

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Evaluación e identificación de las oportunidades de
mejora para el método de explotación bench and fill,
Unidad Minera Uchucchacua**

Giovani Leandro Cuellar Poma
Jhony Salinas Carhuancho

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Ing. Jesús Fernando Martínez Ildefonso

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darnos el conocimiento necesario para cumplir este objetivo profesional. A nuestros padres, por su dedicación, enseñanzas y recomendaciones para formarme profesionalmente.

A la universidad Continental, por brindarnos una formación integral y de calidad.

A los docentes de la EAP de Ingeniería de Minas, por darnos los conocimientos necesarios, para nuestra formación profesional.

DEDICATORIA

A nuestros padres por su apoyo incondicional. A nuestro asesor que, con su conocimiento y experiencia, aportó a nuestra investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	I
ASESOR.....	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	14
1.1 Planteamiento y formulación del problema	14
1.1.1 Planteamiento del problema	14
1.1.2 Formulación del problema	15
1.2 Objetivos.....	16
1.2.1 Objetivo general	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 Justificación e Importancia.....	16
1.3.1 Justificación práctica.....	16
1.3.2 Justificación teórica	17
1.3.3 Justificación metodológica	17
1.4 Hipótesis.....	17
1.4.1 Hipótesis general	17
1.4.2 Hipótesis específicas	18
1.5 Identificación de variables.....	18
1.5.1 Variable independiente	18
1.5.2 Variable dependiente.....	18
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Antecedentes del problema	20
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	20

2.2 Generalidades unidad minera Uchucchacua.....	24
2.2.1 Ubicación y accesibilidad	24
2.3 Bases teóricas	26
2.3.1 Proyecto minero, evaluación de límites para la explotación	26
2.3.2 Método de explotación.....	27
2.3.3 Método de minado Bench and Fill.....	30
2.3.4 Aspecto geomecánico para el método de explotación, Bench and Fill	34
2.3.1 Criterios de la evaluación técnica económica del método de minado Bench and Fill.....	36
CAPÍTULO III MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO	38
3.1 Método y alcances de la investigación.....	38
3.1.1 Método general o teórico de la investigación	38
3.1.2 Alcance de la investigación.....	38
3.2 Diseño de la investigación	39
3.3 Población y muestra	39
3.3.1 Población.....	39
3.3.2 Muestra	39
3.4 Técnicas de recolección de datos	39
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos.....	39
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos	40
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1 Evaluar e identificar las oportunidades de mejora para el método de minado Bench and Fill, unidad minera Uchucchacua.....	41
4.2 Determinar el control de los aspectos técnicos de minado para mejorar el minado Bench and Fill, unidad minera Uchucchacua	42
4.2.1 Mejora de la seguridad en el minado Bench and Fill, unidad minera Uchucchacua.....	42
4.2.2 Análisis del escenario actual del minado <i>Bench and Fill</i> , unidad minera Uchucchacua.....	43
4.2.3 Mejora del planeamiento para la explotación	45
4.3 Determinar el control de los aspectos geomecánicos para mejorar el minado Bench and Fill, unidad minera Uchucchacua.....	55
4.3.1.1 Condiciones de estabilidad estructuralmente controlada del tajeo 6980 de la veta Gina Socorro	55

4.3.1.2 Estabilidad controlada por esfuerzos del tajeo 6980 de la veta Gina Socorro	57
4.4 Determinar el control de las operaciones unitarias principales en el método de minado <i>Bench and Fill</i> , unidad minera Uchucchacua.	58
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	19
Tabla 2. Accesibilidad a la unidad minera Uchucchacua.....	25
Tabla 3. Requerimiento de perforación del mes de enero de año 2021	50
Tabla 4. Cálculo del dimensionamiento de equipo de perforación radial	51
Tabla 5. Costo de operación (opex) para el año 2020.....	66
Tabla 6. Costo de operación (opex) para el año 2021.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación unidad minera Uchucchacua	25
Figura 2. Avance galería con sostenimiento shotcrete y pernos	31
Figura 3. Avance de SN + 1 con sostenimiento shotcrete y pernos	31
Figura 4. Perforación de Slot (Equipo Raptor MINI)	31
Figura 5. Avance de SN+2 y perforación de taladros largos	32
Figura 6. Malla de perforación de taladros largos	32
Figura 7. Voladura de slot (cara libre)	32
Figura 8. Voladura y limpieza de taladros largos (6.00 m)	33
Figura 9. Relleno del slot y los primeros (6.00m)	33
Figura 10. Voladura, limpieza y relleno los siguientes bancos de 6.00 m	34
Figura 11. Volver a las secuencias 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9	34
Figura 12. Comportamiento apertura de subniveles	35
Figura 13. Comportamiento con relleno detrítico cada 10 metros	36
Figura 14. Producción del minado Bench and Fill del año 2020	44
Figura 15. Contorno plástico correspondiente a una influencia de 3.0m y 5.0m tanto en el SN- 6980 de la veta Gina – Socorro	45
Figura 16. Baricentro en la perforación con el equipo Jumbo	46
Figura 17. Programación de perforación vs lo ejecutado	47
Figura 18. Programación de la producción programada y ejecutada del año 2021	48
Figura 19. Reporte de perforación por equipo Simba del año 2021	49
Figura 20. Diseño de malla y gradiente del subnivel del minado Bench and Fill	52
Figura 21. Control de la dilución realizada tras la mejora en la perforación	53
Figura 22. Rampas principales de extracción de mineral	54
Figura 23. Evaluación de rotura estructural controlada y el uso del perno de anclaje (Split set de 7 pies) – Undwedge	56
Figura 24. Evaluación de rotura estructural controlada y el uso del cable bolt – Unwedge	57
Figura 25. Evaluación del Factor de Seguridad del tajeo 6980	58

Figura N. 26: Tiempos de perforación de un taladro con deficiencia operativa y equipo.....	59
Figura N. 27: Tiempos de perforación de un taladro con mejoras operativas y equipo.	60
Figura N. 28: Voladura para método de minado por Bench and Fill	62
Figura N. 29: Diseño para el carguío de taladros largos.....	64
Figura N. 30: Iniciación directa e inversa de cartuchos de Emulsión	65

RESUMEN

En el primer trimestre del año 2020, la unidad minera Uchucchacua no cumplió la programación de la producción, por lo cual se tuvo que evaluar y mejorar las operaciones unitarias principales de la perforación y voladura. Tras la optimización en el primer trimestre de enero, febrero y marzo del año 2021 se tiene un incremento en la perforación que permite superar lo programado de 9 000 metros perforados establecidos por mes a 10 500, que viene hacer 1 500 metros perforados más.

El control de la dilución permitió reducirla, así se mejoró la perforación de nivel a nivel replanteando el baricentro a la hora de realizar la perforación con el equipo jumbo, lo cual trajo buenos resultados. Se minimizo la dilución en la explotación *Bench and Fill*, en vetas angostas, de 13 % al 10 % de dilución respectivamente.

Se elaboró el diagrama de espina de pescado para mejorar la disponibilidad mecánica de los equipos, el rendimiento de los equipos y la utilización de los equipos de perforación. Esto minimizo drásticamente las pérdidas operativas por falta de mantenimiento de los equipos de perforación y aumento la eficiencia en un 80 a un 93%. Además, se ha disminuido el tiempo de perforación en 11.68 minutos por taladro perforado lo cual es muy ventajoso para la operación por el método de explotación, *Bench and Fill*.

Tras las mejoras presentadas se tiene una reducción del costo de operación en el año 2021 en 1.25 dólares por tonelada; es decir, por cada tonelada producida en el método de explotación *Bench and Fill*, se tiene una reducción de 1.25 US\$/t, lo cual aumenta la rentabilidad del proyecto como la eficiencia en seguridad y todo el proceso de producción para este método de explotación.

Palabras Clave: evaluación e identificación de las oportunidades de mejora del método Bench and Fill.

ABSTRACT

In the first quarter of 2020 the Uchucchacua mining unit did not meet the production schedule so it was necessary to evaluate and improve the main unit operations of drilling and blasting after optimization in the first quarter of January, February and March of 2021 there was an increase in drilling, meeting the programmed 9,000 meters drilled per month and 10,500 meters drilled, which is 1,500 meters drilled more.

In order to reduce dilution control, drilling was improved from level to level by redefining the barycenter when drilling with the jumbo rig, which brought good results and minimized dilution in the exploitation by Bench and Fill in narrow veins, from 13% dilution to 10% dilution, respectively.

The fishbone diagram was developed to improve the mechanical availability of the equipment, to improve the performance of the equipment and to improve the utilization of the drilling equipment. This drastically minimized the operational losses due to lack of maintenance of the drilling equipment and increased the efficiency by 80 to 93%, the drilling time has been reduced by 11.68 minutes per drilled hole, which is very advantageous for the operation by the Bench and Fill exploitation method.

After the improvements presented there is a reduction of the operating cost in the year 2021 in 1.25 dollars per ton that is to say for each ton produced in the exploitation method by bench and fill there is a reduction of 1.25 US\$/t, which increases the profitability of the project as the efficiency in safety and the entire production process for this method of exploitation.

Key words: Evaluation and identification of opportunities for improvement of the Bench and Fill method.

INTRODUCCIÓN

En la unidad minera Uchucchacua, la explotación de forma masiva por el método de minado *Bench and Fill* trae consigo la aplicación de perforación de taladros largos y uso de equipos LHD, por lo que se evaluó la idoneidad de aplicar este método de explotación, el objetivo de mejorar los estándares de seguridad, elevar la productividad, cumplir los planes de producción, buscar una oportunidad para reducir los costos de operación en la unidad minera y por ende agregar valor a la organización.

Luego de analizar las condiciones del depósito mineralizado, se concluye que se podría aplicar inicialmente a las estructuras mineralizadas Gina- Socorro por lo que se realizaron estudios sustentados en la evaluación geomecánica del macizo rocoso, donde se comprobó que era técnicamente viable y factible aplicar el método de explotación *sub level stoping* con la variante del *Bench & Fill*, es decir rellenar el tajo con material detrítico proveniente de las labores de desarrollos y preparaciones, esto con la intención de evitar generar demasiados espacios vacíos mientras estos se explotan.

La aplicación de este método de explotación en vetas angostas tiende a producir sobre dilución significativa, incumplimiento de programas de producción y/o desprendimientos inesperados del macizo rocoso, si es que no existe un plan sistemático de control. Ante estos eventos inesperados nace la presente investigación en la evaluación e identificación de las oportunidades de mejora para el método de explotación *Bench and Fill* en la unidad minera Uchucchacua. Buenaventura ha decidido contratar los servicios especializados de BCK Contratistas Generales SAC para evaluar el actual desempeño, el estatus en el control de las operaciones unitarias y sus áreas de soporte del método de explotación *Bench and Fill*. En el aspecto técnico, debemos tener certeza del conocimiento teórico del personal involucrado en la aplicación del método *sub level stoping*.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

Toda empresa minera busca la mejora continua de sus operaciones mineras según el método de explotación que se encuentra realizando, para ello se tiene que evaluar la geología, el macizo rocoso, el ciclo de minado y los parámetros como factores de los equipos de perforación, acarreo y entre otros que sirven para garantizar en una mejora a futuro del método de explotación realizado

A nivel nacional en el Perú, la mayoría de las empresas mecanizadas vienen desarrollando el método de explotación por taladros largos o denominado también *Bench and Fill*. Para este método, el parámetro y factor primordial es la perforación y voladura por ser crucial para determinar la dilución, la extracción con la ley adecuada; a la vez genera incumplimiento de programas y desprendimientos del macizo rocoso, ya que no se tendría un plan sistemático de control respectivamente.

En la unidad minera Uchucchacua, la explotación de forma masiva por el método de minado *Bench and Fill* trae consigo la aplicación de perforación de taladros largos y uso de equipos LHD, por lo que se evaluó la idoneidad de aplicar este método de explotación, el objetivo de mejorar los estándares de seguridad, elevar la productividad, cumplir los planes de producción, buscar una

oportunidad para reducir los costos de operación en la unidad minera y por ende agregar valor a la organización.

Luego de analizar las condiciones del depósito mineralizado, se concluye que se podría aplicar inicialmente a las estructuras mineralizadas Gina- Socorro por lo que se realizaron estudios sustentados en la evaluación geomecánica del macizo rocoso, donde se comprobó que era técnicamente viable y factible aplicar el método de explotación *sub level stoping* con la variante del *Bench & Fill*, es decir rellenar el tajo con material detrítico proveniente de las labores de desarrollos y preparaciones, esto con la intención de evitar generar demasiados espacios vacíos mientras estos se explotan.

La aplicación de este método de explotación en vetas angostas tiende a producir sobre dilución significativa, incumplimiento de programas de producción y/o desprendimientos inesperados del macizo rocoso, si es que no existe un plan sistemático de control. Ante estos eventos inesperados nace la presente investigación en la evaluación e identificación de las oportunidades de mejora para el método de explotación *Bench and Fill* en la unidad minera Uchucchacua. Buenaventura ha decidido contratar los servicios especializados de BCK Contratistas Generales SAC para evaluar el actual desempeño, el estatus en el control de las operaciones unitarias y sus áreas de soporte del método de explotación *Bench and Fill*. En el aspecto técnico, debemos tener certeza del conocimiento teórico del personal involucrado en la aplicación del método *sub level stoping*.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1.Problema general

¿Cómo será la evaluación e identificación de las oportunidades de mejora para el método de explotación, *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua?

1.1.2.2.Problemas específicos

- ¿Cómo influirá el control de los aspectos técnicos de minado para mejorar la explotación *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua?

- ¿Cómo influirá el control de los aspectos geomecánicos para mejorar la explotación *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua?
- ¿Cómo influirá el control de las operaciones unitarias principales en el método de explotación *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar e identificar las oportunidades de mejora para el método de explotación *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar el control de los aspectos técnicos de minado para mejorar la explotación *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua
- Determinar el control de los aspectos geomecánicos para mejorar la explotación *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua
- Determinar el control de las operaciones unitarias principales en el método de explotación *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua.

1.3 Justificación e Importancia

1.3.1 Justificación práctica

La unidad minera Uchucchacua viene realizando el método de explotación por el método de explotación *sub level stoping*, en los tajos que se viene aplicando la variante *Bench and Fill*, por deficiencias en los aspectos técnicos específicamente aquellos que están relacionados con las estructuras mineralizada Gina-Socorro, donde se aplican perforación con taladros largos, desde el fundamento teórico para la aplicación de este método de explotación hasta la operación de voladura actual, identificando los desvíos, causas de las operaciones mineras y su medición respectiva. Específicamente se han diagnosticado los procesos de las operaciones unitarias mineras como son:

perforación, voladura, carguío, acarreo y relleno con material detrítico, entre las actividades más relevantes que impactan en los resultados operacionales

1.3.2 Justificación teórica

Desde el punto de vista de planeamiento y gestión de indicadores, se han identificado parámetros que están siendo calculados con una metodología que puede ser mejorada para tener mayor certeza en sus controles como es la dilución en tonelaje y en leyes. También, se ha identificado que es necesario implementar indicadores de gestión para el logro de los objetivos desde el punto de vista de cumplimiento de metas físicas y de costos.

La identificación de oportunidades de mejora en las actividades genera mayor impacto en los resultados como son las operaciones unitarias de perforación de taladros largos, voladura masiva, en la evaluación geomecánica e identificación del macizo rocoso y en la etapa de preparación de los subniveles. Para esto se hicieron visitas técnicas a los tajos mencionados, se interactuó con el personal involucrado a nivel de supervisión y de operadores, se inspeccionaron los equipos LHD, de perforación como es el modelo Nautillus de la empresa Resefer.

1.3.3 Justificación metodológica

La presente investigación constituirá un aporte metodológico para la base a la experiencia y teniendo como premisa que Buenaventura es una empresa de clase mundial, se realizó observaciones desde el punto de vista de seguridad ya que el método implica ciertos riesgos al personal y a los equipos, que son inherentes al método de explotación, como son los desprendimientos de rocas, colapsos de zonas abiertas y caídas de distinto nivel, teniendo en cuenta que se tienen bancos de producción y quedan abiertas alturas de 14 metros entre dos niveles durante cierto periodo de tiempo

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

La evaluación e identificación de las oportunidades de mejora es factible y viable para el método de explotación *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua.

1.4.2 Hipótesis específicas

- El control de los aspectos técnicos de minado es factible para mejorar la explotación *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua.
- El control de los aspectos geomecánicos es factible para mejorar la explotación *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua.
- El control de las operaciones unitarias principales es factible y viable en el método de explotación *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua.

1.5 Identificación de variables

1.5.1 Variable independiente

Evaluación e identificación de las oportunidades de mejora

1.5.2 Variable dependiente

Método de minado *Bench and Fill*

1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

.

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I.: Evaluación e identificación de las oportunidades de mejora.	Es el diagnóstico del método de explotación Bench and Fill, de los tajos de explotación, donde se aplican perforación con taladros largos, Específicamente es identificación de los procesos de las operaciones unitarias mineras a mejorar como son: Perforación, voladura, carguío, acarreo y relleno con material detrítico, entre las actividades más relevantes que impactan en los resultados operacionales..	Evaluación de la caracterización del macizo rocoso. Control y evaluación de los aspectos técnicos.	• Clasificación geomecánica de Bieniawsky. • RMR. • Dimensiones de las labores de extracción. • Baricentro. • Dilución • Balance de perforación
V.D.: Método de minado Bench and Fill.	Es la explotación minera de enorme volumen aplicada a ensamblajes de mayor extensión notable con un hundimiento prácticamente ascendente de nivel a nivel, aplicable en roca competente, la perforación se realiza con equipos simbas e jumbos electro-hidráulicos, el apilamiento con equipo scooptram y el transporte con volquetes de 10 m3. El banqueo cuenta con una altura de 8 a 30 metros de longitud.	Control de los aspectos técnicos. Control y evaluación de las operaciones unitarias principales	• Dimensiones de las labores de extracción. • Baricentro. • Dilución • Rendimiento de la perforación. • Rendimiento de la voladura. • Rendimiento del carguío, acarreo • Rendimiento del relleno de material detrítico

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes nacionales

- a) Tesis de investigación titulada: *“Minado selectivo para explotar vetas angostas de oro en la minera Marsa S.A. Pataz – Región la Libertad”*. El objetivo del estudio es la determinación de un método de minado selectivo para explotar vetas de oro en la minera Marsa S.A Pataz. Región la Libertad. (1). Además, la metodología tiene las siguientes características: (1)
- ✓ La utilización de la técnica específica trabaja sobre la utilidad de la doble explotación de las vetas de la mina de marsa. (1)
 - ✓ La utilización de la estrategia específica disminuye fundamentalmente el debilitamiento de un normal de 75 % a un 8 % en el doble-dealing de las vetas de oro en la mina Marsa. (1)
 - ✓ Mientras se evalúa la técnica particular se tiende a notar que la estabilidad de los contenedores en el doble-dealing de las vetas de oro de la mina Marsa se consigue al siguiente nivel. (1)
 - ✓ Al utilizar la técnica particular, la utilización peligrosa se reduce de 62,4 kilogramos por disparo a 53,33 kilogramos por disparo en general. (1)

- ✓ La aplicación de la estrategia particular funciona en la competencia de tiro del 90% al 95%. (1)
- ✓ La aplicación de esta estrategia concreta limita los costes de extracción de 154,75 \$/t a 149,12 \$/t. Esto implica un coste menor de 5,63 \$/t recogiendo durante un año la cantidad de 135 120 \$/24 000 t. (1)
- b) Tesis de investigación titulada: “*Aplicación del método de explotación taladros largos en vetas angostas sin By Pass - veta Ramal Alianza de minera Argentum*”. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para mejorar la producción mediante la aplicación del método de explotación *sublevel stoping* con taladros largos en vetas angostas – veta Ramal Alianza de minera Argentum. (2). Además, la metodología tiene las siguientes características (2):
 - ✓ La utilización de la técnica de explotación minera por subniveles con aberturas largas en la veta Ramal Alianza permitió la expansión en curso de 580.479 toneladas creadas durante el período 2012 a 743.680 toneladas entregadas en el período 2019, así como una expansión más prominente en el costo en dinero real de 24,97 dólares a 44,33 dólares durante un período similar, trabajando en el beneficio de la actividad. (2)
 - ✓ Una parte más significativa de la utilización de la técnica de explotación minera de subniveles es la disminución de los gastos de trabajo por el mayor tonelaje producido de 112,42 \$/t en el período 2012 a 78,48 \$/t en el período 2019, esta disminución de los costos afectó directamente la disminución de los gastos de mina de 61,41 \$/t a 39,54 \$/t en un período similar. (2)
 - ✓ La veta Alianza y Ramal Alianza está situada en rocas volcánicas de organización andesítica, teniendo un lugar con el racimo Mitu, parte Santa Catalina. Tiene una dirección trascendente de N45°E/60°-80°SE, con anchos de 1,5 a 2,5 m. (2)
 - ✓ La doble explotación de las vetas Alianza y Ramal Alianza por la estrategia de corte de subniveles con aberturas largas no presentará ningún riesgo de

estabilidad para las plazas de 20,0 m de longitud y 13,0 m de altura de asiento sin ayuda ($RH=3,94$), siendo la estatura absoluta entre subniveles de 20,0 m. (2)

c) Tesis de investigación titulada *“Aplicación de taladros largos para la reducción de costos operativos en el tajo 012 del nivel 18 – zona La Oroya, Compañía Minera Casapalca S. A. – 2019”*. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para determinar la influencia de la aplicación de taladros largos para la reducción de costos de operaciones en el Tajo 012, nivel 18 – zona La Oroya de la Compañía Minera Casapalca. (3). Además, la metodología tiene las siguientes características (3):

✓ La ejecución de la estrategia de apertura larga en abanico permite que la explotación del metal sea real y financieramente práctico en contraste con la técnica pasada, logrando una alta eficiencia al ajustarse a las condiciones del terreno y geomecánicas encontradas en el pozo, así como estos elementos son partes significativas para la seguridad de los trabajadores y el hardware. (3)

✓ En los cálculos del plano de minado, así como de los taladros de apertura y creación, se ha trabajado con modelos numéricos de Langerfords, este resultado ha sido utilizado en las secciones transversales referenciadas; asimismo, se ha trabajado con una pila recta de 2.71 kg/m, con la pila de trabajo de 54.70 kg y una variable de potencia de 1.0 kg/m³ de esta manera la disminución de la utilización de explosivos ha sido clave para la disminución de los gastos de las actividades del Tajo 012 del nivel 18, zona de La Oroya. (3)

✓ Para aplicar esta técnica en la mediana minería, es fundamental un alto interés en el giro y el trabajo de campo por el abuso, ya que los gastos abordan en algún lugar en el rango de 30 % y 40 % de los gastos completos, sin embargo, a la hora de la doble negociación es realmente beneficioso debido a la gran creación de metal por un precio mínimo, ya que, para esta situación de la estrategia de corte y relleno, el gasto absoluto ha sido de 18.12 US\$/t, y en

aperturas largas es de 11.07 US\$/t. Estas distinciones fueron excepcionalmente definitivas en las expectativas antes de la toma de decisión para la diferencia de estrategia minera en la Compañía Minera Casapalca. (3)

d) Tesis de investigación titulada: "*Incremento de la producción mediante la aplicación del método Bench & Fill en veta el Ángel del Tajo 227 NE de Compañía Minera Brexia Goldplata Perú S.A.C*". El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para incrementar la producción mediante la aplicación de un nuevo método de explotación subterránea de la veta el Ángel del Tajo 227 NE de Compañía Minera Brexia Goldplata Perú S.A.C. (4). Además, la **metodología** tiene las siguientes características (4):

- ✓ La utilización de la nueva estrategia de minería subterránea *Bench and Fill* ha ampliado la creación en la veta El Ángel de labor 227 NE de la Compañía Minera Brexia Goldplata Perú S.A.C., automatizando la penetración con un aparato Nautilus y la extracción de metales con un equipo Scooptram ST - 2G con un marco controlador.(4)
- ✓ Se demuestra con éxito la expansión en la creación de mineral aplicando la técnica de *Bench and Fill* en la veta Ángel del tajo 227 NE de la Compañía Minera Brexia Goldplata Perú SA.C. por el doble tajo de 10 metros de altura, teniendo una mayor utilidad por cada vigía de 22.5 ton/hombre-día.(4)
- ✓ Esta técnica permitió disminuir los costos de operación de la compañía minera Brexia Goldplata Perú S.A.C. Como debería ser visible en el examen de las tablas 22 y 23, que muestran los gastos de explotación de la estrategia de *Bench and Fill* (28,49 \$/t) y Cut and Fill (41,58 \$/t); obteniendo un ingreso global de 20,78 \$/t utilizando la técnica de *Bench and Fill*.(4)
- ✓ Es fundamental realizar un estudio geomecánico minucioso que nos permita diseccionar si el uso de la estrategia de *Bench and Fill* es factible o no, ya que es fundamental saber si la naturaleza del macizo de piedra es práctica para la

técnica, teniendo en cuenta la hora de autoapoyo y el rango de presión impulsado en su mayor parte.(4)

e) Tesis de investigación titulada: "*La influencia del método corte y relleno ascendente con taladros largos en la producción de la Mina Animón – Volcan*". El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para determinar la influencia del método de minado corte y relleno ascendente con taladros largos en la producción de la mina Animón. (5). Además, la metodología tiene las siguientes características (5):

- ✓ La creación de la mina Animó con la técnica de corte de relleno de toma larga aumenta en un 2,09 % lo que se refleja en 3820 MT con una ley de 2,18 %. (5)
- ✓ El debilitamiento de la técnica de corte y relleno con aberturas largas es del 3,8 % y está en el alcance esperado en el arreglo de trabajo. (5)
- ✓ La ley de extracción observada entre la estrategia habitual de corte y relleno y la técnica de corte y relleno con aperturas largas tiene una distinción de 8,01 dólares por tonelada. (5)
- ✓ El marco de Lyner es una opción plausible para comenzar a disminuir el factor de potencia en un 52,63 %; en la estrategia de corte y relleno con perforaciones largas y adquirir resultados similares con menos explosivos. (5)
- ✓ La extracción de mineral se ve impactada en su exposición ya que los tajos tienen una longitud más notable de 200 m y de esta manera disminuyendo el límite de la cuchara de un trabajo incesante. (5)

2.2 Generalidades unidad minera Uchucchacua

2.2.1 Ubicación y accesibilidad

La unidad minera Uchucchacua se encuentra ubicada en el distrito de Oyón, provincia del mismo nombre en el departamento de Lima, enclavado en la

vertiente occidental de los Andes. (6)

Tiene como coordenadas geográficas los siguientes:

- Latitud sur: 10°26'34". (6)
- Longitud oeste: 76°50'56". (6)

Sus coordenadas UTM son:

- Norte 8845500
- Este 309700

Tabla 2. Accesibilidad a la unidad minera Uchucchacua

Ruta 1	Distancia	Ruta 2	Distancia
Lima- Huacho (asfaltado)	150 km	Lima - La Oroya (asfaltado)	184 km
Huacho-Sayán (asfaltado)	45 km	La Oroya – Cerro de Pasco (asfaltado)	136 km
Sayán-Churin (afirmado)	62 km	Cerro de Pasco- Uchucchacua	70 km
Churin-Uchucchacua (afirmado)	63 km		
TOTAL:	320km	TOTAL:	390 km

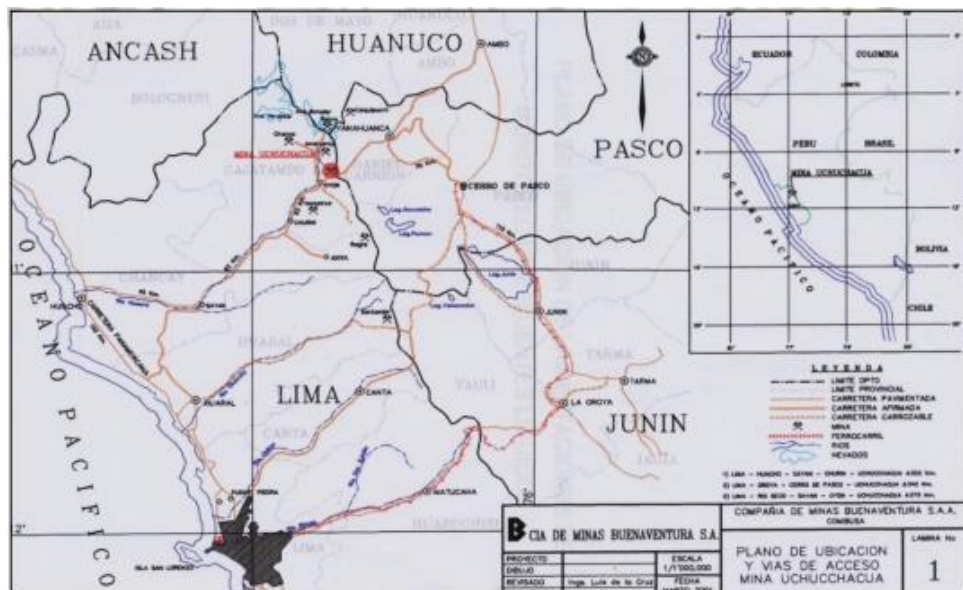


Figura 1. Plano de ubicación unidad minera Uchucchacua

Tomado de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., unidad minera Uchucchacua (6)

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Proyecto minero, evaluación de límites para la explotación

a) Proyecto minero

Determinar los límites de explotación y secuenciamiento de extracción del yacimiento que entregue el mayor beneficio económico. (7) Para esto se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Evaluación del modelo de bloques con software para determinar la calidad de recursos minerales.
- Evaluar el modelo de costos para la estimación de costos en el largo plazo. (7)
- Evaluación del precio de largo plazo del mineral que será explotado
- Determinar los parámetros de diseño de la explotación como son los ángulos de talud y recuperación metalúrgica. (7)

b) Recursos mineros

Este es el elemento del negocio minero que quizás más lo separa de otras actividades, ya que los activos con los que trabaja son agotables, en lo que respecta a las necesidades humanas, los minerales no son renovables debido a que han sido formados por procesos terrestres, por lo que el ritmo de inicio es mucho más lento que el de utilización. Los resultados del consumo de los almacenes, en constante evolución, son excepcionalmente fluctuantes. (7)

c) Objetivo de la empresa minera

El movimiento creado por la minería es de carácter empresarial, por ejemplo, sus propietarios buscan resultados monetarios, como remuneración por el capital aportado, el esfuerzo competente y el riesgo que deben aceptar.

d) Factibilidad del proyecto minero

Esta es la evaluación más interna y externa del mercado, las investigaciones innovadoras costo de inversión y el capital de trabajo, el tamaño y el área, los insumos y la empresa natural, en esta fase, el plan de ejecución y el nombramiento siguen en el aire. (7)

Este análisis previo al proyecto se basará en:

- Los detalles del producto en cuanto a mercado, calidad y cantidad. (7)
- Detalles minuciosos de los factores de creación y las fuentes de datos identificadas con la cantidad, la calidad y la calidad. (7)
- Detalles del proceso de creación. (7)
- Primer plan de ejecución y puesta en marcha. (7)
- Edad de aseguramiento de la innovación. (7)
- Propuesta de un marco de promoción. (7)
- Financiación e investigación monetaria. (7)

2.3.2 Método de explotación

Se trata de una forma matemática creada y utilizada para aprovechar un yacimiento mediante la partición del cuerpo metálico en zonas adecuadas para la extracción. (7)

El objetivo es extraer el mineral de forma idónea y que la comercialización dé el beneficio normal. (7)

La técnica de la doble negociación envuelve un montón de actividades que permite la extracción del mineral, por lo que es de importancia la actividad de las administraciones, por ejemplo. (7)

- Ventilación
- Filtración
- Suministro de energía, aire y agua

El trabajo de explotación comprende tres actividades mineras fundamentales:

- Apertura de la mina: avance y preparación (7)
- Estructura de la mina o preparación (7)
- Actividad minera o puesta en marcha (7)

Es una forma geométrica generada y usada para explotar un yacimiento dividiendo el cuerpo mineralizado en sectores aptos para el laboreo minero.

Teniendo como objetivo la extracción de menas de una manera óptima y que la comercialización proporcione la utilidad esperada. (7)

El método de explotación engloba un conjunto de operaciones que permite la extracción del mineral, para ello es de importancia el funcionamiento de los servicios como.

- Ventilación
- Drenaje
- Suministro de energía, aire y agua

La explotación compone tres operaciones mineras básicas:

- Apertura de mina: desarrollo y preparación (7)
- Infraestructura de la mina o preparación (7)
- Explotación de mina o arranque (7)

a) Factores que influyen en la determinación de la estrategia de doble negociación

Las variables adjuntas asumen un papel central en la elección de la estrategia de doble negociación. (7)

✓ Atributos topográficos

Los principales ángulos dentro de esta variable son:

- Profundidad
- Entorno
- Cercanía a una región poblada

✓ Atributos geológicos y reales del yacimiento

- Estado del almacén y del cuerpo mineralizado (7)
- Fortaleza, en el supuesto de que sea una veta o manto (7)
- Manteo, suponiendo que sea una veta o manto (7)
- Propagación, en cuanto a la superficie (7)
- Profundidad, en cuanto a la superficie (7)
- Aspectos del almacén, cubicación (7)

- Partes mineralógicas de la mina (7)
- Atributos mecánicos (resistencia a la tracción y a la compresión) de la piedra que comprende el cuerpo metálico y la roca huésped (7)

✓ **Circunstancias económicas**

La doble explotación de un almacén debe realizarse con el gasto más reducido posible. Debido a que los gastos de acceso, mejora y arreglo de la propia estrategia de doble explotación serán, en general, elevados. A esto se añaden los gastos de tratamiento de minerales, intereses en hardware, materiales, gastos de autoría y tratos. (7)

La propensión a aprovechar los almacenes de calidades progresivamente bajas se debe. (7), por ejemplo, a las siguientes causas:

- La exigencia de un abastecimiento constante del mercado (7)
- El agotamiento de los almacenes de alto grado (7)

La disposición tendrá en general otras dos opciones:

- Elegir en el interior del almacén las zonas desafortunadas de los ricos (7)
- Aprovechar las grandes masas de mala calidad, con bajos gastos por el enorme peso, esto nos lleva a estrategias automatizadas (7)

b) Elección de la técnica de extracción

✓ **Factores de selección:**

- Superficie (activo) (7)
- Profundidad, forma, tamaño, del yacimiento (7)
- Naturaleza geomecánica de la roca mineralizada y del lecho rocoso (7)
- Difusión de la ley monetaria (7)
- Directriz (Medio ambiente) (7)

✓ **Reglas de selección:**

- Ejecución y utilidad (7)
- Seguridad de la facultad, del hardware y de la fundación (7)

- Recuperación (7)
- Retenciones eliminadas, salvaciones in situ (7)
- Selectividad (7)
- Debilitamiento (7)
- Gastos de explotación y de trabajo (7)

2.3.3 Método de minado Bench and Fill

Comprende la extracción por hundimiento de subniveles mediante la perforación de aberturas largas, la limpieza del mineral en retroceso, arrastrada por el relleno detrítico para el ajuste de los casos por último se extrae el metal en los subniveles inferiores (8) Para la mina Carahuacra se ajustó la variable *Avoca Back Fill*, que comprende la minería ascendente, seguida de la incrustación detrítica vertical, con el marco de extracción planeado correspondiente a la construcción mineralizada y llega al opuesto de la estructura mineralizada manteniendo una equidistancia entre los accesos de 100 metros, el desarrollo se ejecuta a través de un principio de inclinación generalmente dispuesto a la caja de piso del diseño. (8)

La sucesión minera ha sido planeada longitudinalmente, segmentando la construcción en cuadros mineros de 100 metros de largo y ejecutando un arreglo ascendente a través de 3 asientos mineros de 15 metros de altura aislados por 03 subniveles de extracción de perforación y 01 nivel de principio, en lo que respecta a la extracción, se realiza una rotura en retirada arrastrada por incrustación detrítica automatizada con mayor longitud de apertura (LMA) hasta 30 metros uniformemente, esto es variable según lo indicado por la agrupación de piedra (RMR). (8)

El plano del corte de abuso fundamental es visto como un cuadrado metálico de 67,50 metros de altura con 03 subniveles de perforación moderados y 01 nivel de extracción primario (área: 3,80m x 4,0m e inclinación: + 1%), el doble reparto se inicia en el asiento N°01 desde el punto focal del diseño, el cual se sitúa como bodega, retirándose en dirección E - W. (8)

Las figuras adjuntas muestran el plan de explotación de la técnica minera *Bench and Fill*.

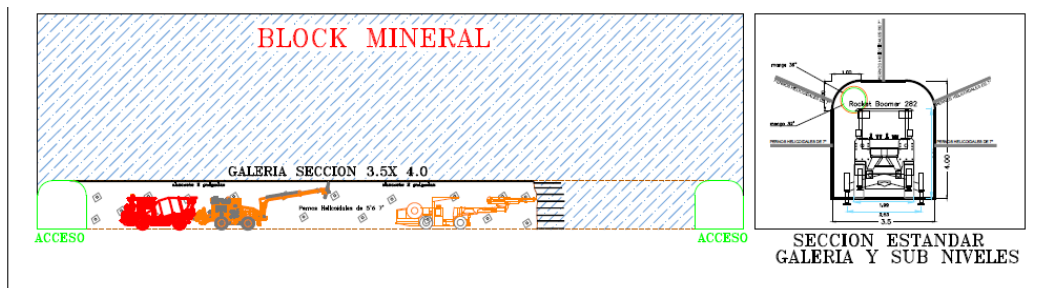


Figura 2. Avance galería con sostenimiento shotcrete y pernos
Tomado de Volcan Compañía Minera S. A. A, unidad minera San Cristóbal (8)

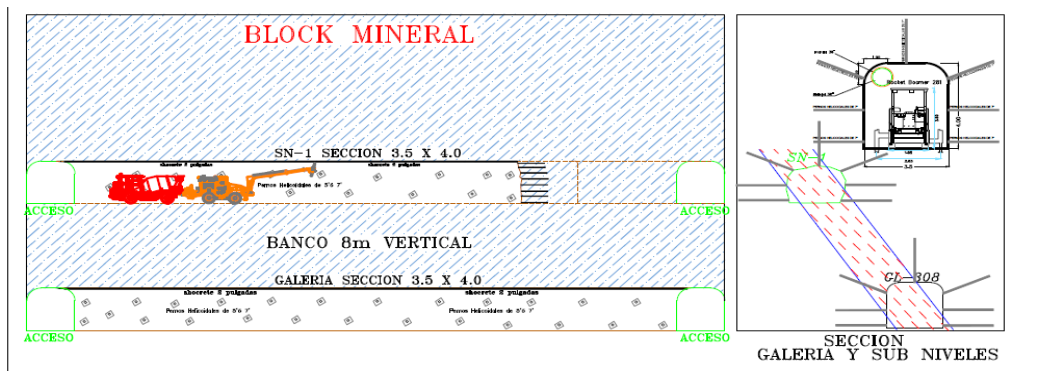


Figura 3. Avance de SN + 1 con sostenimiento shotcrete y pernos
Tomado de Volcan Compañía Minera S. A. A, unidad minera San Cristóbal (8)

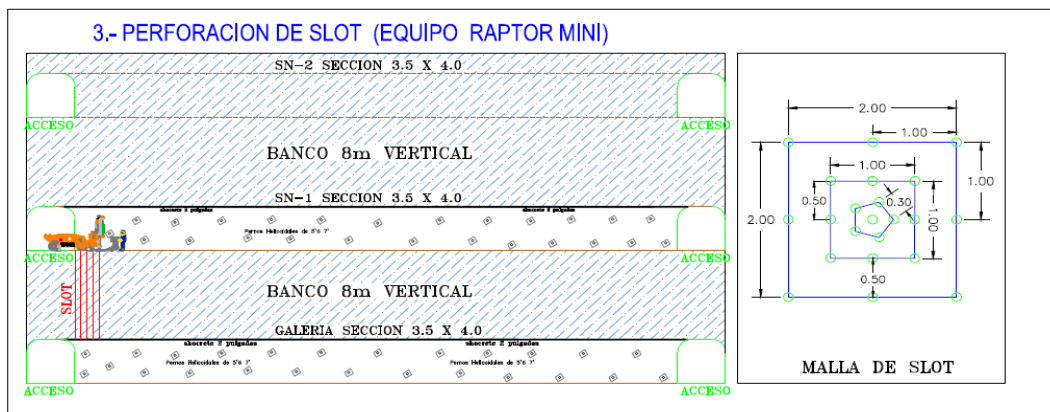


Figura 4. Perforación de Slot (Equipo Raptor MINI)
Tomado de Volcan Compañía Minera S. A. A, unidad minera San Cristóbal (8)

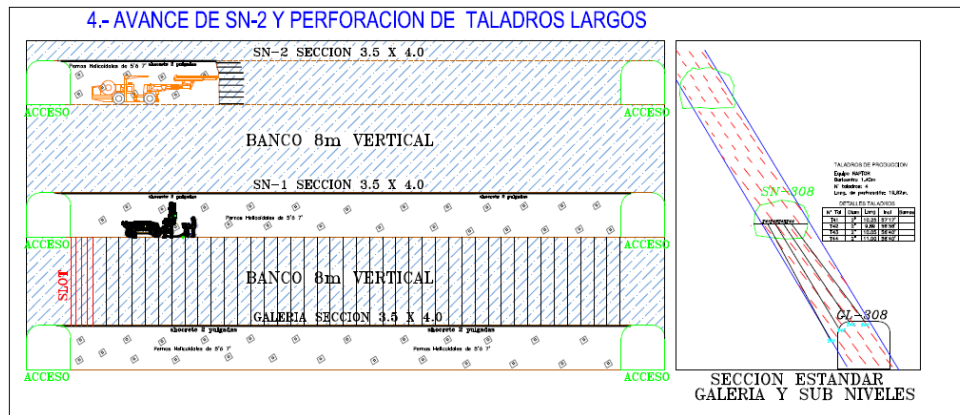


Figura 5. Avance de SN+2 y perforación de taladros largos
Tomado de Volcan Compañía Minera S. A. A, unidad minera San Cristóbal (8)

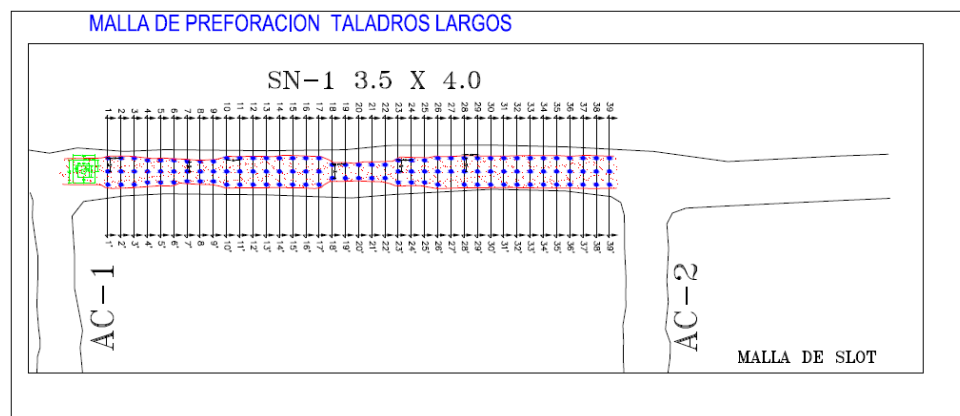


Figura 6. Malla de perforación de taladros largos
Tomado de Volcan Compañía Minera S. A. A, unidad minera San Cristóbal (8)

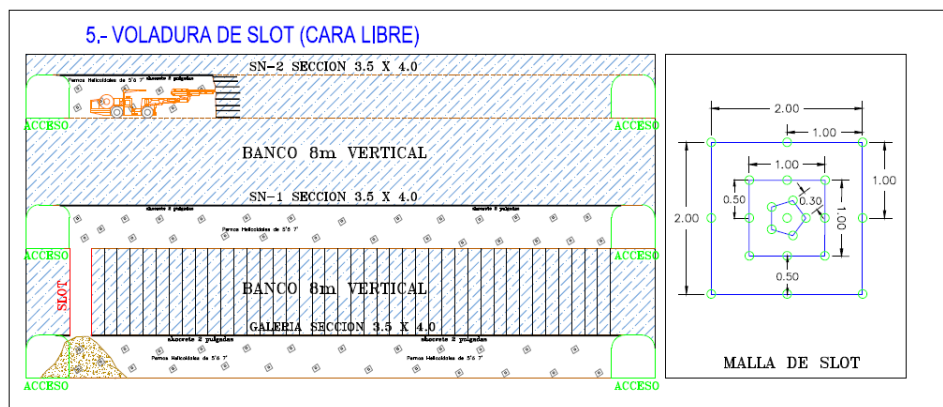


Figura 7. Voladura de slot (cara libre)
Tomado de Volcan Compañía Minera S. A. A, unidad minera San Cristóbal (8)

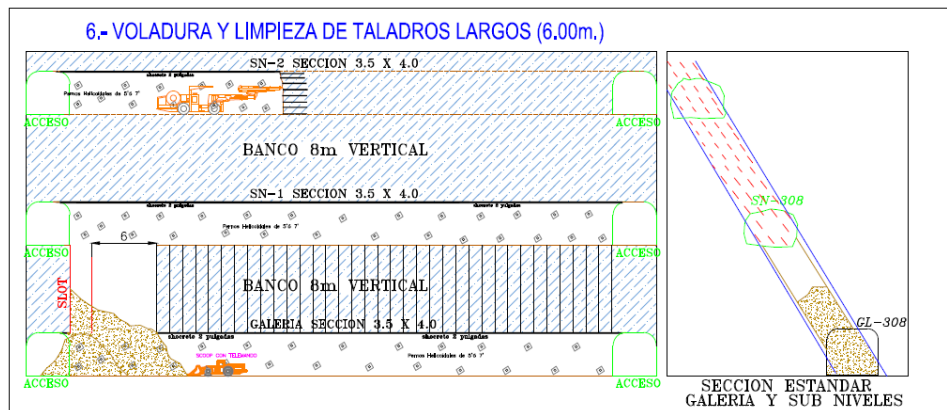


Figura 8. Voladura y limpieza de taladros largos (6.00 m)
Tomado de Volcan Compañía Minera S. A. A, unidad minera San Cristóbal (8)

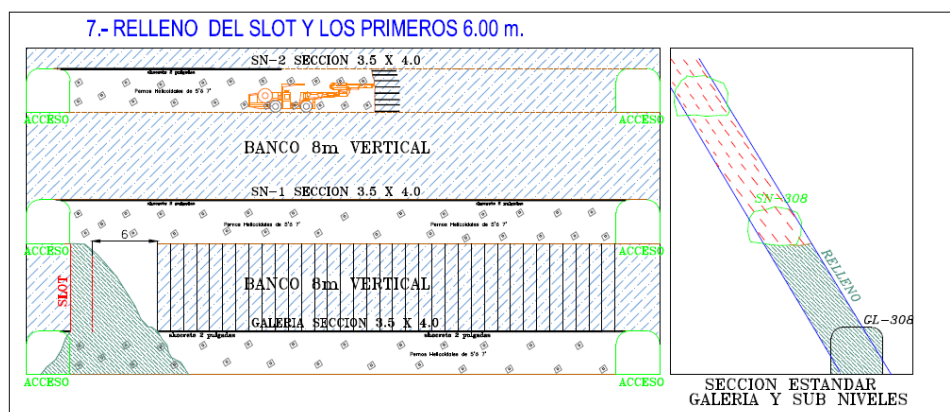
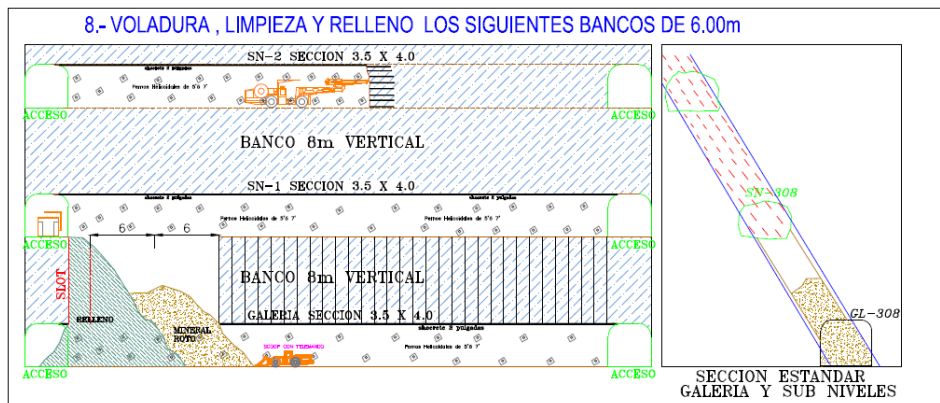


Figura 9. Relleno del slot y los primeros (6.00m)
Tomado de Volcan Compañía Minera S. A. A, unidad minera San Cristóbal (8)



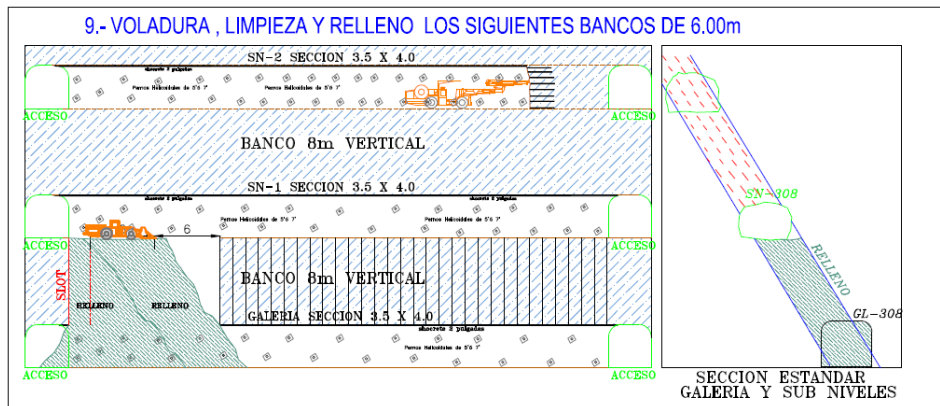


Figura 10. Voladura, limpieza y relleno los siguientes bancos de 6.00 m
Tomado de Volcan Compañía Minera S. A. A, unidad minera San Cristóbal (8)

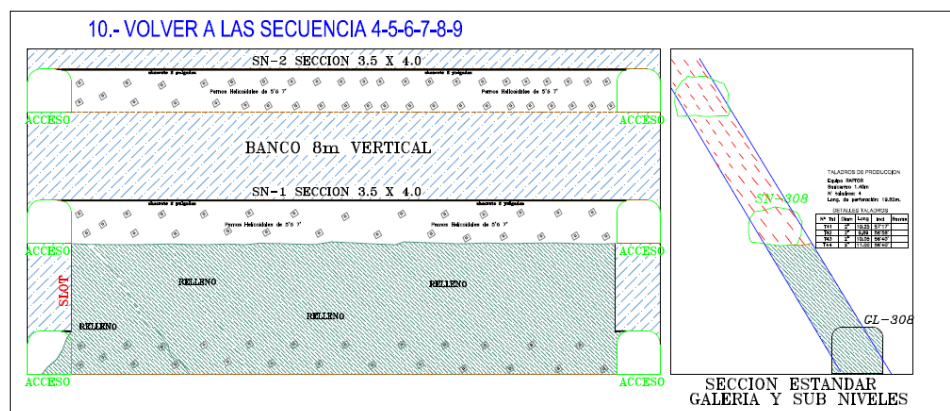


Figura 11. Volver a las secuencias 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9
Tomado de Volcan Compañía Minera S. A. A, unidad minera San Cristóbal (8)

2.3.4Aspecto geomecánico para el método de explotación, Bench and Fill

Para el uso de la estrategia de doble juego, el retrato geomecánico es extremadamente esencial, para lo cual se hizo un estudio de campo de las construcciones y de la masa de piedra. (9)

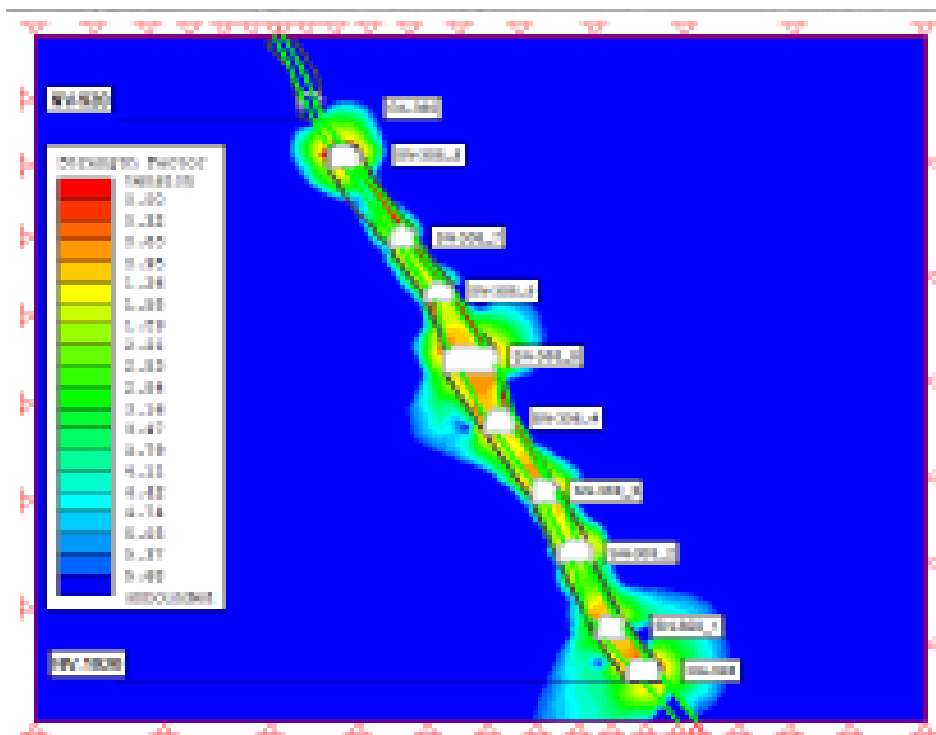
El RMR (tanto del tipo de roca presente en la caja de Techo y Piso, como de la mineralización real, para cada veta). (9)

- El tipo de ayuda que se utilizará en los subniveles del trabajo de tierra por mucho tiempo no se establece totalmente en piedra. (9)
- A través del barrido accionado por agua (Laubcher), y las circunstancias introducidas, la estatura más extrema del asiento a no asentar del todo, y la

mayor apertura de un pico a otro, para la incrustación, dejando continuamente la apertura para la siguiente cara libre. (9)

- La reproducción de la conducta de las funciones abiertas, la oportunidad de incrustar y las ansiedades, como la mina se está preparando, en la programación de las fases. (9)

En la siguiente figura se muestra la simulación de los subniveles



**Figura 12. Comportamiento apertura de subniveles
Tomado de Volcan Compañía Minera S. A. A. (9)**

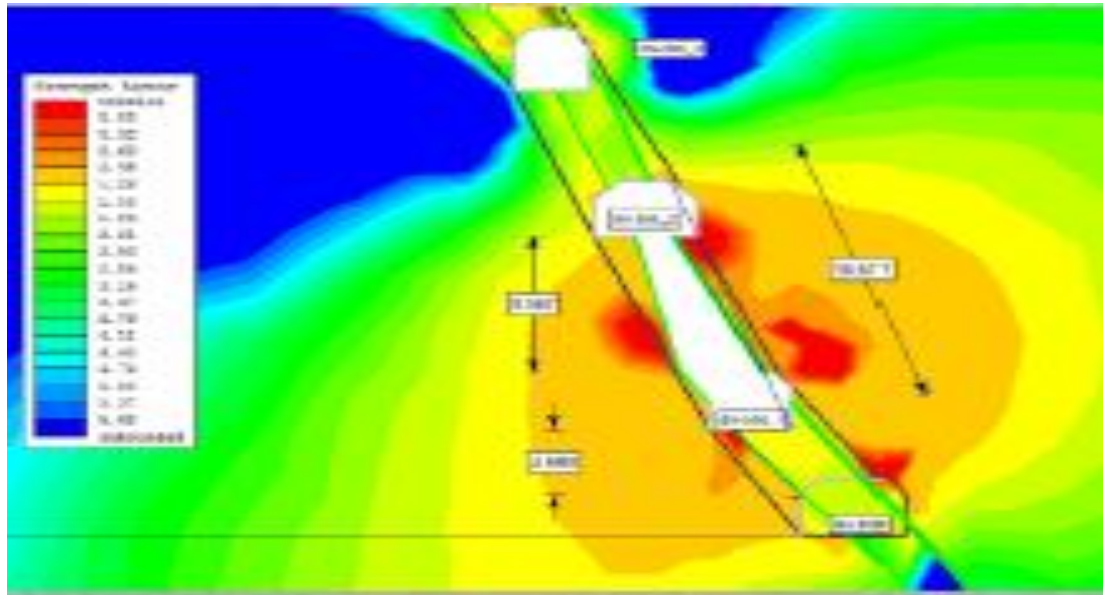


Figura 13. Comportamiento con relleno detrítico cada 10 metros
Tomado de Volcan Compañía Minera S. A. A. (9)

2.3.1 Criterios de la evaluación técnica económica del método de minado Bench and Fill

La técnica de apertura prolongada mantiene un factor de bienestar (2,1) muy superior al de la estrategia de corte y relleno (0,95 de mejora), como se refleja en sus índices de percances crónicos y actuales. (9)

El factor de bienestar refleja la utilización de hardware con control remoto para la limpieza, alejándose de la apertura de la facultad. (9)

La utilización de la estrategia minera de apertura prolongada, en el marco de la veta Virginia, es adecuada según indican las circunstancias evaluadas, teniendo como límite, la estatura más extrema de 10 metros y el hundimiento de 58°. (9)

La utilidad anual se amplió en 700.000 toneladas/años adicionales creadas en la mina San Cristóbal. (9)

La disminución en la utilización de componentes de ayuda (Shotcrete, pernos), se disminuyó en 5 \$/t. (9)

El *trade off* de la diferencia de técnica implicó un ahorro de 13,37 \$/t.

La tasa de debilitamiento se redujo del 25 % al 18 %, debido a los controles de perforación e impacto utilizados y a un plan de asiento similar. (9)

Los fondos de reserva en gastos de tracción y transporte de la piedra de desecho, recién sacada a la superficie, es de 1.350.000 \$/año, debido a que el 38% del material se utiliza como relleno para las aberturas largas. (9)

CAPÍTULO III

MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método general o teórico de la investigación

a) Método general

El método general es el método científico porque se evalúa e identifica las oportunidades de mejora a base de datos en campo del método de explotación *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua y así mejorar cada operación unitaria.

b) Método específico

El método específico a emplear es el método experimental inductivo. Se deduce tras evaluar e identificar las oportunidades de mejora para el método de minado *Bench and Fill*, luego se disminuirá la dilución en la unidad minera Uchucchacua.

3.1.2 Alcance de la investigación

a) Tipo de investigación

La investigación es de diseño no experimental, porque el objetivo de la investigación es evaluar e identificar las oportunidades de mejora para el método de explotación *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua

b) Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo porque trata de identificar las oportunidades de mejora para el método de explotación Bench and Fill, unidad minera Uchucchacua

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es experimental

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Los tajeos de explotación *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua.

3.3.2 Muestra

El tajeo 6980 de la veta Gina Socorro de la unidad minera Uchucchacua.

3.4 Técnicas de recolección de datos

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

Para esta investigación, la información se tomó en campo *in situ*, ocurrirá entre la estrategia de observación y el manejo de información actual en el pozo y la actividad ejecutiva.

Para la variedad de información sobre reportes diarias, datos mensuales y anuales, la utilización de libros, libros, inventarios de hardware y PC para el manejo y verificación de la información:

- Informes de los equipos de perforados de Simbas
- Alistamiento y consumo de la producción
- Informe de actividades
- Informes de culminación de actividades
- Informe del VCR, slot
- Informe ley mínima de mineral.
- Información geomecánica y de otro tipo.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

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

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluar e identificar las oportunidades de mejora para el método de minado Bench and Fill, unidad minera Uchucchacua

El objetivo de mejorar los estándares de seguridad, elevar la productividad, cumplir los planes de producción, buscar una oportunidad para reducir los costos de operación en la unidad minera y por ende agregar valor a la organización. Luego de analizar las condiciones del depósito mineralizado, se puede aplicar inicialmente a las estructuras mineralizadas de la veta Gina- Socorro por lo que se realizaron estudios sustentados en la evaluación geomecánica del macizo rocoso, donde se comprobó que era técnicamente viable y factible aplicar mejoras en el método de minado Sub Level Stoping con la variante del Bench & Fill, es decir se rellena el tajo con material detrítico proveniente de las labores de desarrollos y preparaciones, esto con la intención de evitar generar demasiados espacios vacíos mientras estos se explotan esto ayudaría con el movimiento de material en interior mina.

Sin embargo, la aplicación de este método de minado en vetas angostas tiende a producir sobre dilución significativa, lo cual genera incumplimiento de programas de producción y/o desprendimientos inesperados del macizo rocoso ya que no se tiene una eficiencia en un plan sistemático de control. En vista de ello y ante los eventos inesperados ocurridos, se ha decidido evaluar el actual desempeño, el estatus en el control de las operaciones unitarias y sus áreas de soporte del método de minado Bench and Fill. En el aspecto técnico, debemos tener certeza del conocimiento teórico del personal involucrado en la aplicación

del método Sub Level Stoping ya que involucran parámetros de diseño como el baricentro de los equipos y su aplicación en la perforación y, el factor de carga operante en el efecto de la voladura.

Para realizar el diagnostico, nos hemos centrado en los siguientes tajos: Tj 6980 de la veta Gina Socorro correspondientes.

4.2 Determinar el control de los aspectos técnicos de minado para mejorar el minado Bench and Fill, unidad minera Uchucchacua

Esta parte dará a conocer una visión global y rápida de los aspectos técnicos relevantes que están impactando en los resultados actuales y de qué forma podemos implementar acciones que nos ayudarán a resolver los desvíos encontrados en el más breve plazo, así como llevar a cabo acciones desde el punto de gestión, para el cual se recomiendan acciones de plazo inmediato y el control a través de las herramientas de gestión como es el 5 w y 2h este método permite el análisis de diferentes aspectos estratégicos para un proyecto.

4.2.1 Mejora de la seguridad en el minado Bench and Fill, unidad minera Uchucchacua

El método de minado *Bench and Fill* es el minado del nivel superior al nivel inferior, la perforación realizada es de 14 metros de altura, para luego ser cargados con explosivos y por último realizar el disparo este trabajo genera espacios abiertos, producto de la voladura, por lo que existe el riesgo de caída de los trabajadores de nivel a nivel, el representado en el Reglamento de Seguridad Minera vigente, D.S. 024-2016 EM. Señala que esta actividad es necesario el uso del arnés ya es considerado un trabajo en altura. Para este caso, existen controles preventivos, como es la señalización de preaviso a través de carteles en los pisos superiores, que demuestran el riesgo de caída; igualmente existen señales restrictivas a través de barricadas metódicas.

La implementación de los bloqueos sistemáticos en el nivel superior para prevenir la caída del personal en las aberturas realizadas en la explotación por este método de minado *Bench and Fill*, se viene realizando el bloqueo de

señalización de preaviso y el uso de los EPPs, para este caso los implementos de seguridad para trabajos de alto riesgo que viene hacer trabajos en altura; que ya se está introduciendo metódicamente en todos los tajeos de la Unidad Minera Uchucchacua, para que el personal de perforación y voladura, para que lo apliquen mientras desempeñan sus actividades. La mejora principal en este bloqueo sistemático es que todo el personal asignado en el área de perforación y voladura lo debe de aplicar de forma proactiva y preventiva en el lugar de trabajo.

4.2.2 Análisis del escenario actual del minado *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua

A raíz de las inspecciones de los trabajos de operaciones del método de minado *Bench and Fill*, procedentes del tajeo 6980 de la veta Gina Socorro de la unidad minera Uchucchacua, se pudo constatar el incumplimiento de la producción programada, encontrándose varios factores deficientes como son:

- La baja disponibilidad mecánica de los equipos de perforación radial (simba).
- Equipos hídricos y en muchos casos de marcas diferentes que ante un desperfecto dificultan la compra de los repuestos.
- La evaluación incompleta de la caracterización del macizo rocoso circundantes al tajeo.
- Falta de un estudio de sondajes diamantinos (identificación de estructuras primarias y secundarias para conocer el rumbo del tajo).
- El riesgo de caída de rocas, por no cumplir el tiempo de autosoporte de las aberturas generadas por el minado *Bench and Fill* del tajeo procedentes del techo.

En la siguiente figura se muestra la producción del minado *Bench and Fill* del año 2020

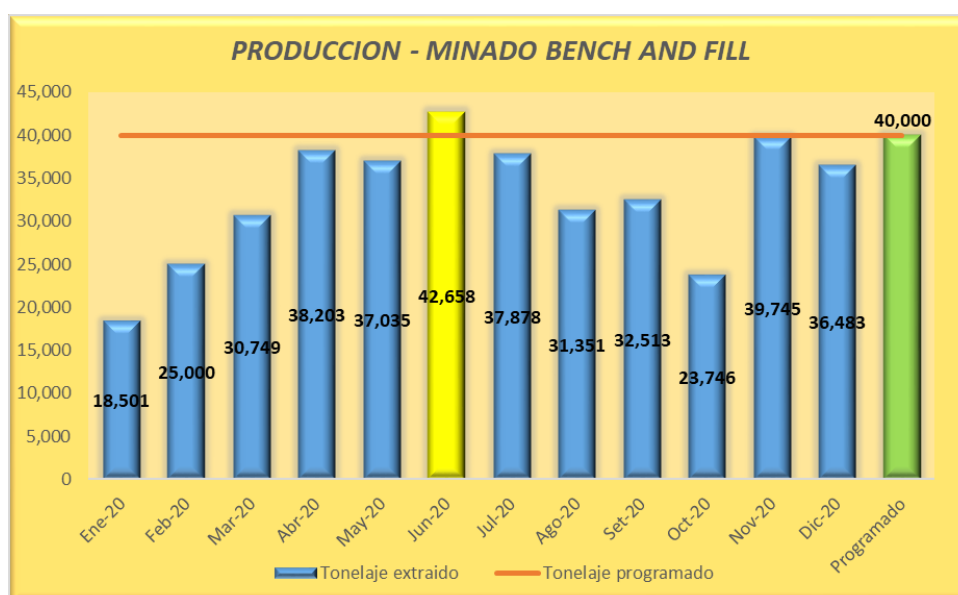
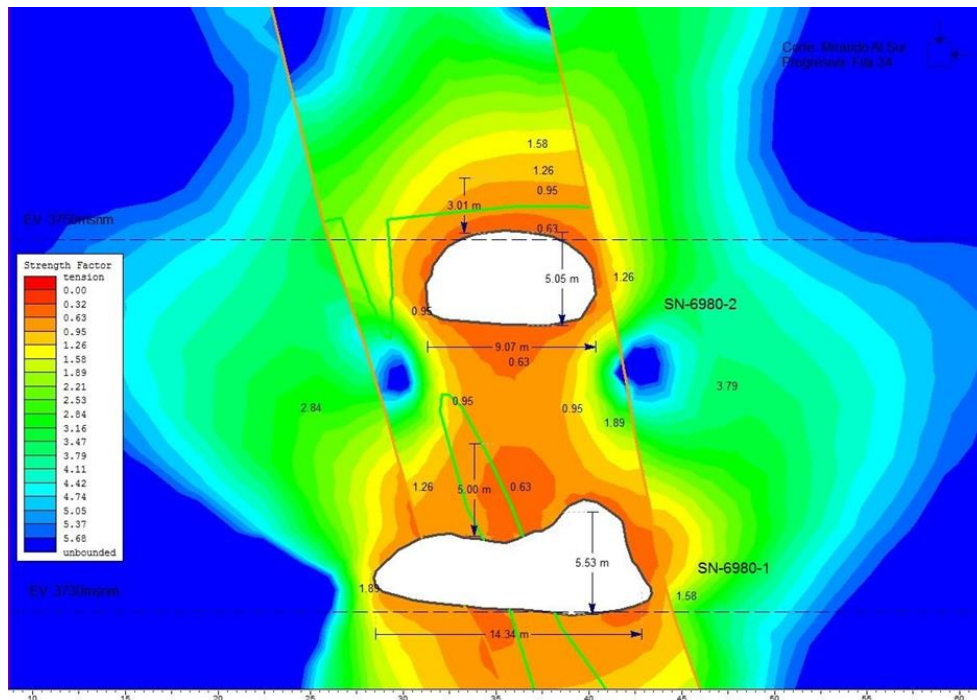


Figura 14. Producción del minado Bench and Fill del año 2020
Elaboración propia con soporte del Área de Planeamiento. metodo de minado Bench and Fill, unidad minera Uchucchacua (10)

Interpretación

De la figura, se muestra que no se ha cumplido la programación del año 2020, que viene hacer 40,000 toneladas mensuales y lo ejecutado en promedio mensual es de 32,822 toneladas mensuales, según este resultado en los 5 primeros meses se fue realizando el control y obteniendo las causas de las deficiencias y son lo siguiente:

- La deficiencia en la gestión de las operaciones, esto engloba equipos de perforación, estudios de la caracterización geomecánica y estudios geológicos que generaron una producción por debajo de lo programado, es decir no se tiene un buen control en la supervisión de los trabajos y una buena sinergia entre área de Geomecanica Geología y Operaciones.
- Falta de control en el requerimiento de perforación de los tajos y control de la dilución evaluando la gestión de riesgos operativos.
- Falta de un control en la voladura, en función a los parámetros y factores de la voladura, el más representativo es el exceso de la longitud del taco inferior.



existe deficiencia al realizar este cambio de operadores. Se planteó no realizar cambios de operadores a fin de disminuir a la deficiencia de los operadores en la perforación con equipo radial.

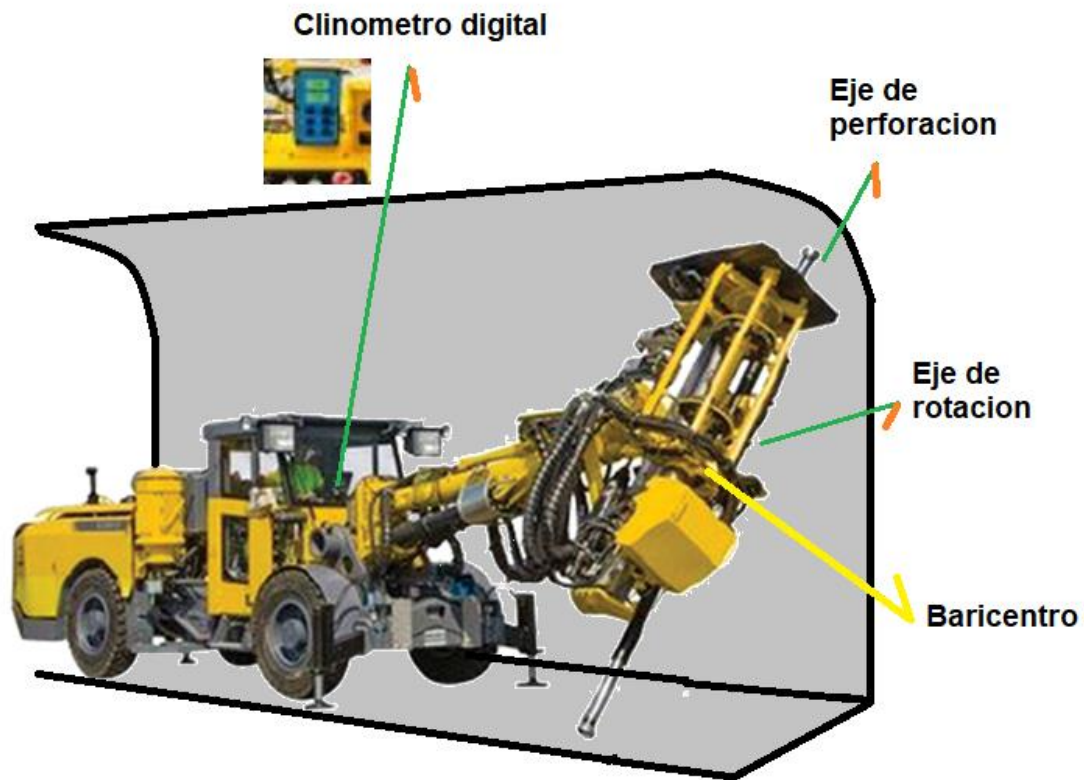


Figura 16. Baricentro en la perforación con el equipo Jumbo

4.2.3.2.Mejora del programa de producción en el cumplimiento

Tras el incumplimiento del programa de producción del año 2020, se han corregido las deficiencias en la disponibilidad mecánica de los equipos de perforación para el minado por *Bench and Fill* del tajeo 6980 de la veta Gina Socorro. En la siguiente figura se muestra el cumplimiento de la producción programada para el año 2021.

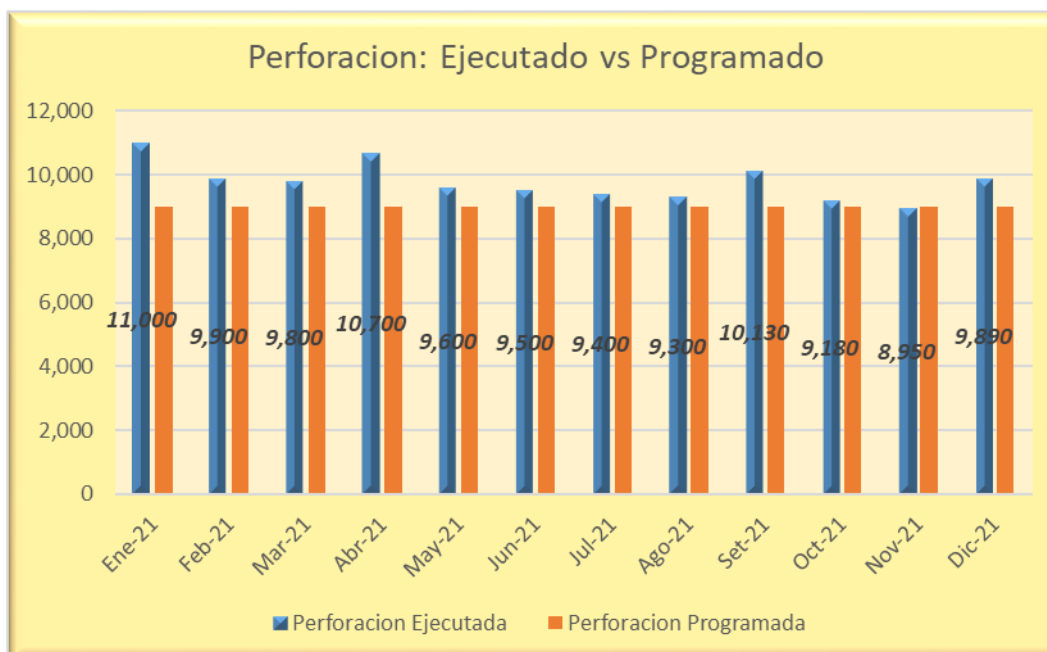


Figura 17. Programación de perforación vs lo ejecutado
Elaboración propia con soporte del Área de Planeamiento. metodo de minado Bench and Fill, unidad minera Uchucchacua (10)

Interpretación

De la figura para el año 2021, se evidencia un incremento en la perforación con el cumplimiento de lo programado de 9 000 metros perforados por mes y se ejecutó 9,779 metros perforados en promedio mensual para este año.

En la siguiente figura se muestra la programación de la producción programada y ejecutada del año 2021.

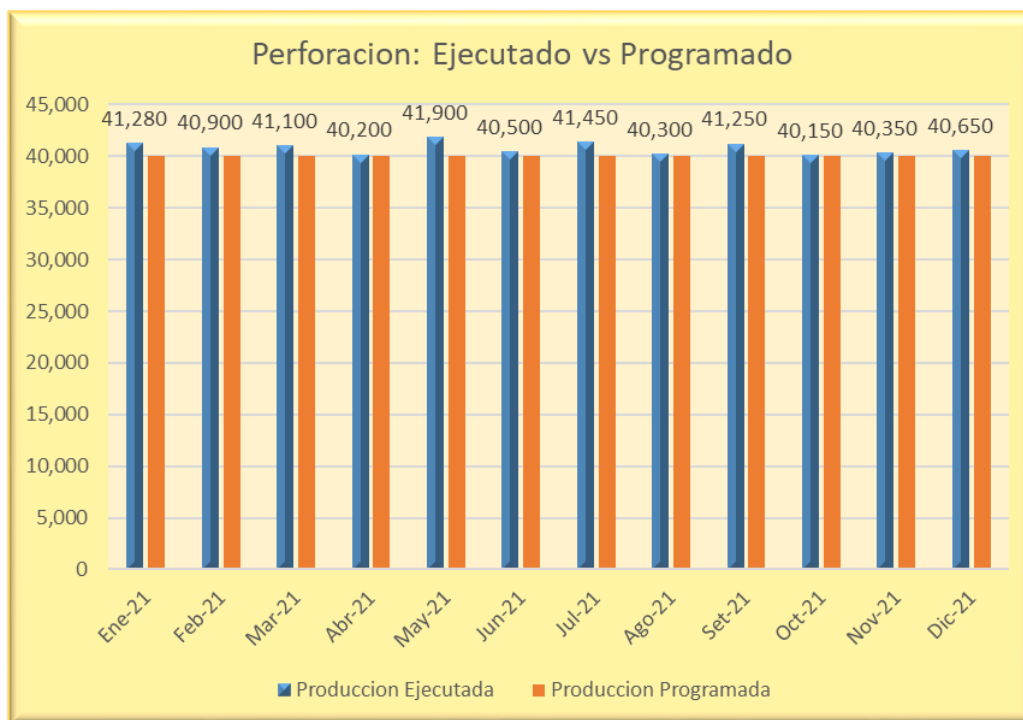


Figura 18. Programación de la producción programada y ejecutada del año 2021
Elaboración propia con soporte del Área de Planeamiento. metodo de minado Bench and Fill, unidad minera Uchucchacua (10)

Interpretación

De la figura se muestra el aumento de la producción para el año 2021 se tiene un incremento en la producción por encima del cumplimiento en lo programado de 40 000 t/mes (toneladas por mes), siendo la producción ejecutado de 40,836 t/mes.

En la siguiente figura, se muestra el reporte de perforación por equipo Simba del año 2021.

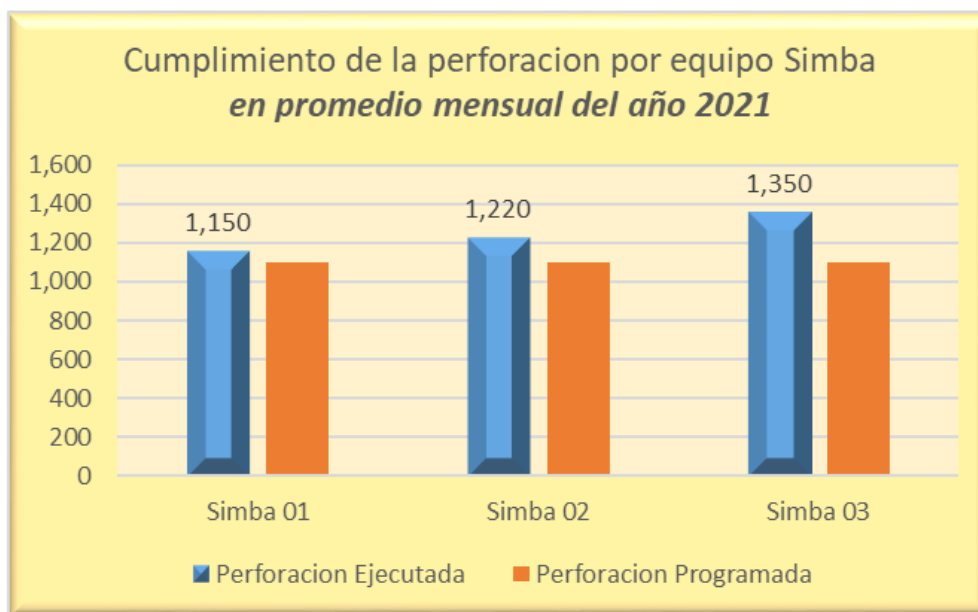


Figura 19. Reporte de perforación por equipo Simba del año 2021
Elaboración propia con soporte del Área de Planeamiento. metodo de minado Bench and Fill, unidad minera Uchucchacua (10)

Interpretación

En la figura se observa cómo tras las capacitaciones de los conocimientos de factores y parámetros de perforación como el concepto de llevar bien el baricentro en la perforación se ha logrado mejorar rendimientos del jumbo 01 al jumbo 02 y jumbo 03. Se aprecia el incremento del cumplimiento de los metros perforados de 1240 metros en promedio mensual del año 2021, con los operadores de los equipos de perforación estables en el puesto de trabajo; es decir, sin realizar cambios en operar jumbos frontoneros.

Para un mejor control del programa de producción de los tajos donde se aplica el método *Bench and Fill*, se plantea continuar con los 40,000 t/mes de producción mensual, se elaboró rápidamente la necesidad de metros a perforar al día 01 de enero del año 2022 para seguir con el cumplimiento del año 2021 y con los mismos objetivos en la producción, el cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3. Requerimiento de perforación del mes de enero de año 2021

Requerimiento de perforación del mes de enero de año 2021		
MES	t	40,000.0
AL 01/01	t	11,800.0
Saldo	t	28,200.0
Producción/día	t	1,400
Ratio de perforacion	t/m	3.0
Requerimiento de perforación	m/día	460.0
Requerimiento de perforación	m/gía	230.0

Tomado de BCK Contratistas Generales S.A.C. y el Área de Planeamiento, unidad minera Uchucchacua (10)

Interpretación

Esto implica que cada equipo debe perforar no menos de 75 metros por guardia. Además, se debe tener en cuenta que al tener taladros acumulados se está haciendo un buen trabajo. También se tiene que perforar con presión cada taladro para lograr buenos resultados y evitar daños en las cajas que nos llevarían a generar mucha dilución en el minado por *Bench and Fill*.

4.2.3.3.Cálculo del dimensionamiento de equipos de perforación radial

Para dimensionar los equipos de perforación se tiene que realizar un análisis de los equipos de las distintas marcas en el mercado del peruano, por otro lado, para que trabajo específico lo estamos necesitando en este caso práctico es para la perforación de vetas angostas. En la siguiente tabla, se muestra el cálculo del dimensionamiento de equipo de perforación radial.

Tabla 4. Cálculo del dimensionamiento de equipo de perforación radial

DATOS		
Produccion programada	40,000	toneladas
Radio de perforacion	3	toneladas/metros
Numero de guardia/mes	60	guardias
Tiempo de perforacion por guardia	6	horas
Rendimeitno por guardia	20	metros/hora
Rendimeitno de perforacion en vetas	120	metros/guardia
Rendimeitno de perforacion mensual	40,000	toneladas
RESULTADOS		
Requerimiento de perforación mensual	13,333	metros/guardia
Requerimiento de perforación por guardia	222	metros
Número de equipos	2	
Si se considera 85 % de disponibilidad mecánica	2	

Interpretación

De la tabla se observa el resultado del número de equipos de perforación para la producción de 40,000 toneladas es necesario contar con 2 equipos de perforación, el requerimiento de los metros perforados por guardia es de 222 metros.

Para el control y evitar la desviación de la perforación se debe llevar la línea de la gradiente a lo largo de la extensión de la labor, en la siguiente figura se muestra el diseño de malla y gradiente del subnivel de explotación por *Bench and Fill*.

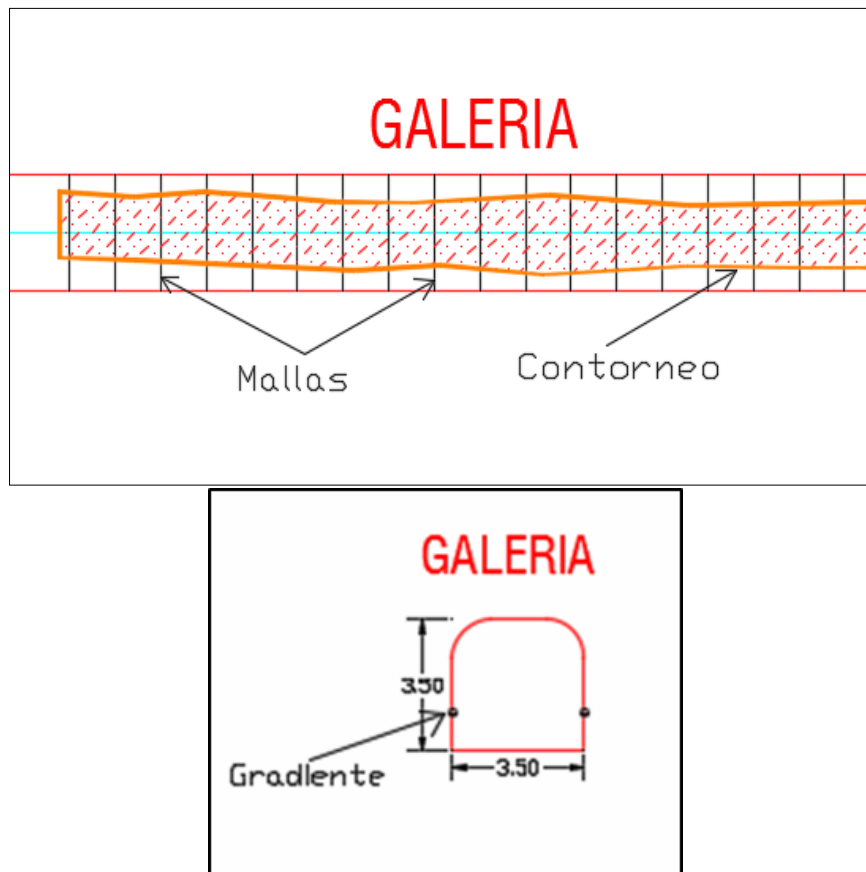


Figura 20. Diseño de malla y gradiente del subnivel del minado Bench and Fill
Tomado de BCK Contratistas Generales S.A.C. y el Área de Planeamiento, unidad minera Uchucchacua (10)

Interpretación

Tras la supervisión y el seguimiento operacional, se puede apreciar que las labores de preparación, desarrollo y preparación, las chimeneas VCR, rampas principales, accesos, subniveles superiores y echaderos, se realizaron de manera adecuada para el minado con el método de *Bench and Fill* respectivamente.

4.2.3.4. Control de la dilución para el método de minado *Bench and Fill*

El área de planeamiento realiza el cálculo de la dilución planeada y la dilución operativa a fin de tener en consideración en el minado por *Bench and Fill*.

En la siguiente figura se muestra el control de la dilución realizada tras la mejora en la perforación.

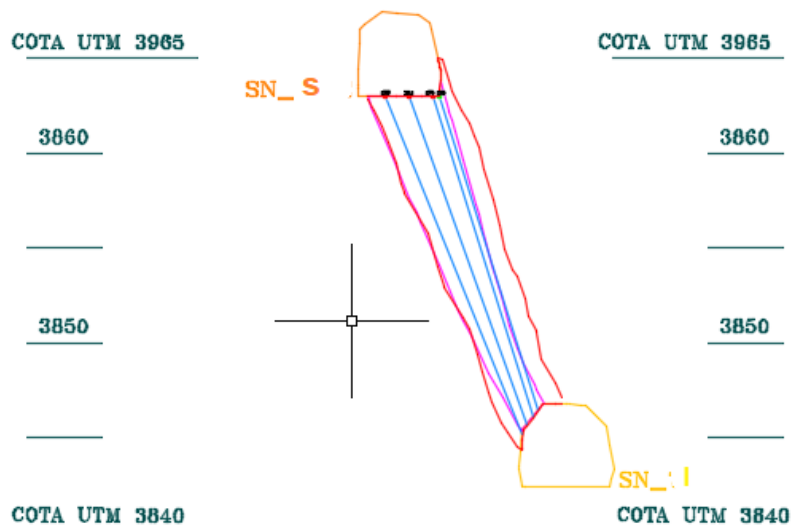


Figura 21. Control de la dilución realizada tras la mejora en la perforación Tomado de BCK Contratistas Generales S.A.C. y el Área de Planeamiento, unidad minera Uchucchacua (10)

Interpretación

En la figura se muestra la mejora en la perforación de nivel a nivel lo cual trajo buenos resultados y minimizo la dilución en la explotación *Bench and Fill* en vetas angostas, de 13 % de dilución al 10 % de dilución respectivamente.

4.2.3.5. Análisis de las rampas principales

La rampa principal para la extracción de mineral como desmonte es Rp. 626-1, procedente de los niveles de profundización Nv 3710 – Nv 3780. En el Nv 3850 se encuentra la tolva, el recorrido tiene un tramo de 1200 metros, ante el tráfico en la extracción por pérdidas operativas por maniobras y el riesgo de choque, se realizó el des quinche de las rampas secundarias a una sección 4 x 4 m, con esto se obtuvo la estandarización de una rampa de subida y rampa de bajada.



Una sola Rp 626-1 de extracción de mineral

Desquincar rampa auxiliar a 4 x 4 m.

Figura 22. Rampas principales de extracción de mineral
Tomado de BCK Contratistas Generales S.A.C. y el Área de Planeamiento, unidad minera Uchucchacua (10)

Interpretación

De la figura, se observa la rampa principal de Rp-620-1, la cual será para la extracción de ida y la rampa de vuelta se realizará el desquinche para una sección de 4 x 4 metros, se recomienda realizar taladros de drenaje para drenar el agua procedente de las labores superiores a la profundización y para la ventilación se realizará una chimenea de 200 metros y se viene utilizando una máquina del modelo SRM-400 para su realización.

4.3 Determinar el control de los aspectos geomecánicos para mejorar el minado Bench and Fill, unidad minera Uchucchacua

Al realizar la inspección de campo para el método de minado por Bench and Fill, en el tajeo 6980 de la veta Gina Socorro de la unidad minera Uchucchacua, se tiene en consideración la estructura mineralizada y las variables operacionales que engloba la rapidez del ciclo de minado, el tiempo de abertura del tajeo tras la explotación en función al tiempo de relleno respectivo; por otro lado, tener controles en la voladura y perforación según el tipo de roca a trabajar. Según los análisis se viene usando el cable *bolting* para secciones mayores a 6 metros según estándar establecida en la unidad minera Uchucchacua.

4.3.1 Condiciones de estabilidad en relación al minado Bench & Fill

El criterio para determinar las condiciones de estabilidad está en función a dos parámetros el primero es evaluar las condiciones de estabilidad estructural controlada y la segunda estabilidad controlada de esfuerzos sostenimiento de acuerdo a la abertura del tajeo en la explotación.

4.3.1.1 Condiciones de estabilidad estructuralmente controlada del tajeo 6980 de la veta Gina Socorro

Para el tajeo 6980 de la veta Gina Socorro de la unidad minera Uchucchacua, en el análisis de la estabilidad por medio del software UNWEDGE, el cual identifica la presencia de cuñas de masa rocosa en función a las condiciones de inestabilidad y determinada el tipo de sostenimiento a utilizar. Según el análisis recomienda la utilización de Split set de 7 pies para el sostenimiento de las labores principales.

En la siguiente figura se muestra la evaluación de rotura estructural controlada y el uso del perno de anclaje Split set de 7 pies

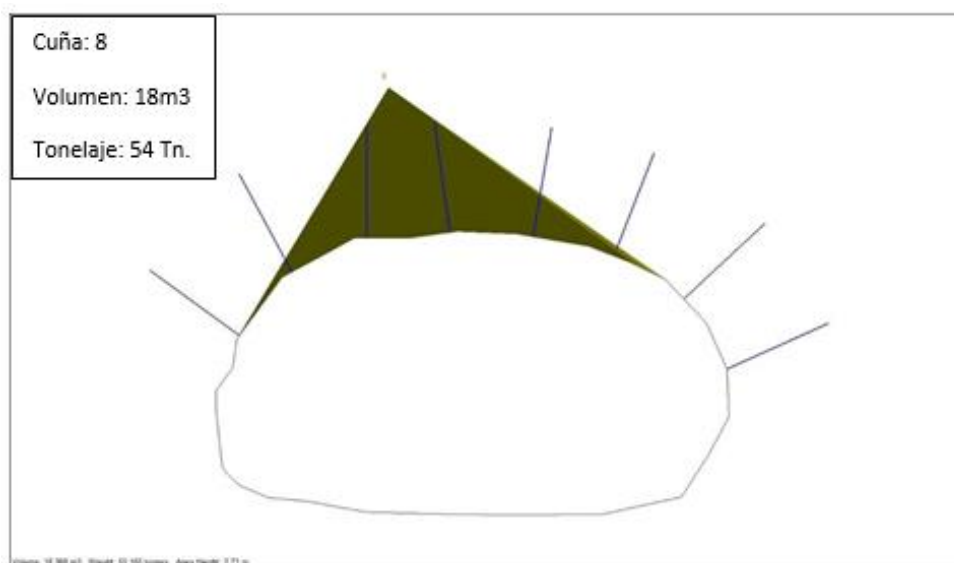


Figura 23. Evaluación de rotura estructural controlada y el uso del perno de anclaje (Split set de 7 pies) – Undwedge
Tomado de BCK Contratistas Generales S.A.C. y el Área de Planeamiento, unidad minera Uchucchacua (10)

Interpretación

De la figura, se muestra que el tipo de sostenimiento utilizado para el tajeo 6980 de la veta Gina Socorro de la unidad minera Uchucchacua, de una sección de 9,0 x 4,0m, aplicando Split set de 7 pies de longitud, con un factor de seguridad de $FS = 1.09$, se tiene una condición de estabilidad desfavorable.

En la siguiente figura se muestra la evaluación de rotura estructural controlada y el uso del *bable bolt – unwedge*.

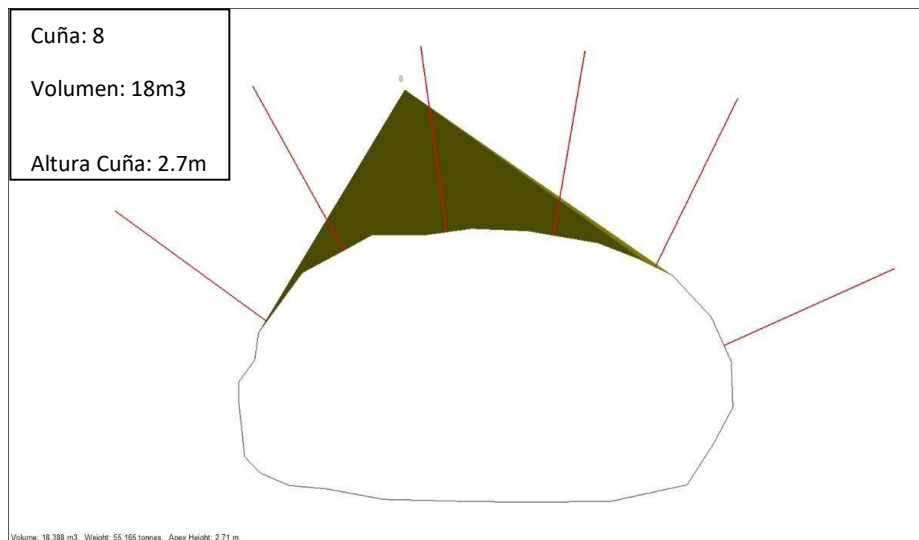


Figura 24. Evaluación de rotura estructural controlada y el uso del cable bolt – Unwedge
Tomado de BCK Contratistas Generales S.A.C. y el Área de Planeamiento, unidad minera
Uchucchacua (10)

Interpretación

De la figura, se muestra que el tipo de sostenimiento utilizado para el tajeo 6980 de la veta Gina Socorro de la unidad minera Uchucchacua, de una sección de 9,0 x 4,0m, aplicando cable bolt, con un factor de seguridad de $FS = 1.69$, se tiene una condición de estabilidad favorable.

4.3.1.2 Estabilidad controlada por esfuerzos del tajeo 6980 de la veta Gina Socorro

Para este análisis se utilizó el software PHASE versión 8.0, elaborado por Rocscience, en las inspecciones se ha podido apreciar aberturas, con un alto potencial de caída de rocas de grandes dimensiones. En el análisis de la estabilidad nos dio como resultado la instalación de cable bolting sistemático de 10 metros de extensión.

En la siguiente figura se muestra la evaluación del Factor de Seguridad del tajeo 6980.

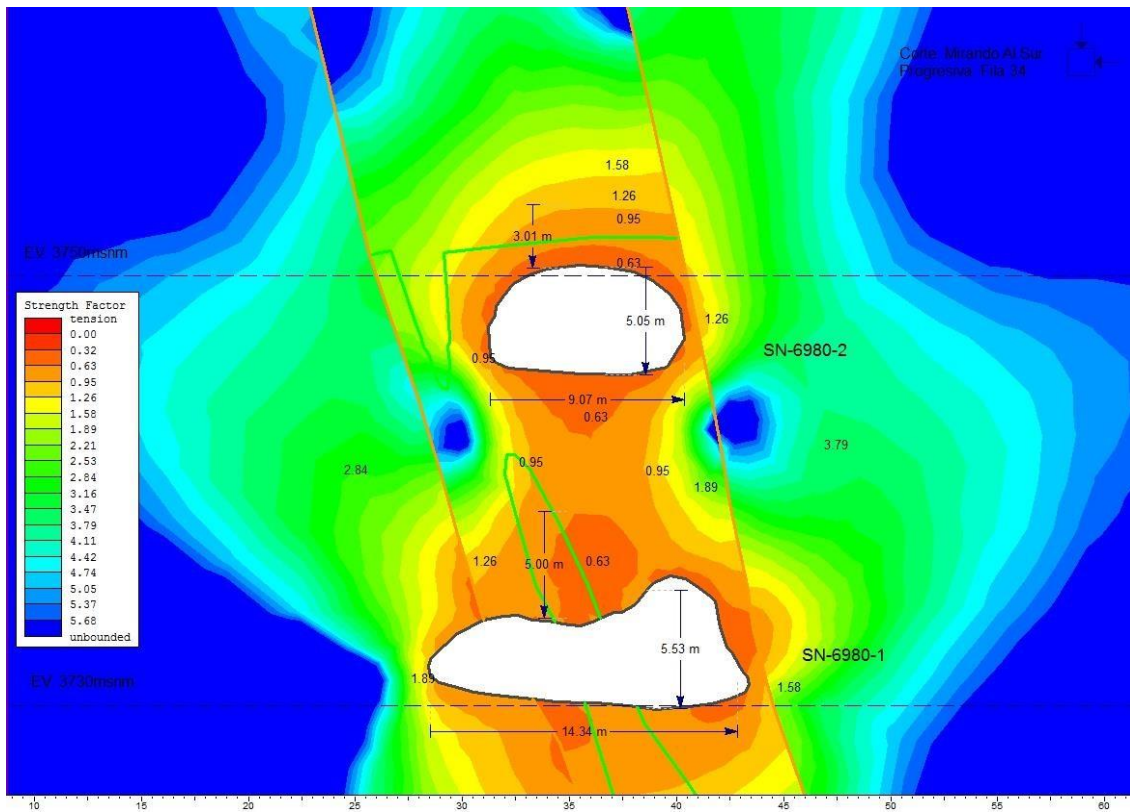


Figura 25. Evaluación del Factor de Seguridad del tajeo 6980
Tomado de BCK Contratistas Generales S.A.C. y el Área de Planeamiento, unidad minera Uchucchacua (10)

Interpretación

En esta Figura, se muestra que existe un contorno plástico de una extensión de 3 a 5 metros entre el SN-6980-2 como el SN-6980-1, el Factor de Seguridad es de 1, estabilidad favorable y la Condición de seguridad problemática.

4.4 Determinar el control de las operaciones unitarias principales en el método de minado *Bench and Fill*, unidad minera Uchucchacua.

4.4.1. Mejora a mediano plazo

También se han identificado oportunidades de mejora en la gestión de perforación. Los KPI's que se deben gestionar para mejorar los resultados en el mediano plazo y que va a permitir mantener la operación sostenible son las siguientes: disponibilidad mecánica, rendimiento y utilización. Teniendo en cuenta estos indicadores, se adjunta los diagramas de espina de pescado con sus respectivas variables, los cuales han sido identificados para el caso de la mina Uchucchacua, en los anexos 7, 8 y 9.

Interpretación

Se elaboró el diagrama de espina de pescado para mejorar la disponibilidad Mecánica de los equipos, para mejorar el Rendimiento de los equipos y para la mejora de la Utilización de los equipos de perforación. Esto minimizo drásticamente las perdidas operaciones por falta de mantenimiento de los equipos y aumento la eficiencia en un 80 a un 93 %

Los rendimientos de perforación fueron mejorados con respecto a la situación actual, donde vimos que un taladro de perforación se demora 13 metros requiere 43 minutos, como se muestra en la siguiente figura.

TIEMPOS DE PERFORACION DE UN TALADRO				
Tajo	6980	Nro. de taladro	2	
Nivel	3710	Angulo	64°	
Sección	31C	Longitud	13.14	m
Equipo	Nautilus 2	barras	11	
Posicionamiento del equipo		15.0 min		
barra	Tiempo de perforación	Adicionar barras		
	min	min		
1	2.50	0.28		
2	1.33	2.28		
3	1.52	0.38		
4	1.47	0.47		
5	1.43	0.37		
6	1.20	0.57		
7	1.58	0.30		
8	1.30	0.32		
9	1.53	0.37		
10	1.45	0.68		
11	0.97			
		22.30	min	
Extracción de las 11 barras		3.9	min	
Introducir 4 tubos de 2"		2.2	min	
Tiempo total de perforación de un taladro		43.4	min	

Figura 26. Tiempos de perforación de un taladro con deficiencia operativa y equipo Tomado de BCK Contratistas Generales S.A.C. y el Area de Planeamiento, unidad minera Uchucchacua (10)

Con los controles de perforación y de los equipos se ha podido mejorar el tiempo de perforación. En la siguiente figura se muestra las mejoras realizadas en la perforación con equipo.

TIEMPOS DE PERFORACION DE UN TALADRO				
Tajo	6980	Nro. de taladro	2	
Nivel	3710	Angulo	64°	
Sección	31C	Longitud	13.14	m
Equipo	Nautilus 2	barras	11	
Posicionamiento del equipo		15.0 min		
barra	Tiempo de perforacion	Adicionar barras		
	min	min		
1	1.80	0.25		
2	1.10	1.10		
3	1.21	0.11		
4	1.18	0.18		
5	1.21	0.11		
6	1.22	0.11		
7	1.19	0.19		
8	1.21	0.11		
9	1.18	0.18		
10	1.23	0.12		
11	0.89			
		15.86	min	
Extracción de las 11 barras		2.44	min	
Introducir 4 tubos de 2"		2.2	min	
Tiempo total de perforación de un taladro		31.72	min	

Figura 27. Tiempos de perforación de un taladro con mejoras operativas y equipo

Interpretación

Se ha disminuido el tiempo de perforación en 11.68 minutos por taladro perforado lo cual es muy ventajoso para la operación por el método de minado *Bench and Fill*

4.4.2. Control en el uso de las barras de perforación y brocas retráctil

- Las barras de perforación utilizadas miden entre 0,90 y 1,20 m. Su utilización depende de la longitud del eje.
- Cuanto más larga sea la longitud de la barra de perforación, menos acoplamientos tendremos, adquiriendo una barra de perforación más estable y con menor desviación de la broca.

- En el mercado existen tipos de engranajes que permiten la utilización de barras de 1,50 a 1,80 m.
- La utilización del soporte de la barra no se notó. Esta ayuda permite pivotar la utilización y un desgaste homogéneo de las barras de perforación.
- Se utilizan brocas retráctiles para la perforación por el tipo de roca a perforar y barras 5 pies.
- Se utiliza una barra de ayuda (tubo tac) para lograr una desviación menor del taladro a perforar.

4.4.3. Control de los taladros de perforación para reducir la desviación

- Una posibilidad de desarrollo reconocida es comprobar el seguimiento de la veta en el nivel inferior. Esto permitirá considerar la norma de que las aberturas de perforación de la forma tienen una partición de la base de 50 cm de las cajas de techo y suelo.
- Es importante manchar en el nivel inferior la insinuación de la veta, ya que permitirá la supervisión para concluir efectivamente el apilamiento de la abertura de perforación para impactar. (En el caso de que el taladro esté fuera de la línea, no debería ser terminado).

4.4.4. Control de la voladura

4.4.5.1. Plazo inmediato - voladura

La ayuda especializada de EXSA es accesible; sin embargo, se ha distinguido una oportunidad de mejora en el desarrollo de la protección del mineral, hacia el piso del nivel inferior y no en la proyección horizontal.

- La voladura al realizar el corte el mineral cae al piso y no al frente lo cual no se mezcle con el relleno y no exista dilución.

En la siguiente figura se muestra la voladura para método de minado por *Bench and Fill*

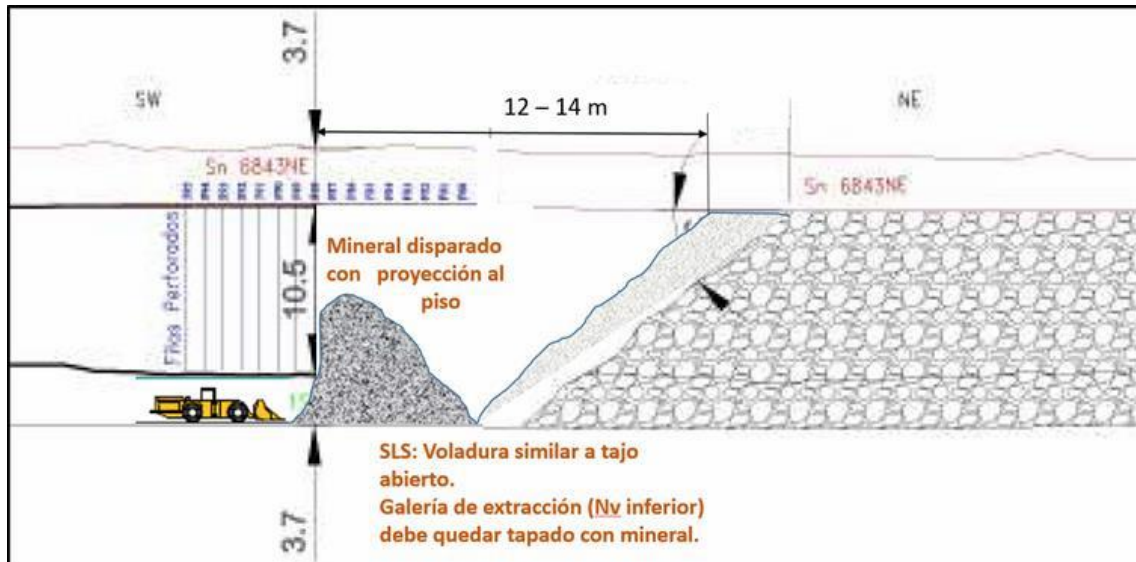


Figura 28. Voladura para método de minado por Bench and Fill
Tomado de BCK Contratistas Generales S.A.C. y el Área de Planeamiento, unidad
minera Uchucchacua (10)

- Desarrollar el cálculo de la carga operante de una manera metódica, utilizar la cantidad de explosivo indicado para solo romper el mineral sin dañar las cajas de la labor.
- La utilización de anfóteros en vetas restringidas no se sugiere debido a que tiene un impacto más notable de rotura y proyección de material roto. Inicia los planos de emisión que están en las cajas.
- No se debe usar el anfo para el disparo en vetas angostas por el simple hecho de que ejerce una mayor fuerza, el cual desestabiliza de la labor y genera mucha proyección del mineral a romper.
- Si se usa el Anfo la impedancia debe ser menor a 3,100 m/s por la densidad del explosivo.
- Los explosivos utilizados en el contorno del piso y techo deben ser Exsaline 1" x 16".

4.4.5.2. Mejora de la voladura de taladros de producción

- Se sugiere la utilización del explosivo Emulex 65 1½" x 12" en los taladros de producción, se debe colocar dos retardos consecutivos diferentes, se redujo la carga operante de 10 y 12 kg/retraso a 6,69 kg/retraso.

- Es una práctica funcional romper los cartuchos de emulsión, no se aconseja el rasgado en vista de que limita la carga peligrosa y construye superfluamente la carga directa.
- No siempre es recomendable rasgar los cartuchos de Emulsión, ya que hay la posibilidad de confinar la carga explosiva es cual es directamente proporcional de la carga lineal.
- Los retardos cumplen una función esencial en la voladura debido a que logra estabilizar la elasticidad de la masa rocosa y obtener el volumen óptimo.
- Los retardos consecutivos cumplen una función esencial en la fragmentación del macizo rocoso y evita la proyección del material volado, la distancia es directamente proporcional a medida que se disparan las secciones.

4.4.5.3. Control de la perforación de los taladros de contorno

- Para controlar el contorno del piso y techo es recomendable la utilización de Exsaline 1" x 16", por ser de fácil uso los cartuchos se deben estar conectadas a un cordón detonante 10P.
- La carga explosiva debe estar desacoplada en diámetro y longitud de cartucho a cartucho.

En la siguiente figura se muestra el diseño para el carguío de taladros largos

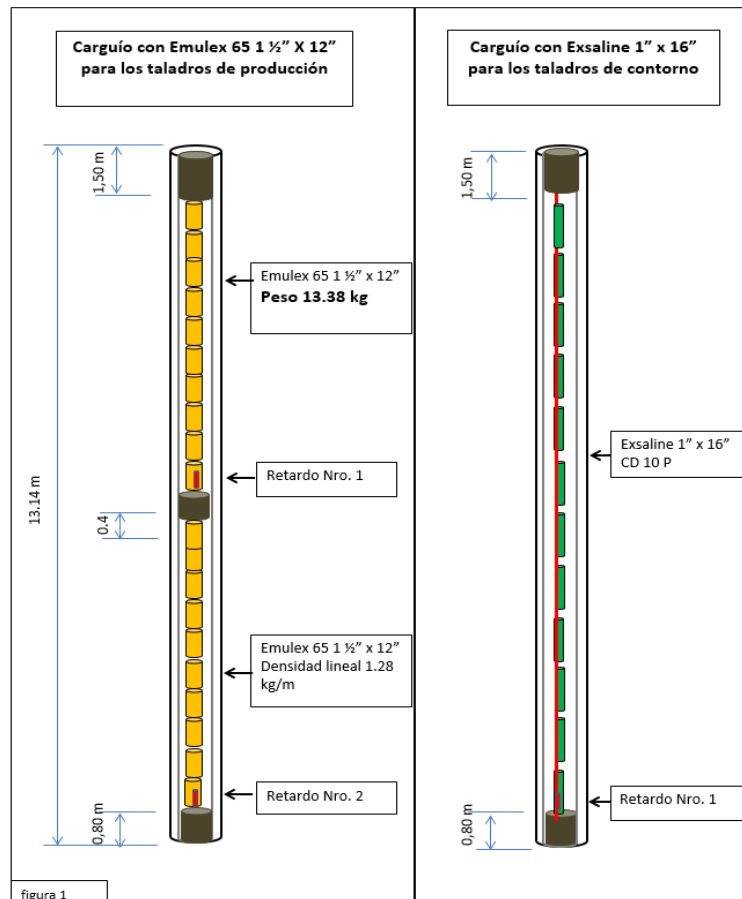


Figura 29. Diseño para el carguío de taladros largos
Tomado del Área de Planeamiento - Método de minado Bench and Fill (10)

4.4.5.4. Causas que generan deficiencias en la voladura

Se ha visto que ocasionalmente en el disparo hay bordes en el nivel inferior (conocido como patas de gallo o zapatos), esto puede ser por dos causas:

- Exceso de la longitud del taco inferior.
- Inicio inverso de los encartuchados de Emulsión: una de las desventajas es que este explosivo tiene una pésima iniciación inversa y mayormente no detonan los cartuchos debido a que el fulminante no está en dirección a la columna.

En la siguiente Figura se muestra la Iniciación directa e inversa de cartuchos de Emulsión.

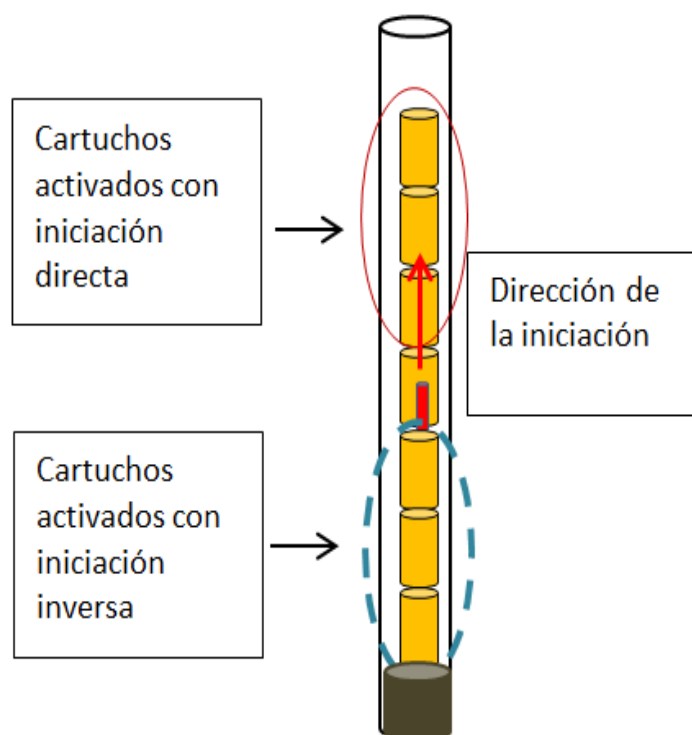


Figura 30. Iniciación directa e inversa de cartuchos de Emulsión
Tomado del Área de Planeamiento - Método de minado Bench and Fill (10)

Interpretación

Mayormente, los taladros perforados tienen una longitud de 13 metros, la manguera Exsanel tiene una longitud de 12 metros, esto condiciona a que tres cartuchos deben ser activados por iniciación inversa, por esta razón es recomendable tener un lote de Exsanel de 14 metros y mejorar el disparo.

4.4.5. Optimización del costo de operación de la unidad minera Uchucchacua

La unidad minera Uchucchacua a inicios de la implementación de este método de minado Bench and Fill, en el Año 2020 al 2021, tuvo un costo de operación (*opex*) muy elevado en el costo de producción en la siguiente tabla se muestra el costo de operación (*opex*) para el año 2021

Tabla 5. Costo de operación (opex) para el año 2020

Costos de operación (opex) año 2020	SLS	unidades
Costo de producción	39.14	US\$/t
Gastos administrativos	11.6	US\$/t
Gastos de venta (comercialización de concentrado)	7.3	US\$/t
Otros gastos - (depreciación amortización)	1.1	US\$/t
Cierre de mina	0.8	US\$/t
Costo de operación	59.94	US\$/t

En la siguiente tabla se muestra el costo de operación (opex) para el año 2021

Interpretación

El costo de operación para el año 2020, viene hacer 59.94 dólares por tonelada para el método de minado Bench and Fill.

Tabla 6. Costo de operación (opex) para el año 2021

Costos de operación (opex) año 2021	SLS	Unidades
Costo de producción	37.89	US\$/t
Gastos administrativos	11.6	US\$/t
Gastos de venta (comercialización de concentrado)	7.3	US\$/t
Otros gastos - (depreciación amortización)	1.1	US\$/t
Cierre de mina	0.8	US\$/t
Costo de operación	58.69	Us\$/t

Interpretación

Tras las mejoras presentadas se tiene una reducción del costo de operación en el año 2021 en 1.25 dólares por tonelada es decir por cada tonelada producida en el método de minado *Bench and Fill* se tiene una reducción de 1.25 US\$/t, lo cual aumenta la rentabilidad del proyecto como la eficiencia en seguridad y todo el proceso de producción para este método de explotación.

CONCLUSIONES

- 1 Para el año 2021 se tuvo un incremento en la perforación cumplimiento lo programado de 9 000 metros perforados por mes y se ejecutó 9,779 metros perforados en promedio mensual para este año.
- 2 Para el año 2021 se tiene un incremento en la producción por encima del cumplimiento en lo programado de 40 000 t/mes (toneladas por mes), siendo la producción ejecutado de 40,836 t/mes.
- 3 Las capacitaciones de los factores y parámetros de perforación como el concepto de llevar bien el baricentro en la perforación, ha permitido mejorar rendimientos del jumbo 01 al jumbo 02 y jumbo 03. Se aprecia el incremento del cumplimiento de los metros perforados de 1240 metros en promedio mensual del año 2021 con los operadores de los equipos de perforación, con operadores estables en el puesto de trabajo.
- 4 Tras los cálculos del dimensionamiento de los equipos de perforación, se obtuvo el número de equipos de perforación. Para la producción de 40,000 toneladas es necesario contar con 2 equipos de perforación. El requerimiento de los metros perforados por guardia es de 222 metros.
- 5 El control de la dilución permitió reducirla, así se mejoró la perforación de nivel a nivel replanteando el baricentro a la hora de realizar la perforación con el equipo jumbo, lo cual trajo buenos resultados. Se minimizó la dilución en la explotación *Bench and Fill*, en vetas angostas, de 13 % al 10 % de dilución respectivamente
- 6 Se redujo el tráfico de los equipos de transporte de mineral de la rampa principal de Rp-620-1, el cual será para la extracción de ida y la rampa de vuelta. Se realizará el desquinche para una sección de 4 x 4 metros, esto ayudó a aliviar considerable el tráfico generado en la rampa principal.

- 7 Se analizó el tipo de sostenimiento utilizado para el tajeo 6980 de la veta Gina Socorro de la unidad minera Uchucchacua. De una sección de 9,0 x 4,0 m aplicando Split set de 7 pies de longitud, se tuvo un factor de seguridad de $FS = 1.09$, el cual es desfavorable y en el análisis calbe bolt se tiene un factor de seguridad de $FS = 1.69$, el cual se tiene una condición de estabilidad muy favorable.
- 8 El contorno plástico de una extensión de 3 a 5 metros entre el SN-6980-2 como el SN-6980-1, el Factor de Seguridad es de 1, la estabilidad favorable con ayuda del cable bolting ayudará a mejorar la estabilidad de la labor.
- 9 El diagrama de espina de pescado se utilizó para mejorar la disponibilidad mecánica, el rendimiento y la utilización de los equipos de perforación. Esto minimizo drásticamente las perdidas operaciones por falta de mantenimiento de los mismos y aumentó la eficiencia en un 80 a un 93 %.
- 10 El rendimiento de la perforación de taladros de una altura de 13 metros requiere 43 minutos, tras las mejoras se tuvo una disminuido del tiempo de perforación en 11.68 minutos por taladro perforado; lo cual es muy ventajoso para la operación por el método de minado *Bench and Fill*
- 11 En la voladura, mayormente los taladros perforados tienen una longitud de 13 metros, la manguera Exsanel tiene una longitud de 12 metros, esto condiciona a que tres cartuchos deben ser activados por iniciación inversa; por este motivo, deben estar bien alineados a la columna explosiva para evitar que los taladros no detonen.
- 12 El costo de operación para el año 2020 viene a ser de 59.94 dólares por tonelada para el método de minado *Bench and Fill* y tras las mejoras presentadas se tiene una reducción del costo de operación de 58.96 dólares por tonelada, para el año 2021 con una optimización de 1.25 dólares por tonelada; es decir, por cada tonelada producida en el método de minado *Bench and Fill* se tiene una reducción de 1.25 US\$/t, lo cual aumenta la rentabilidad del proyecto como la eficiencia en seguridad y todo el proceso de producción para este método de explotación..

RECOMENDACIONES

- 1 Las capacitaciones de los conocimientos de factores y parámetros de perforación como el concepto de llevar bien el baricentro en la perforación han logrado mejorar rendimientos del jumbo 01 al jumbo 02 y jumbo 03. Se aprecia es incremento del cumplimiento de los metros perforados con los operadores de los equipos.
- 2 Se debe superar la altura del distrito plástico o la estatura de la cuña más extrema iniciada por la presencia de los grupos de discontinuidades en la estructura Gina-Socorro. Asimismo, llevar a cabo la estrategia de tiro de enlace en arreglos con aberturas más notables que 6,0m.
- 3 Se recomienda evaluar rutas alternas para mejorar el tránsito de los equipos mediante una rampa de subida y una rampa de bajada, con lo cual se dará velocidad a la extracción del mineral y desmonte, teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de la flota equipos y camionetas.
- 4 Diseñar y ejecutar un marco de infiltración por tajeos que ayude a despejar el agua de las operaciones y ayude a la solidez de las actividades.
- 5 Se recomienda estandarizar los metros perforados en el tajeo del método de mina *Bench and Fill*, que viene a ser 75 metros perforados por guardia. Tener en cuenta que contar con taladros acumulados indica un buen trabajo, se recomienda también, tener presión en cada taladro perforado para lograr buenos resultados y evitar daños en las cajas que nos llevarían a generar mucha dilución en el minado por *Bench and Fill*.
- 6 Se recomienda, para el control y evitar la desviación de la perforación, llevar la línea de gradiente a lo largo de la extensión de la labor.
- 7 Se recomienda realizar taladros de drenaje para drenar el agua procedente de las labores superiores a la profundización y para la ventilación se realizará

una chimenea de 200 metros y se viene utilizando una máquina del modelo SRM-400 para su realización.

- 8 Se recomienda tener un lote de Exsanel de 14 metros en stock a fin de mejorar el disparo ya que la longitud de taladro es de 13 metros.
- 9 Proporcionar porta barras y herramientas a todos los equipos de perforación para aumentar la vida útil de las barras de perforación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARTEAGA, Jhosmell. Minado selectivo para explotar vetas angostas de oro en la minera Marsa S.A. Pataz – región la Libertad. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cerro de Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, 2021, 85 pp.
2. BALDEON, Miguel. Aplicación del método de explotación taladros largos en vetas angostas sin By Pass - Veta Ramal Alianza de Minera Argentum. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2021, 103 pp.
3. DIEGO, Alberto. Aplicación de taladros largos para la reducción de costos operativos en el tajo 012 del nivel 18 – zona La Oroya, Compañía Minera Casapalca S. A. – 2019. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Huancayo : Universidad Continental, 2020, 109 pp.
4. CURILLA, Yonattan y MUÑICO, Jeanpool. Incremento de la Producción mediante la aplicación del método Bench & Fill en veta el Ángel del Tajo 227 NE de Compañía Minera Brexia Goldplata Perú S.A.C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2019, 133 pp.
5. COMUN, Heberzon. La influencia del método corte y relleno ascendente con taladros largos en la producción de la Mina Animón – Volcan. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Huancayo : Universidad Nacional de Centro del Peru, 2018, 71 pp.
6. COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A., Unidad Minera Uchucchacua. [En línea] 12 de 09 de 2012. [Citado el: 12 de 07 de 2021.] <http://www.iestpoyon.edu.pe/web/mineria.htm>.
7. ANTONIO, Wualdo. Aplicacion de taladros largos en vetas angostas, caso Mina Austria Duvaz-Morococha. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2017, 136 pp.

8. ÁREA DE PLANEAMIENTO, unidad minera San Cristobal. *Metodo de explotacion Bench and Fill*. Yauli : Volcan Compañía Minera S.A.A, 2020.
9. CALLA, Jaime. Aplicacion de taladros largos en el sistema de vetas Virginia – Mina San Cristobal. [En línea] Yauli : Volcan Compañía Minera S.A.A., 2012. [Citado el: 12 de 07 de 2021.] <https://1library.co/document/yr3ejv97-aplicaci%C3%B3n-taladros-largos-sistema-vetas-virginia-mina-cristobal.html>
10. BCK CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. y el Área de Planeamiento, unidad minera Uchucchacua. *Metodo de explotacion, Bench and Fill*. Oyón : Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., 2022.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

Evaluación e identificación de las oportunidades de mejora para el método de explotación Bench and Fill, unidad minera Uchucchacua

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
¿Cómo será la evaluación e identificación de las oportunidades de mejora para el método de explotación <i>Bench and Fill</i> , unidad minera Uchucchacua?	Evaluar e identificar las oportunidades de mejora para el método de explotación <i>Bench and Fill</i> , unidad minera Uchucchacua	La evaluación e identificación de las oportunidades de mejora es factible y viable para el método de explotación <i>Bench and Fill</i> , unidad minera Uchucchacua.

Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas
• ¿Cómo influirá el control de los aspectos técnicos de minado para mejorar la explotación <i>Bench and Fill</i>, unidad minera Uchucchacua?	• Determinar el control de los aspectos técnicos de minado para mejorar la explotación <i>Bench and Fill</i>, unidad minera Uchucchacua	• El control de los aspectos técnicos de minado es factible para mejorar la explotación <i>Bench and Fill</i>, unidad minera Uchucchacua.
• ¿Cómo influirá el control de los aspectos geomecánicos para mejorar la explotación <i>Bench and Fill</i>, unidad minera Uchucchacua?	• Determinar el control de los aspectos geomecánicos para mejorar la explotación <i>Bench and Fill</i>, unidad minera Uchucchacua	El control de los aspectos geomecánicos es factible para mejorar la explotación <i>Bench and Fill</i>, unidad minera Uchucchacua
• ¿Cómo influirá el control de las operaciones unitarias principales en el método de explotación <i>Bench and Fill</i>, unidad minera Uchucchacua?	• Determinar el control de las operaciones unitarias principales en el método de explotación <i>Bench and Fill</i>, unidad minera Uchucchacua.	El control de las operaciones unitarias principales es factible y viable en el método de explotación <i>Bench and Fill</i>, unidad minera Uchucchacua

Anexo 2

Deficiencias en la perforacion con Simba, minado *Bench and Fill*



Anexo 3

Mal emboquillado del equipo de perforación



Tomado de unidad minera Uchucchacua

Anexo 4

Juego de barras de perforacion con jumbo



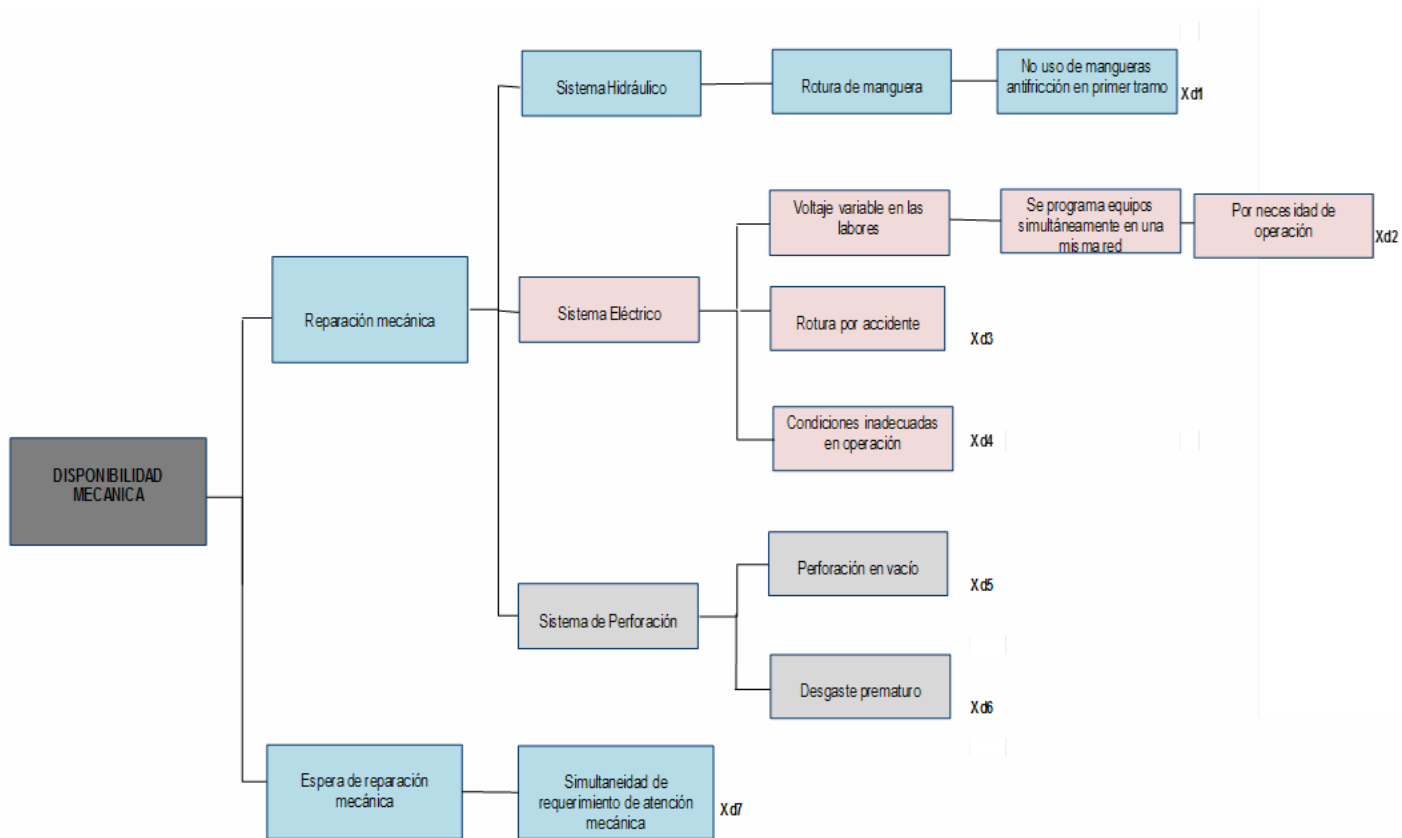
Anexo 5

Tajo inestable tras la perforacion y voladura



Anexo 6

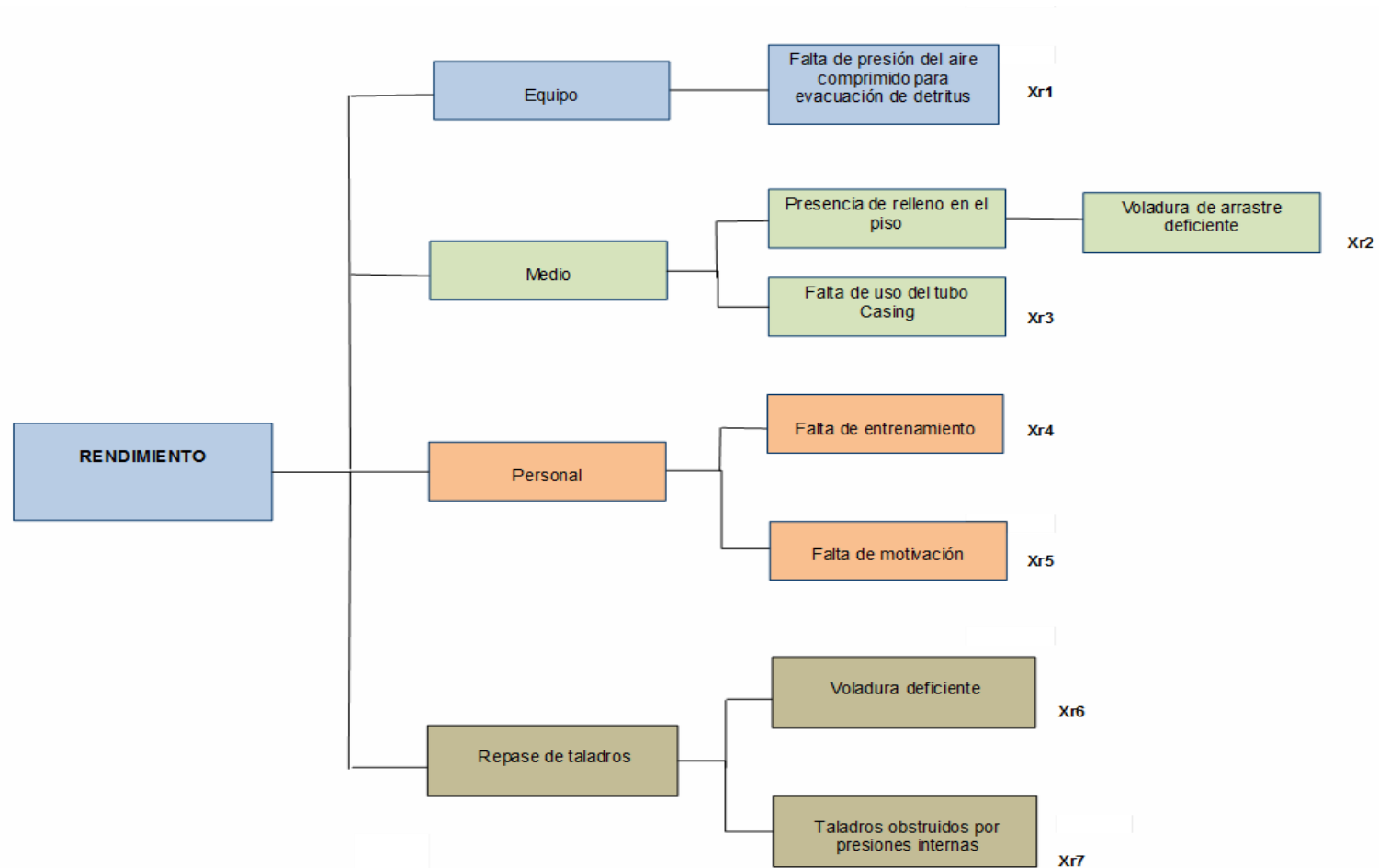
Diagrama de espina de pescado de disponibilidad mecánica



Tomado del Área de Planeamiento - Metodo de minado Bench and Fill (10)

Anexo 7

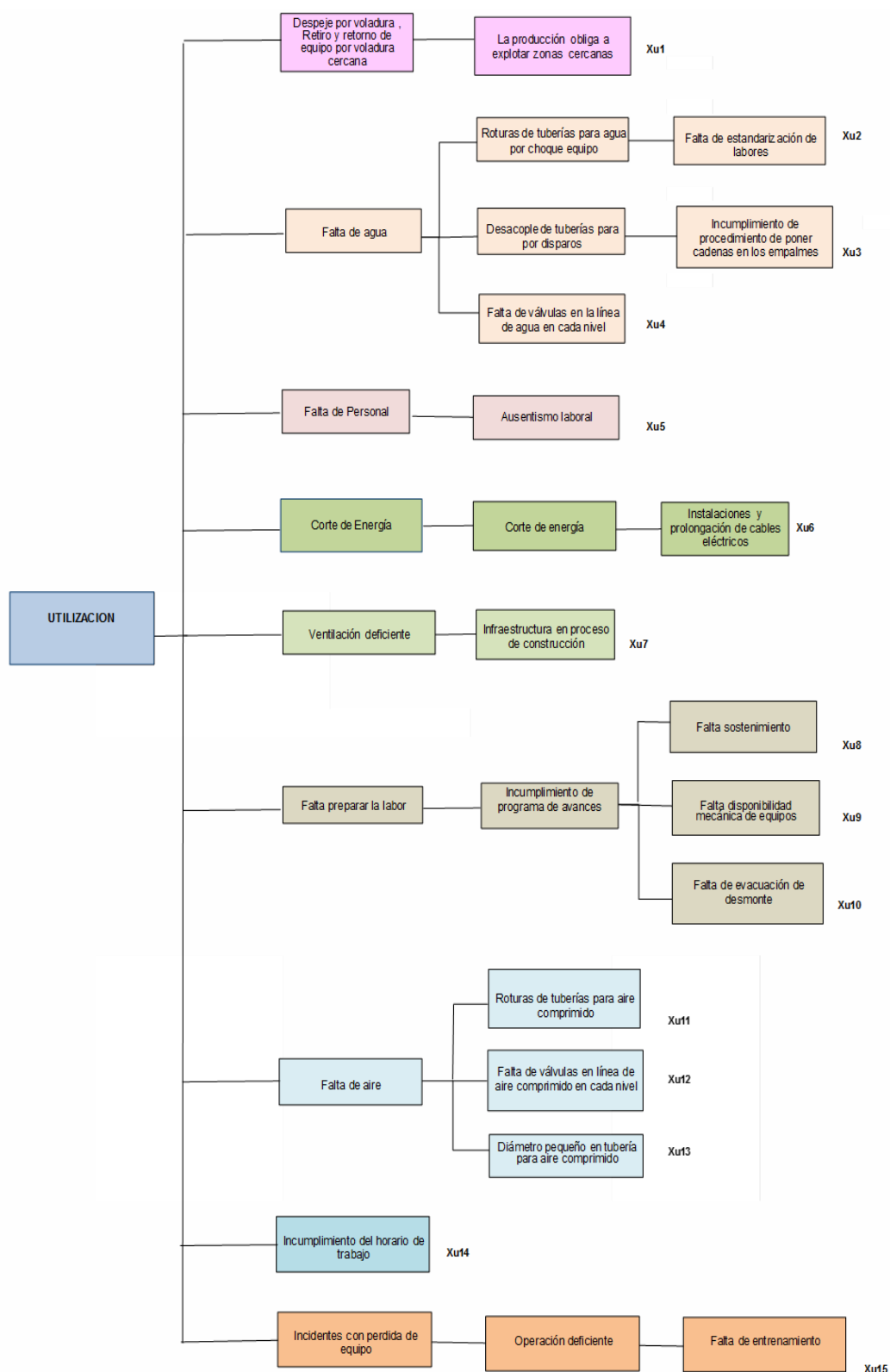
Diagrama de espina de pescado de rendimiento



Tomado del Área de Planeamiento. metodo de minado Bench and Fill (10)

Anexo 8

Diagrama de espina de pescado de utilización



Tomado del Área de Planeamiento, metodo de minado Bench and Fill (10)