

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**T E S I S**

**Evaluación y diseño del tipo de sostenimiento para la estabilidad de la  
bocamina Vinchos para inicio de Cierre de Minas**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

**Bach. Noelia Pamela SANTIAGO POMA**

**Asesor:**

**Mg. Hebert Carlos CASTILLO PAREDES**

Cerro De Pasco – Perú – 2023

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**T E S I S**

**Evaluación y diseño del tipo de sostenimiento para la estabilidad de la  
bocamina Vinchos para inicio de Cierre de Minas**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. José Germán RAMIREZ MEDRANO**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Pedro YARASCA CORDOVA**  
**MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides  
Carrión Facultad de Ingeniería  
Unidad de Investigación

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 030-2023-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en merito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, El borrador de tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Título

Evaluación y diseño del tipo de Sostenimiento para la estabilidad de la bocamina Vinchos para inicio de Cierre de Minas

Apellidos y nombres de los tesistas

**Bach. SANTIAGO POMA Noelia Pamela**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Civil**

Indici de Similitud

**1 %**

**APROBADO**

Se informa al decanato para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 16 de mayo del 2023

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación



*[Firma]*  
Dr. Sc. Hildebrando A. Córdor García  
Director

## **DEDICATORIA**

La presente tesis dedico a mis padres Javier Santiago y Rayda Poma por su apoyo incondicional todos estos años para lograr mis objetivos, a mis hermanos Aly, Javier y Pilar por sus consejos y motivarme cada día a seguir adelante y nunca dejar de creer en mí.

A Dios por su bendición, guía y sabiduría, por acompañarme siempre en cada paso que doy.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi eterno agradecimiento a mis padres y hermanos por el apoyo incondicional para poder superarme profesionalmente cada día.

A mi alma mater Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, la cual me permite realizar el proceso de titulación, asimismo a los docentes por haber compartido sus conocimientos y experiencias en el proceso de mi formación profesional.

A mi asesor por su dedicación y esfuerzo compartiendo sus conocimientos y enseñanzas para el éxito del presente trabajo de investigación.

## RESUMEN

La presente investigación titulado “**Evaluación y diseño del tipo de Sostenimiento para la estabilidad de la bocamina Vinchos para inicio de Cierre de Minas**” establece el tipo de sostenimiento, en función a los índices de la clasificación geomecánica RMR de Bieniawski y Q Barton, asimismo las características de las propiedades físicas, mecánicas y elásticas de la roca intacta y evalúa la estabilidad en términos de factor de seguridad usando los datos de la clasificación RMR e índice Q.

La metodología empleada en la presente investigación es hipotéticamente deductiva, el tipo de investigación es cuantitativa y descriptiva. El diseño es descriptivo.

Evaluar y diseñar el tipo de sostenimiento es fundamental antes de iniciar con las operaciones de cierre de minas inactivas porque evitará el desprendimiento de rocas durante la ejecución de obras dentro de la bocamina, dando como resultado 0% de accidentes mortales, por lo tanto, es uno de los pilares clave de la ingeniería en servicios auxiliares a la minería.

Después de analizar la hipótesis general y específicas, donde se puede apreciar que fue factible establecer el tipo de sostenimiento en función a las características geomecánicas y se evaluar la estabilidad de la bocamina, podemos concluir que mediante la evaluación realizada se puede establecer y diseñar el tipo de sostenimiento de la bocamina, el cual nos ayuda a evitar los accidentes mortales.

**Palabras clave:** Sostenimiento, bocamina, estabilidad, geomecánica

## ABSTRACT

The present investigation entitled "**Evaluation and design of the type of Support for the stability of the Vinchos mine entrance for the start of Mine Closure**" establishes the type of support, based on the indices of the Bieniawski and Q Barton RMR geomechanical classification, as well as the characteristics of the physical, mechanical and elastic properties of intact rock and evaluates the stability in terms of factor of safety using data from the RMR classification and Q index.

The methodology used in this research is hypothetically deductive, the type of research is quantitative and descriptive. The design is descriptive.

Evaluating and designing the type of support is essential before starting the closure operations of inactive mines because it will prevent rockfall during the execution of works inside the mine entrance, resulting in 0% fatal accidents, therefore, it is one of the key pillars of engineering in auxiliary services to mining.

After analyzing the general and specific hypotheses, where it can be seen that it was feasible to establish the type of support based on the geomechanical characteristics and evaluating the stability of the mine entrance, we can conclude that through the evaluation carried out, the type of support can be established and designed. mine entrance support, which helps us avoid fatal accidents.

**Keywords:** Support, mine entrance, stability, geomechanics.

## INTRODUCCIÓN

El sector minero en el Perú, mediante la ley 28090 está obligado a establecer medidas que se deben adoptar con el fin de rehabilitar el área utilizada o perturbada por la actividad minera, para que éste alcance las características de un ecosistema que sea compatible con un ambiente saludable y adecuado para el desarrollo de la vida, asimismo para preservar el medio ambiente.

Para el cierre de bocaminas se deben realizar diversos diseños de ingeniería de obras necesarias, de tal manera que cumplan con los tres aspectos de la estabilidad: física, hidrológica y geoquímica, es por ello que el sector minero debe constituir garantías a favor de los trabajadores en brindar seguridad para evitar los accidentes durante el proceso de cierre.

Una inadecuada evaluación o diseño de sostenimiento de las bocaminas conlleva accidentes mortales durante el proceso de cierre, generando pérdida de vidas humanas, pérdida económica para las empresas y procesos legales. Con una adecuada evaluación y posterior diseño del sostenimiento de bocamina lograremos 0% de accidentes, generando en ello mayor productividad y rendimiento en la ejecución de obras de ingeniería, logrando completar el cierre de bocaminas establecido según ley.

El objetivo de la presente tesis es evaluar y diseñar el tipo de sostenimiento en función a los índices de la clasificación geomecánica RMR de Bieniawski y Q Barton, en la bocamina Vinchos

El presente trabajo de investigación consta de cuatro capítulos, cuyo contenido es la siguiente:

Capítulo I: Comprende la identificación y determinación del problema, donde se describe a detalle el problema, formulación de problema general y problemas específicos, objetivo general y objetivos específicos, así como justificación y limitaciones.

Capitulo II: Comprende del Marco Teórico, el cual contiene bases teóricas, antecedentes y definición de términos de Geomecánica de rocas, sostenimiento de minas y estabilidad. Además de hipótesis general, hipótesis específicas e identificación de variables.

Capitulo III: Comprende sobre la metodología y técnicas de investigación

Capitulo IV: Comprende Discusión y Resultados.

## **INDICE**

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

INDICE DE TABLAS

INDICE DE ILUSTRACIONES

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE LA INVESTIGACION**

1.1. Identificación y determinación del problema .....	1
1.2. Delimitación de la investigación. ....	1
1.3. Formulación del problema.....	2
1.3.1. Problema general .....	2
1.3.2. Problemas específicos.....	2
1.4. Formulación de objetivos .....	2
1.4.1. Objetivo general.....	2
1.4.2. Objetivos específicos.....	2
1.5. Justificación de la investigación .....	3
1.6. Limitaciones de la investigación .....	3

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio .....	5
2.2. Bases teóricas – científicas .....	8
2.2.1. Propiedades de Roca Intacta .....	8
2.2.2. Porosidad .....	8
2.2.3. Determinación de la Porosidad .....	10
2.2.4. Porosidad Absoluta .....	10
2.2.5. Densidad de Solidos .....	11
2.2.6. Peso Específico .....	12
2.2.7. Contenido de Agua .....	12
2.2.8. Alterabilidad, durabilidad y grado de alteración .....	13
2.2.9. Clasificación Geomecánica de Bieniawski RMR.....	15
2.3. Definición de términos básicos .....	22
2.3.1. Sostenimiento .....	22
2.3.2. Bocamina .....	29
2.3.3. Macizo Rocoso .....	32
2.3.4. Calidad del macizo rocoso.....	32
2.3.5. Propiedades de la roca .....	35
2.3.6. Caracterización del macizo rocoso. ....	36
2.3.7. Geomecánica.....	38
2.3.8. Estabilidad .....	38
2.4. Formulación de hipótesis.....	38

2.4.1. Hipótesis general .....	38
2.4.2. Hipotesis especificas.....	38
2.5. Identificación de variables.....	38
2.5.1. Variable Independiente .....	38
2.5.2. Variable Dependiente .....	39
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	39

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

3.1. Tipo de investigación .....	40
3.2. Nivel de investigación .....	40
3.3. Métodos de investigación.....	40
3.4. Diseño de investigación.....	40
3.5. Población y muestra .....	41
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	41
3.6.1. Técnicas de Recolección de Datos .....	41
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	41
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	42
3.9. Tratamiento estadístico.....	42
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica .....	42

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

4.1. Descripción de trabajo de campo .....	43
4.1.1. Descripción del Proyecto .....	43
4.1.2. Recolección de datos del Proyecto. ....	44
4.1.3. Secuencia Constructiva.....	45
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	80
4.2.1. Cálculos y resultados de ensayos de laboratorio en mecánica de rocas .....	80
4.3. Prueba de hipótesis .....	82
4.3.1. Hipótesis general .....	82
4.3.2. Hipótesis específica .....	82
4.4. Discusión de Resultados.....	82

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de clasificación del sistema Q, Barton (2000).....	18
Tabla 2. Valores del Índice ERS de la clasificación Q, Barton 2000.....	18
Tabla 3. Características de pernos de anclaje.....	20
Tabla 4. Resistencia típicas a la adherencia.....	21
Tabla 5. Resistencia típicas a la adherencia.....	24
Tabla 6. Operacionalización de variables.....	39
Tabla 7. Ubicación de Bocaminas VI-B-23 y VI-B-24 de la U.M. Vinchos.....	44
Tabla 8. Vías de acceso.....	44
Tabla 9. Registro de estaciones geomecánicas en proyecto Vinchos - 2022.....	56
Tabla 10. Registro de estaciones geomecánicas en proyecto Vinchos - 2022.....	59
Tabla 11. Tipo y cantidad de ensayos de mecánica de rocas ejecutadas.....	60
Tabla 12. Resumen de la clasificación del macizo rocoso.....	64
Tabla 13. Dominio geomecánico (DG-1).....	64
Tabla 14. Bocaminas de Vinchos.....	67
Tabla 15. Parámetros de la roca intacta y macizo rocoso de las bocaminas.....	69
Tabla 16. Bocaminas de cierre – Vinchos.....	70
Tabla 17. Sostenimiento según índice Q de Barton.....	73
Tabla 18. Longitud de pernos de anclaje.....	74
Tabla 19. Capacidad de adherencia y capacidad de resistencia.....	75
Tabla 20. Dimensionamiento de espaciamiento de pernos y Factor de seguridad.....	76
Tabla 21. Resumen de estabilidad de cuñas y FoS con sostenimiento VI-B-23.....	77
Tabla 22. Resumen de estabilidad de cuñas y FoS con sostenimiento VI-B-24.....	78
Tabla 23. Resumen de estabilidad de cuñas y FoS con sostenimiento VI-B-24.....	78
Tabla 24. Sistema de sostenimiento recomendado.....	79

Tabla 25. Resultados de las propiedades físicas.....	80
Tabla 26. Resultados de las propiedades de resistencia y elástica .....	80
Tabla 27. Resultados de las propiedades de resistencia y elástica EG-6.....	81
Tabla 28. Resultados de ensayo de carga puntual .....	81
Tabla 29. Diseños Geométrico de la Bocamina VI-B-23 y VI-B-24	

## INDICE DE ILUSTRACION

Ilustración 1. propiedades de la matriz rocosa y métodos para su determinación .....	8
Ilustración 2. Correlación entre porosidad resistencia a la compresión simple y modulo tangente inicial de roca caliza.....	9
Ilustración 3. Posímetro de Farran y Thenoz.....	10
Ilustración 4. Método de Walsh.....	10
Ilustración 5. Densidad de las rocas .....	11
Ilustración 6. Balanza para obtener el peso específico o volumétrico .....	12
Ilustración 7. Clasificación de durabilidad de la roca .....	14
Ilustración 8. Categorías de sostenimiento partir del Índice Q, Barton 2000.....	19
Ilustración 9. Grafica carga vs deformación (stilborg), pruebas realizadas por la Universidad e Lulea en Suiza, se empleó concreto de alta resistencia $R_c=60$ Mca para simular bloques de roca. ....	21
Ilustración 10. Clasificación Thompson y Windsor (1992) de los elementos de refuerzo de la roca.....	24
Ilustración 11. Esquema de instalación de bulón de resina. ....	25
Ilustración 12. Esquema de instalación de bulón de fricción (Villaescusa, 2014). ....	26
Ilustración 13. CT Bolt (DSI Underground).....	26
Ilustración 14. Malla electrosoldada (DSI Underground) .....	27
Ilustración 15. Malla tejida (Geobruigg) .....	28
Ilustración 16. Instalación Manual de malla electrosoldada .....	29
Ilustración 17. Esquema de métodos de taponeo para bocaminas que presentan drenaje. ....	31
Ilustración 18. Cierre de bocamina con drenaje y sin drenaje.....	31

Ilustración 19. Bocamina antes y después de ser rellenada y revegetada .....	32
Ilustración 20. Profundidad de una galería. A. Comportamiento frágil, B. comportamiento adecuado, y C. comportamiento dúctil. Según Alvaro Correa A, curso de mecánica de rocas U. Nal. ....	33
Ilustración 21. Clasificación ingenieril de roca intacta según Deere. ....	35
Ilustración 22. Ubicación de bocaminas VI-B-23 y VI-B-24 en el mapa geológico .....	45
Ilustración 23. Bocamina VI-B-23 y VI-B-24.....	46
Ilustración 24. Geología regional .....	49
Ilustración 25. Sistema estructural en la zona de estudio.....	50
Ilustración 26. Ubicación del área de estudio.....	51
Ilustración 27. Sección hidrogeológica bocaminas sector Gordillo; VI-B-23, VI-B-24	52
Ilustración 28. Sección hidrogeológica bocamina VI-B-23 .....	53
Ilustración 29. Sección hidrogeológica bocamina VI-B-24 .....	54
Ilustración 30. Sección hidrogeológica de la bocamina VI-B-23 y (b) de la bocamina VI-B-24 .....	55
Ilustración 31. Sistema de discontinuidades predominantes del Grupo Ambo .....	62
Ilustración 32. Sistema de discontinuidades predominantes del Grupo Pucará .....	63
Ilustración 33. Concentración de polos y planos de las discontinuidades, bocamina VI-B-23 .....	66
Ilustración 34. Concentración de polos y planos de las discontinuidades, bocamina VI-B-24 .....	66
Ilustración 35. Factor de seguridad en función de índices de clasificación vs abertura del túnel .....	71
Ilustración 36. Gráfico de sostenimiento del sistema Q .....	72
Ilustración 37. Representación de estrato de roca suspendido por un perno.....	76

Ilustración 38. Resultados del análisis cinemático de cuñas con sostenimiento de pernos helicoidales para la bocamina VI-B-23 .....	77
Ilustración 39. Resultados del análisis cinemático de cuñas con sostenimiento de pernos helicoidales para la bocamina VI-B-24 .....	78

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

Una de las tareas más cruciales durante la apertura, explotación y cierre de las minas es el tipo de sostenimiento que se proporciona. Los desprendimientos y caídas de rocas son uno de los mayores riesgos en una explotación minera subterránea; como consecuencia, algunos mineros perdieron la vida mientras realizaban su tarea, de los cuales según (Mortales, n.d.) el 20% fue por caída de rocas y aplastamiento de equipos. La correcta aplicación del enfoque de estimación de sostenimiento en una actividad minera subterránea, basado en criterios y parámetros de caracterización geomecánica, es por tanto uno de los pilares clave de la ingeniería en servicios auxiliares a la minería.

#### **1.2. Delimitación de la investigación**

El presente trabajo de investigación será realizado en la bocamina Vinchos que se encuentra fuera de operaciones mineras, aptas para iniciar el plan de Cierre de Minas.

Esta investigación se realizó entre los meses de abril hasta noviembre del año 2022.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Cuál es el tipo de sostenimiento por establecer, en función a los índices de la clasificación geomecánica RMR de Bieniawski y Q Barton, en la bocamina Vinchos?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la característica geomecánicas del macizo rocoso para evaluar el tipo de sostenimiento, según la clasificación geomecánica RMR de Bieniawski en la bocamina Vinchos?
- ¿Cuáles son las propiedades físicas, mecánicas y elásticas de la roca intacta en la bocamina Vinchos?
- ¿Cuál es la estabilidad de la bocamina Vinchos en términos de factor de seguridad usando los datos de la clasificación RMR e índice de Q?

### **1.4. Formulación de objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar y diseñar el tipo de sostenimiento en función a los índices de la clasificación geomecánica RMR de Bieniawski y Q Barton, en la bocamina Vinchos.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Definir las característica geomecánicas del macizo rocoso para evaluar el tipo de sostenimiento, según la clasificación geomecánica RMR de Bieniawski en la bocamina Vinchos.

- Caracterizar las propiedades físicas, mecánicas y elásticas de la roca intacta en la bocamina Vinchos.
- Evaluar la estabilidad en términos de factor de seguridad usando los datos de la clasificación RMR e índice Q.

### **1.5. Justificación de la investigación**

Perú es un país con una larga tradición minera que se ha conservado y nutrido gracias a la presencia de empresas líderes a nivel internacional. Tenemos un gran potencial geológico ya que la Cordillera de los Andes se extiende por todo el territorio y proporciona nuestra principal fuente de recursos minerales. Pero también es fuente de accidentes mortales por causa de desprendimiento de rocas en las labores mineras.

Existen informes de minería que muestran las estadísticas de accidentes generados en cierto periodo de tiempo. La caída de rocas y los golpes con maquinaria u objetos en movimiento en minas, caminos y tajos causaron la mayor cantidad de muertes en 2019, representando el 20% de las muertes en los sectores de mediana y gran minería. (Mortales, n.d.)

Por ello el sostenimiento de rocas en el interior de las bocaminas es un factor importante para las actividades de cierre; la finalidad de esta investigación es evaluar y diseñar un tipo de sostenimiento bajo las características geomecánicas del macizo rocoso.

### **1.6. Limitaciones de la Investigación**

Al realizar esta investigación nos enfrentamos a dificultades, pero nos esforzamos por superarlas para poder compartir los resultados.

- El ingreso a las bocaminas; como sabemos las bocaminas se encuentran dentro de propiedad de las compañías mineras, por lo tanto, para las visitas técnicas se requiere contar con examen médico, pagar un seguro de vida y realizar un examen de inducción sobre seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.
- En Pasco no encontramos laboratorio acreditado para el estudio de rocas.
- Solvencia económica para la realización de estudios de rocas y adquisición de materiales.
- La investigación no se aplicará a otras bocaminas ya que se presentan otras consideraciones debido a la vulnerabilidad del macizo rocoso.
- Las bibliografías especializadas son necesarias porque la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión no ofrece a los egresados o grupos de investigación este servicio.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

Cagua Loza (2021), realizo el trabajo de investigación cuyo título es “análisis y diseño de sostenimiento en galería 815 Esperanza Norte, para evitar accidentes por caída de rocas y optimizar el ritmo de producción -e.e. Los Magníficos Minera Aurífera Cuatro de Enero SA MACDESA”

La presente tesis tiene como propósito analizar, determinar la caracterización geomecánica y diseñar el sostenimiento en la galería 815 Esperanza Norte reduciendo así los accidentes en el área de trabajo y mejorando la productividad de las labores de avance.

El cual demuestra que mediante la caracterización geomecánica se determinó y diseño el tipo de sostenimiento con cimbras metálicas debido a que esta zona presentaba un tipo de roca de mala a muy mala; reduciendo así los accidentes e incidentes en la galería 815 Esperanza, además se que mejoro la

productividad debido a que no se tenían demoras operativas como las que se tenía con el sostenimiento con cuadros de madera.

- Cerrón Rosales (2020), presenta el trabajo de investigación titulado “Propuesta de elección de tipo de sostenimiento por utilizarse en la Unidad de Producción Yauricocha, Lima – 2020”

Para desarrollar una obra permanente, la unidad de producción Yauricocha en Lima, 2020, utilizará el sistema de clasificación geomecánica de Bieniawski. El objetivo de esta investigación es identificar el tipo de sostenimiento que se debe establecer con este sistema utilizando el sistema de clasificación geomecánica RMR de Bieniawski.

El estudio describe la investigación del tipo de soporte del macizo rocoso, propiedades geomecánicas, características y condiciones estructurales según los parámetros de evaluación geomecánica en la evaluación RMR de Bieniawski para la tercera fase de construcción del túnel. Yauricocha. Finalmente, los resultados obtenidos en el estudio mostraron que, teniendo en cuenta las propiedades mecánicas, características y condiciones relacionadas con el macizo rocoso, se conectan soportes adecuados según la clasificación RMR de Bieniawski con pernos roscados y pernos de resina a intervalos de 4 m. 1,5 m de los cuales se utiliza malla electrosoldada para la corona, 50 mm para la corona y 30 mm de tiro para el hastial de hormigón.

- Barreda de La Cruz (2021), Presenta el trabajo de investigación titulado “Caracterización geomecánica del macizo rocoso para el diseño de un sostenimiento adecuado en mina Chaparra, Caraveli, Arequipa -2021”

El propósito del estudio es determinar el tipo de estructura de soporte para la mina Shaparra - Karaveli en Arequipa en el año 2021 utilizando el método Q Barton. Los métodos según el tipo de investigación son los diseños interpretativos, no experimentales de corte transversal y los métodos cuantitativos pequeños. Cuando se estudian los afloramientos rocosos, las muestras se aplican gradualmente a cada uno de ellos de la misma manera que se recopila la información. Se utilizan métodos de observación directa utilizando herramientas como el pelado y el método Q de Barton. Finalmente, se determinó la calidad del macizo rocoso para evaluar el nivel de riesgo geomecánica que afecta la seguridad de los trabajadores de la galería. Además, los investigadores propusieron un diseño de soporte activo que consiste en anclajes de montaje en forma de tornillo.

- Escobar Alania & Sánchez Espinoza (2022), realiza el trabajo de investigación titulado “Sostenimiento de labores mineras y continuidad de las operaciones mineras en la Unidad Palca, Compañía Minera Santa Luisa”

La investigación generalmente se basa en la optimización de costos comparando el tipo y diseño de sostenimiento en las labores mineras. De esa manera las labores en la Unidad Minera Palca presentan un resultado operativo a favor de costos y productividad generando un margen de ganancia y rendimiento alto.

Por lo tanto, para la estabilidad del corredor, se recomienda utilizar tornillos de 2,25 m para el montaje del soporte de la junta y agregar aprox. 12,5 l de agua por saco de cemento. Una alternativa rentable para reducir costos es el uso de un camión Kia modelo K2500 marca N2 para los trabajos de mantenimiento; teniendo en cuenta que la superestructura tiene que ser modificada para tener una mayor

capacidad de carga para soportar la hormigonera y el peso del cuerpo y el movimiento de dos personas en el piso, de esta manera puede ahorrar mucho dinero a sus representantes.

## 2.2. Bases teóricas – científicas

### 2.2.1. Propiedades de Roca Intacta

Las propiedades que definen la resistencia de la roca intacta se miden en el laboratorio a partir de muestras representativas de la misma. Cuando se muestrea y se ensaya la roca intacta, es importante diferenciar las pruebas para la naturaleza índice estándar y las pruebas de propiedades mecánicas ya que ambas se usan para la ingeniería de taludes rocosos.

	PROPIEDADES	MÉTODOS DE DETERMINACIÓN
Propiedades de identificación y clasificación	Composición mineralógica	Descripción visual. Microscopía óptica y electrónica. Difracción de rayos x
	Fábrica y textura	
	Tamaño de grano	
	Color	Técnicas de laboratorio
	Porosidad (n)	
	Peso específico ( $\gamma$ )	
	Contenido de humedad	
	Grado de alteración (porcentaje de absorción)	
Permeabilidad (coeficiente de permeabilidad, k)	Ensayo de permeabilidad	
Durabilidad	Ensayo de alterabilidad	
Alterabilidad		
Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión simple	Ensayo de compresión uniaxial Ensayo de carga puntual Martillo Schmidt
	Resistencia a la tensión	Ensayo de tensión directa Ensayos de tensión indirecta (Brasileña y Flexión)
	Velocidad de ondas sísmicas $V_p$ y $V_s$	Medida de velocidad de ondas elásticas en laboratorio
	Resistencia (parámetros $c$ y $\phi$ )	Ensayo de compresión triaxial Ensayo de corte directo
	Deformabilidad (módulos de deformación elástica estáticos o dinámicos: $E$ , $\nu$ )	Ensayo de compresión uniaxial Ensayo de velocidad sísmica

**Ilustración 1.** propiedades de la matriz rocosa y métodos para su determinación

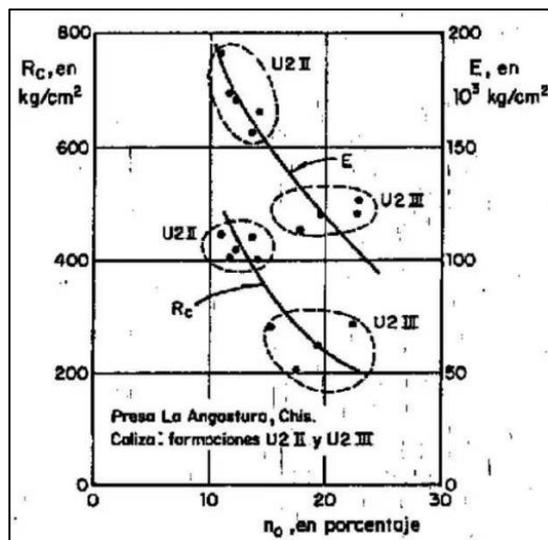
### 2.2.2. Porosidad

De determina porosidad de una roca al cociente que resulta de dividir su volumen de vacíos  $V_v$ , entre su volumen total  $V_m$  y se expresa en porcentaje:

$$n = \left( \frac{V_v}{V_m} \right) * 100$$

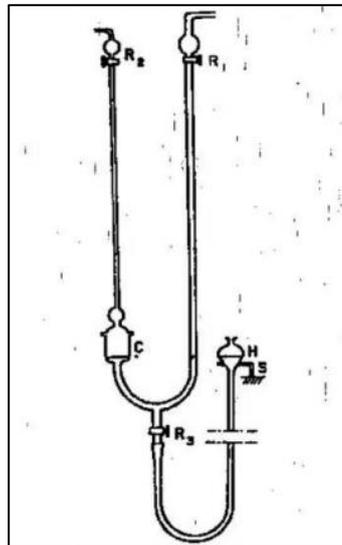
Su valor vario desde 0.1% en rocas de porosidad reducida hasta 20% en rocas muy porosas. En las primeras, la porosidad está constituida por fisuras alargadas de espesor muy pequeño producidas por esfuerzos de origen termine y/o tectónico. En las muy porosas existen propiedades menos alargadas y equidimensionamiento, que son conductos de disolución en rocas sedimentarias o burbujas de gas atrapadas durante el enfriamiento de las rocas ígneas.

La porosidad es correlacionable con el peso volumétrico, deformabilidad, resistencia y velocidad de las ondas sísmicas en caso rocas pertenencias a la misma formación litológica.

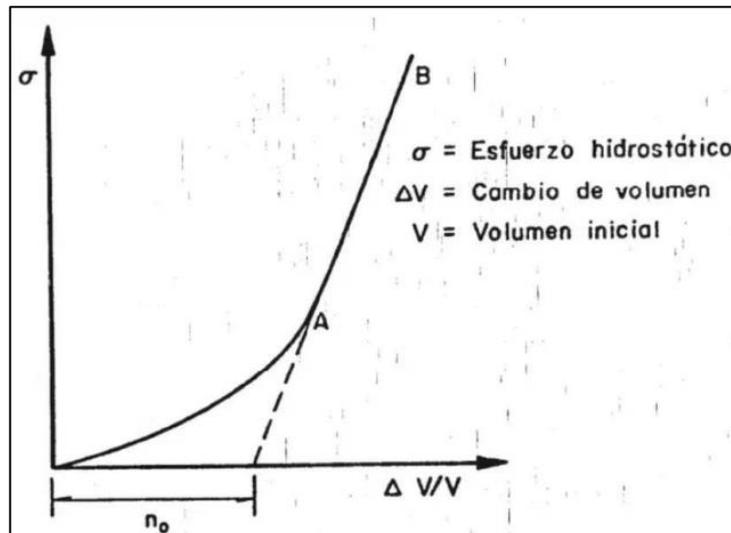


**Ilustración 2.** Correlación entre porosidad resistencia a la compresión simple y modulo tangente inicial de roca caliza.

### 2.2.3. Determinación de la Porosidad



**Ilustración 3.** Posímetro de Farran y Thenoz



**Ilustración 4.** Método de Walsh

### 2.2.4. Porosidad Absoluta

Permite conocer la cantidad total de poros y discontinuidades sin importar su origen y se puede calcular de manera indirecta mediante la siguiente expresión:

$$n = \left( \frac{wSs}{1 + wSs} \right)$$

### 2.2.5. Densidad de Sólidos

La expresión anterior supone que la densidad de sólidos es conocida. Dicha densidad se puede determinar moliendo la roca y usando los procedimientos de mecánica de suelos. Por otra parte, dado que una roca está formada de diferentes minerales, todos ellos de diferentes densidades de sólidos; la  $S_s$  de la roca puede conocerse si se conocen los porcentajes e los distintos minerales que constituyen la roca mediante el uso de microscopios o del análisis petrográfico de secciones delgadas. Así pues, la densidad de sólidos de la roca se puede calcular con el promedio pesado de las densidades de sólidos de la roca se puede calcular con el promedio pesado de las densidades de sólidos de cada tipo de cristales con la siguiente expresión:

$$S_s = \frac{\sum_{i=1}^n S_{si} V_i}{V_m = 1}$$

Donde:  $S_s$  es la densidad de sólidos del componente  $i$ .

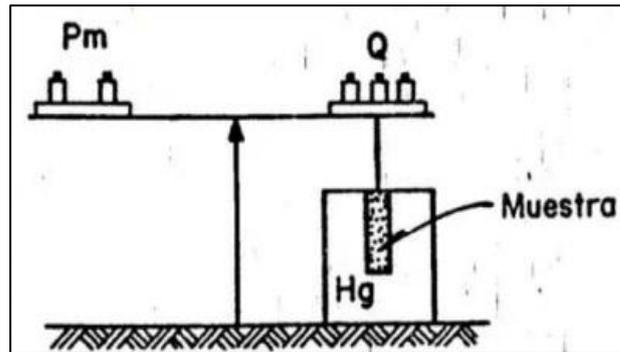
$V_i$  es el porcentaje decimal del volumen del componente  $i$ .

MINERAL	$S_s$
Halita	2.1 - 2.6
Yeso	2.3 - 2.4
Serpentina	2.3 - 2.6
Ortoclasa	2.5 - 2.6
Calcedonia	2.6 - 2.64
Cuarzo	2.65
Plagioclasa	2.6 - 2.8
Clorita e Illita	2.6 - 3.0
Calcita	2.70
Muscovita	2.7 - 3.0
Biotita	2.8 - 3.1
Dolomita	2.8 - 3.1
Anhidrita	2.9 - 3.0
Piroxena	3.2 - 3.6
Olivino	3.2 - 3.6
Barita	4.3 - 4.6
Magnetita	4.4 - 5.2
Pirita	4.9 - 5.2
Galena	7.4 - 7.6

**Ilustración 5.** Densidad de las rocas

### 2.2.6. Peso Específico

El peso específico o volumétrico  $\gamma_m$  de una muestra de roca con la humedad natural es el cociente del peso de la muestra,  $W_m$ , Entre el volumen  $V_m$ . El peso volumétrico seco  $\gamma_d$  es el cociente del peso seco de la muestra  $W_s$ , entre el volumen de la muestra  $V_m$ .



**Ilustración 6.** Balanza para obtener el peso específico o volumétrico

Mediante la balanza de la figura N°6 se obtiene el volumen  $V_m$  de la manera siguiente:

En el platillo izquierdo se colocan una tara igual al peso de la muestra, y abajo del derecho la muestra sumergida en un recipiente que contiene mercurio. En el platillo derecho, además del peso propio de la muestra, se tiene el empuje ascendente que sufre la muestra ( $13.6 V_m$ ) y el peso de taras conocidas  $Q$  para equilibrar la balanza. De este modo se puede establecer la ecuación:

$$W_m = W_m + Q - 13.6 V_m$$

### 2.2.7. Contenido de Agua

Al aumentar el contenido de agua de una muestra de roca, disminuye su resistencia a la compresión simple. La presencia del agua en las fisuras de la roca provoca la reducción de la energía superficial de sus minerales, ó sea, la cohesión de la roca disminuye por la simple presencia del agua en los poros, en

consecuencia, al saturarse la muestra, su deformabilidad aumenta y su resistencia a la compresión simple disminuye. La reducción de resistencia puede ser notoria, como en el caso de una cuarcita en la que se varió el contenido de agua de 0.005% a 0.09% pasando del estado seco al saturado. Su resistencia varía de 1900kg/cm<sup>2</sup> a 900kg/cm<sup>2</sup>.

### **2.2.8. Alterabilidad, durabilidad y grado de alteración**

La durabilidad de las rocas es una propiedad de importancia en todas las aplicaciones de las rocas. Los cambios en su composición mineralógica o en la estructura producidos por la exfoliación, hidratación, disolución, oxidación, abrasión y otros procesos, en resumen, se alteran y de ello se distinguen dos características de las rocas: su alteración y su alterabilidad.

El grado de alteración de una roca es un parámetro con el que se trata de definir el estado presente de la roca; la alterabilidad es la capacidad de una roca para alterarse en el futuro, bajo las condiciones predominantes en el sitio, por tanto, la durabilidad es lo contrario de alterabilidad.

La prueba indie de alterabilidad – durabilidad fue diseñada por Franklin y Chandra (1972). El aparato consiste en un tambor de 140mm de diámetro y 100 mm de longitud con una malla de 2mm formando paredes cilíndricas.

Se colocan aproximadamente 500 gr de roca rota en 10 pedazos, dentro del tambor; el tambor se pone a girar durante 10 min a 20 rpm para dar a la roca un baño de agua. Después de estos 10 min de rotación a velocidad baja, se calcula el porcentaje de roca retenida por la malla con respecto al peso seco inicial, este porcentaje se reporta como índice de alterabilidad durabilidad. Otro autor, Gamble,

(1973) propuso que se realicen un segundo ciclo también de 10 minutos después de secado el material.

CLASIFICACIÓN DEL GRUPO	% RETENIDO DESPUÉS DEL PRIMER CICLO DE 10 MINUTOS (% CON BASE EN PESOS SECOS)	% RETENIDO DESPUÉS DEL SEGUNDO CICLO DE 10 MINUTOS (% CON BASE EN PESOS SECOS)
Durabilidad muy alta	> 99	> 98
Durabilidad alta	98-99	95-98
Durabilidad medianamente alta	95-98	85-95
Durabilidad mediana	85-95	60-85
Durabilidad baja	60-85	30-60
Durabilidad muy baja	< 60	<30

**Ilustración 7.** Clasificación de durabilidad de la roca

Las propiedades de las rocas comúnmente usadas según (J. Ramirez, 2013) son las siguientes:

Propiedades Índice, estas no definen el comportamiento mecánico de la roca, pero son fáciles de medir y proporcionan una descripción cualitativa de la roca; como son:

- Índice de Resistencia a la Carga Puntual
- Porosidad
- Peso Específico
- Velocidad de las Ondas P
- Velocidad de las Ondas S

Propiedades Mecánicas, estas describen cuantitativamente la resistencia y la deformabilidad de la roca; como son:

- Resistencia a la Tracción
- Resistencia a la Compresión Uniaxial
- Resistencia a la Compresión Triaxial
- Módulo de Young y el Coeficiente de Poisson.

Clases de Sostenimiento. En función a su desempeño de la roca, encontramos dos tipos de sostenimiento pasivo y activo.

- **Sostenimiento pasivo.** La institución (OSINERGMIN, n.d.) afirma que dicho sostenimiento: Trabajo en superficies excavadas o interiores (por ejemplo, encofrado de metal, marcos de madera, vigas de hormigón y cemento). Estos elementos pasivos requieren que la piedra se mueva o se deforme antes de que puedan actuar como soportes. (Además de los soportes pasivos, los soportes de superficie también se denominan soportes de roca). (p.85)
- **Sostenimiento Activo.** Actuando dentro de la masa rocosa (por ejemplo, pernos de anclaje tensados y cables tensados). Son capaces de proporcionar refuerzo de roca desde el momento de la instalación, permitiendo que la roca forme zonas de compresión y contribuya a la estabilidad de la excavación (refuerzo de roca).(OSINERGMIN, n.d.)

### **2.2.9. Clasificación Geomecánica de Bieniawski RMR**

“Esta clasificación se desarrolló inicialmente a partir de la experiencia en obras realizadas en África del Sur. Su aplicación no tiene apenas limitaciones, excepto en rocas expansivas y fluyentes donde no es aconsejable su uso según” (P. Ramirez & Alejano, 2004) El sistema de clasificación RMR o Rock Mass Rating fue desarrollado por Z.T. Bieniawski durante los años 1972- 73, y posteriormente modificado en 1976 y 1979, basándose a los casos reales en túneles, cavernas, taludes y cimentaciones. En la actualidad está vigente la edición de 1989, que coincide con la de 1979.

Los siguientes seis parámetros del suelo se utilizan para determinar el índice RMR del macizo rocoso:

- La resistencia a compresión simple del material
- El RQD (Rock Quality Designation)
- El espaciamiento de las discontinuidades
- El estado de las discontinuidades
- La presencia de agua
- La orientación de las discontinuidades, según sea para cimentaciones, túneles o taludes.

RMR se obtiene sumando partes de los seis valores de parámetros y varía de 0 a 100 con piedras más altas para piedras de mejor calidad. El investigador Bieniawski distinguió cinco tipos o clases de rocas según el valor de RMR:

- CLASE I:  $RMR > 80$ , Roca muy buena
- CLASE II:  $80 < RMR < 60$ , Roca buena
- CLASE III:  $60 < RMR < 40$ , Roca media
- CLASE IV:  $40 < RMR < 20$ , Roca mala
- CLASE V:  $RMR < 20$ , Roca muy mala

“En función de la clase obtenida, se puede establecer una estimación de las características geotécnicas (ángulo y cohesión) y de su comportamiento frente a excavaciones”. (Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989). Hoja de Cálculo | 4Geo-Blog, n.d.)

Clasificación de Barton Q, El Índice Q Barton oscila entre 0.001 a 1.000, asociado a la clasificación del macizo, el detalle se presenta a continuación:

- 0,001 y 0,01: excepcionalmente mala
- 0,01 y 0,1: extremadamente mala
- 0,1 y 1: muy mala

- 1 y 4: mala
- y 10: media
- 10 y 40: buena
- 40 y 100: muy buena
- 100 y 400: extremadamente buena
- 400 y 1.000: excepcionalmente buena

Se utilizó la Tabla 1A para estimar el índice Q Barton, a partir del cual se obtuvieron los parámetros iniciales, que servirían de base para calcular la relación entre las dimensiones de los bloques, su resistencia al corte y el efecto del estado tensional que luego se aplicó. para la ecuación que se muestra en la Tabla 1, el índice Q Barton se obtiene de la siguiente manera.

Asimismo, para determinar el tipo de soporte a partir del índice Q, se realizará desde la Figura 1A, ingresando la relación de diámetro equivalente: Altura/ESR (Excavación Support Radio) y el índice Q, posteriormente encontraremos un punto perteneciente a una región caracterizada por una calidad del macizo y a su vez este sugerirá el tipo de soporte. “El ESR depende del uso final de la excavación y es abstraído de la Tabla 2A, este puede ser entendido como el factor de seguridad según el tipo de obra subterránea”. (ANEXO A ASPECTOS GENERALES DEL Q DE BARTON. Barton (2000), n.d.)

**Tabla 1. Parámetros de clasificación del sistema Q, Barton (2000)**

**Tabla 1A. Parámetros de clasificación del sistema Q, Barton (2000)**

1. Calidad del testigo RQD (Rock Quality Designation)		RQD%
A	Calidad muy mala	0-25
B	Calidad mala	25-50
C	Calidad media	50-75
D	Calidad buena	75-90
E	Calidad excelente	90-100

*Nota:*  
 i) Cuando se obtienen valores de RQD inferiores a 10 (incluyendo el 0), se toma un valor nominal de 10 para calcular el índice Q.  
 ii) Los intervalos de 5 unidades para el RQD, es decir 100, 95, 90, etc., tienen suficiente precisión.

2. Índice de diaclasado		Jn
A	Roca masiva sin diaclasos o con fisuración escasa	0,5-1
B	Una familia de diaclasas	2
C	Una familia y algunas diaclasas aleatorias	3
D	Dos familias de diaclasas	4
E	Dos familias de diaclasas y algunas aleatorias	6
F	Tres familias de diaclasas	9
G	Tres familias y algunas diaclasas aleatorias	12
H	Cuatro o más familias, diaclasas aleatorias, roca muy fracturada, roca en terrones	15
I	Roca triturada terrosa	20

*Nota:*  
 i) En intersecciones de túneles se utiliza la expresión (3, Jn)  
 ii) En las bocas de los túneles, se utiliza la expresión (2, Jn)

3. Índice de rugosidad de las discontinuidades		Jr
a	Contacto entre las caras de la discontinuidad	
b	Contacto entre las dos caras de la discontinuidad ante desplazamiento cortante inferior a 10cm.	
A	Diaclasas discontinuas	1,4
B	Diaclasas onduladas rugosas o irregulares	3
C	Diaclasas onduladas lisas	2
D	Diaclasas onduladas perfectamente lisas	1,5
E	Diaclasas planas, rugosas o irregulares	1,5
F	Diaclasas planas, lisas	1
G	Diaclasas planas, perfectamente lisas	0,5

*Nota:*  
 i) Las descripciones se refieren a caracterizaciones a pequeña escala y escala intermedia  
 c) No existe contacto entre las caras de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante  
 H) Zona que contiene minerales arcillosos con un espesor suficiente para impedir el contacto de las caras de la discontinuidad  
 J) Zona arenosa de gravas o triturada con un espesor suficiente para impedir el contacto entre las dos caras de la discontinuidad

*Nota:*  
 i) Si el espacio de la principal familia de discontinuidades es superior a 3m, se debe aumentar el índice Jr en una unidad  
 ii) En el caso de diaclasas planas perfectamente lisas que presentan lineaciones y que dichas lineaciones estén orientadas según la dirección de mínima resistencia, se puede utilizar el valor de Jr = 0,5

Índice de alteración de las discontinuidades		Q <sub>a</sub> aprox	Ja
a) Contacto entre los planos de la discontinuidad (sin minerales de relleno intermedio)			
A	Discontinuidad cerrada, dura, sin reblandecimiento, impermeable, cuarzo		0,8
B	Planos de discontinuidad inalterados, superficies ligeramente manchadas	25-35	1
C	Planos de discontinuidad ligeramente alterados. Presentan minerales no reblandecidos, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla	25-30	2
D	Recubrimiento de arcillas limosas o arenosas. Fracción pequeña de arcilla no blanda	20-25	3
E	Recubrimiento de arcillas blandas o de baja fricción, es decir, caolinita o mica. También dorita, talco, yeso, grafito, etc., y pequeñas cantidades de arcillas expansivas	8-16	4

b) Contacto entre los planos de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante inferior a 10cm (minerales de relleno en pequeños espesores)

F	Partículas arenosas roca desintegrada libre de arcillas, etc.	25-30	4
G	Fuertemente sobreconsolidadas con rellenos de minerales arcillosos no blandos (continuos, pero con espesores inferiores a 5mm)	16-24	6
H	Sobreconsolidación media a baja, con reblandecimiento, rellenos de minerales arcillosos (continuos, pero con espesores inferiores a 5mm)	12-16	8
J	Rellenos de arcillas expansivas, es decir montmorillonita (continuos pero con espesores inferiores a 5mm). El valor de Ja depende del porcentaje de partículas con tamaños similares de las arcillas expansivas	6-12	8-12

c) No se produce contacto entre los planos de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante (rellenos de minerales de gran espesor)

K	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcillas (ver clases C, H y J para la descripción de las condiciones de las arcillas)	6-24	6, 8, 10, 12
L	Zonas o bandas de arcilla limosas o arenosas, con pequeñas fracciones de arcilla no reblandecibles	-	5
N	Zonas o bandas continuas de arcilla, de espesor grueso (ver clase G, H y J para la descripción de las condiciones de arcilla)	10, 13, 13	10, 13, 20
O	-	8-24	-
P	-	-	-
R	-	-	-

*Nota:*  
 Los valores expresados para los parámetros Jr y Ja se aplican a familias de diaclasas discontinuidades que son menos favorables con relación a la estabilidad, tanto por la orientación de las mismas como por su resistencia al corte (esta resistencia puede evaluarse mediante la expresión  $\sigma_{Tn} = \tau_{1/3}$ )

5. Factor de reducción por la presencia de agua		Presión Kg/cm <sup>2</sup>	Jw
A	Excavaciones secas o pequeñas aflujos de agua inferiores a 5/m, de forma localizada	<1	1
B	Afluencia o presiones medias con lavado ocasional de los rellenos de las discontinuidades	1-1,5	0,7
C	Afluencia importante o presión alta en rocas competentes con discontinuidades sin rellenos	2,5-10	0,5
D	Afluencia importante o presión alta, produciéndose un lavado considerable de los rellenos de las diaclasas	2,5-10	0,33
E	Afluencia excepcionalmente alta o presiones elevadas en el momento de realizar voladuras, decreciendo con el tiempo	>10	0,2-0,1
F	Afluencia excepcionalmente alta o presión elevada de carácter persistente, sin disminución apreciable	>10	0,1-0,05

*Nota:*  
 i) Los valores de las clases C, D, E y F son meramente estimativos. Si se acometen medidas de drenaje, puede incrementarse el valor de Jw  
 ii) No se ha considerado los problemas especiales derivados de la formación de hielo

6. Condiciones tensionales de la roca (Stress Reduction Factor)		SR
Las zonas débiles intersectan a la excavación, pudiendo producirse desplazamientos de roca a medida que la excavación del túnel va avanzando		
A	Múltiples zonas débiles, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente, roca muy suelta (cualquier profundidad)	10
B	Zonas débiles aisladas, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad de la excavación > 50m)	5
C	Zonas débiles aisladas, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad de la excavación > 50m)	2,5
D	Múltiples zonas de fracturas en roca competente (libres de arcillas) roca de cortísono suelta (a cualquier profundidad)	7,5
E	Zonas de fracturas aisladas en roca competente (libre de arcillas), (profundidad de la excavación > 50m)	5
F	Zonas de fracturas aisladas en roca competente (libre de arcillas), (profundidad de la excavación > 50m)	2,5
G	Terreno suelto, diaclasas abiertas, fuertemente fracturado en terrones, etc. (a cualquier profundidad)	5

*Nota:*  
 i) Los valores de las clases C, D, E y F son meramente estimativos. Si se acometen medidas de drenaje, puede incrementarse el valor de Jw  
 ii) En aquellos casos en los que la profundidad de la clave del túnel es menor que la anchura de la excavación, se sugiere aumentar el valor del factor SRF entre 2,5 y 5 unidades (véase clase H)  
 c) Rocas deformables: flujo plástico de la roca incompresible sometida a altas presiones litostáticas  
 O) Presión de deformación suave  
 P) Presión de deformación intensa  
 iv) Los fenómenos de deformación o fluencia de rocas suelen ocurrir a profundidades:  $H > 350 \cdot Q^{-0.25}$  (Singh et al., 1992). La resistencia a compresión del macizo rocoso puede estimarse mediante la expresión:  $\sigma_c (MPa) = 7 \cdot Q^{0.7}$ , donde  $Q$  es la densidad de la roca en g/cm<sup>3</sup> (Singh, 1993)

d) Rocas expansivas: actividad expansiva química dependiendo de la presencia de agua		SR
R	Presión de expansión suave	5 - 10
S	Presión de expansión intensa	10 - 15

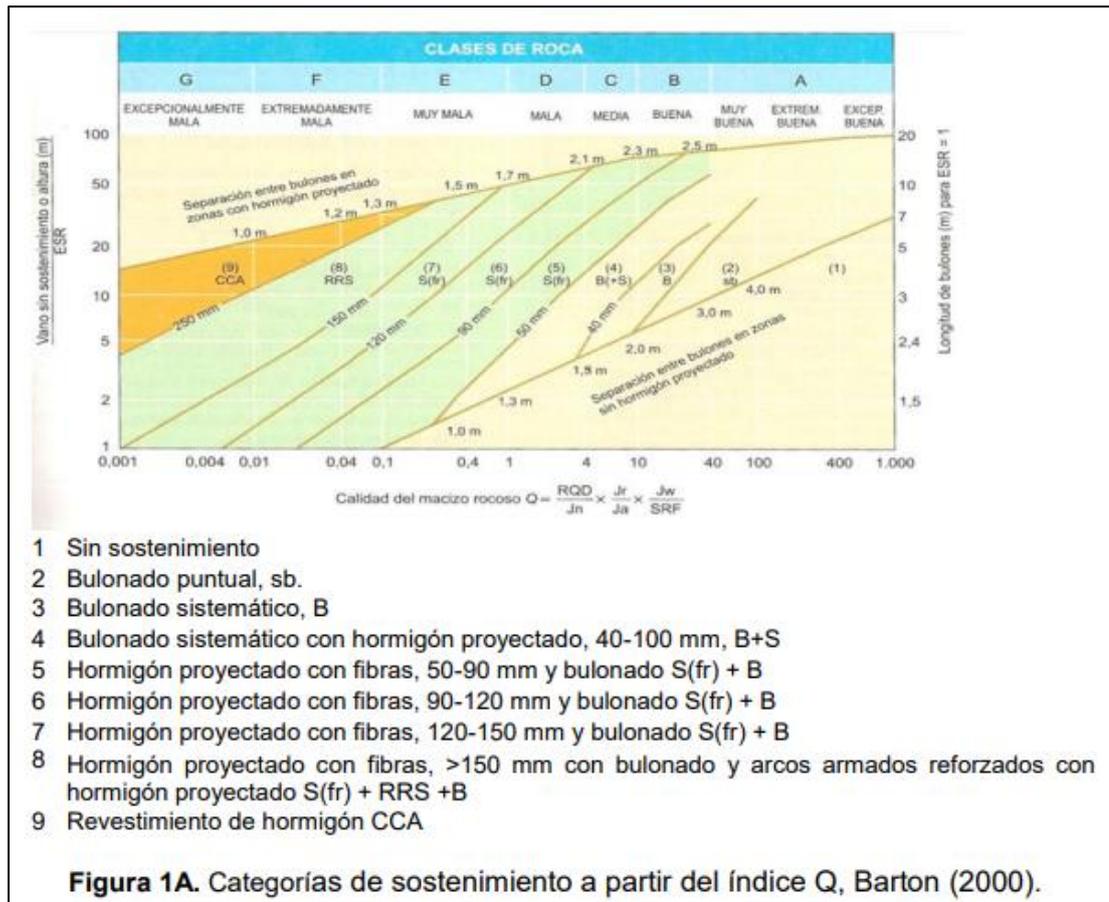
$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{J_s} \cdot \frac{J_b}{SRF}$

Fuente: (ANEXO A ASPECTOS GENERALES DEL Q DE BARTON Barton (2000), n.d.)

**Tabla 2. Valores del Índice ERS de la clasificación Q, Barton 2000**

**Tabla 2A. Valores del índice ESR (Excavación Suport Ratio) de la clasificación Q, Barton (2000)**

Tipo de excavación	ESR
A Labores mineras de carácter temporal, etc. Galerías mineras permanentes, túneles de centrales hidroeléctricas (excluyendo las galerías de alta presión), Túneles piloto, galerías de avance en grandes excavaciones, cámaras de compensación hidroeléctrica.	2-5
B Cavernas de almacenamiento, plantas de tratamiento de aguas, túneles de carreteras secundarias y ferrocarril, túneles de acceso.	1,6-2
C Centrales eléctricas subterráneas, túneles de carreteras primarias y de ferrocarril, refugios subterráneos para defensa civil, emboquilles e intersecciones de túneles	1,2-1,3
D Centrales nucleares subterráneas, estaciones de ferrocarril, instalaciones públicas y deportivas, fabricas, túneles para tuberías principales de gas	0,9-1,1
E	0,5-0,8



- 1 Sin sostenimiento
- 2 Bulonado puntual, sb.
- 3 Bulonado sistemático, B
- 4 Bulonado sistemático con hormigón proyectado, 40-100 mm, B+S
- 5 Hormigón proyectado con fibras, 50-90 mm y bulonado S(fr) + B
- 6 Hormigón proyectado con fibras, 90-120 mm y bulonado S(fr) + B
- 7 Hormigón proyectado con fibras, 120-150 mm y bulonado S(fr) + B
- 8 Hormigón proyectado con fibras, >150 mm con bulonado y arcos armados reforzados con hormigón proyectado S(fr) + RRS +B
- 9 Revestimiento de hormigón CCA

**Ilustración 8.** Categorías de sostenimiento partir del Índice Q, Barton 2000

Fuente: (ANEXO A ASPECTOS GENERALES DEL Q DE BARTON. Barton (2000), n.d.)

Pernos de Anclaje, El tornillo le da fuerza a la piedra desde el momento en que se coloca para que pueda participar en el soporte. Hay muchos tipos de pernos que difieren en sus propiedades de fijación (pernos de expansión, agarre o fricción) capacidades de deformación (pernos rígidos o pernos dinámicos).(OSINERGMIN, n.d.)

**Tabla 3. Características de pernos de anclaje**

Propiedades de los pernos de anclaje		
Tipo de perno	Resistencia del límite elástico (ton)	Resistencia a la ruptura (ton)
5/8" perno mecánico	6.1	10.2 (grado 690MPa)
Split set (ss-33)	8.5	10.6
Split set (ss-39)	12.7	14
Swellex estándar	N/A	11
Swellex deformable	N/A	9.5
Super Swellex	N/A	22
20mm barra (#6)	12.4	18.5
22mm barra (#6)	16	23
25mm barra (#6)	20.5	30.8
#6 Dywidag	11.9	18
#7 Dywidag	16.3	24.5
#8 Dywidag	21.5	32.3
#9 Dywidag	27.2	40.9
#10 Dywidag	34.6	52
1/2" Cable bolt	15.9	18.8
5/8" Cable bolt	21.6	25.5
1/4"x4" Strap(MS)	25	39

#6 relacionado a 6/8", #7 relacionado a 7/8" de diámetro

Fuente:(OSINERGMIN, n.d.)

Para determinar el tipo de perno que se empleará en el macizo rocoso a sostener se determinará mediante características estructurales del macizo rocoso y el efecto que se quiere lograr con ellos. “ej. en rocas suaves el anclaje puntual no funciona; bajo condiciones de estallido de rocas o en condiciones de altos esfuerzos inducidos, se requiere un perno dinámico, pero de alta resistencia”(OSINERGMIN, n.d.)

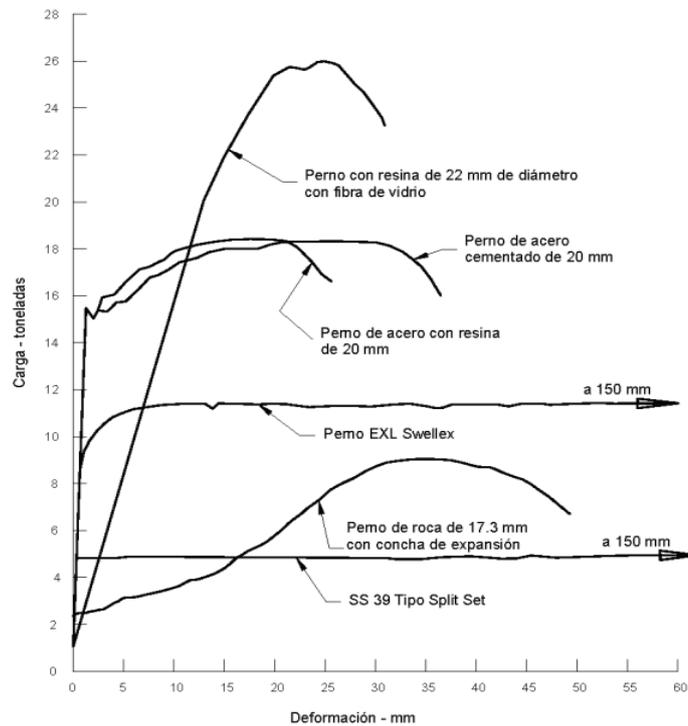
Se debe tener en cuenta que los elementos de soporte tienen una resistencia en forma de capacidad de tracción del acero, otra resistencia de adherencia obtenida del contacto del mortero de cemento y/o resina con la masa pétreo, por lo que se recomienda anclar los elementos de soporte a la altura

requerida longitud, para que la resistencia de adherencia alcance la máxima resistencia del acero, lo mencionado se muestra en (ver Tabla 9-6 y Tabla 9-7).

**Tabla 4. Resistencia típicas a la adherencia**

Adherencia del perno	
Tipo de perno	Adherencia de perno (ton/m)
39mm Split set en terreno blando (<45 RMR)	0.75-3.6
39mm Split set en terreno resistente (>55 RMR)	2.5-5
Swellex estándar en terreno blando (<45 RMR)	8.1-13.8
Swellex estándar en terreno resistente (>55 RMR)	9-15
Cable bolt en terreno blando (<45 RMR)	24
Cable bolt en terreno resistente (>55 RMR)	28
#6 barra en terreno blando (<45 RMR)	12-14
#6 barra en terreno resistente (>55 RMR)	59

Fuente: (OSINERGMIN, n.d.)



**Ilustración 9.** Grafica carga vs deformación (stilborg), pruebas realizadas por la Universidad e Lulea en Suiza, se empleó concreto de alta resistencia  $R_c=60$  Mca para simular bloques de roca.

## 2.3. Definición de términos básicos

### 2.3.1. Sostenimiento

En trabajos de excavación subterránea, conjunto de procedimientos de sostenimiento natural o artificial del macizo rocoso.

Soporte de roca es un término utilizado para describir los procedimientos y materiales utilizados para aumentar la estabilidad de la roca que rodea una excavación subterránea y mantener su capacidad portante. El objetivo principal del sostenimiento es movilizar y mantener la resistencia del macizo rocoso para que la excavación pueda ser autosuficiente y mantenerla abierta y segura para el propósito y la vida previstos.

En un ambiente de minería subterránea, la disponibilidad de apoyo es importante por dos razones principales: la seguridad de las personas y equipos involucrados en la operación, y la extracción más económica del mineral con la menor dilución posible.

El tipo de apoyo requerido para la excavación depende de varios factores: tensiones en el macizo rocoso, geometría de la excavación, tensiones en la roca, daños por voladuras, procesos de degradación y corrosión de los elementos de apoyo, etc. Se pueden utilizar dos métodos de estabilización diferentes para mantener la capacidad de carga cerca de los límites de la excavación subterránea (Windsor y Thomson, 1992).

- **Refuerzo de roca:** El refuerzo de roca hace referencia a los elementos instalados en taladros perforados en la roca como, por ejemplo, bulones de adherencia o de fricción y cables cementados. Los elementos de refuerzo de

roca proporcionan una estabilización eficaz, ya que ayudan a que el macizo rocoso se sostenga a sí mismo (Hoek and Brown, 1980).

- **Sostenimiento de roca:** se considera que el sostenimiento es exclusivamente de los elementos que se ubican en la superficie expuesta de la roca, por ejemplo, la malla de acero, correas, hormigón proyectado, cerchas. Los elementos de sostenimiento son externos a la roca y responden a un movimiento significativo del macizo rocoso que rodea a la excavación.

En general, entendemos por sostenimiento de una excavación subterránea la combinación de los sistemas de refuerzo y soporte. Es una práctica normal diseñar el refuerzo para actuar junto con los elementos de soporte y así configurar un esquema adecuado de sostenimiento (Windsor and Thompson, 1992).

Asimismo, es importante mencionar y aplicar adecuadas prácticas de voladura el correcto saneo de la excavación antes de realizar sostenimiento, esto ayudará a reducir la cuantía de bloques sueltos que deban ser sostenidos, mejorando así el comportamiento autoportante del macizo rocoso.

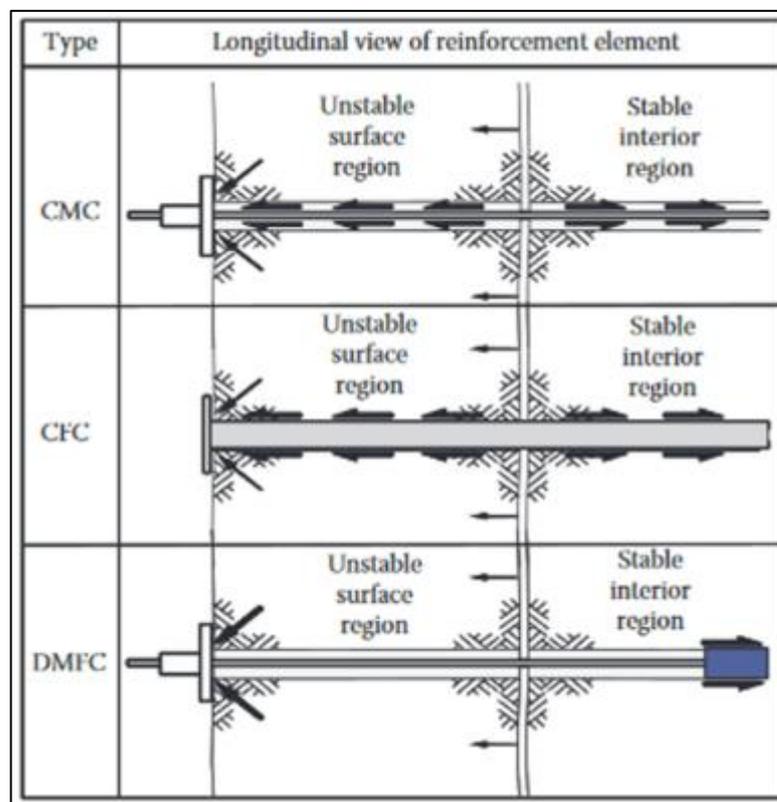
Thompson y Windsor (1992) realizaron una clasificación de los tipos, funciones, mecanismos básicos y comportamiento de los diferentes sistemas de sostenimiento y refuerzo de roca comerciales disponibles. Con el fin de explicar los mecanismos básicos de transferencia de carga entre el elemento de refuerzo y la masa rocosa, se diferencian tres categorías.

Las categorías se muestran en la figura N°10. Se describen como acoplamiento mecánico continuo (CMC), acoplamiento por fricción continua (CFC) y acoplamiento mecánico y por fricción discreto (DMFC).

En la siguiente tabla se recogen algunos elementos de refuerzo típicos agrupado en cada una de las categorías:

**Tabla 5. Resistencia típicas a la adherencia**

Tipo	Descripción
CMC	Barras de acero ancladas con inyección de lechada de cemento o resina o con cartuchos de cemento o resina. Cables inyectados con lechada de cemento o resina.
CFC	Bulones de fricción (Split set, Swellex)
DMFC	Anclajes mecánicos (CT y HGB Bolts)

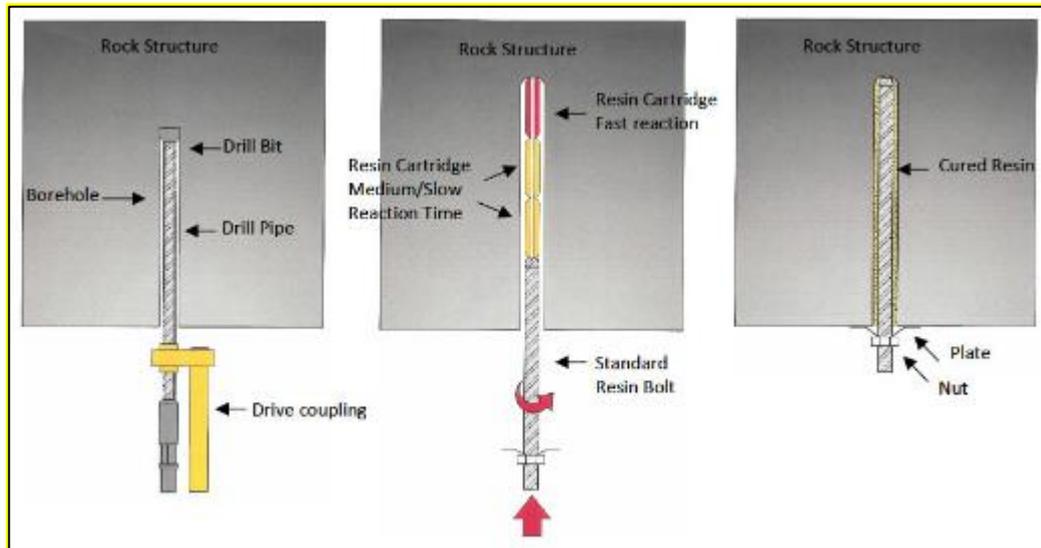


**Ilustración 10.** Clasificación Thompson y Windsor (1992)

de los elementos de refuerzo de la roca.

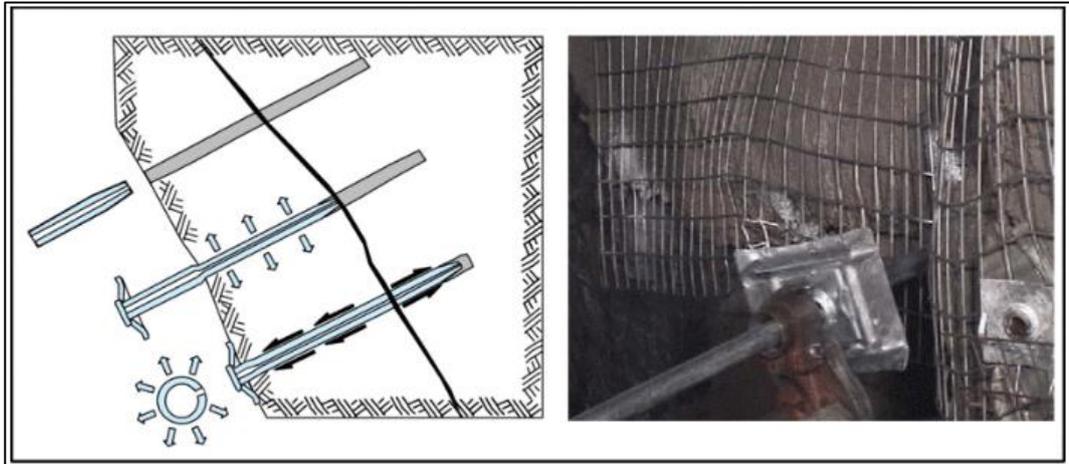
Los elementos de refuerzo englobados en la primera categoría (CMC), dependen de un agente fijador, generalmente cemento o resinas, que rellenan el espacio anular entre la barra de acero o el cable y el taladro realizado en la roca. La principal función del elemento fijador o de relleno es proveer un mecanismo de

transferencia de carga entre la masa rocosa y el elemento de refuerzo, en este caso, la barra o el cable.



**Ilustración 11.** Esquema de instalación de bulón de resina.

Así mismo, los elementos de refuerzo englobados en la segunda categoría correspondiente al acoplamiento por fricción continua (CFC), estos son instalados en contacto directo con la roca. El mecanismo de transferencia de carga será en función de las fuerzas de rozamiento desarrolladas entre el elemento de refuerzo y la pared del taladro en el que se instala. La transferencia de carga vendrá limitada por el esfuerzo radial establecido durante la inserción del elemento de refuerzo en el taladro. Las fuerzas de unión estarán en función del diámetro del elemento de refuerzo, del diámetro del taladro y de cualquier irregularidad que aparezca en la pared de dicho taladro.



**Ilustración 12.** Esquema de instalación de bulón de fricción (Villaescusa, 2014).

Finalmente, los elementos de refuerzo mostrados en la categoría DMFC (Discrete Mechanical and Friction Coupled) van a transferir la carga a dos puntos, el de anclaje, que está ubicado dentro del taladro y a la placa de reparto. La distancia existente entre los dos elementos, cabezal de anclaje y placa, se encuentra desacoplada de la roca, por tanto, la transferencia de carga está limitada a la longitud del cabezal de anclaje.



**Ilustración 13.** CT Bolt (DSI Underground)

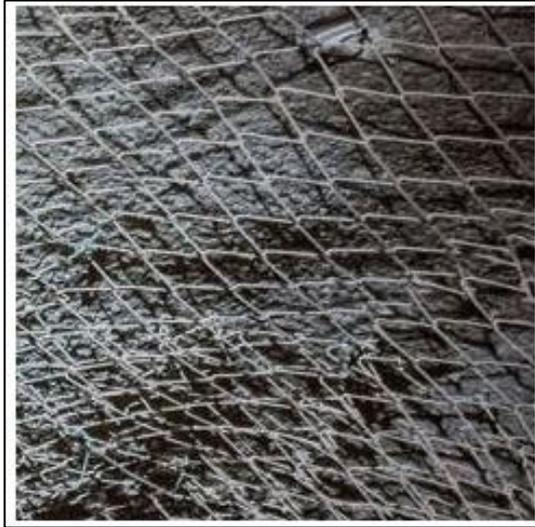
Como un elemento principal del sostenimiento de roca, cabe destacar la malla de alambre de acero. Elemento esencial del sostenimiento requerido para mantener la capacidad de carga de la masa rocosa cerca de los límites de la excavación subterránea (Villaescusa, 1999b). Mientras que los bulones se emplean para controlar la estabilidad de la excavación en general, la malla cumple la función

de retener fragmentos de roca u hormigón proyectado sueltos que no se pudieron sostener con el patrón de bulonado utilizado.

Existen diferentes configuraciones de malla de alambre de acero empleada en el sostenimiento de excavaciones subterráneas. Los tipos más comunes son la malla electrosoldada, que consiste en un conjunto de alambres rectos dispuestos en una rejilla cuadrada o rectangular soldados entre sí. Por otro lado, tenemos la malla de alambres tejidos y doblados regularmente formando una serie de eslabones de cadena que se entrelazan e interconectan mecánicamente.



**Ilustración 14.** Malla electrosoldada (DSI Underground)



**Ilustración 15.** Malla tejida (Geobruigg)

La malla electrosoldada puede tener diferentes diámetros de alambre y diferente espaciamiento entre ellos y se suministra en varios tamaños. La configuración más común es la de alambre de 5,6 mm de diámetro formando una cuadrícula de 100 x 100 mm. Las mallas suelen ser de 2,4 m de anchura por longitudes que varían ente 3,6 hasta los 6 m. Longitudes más largas dificultan la manipulación y la colocación.

La malla tejida, al igual que la anterior, se presenta en diferentes diámetros de alambre. Los más comunes son de 3 y 4 mm. Este tipo de mallas se suministran en rollos de varias dimensiones que pueden variar entre 15 y 20 m de longitud y un ancho de 2,3 m.

La malla tejida es más ligera que la malla electrosoldada, ofrece una resistencia superior, garantiza menor solape entre paños y los tiempos de instalación suelen ser menores.

En el pasado, los paños de malla electrosoldada se colocaban de forma manual con ayuda de plataformas elevadoras y empleando los jumbos de

perforación. Para evitar trabajar en zonas sin sostenimiento, y no exponer a los trabajadores al riesgo de caída de roca, previamente era necesario gunitar toda la sección de galería excavada y seguido, instalar los bulones con el patrón diseñado. Tras esta operación, con ayuda de una plataforma elevadora y al menos, tres operadores, se colocaba el sostenimiento con malla. En el caso de emplear bulones de fricción, desprovistos de tuerca de apriete para la placa de anclaje, era necesario aplicar un nuevo patrón de bulonado para fijar la malla al contorno de excavación. Cuando los bulones disponen de tuerca, era posible aflojarla, colocar la malla y volver a fijar la tuerca. En la mayoría de los casos, por tiempo de ejecución y por calidad de la misma, lo más común era volver a colocar un nuevo patrón de bulonado, incurriendo en un incremento de costes de sostenimiento por empleo de exceso de materiales.



**Ilustración 16.** Instalación Manual de malla electrosoldada

### 2.3.2. Bocamina

La entrada a una mina, generalmente un túnel horizontal.

- **Método de cierre de bocamina que presenta drenaje**

- a) Método hermético o de descarga cero

Consiste en la construcción de un tapón hermético de concreto que confina el agua en el interior de la mina, inundando las labores debido a la recuperación del nivel freático. Las características de tapón deben responder a un diseño de ingeniería. Este método permite que los sulfuros, al estar sumergidos en agua, dejen de oxidarse y quede controlada la generación de drenaje ácido.

- b) Método de rebose

En este método se tiene que taponear en forma hermética la galería inferior, permitiendo el rebose de agua por una bocamina ubicada en un nivel superior. Se reduce el caudal y también el contenido de ácido y metales en el drenaje, al estar inundada parte de las labores mineras. Para que este escenario ocurra debe haber una galería en un nivel superior.

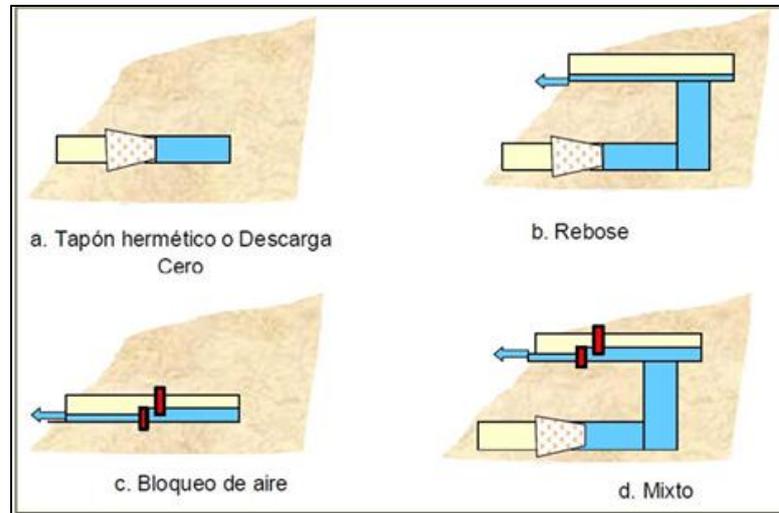
- c) Método de bloqueo de aire

Este método permite, mediante una trampa, la salida de agua, pero impide el acceso del aire al interior de la galería. Al impedir el ingreso de aire, el oxígeno se agota al interior de las labores mineras, se evita que la oxidación de los sulfuros progrese, y por lo tanto, se paraliza la generación de drenaje ácido y el pH de las aguas gradualmente tiende a neutro, reduciéndose también el contenido de metales disueltos y totales.

- d) Método Mixto

Este método combina los dos últimos métodos (b y c). Se hace un cierre hermético de la labor inferior, y un cierre con bloqueo de aire en el nivel superior. La selección de uno u otro método depende de las características

de cada mina. Entre ellas, del tipo y calidad de la roca, presencia de fallas o fracturas, el nivel freático, número de niveles y la profundidad de las labores mineras. Puede aplicar más de un método en un centro minero.



**Ilustración 17.** Esquema de métodos de taponeo para bocaminas que presentan drenaje.

- **Método de cierre de bocamina que no presenta drenaje**

Las bocaminas que no presentan drenaje, conocidas como bocaminas secas, no causan impactos negativos, pero presentan un riesgo potencial para personas y animales, además del impacto visual que causan al paisaje del entorno.



**Ilustración 18.** Cierre de bocamina con drenaje y sin drenaje

a) Acumulación de desmonte

Se acumula directamente material de desmonte no generador de acidez en la bocamina, bloqueando el ingreso a las personas y animales. Esto debe hacerse de acuerdo a la topografía de la zona y luego se procede con la revegetación del área.

b) Muro hermético

Se construye un muro en la bocamina que impide el ingreso de personas y animales.

c) Colocación de Reja

Se coloca una reja de metal para impedir el ingreso de personas y animales. Debe asegurarse su permanencia en el lugar.



**Ilustración 19.** Bocamina antes y después de ser rellenada y revegetada

### 2.3.3. Macizo Rocoso

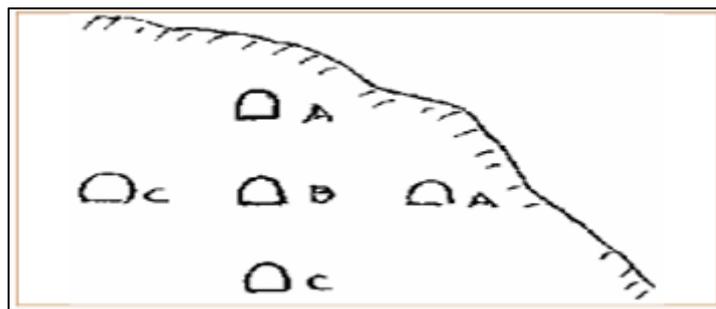
Es un ambiente discontinuo, anisótropo y heterogéneo formado por una matriz de roca masiva.

### 2.3.4. Calidad del macizo rocoso

Se considera que un suelo o roca es blando o duro, según su resistencia a la compresión esté en los siguientes rangos:

- Suelo blando menos de 4kg/cm<sup>2</sup>
- Suelo duro entre 4-10kg/cm<sup>2</sup>
- Roca blanda de 10-375 kg/cm<sup>2</sup>
- Roca intermedia de 375 a 700kg/cm<sup>2</sup>
- Roca dura más de 700kg/cm<sup>2</sup>
- El concreto corriente es de solo 210 kg/cm<sup>2</sup>

Las rocas blandas son aquellas que pueden fallar a través de material intacto a los niveles de esfuerzos existentes que se pueden dar en el área de influencia de una excavación, sin que tenga sentido un valor numérico para definir la resistencia de dichas rocas, máximo aún si se tiene en cuenta que los macizos de roca más dura pueden fallar y fallan en las excavaciones más profundas. El comportamiento de una galería puede ser dúctil, adecuado o frágil, como se muestra en la fig. , cuando se consideran profundidades del orden de 100, 200 y 300 metros respectivamente. Para valorar estas cuantías de esfuerzo, vale decir que 1 Kg/cm<sup>2</sup> equivale a 10 TT/m<sup>2</sup> o sea el esfuerzo producido por una columna de 10 m de agua.



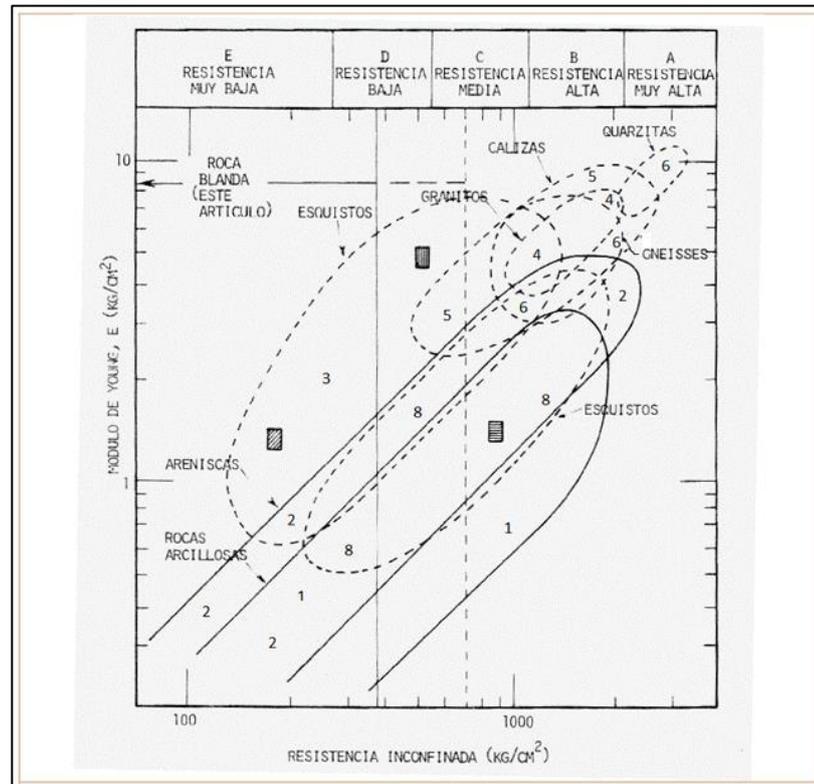
**Ilustración 20.** Profundidad de una galería. A. Comportamiento frágil, B. comportamiento adecuado, y C. comportamiento dúctil. Según Alvaro Correa A, curso de mecánica de rocas U. Nal.

Para H=300m de la relación anterior  $75/0.2 > 375 \text{ kg/cm}^2$

Para  $H=600\text{m}$  de la relación anterior  $150/0.2 > 750 \text{ kg/cm}^2$

Algunos autores consideran el límite entre roca blanda o dura la resistencia inconfiada de  $375 \text{ Kg/cm}^2$ , e incluso  $750 \text{ Kg/cm}^2$  o más, si los esfuerzos horizontales son mayores que los verticales aunque las profundidades sean menores que las indicadas. Para los casos anteriores, taludes en rocas de esta resistencia, con alturas de 500 metros podrían presentar falla parcial a través de la masa de la roca intacta. En proyectos de ingeniería profundos los macizos con esta resistencia pueden fallar a través del material intacto bajo ciertas consideraciones extremas de profundidad al comportarse de manera dúctil como se ilustró con el ejemplo del túnel.

### 2.3.5. Propiedades de la roca



**Ilustración 21.** Clasificación ingenieril de roca intacta según Deere.

E. Resistencia muy baja, D resistencia baja, C. resistencia media, B. resistencia alta, A. resistencia muy alta. 1. Roca arcillosa, 2. Areniscas, 3. Esquistos de foliación fina, 4. Granitos, 5. Calizas, 6. Cuarzitas, 7. Gneises, 8. Esquistos de foliación gruesa. M. 375 Kg/cm<sup>2</sup>, N. 700 Kg/cm<sup>2</sup>. Adaptado de Alberto Nieto, Caracterización G. de Macizos de Roca Blanda.

- **Las rocas ígneas.** Son muy resistentes, isotrópicas, rígidas, frágiles, densas y de textura entabada. Su inconveniente se da por presencia de materiales alterables y diaclasamiento.
- **Las rocas ígneas plutónicas.** Tienen minerales resistentes, entabados, se da fallamiento en escalonado de minerales porque son diferentes.

Las rocas ígneas volcánicas. Muestran heterogeneidad de minerales; hay falla en poros que afectan la roca, la porosidad le da plasticidad a la masa que si es de rocas masivas resulta poco porosa.

- **Las rocas sedimentarias.** Tienen resistencia media a baja son ortotrópicas, poco rígidas, dúctiles, porosas y presentan textura cementada-laminada. Su inconveniente es la ortotropía que hace difíciles los cálculos de estabilidad y comportamiento del macizo.

En las rocas sedimentarias la resistencia depende del grado de cementación y de su densidad. Ella aumenta cuando los granos son finos; si hay disolución en la masa hay porosidad. Los planos de estratificación son zonas de debilidad.

- **Las rocas metamórficas.** Se caracterizan por una resistencia medio alta, su ortotropía, tenacidad, textura entrabada y baja porosidad. Hay rigidez en el sentido paralelo y plasticidad en el perpendicular, con relación a los planos de clivaje. Su ortotropía dificulta los cálculos.

Las rocas metamórficas resultan elásticas por la cristalización de la masa. Son densas por el empaquetamiento. Si hay minerales laminados hay debilidad. Si hay esquistosidad hay zonas de debilidad. Los gneises son como los granitos, aunque el bandeamiento les da debilidad.

### **2.3.6. Caracterización del macizo rocoso.**

Esta es una tarea de observación, mediciones y ensayos para obtener parámetros cuantitativos útiles al diseño ingenieril. Este proceso además se desarrolla a lo largo de todas las etapas del desarrollo del proyecto, desde el diseño hasta su construcción y operación. Según la fase de diseño se requiere establecer un nivel mínimo de caracterización. El primero es con base en observaciones

geológicas, el segundo nivel exige prospecciones geofísicas y el nivel final perforaciones exploratorias, medidas y ensayos geotécnicos.

Los parámetros geotécnicos fundamentales son la resistencia al corte, la deformabilidad, la permeabilidad y el estado original de esfuerzos, tanto para macizos en rocas duras como en rocas blandas. En las segundas la durabilidad de las rocas y su potencial de expansión y fluencia deben ser propiedades de primer orden. En el caso de cimentaciones los principales problemas para una estructura en roca blanda son asentamientos diferenciales, rebote, falla a lo largo del contacto estructura-roca, las altas presiones de poros, las fugas excesivas y rara vez la falla por capacidad portante del macizo. En los taludes la altura condiciona el tipo de caracterización geotécnica, como también lo hace la resistencia de la roca intacta y la geometría de las discontinuidades. Si es relevante la resistencia al corte, la deformabilidad puede tener interés por la inducción de fracturas de tensión en la corona, donde el agua introducida genera situaciones de inestabilidad que no existían. Las obras más difíciles de caracterizar y modelar, son las excavaciones subterráneas. A diferencia de una estructura de concreto, el escenario estructural es aleatorio e incierto y queda escondido bajo una cubierta de suelo y material rocoso. Entre los problemas a resolver en el diseño de túneles, que han de conducir agua a presión están el de la estabilidad de las paredes sin agua y con ella, el grosor del refuerzo, la permeabilidad del macizo y la estabilidad de las laderas exteriores vecinas en caso de presiones hidrostáticas inducidas y de fuga de agua hacia los taludes y laderas. La caracterización apropiada de los macizos rocosos, además de ser la base para el diseño de las obras, contribuye a la optimización del método constructivo, da vía al mejoramiento del macizo (anclajes, inyecciones, drenaje) y permite la programación de observaciones durante el funcionamiento de las obras.

### **2.3.7. Geomecánica**

Es la parte de la geología que estudia las propiedades estructurales, mecánicas e hidrológicas de un macizo rocoso.

### **2.3.8. Estabilidad**

Capacidad que tiene los elementos de las estructuras de aguantar las acciones sin volcar o caer.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Mediante el uso del sistema de clasificación geomecánica RMR de Bieniawski y Q Barton es factible establecer el tipo de sostenimiento pertinente en la bocamina Vinchos.

### **2.4.2. Hipotesis especificas**

- Mediante el uso del sistema de clasificación geomecánica RMR de Bieniawski es factible establecer las características del macizo rocoso de la bocamina Vinchos.
- Mediante el uso del sistema de clasificación geomecánica RMR de Bieniawski es factible establecer las propiedades físicas, mecánicas y elásticas de la bocamina Vinchos.
- Mediante los datos de la clasificación RMRM e índice Q, es factible evaluar la estabilidad de la bocamina Vinchos.

## **2.5. Identificación de variables**

### **2.5.1. Variable Independiente**

- Tipo de sostenimiento

### 2.5.2. Variable Dependiente

- Estabilidad de la Bocamina Vinchos

### 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

**Tabla 6. Operacionalización de variables.**

<b>Tabla 6. Operacionalizacion de Variables</b>			
<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ÍNDICE</b>
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> Tipo de Sostenimiento	Propiedades geomecánicas del macizo rocoso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la compresión y la tracción (MPa)</li> <li>• Deformabilidad</li> <li>• Resistencia a la compresión simple (UCS)</li> <li>• Ensayos de Carga puntual</li> <li>• Ensayo de propiedades de físicas.</li> </ul>	Resistencia a la compresión < 1 Mpa - >250 Mpa  Clasificación de roca intacta: Clase A,B,C, D y E.
	Caracterización del macizo rocoso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de Q Barton</li> </ul>	
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> Estabilidad de la bocamina Vinchos		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación RMR</li> <li>• Diámetro de galería de la bocamina</li> </ul>	Sistema de clasificación RMR de 0-90

FUENTE: Elaboración propia.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación realizada es cuantitativa y descriptiva debido a la naturaleza del trabajo de investigación.

#### **3.2. Nivel de investigación**

El método de investigación será hipotéticamente deductivo ya que se formularán hipótesis.

#### **3.3. Métodos de investigación**

El diseño de la encuesta es simplemente descriptivo ya que intenta recopilar información sobre los encuestados, en este caso se trata de una caracterización.

#### **3.4. Diseño de investigación**

La población lo conforma la bocamina Vinchos N°23 y 24.

### **3.5. Población y muestra**

El muestreo es por conveniencia, porque esta será determinada por el investigador.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas de Recolección de Datos**

La principal técnica que se utilizará será la observación directa del comportamiento geomecánica del macizo rocoso para determinar los parámetros geomecánicas de la RMR.

- Recolección de datos del macizo rocoso in situ.
- Limpieza y procesamiento de datos
- Análisis e interpretación de los datos

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

- Los principales instrumentos que utilizare en la investigación son:
- Tabla de interpretación de valores de RQD (Deere, 1964)
- Tabla Relación entre RQD y frecuencia lineal (Villaescusa 1992)
- Tabla Relación entre espaciamiento de discontinuidad y RQD, Bieniawski (1989)
- Tabla Interpretación de los valores de RMR, (Bieniawski, 1989)
- Tabla Interpretación del índice Q (Barton, 1974)
- Tabla Factor de seguridad en función de índices de clasificación vs abertura de túnel, Houghton y Stacey (1980)
- Gráfico de sostenimiento del sistema Q, (Barton 2000)
- 2 muestras de dimensión 25x30x35 cm para el ensayo de compresión simple, por sugerencia de ASTM D 7012C

- 4 muestras para ensayo de carga puntual, ASTM – 5731 y propiedades físicas y elásticas, ASTM C97 y ISRM (1979)

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para la presentación de los datos se utilizarán los programas de Excel y el programa Phase2.

### **3.9. Tratamiento estadístico**

Los datos se presentarán según los criterios de la estadística descriptiva y la validación de los datos se realizará mediante pruebas estadísticas basadas en la normalidad de los datos.

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

El financiamiento del trabajo de investigación será de con mis propios recursos, ya que los egresados no pueden acceder a financiamientos.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **4.1. Descripción de trabajo de campo**

##### **4.1.1. Descripción del Proyecto**

El proyecto consiste en evaluar y diseñar el tipo de sostenimiento de las Bocaminas VI-B-23 y VI-B-24 de la U.M. Vinchos, tomando como base lo establecido en la Ley que regula el Cierre de Minas (Ley N°28090) y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N°033-2005-EM. La evaluación y diseño fueron elaborados de tal manera que cumplan los tres aspectos principales de estabilidad: física, hidrológica y geoquímica.

La Tabla 6. presenta las coordenadas de las 02 bocaminas que fueron evaluadas en el presente informe.

**Tabla 7. Ubicación de Bocaminas VI-B-23 y VI-B-24 de la U.M. Vinchos**

ID	CÓDIGO	Tip o	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACI ÓN (msnm)
01	VI-B-23	Bocamina	359,715	8'845,599	4225
02	VI-B-24	Bocamina	359,639	8'845,561	4217

FUENTE: elaboración propia.

#### **4.1.2. Recolección de datos del Proyecto.**

##### **4.1.2.1. Ubicación**

La Unidad Minera Vinchos se encuentra ubicada en el paraje de Vinchos en el distrito Pallanchacra y provincia de Pasco, a una altitud de 4340 m.s.n.m. siendo sus coordenadas UTM:881888951 N y 361935.65 E.

Para acceder a la U.M. Vinchos existen diferentes rutas, desde la ciudad de Cerro de Pasco y Lima, las cuales se presentan a continuación:

**Tabla 8. Vías de acceso**

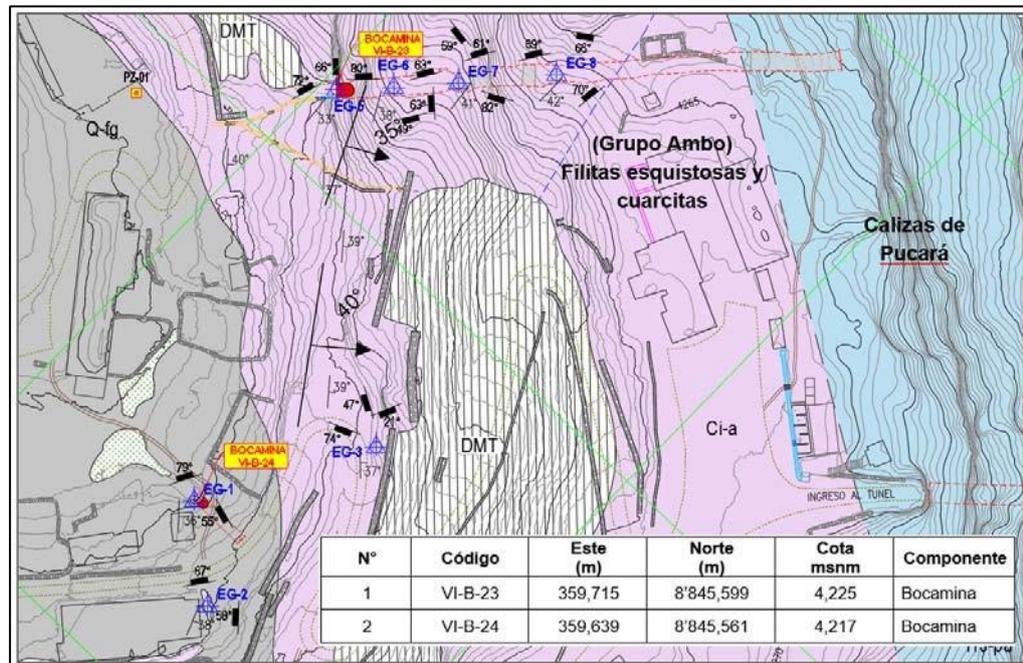
Tramo	Distancia (km)	Vía	Tiempo (hr)	Tipo de Acceso
Lima. Cerro de Pasco, Huicra, Chichurraquina, Vinchos	481 km	Terrestre	9.25	Asfaltada- afirmada
Lima, Cerro de Pasco, Tingo Palca, Anasquizgue, La Merced de Jarria, Vinchos	491 km	Terrestre	9.5	Asfaltada- trocha
Lima, Cerro de Pasco, Huariaca, La Merced de Jarria, Vinchos	512 km	Terrestre	9.5	Asfaltada- afirmada asfaltada

FUENTE: elaboración propia.

##### **4.1.2.2. Descripción de Bocaminas**

La presente investigación está enfocada al estudio de las bocaminas VI-B-23 y VI-B-24 de la U.M. Vinchos con fines de cierre. Geológicamente, estas bocaminas se encuentran excavadas en rocas del paleozoico (filitas esquistosas con cuarcita) que pertenece al Grupo Ambo.

En la Figura N°20 como se muestra la ubicación de las bocaminas en el mapa geológico.



**Ilustración 22.** Ubicación de bocaminas VI-B-23 y VI-B-24 en el mapa geológico

#### 4.1.3. Secuencia Constructiva

##### 4.1.3.1. Topografía

El levantamiento topográfico de superficie se realizó por medio de fotogrametría aérea no tripulada (dron); previamente definido los puntos de control de georreferenciación. Paralelamente, para detalles de ingeniería se realizaron levantamiento con estación total, en las bocaminas de las galerías VI-B-23 y VI-B-24 (Ver la Figura N°21). La bocamina VI-B-24 no se logró realizar el levantamiento de la galería

debido a que se encuentra parcialmente tapada.



**Ilustración 23.** Bocamina VI-B-23 y VI-B-24

#### 4.1.3.2. Geología

##### ➤ Geología regional

Regionalmente la geomorfología se caracteriza por presentar zonas de altas cumbres, relieve cordillerano y la superficie de puna. Las altitudes varían desde 3,500 a 5,000 msnm. La morfología es resultado de los efectos de degradación causados por los agentes de meteorización en unidades litológicas y tectonismo.

En el distrito minero Vinchos, regionalmente afloran rocas del Paleozoico tales como: Grupo Excelsior, Grupo Ambo, Grupo Tarma-Copacabana, Grupo Mitu; rocas del Mesozoico conformado por el Grupo Pucara, Grupo Goyllarisquisga y los intrusivos dioríticos del Paleógeno del Cenozoico. El sistema de fallas principales tiene

orientación NO-SE tales como: Falla Pariajirca (principal), Falla Chchayoc y Falla Potrero.

La Formación geológica más relevante en el proyecto Vinchos es el Grupo Ambo, está constituida por la secuencia de cuarcitas, areniscas, esquistos y micaesquistos; seguido por Grupo Pucara constituido por secuencias de calizas gris claras blanquecinas, calizas margosas y calizas dolomíticas. Finalmente, el stock intrusivo de composición diorítico y andesita dacítica del Paleógeno.

#### **4.1.3.3. Geología Local**

##### **➤ Lito estratigrafía**

Las bocaminas VI-B-23 y VI-B-24 se encuentran en la microcuenca Chagchayoc, en el fondo del valle y la cabecera de la Quebrada Chagchayoc. Los afloramientos más relevantes en la zona de estudio son rocas metamórficas, sedimentarias e intrusivas en zonas adyacentes. La geomorfología de la zona de estudio es resultante de procesos de endógenos (tectonismo) y exógenos (erosión) que se aprecian morfologías de altiplanicies, colinas, laderas, quebradas y vertientes conexas.

Litológicamente, en la zona de estudio afloran las filitas esquistosas y cuarcitas que pertenecen al Grupo Ambo y las calizas del Grupo Pucará hacia el SE de las bocaminas. En el fondo de la quebrada se encuentran depósitos fluvioglaciares y coluviales en laderas.

**Grupo Ambo (Ci-a):** En el sector de las bocaminas VI-B-23 y VI-B-24 afloran las filitas esquistosas y cuarcitas; el color es gris verdoso y gris claro, la resistencia de la roca intacta es dura (R4) en su mayoría,

ligeramente meteorizado (W2) y moderadamente fracturado. El rumbo de la estratificación de las filitas esquistosas con cuarcitas varia de N50-70°E y el buzamiento hacia 26-46°SE.

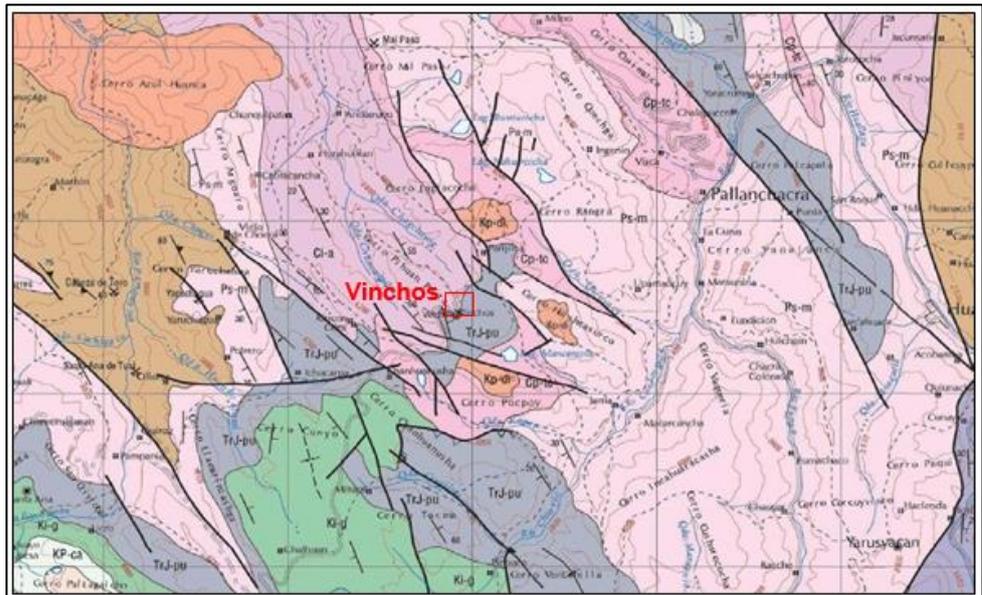
**Grupo Pucará (TrJ-pu):** En el sector SE de las bocaminas VI-B-23 y VI-B-24 se encuentran los afloramientos de caliza color gris clara a blanquecina, tiene vetillas de dolomita blanca y calcita. la resistencia de la roca intacta de caliza es dura (R4), ligeramente meteorizado (W2) y fracturamiento ligero. El rumbo de la estratificación de la caliza es N35-40°E y el buzamiento hacia 42°SE. El espesor de los estratos oscila entre 0.2m a 0.35 m.

**Depósitos cuaternario - fluvioglacial (Q-fg):** Se encuentran distribuidos en los laterales y el fondo de la quebrada Chagchayoc. Este depósito está constituido por fragmentos heterométricas y polimétrica. Los clastos son de roca filitas y esquistos son subredondeados; mientras los clastos de cuarcita y caliza subangulosos-tabulares; estos clastos embebidos en una arena limosa. El espesor del depósito es muy variable desde 0.5 a 3.5m y el color es típico de marrón oscuro a gris.

**Depósitos cuaternario - coluvial (Q-cv):** Estos depósitos son escasos en la zona de estudio, sólo se apreció en la margen derecha en forma de conos y están constituidos básicamente por bloques, clastos y guijarros angulosos con dimensiones de 0.15 a 0.45 m de diámetro. El espesor del depósito coluvial varia desde 0.50 a 1.50 como máximo.

**Depósitos antropogénicos – Desmorte de mina (DMT):** Este material se encuentra acumulado en bocaminas VI-B-23 y bocamina el Gordillo. El material de desmorte de mina está constituido por calizas con

deseminación de pirritas, intrusivos y filitas esquistosas. En la zona de estudio se observó dos botaderos de desmonte de mina y en la parte inferior están controladas con muro de gaviones para evitar los rodamientos de bloques de roca hacia la parte baja.

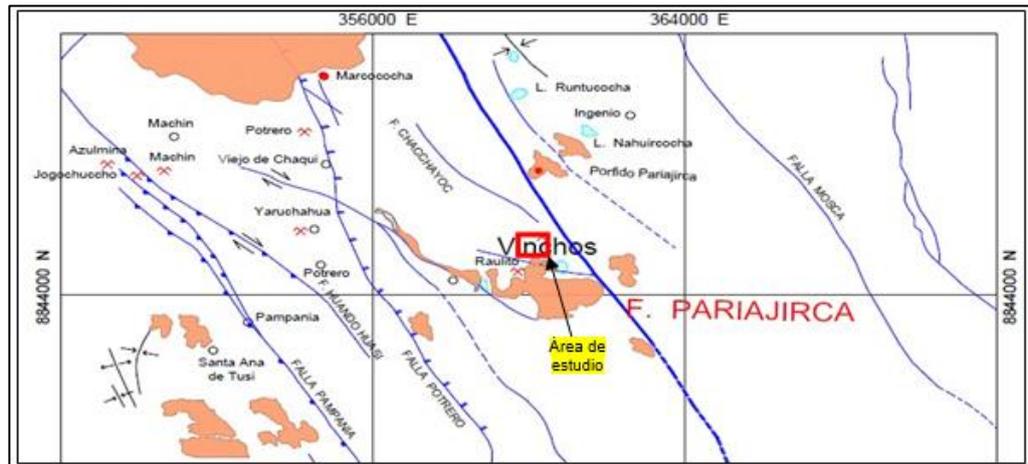


**Ilustración 24.** Geología regional

➤ **Geo- estructural**

El distrito minero Vinchos ha sido fuertemente afectado por la tectónica manifestando fallas y sobrescurrimientos en calizas del Grupo Pucara y en rocas paleozoicas. Durante la fase tectónica ocurrió la intrusión de rocas intrusivas el cual generó el metamorfismo en las calizas, formando depósitos minerales de tipo Skarn.

El sistema de fallas NO-SE, tienen alineamiento a la falla regional Pariajirca que tiene rumbo de N°20°-50°, esta falla se encuentra aproximadamente a 1 km hacia la zona Nor-Este. Las fallas más próximas en la zona de estudio es la Falla regional, Falla Chacchayoc y Raulito, como se muestra en la Figura 25.

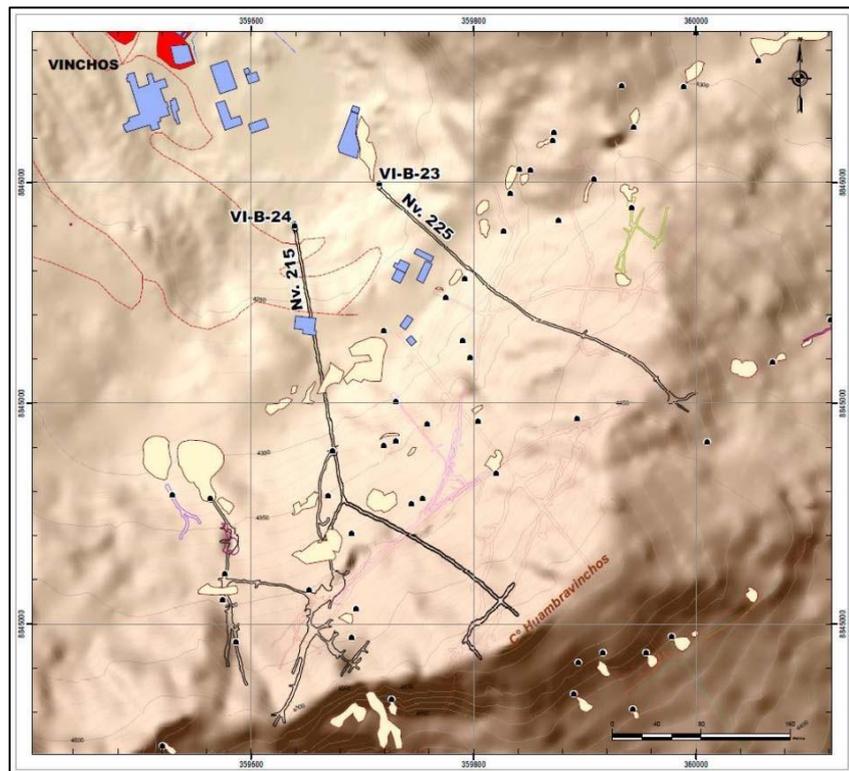


**Ilustración 25.** Sistema estructural en la zona de estudio

### ➤ Hidrología

La condición hidrogeológica de la zona de estudio juega un rol importante para los trabajos de cierre o manejo hidráulico. Durante la visita de campo se observó zonas de humedades, surgencia de agua en la bocamina VI-B-24 y goteos esporádicos en la galería VI-B-23 en los primeros 50 m desde el portal. El comportamiento hidrogeológico (nivel freático condición actual y proyectado con taponés) en ambas bocaminas ha sido evaluado por Hidroandes y se adjunta a este estudio en el Apéndice 3. Lo que a continuación se presenta es un resumen de los aspectos más importantes de esta especialidad.

La Figura N°26 muestra la ubicación de los componentes de cierre, en particular de las bocaminas VI-B-23 y VI-B-24 y la proyección de las labores mineras subterráneas en interior mina, mostrada en vista en planta y más adelante en vistas en perfil, las que permiten visualizar su interconexión hidráulica, se han interpretado la piezometría del área de mina, juntos a todas las labores subterráneas de la mina Vinchos, las que se encuentra en proceso de cierre.



**Ilustración 26.** Ubicación del área de estudio

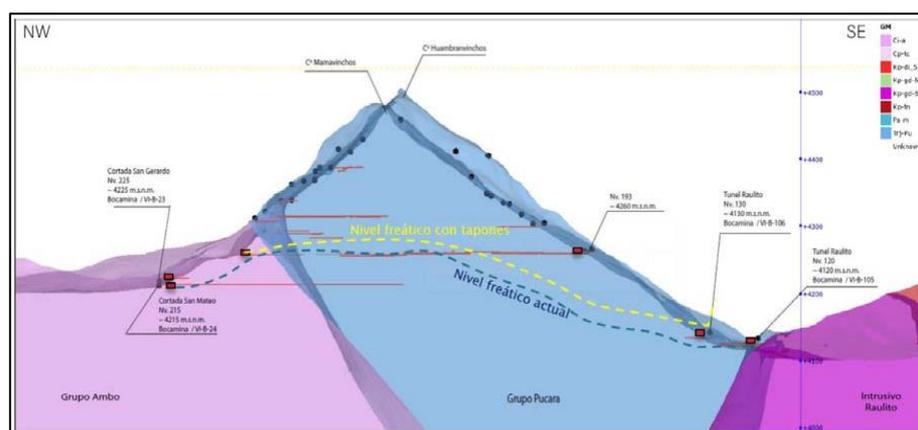
FUENTE: HIDROANDES (2022)

#### ➤ Nivel de Agua Subterránea en Situación actual

La Figura N°26: muestra una sección para el cierre de las bocaminas en el área de Gordillo; cierre de la bocamina San Jerónimo (VI-B-23) Cortada San Gerardo y Cortada Don Mateo (VI-B-24) ambos fueron construidos en las rocas metamórficas del Grupo Ambo; en rocas

metamórficas de filitas esquistosas y cuarcitas plegadas en forme de “fish”, en general son rocas de baja permeabilidad.

Estas dos bocaminas tienen labores independientes; la bocamina VI-B-23 tiene una rampa de interconexión con las labores de la bocamina Gordillo (comunicación verbal), de la que no se obtuvo acceso a los planos de mina. Sin embargo, la bocamina VI-B 24 al parecer no tendría conexión hidráulica con los niveles superiores, debido a la composición química de las aguas típica para acuíferos calcáreos y cuarcitas, con flujo permanente durante el año hasta 6.0 l/s, y los que se generan de forma natural durante las recargas anuales en la temporada húmeda.



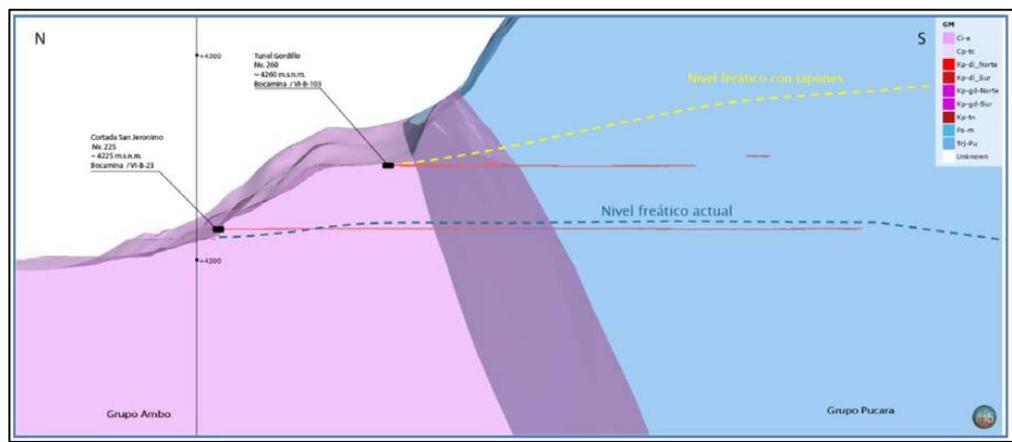
**Ilustración 27.** Sección hidrogeológica bocaminas sector Gordillo; VI-B-23, VI-B-24

FUENTE: HIDROANDES (2022)

### ➤ Bocamina VI-B-23

Se ubica a una cota de 4220 msnm, con coordenadas UTM 359,715 E y

8°845,599 N, en la zona de San Jerónimo, presenta flujo temporal de 3.98 l/s, y pH 6.2 para el (01/03/2019) y 0.56 l/s, y pH 6.54 para el (12/05/2022), la bocamina ha sido excavada en cuarcitas y filitas esquistosas pertenecientes al grupo Ambo, la bocamina tiene dirección SE y se encuentra cerrada con un portón metálico. En agosto de 2022, apenas se pudo verificar una filtración del orden de 0.1 l/s, lo cual indica que el sistema no tendría carga hidráulica.



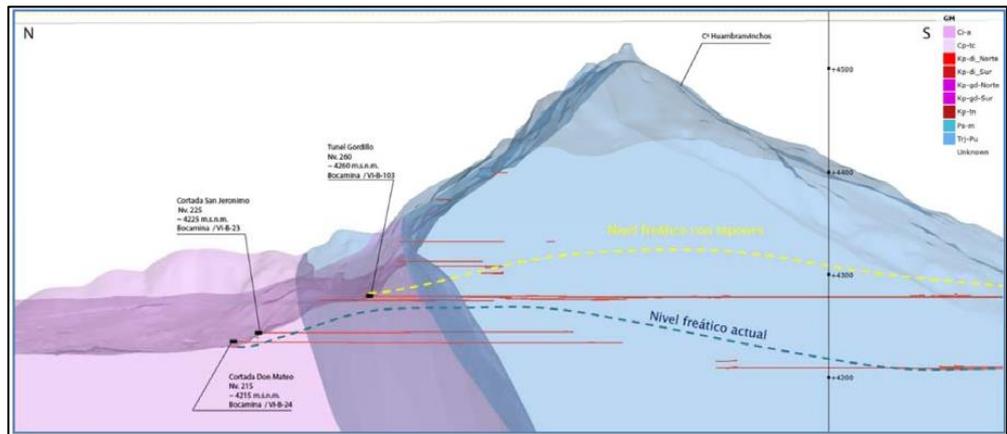
**Ilustración 28.** Sección hidrogeológica bocamina VI-B-23

FUENTE: HIDROANDES (2022)

➤ **Bocamina VI-B-24**

Se ubica a una cota de 4212 msnm, con coordenadas UTM 359,639 E y 8°845,561 N, en la zona de Don Mateo, presenta una escasa surgencia permanente de flujo de agua 10.42 l/s., con pH 6.5 (01/03/2019) y 3.0 l/s., con pH 7.6 (12/05/2022) las que son captadas por la población para el uso doméstico y el lavado de ropa, además de otros usos. La bocamina

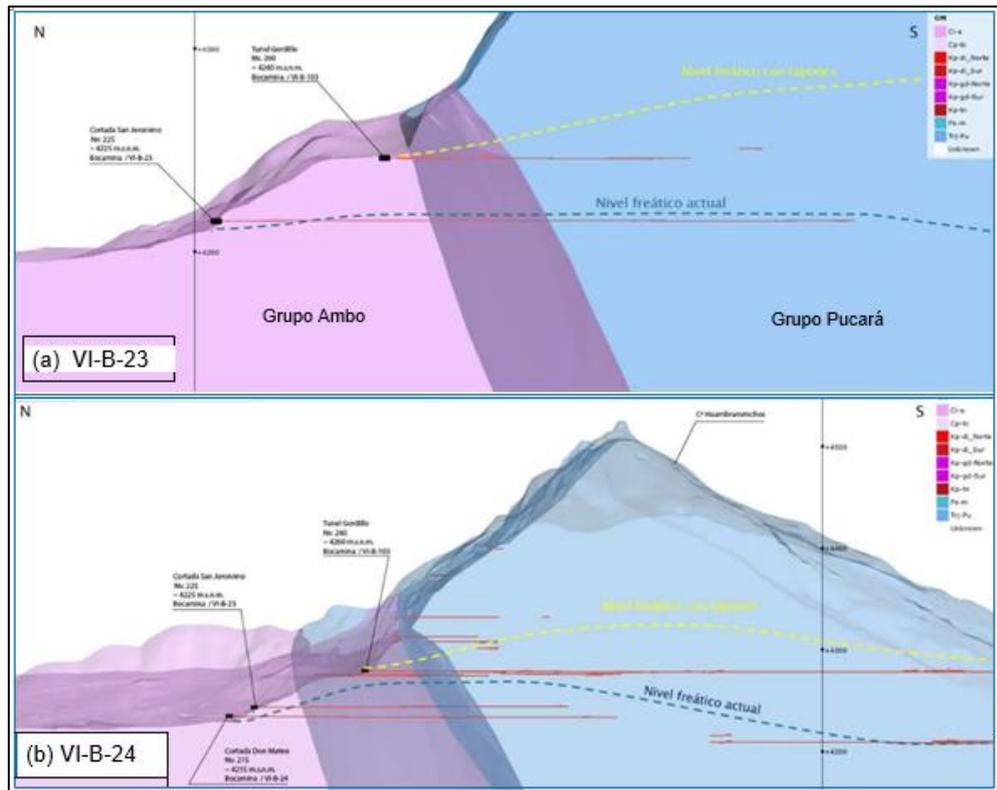
ha sido excavada en filitas esquistosas y cuarcitas, las que se encuentra inundadas a la fecha.



**Ilustración 29.** Sección hidrogeológica bocamina VI-B-24

FUENTE: HIDROANDES (2022)

La condición hidrogeológica de la zona de estudio juega un rol importante para los trabajos de cierre o manejo hidráulico. Durante la visita se ha observado zonas humedades, surgencia de agua en la bocamina VI-B-24 y goteos esporádicos en la galería VI-B-23 en los primeros 50 m desde el portal. El comportamiento hidrogeológico (nivel freático condición actual y proyectado con tapones) en ambas bocaminas ha sido evaluado por Hidroandes así como se muestra en la Figura 30.



**Ilustración 30.** Sección hidrogeológica de la bocamina VI-B-23 y (b) de la bocamina VI-B-24

➤ **Predicción de gradiente y carga hidráulica con escenarios de tapones**

Las cargas hidráulicas fueron calculadas en base a la geología del área, la piezometría interpretada, y la condición hidráulica del acuífero calcáreo próximo, según datos de monitoreo de las fuentes ejecutada por Hidroandes en mayo 2022, las cuales evidencian la concentración de los flujos y las características hidroquímicas de las surgencias de las bocaminas, la que se muestran resumidas en la Tabla N°7, a continuación:

**Tabla 9. Registro de estaciones geomecánicas en proyecto Vinchos - 2022**

Código	Labor	Cota	pH	CE (μS/cm)	TDS (ppm)	Eh (mV)	Q (l/s)	I (m/m)	Carga Hidráulica (m.c.a)
VI-B-23	Nv-225	4220	6.5	550	280	-2	0.56	0.1	60
VI-B-24	Nv-215	4212	7.6	520	260	-51	36.0	0.04	50

Nota: I= Gradiente hidráulico, m/m=sobre metro; m.c.a.=metros de columna de agua

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Se estima que para el cierre de la Bocamina VI-B-23, por su conexión hidráulica con las labores superiores de Gordillo, estas tendrán una mayor carga hidráulica, posible hasta 60 m.c.a., y para la bocamina VI-B-24 ésta parece ser independiente, sin embargo, esta ha penetrado mucho más en el acuífero calcáreo, por lo que drena un caudal más permanente durante todo el año, de la que se estima que su carga hidráulica máxima alcance 50 m.c.a. para efectos del diseño de su Tapón.

#### ➤ **Geología de yacimiento**

Vinchos es un yacimiento porfirítico con el reemplazamiento de varios pulsos intrusivos que cortan las calizas del Grupo Pucará, generando en ellas un reemplazamiento de tipo Skarn de contacto, en donde los fluidos calientes se emplazaron a manera de vetas.

Este yacimiento fue explotado continuamente desde la Época Colonial Española desde fines del siglo XIX extrayendo mineral de Ag en vetas. Posteriormente, en los años 1880 y 1890 la explotación fue llevada por los inmigrantes portugueses.

Rojas Fernandez (2015), suscribe que a partir de 1980 se inicia la explotación de la Veta Corte de León (Yanamina) desarrollándose

también la excavación subterránea (socavon) Oyama (Nivel 192) con resultados negativos, la explotación fue realizada por Don Juan Azalia.

En diciembre del 1909 Don Azalia arrienda la mina Señora del Milagro (Parte de Vinchos) a Tomas Chamorro quien se encarga de explotar y explorar la zona Mina Julio Cesar (Pariajirca) continuando en 1910 el socavón Oyama (Nv 1902) cortando la Veta Milagros (Cuerpo piritoso).

En el año 2003 Volcan Compañía Minera realiza la campaña de exploración avanzada en Vinchos, para conocer el marco geológico y estructural del yacimiento, y zonas de skarn con posibilidades de albergar mineralización económica de plata. En la exploración confirmaron la presencia de vetas y cuerpos masivos de mineral.

En la U.M. Vinchos la explotación de mina se llevó a cabo de acuerdo al tipo de yacimiento; así como en Vetas anchas que tienen mayores de 1.20 m de potencia se aplicó el método de Sub Level Stopping con Taladros largos (Tajeo por subniveles con taladros largos); mientras que en vetas angostas el método de Shrinkage Mecanizado, con ancho de minado de 0.90m.

En la actualidad en la U.M. Vinchos existe varias bocaminas, chimeneas que comunican a la superficie y otros. En el presente informe solo se enfoca en dos Bocaminas VI-B-23 y VI-B-24 para el cierre correspondiente de acuerdo con las medidas establecidas en su Modificación PCM 201.

#### ➤ **Investigaciones Geotécnicas**

Las investigaciones geológicas y geomecánicas in situ se realizaron del 18 al 20 de agosto del 2022, las dos actividades se realizaron en paralelo en las Bocaminas VI-B-23 y VI-B-24. También, se realizaron la caracterización en la galería VI-B-23 hasta 100m desde la bocamina.

#### **a. Mapeo Geológico**

La cartografía geológica consistió en reconocer e identificar los contactos litológicos, así como los afloramientos rocosos, depósitos cuaternarios y antrópicos. También, se identificaron las principales geo estructuras y peligros geológicos que pueden incidir en los diseños de los tapones.

#### **b. Mapeo Geomecánica**

El mapeo geomecánico se realizó en afloramientos rocosos en superficie, bocaminas y labor subterránea por la metodología de Estaciones Geomecánicas (Mapeo por Ventana). En total se efectuaron 8 estaciones geomecánicas (EG) para la caracterización de la calidad del macizo rocoso en las bocaminas; la ubicación de las EG se muestra en la Tabla 10.

El procedimiento de mapeo geomecánico se siguió los lineamientos generales de la clasificación geomecánica del macizo rocoso propuestos por el sistema RMR (Bienawski, 1989); considerando los parámetros tales como: resistencia y alteración de la roca intacta, orientación de las principales geo estructuras, condición de las discontinuidades (persistencia, espaciamiento, rugosidad, abertura, relleno y meteorización) y la condición de agua.

**Tabla 10. Registro de estaciones geomecánicas en proyecto Vinchos - 2022**

<b>Estación geomecánica</b>	<b>Unidad Geológica</b>	<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>	<b>Cota (msnm)</b>	<b>Bocamina/Ubicación</b>
EG-1	Grupo Ambo	359,636	8'845,559	4,218	Bocamina VI-B-24
EG-2	Grupo Ambo	359,623	8'845,543	4,225	Superficie VI-B-24
EG-3	Grupo Ambo	359,670	8'845,541	4,230	Superficie VI-B-24
EG-4	Grupo Ambo	359,623	8'845,514	4,237	Superficie VI-B-24
EG-5	Grupo Ambo	359,716	8'845,597	4,226	Bocamina VI-B-23
EG-6	Grupo Ambo	359,725	8'845,589	4,226	Galería VI-B-23
EG-7	Grupo Ambo	359,735	8'845,580	4,226	Galería VI-B-23
EG-8	Grupo Ambo	359,749	8'845,567	4,226	Galería VI-B-23

NOTA: Grupo Ambo está conformada por filitas esquistosas y cuarcitas.

### **c. Muestreo y ensayo de laboratorio en mecánica de rocas**

Durante el mapeo geomecánica se tomaron muestras de fragmentos de roca intacta para ensayos de laboratorio. Para ensayos de compresión simple se tomaron 2 muestras de bloque con dimensiones 25x30x35 cm; mientras para ensayos de carga puntual se tomaron 4 muestras de las estaciones geomecánicas.

En total se recolectaron 6 muestras para ensayos de laboratorio (resistencia a compresión simple, propiedades elásticas, propiedades físicas y carga puntual). Los ensayos se realizaron en laboratorio de INGEOTEST. En la Tabla 11 se muestra el detalle de la cantidad y el tipo de ensayo.

se describen los ensayos ejecutados y los resultados obtenidos en el ítem 4.2.1

**Tabla 11. Tipo y cantidad de ensayos de mecánica de rocas ejecutados**

Código	Unidad Geológica	Bocamina	PF	UCS	PE	PLT
EG-1	Grupo Ambo	VI-B-24	X	X	-	X
EG-2	Grupo Ambo	VI-B-24	-	-	-	X
EG-5	Grupo Ambo	VI-B-23	X	X	X	X
EG-6	Grupo Ambo	VI-B-23	-	-	-	X
Donde: PF Propiedades Físicas, UCS Compresión Simple, TX Ensayo Triaxial, PE Propiedades Elásticas, PLT Ensayo de Carga Puntual <ul style="list-style-type: none"> <li>• El ensayo de corte directo tiene 4 roturas.</li> <li>• Cada ensayo de carga puntual tiene 5 roturas cada uno.</li> </ul>						

NOTA: Grupo Ambo está conformada por filitas esquistosas y cuarcitas.

### ➤ **Caracterización Geomecánica del macizo Rocoso**

#### **a. Roca Intacta**

La resistencia de la roca intacta (filitas esquistosas y cuarcitas) fue obtenida a partir del ensayo de compresión simple resultando de 61 a 78 MPa (dura), mientras el índice de carga puntual  $I_s(50)$  resulta de 3.4 a 5.2 MPa (dura a muy dura); y el peso específico en promedio es de 26.46 kN/m<sup>3</sup>.

El parámetro “mi” es un constante del material de la roca intacta que se obtiene a partir de ensayo triaxial y compresión simple. Sin embargo, para el presente proyecto el parámetro “mi” se ha estimado de manera conservadora y aproximada de 14 a partir de la base bibliográfica de Hoek (1998), y compatibilizada con las observaciones de campo.

#### **b. Discontinuidades**

Las discontinuidades se le denomina a las geo-estructuras, así como planos fallas, planos de estratificación y diaclasas. Esta información fue obtenida a partir de 8 estaciones geomecánicas efectuadas en las bocaminas y galería.

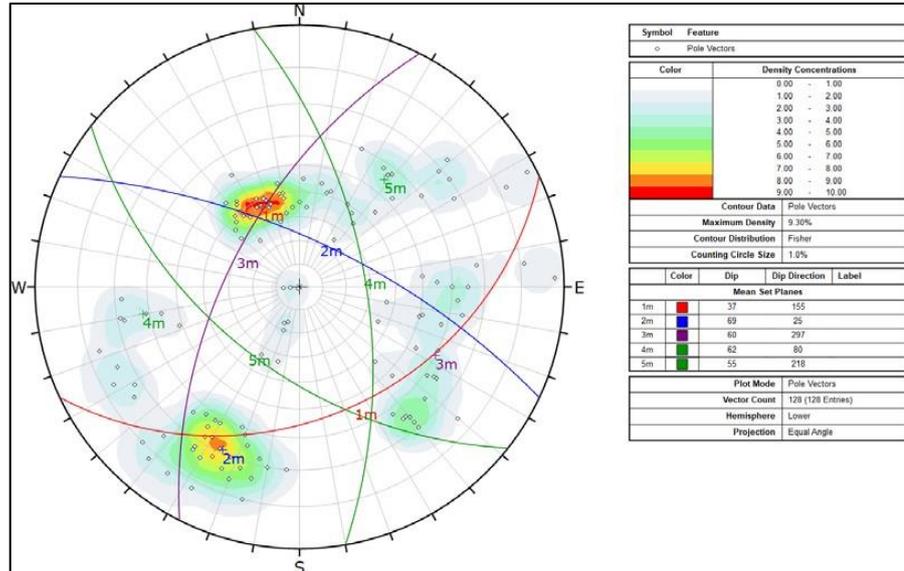
En las estaciones geomecánicas se registraron las principales características de las discontinuidades, tales como: la orientación, espaciamiento, tamaño de los bloques, RQD, rugosidad de las paredes de las discontinuidades, abertura, relleno, persistencia y continuidad. Estas características fueron utilizadas en la clasificación del macizo rocoso y estimación de la resistencia al esfuerzo cortante de las discontinuidades.

El modelo geológico del proyecto Vinchos está conformado por dos unidades litológicas: Filitas esquistosas y cuarcitas (Grupo Ambo) y caliza (Grupo Pucará). Las bocaminas VI-B-23 y VI-B-24 se encuentran en Grupo Ambo mientras hacía SE aproximadamente a 100m hace contacto con las calizas del Grupo Pucará.

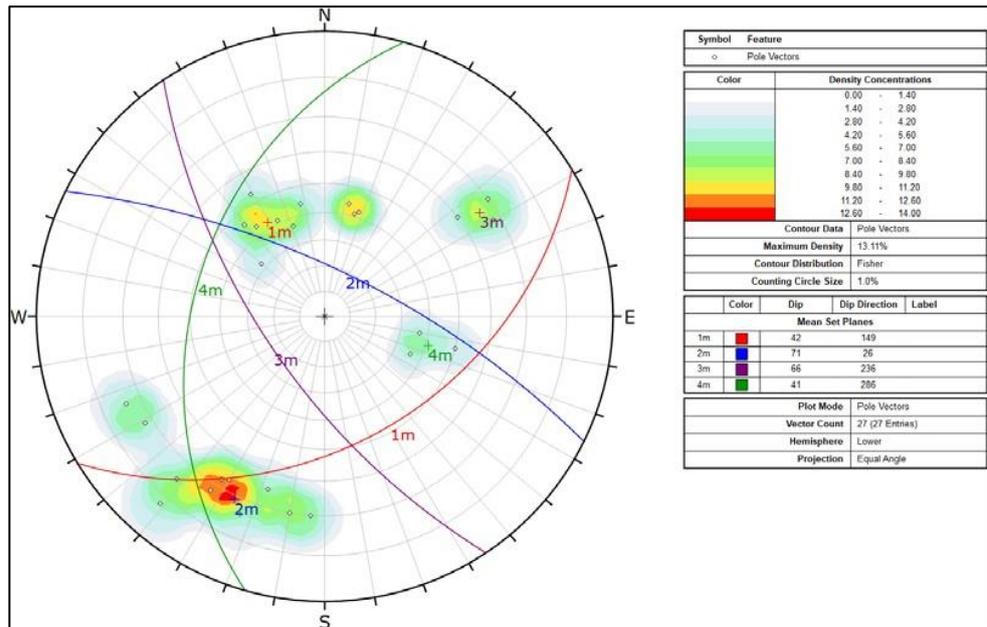
Las rocas del Grupo Ambo están conformadas por filitas esquistosas con cuarcitas y se encuentran estratificadas con rumbo promedio N50-70°E y buzamiento hacia 26-46°SE. El macizo rocoso se encuentra moderadamente fracturado, con tres familias predominantes F1: 36°/157°, F2: 69°/025°, F3: 60°/297° y dos Sets aleatorias S1: 62°/080°y S2: 55°/218° respectivamente expresado en Dip/DipDirection como se muestra en la Figura 7. La superficie de las juntas en su mayoría presenta ligeramente rugosas a rugosa.

Las rocas del Grupo Pucara conformada por caliza se encuentran en estratos con rumbo promedio N55-65°E y el buzamiento hacia 37-46°SE. El macizo rocoso se encuentra moderadamente fracturado, con tres familias predominantes en promedio F1: 42°/149°, F2:

71°/026°, F3: 66°/236° y una familia aleatoria F4: 41°/286°  
 respectivamente expresado en Dip/DipDirection como se muestra en  
 la Figura N°29. La superficie de las juntas en su mayoría presenta  
 ligeramente rugosas a rugosa.



**Ilustración 31.** Sistema de discontinuidades predominantes del Grupo  
 Ambo



**Ilustración 32.** Sistema de discontinuidades predominantes del Grupo Pucará

### c. Clasificación Geomecánica

Durante la campaña de campo se realizó la caracterización del macizo rocoso en la bocamina VI-B- 23 y en la galería hasta la progresiva 0+040m. Mientras, en la bocamina VI-B-24 solamente se realizó la caracterización en la bocamina debido a que se encuentra parcialmente tapada e inaccesible, y complementariamente se realizó la caracterización del macizo en superficie donde ese proyecta la dirección de la galería.

A partir de los datos de campo (Estaciones Geomecánicas) se realizó la clasificación del macizo rocoso a través de RMR Bieniawski (1989), Q de Barton (1974) e índice de resistencia geológica GSI de Hoek & Marinos (2000). Las planillas de caracterización y

clasificación geomecánica de cada estación o celda se encuentra en el Anexo A1 y el resumen en la Tabla 12.

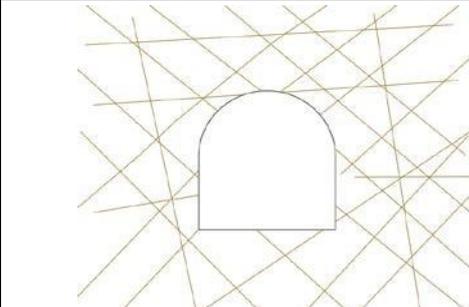
**Tabla 12. Resumen de la clasificación del macizo rocoso**

Estación Geom.	Zona / Ubicación	Unidad Geológica	RQD (%)	RMR89	GSI	Q
EG-1	Bocamina / VI-B-24	Grupo Ambo	74	52	45	2.04
EG-2	Superficie / VI-B-24	Grupo Ambo	50	50	45	5.59
EG-3	Superficie / VI-B-24	Grupo Ambo	54	51	50	6.72
EG-4	Superficie / VI-B-24	Grupo Ambo	67	53	55	11.15
EG-5	Bocamina / VI-B-23	Grupo Ambo	82	56	50	2.57
EG-6	Galería 0+012 / VI-B-23	Grupo Ambo	77	55	50	4.79
EG-7	Galería 0+025 / VI-B-23	Grupo Ambo	70	51	50	5.81
EG-8	Galería 0+040 / VI-B-23	Grupo Ambo	68	52	50	3.73

NOTA: El Grupo Ambo está conformado por las filitas esquistosas con cuarcitas.

Con la finalidad de tener zonas geotécnicas con características o propiedades homogéneas, el macizo rocoso ha sido caracterizado y clasificado teniendo en cuenta la estructura, geología, resistencia de la roca intacta, grado de fracturamiento en términos de RQD y la calidad de la roca RMR; en función a los parámetros indicados en ambas bocaminas se ha determinado un dominio geotécnico.

**Tabla 13. Dominio geomecánico (DG-1)**

Sección de galería VI-B-23 y VI-B-24	características geomecánicas
	<p>En ambas bocaminas el macizo rocoso es continuo con calidad regular según RMR entre 50 a 60. En índice Q variable desde 2.04 (con ajuste por ser portal Jnx2) a 11.15. El grado de fracturamiento es ligero con RQD promedio de 68-70%. Las superficies de las discontinuidades planar rugosa a ondulada rugosas, el estrato con relleno blanco y las diaclasas con relleno de calcita y óxidos o manchas solamente.</p>

#### d. Análisis Estructural

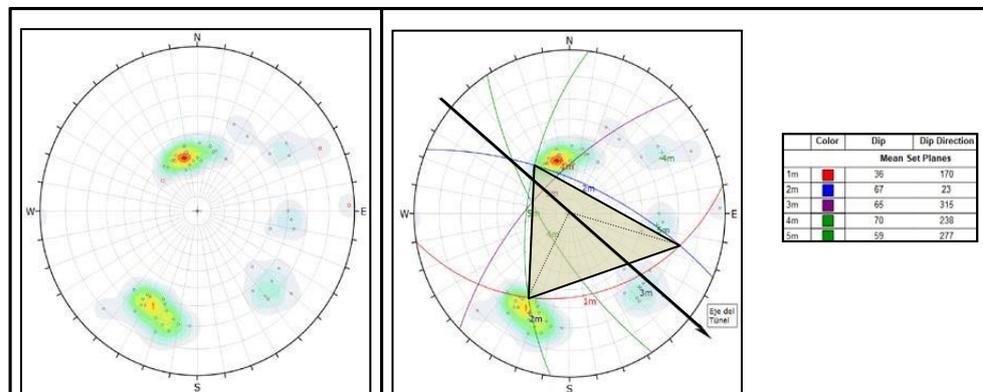
Durante la caracterización del macizo rocoso se registró las características de las discontinuidades, tales como: las familias de las

juntas con su orientación y espaciamiento, tamaño de bloques, RQD, ondulamiento, rugosidad de las paredes, separación o abertura, relleno, continuidad y meteorización. Estas características fueron utilizadas en la clasificación geomecánica.

Para agrupar las discontinuidades en Sets o familias predominantes se utilizó el programa Dips de Rocsciense. El análisis fue realizado para cada bocamina y ambos pertenecen al mismo DG-1.

**e. Análisis Estructural de la bocamina VI-B-23**

El arreglo estructural de las principales discontinuidades en la bocamina VI-B-23 hace que se formen cuñas potencialmente inestables en el techo de la galería, a esto se le suma el sistema Familia 1 y Familia 4 de discontinuidad paralela a la galería (factor influyente

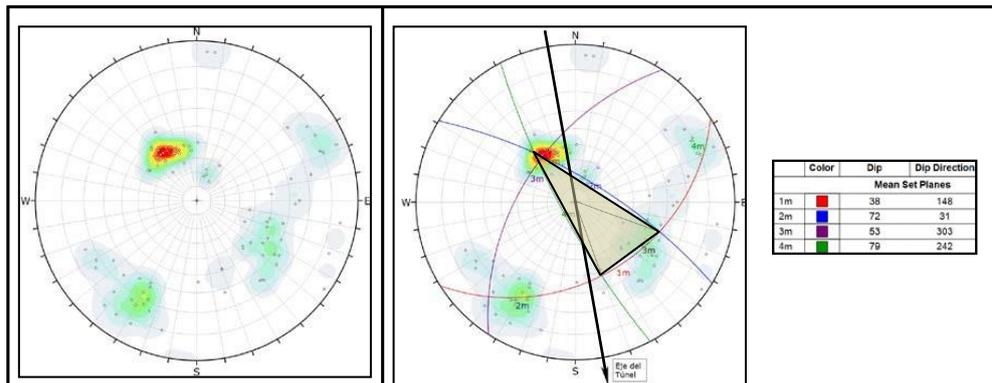


por orientación) que hace que la calidad de la roca disminuya. Mientras, la estratificación es perpendicular a favor respecto a la orientación de la galería, lo cual resulta favorable como se muestra en la Figura 33.

**Ilustración 33.** Concentración de polos y planos de las discontinuidades,  
bocamina VI-B-23

**f. Análisis Estructural de la bocamina VI-B-24**

El análisis estructural de las principales discontinuidades en la bocamina VI-B-24, muy similar a la bocamina VI-B-23; donde se



**Ilustración 34.** Concentración de polos y planos de las discontinuidades,  
bocamina VI-B-24

forman cuñas potencialmente inestables en el techo de la galería, a esto se le suma un sistema aleatorio de discontinuidades paralelas al avance de la labor (factor influyente por orientación – muy desfavorable).

**g. Calidad de macizo rocoso en las bocaminas de cierre**

La calidad del macizo rocoso estimado para cada bocamina se muestra en la Tabla 12 en término de clasificación RMR, Q y GSI. Estos valores corresponden de la bocamina y parte de la galería en ambas bocaminas de cierre.

**Tabla 14. Bocaminas de Vinchos**

Nivel	Código Componente	Unidad Geológica	RQD (%)	RMR	Q	GSI	Descripción
1	VI-B-23	Grupo Ambo	70 – 82	51 - 56	2.57 – 5.81	50 - 55	Prog. 0+000 a 0+040
2	VI-B-24	Grupo Ambo	50 – 74	50 - 52	2.04 – 6.72	45 - 50	Prog. 0+000 a 0+015

Nota (1): RQD Índice de calidad de la roca (Deere, 1964); RMR Sistema Rock Mass Rating (Bieniawski, 1989); Q Sistema de Barton (1974); GSI Índice de resistencia geológica (Hoek & Marinos 2000).

Nota (2): Grupo Ambo está constituida por rocas filitas esquistosas con cuarcita.

Nota (3): En la bocamina VI-B-24 sólo se caracterizó en el portal no se logró ingresar, complementariamente se realizó en superficie.

#### **h. Estimación de parámetros resistentes del macizo rocoso**

La resistencia del macizo rocoso difiere de la roca intacta; debido a que el macizo presenta discontinuidades como diaclasas, fisuras, fallas, etc., siendo prácticamente imposible ejecutar ensayos de resistencia a una escala apropiada. Razón por la cual requiere el escalamiento de valores obtenidos en laboratorio con las observaciones de campo (GSI).

Para la estimación de parámetros geomecánicos se realiza bajo el criterio de falla para el macizo rocoso planteado por Hoek-Brown. El criterio Hoek-Brown incorpora los resultados de laboratorio de la roca intacta y observaciones de campo a partir de índice de resistencia geológica GSI.

El criterio fue propuesto por Hoek & Brown (1988), luego fue denominado criterio Hoek-Brown generalizado realizado por Hoek, Carranza-Torres y Corkum (2002), y recientemente actualizado por Hoek & Brown (2018).

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left( m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^\alpha$$

$$m_b = m_i \exp \left( \frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right)$$

$$s = \exp \left( \frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right)$$

$$\alpha = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left( e^{-\left(\frac{GSI}{15}\right)} - e^{-\left(\frac{20}{3}\right)} \right)$$

Donde:

$m_b$ ,  $s$  y  $\alpha$  Son parámetros que dependen de las características del macizo rocoso.

$m_i$ , es una constante de la roca intacta, el cual se obtiene a partir de ensayo triaxial.

$\sigma_{ci}$  Es la resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta, y

$\sigma_1$ ,  $\sigma_{ci}$  Son los esfuerzos principales.

Para la estimación de las propiedades elásticas del macizo rocoso se utilizó la formulación de Hoek & Diederichs (2006) y esta expresada por la siguiente formulación matemática:

$$E_{rm}(MPa) = E_i \left[ 0.02 + \frac{1 - D/2}{1 + e^{\frac{60 - 15D - GSI}{11}}} \right]$$

Esta fórmula permite estimar el módulo de elasticidad del macizo rocoso en base a los resultados de laboratorio ( $E_{EEE}$  = módulo de elasticidad de la roca intacta).

El valor  $D$  es un factor de daño que depende del grado de alteración al cual el macizo rocoso está sujeto por efecto de la voladura o relajación de presiones; para este proyecto se ha considerado el valor 1 de manera muy conservadora. Y el parámetro  $GSI$  que fue obtenida durante la caracterización del macizo en bocaminas y galería.

Los parámetros de resistencia de roca intacta y el macizo rocoso se resumen en la Tabla 13 para las Bocaminas VI-B-23 y VI-B-24, donde se proyecta la construcción de tapones con drenaje.

**Tabla 15. Parámetros de la roca intacta y macizo rocoso de las bocaminas**

Bocamina	Progresiva Ubicación del Tapón	Unidad geológica	Parámetros de la roca intacta			GSI	Emr (MPa)	Parámetros de la resistencia del macizo rocoso					Resist. Tracción (kPa)	Tensión de Corte del macizo rocoso (KPa)
			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	UCS (MPa)	Mi			Hoek Brown			Mohr Coulomb			
								mb	s	a	C (MPa)	$\phi$ (°)		
VI-B-23	0+000 – 0+018	Grupo Ambo	26.46	78	14	50	6.39	0.7138	5.13E-04	0.5057	0.23	56.2	50.28	938
						55	7.59	0.9613	1.09E-03	0.5040	0.33	58.3	88.75	1103
VI-B-24	0+000 – 0+0018	Grupo Ambo	26.46	78	14	45	5.14	0.5301	2.40E-04	0.5081	0.14	57.7	31.74	561
						50	6.39	0.7138	5.13E-04	0.5057	0.21	59.7	56.03	666

$\gamma$ : Peso específico de la roca intacta.

UCS: Resistencia a la compresión simple Emr: Módulo elástico del macizo rocoso.

mb, s y a: Son parámetros que dependen de las características del macizo rocoso mi:

constante de la roca intacta.

C y  $\phi$ : Es la cohesión y ángulo de fricción del macizo rocoso.

GSI: Índice de resistencia geológica, obtenida en la caracterización del macizo en labores subterráneas y en superficie

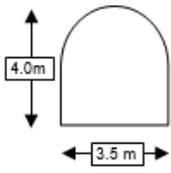
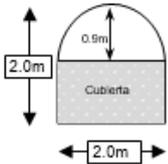
D: Factor de daño que depende del grado de alteración al cual el macizo rocoso; para este proyecto se ha considerado el valor 1 de manera muy conservadora.

## ➤ Evaluación y diseño de sostenimiento

### a. Sostenimiento existente

Durante la inspección de las labores subterráneas se efectuó sobre los primeros 130 m en la galería VI-B-23; no pudiéndose ingresar por medidas de seguridad a mayor profundidad. De manera general el sostenimiento en algunos tramos lleva malla y pernos sistemáticos, en la Tabla 12 se muestra los detalles. Mientras en la bocamina VI-B-24 no se logró ingresar debido a que se encuentra parcialmente tapada y empozamiento de agua.

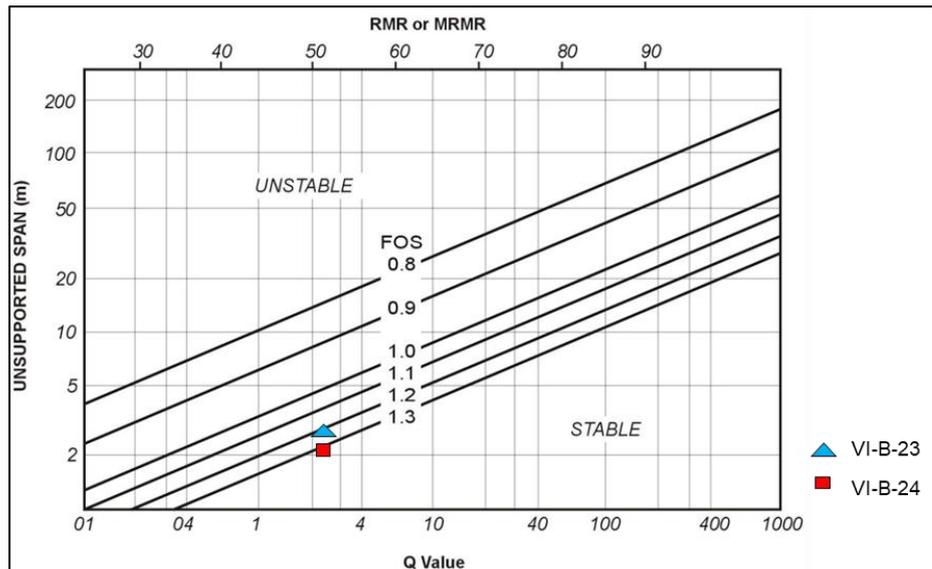
**Tabla 16. Bocaminas de cierre – Vinchos**

Nv. -1		0+000 – 0+002	Pernos helicoidales sistemático espaciado cada 1.20 m en techo y hastial.
		0+002 – 0+005	Pernos Split Set puntual.
		0+005 – 0.024	Sin sostenimiento.
		0+024 – 0+026	Sostenimiento de Malla electrosoldada y pernos de Split set espaciada cada 1.20 m.
		0+026 – 0+038	Sin sostenimiento e indicios de goteo de agua.
		0+038 – 0+040	Sostenimiento de Malla electrosoldada y pernos de Split set espaciada cada 1.20 m.
		0+040 – 0+083	Sin sostenimiento e indicios de goteo de agua.
		0+083 – 0+130	Sostenimiento de Malla electrosoldada y pernos de Split set espaciada cada 1.20 m. A partir de la progresiva 0+100 goteo continuo en la galería.
Nv. 0		0+000 – 0+005	No tiene sostenimiento. La bocamina se encuentra parcialmente tapada y lleno de agua, y es captada por una tubería de 4" hacia el reservorio y parte del agua también utilizada para lavandería por la comunidad.

**b. Evaluación de la estabilidad de las bocaminas**

En proyecto Vinchos el macizo rocoso es de calidad regular con RMR de 50 – 55 e índices de Q que varía de 2.04 a 5.84 (mala a regular). En galería VI-B-23 los primeros metros tiene sostenimiento en algunos tramos y en la mayor parte no lleva sostenimiento; mientras en la bocamina VI-B-24 no tiene sostenimiento los primeros 5m de galería y más profundidad no se realizó la inspección ni ingreso.

Para corroborar la estabilidad en términos de factor de seguridad (FoS) usando los datos de la clasificación RMR e índice de Q respecto al diámetro de las galerías, se observa en la Figura 35 que los factores de seguridad son estables según el ábaco de Houghton y Stacey (1980). Además, estos FoS no incluyen los sostenimientos existentes



**Ilustración 35.** Factor de seguridad en función de índices de clasificación vs abertura del túnel

en tramos mencionados.

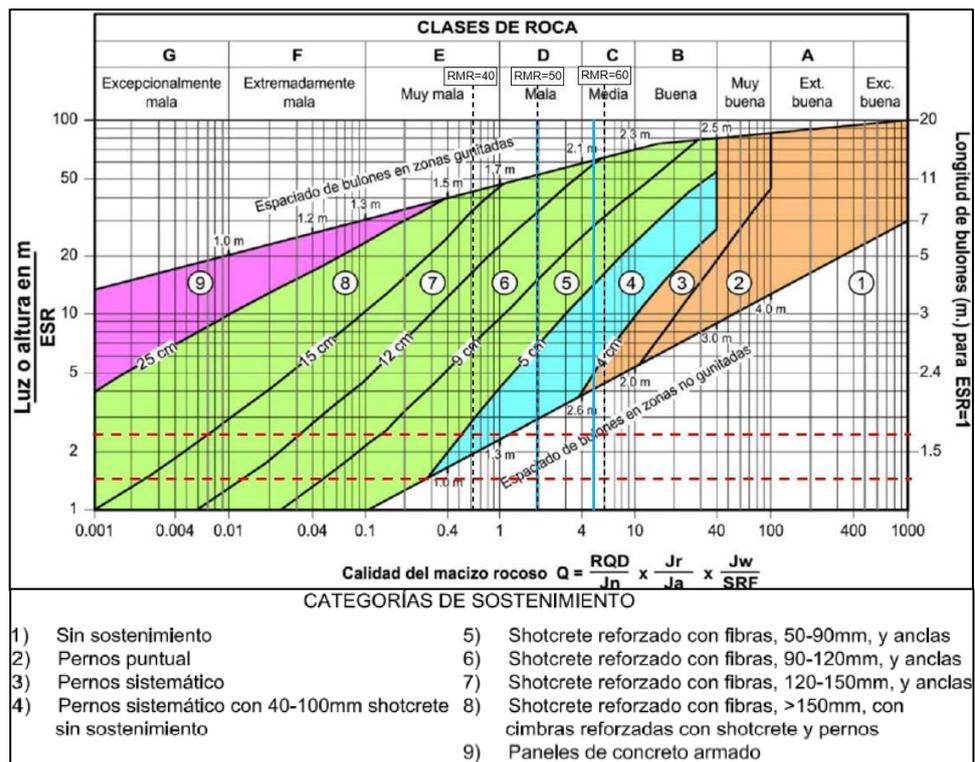
### c. Diseño de sostenimiento

- **Metodología empírica**

Para la determinación del sostenimiento desde el portal de la excavación hasta la progresiva 0+010m en las bocaminas VI-B-23 y VI-B-24; se utilizó el método empírico basado en la tabla de Barton (2000). Esta técnica relaciona las dimensiones de la excavación, la calidad del macizo rocoso en función a los índices de la clasificación geomecánica Q y RMR y los elementos de sostenimiento requerido.

La dimensión equivalente es el resultado de dividir el ancho de la excavación (galería) entre una constante denominada “ESR” cuyo valor depende del uso de la galería (permanente o temporal). Para el presente estudio de cierre de las bocaminas, se considera permanente el valor de ESR es de 1.6.

La dimensión equivalente para la bocamina VI-B-23 resulta de 2.81 ( $De = \text{Span} / \text{ESR} = 4.0 / 1.6 = 2.5$ ); mientras para la bocamina VI-B-24 resulta de 1.31 ( $De = \text{Span} / \text{ESR} = 2.0 / 1.6 = 1.25$ ).



**Ilustración 36.** Gráfico de sostenimiento del sistema Q

FUENTE: BARTON, 2000

De acuerdo al gráfico de Barton y la calidad del macizo rocoso, se puede deducir que para la bocamina VI-B-23 y VI-B-24 requiere sostenimiento con pernos puntuales.

Galería	Progresiva	Q (valor mínimo)	Sostenimiento recomendado
VI-B-23	0+000 – 0+018	2.04	Pernos puntuales espaciado máximo de 1.5m.
VI-B-24	0+000 – 0+018	2.57	Sin soporte sólo pernos puntuales

**Tabla 17. Sostenimiento según índice Q de Barton**

Para dimensionar la longitud de los pernos de anclaje se determinó haciendo uso de las recomendaciones empíricas sugeridas por Barton y Stillborg.

Barton sugiere que la longitud de los pernos de anclaje se puede estimar mediante la siguiente expresión:

$$L = 2 + \frac{0.15xB}{ESR}$$

Donde: L es la longitud mínima del perno (m); B es el ancho de la excavación (m) y ESR es factor de sostenimiento (1.6 considerado para el presente proyecto).

También, Stillborg (1986) propone la siguiente ecuación para estimar la longitud de pernos de anclaje:

$$LL = 1.4 + 0.184 * B$$

Ambas formulaciones están en función del diámetro del túnel; por tanto, las longitudes para cada bocamina VI-B-23 y VI-B-24 serán diferentes. El cálculo de la longitud de pernos de anclaje se resume en la siguiente tabla.

**Tabla 18. Longitud de pernos de anclaje**

Galería	Progresiva	Diámetro del túnel	Barton (m)	Stillborg (m)	Dimensión recomendada (m)
VI-B-23	0+000 – 0+018	3.5 m	2.3	2.0	2.1
VI-B-24	0+000 – 0+018	2.0 m	2.1	1.7	1.2

Nota: Para la bocamina VI-B-24, la longitud de perno se recomienda 1.2 considerando la parte operativa para una sección de 2.0m de túnel.

- **Dimensionamiento de longitud de pernos, espaciamiento y factor de seguridad**

Para el cálculo de la capacidad del perno helicoidal depende de la calidad del acero empleado y de su diámetro. Por razones técnicas el acero utilizado debe estar de acuerdo a las especificaciones de propiedades mecánicas de la norma ASTM A615, grado mínimo de 60, con resistencia a la tracción mínima de 6330 kg/cm<sup>2</sup>.

En tal efecto se realizaron los cálculos de los pernos 1.2 m y 2.1 m de longitud, con diámetro de 19 mm. La capacidad de soporte de las barras helicoidales sea con cemento o resina, se determina con las siguientes formulas:

$$P = R_c * S = \tau * U * L$$

$$\tau = 0.25 * R_c * \frac{d}{L}$$

Donde: P es la capacidad del perno (kg);  $\tau$  la adherencia entre el perno y el cemento (kg/cm<sup>2</sup>);  $R_c$  resistencia a la tracción mínima del perno (6330 kg/cm<sup>2</sup>); d es diámetro del perno (cm); S área del perno (cm<sup>2</sup>); U es la circunferencia del perno (cm) y L es la longitud del perno (cm).

**Tabla 19. Capacidad de adherencia y capacidad de resistencia**

Bocamina	Longitud de perno (m)	Diámetro del perno (mm)	Capacidad de adherencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Capacidad de resistencia (Ton)
VI-B-23	2.1	19	14.32	17.95
VI-B-24	1.2	19	25.06	17.95

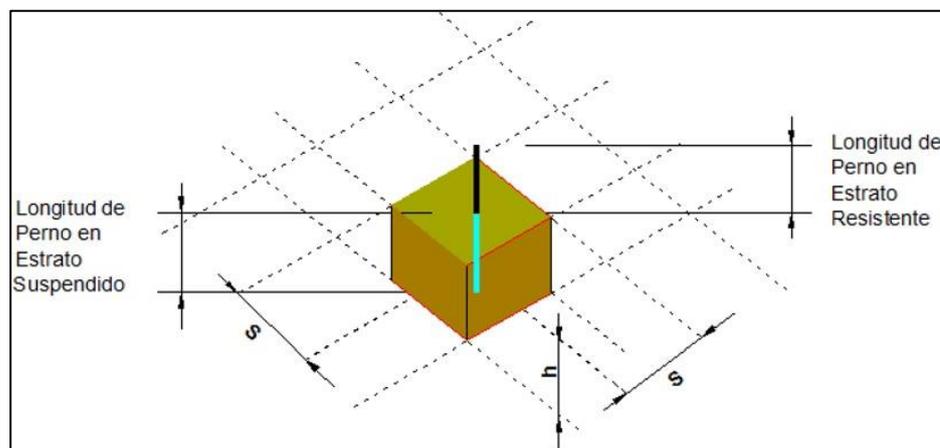
Por otro lado, considerando el aspecto estructural de la roca en las bocaminas; la formación de cuñas por intersección de los planos estructurales ya sea por estratificación o sistemas de discontinuidades, las cuales separan a la masa rocosa en piezas o bloques. Para calcular los parámetros geométricos de un bloque suspendido existe un método simplificado, que utiliza el método de Suspensión de estratos.

Para el soporte de una zona potencialmente inestables en terreno estratificado laminar, el anclaje deberá colocarse por encima del bloque inestable. Si se asume que el peso de la roca de la zona inestable (estrato inestable) es soportada completamente por la fuerza desarrollada por los pernos.

$$T = \rho * h * S^2$$

Donde: T es el peso del bloque muerto (Ton);  $\rho$  densidad de la roca; h potencia de la inestable considerado el 50% del diámetro del túnel y S es el espaciamiento máximo entre pernos.

Nota: Estrato suspendido de altura “h” siendo sostenido por un perno espaciado a una malla “SxS”.



**Ilustración 37.** Representación de estrato de roca suspendido por un perno

A partir de la ecuación se determina un aproximado del peso de bloque muerto y respecto a la capacidad del perno se calcula el factor de seguridad. En ambas bocaminas se busca factor de seguridad por encima de 2.0 para una labor permanente.

**Tabla 20. Dimensionamiento de espaciamiento de pernos y Factor de seguridad**

Bocamina	Diámetro del túnel	Potencia zona inestable (m)	Espaciamiento o máximo de pernos (m)	Peso de Block Muerto (Ton)	Factor de Seguridad
VI-B-23	3.5	1.8	1.3	7.99	2.25
VI-B-24	2.0	1.0	1.0	3.89	4.62

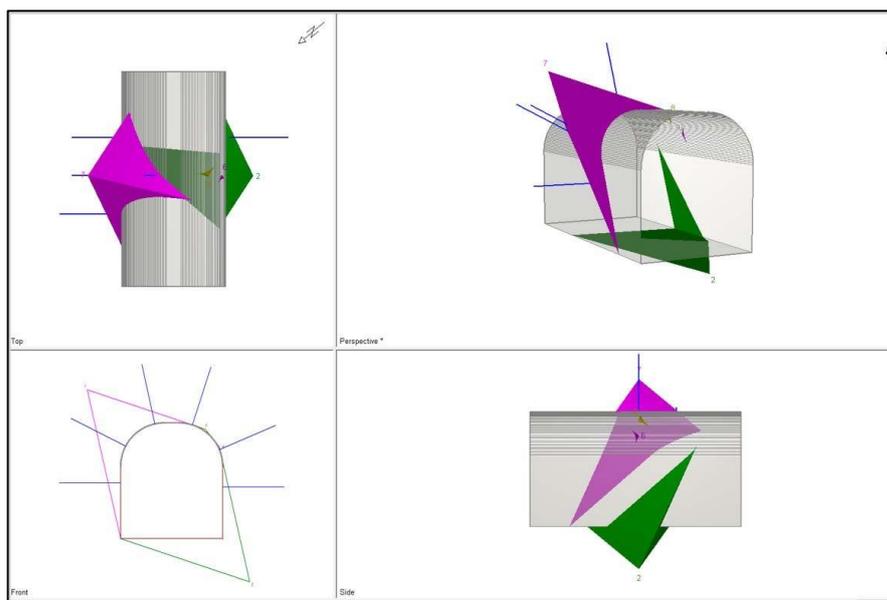
Nota: El cálculo de peso muerto del bloque es la más crítica que se puede darse en cada bocamina (valor conservador).

- **Análisis de cuñas y bloques con sostenimiento**

El resultado del análisis incluye el volumen y peso de las cuñas que forman en la excavación, asimismo se reporta el factor de seguridad. Cabe resaltar, durante el análisis de cuñas simuladas se consideró las máximas posibles a formarse, lo que implica que en algunos casos los volúmenes sean muy grandes. En realidad, es imposible que se formen cuñas prismáticas muy

grandes que puede deslizarse. Este tipo de cuñas se encontraron en el análisis y sus factores de seguridad dieron muy ajustado o cercanos a 1.0; además, estos bloques prismáticos se mantienen estables debido a los esfuerzos y cohesión friccional entre las caras de las juntas.

En el análisis se incluyeron los pernos helicoidales cementados para cada bocamina; asimismo los variables simuladas en el análisis de estabilidad fueron: espaciamiento de pernos y longitud de pernos. Los resultados del análisis de estabilidad para cada bocamina se muestran en Tabla 18 y Tabla 19.



**Ilustración 38.** Resultados del análisis cinemático de cuñas con sostenimiento de pernos helicoidales para la bocamina VI-B-23

**Tabla 21. Resumen de estabilidad de cuñas y FoS con sostenimiento VI-B-23**

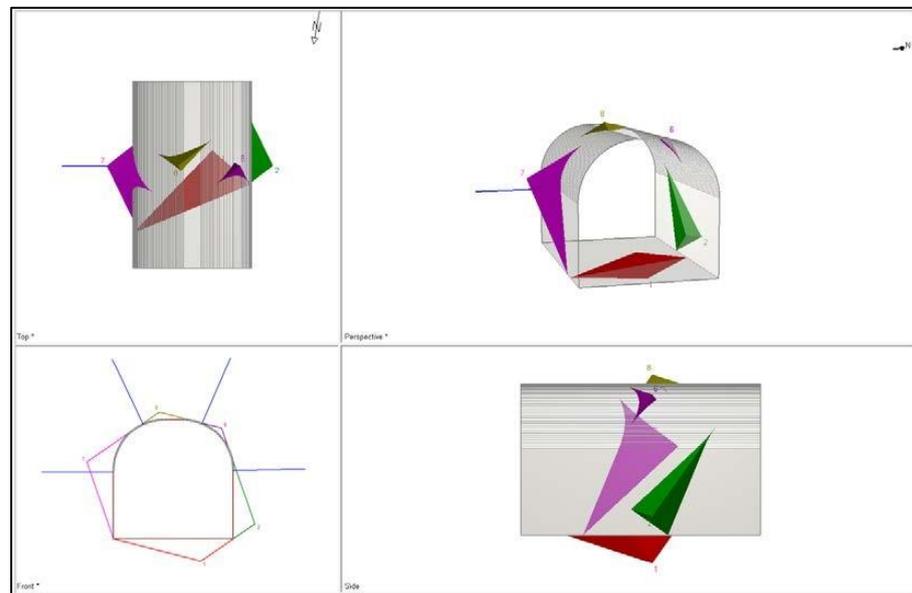
Combinaciones			Volumen de Cuña (m <sup>3</sup> )	Peso de Cuña (Ton)	Factor de Seguridad con sostenimiento
Joint A	Joint B	Joint C			
1	2	3	1.55	4.18	4.61
1	2	4	0.51	1.65	5.01
1	2	5	0.64	1.72	7.20
1	3	4	3.77	10.19	3.01

1	3	5	2.48	6.70	3.00
---	---	---	------	------	------

**Tabla 22. Resumen de estabilidad de cuñas y FoS con sostenimiento VI-B-24**

Combinaciones			Volumen de Cuña (m <sup>3</sup> )	Peso de Cuña (Ton)	Factor de Seguridad con sostenimiento
Joint A	Joint B	Joint C			
1	4	5	5.19	14.01	1.70
2	3	4	11.26	30.42	1.20
2	3	5	3.17	8.57	1.10
2	4	5	18.07	48.78	<b>0.95</b>

Nota: Longitud de pernos 2.1m (7 pies) y espaciamiento de 1.3 m



**Tabla 23. Resumen de estabilidad de cuñas y FoS con sostenimiento VI-B-24**

Combinaciones			Volumen de Cuña (m <sup>3</sup> )	Peso de Cuña (Ton)	Factor de Seguridad con sostenimiento
Joint A	Joint B	Joint C			
1	2	3	0.005	0.012	<b>0.00</b>
1	2	4	0.108	0.293	28.73
1	3	4	0.063	0.170	63.27
2	3	4	18.32	49.46	<b>0.60</b>

Nota: Longitud de pernos 1.2m (4 pies) y espaciamiento de 1.0 m

**Ilustración 39.** Resultados del análisis cinemático de cuñas con sostenimiento de pernos helicoidales para la bocamina VI-B-24

Los resultados del análisis de cuñas en la mayoría de los casos los factores de seguridad con sostenimiento de pernos helicoidales dieron mayores de 1.5 por lo que representan ser estables a largo plazo. Sin embargo, en algunos casos existe cuñas muy pequeñas que no han sido interceptados por los pernos y cuyos factores de seguridad muestran menores a 1.0 y sus volúmenes y pesos son bajos; para poder retener estos bloques pequeños se empleará malla electrosoldada en ambas bocaminas. De esta manera también cumpliendo con los estándares de Glencore en los sostenimientos básicos.

- **Sistema de sostenimiento recomendado para las bocaminas**

De acuerdo a los resultados de los cálculos empíricos, analítico y análisis estructural de cuñas, se establece el sostenimiento a emplear en las bocaminas VI-B23 y VI-B-24 desde el portal hasta la progresiva 0+012m, donde se realizarán los trabajos de plan de cierre. En la Tabla 18, se resume el sostenimiento recomendado para cada bocamina.

**Tabla 24. Sistema de sostenimiento recomendado**

Bocamina progresiva	Sección del túnel	Elemento de sostenimiento	Objetivo	Descripción
VI-B-23 0+000-0+018	3.5 x 4.0	Pernos sistemáticos, configuración 6x7	Refuerzo general (cuñas y bloques inestables)	Pernos helicoidales de 2.1 m (7 pies) de longitud, 19 mm de diámetro, cementado. La distribución sistemática de pernos espaciada cada 1.3m en techo y hastial.
		Malla electrosoldada	Retener bloques pequeños	Malla metálica electrosoldada o tejida
VI-B-24 0+000-0+018	2.0 x 2.0	Pernos sistemáticos, configuración 4x5	Refuerzo general (cuñas y bloques inestables)	Pernos helicoidales de 1.2 m (4 pies) de longitud, 19 mm de diámetro, cementado. La distribución sistemática de pernos espaciada cada 1.0 m en techo y hastial.
		Malla electrosoldada	Retener bloques pequeños	Malla metálica electrosoldada o tejida

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de Resultados

### 4.2.1. Cálculos y resultados de ensayos de laboratorio en mecánica de rocas

- **Ensayo de propiedades físicas**

Con el ensayo de propiedades físicas se determinó la densidad seca, porosidad aparente, absorción y el peso específico aparente. Los ensayos se ejecutaron bajo la sugerencia de la norma ASTM C97 y ISRM (1979).

Los resultados promedio se muestra Tabla 25.

**Tabla 25. Resultados de las propiedades físicas**

Código	Unidad Geológica	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad aparente (%)	Absorción (%)	Peso específico aparente (kN/m <sup>3</sup> )
EG-1	Grupo Ambo	2.71	0.59	0.22	26.56
EG-6	Grupo Ambo	2.69	1.19	0.44	26.35

- **Ensayo de la resistencia a la compresión simple (UCS)**

El ensayo de resistencia a la compresión simple (UCS), permite determinar la resistencia a la compresión no confinada de la roca intacta ( $\sigma_{ci}$ ); y se realizó de acuerdo a la norma ASTM D 7012C. En total se realizó 2 ensayos UCS y un ensayo para determinar las propiedades elásticas de la roca filita esquistosa con cuarcita. Los resultados se muestran en la Tabla 24.

**Tabla 26. Resultados de las propiedades de resistencia y elástica**

Código	Unidad Geológica	Tipo de rotura	Resistencia a la Compresión (MPa)	Módulo de Yung "E" (GPa)	Relación de Poisson (v)
EG-1	Grupo Ambo	Matriz	78.3	-	-
EG-6	Grupo Ambo	Estructura	32.0	-	-

**Tabla 27. Resultados de las propiedades de resistencia y elástica EG-6**

Código	Unidad Geológica	Tipo de rotura	Resistencia a la Compresión (MPa)	Módulo de Yung "E" (GPa)	Relación de Poisson (ν)
EG-6	Grupo Ambo	Estructura	61.3	18.4	0.25

- **Ensayo de Carga puntual**

Es un método para estimar la resistencia de la roca intacta a partir del índice de carga puntual  $I_s(50)$ , multiplicado por un factor "K" que es propio de cada litología. Este factor puede ser obtenida a partir de la relación entre ensayo de compresión simple y el índice de carga puntual. El ensayo de carga puntual se realizó de acuerdo a los procedimientos que recomienda la norma ASTM D-5731.

Para el presente estudio se realizó 4 ensayos de carga puntual sobre las muestras irregulares, que fueron obtenidos en superficie, bocaminas y labor subterránea. Cada ensayo de carga puntual tiene como mínimo 5 roturas en muestras irregulares. Los resultados de ensayos de carga puntual se muestran en la Tabla 28.

**Tabla 28. Resultados de ensayo de carga puntual**

Estación Geomecánica	Unidad Geológica	Zona	$I_s(50)$ * (MPa)	Resistencia a la compresión simple (MPa)
EG-1	Grupo Ambo	Bocamina (VI-B-24)	3.4	54.4
EG-2	Grupo Ambo	Superficie (VI-B-24)	5.2	83.2
EG-6	Grupo Ambo	Galería (VI-B-23)	5.2	83.2
EG-7	Grupo Ambo	Galería (VI-B-23)	5.1	81.6

Donde:  
 $I_s(50)$ : Índice de carga puntual.  
 (\*) El resultado promedio de 5 ensayos de carga puntual, representa un ensayo carga puntual. El factor "K" se considero a partir de correlación el valor de 16 y este valor es corroborada con el criterio de Palmstron (1995).

NOTA: Grupo Ambo está conformada por filitas esquistosas y cuarcitas.

### **4.3. Prueba de hipótesis**

#### **4.3.1. Hipótesis general**

De acuerdo a los resultados de los cálculos empíricos, analítico y análisis estructural de cuñas, se establece el sostenimiento a emplear en las bocaminas VI-B23 y VI-B-24 desde el portal hasta la progresiva 0+012m, donde se realizarán los trabajos de plan de cierre.

#### **4.3.2. Hipótesis específica**

Con el ensayo de propiedades físicas se determinó la densidad seca, porosidad aparente, absorción y el peso específico aparente. Los ensayos se ejecutaron bajo la sugerencia de la norma ASTM C97 y ISRM (1979).

### **4.4. Discusión de resultados**

El objetivo general de la presente investigación fue evaluar y diseñar el tipo de sostenimiento en función a los índices de la clasificación geomecánica RMR de Bieniawski y Q Barton, en la bocamina Vinchos. De acuerdo con la evaluación, análisis y diseño como resultado se obtiene que la calidad del macizo rocoso en ambas bocaminas resulta calidad regular a buena con RMR entre 50 a 60. En índice Q variable desde 2.04 (con ajuste por ser portal  $J_{nx2}$ ) a 11.15; por lo tanto, el sostenimiento recomendado consiste en pernos sistemáticos y malla electrosoldada.

El resultado obtenido en esta investigación tiene similitud al estudio planteado por Cerrón Rosales (2020), en el trabajo de investigación titulado “Propuesta de elección de tipo de sostenimiento por utilizarse en la Unidad de Producción Yauricocha, Lima - 2020 “ donde muestra el resultado, que teniendo en cuenta las propiedades mecánicas, características y condiciones relacionadas

con el macizo rocoso se conectan soportes adecuados según la clasificación RMR de Bienavski con pernos roscados y pernos de resina a intervalos de 4 m. 1,5 m de los cuales se utiliza malla electrosoldada para la corona, 50 mm para la corona y 30 mm de tiro para el hastial de hormigón.

Asimismo, los resultados tienen similitud con el estudio planteado por Barreda de La Cruz (2021), en su investigación titulado “Caracterización geomecánica del macizo rocoso para el diseño de un sostenimiento adecuado en mina Chaparra, Caraveli, Arequipa -2021”, que utilizando el método Q Barton determinó la calidad del macizo rocoso para evaluar el nivel de riesgo geomecánica que afecta la seguridad de los trabajadores de la galería. Además, concluye con la propuesta de un diseño de soporte activo que consiste en anclajes de montaje en forma de tornillo.

No obstante, se identificó diferencias con Cagua Loza (2021), en el trabajo de investigación “análisis y diseño de sostenimiento en galería 815 Esperanza Norte, para evitar accidentes por caída de rocas y optimizar el ritmo de producción -e.e. Los Magníficos Minera Aurífera Cuatro de Enero SA MACDESA” el cual demuestra que mediante la caracterización geomecánica se determinó y diseño el tipo de sostenimiento con cimbras metálicas debido a que esta zona presentaba un tipo de roca de mala a muy mala; reduciendo así los accidentes e incidentes en la galería 815 Esperanza.

Dentro de las limitaciones que se tuvieron durante el desarrollo de la presente investigación es el ingreso a las bocaminas; como sabemos las bocaminas se encuentran dentro de propiedad de las compañías mineras, por lo tanto, para las visitas técnicas se requiere contar con examen médico, pagar un seguro de vida y

realizar un examen de inducción sobre seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, el cual genera retrasos para poder ingresar y recolectar datos necesarios.

## CONCLUSIONES

La calidad del macizo rocoso en ambas bocaminas resulta calidad regular a buena con RMR entre 50 a 60. En índice Q variable desde 2.04 (con ajuste por ser portal Jnx2) a 11.15. El grado de fracturamiento ligero con RQD promedio de 68-70%. Las superficies de las discontinuidades en su mayoría son planar rugosa a ondulada rugosas, el relleno blanco en estratos y las diaclasas calcita - óxidos o manchas solamente.

Para la construcción de obras de cierre es necesario ingresar a las galerías desde el portal hasta 12m de longitud, el cual requiere asegurar la estabilidad en la bóveda y hastiales; en tal efecto se realizó el diseño de sostenimiento para ambas bocaminas VI-V-23 y VI-B-24. La metodología empleada para el dimensionamiento fue utilizada la tabla de Barton y complementada con los análisis analíticos y análisis de cuñas; los resultados de los análisis superan el factor de seguridad de 1.50. El sostenimiento recomendado consiste en pernos sistemáticos y malla electrosoldada, en la tabla siguiente se detalla para cada bocamina y en los planos se adjunta los diseños geométricos.

**Tabla 29. Diseños Geométrico de la Bocamina VI-B-23 y VI-B-24**

Bocamina progresiva	Sección del túnel	Elemento de sostenimiento	Objetivo	Descripción
VI-B-23 0+000-0+018	3.5 x 4.0	Pernos sistemáticos, configuración 6x7	Refuerzo general (cuñas y bloques inestables)	Pernos helicoidales de 2.1 m (7 pies) de longitud, 19 mm de diámetro, cementado. La distribución sistemática de pernos espaciada cada 1.3m en techo y hastial.
		Malla electrosoldada	Retener bloques pequeños	Malla metálica electrosoldada o tejida
VI-B-24	2.0 x 2.0	Pernos sistemáticos, configuración 4x5	Refuerzo general (cuñas y bloques inestables)	Pernos helicoidales de 1.2 m (4 pies) de longitud, 19 mm de diámetro, cementado. La distribución sistemática de pernos espaciada cada 1.0 m en techo y hastial.

0+000-0+018		Malla electrosoldada	Retener bloques pequeños	Malla metálica electrosoldada o tejida
-------------	--	-------------------------	-----------------------------	--

## **RECOMENDACIONES**

Los sostenimientos deben ser aplicado en la bocamina previamente realizar un buen desatado de roca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANEXO A ASPECTOS GENERALES DEL Q DE BARTON. Barton (2000). (n.d.).
- Cardoso, R., Romano, E., Ortunio, M., Guevara, H., & Romano, A. (2016). Elaboración de los objetivos en la investigación. *Vitae*, 65, 1–8.
- Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989). Hoja de cálculo | 4Geo-blog. (n.d.). Retrieved January 14, 2023, from <https://geologyaygeotecnia.wordpress.com/2014/10/16/clasificacion-geomecanica-rmr-bieniawski-1989-hoja-de-calculo/>
- Mortales, A. (n.d.). Boletín Estadístico de la Gerencia de Supervisión Minera.
- OSINERGMIN. (n.d.). guia de criterios geomecanicos para diseño, construccion, supervision y cierre de labores subterranas. Retrieved January 15, 2023, from [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf)
- Ramirez, J. (2013). Boletín de la Sociedad Geológica del Perú. In Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET (Vol. 107).
- Ramirez, P., & Alejano, L. (2004). Problemas de Mecánica de Rocas - Fundamentos e Ingeniería de Taludes. *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- tesisipsonline. (n.d.). Redactando el planteamiento del problema. Retrieved September 19, 2021, from <https://tesisipsonline.wixsite.com/tesisipsonline/single-post/2016/11/27/redactando-el-planteamiento-del-problema>.

## **ANEXOS**

## **INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS**

**FORMATO DE DATOS GENERALES.****a. DATOS DE LA PERSONA RESPONSABLE DEL INFORME TÉCNICO.**

NOMBRE:	Noelia Pamela SANTIAGO POMA
EMPRESA o INSTITUCIÓN:	
DIRECCIÓN:	
CELULAR:	930366910
PAGINA WEB	-----
CORREO ELECTRONICO:	psantiagopoma@gmail.com
FIRMA Y POST-FIRMA:	

**b. NOMBRE DE LA PERSONA NATURAL O JURÍDICA A QUIEN SE CERTIFICARÁ LOS PUNTOS GEODÉSICOS.**

SE CERTIFICA A:	
-----------------	--

**c. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS GEODÉSICOS.**

CÓDIGO:	PAS01340
UBIGEO:	190106
DEPARTAMENTO:	PASCO
PROVINCIA:	PASCO
DISTRITO:	PALLANCHACRA
REFERENCIAS:	CCPP VINCHOS
ACCESIBILIDAD:	CARRETERA CERRO DE PASCO – CCPP VINCHOS

CÓDIGO:	PAS01341
UBIGEO:	190106
DEPARTAMENTO:	PASCO
PROVINCIA:	PASCO
DISTRITO:	PALLANCHACRA
REFERENCIAS:	CCPP VINCHOS
ACCESIBILIDAD:	CARRETERA CERRO DE PASCO – CCPP VINCHOS

**d. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS UTILIZADOS.**

N°	EQUIPOS / INSTRUMENTOS	MARCA	MODELO	CANTIDAD
1	GPS DFERENCIAL	TRIMBLE	R4-3	01
2	BASE NIVELANTE	SECO		01
3	TRIPODE	TRIMBLE		01
4	CAMARA FOTOGRAFICA	CANON	POWER SHOT	01
5	LAPTOP	TOSHIBA	SATELLITE C655	01
6	GPS NAVEGADOR	GARMIN	LEGGEND	01

**CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD Y/O CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS GNSS UTILIZADOS**



**SURVEYING Instruments S.A.C.**

**CALIBRACION REPARACIÓN Y RENTA DE EQUIPOS**

**CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD N° 0368-22**

**CLIENTE: ID GEODESIA Y TOPOGRAFIA S.A.C.**

**EQUIPO: Receptor GPS**

**MARCA: Trimble**

**MODELO: R4 modelo 3**

**SERIE: 5446483852**

**FECHA DE REVISION: 15-MARZO-2022**

**FECHA DE VENCIMIENTO: 15-MARZO-2023**

**SURVEYING INSTRUMENTS S.A.C.** Certifica que el equipo arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas en Post proceso los equipos, estos se encuentran dentro de las tolerancias del fabricante.

**Precisión Levantamiento GPS Post Proceso (Estatic & Fast Estatic)**

<b>HORIZONTAL</b>	$\pm 3\text{mm} + 0.1\text{ ppm RMS}$
<b>VERTICAL</b>	$\pm 3.5\text{mm} + 0.4\text{ ppm RMS}$

**Certificado Por:**  
**Enrique Quesada S.**  
Técnico de laboratorio

**Firma:**  
**SURVEYING Instruments S.A.C.**  
Enrique Quesada S.  
LABORATORIO

**Fecha de Emisión:**  
**15 MARZO 2022**



**LABORATORIO**

Jiron Las Celidónias N° 417 Urb. San Hilarión S.J.L Lima - Perú Telefax: (511) 489-0592 / 9916-66627  
E-mail: info@surveyinginstruments.com.pe / www.surveyinginstruments.com.pe

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS GNSS UTILIZADOS. EQUIPO 1

HOJA DE DATOS

### PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Tecnología de rastreo de satélites **Trimble R-Track**

Incluye chip **Trimble Maxwell 6** con 220 canales

**Ampliable** desde posprocesamiento a VRS y configuraciones RTK multiconstelación

**Sin cables**, para una utilización más cómoda

Sistema **robusto, preciso y confiable**

Controlador Trimble **Slate controller**



## SISTEMA TRIMBLE R4 GNSS

### CONFIABLE CUANDO CADA PUNTO CUENTA

Diseñado para los topógrafos que buscan tecnología GNSS fácil de usar, el sistema Trimble® R4 GNSS funciona incluso en las condiciones más rigurosas. Las opciones de soporte de actualización GNSS, la tecnología de rastreo de satélites Trimble R-Track™ integrada, y un diseño fácil de usar resultan en un sistema que es robusto, flexible y confiable.

### UN COMPLETO SISTEMA GNSS

Ligero, conveniente y sin cables, el sistema Trimble R4 GNSS con software de campo Trimble Access™ es una solución fácil de usar que proporciona todo lo que necesita para ejecutar proyectos topográficos básicos.

La antena de doble frecuencia mejora la capacidad de rastreo y ofrece estabilidad de centro de fase submilimétrica para obtener resultados precisos en condiciones exigentes. Alimentado internamente con baterías desmontables, este sistema provee operación ininterrumpida en el campo durante todo el día.

### TECNOLOGÍA TRIMBLE R-TRACK AVANZADA

Impulsado con un chip Trimble Maxwell™ 6 con 220 canales, el Trimble R4 ofrece la precisión y confiabilidad requerida para mediciones de precisión con rendimiento RTK y rastreo superior. Con soporte incluido para señales GPS L2C y del sistema por satélite QZSS japonés, podrá rastrear más satélites y medir con mayor eficacia en ambientes difíciles. Además, L2C ofrece mucho más que simples señales adicionales: la avanzada estructura de las señales hace que estas sean más fuertes y proporciona un rastreo de satélites más confiable.

La tecnología de rastreo de satélites Trimble R-Track proporciona un posicionamiento confiable y preciso. Trimble R-Track con Signal Prediction™ compensa las señales de corrección RTK intermitentes o marginales, lo que permite un funcionamiento preciso y extenso después de que se haya interrumpido la señal RTK.

El nuevo protocolo de comunicaciones CMRx proporciona una compresión de corrección sin precedentes para lograr un ancho de banda optimizado y la utilización completa de todos los satélites a la vista, ofreciéndole así un funcionamiento muy confiable durante el posicionamiento.

### ELIJA EL NIVEL DE SOPORTE GNSS QUE NECESITA EN ESTE MOMENTO

El Trimble R4 le permite elegir el nivel de soporte GNSS que necesite en este momento y le da la flexibilidad de actualizarlo en el futuro. Basado en la probada tecnología GNSS de Trimble, el Trimble R4 viene en su versión estándar con GPS L1, L2, L2C y QZSS. Más allá de este soporte GNSS estándar, el Trimble R4 permite actualizar a GLONASS, Galileo, y BeiDou (COMPASS): solo tiene que elegir la opción que necesite.

<sup>1</sup> Con la compra de la opción de colector de datos avanzado, el Trimble R4 puede ser utilizado con un Trimble TSC3, un Trimble CU, o una robusta PC Trimble Tablet.

### FUNCIONA COMO MÓVIL VRS, MÓVIL RTK O ESTACIÓN BASE DE CAMPO

Úselo como móvil ligero para medición estática o RTK. El Trimble R4 también es completamente compatible con soluciones Trimble VRS™, creando un atractivo móvil VRS para usarlo dentro de redes en tiempo real. Con una radio de solo recepción integrada de 450 MHz o una radio GSM/GPRS completamente integrada, este sistema se puede adaptar para satisfacer diversas necesidades. Como estación base, el Trimble R4 con opción de transmisión UHF integrada es robusto, resistente a las condiciones climáticas y es compatible con una variedad de soluciones de radio.

### UNA SOLUCIÓN DE CAMPO GNSS DEDICADA Y CONFIABLE

El Trimble R4 combinado con el software Trimble Access y con el controlador Trimble Slate Controller<sup>1</sup> ofrece una solución GNSS dedicada que es efectiva en mediciones GNSS en tiempo real y con posprocesamiento.

Potente, conectado y compacto, el controlador Trimble® Slate Controller combina la comodidad y facilidad de uso de un teléfono inteligente con la durabilidad que caracteriza a Trimble. De diseño delgado y ergonómico es fácil de sujetar, tiene una pantalla superior legible a la luz del sol y puede usarse durante todo el día, siendo así apreciado por los más exigentes profesionales de la topografía.

El software de campo Trimble Access, ofrece flujos de trabajo especializados y personalizados que facilitan y agilizan las tareas topográficas a la vez que permiten el intercambio de información vital en tiempo real entre las cuadrillas de campo y la oficina.

Las empresas topográficas pueden también implementar sus flujos de trabajo únicos aprovechando las capacidades de personalización disponibles en el Kit de Desarrollo del Software Trimble Access (SDK).

¿Necesita enviar los datos inmediatamente a la oficina? Aprovechese de la posibilidad de compartir datos en tiempo real a través de los Servicios de Trimble Access, ahora disponibles con cualquier acuerdo de mantenimiento del software Trimble Access válido.

De regreso en la oficina, los usuarios pueden procesar los datos ininterrumpidamente con el software de oficina Trimble Business Center.

El sistema Trimble R4 GNSS: listo y confiable para las necesidades topográficas diarias.



# SISTEMA TRIMBLE R4 GNSS

## HOJA DE DATOS

### ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

#### Mediciones

- Avanzado chip Trimble Maxwell 6 GNSS topográfico personalizado con 220 canales
- Tecnología Trimble R-Track
- Correlacionador múltiple de alta precisión para mediciones GNSS de pseudodistancia
- Medidas de pseudodistancia brutas, sin filtrar ni suavizar, que generan resultados con poco 'ruido', error por trayectoria múltiple bajo, correlación total muy rápida y alta respuesta dinámica
- Medidas de fase de portadora GNSS de muy bajo nivel de ruido y una precisión de <1 mm en un ancho de banda de 1 Hz
- Relación Señal-Ruido en dB-Hz
- Probada tecnología de rastreo de baja elevación de Trimble
- Señales de satélite que se rastrean simultáneamente:
  - GPS: L1C/A, L1C, L2C, L2E
  - GLONASS<sup>1</sup>: L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3
  - SBAS: L1C/A
  - Galileo<sup>1</sup>: E1, E5A, E5B
  - BeiDou<sup>1</sup> (COMPASS): B1, B2, B3
- SBAS: QZSS, WAAS, EGNOS, GAGAN
- Velocidad de posicionamiento: 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, y 10 Hz

#### RENDIMIENTO DE POSICIONAMIENTO<sup>2</sup>

##### Posicionamiento GNSS de código diferencial

Horizontal	0,25 m + 1 ppm RMS
Vertical	0,50 m + 1 ppm RMS
Precisión de posicionamiento SBAS diferencial <sup>3</sup>	típico <5 m 3DRMS

#### MEDICIÓN ESTÁTICA GNSS

##### Estáticos de alta precisión

Horizontal	3 mm + 0,1 ppm RMS
Vertical	3,5 mm + 0,4 ppm RMS

##### Estático y Estático Rápido

Horizontal	3 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	5 mm + 0,5 ppm RMS

#### MEDICIÓN GNSS CINEMÁTICA CON POSPROCESAMIENTO (PPK)

Horizontal	8 mm + 1 ppm RMS
Vertical	15 mm + 1 ppm RMS

#### MEDICIÓN CINEMÁTICA EN TIEMPO REAL<sup>4</sup>

##### Línea base única <30 km

Horizontal	8 mm + 1 ppm RMS
Vertical	15 mm + 1 ppm RMS

#### RED RTK

Horizontal	8 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	15 mm + 0,5 ppm RMS
Tiempo de inicialización <sup>5</sup>	Típico <8 segundos
Confiableza de la inicialización <sup>6</sup>	Típica >99,9%

<sup>1</sup> Actualización opcional.

<sup>2</sup> La precisión y la confiabilidad pueden estar sujetas a anomalías debidas a errores por trayectoria múltiple, obstrucciones, geometría de los satélites y condiciones atmosféricas. Las especificaciones establecidas recomiendan el uso de soportes estables en una zona despejada con una buena vista del cielo, que esté libre de errores por trayectoria múltiple e interferencias electromagnéticas, y que tenga una configuración óptima de la constelación GNSS; asimismo se recomienda usar los métodos de trabajo generalmente aceptados para realizar las mediciones de mayor precisión correspondientes a la aplicación determinada, incluyendo el uso de tiempos de ocupación adecuados a la longitud de la línea base. Las líneas base cuya longitud exceda los 30 km requieren datos de efemérides precisos y probablemente ocupaciones de hasta 24 horas para lograr especificaciones de alta precisión estática.

<sup>3</sup> Depende del funcionamiento del sistema SBAS.

<sup>4</sup> Los valores PPM de la red RTK se refieren a la estación base física más próxima.

<sup>5</sup> Puede verse afectada por las condiciones atmosféricas, las señales de trayectoria múltiple, las obstrucciones y la geometría de los satélites. La confiabilidad de la inicialización se controla continuamente para asegurar la más alta calidad.

<sup>6</sup> Normalmente, el receptor funcionará hasta -40 °C, la capacidad normal de las baterías internas está fijada en -20 °C.

<sup>7</sup> Rastreo de satélites GPS, GLONASS y SBAS. GLONASS requiere una actualización opcional.

<sup>8</sup> Varía según la temperatura y la velocidad de transmisión de datos inalámbricos. Al usar un receptor y una batería interna en modo de transmisión, se recomienda usar una batería externa de 6 Ah o más.

<sup>9</sup> Varía según el terreno y las condiciones de operación.

<sup>10</sup> Las autorizaciones Bluetooth son específicas de cada país.

© 2009-2013, Trimble Navigation Limited. Reservados todos los derechos. Trimble y el logo del Globo terráqueo y el Triángulo son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited, registradas en los Estados Unidos y en otros países. Arceos, Maxwell, Signal Predictor, R-Track, y vRS son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited. La marca con el pájaro Bluetooth y los logos son propiedad de Bluetooth SIG, Inc. y todo uso de dichas marcas por parte de Trimble Navigation Limited es bajo licencia. Todas las otras marcas son propiedad de sus respectivos titulares. NP 022543-490D-ESP 02/13

### HARDWARE

#### Físicas

Dimensiones (AnchoxAlto)	19 cm x 10,2 cm incluidos los conectores
Peso	1,52 kg con batería interna, radio interna con antena UHF, 3,04 kg (los componentes anteriores más el jalón, el controlador y el soporte)

#### Temperatura<sup>6</sup>

De funcionamiento	-40 °C a +65 °C (-40 °F a +149 °F)
De almacenamiento	-40 °C a +75 °C (-40 °F a +167 °F)

Humedad	100%, con condensación
Impermeable/Resistente al polvo	IP67 resistente al polvo, protegido al sumergirse temporalmente a una profundidad de 1 m

Golpes y vibraciones	Ha sido probado y cumple con las siguientes normas medioambientales:
Golpes	Apagado: Diseñado para soportar caídas del jalón a 2m de altura sobre concreto. Operando: hasta 40 g, 10m seg, diente de sierra
Vibraciones	MIL-STD-810F, FIG.514.5C-1

#### Eléctricas

- Entrada de alimentación externa de 11 a 28 V CC con protección contra sobretensión en el puerto 1 (Lemo de 7 pines)
- Batería de ión litio de 7,4 V y 2,6 Ah recargable y desmontable. El consumo de alimentación<sup>7</sup> es de 3,2 W en modo móvil RTK con radio interna y Bluetooth en uso.
- Tiempos de funcionamiento con la batería interna<sup>8</sup>:
  - Opción de sólo recepción de 450 MHz ..... 5,0 horas
  - Opción de recepción/transmisión de 450 MHz (0,5 W) ..... 2,5 horas
  - Opción de recepción móvil ..... 4,7 horas

#### Comunicaciones y almacenamiento de datos

- Serial: Trifilar serial (Lemo de 7 pines) en el Puerto1; Serial RS-232 completo en el Puerto 2 (Dsub de 9 pines)
- Módem de radio: Opción de radio receptora/transmisora de 450 MHz, totalmente integrada y sellada:
  - Potencia de transmisión: 0,5 W
  - Alcance<sup>9</sup>: 3-5 km típico / 10 km óptimo
- Celular: Opción GSM/GPRS totalmente integrada y sellada
- Bluetooth: Puerto de comunicaciones de 2,4 GHz totalmente integrado y sellado (Bluetooth<sup>®</sup>)<sup>10</sup>
- Dispositivos de comunicación externos para correcciones soportadas en los puertos serie y Bluetooth
- Almacenamiento de datos: Memoria interna de 11 MB, 188,6 horas de observables brutos (aprox. 1,4 MB / día), en función del registro de datos de 14 satélites en intervalos de 15 segundos

#### Formatos de datos

- CMR: Entrada y salida CMR+, CMRx
- RTCM: Entrada y salida RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1
- Otras salidas: 23 salidas NMEA, salidas GSOF, RT17 y RT27, soporta BINEX y portadora suavizada

#### Controladores Trimble Soportados

- Trimble Slate controller
- Opcional<sup>1</sup>: Trimble TSC3, Trimble CU, Robusta PC Trimble Tablet

#### Homologación

Sección 15 de la FCC (dispositivos de la clase B), 22, 24, 90; Marca CE; C-Tick; 850/1900 MHz; módulo GSM/GPRS clase 10; Bluetooth EPL

Contacte a su distribuidor local autorizado de Trimble para obtener más información.

Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.



DISTRIBUIDOR AUTORIZADO TRIMBLE

#### AMÉRICA DEL NORTE

Trimble Navigation Limited  
10368 Kellenburger Road  
Westminster CO 80021  
EE.UU.

#### EUROPA

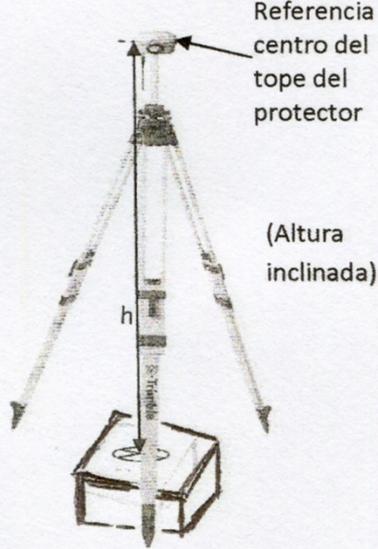
Trimble Germany GmbH  
Am Prime Parc 11  
65479 Raunheim  
ALEMANIA

#### ASIA-PACÍFICO

Trimble Navigation  
Singapore Pty Limited  
80 Marine Parade Road  
#22-06, Parkway Parade  
Singapore 449269  
SINGAPUR



FORMATO DE DIARIO DE OBSERVACIÓN LLENADO EN CAMPO.

	<h1 style="margin: 0;">ID</h1> <h2 style="margin: 0;">GEODESIA Y TOPOGRAFIA S.A.C.</h2>		
<b>Diario de Observación GNSS</b>		<b>Proyecto:</b> <u>VINCHOS</u>	
<b>Estación</b> Nombre Completo: <u>PAS01340</u>		Identificación (4 letras): <u>PAS01340</u>	
Inscripción en el monumento: <u>PAS01340</u>		Fecha: <u>20-08-22</u>	
<b>Coordenadas Aproximadas:</b> Latitud: <u>10° 26' 26"</u> Longitud: <u>76° 16' 59"</u> Altura: <u>4,257</u> m			
<b>Receptor / Antena</b>	<b>Tipo</b>	<b>Modelo</b>	<b>Nro. Serie</b>
Receptor: <u>GPS</u>	<u>TRIMBLE</u>	<u>R4-3</u>	<u>5446483852</u>
Antena: _____	<u>TRIMBLE</u>	<u>R4-3</u>	<u>INTERNAL</u>
Software del Receptor (Versión): _____ Longitud del Cable Antena – Receptor: _____ m			
<b>Altura de la Antena</b> Sobre el monumento Punto de referencia <u>CENTRO DEL TOPE DEL PROTECTOR</u> <input type="checkbox"/> Vertical      ó <input checked="" type="checkbox"/> Inclinada Antes de las Observaciones: <u>1.608</u> m Después de las Observaciones: <u>1.608</u> m Datos del Receptor: <u>1.608</u> m		<b>Croquis de las medidas de la Antena (Ejemplo)</b> 	
<b>Observación:</b> Nro. de la sesión del mismo día: <u>232-1</u> Intervalo de Medición: <u>5</u> Seg. Elevación Mínima: <u>10</u> ° Hora de Inicio: <u>10:48:18 am</u> Hora de Término: <u>03:06:43 pm</u> Operador / Institución: <u>N. Cuellar</u>			



# ID GEODESIA Y TOPOGRAFIA S.A.C.

Diario de Observación GNSS

Proyecto: VINCHOS

### Estación

Nombre Completo: PAS01341 Identificación (4 letras): PAS01341

Inscripción en el monumento: PAS01341 Fecha: 20-08-22

### Coordenadas Aproximadas:

Latitud: 10° 26' 21" Longitud: 76° 16' 56" Altura: 4,246 m

Receptor / Antena	Tipo	Modelo	Nro. Serie
Receptor:	<u>GPS TRIMBLE</u>	<u>R4-3</u>	<u>5446483852</u>
Antena:	<u>TRIMBLE</u>	<u>R4-3</u>	<u>INTERNAL</u>
Software del Receptor (Versión):	_____		
Longitud del Cable Antena – Receptor:	_____ m		

### Altura de la Antena

Sobre el monumento CENTRO DEL TOPE

Punto de referencia DEL PROTECTOR

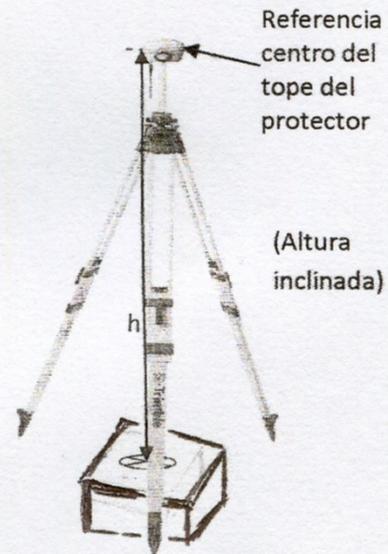
Vertical ó  Inclínada

Antes de las Observaciones: 1.596 m

Después de las Observaciones: 1.596 m

Datos del Receptor: 1.596 m

Croquis de las medidas de la Antena (Ejemplo)



### Observación:

Nro. de la sesión del mismo día: 232-0

Intervalo de Medición: 5 Seg.

Elevación Mínima: 10 °

Hora de Inicio: 06:27:33 am

Hora de Término: 10:28:43 am

Operador / Institución: N. Cuellar

**FORMATO DE DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA DEL PUNTO GEODÉSICO.**



**ID GEODESIA Y TOPOGRAFIA S.A.C.**

**DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA**

<b>NOMBRE</b> PAS01340	<b>CÓDIGO</b> PAS01340	<b>LOCALIDAD</b> VINCHOS	<b>ESTABLECIDA POR:</b> ID GEODESIA Y TOPOGRAFIA SAC	
<b>UBICACIÓN:</b> Lado sur del proyecto.			<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA:</b> DISCO DE BRONCE DE 7 CM DE DIAMETRO	
<b>LATITUD (S) WGS-84</b> S10°26'25.93429"	<b>LONGITUD (W) WGS-84</b> W76°16'59.64146"	<b>NORTE (N) WGS-84</b> 8 845,594.4410	<b>ESTE (E) WGS-84</b> 359,545.8611	
<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 4257.4085	<b>ELEVACIÓN (EGM-08)</b> 4,229.5635	<b>FACTOR DE ESCALA COMBINADO</b> 0.9991772263	<b>ZONA UTM</b> 18	

**ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO**  
**"C"**



**FOTO DE RASTRO DE ANTENA**



**IMAGEN DEL DISCO**

**DESCRIPCIÓN**

El punto geodésico GNSS denominado PAS01340 está ubicado al sur del proyecto, en el distrito de Pallanchacra, provincia Pasco, departamento Pasco.

**MARCA DE ESTACION**

Es un disco de bronce de 7 cm de diámetro incrustado sobre un hito de concreto de 40 x 40 cm y sobre sale 15 cm del nivel del terreno.

Referencia: Carta Nacional 21-k 1/ 100 000 de nombre Ambo.

<b>DESCRITA / RECUPERADA:</b>	<b>REVISADO:</b>	<b>JEFE PROYECTO:</b>	<b>FECHA:</b> 20 - AGO - 2022
-------------------------------	------------------	-----------------------	----------------------------------



**ID GEODESIA Y TOPOGRAFIA S.A.C.**

## DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA

<b>NOMBRE</b> PAS01341	<b>CÓDIGO</b> PAS01341	<b>LOCALIDAD</b> VINCHOS	<b>ESTABLECIDA POR:</b> ID GEODESIA Y TOPOGRAFIA SAC	
<b>UBICACIÓN:</b> Lado norte del proyecto.			<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA:</b> DISCO DE BRONCE DE 7 CM DE DIAMETRO	
<b>LATITUD (S) WGS-84</b> S10°26'21.02008"	<b>LONGITUD (W) WGS-84</b> W76°16'56.06705"	<b>NORTE (N) WGS-84</b> 8 845,745.8473	<b>ESTE (E) WGS-84</b> 359,653.9412	
<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 4,246.1702	<b>ELEVACIÓN (EGM-08)</b> 4,218.3278	<b>FACTOR DE ESCALA COMBINADO</b> 0.9991786104	<b>ZONA UTM</b> 18	

### ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO "C"



FOTO DE RASTREO DE ANTENA



IMAGEN DEL DISCO



#### DESCRIPCIÓN

El punto geodésico GNSS denominado PAS01341 está ubicado al norte del proyecto, en el distrito de Pallanchacra, provincia Pasco, departamento Pasco.

#### MARCA DE ESTACION

Es un disco de bronce de 7 cm de diámetro incrustado sobre un hito de concreto de 40 x 40 cm y sobre sale 15 cm del nivel del terreno.

Referencia: Carta Nacional 21-k 1/ 100 000 de nombre Ambo.

<b>DESCRITA / RECUPERADA:</b>	<b>REVISADO:</b>	<b>JEFE PROYECTO:</b>	<b>FECHA:</b> 20 - AGO - 2022
-------------------------------	------------------	-----------------------	----------------------------------

FORMATO DEL FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE UTILIZADA.



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA  
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS DE RASTREO  
PERMANENTE

**0. DATOS GENERALES:**

Preparado por: Departamento de Procesamiento Geodésico  
Realizado: 30 de noviembre de 2020  
Versión: 3.1.0

**1. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS:**

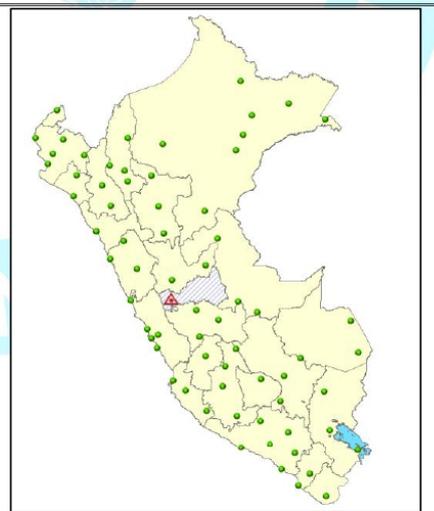
Nombre: Cerro de Pasco  
Código Nacional: PA01  
Código Internacional: 42222M001  
Inscripción: Placa de bronce  
Orden de la estación: "0"  
Fecha de monumentación: 24 de junio de 2010



**2. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:**

Departamento: Pasco  
Provincia: Pasco  
Distrito: Yanacancha  
Ubicación de la estación: Gobierno Regional de Cerro de Pasco

**CROQUIS DE UBICACIÓN**





INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA  
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



**3. COORDENADAS DE LA ESTACIÓN:**

Sistema de referencia: GRS80 / WGS84

Marco de referencia: ITRF2000

**3.1. GEODÉSICAS:**

Latitud (S)	Longitud (O)
10°39'55.65376"	76°15'07.63771"
Altura Elipsoidal (m)	Factor de escala combinado
4392.1611	0.999832019834

**3.2. CARTESIANAS**

X (m)	Y (m)	Z (m)
1490774.8447	-6093271.2048	-1173473.7946

**3.3. UTM**

Este (m)	Norte (m)
363051.2785	8820733.4967
<b>Zona: 18 Sur</b>	

**4. INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS**

**4.1. RECEPTOR:**

**Modelo:** NET R8 TRIMBLE, Doble frecuencia  
**N° de serie:** 4906K34492  
**Versión del firmware:** 4.41  
**Fecha de instalación:** 25 de junio de 2010  
**Ubicación del receptor:** El receptor se encuentra dentro de una caja metálica de color blanco humo empotrada en la pared, ubicada en la Oficina de Informática de la mencionada institución.

**4.2. ANTENA:**

**Modelo:** Zephyr Geodetic Model 2 (L1,L2) Trimble  
**N° de serie:** 1440932331  
**Cubierta protectora:** con domo  
**Medición de la antena:** ARP (Base de soporte de la antena)  
**Altura de la antena:** 0.0750 m  
**Fecha de instalación:** 25 de junio de 2010  
**Ubicación de la antena:** La antena está instalada sobre un monumento de concreto de 1.50 m de alto y 30 cm x 30 cm de ancho de color blanco, ubicada en el techo del segundo piso de la mencionada institución.

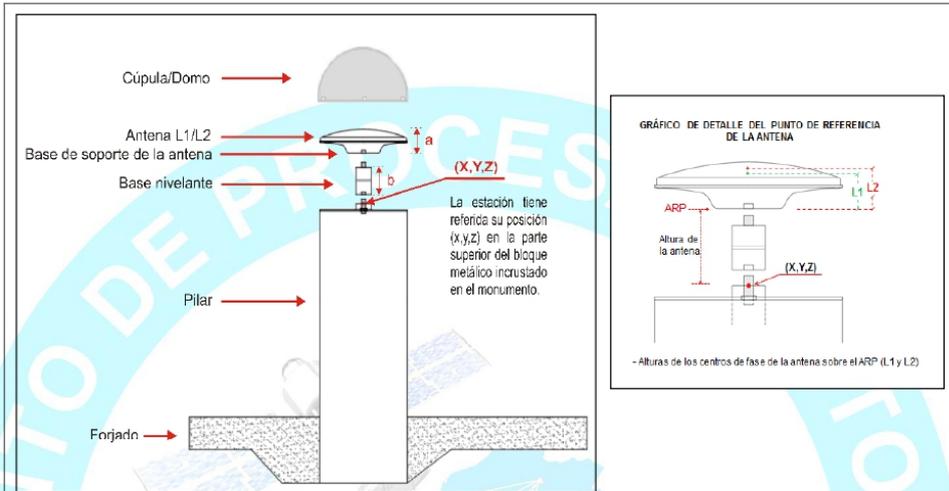


**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA  
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



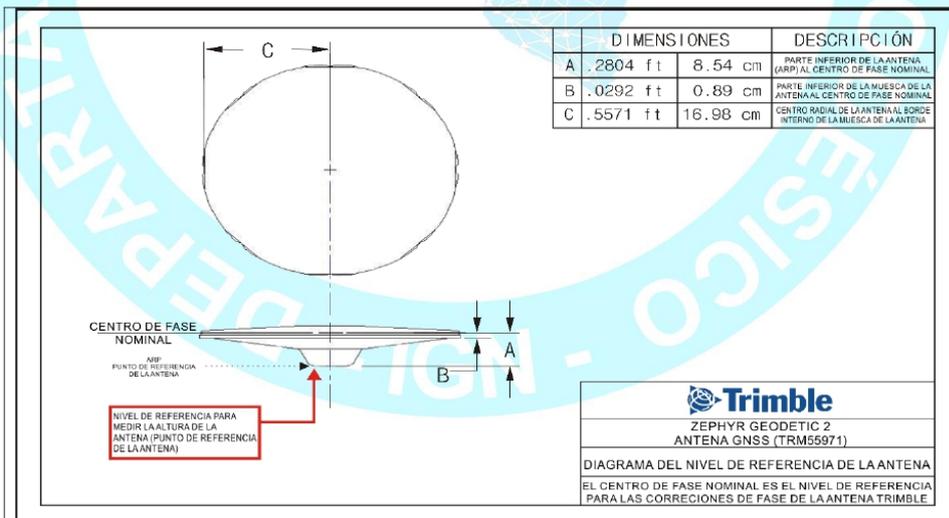
**5. ESQUEMA DE LA ESTACIÓN**

**5.1. ESQUEMA DE ALTURA DE LA ANTENA**



<b>a = 8.54 cm</b>	Distancia de compensación del centro de fase. (Phase Center Offset)
<b>b = 7.50 cm</b>	Distancia entre la base de soporte de la antena y el límite superior del bloque metálico incrustado en el monumento.

**5.2. DIMENSIONES DE LA ANTENA**





**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA  
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



**6. INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESAMIENTO**

**Área de mantenimiento:** DPG  
**Área de control:** DPG  
**Área de procesamiento:** DPG  
**Observables:** L1, L2, C1, P2  
**Intervalo de registro:** 5 seg  
**Máscara de elevación:** 5°  
**Archivo diario:** 24 HRS  
**Formato de archivo nativo:** \*T01  
**Datos para el procesamiento:** 06 al 19 de septiembre de 2020  
**Tipo de órbita:** Efemérides precisas finales  
**Archivo procesado:** Rinex 2.11  
**Software de procesamiento:** Gamit / Globk V 10.71  
**Procesador y analista GNSS:** Lic. Franklin Maylle Gamarra  
**Revisado por:** CAP. EP. Rogger Montoya Monroy

**7. CONTACTOS**

**Oficina:** Departamento de Procesamiento Geodésico  
**Dirección:** Av. Andrés Aramburú 1184, Surquillo, Lima 34, Perú  
**Teléfono:** 4759960 / 4753030 Anexo 120  
**Correo:** [cpg@ign.gob.pe](mailto:cpg@ign.gob.pe) / [sirgas\\_peru@ign.gob.pe](mailto:sirgas_peru@ign.gob.pe)  
**Web site:** [http://209.45.65.186/rastreo\\_permanente](http://209.45.65.186/rastreo_permanente)

## SOLICITUD DE CODIGOS PARA PUNTOS GEODESICOS



### SOLICITUD DE CÓDIGOS PARA PUNTOS GEODÉSICOS

INFORMACION DEL SOLICITANTE : N° Solicitud : 0000001067

PERSONA NATURAL/JURIDICA RESPONSABLE DE LOS TRABAJOS TRABAJOS DE POSICIONAMIENTO GNSS	DAGA LOPEZ CARLOS ALBERTO
TELEFONO / CELULAR	995542300
CORREO ELECTRONICO	<a href="mailto:idgeodesiaytopografia@gmail.com">idgeodesiaytopografia@gmail.com</a>
CANTIDAD DE PUNTOS GEODÉSICOS	
Datos del Punto Geodésico 1	
ORDEN DE PUNTO GEODÉSICO	"C"
DEPARTAMENTO	PASCO
PROVINCIA	PASCO
CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO 1(*)	PAS01340
Datos del Punto Geodésico 2	
ORDEN DE PUNTO GEODÉSICO	"C"
DEPARTAMENTO	PASCO
PROVINCIA	PASCO
CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO 2(*)	PAS01341
FECHA DE REGISTRO :	16/08/2022
Tener precaución de indicar correctamente la provincia y departamento en la cual se realizará el trabajo, en caso que el código no pertenezca a la provincia y/o departamento en que se realizaron los trabajos, no será certificado.	
<p><b>AVISO</b> El código asignado por el Sistema de Certificaciones, tendrá validez de no mayor a seis (06) meses para su certificación, ello contempla el proceso de levantamiento de observaciones (en caso lo hubiera). El no cumplimiento de lo dispuesto, llevará a la anulación y asignación de dichos códigos a otros proyectos.</p>	

COMPROBANTE DE PAGO DEL FORMULARIO DE INFORMACION DE LA ESTACION GNSS PERMANENTE.



INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL  
 AV. ARAMBURU 1184 ZONA SURQUILLO  
 LIMA - LIMA  
 TELEFONO : 226-7067  
 EMAIL : COMERCIALIZACION@IGN.GOB.PE

Horario de Atención: Lunes a Viernes 09:00 am - 04:00 pm

<b>RECIBO DE INGRESO</b>
RUC : 20301053623
R001-006255

Datos de Cliente		Datos del Recibo			
<b>Cliente :</b>	ID GEODESIA Y TOPOGRAFIA S.A.C.	<b>Fecha de Emision :</b>	22 Agosto	2022	
<b>Direccion :</b>	CAL. CUATRO MZA. 33 LOTE. 14 P.J. SAN JUAN DE AMANCAES LIMA - LIMA - RIMAC	<b>N° Interno :</b>	0000003801		
<b>RUC.</b>	20547939876	<b>Forma de Pago :</b>	DEPOSITO		
		<b>Tipo de Moneda :</b>	SOLES		
ITEM	CODIGO		CANTIDAD	PRECIO U	SUBTOTAL
01	S-02-04-00051	SERVICIO DE DATA DE LA RED GEODESICA NACIONAL (DATA GNSS ERP) - CERRO DE PASCO PASCO PASCO -- CERRO DE PASCO	1.00	119.40	119.40
02	S-02-05-00061	DESCRIPCION MONOGRÁFICA DE PUNTO GPS ERP (A,B,C) (FICHA TECNICA DE ERP GNSS) - CERRO DE PASCO PASCO PASCO --	1.00	116.70	116.70
DOSCIENTOS TREINTA Y SEIS CON 10/100 SOLES			<b>IMPORTE TOTAL</b>	<b>S/</b>	236.10

**Vendedor :** rBROCCAS  
**Cobrado Por :** jBROCCAB  
**Hora Impresion :** 02:01:05p.m.

Esta es una representacion impresa  
 N° NOTA VENTA : 0000004915  
 ERP PA01 - PASCO  
 FECHA: 20/08/2022  
 IDGEODESIAYTOPOGRAFIA@GMAIL.COM

COMPROBANTE DE PAGO DE DATA DE LA ESTACION GNSS PERMANENTE.



INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL  
AV. ARAMBURU 1184 ZONA SURQUILLO  
LIMA - LIMA  
TELEFONO : 226-7067  
EMAIL : COMERCIALIZACION@IGN.GOB.PE

Horario de Atención: Lunes a Viernes 09:00 am - 04:00 pm

RECIBO DE INGRESO

RUC :20301053623  
R001-006255

Datos de Cliente			Datos del Recibo		
<b>Cliente :</b>	ID GEODESIA Y TOPOGRAFIA S.A.C.		<b>Fecha de Emision :</b>	22 Agosto	2022
<b>Direccion :</b>	CAL. CUATRO MZA. 33 LOTE. 14 P.J. SAN JUAN DE AMANCAES LIMA - LIMA - RIMAC		<b>N° Interno :</b>	0000003801	
<b>RUC.</b>	20547939876		<b>Forma de Pago :</b>	DEPOSITO	
			<b>Tipo de Moneda :</b>	SOLES	
ITEM	CODIGO		CANTIDAD	PRECIO U	SUBTOTAL
01	S-02-04-00051	SERVICIO DE DATA DE LA RED GEODESICA NACIONAL (DATA GNSS ERP) - CERRO DE PASCO PASCO PASCO -- CERRO DE PASCO	1.00	119.40	119.40
02	S-02-05-00061	DESCRIPCION MONOGRAFICA DE PUNTO GPS ERP (A,B,C) (FICHA TECNICA DE ERP GNSS) - CERRO DE PASCO PASCO PASCO --	1.00	116.70	116.70
DOSCIENTOS TREINTA Y SEIS CON 10/100 SOLES			<b>IMPORTE TOTAL</b>	<b>S/</b>	236.10

Vendedor : rBROCCAS

Cobrado Por : jBROCCAB

Hora Impresion : 02:01:05p.m.

Esta es una representacion impresa

N° NOTA VENTA : 0000004915

ERP PA01 - PASCO

FECHA: 20/08/2022

IDGEODESIAYTOPOGRAFIA@GMAIL.COM

COMPROBANTE DE PAGO DE CERTIFICACION DE TRES PUNTOS.



INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL  
AV. ARAMBURU 1184 ZONA SURQUILLO  
LIMA - LIMA  
TELEFONO : 226-7067  
EMAIL : COMERCIALIZACION@IGN.GOB.PE

Horario de Atención: Lunes a Viernes 09:00 am - 04:00 pm

RECIBO DE INGRESO
RUC : 20301053623
R001-006501

Datos de Cliente		Datos del Recibo		
<b>Cliente :</b>	ID GEODESIA Y TOPOGRAFIA S.A.C.	<b>Fecha de Emision :</b>	05 Septiembre 2022	
<b>Direccion :</b>	CAL. CUATRO MZA. 33 LOTE. 14 P.J. SAN JUAN DE AMANCAES LIMA - LIMA - RIMAC	<b>N° Interno :</b>	0000004049	
<b>RUC.</b>	20547939876	<b>Forma de Pago :</b>	DEPOSITO	
		<b>Tipo de Moneda :</b>	SOLES	

ITEM	CODIGO		CANTIDAD	PRECIO U	SUBTOTAL
01	S-02-06-01177	SERVICIO DE CERTIFICACION DE PROCESAMIENTO DE PUNTO GEODESICO - ORDEN "C" PASCO PASCO -- PALLANCHACRA 190106	2.00	307.70	615.40
SEISCIENTOS QUINCE CON 40/100 SOLES				<b>IMPORTE TOTAL</b>	<b>S/ 615.40</b>

Vendedor : rBROCCAS

Cobrado Por : jBROCCAB

Hora Impresion : 03:23:02p.m.

Esta es una representacion impresa

N° NOTA VENTA : 0000005223

IDGEODESIAAYTOPOGRAFIA@GMAIL.COM

DATA ESTRUCTURAL DE CAMPO										CLASIFICACIÓN RMR (ROCK MASS RATING, BIENIAWSKI, 1989)														
N°	Buz(*)	D. Buz(*)	Familia	Tipo	Espac.(m)	Persist.(m)	Apert.(mm)	Relleno	Rugosidad	Meteoriz.	Resistencia de la roca intacta	Picota	R6 (15)	R5 (12)	R4 (7)	R3 (4)	R2 (2)	R1 (1)						
1											1	Is(50)	>10 Mpa	4-10	2-4	1-2	Se prefiere UCS							
2											1	UCS	>250MPa	100-250 Mpa	50-100MPa	25-50	5-25	1-5						
3											2	Resistencia a la compresión uniaxial (Mpa) $\sigma_c$			X									
4											2	VALORACIÓN												
5											2	RQD	90-100% (20)	75-90% (17)	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)							
6											2	VALORACIÓN												
7											3	Espaciamiento	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	200 - 600 mm (10)	60 - 200 mm (8)	< 60 mm (5)							
8											3	VALORACIÓN				8								
9											4	Condición de las discontinuidades	Superficies muy rugosas discontinuas, no hay separación de paredes intactas (30)	Superficies ligeramente rugosas, separación<1mm, paredes lig. Meteorizadas (25)	Superficies ligeramente rugosas, separación<1mm, paredes altamente Meteorizadas (20)	Superficies pulidas o relleno de falla <5 mm de espesor, ó separación 1-5mm continuas (10)	Relleno de falla suave >5mm de espesor ó separación > 5mm continuas (0)							
10											4	VALORACIÓN												
11											5	Agua subterránea	Totalmente seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteando (4)	Fluyendo (0)							
12											5	VALORACIÓN												
13											6	Ajuste por orientación de discontinuidades	Muy favorable (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorable (-10)	Muy desfavorable (-12)							
14											6	VALORACIÓN												
CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES										SISTEMA Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)					GSI (GEOLOGICAL STRENGTH INDEX, HOEK, 2000)									
Familia de discontinuidades		Familia 1		Familia 2		Familia 3		Familia 4		Ajuste por orientación de discontinuidades					Ajuste por orientación de discontinuidades									
Buzamiento y dirección de buzamiento (Bz / DBz)										Muy favorable (0)					Favorable (-2)									
										Regular (-5)					Desfavorable (-10)									
										Muy desfavorable (-12)														
Condición de discontinuidades	Persistencia									RQD					Rock Quality Designation									
	Rugosidad									Jn					Índice de Familias de Juntas (x 2 Bocamina)									
	Apertura									Jr					Índice de Rugosidad de las Discontinuidades									
	Relleno									Ja					Índice de Alteración de Discontinuidades									
	Meteorización									Jw					Factor de Reducción de agua en las discontinuidades									
Espaciamiento promedio (m)										SRF					Factor de Reducción de Esfuerzos									
Número total de juntas m3 (Jv)		#iDIV/O!		Porcentaje de RQD (Según Palmstrom, 1982)		#iDIV/O!				Q					Q'									
RESUMEN DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA										EVALUACIÓN ESTRUCTURAL					CROQUIS					FOTOGRAFÍA				
RMR89				Ajuste por orientación (regular)																				
RMR'89				Básico (Sin ajuste por orientación)																				
GSI				Geological Streght Index																				
Q'				Calculado por: Q=RQD/Jn*Jr/Ja																				
Q				Calculado por: Q=RQD/Jn*Jr/Ja*Jw/SRF																				
OBSERVACIONES																								

PROYECTO : Evaluación y Diseño del Tipo de Sostenimiento para la Estabilidad de la Bocamina Vinchos para inicio de Cierre de Minas HOJA : 1 de 8  
 EMPRESA : EJECUTADO POR : AM FECHA : 19/08/2022  
 COORDENADAS : Este: 359636 Norte: 8845561 Cota: - REVISADO POR : EM  
 UBICACIÓN : Bocamina VI-B-24 ESTRUCT-DOM : DE-1 LITOLÓGÍA : Filita silicificada EG-1

**RMR**

Resistencia	MPa	rating 89	rating 76
R6	> 250	15	15
R5	100 - 250	12	14
R4	50 - 100	7	7
R3	25 - 50	4	4
R2	5 - 25	2	2
R1	1 - 5	1	1
R0	< 1	0	0

	RQD (%)	rating 89	rating 76
0	<25	3	3
25	25-50	8	8
50	50-75	13	13
75	75-90	17	17
90	90-100	20	20

	ESPACIAMIENTO (mm)	rating 89	rating 76
0	<60	5	5
50	60-200	8	8
300	200-1000	10	20
1000	600-2000	15	22
2000	>2000	20	30

Persistencia		rating 89	rating 76		
P1	<1 m	6	5	<1 m	P1
P2	1-3 m	4	4	1-3 m	P2
P3	3-10 m	2	3	3-10 m	P3
P4	10-20 m	1	1	10-20 m	P4
P5	>20 m	0	0	>20 m	P5

Meteorización		rating 89	rating 76		
W0	Fresca	6	5	Fresca	W0
W1	Ligera	5	4	Ligera	W1
W2	Moderada	3	3	Moderada	W2
W3	Alta	1	1	Alta	W3
W4	Descompuesta	0	0	Descompuesta	W4

Abertura (mm)		rating 89	rating 76	Masiva	mm	
A0	C	6	5	Masiva	C	A0
A1	<0.1mm	5	4	Entre Abierta	< 0.1	A1
A2	0.1-1mm	3	3	Abierta	>= 0.1 a < 1	A2
A3	1-5mm	1	1	Muy Abierta	>= 1 a < 5	A3
A4	>5mm	0	0	Extremadamente Abierta	>= 5	A4

Rugosidad		rating 89	rating 76		
G1	Muy Rugosa	5	5	Muy Rugosa	G1
G2	Rugosa	4	4	Rugosa	G2
G3	Lig. Rugosa	3	3	Lig. Rugosa	G3
G4	Ondulada	1	1	Ondulada	G4
G5	Suave	0	0	Suave	G5

Releno		rating 89	rating 76		
F0	Ninguno	6	5	Ninguno	F0
F1	Duro <5mm	4	4	Duro <5mm	F1
F2	Duro >5mm	2	3	Duro >5mm	F2
F3	Blando <5mm	2	2	Blando <5mm	F3
F4	Blando >5mm	0	0	Blando >5mm	F4

AGUA		rating 89	rating 76
completamente seco	CS	15	10
humedo	H	10	7
mojado	M	7	5
goteando	G	4	4
fluyendo	F	0	0

Notación romana

0	20	Muy Mala	V
21	30	Mala	IV-B
31	40	Mala	IV-A
41	50	Regular	III-B
51	60	Regular	III-A
61	80	Buena	II
81	100	Muy Buena	I

Abreviatura	Material
aln	Alunita
kao	Caollnita
dck	Dickita
arc	Arcillas
goe	Goethita
jar	Jarrosita
py	Pirita
hm	Hematita
ox	Oxidos
lim	Limonitas
eng	Enargitas
qz	Cuarzo
cal	Calcita
gyp	Yeso

lim/ox Limonitas/Oxidos  
cal/ox Calcita/Oxidos

**Q BARTON**

Jn	
M	1
1	2
1a	3
2	4
2a	6
3	9
3a	12
4	15
4a	20
Jr	
A	4
B	3
C	2
D	1.5
E	1.5
F	1
G	0.5
H	1
J	1
Ja	
A	0.75
B	1
C	2
D	3
E	4
F	4
G	6
H	8
J	10
K	6
L	8
M	10
O	13
P	15

**Tipo de discontinuidad Abreviatura**

Venillas	V
Diaclasa	D
Zona de cizalla	Z
Contacto litológico	C
Estratificación	E
Vetilla mineral	M
Falla	F

#N/D

**APÉNDICE A. RESULTADOS DE MODELO HEC-HMS**

<b>Proyecto:</b>	<b>Evaluación y Diseño del Tipo de Sostimiento para la Estabilidad de la Bocamina Vinchos para inicio de Cierre de Minas</b>	<b>N° Proyecto:</b>	<b>22C88702</b>
<b>Tema:</b>		<b>Revisión:</b>	<b>B</b>
<b>Por :</b>		<b>Fecha:</b>	<b>16/09/2022</b>
<b>Revisado:</b>		<b>Fecha:</b>	<b>16/09/2022</b>

**1 Criterio para determinar el tiempo de concentración**

Se utilizó el método NRCS para estimar el  $t_c$ , el cual es aplicable para cuencas hidrográficas pequeñas, en las que la mayor parte del caudal es superficial, de modo que el momento del caudal máximo no se ve afectado significativamente por el caudal de contribución canalizado a través de sistemas subterráneos de drenaje pluvial. La ecuación es:

$$t_c = t_{sh} + t_{sc} + t_{ch}$$

Ecuación 4-16.

donde :

$t$  = tiempo de viaje del flujo laminar

$sh$

$t$  = tiempo de viaje del flujo concentrado poco profundo

$sc$

$t$  = tiempo de viaje del flujo del canal

$ch$

**2 Esquema de las áreas de drenaje**



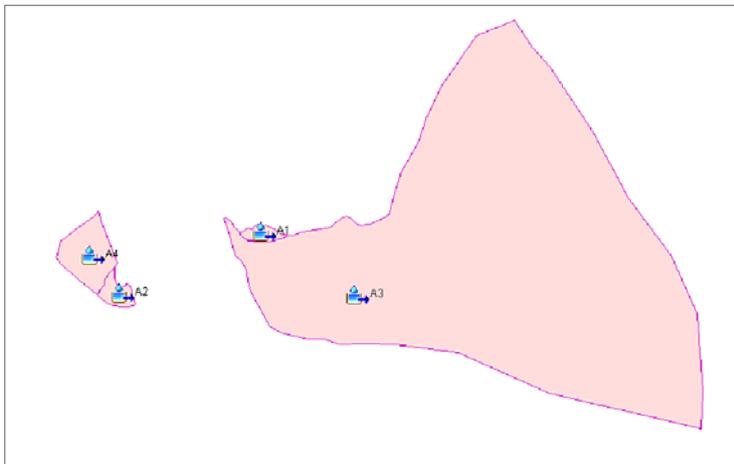
**2 Cálculo del tiempo de concentración y tiempo de retardo**

Código	Area de aporte (m <sup>2</sup> )	Area de drenaje (km <sup>2</sup> )	Area de aporte (Ha)	N Curva	Longitud total curso mayor Length of flow path , L (m)	Tiempo de viaje de flujo laminar				Tiempo de viaje de flujo concentrado poco profundo				Tiempo de viaje de flujo en canal			Tiempo de concentración, Tc (min)	Lag time, 0,6*Tc (min)	
						Datos				Datos				Datos					
						Manning Roughness, n	Length of flow path , L (m)	2 yr, 24 hr rainfall, P (mm)	Ground Slope, S (m/m)	Travel time, t1 (min)	Length of Flow Path, L (m)	Ground Slope, S (m/m)	Flow Velocity, V (m/s)	Travel time, t2 (min)	Length of Flow Channel, L (m)	Flow Velocity, V (m/s)			Travel time, t3 (min)
A1	194.7	0.00019	0.019	80	30	0.15	30	35.2	0.83	3.3	0	0.00	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	3.3	2.0
A2	281.2	0.00028	0.028	80	40	0.15	20	35.2	0.35	3.4	0	0.00	0.0	0.0	20.0	1.0	0.3	3.7	2.2
A3	35,521.4	0.03552	3.552	75	364	0.15	100	35.2	0.48	10.8	264	0.48	3.4	1.3	0.0	1.0	0.0	12.1	7.3
A4	1,039.2	0.00104	0.104	80	65	0.15	25	35.2	0.28	4.4			0.0	0.0	40.0	1.0	0.7	5.1	3.1

**APÉNDICE A. RESULTADOS DE MODELO HEC-HMS**

Proyecto:	Evaluación y Diseño del Tipo de Sostenimiento para la Estabilidad de la Bocamina Vinchos para inicio de Cierre de Minas	N° Proyecto:	22C88702
Tema:	RESULTADOS DE MODELO HEC-HMS - ALTERNATIVA 1	Revisión:	B
Por :	W.P.	Fecha:	16/09/2022
Revisado:	E.C.	Fecha:	16/09/2022

**1 Modelo**



**2 Resumen de resultados**

Código	Área (km <sup>2</sup> )	Tr 50 años		Tr 100 años		Tr 200 años		Tr 500 años	
		Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Volumen (x1000 m <sup>3</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Volumen (x1000 m <sup>3</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Volumen (x1000 m <sup>3</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Volumen (x1000 m <sup>3</sup> )
A1	0.0002	0.002	0.004	0.002	0.005	0.003	0.006	0.003	0.007
A2	0.0003	0.003	0.006	0.003	0.007	0.004	0.008	0.005	0.010
A3	0.0355	0.196	0.548	0.241	0.661	0.291	0.784	0.360	0.959
A4	0.0010	0.010	0.022	0.012	0.026	0.014	0.03	0.016	0.036

**3 Caudales por canal Tr 200 años**

Canal/Tubería	Áreas de Drenaje	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Cuneta de coronación 1	A1	0.003
Cuneta de coronación 2	A2	0.004
Canal 1	A1+A3+Caudal VI-B-23	0.295
Canal 2	A2+A4+Caudal VI-B-24	0.024

Nota:

Caudal de la bocamina VI-B-23 es 3.98 l/s y de la bocamina VI-B-24 es 10.42 l/s.