de disparo

Figura 37

Formato de evaluación del disparo



CÍA. MINERA SANTA CRUZ S.A.
DIVISION MINA

REPORTE DE PERFORACION Y VOLADURA



FECHA: SUPERVISOR: TURNO:

TIPO: EXPLOTACION PREPARACION DESARROLLOS TIPO DE PERFORACION BRESTING FRENTES REALCE DESQUINCHE MINERAL 3.7 TON / M³

REPORTADO POR: CHIMENEA PLASTEADO DESMONTE 2.5 TON / M³

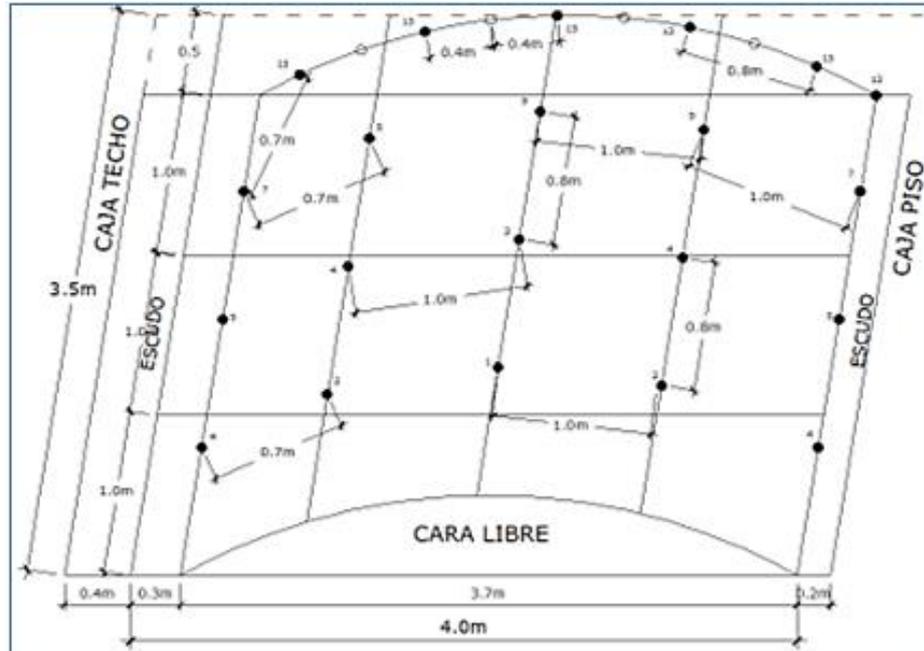
ZONA							
LABOR							
SECCION							
TIPO							
EQUIPO							
TIPO DE ROCA							
TIPO DE PERFORACION							
LONG. TALADRO (mt.)							
N° TALADROS							
N° EMULSIONES							
N° DINAMITA							
N° FAMECORTE							
KG. DE ANFO							
N° DE FANELES							
PENTACORD (ml.)							
N° DE GUIA							
AVANCE DE DISPARO							
EFICIENCIA DE DISPARO							
N° DE CARAS							
TIROS CORTADOS							
TACOS EN DISPARO							
GRANULOMETRIA							
VOLUMEN							
TONELADAS							
FP (KG / TON)							
FC (KG / M ³)							
TON / TALADRO							
TOTAL DE METROS PERFO							

OBSERVACIONES: _____

4.3.17. Tipo de malla para tipo de roca IV A, RMR (31-40)

Figura 38

Tipo de malla para roca IV A, RMR (31-40)



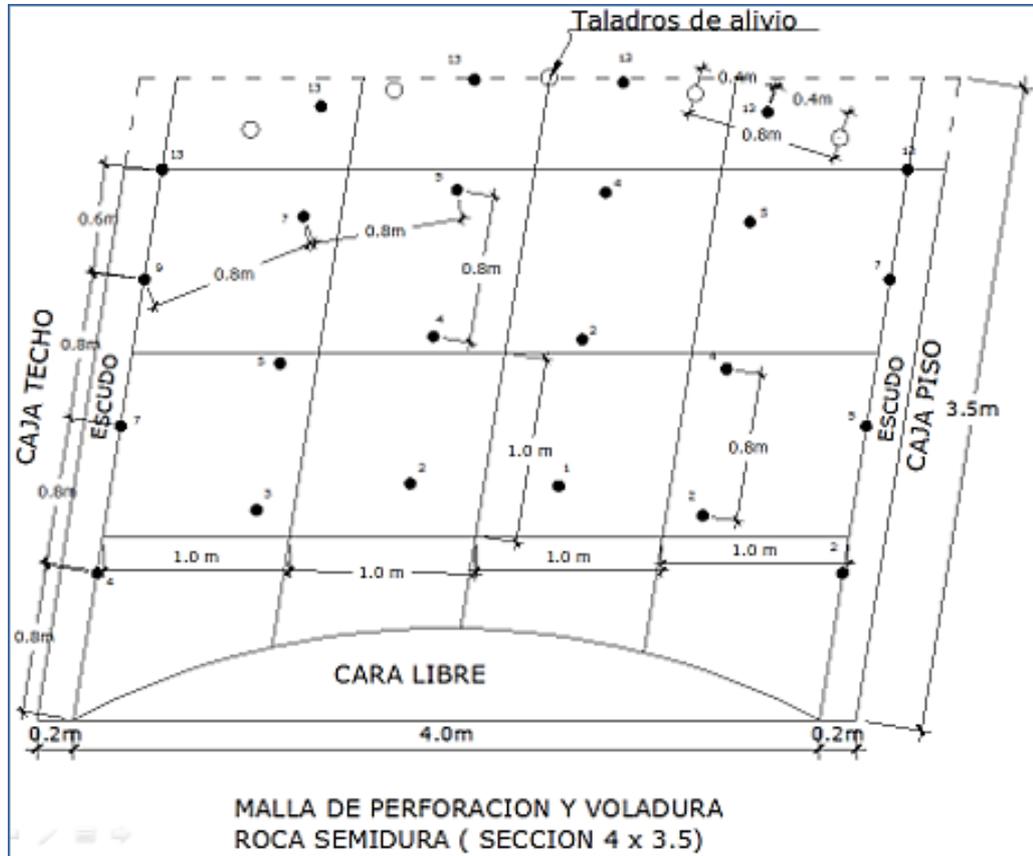
COLUMNA DE CARGA	
Corona	05 Pz/tal de famecorte = 0.714Kg
Cuadradores	1.0 m = 1.425Kg anfo
Producción	1.5 m = 2.144Kg anfo
LEYENDA	
Nº Taladros cargadores	21 Tal
Nº Taladros de Alivio (corona)	04 Tal
Nº de Emulsiones	18 Und. (1.9 Kg.)
Nº de Famecorte	30 (4.1 Kg.)
Cantidad de anfo	28.0 Kg.
Factor de Carga	0.200 (0.200Kg/ton)
Longitud de Taladro	3.0 Mt.
Diámetro de Taladro	45 mm.
● Taladro de producción	
○ Taladro de Alivio (corona)	

PANELES	CANTIDAD
CORTO PERIODO m . s	PIEZAS (Pz)
Nº 1	1
Nº 2	3
Nº 4	5
Nº 5	4
Nº 7	2
Nº 13	6
Pentacord = 10 ml	Total 21 Pz

4.3.18. Tipo de malla para tipo de roca III B, RMR (41-50)

Figura 39

Tipo de malla para roca III B, RMR (41-50)



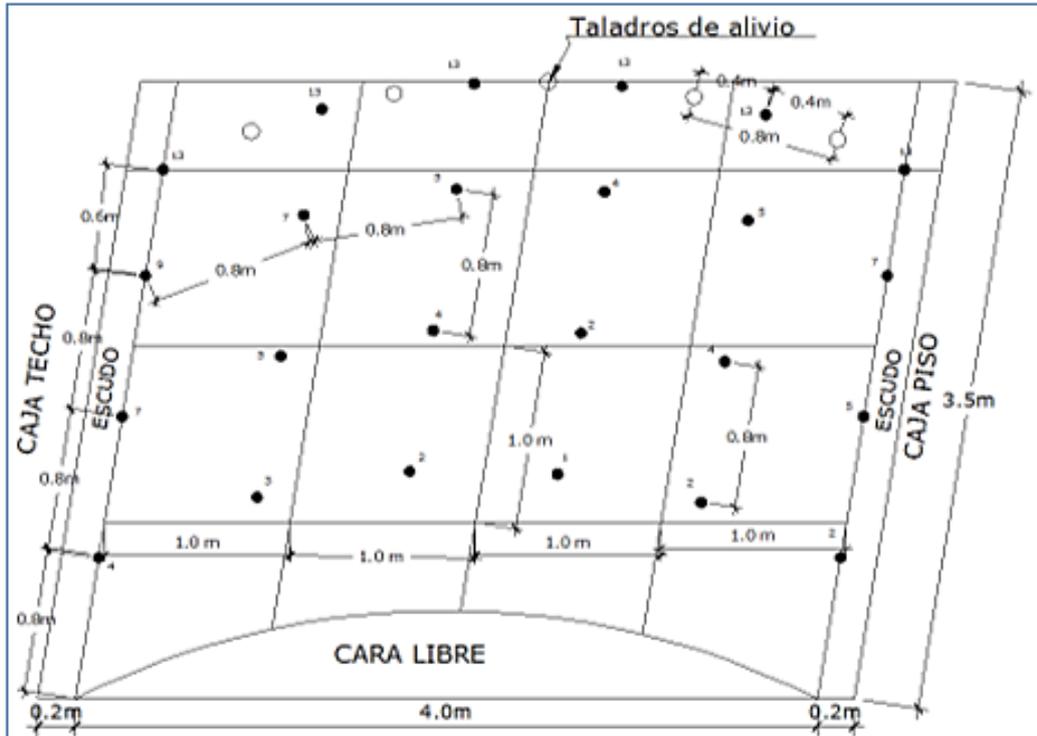
PANELES	CANTIDAD
CORTO PERIODO m. s	PIEZAS (Pz)
Nº 1	1
Nº 2	3
Nº 3	2
Nº 4	4
Nº 5	4
Nº 7	3
Nº 9	1
Nº 13	6
Pentacord = 18 m t	
Tacos de arcilla 18 Pz	
Total 24 Pz	

COLUMNA DE CARGA	
Corona	0.7 m (1.000Kg anfo)
Cuadradores	1.0 m (1.425Kg anfo)
Producción	2.2 m (3.144Kg anfo)
LEYENDA	
Nº Taladros cargadores	24 Tal
Nº Taladros de Alivio (arranque)	05 Tal
Nº de Emulsiones	18 Und. (1.9 Kg.)
Nº de Famecorte	36 (4.9 Kg.)
Cantidad de anfo	48.0 Kg.
Factor de Carga	0.250 (0.250Kg/ton)
Longitud de Taladro	4.0 Mt.
Diámetro de Taladro	45 mm.
● Taladro de producción	
○ Taladro de Alivio (corona)	

4.3.19. Tipo de malla para tipo de roca III A, RMR (51-60)

Figura 40

Tipo de malla para roca III A, RMR (51-60)



PANELES	CANTIDAD
CORTO PERIODO (m. S)	PIEZAS (Pz)
Nº 1	1
Nº 2	3
Nº 3	2
Nº 4	4
Nº 5	4
Nº 7	3
Nº 9	1
Nº 13	6
Pentacord = 12 mt	
Tacos de arilla 18 Pz	
Total 24 Pz	

COLUMNA DE CARGA	
Corona	05 Pz/tal de famecorte = 0.714Kg
Cuadradores	1.0 m = 1.425Kg anfo
Producción	1.5 m = 2.144Kg anfo
LEYENDA	
Nº Taladros cargadores	24 Tal
Nº Taladros de Alivio (corona)	05 Tal
Nº de Emulsiones	18 Und. (1.9 Kg.)
Nº de Famecorte	30 (4.2 Kg.)
Cantidad de anfo	36.0 Kg.
Factor de Carga	0.200 (0.200Kg/ton)
Longitud de Taladro	3.0 Mt.
Diámetro de Taladro	45 mm.
● Taladro de producción	
○ Taladro de Alivio (arranque)	

4.3.20. Uso de explosivos adecuados

Figura 41

Uso de explosivos adecuados



Acoplamiento del explosivo

Figura 42

Acoplamiento del explosivo



4.3.21. Engrasadora manual

Figura 43

Engrasadora manual



4.3.22. Paneles Geomecánicos

Figura 44

Paneles Geomecánicos



4.3.23. Voladura controlada

Figura 45

Voladura controlada



4.4. **Discusión de resultados**

Para la realización de la investigación se tuvo que formar los círculos de calidad, usando una metodología que comprendió 7 pasos. Estos pasos los explicamos a continuación.

Paso uno

Identificación del problema: Se identificó cuatro problemas principales

Fragmentación,

Daño al macizo rocoso

Sobre excavación

Incidencia de la geomecánica en la perforación y voladura

Estableciéndose los criterios de selección, su ponderación y evaluación dando como resultados de priorizar la solución de estos problemas, en primer lugar, el daño al macizo rocoso, 2do incidencia geomecánica de la roca, 3ro la

fragmentación, y 4to la sobreescavacion; estos problemas traen consigo varios efectos como se muestra en el desarrollo de la tesis, planteándose objetivos a alcanzar.

Paso dos

Consistió en un diagnóstico del proceso de perforación y voladura, donde se observó que en cada guardia se realizan tres disparos, tardándose 1.30 hrs en el desatado, lo que produce un retraso del equipo de limpieza.

Se tiene un 30 % de labores críticas de estabilidad, también hay sobre roturas en las rocas tipo II B y IV A

La clasificación del macizo rocoso de la mina cuenta con tres tipos de roca; roca tipo II buena B, roca tipo III regular A y B; roca tipo IV mala A.

El sostenimiento a emplear es de pernos helicoidales, cables de 6 a 8 m, malla electrosoldada 2 x 2 pulgadas, shotcrete de 2 pulgadas con fibra de acero.

La cantidad de pernos colocados durante el año 2021 fue de 21,076 unidades con un costo de 7.85 \$/perno.

El factor de potencia promedio fluctuó entre 0.32 – 0.35 kg/ton

Los incidentes por caída de rocas en los años 2020 y 2021 tuvieron como incidentes desprendimiento de rocas, falta de sostenimiento, operación con máquinas, explosivos dentro de los incidentes.

Paso tres

Se identificaron las posibles causas que generan los problemas, encontrándose 15 posibles causas producidos por los materiales, maquinas, método y personal, los cuales van a generar paradas de la producción debido a que no existe formato de evaluación del disparo, no se conserva el paralelismo de los taladros, no hay voladura controlada o diámetro de brocas excesivo y baja disponibilidad mecánica de los equipos.

Paso cuatro

Se planteo las posibles soluciones a los problemas principales.

Para el caso de perforaciones que elevan el techo o no conservan el paralelismo la posible solución es elaborar PET de trabajo, capacitar a los trabajadores, usar el clinómetro, escuadras.

En el caso de que no exista un seguimiento diario de la supervisión se debe implementar formatos

Cuando no existen explosivos adecuados para la voladura controlada y la mala distribución de retardos, se debe disminuir la carga operante, hacer un estudio de vibraciones y mejorar la distribución de retardos.

Baja disponibilidad mecánica de los equipos se debe contar con stock de repuestos críticos, y mejorar la disponibilidad mecánica.

Paso cinco

Se estableció un cronograma de implementación de mejoras para las diferentes actividades de perforación y voladura.

Paso seis

Evaluación de avances, en caso de incidentes de caída de rocas el 2022 se llegó a 58 incidentes que representa un 30 %.

En seguridad los incidentes por caída de rocas bajo ostensiblemente el año 2022 de 310 año 2020 a 58 el año 2022.

Las vibraciones también disminuyeron al usar brocas de 45 mm

El factor de potencia el 2022 estuvo entre 0.18 a 0.28 kg/tn.

El consumo de pernos estuvo entre 2166 y 1485 notándose una disminución mes a mes.

Las áreas críticas de estabilidad bajo de 25 % enero a 15 % en octubre.

Paso siete

Estandarización de las operaciones, en esta etapa se logró mejorar las actividades de perforación y voladura logrando mejorar la situación anterior en cuanto a: las labores cuentan con líneas de referencia, uso de inclinómetros, de escuadras, uso de hojas de formato de disparo, se bajó el factor de potencia,

establecer que la perforación y carguío debe realizar de acuerdo al tipo de roca, usar explosivos para voladura perimetrales, contar con equipo con grasera manual, la disponibilidad mecánica se establece en un 76 %, establecer el uso de brocas de 45 mm, contar con planos Geomecánicos.

CONCLUSIONES

1. La metodología seguida en la presente investigación nos ha dado buenos resultados, ya que nos permitió identificar los problemas, causas, plantear soluciones y realizar una estandarización del trabajo.
2. Durante la realización de la investigación se logró identificar cuatro principales problemas para los cuales se estableció un orden de prioridad en su solución, que viene a ser:
 - Primero: daño al macizo rocoso
 - Segundo: Incidencia geomecánica de la roca
 - Tercero: fragmentación
 - Cuarto: sobre excavación.
3. Las causas identificadas durante la investigación fueron tanto por los materiales, maquinas, metodo empleado, persona. Logrando establecerse 15 causas, las cuales son:
 - Los equipos de perforacion no mantienen el paralelismo
 - Calidad de aceros de perforacion deficiente
 - No existe formato de evaluación del disparo
 - Tiempos de perforacion, limpieza, carguío deficiente
 - No hay estudios sobre vibraciones por disparo
 - No realizan la limpieza de los taladros
 - No hay diseño de la malla de perforacion de acuerdo al tipo de roca
 - Carga excesiva en taladros de corona y cajas
 - Baja disponibilidad mecánica de equipos
 - No hay métodos de voladura controlada
 - Falta planos Geomecánicos de las labores
 - Los perforistas levantan el techo de las labores al perforar
 - No usan clinómetros, escuadras
 - No pintan las líneas de referencias

4. las posibles soluciones propuestas en la investigación son:

Elaborar PET de trabajo, Capacitar operadores, Uso de clinómetros, escuadras, Implementar formatos, Disminuir carga operante, Estudio de vibraciones, Mejorar distribución de retardos, Stock de repuestos críticos, Engrase manual diario, Mejorar la disponibilidad mecánica de los equipos

5. Los resultados obtenidos en la aplicación de la investigación son:

- Incidentes por caída de rocas se bajó a 58 incidentes el 2022
- El nivel de vibraciones se bajó a 11.3 mm/seg. el 2022
- El factor de potencia se estableció entre 0.18 a 0.28
- El consumo de pernos de sostenimiento fue de 1485 el 2022
- Las áreas críticas de la estabilidad de la roca se bajaron a 15 % el 2022

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que el equipo de Mejoramiento de la calidad que presenta este trabajo continúe trabajando con el fin de llegar a la esencia de la calidad y reflejar que podemos ser competitivos en este mundo globalizado.
3. Se recomienda seguir el plan de trabajo propuesto en la presente investigación.
4. Se debe mantener la estandarización propuesto para mejorar los resultados.
5. Realizar una supervisión adecuada y evaluar mensualmente el cumplimiento de los objetivos propuestos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCALDE, J. (2019). *Emulsión gasificada en reemplazo de heavy anfo para reducir el P80 en la fragmentación e incrementar la productividad en carguío, acarreo y chancado en mina Shougang Hierro Perú*. [tesis de licenciamiento, U.N. de Trujillo] repositorio institucional U.N. de Trujillo.
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). *Perforacion y voladura de rocas en mineria*. DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS, Universidad Poitecnica de Madrid.
- CALUA, F. (2019). *PROPUESTA DE MINIMIZACIÓN DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS PARA UNA MAYOR PRODUCCIÓN EN CARGUÍO Y ACARREO EN CIA. MINERA COIMOLACHE S.A.* [tesis de licenciamiento, U.N. de Cajamarca]repositorio institucional U.N.Cajamarca.
- CASIANO, P. (2018). *REEMPLAZO DE LA EMULSIÓN MATRIZ MEX 60/40 POR LA EMULSION FORTIS ADVANTAGE GASIFICADA 65/35, PARA MITIGAR LA EMISION DE GASES NITROSOS EN LA UNIDAD DE PRODUCCION LAGUNAS NORTE*. [tesis de licenciamiento, U.N. de Trujillo]repositorio institucional U.N. d Trujillo.
- CHAMBI, E. (2018). *EVALUACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA Y ECOLÓGICA DE LA APLICACIÓN DE EMULSIÓN GASIFICABLE EN LUGAR DE HEAVY ANFO TRADICIONAL EN MINA APUMAYO*. [tesis de licenciamiento, U.N. San Agustín de Arequipa] repositorio institucional U.N. San Agustín de Arequipa.
- ENAEX. (s.f.). *Manual de tronadura ENAEX S.A.* ENAEX, Gerencia tecnica.
- ESCRIBA, E. (2018). [tesis de licenciatura, U. N. San Agustín de Arequipa]repositorio institucional U.N.San Agustín de Arequipa.
- EXSA. (s.f.). *Manual práctico de voladura, 4ta edicion.* exsa.
- FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. (2018). *Emulsiones/Hidrigel a granel no sensibilizado SAN-G APU.*

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

Instituto Geologico y Minero de España. (1987). *Manual de perforacion y voladura de rocas*. Instituto Geologico y Minero de España.

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

ANEXOS

Anexo A

Formato de evaluación de disparo



CIA. MINERA LA SANTA TERESITA S.A.
MINA HUANZALA
DIVISION MINA

REPORTE DE PERFORACION Y VOLADURA



FECHA:
SUPERVISOR:
TURNO:

TIPO: EXPLOTACION
PREPARACION
DESARROLLOS

REPORTADO POR:

TIPO DE PERFORACION

BRESTING
FRENTE
REALCE
DESQUINCHE

CHIMENEA
PLASTE0

MINERAL
3.7 TON / M³

DESMONTE
2.5 TON / M³

ZONA							
LABOR							
SECCION							
TIPO							
EQUIPO							
TIPO DE ROCA							
TIPO DE PERFORACION							
LONG. TALADRO (mt.)							
N° TALADROS							
N° EMULSIONES							
N° DINAMITA							
N° FAMECORTE							
KG. DE ANFO							
N° DE FANELES							
PENTACORD (mt.)							
N° DE GUIA							
AVANCE DE DISPARO							
EFICIENCIA DE DISPARO							
N° DE CAÑAS							
TIROS CORTADOS							
TACOS EN DISPARO							
GRANULOMETRIA							
VOLUMEN							
TONELADAS							
FP (KG / TON)							
FC (KG / M ³)							
TON / TALADRO							
TOTAL DE METROS PERFO							

OBSERVACIONES: _____

Anexo B Cartilla Geomecánica

 <small>EST-50-01-02-01-001-001</small> <small>Version: 04</small> <small>Actualización: 10-Julio-2020</small> CARTILLA GEOMECAÁNICA <small>LABO RES TIEMPO RÁPIDO Y PERMANENTES</small> <small>SECC I R: 3.00m - 4.00m</small>																		
<table border="1"> <tr><td>A</td><td>Ferrocemento (control de bloques y tres bloques)</td></tr> <tr><td>B</td><td>Ferrocemento (1.50 a 1.80m)</td></tr> <tr><td>C</td><td>Ferrocemento (1.50 a 1.80m) + Mala ocasional</td></tr> <tr><td>D</td><td>Ferrocemento (1.00 a 1.50m) + Mala ocasional</td></tr> <tr><td>E</td><td>Ferrocemento (1.00 a 1.50m) + Chokete 2"</td></tr> <tr><td>F</td><td>Cintas metálicas o cuneos de madera espaciado de 1.20 a 1.50m</td></tr> </table>		A	Ferrocemento (control de bloques y tres bloques)	B	Ferrocemento (1.50 a 1.80m)	C	Ferrocemento (1.50 a 1.80m) + Mala ocasional	D	Ferrocemento (1.00 a 1.50m) + Mala ocasional	E	Ferrocemento (1.00 a 1.50m) + Chokete 2"	F	Cintas metálicas o cuneos de madera espaciado de 1.20 a 1.50m	CONDICION SUPERFICIAL				
A	Ferrocemento (control de bloques y tres bloques)																	
B	Ferrocemento (1.50 a 1.80m)																	
C	Ferrocemento (1.50 a 1.80m) + Mala ocasional																	
D	Ferrocemento (1.00 a 1.50m) + Mala ocasional																	
E	Ferrocemento (1.00 a 1.50m) + Chokete 2"																	
F	Cintas metálicas o cuneos de madera espaciado de 1.20 a 1.50m																	
CONDICION ESTRUCTURA		CONDICION SUPERFICIAL																
 <p>LEVEMENTE FRACTURADA (LF) TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI (RQD 75 - 90) (2 A 6 FRACT. POR METRO CUADRADO)</p>	LFMB	LF/B	LF/R															
 <p>FRACTURADA (F) MUY BIEN TRABADA, NO DESTRUBADA BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (RQD 50 - 75) (6 A 12 FRACT. POR METRO CUADRADO)</p>	FMB	F/B	F/R															
 <p>MUY FRACTURADA (MF) MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DESTRUBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (RQD 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO CUADRADO)</p>	MFMB	MF/B	MF/R	MF/P	MF/PA													
 <p>INTENSAMENTE FRACTURADA (IF) PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES (RQD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO CUADRADO)</p>		IF/B	IF/R	IF/P	IF/PA													
 <p>TRITURADA O RELLENO (T) LIGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DESGREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (RQD 0)</p>			T/R	T/P	T/PA													

- ### METODOLOGIA DE APLICACION
- Para utilizar esta tabla se determina in-situ lo siguiente:
 - Parámetro de **CONDICION ESTRUCTURAL**, según la cantidad de fracturas por metro cuadrado definidas con el flexómetro.
 - Parámetro de **CONDICION SUPERFICIAL**, según la resistencia de la roca definida por la cantidad de golpes de la picota y/o barretilla con que se rompe o la profundidad de la indentación.
 - Para completar la evaluación se debe tomar en cuenta la presencia de las alteraciones en las paredes de las discontinuidades y el tipo de relleno (granular, limoso o arcilloso), rugosidad de las discontinuidades (lisas, ligeramente rugosas, rugosas), presencia de agua en goteo o flujo, presencia o cercanía de fallas, orientación de discontinuidades, pues estos factores influyen en la resistencia del macizo rocoso.
 - Para hallar el "GSI" el área debe encontrarse bien desatado y lavado diferenciando fracturas naturales y de voladura.
 - En las intersecciones de labores y zonas con goteo y/o flujo de agua, el sostenimiento determinado sufrirá una modificación al inmediato inferior del tipo de roca.
 - Cumplir el Art. 213 del DS-023-2017-EM (Modificatoria del DS 024-2016-EM), aplicando "labor avanzada, labor sostenida"

Tipo Roca	RMR	Clasificación GSI	Tiempo de Autosoporte
I MUY BUENA I	81 - 100	LFMB - LF/B - FMB	10 AÑOS
II BUENA II	61 - 80	LF/R - F/B - MFMB	06 MESES
III - A REGULAR III - A	51 - 60	F/R - MF/B	01 SEMANA
III - B REGULAR III - B	41 - 50	F/P - MF/R - IF/B	01 DIA
IV - A MALA IV - A	31 - 40	MF/P - IF/R	12 HORAS
IV - B MALA IV - B	21 - 30	MFMP - IF/P - T/R	INMEDIATO
V MUY MALA V	00 - 20	IFMP - T/MP - T/P	INMEDIATO

Anexo C

Matriz de Consistencia

Título: “CALIDAD DE LA VOLADURA PARA UNA MEJORA CONTINUA EN COMPAÑÍA MINERA SANTA LUISA – UNIDAD HUANZALA.”.				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>2.3.1 Problema general ¿Qué condiciones de calidad en los parámetros de la voladura hacen que no se tenga una eficiente voladura y que alternativas de solución se puede plantear en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala?</p> <p>2.3.2 Problemas específicos Problema específico a. ¿Qué causas generan problemas en la calidad de la voladura en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala?</p> <p>Problema específico b. ¿Qué alternativas de solución se puede plantear para poder mejorar la calidad de la voladura en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala?</p>	<p>2.4.1 Objetivo general Determinar las condiciones de calidad de los parámetros de la voladura que hacen que no se tenga una eficiente voladura y ver alternativas de solución a plantear en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala</p> <p>2.4.2 Objetivos específicos Objetivo específico a Determinar las causas que generan problemas en la calidad de la voladura en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala</p> <p>Objetivo específico b Determinar que alternativas de solución se puede plantear para poder mejorar la calidad de la voladura en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala</p>	<p>3.4.1 Hipótesis General Si determinamos las condiciones de calidad de los parámetros de voladura podremos plantear alternativas de solución y obtener una eficiente voladura en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala</p> <p>3.4.2 Hipótesis específicas Hipótesis específica a. Las principales causas que generan problemas a la calidad de la voladura son la fragmentación, daño al macizo rocoso, la sobre excavación, incidencia de la geomecánica en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala</p> <p>Hipótesis específica b. Si planteamos algunas alternativas de solución para mejorar la calidad de la voladura obtendremos una voladura eficiente en la Empresa Minera Santa Luisa – Unidad Huanzala</p>	<p>3.5.1 Variables para la hipótesis general Calidad de los parámetros de voladura Alternativas de solución Eficiente voladura</p> <p>3.5.2 Variables para la hipótesis específicas Variables para la hipótesis específica a Problemas de calidad de la voladura Fragmentación, masico rocoso, sobre excavación, la geomecánica</p> <p>Variables para la hipótesis específica b Alternativas de solución, mejora de la calidad, eficiente voladura.</p>	<p>-Tipo de I. investigación aplicada -Nivel de I Un nivel descriptivo. -Metodo de I El metodo a emplear es el científico -Diseño de I. será el no experimental transeccional descriptivos -Población todas las labores de perforacion y voladura que están operativas de la minera Santa Luisa, Unidad Huanzala -Muestra. las labores tajo B-75 y frente D-21 ubicado en el nivel 400 E</p>