



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**MINIMIZACIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA
EN EL DESARROLLO DE LA GALERÍA SAN VALENTÍN EN LA
EMPRESA MINERA ESTRELLA DE CHAPARRA S.A. –
AREQUIPA**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. OSCAR PAUL VILLALBA CALDERON

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

MINIMIZACIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN EL DESARROLLO DE LA GALERÍA SAN VALENTÍN EN LA E

AUTOR

OSCAR PAUL VILLALBA CALDERON

RECuento de palabras

17415 Words

RECuento de caracteres

85028 Characters

RECuento de páginas

96 Pages

Tamaño del archivo

2.9MB

Fecha de entrega

Aug 7, 2023 8:41 AM GMT-5

Fecha del informe

Aug 7, 2023 8:42 AM GMT-5

● **17% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)




Ing. David Velasquez Medina
DOCENTE F.I.M. - UNA

Resumen



DIDICATORIA

Quiero agradecer a mi familia por su papel fundamental en mi desarrollo académico y profesional.

Oscar Paul



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, mi alma mater, por brindar los claustros universitarios para realizar mis estudios de mi formación profesional.

Quiero expresar mi agradecimiento a los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas por compartir su valioso conocimiento.

Oscar Paul.



ÍNDICE GENERAL

DIDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 12

ABSTRACT..... 13

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 14

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 15

1.2.1. Pregunta general..... 15

1.2.2. Preguntas específicas 15

1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS 15

1.3.1. Hipótesis general 15

1.3.2. Hipótesis específica..... 15

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 16

1.4.1. Objetivo general 16

1.4.2. Objetivos específicos 16

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... 16

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN 18

2.2. MARCO TEÓRICO 23

2.2.1. Perforación 23



2.2.2.	Trazos de arranque	24
2.2.3.	Corte Quemado	25
2.2.4.	Distribución de los taladros.....	26
2.2.5.	Accesorios de perforación.....	28
2.2.6.	Explosivos	29
2.2.7.	Voladura.....	29
2.2.8.	Fragmentación de la roca.	31
2.2.9.	Malla de perforación y cálculo de carga	34
2.2.10.	Diseño de malla de perforación.....	35
2.2.11.	Costos y gastos.....	35
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	36

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	UBICACIÓN	39
3.2.	ACCESIBILIDAD	39
3.3.	DISEÑO METODOLÓGICO	39
3.3.1.	Método de la investigación	39
3.3.2.	Tipo de investigación	40
3.3.3.	Enfoque de la investigación	40
3.3.4.	Diseño de investigación	40
3.3.5.	Recolección de datos por objetivos específicos	41
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.4.1.	Población.....	41
3.4.2.	Muestra.....	42
3.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	42
3.5.1.	Variable independiente.....	42
3.5.2.	Variable dependiente.....	42



3.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	43
3.6.1. Técnicas para el procesamiento de datos	43
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos	43
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	45
4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO I.....	45
4.2.1. Malla de perforación anterior.....	45
4.2.2. Costos de malla de perforación.....	46
4.2.3. Nuevo diseño de malla de perforación.....	49
4.2.4. Costos de perforación minimizada en la Galería San Valentín.....	55
4.2.5. Resultados de perforación	58
4.3. OBJETIVO ESPECÍFICO II	59
4.3.1. Voladura anterior en la Galería San Valentín	59
4.3.2. Voladura con el nuevo diseño de malla en la Galería San Valentín	62
4.3.3. Costos en la voladura anterior.....	65
4.3.4. Costos en la voladura con el nuevo diseño de malla.....	66
4.4. RESULTADOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA	66
4.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS	68
4.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	69
V. CONCLUSIONES	72
VI. RECOMENDACIONES	73
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
ANEXOS.....	77

Área: Ingeniería de Minas

Tema: Análisis de costos mineros y comercialización de minerales

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 09 de agosto del 2023



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Acceso a la Mina Aurífera Estrella de Chaparra	39
Tabla 2. Operacionalización de variables	43
Tabla 3. Distribución anterior de taladros perforados	46
Tabla 4. Costo de mano de obra.....	46
Tabla 5. Costo de máquina perforadora.....	47
Tabla 6. Costos de accesorios de perforación	47
Tabla 7. Costos de materiales de perforación	47
Tabla 8. Costos de herramientas y otros materiales.....	48
Tabla 9. Costos de los equipos de seguridad	48
Tabla 10. Coeficiente de roca	50
Tabla 11. Resumen de taladros con el nuevo diseño de malla.....	55
Tabla 12. Costo de mano de obra minimizada.....	55
Tabla 13. Costo de equipo de perforación minimizada	56
Tabla 14. Costos de accesorios de perforación minimizada	56
Tabla 15. Materiales de perforación minimizada	56
Tabla 16. Costo de herramientas y otros materiales minimizados.....	57
Tabla 17. Costo de equipos de seguridad minimizada.....	57
Tabla 18. Resumen de perforación anterior y minimizada	58
Tabla 19. Resumen de costos de perforación anterior y minimizada	59
Tabla 20 Promedio de consumo de explosivo Semexa 65% en la voladura anterior ...	60
Tabla 21. Resumen de los resultados de voladura anterior.....	62
Tabla 22. Promedio de explosivos Semexsa 65% en la voladura con el nuevo diseño de malla.....	62
Tabla 23. Resumen de los resultados de voladura optimizada	65
Tabla 24. Costo de materiales en la voladura anterior.....	65
Tabla 25. Costos de materiales en la voladura con el nuevo diseño de malla	66
Tabla 26. Resumen de costos en la voladura anterior y optimizada.....	66
Tabla 27. Resultados de perforación y voladura en la galería San Valentín	67
Tabla 28. Costos de perforación y voladura	67
Tabla 29. Estadística descriptiva de costo de la Galería San Valentín	69
Tabla 30. Prueba "t" student para costo de la Galería san Valentín.....	69



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cavidades formadas secuencialmente	24
Figura 2. Ubicación del corte inicial.....	25
Figura 3. Corte quemado	26
Figura 4. Designación de taladros	27



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Foto de la malla de perforación anterior	78
Anexo 2. Malla de perforación minimizada	79
Anexo 3. Plano de ubicación	80
Anexo 4. Control de avance lineal anterior	81
Anexo 5. Control de avance lineal minimizado	82
Anexo 6. Base de datos para prueba de hipótesis	83
Anexo 7. Base de datos para la prueba de hipótesis	84
Anexo 8. Perforación del frente de la Galería San Valentín	85
Anexo 9. Galería San Valentín	86
Anexo 10. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior ..	87
Anexo 11. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior ...	87
Anexo 12. Reporte de consumo de explosivos en la voladura anterior.....	88
Anexo 13. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior ...	88
Anexo 14. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior ...	89
Anexo 15. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior ...	89
Anexo 16. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior ...	90
Anexo 17. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior ...	90
Anexo 18. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior ...	91
Anexo 19. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior ...	91
Anexo 20. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior ...	92
Anexo 21. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior ...	92
Anexo 22. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en voladura minimizada.	93
Anexo 23. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en voladura minimizada.	93
Anexo 24. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en voladura minimizada.	94
Anexo 25. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en voladura minimizada.	94
Anexo 26. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en voladura minimizada.	95
Anexo 27. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en voladura minimizada.	95
Anexo 28. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en voladura minimizada.	96
Anexo 29. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en voladura minimizada.	96
Anexo 30. Declaración jurada de autenticidad de tesis	97
Anexo 31. Autorización para la publicación en tesis en el repositorio institucional.....	98



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

S.A	: Sociedad Anónima
Lp.	: longitud perforada
Tal.	: taladros
US\$: dólares
m	: metros
mm	: milímetro
m³	: metro cúbico
cc	: centímetro cúbico
t	: tonelada
g	: gramos
V	: volumen
%	: porcentaje
B	: base
H	: altura
P	: perímetro



RESUMEN

La Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa, desarrolló la Galería San Valentín de una sección de 2,50 m x 2,60 m, con una longitud de 425 metros. Al realizar la evaluación en el tramo inicial, afrontó problemas de elevados costos de perforación y voladura en el frente de la galería. El costo de perforación anterior fue de 148,02 US\$/m y el costo de voladura fue de 131,36 US\$/m. El costo de avance lineal de la Galería fue de 280,46 US\$/m, el mismo que fue superior al costo unitario de la empresa que fue de 255,45 US\$/m. El objetivo del trabajo fue minimizar los costos de perforación y voladura en el desarrollo de la Galería. El método que se utilizó en la investigación fue cuantitativo, diseño experimental y longitudinal. La metodología para el primer objetivo específico se aplicó la teoría de Exsa, y previa evaluación de la malla anterior se diseñó la nueva malla de perforación, teniendo en cuenta el tipo de roca y la sección de la labor y se calculó los costos de perforación, considerando los costos de mano de obra, equipo de perforación, accesorios, herramientas y implementos de seguridad. Para el segundo objetivo específico se determinó la carga explosiva según las características del tipo de roca y el número de taladros perforados en el frente de la labor y se calcularon los costos de voladura considerando el explosivo dinamita 65% y accesorios de voladura. En el estudio se obtuvo los siguientes resultados, los costos de perforación se redujeron de 148,02 US\$/m a 137,32US\$/m, con un beneficio de 10,7 US\$/m, y los costos de voladura se minimizaron de 131,36 US\$/m a 106,83 US\$/m, con un beneficio de 24,53 US\$/m. y se concluyó que el nuevo diseño de malla se reduce los costos de perforación en 7,93% y con la carga explosiva adecuada se minimiza los costos de voladura en 18,67% en la Galería San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. -Arequipa.

Palabras clave: Costos, diseño, malla, minimizar, perforación, voladura



ABSTRACT

The Estrella de Chaparra S.A. Gold Mining Company – Arequipa, developed the San Valentín Gallery with a section of 2.50 m x 2.60 m. and a length of 425 meters, when carrying out the evaluation in the initial section, it faced problems of high costs of drilling and blasting in the front of the gallery. The previous drilling cost was US\$148.02/m and the blasting cost was US\$131.36/m. The linear advance cost of Galería San Valentín were US\$280.46/m, which was higher than the unit cost of the company, which were US\$255.45/m. The objective of the research was to minimize the costs of drilling and blasting in the development of the Gallery. The method utilized in the investigation was quantitative, experimental and longitudinal design because the data was taken at different times. The methodology for the first specific objective was applied to Exsa's theory, and after evaluating the previous mesh, the new drilling mesh was designed, taking into account the type of rock and the section of the work, and the drilling costs were calculated. considering labor costs, drilling equipment, accessories, tools and safety implements. For the second specific objective, the explosive charge was determined according to the characteristics of the type of rock and the number of holes drilled in the face of the work and the blasting costs were calculated considering the explosive 65% dynamite and blasting accessories. In the study, the following results were obtained: drilling costs were reduced from US\$148.02/m to US\$137.32/m, with a benefit of US\$10.7/m, and blasting costs were minimized accordingly. 131.36 US\$/m to 106.83 US\$/m, with a profit of 24.53 US\$/m. and it was concluded that the new mesh design reduces drilling costs by 7.93% and with the appropriate explosive charge, blasting costs are minimized by 18.67% in the San Valentín Gallery of the Estrella de Chaparra Gold Mining Company. S.A. - Arequipa.

Keywords: Costs, design, mesh, minimize, drilling, blasting.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa, explota el mineral de oro filoniano, aplicando el sistema de Corte y Relleno Ascendente Convencional mediante diferentes labores subterráneas. La Empresa desarrolló la galería San Valentín de 2,50 m x 2,60 m. de sección y una longitud de 425 metros, al realizar la evaluación en el tramo inicial, se encontró un mayor consumo de explosivos y mayor número de taladros en la malla de perforación y también problemas de avance lineal en la labor, las causas del problema fueron el diseño inapropiado de la malla de perforación con mayor número de taladros perforados, con espaciamiento y burden inadecuados. Es decir que en el diseño anterior no se consideró las características geomecánicas del macizo rocoso, se diseñó en base al criterio del maestro perforista en donde se perforó 42 taladros con espaciamientos reducidos, ocasionando problemas de elevados costos de perforación y con relación a la voladura se encontró un mayor consumo de carga explosiva, lo cual influyó en el incremento de consumo de explosivos por cada taladro, en consecuencia, se elevaron los costos de voladura en el frente de la Galería San Valentín en la Empresa Minera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa. (Ver anexo N° 1).

El costo total de perforación y voladura de avance lineal de la Galería San Valentín fueron de 280,46 US\$/m, y en referencia a los costos unitarios de la empresa minera que fue de 255,45 US\$/m, resultaron ser superiores, ocasionando mayores costos de avance lineal de la Galería. Por estos motivos se planteó el rediseño de la malla perforación y conseguir la adecuada carga explosiva. De continuar con el problema hubiera afectado al presupuesto de ejecución y el avance lineal de la Galería San Valentín en la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Pregunta general

¿Cómo minimizar los costos de perforación y voladura en el desarrollo de la galería San Valentín en la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa?

1.2.2. Preguntas específicas

a) ¿Cómo reducir los costos de perforación con el nuevo diseño de malla en la galería San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa?

b) ¿Cómo minimizar los costos de voladura, con la carga explosiva adecuada en la Galería San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa?

1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general

Con el diseño de la nueva malla de perforación y la carga explosiva adecuada, se minimizaron los costos, en la galería San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. -Arequipa

1.3.2. Hipótesis específica

a) Mediante el nuevo diseño de malla, según el modelo matemático de Exsa se minimizaron los costos de perforación en la galería San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. -Arequipa

b) Con la carga explosiva adecuada se minimizó los costos de voladura en la galería San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. –Arequipa.



1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Minimizar los costos de perforación y voladura en la ejecución de la galería San Valentín en la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa.

1.4.2. Objetivos específicos

a) Reducir los costos de perforación con nuevo diseño de malla, según el modelo matemático de Exsa en la galería San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa.

b) Minimizar los costos de voladura con la carga explosiva necesaria en la galería San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En minería para conseguir una adecuada explotación y producción, es importante ejecutar una perforación y voladura según la característica del macizo rocoso, esta parte del proceso del ciclo de minado es de vital importancia. La Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa. Mediante el estudio de reservas de mineral, se han determinado 865 246 t de reservas probadas y 432 623 t de reservas probables de oro con una ley promedio de 6,54 g/t. Para la extracción de estas reservas de mineral se requieren diversas labores mineras subterráneas.

La ejecución de la Galería San Valentín es importante porque permitirá la recuperación del mineral valioso y para explotar la veta principal de la Empresa Minera.

La Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa, en el desarrollo de la Galería San Valentín, presenta elevados costos en referencia a los costos unitarios de perforación y voladura de la empresa minera, por lo que mediante el presente trabajo de investigación se plantea la minimización de los costos de perforación y



voladura aplicando un nuevo diseño de malla y carga explosiva adecuada en la Galería
San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

De La Cruz & Rodríguez (2022) Cuyo objetivo fue optimizar el diseño de malla de perforación y voladura para reducir los costos de desarrollo de la Galería 5361. Donde la metodología de trabajo fue el diseño de malla y carga explosiva y mediante esta metodología logró reducir el costo de perforación y voladura de S/ 1212,98 a S/ 1044,84 el metro lineal, obteniendo una reducción de S/ 168,14.

Mamani (2022) cuyo objetivo fue rediseñar la malla de perforación para reducir los costos de operación, la metodología utilizada fue el rediseño de malla y el cálculo de la carga explosiva adecuada según las características de la masa rocosa y se concluyó que mediante esta metodología se logró reducir los costos de perforación y voladura a 207,39 US\$/m

Yucra (2022) en su estudio concluye que mediante rediseño de malla y la carga explosiva adecuada los costos de perforación se minimizaron de 132,30 US\$/m a 122,84 US\$/m, con una diferencia de 9,46 US\$/m y mediante la carga explosiva adecuada, los costos voladura se redujeron de 137,28 US\$/m a 111,92US\$/m, con una diferencia de 25,36 US\$/m, en la galería San Fernando de la Unidad Santa María de la CIA Minera Poderosa S.A. – La Libertad

Anchapuri (2021) en su estudio el objetivo fue reducir los costos en la ejecución de la galería determinando un nuevo diseño de malla de perforación y carga explosiva. El estudio de investigación es descriptivo – aplicativo, en el trabajo de investigación se mejoró el diseño de la malla de perforación y se redujo la cantidad de taladros y la distribución adecuada de taladros en la galería 819E, también se redujo el costo unitario



de perforación y voladura de US\$ 212,93 a US\$ 166,67 por metro lineal de avance logrando un beneficio de US\$ 46,26 por metro de avance lineal.

Mamani (2020) en su estudio indica que el objetivo fue optimizar el costo de operación de perforación y voladura. La metodología fue de un enfoque cuantitativo – descriptivo, en donde se realizó la toma de datos en el campo y luego se analizó y finalmente se concluyó que, mediante la evaluación, el costo de perforación se minimizó de 158,54 US\$/m a 141,88 US\$/m, logrando un beneficio de 16,66 US\$/m, y el costo de voladura se redujo de 123,39 US\$/m a 97,73 US\$/m obteniendo un ahorro de 25,66 US\$/m.

Condori (2019) cuyo objetivo fue minimizar los costos de perforación y voladura aplicando el nuevo diseño de malla y carga explosiva adecuada. La metodología utilizada en la investigación fue rediseñar la malla de perforación y el cálculo de la carga explosiva según el tipo de roca y concluye que, con el nuevo diseño de malla los costos se redujeron de 509,82 US\$/m a 412,79 US\$/m obteniendo un ahorro de 97,03 US\$/m, y al establecer la adecuada carga explosiva los costos de voladura se redujeron de 402,57 US\$/m a 346,83 US\$/m obteniendo un beneficio de 55,74 US\$/m.

Pino (2019) en su trabajo cuyo objetivo fue optimizar el avance lineal en el frente de la Galería San Jorge en la Minera Aurífera Cuatro de Enero S.A. – Arequipa. La metodología de investigación del trabajo fue cuantitativo y descriptiva, ‘y corte longitudinal porque se realizó la recolección de datos en diferentes momentos. En su trabajo de investigación concluye que con el nuevo diseño de malla de perforación, y la carga explosiva adecuada, el avance lineal se optimizó de 1,30 m a 1,40 m logrando un incremento de 0,10 metros.

Ortiz (2019) el objetivo del estudio de investigación fue minimizar los costos de perforación y voladura. La metodología que se utilizó para minimizar los costos de



perforación y voladura fue el rediseño de la malla de perforación y el cálculo de la carga explosiva adecuada según las características de la masa rocosa. Concluyó que, rediseñando la malla de perforación, los costos de perforación se redujeron de 150,74 US\$/m a 140,77 US\$/m, con un beneficio de 9,97 US\$/m y con la carga explosiva adecuada los costos de voladura se redujeron de 102,47 US\$/m a 82,83 US\$/m, obteniendo un ahorro de 19,64 US\$/m.

Bazorla (2019) en su estudio indica que el objetivo fue determinar en qué medida influye la optimización de estándares en perforación y voladura en la reducción de costos operativos en la ejecución del crucero. La metodología de investigación es el método cuantitativo, tipo aplicada, nivel descriptivo - correlacional y de diseño experimental y finalmente concluyó que, a través de la optimización de los estándares de perforación y voladura, se logró reducir los costos unitarios de operación de 871,93 S/. /m a 756,31 S/. /m es decir una reducción del 13,26% en referencia con el costo anterior.

Araca (2018) en su estudio cuyo objetivo fue reducir los costos de producción mina, mediante la minimización de los costos de perforación y voladura. El tipo de investigación empleada en el estudio de investigación fue cuantitativo y de corte longitudinal, donde realizó la toma de datos de campo en diferentes momentos y concluyó que mediante esta metodología, los costos de perforación y voladura se redujeron de 7,84 US\$/Tm a 7,54 US\$/Tm, con una disminución de 0,30 US\$/Tm.

Buele (2017) en su trabajo indica que el objetivo del estudio fue optimizar los parámetros de perforación y voladura en el avance del túnel de la mina Cabo de Hornos. El método utilizado fue de un enfoque cuantitativo y diseño experimental y longitudinal en donde se realizó la recolección de datos de campo en diferentes tiempos, la metodología utilizada fue el diseño de la malla de perforación y el cálculo de la carga explosiva optimizada en el frente de las labores subterráneas, y se concluye que la



eficiencia de avance se incrementó en un 12% del total. Con el nuevo diseño de malla se redujo el número de tacos de explosivos de 50 a 46 en la carga de fondo y de 100 a 92 en la carga de columna, el consumo de explosivo se redujo de $8,51 \text{ kg/m}^3$ a $6,82 \text{ kg/m}^3$, por tanto se demostró que a mayor avance del frente no es proporcional la cantidad de carga explosiva, sino depende de una mejor distribución.

Palomino (2016) cuyo objetivo fue optimizar el proceso de perforación y voladura en las labores de desarrollo para obtener una mejor eficiencia en cuanto a rendimiento y costo en Compañía Minera Poderosa S.A. La metodología utilizada fue el rediseño de la malla de perforación y el cálculo del factor de carga explosiva según las características geomecánicas de la labor y la recolección de datos. Finalmente concluye que la eficiencia de perforación mejoró de 90 % a 97 % y el factor de carga se redujo de $3,03 \text{ kg/m}^3$ a $2,41 \text{ kg/m}^3$.

Correa & Iparraguirre (2016) en su trabajo el objetivo fue reducir los costos operativos de perforación de perforación y voladura mediante la estandarización de la malla. La metodología para la investigación fue de un tipo de investigación experimental – descriptivo, ya que se manipularon las variables para ver su efecto. Y concluyó que con la malla anterior el costo fue de 340 927,2 US\$/año; y con la nueva malla de perforación el costo fue de 290 260,8 US\$/año; obteniendo un ahorro de 50 666,4 US\$/año, así mismo se incrementó el avance lineal por metro en 10%, y en la voladura, el factor de carga lineal se redujo $49,55 \text{ kg/m}$, a $37,04 \text{ kg/m}$ obteniendo una diferencia de $12,51 \text{ kg/m}$.

Garrido (2015) cuyo objetivo fue reducir los costos en la mina Animón, mediante la mejora y control de los estándares de perforación y voladura. La metodología del trabajo de investigación fue de tipo analítico-descriptivo, ya que se tomó datos de campo para posteriormente analizarlos y describir su efecto. obteniendo así, la minimización de los costos unitarios de mina en $4,19 \text{ US\$/Tm}$, que representa el 18,5 % del costo total de



mina, esto constituye un ahorro de 3771 000,0 US\$/año. seguido por la operación unitaria de perforación con 1,10 US\$/Tm, que es el 26,25% del total, la voladura con 0,42 US\$/Tm, que viene a ser el 10% del total

Umaña (2014) en su estudio indica que el objetivo fue la reducción de los costos operativos de perforación y voladura en la Minera Yanaquihua S.A.C. La metodología del estudio es de tipo descriptiva, ya que se hizo la revisión de los estándares y presupuestos existentes de las operaciones unitarias y los principales proyectos de minado y desarrollo. En el estudio de investigación se logró la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura, y los costos unitarios totales se redujeron en 1,51 US\$/Tm es decir se redujo en un 7% en referencia a lo utilizado, lo cual representó una reducción de costos operativos de Mina de 108 720 US\$ al año y en voladura la reducción del costo fue de 0,28 US\$/Tm es decir una reducción del costo de 20 160 US\$ al año.

Sancho (2014) en su estudio, el objetivo fue optimizar el desarrollo de la Galería Anaconda mediante el diseño de una nueva malla de perforación y la carga explosiva necesaria. La metodología utilizada fue el diseño de la nueva malla de perforación y el cálculo de la carga explosiva necesaria en el frente de la Galería Anaconda, y concluye que los costos de perforación y voladura se redujeron de 275,38 US \$/m a 239,39 US\$/m, con un beneficio de 36,01 US\$/m en la Galería Anaconda de la Unidad Minera Kori Chaska – Ananea.

Villarreal & Vanessa (2012) en su estudio indica que el objetivo fue optimizar los procesos de perforación y voladura en el avance lineal de la rampa de la Mina Bethzabeth. El método utilizado fue descriptivo y experimental y de corte longitudinal donde se recolectó información de campo en diferentes momentos y la metodología aplicada fue la malla de perforación y carga explosiva necesaria y se concluye que el ahorro fue de US\$



85,12 en cada voladura, debido a la reducción de la cantidad de explosivos requeridos, con lo cual se disminuyó el costo de explotación.

Music (2007) en su trabajo el objetivo fue efectuar un diagnóstico técnico de las operaciones de perforación y tronadura de desarrollo horizontal. El método de la investigación fue descriptivo, en el cual la metodología utilizada fue la observación medición y monitoreo en campo, además de analizar aquellos parámetros claves relacionados con el diseño, implementación y resultado de cada uno de los disparos. y se concluyó que mediante el diseño del diagrama de perforación se redujo el número de taladros de 51 más 2 taladros de alivio a 48 más 1 taladro de alivio, es decir un 8% de reducción. El factor de carga explosiva se redujo de $3,02 \text{ kg/m}^3$ a $2,38 \text{ kg/m}^3$, por ende, el consumo de explosivo se redujo en un 30%.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Perforación

Si se quiere ocasionar la fragmentación de una maza rocosa son necesarios dos actividades primordiales las cuales son: la perforación (cuya finalidad es abrir huecos cilíndricos en la roca para almacenar explosivos). La voladura es el acto de agrietar y romper rocas, el suelo compacto o el hormigón, mediante el empleo de explosivos. La primera es valiéndose de un orificio cilíndrico, la mayor parte de estos trabajos se realizan con equipos hidráulicos, neumáticos, mecánicos y también térmicos, con la finalidad de abrir túneles, galerías o pozos, pueden ser actividades mineras u obras civiles, con un determinado tamaño, y en una forma específicamente buscada, este último busca separar y fragmentar la materia masiva, típicamente por medio de energía química e hidráulica (Yucra, 2022)

2.2.2. Trazos de arranque

Son taladros que se realizan para iniciar la voladura y es la apertura de una cavidad inicial, denominada corte, con la finalidad a crear una segunda cara libre para facilitar la voladura, de manera que los taladros del núcleo y de la periferia pueden trabajar destrozando la roca en dirección hacia la cavidad. En general, la mejor ubicación es al centro de la sección ligeramente por debajo del punto medio (EXSA, 2019).

- Serán necesarios una menor cantidad de taladros en el frontón; en la proximidad al techo.
- Será proporcionado un mejor desplazamiento centrado del material roto, pero el consumo de explosivos será mayor; en el piso.
- Esta área solo se considera conveniente cuando el material volado puede caer con facilidad por desplome.

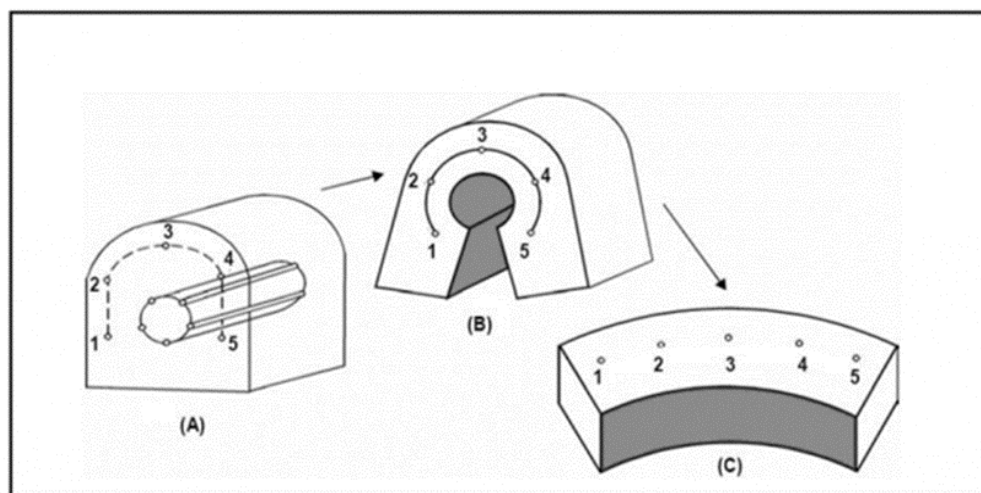


Figura 1. Cavidades formadas secuencialmente

Fuente: (EXSA, 2019)

Las distintas formas de corte responden a las maneras de ejecutar los disparos en una fase inicial y de esta manera originar, cavidad de corte, incluidos cortes de esquina

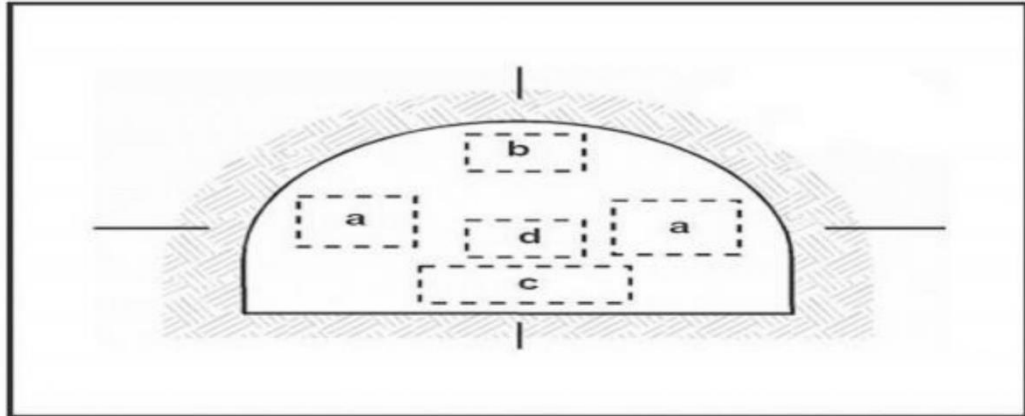


Figura 2.Ubicación del corte inicial
Fuente:(EXSA,2019)

2.2.3. Corte Quemado

Está conformado por una cantidad determinada de taladros con el mismo diámetro, los cuales son perforados contiguamente entre sí con una distribución de distintos trazos y figuras, de los cuales algunos no alojarán carga explosiva en su interior, de manera que el taladro sin carga actuará como cara libre para reflejar las ondas de choque generados por los taladros con carga, facilitando así la fractura de la roca (Yucra, 2022).

El trazo más simple del corte quemado es el de un rombo con cinco cavidades cilíndricas (taladros), cuatro de los cuales estarán vacíos en los vértices y solamente el taladro del centro estará cargado. Cuando se presentan ciertas condiciones de roca el esquema será invertido conteniendo así carga explosiva todos los taladros de los vértices menos el del centro del rombo. Usualmente también se presentan esquemas con seis, nueve o más taladros con una distribución cuadrática, donde la mitad de la cantidad total de taladros van cargados con explosivos y los otros se dejan vacíos, distribuyéndose de diferentes maneras mayormente cuadráticos, triángulos y rómbicos (Yucra, 2022)

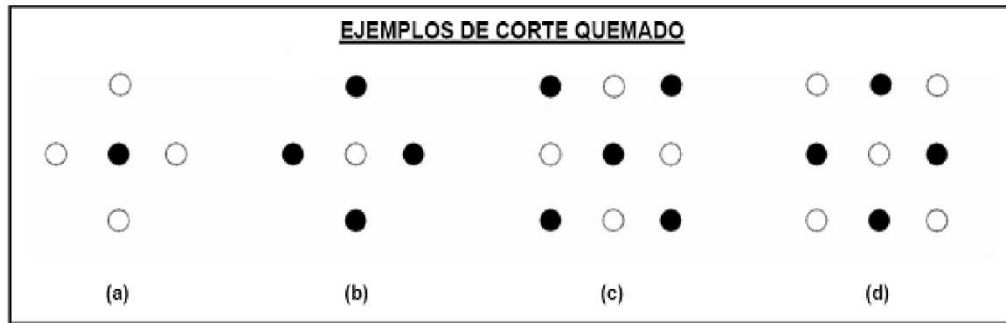


Figura 3. Corte quemado
Fuente: (EXSA, 2019)

2.2.4. Distribución de los taladros

La nomenclatura de taladros se designa según la malla de perforación en el frente de una labor subterránea y su denominación es de la siguiente forma.

a) Taladros de arranque.

Se denominan taladros de arranque a los taladros que están destinados a generar una cavidad inicial o segunda cara libre en el frente, por lo que estos se disparan primero. Para el arranque es requerido de 1,25 a 1,45 veces más carga en promedio por cada uno de los taladros, esto es debido a que en esta zona es necesaria una mayor energía para remover el material triturado, reduciendo correspondientemente la carga sobre los cuadradores y alzas que son las que menos carga requieren, debido a que tienen un efecto colapso (Yucra, 2022).

b) Taladros de ayuda.

Se denominan ayudas a los taladros que se encuentran alrededor de los taladros de arranque y generan la remoción de material hacia el corte de origen de conformidad con las medidas de la galería de trabajo, también pueden variar en cantidad y distribución (Yucra, 2022).

c) Taladros cuadradores

Se denominan cuadradores a los taladros que conforman los lados de la sección de la galería, también se les denomina como taladros laterales “hastiales”(EXSA, 2019)

d) Taladros de alza

Se denominan así a los taladros que le dan su contorno al techo del túnel o galería. Igualmente, denominados como taladros de coronación, en recorte y voladura controlada “smooth blasting” son iniciados de manera inmediata en su conjunto los cuadradores y alzas para generar el plano de rotura de la sección de galería, son denominados generalmente como, “taladros periféricos”(Yucra, 2022).

e) Taladros de arrastre o piso

Se denominan así a los taladros que están dispuestos en el suelo o parte inferior del túnel diseñado, son iniciados tras finalizar toda la ronda. Algunas veces son complementadas con taladros de perforación inclinada en las esquinas, cuya finalidad es formar una canaleta de drenaje (EXSA, 2019).

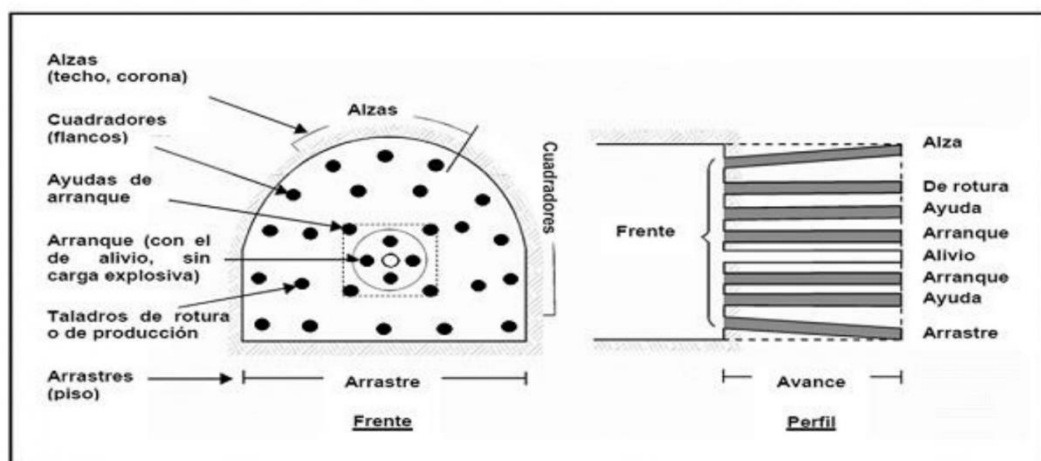


Figura 4.Designación de taladros
Fuente: (EXSA, 2019)



2.2.5. Accesorios de perforación

a) Barra de perforación

Se denominan barras de perforación a las varillas de acero los cuales tienen un eje hueco, estas barras cumplen la función de transmitir la energía roto-percutiva generado por el martillo neumático hacia el otro extremo que está en contacto con la superficie de la roca, las barras pueden ser redondas o hexagonales. Sus acoplamientos (unión) pueden ser de tipo rosca, cono liso, entre otros. Por otro lado, tenemos el conjunto de las barras integrales, los que se subdividen de acuerdo a la forma de su broca y a la distribución de sus insertos, estas barras integrales se encuentran secuenciadas, el diámetro del inserto varia conforme aumente o se reduzca el tamaño de la barra de perforación; entre los tipos de barras integrales tenemos:

- 1) Barras integrales con insertos en forma de cincel: estos son los más comunes y prácticos, se distinguen por la facilidad en el afilado y bajo costo de adquisición.
- 2) Barras integrales con insertos de tipo botón: son empleados en rocas de poca abrasividad y de fácil penetración.
- 3) Barras integrales con insertos múltiples: son utilizadas en perforación mecanizada de rocas fisuradas y blandas.
- 4) Barras descartables tipo cónico: este tipo de barras no tienen ningún tipo de inserto y son empleados conjuntamente con las brocas descartables (Yucra, 2022).

b) Brocas de perforación

Son herramientas que nos permiten realizar perforaciones en un determinado material o lugar, con fines que el que realiza la actividad lo



decida, las brocas que son empleadas para la perforación roto- percusiva. (Yucra,2022).

2.2.6. Explosivos

Se trata de una combinación de sustancias (combustibles y oxidantes) que, al recibir un estímulo adecuado en una parte de la masa explosiva, se transforma rápidamente en sustancias más estables y casi totalmente gaseosas. Durante este proceso, se genera calor, alta presión y temperatura. Existen diversos tipos de explosivos con composiciones específicas, cada uno con propiedades y características distintas, lo cual requiere una debida elección para su uso. El material explosivo, deriva la mayor cantidad de su fuerza destructiva de la rápida conversión de la sustancia en gases con alta temperatura que ocupan varias veces el volumen original y ejercer presión sobre sus alrededores, los cuales, se expanden rápidamente como ondas de choque suficientemente grandes para vencer fuerzas confinadas de la roca circundante (Aguilar, 2023).

Factor de carga: Es la cantidad de explosivo que se utiliza por una unidad de roca para realizar la detonación.

Densidad de carga: Es el peso de un explosivo cargado por metro de taladro

Velocidad de detonación: Velocidad a la cual progresa la detonación a través de un explosivo.

Retardos: es la pausa de tiempo determinado entre detonaciones e impulso de detonación para permitir la iniciación de cargas explosivas separadamente

2.2.7. Voladura

Es un proceso tridimensional, donde las presiones que se generan por los explosivos que se encuentran confinados en el taladro perforado en roca, originando



una alta concentración de energía produciendo efectos dinámicos; fragmentación y desplazamiento de la roca lo menciona (Valencia, 2023).

a) Accesorios de voladura

1) Fulminante.

El fulminante está integrado por una cápsula cilíndrica compuesta de aluminio el cual está cerrada en uno de sus extremos, en su interior aloja un explosivo primario con alta sensibilidad a la chispa de una mecha de seguridad y un explosivo secundario de alta capacidad. La mezcla de ignición se encuentra expuesto al otro extremo abierto de la tapa, la imprimación del fulminante no debe ser alterada o abusada de ninguna manera; ya que esto puede hacer que la imprimación explote prematuramente y provoque un accidente. Dada la calidad de los insumos utilizados para producirlos, estos proporcionan la máxima seguridad y eficiencia cuando son utilizados, existen fulminantes con denominación numérica de 6 y 8 estos números denotan la cantidad de fulminato contenido en cada uno de ellos respectivamente (Yucra, 2022).

2) Mecha de seguridad.

La mecha de seguridad se considera un accesorio de voladura y es un elemento de un método de cebado tradicional. Se distingue por su flexibilidad y tiene un núcleo central de pólvora, que transfiere la llama al cebo, a una rapidez homogénea; Está recubierto por diversas capas de diferentes materiales que aseguran la continuidad de la combustión y la compactación. Estos componentes están protegidos por un revestimiento de plástico. El conjunto garantiza a la mecha de seguridad una excelente impermeabilización, resistencia a la humedad, a la abrasión y al estrés mecánico, incluso en las condiciones más exigentes; así como evitar la

transmisión de fuego de una parte a otra de la mecha de seguridad cuando están muy juntas, minimizando la generación de chispas en su interior (Yucra , 2022)

2.2.8. Fragmentación de la roca.

a) Fracturación

El fracturamiento de rocas por la voladura comprende primero la acción del explosivo y la consecuente acción de la roca insitu, que está involucrado de factores de tiempo, energía termodinámica, ondas de presión y mecánica de rocas en rápido y complejo mecanismo de interacción.

b) Procedimiento

Cuando el explosivo es detonado, se generan ondas de choque y gases que se expanden rápidamente en la pared de los taladros. Estas fuerzas y ondas se transmiten a la roca circundante, provocando su deformación elástica. Es importante destacar que las rocas poseen una alta resistencia a la compresión. Al llegar a la cara libre durante la voladura, estas ondas generan esfuerzos de tensión en la masa rocosa, específicamente entre la cara libre y el taladro.

El volumen de los gases liberados y en expansión penetran en las grietas iniciales por acción de cuña y se logra la fragmentación de la roca.

La respuesta del explosivo en el fondo del taladro es extremadamente rápida, y su eficacia se considera alcanzada cuando la masa se expande hasta alcanzar aproximadamente 10 veces su volumen original, lo cual toma alrededor de 5 a 10 milisegundos.

Por lo general, la fragmentación es más efectiva en rocas compactas y uniformes en comparación con aquellas que tienen muchas fisuras naturales,

dado que en las últimas los gases tienden a escapar por las fisuras, reduciendo así su energía útil.

c) La rotura de rocas requiere condiciones fundamentales como:

1) Confinamiento del explosivo en el taladro.

Lograr un acoplamiento óptimo con la pared interior es crucial para posibilitar la transferencia efectiva de las ondas de choque hacia la roca circundante.

2) Cara libre.

La adecuada formación y retorno de las ondas tensivas son cruciales para causar la rotura de la roca. Cuando la cara libre no es apropiada, la voladura no se produce de manera efectiva. En ausencia de una cara libre, las ondas de compresión se propagan sin reflejarse y se dispersan como ondas sísmicas a larga distancia.

3) Distancia del taladro a la cara libre.

La línea de menor resistencia o carga se ajusta de acuerdo con el diámetro del taladro. Si esta distancia es bastante larga, la reflexión de ondas será muy pequeña o incluso nula, lo que limitará la fragmentación solo al collar del taladro, como una forma de caracterización (Exsa, 2010).

d) Factores que influye en la voladura de rocas.

Existe una variedad de condiciones que participan directa o indirectamente en la voladura de rocas que dependen recíprocamente y están vinculados uno al otro; unos son manejables y otros no son manejables, las variables del diseño de malla de perforación y el explosivo a utilizar son controlables, sin embargo no es posible cambiar la geología y las propiedades de la rocas.



e) Cálculo de voladura

1) Avance por disparo

El avance se limita de acuerdo al diámetro del taladro vacío y de la desviación de los taladros cargados y se mantiene por debajo del 2%, de los avances medios y deben llegar al 95% de la longitud del taladro (López, J. 2000).

2) Número de taladros.

La cantidad de perforaciones necesarias para llevar a cabo una voladura subterránea se ve influenciada por diversos factores, como el tipo de roca, el nivel de confinamiento, el grado de fragmentación deseado y el diámetro de las brocas de perforación. Estas variables permiten ajustar la densidad de perforación, lo que a su vez afecta el número estimado de taladros requeridos. Además, otros aspectos como el tipo de explosivo empleado y el sistema de iniciación también tienen un papel determinante en este proceso.

Se puede calcular el número de taladros en forma aproximada mediante la fórmula de Exsa (Exsa, 2010).

Según la fórmula de EXSA.

$$N^{\circ} \text{ Tal} = \frac{P}{dt} + S \times Ks$$

$$P = 4\sqrt{S}$$

$$S = b \times h$$

Donde:

$N^{\circ} \text{ Tal}$ = Número de taladros

P = Perímetro de la galería

S = Área de la galería

dt = Constante de roca



K_s = Constante de roca

La sección de la galería se da por la siguiente ecuación:

$$S = b \times h$$

Donde:

b = Ancho de la galería

h = Altura de la galería

3) Longitud de taladros

Al determinar la longitud del taladro, se consideran varios factores clave, como el ancho útil de la sección de la labor, el tipo de sistema de arranque elegido y las especificaciones de la máquina de perforación. Con el uso del corte quemado, es posible perforar hasta 2 y 3 metros de profundidad. Sin embargo, si se utiliza el corte en forma de V, la perforación se limita a un rango de 1 a 2 metros en labores con una sección más pequeña.

Para calcular la longitud de los taladros de corte en V, se emplea la siguiente fórmula $L=S \times 0,5$ (Exsa, 2019).

Donde

S = Es la dimensión de la sección de la labor en m^2 .

2.2.9. Malla de perforación y cálculo de carga

Avance del disparo. Está limitado por el diámetro del taladro vacío y la desviación de los taladros de carga que debe mantenerse por debajo del 2% los avances promedios y deben llegar al 95% de la profundidad del taladro L . También para el diseño de la malla de perforación se ha considerado el tipo de roca y su respectiva constante (EXSA, 2019)



2.2.10. Diseño de malla de perforación.

El esquema requiere una distribución específica de los taladros a perforar, detallando las distancias, carga explosiva y secuencia de encendido a seguir. Para llevar a cabo este proceso, se utiliza un sistema de cuadrícula precalculada, que se marca en el frente del área a perforar, con líneas de pintura. Estas líneas guían al perforista durante el trabajo. Cabe mencionar que cada tipo de roca tiene su propia malla estandarizada, la cual se emplea para diseñar la distribución de los taladros. En particular, en el techo de la zona a trabajar, todas las mallas incluyen taladros de alivio. Estos taladros adicionales permiten que la excavación tenga un acabado arqueado, lo que favorece un mejor control del terreno durante el proceso de perforación.

El topógrafo suministra la dirección y la inclinación del terreno. Estos datos son utilizados para localizar el punto central del diseño de la malla, asegurando así que el avance de la labor se realice con la forma y tamaño apropiados.

2.2.11. Costos y gastos.

a) Estimación de los costos de operación

La evaluación de los gastos de operación plantea desafíos más complejos que los costos de inversión, debido a la considerable diversidad de factores involucrados. Estos factores incluyen la geología del depósito, el tipo y número de equipos empleados, el personal implicado, las condiciones ambientales, la ubicación geográfica, la estructura organizativa de la empresa, entre otros. Estas dificultades se hacen evidentes al intentar establecer correlaciones sólidas entre los costos y los métodos de extracción, y se acentúan especialmente en las minas subterráneas en comparación con las minas a cielo abierto. Los costos de operación se definen como aquéllos



generados de forma continuada durante el funcionamiento de una operación, pudiendo subdividir en tres categorías como: costos directos, costos indirectos, gastos generales (Condori, 2023).

b) Costos directos

Según Condori (2023): Los costos directos o variables pueden ser vistos como los principales gastos de una operación, y se refieren principalmente a los recursos aportados por el personal y los materiales utilizados

1) Personal.

Se incluye dentro de los costos salariales al equipo de trabajo encargado de la operación, supervisión de la operación, mantenimiento, supervisión del mantenimiento y otros roles relacionados.

2) Materiales.

Son tomados en cuenta: piezas de repuesto y materiales de reparación, suministros para el tratamiento, insumos básicos, materia prima, elementos consumibles, energía eléctrica, agua, entre otros..

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

1) Perforación

Son taladros que se realizan en el macizo rocoso con la finalidad de depositar una carga explosiva para realizar la voladura para lo cual se realiza el confinamiento del explosivo y usualmente cuanto más suave es la roca mayor será la velocidad de penetración, y si es más resistente a la compresión, entonces mayor fuerza y torque se requerirán para la perforación.



2) Malla de perforación

Es la distribución de los taladros en el frente de una labor minera para realizar una voladura, en donde se considera la relación de burden y espaciamiento y la dirección con la profundidad de los taladros perforados.

3) Explotación

Es una actividad minera que se realiza para la extracción del mineral mediante diferentes labores mineras. Las explotaciones mineras pueden ser subterráneas y a tajo abierto, dependiendo de las características del yacimiento

4) Subterráneo

Son excavaciones realizadas por el hombre, debajo de la superficie terrestre.

5) Burden

Es la distancia desde el eje del taladro hacia la cara libre perpendicular más cercana y es la línea de menor resistencia a la cara libre.

6) Espaciamiento

La distancia entre los taladros distribuidos en una malla de perforación, dispuestos en el frente de una labor minera para llevar a cabo una voladura.

7) Explosivos

Son combinaciones químicas que poseen una cantidad considerable de energía potencial, y cuando son activadas por un detonador u otro agente, experimentan una reacción instantánea con una elevada velocidad de detonación.



8) Arranque

Son aquellos taladros perforados y cargados; que se chispean primeramente con la finalidad de generar una segunda cara libre.

9) Factor de carga

Es la cantidad de explosivos que se usa por m³ de roca en una voladura.

10) Macizo rocoso

Se refiere a la agrupación de las porciones de roca sólida y a las separaciones dentro de ella.

11) Voladura

Se trata de un evento físico y químico que ocurre cuando una mezcla explosiva detona, provocando la fragmentación de una cantidad de roca o mineral.

12) Costos de operación

Los gastos de operación se describen como aquellos que se originan de manera continua mientras una operación minera está en funcionamiento, y están estrechamente vinculados a la producción. Estos gastos pueden clasificarse en dos categorías: costos directos e indirectos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

La Mina Estrella de chaparra se le localiza en el Distrito de Chaparra, de la Provincia de Caravelí en el Departamento de Arequipa. A 41 km al Noreste del Distrito de Chala, con las coordenadas Este 621 500 y coordenadas Norte 836000, a 1200 y 1700 m.s.n.m. de altitud.

3.2. ACCESIBILIDAD

Para llegar a la zona minera desde de la Ciudad de Arequipa, es por una vía afirmada y por tramos no pavimentados. En el siguiente cuadro se muestra; tramos, tiempos, lugares.

Tabla 1.

Acceso a la Mina Aurífera Estrella de Chaparra

Ruta	Distancia (km)	Tiempo de recorrido (Horas)	Tipo de vía
Arequipa-Desvío Chaparra	385 km	7 h 20 min	Vía Asfaltada
Desvío Chaparra- Desvío Estrella	41 km	1 h 30 min	Vía afirmada
Desvío Estrella- Mina	5 km	30 min	Trocha carrozable
Total	431 km	09 h 20 min	

3.3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.3.1. Método de la investigación

El método de la investigación fue cuantitativo, este método utiliza interrogantes y encuestas con la finalidad de recopilar los datos cuantitativos y en



relación a estos datos se realiza un análisis estadístico para obtener las conclusiones del estudio de investigación.

3.3.2. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo experimental porque se manipuló la variable independiente para minimizar los costos de perforación y voladura, se modificó el diseño de la malla de perforación de la Galería San Valentín. Al respecto Hernández & Mendoza, (2018) sostiene que los experimentos manipulan tratamientos, estímulos influencias o intervenciones para observar sus efectos sobre otras variables de una situación de control.

3.3.3. Enfoque de la investigación

El trabajo de investigación es de enfoque cuantitativo a razón de que los datos obtenidos se cuantificaron.

3.3.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue experimental y de tipo longitudinal por que se recolectaron los datos en diferentes momentos. Hernández & Mendoza, (2018) sostiene que los experimentos se denominan porque el grado de control es mínimo, ya que consiste en administrar un estímulo o tratamiento a un grupo y después aplicar una medición de una o más variables para observar cuál es el nivel del grupo en éstas. Para realizar la investigación se realizó la evaluación de los procesos de perforación y voladura anterior, de la Galería San Valentín, en donde se verificó el diseño de la malla de perforación anterior, el número de taladros, burden, espaciamiento, el factor de carga explosiva y la eficiencia del disparo. Estos datos se recopilaron en los formatos de control. En el estudio de investigación se diseñó una nueva malla de perforación según las características de la roca encajonante, en donde se determinó el factor de carga explosiva, y la eficiencia del disparo, Finalmente, con los resultados



obtenidos se analizó los costos de perforación anterior y actual incurrido en el desarrollo de la galería San Valentín en la Empresa Minera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa.

3.3.5. Recolección de datos por objetivos específicos

a) Revisión bibliográfica

Se realizó la búsqueda de información en libros, artículos científicos, tesis de investigación realizados, información recabada de las bibliotecas virtuales de diferentes universidades nacionales e internacionales.

b) Información de la base de datos

Se extrajo bases de datos de los costos unitarios de ejecución de labores mineras subterráneas de la Unidad Minera, e informes económicos referentes a los costos de producción.

c) Procesamiento de la información

Ordenamiento y organización de las fuentes de información para el procesamiento de los datos recolectados, para lo cual se utilizó las hojas de cálculo de la herramienta técnica de Microsoft Excel, Word y Autocad.

d) Presentación de los resultados obtenidos

Finalmente se analizó los datos obtenidos para los resultados del estudio de investigación.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. Población

La población considerada para el trabajo de investigación fueron constituidas por las galerías San Valentín, San Gerónimo y San Cosme, cuyas secciones fueron de 2,50 m x 2,60 m, desarrollados en roca dura, granodiorita en la Empresa Minera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa. Según Hernández & Mendoza, (2018) la



población es un conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones.

3.4.2. Muestra

La muestra para desarrollar el estudio de investigación se consideró la galería San Valentín de una sección de 2,50 m x 2,60 m, con una longitud de 425 metros, desarrollados en roca dura, granodiorita de una densidad de $2,70 \text{ tm/m}^3$, en la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa. Hernández & Mendoza, (2018), define que la muestra es, en esencia un subgrupo de la población, es decir un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido que es la población.

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.5.1. Variable independiente

Malla de perforación y factor de carga explosiva en la galería San Valentín en la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa.

3.5.2. Variable dependiente

Costos de perforación y voladura en la galería San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa.



Tabla 2.

Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente:		
Malla de perforación y factor de carga explosiva en la galería San Valentín en la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa.	-Número de taladros - Burden - Espaciamiento - Factor de carga	- Pies perforados - Metro - Metro - Kg/m ³
Variable dependiente:		
Costos de perforación y voladura en el desarrollo de la galería San Valentín en la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa.	- Costo de equipos - Costo de brocas - Costo de barrenos - Costo de voladura -Costo de explosivo -Costo de accesorios	- \$/m - \$/m - \$/m - \$/m - \$/m - \$/m

3.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica para la recolección de datos fue la observación y la recopilación de datos en los formatos de control, en la cual se consideró el número de taladros perforados, el avance lineal, consumo de explosivos y accesorios de voladura.

3.6.1. Técnicas para el procesamiento de datos

Para el procesamiento y análisis del presente trabajo de investigación, se utilizó las siguientes herramientas: Microsoft Excel, Microsoft Word, Auto CAD:.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

a) Reporte diario de operación.

El avance lineal por disparo.

Cantidad de explosivos utilizados.

Consumo de explosivos y accesorios

Taladros perforados



b) Reporte mensual de operación

Costos de perforación y voladura

Cantidad de explosivos utilizados.

Cantidad de accesorios utilizados.

Número de taladros perforados



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultados se realizó en el proceso de perforación y voladura anterior y el optimizado, en donde se analizó las dos mallas de perforación y la carga explosiva utilizada en la voladura del frente de la Galería San Valentín en la Empresa Minera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa.

4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO I.

Reducir los costos de perforación, con nuevo diseño de malla según el modelo matemático de Exsa en la Galería San Valentín de la Empresa Minera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa.

4.2.1. Malla de perforación anterior

En el diseño de la malla de perforación anterior se utilizó un total de 42 taladros, de los cuales 02 taladros eran de alivio y 40 taladros de producción, los cuales se calcularon en base al criterio del maestro perforista, lo cual generó elevados costos de perforación en el frente de la Galería San Valentín de la Unidad Minera.

Tabla 3.*Distribución anterior de taladros perforados*

Taladros	N° de taladros
Alivio	2
Arranque	4
1ª Ayuda arranque	4
2ª Ayuda arranque	4
Ayuda cuadradores	4
Cuadradores	8
Ayuda alzas	3
Alzas	4
Ayuda arrastre	4
Arrastre	5
Total	42

Según la Tabla 3, se especifica que en la malla anterior se utilizó 42 taladros, cuyo resultado es el promedio de las muestras controladas. (Ver anexo N°10).

4.2.2. Costos de malla de perforación anterior

Los costos incurridos en la perforación anterior de la Galería San Valentín fueron elevados debido al mayor número de taladros utilizados y menor avance lineal por cada disparo realizado. Los costos se detallan en las Tablas 4 al 8.

Tabla 4.*Costo de mano de obra***1 \$ U.S.A. = S/. 3,60**

Mano de obra directa	Número personal	Jornal (soles)	Incidencia	Costo US \$/metro
Capataz de mina	01	75,00	20%	15,78
Perforista	01	65,00	100%	13,68
Ayudante perforista	01	60,00	100%	12,63
Bodeguero	01	55,00	15%	11,57
Sub total				53,66
Leyes sociales	86,99%			46,68
Total				100,34

En la Tabla 4, se observa que el costo de mano de obra directa en la perforación anterior, fue de 100,34 US\$/m.

Tabla 5.*Costo de máquina perforadora*

Equipo	Costo US \$	Vida útil Pies/perforados	US \$/pie	Pies perforados	US \$/metro
Máquina perforadora	4,950	120 000	0,04	210	6,36
Total					6,36

En la Tabla 5, se observa que el costo de perforación de 210 pies perforados, asciende a 6,36 US\$/m.

Tabla 6.*Costos de accesorios de perforación*

Accesorios	Cantida d	Costo US \$/unidad	Vida útil pp	Pies perforados	US \$/pies perforados	US \$/m
Barra cónica 5'	1	104	1 200	210	0,13	16,68
Barra cónica 4'	1	50	1200	210	0,11	4,30
Broca de 39 mm	1	30	460	126	0,07	6,68
Broca de 38 mm.	1	28	460	84	0,06	3,82
Total						31,18

Tabla 7.*Costos de materiales de perforación*

Mangueras y accesorios	Cantidad	Costo por galón US\$	Costo US \$/m	Vida útil mp	Costo US \$/m
Manguera de ½ pulgada	32 m		1,60	110	0,05
Manguera de 1 pulgada	32 m		3,36	90	0,11
Aceite de perforación	0,33galones	16,78			3,18
Costo total					4,50

En las Tablas 6 y 7 se observan los costos de accesorios y materiales de perforación para 210 pies perforados que asciende a 35,68 US\$/m.



Tabla 8.

Costos de herramientas y otros materiales

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US \$	Vida Útil día	Costo US\$/m
Barrerilla de 4 pies	Unidad	1	7,30	45	0,12
Barrerilla de 6 pies	Unidad	1	10,84	50	0,16
Barrerilla de 8 pies	Unidad	1	14,97	50	0,23
Lampas	Unidad	1	12,65	120	0,08
Picos	Unidad	1	12,70	120	0,08
Combo de 20 lb	Unidad	1	16,48	150	0,08
Cucharilla	Unidad	02	3,60	90	0,03
Alambre N° 16	kilogramo	0,25	1,50	1	0,28
Llave stilson N°14	Unidad	1	14,65	360	0,03
Atacador de madera	Unidad	3	2,50	60	0,09
Total					1,18

En la Tabla 8, se observa los costos de herramientas y otros materiales utilizados en la perforación, dicha suma fue de 1,18 US\$/m.

Tabla 9.

Costos de los equipos de seguridad

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US \$/	Vida Útil	Costo US \$/m.
Protector	Unidad	4	12,9	300	0,13
Guantes de cuero	Pares	4	4,75	25	0,58
Correas porta lámpara	Unidad	4	3,7	300	0,04
Botas de jebe	Pares	4	21,15	180	0,36
Mamelucos	Unidad	4	23,5	180	0,40
Respiradora	Unidad	4	22,6	180	0,38
Filtro de respiradores	Pares	4	5,7	15	1,15
Tapón de oídos	Pares	4	2,5	120	0,06
Ropa de jebe	Unidad	2	31,65	120	0,40
Lentes de seguridad	Unidad	4	10,45	120	0,26
Lámpara de batería	Unidad	4	116,20	500	0,70
Total					4,46

En la Tabla 9, se observa los costos de los implementos de seguridad utilizados en la perforación anterior, lo cual fue de 4,46 US\$/m.



Costo de perforación anterior = 100,34 + 6,36 + 35,68 + 1,18 + 4,46

Costo de perforación anterior = 148,02 US\$/m

4.2.3. Nuevo diseño de malla de perforación

Mediante el análisis de la malla de perforación anterior y el estudio de las características geomecánicas de la roca encajonante se ha diseñado una nueva malla de perforación en el frente de la Galería San Valentín en la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. -Arequipa. (Ver Anexo 2)

1) Datos de campo:

Densidad de la roca	:	2,70 t/m ³
Sección de la galería	:	2,50 m x 2,60 m.
Diámetro de los taladros de producción:		38 mm.
Diámetro del taladro de alivio	:	38 mm.
Longitud del barreno de perforación	:	5 pies = 1,52 m.

2) Cantidad de taladros:

Según la fórmula de EXSA.

$$N^{\circ} \text{ Tal} = \frac{P}{dt} + S \times Ks$$

$$P = 4\sqrt{S}$$

$$S = b \times h$$

Donde:

N° Tal = Número de taladros

P = Perímetro de la galería

S = Área de la galería

dt = Constante de roca

Ks = Constante de roca

b = Ancho de la galería

h = Altura de la galería

Tabla 10.

Coefficiente de roca

Tipo de roca	dt	Ks
Blanda	0,7	1
Semidura	0,6	1,5
Dura	0,5	2

Fuente: (Exsa, 2019)

3) Sección de la galería:

Datos:

$$S = b \times h$$

$$b = 2,50 \text{ m}$$

$$h = 2,60 \text{ m}$$

$$S = 2,50 \times 2,60$$

$$S = 6,50 \text{ m}^2$$

4) Perímetro de la galería:

$$P = 4\sqrt{S}$$

$$P = 4(2,55)$$

$$P = 10,20 \text{ m}$$

5) Número de taladros:

$$N^{\circ} \text{ Tal} = \frac{P}{dt} + S \times Ks$$

$$dt = 0,5$$

$$Ks = 2$$

$$N^{\circ} \text{ Tal} = \frac{10,20}{0,5} + 6,50 \times 2,0$$

$$N^{\circ} \text{ Tal} = 20,40 + 13,0$$

$$N^{\circ} \text{ Tal} = 34,1$$

6) Parámetros de perforación y voladura minimizada

1) Velocidad de perforación

$$\text{Velocidad de perforación} = \frac{\text{Longitud de taladro}}{\text{Tiempo efectivo del taladro}}$$

$$\text{Velocidad de perforación} = \frac{1,50}{2,35}$$

$$\text{Velocidad de perforación} = 0,65 \frac{m}{\text{minuto}}$$



2) Eficiencia de disparo

$$L = 0,15 + 34,1 * D1 - 39,4 * D1^2$$

Donde:

L = Profundidad del taladro perforado (m).

D1= Diámetro del taladro de alivio (m), se debe cumplir $0,05 \leq D1 \leq 0,25m$.

$$L = 0,15 + 34,1 * 0,039 - 39,4 * 0,039^2$$

$$L = 0,15 + 1,33 - 0,06$$

$$L = 1,42 \text{ m}$$

3) Eficiencia de perforación o eficiencia de voladura

$$\text{Eficiencia de voladura} = \frac{\text{Avance efectivo}}{\text{Longitud de taladro}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de voladura} = \frac{1,40}{1,50} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de voladura} = 93,33 \%$$

4) Cálculo de burden y espaciamiento

Cálculo del diámetro equivalente de alivio ($\emptyset 2$)

$$\emptyset 2 = \emptyset 1 * \sqrt{N}$$

$$\emptyset 2 = 0,038 * \sqrt{2}$$

$$\emptyset 2 = 0,054 \text{ m.}$$

Donde:

$$\emptyset 2 = 0,054 \text{ m.}$$

$$\emptyset 2 = 0,038$$

$$N = 3 \text{ Unidades}$$

Calculamos la longitud del taladro. Según el diámetro equivalente ($\emptyset 2$)

$$H = 0,15 + 34,1 \emptyset 1 - 39,4 \emptyset 1^2$$

$$H = 0,15 + 34,1 (0,054) - 39,4(0,054)^2$$

$$H = 1,88 \text{ m.}$$

Donde:

$$H = 1,88 \text{ m.}$$

$$\emptyset 2 = 0,054 \text{ m.}$$

Cálculo del primer burden

$$B_1 = 1,7 * \emptyset 2$$

$$B_1 = 1,7 * (0,054)$$

Donde:



$$B_1 = 0,09 \text{ m.}$$

$$\varnothing_2 = 0,054 \text{ m.}$$

Primer espaciamiento

$$E_1 = B_1 * \sqrt{2}$$

$$E_1 = 0,10 * \sqrt{2}$$

Donde:

$$E_1 = 0,14 \text{ m.}$$

$$B_1 = 0,09 \text{ m.}$$

Cálculo del segundo Burden

$$B_2 = \frac{\sqrt{2} * B_1 + 2E_1}{2}$$

$$B_2 = \frac{\sqrt{2} * 0,10 + 2(0,14)}{2}$$

Donde :

$$B_2 = 0,21 \text{ m.}$$

Cálculo para el segundo espaciamiento

$$E_2 = \sqrt{2} * B_2 * 1,5$$

$$E_2 = \sqrt{2} * 0,20 * 1,5$$

Donde :

$$E_2 = 0,42$$

Burden de los cuadradores:

$$B_c = 0,012 \left(\frac{2\rho_c}{\rho_r} + 0,5 \right) \varnothing_c - E$$

$$B_c = 0,012 \left(\frac{2(1,15)}{2,66} + 0,5 \right) 22,225 - 0,02$$

$$B_c = 0,34 \text{ m}$$

Donde :

$$\rho_c = 0,14$$

$$\rho_r = 0,09$$

$$E = 0,02$$



Espaciamiento de los cuadrantes:

$$E_c = 2,3 * B_c$$

$$E_c = 2,3 * 0,34$$

Donde :

$$E_c = 0,78m.$$

$$B_c = 0,34m.$$

Burden corona:

$$B_{Co} = 0,012 \left(\frac{2\rho_c}{\rho_r} + 1,25 \right) \varnothing_c - E$$

$$B_{Co} = 0,012 \left(\frac{2(1,15)}{2,66} + 1,25 \right) 22,225 - 0,02$$

Donde :

$$B_{Co} = 0,54$$

$$\rho_c = 0,15$$

$$\rho_r = 0,09$$

$$E = 0,02$$

Espaciamiento en la corona:

$$E_{CO} = 1 * B_{CO}$$

$$E_{CO} = 1 * 0,54$$

Donde :

$$E_{CO} = 0,54$$

Burden en los Hastiales:

$$B_{ha} = 0,012 \left(\frac{2\rho_c}{\rho_r} + 1,13 \right) \varnothing_c - E$$

$$B_{ha} = 0,012 \left(\frac{2(1,15)}{2,66} + 1,13 \right) 22,225 - 0,02$$

$$B_{ha} = 0,51m$$

Donde :

$$B_{ha} = \text{Burden de los hastiales}$$



Espaciamiento en los hastiales:

$$E_{ha} = 1 * B_{ha}$$

$$E_{ha} = 1 * 0,50$$

$$E_{ha} = 0,50$$

Donde :

E_{ha} = Espaciamiento hastiales

Burden en el arrastre:

$$B_{ar} = 0,012 \left(\frac{2\rho_c}{\rho_r} + 0,85 \right) \varnothing_c - E$$

$$B_{ar} = 0,012 \left(\frac{2(1,15)}{2,66} + 0,85 \right) 22,225 - 0,02$$

$$B_{ar} = 0,44$$

Donde :

B_{ar} = Burden arrastre

Espaciamiento arrastre:

$$E_{ar} = 1 * B_{ar}$$

$$E_{ar} = 1 * 0,45$$

$$E_{ar} = 0,45m$$

Donde :

E_{ar} = Espaciamiento en arrastres

5) Número de cartuchos por taladro

$$\text{Número de cartuchos} = \frac{\frac{2}{3} * L}{L_e * 0,8}$$

Donde.

Número de cartuchos por taladro = Total de cartuchos por taladro

L = Longitud de taladro

L_e = Longitud del cartucho (m)

0,80 = 80 % Longitud de carga

$$\text{Número de cartuchos} = \frac{\frac{2}{3} * 1,52m}{0,20 * 0,8}$$

$$\text{Número de cartuchos} = 6 \frac{\text{cartuchos}}{\text{taladro}}$$

Según la Tabla 11, la malla optimizada fue de 38 taladros, de los cuales 3 taladros fueron de alivio y 3 taladros con carga explosiva.

Tabla 11.

Resumen de taladros con el nuevo diseño de malla

Descripción	N° de taladros
Alivio	3
Arranque	3
1ª Ayuda arranque	4
2ª Ayuda arranque	4
Ayuda cuadradores	4
Cuadradores	6
Ayuda Alzas	3
Alzas	4
Ayuda arrastre	3
Arrastre	4
Total	38

Según la Tabla 11, se especifica que con el nuevo diseño de malla se minimizó a 38 taladros, cuyo resultado es el promedio de las muestras controladas. (Ver anexo N°22).

4.2.4. Costos de perforación minimizada en la Galería San Valentín

Los costos de mano de obra, máquina perforadora, accesorios de perforación y voladura, herramientas y otros materiales e implementos de seguridad se detallan en las Tablas de 12 al 16.

Tabla 12.

Costo de mano de obra minimizada

1 \$ U.S.A. = S/. 3,60

Mano de obra directa	Número personal	Jornal (soles)	Incidencia	Costo US \$/metro
Capataz de mina	01	75,00	20%	14,88
Perforista	01	65,00	100%	12,90
Ayudante perforista	01	60,00	100%	11,90
Bodeguero	01	55,00	15%	10,91
Sub total				50,59
Leyes sociales	86,99%			44,01
Total				94,60

En la Tabla 12, se observa, los costos de mano de obra generados en la perforación minimizada lo cual es 94,60 US\$/m.

Tabla 13.

Costo de equipo de perforación minimizada

Equipo	Costo US \$	Vida útil Pies/perf.	US \$/pie	Pies perforados	US \$/metro
Máquina perforadora	4,950	120 000	0,04	190	5,60
Total					5,60

En la Tabla 13, se observa el costo de 190 pies perforados con la máquina perforadora, en la perforación minimizada, cuyo costo es 5,60 US\$/m.

Tabla 14.

Costos de accesorios de perforación minimizada

Accesorios	Cantida d	Costo US \$/unidad	Vida útil pp	Pies perforados	US \$/pies perforados	US \$/m
Barra cónica 5'	1	104	1 200	190	0,13	14,64
Barra cónica 4'	1	50	1200	190	0,11	3,60
Broca de 39 mm	1	30	460	114	0,07	5,70
Broca de 38 mm.	1	28	460	76	0,06	3,26
Total						26,60

Tabla 15.

Materiales de perforación minimizada

Mangueras y accesorios	Cantidad	Costo por galón US\$	Costo US \$/m	Vida útil mp	Costo US \$/m
Manguera de ½ pulgada	32 m		1,60	110	0,33
Manguera de 1 pulgada	32 m		3,36	90	0,85
Aceite de perforación	0.33galones	16,78			3,96
Costo total					5,14

En las Tablas 14 y 15, se muestran los costos de los accesorios de perforación, utilizados en la perforación minimizada, el cual es 31,74 US\$/m.

Tabla 16.*Costo de herramientas y otros materiales minimizados*

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US \$	Vida Útil día	Costo US\$/m
Barrerilla de 4 pies	Unidad	1	7,36	45	0,12
Barrerilla de 6 pies	Unidad	1	10,84	50	0,15
Barrerilla de 8 pies	Unidad	1	14,97	50	0,21
Lampas	Unidad	1	12,60	120	0,08
Picos	Unidad	1	12,70	120	0,08
Combo de 20 lb	Unidad	1	16,48	150	0,08
Cucharilla	Unidad	02	3,60	90	0,06
Alambre N° 16	kg.	0,25	1,50	1	0,27
Llave stilson N°14	Unidad	1	14,60	360	0,03
Atacador de madera	Unidad	3	2,50	60	0,09
Total					1,17

En la Tabla 16, se muestra los costos de herramientas y otros materiales utilizados en la perforación minimizada, cuyo costo fue 1,17 US\$/m.

Tabla 17.*Costo de equipos de seguridad minimizada*

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US \$/	Vida útil Día	Costo US \$/m.
Protector	Unidad	4	12,9	300	0,12
Guantes de cuero	Pares	4	4,75	25	0,54
Correas porta lámpara	Unidad	4	3,7	300	0,04
Botas de jebe	Pares	4	21,15	180	0,34
Mamelucos	Unidad	4	23,5	180	0,37
Respiradora	Unidad	4	22,6	180	0,36
Filtro de respiradores	Pares	4	5,7	15	1,09
Tapón de oídos	Pares	4	2,5	120	0,06
Ropa de jebe	Unidad	2	31,65	120	0,38
Lentes de seguridad	Unidad	4	10,45	120	0,25
Lámpara de batería	Unidad	4	116,2	500	0,66
Total					4,21

En la Tabla 17, se muestra los costos de equipos de seguridad, utilizados en la perforación minimizada, cuyo costo total es 4,21 US\$/m

$$\text{Costo de perforación optimizada} = 94,60 + 5,60 + 31,74 + 1,17 + 4,21$$

$$\text{Costo total de perforación optimizada} = 137,32 \text{ US\$/m.}$$

4.2.5. Resultados de perforación

En la perforación anterior se utilizó 42 taladros, de los cuales 02 taladros fueron de alivio y 40 taladros fueron de producción, y en la perforación con el nuevo diseño de malla según las características del macizo rocoso se redujo a 38 taladros con una diferencia de 04 taladros, en donde los taladros de alivio fueron 03, y los taladros de producción fueron 35. (Ver tabla 18).

Tabla 18.

Resumen de perforación anterior y minimizada

Descripción	Anterior	Optimizado	Diferencia	Unidad medida
Taladros perforados	42	38	4	Taladros
Taladros cargados	40	35	5	Taladros
Avance lineal/disparo	1,32	1,40	0,08	Metros
Longitud total perforado	67,06	57,91	9,15	Metros

En la Tabla 18, se observa que en la malla anterior se perforó 42 taladros, de los cuales se cargó con explosivos 40 taladros, obteniendo un avance promedio de 1,32 metros por cada disparo, y con el nuevo diseño de malla se minimizó a 38 taladros, de los cuales se cargaron con explosivos 35 taladros, obteniendo un avance lineal promedio de 1,40 metros por cada disparo ejecutado. (Ver anexo N°4 y 5)

Tabla 19.*Resumen de costos de perforación anterior y minimizada*

Costo de perforación	Anterior	Minimizado	Diferencia
	US\$/m	US\$/m	US\$/m
Mano de obra	100,34	94,60	5,74
Equipo de perforación	6,36	5,60	0,76
Accesorios de perforación	35,68	31,74	3,94
Herramientas y otros	1,18	1,17	0,01
Implementos de seguridad	4,46	4,21	0,25
Costo/m	148,02	137,32	10,7

En la Tabla 19, se observa el detalle de los costos de: mano de obra, equipo de perforación, accesorios de perforación, herramientas e implementos de seguridad, siendo el costo de perforación anterior la suma de 148,02 US\$/m y el minimizado de 137,32 US\$/m, obteniendo una diferencia de 10,7 US\$/m.

4.3. OBJETIVO ESPECÍFICO II

Minimizar los costos de voladura, determinando la carga explosiva adecuada en la Galería San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa

4.3.1. Voladura anterior en la Galería San Valentín

En la voladura anterior se ha utilizado el explosivo Semexsa 65 %, en mayor cantidad debido a la falta de cálculo según las características geomecánicas del macizo rocoso de la galería San Valentín de la Unidad Minera.

Tabla 20*Promedio de consumo de explosivo Semexa 65% en la voladura anterior*

Descripción	N° de taladros	N° de Cart./taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho en kg	Peso total kg
Alivio	2	0	0	0	0
Arranque	4	7	28	0,081	2,27
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	8	5	40	0,081	3,24
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda Arrastre	4	4	16	0,081	1,30
Arrastre	5	5	25	0,081	2,03
Total	42		209		16,93

En la Tabla 20, se observa la cantidad de 42 taladros perforados, 209 cartuchos de explosivos Semexa 65%, que es equivalente a 16,93 kg, utilizados en la voladura anterior, cuyo resultado es el promedio del control de datos. (Ver Anexo N° 10).

a) Volumen roto

$$V = b \times h \times Lp$$

Donde:

V = Volumen (m³)

b = Ancho de la galería (m)

h = Altura de la galería (m)

Lp = Longitud de perforación (m)

$$V = 2,50 \times 2,60 \times 1,32 \text{ (Ver anexo N° 3)}$$

$$V = 8,50 \text{ m}^3$$



b) Tonelaje fragmentado

$$T_m = V \times d_r$$

Donde:

T_m = Tonelada métrica

V = Volumen

d_r = Densidad de roca

$$T_m = 8,58 \times 2,70$$

$$T_m = 23,17 \text{ Tm}$$

c) Factor de carga explosiva

$$F_c = \frac{\text{Kg-explosivo}}{\text{Volumen roto}}$$

$$F_c = \frac{16,93 \text{ Kg}}{8,58 \text{ m}^3}$$

$$F_c = 1,97 \text{ kg/m}^3$$

d) Factor de carga lineal

$$F_{cl} = \frac{\text{Kg-explosivo}}{\text{metro lineal}}$$

F_{cl} = Factor de carga lineal

$$F_{cl} = \frac{16,93 \text{ g}}{1,32 \text{ m}}$$

$$F_{cl} = 12,83 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

e) Factor de potencia del explosivo

$$F_p = \frac{\text{Kg-explosivo}}{\text{Tonelaje roto}}$$

$$F_p = \frac{16,93 \text{ Kg}}{23,17 \text{ Tm}}$$

$$F_p = 0,73 \text{ kg/Tm}$$

Tabla 21.*Resumen de los resultados de voladura anterior*

Parámetros	Semexsa 65 %
kg/disparo	16,93 kg
Volumen	8,50 m ³
Toneladas	23,17 Tm
Factor de carga	1,97 kg/m ³
Factor de potencia	0,73 kg/Tm
Factor de carga lineal	12,83 kg/m

En la Tabla 21, se observa que en la voladura anterior se utilizó 16,93 kg de explosivo en cada disparo, para volar 23,17 Tm de mineral, con un factor de carga de 1,97 kg/m³, factor de potencia de 0,73 kg/Tm y factor de carga lineal de 12,83 kg/m.

4.3.2. Voladura con el nuevo diseño de malla en la Galería San Valentín

En la voladura con el nuevo diseño de malla se utilizó el explosivo Semexsa 65 %, cuya cantidad fue calculada en función a las características geomecánicas del macizo rocoso de la galería San Valentín de la Unidad Minera.

Tabla 22.*Promedio de explosivos Semexsa 65% en la voladura con el nuevo diseño de malla*

Descripción	N° de Taladros	N° de Cartucho/taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho kg	Peso total kg
Alivio	3	0	0	0	0
Arranque	3	6	18	0,081	1,46
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	6	5	30	0,081	2,43
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda arrastre	3	5	15	0,081	1,22
Arrastre	4	5	20	0,081	1,62
Total	38		179		14,5



En la Tabla 22, se observa 38 taladros perforados, 179 cartuchos de explosivos equivalente a 14,50 kg, utilizados en la voladura con el nuevo diseño de malla, cuyo resultado es el promedio de control de datos. (Ver Anexo N° 22).

a) Datos de campo:

Densidad de roca	:	2,70 Tm/m ³
Sección de la galería	:	2,50 m x 2,60 m.
Diámetro de los taladros de producción:		38 mm.
Diámetro del taladro de alivio	:	38 mm.
Longitud del barreno de perforación	:	5 pies = 1,52 m

b) Volumen roto

$$V = b \times h \times Lp$$

Donde:

$$V = \text{Volumen roto (m}^3\text{)}$$

$$b = \text{Ancho de la galería (m)}$$

$$h = \text{Altura de la galería (m)}$$

$$Lp = \text{Longitud de perforación (m)}$$

$$V = 2,50 \times 2,60 \times 1,40 \text{ (Ver anexo N° 4)}$$

$$V = 9,10 \text{ m}^3$$

c) Tonelaje roto

$$Tm = V \times dr$$

Donde:

$$Tm = \text{Tonelada métrica de material roto}$$

$$V = \text{Volumen roto}$$



$d_r =$ Densidad de roca

$$T_m = 9,10 \times 2,70$$

$$T_m = 24,57 \text{ Tm}$$

d) Factor de carga explosiva

$$F_c = \frac{\text{Kg-explosivo}}{\text{Volumen roto}}$$

$$F_c = \frac{14,50}{9,10}$$

$$F_c = 1,59 \text{ kg/m}^3$$

e) Factor de carga lineal

$F_{cl} =$ Factor de carga lineal

$$F_{cl} = \frac{\text{Kg-explosivo}}{\text{metro lineal}}$$

$$F_{cl} = \frac{14,50 \text{ Kg}}{1,40 \text{ m}}$$

$$F_c = 10,36 \text{ kg/m}$$

f) Factor de potencia

$$F_p = \frac{\text{kg-explosivo}}{\text{Tonelaje roto}}$$

$$F_p = \frac{14,50 \text{ kg}}{24,57 \text{ Tm}}$$

$$F_p = 0,59 \text{ kg/Tm}$$

Tabla 23.*Resumen de los resultados de voladura optimizada*

Parámetros	Explosivo Semexa 65%
kg/disparo	14,50 kg
Volumen	9,10 m ³
Toneladas	24,57 Tm
Factor de carga	1,59 kg/m ³
Factor de potencia	0,59 kg/Tm
Factor de carga lineal	10,36 kg/m

En la Tabla 23, se observa que en la voladura optimizada se utilizó 14,50 kg de explosivo en cada disparo realizado, para fragmentar 24,57 Tm de mineral, con un factor de carga de 1,59 kg/m³, factor de potencia de 0,59 kg/Tm y factor de carga lineal de 10,36 kg/m.

4.3.3. Costos en la voladura anterior

Los costos en la voladura anterior fueron elevados debido al mayor consumo de explosivos en el avance de la Galería San Valentín.

Tabla 24.*Costo de materiales en la voladura anterior*

Insumos	Unidad	Precio US \$	Cantidad por disparo	US\$/metro
Dinamita de 65%	Cartucho	0,56	209	88,66
Fulminante N° 8	Cápsulas	0,44	40	13,33
Mecha de seguridad	Metros	0,53	73,15	29,37
Total				131,36

Costo en la voladura anterior = 131,36 US\$/m

En la Tabla 24, se observa los costos de materiales utilizados en la voladura anterior, lo cual fue 131,36 US\$/m.

4.3.4. Costos en la voladura con el nuevo diseño de malla

Los costos en la voladura con el nuevo diseño de malla y la carga explosiva adecuada, se redujo en relación a los costos de la voladura anterior en la Galería San Valentín.

Tabla 25.

Costos de materiales en la voladura con el nuevo diseño de malla

Insumos	Unidad	Precio US \$	Cantidad/ disparo	US \$/metro
Dinamita de 65%	Cartucho	0,56	179	71,60
Fulminante N° 8	Cápsulas	0,44	35	11,00
Mecha de seguridad	de Metros	0,53	64,01	24,23
Total				106,83

Costo total voladura actual = 106,83 US\$/m

En la 25, se observa los costos de los materiales utilizados en la voladura con el nuevo diseño de malla, lo cual fue 106,83US\$/m.

Tabla 26.

Resumen de costos en la voladura anterior y optimizada

Costos de voladura	Anterior US\$/m	Optimizado US\$/m	Diferencia US\$/m
Costo/metro	131,36	106,83	24,53

En la Tabla 26, se observa la reducción de costos en voladura, en el cual el costo anterior fue de 131,36 US\$/m, y en la voladura optimizada fue de 106,83 US\$/m, obteniéndose una reducción de 24,53 US\$/m.

4.4. RESULTADOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

Mediante el análisis de resultados de perforación y voladura anterior y el minimizado, se muestra la diferencia en los parámetros y costos de perforación y voladura en el frente de la Galería San Valentín, dichos resultados se muestran en las Tablas 27 y 28.

Tabla 27.*Resultados de perforación y voladura en la galería San Valentín*

Descripción	Antes	Después	Diferencia	Unidad medida
Taladros perforados	42	38	4	N° de Tal.
Taladros cargados	40	35	5	N° de Tal.
Dinamita de 65%	209	179	30	Cartuchos
Fulminante N° 8	40	35	5	Unidades
Mecha de seguridad	73,15	64,01	9,14	m
kg por disparo	16,93	14,50	2,43	kg
Factor de carga	1,97	1,59	0,38	kg/m ³
Factor de potencia	0,73	0,59	0,14	kg/Tm
Factor de carga lineal	12,83	10,36	2,47	kg/m
Avance lineal: m/disparo	1,32	1,40	0,08	m

En la Tabla 27, se observa los resultados de la perforación y voladura anterior y el minimizado, notándose una reducción en la perforación y voladura con el nuevo diseño de malla y el avance lineal mejoró en 0,08 metros.

Tabla 28.*Costos de perforación y voladura*

Costo de perforación y voladura	Anterior US\$/m	Minimizado US\$/m	Diferencia US\$/m
Mano de obra	100,34	94,60	5,74
Equipo de perforación	6,36	5,60	0,93
Accesorios de perforación	35,68	31,74	4,78
Herramientas y otros	1,18	1,17	0,01
Materiales de voladura	131,36	106,83	24,53
Implementos de seguridad	4,46	4,21	0,37
Costo/metro	280,45	244,09	36,36

En la Tabla 28, se especifican los costos de perforación y voladura anterior y el minimizado, obteniendo un beneficio de 36,36 US\$/m.

Costo de perforación y voladura anterior = 279,45 US\$/m

Costo de perforación y voladura minimizada = 244,15 US\$/m



4.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para la prueba de hipótesis, se utilizó la prueba “t” de student para comprobar si hay diferencia significativa estadísticamente de las medias entre el costo de perforación y voladura con la malla anterior y el costo de perforación y voladura minimizada en la Galería San Valentín.

a) Planteamiento de la hipótesis estadística

H₀: Hipótesis nula

H₁: Hipótesis alternativa

H₀: El porcentaje de minimización del costo de perforación y voladura no es significativo mediante el nuevo diseño de malla de perforación en la Galería San Valentín de la Empresa Minera Estrella de Chaparra S.A. Arequipa.

H₁: El porcentaje de minimización del costo de perforación y voladura es significativo mediante el nuevo diseño de malla de perforación en la Galería San Valentín de la Empresa Minera Estrella de Chaparra S.A. Arequipa

b) Nivel de significancia

Margen de error= 5% =0,05

NC = 95%

NC = Nivel de confianza

c) Criterio de decisión

H₀: $X_1 > X_2$ Hipótesis nula

H₁: $X_1 < X_2$ Hipótesis alternativa

X₁: Costo minimizado

X₂: Costo anterior

Tabla 29.

Estadística descriptiva de costo de la Galería San Valentín

Descripción	Muestras	Media	Desviación Típica
Malla Anterior	24	259.104	4.513
Malla Optimizada	24	225.035	1.527

En la Tabla 29 se observa las medias de las 24 guardias evaluadas con la malla de perforación anterior y minimizada, en relación al costo por avance lineal en la Galería San Valentín.

Se utilizó el estadístico de la prueba de “t de student” para verificar si hay una diferencia significativa estadísticamente en relación con los costos de perforación y voladura en la Galería San Valentín

Tabla 30.

Prueba "t" student para costo de la Galería san Valentín

Contraste T para muestras emparejadas				
Costo Optimizada	Costo Anterior	t	gl	p
-		-36.665	23	< ,001

d) Conclusión estadística

En la Tabla 30 se observa que le p-value = <,001 siendo esta cifra menor que 0.05 por ende se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, esto significa que el porcentaje de reducción de los costos de perforación y voladura es significativo con la nueva malla de perforación en la Galería San Valentín.

4.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente estudio de investigación, con el nuevo diseño de malla y carga explosiva necesaria los costos de perforación y voladura se minimizaron de 279,45 US\$/m a 244,09 US\$/m, obteniendo un beneficio de 35,23 US\$/m, en la galería San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa. Estos resultados son similares al estudio realizado por (Mamani, T. 2020) en donde mediante la metodología del nuevo diseño de malla y la carga explosiva adecuada concluyó que los



costos de perforación y voladura se minimizaron de 281,93 US\$/m a 239,61 US\$/m, logrando un beneficio de 42,32 US\$/m, en la Galería N12 de la Empresa Minera Sotrami S.A. – Ayacucho. Estos resultados obtenidos también son similares al trabajo realizado por (Sancho, C. 2014) en donde mediante la metodología del nuevo diseño de malla y la carga explosiva adecuada concluyó que los costos de perforación y voladura se redujeron de 275,38 US \$/m a 239,39 US\$/m, con un beneficio de 36,01 US\$/m en la Galería Anaconda de la Unidad Minera Kori Chaska – Ananea.

En el presente estudio de investigación, con el nuevo diseño de malla, el costo de perforación se redujo de 148,02 US \$/m a 137,32 US \$/m, obteniendo un ahorro de 10,7 US\$/m, en la galería San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa. Estos resultados son similares a los estudios realizados por cuatro autores que son, (Ortiz, Q. 2019) en su trabajo concluye que, mediante la metodología del nuevo diseño de malla, los costos de perforación se minimizaron de 150,74 US \$/m a 140,77 US \$/m, obteniendo un beneficio de 9,97 US\$/m. (Condori, M. 2019) en donde concluye que, mediante la metodología del nuevo diseño de malla, los costos de perforación se minimizaron de 509,82 US\$/m a 412,79 US\$/m obteniendo un ahorro de 97,03 US\$/m. (Mamani, T. 2020) en su estudio indica que el objetivo fue optimizar el costo de perforación y finalmente concluyó que, mediante el nuevo diseño de malla los costos se minimizaron de 158,54 US\$/m a 141,88 US\$/m, logrando un beneficio de 16,66 US\$/m. (Yucra, C.2022) en su trabajo concluye que con el rediseño de malla, los costos de perforación se minimizaron de 132,30 US\$/m a 122,84 US\$/m, con una diferencia de 9,46 US\$/m, en la Galería San Fernando de la Unidad Santa María de la CIA Minera Poderosa S.A. – La Libertad.

En el presente estudio de investigación, con la carga explosiva necesaria, los costos de voladura se minimizaron de 131,36 US \$/m a 106,83 US \$/m, obteniendo un



beneficio de 24,53 US\$/m, en la galería San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa. Estos resultados son similares a los estudios realizados por cuatro autores que son, (Yucra, C. 2022) en su estudio concluyó que con la carga explosiva adecuada los costos de voladura se redujeron de Mediante la carga explosiva adecuada, los costos voladura se redujeron de 137,28 US\$/m a 111,92US\$/m, con una diferencia de 25,36 US\$/m, en la galería San Fernando de la Unidad Santa María de la CIA Minera Poderosa S.A. (Condori, M. 2019) en su trabajo concluyó que con la adecuada carga explosiva los costos de voladura se redujeron de 402,57 US\$/m a 346,83 US\$/m obteniendo un beneficio de 55,74 US\$/m. (Ortiz, Q. 2019) en su estudio concluyó que mediante el cálculo de la carga explosiva adecuada los costos de voladura se redujeron de 102,47 US\$/m a 82,83 US\$/m, obteniendo un ahorro de 19,64 US\$/m. (Mamani, T. 2020) en su estudio indica que mediante el cálculo de la carga explosiva necesaria los costos de voladura se redujeron de 123,39 US\$/m a 97,73 US\$/m obteniendo un ahorro de 25,66 US\$/m



V. CONCLUSIONES

Mediante el nuevo diseño de malla, y carga explosiva necesaria, los costos de perforación y voladura se minimizaron de 280,45 US\$/m a 244,09 US\$/m, obteniendo un ahorro de 36,36 US\$/m, entonces para una longitud de 425 metros lineales hubo un ahorro de US\$ 15 453, en la galería San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. -Arequipa.

Con el nuevo diseño de malla, los costos de perforación se redujeron de 149,09 US\$/m a 137,26 US\$/m, con un beneficio de 11,83 US\$/m, en la Galería San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. -Arequipa.

Con la carga explosiva adecuada, los costos se minimizaron de 131,36 US\$/m a 106,83 US\$/m, con un beneficio de 24,53 US\$/m, en la galería San Valentín de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. -Arequipa.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el estudio geomecánico de la masa rocosa de las diferentes zonas del yacimiento para estandarizar la malla de perforación en las labores de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. -Arequipa.

Realizar el estudio de costos del sistema de carguío y acarreo de mineral en las labores subterráneas de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. -Arequipa.

Realizar un estudio de evaluación económica y financiera del sistema de explotación para determinar la rentabilidad de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. -Arequipa.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Pino, J. E. (2023). *Reducción de costos operativos en perforación y voladura con nuevo diseño de malla y carga explosiva en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 - Arequipa*. En Universidad Nacional del Altiplano. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19372>
- Anchapuri Chique, L. A. (2021). *Evaluación y optimización de perforación y voladura para la reducción de costos unitarios en la ejecución de la Galería 819E - Mina Yanaquihua - Arequipa* [Universidad Nacional del Altiplano]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15229>
- Araca Mamani, R. S. (2018). *Optimización de costos de producción mina mediante la evaluación de las operaciones unitarias de perforación y voladura en los tajeos Mariana y Alexia de la Compañía Minera Arcata S.A. Arequipa*. En Universidad Nacional del Altiplano. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/16308>
- Bazorla Ceras, F. (2019). *Optimización de costos en perforación y voladura estandarizando malla para sección 2.40m x 2.40m en la empresa cancer e.i.r.l. – marsa*. [Universidad Continental]. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5832/2/IV_FIN_110_TE_Barzola_Ceras_2019.pdf
- Buele Gaona, J. A. (2017). *Optimización en los parámetros de perforación y voladura en el avance del túnel de la mina Cabo de Hornos* [Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7439>
- Condori Condori, W. (2023). *Optimización de costos de perforación y voladura empleando el corte Konya en la galería 260SE de la Unidad Minera Pomasi - CIEMSA*. Universidad Nacional del Altiplano. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19902>
- Condori Mamani, E. (2019). *Minimización de costos en perforación y voladura mediante el rediseño de malla y carga explosiva en los tajeos Porvenir y Alicia de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. - Arequipa*. En Universidad Nacional del Altiplano. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/12355>
- Correa Namoc, L. J., & Iparraguirre Tandaypan, L. A. (2016). “*reducción de costos operativos mediante la estandarización de malla de perforación - voladura, para labores horizontales: sección 4.0 m. x 4.0 m., mina socorro - uchucchacua.*” [Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5337>



- De La Cruz Bujaico, N., & Rodriguez Ricaldi, M. A. (2022). *Optimización del diseño de perforación y voladura para reducir el costo en el desarrollo de la galería 5361, empresa minera Vicus S. A. C.* [Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12408>
- EXSA, SA. (2019). *MANUAL PRÁCTICO DE VOLADURA* (EXSA.S.A., Ed.; 5ta ed.).
- Garrido Llosa, J. J., & Garrido Llosa, J. J. (2015). *Mejora y control de estándares en perforación y voladura para la reducción del costo en mina Animon* [Universidad Nacional de Ingeniería]. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/2101>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.*
- Jáuregui Aquino, O. A. (2011). *Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura* [Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/696>
- Mamani Tinta, W. (2020). *Optimización de costos de producción mediante la evaluación de las operaciones de perforación y voladura en la galería N12 de la empresa minera SOTRAMI S.A – Ayacucho* [Universidad Nacional del Altiplano] <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3227043>
- Mamani Vargas, F. B. (2022). *Rediseño de la malla de perforación y voladura en frentes de avance nivel 0 para reducir los costos de operación SM Esperanza Secocha* [Universidad Nacional de San Agustín]. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/14733>
- Music Garrido, A. A. (2007). *Diagnóstico y optimización de disparos en desarrollo horizontal, Mina El Teniente* [Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104674>
- Palomino Vidal, H. A. (2016). *“optimización del proceso de perforación y voladura en las labores de desarrollo, para mejorar la eficiencia en compañía minera poderosa s.a.”* [Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5348>
- Pino Chili, R. R. (2019). *Optimización de avance lineal con nuevo diseño de malla en el frente de la galería San Jorge en la minera aurífera Cuatro de Enero S.A. – Arequipa* [Universidad Nacional del Altiplano]. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3224157>
- Sancho Cusi, O. P. (2014). *Análisis de costos de perforación y voladura para optimizar el desarrollo de la galería anaconda de la Unidad Minera Kori Chaska - Ananea*



[Universidad Nacional del Altiplano].
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/17823>

Umaña Tancaillo, E. I. (2014). *Reducción y optimización de costos operativos en perforación y voladura Minera Yanaquihua S.A.C. E.E. Adgeminco S.A.C.* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3136542>

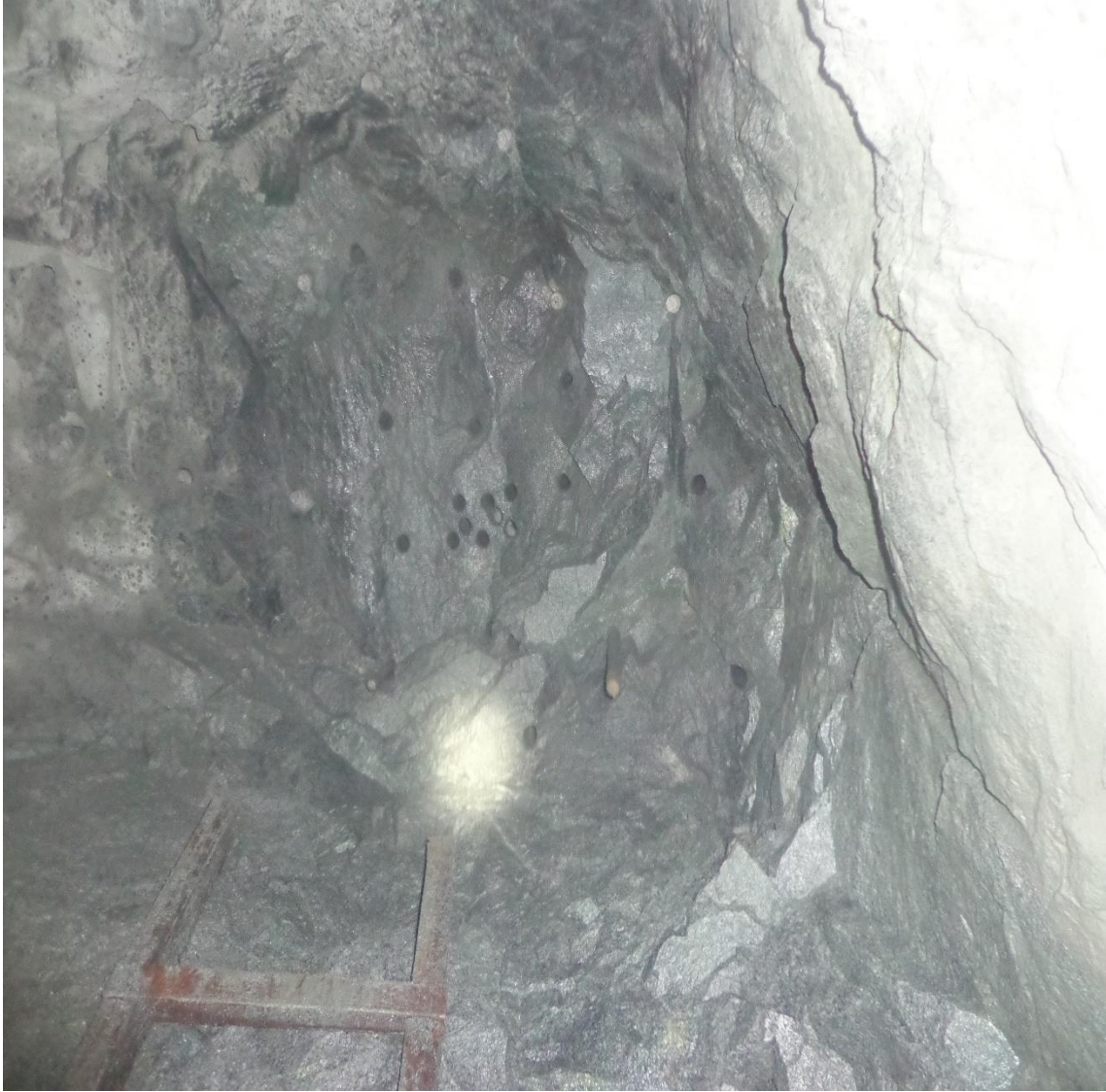
Valencia Chura, R. (2023). *Reducción de costos en perforación y voladura mediante un nuevo diseño de malla de perforación en la RP 990s de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A. En Universidad Nacional del Altiplano.*
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19772>

Yucra, C. (2022). *reducción de costos de perforación y voladura mediante rediseño de malla y carga explosiva.* [Universidad Nacional del Altiplano].

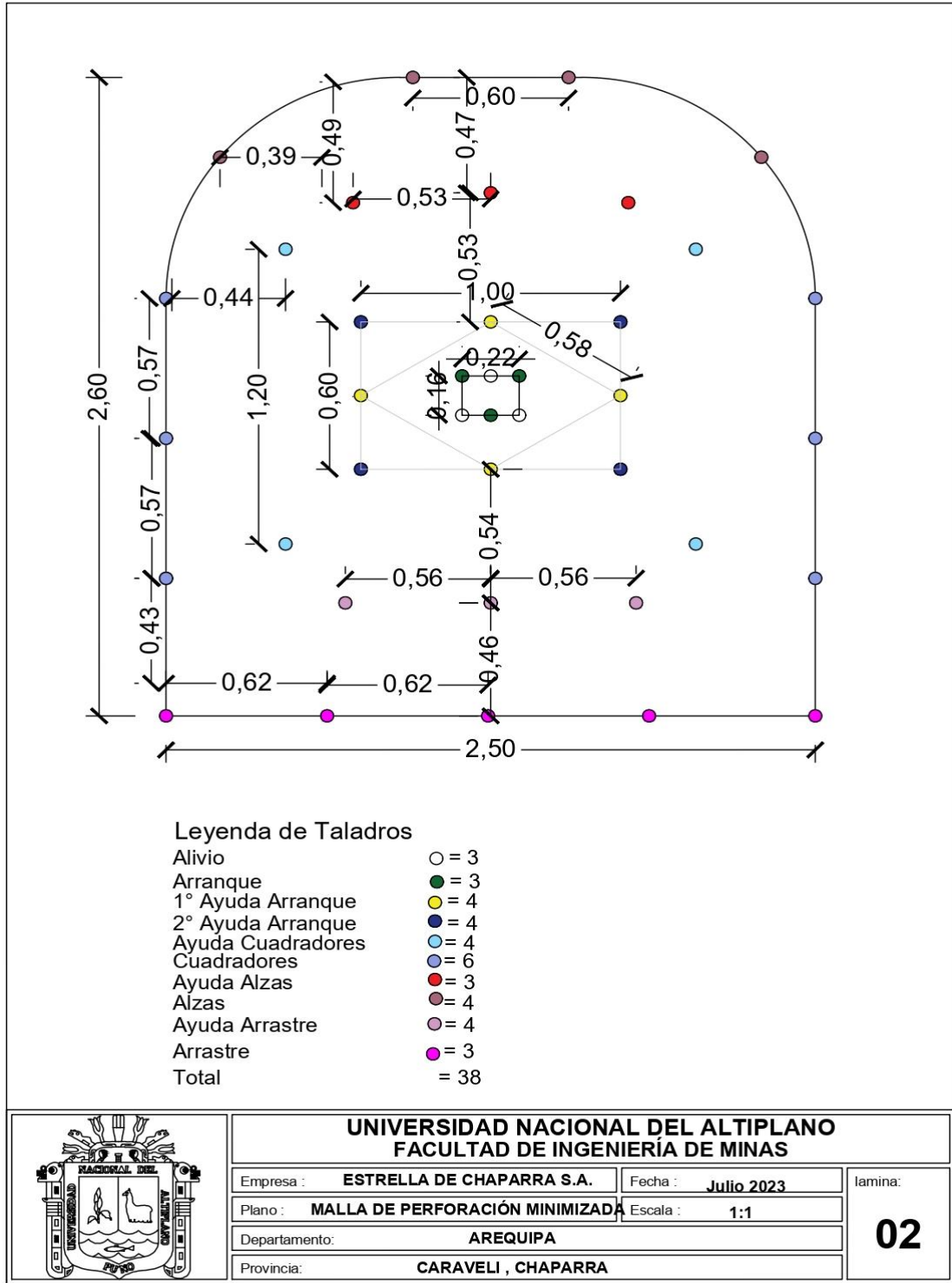


ANEXOS

Anexo 1. Foto de la malla de perforación anterior



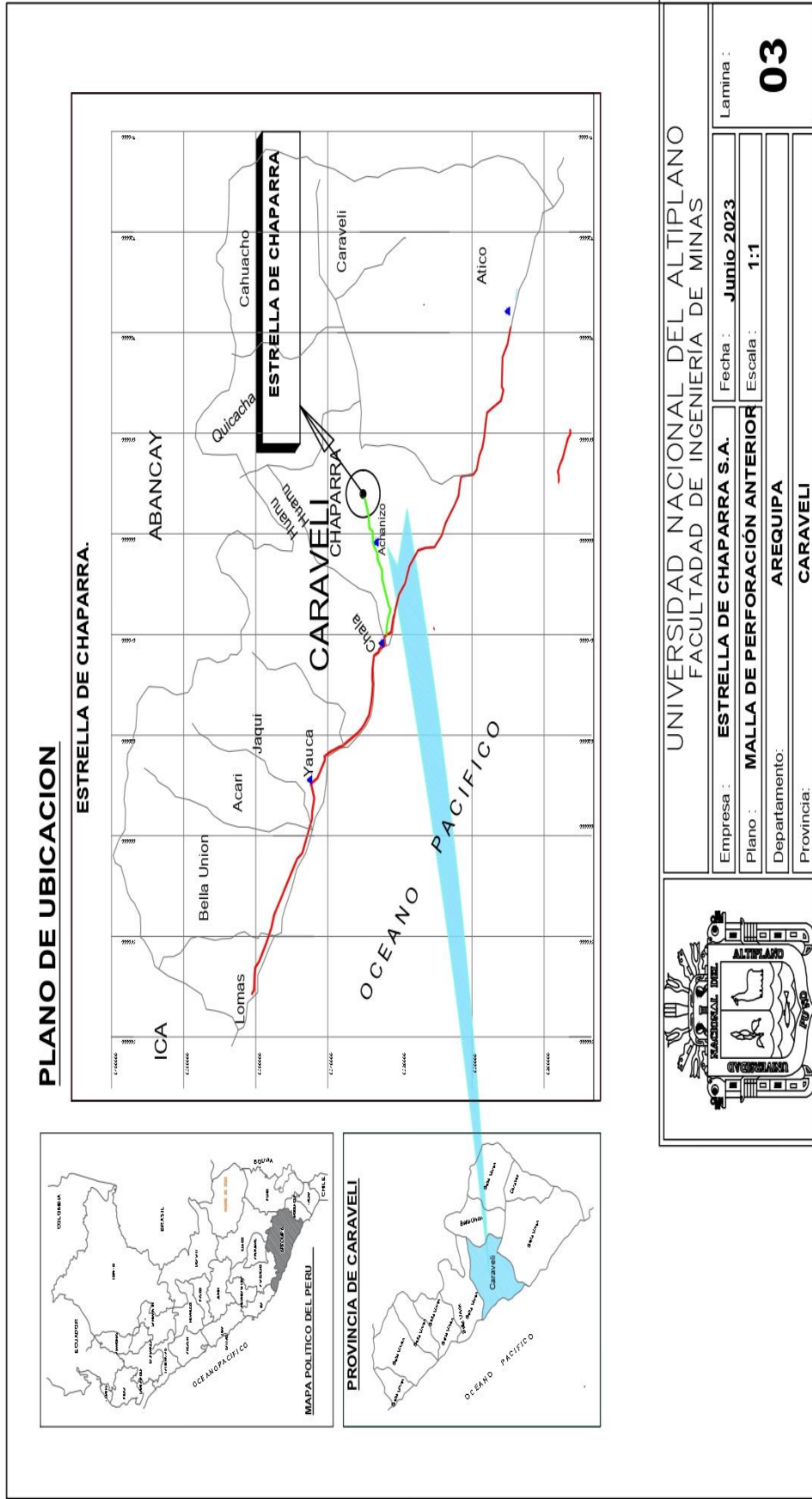
Anexo 2. Malla de perforación minimizada



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

Empresa : ESTRELLA DE CHAPARRA S.A.	Fecha : Julio 2023	lamina:
Plano : MALLA DE PERFORACIÓN MINIMIZADA	Escala : 1:1	02
Departamento: AREQUIPA		
Provincia: CARAVELI , CHAPARRA		

Anexo 3. Plano de ubicación





Anexo 4. Control de avance lineal anterior

N° de guardias	Fecha	Avance lineal (Metros)
1	Lunes 04 abril 2021	1,31.
2	Martes 05 abril 2021	1,30
3	Miércoles 06 abril 2021	1,32
4	Jueves 07 abril 2021	1,31
5	Viernes 08 abril 2021	1,33
6	Sábado 09 abril 2021	1,32
7	Lunes 11 abril 2021	1,30
8	Martes 12 abril 2021	1,33
9	Miércoles 13 abril 2021	1,32
10	Jueves 14 abril 2021	1,31
11	Viernes 15 abril 2021	1,33
12	Sábado 16 abril 2021	1,32
13	Lunes 18 abril 2021	1,31
14	Martes 19 abril 2021	1,33
15	Miércoles 20 abril 2021	1,32
16	Jueves 21 abril 2021	1,31
17	Viernes 22 abril 2021	1,32
18	Sábado 23 abril 2021	1,33
19	Lunes 25 abril 2021	1,32
20	Martes 26 abril 2021	1,33
21	Miércoles 27 abril 2021	1,32
22	Jueves 28 abril 2021	1,34
23	Viernes 29 abril 2021	1,32
24	Sábado 30 abril 2021	1,33
Promedio		1,32



Anexo 5. Control de avance lineal minimizado

N° de guardias	Fecha	Avance lineal (metros)
1	Martes 1 de junio 2021	1,39.
2	Miércoles 2 de junio 2021	1,40
3	Jueves 3 de junio 2021	1,39
4	Viernes 4 de junio 2021	1,41
5	Sábado 5 de junio 2021	1,42
6	Lunes 7 de junio 2021	1,39
7	Martes 8 de junio 2021	1,40
8	Miércoles 9 de junio 2021	1,39
9	Jueves 10 de junio 2021	1,40
10	Viernes 11 de junio 2021	1,41
11	Sábado 12 de junio 2021	1,39
12	Lunes 14 de junio 2021	1,38
13	Martes 15 de junio 2021	1,41
14	Miércoles 16 de junio 2021	1,40
15	Jueves 17 de junio 2021	1,42
16	Viernes 18 de junio 2021	1,39
17	Sábado 19 de junio 2021	1,38
18	Lunes 21 de junio 2021	1,40
19	Martes 22 de junio 2021	1,39
20	Miércoles 23 de junio 2021	1,41
21	Jueves 24 de junio 2021	1,40
22	Viernes 25 de junio 2021	1,42
23	Sábado 26 de junio 2021	1,40
24	Lunes 28 de junio 2021	1,39
Promedio		1,40



Anexo 6. Base de datos para prueba de hipótesis

Disparos	Fecha	Costo anterior
1	Lunes 04 abril 2021	250,61
2	Martes 05 abril 2021	260,83
3	Miércoles 06 abril 2021	260,98
4	Jueves 07 abril 2021	260,71
5	Viernes 08 abril 2021	257,83
6	Sábado 09 abril 2021	259,86
7	Lunes 11 abril 2021	257,99
8	Martes 12 abril 2021	258,93
9	Miércoles 13 abril 2021	259,95
10	Jueves 14 abril 2021	255,76
11	Viernes 15 abril 2021	256,72
12	Sábado 16 abril 2021	259,82
13	Lunes 18 abril 2021	270,32
14	Martes 19 abril 2021	270,31
15	Miércoles 20 abril 2021	258,41
16	Jueves 21 abril 2021	260,28
17	Viernes 22 abril 2021	259,43
18	Sábado 23 abril 2021	261,47
19	Lunes 25 abril 2021	256,54
20	Martes 26 abril 2021	258,24
21	Miércoles 27 abril 2021	254,37
22	Jueves 28 abril 2021	259,41
23	Viernes 29 abril 2021	250,34
24	Sábado 30 abril 2021	259,39



Anexo 7. Base de datos para la prueba de hipótesis

Disparos	Fecha	Costo minimizado
1	Martes 1 de junio 2021	225,34
2	Miércoles 2 de junio 2021	228,3
3	Jueves 3 de junio 2021	224,4
4	Viernes 4 de junio 2021	227,39
5	Sábado 5 de junio 2021	224,6
6	Lunes 7 de junio 2021	223,76
7	Martes 8 de junio 2021	226,54
8	Miércoles 9 de junio 2021	224,71
9	Jueves 10 de junio 2021	224,37
10	Viernes 11 de junio 2021	221,71
11	Sábado 12 de junio 2021	223,74
12	Lunes 14 de junio 2021	227,89
13	Martes 15 de junio 2021	225,45
14	Miércoles 16 de junio 2021	224,3
15	Jueves 17 de junio 2021	224,56
16	Viernes 18 de junio 2021	223,59
17	Sábado 19 de junio 2021	225,54
18	Lunes 21 de junio 2021	224,87
19	Martes 22 de junio 2021	223,79
20	Miércoles 23 de junio 2021	225,23
21	Jueves 24 de junio 2021	224,12
22	Viernes 25 de junio 2021	227,32
23	Sábado 26 de junio 2021	224,95
24	Lunes 28 de junio 2021	224,37

Anexo 8. Perforación del frente de la Galería San Valentín





Anexo 9. Galería San Valentín





Anexo 10. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior

Lunes 4 de Abril del 2021

Descripción	N° de taladros	N° de Cart./taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho en kg	Peso total kg
Alivio	2	0	0	0	0
Arranque	4	7	28	0,081	2,27
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	8	5	40	0,081	3,24
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	3	5	15	0,081	1,22
Ayuda Arrastre	4	4	16	0,081	1,30
Arrastre	5	5	25	0,081	2,03
Total	41		204		16,53

Nota. Un taladro de alzas fallado, perforado 42 taladros y cargado 41 taladros

Anexo 11. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior

Lunes 5 de Abril del 2021

Descripción	N° de taladros	N° de Cart./taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho en kg	Peso total kg
Alivio	2	0	0	0	0
Arranque	4	7	28	0,081	2,27
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	8	5	40	0,081	3,24
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda Arrastre	4	4	16	0,081	1,30
Arrastre	5	5	25	0,081	2,03
Total	42		209		16,93



Anexo 12. Reporte de consumo de explosivos en la voladura anterior

Lunes 6 de Abril del 2021

Descripción	N° de taladros	N° de Cart./taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho en kg	Peso total kg
Alivio	2	0	0	0	0
Arranque	4	7	28	0,081	2,27
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	9	5	45	0,081	3,65
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda Arrastre	4	4	16	0,081	1,30
Arrastre	5	5	25	0,081	2,03
Total	43		214		17,34

Nota. Se perforó 1 taladro adicional en cuadradores, total perforado y cargado 43 taladros

Anexo 13. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior

Lunes 7 de Abril del 2021

Descripción	N° de taladros	N° de Cart./taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho en kg	Peso total kg
Alivio	2	0	0	0	0
Arranque	4	7	28	0,081	2,27
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	8	5	40	0,081	3,24
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda Arrastre	4	4	16	0,081	1,30
Arrastre	4	5	20	0,081	1,62
Total	41		204		16,52

Nota. Un taladro de arrastre fallado, perforado 42 taladros y cargado 41 taladros



Anexo 14. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior

Lunes 8 de Abril del 2021

Descripción	N° de taladros	N° de Cart./taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho en kg	Peso total kg
Alivio	2	0	0	0	0
Arranque	4	7	28	0,081	2,27
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	8	5	40	0,081	3,24
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	3	5	15	0,081	1,22
Ayuda Arrastre	4	4	16	0,081	1,30
Arrastre	5	5	25	0,081	2,03
Total	41		204		16,53

Nota. Un taladro de alzas fallado, perforado 42 taladros y cargado 41 taladros

Anexo 15. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior

Lunes 9 de Abril del 2021

Descripción	N° de taladros	N° de Cart./taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho en kg	Peso total kg
Alivio	2	0	0	0	0
Arranque	4	7	28	0,081	2,27
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	8	5	40	0,081	3,24
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	5	5	25	0,081	2,03
Ayuda Arrastre	4	4	16	0,081	1,30
Arrastre	5	5	25	0,081	2,03
Total	43		214		17,34

Nota. Se perforó 1 taladro adicional en alzas, total perforado y cargado 43 taladros



Anexo 16.Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior

Lunes 10 de Abril del 2021

Descripción	N° de taladros	N° de Cart./taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho en kg	Peso total kg
Alivio	2	0	0	0	0
Arranque	4	7	28	0,081	2,27
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	8	5	40	0,081	3,24
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda Arrastre	4	4	16	0,081	1,30
Arrastre	5	5	25	0,081	2,03
Total	42		209		16,93

Anexo 17.Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior

Lunes 11 de Abril del 2021

Descripción	N° de taladros	N° de Cart./taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho en kg	Peso total kg
Alivio	2	0	0	0	0
Arranque	4	7	28	0,081	2,27
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	8	5	40	0,081	3,24
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda Arrastre	4	4	16	0,081	1,30
Arrastre	6	5	30	0,081	2,43
Total	43		214		17,33

Nota. Se perforó 1 taladro adicional en arrastre, total perforado y cargado 43 taladros



Anexo 18.Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior

Lunes 12 de Abril del 2021

Descripción	N° de taladros	N° de Cart./taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho en kg	Peso total kg
Alivio	2	0	0	0	0
Arranque	4	7	28	0,081	2,27
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	8	5	40	0,081	3,24
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda Arrastre	4	4	16	0,081	1,30
Arrastre	4	5	20	0,081	1,62
Total	41		204		16,52

Nota. Un taladro de arrastre fallado, perforado 42 taladros y cargado 41 taladros

Anexo 19.Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior

Lunes 13 de Abril del 2021

Descripción	N° de taladros	N° de Cart./taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho en kg	Peso total kg
Alivio	2	0	0	0	0
Arranque	4	7	28	0,081	2,27
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	8	5	40	0,081	3,24
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda Arrastre	4	4	16	0,081	1,30
Arrastre	5	5	25	0,081	2,03
Total	42		209		16,93



Anexo 20. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior

Lunes 14 de Abril del 2021

Descripción	N° de taladros	N° de Cart./taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho en kg	Peso total kg
Alivio	2	0	0	0	0
Arranque	4	7	28	0,081	2,27
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	8	5	40	0,081	3,24
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	5	5	25	0,081	2,03
Ayuda Arrastre	4	4	16	0,081	1,30
Arrastre	5	5	25	0,081	2,03
Total	43		214		17,34

Nota. Se perforó 1 taladro adicional en alzas, total perforado y cargado 43 taladros

Anexo 21. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en la voladura anterior

Lunes 15 de Abril del 2021

Descripción	N° de taladros	N° de Cart./taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho en kg	Peso total kg
Alivio	2	0	0	0	0
Arranque	4	7	28	0,081	2,27
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	8	5	40	0,081	3,24
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda Arrastre	4	4	16	0,081	1,30
Arrastre	5	5	25	0,081	2,03
Total	41		204		16,93



Anexo 22. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en voladura minimizada

Martes 01 de Junio 2021

Descripción	N° de Taladros	N° de Cartucho/taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho kg	Peso total kg
Alivio	3	0	0	0	0
Arranque	3	6	18	0,081	1,46
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	6	5	30	0,081	2,43
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	5	5	25	0,081	2,03
Ayuda arrastre	3	5	15	0,081	1,22
Arrastre	4	5	20	0,081	1,62
Total	39		184		14,90

Nota. Se perforó 1 taladro adicional en alzas, total perforado y cargado 39 taladros

Anexo 23. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en voladura minimizada

Martes 01 de Junio 2021

Descripción	N° de Taladros	N° de Cartucho/taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho kg	Peso total kg
Alivio	3	0	0	0	0
Arranque	3	6	18	0,081	1,46
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	6	5	30	0,081	2,43
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda arrastre	3	5	15	0,081	1,22
Arrastre	4	5	20	0,081	1,62
Total	38		179		14,50



Anexo 24. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en voladura minimizada

Martes 02 de Junio 2021

Descripción	N° de Taladros	N° de Cartucho/taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho kg	Peso total kg
Alivio	3	0	0	0	0
Arranque	3	6	18	0,081	1,46
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	6	5	30	0,081	2,43
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda arrastre	3	5	15	0,081	1,22
Arrastre	4	5	20	0,081	1,62
Total	38		179		14,50

Anexo 25. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en voladura minimizada

Martes 03 de Junio 2021

Descripción	N° de Taladros	N° de Cartucho/taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho kg	Peso total kg
Alivio	3	0	0	0	0
Arranque	3	6	18	0,081	1,46
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	5	5	25	0,081	2,03
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda arrastre	3	5	15	0,081	1,22
Arrastre	4	5	20	0,081	1,62
Total	37		174		14,10

Nota. Un taladro de cuadradores fallado, perforado 38 taladros y cargado 37 taladros



Anexo 26. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en voladura minimizada

Martes 04 de Junio 2021

Descripción	N° de Taladros	N° de Cartucho/taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho kg	Peso total kg
Alivio	3	0	0	0	0
Arranque	3	6	18	0,081	1,46
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	6	5	30	0,081	2,43
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda arrastre	3	5	15	0,081	1,22
Arrastre	4	5	20	0,081	1,62
Total	38		179		14,50

Anexo 27. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en voladura minimizada

Martes 05 de Junio 2021

Descripción	N° de Taladros	N° de Cartucho/taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho kg	Peso total kg
Alivio	3	0	0	0	0
Arranque	3	6	18	0,081	1,46
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	6	5	30	0,081	2,43
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda arrastre	3	5	15	0,081	1,22
Arrastre	4	5	20	0,081	1,62
Total	38		179		14,50



Anexo 28. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en voladura minimizada

Martes 06 de Junio 2021

Descripción	N° de Taladros	N° de Cartucho/taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho kg	Peso total kg
Alivio	3	0	0	0	0
Arranque	3	6	18	0,081	1,46
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	6	5	30	0,081	2,43
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda arrastre	3	5	15	0,081	1,22
Arrastre	4	5	20	0,081	1,62
Total	38		179		14,50

Anexo 29. Reporte de consumo de explosivos Semexsa 65% en voladura minimizada

Martes 07 de Junio 2021

Descripción	N° de Taladros	N° de Cartucho/taladro	Total de cartuchos	Peso de cartucho kg	Peso total kg
Alivio	3	0	0	0	0
Arranque	3	6	18	0,081	1,46
1ª Ayuda arranque	4	6	24	0,081	1,94
2ª Ayuda arranque	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,081	1,62
Cuadradores	6	5	30	0,081	2,43
Ayuda Alzas	3	4	12	0,081	0,97
Alzas	4	5	20	0,081	1,62
Ayuda arrastre	3	5	15	0,081	1,22
Arrastre	4	5	20	0,081	1,62
Total	38		179		14,50



Anexo 30. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo OSCAR PAUL VILLALBA CALDERON
identificado con DNI 43607051 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA DE MINAS

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

“ MINIMIZACIÓN DE COSTOS DE PERFORACION Y VOLADURA EN EL DESARROLLO DE LA
GALERÍA SAN VALENTÍN EN LA EMPRESA MINERA ESTRELLA DE CHAPARRA S.A. - AREQUIPA ”

” Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 01 de AGOSTO del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



Anexo 31. Autorización para la publicación en tesis en el repositorio institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo OSCAR PAUL VILLALBA CALDERÓN
, identificado con DNI 43687951 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERÍA DE MINAS

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

“ MINIMIZACIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN EL DESARROLLO DE LA GALERÍA SAN VALENTÍN EN LA EMPRESA MINERA ESTRELLA DE CHAPARRA S.A. – AREQUIPA ”

” Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 01 de AGOSTO del 20 23

FIRMA (obligatoria)



Huella