



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



REDUCCIÓN DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO DE LABORES MINERAS MEDIANTE PERNOS OMEGABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA EN LA RAMPA SAN IGNACIO DE LA UNIDAD MINERA PALLANCATA - AYACUCHO

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ELVIS OSCALLA TUMBILLO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

REDUCCIÓN DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO DE LABORES MEDIANTE PERNOS OMEGABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA E

AUTOR

ELVIS OSCALLA TUMBILLO

RECuento DE PALABRAS

11793 Words

RECuento DE CARACTERES

64825 Characters

RECuento DE PÁGINAS

66 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.3MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 25, 2023 7:19 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 25, 2023 7:19 AM GMT-5

● 9% de similitud general


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

- 9% 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 15 palabras)




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

Resumen



DEDICATORIA

A mis distinguidos padres Valeriano Oscalla Mamani y Celestina Tumbillo Andia por su sacrificio laboral, por su ejemplo y apoyo para poder culminar mi carrera profesional de ingeniería de Minas.

A mi prometida Liz Bethsy Saavedra Gómez, y a mis queridos hermanos por su apoyo y aliento moral para concluir las diferentes etapas de mi vida estudiantil.

Elvis.



AGRADECIMIENTOS

A Dios por su amor infinito, para existir con vida en este mundo para desarrollar mis conocimientos en bienestar de mi familia.

Especial agradecimiento al Superintendente de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho, por permitir el desarrollo de mi trabajo de tesis.

Elvis.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 11

ABSTRACT..... 12

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 13

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 13

1.2.1 Pregunta general 13

1.2.2 Preguntas específicas..... 13

1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS 14

1.3.1 Hipótesis general 14

1.3.2 Hipótesis específicas 14

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 14

1.4.1 Objetivo general 14

1.4.2 Objetivos específicos..... 14

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 15

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN 16

2.2. MARCO TEÓRICO 19

2.2.1 Los métodos de sostenimiento 19

2.2.2 Tipos de roca 22

2.2.3 Macizo rocoso 23



2.2.4 Condición del macizo rocoso	24
2.2.5 Mecánica de rocas en sostenimiento	25
2.3. SOSTENIMIENTO POR ANCLAJES.....	25
2.3.1 Pernos de anclaje	26
2.3.2 Pernos Hydrabolt.....	26
2.3.3 Pernos Omega Bolt.....	29
2.3.4 Malla electrosoldada.....	31
2.3.5 Costos y gastos	32
2.3.6 Estimación de los costos de operación	33
2.3.7 Los costos según su asignación	35
2.4. DEFINICIONES CONCEPTUALES	35

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN	37
3.2. ACCESIBILIDAD	37
3.3. DISEÑO METODOLÓGICO	37
3.3.1 Tipo de investigación	37
3.3.2 Enfoque de la investigación	38
3.3.3 Diseño de investigación.....	38
3.4. POBLACIÓN	39
3.5. MUESTRA	39
3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	39
3.6.1 Variable independiente.....	39
3.6.2. Variable dependiente.....	39
3.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	40
3.7.1. Técnicas para el procesamiento de la información	40

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	41
4.2. RESULTADOS OBTENIDOS SEGÚN LOS OBJETIVOS.....	41



4.3. SISTEMA DE SOSTENIMIENTO CON PERNOS HYDRABOLT Y MALLA	41
4.4. COSTO DE PERNOS HYDRABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA ...	42
4.5. COSTO DE INSTALACIÓN DEL SOSTENIMIENTO CON PERNOS HYDRABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA	43
4.6. SOSTENIMIENTO CON PERNOS OMEGABOLT Y MALLA.....	45
4.7. COSTO DE PERNOS OMEGABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA ..	45
4.8. COSTO DE INSTALACIÓN DE SOSTENIMIENTO CON PERNOS OMEGABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA	47
4.9. ANALISIS DE LOS COSTOS DE SOSTENIMIENTO DE LOS PERNOS HYDRABOLT VS OMEGABOLT	49
4.10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS CON OTRAS FUENTES	50
V. CONCLUSIONES.....	53
VI. RECOMENDACIONES.....	54
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS.....	58

Área: ingeniería de Minas

Tema: análisis de costos mineros y comercialización de minerales

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 18 de agosto del 2023



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de resistencia de la malla electrosoldada.....	32
Tabla 2. Características físicas de la malla electrosoldada.....	32
Tabla 3. Acceso por vía terrestre hasta la Unidad Minera Pallancata	37
Tabla 4. Operacionalización de variables	40
Tabla 5. Costo de materiales de sostenimiento.....	43
Tabla 6. Costo de mano de obra con Hydrabolt	43
Tabla 7. Costo de materiales de perforación.....	43
Tabla 8. Costos de implementos de seguridad.....	44
Tabla 9. Costo de equipo de perforación para sostenimiento	44
Tabla 10. Costo total de instalación de perno Hydrabolt y malla Electrosoldada	44
Tabla 11. Costo de materiales de sostenimiento con Omega Bolt.....	47
Tabla 12. Costo de mano de obra con Omega Bolt	47
Tabla 13. Costo de materiales de perforación con Omega Bolt	47
Tabla 14. Costos de implementos de seguridad con Omega Bolt	48
Tabla 15. Costo de equipo de perforación para sostenimiento	48
Tabla 16. Costo total de instalación de perno Omegabolt y malla Electrosoldada	48
Tabla 17. Costos de sostenimiento pernos Hydrabolt y Omegabolt y malla electrosoldada.....	49
Tabla 18. Resumen de área total de la Rampa San Ignacio	49
Tabla 19. Costos de sostenimiento con Hydrabolt extensión total de la Rampa	49
Tabla 20. Costos de sostenimiento con Omegabolt extensión total de la Rampa.....	50
Tabla 21. Costo total de sostenimiento Hydrabolt vs Omegabolt	50



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de clasificación de las rocas.....	23
Figura 2. Pernos de anclaje.....	26
Figura 3. Pernos Hydrabolt.....	27
Figura 4. Color del indicador de carga para la longitud del Hydrabolt.....	28
Figura 5. Componentes del sistema Omega Bolt.....	29
Figura 6. Proceso de inflado del Omega Bolt.....	31
Figura 7. Diseño de malla y pernos Hydrabolt.....	42
Figura 8. Diseño de malla y pernos Omega Bolt.....	46



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

S.A.C.	:	Sociedad Anónima Cerrada
m.s.n.m.	:	metros sobre el nivel del mar
Tm	:	tonelada métrica
Km	:	kilómetro
m	:	metro
mm	:	milímetro
m ²	:	metro cuadrado
cm ²	:	centímetro cuadrado
m ³	:	metro cúbico
Mpa	:	Mega pascales
RMR	:	<i>Rock Mass Rating</i>
RQD	:	<i>Rock Quality Designation</i>
U.T.M	:	<i>Universal Transversal Mercator</i>
Pp.	:	pies perforados
US\$/pp.	:	dólares por pie perforado
US\$/m ²	:	dólares por metro cuadrado



RESUMEN

En la actualidad la Unidad Minera Pallancata. Explota un yacimiento mineral de Oro y Plata, por medio del método de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado, políticamente se encuentra ubicada en el distrito de coronel Castañeda, provincia de Parinacochas y departamento de Ayacucho. Para la fortificación de labores mineras utilizó como elemento de sostenimiento los pernos Hydrabolt y malla electrosoldada, y mediante la evaluación realizada al sistema de sostenimiento empleado en la Rampa San Ignacio se encontró un nivel de costo mayor a lo planificado. El objetivo del presente estudio de investigación fue reducir los costos de sostenimiento de labores mineras subterráneas aplicando el sistema de sostenimiento con pernos Omegabolt y malla electrosoldada. La metodología utilizada en la investigación fue de un enfoque cuantitativo y de tipo de investigación descriptivo, diseño no experimental y de tipo longitudinal. El procedimiento para desarrollar el estudio de investigación consistió en realizar la evaluación del sistema de sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada, así como también con los pernos Omegabolt y malla electrosoldada, analizando los costos de los pernos, materiales y costos de instalación, los datos tomados se recolectaron en las respectivas fichas de control. Para finalmente llegar a los siguientes resultados, que realizando el sostenimiento con pernos Omega Bolt y Malla Electrosoldada los costos se redujeron de 21,36 US\$/m² a 19,56 US\$/m², obteniendo un beneficio de 1,80 US\$/m², en la Rampa San Ignacio Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.

Palabras clave: Hydrabolt, malla, omegabolt, pernos, reducción, sostenimiento.



ABSTRACT

Currently the Pallancata Mining Unit. It exploits a gold and silver mineral deposit, by means of the Mechanized Ascending Cut and Fill method, politically it is located in the district of Coronel Castañeda, province of Parinacochas and department of Ayacucho. For the fortification of mining works, the Hydrabolt bolts and electro-welded mesh were extracted as a support element, and through the evaluation of the support system used in the San Ignacio Ramp, a higher cost level than planned was found. The objective of this research study was to reduce the support costs of underground mining works by applying the support system with Omegabolt bolts and electro-welded mesh. The methodology used in the investigation was of a quantitative approach and of a descriptive type of investigation, non-experimental design and of a longitudinal type. The procedure to develop the research study consisted in carrying out the evaluation of the support system with Hydrabolt bolts and electro-welded mesh, as well as with Omegabolt bolts and electro-welded mesh, analyzing the costs of the bolts, materials and installation costs, the data collected was collected in the respective control sheets. To finally arrive at the following results, that by carrying out the support with Omega Bolts and Electro-welded Mesh, the costs were reduced from 21,36 US\$/m² to 19,56 US\$/m², obtaining a benefit of 1,80 US\$/m², in the San Ignacio Ramp Pallancata Mining Unit - Ayacucho.

Keywords: Hydrabolt, mesh, omegabolt, bolts, reduction, support.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las operaciones de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho, se extrae el yacimiento mineral mediante el método de explotación de Corte y Relleno (Cut and fill) Ascendente Mecanizado, y para realizar el sostenimiento de las labores mineras fueron empleados los pernos Hydrabolt y malla electrosoldada, y al realizar una evaluación en la Rampa San Ignacio cuya sección es de 3,50 m x 4,00 m. y una proyección de 395 metros, se encontró que los costos de sostenimiento eran elevados, así como también el costo de adquisición de los pernos Hydrabolt, a consecuencia de no resolver el problema, la culminación de la Rampa San Ignacio hubiera requerido mayor inversión afectando directamente los costos de operación. El costo de sostenimiento anterior con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada fue de 21,36 US\$/m².

En el desarrollo de las labores subterráneas, el sostenimiento es considerado de suma importancia, más aún el diseño del tipo de sostenimiento, ya que este deberá ser el más adecuado según las condiciones de la roca y el costo. Estos factores afectan directamente al desarrollo de las labores subterráneas de la Unidad Minera.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Pregunta general

¿Cómo influye el costo de sostenimiento en la ejecución de la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho?

1.2.2 Preguntas específicas

a) ¿Cuál fue el costo de sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada en la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho?



- b) ¿Cómo se reduce los costos de sostenimiento con pernos Omegabolt y malla electrosoldada en la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho?

1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.3.1 Hipótesis general

Mediante los pernos Omegabolt y malla electrosoldada, se reduce los costos de sostenimiento en la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.

1.3.2 Hipótesis específicas

- a) Al utilizar el sistema de pernos Hydrabolt y malla electrosoldada se determina los costos de sostenimiento en la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.
- b) Con los pernos Omegabolt y malla electrosoldada se reduce los costos de sostenimiento en la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Determinar el mejor sistema de sostenimiento para reducir los costos de sostenimiento en la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Determinar los costos de sostenimiento con pernos Hydrabolt y Omegabolt con malla electrosoldada en la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.



- b) Evaluar los costos de los sistemas de sostenimiento con pernos Hydrabolt y Omegabolt con malla electrosoldada en la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho, mediante el estudio de reservas, posee un potencial de 645 326 Tm de mineral probado y 322 663 Tm de mineral probable con una ley de 4,5 Onz/t de Plata y 3,85 gr/t de Oro. La Rampa San Ignacio, cuyas dimensiones son de 3,50 m x 4,00 m y una longitud de 395 m, se considera de suma importancia ya que permitirá la extracción del mineral de los tajos de explotación hacia la cámara de carguío. Y para garantizar la seguridad de los trabajadores y equipos de la Empresa Minera, se viene utilizando el sistema de sostenimiento con pernos Hydrabolt y Malla Electrosoldada y mediante la evaluación de costos en la Rampa, se presenta problemas de elevados costos de sostenimiento y como una alternativa de solución se ha planteado implementar el sistema de sostenimiento con pernos Omegabolt.

Este trabajo de investigación justifica su ejecución siendo de mucho interés para la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho. Resultando favorable para determinar el nivel de costos de sostenimiento en galerías y rampas de similares características. Ya que los resultados económicos son favorables aplicando el sistema de sostenimiento con pernos Omegabolt y malla electrosoldada.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN

Vega (2022) en su estudio “*Caracterización Geomecánica para la Aplicación de pernos Hydrabolt y Shotcrete en el sostenimiento de labores mina Animón, 2022*” tenía como objetivo explicar de qué forma se tendrá que determinar la caracterización geomecánica para posteriormente analizar e implementar el sistema de sostenimiento con shotcrete e hydrabolt en reemplazo al anterior sistema de sostenimiento. Concluye que existe la posibilidad de indicar a través del empleo de las herramientas de logeo y mapeo geomecánico las características del macizo rocoso que circunda a las labores mineras de interés, se obtuvo los siguiente resultados, 0 + 350 a 0 + 385 GSI (F/R) RMR (55 - 65) Q (5 - 12), progresiva 0 +3 85 a 0 + 400 GSI (MF/R) RMR (45 - 55) Q (1 - 5), progresiva 0 + 400 a 0 + 500 GSI (F/R) RMR (55 - 65) Q (5 - 12) progresiva 0 + 500 a 0 + 535, GSI (MF/R) RMR (45 - 55) Q (1 - 5), progresiva 0 + 535 a 0 + 550 GSI (IF/R) RMR (35 - 45) Q (0,4 – 1,0). En base a estos resultados se reemplazó el sistema anterior de sostenimiento por los pernos Hydrabolt y Shotcrete, los cuales son de menor costo y los que mejor se adecuan al tipo de roca.

Guillermo (2020) en su estudio “*Optimización de CAPEX – OPEX en sostenimiento de labores mineras mediante pernos Hydrabolt y malla electrosoldada en la empresa minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019*” para desarrollar el estudio de investigación la metodología consistió en una primera etapa en evaluar todo el sistema de sostenimiento con cuadros de madera considerando los costos de madera, costos de transporte, costos de instalación y vida útil de la madera. Llegando a la conclusión de que, los Opex y Capex de sostenimiento mediante el sistema de pernos Hydrabolt y malla electrosoldada en referencia con cuadros de madera se optimizaron de 47,63 US\$/m² a



42,92 US\$/m², obteniendo un beneficio de 4,71 US\$/m², en la Rampa San Marcos de la Minera Arapa S.A.C. – Arequipa.

Calderón (2018) en su trabajo de investigación “*Caracterización Geomecánica para la Determinación del Tipo de Sostenimiento en la Galería Gavilán de Oro de la UEA Ana María*” mediante la caracterización geomecánica representativa del comportamiento del macizo rocoso teniendo en cuenta sus características mecánicas y estructurales concluyó que, para realizar el diseño de sostenimiento se debe realizar en función a la geomecánica basado en la clasificación de los datos, concluyendo que se deberán emplear pernos Hydrabolt galvanizado de 5 pies distribuidos sistemáticamente a cada 1,7, 2,4, 2,2, 3,6, 2,2, 2,6 metros, este sistema de sostenimiento fue elegido en reemplazo de los pernos helicoidales con resina cuyo costo era superior.

Blanco (2018) en su trabajo “*La caracterización geomecánica de la masa rocosa a través de la, descripción, valoración, y análisis a través de los índices Geomecánicos conocidos como RMR de Bienawski, Índice Q de Barton permiten un análisis de la aplicación del perno Hydrabolt en el sostenimiento de labores, realizado en la Mina Casapalca S.A.*” mediante de la evaluación geomecánica, y sus respectivas valorizaciones que determinaron el adecuado tipo de sostenimiento, para posteriormente realizar la evaluación de resistencia de anclaje con los pernos Split Set, Hydrabolt y Omegabolt muestran un anclaje uniforme; mientras que el comportamiento de las Barras Helicoidales es irregular, cuando son instalados con cemento; también se concluye que los pernos de mayor y menor resistencia son los Hydrabolts y el Split Set. Asimismo el costo de sostenimiento del más bajo al más alto corresponden respectivamente: Hydrabolt con 10,95 US\$/m² y la barra Helicoidal con 50,67 US\$/m².

Huamani (2014) en su trabajo “*Optimización del Sostenimiento Mediante el Uso de Hydrabolt Unidad Minera Bateas - CONGEMIN JH SAC*” mediante la metodología



que consistió en la adecuada elaboración de las características geomecánicas en base al estudio integral de diseño de sostenimiento y fortificación. Llegando a las siguientes conclusiones de que, con el uso de los pernos Hydrabolt se obtiene un mayor soporte de carga en comparación con los pernos Split set. Y al realizar las pruebas de arranque y una comparación entre los pernos Split Set e Hydrabolt en las mismas condiciones y características del terreno. En esta comparación de costos resulta favorable al uso de los pernos Hydrabolt, cuya ventaja principal radica en su menor tiempo de instalación (cuyo inflado es de 1 a 2 minutos), al mismo tiempo que la reducción en los costos de sostenimiento es de 12,81 US\$/m² en rocas tipo IV-A.

Pantigozo (2013) en su estudio “*Comparación de Rendimiento entre Omegabolt e Hydrabolt en el Sostenimiento en Minas Subterráneas para Elección Óptima*” tenía como objetivo primordial determinar el mejor sistema de sostenimiento activo más eficiente y óptimo. Concluyó que, los pernos Hydrabolt y Omegabolt, proporcionan anclajes más uniformes. Que el costo por perno instalado, está directamente relacionado con su longitud, así como también llegó a la conclusión de que el costo por perno instalado del Omegabolt es de 20,09 US\$/m² y del perno Hydrabolt es de 10,95 US\$/m², con una diferencia de costos 9,14 US\$/m².

Castañeda (2012) en su estudio de investigación “*Estudio Comparativo Entre el Perno Helicoidal y el Perno Hydrabolt para Sostenimiento y Seguridad en la RAMPA 690S del Consorcio Minero Horizonte*” tenía como objetivo principal, reducir los costos de sostenimiento con la implementación de un nuevo sistema de sostenimiento para labores temporales en un determinado tipo de roca. Llegó a la conclusión de que, los pernos Hydrabolt y Helicoidal en la Rampa 690S, para un tipo de roca regular el espaciamiento entre pernos es de 1,20mx1,20m, asimismo el costo de instalación de los pernos Helicoidales es de 12,54 US\$/perno, mientras que el costo de instalación del perno



Hydrabolt es de 15,93 US\$/perno. De esta manera se pudo elegir el mejor sistema de sostenimiento.

Soni (2000) en su investigación titulado “*Analysis of Swellex Bolt Performance and a Standardized Rockbolt Pull Test Datasheet and Database*” mediante el análisis de deficiencias en el proceso de sostenimiento, al analizar y evaluar los diferentes tipos de pernos de anclaje (Resina Dywidag, Cemento Williams, Barra de refuerzo de resina, Split Set y Cablebolting) vs el Swellex (Omegabolt). Llega a la conclusión de que, el costo por pie instalado del Swellex fue de 5,91 US\$/ft, resultado el sistema de sostenimiento de menor costo y eficiencia.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1 Los métodos de sostenimiento

El sostenimiento es definido como el procedimiento de instalación de un refuerzo a la estructura el cual será utilizado para poder generar la estabilidad de una estructura y así poder conservar la capacidad de carga del macizo rocoso adyacente al laboreo subterráneo, también tienen como finalidad mantener la resistencia de la roca, para que de esta manera se autosoporte, puede ser de manera temporal o permanente (Antúnez, N. 2010).

El sostenimiento contribuye a:

- La mejora de las condiciones de la excavación subterránea.
- Reducir o disminuir el sostenimiento.
- Reducir o evitar el proceso de deterioro del sostenimiento.

Parámetros para diseñar el sostenimiento:

- Primero se deben determinar las dimensiones de las labores subterráneas y sus áreas de influencias circundantes.



- Manejo de la estabilidad, el cual es parte de las funciones del comportamiento geomecánico.
- Implantar los esquemas y secuencias adecuadas para el avance, para de esta manera producir una mínima perturbación en el macizo rocoso.
- Determinar las áreas de influencia de los tajos.
- Determinar la vida útil de una labor minera, también si impone condiciones severas o leves.
- Tener en cuenta las perturbaciones generadas por el laboreo en las labores mineras adyacentes.
- Realizar un estudio de tallado de la geología estructural de la zona (Antúnez, N. 2010).

a) El sostenimiento compresible

Este tipo de sostenimiento tiene la tendencia de oponer resistencia a la aproximación del techo apoyándose en el suelo, normalmente se realiza con cuadros de madera o con elementos metálicos.

b) El sostenimiento suspendido

Este también se opone al acercamiento del techo con el piso, pero este se cuelga en los estratos superiores del techo los cuales tienen la probabilidad de moverse, se realizan con pernos de anclaje.

c) Sostenimiento activo

Se caracterizan por brindar un refuerzo inmediato a la matriz rocosa circundante, donde los elementos del sostenimiento se comportan como una parte integral de la roca, dentro de este tipo de sostenimiento se encuentran:

- Pernos con cemento o resina
- Pernos de anclaje



- Split set
- Pernos y malla electrosoldada
- Y los sistemas combinados

d) Sostenimiento pasivo

En este tipo de sostenimiento, los agentes que emplearan un refuerzo son ajenos a la masa rocosa y dependerán de la acción y deformación interna al contactar con el perímetro de roca excavado, dentro de este tipo de sostenimiento tenemos:

- Los puntales y cuadros de madera
- Cimbras y cerchas metálicas
- También los denominados Wood packs
- Gatas hidráulicas
- El hormigón proyectado “Shotcrete”
- Anillos con concreto
- Sistemas combinados

e) Sostenimiento temporal

Se denomina así al sostenimiento que tiene un periodo de vida útil de menos de un año, y está caracterizada por su instalación inmediata a partir de cada disparo, su objetivo es generar un ambiente de trabajo seguro tanto para el personal, así como para los equipos, como también evitar el daño apresurado de la masa de roca. Tenemos al perno de anclaje, pernos de fricción, mallas electrosoldadas, entre otros (Torres, C. 2011).

f) Sostenimiento permanente

Este tipo de sostenimiento es instalado para poder garantizar la estabilización de las galerías como también sus particularidades, son instalados

una vez realizados los disparos de avance del frente, de manera que se queden ahí a lo largo de la vida útil del proyecto minero. Dentro de este tenemos a los pernos con resina o cementadas, cables de acero, shotcrete, cimbras entre otros (Torres, C. 2011).

2.2.2 Tipos de roca

La matriz rocosa se define como un conglomerado compuesto de diferentes tipos de minerales, del cual está conformado casi la totalidad de la masa terrestre, en la corteza terrestre. Según (Bowen & Schairer, 1956) tenemos tres tipos de roca de acuerdo al origen los cuales son las rocas sedimentarias, las rocas metamórficas y las ígneas. Y de acuerdo al tipo roca varían los sistemas de sostenimiento a aplicarse y con ello los costos que acarrear los mismos.

Las rocas ígneas: se producen por la solidificación y enfriamiento del magma volcánico. Este suceso logra darse al interior o fuera de la corteza de la tierra, así da origen a las rocas ígneas plutónicas o ígneas intrusivas como por ejemplo tenemos al gabro y el granito; también puede darse el caso al contactar con la atmosfera dentro del océano, el cual origina los tipos de roca ígnea volcánica o extrusiva como por ejemplo la obsidiana, basalto y riolita (Ramirez, S. 2000).

Las rocas sedimentarias: estas se conforman a partir de la meteorización y erosión por medio de la erosión y meteorización sobre las rocas preexistentes; esto quiere decir, que las rocas sedimentarias se forman gracias a los agentes físicos, químicos y biológicos al cual la roca quedó expuesto, estos agentes hacen que la roca se debilite, el cual promueve a su fragmentación y transporte; entonces los sedimentos que se generan a partir de ello son transportados en su mayoría por ríos y vientos en cuyo destino son depositados gradualmente en capas, a la roca que resulta tras este proceso se le denomina roca sedimentaria porque están compuestos de

sedimentos, por ejemplo tenemos a las areniscas, lutita y los conglomerados o los llamados precipitados como son la roca caliza y halita (Maldonado, Z. 2008).

Las rocas metamórficas: estas rocas se conforman a partir de una roca ígnea o sedimentaria el cual es sometida a altas de presiones y temperaturas, cuyo resultado después de una prolongada exposición trae consigo a las rocas metafóricas. Por ejemplo, a someter al granito a este proceso sufre una metamorfosis y se convierte en gneis, la piedra caliza se transforma en mármol y la roca sedimentaria lutita en pizarra, etc. No se pueden encontrar rocas metamórficas en una zona geológicamente joven en su mayoría se presentan en regiones cordilleranas (Bowen & Schairer, 1956).

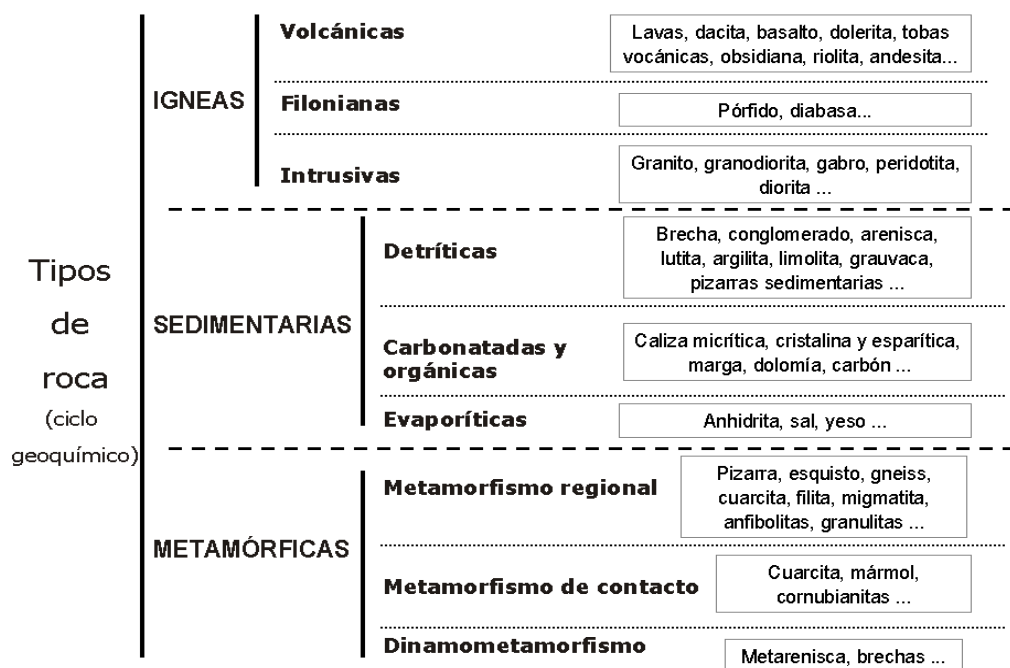


Figura 1. Esquema de clasificación de las rocas.

Fuente: Bowen & Schairer (1956).

2.2.3 Macizo rocoso

Según Espinoza (2009) se le puede definir como la matriz de roca que comprende los distintos tipos de discontinuidades como son: las fisuras, fallas, diaclasas, estratos, así como las demás características estructurales. Además de ello



este posee propiedades físico químicas como son la densidad, resistencia, granulometría, etc.

a) La matriz de roca

Se le denomina así a la roca que es encontrado en el medio ambiente sin ninguna alteración ni discontinuidades, este tipo de rocas suelen encontrarse en medio de dos discontinuidades o en medio de dos fallas geológicas, son caracterizados por su resistencia, deformabilidad y densidad; también por su litología ya sea única o variada (Espinoza, O. 2009).

b) Discontinuidad

Se denomina discontinuidad a cualquier tipo de plano ya sea de un origen mecánico o de tipo sedimentario el cual está presente en un macizo rocoso, las discontinuidades no presentan una resistencia a la tracción o en su defecto es mínima, las discontinuidades generan un comportamiento discontinuo de la masa de roca, y de manera general son anisotrópicos (Espinoza, O. 2009).

2.2.4 Condición del macizo rocoso

En base a la característica que presente el macizo rocoso, este se comportará de manera predeterminada al someterse a una excavación. Entonces si la masa de roca in situ presenta una gran dureza entonces las diferentes discontinuidades presentará propiedades físicas favorables. Por el contrario, si la masa de roca es débil o de muy baja dureza las discontinuidades presentes traerán consecuencias desfavorables para la excavación. También se darán condiciones intermedias donde la roca tenga una dureza intermedia y presentara condiciones regulares cuando sea excavada (Ramírez, S. 2000).



2.2.5 Mecánica de rocas en sostenimiento

Según Espinoza (2009) la mecánica de rocas se define como la ciencia teórica y aplicada que estudia el comportamiento mecánico de las rocas. En caso de que las fuerzas producidas sean de manera forzada estas buscan entender el comportamiento de los materiales bajo ciertas condiciones del entorno, el mayor problema en la ciencia geomecánica y de costos es elegir el mejor sistema de sostenimiento. La geomecánica aplicada en la ingeniería minera, es relativo a los diseños de refuerzos estructurales que se deben aplicar en respuesta a las excavaciones subterráneas realizadas. Por lo tanto, estos refuerzos traen consigo un costo adicional al costo de excavación dándose a si la evaluación y análisis de los sistemas de sostenimiento más óptimos y a menor costo.

En un macizo rocoso que no está alterado existen esfuerzos naturales los cuales son iguales a las capas subyacentes y relacionado a la geología estructural del macizo rocoso. Para este caso, al debilitar la roca contigua al límite de la excavación, puede conllevar a la inestabilidad de la misma, este fenómeno se muestra con un cierre sucesivo de la zona excavada o también con la caída del techo y de la pared de la excavación, en algunos casos se presentan el estallido de rocas (Espinoza, O. 2009).

2.3. SOSTENIMIENTO POR ANCLAJES

La actividad de sostenimiento de una actividad de excavación subterránea se considera primordial, ya que este garantiza la seguridad del personal, equipos y el medio ambiente, además una adecuada actividad de sostenimiento garantiza una buena producción, el cual si no se desarrolla adecuadamente este podría generar problemas económicos, conflictos sociales y empresariales. Dicho esto, no solo basta con diseñar

y/o seleccionar el modelo adecuado de sostenimiento, si también influye las condiciones en las que estas serán aplicadas (Atlas Copco, 2003).

2.3.1 Pernos de anclaje

Estos son un sistema de refuerzo con pernos anclaje tienen como objetivo minimizar las reformaciones del macizo rocoso, actúan sobre las rocas con un peso inerte que fue fracturado de la matriz de roca, esto fue causado por la sobre rotura o algún otro factor, así como también sobre los esfuerzos redistribuidos a la roca circundante causadas por la excavación subterránea. De manera general su objetivo es generar una estabilidad en la deformación de las superficies de la excavación, de esta manera se restringe el desplazamiento de las rocas circundantes (Narváez, S. 2017).

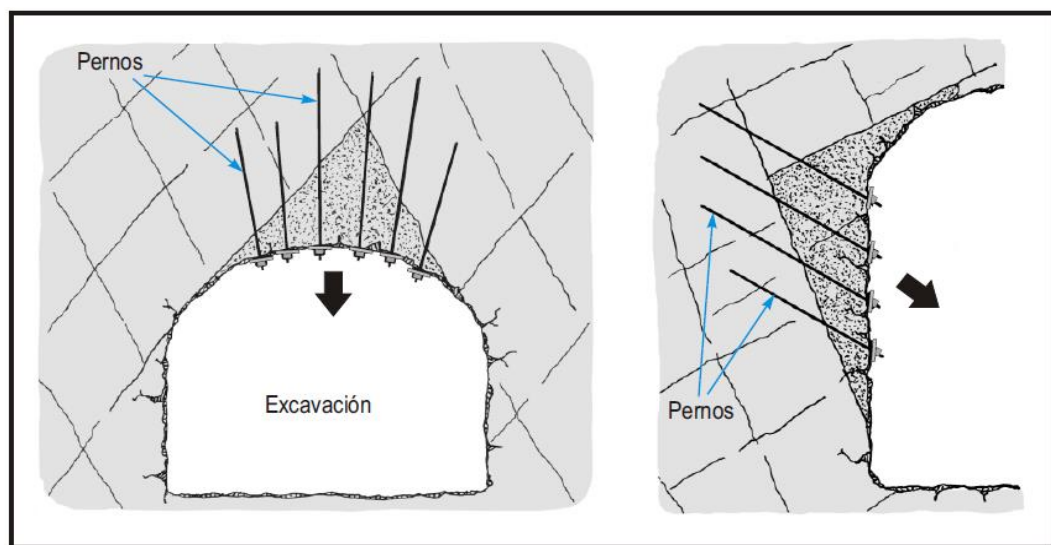


Figura 2. Pernos de anclaje.

Fuente: guía sobre control geotécnico en minería subterránea (2015).

2.3.2 Pernos Hydrabolt

Es un perno que trabaja por fricción, este perno para desarrollar dicha acción le es inyectado agua a una elevada presión de hasta 25 a 30 Mega pascales (considerado presión adecuada), este perno en su estado normal posee una diámetro de 29 mm y al inyectarle agua esta se expande hasta los 41 mm, este perno contiene

una válvula de no retorno haciendo que el componente hídrico se quede en el interior ejerciendo presión constante, de manera radial y longitudinal del taladro, actúa en la roca cerrando las fisuras, fracturas y discontinuidades de la masa de roca de esta manera previene el deterioro prematuro de las cajas de la excavación subterránea dando una mayor seguridad al macizo rocoso. El perno Hydrabolt es un tipo de sostenimiento activo de acción inmediata, el cual empieza su trabajo al momento del término del inflado, estos pernos poseen un amplio rango de expansión. Son de fácil y rápida instalación estos pernos no necesitan de ningún otro elemento para su adherencia, únicamente el agua y aire comprimido (Antúnez, N. 2010).

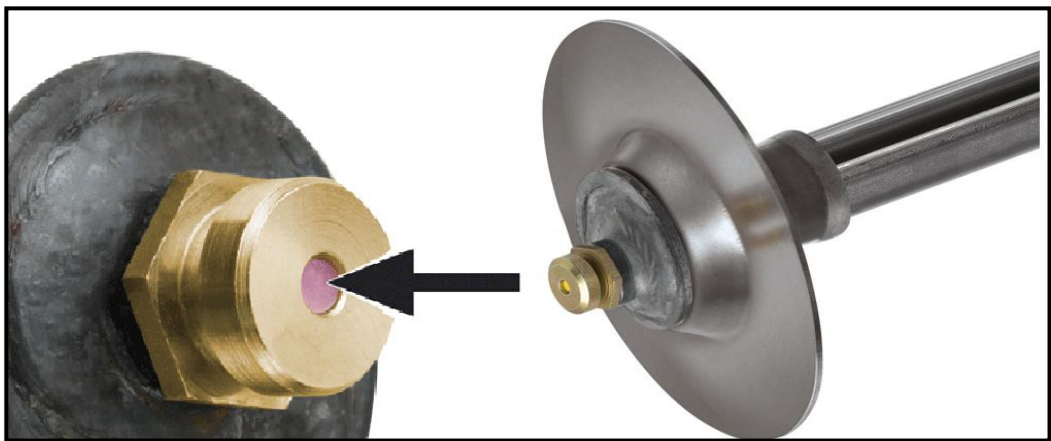


Figura 3. Pernos Hydrabolt.

Fuente: ficha técnica New Concept Mining (2020).

El perno Hydrabolt posee un señalizador de presión de carga el cual solo aparece cuando el perno fue inflado de manera correcta; estas características se presentan en diferentes colores los cuales indican la longitud del mismo.

Estas características facilitan el trabajo del supervisor ya que puede visualizar si fueron instalados de manera correcta con las longitudes y presiones adecuadas, y si se da el caso de que no fuera así estos son re inflados (Flores, S. 2001).

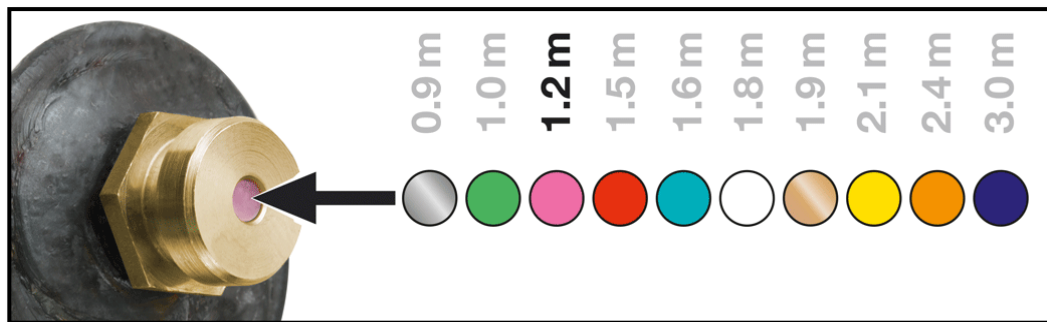


Figura 4. Color del indicador de carga para la longitud del Hydrabolt.

Fuente: ficha técnica New Concept Mining (2020).

a) Instalación Hydrabolt.

- 1) En primera instancia se identifican las rocas sueltas y se procede con el desatado, posteriormente se deberá medir y marcar la distribución de los pernos en base a la distribución de los pernos u orden de trabajo.
- 2) Luego se procede con la perforación de los taladros de manera perpendicular (90°) a los planos de las discontinuidades, para esta actividad se empleará el equipo de perforación Jumbo.
- 3) En tercera instancia se procede con el traslado de todas las herramientas y equipos necesarios para la instalación de los pernos Hydrabolt. También se deberán conectar las mangueras de agua y aire comprimido a las entradas de la bomba de inflado y se deberá asegurar que cada uno de los empalmes estén protegidos por cinta Band It. También se debe revisar que los pernos Hydrabolt no hayan sido dañados en el cuerpo o válvula durante el traslado.
- 4) Una vez que se tengan todos los equipos y materiales se procede con la instalación, el cual consiste en insertar completamente el perno Hydrabolt en el taladro, se retira la protección plástica de la válvula y se lava.

- 5) Se procede a colocar la boquilla de la válvula del perno, primero se abre la válvula de agua y luego la válvula de aire comprimido, presionar el gatillo de la pistola de seguridad de alta presión a una distancia mínima de 4 metros.
- 6) Se continúa bombeando agua hasta que salga por la válvula de alivio de la pistola de seguridad, después se procede a verificar el indicador de carga que tiene que mostrar el color según la longitud del perno de acuerdo a la distancia de inflado que se desea.
- 7) Una vez terminada la instalación del perno, se cierra primero la válvula de aire, y posteriormente la del agua y seguidamente se presiona la pistola para despresurizar la bomba (DSI Underground, 2019).

2.3.3 Pernos Omega Bolt

Los pernos Omega Bolt llamados también perno de expansión y fricción (Swellex), son un sistema de anclaje expansivo el cual actúa por medio de la fricción, estos pernos están fabricados con acero de alta resistencia y una alta capacidad expansiva como también una alta resistencia mecánica, el cual permite ejercer una presión inmensa sobre la pared interior de la perforación en la masa de roca, de esta manera se genera fricción. Este sistema tiene un diseño de fácil instalación, rápida, segura y posee una presión de inflado con agua, el cual puede asegurar la adaptación óptima de la misma (Narváez, S. 2017).



Figura 5. Componentes del sistema Omega Bolt.

Fuente: ficha técnica DSI Underground a Sandvik Company (2019).



a) Instalación

- 1) Como primera actividad se procede a identificar las rocas sueltas y se procede con el desatado, posteriormente se deberá medir y marcar la distribución de los pernos en base a la distribución de los pernos.
- 2) Posterior a estas actividades se procede con la perforación de los taladros de manera perpendicular (90°) a los planos de las discontinuidades. Para de esta manera generar un mejor soporte.
- 3) Como tercera actividad se procede con el traslado de todas las herramientas, materiales y equipos necesarios para la instalación de los pernos. También se deben conectar las mangueras de agua y aire comprimido a las entradas de la bomba y se deberá asegurar que cada uno de los empalmes estén protegidos por cinta Band It.
- 4) El perno es insertado dentro la cavidad perforada posicionándolo de forma perpendicular a la superficie de la masa rocosa.
- 5) Después de que el perno fue acomodado este se conecta al sistema hidroneumático, para dar comienzo a su inflado.
- 6) Una vez conectado el perno comienza su expansión, cuando el perno Omegabolt comprime la roca que rodea al perno. el tornillo cambia de forma para adaptarse a la forma del agujero.
- 7) Una vez alcanzada la presión adecuada, el cual dependerá del modelo de perno que será instalado y de las dimensiones del mismo y a partir de ese momento, este anclaje ya proporciona refuerzo en las cajas (Sandvik Company, 2019).



Figura 6. Proceso de inflado del Omega Bolt.

Fuente: ficha técnica DSI Underground a Sandvik Company (2019).

2.3.4 Malla electrosoldada

Estas estructuras están hechas de acero, que está conformado por barrillas con disposiciones de forma ortogonal y electrosoldadas entre sí por acción de la fisión, esto quiere decir que no se agregó ningún otro elemento para unir las barras, este producto es fabricado basado en el reglamento “IRAM-IAS U 500-06”, la calidad del acero empleado es de “T-500-01”, esto manifiesta que su laminación es a bajas temperaturas y con una variedad de secciones, cuadriculadas y diámetros de alambres de acuerdo a la aplicación final de esta (Torres, C. 2011).

La soldadura que se desarrolla por fisión eléctrica permite obtener una unión mucho más sólida y términos de calidad muy alta. Los cruceros soldados a lo largo de las varillas promueven una combinación efectiva con el Shotcrete, el acero “AT56-50H”, nos permite la reducción de las secciones esto se debe a su elevada resistencia, esto hace que las mallas electrosoldadas sean muy fáciles y rápidas de instalar (Torres, C. 2011).

Tabla 1.*Características de resistencia de la malla electrosoldada***MALLA ELECTROSOLDADA (ACERO TREFILADO-LAMINADO AT56-50H)**

Límite de ruptura	5600 kg/cm ²
Límite de fluencia	5000 kg/cm ²

Fuente: ficha técnica DSI Underground a Sandvik Company (2019).

Tabla 2.*Características físicas de la malla electrosoldada*

Tipo de malla	Distancia de las barras		Diámetro de barras		Sección de acero		Peso de la malla kg
	Long. mm	Trans. mm	Long. mm	Trans. mm	Long. cm ² /m	Trans. cm ² /m	
C-139	100	100	4,2	4,2	1,39	1,39	28,34
C-188	150	150	6,0	6,0	1,88	1,88	39,03
C-196	100	100	5,0	5,0	1,96	1,96	40,04
C-257	150	150	7,0	7,0	2,57	2,57	53,10

Fuente: ficha técnica DSI Underground a Sandvik Company (2019).

2.3.5 Costos y gastos**a) Costo**

Decimos costo al desembolso económico que realizamos para así obtener un producto o un servicio que posterior a esto nos brinde beneficios. Por ejemplo: la adquisición de materias, fabricar un artículo, ponerlo a la venta, ofrecer un servicio, extraer minerales de las reservas, etc. Si no se logra el beneficio planeado, podemos decir que tuvimos una pérdida. Los costos forman la base para fijar precio de un determinado elemento, para valorar el trabajo y la toma de decisiones de gestión. También es definido como el valor de sacrificio para obtener un bien o servicio. Al momento de la adquisición, se incurre en costos (Durant, B. 2017).



b) Gasto

El gasto es definido como un costo que genera una ganancia y está vencido. El gasto representa el monto total, en recursos monetarios, físicos, humanos y financieros gastados en cualquier período, para todas las operaciones mineras. El gasto tiene una amplia interpretación, que incluye, también los recursos que son empleados en un ciclo de producción, los gastos que tienen relación con el aumento encaminado de la productividad, los costos aplicables al costo del período futuro (costos a futuro), los costos relacionados con la producción se compensan. Por financiamiento especial y los costos de actividades no productivas (Durant, B. 2017).

2.3.6 Estimación de los costos de operación

Una identificación y comprensión completa de los costos de una empresa es de vital importancia, las funciones y la finalidad de los costos son los siguientes:

- Te da control sobre las deficiencias operacionales.
- Permite la valoración de los inventarios.
- Influye en la facilidad de toma de decisiones.
- Mejora la gestión y control gerencial de la empresa.

a) Grado de variación de los costos

Se considera importante esta clasificación por que permite hacer estudios de planificación para controlar las operaciones. Se refiere a la variabilidad del costo, teniendo en cuenta los diferentes grados de la producción (Durant, B. 2017).

b) ¿Qué es un costo fijo?

Estos costos son lo que permanecen constantes en medio de un periodo sobresaliente de producción, ya que el costo fijo por cada unidad



variará de acuerdo a la producción. Dándole un sentido diferente, es aquel pago hecho independientemente de la cantidad de producción, este se refiere a la cantidad contada que es producido un determinado artículo, entonces esto quiere decir que si la productividad baja o sube estos costos siguen siendo iguales. Se puede decir que a estos costos no les afecta las alzas o bajas en la producción. Los costos fijos solo se pueden aplicar en cortos periodos de tiempo, esto es debido a que la empresa puede bajar o incrementar la producción. Son aquellos costos de los cuales su valor permanece constante. También son llamados costos para “mantener la empresa abierta”, de tal forma que estos produzcan, se pueda vender o no el artículo producido, estos costos son solventados de igual manera. Entre ellos tenemos: servicios de ventilación, vigilancia, requerimiento de servicio administrativo, operaciones mina, depreciación y amortización (Durant, B. 2017).

c) ¿Qué es un costo variable?

Así, se consideran todos los costos organizacionales, mejor conocidos como costos operativos, y son variables o directos, a veces proporcionales al volumen de ventas o producción. En otras palabras, los costos variables son aquellos que están directamente relacionados con una actividad específica o una cantidad específica de producción que se puede llamar producción o ventas; Por ejemplo, las materias primas aumentan según el volumen de producción y la comisión por ventas, más los consumibles, la mano de obra directa, los incentivos, los suministros, la depreciación, la comisión por ventas, etc. Podemos definirlo como cambios en el costo total que son proporcionales al cambio en la cantidad o la productividad adentro de ese rango, mientras el precio por unidad se mantiene igual. Donde contamos con:



mano de obra, repuestos, combustibles y lubricantes, aceites, materias primas e insumos directamente relacionados (Durant, B. 2017).

2.3.7 Los costos según su asignación

a) Los costos directos

Según Iriarte (2012) es aquel que puede medirse y asignarse a de forma concreta a un producto, está relacionado en función a su relación con el producto, son costos que pueden ser imputados de manera muy clara a un producto para conocer su costo unitario no se necesita establecer ningún tipo de criterio de imputación ya que su reparto económico es obvio.

b) Los costos indirectos

Iriarte (2012) manifiesta que se considera costo indirecto a aquel costo que afecta el proceso productivo de un producto en particular o varios 60 productos, que produce una empresa y que no se puede medir ni asignar a un producto en específico tampoco se sabe en qué punto específico afecta al proceso de producción.

2.4. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Sostenimiento: son estructuras que se preparan para soportar los deslizamientos de las rocas, para mantener mejor estabilidad y la resistencia a las cargas que produce la masa rocosa cercano al perímetro de excavación.

Labor: son los trabajos que se realizan en la minería subterránea, y existen una diversidad de labores mineras subterráneas.

Costo de traslado: es el costo adicional al costo de adquisición de un equipo o material, que se genera al trasladar dicho elemento de un punto a otro.

Costo administrativo: son todos aquellos que están vinculados a la gestión, organización y dirección de un negocio como consecuencia inmediata de su funcionamiento.



Perforación: son operaciones roto percusivas que se realizan en la masa rocosa mediante taladros de diferente dimensión y diámetro.

Pernos Hydrabolt: es un tubo de metal caracterizado por que tiene sus dimensiones de acuerdo al requerimiento. A la vez este puede ser considerado como un perno de anclaje que se expande hidráulicamente, y ejerce fuerza de anclaje por fricción y tracción.

Pernos Omega Bolt: los pernos Omega Bolt son anclajes expansivos que actúa por rozamiento, el mismo que es elaborado con aceros de muy alta calidad y con una capacidad expansiva y de resistencia únicas el cual garantiza una gran presión en las paredes internas del macizo rocoso.

Malla electro soldada: estos elementos están hechos de acero, están conformadas por barillas de acero dispuestos de forma cuadrática y eléctricamente soldadas por una fisión esto quiere decir que no tienen aporte de otro tipo materiales, este producto es fabricado bajo la normativa “IRAM-IAS U 500-06”, esto quiere decir que este laminado en frío que soporta una tensión de fluencia de hasta 500 Mega pascales.

Falla: son desplazamientos de la masa rocosa que ocurren en la corteza terrestre debido a los movimientos tectónicos que afecta a la masa rocosa.

Fisura: son pequeñas roturas o fracturas que se presentan en la superficie de la masa rocosa debido a una serie de factores intervinientes.

Macizo rocoso: es un grupo de bloques de la masa de roca que presentan discontinuidades en su composición.

Costos: viene a ser el recurso económico que se utiliza para realizar la actividad de producción de un bien o un servicio en un determinado periodo de tiempo.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

Compañía Minera Ares S.A.C. es titular de la Unidad Minera Pallancata que a su vez es filial de Hochschild Mining. El yacimiento de la Unidad Minera Pallancata se encuentra ubicado a más de 510 km al sureste de la ciudad de Lima, en el Distrito de coronel Castañeda, Provincia de Parinacochas y Departamento de Ayacucho, la unidad minera se ubica por encima de los 4100 m.s.n.m. La Unidad Minera Pallancata alimenta a la planta Selene que se encuentra ubicado a 10 km al noreste de las operaciones.

3.2. ACCESIBILIDAD

El acceso a la Unidad Minera se realiza mediante el siguiente itinerario. (Ver Tabla 3).

Tabla 3.

Acceso por vía terrestre hasta la Unidad Minera Pallancata

Recorrido	Distancia (km)	Tiempo (horas)	Medio de transporte
Lima - Nazca	454,0	7,00	Bus
Nazca - Puquio	155,9	3,35	Bus
Puquio - Izcahuaca	140,8	2,65	Bus

La vía de acceso hasta la Unidad Operativa Pallancata, se realiza por vía terrestre con un total de 750,7 km de recorrido de carretera asfaltada y un tramo de 40 km de trocha carrozable. El viaje toma alrededor de 13 horas.

3.3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.3.1 Tipo de investigación

Este trabajo de investigación corresponde al tipo de investigación descriptivo ya que describe detalladamente todo el proceso.



3.3.2 Enfoque de la investigación

El presente trabajo de investigación es de un enfoque cuantitativo basado en la estadística no probabilística, ya que los datos recogidos son mediciones por lo tanto son datos numéricos. Hernández *et al.* (2014) dice que el enfoque cuantitativo representa un conjunto de procesos, de manera secuencial y probatorio; por lo tanto, no se pueden evadir pasos, el orden debe ser riguroso y solamente en algunos casos se puede redefinir alguna fase.

3.3.3 Diseño de investigación

Para el trabajo de investigación el diseño de investigación fue preexperimental, longitudinal y comparativo; porqué, los controles fueron realizados en un solo grupo, el cual está conformado por la Rampa San Ignacio.

El proceso de desarrollo de la investigación ha consistido en evaluar los costos de fortificación con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada, en donde se consideró las ventajas y desventajas del sistema, al analizar el costo de material, costo de instalación, el periodo de duración y la seguridad que puede brindar este sistema de sostenimiento, la data fue recolectada en las fichas de control. En el estudio de investigación se analizó los costos de materiales, los costos de instalación, el tiempo de duración y la seguridad que ofrece el sistema de sostenimiento con pernos Omega Bolt y malla electrosoldada. Con la finalidad de establecer el sistema de fortificación a ser usado, se realizó el estudio de costos de ambos sistemas de fortificación, resultando el más favorable el sistema de pernos Omega Bolt y malla electrosoldada en la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.

Para determinar los costos de sostenimiento se consideró los costos de mano de obra, equipos, materiales requeridos tales como: pernos de 7 pies, barrenos de 7 pies, arandelas, tuercas, malla electrosoldada y herramientas necesarias.



3.4. POBLACIÓN

La población para el estudio de investigación fue constituida por todas las Rampas con secciones de 3,50 m x 4,00 m, los cuales se desarrollan en una roca semidura, con densidad promedio de $2,70 \text{ t/m}^3$, en la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho. Según Hernández (2014) la población es un conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones.

3.5. MUESTRA

La muestra está constituida por la Rampa San Ignacio cuya sección es de 3,50 m x 4,00 m. y una longitud de 395 m., desarrollado en roca semi dura de una densidad promedio de $2,70 \text{ t/m}^3$, de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho. Según Hernández & Sampieri (2014) definen que la muestra es, en esencia un subgrupo de la población, es decir es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido que es la población.

3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.6.1 Variable independiente

El sostenimiento con pernos Omega Bolt de 7 pies de longitud y malla electrosoldada de 2,40 m x 25 m y la geometría de la Rampa San Ignacio cuya sección es de 3,50 m x 4,0 m de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.

3.6.2. Variable dependiente

Costos de sostenimiento con pernos Omega Bolt y malla electrosoldada en la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.

Tabla 4.
Operacionalización de variables

Variab les	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente:		
El sostenimiento con pernos Omega Bolt de 7 pies de longitud y malla electrosoldada de 2,40 m x 25 m y la geometría de la Rampa San Ignacio cuya sección de 3,50 m x 4,0 m de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.	- Longitud de pernos - Distribución de pernos - Instalación - Sección - Malla electrosoldada	- pies - m - min/perno - m ² - m ²
Variable dependiente:		
Costos de sostenimiento con pernos Omega Bolt y malla electrosoldada en la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.	- Costo de sostenimiento - Costo de pernos - Costo de la malla - Costos de instalación	- US\$/m ² - US\$/unidad - US\$/m ² - US\$/m ²

3.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas para la recolección de datos, se utilizó la inspección y observación del lugar de trabajo, reporte del control operacional diario y mensual.

3.7.1. Técnicas para el procesamiento de la información

Se utilizó los instrumentos y procedimientos de acuerdo a lo siguiente:

- Mapeo geológico de labores, con estos datos se realizó el diseño de sostenimiento de labores subterráneas.
- Revisión documental.
- Diseño del nuevo sistema de sostenimiento y costos de inversión requerida.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los estudios de investigación se realizaron en la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho. En el desarrollo del estudio se analiza el uso de dos tipos de pernos para el sostenimiento, los pernos Hydrabolt y Omegabolt y la respectiva malla electrosoldada que se utilizaron en Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.

Para la discusión de resultados primeramente se ha calculado los costos de sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada y posteriormente se calculó los costos incurridos con el sistema de sostenimiento de pernos Omegabolt y la respectiva malla electrosoldada y finalmente con los datos obtenidos se realizó el análisis correspondiente en la Rampa San Ignacio Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.

4.2. RESULTADOS OBTENIDOS SEGÚN LOS OBJETIVOS

OBJETIVO I

Determinar los costos de sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada en la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.

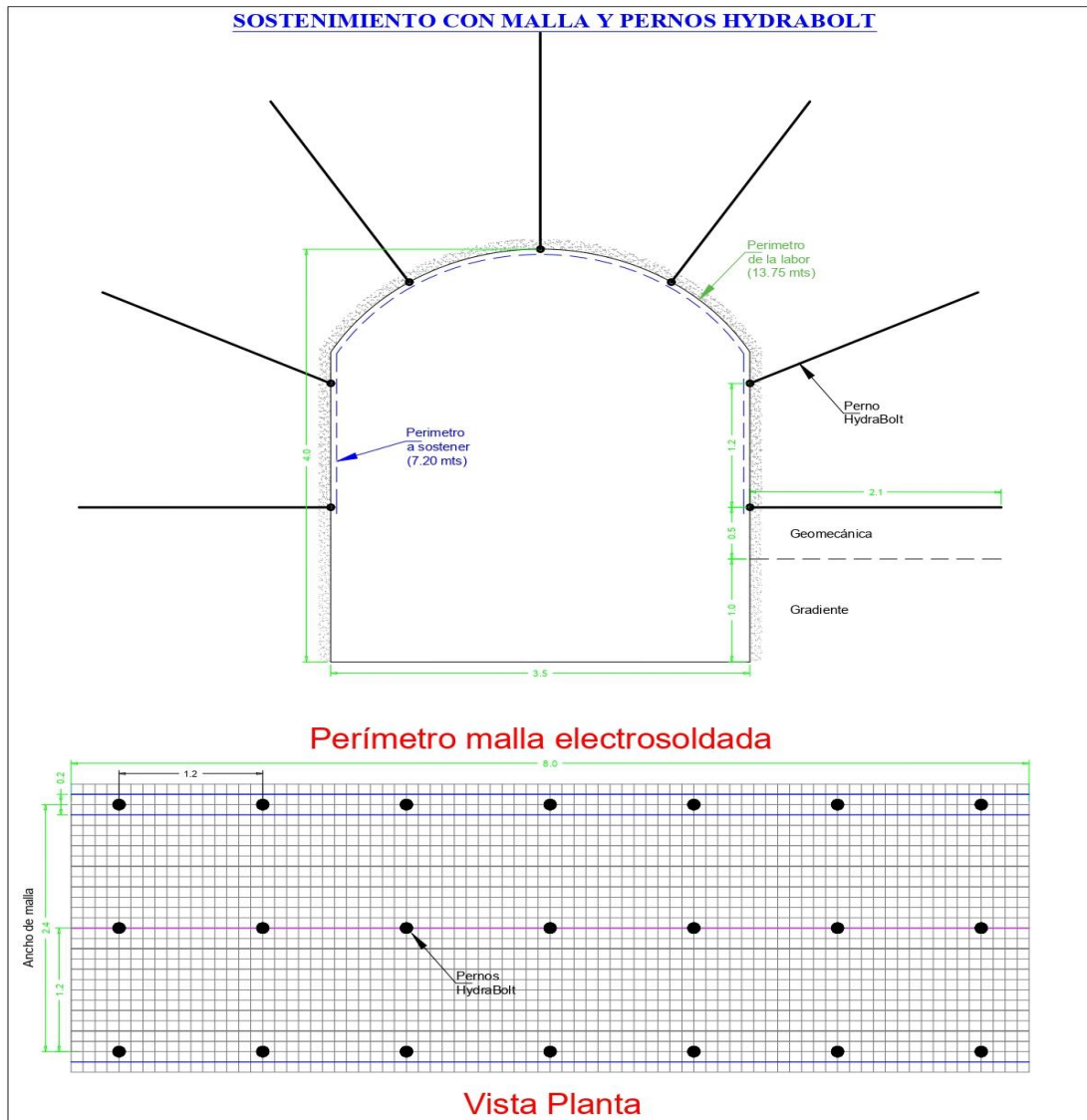
4.3. SISTEMA DE SOSTENIMIENTO CON PERNOS HYDRABOLT Y

MALLA

Para instalar la labor minera, con el sostenimiento de pernos Hydrabolt y malla electrosoldada, se realizó el corte de la malla electrosoldada según la sección de la labor a sostener y posteriormente se pasó a perforar los taladros para insertar los pernos según la distribución, dicha distribución de taladros se preparó según las indicaciones y recomendaciones del departamento de geomecánica de la Unidad Minera.

4.4. COSTO DE PERNOS HYDRABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA

Los pernos Hydrabolt de 7 pies de longitud se adquirió a un costo de 12,75 US\$/unidad y la malla electrosoldada de un rollo de 25 metros de longitud por 2,40 metros de ancho se adquirió a un costo de 247,50 US\$, resultando un costo de 4,13 US\$/m².



	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS		
	EMPRESA: Unidad Minera Pallancata - Hochschild Mining	AÑO: 2022	LAMINA N°:
	PLANO: Sostenimiento Con Perno Hydrabolt y Malla Electrosoldada	FORMATO: A4	01
	Departamento: Ayacucho Provincia: Paríacochas Distrito: Coronel Castañeda	ESCALA: 1:45	

Figura 7. Diseño de malla y pernos Hydrabolt.

4.5. COSTO DE INSTALACIÓN DEL SOSTENIMIENTO CON PERNOS

HYDRABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA

Para calcular los costos de instalación del sistema de sostenimiento con pernos Hydrabolt, se ha considerado los costos de mano de obra, costo del equipo de perforación, costo de materiales de sostenimiento y los costos de implementos de seguridad.

Tabla 5.

Costo de materiales de sostenimiento

Descripción	Cantidad	Costo US\$/unidad	US\$/guardia
Perno Hydrabolt	50	12,75	637,50
Malla electrosoldada	75 m ²	4,13	309,75
TOTAL			947,25

Tabla 6.

Costo de mano de obra con Hydrabolt

T. C. 1 US\$ = S/. 3,85

Mano de obra directa	N° de personal	Jornal en soles	Costo US\$/guardia
Supervisor	1	90	23,38
Operador Jumbo	1	85	22,08
Maestro de sostenimiento	1	80	20,78
Ayudante	1	70	18,18
Sub total			84,42
Leyes sociales	104 %		87,79
TOTAL			172,22

Tabla 7.

Costo de materiales de perforación

Accesorios	Cantidad	Costo US\$/unidad	Vida útil pp.	Pp.	US\$/pp.	US\$/guardia
Barra cónica 7'	1	115	1,200	225	0,095	23,94
Barra cónica 3'	1	58	1,250	125	0,046	6,44
Broca de 39 mm	1	44	450	125	0,097	13,58
Broca de 38 mm	1	41	450	225	0,091	22,93
Total						66,89

Tabla 8.

Costos de implementos de seguridad

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US\$/unidad	Vida Útil	Costo US\$/guardia
Casco de seguridad	Pza.	4	14,15	300	0,19
Correas porta lámpara	Pza.	4	5,12	300	0,07
Lentes de seguridad	Pza.	4	13,25	120	0,44
Guantes de cuero	Pares	4	5,75	25	0,92
Botas de jebe	Pares	4	23,16	180	0,51
Mamelucos	Pza.	4	25,35	180	0,56
Respiradores	Pza.	4	23,76	180	0,53
Filtro de respiradores	Pares	4	3,72	15	0,99
Tapón de oídos	Pares	4	2,65	120	0,09
Ropa de jebe	Pza.	2	34,27	180	0,38
Lámpara de batería	Pza.	4	117,31	300	1,56
COSTO TOTAL					6,24

Tabla 9.

Costo de equipo de perforación para sostenimiento

Equipo	Costo de adquisición US\$	Costo de traslado de quipo US\$	Total		
Equipo de perforación Jumbo	276 500	3 500	280 000		
Equipo	Costo US\$	Vida útil Pies/perforados	US\$/pie	Pies perforados	US\$/guardia
Equipo de perforación Jumbo	280 000	240 000	1,17	350	409,50
Total					409,50

Tabla 10.

Costo total de instalación de perno Hydrabolt y malla Electrosoldada

Descripción	Costo de instalación, total US\$	Área a sostener m ²	Costo de instalación en US\$/m ²
Sostenimiento con perno Hydrabolt	1602,10	75	21,36
TOTAL			21,36

Costo total de instalación en US\$/m² = 21,36 US\$/m²



OBJETIVO II

Reducir los costos de sostenimiento con pernos Omega Bolt y malla electrosoldada en la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.

4.6. SOSTENIMIENTO CON PERNOS OMEGABOLT Y MALLA

Para instalar el sostenimiento con pernos Omega Bolt y malla electrosoldada, se preparó la malla electrosoldada según las dimensiones de la sección de la Rampa San Ignacio y luego se perforó los taladros para colocar los pernos, el espaciamiento para perforar los taladros se preparó según las indicaciones y recomendaciones del departamento de geomecánica de la Unidad Minera Pallancata.

4.7. COSTO DE PERNOS OMEGABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA

Los pernos Omega Bolt de 7 pies de longitud fueron adquiridos a un costo de 10,05 US\$/unidad y la malla electrosoldada de un rollo de 25 metros de longitud por 2,40 metros de ancho se adquirió a un costo de 247,50 US\$, resultando un costo promedio de 4,13 US\$/m². El análisis se realizará en base a estos costos.

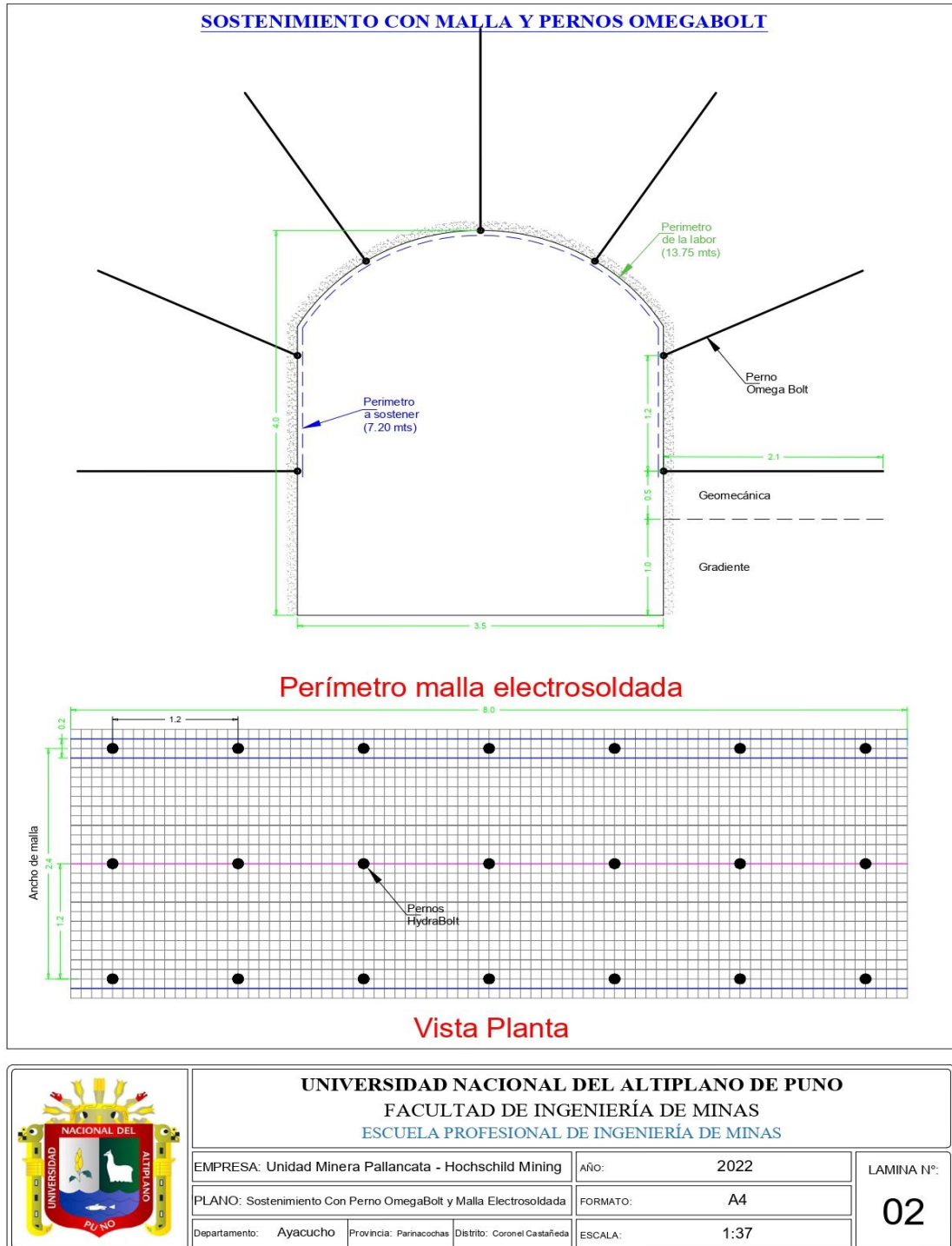


Figura 8. Diseño de malla y pernos Omega Bolt.

4.8. COSTO DE INSTALACIÓN DE SOSTENIMIENTO CON PERNOS

OMEGABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA

Tabla 11.

Costo de materiales de sostenimiento con Omega Bolt

Descripción	Cantidad	Costo US\$/unidad	US\$/guardia
Perno Omega Bolt	50	10,05	502,50
Malla electrosoldada	75 m ²	4,13	309,75
TOTAL			812,25

Tabla 12.

Costo de mano de obra con Omega Bolt

T. C. 1 US\$ = S/. 3,85

Mano de obra directa	N° de personal	Jornal en soles	Costo US\$/guardia
Supervisor	1	90	23,38
Operador Jumbo	1	85	22,08
Maestro de sostenimiento	1	80	20,78
Ayudante	1	70	18,18
Sub total			84,42
Leyes sociales	104 %		87,79
TOTAL			172,22

Tabla 13.

Costo de materiales de perforación con Omega Bolt

Accesorios	Cantidad	Costo US\$/unidad ad	Vida útil pp.	Pp.	US\$/pp.	US\$/guardia
Barra cónica 7'	1	115	1,200	225	0,095	23,94
Barra cónica 3'	1	58	1,250	125	0,046	6,44
Broca de 39 mm	1	44	450	125	0,097	13,58
Broca de 38 mm.	1	41	450	225	0,091	22,93
Total						66,89

Tabla 14.

Costos de implementos de seguridad con Omega Bolt

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US\$/unidad	Vida Útil	Costo US\$/guardia
Casco de seguridad	Pza.	4	14,15	300	0,19
Correas porta lámpara	Pza.	4	5,12	300	0,07
Lentes de seguridad	Pza.	4	13,25	120	0,44
Guantes de cuero	Pares	4	5,75	25	0,92
Botas de jebe	Pares	4	23,16	180	0,51
Mamelucos	Pza.	4	25,35	180	0,56
Respiradores	Pza.	4	23,76	180	0,53
Filtro de respiradores	Pares	4	3,72	15	0,99
Tapón de oídos	Pares	4	2,65	120	0,09
Ropa de jebe	Pza.	2	34,27	180	0,38
Lámpara de batería	Pza.	4	117,31	300	1,56
COSTO TOTAL					6,24

Tabla 15.

Costo de equipo de perforación para sostenimiento

Equipo	Costo de adquisición US\$	Costo de traslado de equipo US\$	Total		
Equipo de perforación Jumbo	276 500	3 500	280 000		
Equipo	Costo US\$	Vida útil Pies/perforados	US\$/pie	Pies perforados	US\$/guardia
Equipo de perforación Jumbo	280 000	240 000	1,17	350	409,50
Total					409,50

Tabla 16.

Costo total de instalación de perno Omegabolt y malla Electrosoldada

Descripción	Costo de instalación, total US\$	Área a sostener m ²	Costo de instalación en US\$/m ²
Sostenimiento con perno Omegabolt	1467,10	75	19,56
TOTAL			19,56

Costo total de instalación en US\$/m² = 19,56 US\$/m²

4.9. ANALISIS DE LOS COSTOS DE SOSTENIMIENTO DE LOS PERNOS

HYDRABOLT VS OMEGABOLT

Tabla 17.

Costos de sostenimiento pernos Hydrabolt y Omegabolt y malla electrosoldada

Descripción	Pernos	Pernos	Diferencia
	Hydrabolt US\$/m ²	Omega Bolt US\$/m ²	US\$/m ²
Sostenimiento con pernos y malla	21,36	19,56	1,80
TOTAL			1,80

En la presente Tabla 17 se muestran los costos de sostenimiento por metro cuadrado tanto como para los pernos Hydrabolt y Omegabolt. Se tiene una diferencia de 1,80 US\$/m² el cual representa el ahorro generado al cambiar el sistema de sostenimiento por los pernos Omegabolt y malla electrosoldada.

Tabla 18.

Resumen de área total de la Rampa San Ignacio

Descripción	Perímetro a	Extensión total a	Área, total
	sostener (m)	sostener (m)	m ²
Sostenimiento con pernos y malla	7,20	395	2 844,0
TOTAL			2 844,0

En esta Tabla 18 se muestra el área total de la galería el cual viene a ser 2 844,0 m² de los cuales solamente un área de 2 544,0 m² requiere sostenimiento.

Tabla 19.

Costos de sostenimiento con Hydrabolt extensión total de la Rampa

Descripción	Pernos	Área total que	Costo total
	Hydrabolt	requiere sostenimiento	US\$
	US\$/m ²	m ²	
Sostenimiento con pernos y malla	21,36	2 544,0	54 339,84
TOTAL			54 339,84

En la Tabla 19 se muestra el costo total de sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada cuyo costo es de 21,36 US\$/m² para un área de 2 544,0 m² resultando en un total de 54 339,84 US\$.

Tabla 20.*Costos de sostenimiento con Omegabolt extensión total de la Rampa*

Descripción	Pernos Omegabolt US\$/m²	Área total que requiere sostenimiento m²	Costo total US\$
Sostenimiento con pernos y malla	19,56	2 544,0	49 760,64
TOTAL			49 760,64

En esta Tabla 20 se muestra el costo total de sostenimiento con pernos Omegabolt y malla electrosoldada cuyo costo es de 19,56 US\$/m² para un área de 2 544,0 m² resultando en un total de 49 760,64 US\$.

Tabla 21.*Costo total de sostenimiento Hydrabolt vs Omegabolt*

Descripción	Proyección total m	Pernos Hydrabolt US\$	Pernos Omega Bolt US\$	Diferencia US\$
Costo sostenimiento con pernos y malla	395	54 339,84	49 760,64	4 579,20
TOTAL				4 579,20

En la presente Tabla 21 se muestra el análisis de costos total, para una proyección de 395 m, con un área sostenida de 2 544,0 m² del perno Hydrabolt vs Omegabolt obteniendo un ahorro de 4 579,20 US\$ de ahorro aplicando el sistema de sostenimiento con pernos Omegabolt y malla electrosoldada.

4.10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS CON OTRAS FUENTES

Los resultados de la presente investigación a nivel general que, mediante el sistema de sostenimiento con pernos Omega Bolt se tiene una reducción de costos en comparación con los pernos Hydrabolt, obteniendo como resultando que el sistema de sostenimiento con pernos Omegabolt es el más eficiente y optimo, en la Rampa San Ignacio Unidad Minera Pallancata – Ayacucho. En contraste con (Vega, A. 2022) en su estudio tenía como objetivo explicar en base a que; se podría seleccionar el mejor sistema de sostenimiento, entonces llegó a la conclusión de que el costo de sostenimiento es un factor de vital importancia para determinar el sistema de sostenimiento más eficiente y



optimo; al evaluar los costos de sostenimiento anterior, concluye que al implementar el nuevo sistema de sostenimiento los costos se reducen. Ambos resultados indicaron una rentabilidad positiva para cada una de las empresas mineras.

En el presente trabajo de investigación se llegó a los siguientes resultados, que mediante el sistema de sostenimiento con pernos Omega Bolt se tiene una reducción de costos en comparación con los pernos Hydrabolt, los costos se redujeron de 21,36 US\$/m² a 19,56 US\$/m², obteniendo como resultando que el sistema de sostenimiento con pernos Omegabolt es el más eficiente y optimo, en la Rampa San Ignacio Unidad Minera Pallancata – Ayacucho. En contraste con (Pantigozo, D. 2013) quien tenía como objetivo primordial, determinar el mejor sistema de sostenimiento activo, más eficiente y óptimo. Llega a la conclusión de que, los pernos Hydrabolt y Omegabolt, proporcionan anclajes más uniformes y eficientes. Además de que el costo por perno instalado, está directamente relacionado con la longitud del perno, el costo del perno Omegabolt instalado es de 20,09 US\$/m² y el costo por perno instalado del Hydrabolt es de 10,95 US\$/m². Obteniendo como resultado que el mejor sistema de sostenimiento son con los pernos Hydrabolt. Este resultado es debido a que las dimensiones y la distribución de los pernos Hydrabolt y Omegabolt varían.

En el presente trabajo de investigación al evaluar el sistema de sostenimiento con pernos Hydrabolt, se pudo determinar que el costo de sostenimiento con este sistema fue de 21,36 US\$/m² en la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho. En comparación con (Castañeda, M. 2012) quien también tenía como objetivo determinar el costo de sostenimiento con pernos Hydrabolt el cual resultó en 15,93 US\$/perno, y a partir de este resultado también pudo comparar los costos de los diferentes tipos de sostenimiento para poder determinar el más optimo y eficiente.

Al analizar los costos del sistema de sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla

electrosoldada se pudo determinar que el costo de sostenimiento anterior total fue de 21,36 US\$/m² en la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho. En comparación con (Guillermo, C. 2020) quien, mediante la metodología de evaluación de costos de sostenimiento, también pudo determinar que, el costo de sostenimiento anterior con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada resultaron en 42,92 US\$/m². Teniendo así una comparativa similar.

En este trabajo de investigación se pudo llegar al siguiente resultado, que mediante el sistema de sostenimiento con pernos Omegabolt y malla electrosoldada se pudo determinar que el costo de sostenimiento fue de 19,56 US\$/m², para un perno de 7 pies de longitud obteniendo una ventaja de 1,80 US\$/m² sobre el anterior sistema de sostenimiento, estos resultados se acercan a los obtenidos por (Soni, A. 2000) quien mediante el análisis de deficiencias en el proceso de sostenimiento, llegó a la conclusión de que el costo de instalación de los pernos Omegabolt (Swellex) fue de 5,91 US\$/ft, teniendo una ventaja de 2,25 US\$/m² sobre el anterior sistema de sostenimiento.

En el presente trabajo de investigación se llegó a los siguientes resultados, que mediante el sistema de sostenimiento con pernos Omega Bolt y malla electrosoldada en referencia con los pernos Hydrabolt y malla electrosoldada los costos, se redujeron de 21,36 US\$/m² a 19,56 US\$/m², logrando un beneficio de 1,80 US\$/m², en la Rampa San Ignacio Unidad Minera Pallancata – Ayacucho. Estos resultados son similares al estudio de investigación realizado por (Huamaní, D. 2014), quien concluye que, que con el uso de los pernos Hydrabolt se obtiene un mayor soporte de carga y al menor costo, esto comparado con el sistema de sostenimiento de pernos Split Set. La ventaja del perno Hydrabolt radica en su menor tiempo de instalación y cuyo costo de sostenimiento resultó en 12,81 US\$/m². Teniendo una ventaja en los costos de 2,25 US\$/m².



V. CONCLUSIONES

Se pudo determinar que el sistema de sostenimiento más óptimo y eficiente es con los pernos Omegabolt y malla electrosoldada cuyo costo resultó en 19,56 US\$/m² en la Rampa San Ignacio de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.

Los costos de sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada fue de 21,36 US\$/m², y el sistema de sostenimiento con pernos Omegabolt y malla electrosoldada fue de 19,56 US\$/m², obteniendo un ahorro de 1,80 US\$/m², lo que significa un ahorro del 8.42 % del costo total de sostenimiento por metro cuadrado en la Rampa San Ignacio Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.

Al evaluar los costos de sostenimiento para los 395 m de la Rampa San Ignacio se pudo llegar a la conclusión de que solamente 2 544,0 m² requerirá sostenimiento, obteniendo un costo de 54 339,84 US\$ para los pernos Hydrabolt y malla electrosoldada, así como 49 760,64 US\$ para los pernos Omegabolt y malla electrosoldada obteniendo así un ahorro total de 4 579,20 US\$ en toda la extensión de la Rampa San Ignacio Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el estudio específico de las características y ventajas de los diferentes pernos de roca que se utilizan en el sostenimiento de labores mineras subterráneas.

Se recomienda realizar el estudio geomecánico detallado de otras labores subterráneas de la minera para determinar el tipo de sostenimiento más adecuado, según las características del macizo rocoso de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.

Realizar estudios de costos de sostenimiento con el sistema Cable Bolting previo estudio de caracterización del macizo rocoso de las labores mineras de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antúnez, (2010). *Sostenimiento con pernos helicoidales, empleando Jumbos Electrohidráulicos de brazo retráctil en la Mina Palca - Cia Minera Santa Luisa. Capacitación y servicio técnico minero E.I.R.L. (2010). Estabilizador de fricción Split set cementado.*
- Atlas, C. (2003). *Compresores de aire eléctricos transportables.*
- Bieniawski, Z. (1973). *Clasificación del macizo rocoso según la clasificación geomecánica RMR.*
- Castañeda, M. (2012). *Estudio Comparativo Entre el Perno Helicoidal y el Perno Hydrabolt para Sostenimiento y Seguridad en la RAMPA 690s del Consorcio Minero Horizonte.*
- Corrales Z. (2019). *Reducción de costos de sostenimiento mediante análisis comparativo de madera vs pernos Split Set y malla electrosoldada en labores subterráneas de la Unidad Minera Esperanza – Arequipa.*
- Deere et al. (1967). *Clasificación geomecánica de Deere. Índice RQD.*
- Durant, B. (2005). *Manual de ingeniería de costos.* Puno: FIM UNA.
- Espinoza, O. (2009). *Tipos de roca y sostenimiento a aplicarse en la U.E.A. Paula.*
- Guillermo, C. (2020). *Optimización de CAPEX y OPEX en Sostenimiento de Labores Mineras Mediante Pernos Hydrabolt y Malla Electrosoldada en la Empresa Minera ARAPA S.A.C. – Arequipa – 2019.*
- Guzmán, F. (2000). *Costos de producción en operaciones mineras Subterráneas Industria de Fortificación minera S.A.C. (2010). Split set en línea.*
- Hernández, Fernández & Baptista (2014). *Metodología de la Investigación, McGraw - Hill Interamericana de Editores S.A. -México.*
- Hoek & Brown, (2000). *Hoek-Brown failure criterion.*



- Huamani, D. (2014). *Optimización del Sostenimiento Mediante el Uso de Hydrabolt Unidad Minera Bateas - CONGEMIN JH S.A.C.*
- Iriarte, I. (2012). *Gerencia Estratégica de Costos y Presupuestos en Minería.*
- Marinos *et al.* (2005). *Rock mass properties.*
- Jhony, B. (2013). *Costos de producción y la teoría de costos de operación en una mina subterránea. PERU.*
- Maldonado, Z. (2008). *Aplicaciones geomecánicas en Mina Chungar. Cerro de Pasco.*
- Mining Rock, (2011). *Empresa productora de elementos metálicos para fortificación. Tipo Split set- Chile.*
- New Concep Mining, (2023). <https://www.ncm.co.za/>
- Ozain, C. (2007). *Manejo de Costos y Producción, Perú.*
- Osinerghmin, (2017). *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas.*
- Pantigozo, D. (2013). *Comparación de Rendimiento entre Omegabolt e Hydrabolt en el Sostenimiento en Minas Subterráneas para Elección Optima*
- Promec Fortificaciones S.A. (2010). *Catálogo de productos, proveedora de mecanizados San Bernardo- Chile.*
- Quilca, A. (2005). *Sostenimiento en minería subterránea COSUDE- proyecto GAMA.*
- Ramirez, H. (2005). *Sostenimiento, módulo de capacitación técnico, Empresas Minera MACDESA.*
- Ramirez, S. (2000). *Parámetros geomecánicos para sostenimiento en minería subterránea, Área de planeamiento, Mina Catalina Huanca.*
- Ros, E. (2006). *Proyecto, manual de anclaje para sostenimiento en minería y obra civil, Universidad Politécnica de Cartagena.*
- Sandvik, Co. (2019). *Sistemas de sostenimiento: <https://www.home.sandvik/es-la/>*

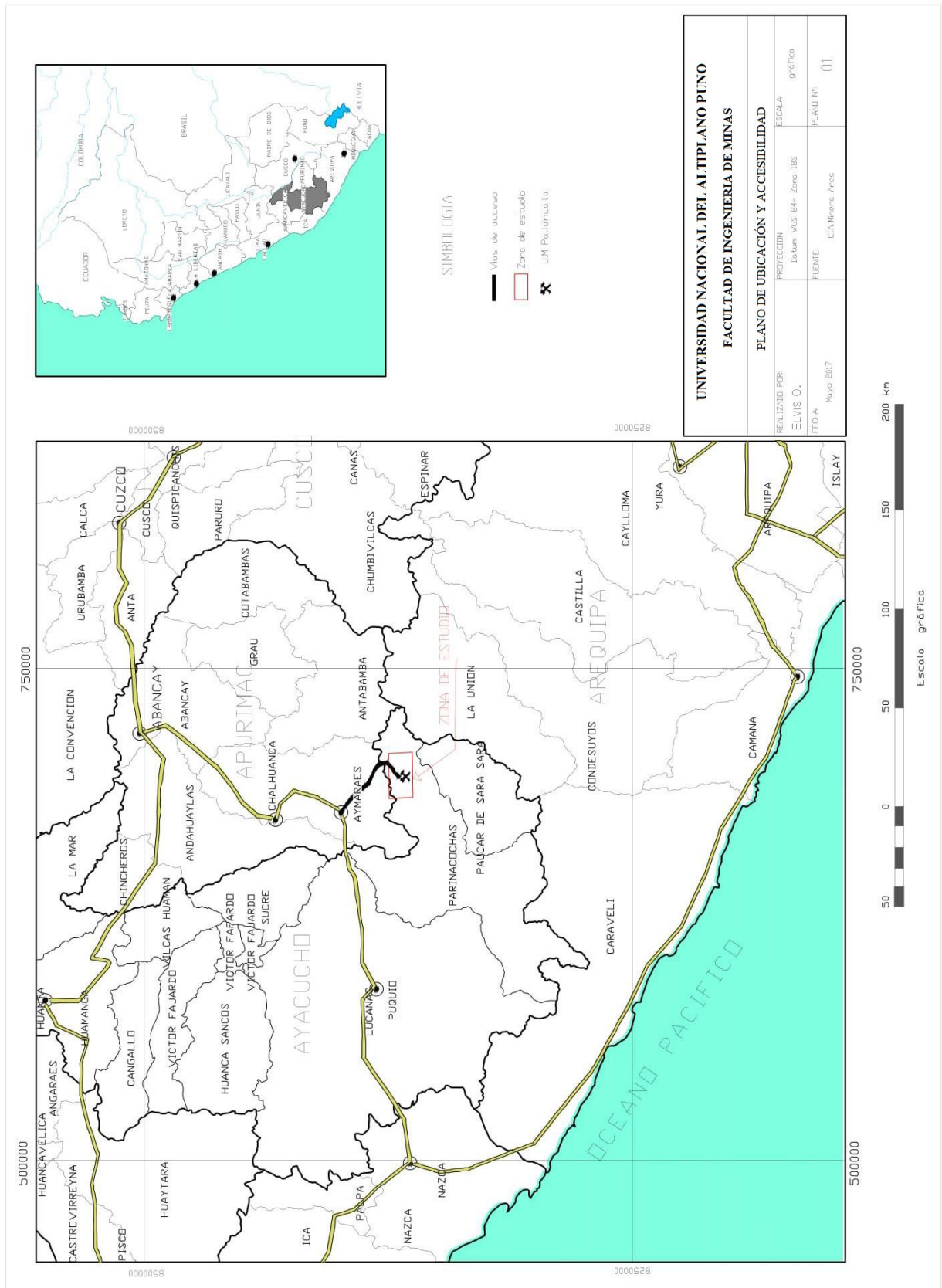


- Schwiser, P. y Alza, A. (2009). *Sostenimiento en minas subterráneas mediante mallas romboidales de alambre de acero de alta resistencia.*
- Suasnabar & Ugarte (2019). *Análisis técnico para la optimización del sostenimiento en los frentes de la Compañía Minera Casapalca S.A.*
- Soncco, C. (2005). *Informe de trabajo profesional, experiencias del empleo de sostenimiento práctico minero en la Cía. Minera Huarón.*
- Soni, A. (2000). *Analysis of Swellex Bolt Performance and a Standardized Rockbolt Pull Test Datasheet and Database.*
- Técnica, N. (2015). *Elementos para la determinación de costo horario de los equipos y maquinarias. Ministerio de construcción.*
- Torres, C. (2011). *Análisis del sistema de sostenimiento con perno Split Set y malla electrosoldada aplicado en labores de explotación en la Unidad Minera EL COFRE - CIEMSA.*
- Calderón M. (2018) *Caracterización Geomecánica para la Determinación del Tipo de Sostenimiento en la Galería Gavilán de Oro de la UEA Ana María.*
- Vega, A. (2022). *Caracterización Geomecánica para la Aplicación de pernos Hydrabolt y Shotcrete en el sostenimiento de labores mina Animón – 2022.*



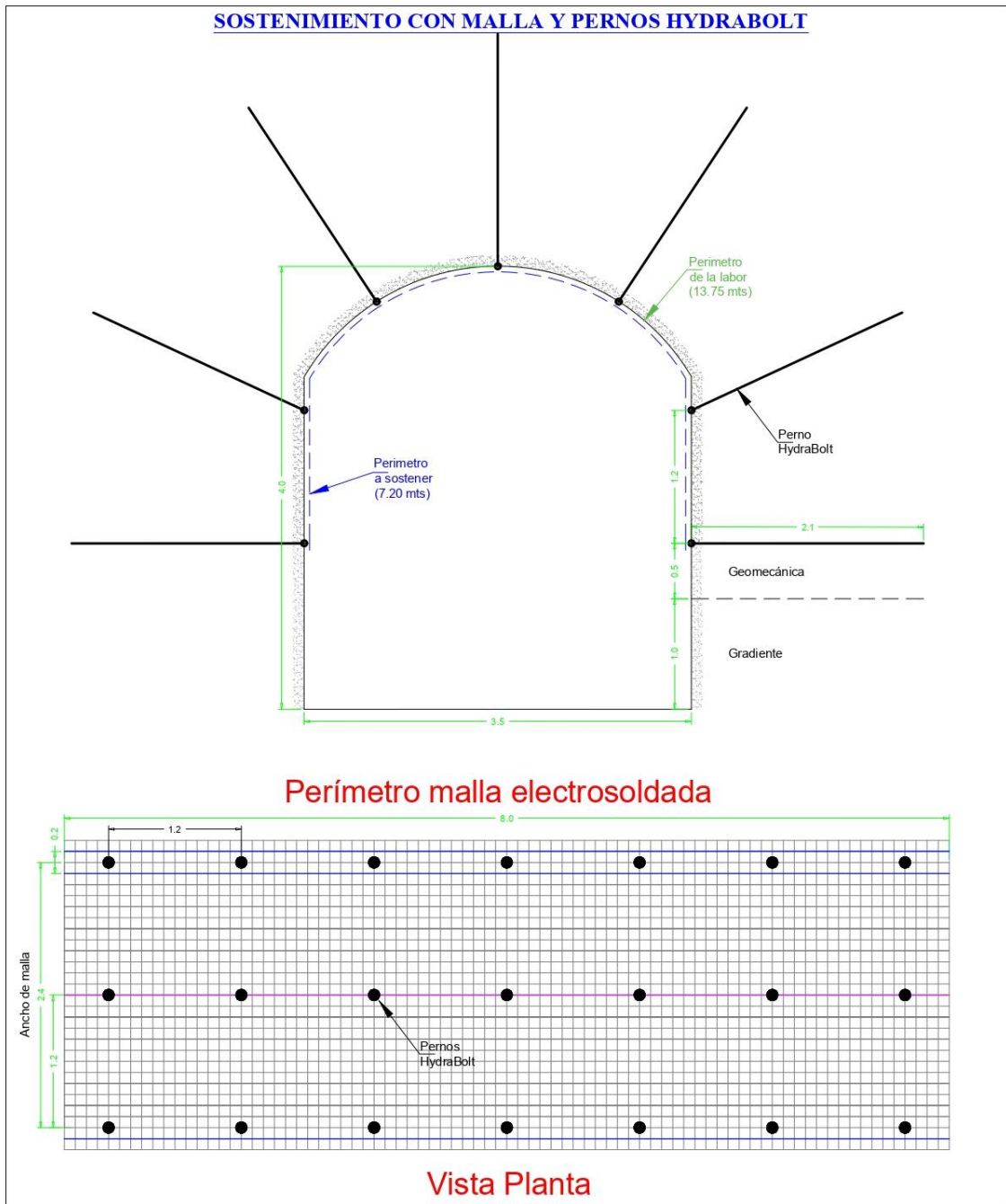
ANEXOS

ANEXO 1. Ubicación de la Unidad Minera Pallancata – Ayacucho



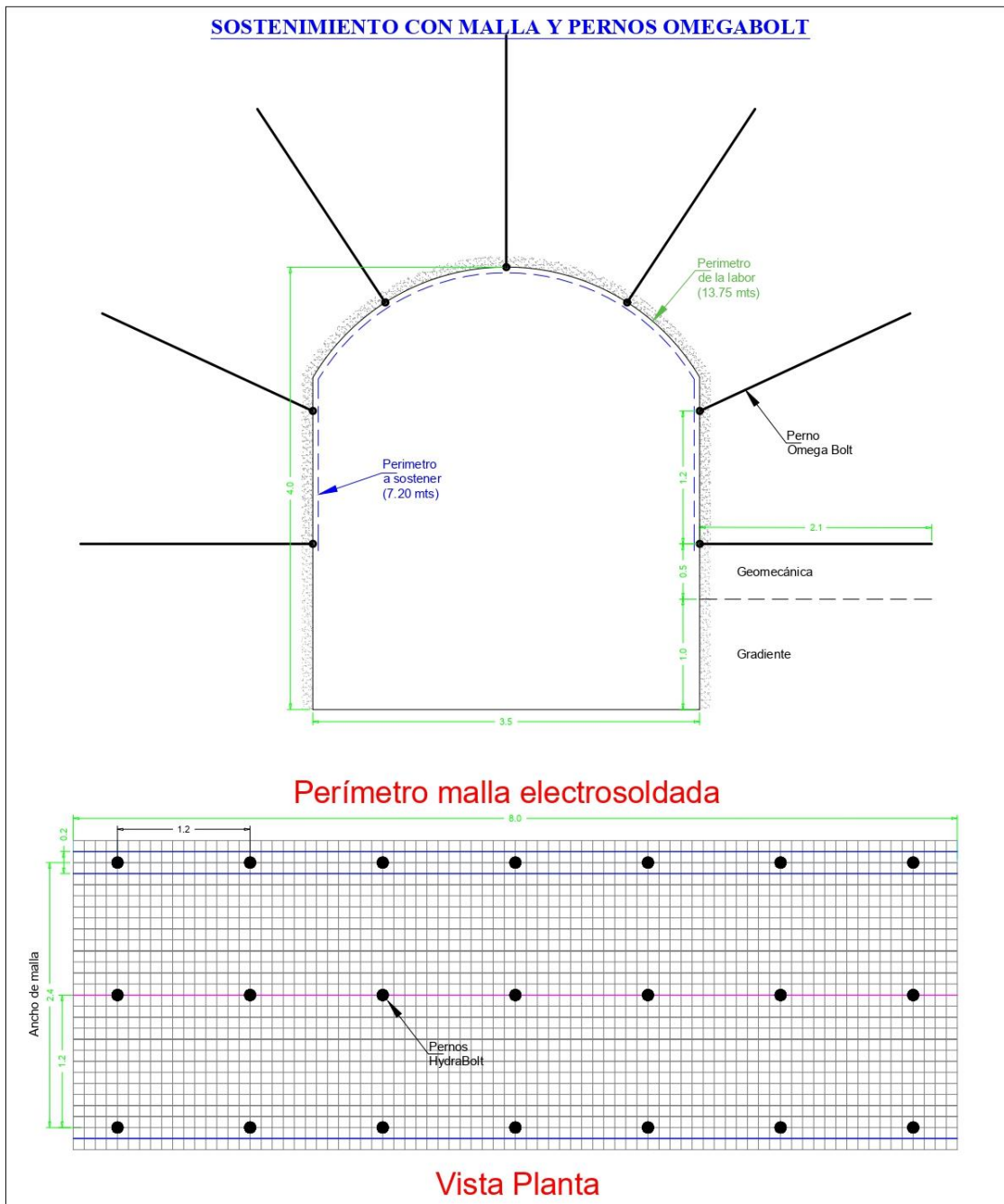


ANEXO 2. Sostenimiento con malla electrosoldada y pernos Hydrabolt



	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS			AÑO: 2022	LAMINA N°: 01
	EMPRESA: Unidad Minera Pallancata - Hochschild Mining		FORMATO: A4		
	PLANO: Sostenimiento Con Perno Hydrabolt y Malla Electrosoldada		ESCALA: 1:45		
	Departamento: Ayacucho	Provincia: Parinacochas	Distrito: Coronel Castañeda		

ANEXO 3. Sostenimiento con malla electrosoldada y pernos Omegabolt



	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS			LAMINA N°: 02
	EMPRESA: Unidad Minera Pallancata - Hochschild Mining	AÑO: 2022		
	PLANO: Sostenimiento Con Perno OmegaBolt y Malla Electrosoldada	FORMATO: A4		
	Departamento: Ayacucho	Provincia: Parinacochas	Distrito: Coronel Castañeda	
	ESCALA: 1:37			

ANEXO 4. Ubicación de pernos Hydrabolt



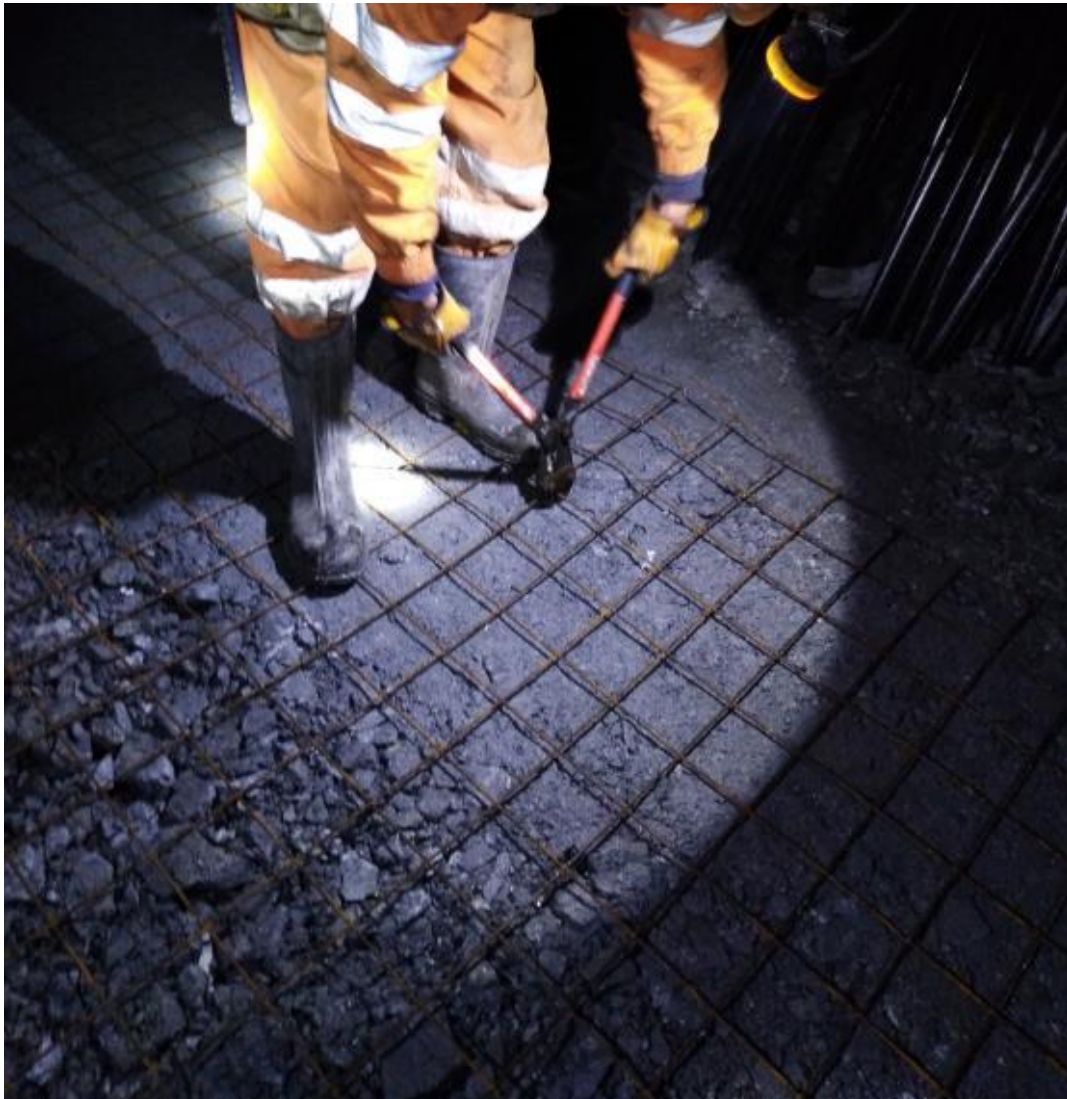
ANEXO 5. Proceso de perforación para el sostenimiento



ANEXO 6. Ubicación de la malla electrosoldada



ANEXO 8. Proceso de inflado de perno Omegabolt y preparación de malla electrosoldada



ANEXO 9. Proceso de sostenimiento





ANEXO 10. 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 ELVIS OSCALLA TUMBILLO
identificado con DNI 70689278 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:

REDUCCIÓN DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO DE LABORES MEDIANTE PERNOS
OMEGABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA EN LA RAMPA SAN IGNACIO DE LA
UNIDAD MINERA PALLANCATA – AYACUCHO

^{*)} 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 11. Autorización para el depósito de tesis o trabajo de investigación 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 ELVIS OSCALLA TUMBILLO
identificado con DNI 70689278 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:

"REDUCCIÓN DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO DE LABORES MEDIANTE PERNOS OMEGABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA EN LA RAMPA SAN IGNACIO DE LA UNIDAD MINERA PALLANCATA - AYACUCHO"

^{*)} 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 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella