

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Evaluación técnica económica de la perforación con
barra cónica, para incrementar el avance lineal en la
minera Vicus S. A. C.**

Kelly Janeth Cesar Riveros
Edwin Juño Cuchula

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Ing. Jesús Fernando Martínez Ildfonso

AGRADECIMIENTO

A la prestigiosa universidad Continental

A los catedráticos de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Minas, por sus enseñanzas para nuestra formación profesional.

Asimismo, un especial agradecimiento a nuestro asesor Ma. Jesús Fernando Martínez Ildfonso, por sus sabias enseñanzas, por su guía, por su buena orientación y apoyo continuo, a fin de lograr la culminación de la presente investigación.

DEDICATORIA

Yo, Kelly, dedico esta Tesis a mis padres, por cada uno de los días de sacrificio para dar a sus hijos una profesión, por los ánimos brindados, por luchar sin importarles nada con el propósito de vernos con una carrera. Te agradezco madre y padre por inculcarme buenos valores y sobre todo por darme la vida. También agradezco a mis hermanos, por los ánimos y consejos brindados.

Yo, Edwin, dedico esta Tesis a Dios, y a mis queridos padres: Thomas y Marcelina, hermanos, primos quienes fueron el motor y mi fortaleza para culminar satisfactoriamente mi carrera profesional y seguir adelante con mis objetivos trazados.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	18
1.1 Planteamiento y formulación del problema	18
1.1.1 Planteamiento del problema	18
1.1.2 Formulación del problema	19
1.2 Objetivos	20
1.2.1 Objetivo general	20
1.2.2 Objetivos específicos	20
1.3 Justificación e Importancia	20
1.4 Hipótesis	20
1.4.1 Hipótesis general	20
1.4.2 Hipótesis específicas	21
1.5 Identificación de las variables	21
1.5.1 Variable independiente	21
1.5.2 Variable dependiente	21
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables	22
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	23
2.1 Antecedentes del problema	23
2.1.1 Antecedentes nacionales	23
2.2 Generalidades empresa minera Vicus	27
2.2.1 Ubicación	27
2.2.2 Accesibilidad	28
2.2.3 Geología	28

2.2.4 Geomecánica empresa minera Vicus	30
2.2.5 Veta Mikeyla	32
2.3 Bases teóricas	32
2.3.1 Descripción del método de minado por corte y relleno	32
2.4.1 Partes principales de una máquina perforadora.....	35
2.4.2 Accesorios de perforación	35
2.4 Utilización de la barra cónicas en la perforación con el equipo Jackleg RMP – S83FX.....	36
2.5 Fallas por el control de parámetros y factores de perforación deficientes en las barras cónicas y brocas.....	39
2.6 Cálculo del costo por metro Perforación de la broca cónica y cónica.....	40
2.7 Definición de términos	41
CAPÍTULO III MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO.....	43
3.1 Método y alcances de la investigación.....	43
3.1.1 Método general o teórico de la investigación	43
3.1.2 Alcance de la investigación.....	43
3.2 Diseño de la investigación	44
3.3 Población y muestra	44
3.3.1 Población.....	44
3.3.2 Muestra	44
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	44
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos	44
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos	45
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
4.1 Evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica para incrementar el avance lineal en la minera Vicus S. A. C.	46
4.1.1 Parámetros de perforación y voladura con equipo manual Jackleg	49
4.1.2 Criterios de control de las herramientas de perforación:	50
4.2 Evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica para disminuir las perdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jackleg, en la minera Vicus S. A. C.....	52
4.2.1 Análisis de los aceros de perforación barra y broca cónica en promedio mensual del año 2020	53

4.2.2 Análisis de los aceros de perforación barra y broca cónica en promedio mensual del año 2021	56
4.3 Evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica para reducir el costo unitario de perforación, en la minera Vicus S. A. C.	62
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	22
Tabla 2. Ubicación geográfica de las coordenadas de la minera Vicus S. A. C.	28
Tabla 3. Criterios para clasificación de la masa rocosa	31
Tabla 3. Descripción de los aceros de perforación con barra y broca cónica	40
Tabla 8. Distribución de taladros del diseño de malla de perforación y voladura galería principal del Nivel – 120 de la empresa minera Vicus S. A. C.	50
Tabla 9. Tipo de descarte de aceros de perforación brocas cónicas	51
Tabla 10. Tipo de descarte de aceros de perforación - barras cónicas	52
Tabla 11. Descarte de los aceros de perforación - brocas cónicas año 2020	53
Tabla 12. Descarte de los aceros de perforación - barras cónicas año 2020	54
Tabla 13. Rendimiento del metro perforado de los aceros de perforación cónicas – barra y broca en promedio mensual del año 2020	55
Tabla 14. Control del desgaste de la matriz y desgaste diametral de broca cónica	57
Tabla 15. Control de la rotura de la barra cónica.....	58
Tabla 16. Descarte de los aceros de perforación - Brocas Cónicas año 2021	59
Tabla 17. Descarte de los aceros de perforación - Barras Cónicas año 2021	60
Tabla 18. Rendimiento del metro perforado de los aceros de perforación cónicas – barra y broca en promedio mensual del año 2020	61
Tabla 19. Parámetros de perforación y voladura para las galerías principales del nivel – 120 en el año 2020	63
Tabla 20. Estructura de costos de perforación y voladura de la galería principal en el nivel – 120 del año 2020.....	64

Tabla 21. Parámetros de perforación y voladura para la galería principal del nivel – 120 en el año 2021	65
Tabla 22. Estructura de costos de perforación y voladura de la galería principal en el nivel – 120 del año 2021	66
Tabla 23. Evaluación del costo de perforación y voladura del tramo de 145 metros lineales de la galería principal en el nivel – 120	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de localización y ubicación de la empresa minera Vicus S. A. C.	28
Figura 2. Perforación convencional - cut and fill	34
Figura 3. Tipos de equipos de perforación máquina Jackleg.....	35
Figura 5. Partes de una barra cónica.	37
Figura 6. Sistema de adaptación de la barra cónica y la broca	37
Figura 7. Importancia de la conicidad de la barra de perforación	38
Figura 8. Partes de una broca para una barra cónica.....	38
Figura 9. Características generales de la estructura de la barra de perforación	39
Figura 10. Pérdidas prematuras por la deficiencia del control de la barra cónica como la broca de perforación.....	40
Figura 12. Parámetros de perforación del equipo manual Jackleg, empresa minera Vicus S. A. C.....	47
Figura 13: Parámetros de perforación del equipo manual Jackleg, empresa minera Vicus S. A. C.....	48
Figura 14. Método de minado corte y relleno ascendente - empresa minera Vicus S. A. C.....	48
Figura 15. Diseño de malla de perforación y voladura de la galería principal del Nivel - 120 de sección 2.10 x 2.20, empresa minera Vicus S.A.C.....	49
Figura 16. Comparación del rendimiento del metro perforado de los aceros de perforación cónicas – barra y broca en promedio mensual del año 2020	55
Figura 17. Columna de perforación cónicas – barra y broca	57
Figura 18: Comparación del Rendimiento del metro perforado de los aceros de perforación cónicas – barra y broca en promedio mensual del año 2021	61

RESUMEN

En minera Vicus se toma como referencia la aplicación de la metodología de Nicholas para la selección del método de minado, debido a la geometría del yacimiento, distribución de leyes y la calidad de roca; por lo que se ha podido determinar su explotación por el método de *cut and fill stoping* (corte y relleno ascendente), ya que se necesita una mayor producción para poder alimentar la planta. Así, se plantea optimizar el avance lineal de los frentes a fin de cumplir lo programado por la minera.

Hoy en día hay, un problema en el paralelismo de la perforación de taladros es que cuanto más prominente es la longitud más prominente es la desviación del taladro perforado. Esto trae desgaste de las piezas de perforación como es la broca y la barra cónicas, en general, se desgasta o en el escenario más pesimista suele romperse los insertos de la broca generando así pérdidas de las piezas de perforación

Esto repercute en el avance de la programado en la guardia en el día a día, con un menor avance y menor eficiencia productividad, a la larga esto va a producir pérdidas económicas en el replanteo de la perforación y voladura. Por esta razón, se va mejorar las actividades de perforación para reducir las pérdidas de las piezas de perforación, a su vez ayudará a disminuir la desviación de los taladros de perforación por lo tanto obtener un disparo óptimo y la disminución de perdidas prematuras de las piezas de perforación utilizadas en el equipo Jackleg, aumentar la eficiencia, disminuir la sobreexcavación en los frentes de avance.

La comparación de los rendimientos de los aceros de perforación broca y barra cónicas para el año 2020 y 2021, se tiene:

En cuanto al rendimiento para el año 2020 de las brocas cónicas en promedio mensual se tiene una pérdida de 62.55 metros perforados por debajo de la vida útil, el consumo total de brocas cónicas es de 147 unidades de los cuales 6 unidades cumplieron con su vida útil del acero de perforación y las otras 139

unidades se descartaron por deficiencias operativas. Para las barras cónicas en promedio mensual se tiene una pérdida de 226.40 metros perforados por debajo de la vida útil. En el consumo total de barras cónicas es de 57 unidades de los cuales 8 unidades cumplieron con su vida útil del acero de perforación y las otras 49 unidades se descartaron por deficiencias operativas.

En cuanto al rendimiento para el año 2021 de las brocas cónicas en promedio mensual se obtuvo un aumento de 51 metros perforados por encima de la vida útil. En el consumo total de brocas cónicas es de 94 unidades de los cuales 54 unidades cumplieron con su vida útil del acero de perforación y las otras 36 unidades se descartaron por deficiencias operativas. Para las barras cónicas en promedio mensual se obtuvo un aumento de 131 metros perforados por encima de la vida útil. En el consumo total de brocas cónicas es de 94 unidades de los cuales 54 unidades cumplieron con su vida útil del acero de perforación y las otras 36 unidades se descartaron por deficiencias operativas.

El proyecto del avance lineal para el nivel – 120 tiene un tramo de 145 metros lineal, para el año 2020 se perforó con una barra de 4 pies y en el año 2021 con una barra de 6 pies, se obtuvo lo siguiente:

Para el año 2020, el costo total por la unidad valorizada por metro de avance lineal es de S/1908.16 soles por metro lineal y el costo de las herramientas de perforación, barra cónica de 4 pies y broca cónica R32 x 45 mm, se tiene un costo por metro lineal de S/90.35 soles por metro lineal.

Los trabajos de perforación y voladura para el tramo de 145 metros lineales de la galería principal del nivel – 120 con barra de 4 pies se tendría 186 disparos, ascendiendo un costo total para todo el tramo de 145 metros de S/354,591 soles.

Para el año 2021, el costo total por la unidad valorizada por metro de avance lineal es de S/1569.65 soles por metro lineal y el costo de las herramientas de perforación, barra cónica de 6 pies y broca cónica R32 x 45 mm, se tiene un costo por metro lineal de S/87.37 soles por metro línea.

Los trabajos de perforación y voladura para el tramo de 145 metros lineales de la galería principal del nivel – 120 con barra de 6 pies se tendría 88 disparos, ascendiendo un costo total para todo el tramo de 145 metros de S/137,898 soles. La optimización del costo de perforación y voladura en todo el proyecto del tramo de 145 metros lineales es de S/216,693 soles respectivamente.

Palabras clave: mejora de la perforación con barra cónico.

ABSTRACT

In Minera Vicus, we are taking as a reference, the application of the Nicholas methodology, for the selection of the mining method, where the geometry of the deposit, grade distribution and rock quality are taken into account; so it has been possible to determine its exploitation by the Cut and Fill Stopping method, since a higher production is needed to feed the plant, it is proposed to optimize the linear advance of the fronts in order to meet the programmed by the mining company.

This has repercussions in the advance of the programmed in the guard in the day to day, with a smaller advance and smaller efficiency productivity, in the long run this is going to produce economic losses in the staking out of the perforation and blasting, it is going to improve the perforation activities to reduce the losses of the perforation pieces, In turn, it will help to reduce the deviation of the drill bits and therefore obtain an optimal shot and the reduction of premature losses of the drilling parts used in the Jack Leg equipment, increase efficiency, reduce over-excavation in the advance fronts.

The comparison of the performance of the drill bit and conical bar drill steels for the year 2020 and 2021, we have:

The performance for the year 2020, of the conical bits in monthly average has a loss of 62.55 meters drilled below the useful life, the total consumption of conical bits is 147 units of which 6 units fulfilled their useful life of the drill steel and the other 139 units were discarded due to operational deficiencies. For conical rods, on a monthly average, there is a loss of 226.40 meters drilled below the useful life. The total consumption of conical rods is 57 units, of which 8 units met their useful life of drill steel and the other 49 units were discarded due to operational deficiencies.

The performance for the year 2021 of the conical drill bits in monthly average, an increase of 51 meters drilled above the useful life was obtained. The total consumption of conical bits is 94 units of which 54 units met their useful life of drill steel and the other 36 units were discarded due to operational deficiencies.

For the monthly average of conical rods, there was an increase of 131 meters drilled over the useful life. The total consumption of conical drill bits is 94 units of which 54 units met their useful life of drill steel and the other 36 units were discarded due to operational deficiencies.

The project of the linear advance for the level - 120 has a section of 145 linear meters, for the year 2020 it was drilled with a 4 feet rod and in the year 2021 with a 6 feet rod, the following was obtained:

For the year 2020, the total cost for the unit valued per meter of linear advance is S/ 1908.16 per linear meter and the cost of the drilling tools, 4-foot conical rod and R32 x 45 mm conical drill bit, there is a cost per linear meter of S/90.35 per linear meter.

The drilling and blasting works for the 145 linear meter section of the main gallery at level - 120 with 4-foot rod would have 186 shots, amounting to a total cost for the entire 145meter section of S/354,591.

For the year 2021, the total cost for the unit valued per meter of linear advance is S/ 1569.65 per linear meter and the cost of the drilling tools, 6-foot conical rod and R32 x 45 mm conical drill bit, has a cost per linear meter of S/87.37 per linear meter.

The drilling and blasting works for the 145 linear meter section of the main gallery at level 120 with 6-foot rod would have 88 shots, amounting to a total cost for the entire 145-meter section of S/137,898. The optimization of the cost of drilling and blasting in the whole project of the 145 linear meters section is S/216,693 respectively.

Key words: Improvement of drilling with conical rod.

INTRODUCCIÓN

La unidad minera Vicus S. A. C. se encarga de la explotación del yacimiento desde los Niveles-30 hasta el Nv. -230. La planificación durante el año próximo es alimentar la planta de tratamiento con 30 t/día, asimismo alcanzar el objetivo de producir mayor volumen de tratamiento, se proyecta llegar a 60 t/día.

En minera Vicus se toma como referencia la aplicación de la metodología de Nicholas para la selección del método de minado, debido a la geometría del yacimiento, distribución de leyes y la calidad de roca; por lo que se ha podido determinar su explotación por el método de *cut and fill stoping* (corte y relleno ascendente), ya que se necesita una mayor producción para poder alimentar la planta. Así, se plantea optimizar el avance lineal de los frentes a fin de cumplir lo programado por la minera.

En cuanto al rendimiento para el año 2021 de las brocas cónicas en promedio mensual se obtuvo un aumento de 51 metros perforados por encima de la vida útil. En el consumo total de brocas cónicas es de 94 unidades de los cuales 54 unidades cumplieron con su vida útil del acero de perforación y las otras 36 unidades se descartaron por deficiencias operativas. Para las barras cónicas en promedio mensual se obtuvo un aumento de 131 metros perforados por encima de la vida útil. En el consumo total de brocas cónicas es de 94 unidades de los cuales 54 unidades cumplieron con su vida útil del acero de perforación y las otras 36 unidades se descartaron por deficiencias operativas.

El proyecto del avance lineal para el nivel – 120 tiene un tramo de 145 metros lineal, para el año 2020 se perforó con una barra de 4 pies y en el año 2021 con una barra de 6 pies, se obtuvo lo siguiente:

Para el año 2020, el costo total por la unidad valorizada por metro de avance lineal es de S/1908.16 soles por metro lineal y el costo de las herramientas de perforación, barra cónica de 4 pies y broca cónica R32 x 45 mm, se tiene un costo por metro lineal de S/90.35 soles por metro lineal.

Los trabajos de perforación y voladura para el tramo de 145 metros lineales de la galería principal del nivel – 120 con barra de 4 pies se tendría 186 disparos, ascendiendo un costo total para todo el tramo de 145 metros de S/354,591 soles.

Para el año 2021, el costo total por la unidad valorizada por metro de avance lineal es de S/1569.65 soles por metro lineal y el costo de las herramientas de perforación, barra cónica de 6 pies y broca cónica R32 x 45 mm, se tiene un costo por metro lineal de S/87.37 soles por metro línea.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

La mayoría de las organizaciones o empresas mineras en general dependen de los costes de los metales en el mercado mundial. La disminución de los gastos de trabajo es clave y de extrema importancia. Los trabajos de perforación juegan un papel importante, ya que al ser trabajos del día a día se convierten en la actividad más representativa en los frentes de avance.

Las organizaciones mineras en el Perú, en la actividad de perforación, siguen los límites de perforación a fondo y después los normalizan para seguir mejorando el ciclo. La disminución del costo por metro perforado ayuda a disminuir el costo de perforación, lo cual es útil para la organización minera.

La unidad minera Vicus S. A. C. se encarga de la explotación del yacimiento desde los Niveles -30 hasta el Nv. -230. La planificación durante el año próximo es alimentar la planta de tratamiento con 30 t/día, asimismo alcanzar el objetivo de producir mayor volumen de tratamiento, se proyecta llegar a 60 t/día.

En minera Vicus se toma como referencia la aplicación de la metodología de Nicholas para la selección del método de minado, debido a la geometría del yacimiento, distribución de leyes y la calidad de roca; por lo que se ha podido determinar su explotación por el método de *cut and fill stoping* (corte y relleno

ascendente), ya que se necesita una mayor producción para poder alimentar la planta. Así, se plantea optimizar el avance lineal de los frentes a fin de cumplir lo programado por la minera.

Hoy en día hay, un problema en el paralelismo de la perforación de taladros es que cuanto más prominente es la longitud más prominente es la desviación del taladro perforado. Esto trae desgaste de las piezas de perforación como es la broca y la barra cónicas, en general, se desgasta o en el escenario más pesimista suele romperse los insertos de la broca generando así pérdidas de las piezas de perforación

Esto repercute en el avance de la programado en la guardia en el día a día, con un menor avance y menor eficiencia productividad, a la larga esto va a producir pérdidas económicas en el replanteo de la perforación y voladura. Por esta razón, se va mejorar las actividades de perforación para reducir las pérdidas de las piezas de perforación, a su vez ayudará a disminuir la desviación de los taladros de perforación por lo tanto obtener un disparo óptimo y la disminución de perdidas prematuras de las piezas de perforación utilizadas en el equipo Jackleg, aumentar la eficiencia, disminuir la sobreexcavación en los frentes de avance.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo será la evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica para incrementar el avance lineal en la minera Vicus S. A. C.?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo será la evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica para disminuir las pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jackleg, en la minera Vicus S. A. C.?
- ¿Cómo será la evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica para reducir el costo unitario de perforación en la minera Vicus S. A. C.?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar la evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica para incrementar el avance lineal en la minera Vicus S. A. C.

1.2.2 Objetivos específicos

- Desarrollar la evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica para disminuir las pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jackleg en la Minera Vicus S. A. C.
- Desarrollar la evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica para reducir el costo unitario de perforación en la minera Vicus S. A. C.

1.3 Justificación e Importancia

La unidad minera Vicus S. A. C. se encarga de la explotación del yacimiento desde los Niveles -30 hasta el Nv. -230. La planificación durante el año próximo es alimentar la planta de tratamiento con 30 t/día, asimismo alcanzar el objetivo de producir mayor volumen de tratamiento, se proyecta llegar a 60 t/día.

En minera Vicus se toma como referencia la aplicación de la metodología de Nicholas para la selección del método de minado, debido a la geometría del yacimiento, distribución de leyes y la calidad de roca; por lo que se ha podido determinar su explotación por el método de *cut and fill stoping* (corte y relleno ascendente), ya que se necesita una mayor producción para poder alimentar la planta. Así, se plantea optimizar el avance lineal de los frentes a fin de cumplir lo programado por la minera.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

La evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica influye positivamente para incrementar el avance lineal en la minera Vicus S. A. C.

1.4.2 Hipótesis específicas

- La evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica influye positivamente para disminuir las pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jackleg en la Minera Vicus S. A. C.
- La evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica influye positivamente para reducir el costo unitario de perforación en la minera Vicus S. A. C.

1.5 Identificación de las variables

1.5.1 Variable independiente

Evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica

1.5.2 Variable dependiente

Incrementar el avance lineal

1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

Evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica, para incrementar el avance lineal en la minera Vicus S. A. C.

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I: Evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica	Es el análisis de la parte técnica, operacional del equipo manual Jackleg, y la evaluación del costo por metro perforado, en función al rendimiento de las piezas de perforación, como es el barreno y la broca del equipo manual Jackleg.	<p>Caracterización geomecánica</p> <p>Parámetros de la perforación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Índices RMR, RQD y Q del macizo rocoso • Familias de discontinuidades • Parámetros de las discontinuidades • Factores y parámetros de perforación • Metros perforados • Cantidad de aceros de perforación • Longitud de desviación de taladros (cm)
V.D: Incrementar el avance lineal	Es el aumento de la longitud de la barra de perforación, evaluando las desviaciones de los taladros, que está relacionado al tipo de roca a perforar y al factor operativo del equipo manual (Jackleg), ejecutado por el operador del equipo, todo esto debe ser analizado con el costo del metro lineal de perforación.	Evaluación de errores de desviación de taladros	<ul style="list-style-type: none"> • P.U. de la broca (\$/m) • P.U. de la barra (\$/m) • P.U. del equipo de perforación Jackleg (\$/m) • Costo metro perforado (\$/m)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes nacionales

- a) Tesis titulada: «*Análisis y optimización de las operaciones de perforación y voladura para el desarrollo de estándares técnicos e incremento de utilidades en mina Tambomayo*» realizada en la facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para analizar y optimizar la perforación y voladura de rocas para maximizar utilidades en la mina Tambomayo (1). Además, la metodología tiene las siguientes características (1).
- Para mejorar el diseño de la malla de perforación se debe optimizar los costos unitarios para el incremento de utilidades en la U.M. Tambomayo, donde el costo mostrado como línea base fue de 153,26 \$/m, optimizando los costos en 135,47 \$/m. generándose una ganancia de 17,79 \$/m, repercutiendo favorablemente en el cash cost del área de mina, incrementando las utilidades en la U.M. Tambomayo (1)
 - De acuerdo con el diseño de malla de perforación optimizada se reducen 3 taladros de 14 pies, por consiguiente, los costos unitarios de avance en mina se optimizan en 0,12 \$/m con respecto a los costos iniciales de la U.M. Tambomayo. (1)

- De acuerdo con el diseño de perforación y voladura propuesta los costos de explosivos se optimizan de 109,52 \$/m a 95,53 \$/m, reduciendo los costos en 13,99 \$/m. siendo favorable para la U.M. Tambomayo (1).
- La optimización es real con el replanteo en el diseño de la malla de perforación, estandarizando la carga del explosivo en los taladros y la secuencia miento de salida.

De acuerdo con los costos unitarios dados anteriormente, se observó que un 38 % se invierte en explosivos en un frente de voladura, un 15 % en mano de obra y 47 % en equipos y accesorios en la U.M. Tambomayo (1).

b) Tesis titulada: «*Optimización del avance lineal en las labores de exploración y desarrollo de la Unidad Minera Santa María - Compañía Minera Poderosa S.A. con la aplicación de los criterios fundamentales de la ingeniería de la voladura*» realizada en la facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para análisis de los parámetros que intervienen en las estimaciones matemáticas para el diseño de la malla de perforación y voladura en roca diorita tipo III, para incrementar el avance lineal en las zonas de desmonte (cortadas), el cual depende directamente del diámetro de los taladros de alivio en el arranque y la desviación de perforación de los mismos. (2). Además, la metodología tiene las siguientes características (2):

- Se rediseñó la malla de perforación y voladura considerando las dos variables mencionadas en la primera conclusión y también el tipo de explosivo a utilizar. De esta manera, se disminuyó de 45 a 39 la cantidad de taladros cargados y de los 5 taladros de alivio de 38 mm se modificó a 2 taladros de alivio de 64 mm con 3 taladros de alivio de 38 mm (Figura 25). De este modo, se aumentó el avance promedio a 2.10 m/disparo con barrenos de 8 pies frente al avance de 1.51 m/disparo con barrenos de 6 pies. Esto contribuyó a que el costo por metro de avance disminuya de S/.1,344.86 a S/.1,140.85 (2).

- En esta instancia, se consiguió bajar el factor de potencia (kg/t) de 1.23 a 1.15 y el factor de carga lineal (kg/m) se redujo de 23.24 a 21.02. La eficiencia de perforación y la eficiencia de voladura aumentaron, obteniendo así los siguientes indicadores: 87.93 % a 89.54 % y 93.92 % a 96.31 %, respectivamente (2).
 - Se concluye que aplicando correctamente los modelos matemáticos de Holmberg y sus colaboradores y bajo los parámetros de estos, es posible obtener un mejor diseño de malla de perforación y voladura reflejándose, significativamente, en un mayor avance lineal por guardia de trabajo. No obstante, cabe recalcar que existen otros métodos para poder realizar el mismo objetivo de esta presente investigación (2).
- c) Tesis titulada: «*Mejora de la perforación con barras cónicas, mediante la minimización de errores de desviación de taladros, Unidad Minera San Juan de Chorunga*» realizada en la universidad Continental. El objetivo del estudio fue mejorar la perforación con barras cónicas mediante la minimización de errores de desviación de taladros, unidad minera San Juan de Chorunga (3). Además, la metodología tiene las siguientes características (3):
- Las cuatro funciones para realizar la perforación con el equipo manual Jackleg son percusión, rotación, empuje de avance y el barrido (3).
 - Las deficiencias se inician con el emboquillado, el mal control del empuje de avance, el mal control de la presión de agua y aire, estos factores generan la desviación de taladros en la perforación con la barra y broca cónicas (3).
 - Se realizó capacitaciones al maestro y ayudante perforista a fin de minimizar estos errores cometidos. Se logró para el año 2020 mejores rendimientos en las herramientas de perforación llegando a sobrepasar la vida útil de la barra y broca cónica (3).
 - La comparación de las herramientas de perforación broca y barra cónicas para el año 2019 y 2020 indica: rendimiento de la broca cónica: 159 metros

perforados por encima de la vida útil y por encima del rendimiento del año 2019, Rendimiento de la barra cónica: 324 metros perforados por encima de la vida útil y por encima del rendimiento del año 2019 (3).

- La reducción del costo total de la valorización por metro lineal de avance es de S/28.89 soles en el año 2020 (3).

d) Tesis titulada: «*Reducción de costos operativos en labor Carmen Nv. 3040 mediante la optimización de estándares de perforación y voladura, CIA. Minera Poderosa S.A -2018*» realizada en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para optimizar los estándares de operación en la labor Carmen Nv. 3040 para reducir los costos de perforación y voladura, CIA Minera Poderosa SA. -2018 (4). Además, la metodología tiene las siguientes características (4):

- Con la selección del nuevo diseño de malla de perforación, se reduce un 33,33 % donde en la malla anterior se tenía 52 taladros y en la actual malla optimizada 39 taladros, y el avance lineal en el cruce se mejora considerablemente 81.50m a 115.50 m, de avance mensual. Que nos indica el nuevo diseño de malla es favorable para un avance óptimo en el frente 3040 NW, en la unidad minera Santa María (CMPSA) (4).
- Se determinó la distribución integral de los taladros, donde el factor de carga anterior era de 4.45 kg/m³ y actual es de 2.46 kg/m³ con una reducción de 44.72 %. Y el costo de material de voladura anterior era de 120.516 \$/ml y con una óptima distribución de la longitud de carga se obtiene un costo de 95 11 \$/ml; con una diferencia de 25.41 % por disparo (4).

e) Tesis titulada: «*Optimización del diseño de malla de perforación para la estimación de costos operacionales en la zona de Pucaurco - Unidad Minera Pachancoto – Minas de Pachancoto S. A. 2019*» realizada en la universidad Continental. El objetivo del estudio fue determinar en qué medida influye la optimización del diseño de malla de perforación en la estimación de

costos operacionales en la zona de Pucaurco, unidad minera Pachancoto-Minas de Pachancoto S.A., 2019 (5). Además, la metodología tiene las siguientes características (5):

- Después de evaluar los resultados alcanzados luego de realizar la aplicación del nuevo diseño de la malla de perforación y voladura, se obtuvieron mejoras en comparación a la malla anterior que se utilizaba en el crucero de avance de Minas de Pachancoto S. A. en la unidad minera Pachancoto (5).
- Con la optimización del diseño de la malla de perforación y voladura se logró reducir el costo unitario de avance por metro lineal del crucero 961 del Nv. 4950 de una sección de 2.4m x 2.4 m en la unidad minera Pachancoto de \$280.72 a \$245.85 por metro, lo que representa un 12.42 % menos referente al costo unitario que se tenía anteriormente (5).

Con la optimización en el diseño de la malla de perforación y voladura se redujo la cantidad de número de taladros de 42 a 39, con ello se disminuyó el tiempo de perforación del frente e influyó en gran medida a la estimación de costos operacionales de perforación y voladura en la unidad minera Pachancoto (5).

2.2 Generalidades empresa minera Vicus

2.2.1 Ubicación

La minera Vicus S. A. C. se ubica en el norte del Perú a 138 km sureste de la provincia de Barranca y departamento de Lima, políticamente pertenece al centro poblado Las Minas, distrito de Supe, provincia de Barranca, departamento de Lima, con ubicación geográfica de las coordenadas de la minera Vicus S. A. C son:

- ✓ El área hectáreas es de 478 (6).
- ✓ Vértice 1: E 231911 y N 8798613 (6).
- ✓ Vértice 2: E 230313 y N 8793874 (6).
- ✓ Vértice 3: E 229449 y N 8794165 (6).
- ✓ Vértice 4: E 230963 y N 8798932 (6).

En la siguiente figura se muestra la ubicación de la empresa minera Vicus S. A. C, unidad Capacho de oro I



Figura 1. Plano de localización y ubicación de la empresa minera Vicus S. A. C. Tomada de Reservas y recursos minerales: Empresa minera Vicus S. A. C, 2022 (6)

2.2.2 Accesibilidad

El acceso desde Lima es por vía terrestre según el siguiente itinerario:

Tabla 2. Ubicación geográfica de las coordenadas de la minera Vicus S. A. C.

Lugar	Distancia (km.)	Tiempo	Tipo de carretera
Lima- Supe	160	2 h 30 min.	Asfaltada
Supe - Caral	35	30 min.	Afirmada
Caral - Vicus	3	10 min.	Afirmada
	198	3 h 10 min.	

Tomada de Informe del estudio de las reservas y recursos minerales - Barranca: Empresa minera Vicus S. A. C. 2022 (6)

2.2.3 Geología

2.2.1.1. Geología regional

El yacimiento de oro de la empresa minera Vicus se encuentra sobre una terraza fluvial del río Supe sobre depósitos de aluviones que presenta colinas en dirección NE-SW, encontrándose transitoriamente sobre las quebradas donde

se encuentran las vetas primarias del almacén. Se reconocen las unidades litológicas y los almacenes cuaternarios, en particular los almacenes fluviales, aluviales, lacustres y eólicos. Las unidades geomorfológicas cercanas son puntuales.

La geoforma eólica (elevaciones enmarcadas) y la geoforma planar están conectadas entre sí. Se exponen las estrategias potenciales de rotura de la diorita de grano medio que obstruye sin cesar con granodioritas de grano grueso intercaladas con plagioclasas argilitizadas, incluyendo la utilización de la rotura uniforme, como asientos, y se distinguen las zonas de extracción de estas piedras. La región habría tenido cuatro aluviones, de los cuales no menos de dos corrientes aluviales habrían impactado en plena ocupación por la concebible peculiaridad del Niño. Se retratan las peculiaridades geodinámicas, por ejemplo, los asentamientos y los aluviones, a pesar de los peligros topográficos que influirían en las laderas arenosas. Se infiere que las principales unidades litológicas existentes son la diorita y la andesita, junto con estructuras y la presencia de lodos como el caolín, la crisocola y la calcita.

2.2.1.2. Geología local

La empresa minera Vicus cuenta con un yacimiento filoneo de origen epitermal, donde hay vetas en pliegues y veteados a modo de rosario, conformando ramificaciones cistoides en un plano llano y en sentido ascendente, con relleno de cuarzo y extensiones de pirita, presencia de sulfuros como galena, esfalerita, marmatita, arsenopirita, calcopirita, pirrotita a pirrotita, con alta conductividad atractiva, incluyendo igualmente la Tetraedrita particularmente hacia el extremo norte del almacén. En estas franjas mineralizadas básicamente hay unas fallas opuestas como de esquina a esquina, igualmente afloran en el espacio unos diques de Rodonita Cuarzosa, Diorita Basáltica. Dentro de la concesión "Capacho de Oro I" existen unos cuantos marcos de vetas que siguen orientaciones NE-SW y NW-SE. Los almacenes de vetas que se encuentran en toda el área se facilitan en su mayoría dentro de rocas medianeras de organización granodiorítica y diorítica, en algunos segmentos de contacto se removilizan, como fanglomerados con clastos esporádicos que van desde

centímetros hasta metros de ancho. El complejo subyacente del yacimiento presenta problemas dextrales, sinestrales, opuestos y de deslizamiento.

2.2.1.3. Geología estructural

El yacimiento filogénico de Vicus se sitúa en un espacio quebrado por una disposición de fallas principales con rumbo noreste, suroeste con buzamientos subverticales dentro del pasaje Capacho de Oro que aún no está resuelto tanto hacia el este como hacia el oeste, debido a que por la ausencia de personal, los trabajos de investigación y mejora no se completan con mayor celeridad; en todo caso, podemos afirmar con convicción la presencia de vetas fundamentales con rumbo NE - SW, así como vetas opcionales conocidas como las tensionales. El Marco de Corta está relacionado con las interrupciones granodioríticas y dioríticas, que han llevado a la rotura. Los problemas transversales son de vecindad, mientras que las deficiencias longitudinales se han enmarcado gracias a las tensiones creadas por la subducción con rumbo Norte - Oeste, Sur - Este. En consecuencia, hay pliegues rellenos de sulfuro con la presencia de cuarzo lechoso.

2.2.4 Geomecánica empresa minera Vicus

A partir de la planimetría realizada en toda la mina con estación total, se realiza una georreferenciación de puntos para el estudio geomecánico, tomando datos por cada cambio de alteración que se observa en la roca o por cada cambio en la litología, tomando como regla mínima estudiar en cada nivel o acceso permitido, determinando las propiedades estructurales del macizo rocoso, utilizando la clasificación geomecánica RMR y el índice de Q de Barton para generar un mapeo geomecánico de las discontinuidades, determinando así las familias principales, así como también la dirección de esfuerzos principales. Tomando en este caso lo más importante, el vector de desplazamiento y así determinar la dirección de desplazamiento del macizo como la velocidad de asentamiento.

Según las Normas ISRM 1979 (ISRM, International Society for Rock Mechanics, con base en Lisboa Portugal), la geomecánica es la unión de la mecánica de los suelos más la mecánica de rocas. La línea divisoria entre

ambas está en la resistencia compresiva uniaxial (UCS). Para rocas con un UCS >0.25 MPa, se trata de mecánica de suelos. Para rocas con un UCS < 0.25 MPa se trata con mecánica de rocas.

Para la clasificación geomecánica de la masa rocosa circundante a las labores programadas para el año 2021, se ha utilizado el criterio de clasificación RMR (Rock Mass Rating- Valoración de la Masa Rocosa) de Bieniawski, Considerándose de la siguiente manera.

Tabla 3. Criterios para clasificación de la masa rocosa
CRITERIO PARA CLASIFICACIÓN DE MASA ROCOSA

Tipo de roca	Rango RMR	Calidad Según RMR
I	81-100	MUY BUENA
II	61-80	BUENA
IIIA	51-60	REGULAR A
IIIB	41-50	REGULAR B
IV A	31-40	MALA A
IVB	21-30	MALA B
V	> 21	MUY MALA

**Tomada del Informe del estudio de las reservas y recursos minerales - Barranca:
Empresa minera Vicus S. A. C. 2022 (6)**

Los resultados del mapeo geomecánico realizado en el avance de las galerías de la veta Valeria al norte en el Nivel -180, según los datos tomados *in situ*, nos indican que la calidad de la masa rocosa en rocas dioríticas con intercalación de fragmentos de rocas intrusivas de composición granodiorítica y se ajusta al Tipo II, con RMR de 60-80, considerada como de calidad Buena. Mientras que el lado sur es de Tipo IV A, cuya composición es roca diorítica de grano medio con fuerte alteración propilítica, que se determina cómo Mala A, con un RMR de 31-40; por lo que su avance requiere sostenimiento con cuadros.

Por lo general, la evaluación realizada del macizo rocoso desde el Nivel -120 hasta el Nivel -180, la roca caja se clasifica Tipo III B considerada como Regular B con RMR de 41-50, hasta el Tipo II, que tiene RMR en un rango de 61-80 considerada como una roca buena; en algunos tramos las rocas cajas varían de

calidad desde el Tipo IIIB Regular B, hasta Tipo IV B roca considerada como Mala. Siendo muy corto los tramos de roca Muy Mala o de Tipo V que viene hacer extremadamente mala.

2.2.5 Veta Mikeyla

La veta Mikeyla tiene un rumbo de N 35°E, buzamiento de 76° SW, con potencia promedio de 0.05 – 0.08 m. con ley promedio de 15 gr/t siendo una veta Tensional de la veta Principal, probablemente se encuentra desprendiéndose a manera de *split* desde el extremo sur, unos 40 metros sobre el Nivel -120; el impacto reconocido se encuentra en el proyecto de integración.

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Descripción del método de minado por corte y relleno

El mineral se extrae mediante franjas horizontales o vertical comenzando en la parte inferior de un tajeo y avanzando hacia arriba (7). Según el Instituto de Ingenieros de Minas del Perú:

« En el momento en que se realiza la extracción toda la franja completa, el volumen a rellenar correspondiente con el material estéril (relleno), que sirve como piso de trabajo para los trabajadores y al mismo tiempo permite soportar los divisores de las cajas y, en algunos casos, el techo » (7)

En este método existe la posibilidad de aplicación muy amplias, se sugiere particularmente en aquellos yacimientos donde las cajas no son confiables y la caracterización geomecánica de rocas no es buena. (7) La altura máxima de trabajo entre dos tajadas es de (2.5 – 3 m) es factible de controlar las cajas con el empernado de pernos de anclaje o acuñando cualquier indicio de derrumbe. (7)

En la siguiente tabla se muestra los parámetros de aplicación del método de minado por *cut and fill* ascendente (7).

Este método tiene perspectivas de aplicación muy amplias, se sugiere particularmente en aquellos yacimientos donde las cajas no son confiables y la caracterización geomecánica de la roca no es buena. (8). En este método más

eficaz para trabajar con la mayor altura. comparable a la altura de dos cortes (2,5 - 3 m) es factible de controlar disparando o acuñar cualquier indicio de derrumbe. (7)

a) Parámetros

- ✓ Se debe considerar un buzamiento considerable
- ✓ Potencia moderada aceptable
- ✓ Mineral y roca de empaque de moderada a desvalida
- ✓ Cajas con irregular y macizo rocoso no competentes aceptable
- ✓ Ley de mineral alto

b) Ventajas y desventajas:

• Ventajas:

- ✓ Recuperación está cerca del 100 %
- ✓ Es excepcionalmente específico, lo que implica que los segmentos de alto grado y dejar esas regiones de segunda categoría sin explotar
- ✓ Es una estrategia protegida
- ✓ Puede llegar a un nivel grave de motorización
- ✓ Es razonable para repositorios con propiedades mecánicas reales ineptas

• Desventajas:

- ✓ Mayor costo de operación en la explotación (7)
- ✓ Mínimo rendimiento de la producción debido a la actividad del relleno (7)
- ✓ Alta adquisición de materiales para el sostenimiento (7)

c) Ciclo minero:

• Perforación

Para este método de minado se puede realizar la perforación de taladros horizontales, verticales e inclinadas:

- ✓ Para la situación de taladros horizontales, verticales se utiliza en general material suave para tener un buen control al techo de la labor. (7)

PERFORADORA	PESO	LONGITUD	DIAMETRO DEL PISTON	CARRERA DEL PISTON	CONSUMO DE AIRE 6 BAR	GOLPES POR SEGUNDO	TAMAÑO DE LA BOCINA	DIAMETRO DEL TALADRO
PERFORADORA BBD 94W	27Kg	670mm	90mm	45mm	250.53 cfm	55 HZ	22mm - 7/8	27-41mm / 22H
PERFORADORA RH 656W	22 Kg	630mm	65mm	60mm	101.7 cfm	34 HZ	22mm - 7/8	27-40mm / 22H
PERFORADORA BBC 34W	31Kg	775mm	80mm	70mm	186.46 cfm	38 HZ	22mm - 7/8	27-41mm / 22H
PERFORADORA BBC 16W	26Kg	710mm	70mm	55mm	133.49 cfm	39 HZ	22mm-7/8	27-41mm / 22H



NOTA : *Las perforadoras tienen un torque la cual es para hacer el ajuste a la perforadora, la cual el ajuste perfecto lo hace el perforista.
 *Estas perforadoras se usan en obras de carretera y minas , la cual se usa de 8' y 10' para la carretera y las series 1 y 2 para la mina.
 *El bar es la presión de la maquina la cual es de 6 bar, este equivale a 87 psi.
 *La perforadora tiene 4 funciones las cuales son: PERCUSION, ROTACION, EMPUJE DE AVANCE Y BARRIDO.
 *Estas perforadoras son neumáticas.
 *Se realiza la PERCUSION cuando el pistón impacta a la barra o barrano " es el golpe".
 *Se realiza la ROTACION cuando esta gira al barreno o barra por cada impacto de la percusión.
 *Se realiza el EMPUJE DE AVANCE cuando la pata de empuje y el perforista empuja la perforadora.
 *Se realiza el BARRIDO con aire y/o agua sabiendo que el agua debe ser un bar menos que el aire por q si no le entra agua a la perforadora y lo malogra, el barrido sirve para sacar los detritus del taladro, así hay eficaz perforación.
 *Las perforadoras BBC 16W Y BBC 34W son para roca semi dura y dura / la perforadoras RH 656w y BBD 94W son para roca blanda y semi dura.
 *El emboquillado de la perforadora debe ser con una fuerza y velocidad "suave" en lo mínimo, luego que el barreno o la broca con la barra ya estén fijo en el taladro aumenta la velocidad y la fuerza (eso lo hace el perforista).
 *Lo que se desgasta más rápido en la perforadora son las aletas, y lo que más se rompe son los tirones.

**Figura 3. Tipos de equipos de perforación máquina Jackleg
 Tomada de Epiroc Perú S. A. - Herramientas de perforación manual**

2.4.1 Partes principales de una máquina perforadora

Toda máquina perforadora se divide en tres partes principales: frontal, cilindro y cabezal; estas tres partes van unidas entre sí por medio de dos pernos largos con tuercas llamados tirantes (9).

2.4.2 Accesorios de perforación

a) Entre los accesorios de perforación tenemos:

✓ Barras cónicas.

Son varillas de acero que tienen por objeto transmitir el golpe al terreno por intermedio de la broca donde se realiza la perforación. La perforación de los taladros de cierta longitud se realiza con juegos de barras, empezando la perforación con el patero de 4', seguidor de 6' y pasador de 8' (9).

✓ Brocas descartables

Son los elementos del cuerpo de perforación que realizan el trabajo de trituración de la roca. La broca que está en contacto con la roca es un metal de carburo de tungsteno y cobalto, que pueden ser de 36 – 37 mm a más. (9)

b) El ciclo de trabajo utilizando perforadoras Jackleg está compuesto por las siguientes etapas:

✓ **Perforación**

Se realiza utilizando 2 perforadoras Jackleg por frente con barrenos de 4 y 6 pies y su malla de perforación consta de 52 a 57 taladros dependiendo del tipo de roca, el tiempo promedio de perforación es de 3:00 h, debido a que las labores son de sección de 3.5 x3 m, para poder perforar la parte superior del frente (coronas), se utilizan plataformas de perforación las cuales facilitan la actividad, estas plataformas constan de dos caballetes de metal y 8 tablas de 3m de longitud (9).

✓ **Voladura**

El explosivo que se utiliza es el Emulex de 45 %, y 80 % de una pulgada y como accesorios de voladura se utiliza el explosivo tipo carmex, armadas con fulminante y conector (9).

✓ **Limpieza**

Para realizar la limpieza del material volado se utiliza un scooptram de 3.5 yd³ (9).

✓ **Sostenimiento**

Para realizar el sostenimiento con perno helicoidal se utilizan perforadoras Jackleg y para ganar altura plataformas de perforación (9).

2.4 Utilización de la barra cónicas en la perforación con el equipo Jackleg RMP – S83FX

Las barras cónicas utilizadas en la perforadora Jackleg RMP – S83FX tienen partes importantes para poder realizar su trabajo, en la siguiente figura se muestra las partes esenciales de una barra cónica (10).

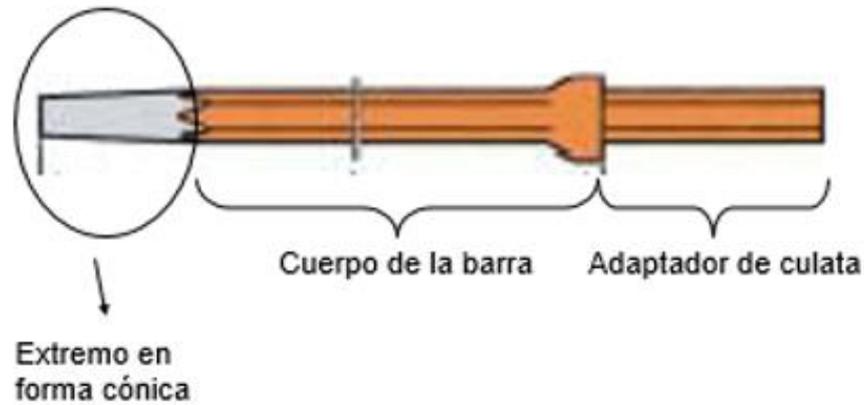


Figura 4. Partes de una barra cónica.
 Tomada de Epiroc Perú S. A. - Herramientas de perforación manual (10)

En la siguiente figura se muestra el sistema de adaptación de la barra cónica y la broca.

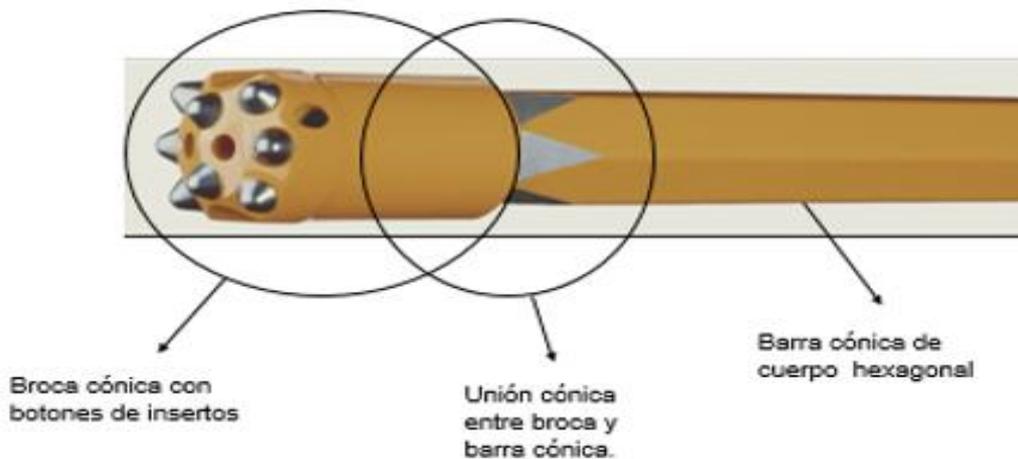


Figura 5. Sistema de adaptación de la barra cónica y la broca
 Tomada de Epiroc Perú S. A. - Herramientas de perforación manual (10)

2.5.1. Importancia de la conicidad de la barra de perforación en relación con la broca

Las barras cónicas requieren ser empatadas con brocas cónicas cuya conicidad sea la misma (10).

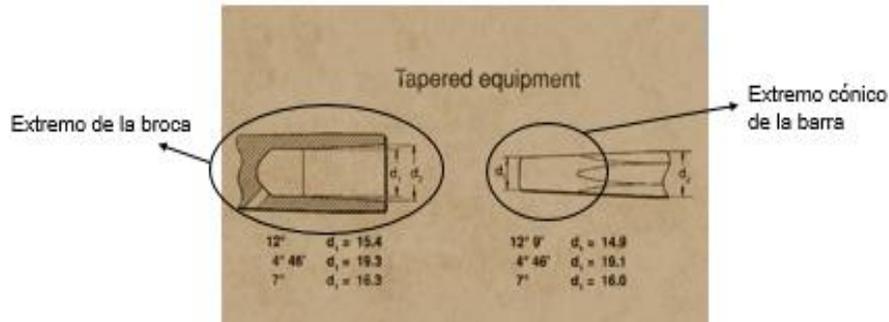


Figura 6. Importancia de la conicidad de la barra de perforación
Tomada de Epiroc Perú S. A. - Herramientas de perforación manual (10)

2.5.2. Partes de una broca para una barra cónica

En la siguiente figura se muestra las partes de una broca para una barra cónica:

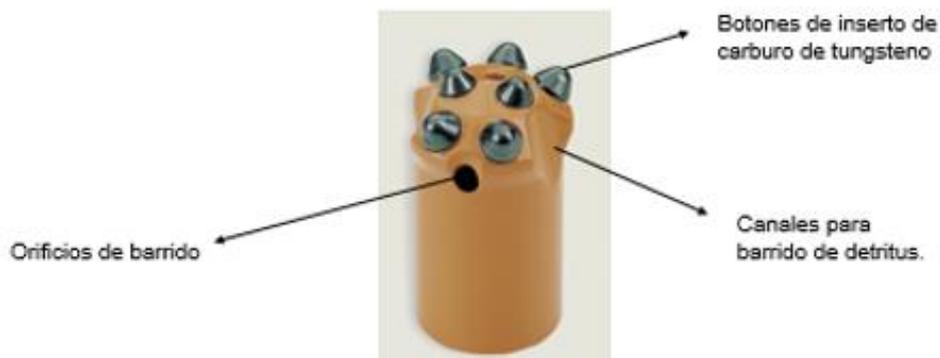


Figura 7. Partes de una broca para una barra cónica
Tomada de Epiroc Perú S. A. - Herramientas de perforación manual (10)

En el Nivel 724 labor GA 9281 este de la unidad minera San Juan de Chorunga se viene usando brocas cónicas de mayor rotación en ACP, cuyas características son (10):

- ✓ Número de botones: 07 (10).
- ✓ Distribución de botones: 05 periféricos y 02 centrales (10).
- ✓ Orificios de barrido: 02 (10).
- ✓ Conicidad: 11 grados (10).

2.5.3. Características generales de las barras cónicas

En la siguiente figura se muestra las características generales de la estructura de la barra de perforación:

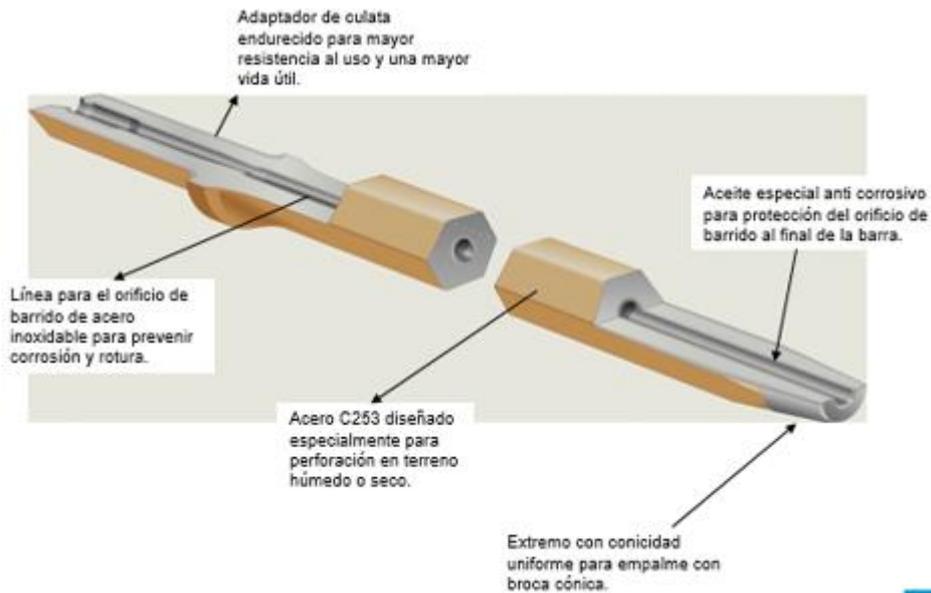


Figura 8. Características generales de la estructura de la barra de perforación Tomada de Epiroc Perú S. A. - Herramientas de perforación manual (10)

Consideraciones para elegir una barra cónica:

- ✓ La barra cónica brinda una mayor velocidad de penetración.
- ✓ El control logístico que requieren las brocas cónicas es bastante exigente (10).
- ✓ No se recomienda el uso de varillaje cónico en terrenos demasiado deleznable, en donde el taladro tenga derrumbes (10).
- ✓ El mercado nacional tiene mayor afinidad y costumbre en el uso de barra integral (10).
- ✓ Esto también se debe en parte a que no se conocen a profundidad las bondades técnicas de la barra cónica (10).

2.5 Fallas por el control de parámetros y factores de perforación deficientes en las barras cónicas y brocas

En la siguiente figura se muestra los tipos de fallas que generan la rotura de las barras cónicas (10).

Causa	solución
Rotura desde el interior, debido probablemente a corrosión sobre acero usado y posteriormente almacenado.	Limpiar y lubricar el material antes de almacenar si se detectan signos de posible corrosión.
Rotura desde el lado del hexágono, probablemente por golpe externo.	Manipular cuidadosamente las barras para que no sufran golpes directos.
Rotura desde una esquina del hexágono, probablemente a golpe externo.	No utilizar martillos ni combas para separar brocas y barras, usar el sacabrocas.



Causa	Soluciones
Botón quebrado debido a sobre perforación	Reducir intervalo entre afilados o dar de baja broca una vez llegado a su vida útil.
Botón quebrado debido a mal equipo o método de afilado.	Usar método y equipo apropiados para el afilado.
Botón quebrado debido a presencia de "piel de serpiente".	Revisar barrido y adecuarlo para eliminar sobrecalentamiento del botón.

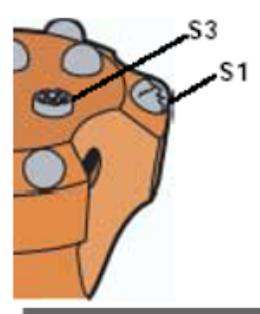


Figura 9. Pérdidas prematuras por la deficiencia del control de la barra cónica como la broca de perforación
Tomada de Epiroc Perú S. A. - Herramientas de perforación manual (10)

2.6 Cálculo del costo por metro Perforación de la broca cónica y cónica

En la siguiente tabla se muestra la descripción de los aceros de perforación con barra y broca cónica.

Tabla 4. Descripción de los aceros de perforación con barra y broca cónica

Descripción	Precio (USD)	Vida (pies)	Broca/ Barra
Barra 7/8" x 4' x 11°	50.00	1000	2
Barra 7/8" x 6' x 11°	63.00	1200	3
Broca cónica 11° x 41mm	17.00	500	
Broca cónica 11° x 38mm	16.00	400	

Tomada de Epiroc Perú S. A. - Herramientas de perforación manual (10)

De la tabla, se tiene lo siguiente:

- **Costos por metro perforado:**

✓ Aceros de perforación (barra y broca cónica) (10).

$$(50 \times 1 + 17 \times 2) + (63 \times 1 + 16 \times 3) / 1200 = 0.177 \text{ \$/p.p. (10).}$$

El costo por metro perforado según descripción de los aceros de perforación con barra y broca cónica para el ejemplo realizado por la empresa Epiroc Perú S.A, es de 0.177 \\$/p. p (10).

2.7 Definición de términos

- **Contrato metro perforado**

Es un método de gestión (control) del varillaje utilizado, el cual permite reducir los costos de perforación a través de la supervisión, control y distribución de los aceros al cliente, con un equipo especializado de personas que se encargarán de optimizar al máximo los recursos con el fin fundamental de incrementar la productividad (10).

- **Mantenimiento de aceros**

El mantenimiento de los aceros se realiza mediante el aguzado de brocas. el objetivo del afilado es devolver la forma al inserto y quitar la piel de serpiente (microfracturas) de la superficie del inserto (10).

- **Columna de perforación**

Es el conjunto de broca, barra, acople y shank, de las cuales la broca es la pieza de alto costo de la columna de perforación por eso es muy importante su control y mantenimiento (10).

- **Supervisión de campo**

Es la visita o revisión de las condiciones de funcionamiento de los equipos para la detección de problemas oportunos: (columna de perforación, regulación de presiones, dowell, centralizadores, etc.) (10).

- **Evaluación de roturas y daños**

El personal de campo tiene la capacidad de realizar las evaluaciones respectivas en caso de roturas prematuras o daños ocasionado a los aceros, ya

sea por operación, regulación de presiones, mantenimiento de los equipos, condiciones geológicas, etc. (10).

- **Sobre perforación**

Cuando las brocas presentan más del 1/3 de desgaste, se le denomina sobre perforación lo que origina una vida más corta de brocas y brocas rimadoras. . (10).

- **Estadísticas de vida útil**

Si realizamos una rotación de brocas de manera adecuada y de acuerdo con el tipo de dureza de la roca, el rendimiento de los aceros serán los óptimos y además reduciremos los tiempos de perforación y se reducirán el costo de mantenimiento del equipo es el sistema de perforación (10).

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

Es el método deductivo, porque permite desarrollar la evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica en los frentes de avance lineal del método de minado por corte y relleno para incrementar el avance lineal en la minera Vicus S. A. C.

b) Método específico

El método específico que se empleará es el método experimental deductivo, porque al desarrollar la evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica se podrá incrementar el avance lineal en la minera Vicus S. A. C.

3.1.2 Alcance de la investigación

a) Tipo de investigación

Es aplicada, porque el objetivo de la investigación es desarrollar la evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica para incrementar el avance lineal en la minera Vicus S. A. C.

b) Nivel de investigación

Es explicativo, porque para desarrollar la evaluación técnica económica de la

perforación con barra cónica para incrementar el avance lineal en la minera Vicus S. A. C. se llevará un análisis de la perforación con ayuda de la evaluación del macizo rocoso, a fin de incrementar el avance lineal en el método de minado corte y relleno.

3.2 Diseño de la investigación

Es experimental

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Todos los frentes de avance del método de minado corte y relleno de la minera Vicus S. A. C.

3.3.2 Muestra

La galería principal del Nivel – 120, tajeo del block mineralizado de la veta Mikeyla para el minado corte y relleno, minera Vicus S. A. C.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- **Observación**

Se realizará la recolección de datos en campo *in situ*, mediante la técnica observacional y procesamiento de datos actuales de la perforación en el tajeo del block de la veta Mikeyla del Nivel -120, para el minado por corte y relleno, de la minera Vicus S. A. C.

Para la investigación se utilizará como instrumento de campo: cuaderno de notas, planos, vernier, flexómetro, y herramientas de gestión de la minera Vicus S. A. C.

- **Recopilación**

Es la recolección de datos de la perforación, factores y parámetros, control de uso y consumo, utilizando programa Excel y también tesis, libros y laptop para el procesamiento de los datos.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

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

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica para incrementar el avance lineal en la minera Vicus S. A. C.

El mecanismo de perforación para un equipo manual Jackleg cuenta con cuatro parámetros de perforación importantes que viene hacer la percusión, la rotación, empuje de avance y el barrido. En la siguiente figura se muestra los parámetros de perforación del equipo manual Jackleg

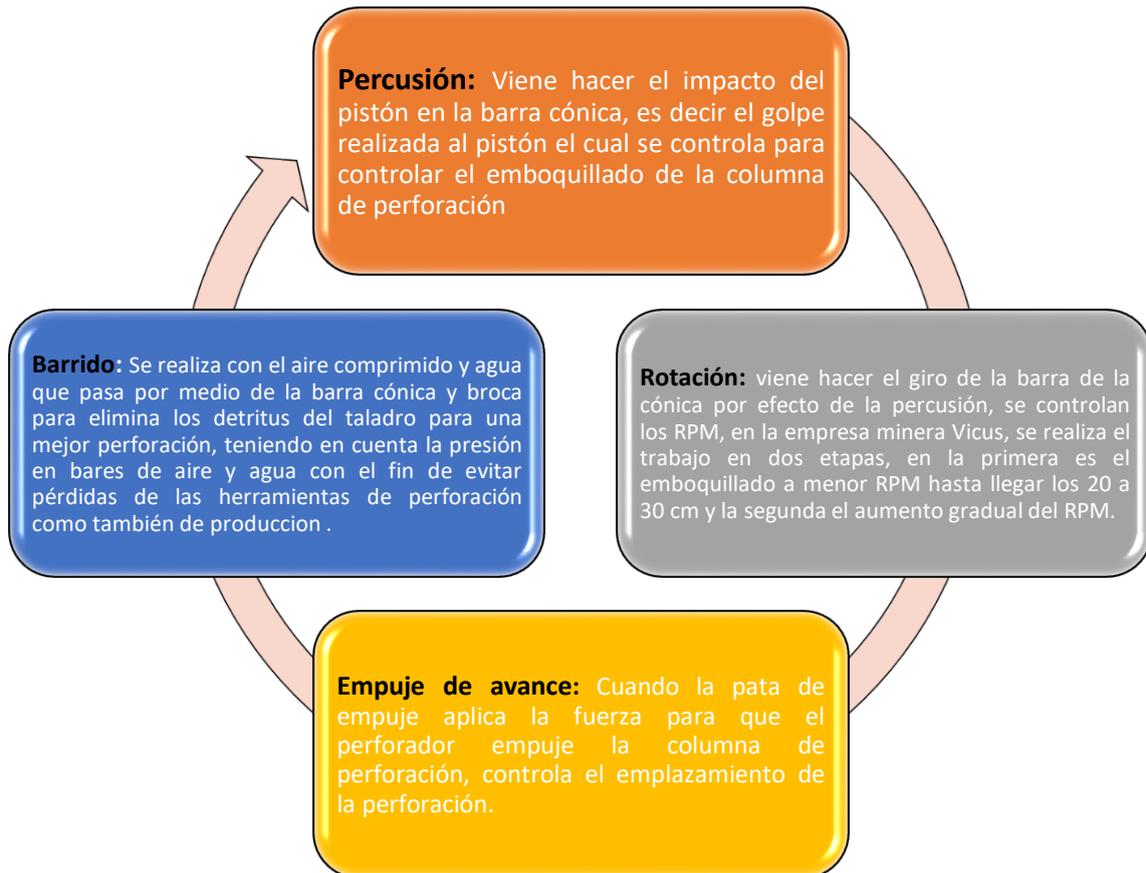


Figura 10. Parámetros de perforación del equipo manual Jackleg, empresa minera Vicus S. A. C.

La empresa minera Vicus viene realizando la explotación del mineral por medio del método de minado por corte y relleno ascendente, la planificación en el área de planeamiento busca minar del nivel -120 al nivel -60, las dimensiones de cada block son de 20 metros de largo y 60 metros de alto y ancho mínimo explotable mayor a 0.30 m, respecto a la galería principal del Nivel – 120, tajeo del block mineralizado de la veta Mikeyla para el minado corte y relleno, minera Vicus S. A. C.

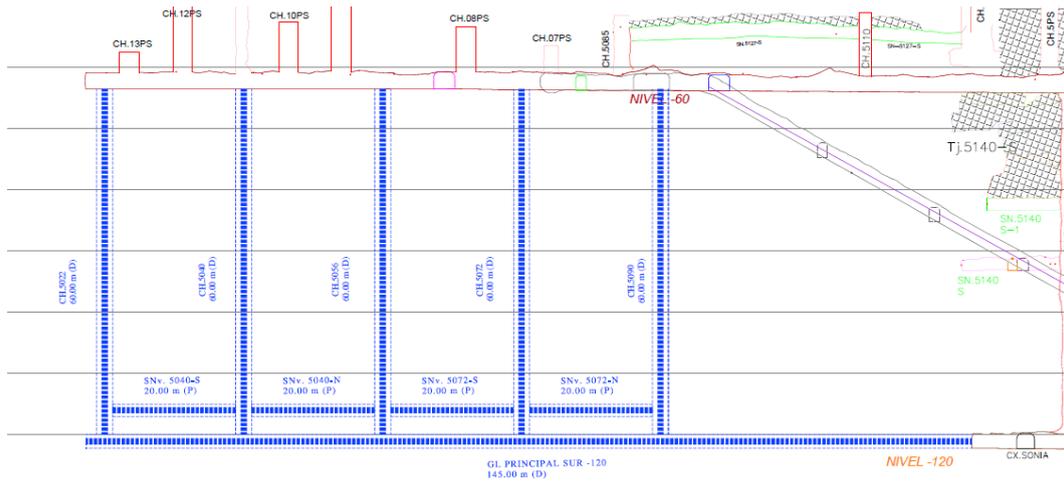


Figura 11: Parámetros de perforación del equipo manual Jackleg, empresa minera Vicus S. A. C. Tomada del área de Planeamiento - Unidad minera Vicus S. A. C., 2022 (11)

En la siguiente figura se muestra el método de minado corte y relleno ascendente - empresa Minera Vicus S.A.C.

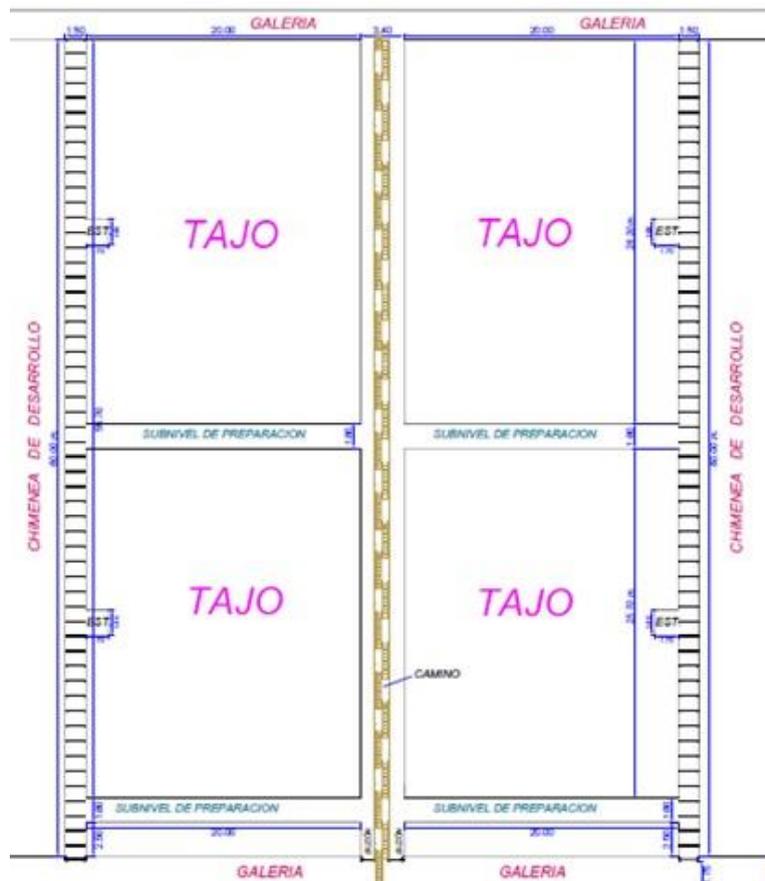


Figura 12. Método de minado corte y relleno ascendente - empresa minera Vicus S. A. C. Tomada del área de Planeamiento - Unidad minera Vicus S. A. C., 2022

4.1.1 Parámetros de perforación y voladura con equipo manual Jackleg

Las labores de preparación y desarrollo se realizarán mediante galerías con una sección de 2.10m x 2.20m, la perforación se llevará a cabo con perforadora Jackleg y para la voladura se utilizará emulsión para cebo y dinamita en el circado de veta y emulsión en la voladura de desquinche de roca caja, respecto a la galería principal del Nivel – 120, tajeo del block mineralizado de la veta Mikeyla para el minado corte y relleno, minera Vicus S. A. C.

En la siguiente figura se muestra el diseño de malla de perforación y voladura de la Galería principal del Nivel – 120 de sección 2.10 x 2.20.



Figura 13. Diseño de malla de perforación y voladura de la galería principal del Nivel - 120 de sección 2.10 x 2.20, empresa minera Vicus S.A.C Tomada del área de Planeamiento - Unidad minera Vicus S. A. C., 2022

En la sección de 2.10 m x 2.20 m, la perforación se llevará a cabo con perforadora Jackleg, los taladros se realizan en veta y con barra cónica de 4 pies y con brocas de 38 y 36 mm respectivamente

En la siguiente tabla se muestra los parámetros de perforación y voladura de la empresa minera Vicus S. A. C.

Tabla 5. Distribución de taladros del diseño de malla de perforación y voladura galería principal del Nivel – 120 de la empresa minera Vicus S. A. C.

Distribución de perforación y voladura en veta
Número de taladros de alivio =5
Número de taladros de arranque = 4
Número de taladros de ayuda de arranque = 8
Número de taladros de cuadradores = 14
Número de taladros de la corona = 5
Número de taladros de la corona ayudas = 2
Número de taladros de los hastiales = 4
Número de taladros de arrastre = 5
Total, de números de taladros = 42
Total, de número de Taladros de alivio = 5

Tomada del área de Planeamiento - Unidad minera Vicus S. A. C., 2022

Interpretación:

La distribución de los taladros del diseño de malla de perforación y voladura de la galería principal del Nivel – 120, el que se utilizará sobre la veta, cuenta con 42 taladros cargados y 5 taladros de alivio respectivamente, el cual se muestre en la Figura anterior N. 14.

En el arranque se está considerando 5 taladros de alivio a fin de asegurar la salida y así tener buenos resultados. En la corona se está utilizando taladros de ayuda a fin de obtener una fragmentación del macizo rocoso. En los taladros de arrastre, se tiene un taladro para la realización de la cuneta para drenar el agua que existe presencia de agua.

4.1.2 Criterios de control de las herramientas de perforación

Las malas prácticas operativas de perforación generan pérdidas de los aceros de perforación, esta deficiencia también genera un aumento del costo de perforación y voladura por metro lineal en la galería principal del Nivel - 120, tajeo del block mineralizado de la veta Mikeyla para el minado corte y relleno, minera Vicus S. A. C. En la siguiente tabla se muestra el tipo de descarte de aceros de perforación brocas cónicas según los controles realizados.

Tabla 6. Tipo de descarte de aceros de perforación brocas cónicas

Nº	Tipo de Descarte de acero de perforación – Broca Cónica
1	Desgaste diametral
2	Insertos rotos
3	Insertos diametrales expulsados
4	Insertos centrales expulsados
5	Insertos se salen de la matriz
6	Pérdida total de insertos
7	Fractura transversal
8	Fractura longitudinal
9	Rajadura de brocas
10	Obstrucción de orificios de barrido
12	Pérdida en frente de trabajo
13	Desgaste de matriz

Interpretación:

El equipo manual Jackleg cuenta con cuatro parámetros de perforación como es la percusión, rotación, empuje de avance y barrido. En función a estos parámetros se pudieron identificar 13 tipos de descarte de los aceros de perforación para las brocas cónicas, esta identificación es según las características de las pérdidas que se tuvo durante la operación de perforación en la galería principal del Nivel -120, tajeo del block mineralizado de la veta Mikeyla para el minado corte y relleno, minera Vicus S. A. C.

En la siguiente tabla se muestra el tipo de descarte de aceros de perforación - barras cónicas.

Tabla 7. Tipo de descarte de aceros de perforación - barras cónicas

N°	Tipo de Descarte de acero de perforación – Barras Cónicas
1	Desgaste de hexagonales
2	Torcedura de barras
5	Daño en la cara de impacto
6	Fractura en la parte del cono
7	Fractura en la parte de culatin
8	Plantado en frente de trabajo
9	fractura en la zona intermedia
10	Rajadura de barras

Interpretación:

Se identificaron 10 tipos de descarte de los aceros de perforación en función a las barras cónicas en los trabajos de perforación en la galería principal del Nivel -120, tajeo del block mineralizado de la veta Mikeyla para el minado corte y relleno, minera Vicus S. A. C. Esta clasificación nos ayudará a identificar qué tipo de descarte es la más recurrente y a fin de corregir la pérdida operativa de los aceros de perforación.

4.2 Evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica para disminuir las pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jackleg, en la minera Vicus S. A. C.

Las cuatro funciones primordiales de perforación con un equipo manual Jackleg que viene hacer la percusión, la rotación, el empuje de avance y el barrido el mal control de estos factores hacen que se generen pérdidas operativas en la perforación en relación con los aceros de perforación y en la voladura generan la sobreexcavación, tiros cortados por mal carguío entre otros que llevan a incrementar el costo de avance lineal ocasionando así pérdidas económicas frente a este costo.

Se desarrolló un estudio comparativo en promedio mensual para el año 2020 y para el año 2021, en este último año se ha podido reducir las deficiencias de la perforación en función a las pérdidas prematuras de los aceros de perforación que viene hacer la barra cónica y cónica,

4.2.1 Análisis de los aceros de perforación barra y broca cónica en promedio mensual del año 2020

Para el año 2020 se identificó las siguientes pérdidas prematuras de las brocas cónicas como se muestra en la siguiente tabla-

Tabla 8. Descarte de los aceros de perforación - brocas cónicas año 2020

Descarte de aceros - Brocas Cónicas			
N°	Tipo de descarte	Cantidad	%
1	Desgaste diametral	45	32.37%
2	Insertos rotos	12	8.63%
3	Insertos diametrales expulsados	10	7.19%
7	Fractura transversal	8	5.76%
8	Fractura longitudinal	8	5.76%
9	Rajadura de brocas	11	7.91%
13	Desgaste de matriz	45	32.37%
		139	100.00%

Interpretación:

En la tabla se muestra que en el año 2020 se tuvo 139 brocas cónicas descartadas, obteniéndose dos tipos de descartes de aceros con mayor cantidad: el primero es el desgaste diametral de la broca, con una cantidad de 45 y en porcentaje que presenta el 32.37 % del total de descarte y el segundo es el desgaste de matriz con una cantidad de 45 y en porcentaje representa el 32.37 % del total de descarte.

Esto tipos de descarte prematuro son ocasionado por la torcedura de la barra de la perforación cuando se avanza en promedio a una longitud de 40 a 50 centímetros. Esta mala práctica hace que la broca choque en las paredes del

taladro ocasionando el desgaste diametral de la cabeza de la broca y el desgaste de la matriz de la broca en la parte del faldón de la broca.

En la siguiente tabla se muestra el descarte de los aceros de perforación de la barra cónicas para el año 2020-

Tabla 9. Descarte de los aceros de perforación - barras cónicas año 2020

Descarte de aceros - Barras Cónicas de 4 pies			
N°	Tipo de descarte	Cantidad	%
1	Desgaste de hexagonales	10	20.41%
2	Torcedura de barras	5	10.20%
5	Daño en la cara de impacto	5	10.20%
7	Fractura en la parte de culatín	9	18.37%
9	fractura en zona intermedia	5	10.20%
10	Rajadura de barras	15	30.61%
		49	100.00%

Interpretación:

En la tabla se muestra que en el año 2020 se tuvo 49 barras cónicas descartadas, obteniéndose un tipo de descarte del acero de perforación con mayor cantidad que viene hacer la rajadura de barra, con una cantidad de 15 y en porcentaje que presenta el 30.61 % del total de descarte.

Este tipo de descarte prematuro es ocasionado por el mal almacenamiento de la barra, por la mala manipulación en transporte de la barra a la labor y también por utilizar el martillo para sacar la broca de la barra el cual genera rajaduras en la barra.

a) Rendimientos de los aceros de perforación en la galería principal del nivel - 120 empresa minera Vicus

En la siguiente tabla, se muestra el rendimiento de metros perforados de los aceros de perforación.

Tabla 10. Rendimiento del metro perforado de los aceros de perforación cónicas – barra y broca en promedio mensual del año 2020

Accesorios	Consumo total de aceros de perforación (unid.)	Cantidad de descartes de aceros de perforación (unidades.)	Rendimiento de Campo de cada acero de perforación (metro perforado)	Rendimiento de Contrato de cada acero de perforación (metro perforado)	Cumplimiento de cada acero de perforación (%)
Brocas					
Cónica	145	139	237.45	300	79.15%
Barras					
Cónica	57	49	673.60	900	74.84%

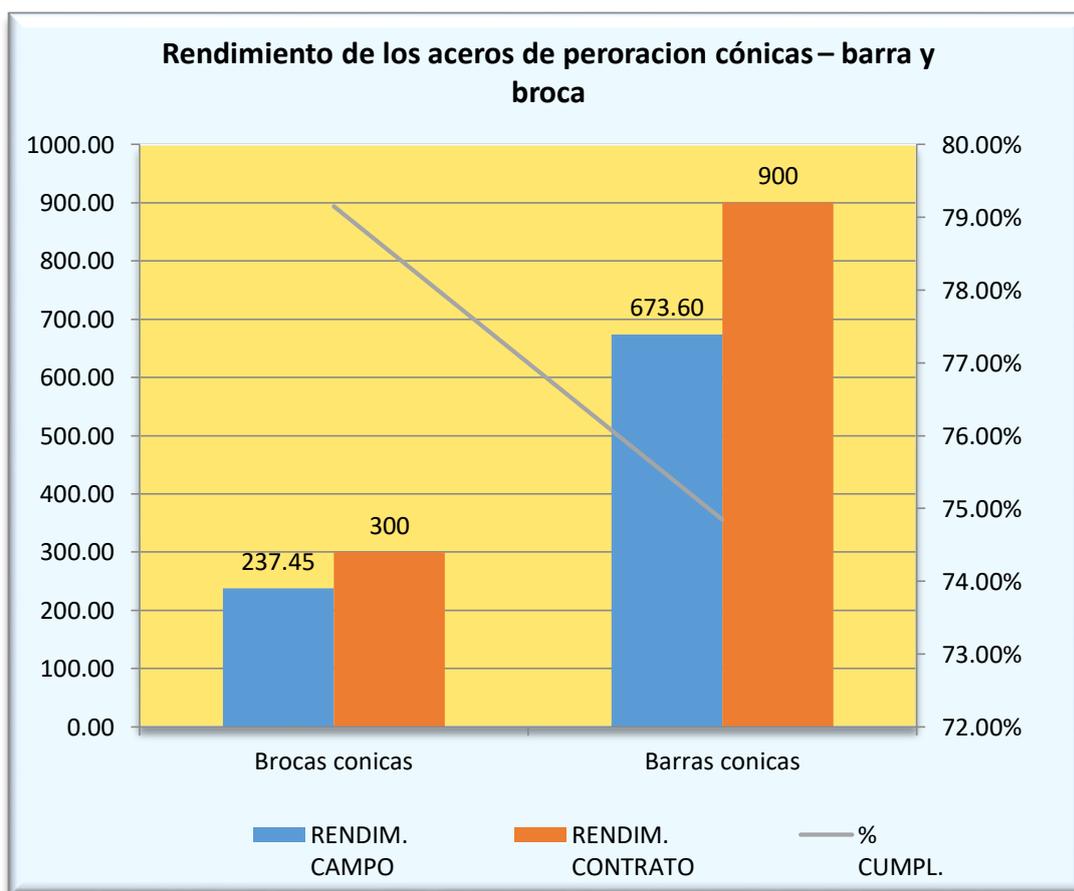


Figura 15. Comparación del rendimiento del metro perforado de los aceros de perforación cónicas – barra y broca en promedio mensual del año 2020

Interpretación:

En cuanto al rendimiento de los aceros de perforación en función a la broca y barra cónicas se tiene los siguientes resultados:

- En relación a las brocas cónicas en promedio mensual para el año 2020, se tiene una pérdida de 62.55 metros perforados por debajo de la vida útil, esto debido a las malas prácticas operativas en la torcedura de la barra en el taladro esto hacer que la broca se desgaste diametral y la matriz respectivamente. En el consumo total de brocas cónicas es de 147 unidades de los cuales 6 unidades cumplieron con su vida útil del acero de perforación y las otras 139 unidades se descartaron por deficiencias operativas.
- En cuanto a las barras cónicas en promedio mensual para el año 2020, se tiene una pérdida de 226.40 metros perforados por debajo de la vida útil, esta pérdida prematura es a causa de malas prácticas en el cambio de broca y manipulación de la barra de perforación. En el consumo total de barras cónicas solo 8 cumplieron con la vida útil del acero de perforación. En el consumo total de barras cónicas es de 57 unidades de los cuales 8 unidades cumplieron con su vida útil del acero de perforación y las otras 49 unidades se descartaron por deficiencias operativas.

4.2.2 Análisis de los aceros de perforación barra y broca cónica en promedio mensual del año 2021

Las correcciones operativas en el análisis de la perforación como son el desgaste diametral de la broca y la rotura de la barra de perforación se lograron corregir en base a las buenas prácticas operativas como se muestra en la siguiente figura



Figura 16. Columna de perforación cónicas – barra y broca

En la siguiente tabla, se muestra las mejoras en el control de la rotura de la broca cónica

Tabla 11. Control del desgaste de la matriz y desgaste diametral de broca cónica

Causa	Corrección
Rotura desde el interior, debido a la corrosión sobre acero usado y posteriormente almacenado.	Limpiar y lubricar el material antes de almacenar si se detectan signos de posible corrosión.
Rotura desde el lado del hexágono o de una esquina del hexágono, probablemente por golpe externo en el transporte de la barra de perforación a la labor.	<ul style="list-style-type: none"> • Manipular cuidadosamente las barras para que no sufran golpes directos. • No utilizar martillos para separar broca y barra, usar el sacabrocas

En la siguiente tabla se muestra las mejoras en el Control de la rotura de la broca cónica

Tabla 12. Control de la rotura de la barra cónica

Causa	Corrección
Desgaste diametral de la broca y/o longitudinal de broca denominada desgaste matricial en el faldón por uso de barras coneadas inadecuadamente.	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar barras cónicas con ángulo de cono inadecuado • Tener paralelismo a la hora de perforar, evitar la flexión de la barra.
Uso de barra champeada debido a uso excesivo de la misma.	Dar de baja barras que hayan cumplido su vida útil normal.

a) Buenas prácticas operativas para mejorar el rendimiento de los aceros de perforación

- Control en la operación: falta de control de paralelismo, presión de avance deficiente, mal emboquillado, percusión en alta, etc.
- Control del equipo falta de mantenimiento oportuno, perforadoras trabajando fuera del ciclo de mantenimiento, etc.
- Control del tipo de roca: los parámetros de perforación se regulan de acuerdo con el tipo de roca; por su dureza, contextura y abrasividad, por medio de la retroalimentación se capacita a los operadores.
- Control de habilidad de operación: primeramente, cuanto conoce el operador del equipo, sus regulaciones, experiencias, por el tipo de trabajo que realizan, por ejemplo: no es lo mismo realizar perforación con equipo Jackleg de los frentes de avance a realizar la perforación de chimeneas con equipo Stoper, son muy diferentes y por lo tanto se debe conocer el trabajo.

Para el año 2021 se identificó las siguientes pérdidas prematuras de las brocas cónicas como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13. Descarte de los aceros de perforación - Brocas Cónicas año 2021

Descarte de aceros - Brocas Cónicas			
N°	Tipo de descarte	Cantidad	%
1	Desgaste diametral	12	33.33%
2	Insertos rotos	2	5.56%
3	Insertos diametrales expulsados	3	8.33%
7	Fractura transversal	2	5.56%
8	Fractura longitudinal	2	5.56%
9	Rajadura de brocas	2	5.56%
13	Desgaste de matriz	13	36.11%
		36	100.00%

Interpretación:

En la tabla se muestra que en el año 2021 se tuvo 36 barras cónicas descartadas, obteniéndose que el desgaste de la matriz de la broca es la más representativa en el descarte de los aceros de perforación, debido a la flexión de la columna de perforación a la hora de realizar la perforación con el equipo Jackleg en promedio mensual se tiene 13 unidades y en porcentaje representa el 36.11 % del total de descartes de aceros.

En comparación de promedio mensual del año 2020 respecto al año 2021 se tiene:

- ✓ Desgaste diametral se redujo en 12 unidades
- ✓ Insertos rotos, se redujo en 2 unidades
- ✓ Insertos diametrales expulsados, se redujo en 3 unidades
- ✓ Fractura transversal, se redujo en 2 unidades
- ✓ Fractura longitudinal, se redujo 2 unidades.
- ✓ Rajadura de brocas, se redujo en 2 unidades.
- ✓ Desgaste de matriz, se redujo 13 unidades

Todas las reducciones en base al año 2021 respectivamente.

Para el año 2021 se identificó las siguientes pérdidas prematuras de las barras cónicas como se muestra en la siguiente tabla-

Tabla 14. Descarte de los aceros de perforación - Barras Cónicas año 2021

Descarte de aceros - barras cónicas			
N°	Tipo de descarte	Cantidad	%
1	Desgaste de hexagonales	3	21.43%
2	Torcedura de barras	2	14.29%
5	Daño en la cara de impacto	1	7.14%
7	Fractura en la parte de culatín	2	14.29%
9	fractura en zona intermedia	1	7.14%
10	Rajadura de barras	5	35.71%
		14	100.00%

Interpretación:

En la tabla se muestra que en el año 2021 se tuvo 14 barras cónicas descartadas, obteniéndose que la rajadura de la barra es la más representativa del descarte de los aceros de perforación, debido al golpe que sufre la barra en el transporte a la labor y por no utilizar el sacabrocas en promedio mensual se tiene 5 unidades y en porcentaje representa el 35.71 % del total de descartes de aceros.

En comparación de promedio mensual del año 2020 respecto al año 2021 se tiene:

En comparación en promedio mensual se tiene para el año 2021 se tiene:

- ✓ Desgaste de hexagonales, se redujo en 3 unidades.
- ✓ Torcedura de barras, se redujo en 2 unidades.
- ✓ Daño en la cara de impacto, se redujo en 1 unidades.
- ✓ Fractura en la parte de culatín, se redujo en 2 unidades.
- ✓ Fractura en zona intermedia, se redujo en 1 unidades.
- ✓ Rajadura de barras, se redujo en 5 unidades.

b) Rendimientos de los aceros de perforación en la galería principal del nivel - 120 empresa minera Vicus

En la siguiente tabla se muestra el rendimiento de metros perforados de los aceros de perforación.

Tabla 15. Rendimiento del metro perforado de los aceros de perforación cónicas – barra y broca en promedio mensual del año 2020

Accesorios	Consumo total de aceros de perforación (unid.)	Cantidad de descartes de aceros de perforación (unidades)	Rendimiento Campo de cada acero de perforación (metro perforado)	Rendimiento Contrato de cada acero de perforación (metro perforado)	Cumplimiento de cada acero de perforación (%)
Brocas					
Cónica	94	36	351.13	300	117.04%
Barras					
Cónica	32	14	1031.44	900	114.60%

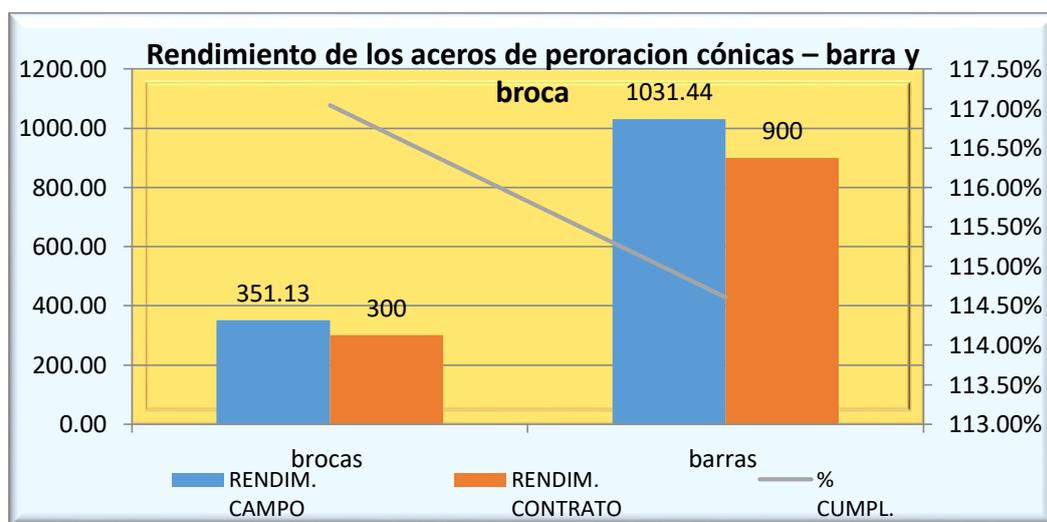


Figura 17. Comparación del Rendimiento del metro perforado de los aceros de perforación cónicas – barra y broca en promedio mensual del año 2021

Interpretación:

En cuanto al rendimiento de los aceros de perforación en función a la broca y barra cónicas, se tiene los siguientes resultados:

- En las brocas cónicas en promedio mensual para el año 2021 se tiene un aumento de 51 metros perforados por encima de la vida útil, esto debido a las mejoras operativas en el control de la flexión de la barra en el taladro esto hacer que la broca se desgaste diametral y la matriz respectivamente. En el

consumo total de brocas cónicas es de 94 unidades de los cuales 54 unidades cumplieron con su vida útil del acero de perforación y las otras 36 unidades se descartaron por deficiencias operativas.

- En las barras cónicas en promedio mensual para el año 2021 se tiene un aumento de 131 metros perforados por encima de la vida útil, debido a la mejora operativa en el uso del sacabrocas y la manipulación como el engrasado de la barra cónica de perforación. En el consumo total de barras cónicas es de 32 unidades de los cuales 18 unidades cumplieron con su vida útil del acero de perforación y las otras 14 unidades se descartaron por deficiencias operativas.

La mejora del consumo de los aceros de perforación del equipo Jackleg

- El consumo de las brocas cónicas en promedio mensual para el año 2021 se tiene 94 unidades y en el año 2020 se tuvo 145 unidades reduciéndose así 58 unidades tras las mejoras operativas.
- Sobre el consumo de las barras cónicas en promedio mensual para el año 2021 se tiene 32 unidades y en el año 2020 se tuvo 57 unidades reduciéndose así 18 unidades tras las mejoras operativas.

4.3 Evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica para reducir el costo unitario de perforación, en la minera Vicus S. A. C.

4.3.1 Evaluación del costo unitario de perforación con barra y broca cónica de las galerías principales del nivel – 120 en el año 2020, minera Vicus S. A. C.

En la siguiente tabla se muestra los parámetros de perforación y voladura para las galerías principales del nivel – 120 en el año 2020.

Tabla 16. Parámetros de perforación y voladura para las galerías principales del nivel – 120 en el año 2020

Datos Técnicos:					
Tipo de roca:	Dura				
Ancho Labor:	2.1	m	Efic.Perf.	80%	
Alto Labor:	2.2	m	Efic.Disp.	80%	
Long. Barra (pie)	4.0	pies	Long. Carga	0.65	m
NºTal. Frente	42	tal	Avanc.Efect.	0.78	m
NºTal. Cargados	37	tal	m³ / Disp.	3.60	m3
Factor de carga:	22.0	Kg/m	Longitud de avance de perforación	0.98	mts
kg explosivo	14.3	Kg	kilogramos/ taladro	0.39	
Porcentaje de la utilidad de por metro de avance es el 8.5% del costo directo					8.5%

Estos parámetros fueron utilizados para desarrollar la estructura del costo unitario de perforación y voladura en el año 2020.

En la siguiente tabla se muestra la estructura de costos de perforación y voladura de la galería principal en el nivel – 120 del año 2020 en la empresa minera Vicus S. A. C.

Tabla 17. Estructura de costos de perforación y voladura de la galería principal en el nivel – 120 del año 2020

ESTRUCTURA DE COSTOS: GAL, 2.1 x 2.1 (JACKLEG)						
Taladros Perforados /disparo	42.0	Longitud efectiva Perforación mts			0.98	
Taladros cargados	37.0	Eficiencia perforación			80%	
Factor de carga (Kg/taladro) :	0.4	Rendimiento (m/disparo):			0.78	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U. S/. / Unid	Total S/ S/.	Total S/. /MET.
1 Mano de Obra						1123.44
Capataz	tarea	1	80%	191.06	198.70	
Bodeguero	tarea	1	50%	135.26	87.92	
Mecánico	tarea	1	80%	212.94	221.45	
electricista Mina	tarea	1	50%	169.18	109.97	
Operador Scoop	tarea	1	50%	191.06	124.19	
Maestro Perforista	tarea	1	105%	144.02	196.58	
Ayudante	tarea	1	105%	135.26	184.64	
1 Aceros de perforación						90.35
Aceite de Perforación	Gln	0.25	100%	21.91	5.48	
Barras de Perforación conicas	pp	134.40	120%	0.28	44.82	
Brocas de perforación conica 45 mm	pp	134.40	120%	0.25	40.05	
1 Herramientas						21.74
Lampa	pieza	2.00	100%	0.53	1.06	
Pico	pieza	2.00	100%	0.59	1.18	
Combo 6 Lbs	pieza	1.00	100%	0.39	0.39	
Llave Stilson de 8"	pieza	1.00	100%	0.27	0.27	
LLave Francesa 8"	pieza	1.00	100%	0.24	0.24	
Barretilla de 4'	pieza	1.00	100%	0.99	0.99	
Barretilla de 6'	pieza	1.00	100%	1.17	1.17	
Barretilla de 8'	pieza	1.00	100%	1.30	1.30	
Disco de jebe	pieza	1.00	100%	0.20	0.20	
Taco de Arcilla	pieza	37.00	100%	0.20	7.40	
Ocre Polvo Rojo	kg	0.13	100%	10.00	1.30	
Escaleras telescopicas	pieza	1.00	100%	5.59	5.59	
Arco de sierra + hoja	pieza	1.00	100%	0.65	0.65	
1 Implementos de Seguridad						30.56
Tareas sin ropa de agua	tareas	0.65	100%	8.59	5.58	
Tareas con ropa de agua	tareas	2.73	100%	9.15	24.98	
2 Equipos en Operación						252.79
Perforadora	pp	134.40	100%	0.38	51.56	
Manguera de jebe de 1"	m	30.00	100%	0.10	2.91	
Manguera de jebe de 1/2"	m	30.00	100%	0.04	1.26	
Scooptram Sandvick	Hm	1.00	100%	197.07	197.07	
(A) Total Costo Directo						1518.88
(B) UTILIDAD		8.5%				129.11
(C) Explosivos y Acc. Voladura						213.45
Dinamita Semexa 65% 1 1/4" x 8"	kg	14.31	100%	6.24	89.21	
Carmex	und	2.00	100%	1.50	2.99	
Mininel	und	37.00	100%	2.93	108.37	
Mecha rapida	m	2.00	100%	1.06	2.13	
Cordon detonante	m	10.00	100%	1.08	10.75	
(D) Combustible						46.72
Petroleo Scoop	Gln	4.00	100%	11.68	46.72	
COSTO TOTAL POR UNIDAD VALORIZADA (A+B+C+D)						1908.16

Interpretación:

El costo total por la unidad valorizada por el metro de avance lineal tiene un costo de S/1908.16 soles.

El costo de las herramientas de perforación, barra cónica de 4 pies y broca cónica R32 x 45 mm tiene un costo por metro lineal de S/ 90.35 soles por metro lineal.

Refleja las pérdidas operativas de los aceros de perforación del equipo manual Jackleg, haciendo que el costo de la perforación se incremente y afecte la utilidad del costo total de perforación y voladura.

4.3.2 Evaluación del costo unitario de perforación con barra y broca cónica de las Galerías principales del nivel – 120 en el año 2021, minera Vicus S.A.C.

En la siguiente tabla se muestra los parámetros de perforación y voladura para la galería principales del nivel – 120 en el año 2021.

Tabla 18. Parámetros de perforación y voladura para la galería principal del nivel – 120 en el año 2021

Datos Técnicos:					
Tipo de roca:	Dura				
Ancho Labor:	2.1	m	Efic.Perf.	95%	
Alto Labor:	2.2	m	Efic.Disp.	95%	
Long. Barra (pie)	6.0	pies	Long. Carga	1.16	m
NºTal. Frente	42	tal	Avanc.Efect.	1.65	m
NºTal. Cargados	37	tal	m³ / Disp.	7.63	m3
Factor de carga:	22.0	Kg/m	Longitud de avance de perforación	1.74	mts
kg explosivo	25.5	Kg	kilogramos/ taladro	0.69	
Porcentaje de la utilidad de por metro de avance es el 10% del costo directo					10.0%

Estos parámetros fueron utilizados para desarrollar la estructura del costo unitario de perforación y voladura en el año 2021.

En la siguiente tabla se muestra la estructura de costos de perforación y voladura de la galería principal en el nivel – 120 del año 2021 en la empresa minera Vicus S. A. C.

Tabla 19. Estructura de costos de perforación y voladura de la galería principal en el nivel – 120 del año 2021

ESTRUCTURA DE COSTOS: GAL, 2.1 x 2.1 (JACKLEG)						
Taladros Perforados /disparo	42.0	Longitud efectiva Perforación mts	1.74			
Taladros cargados	37.0	Eficiencia perforación	95%			
Factor de carga (Kg/taladro) :	0.7	Rendimiento (m/disparo):	1.65			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U. S/. / Unid	Total S/ S/.	Total S/. /MET.
1 Mano de Obra						693.65
Capataz	tarea	1	40%	191.06	76.42	
Bodeguero	tarea	1	30%	135.26	40.58	
Mecánico	tarea	1	50%	212.94	106.47	
electricista Mina	tarea	1	30%	169.18	50.75	
Operador Scoop	tarea	1	30%	191.06	74.51	
Maestro Perforista	tarea	1	95%	144.02	177.86	
Ayudante	tarea	1	95%	135.26	167.05	
1 Aceros de perforación						87.37
Aceite de Perforación	Gln	0.25	100%	21.91	5.48	
Barras de Perforación conicas	pp	239.40	95%	0.21	47.40	
Brocas de perforación 45 mm	pp	239.40	95%	0.15	34.49	
1 Herramientas						21.74
Lampa	pieza	2.00	100%	0.53	1.06	
Pico	pieza	2.00	100%	0.59	1.18	
Combo 6 Lbs	pieza	1.00	100%	0.39	0.39	
Llave Stilson de 8"	pieza	1.00	100%	0.27	0.27	
LLave Francesa 8"	pieza	1.00	100%	0.24	0.24	
Barretilla de 4'	pieza	1.00	100%	0.99	0.99	
Barretilla de 6'	pieza	1.00	100%	1.17	1.17	
Barretilla de 8'	pieza	1.00	100%	1.30	1.30	
Disco de jebe	pieza	1.00	100%	0.20	0.20	
Taco de Arcilla	pieza	37.00	100%	0.20	7.40	
Ocre Polvo Rojo	kg	0.13	100%	10.00	1.30	
Escaleras telescópicas	pieza	1.00	100%	5.59	5.59	
Arco de sierra + hoja	pieza	1.00	100%	0.65	0.65	
1 Implementos de Seguridad						25.95
Tareas sin ropa de agua	tareas	0.39	100%	8.59	3.35	
Tareas con ropa de agua	tareas	2.47	100%	9.15	22.60	
2 Equipos en Operación						293.07
Perforadora	pp	239.40	100%	0.38	91.83	
Manguera de jebe de 1"	m	30.00	100%	0.10	2.91	
Manguera de jebe de 1/2"	m	30.00	100%	0.04	1.26	
Scooptram Sandvick	Hm	1.00	100%	197.07	197.07	
(A) Total Costo Directo						1121.77
(B) UTILIDAD	10.0%					112.18
(C) Explosivos y Acc. Voladura						283.15
Dinamita Semexa 65% 1 1/4" x 8"	kg	25.48	100%	6.24	158.90	
Carmex	und	2.00	100%	1.50	2.99	
Mininel	und	37.00	100%	2.93	108.37	
Mecha rapida	m	2.00	100%	1.06	2.13	
Cordon detonante	m	10.00	100%	1.08	10.75	
				0.00		
(D) Combustible						52.56
Petroleo Scoop	Gln	4.50	100%	11.68	52.56	
				0.00		
COSTO TOTAL POR UNIDAD VALORIZADA (A+B+C+D)						1569.65

Interpretación:

El costo total por la unidad valorizada por el metro de avance lineal tiene un costo de S/ 1569.65 soles.

En cuanto al costo de las herramientas de perforación: barra cónica de 6 pies y broca cónica R32 x 45 mm se tiene un costo por metro lineal de S/ 87.37 soles por metro lineal.

Tras mejoras se tiene una reducción del costo total por la unidad valorizada en 433.82 soles por metro lineal, en función al año 2021.

Esto refleja que se ha mejorado las deficiencias operativas de perforación, también se cambió de barra de perforación de 4 pies a 6 pies asiendo que el costo de la perforación se incremente al igual el costo de la voladura, pero a su vez genera eficiencia ya que el avance lineal es mayor, lo que será factible y viable con una rentabilidad significativa, en el proyecto del tramo de una longitud de 145 metros lineales que se requiere realizar, la Galería principal del nivel – 120.

Tabla 20. Evaluación del costo de perforación y voladura del tramo de 145 metros lineales de la galería principal en el nivel – 120

	Situación actual	Situación optima
Distancia del proyecto 145 metros	Barra de 4 pies (Avance efectivo 0.78 m)	Barra de 6 pies (Avance efectivo 1.65 m)
Número de disparos	186	88
Costo total de perforación y voladura en soles por los 145 metros lineales de avance	S/ 354,591	S/ 137,898
Optimización del costo total de perforación y voladura en soles por los 145 metros lineales de avance	S/ 216,693	

Interpretación:

Se tiene un tramo lineal de 145 metros para la realización de la galería principal del nivel – 120.

Con los parámetros de perforación y voladura utilizados en el año 2020 con barra de 4 pies se tendría lo siguientes resultados:

- Se debe realizar 186 disparos para cumplir los 145 metros lineales de la galería principal del nivel – 120.
- El costo total de perforación y voladura en todo el tramo de los 145 metros lineales es de S/ 354,591 soles por metro lineal

Con los parámetros de perforación y voladura utilizados en el año 2021 con barra de 6 pies se tendría lo siguientes resultados:

- Se debe realizar 88 disparos para cumplir los 145 metros lineales de la galería principal del nivel – 120.
- El costo total de perforación y voladura en todo el tramo es de S/ 137,898 soles por metro lineal

La optimización del costo de perforación y voladura en todo el proyecto del tramo de 145 metros lineales es de S/ 216,693 soles por metro lineal respectivamente.

CONCLUSIONES

1. En cuanto al control de los aceros de perforación con broca y barra cónica, en función a los descartes por pérdidas prematuras, presenta 13 tipos de descarte para las brocas cónicas y 10 tipos de descarte para las barras cónicas, los cuales están asociados con las 4 funciones de perforación con equipo manual Jackleg y con las malas prácticas operativas.
2. La comparación de los rendimientos de los aceros de perforación broca y barra cónicas para el año 2020 y 2021 presenta:
 - El rendimiento para el año 2020 de las brocas cónicas en promedio mensual indica una pérdida de 62.55 metros perforados por debajo de la vida útil, el consumo total de brocas cónicas es de 147 unidades de los cuales 6 unidades cumplieron con su vida útil del acero de perforación y las otras 139 unidades se descartaron por deficiencias operativas. Para las barras cónicas en promedio mensual, se tiene una pérdida de 226.40 metros perforados por debajo de la vida útil. En el consumo total de barras cónicas es de 57 unidades de los cuales 8 unidades cumplieron con su vida útil del acero de perforación y las otras 49 unidades se descartaron por deficiencias operativas.
 - El rendimiento para el año 2021 de las brocas cónicas en promedio mensual obtuvo un aumento de 51 metros perforados por encima de la vida útil. En el consumo total de brocas cónicas es de 94 unidades de los cuales 54 unidades cumplieron con su vida útil del acero de perforación y las otras 36 unidades se descartaron por deficiencias operativas. Para las barras cónicas en promedio mensual, se obtuvo un aumento de 131 metros perforados por encima de la vida útil. En el consumo total de brocas cónicas es de 94 unidades de los cuales 54 unidades cumplieron con su vida útil del acero de perforación y las otras 36 unidades se descartaron por deficiencias operativas.
3. El proyecto del avance lineal para el nivel – 120 tiene un tramo de 145 metros lineal para el año 2020 se perforó con una barra de 4 pies y en el año 2021 con una barra de 6 pies, se obtuvo lo siguiente:

- Para el año 2020, el costo total por la unidad valorizada por metro de avance lineal es de S/ 1908.16 soles por metro lineal y el costo de las herramientas de perforación, barra cónica de 4 pies y broca cónica R32 x 45 mm tiene un costo por metro lineal de S/90.35 soles por metro lineal.

Los trabajos de perforación y voladura para el tramo de 145 metros lineales de la galería principal del nivel – 120 con barra de 4 pies se tendría 186 disparos, ascendiendo un costo total para todo el tramo de 145 metros de S/354,591 soles.

- Para el año 2021, el costo total por la unidad valorizada por metro de avance lineal es de S/1569.65 soles por metro lineal y el costo de las herramientas de perforación, barra cónica de 6 pies y broca cónica R32 x 45 mm, se tiene un costo por metro lineal de S/87.37 soles por metro línea.

Los trabajos de perforación y voladura para el tramo de 145 metros lineales de la galería principal del nivel – 120 con barra de 6 pies se tendría 88 disparos, ascendiendo un costo total para todo el tramo de 145 metros de S/137,898 soles. La optimización del costo de perforación y voladura en todo el proyecto del tramo de 145 metros lineales es de S/216,693 soles respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. De las 4 funciones principales de perforación manual, el empuje de avance es más recurrente, ante esta deficiencia se recomienda realizar capacitaciones al maestro y ayudante perforista a fin de ir mejorando los trabajos de perforación y minimizar pérdidas de aceros de perforación.
2. Los metros perforados de los aceros de perforación juegan un papel importante de cómo se está realizando los controles operativos en la perforación, se recomienda el control de los trabajos de perforados ya que el mejoramiento y aplicación de las buenas prácticas operativas en la perforación ayudaran a reducir las pérdidas operativas.ro se viene
3. Es recomendable realizar y sustentar toda mejora de los costos de perforación y voladura, a fin de ir mejorando continuamente, se debe tener en cuenta que reducción de costo no siempre es quitar sino por lo contrario es dar un valor agregado a la cadena de valor para obtener ganancias a largo plazo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHAMBI, Jimmy. Análisis y optimización de las operaciones de perforación y voladura para el desarrollo de estándares técnicos e incremento de utilidades en mina Tambomayo. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019, 146 pp.
2. ARAUZO, Luis, DIAZ, Gianlucas y MOLERO, Cesar. Optimización del avance lineal en las labores de exploración y desarrollo de la unidad minera Santa María - Compañía Minera Poderosa S.A. con la aplicación de los criterios fundamentales de la ingeniería de la voladura. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019.
3. LIMAS, Christian y MOLINA, Rusvel. Mejora de la perforación con barras cónicas, mediante la minimización de errores de desviación de taladros, Unidad Minera San Juan de Chorunga. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2021, 77 pp.
4. GONZALES, Judyt. Reducción de costos operativos en labor Carmen Nv. 3040 mediante la optimización de estándares de perforación y voladura, CIA. Minera Poderosa S.A -2018. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Abancay : Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 2019.
5. GUILLEN, Wilson. Optimización del diseño de malla de perforación para la estimación de costos operacionales en la zona de Pucaurco - Unidad Minera Pachancoto – Minas de Pachancoto S. A. 2019. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Huancayo : Universidad Continental, 2020, 114 pp.
6. ÁREA DE GEOLOGÍA, UNIDAD CAPACHO DE ORO I. *Estudios geológico y reservas*. Barraca : Empresa Minera Vicus, 2021.

7. INSTITUTO DE INGENIEROS DE MINAS DEL PERÚ . *Explotación subterránea métodos y casos prácticos*. Puno : Facultad de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, 1999.
8. ÁREA DE OPERACIONES MINA, UNIDAD CAPACHO DE ORO I. *Plan de explotacion minera*. Barranca : Empresa Minera Vicus S.A.C, 2021.
9. FERNANDEZ, Javier. Optimización de avance lineal, reemplazando las perforadoras jackleg por jumbo hidráulico en el proceso de perforación y voladura de la GLN1 y CRNE en Mina Consuelo de la Empresa Especializada New Horus S.A.C - Poderosa. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2016, 123 pp.
10. EPIROC PERU S.A. *Herramientas de perforacion manual* . Lima : Rock Drilling Tools, 2015.
11. ÁREA DE PLANEAMIENTO. *Plan de minado anual 2022*. Lima : Unidad Minera Vicus S.A.C., 2021.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de Consistencia

Evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica, para incrementar el avance lineal, en la minera Vicus S. A. C.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Cómo será la evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica, para incrementar el avance lineal, en la Minera Vicus S.A.C.?	Desarrollar la evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica, para incrementar el avance lineal en la Minera Vicus S.A.C.	La evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica, influye positivamente para incrementar el avance lineal en la Minera Vicus S.A.C.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
¿Cómo será la evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica, para disminuir las pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jackleg, en la minera Vicus S.A.C.?	Desarrollar la evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica, para disminuir las pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jackleg, en la minera Vicus S.A.C.	La evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica influye positivamente para disminuir las pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jackleg, en la minera Vicus S.A.C.
¿Cómo será la evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica, para reducir el costo unitario de perforación en la minera Vicus S.A.C.?	Desarrollar la evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica, para reducir el costo unitario de perforación, en la minera Vicus S.A.C.	La evaluación técnica económica de la perforación con barra cónica influye positivamente para reducir el costo unitario de perforación, en la minera Vicus S.A.C.

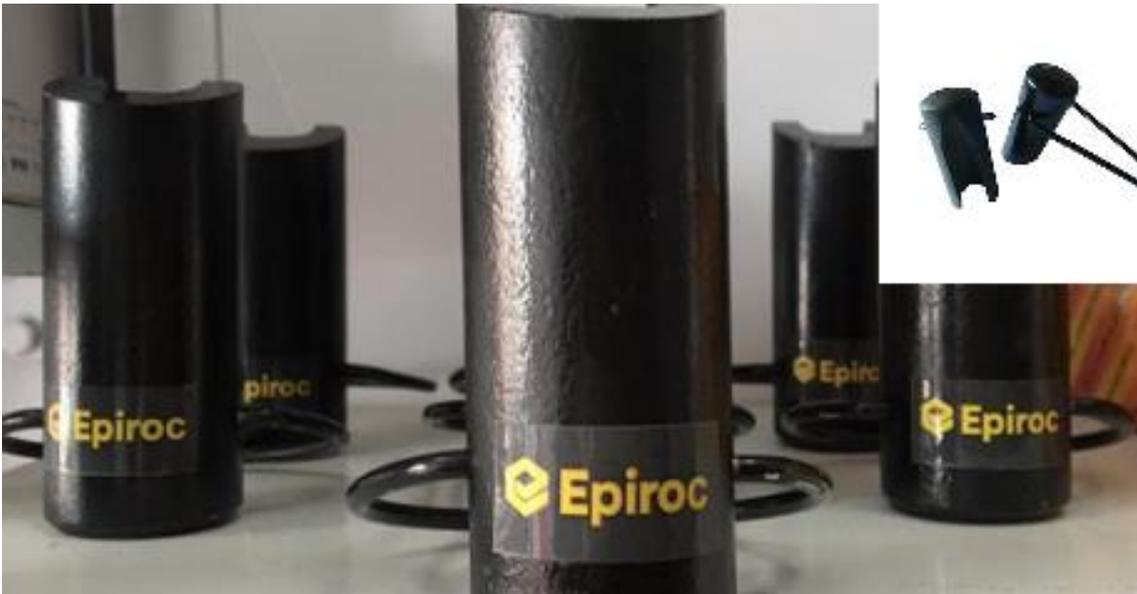
Anexo 2

Control de paralelismo de la perforación en el frente de trabajo



Anexo 3

Control de paralelismo de la perforación en el frente de trabajo



Fuente: Epiroc Perú S.A. Herramientas de perforación manual.
Lima: Rock Drilling Tools, 2015.

Anexo 4

Precios unitarios

ESCALA DE SUELDOS Y JORNALES

DESCRIPCION DEL PUESTO	JORNAL S/.	asignacion familiar	feriados con 100% 01 por mes	Total ingreso afecto	factor de leyes sociales	TOTAL (S/.)
Perforista	63.50	2.50	4.88	70.88	103.17%	144.02
Operario Mina	63.50	2.50	4.88	70.88	103.17%	144.02
Operador Scooptram	85.00	2.50	6.54	94.04	103.17%	191.06
Operador Jumbo	90.00	2.50	6.92	99.42	103.17%	202.00
Enmaderador	63.00	2.50	4.85	70.35	103.17%	142.92
Compresorista y lamparero	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Chofer de mina	63.50	2.50	4.88	70.88	103.17%	144.02
Capataz	85.00	2.50	6.54	94.04	103.17%	191.06
Bombero, Herrero, Soldador	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Bodeguero	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante Perforista	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante de servicios	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante de mina	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante de jumbo	63.50	2.50	4.88	70.88	103.17%	144.02
Ayudante de enmaderador	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante almacen	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Mecanico de equipo pesado	95.00	2.50	7.31	104.81	103.17%	212.94
Electricista mina	75.00	2.50	5.77	83.27	103.17%	169.18
Electricista de equipos	90.00	2.50	6.92	99.42	103.17%	202.00
Cuartelero	58.00	2.50	4.46	64.96	103.17%	131.98

ESCALA DE SUELDOS Y JORNALES

DESCRIPCION	UND	PRECIO (S/.)	Vida Econom.	Incidencia	Obreros Con Ropa de agua	Obreros Sin Ropa de agua	Supervisor sin ropa de agua	Personal superficie
Botas de jebe	Par	61.980	180.00	0.34	0.34	0.32	-	-
Casco sombrero	Pza	58.091	200.00	0.29	0.29	0.19	0.19	0.19
Tañete de casco	Pza	12.710	150.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Orejeras p/ Operador	Par	52.750	300.00	0.18	-	0.18	-	-
Barbiquejo	Pza	1.580	180.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Respirador 3M 7500 premium	Pza	63.560	360.00	0.18	0.18	0.18	0.18	-
Filtro alta eficiencia 3M 2097	Par	38.980	30.00	1.30	1.30	1.03	1.03	-
Cartucho Vapores Orgánicos	Par	58.200	30.00	1.94	1.94	1.94	1.94	-
Guantes de Neoprene 14"	Par	26.000	30.00	0.87	0.87	0.87	0.87	-
Guante de cuero	Par	10.310	25.00	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Correa portalampara	Pza	21.190	360.00	0.06	0.06	0.06	0.06	-
Mameluco con cinta reflectiva	Pza	83.620	100.00	0.84	0.84	0.46	0.46	0.46
Lampara minera	Pza	252.000	300.00	0.84	0.84	0.84	0.84	-
Chaleco verde c/cinta fosforescente	Pza	64.940	180.00	0.36	-	-	0.36	0.36
Lentes de seguridad	Pza	28.000	90.00	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Tapón auditivo	Pza	2.330	60.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Marbete de identificación (nombre)	Par	20.000	150.00	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Botín Con punta de acero Minero	Par	127.570	180.00	0.71	-	-	0.65	0.65
Saco de jebe	Pza	52.200	100.00	0.52	0.52	-	-	-
Pantalón de jebe	Pza	52.200	100.00	0.52	0.52	-	-	-
mochila de lona	Pza	38.000	180.00	0.21	0.21	0.000	0.000	0.000
Dispositivo lock out (candado gancho)	pza	150.000	360.00	0.42	-	0.42	0.42	0.65
Picota de geologo	pza	45.000	360.00	0.13	-	-	0.13	-
baston luminoso con pila	par	200.000	180.00	1.11	-	1.11	-	-
Polos de seguridad (por calor)	pza	38.000	150.00	0.25	-	-	-	-
COSTO POR TAREA				12.01	9.15	8.59	8.12	3.31

ACEROS DE PERFORACION

DESCRIPCION	UND	PRECIO (S/.)	Vida Econ. (pp)	P U
Broca escariadora 2 1/2"	Uni	387.000	600.00	0.65
Shank Adapter COP1238xT38	Uni	844.650	9,000.00	0.09
Acople T38/R38	Uni	245.830	6,000.00	0.04
Barra Ext. R38-H35-R32x12' (12 y 14 pies)	Uni	1,300.000	6,000.00	0.22
Broca R32x45mm.	Uni	283.610	800.00	0.35
Adaptador Piloto R32x12°	Uni	586.000	800.00	0.73
Broca Rimadora R32x102mm	Uni	616.160	800.00	0.77
Coplas de afilado	Uni	357.500	10,000.00	0.04
Adaptador Split Set / pemo helicoidal	Uni	230.000	600.00	0.38
Barra de Extensión Porta Broca Conica 2'	Uni	135.440	900.00	0.15
Barra de Extensión Porta Broca Conica 4'	Uni	181.590	900.00	0.20
Barra de Extensión Porta Broca Conica 5'	Uni	240.200	900.00	0.27
Barra de Extensión Porta Broca Conica 6'	Uni	258.450	1,000.00	0.26
Barra de Extensión Porta Broca Conica 8'	Uni	275.440	900.00	0.31
Broca Conica 38 mm.	Uni	72.060	400.00	0.18
Broca Conica 41 mm.	Uni	74.000	300.00	0.25

EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS DE VOLADURA

DESCRIPCION	UND	PRECIO (S/.)	US\$/Caja	Kg/Caja
Dinamita Semexa 45% 7/8" x 7"	Cart	0.530		
Dinamita Semexa 65% 7/8" x 7"	Cart	0.540		
Dinamita Semexa 45% 7/8" x 7"	Kg	6.172	55.11	25.00
Dinamita Semexa 65% 7/8" x 7"	Kg	6.509	58.12	25.00
Dinamita Exadit 65% 7/8" x 7"	Kg	5.899	52.67	25.00
Dinamita Semexa 65% 1 1/8" x 7"	Kg	5.803	51.81	25.00
Dinamita Semexa 80% 1 1/8" x 8"	Kg	5.918	52.84	25.00
Dinamita Semexa 65% 1 1/4" x 8"	Kg	6.236	55.68	25.00
Dinamita Semexa 80% 1 1/4" x 8"	Kg	6.657	59.44	25.00
Emulsiones 4500 7/8"x8"	Und	0.560		
Emulsión Iremita 62 11/2" x 12" (68)	Und	2.030		
Emulsiones 6500 1"x8"	Und	0.700		
Emulsión Iremita 62 7/8" x 7" (308)	Und	0.450		
Emulsión Iremita 62 1" x 8" (240)	Und	0.700		
Emulsiones 6500 1"x8"	Und	0.700		
Emulsiones 8000 1"x8"	Und	0.590		
Anfo	Kg	1.740		
Examon	Kg	2.128		
Fulminante N° 8	Pza	0.308		
Fanel	Pza	3.338		
Mininel	Pza	2.929	261.5	250 pza/caja
Guía Seguridad	m	0.254	90.63	1000 m/caja
Carmex 8'	Pza	1.497	160.43	300 pza/caja
Igniter Cord	m	1.064		
Pentacord	m	1.075	575.72	1500 m/caja

HERRAMIENTAS

DESCRIPCION	UND	PRECIO (S/.)	Vida Econom.	PU
Corvina de 36 "	Pza	178.20	100.00	1.78
Lampa	Pza	26.46	50.00	0.53
Pico	Pza	29.57	50.00	0.59
Combo 4 Lbs	Pza	19.24	90.00	0.21
Combo 6 Lbs	Pza	34.70	90.00	0.39
Combo 8 Lbs	Pza	41.04	90.00	0.46
Combo 10 Lbs	Pza	51.57	90.00	0.57
Combo 16 Lbs	Pza	78.79	90.00	0.88
Llave Stilson de 8"	Pza	27.41	100.00	0.27
Llave Stilson de 10"	Pza	73.52	100.00	0.74
Llave Stilson de 14"	Pza	87.36	100.00	0.87
LLave Francesa 8"	Pza	24.03	100.00	0.24
Maquina Ban Dit	Pza	325.00	180.00	1.81
Formon 1"	Pza	23.80	50.00	0.48
Azuela (de 3Lbs.)	Pza	26.81	80.00	0.34
Barretilla de aluminio de 4'	Pza	59.40	60.00	0.99
Barretilla de aluminio de 6'	Pza	70.20	60.00	1.17
Barretilla de aluminio de 8'	Pza	78.00	60.00	1.30
Barretilla de aluminio de 10', 12'	Pza	85.80	60.00	1.43
Barretilla de aluminio de 14'	Pza	98.20	60.00	1.64
Atacador	pza	9.84	20.00	0.49
Pasteca (rondana) 6" diam.	und	497.50	300.00	1.66
Cable de acero 3/8 "	mt	2.26	100.00	0.02
Cizalla de 24	Pza	114.80	100.00	1.15
Ganchos de 1.5	Pza	19.99	50.00	0.40
Carretilla buggy	Pza	185.00	60.00	3.08
Flexometro 5m	Pza	13.47	30.00	0.45
Lámpara	Pza	234.50	720.00	0.33
Detector de Energia	Pza	43.00	180.00	0.24
Lámpara CEAG MLC 5.2	Pza	1,224.00	2,400.00	0.51
Baston luminoso con pilas recargables	Pza	100.00	180.00	0.56
Lámpara (Alquiler)	Pza/mes	41.75	25.00	1.67
Disco de jebe	Pz	5.00	25.00	0.20
Manguera Jebe 1"	Mts	14.55	150.00	0.10
Manguera Jebe 1/2"	Mts	6.28	150.00	0.04
Aceite de perforacion	Glns	21.91	1.00	21.91
Cinta Ban Dit 1/2	rollo	77.24	40.00	1.93
Cinta Ban Dit 3/8	rollo	65.00	40.00	1.63
Escalera Telescopica de 4mts	Uni	502.83	90.00	5.59
Escalera Telescopica de 3mts	Uni	625.00	90.00	6.94
Ocre Polvo Rojo	Kg	10.00	1.00	10.00
arco de sierra + hoja	uni	39.00	60.00	0.65
Boa de 2"	m	45.00	150.00	0.30
Boa de 2"	m	53.30	150.00	0.36
Tubo PVC 1 1/2 x 3.00 Mts.	uni	3.60	-	-
PETROLEO-DIESEL	Glns	11.68	-	-

Anexo 5

Costo de equipos

COSTO DE EQUIPOS

EQUIPO O MAQUINARIA	COSTO	UNIDAD	OBSERVACIONES
Jumbo Electrohidraulico Sandvick	236.48	S/. / Hrs	no incluye combustible ni operador
Scooptram Sandvick	197.07	S/. / Hrs	no incluye combustible ni operador

COSTO EQUIPÓS MENORES	COSTO	UNIDAD	OBSERVACIONES
BOMBA AGUA MASTER	8.0	S/. / Hrs	no incluye bombero
BOMBA AGUA MATADOR	11.7	S/. / Hrs	no incluye bombero
BOMBA AGUA MAXI	20.1	S/. / Hrs	no incluye bombero
BOMBA AGUA MAJOR	5.1	S/. / Hrs	no incluye bombero
MOTOSIERRA NEUMATICA	11.0	S/. / Hrs	
PERFORACION POR PIE	0.38	S/. / P.P.	
SHOCRETERA	52.0	S/. / Hrs	
PATILLADORA	10.2	S/. / Hrs	
MAQUINA SOLDAR	5.1	S/. / Hrs	
VENTILADOR 50 HP	7.0	S/. / Hrs	
VENTILADOR 86HP	8.2	S/. / Hrs	

INDICES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EXPLOSIVOS

Combustible

Jumbo Electrohidraulico Sandvick Mod. D05	1.50	Gln / Hora
scoopTram Sandvick Mod. Lh 307	4.00	Gln / Hora

Explosivos

Rampa de 4.50 m x 4.00 m	38.00	Kg / m
Labores de 3.0 m x 3.0 m	32.00	Kg / m
Subnivel de 1.50 m x 2.10 m	22.40	Kg / m
Subnivel de 1.20 m x 2.40 m	8.70	Kg / m
Explotación Veta	1.12	Kg / ton

Anexo 6

Descripción técnica del equipo Scooptram LH 307 3.5 yd³

Scooptram LH 307 3.5 yd³			
Precio compra (\$)		467,455	Costo de Propiedad
Precio jgo llantas		16,167	Costo por depreciación
Vida llantas (hor)		1,500	Costo por intereses
Precio stock (V)		451,288	Costo por seguro
Valor de rescate (Vr)	10%	45,129	Total costo de Propiedad
			34.54
Vida económica en horas (n)	3960	15,000	Costo de operación
Vida económica en años (N)		3.8	Costo de operación
			US \$/hora
	Consumo	Precio	Combustible
	gal/hora	US \$/gal	Lubricantes (aceite grasa)
Combustible	4.00	4.49	Costo filtros
Aceite motor gal/hor	0.14	7.45	Costo llantas
Aceite hidraulico gal/hor	0.14	7.45	Reparación llanta (15%)
Grasa lbs/hora	0.08	2.10	Repuestos
Filtro (0,4 * costo aceite + grasa)		20%	Total costo de operación
Repuestos		75%	59.23
			Total Costo de Propiedad y Operación (\$/hr)
			93.76
Factor de inversión K = (n+1)/2n		0.63	Total Costo de Propiedad y Operación (\$/ .hr)
Intereses %		10.0%	243.79
Seguros %		0.0%	COSTO DIRECTO SIN OPERADOR, NI COMBUSTIBLE (\$/ .hr)
			197.07

