

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y  
CIVIL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**TESIS:**

**“Evaluación geomecánica del Pique 650 para la aplicación de mejoras del sostenimiento en su rehabilitación, Alpayana S.A. - 2022”**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Felix Dante IPURRE SUAREZ**

**Asesor:**

**Msc. Ing. Roberto Juan GUTIERREZ PALOMINO**

**Para optar el título profesional de:**

**INGENIERO DE MINAS**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

A Dios por Padre porque siempre guía mi camino y me ilumina para tomar las mejores decisiones en la vida. A mis padres, por siempre acompañarme y apoyarme incondicionalmente en cada paso importante de mi vida,

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad San Cristóbal de Huamanga,  
a mis profesores aquellos con los que estuve en  
este camino y que siempre me apoyaron para el  
logro de este paso importante en mi futura vida  
profesional.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal la evaluación geomecánica del Pique 650 para mejora de sostenimiento en su rehabilitación en Mina Alpayana S.A. – 2022, y como objetivos específicos: Valorar el factor de seguridad en la mejora del sostenimiento en el pique 650 durante su rehabilitación, y establecer la viabilidad de los costos unitarios en la mejora del sostenimiento en el pique 650 durante su rehabilitación.

La hipótesis general de esta investigación es: La evaluación de la condición geomecánica mejora el sostenimiento del pique 650 durante su rehabilitación en Alpayana S.A. – 2022 y como secundarias se presentan: La valoración del factor de seguridad contribuye en la mejora del sostenimiento en el pique 650 durante su rehabilitación y la viabilidad de los costos unitarios contribuye en la mejora del sostenimiento en el pique 650 durante su rehabilitación

El método de la investigación es No Experimental Transaccional, estrechamente relacionado con el tipo descriptivo y correlacional, teniendo como población al pique de la UM Alpayana, y como muestra el Pique vertical 650.

La evaluación geomecánica del macizo rocoso está comprendida por clasificaciones geomecánicas que se originan empíricamente, con el fin de evaluar el tipo de soporte en las actividades de explotación.

La investigación concluyo en que la evaluación geomecánica nos permite proponer un sostenimiento mejorado, fortificado que va a actuar en el macizo rocoso del pique de manera estable el cual dará una labor estable y segura.

Palabras clave: Geomecánica, pique vertical, sostenimiento, macizo rocoso.

## **SUMMARY**

The main objective of this research work is the geomechanics evaluation of Pique 650 to improve support in rehabilitation in Alpayana S.A. – 2022, and as specific objectives: Assess the safety factor in improving support in the 650 shaft during its rehabilitation, Alpayana S.A. –2022 and establish the viability of the unit costs in the improvement of support in the 650 shaft during its rehabilitation, Alpayana S.A. – 2022.

The general hypothesis of this research is: The evaluation of the geomechanics condition improves the support of the shaft 650 during its rehabilitation in Alpayana S.A. – 2022 and as secondary are: The assessment of the safety factor contributes to the improvement of support in the 650 shaft during its rehabilitation, Alpayana S.A. – 2022 and the viability of the unit costs contributes to the improvement of the support in the 650 shaft during its rehabilitation, Alpayana S.A. – 2022.

The research method is Non-Experimental Transactional, closely related to the descriptive and correlational type, having as a population the pique of the UM Alpayana, and as shown by the Pique vertical 650.

The investigation concluded that the geomechanical evaluation allows us to propose an improved, fortified support that will act in the rocky massif of the shaft in a stable manner, which will provide stable and safe work.

Keywords: Geomechanics, vertical shaft, support, rock mass.

## INDICE

DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
RESUMEN .....	III
SUMMARY .....	IV
INDICE .....	V
INDICE DE TABLA.....	IX
INDICE DE GRAFICO .....	XI
INDICE DE ILUSTRACION .....	XII
INDICE DE ANEXO .....	XIII
INTRODUCCION .....	1
CAPITULO I.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	2
1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1. <i>ESPACIAL</i> .....	3
1.2.2. <i>Delimitación Temporal</i> .....	3
1.2.3. <i>Delimitación Conceptual</i> .....	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3.1. <i>Problema Principal</i> .....	3
1.3.2. <i>Problemas Secundarios</i> .....	4
1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS.....	4
1.4.1. <i>Objetivo Principal</i> .....	4
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	4
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	4

1.5.1. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.5.2. IMPORTANCIA .....	5
1.6. LIMITACIONES .....	5
1.7. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	5
1.7.1. <i>Hipótesis Principal</i> .....	5
1.7.2. <i>Hipótesis Secundarias</i> .....	5
CAPITULO II.....	6
MARCO REFERENCIAL .....	6
2.1. ANTECEDENTES NACIONALES .....	6
2.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	7
2.3. BASES TEÓRICAS.....	8
2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	15
CAPITULO III.....	21
METODOLOGÍA.....	21
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	21
3.2. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
3.1. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	22
3.1.1. <i>Población</i> 22	
3.1.2. <i>Muestra</i> 22	
3.2. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
3.2.1. <i>Variable Independiente</i> .....	22
3.2.2. <i>Variable Dependiente</i> .....	22
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	22
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	23
3.4.1. <i>Técnicas de la Investigación</i> .....	23
CAPITULO IV .....	24
CARACTERIZACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO .....	24
4.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	24
4.2. ACCESIBILIDAD.....	24

4.3. CLIMA Y VEGETACIÓN.....	25
4.4. ANTECEDENTES .....	25
4.5. GEOLOGÍA REGIONAL.....	26
4.5.1. ESTRATIGRAFÍA .....	27
4.5.2. ROCAS ÍGNEAS .....	28
4.6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	28
4.6.1. <i>Anticlinales – Sinclinales</i> .....	28
4.6.2. <i>Fallas y Fracturas</i> .....	28
4.7. GEOLOGÍA LOCAL.....	28
4.7.1. <i>PISO VALLE</i> .....	29
4.8. GÉNESIS Y PARAGÉNESIS.....	30
4.8.1. <i>MINERALIZACIÓN</i> .....	30
4.8.2. ZONEAMIENTO .....	31
4.8.3. <i>ALTERACIONES</i> .....	31
4.8.4. <i>ALTERACIONES</i> .....	32
4.9. ESTRUCTURA DE UN PIQUE.....	36
4.9.1. <i>SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN PIQUE</i> .....	36
4.9.2. <i>SECCIÓN RECTANGULAR</i> .....	37
4.10. <i>ÍNDICE DE CALIDAD DE ROCA - RQD</i> .....	37
4.11. SISTEMA RMR.....	39
4.12. GEOMECÁNICA.....	41
4.12.1. EVALUACIÓN GEOMECÁNICA .....	41
4.12.2. <i>ASPECTO TEXTURAL</i> .....	41
4.12.3. DISTRIBUCIÓN DE DISCONTINUIDADES .....	42
4.12.4. CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO.....	44
4.12.5. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA.....	44
4.12.6. ESTIMACIÓN DE ESFUERZOS.....	45
4.12.7. EVALUACIÓN DE SOSTENIMIENTO.....	45
4.13. TIPOS DE SOSTENIMIENTOS (ACTIVOS Y PASIVOS) .....	46
4.13.1. SOSTENIMIENTO CON PERNOS HELICOIDALES .....	46
4.13.2. <i>SOSTENIMIENTO CON SPLIT SET</i> .....	47
4.13.3. <i>SOSTENIMIENTO CON PERNOS DE ANCLAJE</i> .....	48
4.13.4. <i>SOSTENIMIENTO CON MADERA</i> .....	48
4.13.5. <i>SOSTENIMIENTO CON CIMBRAS METÁLICAS</i> .....	49



4.13.6. SOSTENIMIENTO CON CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE.....	50
4.14. EVALUACIÓN CONDICIONES DEL PIQUE. ....	51
4.15. REHABILITACIÓN DEL PIQUE.....	55
4.16. MEJORAS DEL SOSTENIMIENTO DEL PIQUE .....	56
4.16.1. PERFORACIÓN.....	56
4.16.2. INSTALACIÓN DE PERNOS DE ANCLAJE.....	57
4.16.3. INSTALACIÓN DE CABLE BOLTING.....	58
4.17. RESISTENCIA DE SOSTENIMIENTO APLICADO .....	66
4.18. COSTOS DE REHABILITACIÓN.....	70
4.18.1. PERSONAL .....	70
4.18.2. ACEROS.....	71
4.18.3. EQUIPOS.....	72
4.18.4. COSTOS INDIRECTOS.....	72
4.18.5. COSTOS DIRECTOS.....	73
4.18.6. RESUMEN DE COSTOS DE REHABILITACIÓN PIQUE 650.....	75
CAPITULO V .....	76
RESULTADOS Y DISCUSION .....	76
5.1. Resultados .....	76
5.2. Discusión.....	78
5.3. Prueba de Hipótesis.....	79
BIBLIOGRAFIA.....	81
ANEXOS.....	85

## INDICE DE TABLA

Tabla 1:Operacionalización de Variables .....	22
Tabla 2: Valores RQD.....	38
Tabla 3: Escala de clasificación RMR .....	40
Tabla 4: Calificación Geomecánica RMR .....	40
Tabla 5:Parámetros de Clasificación RMR.....	41
Tabla 6: Distribución de discontinuidades .....	42
Tabla 7: Programa de actividades.....	55
Tabla 8: Resistencias.....	59
Tabla 9: Pruebas de ensayo .....	62
Tabla 10: Factor de seguridad 1.....	67
Tabla 11: Factor de seguridad 2.....	68
Tabla 12: Diferencias de factor de seguridad .....	69
Tabla 13: Distribución de personal.....	70
Tabla 14: Costos personal .....	71
Tabla 15: Costos Aceros .....	71
Tabla 16: Costos equipos .....	72
Tabla 17: Costos indirectos .....	73
Tabla 18: Costos directos .....	74
Tabla 19: Resumen de costos .....	75

Tabla 20: Evaluación de pruebas .....	76
Tabla 21: Factor de seguridad 1.....	77
Tabla 22: Factor de seguridad 2.....	77
Tabla 23: Diferencias de factor de seguridad .....	78
Tabla 24: Evaluación 1 y 2.....	79
Tabla 25: Prueba T de Student .....	79
Tabla 26: Validez.....	80

## INDICE DE GRAFICO

Gráfico 1: Factor de seguridad 1 .....	67
Gráfico 2: Factor de seguridad 2 .....	68
Gráfico 3: Diferencia de factor de seguridad .....	69

## INDICE DE ILUSTRACION

Ilustración 1: Ubicación .....	24
Ilustración 2: Columna Estratigráfica .....	27
Ilustración 3:Diseño de Pique rectangular .....	37
Ilustración 4: Sistema 1 .....	42
Ilustración 5: Sistema 2 .....	43
Ilustración 6:Sistema 3 .....	43
Ilustración 7: Clasificación geomecánica de rocas RMR.....	44
Ilustración 8: Tabla Q .....	45
Ilustración 9: Inspección Pique 1 .....	52
Ilustración 10: Inspección 2 .....	52
Ilustración 11: inspección 3.....	53
Ilustración 12: Inspección 4 .....	53
Ilustración 13: Pique 650.....	54
Ilustración 14: Barras de perforación.....	57
Ilustración 15: Pernos helicoidales .....	58
Ilustración 16: Partes perno helicoidal .....	58
Ilustración 17: Cable bolting .....	59
Ilustración 18: Instalación de malla .....	63
Ilustración 19: Lanzado de shotcrete .....	65

## INDICE DE ANEXO

Anexo 1: Matriz de consistencia.....	86
Anexo 2: Supervision.....	1
Anexo 3: Operaciones .....	1
Anexo 4: Rehabilitación.....	2
Anexo 5: Inspección Pique.....	2

## INTRODUCCION

La investigación llamada “Evaluación Geomecánica de Pique 650 para Mejora de Sostenimiento en su Rehabilitación, Alpayana S.A. -2022” partió a raíz de la problemática que se tuvo en las labores de avance y para asegurar la vida útil de la actividad dentro del pique 650, durante su rehabilitación se determinó la necesidad de realizar la evaluación geomecánica y así mejorar el sostenimiento del pique 650 durante su rehabilitación.

La actividad minera subterránea durante sus labores se presenta agrietamientos en las rocas lo que conlleva a una inestabilidad, y esto se determina a través de un estudio Geomecánico.

La investigación se desarrolló en 5 capítulos detallados a continuación:

En el Capítulo I se desarrolló el planteamiento de la realidad problemática, se formularon el problema, la hipótesis y el objetivo; también se encuentra la justificación, la importancia, las limitaciones y el alcance.

En el Capítulo II se encuentran los antecedentes de la investigación, tanto nacionales como internacionales; también se describen las bases teóricas.

En el Capítulo III se detalla la metodología a usar en esta investigación.

En el Capítulo IV se presenta la caracterización del ámbito de estudio, las características de la empresa y el detalle del desarrollo de la investigación (cronograma, instrumentos de medición, etc.)

En el Capítulo V finalmente se presenta el desarrollo de los resultados del trabajo de investigación. Posteriormente se encuentran las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

# CAPITULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Realidad Problemática

En el presente estudio de investigación se busca alegar que el pique 650 requiere ser evaluado con el fin de obtener mejoras en el sostenimiento durante su rehabilitación y así asegurar el tiempo de vida útil de dicha actividad, utilizando para ello tecnología innovadora de sostenimiento pasivo y activo durante la rehabilitación del pique 650.

Alpayana S.A. evalúa el pique 650 por hallarse en condiciones inadecuadas, que serán identificados, valorados y reformados en la rehabilitación del Pique Vertical; la producción de minerales en los niveles inferiores es una necesidad para la compañía y por ello la rehabilitación del pique vertical debe ejecutarse primero porque la Unidad Minera depende del proceso de extracción de los minerales mediante los piques verticales, considerando los piques existentes en la Unidad Minera, las labores operacionales para llevar a cabo la extracción de los minerales y con el conocimiento a mas años más profundo se encuentra el mineral y por ello la extracción del mismo a través de sistemas de piques es necesario, de allí la necesidad de contar con piques en condiciones óptimas.

De acuerdo a la frecuencia de accidentes e incidentes que se presentan por desprendimiento de rocas, es necesario un adecuado método de sostenimiento, para así mantener el equilibrio y estabilidad de las labores mineras.

En base a ello, el presente trabajo permite conocer y analizar los aportes de la evaluación geomecánica para determinar el tipo de soporte en labores explotadas. La evaluación geomecánica permite tener conocimiento en técnicas sobre las características mecánicas del



macizo rocoso, generando así alternativas o procedimientos para la prevención y control sobre el comportamiento de estructuras rocosas dentro de las labores mineras.

En temas operativos permite una mayor recuperación del mineral, incrementando la producción, reduciendo así paradas o interrupciones en el ciclo de minado, ocasionada, por problemas de estabilidad. Asimismo, minimiza la frecuencia de desprendimiento de roca, controla posibles daños a los equipos y personas, (Cunyas y Manriquez, 2022).

## **1.2. Delimitación del problema**

### ***1.2.1. Espacial***

Rojas J. (2021). describe en su tesis que “esta investigación se desarrolla en la compañía minera Alpayana S.A. se encuentra ubicada en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.”

### ***1.2.2. Delimitación Temporal***

01 año

### ***1.2.3. Delimitación Conceptual***

La investigación tiene como aspectos conceptuales los factores físicos, en los que se considera:

- Evaluación Geomecánica
- Sostenimiento de Pique

## **1.3. Formulación del Problema**

### ***1.3.1. Problema Principal***

¿Cómo evaluar la condición geomecánica para la mejora del sostenimiento del pique 650 durante su rehabilitación en Alpayana S.A. - 2022?

### **1.3.2. Problemas Secundarios**

¿Cómo contribuye el factor de seguridad en la mejora del sostenimiento del pique 650 durante su rehabilitación en Alpayana S.A. - 2022?

¿Cómo contribuye la viabilidad de los costos en la mejora del sostenimiento del pique 650 durante su rehabilitación en Alpayana S.A. - 2022?

## **1.4. Formulación de Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo Principal**

Evaluar la condición geomecánica para aplicar mejoras de sostenimiento en el pique 650 durante su rehabilitación, Alpayana S.A – 2022.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

Valorar el factor de seguridad en la mejora del sostenimiento en el pique 650 durante su rehabilitación, Alpayana S.A - 2022.

Establecer la viabilidad de los costos unitarios en la mejora del sostenimiento en el pique 650 durante su rehabilitación, Alpayana S.A - 2022.

## **1.5. Justificación e Importancia**

### **1.5.1. Justificación**

Hoy en día, para la Unidad Minera Alpayana. ex CIA Minera Casapalca, el proceso de extracción de minerales a través de piques es importante (Pique 790, Pique 885, Pique 275, Pique 650) los mismos que con el transcurrir de los años no cubren las necesidades iniciales; al notar que las reservas están cada vez a más profundidad y se necesita continuar con la extracción del mineral al ritmo usual, se llegó a la conclusión de que la rehabilitación de sus piques era completamente necesaria, se realizaron estudios geomecánicos a los piques y no todos calificaron para la profundización y teniendo la

necesidad de continuar con la producción mineral y proceso de extracción, se tomó la decisión de realizar el mantenimiento y rehabilitación del pique 650.

### **1.5.2. *Importancia***

La importancia de esta investigación se puntualiza en la:

Beneficio, la implementación de tecnologías actualizadas en minado para que nuestras actividades mineras sean más competitivas.

Relevancia Social, la importancia que tiene el estudio de investigación esta específicamente centrada en el marco laboral.

## **1.6. Limitaciones**

Durante el desarrollo de la investigación se hallaron las siguientes limitaciones:

- Incompleta información de reportes operativos de pique.
- El limitado acceso a cierta información para el desarrollo de la investigación; esto se dio porque dicha información de la empresa es de carácter confidencial.

## **1.7. Formulación de Hipótesis**

### **1.7.1. *Hipótesis Principal***

La evaluación de la condición geomecánica mejora el sostenimiento del pique 650 durante su rehabilitación en Alpayana S.A. – 2022.

### **1.7.2. *Hipótesis Secundarias***

La valoración del factor de seguridad contribuye en la mejora del sostenimiento en el pique 650 durante su rehabilitación.

La viabilidad de los costos unitarios contribuye en la mejora del sostenimiento en el pique 650 durante su rehabilitación.

## CAPITULO II

### MARCO REFERENCIAL

#### 2.1. Antecedentes Nacionales

Según (Michel Cáceres, 2017) en la investigación “Evaluación geomecánica del macizo rocoso para sostenimiento de las labores de explotación en mina San Cristóbal – Compañía Minera Volcán S.A.A. Investigación de pregrado de la Universidad San Luis Gonzaga de Ica, Facultad de Minas y Metalurgia, concluye en que la aplicación de una evaluación geomecánica establece los problemas de inconsistencia en la mina San Cristóbal y basándose en ello con la finalidad de asegurar la estabilidad de las labores se trazaron alternativas de sostenimiento.

Existen mayores ocurrencias en forma de cuñas en los subniveles donde se presentan excavaciones semejantes al sistema principal de discontinuidad, según el análisis de estabilidad estructuralmente reconocido, sabiendo que en la mayor parte de casos, la sesión de excavación se establece según el arreglo estructural.

El sostenimiento está conformado por pernos helicoidales de 10 ft x 1 pulg. Shotcrete de 2” en la primera etapa, para la segunda el sostenimiento es más pesado por el shotcrete, pernos helicoidales, malla electrosoldada y cimbras, así se determina para ese terreno”.

Según (Blas Plácido, 2016) en su investigación “La Geomecánica en el Sostenimiento en la Mina Ricotona. Estudio de pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas, Facultad de Ingeniería; donde concluye que, a través *La evaluación geomecánica se determinó el sistema de sostenimiento adecuado en la mina Ricotona de Lambrama*, con evaluaciones necesarias para los parámetros geomecánicos de RMR y RQ que determinan el sostenimiento sugerido es el que se realiza con cuadro de madera. Las determinaciones del macizo rocoso son

las establecieron el sostenimiento con cuadros de madera, este tipo de sostenimiento se gestionara en los puntos críticos de la labor minera donde sea menos estable.

El sostenimiento realizado asegurará la estabilidad de la Unidad Minera Ricotona durante el periodo en que se realice la extracción del mineral”.

Según (Pantaleón Junco, 2015), en su investigación “Evaluación geomecánica para el dimensionamiento, secuencia de minado y relleno de tajeos de una mina subterránea. Estudio de pregrado de la Universidad Católica del Perú, facultad de Ingeniería, donde se concluye que, la clasificación geomecánica del macizo rocoso se le denomina como roca regular y en ciertas zonas se le reconoce como roca mala, demostrándose los valores de clasificación para dominios litológicos.

Es recomendable efectuar un logueo geotécnico del macizo rocoso, y siguiendo con el mapeo geotécnico de las actividades subterráneas, en donde se pueda complementar al plano de valores de RMR en cada nivel, a fin de establecer las zonas con baja resistencia que puedan necesitar tratamientos específicos”.

## **2.2. Antecedentes Internacionales**

En la tesis “Estudio comparativo entre requerimientos de soporte y fortificación de túneles definidos según métodos empíricos de clasificación geomecánica versus métodos analíticos y numéricos”. El objetivo principal fue evaluar los requerimientos de soporte en túneles obtenidos a través del uso de metodologías prácticas y contrastando resultados y con el resultado semejantes obtenidos de modelos analíticos y numéricos (software), se llega a la conclusión que se necesita comprender las implicaciones del uso de metodologías empíricas en ingeniería de túneles, adoptando estas herramientas como proceso de diseño. Los resultados

deben ser comparados con otros análisis de estabilidad y aceptando la idea de que el desarrollo del diseño de túneles es un proceso constante que va a la par con la construcción de la obra”.

Según (Hidalgo y Moreno, 2011) en su tesis “Caracterización Geológica y Geomecánica con fines Ornamentales de las Rocas Aflorantes en la Serranía El Oso, Ubicada en el Municipio Cedeño, Caicara Del Orinoco - Estado Bolívar. Tesis de pre-grado. Tuvo como objetivo caracterizar geológica y geotécnicamente con fines ornamentales de rocas aflorantes en la Serranía El Oso, ubicado en el Municipio Cedeño, Caicara del Orinoco. Estado Bolívar. La investigación concluyó en que la muestra C-1 tuvo resultados de valores de resistencia a la compresión altos, y de las muestras C-2 y C-3 los valores de resistencia media según la norma UNE 22-175 y la clasificación de Deere y Miller (1963) se recomiendan como potenciales rocas aptas para uso ornamental, piedra picada o balasto”.

### **2.3. Bases Teóricas**

#### **➤ Sostenimiento en Minería**

“En toda explotación minera, el sostenimiento de las labores es un trabajo adicional de alto costo que reduce la velocidad de avance y/o producción, pero que a la vez es un proceso esencial para proteger de accidentes al personal y al equipo” (Mendieta Britto, 2014).

“El sostenimiento en minería subterránea es muy importante, ya que toda operación que se realiza en interior mina se realiza en macizos rocosos inestables, producto de la voladura de rocas y para lograr que se mantenga nuevamente estable la zona y en condiciones de trabajarla, la zona debe de redistribuir sus fuerzas, para ello es necesario la elección de un sostenimiento adecuado en base a una evaluación geomecánica previa, considerando el tipo de

roca, presencia de fallas con relleno, condición de juntas y presencia de agua subterránea” (Mendieta Britto, 2014).

### ➤ **Geomecánica**

La geomecánica es una disciplina que se centra en el estudio del comportamiento mecánico de los materiales geológicos, incluyendo tanto las rocas como los suelos. Es una fusión de ideas y conocimientos que proporciona una comprensión más profunda de las características y la estructura de la roca. (Guzmán, 2017). En el contexto de los túneles, la geomecánica busca analizar y comprender cómo los materiales geológicos se comportan frente a las cargas aplicadas, especialmente en el entorno de un túnel. En el ámbito minero, la geomecánica desempeña un papel crucial, ya que incorpora un enfoque científico en el diseño de explotaciones mineras. A diferencia de la ingeniería civil, donde los factores económicos suelen ser el criterio principal, en la geomecánica minera se busca encontrar un equilibrio entre la seguridad y la economía. Esto implica considerar la estabilidad de las excavaciones mineras y garantizar un diseño que maximice la seguridad de los trabajadores y los recursos, al tiempo que optimice los aspectos económicos. (Guzmán, 2017). La geomecánica es una ciencia que se ocupa de investigar las propiedades mecánicas de los materiales geológicos, intensa en los conceptos y teorías de la mecánica de rocas y la mecánica de suelos. Su objetivo es comprender y predecir el comportamiento de estas formaciones en relación con las fuerzas y los esfuerzos presentes, necesitará así fundamentos para el diseño y la ejecución seguros y eficientes de proyectos geotécnicos. (Ramírez, 2004 pp. 31). La Geomecánica es una disciplina que se basa en la mecánica clásica y se utiliza para estudiar el comportamiento de los materiales geológicos bajo distintas circunstancias de

esfuerzo. Su enfoque abarca escalas geométricas amplias, como la tectónica global, y su objetivo es comprender y predecir cómo los materiales geológicos se deforman y responden a las fuerzas aplicadas, proporcionando así fundamentos para la ingeniería geotécnica y la gestión de riesgos geológicos. (López, Pérez & Reyes, 2007)

#### ➤ **Evaluación Geomecánica**

“La evaluación geomecánica es aquella que contiene información geológica de parámetros que afectan al macizo rocoso y que pueden o no generar inestabilidad en las labores mineras” (Blas Plácido, 2016).

“La evaluación geomecánica del macizo rocoso influye significativamente en la elección del sostenimiento de las labores de explotación en la mina San Cristóbal – Compañía Minera Volcan S.A.A.; Asimismo, la aplicación de la evaluación geomecánica, determina los problemas de inestabilidad de la masa rocosa en la mina San Cristóbal y por lo mismo se han planteado alternativas de sostenimiento para garantizar la estabilidad de las labores. Se tiene mayor ocurrencia en forma de cuñas a lo largo de los subniveles, donde las excavaciones van paralelas al sistema principal de discontinuidad, todo esto de acuerdo al análisis de estabilidad estructuralmente controlado. El sostenimiento recomendado es con pernos helicoidales de 10 pies y shotcrete de 2 pulgadas para la primera etapa, en la segunda etapa el sostenimiento fue pesado con el uso de shotcrete, pernos helicoidales, malla electrosoldada y cimbras porque así lo requiere el terreno” (Michel Cáceres, 2017).

#### ➤ **Clasificación Geomecánica.**

Pérez (2008). La clasificación geomecánica es fundamental para evaluar la calidad del macizo rocoso en operaciones mineras tanto subterráneas como



superficiales, dado que estos 23 entornos presentan estructuras complejas. Para llevar a cabo estos trabajos mineros de manera segura y efectiva, es crucial contar con un conocimiento exhaustivo del macizo rocoso.

En la actualidad, existen numerosas clasificaciones geomecánicas disponibles, tales como Protodyakonov, Bieniawski, Laubscher and Taylor, Barton, entre otras. Estas clasificaciones similares nos permiten determinar la calidad del macizo rocoso, dividiéndolo en dominios estructurales que comparten características, como litología y espacio de juntas, entre otros factores relevantes.

Los límites de estos dominios estructurales pueden coincidir con rasgos geológicos, como fallas o diques. El objetivo principal de estas clasificaciones geomecánicas es obtener un entendimiento detallado del macizo rocoso, lo cual facilita la planificación y diseño de las labores mineras.

Asimismo, estas clasificaciones permiten tomar decisiones informadas sobre el sostenimiento adecuado y las medidas de alcance necesarias para garantizar la seguridad y eficiencia en las operaciones mineras. (Pérez, 2008)

#### ➤ **Índice de designación de la calidad de la roca según Deere**

“El índice de designación de la calidad de la roca (RQD) desarrollado por Deere, provee un estimado cuantitativo de la calidad de la masa rocosa, a partir de los testigos de la perforación diamantina.

El RQD es definido como el porcentaje de piezas de testigos intactos mayores de 100 mm (10 cm) en la longitud total del testigo.

El testigo deberá tener por lo menos un tamaño (54.7 mm o 2.15 pulgadas de diámetro) y deberá ser perforado con un cilindro de doble tubo de perforación” (Mendieta Britto, 2014).

➤ **Índice de designación de la calidad de la roca según Palmstrom**

“El RQD puede ser estimado a partir del número de discontinuidades por unidad de volumen, visibles en afloramientos rocosos o socavones. Nos dice también que la relación sugerida para masas rocosas libres de arcillas es:  $RQD = 115 - 3.3 J_v$

Donde  $J_v$  es la suma del número de discontinuidades por unidad de longitud de todas las familias de discontinuidades, conocido como el conteo volumétrico de discontinuidades.

Donde el RQD es un parámetro direccionalmente dependiente y su valor puede cambiar significativamente, dependiendo sobre todo de la orientación del taladro. El uso del conteo volumétrico de discontinuidades puede ser muy útil en la reducción de esta dependencia direccional” (Palmstrom, 1982).

➤ **Parámetros RMR**

“El RMR permite hacer una clasificación del macizo rocoso y estimar el tiempo de mantenimiento y longitud de un vano. Tiene seis parámetros que permiten clasificar al macizo rocoso de manera más detallada.

Resistencia compresiva del material rocoso (Mpa)

Designación de la calidad de la roca (RQD)

Espaciamiento de las discontinuidades

Condición de las discontinuidades

Condiciones del agua subterránea

## Orientación de las discontinuidades

En la aplicación de este sistema de clasificación, la masa rocosa es dividida en un número de regiones estructurales y cada región es clasificada en forma separada” (Mendieta Britto, 2014).

### ➤ **Diseño de sostenimiento**

Según (OSINERMIN, 2017, pág. 71) para poder diseñar el tipo de sostenimiento tener muy en cuenta:

- El comportamiento mecánico del terreno.
- Tipo de labor (Permanente o temporal)
- Identificación de las diferentes cuñas que se pueden producir en la excavación.
- Dimensión de los tajeos según la calidad de roca.
- Tiempo de auto sostenimiento después de la voladura

### ➤ **Mapeo por celdas**

"Aquí se describe un enfoque sistemático para recopilar información sobre el macizo rocoso. Este método se distingue por identificar zonas con características litológicas, geotécnicas o geológicas particulares que son relevantes para el diseño de diversos elementos, como labores, cruceros, pilares, tajos, puentes, chimeneas, galerías, tapones, entre otros" (Quispe, 2021). "Para llevar a cabo este modelo de trabajo, se requieren los siguientes materiales: un tablero para tomar notas, una cinta métrica, una brújula, un martillo de ge, formularios de mapeo, un lápiz o bolígrafo, spray para marcar en rocas, equipo de carga puntual (opcional), una cámara fotográfica, hojas de mapeo de celdas, bolsas especiales para muestras, marcadores permanentes, reflectores para iluminación, etiquetas para muestras, cintas de señalización y equipo de protección

personal" (Quispe, 2021). "Para evaluar y caracterizar el macizo rocoso, se deben establecer estaciones geomecánicas. Después de limpiar y delimitar el área a evaluar, se toman medidas en un espacio aproximado de 1m x 1m. Se registran datos sobre las principales propiedades de las discontinuidades, como la orientación de los sistemas principales, resistencia a la compresión simple (utilizando técnicas manuales como la picota geológica, barretillas o martillo), RQD, espaciamiento, continuidad, separación, rugosidad, llenado de las discontinuidades, meteorización o deterioro, y condiciones de agua subterránea.

Estos datos permiten determinar y cuantificar la calidad del macizo rocoso utilizando tres sistemas de clasificación: RMR, GSI y Q" (Osinermin, 2017, p. 50).

#### ➤ **Piques**

Estructura en mina subterránea, hecha mediante excavaciones verticales y semiverticales con direcciones hacia abajo, son de área circular, rectangular, cuadrada u ovalada, las que necesitan de una estructura completa de soporte en superficie y subterráneo para su construcción y operación.

Llevar a cabo la construcción de un pique se le considera como actividad peligrosa, no obstante, la ingeniería y control de apoyo pueden hacer que los riesgos reduzcan. Esto convierte a la minería en una actividad segura y efectiva.

Durante la construcción de un pique se presentan ciertos problemas con factores y características especiales de su ejecución, tal como:

Un área de trabajo reducido en parte inferior de la labor.

Espacio reducido que conlleva a que tanto el personal entrante como saliente tenga movilidad limitada.

Presencia de agua en la zona.

Las formaciones de las rocas, cambian de calidad de acuerdo a la zona geoestructural.

El equipo de limpieza adopta una ruta larga y complicada en el pozo.

➤ **Voladura de Piques**

Para el removimiento de rocas en piques, se debe usar una voladura de grado apropiado de explosivos que tengan resistencia al gua y sean poco volátiles. Los métodos de excavación varían de acuerdo a la calidad de la roca, si es que ésta requiere el uso de explosivos con velocidad baja para darle una forma adecuada a la roca. El uso de explosivos por lo general es para que el agua no complete una acción determinada. Este proceso se puede realizar disparando desde arriba del pique o desde una altura ideal por medio de detonadores de seguridad eléctricos y no eléctricos con mecha larga, tal como la longitud de la excavación.

➤ **Sostenimiento en piques**

Se le considera como el equilibrio del impacto que la presión de la apertura de un pozo subterráneo origina. Es una acción importante en el armado del pique, es por eso que los responsables de la actividad minera sienten un compromiso y es necesario que la labor sea segura, el sostenimiento tiene como finalidad la seguridad de las personas, así se considera evitar colapsos, evitar que las maquinarias, instrumentos bastos y las personan sufran daños y finalmente que las labores se deformen subterráneamente.

Existen dos tipos de sostenimientos:

- ✓ Provisional
- ✓ Permanente

**2.4. Definición de Términos Básicos**

➤ **Apertura**

Es la separación entre las paredes rocosas de una discontinuidad o el grado de abierto que ésta presenta. A menor apertura, las condiciones de la masa rocosa serán mejores y a mayor apertura, las condiciones serán más desfavorables.

➤ **Agua subterránea**

Es el agua que se encuentra en el subsuelo, ocupando los espacios porosos o fracturas de las rocas. Las aguas subterráneas debidamente explotadas constituyen el abastecimiento principal para el desarrollo de las ciudades, industrias, agronomía, etc. El agua subterránea puede ser confinada cuando se encuentra a cierta profundidad de la superficie y el acuífero se halla limitado entre dos capas o rocas impermeables.

➤ **Buzamiento**

Es el ángulo de inclinación o ángulo diedro comprendido entre el plano de la roca o estructura y el plano horizontal. Buzamiento es la línea de máxima pendiente de un estrato. La dirección del buzamiento siempre es perpendicular al rumbo o dirección.

➤ **Contacto litológico**

Que comúnmente forman, por ejemplo, la caja techo y caja piso de una veta.

➤ **Chimeneas o cuellos volcánicos**

Son intrusiones que han dado origen a los conos volcánicos.

➤ **Deformación**

Modificación que sufre una roca o material por acción de una o más esfuerzos. (Ramírez, 2004).

➤ **Desplazamiento**

“Es la distancia recorrida por un bloque rocoso a través de un plano de movimiento”.  
(Arango, 2014).

➤ **Diaclasa**

También denominadas juntas, son fracturas que no han tenido desplazamiento y las que más comúnmente se presentan en la masa rocosa.

➤ **Dique**

Son intrusiones de roca ígnea de forma tabular, que se presentan generalmente empinadas o verticales.

➤ **Espaciado**

Es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes. Éste determina el tamaño de los bloques de roca intacta. Cuanto menos espaciado tengan, los bloques serán más pequeños y cuanto más espaciado tengan, los bloques serán más grandes.

➤ **Esfuerzo**

Fuerza aplicada sobre un área y/o superficie que tiende a cero. (Osinermin, 2017).

➤ **Estratificación**

Disposición paralela o subparalela que toman las capas de las rocas sedimentarias, durante su sedimentación. (Ramírez, 2004).

➤ **Estrato**

Es la roca formada por la sedimentación de fragmentos o partículas provenientes de la desintegración de las rocas pre existentes. (Ramírez, 2004).

➤ **Estructura**

“Esta referido a la disposición, arreglo y cohesión de los materiales constituyentes de un determinado cuerpo rocoso”. (Solís, 2016).

➤ **Falla**

Son fracturas que han tenido desplazamiento. Éstas son estructuras menores que se presentan en áreas locales de la mina o estructuras muy importantes que pueden atravesar toda la mina.

➤ **Masa rocosa**

Es el medio in situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales.

➤ **Macizo rocoso**

“Conjunto de matriz rocosa y discontinuidades. Presenta carácter heterogéneo, comportamiento discontinuo y normalmente anisótropo, consecuencia de la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad, que condicionan su comportamiento Geomecánico e hidráulico”. (Ramírez, 2004).

➤ **Meteorización**

Puede ser definida como la alteración física superficie, debido a la reacción química de las rocas en es con soluciones atmosféricas líquidas o gaseosas. La importancia de la meteorización radica en su efecto sobre las propiedades mecánicas de los materiales a los que afecta, así como en la influencia sobre las características friccionales de las superficies sobre las que actúa.

➤ **Meteorización física suelos duros**

Como consecuencia de ésta, la apertura de las discontinuidades aumenta o pueden formarse nuevas fracturas por el relajamiento de la roca.

➤ **Meteorización química**

Origina la decoloración de la roca hasta la descomposición de la misma.



- **Meteorización biológica**

Está regida por la presencia y actividad de los seres vivos.
- **Orientación**

Es la posición de la discontinuidad en el espacio y comúnmente es descrito por su rumbo y el buzamiento. Cuando un grupo de discontinuidades se presentan con similar orientación o en otras palabras son aproximadamente paralelas, se dice que éstas forman un “sistema” o una discontinuidades.
- **Persistencia**

Es la extensión en área o tamaño de una discontinuidad. Cuanto menor sea la persistencia, la masa rocosa será más estable y cuanto mayor sea ésta, será menos estable.
- **Planos de foliación o esquistosidad**

Se forman entre las capas de las rocas metamórficas dando la apariencia de hojas o láminas.
- **Planos de estratificación**

Dividen en capas o estratos a las rocas sedimentarias.
- **Pliegues**

Son estructuras en las cuales los estratos se presentan curvados
- **Relleno**

Son los materiales que se encuentran dentro de la discontinuidad. Cuando los materiales son suaves, la masa rocosa es menos competente y cuando éstos son más duros, ésta es más competente.
- **Roca**

“Agregado natural de partículas de uno o más minerales, con fuerte unión cohesiva permanente, que constituyen masas geológicamente independientes y cartografiables” (Ferrer, 1999).

➤ **Roca intacta**

Es el bloque ubicado entre las discontinuidades y podría ser representada por una muestra de mano o trozo de testigo que se utiliza para ensayos de laboratorio.

➤ **Rugosidad**

Es la aspereza o irregularidad de la superficie de la discontinuidad. Cuanta menor rugosidad tenga una discontinuidad, la masa rocosa será menos competente y cuanto mayor sea ésta, la masa rocosa será más competente.

➤ **Rumbo**

Dirección que sigue la línea de intersección formada entre el plano horizontal y el plano del estrato o estructura geológica, con respecto al norte o al sur.

➤ **Venillas**

Son rellenos de las fracturas con otros materiales.

➤ **Zona de corte**

Son bandas de material que pueden ser de varios metros de espesor, en donde ha ocurrido fallamiento de la roca.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

La investigación del tipo descriptivo y correlacional.

Descriptivo

Se busca detallar y describir las propiedades y características geomecánicas de macizo rocoso para determinar la calidad del mismo, y analizarlo según los parámetros establecidos por la geomecánica, su finalidad es especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis (Hernández et al, 2014).

Correlacional

La finalidad es medir y describir la relación que existe entre la calidad del macizo rocoso y la seguridad de las excavaciones, lo que llevara a crear alternativas de control ante los problemas de estabilidad que puedan presentarse en las labores.

Se busca determinar el grado de relación o asociación (no causal) existente entre dos o más variables. Para ello, primero se miden las variables y luego, con pruebas de Hipótesis y aplicando técnicas estadísticas, se estima la correlación (Arias, 2006).

#### **3.2. Método de la Investigación**

La investigación presentará un diseño no experimental, como señala Kerlinger (1979, p. 116). “La investigación no experimental es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones.

### 3.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es cuantitativo de tipo no experimental, según Hernández, Fernández y Baptista (2010) describen que son “Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos”

### 3.1. Población y Muestra

#### 3.1.1. Población

Piques de la unidad minera Alpayana

#### 3.1.2. Muestra

Pique Vertical 650

### 3.2. Variables de la Investigación

#### 3.2.1. Variable Independiente

Evaluación Geomecánica

#### 3.2.2. Variable Dependiente

Sostenimiento de Pique

### 3.3. Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de Variables

Nombre	Dimensiones	Indicadores
Evaluación Geomecánica	<ul style="list-style-type: none"><li>• Factores Geológicos.</li><li>• Factores Geomecánicos</li><li>• Factores Geoeconómicos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Forma del Yacimiento</li><li>• Potencia de veta</li><li>• Inclinación</li><li>• Resistencia de la roca</li><li>• Espaciamiento entre fracturas</li><li>• Resistencia de las discontinuidades</li></ul>
Sostenimiento de pique	<ul style="list-style-type: none"><li>• Calidad</li><li>• Cantidad</li><li>• Distancia</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ley</li><li>• Volumen</li><li>• Tonelaje</li><li>• Rentabilidad económica</li></ul>

Fuente: Autor

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **3.4.1. Técnicas de la Investigación**

Las técnicas que se aplicaron en esta investigación son las siguientes:

- Análisis documentario: “Detectar, obtener y consultar la bibliografía y otros materiales que parten de otros conocimientos y/o informaciones recogidas moderadamente de cualquier realidad, de manera selectiva, de modo que puedan ser útiles para los propósitos del estudio” (Sampieri et al., 2000, p.50)
- Observación: “La observación se fundamenta en la búsqueda del realismo y la interpretación del medio. Es decir, a través de ella se puede conocer más acerca del tema que se estudia basándose en actos individuales o grupales como gestos, acciones y posturas. Es una eficaz herramienta de investigación social para juntar información, si se orienta y enfoca a un objetivo específico” (Sampieri et al., 2000)

Se usó la información recolectada de estudios geomecánicos de la mina Alpayana hechos anteriormente para comparar, realizando una investigación aplicada con la finalidad de analizar las alternativas de sostenimiento para el pique vertical 650.

## CAPITULO IV

### CARACTERIZACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

#### 4.1. Descripción de la Empresa

Compañía Minera Alpayana S.A. se ubica en la provincia de Huarochirí, en el distrito de Chicla, se encuentra a 4 822 de altitud, colinda con los distritos de 3 de enero, San Antonio, San Mateo y Pomacocha. Está ubicada en el 120 km de la carretera central.

Tiene como coordenadas U.T.M:

N: 8710,846.06

E: 366,063.80 4

*Ilustración 1: Ubicación*



*Fuente: Autor*

#### 4.2. Accesibilidad

La accesibilidad a Compañía Minera Alpayana S.A. es por carretera asfaltada desde Lima hasta Casapalca con distancia de 117 Km aproximadamente, allí si encuentra la Empresa Minera Yauliyacu S.A., de donde se continúa por carretera afirmada de 5 km. Subiendo por la quebrada Carmen hasta S.E. y finalmente conduce a la Compañía Minera Alpayana S.A., el tiempo total de viaje es de 3 horas.

### **4.3. Clima y Vegetación**

En la zona donde la Unidad minera está ubicada se aprecian dos estaciones específicas:

Temporada de Lluvias: Esta temporada está conformada por los meses de Diciembre a marzo, se caracteriza por precipitaciones fuertes e incluso presencia de nieve, la temperatura es de 10°C llegando a bajar hasta 0°C, con precipitaciones de 700 mm anuales.

Temporada Seca:

La temporada seca el resto del año caracterizado por un clima seco casi en su totalidad. La altitud y sequedad de la atmósfera determinan un alto grado de evaporación, que es relativamente alta, la dirección predominante del viento, especialmente de los vientos fuertes, es desde el Oeste a Este alcanzando velocidades de 30 Km/hra.

Existen especies dentro de su ecosistema que le dan apariencia característica de Pajonales con gramíneas en manojos predominantes sobre el resto de especies que lo acompañan, malezas con vegetación de poste bajo y mediano como mutuy (*cassia hookeriana*), Chillca (*Baccharis sp*) entre plantas medicinales, pedregales, ortigas y *margiricarpus* creciendo sobre las piedras.

### **4.4. Antecedentes**

En el año 1961 La Compañía Minera Cerro de Pasco Corporation consiguió los derechos mineros de la Compañía Minera Casapalca, que hasta el año 1968 explotó sus recursos con una producción de 2,500 TM/mes.

En el año 1969 se crea la empresa estatal Centromin Perú la misma que adquiere la totalidad de propiedades de Compañía Cerro de Pasco Corporation (incluyendo Compañía Minera Casapalca) iniciando una nueva forma de trabajo.

Para el año 1987 Centromin Perú cierra operaciones y vende los derechos a la Compañía Minera Casapalca S.A. la que inicia operaciones con una producción de 2,500 TM/mes y continúa con un aumento de producción hasta llegar a los 45,000 TM/mes para el año 2004.

Del 2005 en adelante la Compañía Minera Casapalca S.A. inicia la ampliación de sus operaciones, mecanizando la zona de cuerpos con equipos Trackles, construcción del Pique Patty en la zona de esperanza, Profundizando el Pique Soledad y Pique 790 en la zona de oroya, renovando el equipo de acarreo y optimizando la productividad minera hasta lograr una producción récord de 100,000 Tm/mes en el 2007.

Con la construcción del Pique 650 Alex desde el nivel 1 hasta el 10, se extendió la producción y para continuar con la extracción de mineral de niveles inferiores se continuó profundizando el pique en el 2013, y así se realice el izaje desde el nivel 10, suministrado desde el mismo nivel y niveles inferiores de explotación.

A finales del 2019 Compañía Minera Casapalca S.A. pasó a llamarse Alpayana S.A. con una nueva visión, misión, nuevos pilares corporativos.

En el 2022 incorporaron a las unidades polimetálicas Yauliyacu (Huarochirí) e Iscaycruz (Oyón) adquiriendo la totalidad de las acciones de Los Quenuales (antes Glencore).

#### **4.5. Geología Regional**

Según (Prado N., 2015) “Alpayana S.A. se sitúa en el cinturón volcánico de la Cordillera Occidental Andina, cuyo relieve tiene fuertes pendientes y erosión profunda, modelado por la acción glaciár y presencia de nieve perenne en las costas más elevadas”.



### 4.5.1. Estratigrafía

Según (Prado N., 2015) “La Columna estratigráfica de la región se conforma básicamente por areniscas, lutitas calcáreas, calizas, brechas, rocas volcánicas, tufos y lavas, que alcanzan un espesor de 5,400 m aproximadamente”.

Ilustración 2: Columna Estratigráfica

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	GROSOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN			
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósitos aluviales			Arenas, gravas y limos.			
		PLEISTOCENA	Depósitos glaciares			Mortoneas			
	NEÓGENO	PLIOCENA	Grupo Jilga	Formación Matsuta	50		Capas lacustrias arenas y limos poco consolidadas.		
				Formación Ualino	100		Conglomerados fluviales.		
			Formación Ingañasi	50		Tobas blancas calcáreas.			
			Formación Yanacancha	250		Tobas blancas calcáreas. Disc. era.			
	PALEÓGENO	MIOCENA		Formación Huatuchiri	400		Lavas, brechas, conglomerados andosíticos.		
				Formación Milotingo	400		Tobas sicilíicas y riolíticas con intercalaciones de areniscas.		
			Formación Castrovineyna	150		Lava andeítica a dacítica, areniscas volcánicas			
		OLIGOCENA		Grupo Sacaquero	2015			Volcánico - sedimentario con intercalaciones de tobas.	
		EOCENA	SUP.						Andeita / Riolita
	MED.		Formación Tantará	100			Dormios andosíticos a riolíticos, gris verdosa.		
		PALEOCENA						Disc. ang.	
MESOZOICA	CRETÁCEO	SUPERIOR	Formación Casapalca	4000			Lutitas, areniscas, limolitas y conglomerados de color rojo.		
				Formación Colandín	400			Dioritas.	
				Formación Junasha	400			Calizas pardo amarillentas con margas calcáreas, yeso.	
		INFERIOR		Formación Paritambo	120			Calizas compactas en estratos gruesos a delgados.	
				Formación Chislec	220			Calizas, lutitas de color negro fétida.	
				Formación Paritahuano	260			Calizas gris pardo amarillentas y margas calcáreas.	
			Grupo Cofreaguiza		Formación Ferrol	700			Calizas y margas calcáreas.
					Formación Cathua	450			Areniscas de grano medio blanco a gris rojo.
					Formación Santa	100			Areniscas con intercalaciones de lutitas violáceas.
					Formación Chimú	400			Caliza gris y arcillas abigarradas.
	JURÁSICO	MEDIA		Formación Chauscha	300		Cuarcitas grises con intercalaciones de material bituminoso.		
			Formación Cercasputú	322			Lodolitas y limolitas calcáreas, calizas y dolomitas.		
		INFERIOR	Grupo Pucara	Formación Condorlinga	1000		Areniscas de grano fino a grueso color blanco a gris.		
		Formación Arantachay		400		Calizas gris azulada con presencia de venillas de calcitas.			
		Formación Chamberá		300		Intercalaciones de caliza con nódulos calcárea y limonarcillas carbonosas.			
	TRIÁSICO	SUPERIOR					Calizas micríticas con nódulos de chert.		
	PALEOZOICA	PERMIANO	SUPERIOR	Grupo Milu	1700		Disc. ang.	Secuencia rítmica molásica, conglomerados con clastos de volcánicos.	
INFERIOR			Grupo Copacabana	150			Intrusivos y brechas volcánicas.		
CARBÓNIFERO		SUPERIOR	Grupo Tarma	1300			Areniscas, calizas y lutitas de color brumáceo.		
		INFERIOR	Grupo Ambo	900			Lutitas y limolitas grises con intercalaciones de areniscas		
DEVONIANO		SUPERIOR	Grupo Cabanillas	780				Monzogranitos, granitos.	
		MEDIA							
		INFERIOR							
SILURIANO ORDOVICIANO				Metasedimentitas no diferenciadas	700			Conglomerados, molasas rítmicas, areniscas félsopáticas.	
								Disc. ang.	
								Secuencias tipo fish con areniscas, lutitas y pizarras	
							Filitas con escasas intercalaciones de cuarcita, negro grisáceas, basaltos, metatoba y mármoles.		

Fuente: Área de Geología de Alpayana S.A.

#### **4.5.2. Rocas Ígneas**

Según (Prado N., 2015) “Proviene de los magmas, se les puede definir como materia rocosa fundida, los magmas que son expulsados por las lavas se componen por una compleja fase líquida silicatada que predominan en muchos casos”.

Existen dos tipos de rocas ígneas:

- ✓ Rocas ígneas Plutónicas (Intrusivas)
- ✓ Rocas ígneas Volcánicas (Extrusivas)

#### **4.6. Geología Estructural**

##### **4.6.1. *Anticlinales – Sinclinales***

Según (Prado N., 2015) “Teniendo entre los más importantes al gran sinclinal Pumatara – Aguascocha, Anticlinal Casapalca y anticlinal de Antupuquio, todos con dirección NW-SE.

Este conjunto de plegamientos controla todo el fallamiento y fracturamiento transversal al eje del sinclinal, que es la principal estructura, debido a que la mineralización se realizó en estas estructuras”.

##### **4.6.2. *Fallas y Fracturas***

Según (Prado N., 2015) “Las estructuras más significativas del distrito, son las fallas perpendiculares al eje del sinclinal Pumatara - Aguascocha, las cuales tienen dirección N-S y se encuentran rellenas por soluciones hidrotermales”.

#### **4.7. Geología Local**

En la zona existen las siguientes unidades morfológicas:

#### **4.7.1. Piso Valle**

Según (Prado N., 2015) “Se ubica a lo largo de la quebrada Carmen, se emplaza entre los 4100 y 4500 m.s.n.m. con pendientes de 25° a 30° y longitud de 2 km. Hasta su cruce con el valle del río Rímac. El piso Valle está caracterizado por su composición de materiales coluviales y morrénicos”.

##### **a) Montañas den Norte y Sur**

Según (Prado N., 2015) “Ubicadas al norte y sur de la quebrada Carmen, se caracterizan por sus fuertes pendientes de entre 4200 y 4700 m.s.n.m. se componen de materiales sedimentarios en las zonas bajas y volcánicas en las zonas más altas”.

##### **b) Circo Glaciar**

Según (Prado N., 2015) “Se ubica al este del campamento Carmen entre los 4600 y 4700 m.s.n.m. con una pendiente moderada a llana, que se une con una laguna glaciar se compone de materiales morrénicos”.

##### **c) Montañas del Este**

Según (Prado N., 2015) “Se ubica al este del campamento Carmen, compuesta por pendientes abruptas y accidentadas entre los 4600 y 5200, formada por rocas sedimentarias y volcánicas”.

##### **d) Drenaje**

Según (Prado N., 2015) “La quebrada Carmen compone el drenaje principal de la zona, la que surca de norte a sur hasta desembocar al afluente principal representado por el río Rímac”.

## **4.8. Génesis y Paragénesis**

Según (Prado N., 2015) “La Unidad Minera Alpayana S.A. es un yacimiento poli metálico del tipo "cordillerano" con minerales, cuya raíz parte de los fluidos hidrotermales que traen los iones metálicos y rellenaron las fracturas con sulfuros y sulfosales Ag, Pb, Zn y Cu, dando lugar a vetas y cuerpos mineralizados”.

### **4.8.1. Mineralización**

Según (Prado N., 2015) “En la zona de vetas la Unidad Minera Alpayana S.A. produce principalmente plata (tetraedrita, freibergita), plomo (galena), zinc (esfalerita) y cobre en cantidades menores (calcopirita), son minerales de menor a mayor abundancia.

Los minerales de ganga están conformados por pirita, calcita, rodocrosita y cuarzo.

En la zona minera de Alpayana los recursos se dividen preliminarmente y adelantan lo siguiente: las cuatro estructuras mayores bajaran 2000 hasta 3500 m.s.n.m. puesto que las vetas emergen de forma discontinua con extensiones no regulares la que se resume en extensión total de las 4 vetas en 13km.

Considerando como ancho promedio de veta de 1.1 m. el P.e. 2.9, altura aproximando 200 metros, al producto T.M. le castigo con el 70% como margen de seguridad y se tiene 25,000.00 TM de recursos.

En la zona de cuerpos, Alpayana produce zinc, (marmita y esfalerita) plata (tetraedrita) en menor proporción, plomo (galena) y cobre (calcopirita). Los minerales ganga se representan principalmente por pirita, calcita y cuarzo”.

#### **4.8.2. Zoneamiento**

Según (Prado N., 2015) “El zoneamiento más definido está en dirección horizontal, la vertical se relación a la presencia de atentita, pirargirita y otras sulfosales acompañadas de piritita y cuarzo en las partes superiores de la mina.

Mackinstry, Noble y otros realizaron estudios basados en cambios mineralógicos que se relacionan con las temperaturas de la formación de los minerales en la extensión e intensidad de alteración de las rocas encajonantes, se determinaron 3 zonas, con las siguientes características:

- a) El mineral se compone de copioso esfalerita con poca galera y tenantita ( $As_4S_{13}$  (Cu, Fe, Zn, Ag)<sub>12</sub>, calcopirita ( $S_2CuFe$ ) es común, la piritita se manifiesta en cristales cúbicos, huebnerita ( $WO_4Mn$ ) y arsenopirita ( $SFeAs$ ) se encuentran en ocasiones.
- b) Los minerales ganga se componen por: cuarzo y calcita. La calcita pura se encuentra en extremos de la zona.
- c) Las rocas de la formación Casapalca son fuertemente silicificadas, también tienen diseminaciones de piritita cubica y nódulos de epidota. La zona de alteración se desarrolla en 400 m aproximadamente de las vetas”.

#### **4.8.3. Alteraciones**

Según (Prado N., 2015) “Alteración Hidrotermal, es la alteración de las rocas encajonantes muestra una estrecha relación con la distribución zonal de los minerales.

La roca se encuentra fuertemente silicificadas y piritizada en distancia de hasta 400 m. fuera de las vetas. Posteriormente la alteración merma hasta en 30 m. aproximadamente y en algunas zonas es solo algunos centímetros.

Las rocas volcánicas extrusivas, en la zona de mayor alteración es decir cerca de las vetas, son grises claro compuesta de cuarzo, pirita y feldespatos alterados a Sericita, aunque estos no se distinguen macroscópicamente.

Mayor es la distancia de la veta, la epidotización es común y los cristales de feldespatos son visibles. Los ferromagnesianos son alterados a clorita y epidota con presencia de pirita”.

#### **4.8.4. Alteraciones**

a) **Vetas:** Según (Prado N., 2015) “En la zona se presentas vetas casi semejantes, las principales son:

i. **Veta Esperanza:** Aflora en forma continua en aproximadamente 520 m. de longitud continuando al Suroeste en fractura y cobertura aluvial y hacia Noreste bajo cobertura coluvial y aluvial. Las vetas tienen las siguientes características:

Tipo: Filoniano, Conoidal

Visible: 520 m

Potencia: 0.10-1.50 m.

Rumbo: N45° - 70° E.

Buzamiento: 65° - 88° NO

Mineralización: Galena, Blenda. Cuarzo, Óxidos de manganeso.

Alteración: Argila, acción de pirita.

ii. **Veta Oroya:** Cuenta con una extensión de 1300m. desde el Oeste hasta el punto de inflexión (coordenada Norte 879650 – Este 368250), donde se inician los rémales: Remal Noreste donde se encuentra la veta oroya 1, veta oroya Este, la que tiene una extensión de 1400m. Remal Suroeste donde se encuentra la veta

oroya principal americana, prolongación Eloida, que tiene una extensión de 1500m. La veta oroya principal tiene un fuerte lazo cimoide que da origen a dos remales veta Oroya Piso y veta Oroya Techo respectivamente, El punto de inflexión de las vetas están cerca de la falla Eloida que complica el aspecto estructural de las vetas.

- iii. **Veta Don Reinaldo:** Su estructura es de aproximadamente 3200m. con afloramiento de 500m al Suroeste y con 150m. al Noreste en la zona de Antachacra, la veta en su mayoría está cubierta de materia morrénicos coluvial, la fractura es angosta sobre todo en las zonas altas en los 500m. de altura en la que es difícil esperar mineralización ni estructuras anchas.

En la zona Suroeste de la veta (con dirección a laguna Putca), se cubre de material morrénico y escombreras. La continuación de la veta en la zona Suroeste puede alcanzar otros 400m. Y hacia la zona Este (Antachacra) la veta puede continuar en otros 900m.

- iv. **Veta Juanita:** En el extremo Sur de la zona, se encuentra la veta Juanita con una extensión de 2000m aproximadamente, tiene un ramal de 900m. de extensión (conocida como Veta Victoria). En la zona Oeste de la B.M. del nivel 4500m. la veta Juanita afora en forma discontinua por otros 450m hasta las coordenadas N: 8'705,400 y E: 374,300; Por lo tanto, la veta Juanita independientemente puede alcanzar los 2400m”.

b) **Cuerpos:** Según (Prado N., 2015) “Se presentan los siguientes cuerpos mineralizados:

- i. **Cuerpo Mery:** Se ubica en el Miembro de Capas Rojas, entre las vetas Mariana Techo y Esperanza, con irregulares diseminaciones de sulfuros en areniscas

epidotizadas y piritizadas con dirección N: 12°-25°W, en los niveles superiores se asocia a la veta O, O4 y Q, el cuerpo Mery fue trabajado en 230m. de altura con áreas considerables y variables.

- ii. **Cuerpo Anita:** Se encuentra emplazado al Norte del Cuerpo Mery también epidotizadas y piritizadas del Miembro Capas Rojas en distintos niveles donde se aprecia que forma un solo cuerpo con el Cuerpo Mery.
- iii. **Cuerpo Emilia:** Se ubica en el Miembro de Capas Rojas, al piso de la Veta Esperanza, con forma irregular la disseminación de sulfuros en areniscas piritizadas y cloritizadas.
- iv. **Cuerpo Esperanza:** Con disseminación de sulfuro concordantes con la estratificación de arenisca del Miembro Capas Rojas, con dirección NO:-20°W; buzamiento: 60°-70°W; emplazado al techo de la Veta Esperanza, presenta área mineralizada de hasta 80m. de longitud y 45m. de ancho, con altura de 300m. La mineralización se compone básicamente de esfalerita, en menos proporciones la calcopirita, pirita y galena que se asocian a franjas de epidota y areniscas calcitizadas.
- v. **Cuerpo Esperanza Piso:** Se asemeja al Cuerpo Esperanza; es un depósito de sulfuros disseminados concordantes con la estratificación de areniscas epidotizadas y piritizadas del Miembro Capas Rojas, presenta Rumbo general N5°W, Buzamiento 68°SW emplazada al piso de Veta Esperanza; en e tajo 25 del nivel 10 con 28m. de longitud y 12m. de ancho.
- vi. **Cuerpo Micaela:** Emplazada en el Miembro Capas Rojas, su mineralización reside de disseminación y parches de esfaleritas, calcopirita, tetraedrita y pirita,



además como relleno de fracturas con rumbo  $N60^{\circ}-75^{\circ}W$ , buzamiento  $75^{\circ}-80^{\circ}SW$ , relleno de cuarzo, carbonatos, esfalerita, pirita, calcopirita, tetraedrita.

- vii. Cuerpo Emilia:** Se ubica en areniscas del miembro Capas Rojas, al piso de la veta Esperanza, con forma irregular la diseminación de sulfuros en areniscas, piritizadas y cloritizadas.
- viii. Cuerpo Sofía:** Deposito de sulfuros diseminados en areniscas del techo de las Capas Rojas, se encuentra al piso del conglomerado base del miembro El Carmen, al piso tiene areniscas de grano fino del miembro Capas Rojas. El rumbo del paquete de areniscas del cuerpo Sofía es  $N00^{\circ}-23^{\circ}W$ , con una longitud de 95m., 20m. de ancho y con 170m. de altura aproximadamente.
- ix. Cuerpo Sorpresa:** Se ubica en la base del miembro El Carmen, es depósito de sulfuros diseminados concordantes con horizonte de conglomerados calcitizadas, epidotizadas, piritizadas, con rumbo  $N00^{\circ}-23^{\circ}W$ , con una longitud de 60m. aproximadamente, con potencia de 7m, y con una altura de 200m.
- x. Cuerpo Negrita:** Deposito de relleno de cavidades y reemplazamiento, con una estructura rellena que presenta rumbo paralelo a la estratificación, minerales masivos de esfaleritas, calcopiritas, piritas, galena y ocasionalmente tetraedritas, se reconoce hasta 2m de ancho, 50m. de longitud y 150m. de altura aproximadamente.
- xi. Cuerpo Vivian:** Se emplaza con el miembro El Carmen, depósito de sulfuros diseminados concordantes con horizontes conglomerados de epidotizadas, piritizadas, y calcetadas con rumbo  $N00^{\circ}-25^{\circ}W$ , se le reconoce hasta 110m. de longitud, 3m de potencia y 200m. de altura aproximadamente.

- xii. Cuerpo Patty:** Emplazado en el miembro El Carmen, con sulfuros diseminados concordantes con la estratificación, con rumbo N00°-40°W, se le reconoce hasta 3m. de potencia, 100m de longitud y 50m. de altura aproximadamente.
- xiii. Cuerpo Carmen:** Se emplaza en el miembro El Carmen, con diseminación de sulfuros y concordante con la estratificación de areniscas y calcopirita, con menos proporción tetraedrita y galena como minerales de mena, minerales ganga son pirita, cuarzo y carbonatos, con rumbo de bandas mineralizadas y epidotizadas de N07°-30°W, buzamiento de 73°-85°E, se le reconoce hasta 1m. de potencia, 100m. de longitud y 100m. de altura aproximadamente.
- xiv. Cuerpo Escondida:** Mineralizado con sulfuros diseminados en horizontes de conglomerados de la secuencia del miembro El Carmen, con mineralogía compuesta por esfaleritas, calcopirita, tetraedrita, galena, pirita, cuarzo y carbonatos, con rumbo de N26°-30°W”.

#### **4.9. Estructura De Un Pique**

La estructura de un Pique, puede ser de madera o de acero. En otros casos, si se contara con un nivel inferior, la construcción del pique se puede practicar con un equipo raise boring, para el cual se perfora primero el hueco piloto y luego del nivel inferior se empieza a rimar (ensanchar) con una broca de mayor diámetro y finalmente se completa a la sección diseñada. En todos los casos el terreno debe ser competente y debe ser una zona donde no exista agua de filtración.

##### **4.9.1. Sección transversal de un pique**

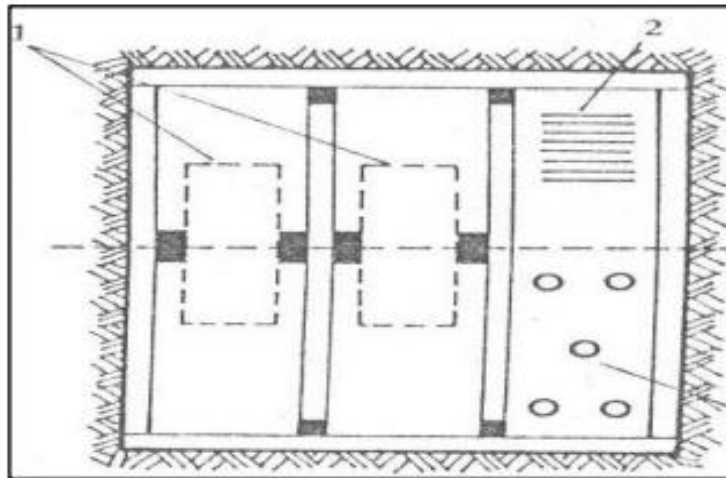
Los piques de mina, por lo general son de forma rectangular y circular, son menos frecuentes y muy raramente los de sección elíptica o curvilínea. Para elegir la forma de

la sección transversal, es necesario tener en cuenta la calidad del macizo rocoso, el tiempo de servicio y el destino final del pozo, el material de fortificación a ser utilizado.

#### **4.9.2. Sección Rectangular**

Es la forma más empleada; sin embargo, ofrece las siguientes desventajas como la dificultad en la formación de ángulos rectos, particularmente en rocas duras; la posibilidad de una deformación significativa de la fortificación en caso de rocas débiles e inestables; mala distribución de esfuerzos alrededor de la excavación.

*Ilustración 3: Diseño de Pique rectangular*



*Fuente: Autor*

#### **4.10. Índice de Calidad de Roca - RQD**

Es necesario la cuantificación de la capacidad del macizo rocoso para establecer la comunicación de esta información y desarrollo de guía de diseño de la ingeniería de roca.

El RQD (índice de calidad de roca) es de los sistemas que más se usa para la caracterización de la competencia del macizo rocoso.

El RQD califica al macizo rocoso porcentualmente desde 100% (mayor competencia) al 0% (menor competencia). El valor del RQD se interpreta de la siguiente forma:

Tabla 2: Valores RQD

<b>Índice de Calidad de Roca</b>	<b>Valor RQD</b>
Muy pobre	0 – 25
Pobre	25 – 50
Regular	50 – 75
Buena	75 – 90
Excelente	90 – 100

Fuente: Área de Geología de Alpayana S.A.

El sistema radica en medir la frecuencia de la cantidad de fracturas naturales existentes en el macizo rocoso en dirección que se mide. Si la frecuencia de fracturas va en aumento, el valor de RQD reduce.

En principio el sistema RQD era dirigido para taladros de perforación diamantina de 54mm de diámetro mínimo. Pero las perforaciones de exploración usan taladros con diámetros menores, como el BQ y NQ (47.6mm y 50.5mm). Los testigos de perforación diamantina menores tienen mayor probabilidad de fracturarse debido al proceso de perforación y manipulación, los testigos con diámetros BQ y NQ son ideales para recolección de datos geotécnicos.

El RQD es un valor porcentual de la suma de las partes que sean mayor a 10cm., la que se divide por el total de la longitud de la perforación.

Normalmente se mide por cada corrida de perforación, aunque en ocasiones se registra para diferentes longitudes de taladro. El punto es medirlo dentro del mismo dominio geotécnico que se define por el tipo litológico.

A continuación, algunas recomendaciones para el cálculo del RQD:

- ✓ La longitud del testigo no recuperado se debe incluir en la longitud total del testigo.
- ✓ Las fracturas a lo largo del eje del testigo no se deben considerar como fractura, por lo tanto, no debe afectar el cálculo del RQD.

- ✓ Las fracturas mecánicas o creadas por el manipuleo se deben ignorar.
- ✓ Las roturas por esfuerzos (disking) se deben ignorar en los cálculos.
- ✓ El RQD se debe evaluar sobre testigos frescos, para evitar que se puedan deteriorar.
- ✓ Los taladros perforados en distinta dirección y buzamiento deben ser considerados para una mejor valoración del RQD.
- ✓ Debe evitarse registrar una roca poco competente (roca muy alterada, panizo, etc.) como RQD 100%.

#### **4.11. Sistema RMR**

El sistema RMR se desarrolló por Bieniawski en los años 1972 a 1989, la cual se basa en las mediciones de campo con más de 300 casos de túneles, cavernas y cimentaciones en el mundo. Para el sistema RMR se consideran 6 parámetros que se mencionan a continuación:

- Resistencia a la compresión simple de la roca.
- RQD Grado de fracturación de la roca.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades, que consiste en considerar los siguientes parámetros:
  - Abertura de caras de la discontinuidad.
  - Continuidad o persistencia de la discontinuidad.
  - Rugosidad.
  - Alteración de discontinuidad.
  - Relleno de discontinuidades.
- Presencia de agua en el macizo rocoso, el agua tiene gran influencia sobre el comportamiento de la roca, tiene como criterio:

- completamente seco.
- húmedo.
- agua a presión moderada.
- agua a presión fuerte.

➤ Orientación de las discontinuidades.

Cada parámetro tiene un valor numérico que se suma o resta definiendo cinco categorías de calidad de roca.

Tabla 3: Escala de clasificación RMR

RMR	Clase	Calidad
100 a 81	I	Muy Buena
80 a 61	II	Buena
60 a 41	III	Media
40 a 21	IV	Mala
< 20	V	Muy Mala

Fuente: Área de Geología de Alpayana S.A.

Tabla 4: Calificación Geomecánica RMR

1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	>10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	Compresión simple (Mpa)			
		Compresión simple	>250	205 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	<1	
		Puntuación	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	<25%			
		Puntuación	20	15	10	6	3			
3	Separación entre diaclasas		>2m	0.6 - 2m	0.2 - 0.6m	0.06-0.2m	<0.06m			
		Puntuación	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1m	1 - 3m	3 - 10m	10 - 20m	>20m			
			Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	<0.1mm	0.1 - 1.0mm	1 - 5mm	>5mm			
			Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			
			Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando	Relleno blando >5mm			
			Puntuación	6	4	2	1	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta			
	Puntuación	6	5	3	1	0				
5	Agua freática	Caudal por 10m de túnel	Nudo	<10 litro/min	10 - 25 litros/min	5 - 125 litros/min	>125 litros /min			
		Relación: presión de agua / tensión principal mayor	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	>0.5			
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo			
			Puntuación	15	10	7	4	0		

Fuente: Área de Geología de Alpayana S.A.

Tabla 5: Parámetros de Clasificación RMR

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-2	-25	-50	-60

Fuente: Área de Geología de Alpayana S.A.

Para obtener el Índice RMR de Bieniawski se realiza:

- Se suman las 5 variables calculadas, lo que da como resultado un valor índice (RMR básico).
- La variable 6 se refiere a la orientación de las discontinuidades respecto a la excavación.

El valor del RMR varía entre 0 a 100.

## 4.12. Geomecánica

### 4.12.1. Evaluación Geomecánica

La evaluación geomecánica se realiza a través del uso de métodos directos para el mapeo geotécnico.

Dentro de los datos que se recopilan están el tipo de roca, orientación del sistema de discontinuidades, esparcimiento, persistencia, apertura, rugosidad, tipo de relleno, espesor de relleno y disposición de agua.

### 4.12.2. Aspecto Textural

El macizo rocoso de Alpayana S.A. tiene una estructura de diorita verde oscura y porfídica, con matriz concentrada por plagioclasa, cuarzo y óxidos como también biotita y hornblenda.

La estructura mineralizada se halla en intrusiones ligeramente cloritizadas, poco menos silicificadas y fangosas.

### 4.12.3. Distribución de discontinuidades

Gago, E. (2023) describe que “Los resultados de las características de distribución de las discontinuidades estructurales se muestran en la tabla, Para caracterizar la distribución de discontinuidades, los datos de orientación se procesaron mediante estereofotografía manipulando la versión DIPS del software Rockscience.

Tabla 6: Distribución de discontinuidades

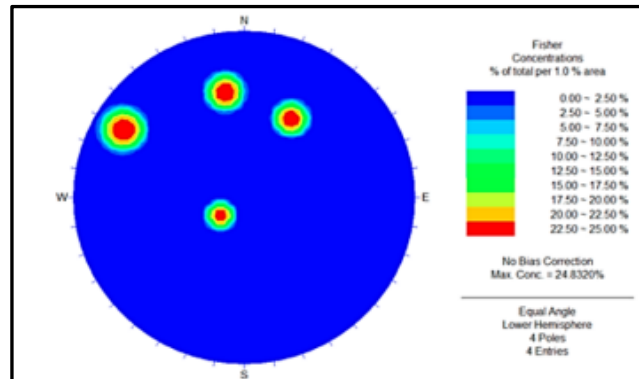
Descripción	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
Rumbo/buzamiento	N52°E/20°SE	S210°W/57°NW	S170°E/65°SW	S210°W/78°NE
Dirección buzamiento/ buzamiento	142°/20°	120°/57°	80°/65°	300°/78°

Fuente: Autor

Durante el mapeo geotécnico, se han evaluado antecedentes en rocas encajonantes y en la mineralización. Se ha realizado un análisis y lo más característico para ser captado como acomodo ordenado de roca al lado E. Según estas características estructurales se presentan en tres sistemas de discontinuidades principales (Sistemas 1, 2 y 4) y un sistema secundario (Sistemas 3).”

Gago, E. (2023) describe que “El sistema 2 y el sistema 4 asumen dirección SW y moderada pendiente proporcionalmente. El régimen 1 llega al NE y descende al SE. El régimen 3 está alrededor del SE y moderadamente inclinado hacia el W.”

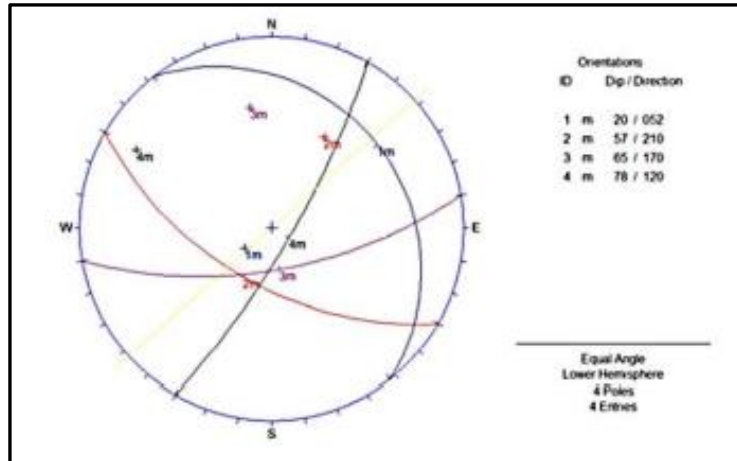
Ilustración 4: Sistema 1



Fuente: Autor

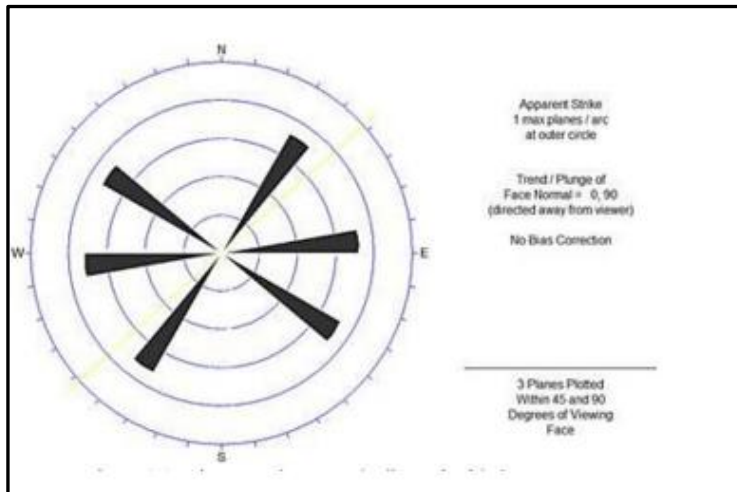


Ilustración 5: Sistema 2



Fuente: Autor

Ilustración 6: Sistema 3



Fuente: Autor

Gago, E. (2023) describe que “Estas estructuras están representadas por los sistemas 1 y 4, estructuras de diorita están representadas por el Sistema 2 y el Sistema 3. Existe un conjunto de fallas paralelas a las vetas, representadas por el Sistema 1 y el Sistema 3. Merece mencionar que el Sistema 2 y el Sistema 4 están compuestos por diaclasas y vetas, y el Sistema 1 y el Sistema 3 están compuestos principalmente por fallas y vetas. Además de los sistemas discontinuos, también se observaron discontinuidades aleatorias en el arreglo estructural del macizo rocoso”

#### 4.12.4. Características del Macizo Rocoso

En la zona de estudio se determinó que el macizo rocoso está emplazado en rocas ígneas, también conocidas como cuarzo diorita, sus características se comprenden en el rango de:

- Roca Intrusiva
- Densidad (d)=2.78
- Resistencia a la compresión (Rc)=100 Mpa a 13 Mpa
- Angulo de fricción ( $\phi$ ) = 25° a 36°
- Cohesión = 0.081 – 0.099 Mpa

Según la información que se tiene de labores continuas al pique 650, son de ayuda para saber sobre la calidad de la roca que se encuentra en el proyecto.

#### 4.12.5. Clasificación Geomecánica

La información obtenida de labores continuas al pique 650.

#### Clasificación Geomecánica (CSIR) según RMR 89 de Bieniawski:

- Macizo Rocoso Intrusivo: Tipo II – Calidad Buena.

Ilustración 7: Clasificación geomecánica de rocas RMR

The screenshot shows a software window titled "CLASIFICACIÓN GEOMECAICA DE LA ROCA RMR". It contains several input sections with radio button options:

- Resistencia Roca Intacta Compresión Simple (MPa):** Options include > 250, 100 - 250 (selected), 50 - 100, 25 - 50, 5 - 25, 1 - 5, and < 1.
- Agua Freática:** Options include Seco, Ligeramente húmedo (selected), Húmedo, Goleando, and Fluyendo.
- RQD:** Options include 90% - 100%, 75% - 90% (selected), 50% - 75%, 25% - 50%, and < 25%.
- Separación entre Diaclasas:** Options include > 2, 0.6 - 2 (selected), 0.2 - 0.6, 0.06 - 0.2, and < 0.06.
- Estado de Diaclasas:** Options include Muy rugosas, Algo rugosas, bordes duros (selected), Algo rugosas, bordes blandos, Espejo de falla, relleno < 5mm, and Relleno blando, sep > 5mm.
- Orientación de la Diaclasas Perpendicular al eje del túnel:** Options include Excavación con buzamiento (buzamineto 45°-90° (selected), buzamineto 20°-45°) and Excavación contra buzamineto (buzamineto 45°-90°, buzamineto 20°-45°).
- Paralelo al eje del túnel:** Options include buzamineto 45°-90° (selected), buzamineto 20°-45°, and Buzamiento 0°-20° cualquier dirección (Muy Desfavorable).

Buttons on the right include "CALCULAR RMR", "LIMPIAR", and "SALIR".

At the bottom, the results are displayed: **RMR 62 CLASE II CALIDAD Buena**. Below this, it states: **Tiempo de sostenimiento y longitud: 6 meses con 4m sin sostenimiento**.

Fuente: Área Geomecánica

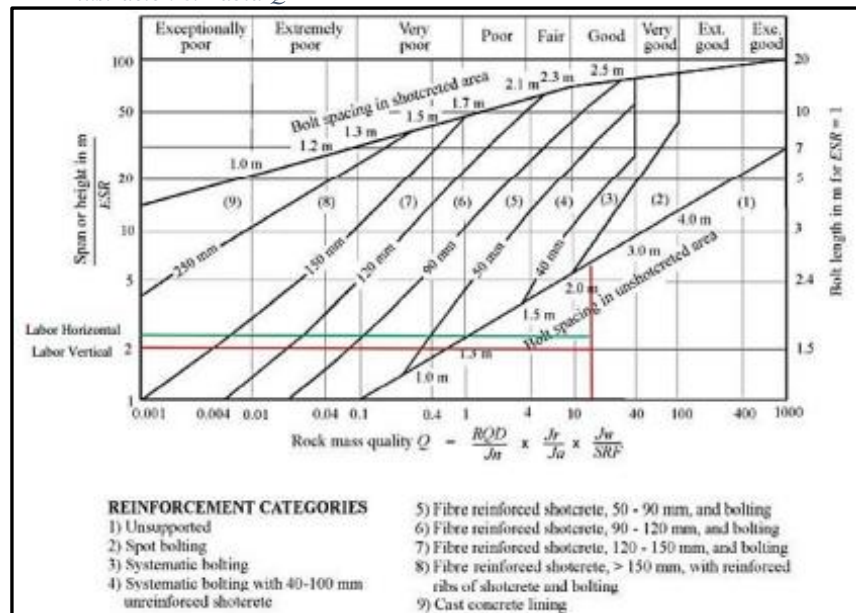
#### 4.12.6. Estimación de esfuerzos

Los esfuerzos insitu, se determinó que el esfuerzo vertical (v) sobre la infraestructura del proyecto es de 16,5 Mpa para un encampane de 900 m y una densidad del macizo rocoso de 0,028 Kg/cm<sup>3</sup>. Así mismo, el esfuerzo horizontal (h) estimado es de 7,4 Mpa tomando como K de 0.45 según la ecuación de Shorey (1994).  $K = 0,25 + 7 Eh (0,001 + 1/z) Eh = 10,7 \text{ GPa}$  (Modulo de deformación del macizo rocoso según el Rocdata).

#### 4.12.7. Evaluación de sostenimiento

Al establecer el modo de soporte para aplicar al pique y en las labores horizontales parte del proyecto, se aplicó la tabla del sistema Q de Barton considerando el 59 tipo de labor siendo un ESR=1,6 para labores horizontales permanentes y ESR= 2,0 para labores permanentes verticales.

Ilustración 8: Tabla Q



Fuente: Autor

De acuerdo con la estimación del sistema Q el sostenimiento a aplicar en el pique y en las labores horizontales debe ser con pernos en forma sistemática. Dicha estimación nos ha servido como base para definir el sostenimiento a utilizar que consistirá con pernos Helicoidales de 5 pies o 7 pies de 19 mm (21 t) de acuerdo 60 a la sección en forma sistemática espaciados a 1,5 m y la colocación de malla electrosoldada de acuerdo a la evaluación geomecánica durante el desarrollo del proyecto.

En las zonas de intersecciones el espaciamiento de los pernos debe ser menor, el cual favorece al incremento del factor de seguridad, Las partes más angostas de los pilares zonas de debilidad, se deberán reforzar con cintas straps o muros de concreto si fuese el caso.

#### **4.13. Tipos de Sostenimientos (Activos y pasivos)**

##### **4.13.1. Sostenimiento con Pernos Helicoidales**

Son pernos de anclaje consistentes en barras de acero helicoidales, que presentan un diámetro nominal de 19 mm y una masa de 2.275 kg/m. Los pernos helicoidales se utilizan para el sostenimiento en labores permanentes debido a su mayor capacidad de soporte.

A continuación, se presentarán las especificaciones técnicas de los pernos helicoidales.

- Tipo de perno: barra helicoidal
- Longitud de los pernos: 2', 4', 6' y 8' pies
- Diámetro del perno: 19 mm
- Capacidad de anclaje del perno: 2.5 - 3 Ton/pie

#### ***4.13.2. Sostenimiento con Split Set***

Según (Sánchez Zeballos, 2013), “El Split Set es un tubo de acero especial, con tratamiento anticorrosivo ranurado longitudinalmente y que al ser introducido en el taladro de menor diámetro por expansión genera fuerzas friccionantes. Por su instalación sencilla nos ofrece sostenimiento inmediatamente.

El perno Split set es un tipo de sostenimiento metálico considerado temporal que trabaja por fricción (resistencia al deslizamiento). El split set, consiste en un tubo ranurado a lo largo de su longitud, en uno de los extremos es ahusado y el otro lleva un anillo soldado para mantener la platina.

Al ser introducido el perno a presión dentro de un taladro de menor diámetro, se genera una presión radial a lo largo de toda su longitud contra las paredes del taladro, cerrando parcialmente la ranura durante este proceso.

La fricción en el contacto con la superficie del taladro y la superficie externa del tubo ranurado constituye el anclaje, el cual se opondrá al movimiento o separación de la roca circundante al perno, logrando así indirectamente una tensión de carga, los split set son utilizados mayormente para reforzamiento temporal, usualmente conformando sistemas combinados de refuerzo en terrenos de calidad regular a mala. En roca intensamente fracturada y débil no es recomendable su uso”.

Las especificaciones técnicas del Split Set son:

- Tipo de perno: tubo de acero
- Longitud de los pernos: de 4’ a 12 pies
- Diámetro del tubo: varía entre 35 - 46mm
- Capacidad de anclaje del Split Set: 1 – 1.5 Ton/pie

#### ***4.13.3. Sostenimiento con pernos de anclaje***

Es un perno de fricción, de inmediata instalación, al que se inyecta agua a altas presiones (250-300 Bares). Se expande de los 29 mm (diámetro inicial), hasta los 41 mm y debido a su válvula de no retorno, el agua que se mantiene en el interior ejerce presión constante en todo momento, en forma radial a lo largo de la longitud del taladro.

#### **Alcances:**

- Con solo 1 pie inflado correctamente = 10 ton/perno. mínimo de soporte.
- Sostenimiento inmediato.
- No necesita ningún tipo de aditivo, cemento, resina; se inyecta solamente agua.

#### ***4.13.4. Sostenimiento con madera***

Según la revista (Sostenimiento en Minería subterránea, 2013), “El sostenimiento con madera tiene por objetivo mantener abiertas las labores mineras durante la explotación, compensando el equilibrio inestable de las masas de roca que soporta, la estructura debe ser colocada lo más cerca posible al frente para permitir solo el mínimo reajuste de terreno antes de dicha colocación.

Ella debe ser rígida para que el reajuste que se produce después de la colocación sea reducido al mínimo. La estructura debe estar constituida por pieza fácil de construcción, manipuleo e instalación. Las partes de la estructura que han de recibir las presiones o choques más fuertes deben tener tales características y ubicación que trabajen con el menor efecto sobre la estructura principal misma”.

“Ellas deben interferir lo menos posible a la ventilación y no estar sujetos a riesgos de incendio. Su costo debe de ser tan bajo como lo permita su buen rendimiento. La duración de la madera en la mina es muy variable, pues depende de las condiciones en que trabaje, por ejemplo: la madera seca dura más. La madera descortezada dura más que aquella que conserve la corteza”.

#### ***4.13.5. Sostenimiento con cimbras metálicas***

Según la revista (Sostenimiento y revestimiento en túneles, 2014), “Este típico sostenimiento pasivo es utilizado generalmente para el sostenimiento permanente de labores de avance, en condiciones de masa rocosa intensamente fracturada y/o muy débil, que le confieren calidad mala a muy mala, sometida a condiciones de altos esfuerzos.

Para lograr un control efectivo de la estabilidad en tales condiciones de terreno, las cimbras son utilizadas debido a su excelente resistencia mecánica y sus propiedades de deformación, lo cual contrarresta el cierre de la excavación y evita su ruptura prematura. La ventaja es que este sistema continúa proporcionando soporte después que hayan ocurrido deformaciones importantes.

Las cimbras son construidas con perfiles de acero, según los requerimientos de la forma de la sección de la excavación, es decir, en forma de baúl, herradura o incluso circulares, siendo recomendable que estos sean de alma llena. Hay dos tipos de cimbras, las denominadas rígidas y las deslizantes o fluyentes.

Las primeras usan comúnmente perfiles como la W, H, e I, conformadas por dos o tres segmentos que son unidos por platinas y pernos con tuerca. Las segundas usan

perfiles como las V y U, conformadas usualmente por dos o tres segmentos que se deslizan entre sí, sujetos y ajustados con uniones de tornillo”.

#### ***4.13.6. Sostenimiento con concreto lanzado o shotcrete***

Según (Guzmán Zúñiga, 2008), “El concreto lanzado o shotcrete es un mortero o concreto transportado por algún medio ya sea vía húmeda o vía seca a través de una manguera y lanzado neumáticamente con una presión aproximada de 8 bares contra una superficie, la forma particular de aplicación del concreto permite que este se adhiera a la superficie compactándose al mismo tiempo por la fuerza del impacto; otro de las particularidades del concreto lanzado es que el tamaño máximo del agregado es de 3/8 de pulgada.

Al momento del impacto una parte de este material rebota, a esto se le denomina rebote que no debe exceder de un 15%; este es un parámetro que corresponde a un promedio de aplicación sobre cualquier tipo de superficie horizontal o inclinada”.

a) Shotcrete vía seca: Según (Guzmán Zúñiga, 2008), “El concreto lanzado o shotcrete por el denominado vía seca data de fines de los años 50 en nuestro país, teniendo sus antecedentes en los túneles de los primeros proyectos hidroeléctricos que se ejecutaron expandiéndose luego en las actividades mineras como elemento de sostenimiento en los socavones. La manera como se hace shotcrete vía seca en nuestro país y a nivel mundial en la actualidad no ha variado mucho en los últimos 20 o 30 años; sin embargo, si han cambiado las exigencias de los procesos en las minas en cuanto a rapidez, nivel de resistencia estructural, mayores rendimientos para mantener la rentabilidad de la operación, protección ecológica del medio ambiente y seguridad para la persona”.



b) Shotcrete vía húmeda: Según (Guzmán Zúñiga, 2008), “Se define al Shotcrete como un concreto lanzado y transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie.

A diferencia del concreto convencional, que se coloca y luego se compacta (vibrado) en una segunda operación, el concreto lanzado se coloca y se compacta al mismo tiempo, debido a la fuerza con que se proyecta desde la boquilla.

La aplicación del shotcrete vía húmeda presenta ventajas tales como el agua de mezclado se controla en la etapa inicial (de mezclado), permite reducir el agua de mezclado mediante el adecuado empleo de aditivos plastificantes y superplastificantes, la aplicación de aditivos de inhibición de hidratación permite regular el fraguado inicial, permite la adición de otros componentes que ayudarán a su resistencia a la tracción como las fibras, normalmente produce un rebote controlado, llegando a alcanzar un 5% sin afectar la resistencia final”.

#### **4.14. Evaluación Condiciones del Pique.**

Se realizó la evaluación In Situ de las condiciones del Pique 650 entre el Nv.19 y Nv.20, se consideró esta evaluación para la investigación consignando esta muestra como parte del proceso que se realizara en el mantenimiento total del pique, se pudo observar que presenta fuertes deformaciones de los cuadros, en el cuadro N°20, se puede evidenciar que estos eventos son producto del cono de subsidencia, desarrollado por el método de minado, la inspección solo se realizó en el compartimiento del camino, por donde están instalados los servicios de agua, aire, cableado telefónico etc.

*Ilustración 9: Inspección Pique 1*



*Fuente: Autor*

A partir del cuadro N° 20, se evidencia moderada deformación en los cuadros, se evidencia cuadros inclinados hacia el Sur, en los hastiales se evidencia aforrado deteriorado, con caída de rocas sobre los descansos, en el compartimiento de escaleras se aprecia la deformación de los cuadros de madera, en proceso de fatigamiento.

*Ilustración 10: Inspección 2*



*Fuente: Autor*

*Ilustración 11: inspección 3*



*Fuente: Autor*

*Ilustración 12: Inspección 4*

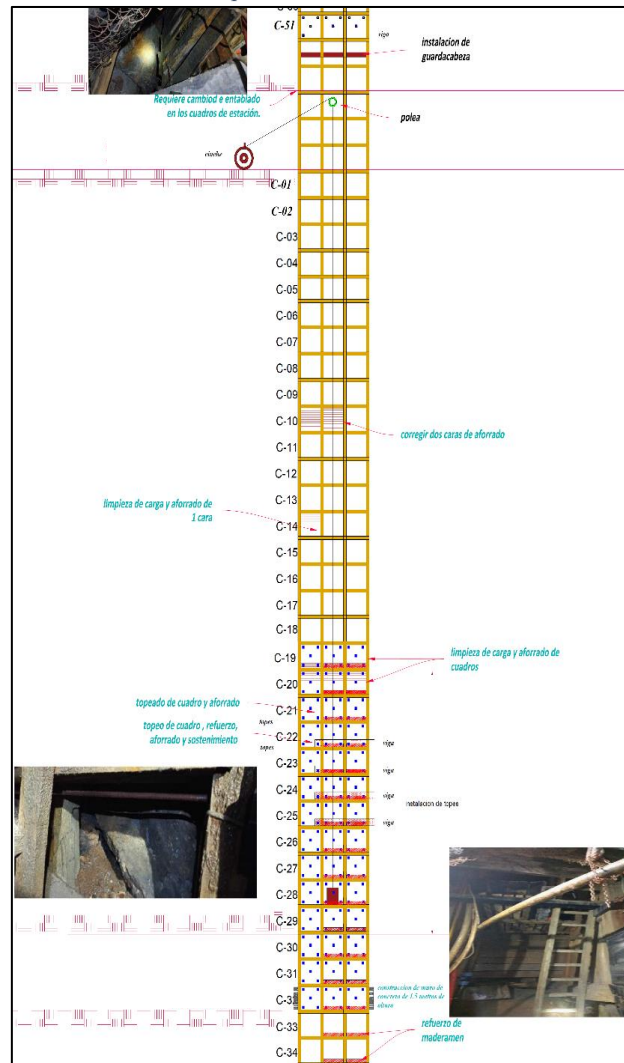


*Fuente: Autor*

En el cuadro N° 20 Se observa que tienen carga producto de los deslizamientos de roca esto por la subsidencia de las paredes del pique y la falta de acañamiento y soporte, por lo que se requiere liberación, limpieza de carga topeado, refuerzo de elementos del cuadro.

Podemos describir las actividades a realizar de acuerdo a los resultados obtenidos de la inspección de campo realizada por la supervisión, para esto se aplicó un instrumento de recolección de datos de campo para su posterior evaluación y de esta manera proponer el cronograma de actividades a realizar en el mantenimiento

Ilustración 13: Pique 650



Fuente: Autor (Referencial)

Podemos describir de la inspección que el Pique 650 se encuentra en condiciones irregulares, con evidencia de materiales sueltos producto de la fatiga del sostenimiento aplicado con pernos de anclaje y malla rígida.

## 4.15. Rehabilitación del Pique

Se considero un programa de rehabilitacion del pique 650 Nv 19 al Nv 20, donde se consideraron actividades como trabajos preliminares, trabajo de rehabilitación donde se consideran los tramos I, tramos II, tramos III además se considera el cierre del proyecto con un total de 381 días, el cual fue cumplido de acuerdo al cronograma establecido por la empresa y la contrata los Andes.

Tabla 7: Programa de actividades

		PROGRAMA DE ACTIVIDADES			
LICITACION: REHABILITACION DEL PIQUE 650					
CONTRATISTA LOS ANDES CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS SAC					
EDT	DESCRIPCIÓN	UM	CANT	COMENTARIOS / NOTAS	
0	Fase III Rehabilitación de Pique del Nivel 19 al Nivel 20	Tareas	396		
1	Trabajos Preliminares	Tareas	9		
1.1	Inspección Multidisciplinaria con todas las areas	Tareas	0		
1.2	Construcción de Bodegas y Talleres.	Tareas	1		
1.3	Desinstalación de tapón Nv 19 y Construcción de tapón de seguridad en Nv. 20.	Tareas	8		
2	Trabajos de Rehabilitación Fase III	Tareas	381		
2.1	Tramo 1	Tareas	104		
2.1.1	Desaforrado de cuadro y limpieza de carga: 24 cuadros.	Tareas	16		
2.1.2	Sostenimiento con Ph 7' y malla entrelazada: 24 cuadros	Tareas	16		
2.1.3	Perforación e instalación de cable bolting de 7m(cada 2 cuadros)	Tareas	14		
2.1.4	Construcción Viga de Concreto y Viga H 16: Cada 2 cuadros – 11 vigas en total.	Tareas	44		
2.1.5	sostenimiento con shotcrete de 2 pulg. 24 cuadros	Tareas	7		
2.1.6	Refuerzo de maderamen con brackets: 6 cuadros	Tareas	4		
2.1.7	Acondicionamiento de camino y cambio de tablas de cortina: 24 cuadros.	Tareas	3		
2.2	Tramo 2	Tareas	138		
2.2.1	Desaforrado de cuadro y limpieza de carga: 32 cuadros.	Tareas	21		
2.2.2	Sostenimiento con Ph 7' y malla entrelazada: 32 cuadros	Tareas	21		
2.2.3	Perforación e instalación de cable bolting de 7m(cada 2 cuadros)	Tareas	18		
2.2.4	Construcción Viga de Concreto y Viga H 16: Cada 2 cuadros – 15 vigas en total.	Tareas	60		
2.2.5	sostenimiento con shotcrete de 2 pulg. 32 cuadros	Tareas	9		
2.2.6	Refuerzo de maderamen con brackets: 6 cuadros	Tareas	4		
2.2.7	Acondicionamiento de camino y cambio de tablas de cortina: 32 cuadros.	Tareas	5		
2.3	Tramo 3	Tareas	139		
2.3.1	Desaforrado de cuadro y limpieza de carga: 32 cuadros.	Tareas	21		
2.3.2	Sostenimiento con Ph 7' y malla entrelazada: 32 cuadros	Tareas	21		
2.3.3	Perforación e instalación de cable bolting de 7m(cada 2 cuadros)	Tareas	18		
2.3.4	Construcción Viga de Concreto y Viga H 16: Cada 2 cuadros – 15 vigas en total.	Tareas	60		
2.3.5	sostenimiento con shotcrete de 2 pulg. 32 cuadros	Tareas	9		
2.3.6	Refuerzo de maderamen con brackets: 7 cuadros	Tareas	5		
2.3.7	Acondicionamiento de camino y cambio de tablas de cortina: 32 cuadros.	Tareas	5		
3	Cierre del Proyecto	Tareas	6		
3.1	Inspección final del Pique y levantamientos de observaciones.	Tareas	2		
3.2	Desmovilización.	Tareas	2		
3.3	Acta de Entrega.	Tareas	2		
			<b>TOTAL TAREAS</b>	<b>396</b>	
			<b>DIAS OPERATIVOS</b>	<b>381</b>	

Fuente: Autor

#### **4.16. Mejoras del Sostenimiento del Pique**

Según la evaluación geomecánica la recomendación es la de colocar cable bolting, pernos de anclaje, malla entrelazada flexible y shotcrete para mejorar el factor de seguridad por lo que se consideró un diseño de sostenimiento fortificado.

Los equipos que se utilizaron para este proyecto de investigación son los siguientes:

- Máquina perforadora neumática (Jackleg)
- Bomba Aliba
- Equipo de tensado

Para el desarrollo del sostenimiento fortificado se tuvo que desarrollar las siguientes actividades:

##### **4.16.1. Perforación**

La perforación, sea cualquiera el método con que se lleve a cabo, se basa en el mismo principio, o sea en la percusión y el giro continuo de un barreno, de tal manera que cada giro produce un corte en la roca en diferente posición.

La perforación neumática para este tipo de actividades es quizás un punto de observación por el bajo rendimiento y la baja productividad, pero es más económico el uso para la implementación de este sistema de sostenimiento en sección de menor dimensión donde es imposible aplicar equipos mecanizados para la perforación, las secciones donde se implementa este proyecto de investigación, la perforadora usada en el siguiente proyecto es del tipo Jackleg de la marca RNP y modelo RN-250X.

*Ilustración 14: Barras de perforación*



*Fuente: Quispe y Portal (2021).*

Se considero para la perforación de los pernos helicoidales taladros de 8 pies, realizando en el contorno del pique 35 taladros en un cuadro armado.

Para la perforación de cables Bolting se realizarán 3 taladros en los cabezales y en el techo y piso 2 taladros respectivamente teniendo 04 taladros, por lo que se consignan 10 taladros para la instalación del cable bolting de 7 metros.

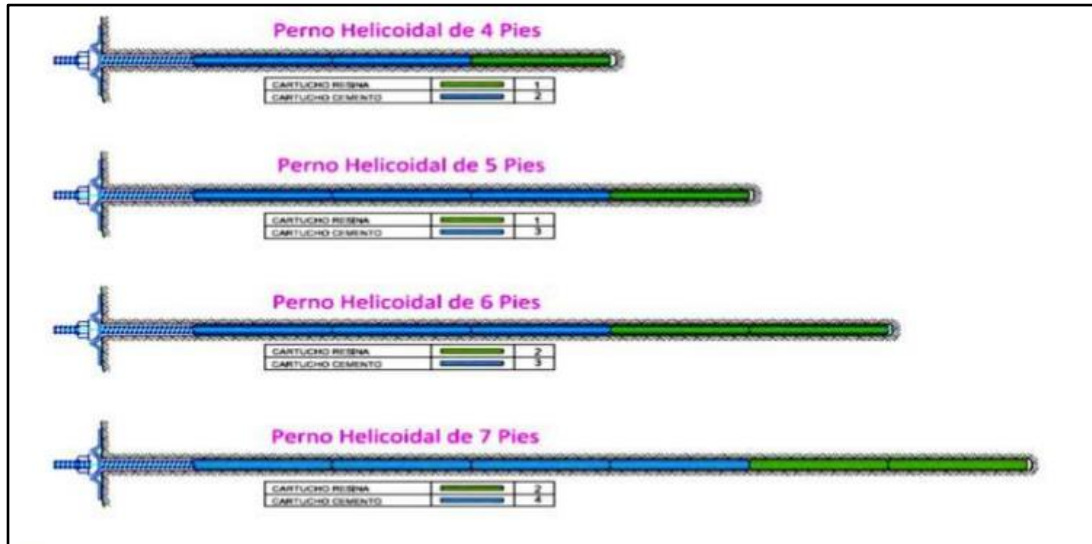
#### **4.16.2. Instalación de pernos de anclaje**

Se emplea Pernos Helicoidales de 19 mm de diámetro, con longitudes entre 1.50 m, a 3.0 m, estos pernos son biselados en uno de los extremos a 45°, la placa de sujeción tiene dimensiones de 15cm x 15cm x 5mm de espesor y una tuerca con cabeza esférica, cartucho de resina (dimensiones: 30 mm x 304.8 mm) de fraguado rápido, de 1 a 2 minutos, cartuchos de cemento (dimensiones: 31 mm x 304.8 mm) de fraguado lento, 6 horas. Un Perno Helicoidal instalado resiste una tensión de 2 tn/pie instalado.

Según todos los análisis realizados, se recomienda utilizar el siguiente sostenimiento en la masa rocosa del pique, los pernos a utilizarse deben ser del tipo

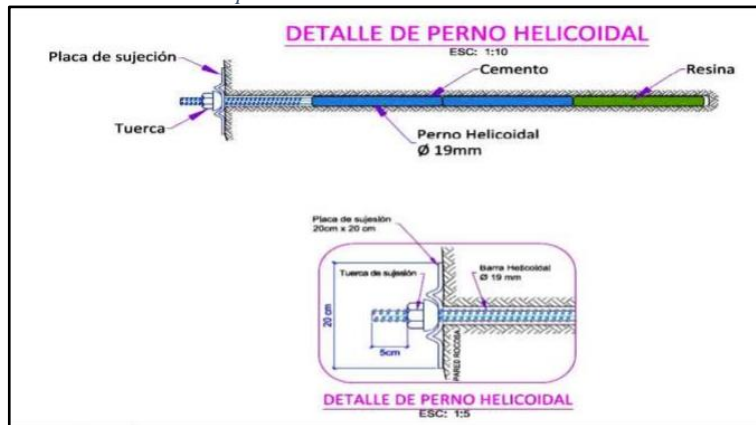
barra helicoidal, siendo la inyección de los - mismos con cemento Portland Standard en condiciones normales, y con resina en condiciones de presencia de agua subterránea.

Ilustración 15: Pernos helicoidales



Fuente: Quispe y Portal (2021).

Ilustración 16: Partes perno helicoidal



Fuente: Quispe y Portal (2021).

#### 4.16.3. Instalación de Cable Bolting

El tipo de cable que se usa en la implementación de este proyecto es del tipo liso que tiene una capacidad de resistencia a la ruptura mínima de 26.5 toneladas.

El sistema Cable Bolt emplea como elemento principal de refuerzo un cable de acero de alto carbono tratado termo- mecánicamente con un proceso de baja



relajación. Este sistema está conformado por siete alambres o hebras, seis de los cuales rodean o enrollan a un séptimo alambre de manera helicoidal, este último se denomina alma de torón. Las longitudes de cable en la implementación del presente proyecto son de 4 y 6 metros.

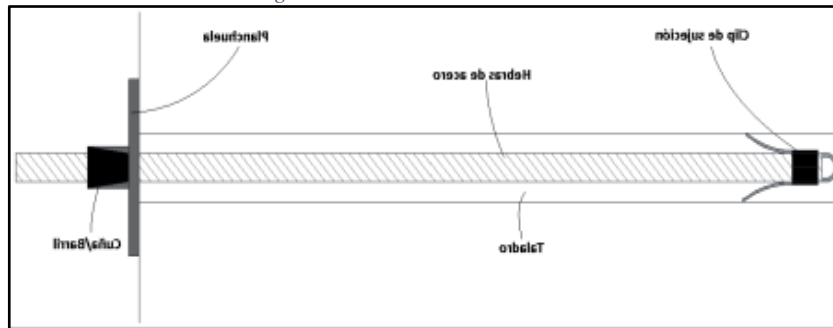
Tabla 8: Resistencias

Material	Acero especial
Resistencia a la fluencia mínima	23.9 Ton
Resistencia a la ruptura mínima	26.5 Ton
Alargamiento mínimo	3%
Peso lineal	1.10 Kg/m
Diámetro	5/8"

Fuente: Catalogo técnico - PRODIMIN (2021)

Fuente: Cusi R. (2022)

Ilustración 17: Cable bolting



Fuente: Cusi R. (2022)

Cuando ya se tiene los taladros perforados se procede a preparar los cables según la longitud requerida, la preparación consiste en fijar el cable de acero con dos tuberías de ¾ de pulgada de diámetro utilizando cinta aislante, una de ellas con una longitud mayor en un metro al cable que servirá para desfogar el aire presente en el taladro y la otra tubería con una longitud de 1.5 metros que servirá para el inyectado de la pasta de cemento.

Para la instalación de los cables el procedimiento que se debe seguir es: Desenrollar el Cable Bolting siempre ubicando el cable en el piso y posicionamiento en el centro del rollo, cortando las amarras empleando cizalla de manera segura; asegurando un área de 2m metros de radio para evitar el impacto del cable en el momento de liberación.

Preparación del cable es utilizando una cinta aislante para fijar dicho cable con las tuberías. Al finalizar este punto se deberá asegurar la limpieza del cable, quedando libre de cualquier elemento que afecte la adherencia del cable al cemento. Introducir el Cable Bolting en el taladro activando previamente la mariposa o clip del cable para la sujeción de este en las paredes del taladro, y luego se taponea utilizando papel de cemento o trapo industrial según las condiciones del terreno.

### **Inyectado de pasta de cemento**

Para este proceso se tiene que considerar la dosificación de la pasta de cemento ya que depende de ello la resistencia que obtendrá el Cable cuando ya esté tensado.

Preparación de pasta Para preparar la pasta de cemento se inicia alimentando 15 litros de agua (con ayuda de la manguera, balde o cilindro de plástico diseñada con la medida para su fácil y rápido empleo) a la mezcladora vertical de la bomba Putzmeister, luego se prende la mezcladora y se alimenta 1 bolsas de cemento (42.5 Kg), esta mezcla es batida de 3 a 4 minutos hasta lograr una pasta homogénea y hasta que haya desaparecido los grumos del cemento.

En este proceso es importante verificar que la rejilla del mezclador no se habrá mientras está activado el equipo Putzmeister.

### **Inyectado de mezcla**

El método de inyectado para este proyecto es el llamado tubo respiradero que consiste en utilizar dos tuberías de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro de los cuales uno es para el inyectado de la pasta y la otra tubería es para eliminar o desfogar el aire que está dentro del taladro para que esta sea ocupada completamente por la pasta de cemento. La inyección debe realizarse a una presión mayor de 5 bares hasta que salga la pasta por la tubería de desfogue, este último es el indicador

Cemento (Kg) 42.5 Clase Pacasmayo tipo I Agua (Litros) 15 Relación  
Agua/Cemento 0.35 111 para garantizar que el taladro ha sido llenado completamente con la pasta

### **Tensado de cables**

Para el tensado utilizamos las planchuelas cuadradas de acero para Cable Bolting y la Cuña/Barril, estos dos elementos son considerados como accesorios complementarios del sistema de sostenimiento con Cable Bolting.

- El proceso de tensado sigue de la siguiente manera:
- Cortar las tuberías de inyección de pasta de cemento.
- De presentar malla electrosoldada dañada producto de la perforación de los taladros realizar el corte del mismo antes de presentar la placa.
- Presentar la placa, luego instalar el barril y cuña, aprisionando manualmente a la superficie de la excavación.
- Instalar el equipo tensador acoplado el cilindro hidráulico al Cable Bolting.

- Aplicar una carga de tensado equivalente a 5 ton o 125 bares, verificando en el manómetro del equipo.
- Culminado el tensado del cable, retirar el equipo tensador liberando la presión de forma constante hasta los 0 bares.
- Pintar la placa de acuerdo al código de colores manual de registro de instalación de placas

### Prueba de Pull Test

En esta etapa, se realizó el análisis de sostenimiento con el objetivo de determinar los parámetros de sostenimiento del cable Bolting para la zona de contacto. La presión que ejercen los cables sobre el terreno se comprobó con las pruebas de Pull Test, se realizó pruebas de arranque (Pull Test) para determinar la capacidad de carga que ofrecen los Cables Bolting, esto para garantizar la capacidad de soporte que ofrece este producto para el uso en la estabilidad de la roca y un sostenimiento seguro.

Tabla 9: Pruebas de ensayo

N° PRUEBAS	PRUEBA N° 01			PRUEBA N° 02		
LABOR	PIQUE 650 NV 19			PIQUE 650 NV 19		
ENSAYOS	CABLE BOLTING			CABLE BOLTING		
	RESISTENCIA. TRACCION		ELONG	RESISTENCIA. TRACCION		ELONG
	PSI	TON	(mm)	PSI	TON	(mm)
DATOS	0	0	10	0	0	10
	728.9	2.714	20	728.9	2.714	20
	1432.29	5.333	25	1432.29	5.333	25
	2178.48	8.111	27	2178.48	8.111	27
	2901.76	10.804	31	2901.76	10.804	31
	3687.25	13.728	34	3687.25	13.728	34
	4352.65	16.206	37	4352.65	16.206	37
	5089.25	18.948	38	5001.25	18.620	38
	5802.36	21.603	38	5752.36	21.417	38
	6598.36	24.567	40	6458.23	24.045	40
CABLE	CONFORME			CONFORME		

Fuente: Operaciones

Las pruebas realizadas en el pique 650 Nv 19-A tiene una resistencia en la tracción de 25 Tn, esto define que la resistencia de tracción máxima que se requiere debe cumplir teniendo sistema hidráulico de soporte de 25 Tn, por lo

que cumple con las especificaciones del diseño planteado considerando que el cable se mantiene conforme.

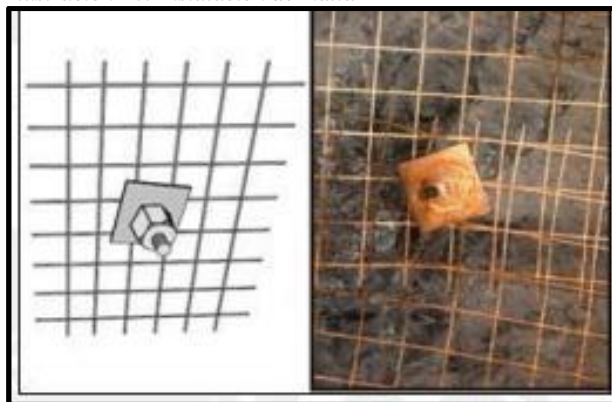
### **Malla metálica**

Mendieta, L (2014), describe que “La malla metálica principalmente es utilizada para los siguientes tres fines: -Primero, para prevenir la caída de rocas ubicadas entre los pernos de roca, actuando en este caso como sostenimiento de la superficie de la roca, segundo para retener los trozos de roca caída desde la superficie ubicada entre los pernos actuando en este caso como un elemento de seguridad; y tercero, como refuerzo del shotcrete.

Consiste en una cuadrícula de alambres entrelazados generalmente de # 10/08, con cocadas de 4”x4”, construidas en material de acero negro que pueden ser galvanizada. Esta malla es recomendada para su uso como refuerzo del concreto lanzado (shotcrete).

La malla viene en rollos o en planchas. Los rollos tienen 25 m de longitud x 2.0 m de ancho y las planchas usualmente tienen 3.0 m de longitud x 2.0 m de ancho, este cambio del tipo de malla entrelazada es por la flexibilidad que se tiene al momento de realizar la instalación en el contorno de la labor.”

*Ilustración 18: Instalación de malla*



Fuente: Mendieta L

## **Shotcrete**

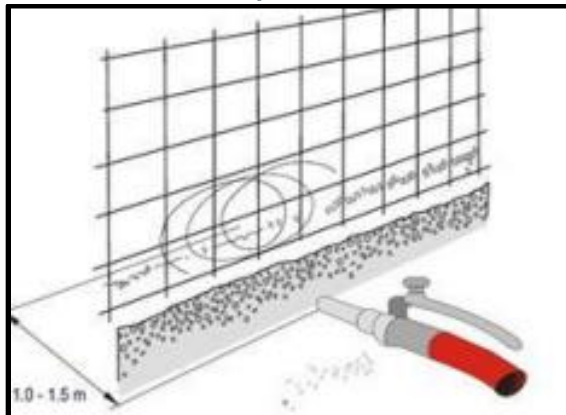
Mendieta, L (2014), describe que “Concreto lanzado (shotcrete) es el nombre genérico del concreto cuyos materiales componentes son: cemento, agregados, agua, aditivos y elementos de refuerzo, los cuales son aplicados neumáticamente y compactados dinámicamente a alta velocidad sobre una superficie. La tecnología del shotcrete comprende los procesos de mezcla seca y de mezcla húmeda. En el proceso de mezcla seca, los componentes del shotcrete seco o ligeramente prehumedecidos, son alimentados a una tolva con agitación continua. El aire comprimido es introducido a través de un tambor giratorio o caja de alimentación para transportar adicionada a la mezcla en la boquilla. En el proceso de mezcla húmeda, los componentes del shotcrete y el agua son mezclados antes de la entrega a una unidad de bombeo de desplazamiento positivo, la cual luego suministra la mezcla hidráulicamente hacia la boquilla, donde es añadido el aire para proyectar el material sobre la superficie rocosa. El producto final de los procesos de shotcrete ya sea seco o húmedo es similar. El sistema de mezcla seca tiende a ser más utilizado en la minería subterránea, debido a que generalmente usa equipos pequeños y compactos, los mismos que pueden ser movilizadas en forma relativamente fácil en la mina. El sistema de mezcla húmeda es ideal para aplicaciones de alta producción, como en piques profundos o labores de avance de gran longitud y donde los accesos permiten operar al equipo de aplicación de shotcrete sobre una base más o menos continua. Las decisiones para usar procesos de shotcrete seco o húmedo, son usualmente adoptadas para cada sitio en particular. Adecuadamente aplicado, el shotcrete es

un material de construcción estructuralmente sólido y durable, con buenas características de adhesión con la roca y alta resistencia. Estas propiedades favorables se consiguen con buenas especificaciones y materiales, preparación adecuada de la superficie, buenas prácticas de mezclado, aplicación del shotcrete y supervisión.”

Mendieta, L (2014), describe que “Componentes del shotcrete y sus proporciones en la mezcla El que se utiliza normalmente es el Pórtland Estándar Tipo I. Los agregados combinados deben presentar una de las graduaciones mostradas en la tabla n°4. Como regla práctica, los agregados más grandes no deberían ser más de 16 mm.

La experiencia ha mostrado que con agregados de más de 16 mm se incrementa drásticamente el rebote, aproximadamente el 60-70 % de los agregados sobre 8 mm están contenidos en el rebote. Por otro lado, debe haber suficiente cantidad de finos, menores de 0.2 mm, para formar una capa inicial sobre la superficie de la roca.

*Ilustración 19: Lanzado de shotcrete*



Fuente: Mendieta L.

Se usan aditivos para mejorar las propiedades del shotcrete, éstos pueden ser: los acelerantes de fragua, que no deberán ser usados en más del 2% en peso del

cemento; los reductores de agua; y los retardantes. Recientemente se ha introducido la microsíllica como un añadido cementante, ésta es una puzolana extremadamente fina que utilizada en cantidades del 8 al 13 % por peso del cemento, permite duplicar y hasta triplicar la resistencia del shotcrete, además reduce el rebote, mejora la adhesión a la superficie de la roca y permite colocar capas de hasta 200 mm de espesor en un paso simple, por su calidad “pegajosa”, sin embargo, en la mezcla húmeda, esta calidad de pegajosa disminuye la facilidad de trabajo, requiriéndose de super plastificantes para restaurar dicha facilidad de trabajo.

En mezclas húmedas el contenido de agua usualmente produce un slump de más de 50 mm. Cuando los slumps son mayores de 150 - 175 mm, se pierde la cohesión y los agregados gruesos tienden a separarse. El slump recomendado es de 38 a 75 mm. Con las relaciones agua-cemento indicadas, se logran resistencias de 20 - 48 MPa a 20 días. En mezclas secas se pueden lograr resistencias de hasta 69 MPa.”

#### **4.17. Resistencia de sostenimiento aplicado**

En el pique el F.S. aplicando pernos helicoidales y malla electrosoldada es de 1.2 de acuerdo a la simulación en el software Unwedge donde se obtuvieron los datos de Factor de Seguridad en 8 puntos del pique 650 Nv 19 (A, B, C, D, E, F, G, H) estos estudios previos a la aplicación del sostenimiento con pernos helicoidales, malla entrelazada, cable bolting y shotcrete.



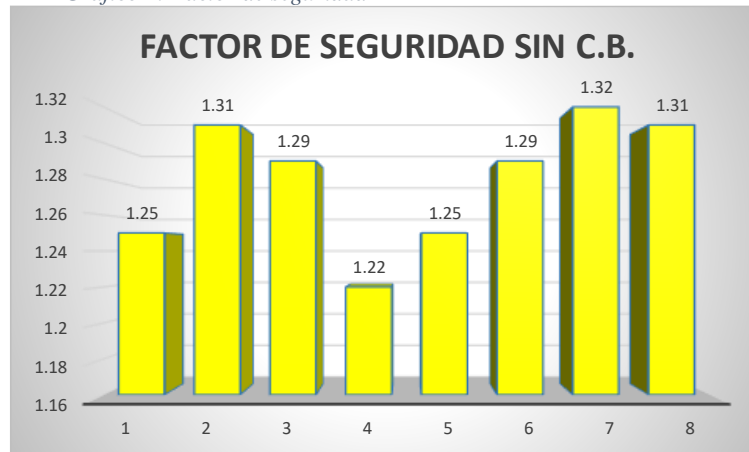
Tabla 10: Factor de seguridad 1

PUNTO	NIVEL	LABOR	F.S.
A	19	PIQUE 650	1.25
B	19	PIQUE 650	1.31
C	19	PIQUE 650	1.29
D	19	PIQUE 650	1.22
E	19	PIQUE 650	1.25
F	19	PIQUE 650	1.29
G	19	PIQUE 650	1.32
H	19	PIQUE 650	1.31

Fuente: Autor

El grafico puede observarse que el sostenimiento aplicado sin cable bolting el factor de seguridad era variante de acuerdo a los puntos de muestreo que estaban entre 1.22 y 1.32.

Gráfico 1: Factor de seguridad 1



Fuente: Autor

Los valores de Factor de Seguridad en cada una de las labores estudiadas son mayores al mínimo planteado (1.2) lo cual garantiza la estabilidad de las excavaciones. Además, para problemas de estallido de roca el Factor de Seguridad tiene que ser mayor que 2 según varios estudios y los datos obtenidos están dentro del rango de la recomendación por los expertos en el tema.

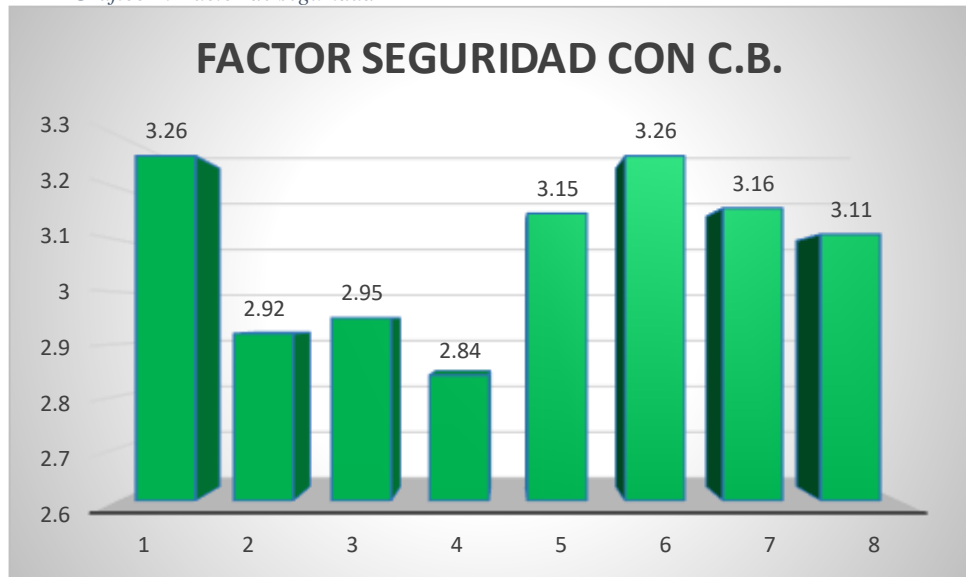
Tabla 11: Factor de seguridad 2

PUNTO	NIVEL	LABOR	F.S.
A	19	PIQUE 650	3.26
B	19	PIQUE 650	2.92
C	19	PIQUE 650	2.95
D	19	PIQUE 650	2.84
E	19	PIQUE 650	3.15
F	19	PIQUE 650	3.26
G	19	PIQUE 650	3.16
H	19	PIQUE 650	3.11

Fuente: Autor

De acuerdo a las pruebas realizadas se puede observar en el grafico un incremento en el factor de seguridad mayor con un rango entre 2.92 y 3.26, esto con el uso del cable bolting

Gráfico 2: Factor de seguridad 2



Fuente: Autor

Se puede determinar la diferencia del factor de seguridad sin cable bolting y con aplicación del cable bolting, el rango de variación es significativo lo que le dará estabilidad al pique en consecuencia aumentará el tiempo de duración de los elementos de sostenimiento del pique.

Tabla 12: Diferencias de factor de seguridad

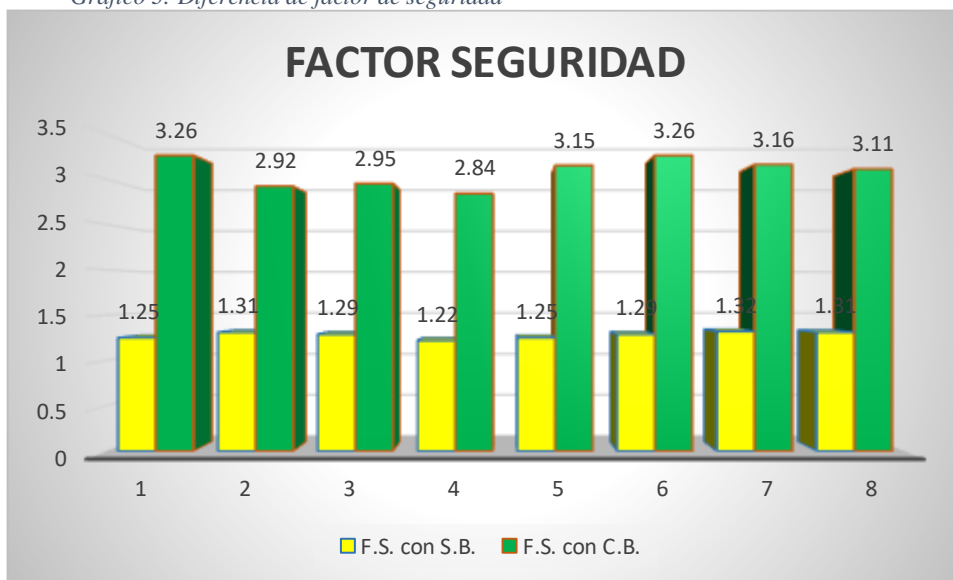
PUNTO	NIVEL	LABOR	F.S. con S.B.	F.S. con C.B.
A	19	PIQUE 650	1.25	3.26
B	19	PIQUE 650	1.31	2.92
C	19	PIQUE 650	1.29	2.95
D	19	PIQUE 650	1.22	2.84
E	19	PIQUE 650	1.25	3.15
F	19	PIQUE 650	1.29	3.26
G	19	PIQUE 650	1.32	3.16
H	19	PIQUE 650	1.31	3.11

Fuente: Autor

En el grafico se observa la variación del factor de seguridad sin instalación cable bolting y con instalación de cable bolting, sumado a esto la aplicación de malla, pernos helicoidales y shotcrete.

Los Factores de Seguridad obtenidos en las labores donde se ha realizado los estudios son mayores respecto al F.S. antes de la instalación de Cables Bolting, estos resultados nos garantizan el control de los estallidos de roca y minimizan los riesgos de accidentes ya que posterior a la implementación se ha reducido la cantidad de los estallidos de roca en el área de influencia del proyecto

Gráfico 3: Diferencia de factor de seguridad



Fuente: Autor

#### 4.18. Costos de Rehabilitación

Se considero en este análisis de costos:

- Personal
- Aceros
- Equipos
- Costos Indirectos
- Costos Directos

##### 4.18.1. Personal

Para el proyecto de rehabilitación del pique 650 se consideraron 18 trabajadores directos, considerando al supervisor, maestros, ayudantes, soldador, bodegueros, mecánicos y 05 trabajadores directos conformados por el Ing. Residente, seguridad, jefe de guardia, chofer, asistente administrativo.

Tabla 13: Distribución de personal

<b>DISTRIBUCIÓN DE PERSONAL</b>				
<b>PERSONAL DIRECTO</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>TOTAL</b>
Supervisor			1	1
Maestro Piquero	2	1	1	4
Ayudante Piquero	1	1	1	3
Maestro Civil	1	1	1	3
Ayudante Civil		1		1
Soldador/mecánico	1	1		2
Electricista	1		1	2
Bodegueros		1	1	2
<b>TOTAL PERSONAL DIRECTO</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>18</b>
<b>PERSONAL INDIRECTO</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>TOTAL</b>
Ing. Residente	1			1
Ing. de Seguridad		1		1
Ing. Jefe de Guardia		1		1
Chofer de Camioneta			1	1
Asistente Administrativo			1	1
<b>TOTAL PERSONAL INDIRECTO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>TOTAL UNIDAD</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>23</b>

Fuente: Área de planeamiento

Tabla 14: Costos personal

COSTO DE MANO DE OBRA																
Tipo de cambio	3.70															
Sistema	14 x 7															
Costo Herramientas MOI	2%															
Costo Herramientas MOD	3%															
<b>1.0 MANO DE OBRA INDIRECTA</b>																
Item	Cargo	Unidad	Sueldo Mensual S/	Sueldo Diario S/	Sueldo Diario US\$	F. BBSS	P.U. Diario US\$	E.P.P. US\$	Herram. 2%	Alimenta c. US\$	Movilidad US\$	Examen Médico US\$	Costo Total Diario US\$	Costo Total Mensual US\$		
1.01	Ing. Residente	Tarea	10,000.00	333.33	90.09	1.64	147.75	2.85	2.95	8.24	1.08	0.48	163.36	4,900.67		
1.02	Ing. de Seguridad	Tarea	8,000.00	266.67	72.07	1.64	118.20	2.85	2.36	8.24	1.08	0.48	133.21	3,996.45		
1.03	Ing. Jefe de Guardia	Tarea	7,000.00	233.33	63.06	1.64	103.42	2.85	2.07	8.24	1.08	0.48	118.14	3,544.34		
1.04	Chofer de Camioneta	Tarea	2,700.00	90.00	24.32	1.64	39.89	2.85	0.80	8.24	1.08	0.48	53.34	1,600.28		
1.05	Asistente Administrativo	Tarea	2,000.00	66.67	18.02	1.64	29.55	2.85	0.59	8.24	1.08	0.48	42.79	1,283.80		
<b>1.0 MANO DE OBRA DIRECTA</b>																
Item	Cargo	Unidad	Cantidad	Jornal Diario S/	Jornal Diario US\$	F. BBSS	P.U. Diario US\$	E.P.P. US\$	Herram. 3%	Alimenta c. US\$	Movilidad US\$	Examen Médico US\$	Costo/día US\$	Costo Parcial x tarea US\$	Costo Total x tarea US\$	
1.01	Supervisor	Tarea	1.00	185.00	50.00	1.95	97.50	2.85	2.93	8.24	1.08	0.48	113.08	169.62	169.62	
1.02	Maestro Piquero	Tarea	4.00	110.00	29.73	1.95	57.97	2.85	1.74	8.24	1.08	0.48	72.36	108.55	434.19	
1.03	Ayudante Piquero	Tarea	3.00	90.00	24.32	1.95	47.43	2.85	1.42	8.24	1.08	0.48	61.51	92.26	276.79	
1.04	Maestro Civil	Tarea	3.00	110.00	29.73	1.95	57.97	2.85	1.74	8.24	1.08	0.48	72.36	108.55	325.64	
1.05	Ayudante Civil	Tarea	1.00	90.00	24.32	1.95	47.43	2.85	1.42	8.24	1.08	0.48	61.51	92.26	92.26	
1.06	Soldador/mecánico	Tarea	2.00	120.00	32.43	1.95	63.24	2.85	1.90	8.24	1.08	0.48	77.79	116.69	233.38	
1.07	Electricista	Tarea	2.00	120.00	32.43	1.95	63.24	2.85	1.90	8.24	1.08	0.48	77.79	116.69	233.38	
1.08	Bodegueros	Tarea	2.00	90.00	24.32	1.95	47.43	2.85	1.42	8.24	1.08	0.48	61.51	92.26	184.52	
														896.88	1,949.78	
														<b>COSTO TOTAL PERSONAL X TAREA US\$</b>		<b>1,949.78</b>

Fuente: Área de planeamiento

#### 4.18.2. Aceros

Se ha considerado para la ejecución de la rehabilitación de un total de 33044 pies lineales, el cual nos da 83.44 pies/tarea.

Tabla 15: Costos Aceros

CALCULO DE LOS PIES PERFORADOS					
ACTIVIDADES	LONG. TAL.	TAL x ELEM.	No ELEM.	PIES PERF.	
Sostenimiento del Pique - Pernos Helicoidales 6 Pies	6	20	88	10,560.00	
Sostenimiento con bolting en Pique 7m (cada 2 cuadros)	23	9	44	9,108.00	
Vigas de Concreto - Anclajes de 6 Pies	6	44	44	11,616.00	
Colocado de Malla - Split Set 2 Pies	2	10	88	1,760.00	
<b>Total Pies Perforados</b>				<b>33,044.00</b>	
No de Tareas				396.00	
<b>TOTAL PIES PERFORADOS X TAREA</b>				<b>83.44</b>	
COSTO DE ACEROS DE PERFORACION					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO US\$	VIDA ÚTIL	p.p./Tar	US\$/Tar
Barra Cónica De 6 Pies	p.p.	91.00	850	27.81	2.98
Barra Cónica De 4 Pies	p.p.	76.00	850	27.81	2.49
Barra Cónica De 2 Pies	p.p.	68.00	850	27.81	2.23
Barra acoplables para taladros largos	p.p.	220.00	850	27.81	7.20
Cooplring para barras	p.p.	120.00	850	27.81	3.93
Shank	p.p.	150.00	1200	27.81	3.48
Broca de 45 mm	p.p.	48.00	300	27.81	4.45
Broca De 38 mm	p.p.	24.00	300	27.81	2.23
Broca Escareadora de 3"	p.p.	123.00	900	10.00	1.37
Barra Piloto de 3 Pies	p.p.	150.00	900	10.00	1.67
Adaptador de Perno	p.p.	92.00	900	92.02	9.41
<b>COSTO TOTAL DE ACEROS US\$ x TAREA</b>				<b>41.41</b>	
No Máquinas Perforadoras				2	
<b>COSTO DE ACEROS x MÁQUINA PERFORADORA US\$ x TAREA</b>				<b>20.70</b>	
COSTO DE MATERIALES DE PERFORACION					
DETALLES	PRECIO US\$	VIDA ÚTIL	p.p./Tar	US\$/Tar	
Aceite de Perforación	9.73	300.00	83.44	2.71	
<b>COSTO DE MATERIALES DE PERFORACION US\$ x TAREA</b>				<b>2.71</b>	

Fuente: Área de planeamiento

#### 4.18.3. Equipos

El costo considerado para los equipos que se usaran en el proyecto de rehabilitación es \$ 87.25 dólares además de los equipos externos como mezclador de concreto, camioneta, shotcrete haciendo un total de \$ 4602.27

Tabla 16: Costos equipos

<b>COSTO DE EQUIPOS</b>		
<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total US\$/tar</b>
Máquina Perforadora Jack Leg	2	18.89
Sierra Circular	1	0.92
Motosierra	2	4.29
Patilladora	2	8.13
Amoladora	2	1.64
Equipo de Oxicorte	1	1.57
Taladro Magnético	1	1.13
Taladro Bosch	1	1.13
Pistola de Impacto	1	2.63
Prensa de Banco	1	0.30
Tecles de 2 Ton	2	2.47
Tecles de 0.5 ó 0.75 Ton	2	1.07
Inyector de cemento putzmeister	1	3.47
Equipo tensador de Cable con mordaza	1	3.12
<b>COSTO TOTAL DE EQUIPOS X DIA US\$</b>		<b>87.25</b>
Mezclador de concreto tipo trompo	1	134.35
Camioneta 4 x 4	1	2,490.00
Shotcretera Spraycrete	1	1,890.67

Autor: Planeamiento

#### 4.18.4. Costos Indirectos

Los costos indirectos incluyen los seguros y garantías, dirección técnica, maquinas, equipos de campo, oficinas, gastos covid, gastos de inducción, gastos administrativos lima, el cual nos da \$ 26 062.00 dólares mensual.

Tabla 17: Costos indirectos

EDT	DESCRIPCIÓN	UM	CANT	INCIDENCIA	MESES	PU	PARCIAL
<b>01</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS FIJOS</b>						<b>11,255.00</b>
<b>01.01</b>	<b>SEGUROS Y GARANTÍAS</b>						<b>11,255.00</b>
01.01.01	Fianza Fiel Cumplimiento (10% Monto Total )	GLB	1.00	100.00%	NA	10,395.00	10,395.00
01.01.02	Fondo de Garantía	GLB	0.00	100.00%	NA		0.00
01.01.03	Movilización v/o Desmovilización	GLB	1.00	100.00%	NA	860.00	860.00
<b>02</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS VARIABLES</b>						<b>332,771.26</b>
<b>02.01</b>	<b>DIRECCIÓN TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA</b>						<b>202,297.02</b>
2.01.01	Ing. Residente	MES	1.00	100.00%	13.20	4,900.67	64,688.78
2.01.02	Ing. de Seguridad	MES	1.00	100.00%	13.20	3,996.45	52,753.13
2.01.03	Ing. Jefe de Guardia	MES	1.00	100.00%	13.20	3,544.34	46,785.30
2.01.04	Chofer de Camioneta	MES	1.00	100.00%	13.20	1,600.28	21,123.64
2.01.05	Asistente Administrativo	MES	1.00	100.00%	13.20	1,283.80	16,946.16
<b>02.02</b>	<b>MÁQUINAS</b>						<b>58,585.71</b>
02.02.01	Camioneta (incluye combustible)	MES	1.00	100.00%	13.20	2,490.00	32,868.00
02.02.02	Shotcretera Terraforte Spraycret 650	MES	1.00	100.00%	12.70	1,890.67	24,011.47
02.02.03	Mezclador de concreto tipo trompo	MES	1.00	100.00%	12.70	134.35	1,706.25
<b>02.03</b>	<b>EQUIPOS DE CAMPO, OFICINA Y MOBILIARIO</b>						<b>26,305.83</b>
02.03.01	Herramientas de Gestión de Seguridad	MES	1.00	100.00%	12.70	210.00	2,667.00
02.03.02	Paneles informativos de labor	MES	1.00	100.00%	12.70	35.00	444.50
02.03.03	Capacitación según DS-023 EM - 2016	MES	1.00	100.00%	12.70	61.10	775.97
02.03.04	Agua mineral	MES	24.00	100.00%	12.70	5.70	1,738.04
02.03.05	Telefonía Celular	MES	2.00	100.00%	12.70	15.00	381.00
02.03.06	Economato	MES	2.00	100.00%	12.70	67.00	1,701.80
02.03.07	Computadora Personal	MES	3.00	100.00%	12.70	91.67	3,492.50
02.03.08	Impresora	MES	1.00	100.00%	12.70	29.17	370.42
02.03.09	Radio Motorala XT420	MES	2.00	100.00%	12.70	45.67	1,159.93
02.03.10	Lavado de Overol	MES	1.00	100.00%	12.70	60.00	762.00
02.03.11	Limpieza de Campamentos	MES	1.00	100.00%	12.70	300.00	3,810.00
02.03.12	Proyector Multimedia	MES	1.00	100.00%	12.70	38.33	486.83
02.03.13	Internet	MES	1.00	100.00%	12.70	150.00	1,905.00
02.03.14	Detector de Gases Altair 5x	MES	1.00	100.00%	12.70	258.33	3,280.83
02.03.15	Autoreescatadores	MES	18.00	100.00%	12.70	185.00	3,330.00
<b>02.03</b>	<b>GASTOS DE OFICINA CENTRAL</b>						<b>42,240.00</b>
02.03.01	Gastos de Oficina Central	MES	1.00	100.00%	13.20	3,200.00	42,240.00
<b>02.04</b>	<b>GASTOS COVID</b>						<b>2,640.00</b>
02.04.01	Prueba Molecular	MES	24.00	100.00%	0.00	77.15	0.00
02.04.02	Prueba de antígenos	MES	24.00	100.00%	0.00	24.32	0.00
02.04.03	Gastos Prevención Covid	MES	1.00	100.00%	13.20	200.00	2,640.00
<b>02.05</b>	<b>GASTOS DE INDUCCIÓN</b>						<b>702.70</b>
02.05.01	Ing. Residente	MES	1.00	100.00%	0.00	90.09	0.00
02.05.02	Ing. de Seguridad	MES	1.00	100.00%	0.00	72.07	0.00
02.05.03	Ing. Jefe de Guardia	MES	1.00	100.00%	0.00	63.06	0.00
02.05.04	Chofer de Camioneta	MES	1.00	100.00%	0.00	24.32	0.00
02.05.06	Asistente Administrativo	MES	1.00	100.00%	0.00	18.02	0.00
02.05.07	Supervisor	MES	1.00	100.00%	0.00	50.00	0.00
02.05.08	Maestro Piquero	MES	1.00	100.00%	5.00	29.73	148.65
02.05.09	Ayudante Piquero	MES	1.00	100.00%	5.00	24.32	121.62
02.05.10	Maestro Civil	MES	1.00	100.00%	5.00	29.73	148.65
02.05.11	Ayudante Civil	MES	1.00	100.00%	5.00	24.32	121.62
02.05.12	Soldador/mecánico	MES	1.00	100.00%	5.00	32.43	162.16
02.05.13	Electricista	MES	1.00	100.00%	0.00	32.43	0.00
02.05.14	Bodegueros	MES	1.00	100.00%	0.00	24.32	0.00
<b>COSTO INDIRECTO</b>							<b>344,026.26</b>
<b>PLAZO OFERTADO (MESES)</b>							<b>13.20</b>
<b>COSTO INDIRECTO POR MES</b>							<b>26,062.60</b>

Autor: Planeamiento

#### 4.18.5. Costos Directos

Los costos directos incluyen los trabajos propios del proyecto como son el costo de trabajos preliminares, rehabilitación de los tramos.

Tabla 18: Costos directos

0	Rehabilitación del Pique 650		396.00	546,603.85
1	Trabajos Preliminares		9.00	12,483.95
1.01	Construcción de bodega y taller en Interior mina.	Tareas	1.00	1,387.11
	Personal	Tareas	0.67	1,949.78
	Equipos	Tareas	1.00	87.25
1.02	Desinstalación de tapón de seguridad y construcción de tapón de seguridad	Tareas	8.00	11,096.84
	Personal	Tareas	5.33	1,949.78
	Equipos	Tareas	8.00	87.25
2	Trabajos de Rehabilitación de Rehabilitación de Pique Central Fase III	Tareas	381.00	528,487.09
2.01	Tramo 1:	Tareas	104.00	144,258.94
02.01.01	Desaforado de cuadro y limpieza de carga a skip: 24 cuadros	Tareas	16.00	22,193.68
	Personal	Tareas	10.67	1,949.78
	Equipos	Tareas	16.00	87.25
02.01.02	Sostenimiento con pernos helicoidales y malla entrelazada en los cuadros: 24 cuadros	Tareas	16.00	22,193.68
	Personal	Tareas	10.67	1,949.78
	Equipos	Tareas	16.00	87.25
02.01.03	Perforación e instalación de cable bolting de 7m(cada 2 cuadros): 108 Unidades	Tareas	14.00	19,419.47
	Personal	Tareas	9.33	1,949.78
	Equipos	Tareas	14.00	87.25
02.01.04	Construcción de viga de concreto y Viga H cada 2 cuadros: 11 vigas	Tareas	44.00	61,032.63
	Personal	Tareas	29.33	1,949.78
	Equipos	Tareas	44.00	87.25
02.01.05	Sostenimiento con shotcrete de 2 pulg. 24 cuadros	Tareas	7.00	9,709.74
	Personal	Tareas	4.67	1,949.78
	Equipos	Tareas	7.00	87.25
02.01.06	Refuerzo de maderamen con brackets: 6 cuadros	Tareas	4.00	5,548.42
	Personal	Tareas	2.67	1,949.78
	Equipos	Tareas	4.00	87.25
02.01.07	Acondicionamiento de camino y cambio de tablas de cortina: 24 cuadros	Tareas	3.00	4,161.32
	Personal	Tareas	2.00	1,949.78
	Equipos	Tareas	3.00	87.25
2.02	Tramo 2	Tareas	138.00	191,420.52
02.02.01	Desaforado de cuadro y limpieza de carga a skip: 32 cuadros	Tareas	21.00	29,129.21
	Personal	Tareas	14.00	1,949.78
	Equipos	Tareas	21.00	87.25
02.02.02	Sostenimiento con pernos helicoidales y malla entrelazada en los cuadros: 32 cuadros	Tareas	21.00	29,129.21
	Personal	Tareas	14.00	1,949.78
	Equipos	Tareas	21.00	87.25
02.02.03	Perforación e instalación de cable bolting de 7m(cada 2 cuadros): 144 Unidades	Tareas	18.00	24,967.89
	Personal	Tareas	12.00	1,949.78
	Equipos	Tareas	18.00	87.25
02.02.04	Construcción de viga de concreto y Viga H cada 2 cuadros: 15 vigas	Tareas	60.00	83,226.31
	Personal	Tareas	40.00	1,949.78
	Equipos	Tareas	60.00	87.25
02.02.05	Sostenimiento con shotcrete de 2 pulg. 32 cuadros	Tareas	9.00	12,483.95
	Personal	Tareas	6.00	1,949.78
	Equipos	Tareas	9.00	87.25
02.02.06	Refuerzo de maderamen con brackets: 6 cuadros	Tareas	4.00	5,548.42
	Personal	Tareas	2.67	1,949.78
	Equipos	Tareas	4.00	87.25
02.02.07	Acondicionamiento de camino y cambio de tablas de cortina: 32 cuadros	Tareas	5.00	6,935.53
	Personal	Tareas	3.33	1,949.78
	Equipos	Tareas	5.00	87.25
2.03	Tramo 3	Tareas	139.00	192,807.63
02.03.01	Desaforado de cuadro y limpieza de carga a skip: 32 cuadros	Tareas	21.00	29,129.21
	Personal	Tareas	14.00	1,949.78
	Equipos	Tareas	21.00	87.25
02.03.02	Sostenimiento con pernos helicoidales y malla entrelazada en los cuadros: 32 cuadros	Tareas	21.00	29,129.21
	Personal	Tareas	14.00	1,949.78
	Equipos	Tareas	21.00	87.25
02.03.03	Perforación e instalación de cable bolting de 7m(cada 2 cuadros): 144 Unidades	Tareas	18.00	24,967.89
	Personal	Tareas	12.00	1,949.78
	Equipos	Tareas	18.00	87.25
02.03.04	Construcción de viga de concreto y Viga H cada 2 cuadros: 15 vigas	Tareas	60.00	83,226.31
	Personal	Tareas	40.00	1,949.78
	Equipos	Tareas	60.00	87.25
02.03.05	Sostenimiento con shotcrete de 2 pulg. 32 cuadros	Tareas	9.00	12,483.95
	Personal	Tareas	6.00	1,949.78
	Equipos	Tareas	9.00	87.25
02.03.06	Refuerzo de maderamen con brackets: 7 cuadros	Tareas	5.00	6,935.53
	Personal	Tareas	3.33	1,949.78
	Equipos	Tareas	5.00	87.25
02.03.07	Acondicionamiento de camino y cambio de tablas de cortina: 32 cuadros	Tareas	5.00	6,935.53
	Personal	Tareas	3.33	1,949.78
	Equipos	Tareas	5.00	87.25
03.00	Cierre de Proyecto	Tareas	6.00	5,632.82
03.01	Inspección Interdisciplinaria y levantamiento de observaciones	Tareas	2.00	2,599.71
	Personal	Tareas	1.33	1,949.78
03.02	Desmovilización	Tareas	2.00	2,599.71
	Personal	Tareas	1.33	1,949.78
03.03	Desmovilización	Tareas	2.00	433.40
	Personal	Tareas	2.00	216.70
				433.40
			<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>546,603.85</b>
			<b>TOTAL TAREAS</b>	<b>396.00</b>



Autor: Planeamiento



#### 4.18.6. Resumen de costos de Rehabilitación Pique 650

El costo de rehabilitación del pique 6550 es de \$ 1 128 342.64 dólares, que incluyen los costos directos e indirectos.

Tabla 19: Resumen de costos

 <b>RESUMEN DEL PRESUPUESTO</b> 		
SERVICIO:	REHABILITACIÓN DEL PIQUE	
CLIENTE:	ALPAYANA	
CONTRATISTA:	LOS ANDES CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS S.A.C	
MONEDA:	DÓLARES AMERICANOS (USD)	
FECHA:	23/07/2022	
REV. DEL PPTO:	H	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	TOTAL
01	COSTO DIRECTO	546,603.85
02	COSTO INDIRECTO	344,026.26
	SUB TOTAL	890,630.11
	UTILIDAD	
	<b>12%</b>	65,592.46
	<b>TOTAL</b>	<b>956,222.58</b>
	IGV (18%)	172,120.06
	<b>TOTAL INC. IGV</b>	<b>1,128,342.64</b>

Fuente: Autor

## CAPITULO V

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 5.1. Resultados

En este trabajo podemos detallar que se realizó la evaluación del macizo rocoso en el pique Nv 19 al Nv 20 que nos sirve para poder determinar el tipo de sostenimiento a aplicar considerando la mejora en relación al sostenimiento aplicado inicialmente.

Cuando se realizó la evaluación geomecánica de la muestra se consideró aspectos particulares ya que la labor contaba con un sostenimiento ya aplicado, este escenario real hace que los resultados de la evaluación sean considerados como datos en condiciones reales que hacen que los elementos del sostenimiento como el perno helicoidal y malla electrosoldada se encuentren fatigados y no cumplan con la función por la que fueron instalados, hay que considerar que los datos geomecánicos se van a mantener por lo que la propuesta de mejora del sostenimiento aplicando nuevos elementos va hacer que se fortifique el macizo rocoso, como podemos evidenciar en las pruebas realizadas con la aplicación de ensayos, en estos resultados podemos determinar que el elemento adicional aplicado como es el cable bolting no sufre alteración al aplicar la prueba.

*Tabla 20: Evaluación de pruebas*

N° PRUEBAS	PRUEBA N° 01			PRUEBA N° 02		
LABOR	PIQUE 650 NV 19			PIQUE 650 NV 19		
ENSAYOS	CABLE BOLTING			CABLE BOLTING		
	RESISTENCIA. TRACCION		ELONG	RESISTENCIA. TRACCION		ELONG
	PSI	TON	(mm)	PSI	TON	(mm)
DATOS	0	0	10	0	0	10
	728.9	2.714	20	728.9	2.714	20
	1432.29	5.333	25	1432.29	5.333	25
	2178.48	8.111	27	2178.48	8.111	27
	2901.76	10.804	31	2901.76	10.804	31
	3687.25	13.728	34	3687.25	13.728	34
	4352.65	16.206	37	4352.65	16.206	37
	5089.25	18.948	38	5001.25	18.620	38
	5802.36	21.603	38	5752.36	21.417	38
	6598.36	24.567	40	6458.23	24.045	40
CABLE	CONFORME			CONFORME		

*Fuente: Autor*

A esto podemos determinar que la aplicación adicional de una malla entrelazada va a dinamizar la instalación de malla por la flexibilidad de adherirse a las paredes de la labor al momento de realizar la instalación.

El factor de seguridad de la aplicación del ensayo determina que el factor de seguridad mejora en relación con el sostenimiento inicial en la rehabilitación del pique 650 Nv 19, esto beneficia a la estabilidad del macizo rocoso, esto utilizando el software Unwedge

*Tabla 21: Factor de seguridad 1*

PUNTO	NIVEL	LABOR	F.S.
A	19	PIQUE 650	1.25
B	19	PIQUE 650	1.31
C	19	PIQUE 650	1.29
D	19	PIQUE 650	1.22
E	19	PIQUE 650	1.25
F	19	PIQUE 650	1.29
G	19	PIQUE 650	1.32
H	19	PIQUE 650	1.31

*Fuente: Autor*

Esto en relación a los resultados con la aplicación del cable bolting

*Tabla 22: Factor de seguridad 2*

PUNTO	NIVEL	LABOR	F.S.
A	19	PIQUE 650	3.26
B	19	PIQUE 650	2.92
C	19	PIQUE 650	2.95
D	19	PIQUE 650	2.84
E	19	PIQUE 650	3.15
F	19	PIQUE 650	3.26
G	19	PIQUE 650	3.16
H	19	PIQUE 650	3.11

*Fuente: Autor*

La diferencia en el factor de seguridad es variante de acuerdo a las consideraciones de cada punto de evaluación.

Tabla 23: Diferencias de factor de seguridad

PUNTO	NIVEL	LABOR	F.S. con S.B.	F.S. con C.B.
A	19	PIQUE 650	1.25	3.26
B	19	PIQUE 650	1.31	2.92
C	19	PIQUE 650	1.29	2.95
D	19	PIQUE 650	1.22	2.84
E	19	PIQUE 650	1.25	3.15
F	19	PIQUE 650	1.29	3.26
G	19	PIQUE 650	1.32	3.16
H	19	PIQUE 650	1.31	3.11

Fuente: Autor

## 5.2. Discusión

La instalación adecuada de los elementos del sostenimiento desde el inicio aplicando los estándares y procedimientos va a tener una importancia significativa en los resultados de los ensayos, podemos determinar que una inadecuada instalación de algunos de los elementos de sostenimiento es imperceptible hasta que se concluya la instalación.

Por eso es importante que la estricta aplicación del procedimiento de instalación de elementos de sostenimiento desde la perforación, limpieza del taladro instalación pernos helicoidales, malla entrelazada, cable bolting y shotcrete sea la adecuada porque de eso va a depender su eficiencia.

La evaluación aplicando los ensayos de pull test va a determinar el buen funcionamiento del sostenimiento considerando además la calidad de los elementos de sostenimiento por ejemplo la selección adecuada del cemento y la aplicación del diseño de mezcla es importante porque esta se adhiere al macizo rocosos a través de los taladros y ayudada a transmitir cargas de lo roca al cable instalado.

Como todo proceso de mejora continua la aplicación del sostenimiento fortificado con elementos adicionales que aseguren la estabilidad del macizo rocoso en el pique va a tener un beneficio de uso en la labor en el tiempo, va evitar colapso y deterioro prematuro de

los elementos de sostenimiento frente al macizo rocoso haciendo una labor segura en el tiempo.

### 5.3. Prueba de Hipótesis

Se realiza la evaluación de prueba de Hipótesis

Tabla 24: Evaluación 1 y 2

<b>EVALUACION</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>P1</b>	2.71	5.33	8.11	10.81	13.78	16.21	18.62	21.24	24
<b>P2</b>	2.71	5.33	8.11	10.81	13.78	16.21	18.94	21.06	25

Fuente: Autor

Se evalúan los resultados.

Hi: La evaluación de la condición geomecánica mejora el sostenimiento del pique 650 durante su rehabilitación en Alpayana S.A. – 2022.

Ho: La evaluación de la condición geomecánica NO mejora el sostenimiento del pique 650 durante su rehabilitación en Alpayana S.A. – 2022.

Se aplicó la prueba t de Student

Tabla 25: Prueba T de Student

	Variable 1	Variable 2
Media	13.42244444	13.49711111
Varianza	53.00027678	54.5099911
Observaciones	9	9
Coefficiente de correlación de Pearson	0.999678172	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	-1.053642339	
P(T<=t) una cola	0.161413374	
Valor crítico de t (una cola)	1.859548038	
P(T<=t) dos colas	0.003228267	
Valor crítico de t (dos colas)	2.306004135	

Fuente: Autor

$p < 0.05 \longleftrightarrow 0.003228267 < 0.05$

Por lo que se rechaza  $H_0$  y se VALIDA  $H_1$ ; entonces, validamos que: La evaluación de la condición geomecánica mejora el sostenimiento del pique 650 durante su rehabilitación en Alpayana S.A. – 2022.

Validez y confiabilidad:

Se usará para la validez y confiabilidad se usará el SPSS22

*Tabla 26: Validez*

ALFA DE CRONBACH	N° DE ELEMENTOS
0.88	10

Fuente: Autor

Evaluando la tabla N° 25 se tiene que el grado de fiabilidad es de  $0.88 > 0.7$ , esto indica que el instrumento aplicado es confiable.

## BIBLIOGRAFIA

Acevedo, O. (2009). *Determinación de la magnitud de esfuerzos in situ*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. Obtenido de [https://www.academia.edu/25355145/DETERMINACION\\_DE\\_LA\\_MAGNITUD\\_DE\\_ESFUERZOS\\_IN\\_SITU](https://www.academia.edu/25355145/DETERMINACION_DE_LA_MAGNITUD_DE_ESFUERZOS_IN_SITU)

Calcina Bedoya, E. (2018). *Diseño y sostenimiento del Bypass 942 (nivel 3340) para optimizar la seguridad de las Operaciones en la mina Chipmo*. UNSA, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5055>

Calderón Mena, M. A. (2018). *Caracterización Geomecánica para la Determinación del tipo de sostenimiento en la galería Gavilán de Oro de la UEA Ana María*. UNAP, Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8409?show=full>

Cartaya Pire, M. (2006). *Caracterización Geomecánica de Macizos Rocosos en obras Subterráneas de la región oriental del País*. Minería y Geología, CUBA. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/2235/223517652004.pdf>

Castañeda Guzmán, H. A. (2018). *Propuesta de sostenimiento en la caracterización geomecánica por métodos empíricos del túnel vial ubicado en el kilómetro 98 + 100 de la carretera Cascas – Contumazá*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14186>

Ccorahua Sequeriros, B. P. (2016). *La geomecánica en el sostenimiento en la Mina Ricotona Lambrama 2016*. Apurímac: UNAMBA. Obtenido de <https://kupdf.net/download/geomecanica-aplicada-para-el-sostenimiento-de-lamina->

ricotona-pdf\_59b9202e08bbc5db2d894c9a\_pdf Chilon Huaman, José Ángel & Morillo Gil, Robert Pablo Pág. 76 C

Chereque Moran, W. (1980). Hidrología para estudiantes de ingeniería civil 2da edición. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/28689>

Chura Lope, W. (2006). Caracterización Geomecánica del macizo rocoso y su aplicación en el diseño de sostenimiento en labores de desarrollo de la unidad económica administrativa Ana María – La Rinconada. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4489>

Cipriano Chudan, R., & Marín Cabrera, E. (2018). Propuesta de sostenimiento en base a la caracterización geomecánica de la galería Nv. 9, de la unidad minera Colquirrumi, Cajamarca 2018. Universidad Privada del Norte, Perú. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13943>

Escalante Guerra, H. A. (04 de 08 de 2017). Mejoramiento del sistema de sostenimiento, con madera, mediante pernos split set y malla electrosoldada en labores de explotación de la empresa "MACDESA". UNAP, Arequipa, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6129>

Gonzales Hajar, L. S. (2012). Estimación de los valores de la cohesión y fricción del macizo rocoso de baja resistencia a partir de ensayos de corte directo In - situ. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Obtenido de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1158/1/gonzales\\_hl.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1158/1/gonzales_hl.pdf)



Leiva O, L. (2017). Clasificación del Macizo y Roca intacta. Minería y Construcción.

Loayza Solier, J. J. (2006). Sostenimiento Mediante Pernos de roca y Seguridad en minas subterráneas. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/12071>

Mendieta Britto, L. (2014). Optimización de los costos operativos en la unidad cerro chico. PUCP, Lima, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5946>

MINEM. (2018). Fax Coyuntural de Accidentes Mortales. Obtenido de [http://www.minem.gob.pe/\\_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=12464](http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=12464)

Quispe Arones, Y. I. (2012). Comportamiento de roca blanda en un túnel de exploración diseñado con el sistema Q. Lima, Perú. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Nacional de Ingeniería.: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1245>

Rojas Urrutia, C. M. (2018). Comportamiento geotécnico de los taludes críticos de la carretera lajas – el tayal provincia de chota. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2069>

Salvador Vara, G. (2017). Geomecánica aplicada al diseño de minado por el metodo sub level stoping para cuerpos mineralizados irregulares de la unidad minera cerro lindo – milpo. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/12591>

Sánchez García, J. L. (2013). La resistencia a la compresión del hormigón y su influencia en el módulo de elasticidad estático en el cantón ambato, provincia de Tungurahua. Universidad Tecnica de Ambato, Ecuador. Obtenido de Repositorio

Digital Universidad Técnica de Ambato:

<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/6031>

Soto Vilca, A. (2016). Diseño de sostenimiento en el túnel Wayrasencca - Ollachea. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2996/Soto\\_Vilca\\_Angel\\_Christopher.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2996/Soto_Vilca_Angel_Christopher.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Suarez Burgoa, L. (2013). Estimación de la variabilidad mecánica de placas de roca por ensayos no destructivos. ingeniería y ciencias.

Torre Yaranga, E. (2015). Sistema de carguío para la voladura eficiente en el pique 2000(- ), nivel 18, zona esperanza en la compañía minera Casapalca S.A. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3857>

## **ANEXOS**

Anexo 1: Matriz de consistencia

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**TÍTULO: EVALUACION GEOMECANICA DEL PIQUE 650 PARA LA APLICACIÓN DE MEJORAS DEL SOSTENIMIENTO EN LA REHABILITACIÓN, COMPAÑÍA MINERA ALPAYANA S.A. – 2022”**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>General:</p> <p>¿Cómo evaluar la condición geomecánica para la mejora del sostenimiento del pique 650 durante su rehabilitación en Alpayana S.A. - 2022?</p> <p>Específicos:</p> <p>¿Cómo contribuye el factor de seguridad en la mejora del sostenimiento del pique 650 durante su rehabilitación en Alpayana S.A. - 2022?</p> <p>¿Cómo contribuye la viabilidad de los costos en la mejora del sostenimiento del pique 650 durante su rehabilitación en Alpayana S.A. - 2022?</p>	<p>General:</p> <p>Evaluar la condición geomecánica para aplicar mejoras de sostenimiento en el pique 650 durante su rehabilitación, CIA Minera Alpayana S.A - 2022</p> <p>Específicos:</p> <p>Valorar el factor de seguridad en la mejora del sostenimiento en el pique 650 durante su rehabilitación, Alpayana S.A - 2022.</p> <p>Establecer la viabilidad de los costos unitarios en la mejora del sostenimiento en el pique 650 durante su rehabilitación, Alpayana S.A - 2022.</p>	<p>General:</p> <p>La evaluación de la condición geomecánica mejora el sostenimiento del pique 650 durante su rehabilitación en Alpayana S.A. – 2022</p> <p>Específicos:</p> <p>La valoración del factor de seguridad contribuye en la mejora del sostenimiento en el pique 650 durante su rehabilitación.</p> <p>La viabilidad de los costos unitarios contribuye en la mejora del sostenimiento en el pique 650 durante su rehabilitación.</p>	<p>VARIABLE 1:</p> <p>Evaluación Geomecánica</p> <p>VARIABLE 2:</p> <p>Sostenimiento de pique</p>	<p>Tipo de Investigación: Descriptivo Correlacional</p> <p>Diseño de investigación: Cuantitativo No experimental</p> <p>Método: No experimental</p> <p>Población: Piques de la Unidad Minera Alpayana</p> <p>Muestra: Pique Vertical 650 Nv 19</p> <p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Sistema de Cartillas Formatos impresos Cronometro Flexómetro Cámara fotográfica</p>

*Anexo 2: Supervision*



*Anexo 3: Operaciones*



*Anexo 4: Rehabilitación*



*Anexo 5: Inspección Pique*





## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

### ACTA N° 068-2023-FIMGC

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 340-2023-FIMGC-D**, siendo treintaiún días del mes de agosto del 2023, a horas 8:00 am.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el Auditorium virtual google meet del Campus Universitario de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el Jurado de la sustentación de tesis compuesto por el presidente el **Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**, Jurado el **Dr. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS**, Jurado el **MSc. Ing. José Agustín ESPARTA SANCHEZ**, Jurado - Asesor el **MSc. Ing. Roberto Juan GUTIERREZ PALOMINO** y secretario del proceso el **Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis denominada titulado: **“EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL PIQUE 650 PARA LA APLICACIÓN DE MEJORAS DEL SOSTENIMIENTO EN SU REHABILITACIÓN, ALPAYANA S.A. – 2022”**, presentado por el/la Sr./Srta., **FELIX DANTE IPURRE SUAREZ**, Bachiller en **Ciencias de la Ingeniería Minas**.

El Jurado luego de haber recepcionado la sustentación de la tesis y realizado las preguntas, el sustentante al haber dado respuesta a las preguntas, y el Jurado haber deliberado; califica con la nota aprobatoria de **15 (quince)**.

En fe de lo cual, se firma la presente acta, por los miembros integrantes del proceso de sustentación.



Firmado digitalmente por  
Dr. Ing. Efraín Elías Porras Flores  
Fecha: 2023.09.03 17:48:07 -05'00'

**Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**

Presidente

Firmado digitalmente por  
Roberto J. Gutierrez Palomino

**MSc. Ing. Roberto Juan GUTIERREZ PALOMINO**

Jurado Asesor



Firmado digitalmente por Dr.  
Johnny Henry Ccatamayo Barrios  
Fecha: 2023.09.01 10:07:46 -05'00'

**Dr. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS**

Jurado



Firmado digitalmente por Mg.  
Ing. José Agustín Esparta Sánchez  
Fecha: 2023.09.01 07:10:01 -05'00'

**MSc. Ing. José Agustín ESPARTA SANCHEZ**

Jurado

**Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**  
Secretario del Proceso  
Departamento Académico de Matemática y Física



C.c.:  
Bach. FELIX DANTE IPURRE SUAREZ  
Jurados (4)  
Archivo



UNSCH

FACULTAD DE  
INGENIERÍA  
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### CONSTANCIA N° 064-2023-FIMGC

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, en segunda instancia para las **Escuelas Profesionales** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 288-2023-FIMGC- UNSCH-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

**Apellidos y Nombres** : IPURRE SUAREZ, Felix Dante  
**Escuela Profesional** : INGENIERÍA DE MINAS  
**Título de la Tesis** : “EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL PIQUE 650 PARA LA APLICACIÓN DE MEJORAS DEL SOSTENIMIENTO EN SU REHABILITACIÓN, ALPAYANA S.A. – 2022”  
**Evaluación de la Originalidad** : 9 % Índice de Similitud  
**Identificador de la entrega** : 2153199885

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 28 de agosto del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

**Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**

Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado  
Departamento Académicos de Matemática y Física



Con depósito para Sustentación y Tramites  
Cc. Archivo

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL  
Av. Independencia S/N Ciudad Universitaria  
Central Tel. 066 312510  
Anexo 151



# “EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL PIQUE 650 PARA LA APLICACIÓN DE MEJORAS DEL SOSTENIMIENTO EN SU REHABILITACIÓN, ALPAYANA S.A. – 2022”

*por Felix Dante Ipurre Suarez*

---

**Fecha de entrega:** 28-ago-2023 10:07p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2153199885

**Nombre del archivo:** Tesis\_FELIX\_DANTE\_IPURRE\_SUAREZ\_EPIM.pdf (1.19M)

**Total de palabras:** 21634

**Total de caracteres:** 122185

# “EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL PIQUE 650 PARA LA APLICACIÓN DE MEJORAS DEL SOSTENIMIENTO EN SU REHABILITACIÓN, ALPAYANA S.A. – 2022”

## INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	2%
3	<a href="https://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
4	<a href="http://www.clubensayos.com">www.clubensayos.com</a> Fuente de Internet	<1%
5	<a href="https://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://safety.pe">safety.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
8	<a href="https://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

9

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1 %

---

10

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo