



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos  
Naturales no Renovables

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental Y Ordenamiento  
Territorial

“Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja”

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial.

**AUTORA:**

Doménica Mishell Rodríguez Castillo

**DIRECTOR:**

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo Mg. Sc

Loja - Ecuador

2024

## Certificación

Loja, 12 de septiembre de 2024

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo, Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

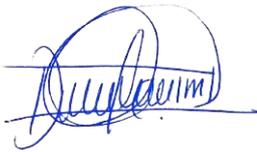
Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja”** previo a la obtención del título de **Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría de la estudiante **Doménica Mishell Rodríguez Castillo**, con **cédula de identidad Nro. 1722079694**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo, Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **Doménica Mishell Rodríguez Castillo**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



**Firma:**

**Cédula de Identidad:** 1722079694

**Fecha:** 12 de septiembre de 2024.

**Correo electrónico:** [domenica.rodriguez@unl.edu.ec](mailto:domenica.rodriguez@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 099924852

**Carta de autorización por parte de la autora, para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo, **Doménica Mishell Rodríguez Castillo**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **“Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja”**, como requisito para optar al título de: **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los doce días del mes de septiembre del 2024.



**Firma:**

**Autora:** Doménica Mishell Rodríguez Castillo

**Cédula de Identidad:** 1722079694

**Correo electrónico:** domenica.rodriguez@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0999924852

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Titulación:** Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo, Mg. Sc.

## **Dedicatoria**

A diosito por darme la sabiduría y entendimiento necesario para poder sobrellevar todas las circunstancias favorables y desfavorables que me aquejaron y poder llegar a estas instancias de mi vida. A mis adorados padres Clemen y Henry, ya que a pesar de todos mis errores y aciertos siempre me apoyaron incondicionalmente, gracias porque sin ustedes nada de esto sería posible. A mis hermanitos Jhordy, Salma y Arantxa, por el cariño que les tengo y siempre les tendré, espero ser un ejemplo a seguir para sus vidas. A mis papitos Jorge y Doraliza por quererme tanto y cuidar de mí desde muy pequeña, a mi mamita Amada; que, aunque no estes en este plano siempre te tengo presente. A mi tía Claudia y mi princess Nathy, por brindarme su apoyo incondicional durante todo mi proceso académico. A ti Carlos, la persona que estuvo durante toda la elaboración de este proyecto, gracias por tu apoyo. Finalmente, a mi príncipe Jaspe, que llegó a mi vida para sacarme una sonrisa en cada noche de desvelo.

***Doménica Mishell Rodríguez Castillo***

## **Agradecimiento**

A mis padres por todos los sacrificios que tuvieron que hacer para lograr esta gran meta en mi vida. A mi hermosa familia por el apoyo que me dieron siempre, a todas mis amistades que fui cultivando a lo largo de toda mi vida académica, gracias por su compañía, consejos y bromas. A Diego Cueva, por ser la persona que me apoyó durante toda la campaña de campo, gracias por tu compañía y aliento. Al Ing. Diego Castillo, director del Trabajo de Titulación por su tiempo y asesoría durante todo el desarrollo de este proyecto de titulación. A los ingenieros Carlos Bermeo, Gabriel Gallardo, Gonzalo Rojas, Stalin Puglla, por el apoyo y amistad brindada. A todos los docentes de la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, por haberme formado durante todos estos años. Finalmente, a la UNL por haberme aceptado y brindarme esta oportunidad de formarme como una profesional.

***Doménica Mishell Rodríguez Castillo***

## Índice de Contenidos

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de Contenidos</b> .....	<b>vii</b>
Índice de tablas .....	x
Índice de figuras .....	xii
Índice de anexos .....	xiii
Índice de fotografías .....	xiv
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
Abstract .....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco Teórico</b> .....	<b>6</b>
4.1. Topografía .....	6
4.1.1. Levantamiento con Dron. ....	6
4.2. Geología .....	7
4.3. Roca .....	7
4.3.1. Propiedades de las Rocas .....	8
4.4. Mecánica de Rocas .....	8
4.4.1. Macizo Rocoso .....	8
4.4.1.1. Discontinuidades .....	9
4.4.1.1.1. Tipo de Discontinuidades. ....	9
4.4.1.1.2. Propiedades de las Discontinuidades. ....	9
4.4.1.2. Descripción de Macizos Rocosos. ....	10

4.5. Propiedades Físico – Mecánicas de las Rocas.....	11
4.5.1. Resistencia a la compresión simple .....	13
4.5.2. Ensayos de Laboratorio de Resistencia y Deformabilidad .....	14
4.5.3 Ensayo de Compresión Simple .....	14
4.6. Clasificación Geomecánica de los Macizos Rocosos .....	14
4.6.1. Índice de Calidad de la Roca “RQD” .....	14
4.6.2. Clasificación RMR de Bieniawski .....	16
4.6.3. Clasificación SMR (Romana) .....	19
<b>5. Metodología .....</b>	<b>21</b>
5.1. Área de Estudio .....	21
5.1.1. Ubicación.....	21
5.1.2. Acceso.....	22
5.1.3. Clima .....	22
5.1.4. Hidrografía.....	23
5.1.5. Cobertura Vegetal .....	23
5.1.6. Geología Regional.....	23
5.2. Materiales .....	25
5.3. Procedimiento .....	26
5.3.1. Metodología del Primer Objetivo .....	26
5.3.1.1. Levantamiento Topográfico. ....	26
5.3.1.2. Levantamiento Geológico. ....	30
5.3.1.3. Pendientes.....	32
5.3.2. Metodología del Segundo Objetivo.....	33
5.3.2.1. Determinación de datos geomecánicos. ....	33
5.3.2.1.1. Determinación de las Propiedades Físicas - Mecánicas .	36
5.3.3. Metodología del Tercer Objetivo.....	41
5.3.3.1. Determinación del RQD.....	41
5.3.3.2. Determinación del RMR.....	41
5.2.3.3. Determinación del SMR-C mediante un SIG .....	44
<b>6. Resultados .....</b>	<b>49</b>
6.1. Topografía.....	49

6.2. Pendiente.....	50
6.3. Geología Local.....	51
6.3.1. Unidad Cera .....	52
6.3.2. Unidad Gonzabal.....	55
6.3.3. Coluvial Polimítico .....	58
6.3.4. Contacto de Meta-arenisca y coluvial.....	59
6.3.5. Geología Estructural.....	59
6.4. Caracterización de los Macizos Rocosos.....	64
6.5. Propiedades Físico – Mecánicas .....	66
6.5.1. Cálculo de las Propiedades Físicas.....	66
6.5.2. Resistencia a la compresión simple .....	67
6.6. Clasificación Geomecánica de los Macizos Rocosos .....	68
6.6.1. RQD .....	68
6.6.2. RMR .....	72
6.6.3. SMR .....	74
<b>7. Discusión .....</b>	<b>80</b>
<b>8. Conclusiones.....</b>	<b>84</b>
<b>9. Recomendaciones.....</b>	<b>86</b>
<b>10. Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>88</b>
<b>11. Anexos.....</b>	<b>90</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de Tipos de Drones.....	7
<b>Tabla 2.</b> Tipo de Discontinuidades.....	9
<b>Tabla 3.</b> Particularidades para la Caracterización del Macizo Rocoso .....	11
<b>Tabla 4.</b> Propiedades de la Matriz Rocosa y Métodos para su Determinación.....	12
<b>Tabla 5.</b> Índice de Calidad de la Roca (RQD).....	15
<b>Tabla 6.</b> Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989) .....	17
<b>Tabla 7.</b> Parámetros de Corrección de las Juntas (Romana, 1985) .....	19
<b>Tabla 8.</b> Factor de Ajuste según el Método de Excavación .....	20
<b>Tabla 9.</b> Clasificación SMR.....	20
<b>Tabla 10.</b> Coordenadas Geográficas de Ubicación UTM/WGS84 .....	22
<b>Tabla 11.</b> Materiales de Campo, Laboratorio, Geoprocusamiento y Gabinete .....	25
<b>Tabla 12.</b> Puntos de Control del Levantamiento Topográfico .....	27
<b>Tabla 13.</b> Posiciones de la Cámara .....	27
<b>Tabla 14.</b> Errores Medios de las Posiciones de las Cámaras.....	28
<b>Tabla 15.</b> Ficha de Descripción de Afloramientos.....	31
<b>Tabla 16.</b> Clasificación de las Pendientes .....	32
<b>Tabla 17.</b> Zonificación Litoestructural .....	34
<b>Tabla 18.</b> Ficha de Caracterización Geomecánica .....	35
<b>Tabla 19.</b> Clasificación Geomecánica RMR de la Junta 1 perteneciente a la Zona 2 (Bieniawski, 1989).....	43
<b>Tabla 20.</b> Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR. ....	44
<b>Tabla 21.</b> Funciones Continuas para F1, F2 y F3.....	44
<b>Tabla 22.</b> Propiedades de las Variables Primarias .....	45
<b>Tabla 23.</b> Propiedades de las Variables Secundarias.....	45
<b>Tabla 24.</b> Resultados Obtenidos de la Pendientes .....	51
<b>Tabla 25.</b> Ubicación Geográfica de los Afloramientos .....	52
<b>Tabla 26.</b> Geología Estructural de la Zona de Interés .....	60
<b>Tabla 27.</b> Litologías del Área de Estudio .....	60
<b>Tabla 28.</b> Descripción de la Zonificación Litoestructural .....	63
<b>Tabla 29.</b> Abscisa para cada Zona Litoestructural .....	64
<b>Tabla 30.</b> Familia de Discontinuidades Promediadas de la Zona 2 .....	65
<b>Tabla 31.</b> Resultados de los diferentes tipos de pesos.....	66

<b>Tabla 32.</b> Resultados de las Propiedades Físicas .....	67
<b>Tabla 33.</b> Resistencia a la Compresión Simple .....	68
<b>Tabla 34.</b> Cálculos para Determinar la Calidad del Macizo Rocosos en Función del RQD .....	70
<b>Tabla 35.</b> Descripción del tamaño de bloque en función del número de discontinuidades. ....	71
<b>Tabla 36.</b> Resultados de la zona de estudio conforme la descripción del tamaño de bloque en función del número de discontinuidades. ....	71
<b>Tabla 37.</b> Clasificación de macizos rocosos en función del tamaño y forma de los bloques.....	72
<b>Tabla 38.</b> Resultados del RMR .....	73
<b>Tabla 39.</b> Valores de SMR – C, mediante SIG de cada zona. Rotura planar. ....	74
<b>Tabla 40.</b> Valores de SMR – C, mediante SIG de cada zona. Rotura por vuelco....	75
<b>Tabla 41.</b> Clases de estabilidad según el SMR. ....	77
<b>Tabla 42.</b> Resultados de la estabilidad para rotura planar de los taludes rocosos. .	78
<b>Tabla 43.</b> Resultados de la estabilidad para rotura por vuelco de los taludes rocosos.....	79

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Dron de Ala Fija y Dron Multirroto	6
<b>Figura 2.</b> Perfiles de rugosidad para Rango de JRC	12
<b>Figura 3.</b> Relación Jr, Sistema Q y JRC	13
<b>Figura 4.</b> Puntaje de Acuerdo a la Resistencia de la Matriz Rocosa	18
<b>Figura 5.</b> Puntaje de Acuerdo al Valor del RQD%	18
<b>Figura 6.</b> Puntaje de Acuerdo al Espaciamiento de las Discontinuidades	18
<b>Figura 7.</b> Zona de Estudio	21
<b>Figura 8.</b> Acceso a la Zona de Estudio, a (Vía Aérea, b) Vía Terrestre	22
<b>Figura 9.</b> Geología Regional del Área de Estudio	25
<b>Figura 10.</b> Posiciones de las Cámaras y Estimación de Error	28
<b>Figura 11.</b> Nube de Puntos en 3D	29
<b>Figura 12.</b> Nubes de Puntos Densa	29
<b>Figura 13.</b> Modelo Digital del Terreno	30
<b>Figura 14.</b> Modelo Digital de la Superficie	30
<b>Figura 15.</b> Ábaco para Determinar JRC en Función de Amplitud y Longitud de Discontinuidad	39
<b>Figura 16.</b> Ábaco en Función del Índice de Rebote y su Densidad	40
<b>Figura 17.</b> Diagrama de Flujo para el Cálculo de SMR-C	46
<b>Figura 18.</b> Topografía del Área de Interés	49
<b>Figura 19.</b> Perfil Topográfico A – A´	50
<b>Figura 20.</b> Perfil Topográfico B – B´	50
<b>Figura 21.</b> Mapa de Pendientes del Área de Interés	51
<b>Figura 22.</b> Geología Local del Área de Interés	61
<b>Figura 23.</b> Perfil Geológico A - A´	61
<b>Figura 24.</b> Perfil Geológico B - B´	62
<b>Figura 25.</b> Zonificación Litoestructural	63
<b>Figura 26.</b> Orientaciones Preferenciales por Familia de la Zona 2	65
<b>Figura 27.</b> Mapa de susceptibilidad a rotura planar de los taludes rocosos (SMR <sub>MÍNIMO</sub> )	76
<b>Figura 28.</b> Mapa de susceptibilidad a rotura por vuelco de los taludes rocosos (SMR <sub>MÍNIMO</sub> )	76

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Mapa de Ubicación.....	90
<b>Anexo 2.</b> Mapa Topográfico .....	91
<b>Anexo 3.</b> Pendiente del Área de Estudio.....	92
<b>Anexo 4.</b> Geología del Área de Estudio.....	93
<b>Anexo 5.</b> Zonificación Litoestructural.....	94
<b>Anexo 6.</b> Mapa Slope Mass Rating – Rotura Planar .....	95
<b>Anexo 7.</b> Mapa Slope Mass Rating – Rotura por Vuelco.....	96
<b>Anexo 8.</b> Fichas de Descripción de Afloramientos .....	97
<b>Anexo 9.</b> Fichas de Zonificación Litoestructural .....	121
<b>Anexo 10.</b> Certificado de traducción del resumen de español a inglés .....	135

## Índice de fotografías

<b>Fotografía 1.</b> Medición de los Puntos Fotogramétricos .....	27
<b>Fotografía 2.</b> Datos geomecánicos, medida buzamiento y medida de rugosidad con peine de barton. ....	36
<b>Fotografía 3.</b> Determinación de las propiedades físicas. ....	39
<b>Fotografía 4.</b> Ejecución del Ensayo de Compresión Simple .....	40
<b>Fotografía 5.</b> (a) Afloramiento natural de esquistos pelíticos. (b). Acercamiento del mismo afloramiento donde se aprecian las mismas estructuras. ....	53
<b>Fotografía 6.</b> (a) Afloramiento antrópico constituido por cuarcitas. (b). Mismo afloramiento donde se evidencia con más amplitud la litología.....	54
<b>Fotografía 7.</b> (a). Afloramiento de meta – areniscas. (b). Bloques angulosos de meta-areniscas del mismo afloramiento.....	55
<b>Fotografía 8.</b> (a) Intrusión de un Dique Dacítico en un Aglomerado Volcánico de Tobas Andesíticas Porfiríticas. (b) Muestra de mano del mismo afloramiento correspondiente al material constituido por la intrusión.....	56
<b>Fotografía 9.</b> (a) Afloramiento de Tobas Andesíticas (b) Acercamiento del afloramiento donde se muestran los bloques de tobas andesíticas. ....	57
<b>Fotografía 10.</b> Afloramiento constituido por intercalaciones de esquistos y corneana. ....	58
<b>Fotografía 11.</b> Afloramiento constituido por un Coluvio polimítico. (b) Clastos angulosos constituidos por una agrupación de distintas litologías. ....	58
<b>Fotografía 12.</b> Afloramiento de meta-arenisca en contacto con el microconglomerado.....	59
<b>Fotografía 13.</b> Pliegue Sinclinal .....	60

## **1. Título**

**“Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja”.**

## 2. Resumen

El presente proyecto denominado como: “Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja”, se fundamentó en un análisis de 2140 m de longitud del tramo vial. Inicialmente se realizó un levantamiento topográfico mediante vehículo aéreo no tripulado, obteniendo modelos digitales de elevación, superficie y ortomosaico a escala 1:1000. Se identificaron unidades litológicas del Paleozoico, Paleoceno y Cuaternario a través de un mapeo geológico a detalle. Se definieron 14 zonas litoestructurales con características diferenciadas.

En la campaña geomecánica se diferenciaron las familias de discontinuidades y se midieron sus orientaciones preferenciales, espaciamientos, persistencia, rugosidad entre otras propiedades. Se realizaron ensayos de laboratorio para determinar propiedades físico-mecánicas como densidad y resistencia a compresión.

Se clasificó geomecanicamente el macizo rocoso mediante la clasificación RMR, donde se evidenció que los macizos rocosos en la zona de estudio se encuentran entre las clases II y IV, es decir de roca buena a mala. Además, se analizó la susceptibilidad a la rotura de los macizos rocosos, mediante la aplicación de la metodología Slope Mass Rating – Continuo (SMR-C) para determinar la calidad de los macizos rocosos y su respectivo estado de estabilidad en relación a los tipos de rotura planar y por vuelco, para ello se recopiló información de 14 zonas geomecánicas. Indicando macizos rocosos de calidad muy mala a buena, y para rotura por vuelco, se obtuvo macizos rocosos de calidad muy mala a normal. En el cálculo del SMR-C mediante SIG, se concluye que los resultados van a depender de la topografía según la escala de la investigación, el número de estaciones geomecánicas levantadas y la determinación de parámetros resistentes en laboratorio.

Finalmente, los resultados muestran que la zona presenta una topografía irregular, con unidades geológicas heterogéneas y un estado geomecánico variable de regular a malo. Los mapas de susceptibilidad a roturas permiten identificar las zonas que requieren medidas de estabilización.

**PALABRAS CLAVE:** Slope Mass Rating, RMR, Geomecánica, Talud, Rotura Planar, Rotura por Vuelco.

### **Abstract**

The present project, entitled " Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja ", was based on an analysis of a 2140 m long section of the road. Initially, a topographic survey was carried out using an unmanned aerial vehicle, obtaining digital elevation models, surface models, and orthomosaics at a 1:1000 scale. Paleozoic, Paleocene, and Quaternary lithological units were identified through detailed geological mapping. Fourteen lithostructural zones with differentiated characteristics were defined.

In the geomechanical campaign, the discontinuity families were differentiated, and their preferred orientations, spacings, persistence, and roughness, among other properties, were measured. Laboratory tests were carried out to determine physical-mechanical properties such as density and compressive strength.

The rock mass was geomechanically classified using the RMR classification model, where it was evident that the rock masses in the study area are between II and IV classes, that is, from good to poor rock. In addition, the susceptibility to failure of the rock masses was analyzed by applying the Slope Mass Rating Continuous (SMR-C) methodology to determine the quality of the rock masses and their respective stability status in relation to planar and toppling failure types. Information from fourteen geomechanical zones was compiled, indicating rock masses of very poor to good quality, and for toppling failure, very poor to normal quality rock masses. In the calculation of SMR-C using GIS, it is concluded that the results will depend on the topography according to the investigation scale, the number of geomechanical stations surveyed, and the determination of the laboratory-resistant parameters.

Finally, the results show that the area presents an irregular topography, with heterogeneous geological units and a variable geomechanical state from fair to poor. The susceptibility to failure maps allows the identification of the areas that require stabilization measures.

**Keywords:** Slope Mass Rating, RMR, Geomechanics, Slope, Planar Failure, toppling failure.

### 3. Introducción

El presente documento muestra los resultados del estudio geomecánico realizado en los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba-Taquil, en la parroquia Taquil, provincia de Loja, Ecuador.

Debido a su ubicación geográfica, topografía, litológica, además de la presencia de fallas regionales que condicionan la estabilidad de la zona, enfrenta vulnerabilidades ante los riesgos naturales generados por procesos geodinámicos. Estos procesos tienen un impacto negativo en el desarrollo económico y social de sus habitantes, especialmente durante la temporada invernal, donde se ha registrado algunos eventos de inestabilidades en los taludes como deslizamientos, desprendimientos de rocas, entre otras.

La carretera Cachipamba – Taquil, presenta uno de los desafíos más críticos, que es la presencia de taludes rocosos que están siendo afectados por factores meteorológicos y la alteración debida al mejoramiento de la vía Villonaco – Cera – Taquil. La ejecución de esta actividad ha involucrado una serie de estructuras que impactan la estabilidad del macizo rocoso. Sin embargo, la falta de información suficiente sobre las características geológicas, geotécnicas y geomecánicas complican la toma de decisiones.

Por esta razón, en el presente trabajo de investigación se centra en la investigación geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+34 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, aplicando la recopilación de información topográfica, geológica y geomecánica para comprender el comportamiento de las propiedades mecánicas de las discontinuidades. Y así poder evaluar la estabilidad de los taludes rocosos aplicando la caracterización del SMR (Slope Mass Rating), utilizando para ello un sistema de información geográfico que emplea funciones continuas.

Para cumplir con el tema principal, se han establecido los siguientes objetivos:

#### **Objetivos**

##### Objetivo General

Caracterizar geomecánicamente a través del SMR los macizos rocosos del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja.

##### Objetivos Específicos

— Desarrollar un levantamiento topográfico y geológico a detalle.

- Determinar los parámetros físicos – mecánicos de los macizos rocosos.
- Analizar la susceptibilidad a la rotura de los macizos rocosos por medio de la caracterización SMR.

## 4. Marco Teórico

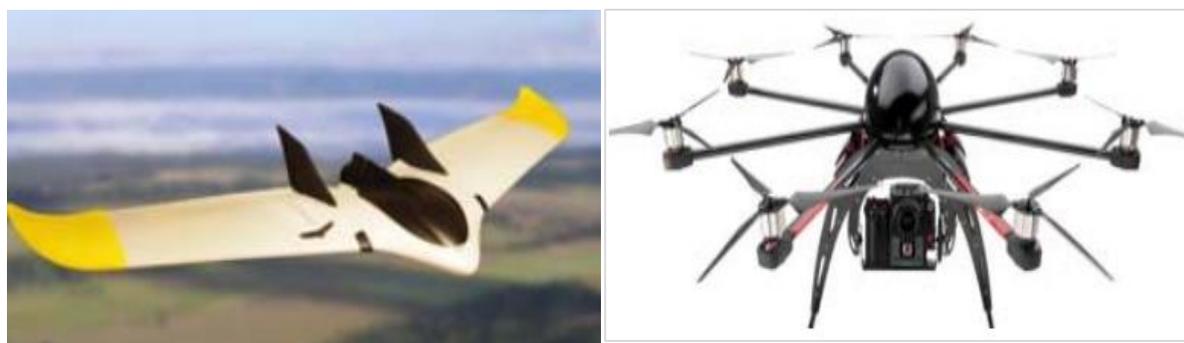
### 4.1. Topografía

Para Pérez López (2010), la topografía se fundamenta en investigar los procedimientos para definir las posiciones relativas de los puntos en la superficie terrestre y debajo de la misma, a partir de la unión de la distancia, elevación y dirección. Por lo que, expresa las técnicas, procesos, operaciones y representación gráfica que ha sido desarrollada en campo.

#### 4.1.1. Levantamiento con Dron.

Para Fernández Lozano et al., (2016), las aeronaves pilotadas por control remoto, son empleados para la toma de fotografías, reconocimiento aéreo, inspección de infraestructuras y medioambiente. Por su peso, permiten la incorporación de GPS precisos y sistemas inerciales.

Ochoa Mulas (2016), define que se puede diferenciar a los drones por el sistema de alas por lo que se tiene: sistema de alas fijas (Figura 1); poseen mayor autonomía, velocidad, menor huella sonora y mejor tolerancia a cambios climáticos; además, el sistema multirrotor, que posee varias alas con diferentes ángulos que llegan hasta los 360 grados. Pueden tener despegue y aterrizaje vertical, además de volar a baja velocidad.



**Figura 1.** Dron de Ala Fija y Dron Multirrotor

*Nota.* Tomado de Ochoa Mulas (2016).

En la Tabla 1 se observa otras clasificaciones definidas Ochoa Mulas (2016) y Fernández Lozano et al., (2016), de acuerdo al modo de operación y según el tipo de sensor.

**Tabla 1.** Clasificación de Tipos de Drones

<b>Modo de Operación</b>	<b>Tipo de Sensor</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Modo manual. Una emisora radiocontrol maneja durante todo el vuelo del dron.</li><li>- Modo asistido. El piloto define las intenciones del vuelo en su supuesto radiocontrol y un autopiloto transforma dichas acciones en la aeronave.</li><li>- Modo automático. Se establece un plan de vuelo y la aeronave vuela con un autopiloto.</li><li>- Modo autónomo. Se establece un plan de vuelo, pero una vez iniciado el piloto no puede intervenir en el control.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sensores LiDAR. Permiten obtener información topográfica mediante un haz de luz.</li><li>- Sensores geofísicos. Toma de datos en tiempo real de información gravimétrica o electromagnética con distintas resoluciones.</li><li>- Sensores químicos. Permiten llegar a zonas de difícil acceso a través de sensores con espectrómetros.</li><li>- Sensores radas y sonar. Permiten la adquisición de información digital en los ámbitos topográficos, prospectivos, geológicos y oceanográficos.</li></ul>

*Nota.* Tomado de Ochoa Mulas (2016) y Fernández Lozano et al., (2016).

## **4.2. Geología**

Iriondo (2006), la define como: “Rama de las Ciencias Naturales que estudia la historia, la composición, la estructura y los procesos de la Tierra, más específicamente de las rocas que constituyen nuestro planeta desde la superficie hasta los 100 o 200 Kilómetros de profundidad”.

Para Tarbuck y Lutgens (2005) la geología es la ciencia que persigue la comprensión del planeta Tierra. Se percibe como una ciencia que se realiza en el exterior, ya que se basa en observaciones y experimentos llevados a cabo en campo (p. 28).

En 2014, Duque-Escobar considera que la geología es la ciencia que estudia el planeta Tierra en su conjunto, describe los materiales que la forman para averiguar su historia y su evolución e intenta comprender la causa de los fenómenos endógenos y exógenos (p. 9).

## **4.3. Roca**

Tarbuck y Lutgens (2005), la roca es el material habitual más abundante de la Tierra, compuesto por cristales microscópicos o macroscópicos (p. 50).

Roca es un agregado sólido, formado por uno o más minerales, y que ocupa gran extensión de la corteza terrestre. En mecánica de rocas se refiere como roca intacta a un elemento, bloque o probeta que no exhibe discontinuidades (Ramírez y Alejano, 2004).

En el medio ambiente las rocas se presentan cortadas por estructuras y superficies de debilidad, como estratificaciones, esquistosidad, fallas, pliegues y juntas. A la unión de todas estas discontinuidades que atraviesan la roca se denomina como estructura del macizo rocoso (p. 16).

#### **4.3.1. Propiedades de las Rocas**

Duque-Escobar (2014), señala que las propiedades de las rocas son las siguientes:

- Rocas ígneas plutónicas. Mineralogía resistente, con falla tipo escalonada.
- Rocas ígneas volcánicas. Heterogénea; falla en poros a excepción de rocas masivas.
- Rocas sedimentarias. Resistencia baja – media, con carácter ortotrópicas, poco rígidas, dúctiles, porosas, con textura laminada.
- Rocas metamórficas. Resistencia media - alta, presenta ortotropía, tenacidad, y baja porosidad. En los planos de clivaje se puede evidenciar cierta rigidez paralela y una plasticidad en su perpendicular.

#### **4.4. Mecánica de Rocas**

Para González de Vallejo et al. (2002), la mecánica de rocas se encarga de la investigación de las particularidades y de la conducta de los materiales rocosos, y su reacción ante las fuerzas ejercidas.

Mayoritariamente la matriz rocosa puede ser afectada por superficies de debilidad (discontinuidades), tensiones y deformaciones, geología, intemperismo, entre otros. Siendo necesario considerar dichos parámetros para la realización de una investigación acerca del macizo rocoso.

##### **4.4.1. Macizo Rcoso**

Como expresan Ramírez y Alejano (2004), es la forma de cómo se muestran las rocas en la naturaleza (afloramiento). Por lo que, está determinado por la roca y estructura, que a su vez contiene algunas características estructurales, tales como fallas, juntas, pliegues, etc. (p. 16).

Por lo tanto, el macizo rocoso está compuesto por uno o más tipos de rocas, las mismas que se hallan afectadas por discontinuidades o superficies de debilidad. Presentan un comportamiento heterogéneo y anisotrópico, siendo heterogéneo cuando presenta variación en las propiedades físico-mecánicas; y anisotrópico

cuando sus propiedades mecánicas varían en dependencia de la dirección de estudio o muestreo (González Maldonado, 2018).

**4.4.1.1. Discontinuidades.** Gavilanes y Andrade (2004), mencionan que las discontinuidades son superficies de debilidad que indican una interrupción en la estructura mecánica de la roca. Para fines descriptivos se emplea la terminología genérico de discontinuidad para referirse a diaclasas, fallas, foliaciones y estratificaciones, considerando que la resistencia al cizallamiento, siempre es inferior a la resistencia de la roca intacta constituyente del macizo rocoso.

**4.4.1.1.1. Tipo de Discontinuidades.** En la Tabla 2 se describen los distintos tipos de discontinuidades, siendo de dos clases, sistemáticas que se presentan en familias y las singulares, cuando se muestran con un único plano.

**Tabla 2.** Tipo de Discontinuidades

Discontinuidades	Sistemáticas	Singulares
Planares	- Planos de estratificación - Planos de laminación - Diaclasas o juntas - Planos de esquistosidad	- Fallas - Diques - Discordancias
Lineales	- Intersección de discontinuidades planares - Lineaciones	- Ejes de pliegues

*Nota.* Tomado de González de Vallejo et al. (2002).

**4.4.1.1.2. Propiedades de las Discontinuidades.** De acuerdo con Ramírez y Alejano (2004) los parámetros de descripción de las discontinuidades son las siguientes:

- Orientación. Mediante la dirección del buzamiento y la pendiente del plano con la horizontal.
- Espaciado. Perpendicularmente a las discontinuidades en el afloramiento.
- Apertura. Distancia perpendicular que aísla las paredes de una discontinuidad, pudiendo ser cerradas, abiertas y rellenas.
- Relleno. Material que ocupa el espacio entre los labios.
- Agua en las discontinuidades. En dependencia del tipo de roca, en rocas más porosas el agua circula por la propia roca (permeabilidad primaria), en otros casos el flujo se da en las discontinuidades (permeabilidad secundaria).
- Familias de Discontinuidades. Está constituida por discontinuidades similares.

- Tamaño de bloques. Pudiendo ser cúbicos o prismáticos en rocas sedimentarias, en rocas no sedimentarias los bloques no son tan regulares.

**4.4.1.2. Descripción de Macizos Rocosos.** Para González de Vallejo et al (2002) la caracterización de los macizos rocosos es una labor indispensable para conocer las propiedades y características geotécnicas de los materiales rocosos. En general, el proceso a seguir consta de las siguientes etapas:

1. Descripción general del afloramiento. Identificación de las características generales como localización, tipo de roca, suelo, zonas alteradas, zonas de agua, entre otras.
2. División en zonas y descripción. Se realiza a partir de criterios litológicos y estructurales más o menos homogéneas.
3. Descripción detallada en cada zona. De manera cualitativa y cuantitativamente, por medio de tablas, escalas, índices y valores referenciales.
4. Descripción de los parámetros del macizo rocoso. A partir de los datos recogidos en cada estación geomecánica, todo en cuanto a las particularidades más predominantes en cada una de las zonas establecidas.
5. Caracterización global del macizo rocoso. Proporciona la información sobre la calidad y resistencia del macizo, revisar en la tabla 3.

**Tabla 3. Particularidades para la Caracterización del Macizo Rocos**

Estudio	Características	Método	Clasificación
Matriz Rocosa	Identificación	Observaciones in situ y lupa	Geológica y geotécnica
	Meteorización	Observaciones in situ	Índices estándar
	Resistencia	Índices y ensayos de campo	Empíricas y de resistencia
Discontinuidades	Orientación	Medida directa con brújula	
	Espaciado	Medidas de campo	Índices y clasificaciones estándar
	Continuidad		
	Rugosidad	Observación y medida de campo	Comparación con perfiles estándar
	Resistencia de las paredes	-Martillo Schmidt -Índices de campo	Clasificaciones empíricas de resistencia
	Abertura	Observaciones y medidas de campo	Índices estándar
	Relleno		
	Filtraciones		
Macizo Rocos	Número de familias de discontinuidades	Medidas de campo	Índices y clasificaciones estándar
	Tamaño de fracturación		
	Intensidad de fracturación		
	Grado de meteorización	Observaciones de campo	Clasificaciones estándar

Nota. Tomado de González de Vallejo et al. (2002).

#### 4.5. Propiedades Físico – Mecánicas de las Rocas

En 2002 González de Vallejo y otros, describen que los materiales rocosos se han generado como producto de su constitución mineralógica, historia geológica, deformación, intemperismo, condiciones hidrogeológicas y los factores geoambientales (ver tabla 4).

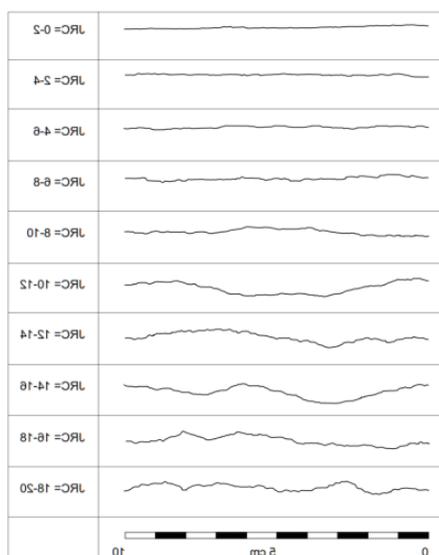
A continuación, se indica los parámetros empleados por el mismo autor, para su clasificación:

**Tabla 4. Propiedades de la Matriz Rocosa y Métodos para su Determinación**

	<b>Propiedades</b>	<b>Método de determinación</b>
Propiedades de identificación y clasificación	- Composición mineralógica	-Composición mineralógica
	- Fábrica y textura	-Fábrica y textura
	- Tamaño de grano	-Tamaño de grano
	- Color	
	Porosidad	Técnicas de laboratorio
	Peso específico	
	Contenido en humedad	
Propiedades mecánicas	Permeabilidad	Ensayo de permeabilidad
	- Durabilidad	Ensayo de alterabilidad
	- Alterabilidad	
	Resistencia a la compresión simple	- Ensayo de compresión uniaxial
		- Ensayo de carga puntual
		- Martillo Schmidt
	Resistencia a la tracción	- Ensayo de tracción directa
		- Ensayo de tracción indirecta
	Velocidad de ondas sísmicas	Medida de velocidad de ondas elásticas en laboratorio
	Resistencia	Ensayo de compresión triaxial
Deformabilidad	- Ensayo de compresión uniaxial	
	- Ensayo de velocidad sísmica	

Nota. Tomado de González de Vallejo et al. (2002).

Bieniawski (1989) plantea en su clasificación RMR que el índice JRC debe ser evaluado en rangos de muy rugoso a suave. Para valorar la rugosidad se puede utilizar los perfiles de Barton y Choubey (1977) indicados en la figura 2, o los perfiles de Barton y Bandis (1990) indicados en la figura 3. El índice de rugosidad, se establece de forma visual o mediante el uso del peine de Barton, herramienta que replica el perfil de rugosidad de una discontinuidad tanto en campo como en muestras en laboratorio.



**Figura 2. Perfiles de rugosidad para Rango de JRC**

Nota. Tomado de Barton y Choubey (1997).

Descripción	Perfil	Jr	JRC	JRC
			200mm	1m
Rugosa		4	20	11
Lisa		3	14	9
Pulida		2	11	8
Escalonada				
Rugosa		3	14	9
Lisa		2	11	8
Pulida		1.5	7	6
Ondulada				
Rugosa		1.5	2.5	2.3
Lisa		1.0	1.5	0.9
Pulida		0.5	0.5	0.4
Plana				

**Figura 3.** Relación Jr, Sistema Q y JRC  
 Nota. Tomado de Barton y Bandis (1990).

Para González de Vallejo et al. (2002) y Yupanqui T. (2004), la determinación de las propiedades físicas se basa en el establecimiento de los pesos y volúmenes de roca. Las relaciones matemáticas que definen estas propiedades son:

- Peso específico aparente.
- Peso específico real.
- Porosidad.
- Porosidad eficaz.
- Absorción.
- Contenido de humedad.
- Gravedad específica.
- Compacidad.
- Módulo de saturación.

La determinación de las propiedades mecánicas tiene la finalidad de determinar las características de deformabilidad y de rotura de la roca, en compresión.

#### **4.5.1. Resistencia a la compresión simple**

Según González de Vallejo et al., (2002), es el esfuerzo máximo que soporta una roca para determinadas deformaciones. Cuando la resistencia se mide en probetas de roca sin confinar se denomina resistencia a compresión simple.

$$\sigma_c = \frac{F_c}{A}; (1)$$

Donde:

$\sigma_c$ : Resistencia a la compresión simple.

$F_c$ : Fuerza de carga aplicada.

$A$ : Área de aplicación de la fuerza.

#### **4.5.2. Ensayos de Laboratorio de Resistencia y Deformabilidad**

Tienen el propósito de definir las relaciones entre los esfuerzos y las deformaciones durante el proceso de carga y rotura, los esfuerzos a que está sometida la roca en el momento de la rotura y sus parámetros resistentes (González de Vallejo et al., 2002).

#### **4.5.3 Ensayo de Compresión Simple**

Permite determinar la resistencia a la compresión uniaxial sin confinamiento, de una probeta cilíndrica de roca de altura entre el doble y el triple del diámetro. Debido a la heterogeneidad de las probetas la resistencia puede variar (Ramírez y Alejano, 2004).

### **4.6. Clasificación Geomecánica de los Macizos Rocosos**

Ramírez y Alejano (2004), afirma que en la actualidad, las clasificaciones geomecánicas se emplean de forma generalizada en ingeniería para hacer una primera predicción del comportamiento de los macizos rocosos frente a excavaciones, principalmente subterráneas, aunque también a cielo abierto. Su utilidad radica en la facilidad de su aplicación y en los buenos resultados conseguidos en muchos casos.

#### **4.6.1. Índice de Calidad de la Roca "RQD"**

El RQD es un índice de calidad de la roca, propuesto inicialmente por Deere (1963), fundamentado en la recuperación de testigos de perforación, y se define como la sumatoria de las longitudes de los fragmentos mayores o iguales a 10 cm, dividida entre la longitud total del barreno (Deere, 1989).

$$RQD = \frac{\Sigma (\text{Longitud de fragmentos} \geq 10 \text{ cm})}{\text{Longitud total perforada}} \times 100\%; (2)$$

Al no disponer testigos de perforación Palmstrom (2005), menciona que se puede optar por otra forma de calcular el índice RQD; mediante el análisis de las juntas por unidad en m<sup>3</sup>.

$$RQD = 115 - 3.3 J_V; (3)$$

Palmstrom (2005), como se citó en Ramírez y Alejano (2004), señala que “a veces hay que estimar el RQD a partir de datos en afloramientos, por tanto, en la fórmula anterior realiza una nueva corrección”.

$$RQD = 110 - 2.5 J_V; (4)$$

$$RQD = 0 \% \text{ para } J_V > 44$$

$$RQD = 100 \% \text{ para } J_V < 4$$

Donde:

$J_V$ : Índice volumétrico de fisuras por cada  $m^3$ .

$$J_V = \Sigma \left( \frac{1}{SM_i} \right); (5)$$

$SM_i$ : Espaciamiento medio de cada fisura en m.

En la Tabla 5 se indica la relación entre el valor del RQD y la calidad de la roca.

**Tabla 5.** Índice de Calidad de la Roca (RQD)

RQD %	Calidad de la Roca
<25%	Muy mala
25 – 70%	Mala
50 – 75%	Regular
75 – 90%	Buena
90 – 100%	Excelente

Nota. Tomado de Deere (1989).

Adicional, Palmstrom ha demostrado (1995, 1996) la correlación entre el volumen del bloque ( $V_b$ ) y el recuento volumétrico de juntas:

$$(J_V) \text{ es } V_b = \beta \times J_V^{-3} (6)$$

Donde:

$\beta$ : es el factor de forma del bloque, teniendo la siguiente caracterización:

- bloques equidimensionales (cúbicos o compactos)  $\beta = 27$
- bloques ligeramente largos (prismáticos) y ligeramente planos (tabulares)  $\beta = 28 - 32$
- bloques moderadamente largos y moderadamente planos  $\beta = 33 - 59$
- bloques largos y planos  $\beta = 60 - 200$ .
- bloques muy largos y muy planos  $\beta > 200$

Teniendo en cuenta que la forma del bloque también influye en las correlaciones.

#### **4.6.2. Clasificación RMR de Bieniawski**

El sistema RMR fue propuesto por primera vez en el año 1941 por Bieniawski, y actualizado en 1989. Desde entonces se ha convertido en un referente mundial para clasificar geomecánicamente los macizos rocosos, establecer sus propiedades tenso – deformacionales y estimar empíricamente el sostenimiento de las excavaciones subterráneas. La última actualización se dio en el año 2014, en donde se mantiene la estructura a la del RMR89; aunque modifica la valoración de la resistencia de las discontinuidades y se ha incorporado la evaluación de la alterabilidad de la matriz rocosa. Adicionalmente; además del factor de corrección por la orientación del túnel, ya utilizado en el RMR, donde se han incluido dos nuevos factores de corrección: uno para el caso en que la excavación sea realizada mecánicamente y otro para tener en cuenta el efecto de la plastificación del frente del túnel en el que se determina el RMRN(Celada et al., 2014). La clasificación geomecánica RMR, Bieniawski (1989), considera varios parámetros geotécnicos como lo son:

1. Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.
2. Grado de fracturación en términos del RQD.
3. Espaciamiento de las discontinuidades.
4. Condición de las discontinuidades.
5. Condiciones hidrogeológicas.

$$RMR_{89} = (1) + (2) + (3) + (4) + (5); (7)$$

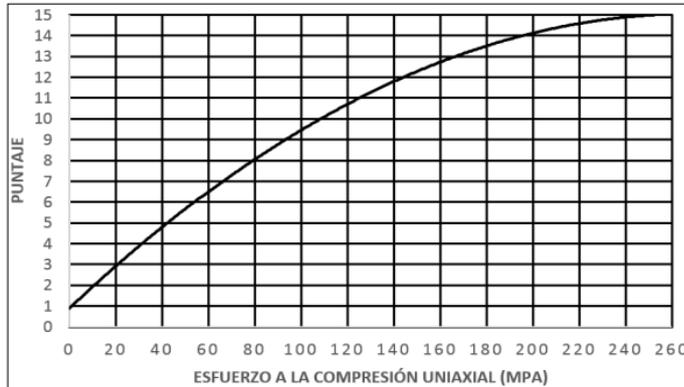
En la Tabla 6 se incluyen las particularidades del macizo en relación con su resistencia, separación entre diaclasas, estado de las discontinuidades, entre otros.

**Tabla 6. Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)**

1	Resistencia a matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión Simple (MPa)	
		Compresión simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1 <1
	Puntuación		15	12	7	4	2	1 0
2	RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%	
	Puntuación		20	17	13	6	3	
3	Separación entre diaclasas		>2 m	0.6-2 m	0.2-0.6 m	0.06-0.2 m	< 0.06 m	
	Puntuación		20	15	10	8	5	
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m	
		Puntuación	6	4	2	1	0	
4		Abertura mm	Nada	<0.1	0.1-1.0	1-5	>5	
		Puntuación	6	5	3	1	0	
4		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave	
		Puntuación	6	5	3	1	0	
4		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5 mm	Relleno duro >5 mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5 mm	
		Puntuación	6	4	2	2	0	
4		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta	
		Puntuación	6	5	3	1	0	
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	<10	10-25	25-125	>125	
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5	
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	
	Puntuación		15	10	7	4	0	
<b>b. Corrección por la orientación de las discontinuidades</b>								
	Dirección y buzamiento	Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables		
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12		
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25		
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60		
<b>c. Clasificación</b>								
	Clase	I	II	III	IV	V		
	Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala		
	Puntuación	100-81	80-61	60-41	40-21	<20		
<b>d. Características geoténicas</b>								
	Clase	I	II	III	IV	V		
	Tiempo de mantenimiento y longitud	10 años con 15m de vano	6 meses con 8m de vano	1 semana con 5m de vano	10 horas con 2.5m de vano	30 minutos con 1m de vano		
	Cohesión kp/cm <sup>2</sup>	>4	3-4	2-3	1-2	<1		
	Ángulo de rozamiento	>45°	30°-45°	25°-35°	15°-25°	<15°		
<b>e. Orientación de las discontinuidades en el túnel</b>								
	Dirección perpendicular al eje del túnel	Dirección paralela al eje del túnel			Buz.0°-20°			
	Excavación con Buz.	Excavación contra Buz.			Cualquier dirección			
	Buz. 45-90	Buz.20-45	Buz. 45-90	Buz. 20-45	Buz. 45-90	Buz.20-45		
	Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	Desfavorable	

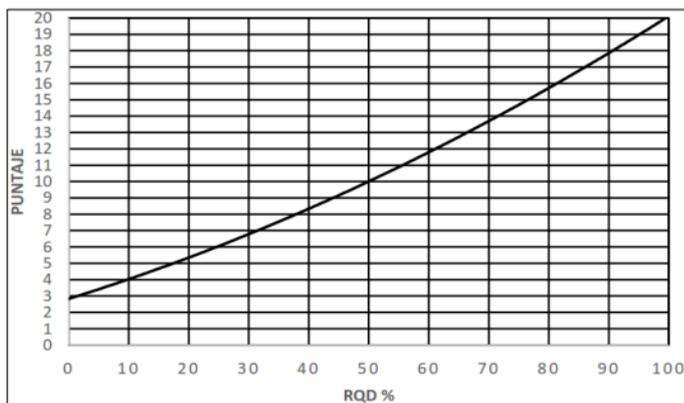
Nota. Tomado de Bieniawski (1989)

Se debe evaluar cada conjunto discontinuo, estos datos deben interpolarse haciendo uso de las curvas de clasificación, siendo indispensables para descartar cualquier cambio abrupto en los valores (Figura 4,5,6).



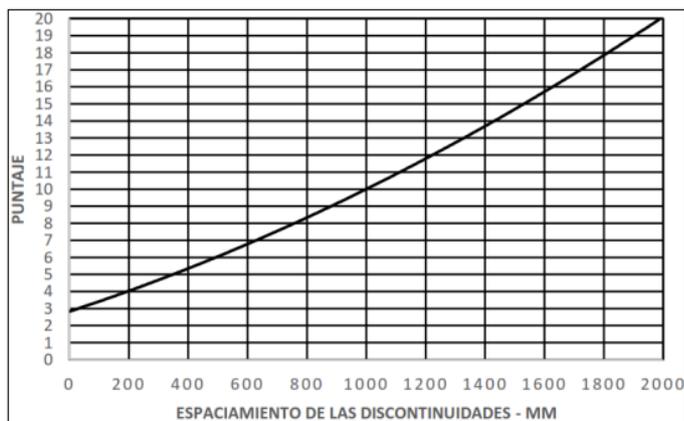
**Figura 4.** Puntaje de Acuerdo a la Resistencia de la Matriz Rocosa

Nota. Tomado de Bieniawski (1989).



**Figura 5.** Puntaje de Acuerdo al Valor del RQD%

Nota. Tomado de Bieniawski (1989).



**Figura 6.** Puntaje de Acuerdo al Espaciamiento de las Discontinuidades

Nota. Tomado de Bieniawski (1989).

### 4.6.3. Clasificación SMR (Romana)

El índice Romana (1985), se determina a través de una corrección del RMR89, por medio de la siguiente fórmula:

$$SMR = RMRb + (F1 * F2 * F3) + F4 ; (8)$$

Donde:

*RMRb*: RMR básico de la clasificación de macizo rocoso de Bieniawski

*F1*: factor que depende del paralelismo entre la dirección de las discontinuidades y la dirección de la superficie del talud.

*F2*: factor que depende del buzamiento de la discontinuidad

*F3*: factor que depende de la relación entre los buzamientos de las discontinuidades y el del talud.

*F4*: factor de excavación que depende del método utilizado para excavar el talud.

En la Tabla 7 se muestran los parámetros de corrección de las juntas, respecto al tipo de rotura planar (P), y rotura por vuelco (T).

**Tabla 7.** Parámetros de Corrección de las Juntas (Romana, 1985)

Tipo de rotura		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
<b>P</b>	A= $ \alpha_j - \alpha_s $	>30°	30-20°	20-10°	10-5°	<5°
<b>T</b>	$ \alpha_j - \alpha_s  - 180$					
<b>P/T</b>	F <sub>1</sub>	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
<b>P</b>	B= $\beta_j$	<20°	20-30°	30-45°	35-45°	>45°
<b>P</b>	F <sub>2</sub>	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
<b>T</b>		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>P</b>	C= $\beta_j - \beta_s$	>10°	10-0°	0°	0-(0°)	<(-10°)
<b>T</b>	$\beta_j + \beta_s$	<110°	110-120°	>120°	-	-
<b>P/T</b>	F <sub>3</sub>	0	-6	-25	-50	-60

**ROTURA:** P planar; T vuelco. **DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO:**  $\alpha_j$  discontinuidad;  $\alpha_s$  talud

**BUZAMIENTO:**

$\beta_j$  discontinuidad;  $\beta_s$  talud

Nota. P= Rotura plana. T= Rotura de vuelco.  $\alpha_s$  = Dirección de buzamiento del talud.  $\alpha_j$  = Dirección de buzamiento de las juntas.  $\beta_s$  = Buzamiento del talud.  $\beta_j$  = Buzamiento de las juntas. Tomado de Romana (1985).

En la Tabla 8 se enseñan los factores de ajuste para el factor F4, que toma en cuenta el método de excavación.

**Tabla 8. Factor de Ajuste según el Método de Excavación**

		<b>Método de excavación (F4)</b>	
<b>Talud natural</b>	+15	<b>Voladura o excavación mecánica</b>	0
<b>Precorte</b>	+10	<b>Voladura deficiente</b>	-8
<b>Voladura suave</b>	+8		

*Nota.* Tomado de Romana (1985).

En la Tabla 9 se indica la clasificación SMR, considerando una descripción de estabilidad en relación al tipo de clase.

**Tabla 9. Clasificación SMR**

<b>Clases →</b>	<b>V</b>	<b>IV</b>	<b>III</b>	<b>II</b>	<b>I</b>
<b>SMR</b>	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
<b>Descripción</b>	Muy mala	Mala	Normal	Buena	Muy buena
<b>Estabilidad</b>	Completamente inestable	Inestable	Parcialmente estable	Estable	Completamente estable
<b>Rotura</b>	Grandes roturas por planos continuos o por masas	Planar o grandes cuñas	Algunas juntas o grandes cuñas	Algunos bloques	Ninguna
<b>Probabilidad de rotura</b>	0.9	0.6	0.4	0.2	0

*Nota.* Tomado de Romana (1985).

## 5. Metodología

En el desarrollo de la investigación “Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja”, se empleó métodos y técnicas enfocados a alcanzar los objetivos planteados.

Método de Campo Guber (2011), permitió la recopilación de datos del sitio con un propósito específico, mediante un conjunto de procedimientos. facilitando la obtención de información de los taludes del sector, mediante la observación directa.

Además, el método analítico y descriptivo, bases para la recolección de datos, análisis y evaluación de los resultados adquiridos en el levantamiento topográfico, geológico, determinación de las propiedades físico – mecánicas y el análisis a la susceptibilidad a la rotura de los macizos rocosos.

### 5.1. Área de Estudio

#### 5.1.1. Ubicación

Al sur de la región interandina, al noroeste de la parroquia Taquil, cantón y provincia de Loja, específicamente en el sector Cachipamba. La vía de interés geográficamente limita al norte con la parroquia Taquil, sur con los barrios Cera y Naranjito, este con la ciudad de Loja y oeste con la parroquia Chantaco, como se observa en la figura 7. El tramo de la vía corresponde a 2140 m de longitud comprendido entre las abscisas 11+340 a 13+480. Los taludes se ubican al margen derecho de la vía en sentido de avance.

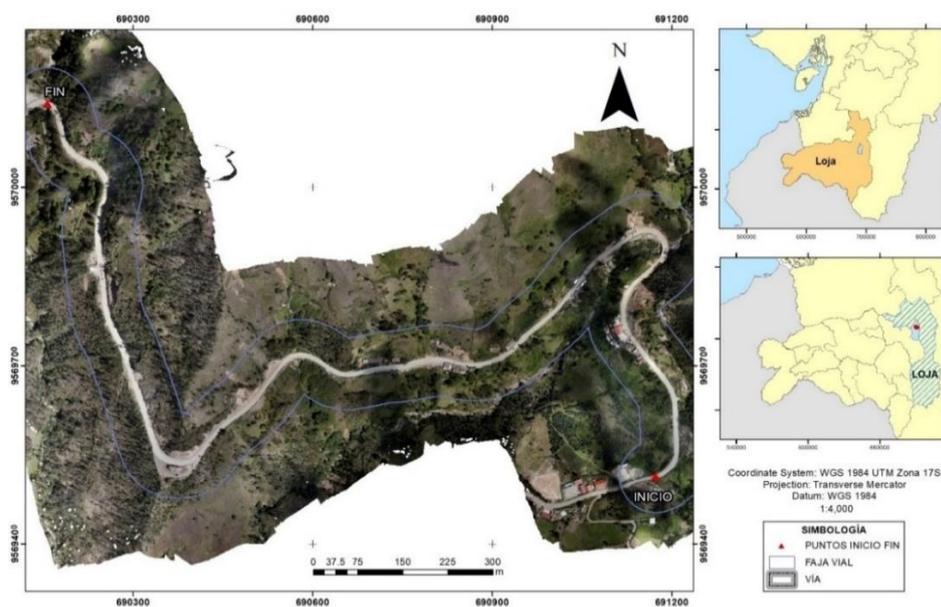


Figura 7. Zona de Estudio

### 5.1.2. Acceso

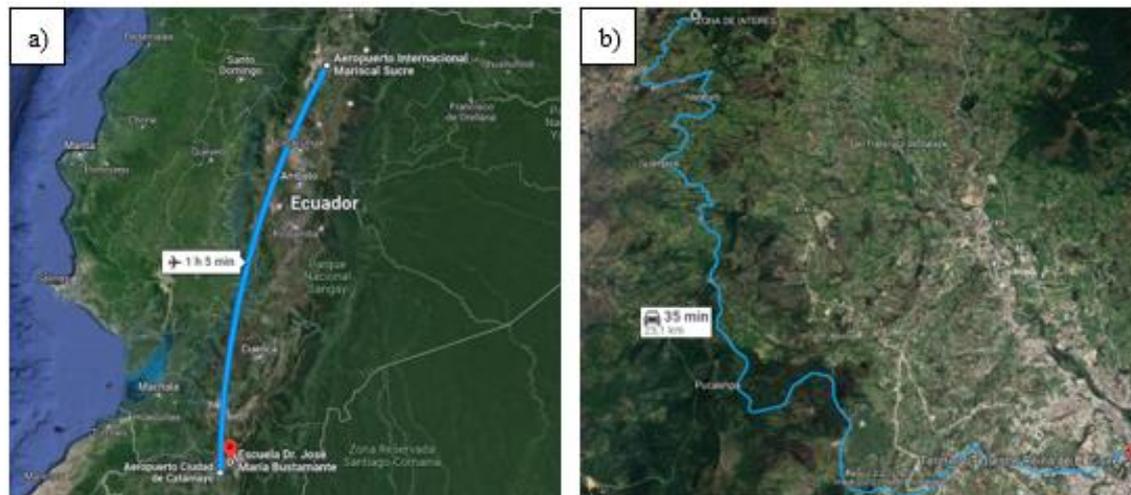
Se puede realizar desde la ciudad de Quito por medio del aeropuerto internacional “Mariscal Sucre” hasta el aeropuerto “Ciudad de Catamayo” con un tiempo estimado de 60 minutos. En la ciudad de Catamayo se toma la carretera Panamericana/Troncal de la Sierra /E35 en un recorrido de 23,2 Km., luego la vía a Gualiel con un recorrido de 11,3 Km., finalmente se llega al tramo de estudio, el mismo que se encuentra próxima a la Escuela Dr. José María Bustamante (ver figura 8).

Otro acceso hacia la zona de estudio, desde la ciudad de Loja, partiendo desde el Terminal Terrestre “Reina del Cisne” tomando la vía Panamericana/Troncal de la Sierra/E50, luego a través de la vía E35 hasta llegar a la entrada de la vía a Gualiel en un recorrido de 11,9 Km. Desde la vía a Gualiel se recorre 11,3 Km., y aproximadamente en el sector Cachipamba, se llega a la zona de estudio (Tabla 10).

**Tabla 10.** Coordenadas Geográficas de Ubicación UTM/WGS84

Tramo	Abscisa	X	Y
Inicio	11+340	690156	9570140
Final	13+480	691173	9569513

Nota. Fuente: Autor (2023).



**Figura 8.** Acceso a la Zona de Estudio, a (Vía Aérea, b) Vía Terrestre

Nota. Tomado de Google Maps (2023).

### 5.1.3. Clima

En la última actualización del PDyOT de la Parroquia Taquil realizada en el año 2015, se menciona que Taquil por la influencia de la Cordillera de los Andes y por su localización, presenta tres tipos de clima de mayor a menor incidencia: Templado sub húmedo con un 64,74% equivalente a 5.986,42 has., Templado húmedo con un

20,30% equivalente a 1.877,15 has.; y, Subtropical Seco con un 14,90% equivalente al 1.377,49 has., de todo el territorio de la parroquia.

La precipitación de la parroquia Taquil, empieza en septiembre hasta abril donde es el mayor pico de lluvias, concluyendo generalmente entre los meses de mayo a agosto. En zonas con vegetación diversa los rangos van de los 500 hasta los 1000 mm/año.

En cuanto a la temperatura, la media anual es de 14°C; sin embargo, las temperaturas más bajas llegan a los 12°C hasta las más altas 20°C al SW de la parroquia.

#### **5.1.4. Hidrografía**

El sistema hídrico de la parroquia Taquil, se origina en los altos relieves andinos que constituyen las cuencas hidrográficas Puyango, Catamayo – Chira y Santiago, divididas por la cumbre de montaña hacia la zona de escurrimiento del agua (PDyOT Parroquia Taquil, 2015).

A nivel parroquial, Taquil está constituido por tres microcuencas integradas por quebradas, ríos y drenajes, estas microcuencas drenan las aguas en dirección predominante SW hacia el Río Taquil y en su curso se enlaza con el Río Chantaco.

#### **5.1.5. Cobertura Vegetal**

Según se describe en el PDyOT Parroquia Taquil (2015), la parroquia cuenta con 4 categorías en la que predomina mayoritariamente la Vegetación Arbustiva con un total de 3448,36 has., equivalente al 37,29%; Pastizal, con 2683,09 has., correspondiente al 29,02%; Vegetación Herbácea, con un total de 1087,22 has., representado 11,76%; finalmente, Plantación forestal con 924,78 has., equivalente al 10%.

#### **5.1.6. Geología Regional**

Para establecer la geología de la región se hace uso de la Hoja geológica de Loja Edición 2, Serie J62 – G, Hoja 56, N VI -F, a escala 1:100000, elaborada por el IIGE en el año 2017, formando un polígono rectangular de 2000 km<sup>2</sup>.

En referencia a la parroquia Taquil se encuentra dentro de la Unidad Gonzabal, formada al iniciar la actividad volcánica, en el arco continental al sur del Ecuador en el periodo Paleoceno, era Paleógeno – eón Cenozoico, además de la Unidad Cera en la Cordillera Real (CR) de edad Paleozoica, que es una secuencia

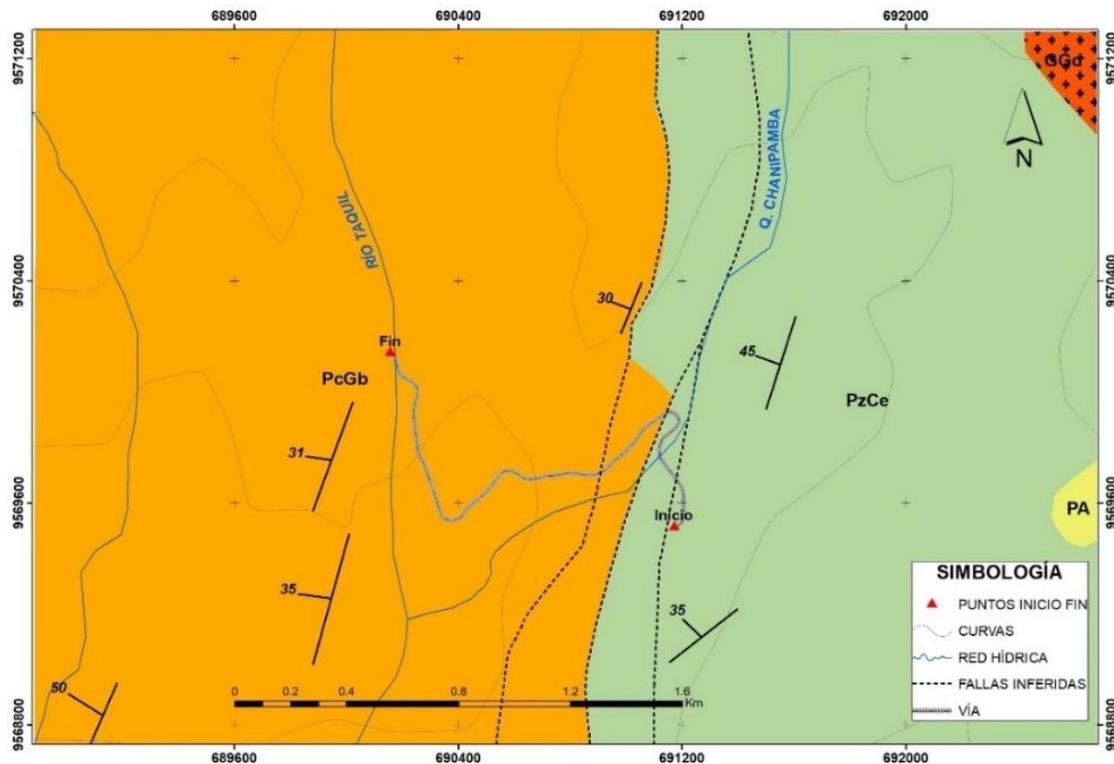
pelítica derivada de una fuente continental, probablemente depositada en una cuenca intercratónica o de margen pasivo.

Unidad Gonzabal (PCGb). – Inicialmente cartografiada como parte de la Formación Sacapalca (Pratt y otros, 1997). Consiste de una secuencia volcano sedimentaria, cuyos principales afloramientos se encuentran a lo largo de las vías Catamayo-Gonzabal y Taquil-Chantaco. La secuencia incluye tobas líticas, brechas, niveles conglomeráticos granodecrecientes con estratificación cruzada local y lavas andesito-basálticas subporfiriticas. La unidad se encuentra en contacto fallado con la Unidad Chiguinda y subyace discordante a la Formación Catamayo y a las unidades oligocénicas, por lo que se infiere que es de edad paleocénica tardía (INIGMM, 2017).

Unidad Cera (PzCe). – Definida como una secuencia metamórfica de grado medio que varía desde esquistos pelíticos hasta paragneises, correlacionables con la Unidad Agoyán. Los principales afloramientos se encuentran en la vía Catamayo-Cera-Taquil (UTM: 691847E; 9564619N) y en la quebrada Chanipamba (UTM: 69330E; 9570350N). Litológicamente consiste de esquistos pelíticos de color gris verdoso, con cuarzo y biotita y paragneises con bandas de cuarzo y sericita. La edad comprende a la paleozoica (INIGMM, 2017).

De la misma forma, se pudo determinar dos series de depósitos como son:

1. Granodioritas (GGd). – El cuerpo de mayor extensión es el batolito de San Lucas cuya edad varía entre 66 y 51 Ma (Litherland y otros, 1994). Se expone en la parte centro norte del área y los mejores afloramientos se presentan en la vía Cuenca – Loja entre los poblados San Lucas y Santiago. Este cuerpo granodiorítico muestra variaciones a granito, con textura fanerítica de grano medio a grueso, compuesto por plagioclasa, feldespato alcalino, cuarzo, biotita y mejor hornblenda. Es frecuente la presencia de colgajos del basamento metamórfico (INIGMM, 2017).
2. Pórfidos andesíticos. – Pertenecientes a grupo de rocas sub-volcánicas, tienen un color gris marrón, textura porfírica, con hornblenda y plagioclasa (INIGMM, 2017).



**Figura 9.** Geología Regional del Área de Estudio

Nota. Editado por Autor (2023). Fuente: ( IIGE, 2017).

## 5.2. Materiales

Los materiales y equipos empleados para la caracterización geomecánica se describen a continuación (Tabla 11):

**Tabla 11.** *Materiales de Campo, Laboratorio, Geoprocesamiento y Gabinete*

<b>Materiales de Campo</b>	<b>Laboratorio</b>	<b>Geoprocesamiento</b>	<b>Materiales de Gabinete</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vehículo aéreo no tripulado</li> <li>- GPS</li> <li>- Brújula tipo Brunton</li> <li>- Martillo geológico               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Combo</li> <li>- Cincel</li> </ul> </li> <li>- Peine de Barton</li> <li>- Navaja de campo</li> <li>- Ácido clorhídrico</li> <li>- Cinta métrica y Flexómetro</li> <li>- Cámara fotográfica</li> <li>- Libreta de campo</li> <li>- Ficha de descripción geológica - geomecánica</li> <li>- Fundas plásticas               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Spray</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Picnómetro</li> <li>- Horno</li> <li>- Porrón</li> <li>- Tamiz</li> <li>- Espátulas</li> <li>- Balanza analítica</li> <li>- Vasos de precipitación</li> <li>- Extractor de aire               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Embudo</li> <li>- Franelas</li> <li>- Mandil</li> </ul> </li> <li>- Calibrador</li> <li>- Prensa Uniaxial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carta Topográfica de Catamayo escala 1:50000, elaborada por el Instituto de Investigación Geológico y Energético [IIGE]</li> <li>- Hoja geológica de Loja Edición 2, Serie J62 – G, Hoja 56, N VI -F, a escala 1:100000, elaborada por el IIGE en el año 2017</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Software EmLid Studio</li> <li>- Software Agisoft Metashape Professional</li> <li>- Software ArcGis 10.5 / ArcGis Pro</li> </ul>

### **5.3. Procedimiento**

#### **5.3.1. Metodología del Primer Objetivo**

##### **5.3.1.1. Levantamiento Topográfico.**

El desarrollo del levantamiento topográfico a detalle se llevó a cabo mediante la metodología de vehículo aéreo no tripulado; el mismo que permitió obtener las fotografías aéreas de la zona de estudio. El dron empleado fue el modelo DJI Matrice 300 RTK, con una velocidad máxima de descenso de 7 m/s, una velocidad horizontal máxima de 23 m/s, un peso total de 3600 g, con una cámara de 4.39  $\mu\text{m}$ , que permite obtener fotografías de alta resolución (8192x5460), un receptor REACH RS2 GNSS RTK multi – banda con precisión centimétrica y un sensor multispectral modelo Parrot Sequoia que captura las imágenes a través de cuatro bandas espectrales.

El trabajo de campo consistió en la planificación del vuelo, selección, señalización y medición de los puntos de fotocontrol, y la toma de fotografías aéreas por medio del vehículo no tripulado.

**Plan de Vuelo.** Se estableció el plan de vuelo que lograra cubrir el área de interés, considerando una faja de 2140 metros de longitud, un ancho de 80 metros, definiendo 20 líneas de vuelo. Lo que ayudó a garantizar un adecuado vuelo fotogramétrico.

**Selección, Señalización y Medición de los Puntos de Fotocontrol.** Se ubicaron en áreas abiertas, se midió el punto de la estación base sobre un punto fijo de coordenadas UTM conocidas en un intervalo de 5 minutos, por el método RTK enlazados a la red IGM Loja ubicada en la UTPL a través de NTRIP. Posteriormente, se definieron los puntos de fotocontrol móviles, con una duración de 1 minuto cada uno. Finalmente se calibró el dron para poder ejecutar el plan de vuelo.

Se obtuvieron coordenadas de 3 puntos de fotocontrol para el sector Cachipamba – Taquil, presentados en la Tabla 12. Estas coordenadas fueron empleadas para la orientación de las 517 fotografías obtenidas.

**Tabla 12. Puntos de Control del Levantamiento Topográfico**

Provincia: Loja		Ciudad: Loja		Parroquia: Taquil	Sector: Cachipamba - Taquil
<b>Sistema de Coordenadas:</b>		Nombre: UTM		Datum: WGS84	Zona: 17S
Descripción	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)	Error (m)	
<b>Base</b>	690392.527	9569528.47	2288.248	0.323	
Punto 1	690168.104	9570124.25	2229.884	0.594	
Punto 2	691136.822	9569526.19	2264.342	0.484	
Punto 3	690804.383	9569702.28	2253.571	0.721	

*Nota.* Tomado de Guamán y Díaz (2023).

En la fotografía 1, se muestran los puntos de fotocontrol; el punto 1 y 3 fueron medidos en cada extremo del área de interés, mientras que el punto 2 fue medido en la parte céntrica, a los cuales se les integró el punto fijo. Como resultado del procesamiento de las imágenes, relacionando la altura del vuelo y su posición espacial para cada una de ellas, se obtuvo una resolución óptima de 1.73 cm/pix, una altitud media del vuelo de 142 m, entre otras (ver tabla 13).



**Fotografía 1. Medición de los Puntos Fotogramétricos**

**Tabla 13. Posiciones de la Cámara**

<b>Número de imágenes:</b> 517	<b>Imágenes alineadas:</b> 517
<b>Altitud media de vuelo:</b> 142 m	<b>Puntos de paso:</b> 381,729
<b>Resolución en terreno:</b> 1.73 cm/pix	<b>Proyecciones:</b> 1,085,685
<b>Área cubierta:</b> 0.77km <sup>2</sup>	<b>Error de reproyección:</b> 1.2 pix

*Nota.* Tomado de Guamán y Díaz (2023).

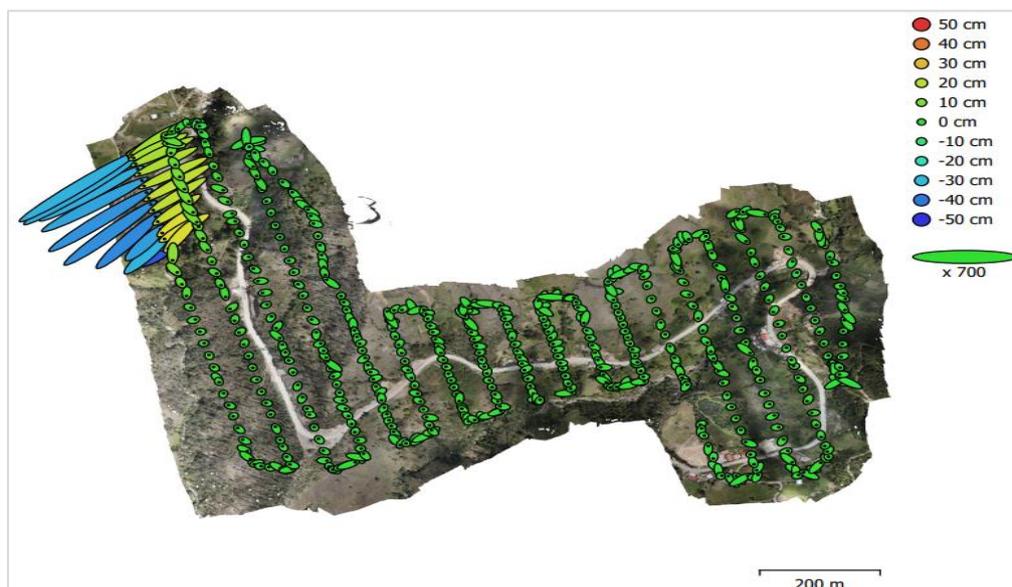
**Procesamiento de los puntos.** Mediante el software Emlid Studio, se realizó las correcciones y cálculos, para adquirir las coordenadas Este, Norte y Elevación, mediante la integración de los puntos fijos y móviles, utilizando el sistema de coordenadas WGS84 / UTM zona 17S.

En la Tabla 14 y la Figura 10, se puede observar las posiciones de las cámaras y su correspondiente error, donde el color indica el error en la Elevación, mientras el tamaño y forma de la elipse representa el error en XY. Las posiciones estimadas de las cámaras se muestran con los puntos negros.

**Tabla 14.** Errores Medios de las Posiciones de las Cámaras

Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Error combinado (cm)
3.32916	2.70015	6.33239	4.28651	7.64679

Nota. Tomado de Guamán y Díaz (2023)



**Figura 10.** Posiciones de las Cámaras y Estimación de Error

**Procesamiento de las imágenes aéreas.** Usando el software Agisoft Metashape Professional, se generó el modelo digital del terreno [MDT], de la siguiente manera: orientación, superposición de fotos y generación de nubes de puntos, con un total de 381.729 nubes de puntos, posicionadas en las tres dimensiones X, Y, Z, formando con exactitud una entidad física que representa la superficie escaneada (figura 11).



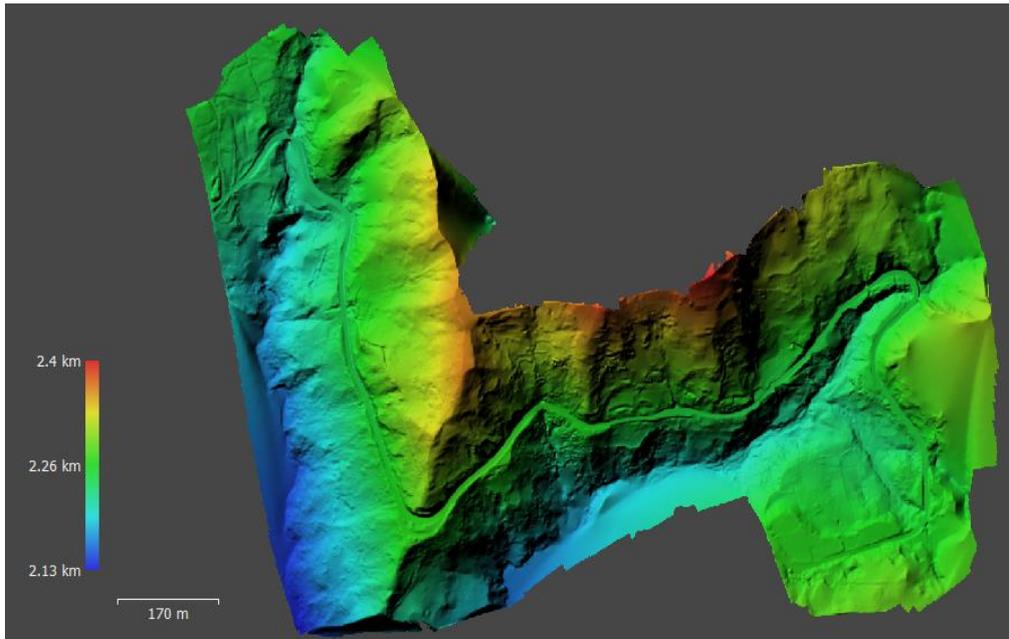
**Figura 11.** *Nube de Puntos en 3D*

A partir de lo antes mencionado, se densificó y clasificó un total de 59,348,520 nubes de puntos densa (figura 12).

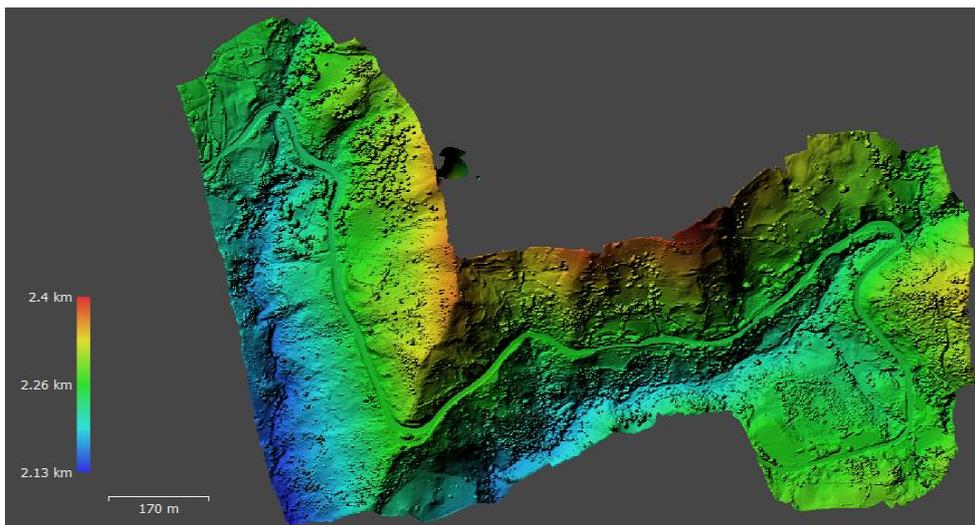


**Figura 12.** *Nubes de Puntos Densa*

En la figura 13, se indica el modelo digital del terreno, que tuvo un tamaño 15271x12300 y una resolución de 1.5 cm/pix; y, el modelo digital de superficie (Figura 14) con un tamaño de 63210x50915 y una resolución de 1.81 cm/pix.



**Figura 13.** *Modelo Digital del Terreno*



**Figura 14.** *Modelo Digital de la Superficie*

El resultado final fue un mapa topográfico a escala de trabajo 1:1000 DATUM WGS84 UTM Zona 17S, con curvas de nivel principales cada 1 m y curvas de nivel secundarias cada 5 m.

### **5.3.1.2. Levantamiento Geológico.**

Elaboración de la ficha de descripción de afloramientos (ver Tabla 15), para la geología local, indica aspectos importantes tales como: coordenadas de ubicación, tipo de afloramiento, dimensiones del afloramiento, tipos de estructuras, génesis de la roca, resistencia de la matriz rocosa, meteorización, hidrografía entre otras.

Tabla 15. Ficha de Descripción de Afloramientos

 <b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS</b>								
<b>Proyecto:</b> "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"								
<b>Afloramiento</b>				<b>Genesis</b>				
<b>Número</b>								
<b>Realizado por:</b>				Ígneo	Metamórfico	Sedimentaria		
<b>Localización</b>								
<b>Fecha</b>								
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>		X:	Y:	Z:	Plutónica	Foliada	Clástica	
<b>Tipo de Afloramiento</b>				Volcánica	No Foliada	No Clástica		
<b>Dimensión Afloramiento</b>								
Altura:								
Longitud:				Hipobisal				
<b>Vegetación</b>								
<b>Tipo de Estructuras</b>				Datos Estructurales				
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>		Extremad am.	Muy blanda	Blanda Punta	Media 1	Dura +1	Muy dura varios golpes	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
		Blanda Uña ( )	Navaja ( )	o ( )	o ( )	o ( )	( )	( )
<b>Grado Meteorización</b>		Sana ( )	Algo meteorizada ( )	Medianamente meteorizada ( )	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>		Sin presencia de agua ( )		Seco (con señales de agua) ( )		Húmedo ( )	Goteos ( )	Flujo ( )
<b>Foto</b>								
<b>Descripción litológica:</b>								

Nota. Elaborado en base a consideraciones de González de Vallejo et al. (2002).

En la fase de campo se confirmó las características geológicas previamente investigadas, sobre la base topográfica un mapeo a escala 1:1000, de afloramientos de origen natural y antrópico distribuidos en toda el área de estudio, mediante una descripción visual de los mismos, identificando las unidades litológicas, y diferentes estructuras en los que se tomaron datos estructurales y otras particularidades relevantes. Además, se recolectó muestras de mano representativas de cada unidad litológica, las mismas que fueron transportadas al laboratorio de Petrografía de la UNL

para su correspondiente identificación macroscópica y para la determinación de las propiedades físicas.

Empleando la metodología propuesta por González de Vallejo (2002), se definió la zonificación litoestructural mediante una descripción general de los macizos rocosos, definiendo condiciones, características y componentes de los mismos. La división se realizó a partir de criterios litológicos y estructurales, que sirvieron para la toma de datos en campo y el muestreo de rocas a ensayar.

Empleando la base topográfica se ubicaron los afloramientos con sus respectivos rumbos y buzamientos. Y, mediante el uso del software ArcGIS 10.5. se interpretó esos puntos y estructuras mapeadas, creando así el mapa geológico, con Datum WGS84 a escala de trabajo 1:1000 e impresión 1:5000.

### 5.3.1.3. Pendientes.

Tomando como base las curvas de nivel y el polígono del área de interés, se empleó el software ArcGIS 10.5., para generar un modelo de elevación TIN, con la herramienta “Conversión” transformamos el TIN a un modelo digital de elevación DEM, usando la herramienta Slope se obtuvo la Pendiente que será reclasificada por medio de la herramienta “Reclassify”. Una vez elaborada la reclasificación se utilizó la metodología de Zuidam (1986) para la clasificación de las pendientes (ver Tabla 16). Finalmente, se transformó el raster de la pendiente reclasificada a un polígono y se disolvió el mismo, con la finalidad de calcular el área y el porcentaje.

**Tabla 16.** *Clasificación de las Pendientes*

Pendiente °	Condiciones del Terreno y Procesos Característicos	Color
0 - 2	Planicie, sin denudación apreciable	
2 - 4	Pendiente muy baja, peligro de erosión	
4 - 8	Pendiente baja, peligro severo de erosión de suelos	
8 - 16	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligro de erosión	
16 - 35	Pendiente fuerte, procesos denudativos intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión de suelos	
35 - 55	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudativos intensos, reforestación posible	
>55	Extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudativos severos (caída de rocas),	

*Nota.* Tomado de Zuidam (1986)

### **5.3.2. Metodología del Segundo Objetivo**

#### **5.3.2.1. Determinación de datos geomecánicos.**

Como fase inicial, la elaboración de la ficha de Zonificación Litoestructural, que contribuyó a la división del macizo rocoso en zonas más o menos homogéneas y ficha de caracterización del macizo rocoso.

Para realizar el levantamiento de los datos geomecánicos, se empleó la metodología propuesta por Casanova y otros en el año 2023, que menciona: “se puede realizar una línea de escaneo ajustable a la longitud del macizo rocoso”, que conlleva la determinación de las características específicas de cada uno de ellos. Con toma de datos in situ, caracterizando las particularidades presentes en cada zona litoestructural, para ello se identificó la familia de diaclasas y planos de estratificación presentes en el macizo rocoso, mediante la observación directa, obteniéndose medidas de: dirección de buzamiento, buzamiento, separación, longitud (rumbo y buzamiento), apertura, rugosidad, meteorización, filtración y relleno. Además, del uso y aplicación de las fichas establecidas en las Tablas 17 y 18, las mismas que son tomadas de la metodología de González de Vallejo et al. (2002) del libro Ingeniería Geológica.

**Tabla 17. Zonificación Litoestructural**

<b>PROYECTO:</b>		<b>ESTACIÓN:</b>		<b>HOJA/PLANO:</b>					
<b>REALIZADO POR:</b>		<b>LOCALIZACIÓN:</b>		<b>FOTO:</b>					
<b>FECHA:</b>									
<b>LITOLOGÍA</b>									
<b>FORMACIONES SUPERFICIALES</b>		<b>NATURALEZA Y TEXTURA:</b>		<b>POTENCIA:</b>		<b>FORMACIÓN Y EDAD:</b>			
<b>ESTRUCTURA</b>		<b>PLIEGUES</b>		<b>FALLAS:</b>		<b>OTROS:</b>			
<b>FRACTURACIÓN</b>	BLOQUES Jv Juntas/m3	Muy Grandes <1	Grandes 1-3	Medios 3-10	Pequeños 10-30	Muy Pequeños >30	Muy brechificado >60		
<b>RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA</b>	Extremadam blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media (1 golpe martillo) 3	Dura (+1 golpe martillo) 4	Muy Dura (Varios golpes) 5	Extremadam Dura (Sólo raya con martillo) 6		
<b>GRADOS DE METEORIZACIÓN</b>	I Inalterada (6)		II Ligeramente allterada (5)		III Moderadamente alterada (3)		IV Muy alterada (1)	V Compl meteorizada (0)	VI Suelo residual (0)
<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	Sin presencia de agua		Seco (Sin señales de agua)		Húmedo		Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:
<b>MUESTRAS</b>									<b>OBSERVACIONES:</b>
CROQUIS Nº 1					OBSERVACIONES				

Nota. Tomado de González de Vallejo et al. (2002)





**Fotografía 2.** Datos geomecánicos, medida buzamiento y medida de rugosidad con peine de barton.

Durante la fase de campo, se realizó una campaña de recolección de muestras representativas de cada una de las zonas litoestructurales. Las muestras fueron codificadas y transportadas al laboratorio, donde se llevaron a cabo trabajos de corte y perfilación. Cabe destacar que la zona 1 no fue muestreada debido a su alto grado de meteorización, por lo que se emplearon los resultados de la zona más próxima.

Se organizó y promedió todos los valores adquiridos en función del tipo de plano. Este paso se realizó con el objetivo de llevar a cabo la caracterización geomecánica mediante la clasificación SMR, la misma que se detalla más adelante.

#### **5.3.2.1.1. Determinación de las Propiedades Físicas - Mecánicas**

Para garantizar la precisión de los resultados en la determinación de las propiedades físicas de las rocas, fue fundamental que las muestras se mantuvieran lo más intactas posibles. Y con ello determinar los pesos (natural, saturado, sumergido y seco). En cuanto al ensayo del picnómetro, para la determinación de la gravedad específica se siguió las especificaciones dadas en la norma ASTM D 854 – 02.

La determinación de cada una de las propiedades físicas se las realizó mediante la utilización de las siguientes fórmulas matemáticas:

**Peso específico aparente.** En la ecuación 9 se indica la fórmula empleada, donde  $p_w$  es la densidad del agua expresada en  $1\text{ g/cm}^3$ .

$$p_a = \frac{w_{seco}}{w_{sat} - w_{sum}} * p_w ; (9)$$

**Peso específico real.** En la ecuación 10 el valor asignado para el  $w_{pulverizado}$  es igual a la muestra pulverizada, el  $w_1$ : W picnómetro + agua + muestra pulverizada. Y el  $w_2$ : W picnómetro + agua.

$$p_r = \frac{w_{pulverizada}}{w_2 + w_{pulverizada} - w_1} * p_w ; (10)$$

**Porosidad.** Es la relación entre el volumen ocupado por los huecos o poros en la roca. Para la ecuación 11,  $n$  es porosidad,  $p_a$ : peso específico aparente y  $p_r$ : peso específico real.

$$n = \left(1 - \frac{p_a}{p_r}\right) * 100\% ; (11)$$

**Porosidad eficaz.** Es la relación entre el volumen de poros interconectados y el volumen de la muestra. Puede obtenerse a partir de los pesos seco y saturado de la muestra (ecuación 12).

$$n_e = \frac{w_{sat} - w_{sec}}{w_{sat} - w_{sum}} * 100\% ; (12)$$

Los porcentajes de porosidad son:

Muy alta: mayor a 32%.

Alta: 16 – 32%.

Media: 8 – 16%.

Baja: 4 – 8%.

Muy baja: menor al 4%.

**Absorción.** Se refiere a cómo el agua llena los vacíos o poros de una muestra de roca sumergida en líquido. Los valores de absorción se determinan en porcentaje y se calcula entre la razón del peso del agua absorbida y el peso

de la muestra seca. En la ecuación 13,  $w_{sat}$  es el peso saturado y  $w_{sec}$  es el peso en seco.

$$C_{abs} = \frac{w_{sat} - w_{sec}}{w_{sec}} * 100 \% ; (13)$$

**Contenido de humedad.** La humedad de una muestra se define como la razón entre la masa de agua contenida en la roca y la masa de muestra seca; se expresa netamente en porcentaje. En la ecuación 14,  $w_{nat}$  es el peso natural y  $w_{sec}$  es el peso seco.

$$C.H. = \frac{w_{nat} - w_{sec}}{w_{sec}} * 100 \% ; (14)$$

**Gravedad específica.** La gravedad específica es la densidad de un material en relación con el agua. Se puede calcular de la siguiente manera. En la ecuación 15,  $w_2$  es el peso picnómetro + agua y  $w_1$  es el peso picnómetro + agua + muestra pulverizada.

$$G_s = \frac{w_s}{w_w} = \frac{w_{seco}}{w_{seco} + w_2 - w_1} ; (15)$$

**Compacidad.** En la ecuación 16,  $n$  es igual a la porosidad.

$$C = 100 - n; (16)$$

**Módulo de saturación.** En la ecuación 17,  $ne$  es la porosidad eficaz.

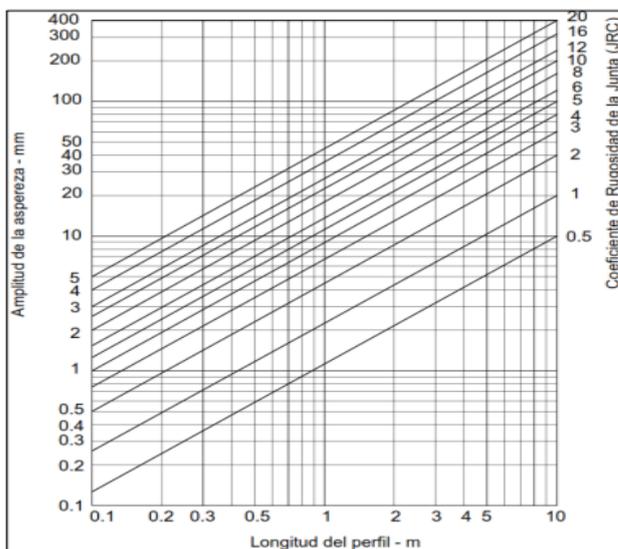
$$Msat = \frac{ne}{n} * 100 ; (17)$$

En la fotografía 3 se indica como se determinó las propiedades físicas, en la imagen derecha el ensayo del picnómetro y a la izquierda la determinación del peso pulverizado.



**Fotografía 3.** *Determinación de las propiedades físicas.*

Para valorar la rugosidad se emplea la metodología de Barton y Bandis (1990), que toma en cuenta el efecto de la escala y el cálculo de la rugosidad JRC, midiendo la profundidad de la aspereza a través de la longitud de las discontinuidades. En la Figura 15 se indica el diagrama de cálculo para JRC que se encuentra relacionado por la amplitud de aspereza y longitud de perfil.



**Figura 15.** *Ábaco para Determinar JRC en Función de Amplitud y Longitud de Discontinuidad*

*Nota.* Tomado de Barton y Bandis (1990).

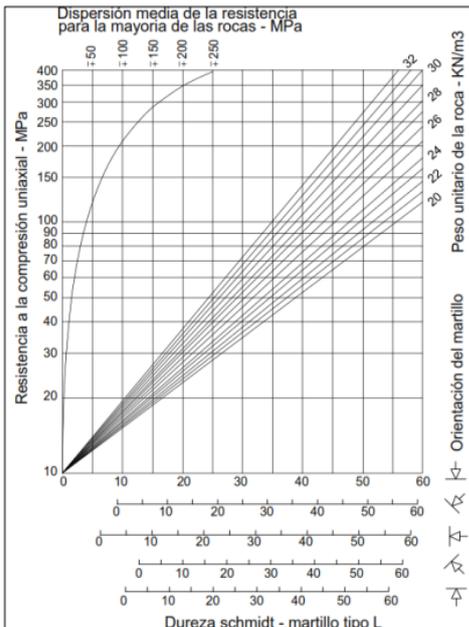
En el caso de la determinación de la compresión simple se sigue la normativa ASTM D2838, con muestras cúbicas con dimensiones de 5\*5\*5 cm, ideales para la determinación del ensayo de compresión simple. Sin embargo,

es importante tener en cuenta que la precisión de las medidas depende del tipo de roca a ensayarse (ver fotografía 4).



**Fotografía 4.** Ejecución del Ensayo de Compresión Simple

Cuando se trata de las discontinuidades en el macizo rocoso, se recurre a enfoques como la evaluación de las discontinuidades utilizando métodos como el índice de rebote (R) mediante el martillo de Schmidt de bajo impacto. En la figura 16 se muestra la correlación entre el valor de la resistencia a la compresión simple y la densidad.



**Figura 16.** Ábaco en Función del Índice de Rebote y su Densidad

Nota. Tomado de (Deere & Miller, 1966).

### 5.3.3. Metodología del Tercer Objetivo

#### 5.3.3.1. Determinación del RQD.

Como fase inicial para la determinación de la clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1989), se calcula el índice RQD mediante la metodología definida por Palmstrom (2005), a través del análisis de las juntas por unidad de volumen que se presentan en los taludes, empleando la ecuación 4. A continuación, se da un ejemplo de la aplicación de lo mencionado en cada familia de las diferentes zonas, como ejemplo demostrativo se tomó la Zona 2 donde se tiene 5 juntas con valores de SMi dados en m.

J1: SMi=0,096m

J2: SMi=0,169m

J3: SMi=0,231m

J4: SMi=0,159m

J5: SMi=0,132m

Se obtiene el  $J_V$ : Índice volumétrico de fisuras por cada m<sup>3</sup>.

$$J_V = \Sigma \left( \frac{1}{SMi} \right)$$
$$J_V = \left( \frac{1}{0,096} + \frac{1}{0,169} + \frac{1}{0,231} + \frac{1}{0,159} + \frac{1}{0,132} \right)$$
$$J_V = 34,52$$

Para el cálculo del RQD se usó la siguiente formula:

$$RQD = 110 - 2,5J_V$$

$$RQD = 110 - 2,5(34,52)$$

$$RQD = 24$$

*Calidad: Muy mala*

#### 5.3.3.2. Determinación del RMR.

Para definir la clasificación geomecánica RMR, se lo realiza mediante la metodología establecida por Bieniawski (1989), que considera varios parámetros geotécnicos como lo son:

1. Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.
2. Grado de fracturación en términos del RQD.
3. Espaciamiento de las discontinuidades.
4. Condición de las discontinuidades.

## 5. Condiciones hidrogeológicas.

En cada parámetro se tienen 5 valores en función de las condiciones de esos parámetros; de acuerdo a los criterios presentados en la Tabla 6. El valor de RMR se obtuvo de la suma de los valores asignados a los parámetros señalados, los valores pueden ir de 0 y 100, siendo mayor el valor cuando en mejores condiciones se encuentra la roca.

A continuación, se toma de la Zona 2 a la Junta 1, como ejemplo demostrativo de lo expresado anteriormente. Este proceso se realiza para cada una de las juntas de las diferentes zonas. Se identifica dentro de los cinco parámetros, los valores y datos obtenidos en campo que se encuentren dentro de la correspondiente clasificación para la obtención de las diferentes puntuaciones (tabla 19).

**Tabla 19.** Clasificación Geomecánica RMR de la Junta 1 perteneciente a la Zona 2 (Bieniawski, 1989)

1	Resistencia a la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión Simple (MPa)	
		Compresión simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-1	<1
<b>Puntuación</b>			<b>15</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
2	RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%	
	<b>Puntuación</b>		<b>20</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	
3	Separación entre diaclasas		>2 m	0.6-2 m	0.2-0.6 m	0.06-0.2 m	< 0.06 m	
	<b>Puntuación</b>		<b>20</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m	
		Abertura	Nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm	
<b>Puntuación</b>		<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
4	Rugosidad		Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave	
	<b>Puntuación</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	
4	Relleno		Ninguno	Relleno duro <5 mm	Relleno duro >5 mm	Relleno blando <5 mm	Relleno blando >5 mm	
	<b>Puntuación</b>		<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	
4	Alteración		Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta	
	<b>Puntuación</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	<10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	>125 litros/min	
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5	
5	Estado general		Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	
	<b>Puntuación</b>		<b>15</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	

Nota. Tomado de Bieniawski (1989)

$$RMR_{89} = (1) + (2) + (3) + (4) + (5)$$

$$RMR_{89} = 6,31+5,58+6,68+14+7$$

$$RMR_{89} = 39,57 \text{ (Clase III, Calidad Media)}$$

Una vez obtenida la valoración del RMR, se puede determinar la calidad del macizo rocoso en base a las cinco clases de macizos rocosos detallados en la Tabla 20.

**Tabla 20.** Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR.

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala
Valoración RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Cohesión	> 4 kg/cm <sup>2</sup>	3-4 kg/cm <sup>2</sup>	2-3 kg/cm <sup>2</sup>	1-2 kg/cm <sup>2</sup>	< 1 kg/cm <sup>2</sup>
Ángulo de rozamiento	>45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	< 15°

Nota. (Bienaswki, 1989)

### 5.2.3.3. Determinación del SMR-C mediante un SIG

Para calcular el método Slope Mass Rating (SMR – C), se utilizó un sistema de información geográfica (SIG). Este método se fundamenta en las formulaciones teóricas propuestas por Tomas R. (2007), que incluyen funciones continuas para los factores de corrección F1, F2 y F3 (Tabla 21); reduciendo la subjetividad con la aplicación de SIG.

**Tabla 21.** Funciones Continuas para F1, F2 y F3

Parámetro	Planar /Cuña	Vuelco
F <sub>1</sub>	$F_1 = \frac{16}{25} - \frac{3}{500} \tan^{-1} \left( \frac{1}{10} ( A  - 17) \right)$	
F <sub>2</sub>	$F_2 = \frac{9}{16} + \frac{1}{195} \tan^{-1} \left( \frac{17}{100} B - 5 \right)$	F <sub>2</sub> = 1
F <sub>3</sub>	$F_3 = -30 + \frac{1}{3} \tan^{-1} C$	$F_3 = -13 - \frac{1}{7} \tan^{-1} (C - 120)$

Nota. A: paralelismo entre la discontinuidad y dirección de la superficie del talud; B: buzamiento de la discontinuidad β<sub>J</sub>; C: Relación entre el buzamiento de la discontinuidad y el talud. Tomado de (Tomás et al., 2007)

Para realizar los cálculos se emplea la metodología propuesta por Irigaray et al. (2001) y Tomás et al., (2009) , donde menciona que se deberá generar las variables primarias y secundarias.

Las variables primarias, son aquellas de tipo vectorial: RMR básico, buzamiento y dirección de las familias de discontinuidades, factor de excavación “F4”, MDT (información relativa a la topografía), y sectores (zonas litoestructurales) (Tabla 22). Con ello, se convertirá estos vectores a formato raster para proceder a calcular las variables secundarias: A, F1, F2, F3, C, F4 (para cada tipo de rotura) pendientes y aspecto, empleando las funciones propias del SIG (Tabla 23).

**Tabla 22. Propiedades de las Variables Primarias**

<b>Inputs</b>	<b>Formato</b>	<b>Información que contiene</b>
MDT (x,y)	Vectorial (ASCII)	x.y.z
Sectores	Vectorial – polígono	Sectores de estudio diferenciados
RMR Básico	Vectorial – polígono	RMR básico de cada sector de estudio diferenciado (y opcionalmente para cada discontinuidad “i”)
Dirección de buzamiento <sub>i</sub>	Vectorial – polígono	Dirección de buzamiento de cada sistema de discontinuidad “i” en cada sector
Buzamiento <sub>i</sub>	Vectorial – polígono	Buzamiento de cada discontinuidad “i” en cada sector
F4	Vectorial – polígono	Método de excavación de los taludes de cada sector

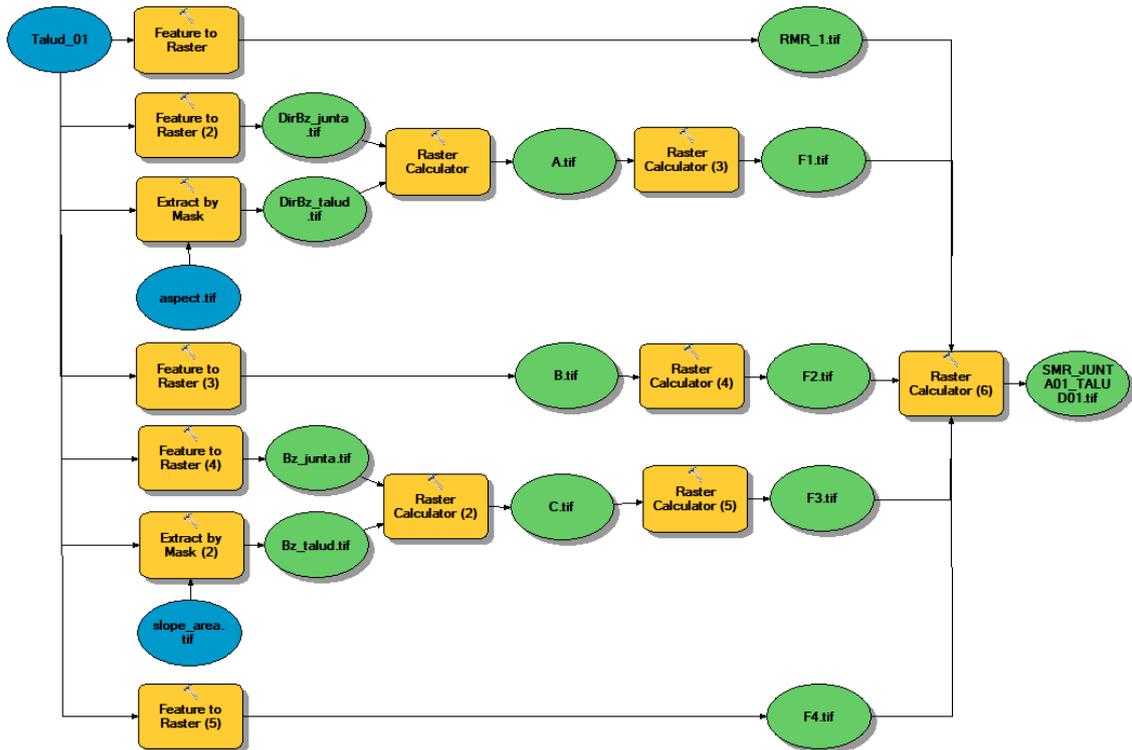
*Nota.* i indica que la variable toma un valor diferente para cada discontinuidad “i”. x,y indica que la variable toma un valor diferente para cada punto del plano de coordenadas x,y.. Tomado de (Tomás et al., 2007).

**Tabla 23. Propiedades de las Variables Secundarias**

<b>Inputs</b>	<b>Formato</b>	<b>Información que Contiene</b>
A <sub>i</sub> (x,y)	Ráster	Paralelismo entre la dirección de las discontinuidades
F1 <sub>i</sub> (x,y)	Ráster	Parámetro derivado del paralelismo entre la dirección de las discontinuidades
F2 <sub>i</sub> (x,y)	Ráster	Parámetro derivado del buzamiento de la discontinuidad
C <sub>i</sub> (x,y)	Ráster	Relación de buzamientos
F3 <sub>i</sub> (x,y)	Ráster	Parámetro derivado de la relación de buzamientos
F4 (x,y)	Ráster	Parámetro dependiendo del método de excavación
Slope (x,y)	Ráster	Ángulo de pendiente (pendiente o ángulo con la horizontal)
Aspect (x,y)	Ráster	Dirección de aspecto (dirección de la línea de máxima pendiente)
TR <sub>i</sub> (x,y)	Ráster	Tipo de rotura

*Nota.* Tomado de (Tomás et al., 2007)

Con un máximo de 5 familias para cada una de las 14 zonas analizadas, se utilizó un tamaño de píxel de 0.15007 durante el proceso de cálculo, considerando desde la creación del MDT hasta la determinación de los distintos raster creados. El cálculo concluye con la integración de las funciones continuas por medio de la calculadora raster, el cual se esquematiza en el diagrama de flujo de la figura 17, considerando un factor F4 = 0, que corresponde a voladura o excavación mecánica.



**Figura 17.** Diagrama de Flujo para el Cálculo de SMR-C.

Nota. Tomado de (Tomás et al., 2009)

Continuando con la metodología SMR, se obtuvieron los mapas de susceptibilidad a la rotura planar y vuelco; que representan el valor de SMR de la familia de discontinuidad más susceptible a la rotura.

Para cada familia “i” de discontinuidades (SMR<sub>i p</sub>, SMR<sub>i v</sub>) y para cada tipo de rotura (planar “p” y vuelco “v”) de cada zona se realiza el cálculo del SMR, donde se obtienen los factores de corrección (F<sub>1i p</sub>, F<sub>2i p</sub>, F<sub>3i p</sub>, F<sub>1i v</sub>, F<sub>2i v</sub>, F<sub>3i v</sub>) resultantes las ecuaciones continuas:

$$SMR_{ip} = RMR_i + (F_{1ip} * F_{2ip} * F_{3ip}) + F_4$$

$$SMR_{iv} = RMR_i + (F_{1iv} * F_{2iv} * F_{3iv}) + F_4$$

En el caso del mapa de susceptibilidad a la rotura planar, se debió extraer el valor de SMR mínimo entre todas las familias; aplicando el mismo procedimiento para la rotura en vuelco.

$$SMR_p = Min (SMR_{1p}, SMR_{2p}, SMR_{3p}, SMR_{4p}, SMR_{5p})$$

$$SMR_c = Min (SMR_{1c}, SMR_{2c}, SMR_{3c}, SMR_{4c}, SMR_{5c})$$

Para el cálculo del SMR mediante funciones continuas (SMR-C) aplicando metodología convencional, se indica el proceso y las fórmulas usadas en teoría para cada junta en cada talud. Como ejemplo demostrativo se aplica el SMR-C por vuelco para la el Talud 2 (314/68) en la J1 (208/35). El tipo de excavación se considera de voladura por excavación (valor 0).

Proceso:

F<sub>1</sub>: Se considera el valor de A, como la diferencia de la dirección de buzamiento de las juntas ( $\alpha_j$ ) menos la dirección de buzamiento del talud ( $\alpha_s$ ) para el cálculo de F<sub>1</sub>.

$$\text{El valor de } A = (\alpha_j - \alpha_s) - 180 = (208 - 314) - 180 = 74$$

$$F_1 = \frac{16}{25} - \frac{3}{500} \operatorname{atan}\left(\frac{1}{10} (|A| - 17)\right)$$

$$F_1 = \frac{16}{25} - \frac{3}{500} \operatorname{atan}\left(\frac{1}{10} (|74| - 17)\right)$$

$$F_1 = 0.16$$

F<sub>2</sub>: Se considera el valor de B como el buzamiento de la junta, para rotura por vuelco se tiene que:

$$F_2 = 1$$

F<sub>3</sub>: es importante considerar el tipo de rotura para aplicar la ecuación correspondiente; para un tipo de rotura por vuelco se aplica la siguiente ecuación:

Se considera el valor de C, como la diferencia del buzamiento de la junta más el buzamiento del talud para el cálculo de F<sub>3</sub>.

$$C = 35 + 68 = 103$$

$$F_3 = -13 - \frac{1}{7} \operatorname{atan}(C - 120)$$

$$F_3 = -13 - \frac{1}{7} \operatorname{atan}(103 - 120)$$

$$F_3 = -0,62$$

F<sub>4</sub>: La cantera el método de excavación se considera de voladura por excavación, toma el valor de 0.

$$F_4 = 0$$

Cálculo del SMR continuo por metodología convencional:

$$SMR = RMR + (F_1 * F_2 * F_3) + F_4$$

$$SMR = 39,57 + (0.16 * 1 * (-0.62)) + 0$$

$$SMR = 39.47 \text{ (Mala, Clase IV)}$$

## 6. Resultados

### 6.1. Topografía

El ortomosaico de la zona de interés fue obtenido a 1.81 cm/pix y se llevó a cabo desde la abscisa 11+340 a 13+480 a una escala 1:1000, con una faja de 2140 m, que es la longitud donde afloran los macizos rocosos, y un ancho de 80 m que permite definir las particularidades del talud (figura 18).

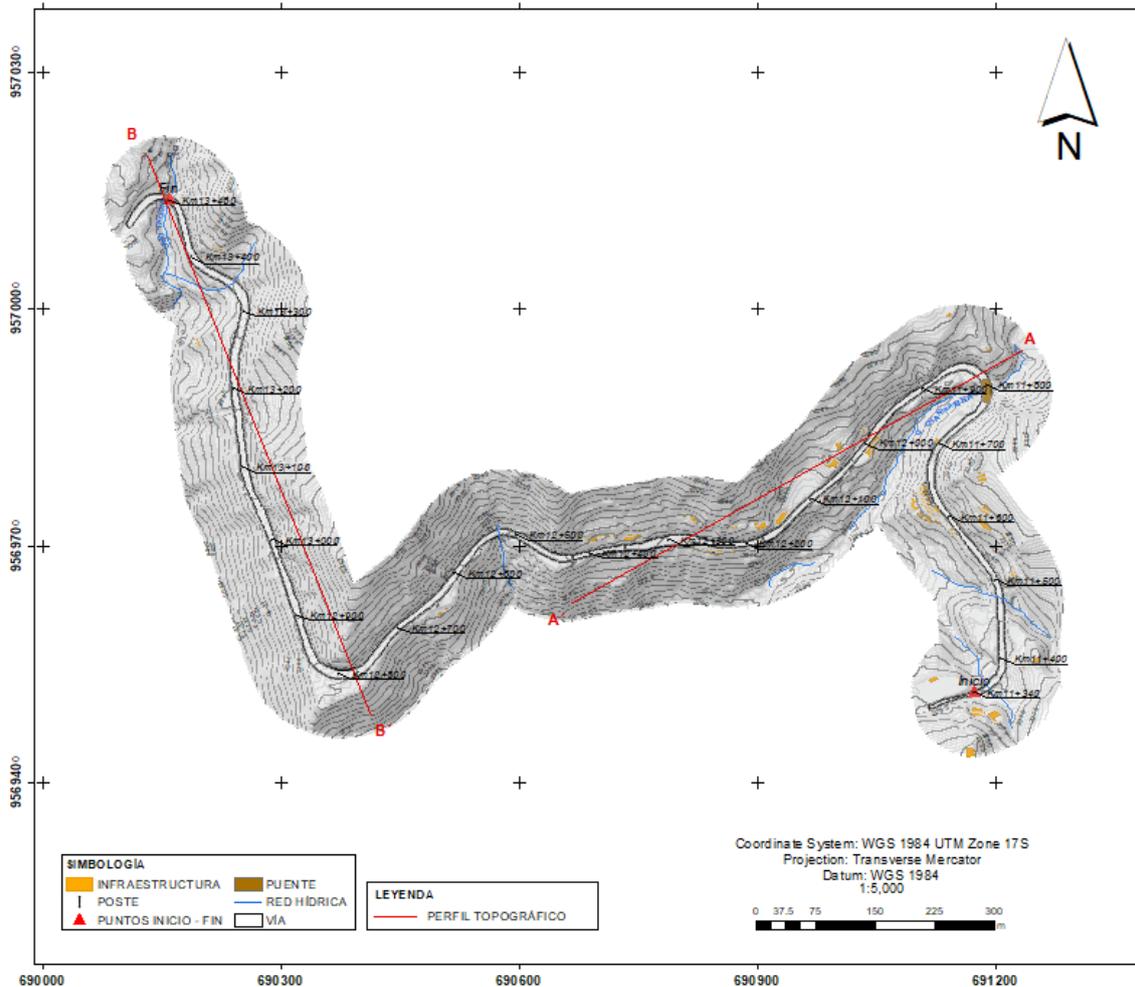
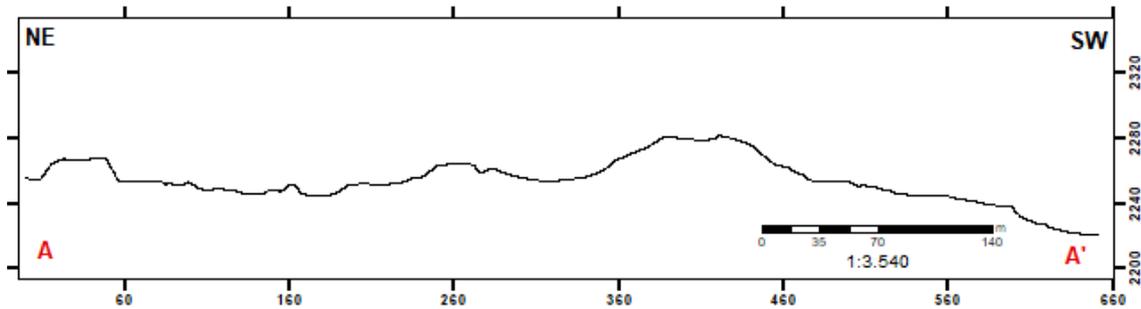


Figura 18. Topografía del Área de Interés

La topografía del área de interés presenta cotas de elevación desde la más baja 2195 m.s.n.m. a 2320 m.s.n.m. (cota más alta), con un desnivel de 125 m. Se presentan terrenos irregulares con pendiente abruptas hacia el margen derecho del corte vial; así mismo, terrenos más regulares hacia el cauce de la quebrada Chanipamba, Río Taquil y afluentes.

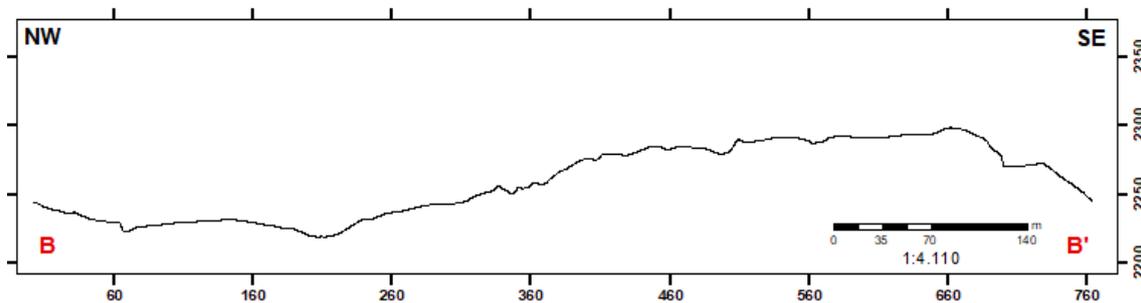
Se elaboró un perfil topográfico, que posteriormente sería la base para la correlación con el perfil geológico.

En la figura 19 se indica el perfil topográfico A – A´, que corta el eje de la vía, tiene una extensión de 652m, se lo realizó de Nor-Este a Sur-Oeste. En la distancia de 230m se tiene una altura máxima de 2282m. La diferencia de altura entre la cota mayor y la menor es de 60m.



**Figura 19.** Perfil Topográfico A – A´

En la figura 20 se indica el perfil topográfico A – A´, que corta el eje de la vía, tiene una extensión de 760m, se lo realizó de Nor-Oeste a Sur-Este. En la distancia de 655m se tiene una altura máxima de 2300m. La diferencia de altura entre la cota mayor y la menor es de 80m.



**Figura 20.** Perfil Topográfico B – B´

## 6.2. Pendiente

El mapa de pendiente clasificado (ver figura 21) presenta zonas planas y pendientes muy bajas en la vía, las pendientes predominantes varían entre 8° a 55°; es decir, de moderadas a muy fuertes; y se distribuyen en toda el área de interés. Así también, se observa que las pendientes extremadamente fuertes se concentran en zonas específicas, relacionadas con los taludes contiguos a la vía (ver tabla 24).

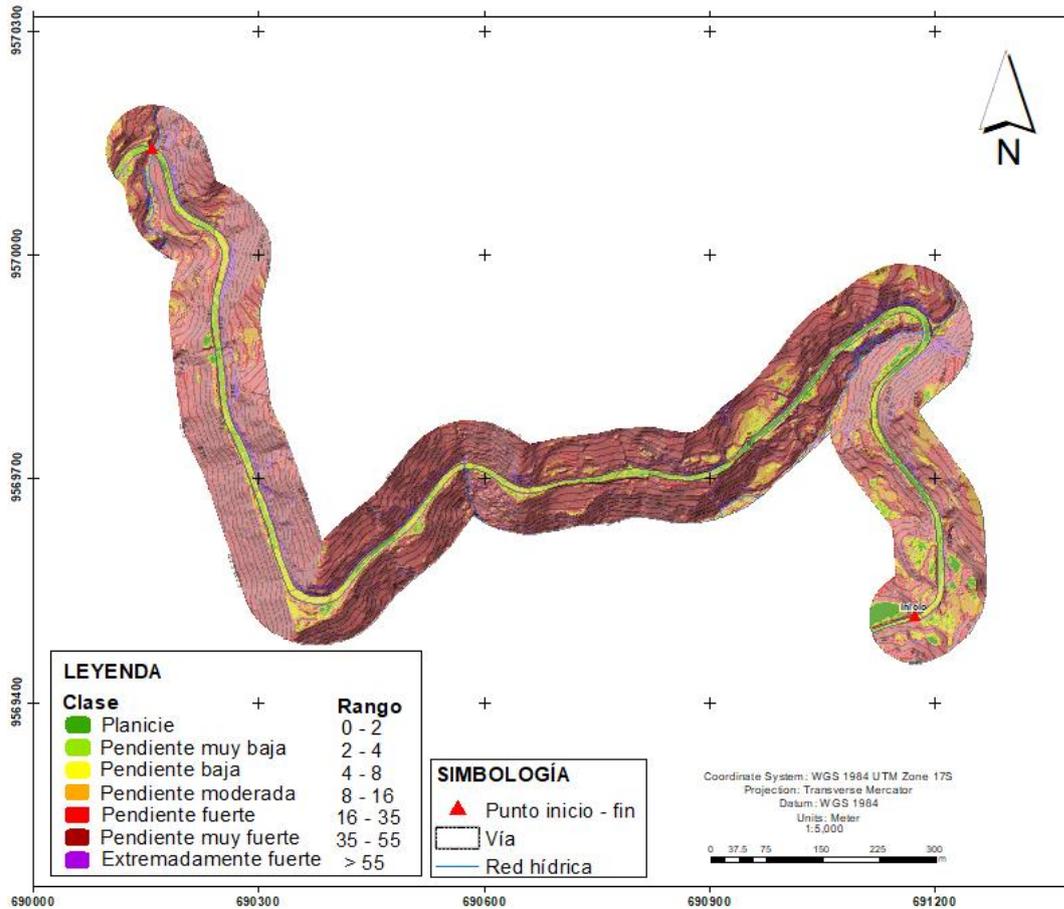


Figura 21. Mapa de Pendientes del Área de Interés

Tabla 24. Resultados Obtenidos de la Pendientes

Pendiente (°)	Condiciones del Terreno y Procesos Característicos	Área (ha)	Porcentaje (%)
0 - 2	Planicie, sin denudación apreciable	0,56	2,14
2 - 4	Pendiente muy baja, peligro de erosión	0,92	3,48
4 - 8	Pendiente baja, peligro severo de erosión de suelos	1,39	5,29
8 - 16	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligro de erosión del suelo y deslizamiento	2,47	9,41
16 - 35	Pendiente fuerte, procesos denudativos intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión de suelos	9,95	37,9
35 - 55	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudativos intensos, reforestación posible	9,91	37,72
>55	Extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudativos severos (caída de rocas),	1,07	4,06

### 6.3. Geología Local

En la elaboración del mapa geológico (ver figura 22), se llevó a cabo la descripción detallada de 24 afloramientos ubicados dentro de la zona de estudio, los mismos que han sido referenciados (ver Tabla 25) y descritos en cada una de las fichas de descripción de afloramientos.

**Tabla 25. Ubicación Geográfica de los Afloramientos**

Afloramiento	X	Y	Tipo de Afloramiento
P1	691229	9569566	Natural
P2	691212	9569598	Antrópico
P3	691169	9569707	Antrópico
P4	691125	9569771	Antrópico
P5	691182	9569872	Antrópico
P6	691211	9569901	Natural
P7	691234	9569933	Natural
P8	691227	9570001	Natural
P9	691165	9569895	Natural
P10	691180	9569923	Antrópico
P11	691145	9569932	Antrópico
P12	691025	9569823	Antrópico
P13	690944	9569690	Natural
P14	6909907	9569712	Antrópico
P15	690534	9569692	Antrópico
P16	690398	9569567	Antrópico
P17	690370	9569543	Antrópico
P18	690329	9569603	Antrópico
P19	690301	9569684	Antrópico
P20	690274	9569754	Antrópico
P21	690270	9569790	Antrópico
P22	690256	9569808	Antrópico
P23	690250	9569897	Antrópico
P24	690217	9570055	Antrópico

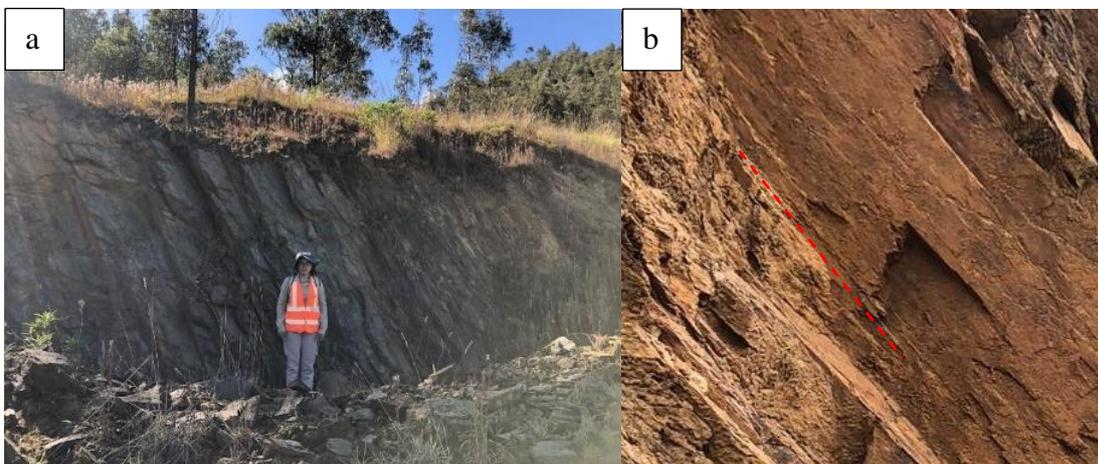
### 6.3.1. Unidad Cera

#### Esquistos pelíticos.

Ocupan la zona alta del área de interés, así como a lo largo de la quebrada Chanipamba de la abscisa 11+620 a 11+740 y 11+820 a 11+840, esta roca metamórfica de grado medio corresponde a la edad Paleozoica, se presenta en distintas tonalidades negro hasta naranja (producto de la oxidación de los minerales), están medianamente meteorizadas. En cierta área bien puntual se presenta microconglomerados sobrepuestos al esquistos, lo que sugiere que se ha generado un proceso de depositación sedimentaria en el cual el microconglomerado se formó después de la formación del esquistos y se depositó sobre él en un evento geológico posterior, producto del transporte por el agua, viento o la misma gravedad.

Los esquistos pelíticos tienen una potencia de hasta 50 m. Predominantemente se observa una foliación bien desarrollada, dispuestos en capas paralelas con una composición mineralógica que incluye la presencia de siderita en tonos amarillos y marrones, lo que, le da una apariencia mate, además partículas de arcilla y limo y oxidaciones de hierro (dando a lugar tonalidades marrones) y manganeso (dando a lugar tonalidades negras o grises) como un proceso de alteración en presencia de oxígeno y agua lo que afecta a la tonalidad en la que se encuentran los esquistos.

En el afloramiento de la fotografía 5, se observan a los esquistos cuya dirección de foliación es de  $245^{\circ}/50^{\circ}\text{SE}$ , ubicado en las coordenadas 691229; 9569566 Datum WGS84 UTM 17S.



**Fotografía 5.** (a) Afloramiento natural de esquistos pelíticos. (b). Acercamiento del mismo afloramiento donde se aprecian las mismas estructuras.

### **Cuarcita.**

Localizada a lo largo del tramo vial de la abscisa 11+760 a 11+790 corresponde a una cuarcita de grano fino de origen metamórfico, se presentó en tonalidades que van desde crema hasta el naranja debido a la exposición a agentes climáticos e hidrológicos; además, la matriz corresponde a un material limo – arcilloso. Se encuentra dispuesto por bloques que llegan hasta los 2 metros de largo.

Esta litología se encuentra ligeramente meteorizada, con una resistencia denominada muy dura, ya que se fracturó con varios golpes; además, no hay presencia de agua. En cuanto a la vegetación, es abundante y está constituido

por material arbustivo y herbáceo, con una potencia de hasta 20 cm. Adicionalmente, en la parte baja se evidencia material erosionado.

En la fotografía 6, se muestra la cuarcita cuya dirección de preferencial es de  $260^{\circ}/68^{\circ}\text{NW}$ , ubicado en las coordenadas 691182, 9569872 Datum WGS84 UTM 17S. Posee una longitud de 29 m y una altura aproximada de 8 m.



**Fotografía 6.** (a) Afloramiento antrópico constituido por cuarcitas. (b). Mismo afloramiento donde se evidencia con más amplitud la litología.

### **Meta – Arenisca.**

Ubicado a lo largo del tramo vial de la abscisa 11+560 a 11+600 y 11+800 a 11+820, corresponde a una meta – arenisca de grano fino de origen metamórfico, se presentó en tonalidades que van desde crema hasta naranja; además, la matriz corresponde a un material limoso. Se encuentra dispuesto por bloques que llegan hasta los 68 cm. Se encuentra medianamente meteorizada, con una resistencia denominada dura, ya que se fracturó con varios golpes; además, no hay presencia de agua. En cuanto a la vegetación, es abundante y está constituido por material herbáceo, con una potencia de hasta 1m.

En la fotografía 7, se muestra la meta- arenisca cuya dirección de preferencial es de  $20^{\circ}/62^{\circ}\text{NW}$ , ubicado en las coordenadas 691169, 9569707 Datum WGS84 UTM 17S. Posee una longitud de 20 m y una altura aproximada de 4.8 m.



**Fotografía 7.** (a). Afloramiento de meta – areniscas. (b). Bloques angulosos de meta-areniscas del mismo afloramiento.

### **6.3.2. Unidad Gonzabal**

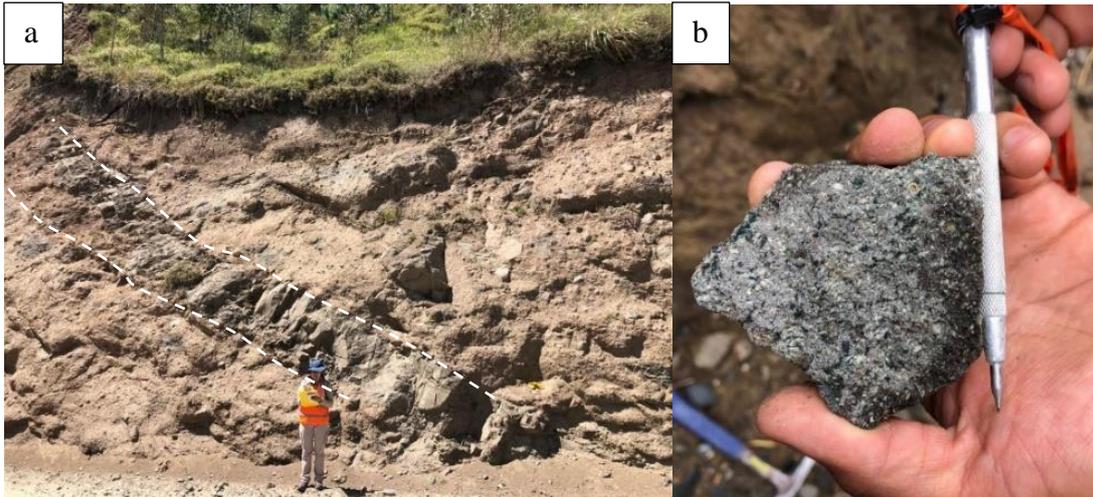
#### **Aglomerado volcánico de tobas andesíticas porfirítica.**

Se encuentra aflorando al este a lo largo del tramo vial de la abscisa 12+540 a 12+760 y 12+880 a 13+480, se constituye de tobas andesíticas de origen volcánico con una coloración que va desde gris oscuro a marrón rojizo, se presume que pudieron ser depositadas en una mezcla de materiales finos, que mineralógicamente presentan cuarzo, clorita, esmegtita y hematita.

Consiste en un tipo de depósito de origen volcánico que está constituido por bloques de hasta 1 metro de diámetro, presenta carbonatos y una textura porfirítica, alrededor del tramo vial, los fragmentos pueden variar de diámetro volviéndose más centimétricos, con una meteorización baja a muy alterada.

Además, se presentan intrusiones de diques tabulares dacíticos con minerales ortosa y plagioclasas, que se presume se formaron cuando el magma dacítico se introdujo en fracturas o fisuras en las rocas preexistentes para el caso el aglomerado volcánico.

En el afloramiento de la fotografía 8, se observa la intrusión del dique dacítico en el aglomerado volcánicos con tobas andesíticas porfirítica, ubicado en las coordenadas 690270, 9569790 Datum WGS84 UTM 17S. La orientación preferencial del dique dacítico es 160/28 SW.



**Fotografía 8.** (a) Intrusión de un Dique Dacítico en un Aglomerado Volcánico de Tobas Andesíticas Porfíricas. (b) Muestra de mano del mismo afloramiento correspondiente al material constituido por la intrusión.

### **Tobas andesíticas.**

Se localizan a lo largo del corte vial de la abscisa 12+160 a 12+220 y 12+760 a 12+880, se observó en tonalidades que van del marrón claro a oscuro, con presencia de vetillas de carbonatos de calcio. En cuanto al tamaño de los bloques varían desde 20 cm hasta 93 cm.

Se encuentra en un rango que va de alto a muy altamente meteorizada, con una resistencia denominada dura a muy dura, ya que se fracturó con varios golpes; además no hay presencia de agua. En cuanto a la vegetación predomina el material arbustivo y en menor cantidad el herbáceo, con potencia de hasta 80 cm.

En la fotografía 9, se observa a las tobas andesíticas porfíricas, localizadas en las coordenadas 690907;9569712 Datum WGS84 UTM 17S.



**Fotografía 9.** (a) Afloramiento de Tobas Andesíticas (b) Acercamiento del afloramiento donde se muestran los bloques de tobas andesíticas.

### **Esquistos con intercalaciones de Corneana.**

Se localiza al margen derecho de la quebrada Chanipamba; para el caso del esquisto, presenta tonalidades claras por la presencia mineralógica de siderita en tonos amarillos y marrones, además partículas de arcilla, limo y oxidaciones de hierro; por su lado la corneana, posee una coloración oscura grisácea a verdosa.

Esta litología se encuentra medianamente meteorizada, con una resistencia denominada muy dura, ya que se fracturó con varios golpes; además, no hay presencia de agua. En cuanto a la vegetación, es abundante y está constituido por material arbustivo y herbáceo. En la fotografía 10, se observa las intercalaciones de esquisto y corneana, cuya dirección preferencial de los esquistos es de  $253^{\circ}/58^{\circ}$  SE, localizado en las coordenadas 691211; 9569901 Datum WGS84 UTM 17S.



**Fotografía 10.** Afloramiento constituido por intercalaciones de esquisto y corneana.

### 6.3.3. Coluvial Polimítico

Se localiza a los márgenes de la quebrada Chanipamba, Río Taquil de la abscisa 11+340 a 11+460 este depósito pertenece a la era Cuaternaria, se observa en distintas tonalidades que van desde el gris hasta el marrón claro. Se encuentran en un rango que va desde moderada a altamente meteorizada. La génesis de este depósito podría deberse a procesos gravitacionales como deslizamiento de tierra o caídas de roca desde la parte superior de los taludes, además por la influencia de actividad volcánica. Constituido por fragmentos de esquistos, cuarcita, aglomerados volcánicos en una matriz limo arenosa, donde los clastos angulosos tipo brecha varían desde los 10 a 40 cm de diámetro, como se observa en la fotografía 11, ubicada en las coordenadas 691229, 9569566 Datum WGS84 UTM 17S.



**Fotografía 11.** Afloramiento constituido por un Coluvio polimítico. (b) Clastos angulosos constituidos por una agrupación de distintas litologías.

#### **6.3.4. Contacto de Meta-arenisca y coluvial**

Se encuentra cerca a los márgenes de la quebrada Chanipamba de la presente en tonalidades que van desde cremas a naranja claro, producto de la oxidación del hierro o hematita que puede dar este color.

El coluvial tipo polimítico posee cuarcitas y esquistos, los mismos que se encuentran dentro de una matriz arenosa. El tamaño de los clastos varía desde los 10 cm hasta los 30 cm de diámetros, algunos de ellos tienen una forma redondeada, mientras que otros presentan bordes más angulosos lo que indica un grado de transporte moderado.

Los afloramientos se encuentran expuestos a distintos procesos geológicos de meteorización y erosión, en un sector se localiza un contacto entre una meta-arenisca bien compacta y el coluvial polimítico, lo que podría indicar un vínculo con un antiguo lecho fluvial (paleocauce) que pudo haber sido el canal por donde circulaba el agua en el pasado, sugiriendo que ha habido un arrastre de sedimentos desde las laderas tanto por gravedad como por el agua hacia las partes bajas.

En el afloramiento de la fotografía 12, se observa un contacto entre la meta-arenisca y microconglomerado, ubicado en las coordenadas 691180; 9569923 Datum WGS84 UTM 17S.



**Fotografía 12.** Afloramiento de meta-arenisca en contacto con el microconglomerado.

**6.3.5. Geología Estructural.** En la zona de estudio se han definido 3 fallas regionales y un pliegue sinclinal, que influyen directamente en el comportamiento geológico, geomecánico y estructural de la litología identificada. En la Tabla 26 se indican las orientaciones preferenciales de cada una de ellas.

**Tabla 26.** *Geología Estructural de la Zona de Interés*

<b>Tipo de Estructura</b>	<b>Orientación Preferencial</b>
Falla Inferida Regional 1	N-NE
Falla Inferida Regional 2	N-NE
Falla Inferida Regional 3	N-NW y S-SW
Pliegue Sinclinal	Flanco derecho SW Flanco izquierdo NE

Entre la la abscisa 12+800 a 12+900 se indica la presencia de un pliegue sinclinal cuyo dato estructural para el flanco derecho es 148/60 SW y para el flanco izquierdo 278/44 NE. En cuanto a las fallas regionales, no se lograron establecer sus datos estructurales debido a la existencia de cobertura vegetal, y a la extensión de las mismas.



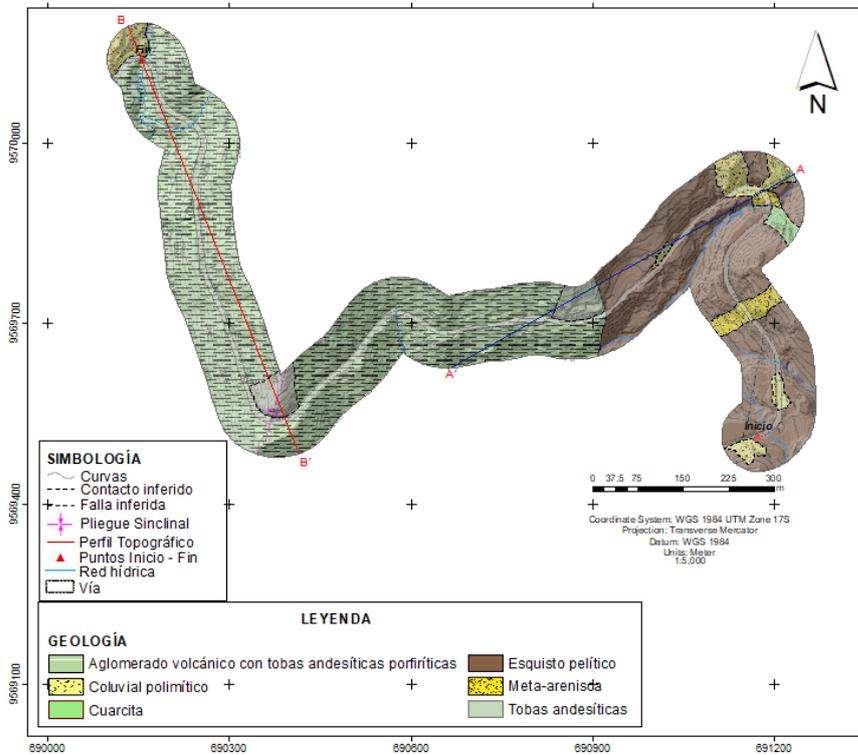
**Fotografía 13.** *Pliegue Sinclinal*

En la Tabla 27 se presenta el área y porcentaje para las litologías presentes en el área de estudio, donde la mayor incidencia la tiene el material volcánico sedimentario denominado “aglomerado volcánico con tobas andesíticas porfiríticas” con un porcentaje 58.72 dentro del área de interés. Y el de menor incidencia la tiene la litología “cuarcita” con un porcentaje de 0,7.

**Tabla 27.** *Litologías del Área de Estudio*

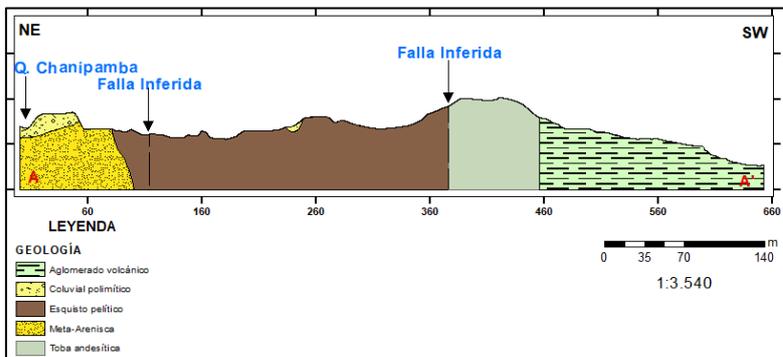
<b>Litología</b>	<b>Área (Ha.)</b>	<b>Porcentaje</b>
Aglomerado volcánico con tobas andesíticas porfiríticas	15.52	58.72
Esquisto pelítico	17.18	32.50
Meta-arenisca	0.51	1.92
Tobas andesíticas	0.41	1.56
Cuarcita	0.19	0.70
Coluvial polimítico	2.43	4.60

En la figura 22 se muestra la representación gráfica de las distintas litologías analizadas con anterioridad; a continuación, se interpretan los dos cortes geológicos con orientación NE – SW y NW – SE.



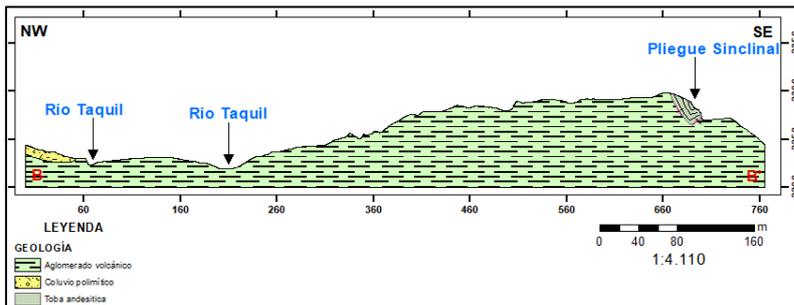
**Figura 22.** Geología Local del Área de Interés.

En la figura 23, se visualiza el perfil geológico elaborado a lo largo de la línea A – A', con una dirección preferencial NE – SW y una extensión de 652 m. Se observa en los primeros metros en la parte superficial la presencia de material coluvial polimítico, también la presencia de meta-arenisca en contacto con esquisto pelítico donde se ubica una falla inferida que separa a este material de la toba andesítica. Finalmente, en los últimos metros se tiene el contacto de la toba andesítica con el aglomerado volcánico.



**Figura 23.** Perfil Geológico A - A'

En la figura 24, se visualiza el perfil geológico elaborado a lo largo de la línea B – B´, con una dirección preferencial NW – SE y una extensión de 765 m, se observa en los primeros metros en la parte superficial del terreno la presencia de material coluvial polimítico. Finalmente, en los últimos metros se evidencia la presencia de un pliegue sinclinal con una proyección al flanco derecho 148/60SW y el flanco izquierdo 278/44NE a la dirección del perfil y que pone en contacto el aglomerado volcánico con la toba.

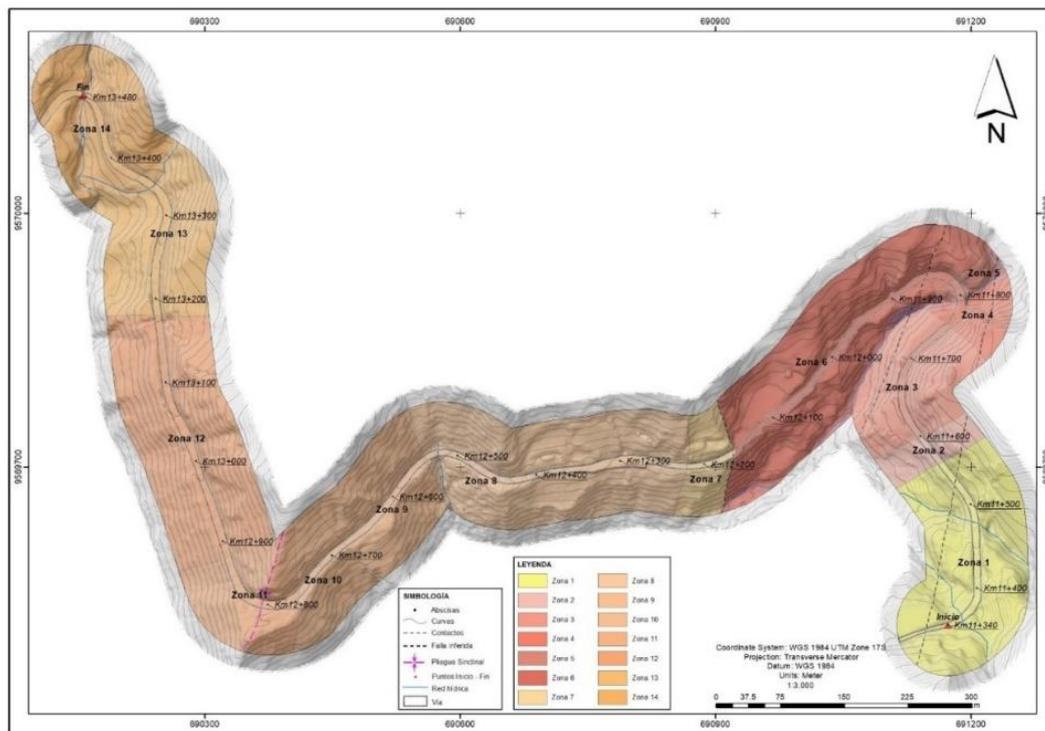


**Figura 24.** Perfil Geológico B - B´

En el tramo de vía abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, se realizó la zonificación litoestructural (ver figura 25), dando como resultado 14 zonas a ser analizadas en la tabla 28. De las cuales el tramo de la abs 11+460 a 11+560 (zona 1), 11+740 a 11+760 (zona 2), 11+840 a 12+160 (zona 6), 12+260 a 12+540 (zona 8), 13+140 a 13+180 (zona 12), 13+180 a 13+360 (zona 13) y 13+420 a 13+480 (zona 14), las cuales corresponden a un saprolito de la roca original, no poseen un diaclasamiento estructurado, por lo cual no se caracterizó en el presente trabajo, y por consiguiente no es aplicable a SMR (ver tabla 28).

**Tabla 28.** Descripción de la Zonificación Litoestructural

Zona/Abscisa	Descripción
1 / 11+340 a 11+560	11+340 a 11+460 Coluvial polimítico 11+460 a 11+560 Saprolito de esquisto
2 / 11+560 a 11+600	Meta – arenisca alterada
3 / 11+600 a 11+760	11+620 a 11+740 Esquisto pelítico 11+740 a 11+760 Saprolito de esquisto pelítico
4 / 11+760 a 11+800	11+760 a 11+790 Cuarzita 11+790 a 11+800 Meta - arenisca
5 / 11+800 a 11+820	Meta – arenisca compacta
6 / 11+820 a 12+160	11+820 a 11+840 Esquisto pelítico con microconglomerado 11+840 a 12+160 Saprolito de esquisto
7 / 12+160 a 12+220	Tobas andesíticas alteradas
8 / 12+220 a 12+540	12+220 a 12+260 Tobas andesíticas muy alteradas 12+260 a 12+540 Depósitos de suelos
9 / 12+540 a 12+680	Aglomerado volcánico con tobas andesíticas porfirítica compactas
10 / 12+680 a 12+760	Aglomerado volcánico con tobas andesíticas porfirítica alteradas
11 / 12+760 a 12+880	Tobas andesíticas muy alteradas
12 / 12+880 a 13+180	12+880 a 13+140 Aglomerado volcánico con tobas andesíticas porfirítica alteradas 13+140 a 13+180 Saprolito andesítico
13 / 13+180 a 13+360	13+180 a 13+320 Aglomerado volcánico con tobas andesíticas porfirítica compactas 13+180 a 13+360 Saprolito andesítico
14 / 13+360 a 13+480	13+360 a 13+420 Aglomerado volcánico con tobas andesíticas porfirítica muy alteradas 13+420 a 13+480 Saprolito andesítico



**Figura 25.** Zonificación Litoestructural

#### 6.4. Caracterización de los Macizos Rocosos

Una vez realizada la campaña geológica y geomecánica en campo, se obtuvo como resultado los datos geomecánicos para las 14 zonas litoestructurales con su correspondiente abscisado (ver tabla 29).

**Tabla 29.** *Abscisa para cada Zona Litoestructural*

Zona	Abscisa
1	11+340 a 11+560
2	11+560 a 11+60
3	11+600 a 11+760
4	11+760 a 11+800
5	11+800 a 11+820
6	11+820 a 12+160
7	12+160 a 12+220
8	12+220 a 12+540
9	12+540 a 12+680
10	12+680 a 12+760
11	12+760 a 12+880
12	12+880 a 13+180
13	13+180 a 13+360
14	13+360 a 13+480

En la Tabla 30 se indica cada uno de los valores ordenados y promediados en el programa Dips 6.0, en la cual se ha identificado 5 familias de discontinuidades resaltando el parámetro de rugosidad y de resistencia a la compresión simple de las discontinuidades a través del esclerómetro tipo L. Además, se indica el análisis desarrollado en el mismo programa en donde se muestra el ejemplo de cálculo de la orientación preferencial (figura 26) de las familias de discontinuidades de la zona 2; las cuales se pueden identificar en el estereograma y donde se observa mediante este análisis que en general los puntos tienden a agruparse en 5 orientaciones preferenciales, otros puntos se encuentran más dispersos y nada representativos en el tramo vial.



## 6.5. Propiedades Físico – Mecánicas

Para la determinación de las propiedades físico – mecánicas, se realizó el muestreo o testificación de la roca sana que compone el talud, es importante mencionar que no se consideró todas las discontinuidades presentes de la globalidad del macizo rocoso, para lo cual se logró obtener 14 muestras. Los resultados de los ensayos de laboratorio se indican en la tabla 31, en cuanto al peso saturado varían en un rango de 118 -273, el peso sumergido de 69- 151 y el peso seco de 168-245 (tabla 31).

**Tabla 31.** Resultados de los diferentes tipos de pesos

Zona	Muestra	Peso Natural	Peso Saturado	Peso Sumergido	Peso Seco
1	M01	216.51	225.63	129.83	207.98
2	M02	241.48	243.82	146.49	240.18
3	M03	226.16	226.83	146.56	224.65
4	M04	172.56	173.65	105.38	170.13
5	M05	202.73	205.9	124.54	202.1
6	M06	271.75	272.9	176.75	270.56
7	M07	207.57	209.67	124.63	201.97
8	M08	194.99	196.61	114.79	187.54
9	M09	116.82	118.59	69.44	110.81
10	M10	156.81	157.58	96.68	153.66
11	M11	245.85	251.45	150.57	241.31
12	M12	206.31	209.16	123.75	198.75
13	M13	260.77	265.47	149.66	244.85
14	M14	171.14	171.75	105.63	167.58

### 6.5.1. Cálculo de las Propiedades Físicas

Luego de haber determinado en laboratorio los distintos pesos (peso real, peso saturado, peso sumergido y peso seco), se realizó el cálculo para las distintas propiedades físicas empleando las fórmulas mencionadas con anterioridad.

De acuerdo a los resultados obtenidos para las 14 zonas, se estableció que los valores de la porosidad varían entre 2-31%, el coeficiente de absorción de 1 -9%, el contenido de humedad de 1-7%, en cuanto a la gravedad específica es mayor en la zona 6 de 2.81 versus la zona 13 de 2.13, la compacidad varía entre 68-98% y el módulo de saturación de 58-207% (tabla 32).

**Tabla 32. Resultados de las Propiedades Físicas**

Zona	W. Específico Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	W. Específico Real (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad (%)	Porosidad Eficaz (%)	Coef. Absorción (%)	Contenido de Humedad (%)	Gravedad Específica	Com pacidad (%)	Mod. Sat. (%)
1	2.17	3.18	31.9	18.42	8.49	4.10	2.17	68.10	57.8
2	2.46	2.63	6.47	3.74	1.52	0.54	2.46	93.53	57.8
3	2.79	2.84	1.67	2.72	0.97	0.67	2.79	98.33	162.3
4	2.49	2.64	5.88	5.16	2.07	1.43	2.49	94.12	87.6
5	2.48	2.63	5.61	4.67	1.88	0.31	2.48	94.39	83.3
6	2.81	2.87	1.98	2.43	0.86	0.44	2.81	98.02	122.8
7	2.37	2.56	7.45	9.05	3.81	2.77	2.37	92.55	121.4
8	2.29	2.52	9.08	11.09	4.84	3.97	2.29	90.92	122.1
9	2.25	2.45	8.24	15.83	7.02	5.42	2.25	91.76	192.1
10	2.52	2.60	3.11	6.44	2.55	2.05	2.52	96.89	206.9
11	2.39	2.62	8.86	10.05	4.20	1.88	2.39	91.14	113.4
12	2.32	2.53	8.24	12.19	5.24	3.80	2.32	91.76	147.9
13	2.11	2.32	8.88	17.81	8.42	6.50	2.11	91.12	200.6
14	2.53	2.62	3.27	6.31	2.49	2.12	2.53	96.73	193

### 6.5.2. Resistencia a la compresión simple

En la Tabla 33 se indican los resultados obtenidos en laboratorio, en cuanto a la densidad se tiene una tendencia que varía significativamente, para la resistencia a la compresión simple son mucho mayores los datos obtenidos por medio de la esclerometría aplicada a la matriz inalteradas  $R$ ; y, en la valoración de los planos de discontinuidades de la roca alterada  $r$ .

Los resultados de la resistencia a la compresión simple indican que en la zona 13 se tiene una resistencia relativamente baja (17.45 Mpa) en relación a la zona 6 con una resistencia muy alta de 116.97 Mpa. Sin embargo, se denota que estos resultados se ven fuertemente influenciados por otros factores que pueden estar interviniendo directamente en la estabilidad o inestabilidad del talud como: grado de fracturación de la roca, donde se cuantifica el número de

discontinuidades en la misma, incluyendo su orientación, frecuencia de aparición de cada una de ellas, su continuidad en el espacio, su apertura, la morfología que presentan, su rugosidad, la posible existencia de rellenos en las mismas, evaluando su mayor o menor capacidad de resistencia a los movimientos, o la mayor o menor probabilidad de que se produzcan roturas o deslizamientos a través de los planos que conforman cada una de las familias de discontinuidades existentes, existiendo una relación directa entre el número de fisuras y la estabilidad. Siendo estable donde menor sea la presencia de fisuras y se tiene taludes inestables cuando se tiene un gran número de fisuras.

**Tabla 33.** Resistencia a la Compresión Simple

Zona	Densidad g/cm <sup>3</sup>	R -	r -	Esfuerzo Mpa
1	2.38	12	16	57.44
2	2.38	33	23	57.44
3	2.63	28	17	84.48
4	2.38	57	21	87
5	2.44	27	19	86.49
6	2.58	27	24	116.97
7	2.55	48	20	66.64
8	2.59	18	18	54.34
9	2.29	24	15	17.45
10	2.52	28	16	61.4
11	2.16	41	16	69.73
12	2.56	19	17	74.46
13	2.17	20	15	18.51
14	2.44	38	20	49.25

## 6.6. Clasificación Geomecánica de los Macizos Rocosos

### 6.6.1. RQD

Para la determinación del RQD se realizó un análisis del índice volumétrico de fisuras por metro cúbico conocido como  $J_v$ , el mismo que resulta del espaciamiento medio de cada fisura en m. Los resultados dados en la tabla 34, indican que la calidad de la roca es excelente en la zona (1, 9, 10, 12, 13, 14) donde se tiene mayormente la presencia de aglomerado volcánico con tobas andesíticas porfiríticas, la roca es buena en la zona (5,6,7,8) se evidencia esquistos pelíticos y tobas andesíticas, la roca es regular en la zona (4,11) donde

se presenta la toba andesítica muy alterada, la roca mala y muy mala se encuentran en la zona (2,3) se tiene arenisca alterada y esquistos pelíticos.

**Tabla 34. Cálculos para Determinar la Calidad del Macizo Rocosó en Función del RQD**

Zona	Familia	SMi (mm)	Smi (m)	1/Smi	Jv/m3	RQD (%)	Calidad																																																																																																																																																																																																																																												
1	S1	413	0.413	2.424	5.671	96	Excelente																																																																																																																																																																																																																																												
	S2	308	0.308	3.247				2	J1	96	0.096	10.417	34.528	24	Muy mala	J2	169	0.169	5.917	J3	231	0.231	4.329	J4	159	0.159	6.289	J5	132	0.132	7.576	3	J1	112	0.112	8.929	32.662	28	Mala	J2	168	0.168	5.952	J3	140	0.140	7.143	J4	94	0.094	10.638	4	J1	524	0.524	1.907	14.351	74	Regular	J2	238	0.238	4.202	J3	328	0.328	3.049	J4	490	0.490	2.041	J5	317	0.317	3.153	5	J1	454	0.454	2.203	11.146	82	Buena	J2	187	0.187	5.357	J3	279	0.279	3.586	6	J1	135	0.135	7.407	12.100	80	Buena	J2	631	0.631	1.584	J3	322	0.322	3.109	7	J1	527	0.527	1.899	9.896	85	Buena	J2	864	0.864	1.157	J3	298	0.298	3.352	J4	287	0.287	3.488	8	J1	1855	1.855	0.539	8.360	89	Buena	J2	695	0.695	1.439	J3	267	0.267	3.750	J4	380	0.380	2.632	9	S1	439	0.439	2.278	7.992	90	Excelente	S2	175	0.175	5.714	10	S1	259	0.259	3.861	5.528	96	Excelente	S2	600	0.600	1.667	11	S1	286	0.286	3.497	23.723	51	Regular	S2	115	0.115	8.696	S3	241	0.241	4.149	B1	274	0.274	3.650	S4	268	0.268	3.731	12	S1	1629	1.629	0.614	5.289	97	Excelente	S2	274	0.274	3.650	S3	1356	1.356	0.737	S4	3475	3.475	0.288	13	B1	650	0.650	1.538	6.987	93	Excelente	S1	290	0.290	3.448	S2	500	0.500	2.000	14	J1	378	0.378	2.646	7.149	92	Excelente	J2	410	0.410	2.439
2	J1	96	0.096	10.417	34.528	24	Muy mala																																																																																																																																																																																																																																												
	J2	169	0.169	5.917																																																																																																																																																																																																																																															
	J3	231	0.231	4.329																																																																																																																																																																																																																																															
	J4	159	0.159	6.289																																																																																																																																																																																																																																															
	J5	132	0.132	7.576																																																																																																																																																																																																																																															
3	J1	112	0.112	8.929	32.662	28	Mala																																																																																																																																																																																																																																												
	J2	168	0.168	5.952																																																																																																																																																																																																																																															
	J3	140	0.140	7.143																																																																																																																																																																																																																																															
	J4	94	0.094	10.638																																																																																																																																																																																																																																															
4	J1	524	0.524	1.907	14.351	74	Regular																																																																																																																																																																																																																																												
	J2	238	0.238	4.202																																																																																																																																																																																																																																															
	J3	328	0.328	3.049																																																																																																																																																																																																																																															
	J4	490	0.490	2.041																																																																																																																																																																																																																																															
	J5	317	0.317	3.153																																																																																																																																																																																																																																															
5	J1	454	0.454	2.203	11.146	82	Buena																																																																																																																																																																																																																																												
	J2	187	0.187	5.357																																																																																																																																																																																																																																															
	J3	279	0.279	3.586																																																																																																																																																																																																																																															
6	J1	135	0.135	7.407	12.100	80	Buena																																																																																																																																																																																																																																												
	J2	631	0.631	1.584																																																																																																																																																																																																																																															
	J3	322	0.322	3.109																																																																																																																																																																																																																																															
7	J1	527	0.527	1.899	9.896	85	Buena																																																																																																																																																																																																																																												
	J2	864	0.864	1.157																																																																																																																																																																																																																																															
	J3	298	0.298	3.352																																																																																																																																																																																																																																															
	J4	287	0.287	3.488																																																																																																																																																																																																																																															
8	J1	1855	1.855	0.539	8.360	89	Buena																																																																																																																																																																																																																																												
	J2	695	0.695	1.439																																																																																																																																																																																																																																															
	J3	267	0.267	3.750																																																																																																																																																																																																																																															
	J4	380	0.380	2.632																																																																																																																																																																																																																																															
9	S1	439	0.439	2.278	7.992	90	Excelente																																																																																																																																																																																																																																												
	S2	175	0.175	5.714																																																																																																																																																																																																																																															
10	S1	259	0.259	3.861	5.528	96	Excelente																																																																																																																																																																																																																																												
	S2	600	0.600	1.667																																																																																																																																																																																																																																															
11	S1	286	0.286	3.497	23.723	51	Regular																																																																																																																																																																																																																																												
	S2	115	0.115	8.696																																																																																																																																																																																																																																															
	S3	241	0.241	4.149																																																																																																																																																																																																																																															
	B1	274	0.274	3.650																																																																																																																																																																																																																																															
	S4	268	0.268	3.731																																																																																																																																																																																																																																															
12	S1	1629	1.629	0.614	5.289	97	Excelente																																																																																																																																																																																																																																												
	S2	274	0.274	3.650																																																																																																																																																																																																																																															
	S3	1356	1.356	0.737																																																																																																																																																																																																																																															
	S4	3475	3.475	0.288																																																																																																																																																																																																																																															
13	B1	650	0.650	1.538	6.987	93	Excelente																																																																																																																																																																																																																																												
	S1	290	0.290	3.448																																																																																																																																																																																																																																															
	S2	500	0.500	2.000																																																																																																																																																																																																																																															
14	J1	378	0.378	2.646	7.149	92	Excelente																																																																																																																																																																																																																																												
	J2	410	0.410	2.439																																																																																																																																																																																																																																															
	J3	484	0.484	2.065																																																																																																																																																																																																																																															

El valor de  $J_v$  se relaciona con el tamaño de los bloques en función del número discontinuidades según la Tabla 35.

**Tabla 35.** Descripción del tamaño de bloque en función del número de discontinuidades.

Descripción	$J_v$ (discontinuidades /m3)
Bloques muy grandes	<1
Bloques grandes	1-3
Bloques de tamaño medio	3-10
Bloques pequeños	10-30
Bloques muy pequeños	>30

Nota. Tomado de (ISMR, 1981).

La zona de estudio está constituida mayormente por bloques de tamaño medio ubicadas en la parte inicial, central y final de la vía correspondientes a la zona (1,7,8,9,10,12,13,14), los bloques de tamaño pequeño están la zona (4,5,6,11). Finalmente, los bloques de tamaño más pequeño son los que menos predominan focalizados en la zona (2,3), revisar tabla 36.

**Tabla 36.** Resultados de la zona de estudio conforme la descripción del tamaño de bloque en función del número de discontinuidades.

Zona	$J_v/m^3$	Descripción
1	5671	Bloques de tamaño medio
2	34528	Bloques muy pequeños
3	32662	Bloques muy pequeños
4	14351	Bloques pequeños
5	11146	Bloques pequeños
6	12100	Bloques pequeños
7	9896	Bloques de tamaño medio
8	8360	Bloques de tamaño medio
9	7992	Bloques de tamaño medio
10	5528	Bloques de tamaño medio
11	23723	Bloques pequeños
12	5289	Bloques de tamaño medio
13	6987	Bloques de tamaño medio
14	7149	Bloques de tamaño medio

En la Tabla 37 se encuentra la clasificación de los macizos rocosos en función de la forma y tamaño del bloque y de la densidad de fracturación. Dentro del área de estudio se evidencia la presencia de bloques cúbicos, siendo estos aproximadamente equidimensionales formados por familias de discontinuidades.

**Tabla 37.** Clasificación de macizos rocosos en función del tamaño y forma de los bloques.

Clase	Tipo	Descripción
I	Masivo	Pocas discontinuidades o con espaciado muy grande
II	Cúbico	Bloques aproximadamente equidimensionales
III	Tabular	Bloques con una dimensión considerablemente menor que las otras dos
IV	Columnar	Bloques con una dimensión considerablemente mayor que las otras dos
V	Irregular	Grandes variaciones en el tamaño y forma de los bloques
VI	Triturado	Macizo rocoso muy fracturado

Nota. Tomado de (ISMR, 1981).

Es importante mencionar que según Bieniawski (2003), la precisión de estas correlaciones no es superior a la que proporciona una estimación visual en campo. Adicionalmente el Índice de Calidad de la Roca (RQD) no debe ser usado como único parámetro para clasificar el material rocoso, comúnmente con la presencia de diaclasas que se encuentran rellenas con materiales de baja resistencia o expansivos, la estabilidad de los taludes va a depender de estos materiales existentes y no solo de la resistencia intrínseca de la roca.

#### **6.6.2. RMR**

Para la determinación del RMR se considera 5 parámetros que son: resistencia a la compresión simple, índice RQD, espaciado de las discontinuidades, estado de las discontinuidades (longitud/persistencia, abertura, rugosidad, relleno y alteración) y agua freática, estos mismos son sumados dando como resultado la clasificación RMR.

La Tabla 38 nos indica un resumen, permite observar los valores de RMR promedio, indicando así su clase de roca y la calidad de la misma para las diferentes zonas; la clase de roca III se encuentra mayormente en la zona de estudio donde se tiene una calidad de roca media dada en la zona (1,2,3,4,5,7,9,10,11,13). También, se observa una clase de roca II donde la calidad de la roca es buena en la zona (6,8,12,14).

**Tabla 38. Resultados del RMR**

ZONAS	Familia	RESULTADOS		
		RMR89	Clase de roca	Descripción de la Calidad
1	S1	57.4	III	Media
	S2	58.46	III	Media
2	J1	39.57	IV	Mala
	J2	41.3	III	Media
	J3	44.9	III	Media
	J4	40.03	IV	Mala
	J5	39.93	IV	Mala
3	J1	42.68	III	Media
	J2	43.24	III	Media
	J3	35.96	IV	Mala
	J4	42.5	III	Media
4	J1	58.66	III	Media
	J2	57.09	III	Media
	J3	57.93	III	Media
	J4	61.37	II	Buena
	J5	59.83	III	Media
5	J1	62.68	II	Buena
	J2	55.21	III	Media
	J3	61.09	II	Buena
6	J1	61.24	II	Buena
	J2	65.69	II	Buena
	J3	63.03	II	Buena
7	J1	60.45	II	Buena
	J2	63.05	II	Buena
	J3	58.43	III	Media
	J4	57.32	III	Media
8	J1	71.95	II	Buena
	J2	66.68	II	Buena
	J3	63.01	II	Buena
	J4	61.05	II	Buena
9	S1	54.45	III	Media
	S2	49.01	III	Media
10	S1	57.09	III	Media
	S2	61.08	II	Buena
11	S1	47.95	III	Media
	S2	46.29	III	Media
	S3	47.53	III	Media
	B1	44.84	III	Media
	S4	49.78	III	Media
12	S1	67.55	II	Buena
	S2	56.48	III	Media
	S3	67.31	II	Buena
	S4	68.09	II	Buena
13	B1	56.98	III	Media
	S1	55.88	III	Media
	S2	58.75	III	Media
14	J1	65.27	II	Buena
	J2	60.56	II	Buena
	J3	60.21	II	Buena

### 6.6.3. SMR

Luego de llevar a cabo las operaciones necesarias para calcular el Slope Mass Rating (SMR) mediante funciones continuas aplicadas en el Sistema de Información Geográfica (SIG), se obtiene como resultado el mapa de susceptibilidad geotécnica para los catorce taludes estudiados, mostrados en términos de  $SMR_{MÍNIMO}$ , los cuales son los valores más desfavorables, con el objetivo de determinar el ajuste a los datos reales observados en campo, se ha comparado los daños observados en cada uno de los taludes para condiciones de susceptibilidad a la rotura planar y por vuelco.

El cálculo del SMR – C se realiza independientemente para cada pixel, obteniendo un resultado no uniforme para cada talud

En la Tabla 39 se tiene resultados de SMR mínimo, SMR medio, SMR máximo, para una rotura planar. En el SRM mínimo, se aprecian valores de estabilidad muy inferiores a los reales. Por el contrario, se considera a los valores de SMR medio los más representativos y reales. Finalmente, los valores de SMR máximo comúnmente son valores sobreestimados, sin embargo, en este caso estos valores no varían mucho de los valores del SMR medio.

**Tabla 39.** Valores de SMR – C, mediante SIG de cada zona. Rotura planar.

Zonas	Superficie (m <sup>2</sup> )	SMR – C (SIG)		
		Mínimo	Mediana	Máximo
1	408,02	24,54	51,40	57,32
2	204,01	-16,03	18,80	39,42
3	2400,20	-19,54	31,24	35,90
4	178,44	4,46	43,74	57,03
5	47,50	51,33	54,59	54,99
6	184,99	11,13	45,62	61,14
7	28,83	7,69	30,96	46,41
8	232,86	11,72	53,97	60,91
9	1456,34	41,26	48,87	48,97
10	348,88	50,87	53,57	56,99
11	909,99	-5,98	35,99	44,80
12	1784,97	45,83	52,13	56,43
13	721,80	43,05	52,74	54,75
14	306,25	8,73	33,85	60,07

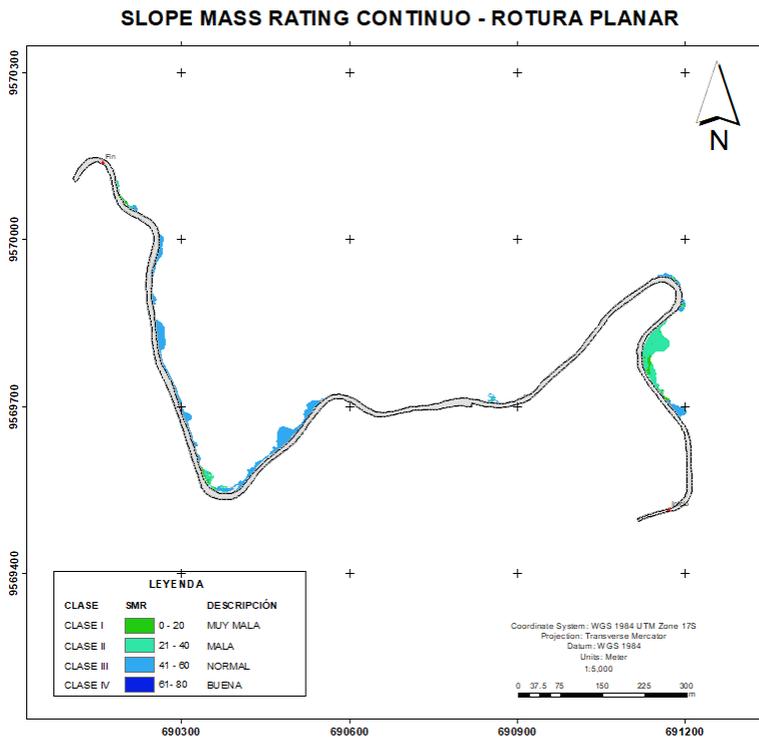
En la Tabla 40 se tiene resultados de SMR mínimo, SMR medio, SMR máximo, para una rotura por vuelco. En el SRM mínimo, se aprecia valores de estabilidad similares a los reales, considerando a los valores de SMR medio los más representativos y reales. Finalmente, los valores de SMR máximo presentan un leve aumento en comparación a los valores del SMR medio.

**Tabla 40.** Valores de SMR – C, mediante SIG de cada zona. Rotura por vuelco.

Zonas	Superficie (m <sup>2</sup> )	SMR – C (SIG)		
		Mínimo	Mediana	Máximo
1	408,02	56,76	57,03	57,11
2	204,01	10,24	13,91	39,28
3	2400,20	12,93	18,12	35,64
4	178,44	28,99	35,39	57,05
5	47,50	25,44	25,76	25,54
6	184,99	31,52	32,15	60,51
7	28,83	24,74	25,62	29,05
8	232,86	33,78	47,99	60,70
9	1456,34	19,41	29,86	48,59
10	348,88	32,62	55,91	56,80
11	909,99	15,07	21,60	44,36
12	1784,97	27,17	44,50	56,14
13	721,80	27,41	30,57	55,85
14	306,25	28,50	45,27	56,86

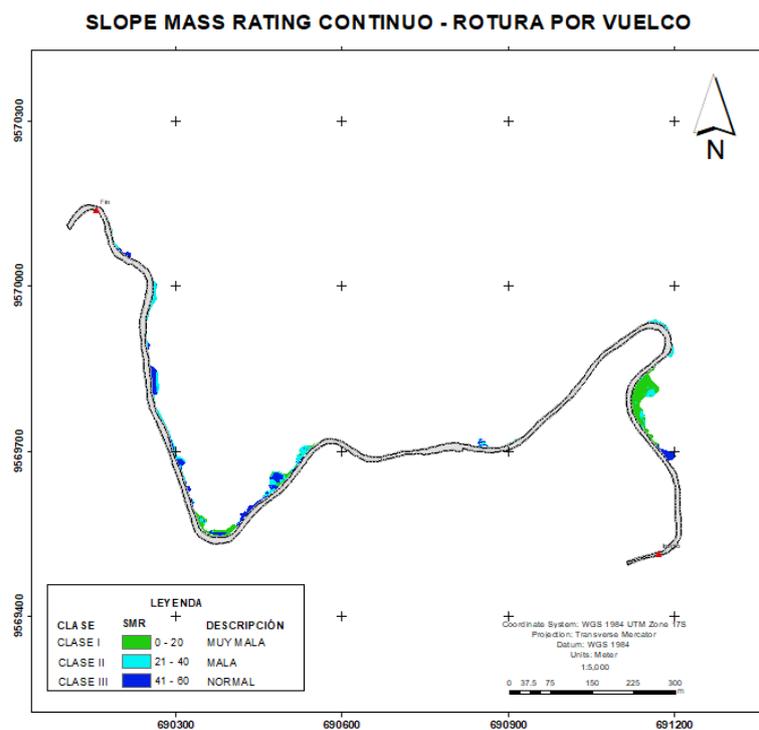
Por medio de la herramienta GIS, determinadas las direcciones preferenciales de las familias de las discontinuidades, donde se enfrentan los valores de orientación de los taludes de la vía, se calculó los factores del sistema SMR y el valor de la clasificación geomecánica. Se tiene en las figuras 27 y 28, resultados en términos de SMR mínimo para condiciones de susceptibilidad a la rotura en planar y en vuelco.

Los resultados globales que se indican en la Figura 27, en el mapa de susceptibilidad a rotura planar, al inicio de la vía se observa una calidad de roca mala de clase II, de la mitad al final del tramo se tiene mayormente una calidad normal de Clase III.



**Figura 27.** Mapa de susceptibilidad a rotura planar de los taludes rocosos ( $SMR_{MÍNIMO}$ ).

En el mapa de susceptibilidad a rotura por vuelco de la Figura 28, muestran mayormente al inicio de la vía en su flanco derecho una calidad geomecánica de SMR de muy mala (clase I). En la última mitad de la vía de estudio se encuentra en el flanco derecho una calidad geomecánica de SMR mala y normal, correspondiente a la clase II y III respectivamente.



**Figura 28.** Mapa de susceptibilidad a rotura por vuelco de los taludes rocosos ( $SMR_{MÍNIMO}$ ).

Una vez obtenidos los mapas de susceptibilidad a la rotura planar y por vuelco de los taludes rococos ( $SMR_{MÍNIMO}$ ), con sus respectivos valores de  $SMR - C$  se procede al análisis de estabilidad de los taludes, misma que se realiza en función de los valores propuestos en la Tabla 41 dada por Romana (1985).

**Tabla 41.** Clases de estabilidad según el  $SMR$ .

<b>Clase</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<b>SMR</b>	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
<b>Descripción</b>	Muy mala	Mala	Normal	Buena	Muy Buena
<b>Estabilidad</b>	Completamente inestable	Inestable	Parcialmente Estable	Estable	Completamente Estable
<b>Roturas</b>	Grandes roturas por planos continuos o por la masa	Juntas o grandes cuñas	Algunas juntas o muchas cuñas	Algunos bloques	Ninguna
<b>Tratamiento</b>	Reexcavación	Corrección	Sistemático	Ocasional	Ninguno
<b>Probabilidad de falla</b>	0,9	0,6	0,4	0,2	0

*Nota.* Fuente: Adaptada de Romana (1985).

Se observa en la Tabla 42 para la rotura planar, en el  $SMR$  Mínimo la existencia de taludes completamente inestables de clase I y parcialmente estables de clase III. El  $SMR$  Medio presenta mayormente taludes parcialmente estables de clase III. En el  $SMR$  Máximo presenta todos los taludes parcialmente estables de clase III a excepción del de la zona 2 y 3 que son inestables de clase II, y la zona 6 que se presenta estable de clase IV.

**Tabla 42.** Resultados de la estabilidad para rotura planar de los taludes rocosos.

Zonas	Clase/Estabilidad		
	SMR Mínimo	SMR Mediana	SMR Máximo
1	II/Inestable	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable
2	I/Completamente inestable	I/Completamente inestable	II/Inestable
3	I/Completamente inestable	II/Inestable	II/Inestable
4	I/Completamente inestable	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable
5	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable
6	I/Completamente inestable	III/Parcialmente estable	IV/Estable
7	I/Completamente inestable	II/Inestable	III/Parcialmente estable
8	I/Completamente inestable	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable
9	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable
10	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable
11	I/Completamente inestable	II/Inestable	III/Parcialmente estable
12	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable
13	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable
14	I/Completamente inestable	II/Inestable	III/Parcialmente estable

Se observa en la Tabla 43 para la rotura por vuelco, en el SMR Mínimo se evidencia mayormente taludes inestables de clase II. El SMR Medio presenta taludes completamente inestables de clase I, taludes inestables de clase II, y taludes parcialmente estables de clase III. En el SMR Máximo presenta los taludes parcialmente estables de clase III a excepción del de la zona 2, 3, 7 que son inestables de clase II.

**Tabla 43.** Resultados de la estabilidad para rotura por vuelco de los taludes rocosos.

Zonas	Clase/Estabilidad		
	SMR Mínimo	SMR Mediana	SMR Máximo
1	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable
2	I/Completamente inestable	I/Completamente inestable	II/Inestable
3	I/Completamente inestable	I/Completamente inestable	II/Inestable
4	II/Inestable	II/Inestable	III/Parcialmente estable
5	II/Inestable	II/Inestable	II/Inestable
6	II/Inestable	II/Inestable	III/Parcialmente estable
7	II/Inestable	II/Inestable	II/Inestable
8	II/Inestable	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable
9	I/Completamente inestable	II/Inestable	III/Parcialmente estable
10	II/Inestable	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable
11	I/Inestable	II/Inestable	III/Parcialmente estable
12	II/Inestable	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable
13	II/Inestable	II/Inestable	III/Parcialmente estable
14	II/Inestable	III/Parcialmente estable	III/Parcialmente estable

## 7. Discusión

Mediante este estudio investigativo, se han alcanzado los objetivos propuestos al realizar la caracterización geomecánica y de la determinación de la susceptibilidad a la rotura planar y por vuelco del tramo analizado. Esta información resulta fundamental para la viabilidad de la parroquia Taquil, especialmente en el sector Cachipamba. Ya que permitió evaluar la estabilidad de los macizos rocosos y con ello, proporcionar datos esenciales para futuras decisiones y medidas de seguridad.

En relación a la topografía Fernández Lozano (2016), menciona que el uso vehículo aéreo no tripulado precisa la calidad de los datos. Para el presente trabajo investigativo la información topográfica fue de alta calidad con errores de  $\pm 0.484$ , errores accidentales relacionados a factores ambientales, errores instrumentales e incluso errores humanos, según las especificaciones técnicas del IGM (2008), para una escala de trabajo 1:1000 se debe obtener un tamaño de píxel 1 cm/pix; sin embargo, en esta investigación se obtuvo un tamaño de píxel de 1.81 cm/pix, siendo esta una buena resolución para levantamientos topográficos a ese detalle.

Referente a las pendientes Demek (1972), menciona que realizar una categorización de las mismas proporciona una base sólida para la gestión del riesgo, planificación territorial y diseño de infraestructuras. Por lo que en esta investigación se obtuvo la mayor incidencia respecto a pendientes muy fuertes ( $16^\circ - 35^\circ$ ) condicionando a los terrenos a procesos denudativos intensos con peligro extremo de erosión de suelos, corresponde al 37.9%, siendo este el porcentaje más alto. Realizando una alineación de los valores obtenidos en Zuidam (1986) versus los establecidos por Demek (1972), se encontrarían dentro de la categoría “pendiente muy fuerte”; concluyendo así, que las estimaciones propuestas están acordes, ya que al tener este tipo de inclinación puede originarse un alto riesgo de erosión, lo que minimiza la estabilidad del talud.

En cuanto a la litología según la Hoja geológica de Loja del Instituto de Investigación Geológico Ecuatoriano año 2017, la zona de interés está expuesta por dos unidades geológicas principales: Unidad Gonzabal de la edad paleocénica tardía, donde se tiene una secuencia de volcans sedimentaria, en cuanto a los afloramientos correspondientes a esta unidad están a lo largo de la

vía: aglomerados volcánicos de tobas andesíticas porfirítica, tobas andesíticas y esquistos. Y, la Unidad Cera de la edad del paleozoico, definida como una secuencia metamórfica de grado medio, varía desde esquistos pelíticos hasta paragneises, lo localizado en campo coincide con la descripción litológica dada: esquistos pelíticos de color gris verdoso, cuarcita y meta-arenisca.

Para definir las propiedades físicas y mecánicas de los geomateriales dentro de las 14 zonas ubicadas en el área de estudio se consiguió datos referentes a pesos específicos, porosidad eficaz, coeficiente de absorción, humedad, gravedad específica, compacidad y saturación, propiedades que condicionan a la roca sana presente en los taludes. El ensayo de Resistencia a la Compresión Simple se lo llevó a cabo con el objetivo de caracterizar el comportamiento de la roca bajo una carga de compresión, donde el esfuerzo mayor se obtuvo en la zona 6 con un valor de 116.97Mpa, y los valores inferiores a 25Mpa se da en la zona 9 con 17.45Mpa, y en la zona 13 con 18.51Mpa. Es primordial entender que en estos casos la estabilidad de los taludes está relacionada también con el número de grietas ( $J_v$ ), mientras menos grietas mayor estabilidad y mayor esfuerzo, mayor número de grietas mayor inestabilidad y menor esfuerzo.

La calidad del Macizo Rcoso (RQD), determina el número de juntas por m<sup>3</sup>, en el área de estudio se tiene dos zonas de interés (Zona 2,3) donde los valores de RQD son menores al 50% dando una calidad de roca mala y muy mala. El resto de zonas presentan valores aceptables por tener una calidad de roca entre regular, buena y excelente. El valor del índice RQD, expresa el grado de fracturación del macizo sin embargo no considera otros aspectos importantes como la orientación, separación, relleno y otras condiciones de las grietas, esto no es suficiente para determinar la calidad y grado de fracturación de los macizos rocosos según la International Society for Rock Mechanics (ISRM 1981). Por lo tanto, debe considerarse como una estimación rápida y preliminar de las condiciones del macizo rocoso que puede ser complementada posteriormente con métodos de clasificación más sofisticados según lo requerido.

En relación al Rock Mass Rating RMR, se clasificaron los macizos rocosos entre rangos que varían entre 35.95 y 71.95. Esto abarca desde calidades malas (clase IV) hasta buenas (clase III). Es importante destacar que la zona 3 es de

menor calidad con un RMR promedio de 41.09, debido principalmente a las condiciones de las discontinuidades. Por otro lado, la zona 8 muestra una alta calidad con un RMR promedio de 65,67. Así mismo es importante recordar, el RMR tenía limitación cuando se consideraba la meteorización; sin embargo, este problema se soluciona al usar el parámetro a la resistencia a la compresión simple o uniaxial (RCP) de la roca, siendo importante porque permite clasificar la roca tomando en cuenta los criterios de rotura realizando el análisis de esfuerzo-deformación; así también, se incluye el estado y forma de las grietas. Al momento de considerar todas las condiciones y parámetros presentes en la roca, los resultados serán más acercados a la realidad, convirtiéndola en una clasificación más precisa.

Dentro del SMR-C, los resultados indican un SMR mínimo, mediano y máximo. Dando valores infravalorados en el SMR mínimo y sobrevalorados en el SMR máximo, siendo los valores de SMR mínimo los valores más representativos tanto para la susceptibilidad a la rotura en planar y en vuelco, con un máximo de 5 familias para cada una de las 14 zonas analizadas, se utilizó un tamaño de píxel de 0.15007 durante el proceso de cálculo. En la rotura planar, se tiene taludes rocosos considerados de interés por su inestabilidad donde se obtiene valores de SMR entre 21-40 en las zonas (3,7,11,14) dando como resultado taludes inestables, con una la calidad de roca mala en material de esquisto pelítico y tobas andesíticas, se tiene un SMR de 18.8 de en la zona 2 donde el talud es completamente inestable con una calidad de roca muy mala en un material de meta-arenisca alterada. En la rotura por vuelco, igualmente se tiene taludes rocosos de interés por su inestabilidad donde se obtiene valores de SMR entre 21-40 en las zonas (4,5,6,7,9,11,13) con cuarcita, meta-arenisca, esquisto pelítico y toba andesítica, dando como resultado taludes inestables, donde la calidad de la roca es mala, finalmente se tiene un valor de SMR entre 0-21 en las zonas (2,3) donde el talud es completamente inestable con una calidad de roca muy mala en un material de meta-arenisca y esquisto pelítico. El SMR es una clasificación geomecánica desarrollada para evaluar la estabilidad de los taludes en roca, esta clasificación es la más aceptada y se adapta a casos actuales, pero no hay que dejar de lado la parte del RMR de Bieniawski la cual es una clasificación precisa. Es importante mencionar que el SMR cuantifica el

efecto de las discontinuidades en el talud, sirviendo como guía para tomar las medidas respectivas en obras civiles.

Diversos autores han aplicado el SMR mediante sistemas de información geográfica, para el caso empleando la metodología propuesta por Irigaray et al. (2001) y Tomás et al., (2009), en base a la generación de entidades vectoriales definidos en las diferentes zonas de estudio. Los resultados mostrados tomados en función del SMR mínimo, indican los valores más desfavorables, con el objetivo de determinar el ajuste a los datos reales observados en campo. Al aplicar la metodología convencional para determinar el SMR-C en contraste SMR-C mediante SIG, se evidencia que este último proporciona valores medios que reflejan mejor las variaciones espaciales al incorporar la pendiente y orientación. El uso del SIG permite una evaluación más detallada y localizada de la estabilidad de la matriz rocosa, mientras que la metodología convencional al asignar un valor global no puede capturar la complejidad del terreno. El cálculo del SMR-C utilizando un SIG complementa a la clasificación convencional que la valora de forma puntual.

Finalmente, los resultados obtenidos mediante la aplicación de diferentes criterios de clasificación indican que la metodología SMR dada por Romana es la más adecuada y aceptada actualmente para representar las condiciones reales del macizo rocoso dentro de los taludes. Sin embargo, esta parte originalmente de la metodología de Bieniawski, dando cabida a un sinnúmero de clasificaciones como por ejemplo la Chinese Slope Mass Rating (CSMR) donde se toman más parámetros como altura del talud y condiciones de las discontinuidades.

## 8. Conclusiones

Los perfiles topográficos elaborados muestran variaciones altitudinales entre 60 m y 80 m en distancias relativamente cortas. Además, se obtuvieron coordenadas precisas de 3 puntos de control con errores medios en XY entre 0.323 m y 0.721 m, y errores medios en Z entre 4.28651 cm y 7.64679 cm. Esto indica una precisión adecuada en la georreferenciación de los modelos digitales de elevación generados, con una resolución de 1.81 cm/pix apropiada para el mapeo geológico a escala de trabajo 1:1000.

A partir del análisis de las pendientes, se distinguen y se toma importancia a las siguientes condiciones de terrenos que llegaran a afectar la estabilidad de los taludes: La pendiente moderada ( $8^{\circ}$ - $16^{\circ}$ ), deslizamientos ocasionales, peligro de erosión del suelo y deslizamiento corresponde al 9.41% del área total estudiada. La pendiente fuerte ( $16^{\circ}$ - $35^{\circ}$ ), procesos denudativos intensos, peligro extremo de erosión de suelos corresponde al 37.9% siendo este el porcentaje dado más alto. La pendiente muy fuerte ( $35^{\circ}$ - $55^{\circ}$ ), afloramientos rocosos, procesos denudativos intensos, reforestación posible en un 37,72%. Finalmente, la pendiente extremadamente fuerte ( $>55^{\circ}$ ), afloramientos rocosos, procesos denudativos severos con caída de rocas en un 4,06%.

Litológicamente el área de interés se encuentra dentro de las unidades Cera y la Unidad Gonzabal, localmente se ha evidenciado 6 litologías como: Aglomerado volcánico con tobas andesíticas porfiríticas ocupando un 58,72% de la superficie, Esquisto pelítico con un 32,50%, Meta-arenisca con un 1.92%, tobas andesíticas con un 1.56%, cuarcita con un 0.7% y finalmente, el coluvial polimítico ocupando un 4,6% de la superficie de interés.

La clasificación geomecánica RQD muestra contrastes significativos entre las zonas analizadas, con valores entre 24% (muy mala) y 97% (excelente). Del mismo modo, la clasificación RMR presenta rangos desde 39 (mala) hasta 71 (buena).

El análisis de estabilidad mediante el método SMR continuo aplicado en SIG generó mapas de susceptibilidad para diferentes mecanismos de rotura. Los resultados del SMR-C mínimo para rotura planar varían entre -19,54 y 54,59; pudiéndose evidenciar así que la zona 2-3-11-14 son muy susceptible a rotura planar; mientras que para rotura por vuelco oscilan entre 10,24 y 57,11, siendo muy susceptibles en la zona 3-9-11.

La comparación entre los daños observados en los taludes y los mapas de susceptibilidad del SMR evidencia en general una adecuada correlación. Sin embargo, se identifican algunas zonas que, a pesar de presentar un SMR relativamente alto, muestran daños considerables.

## 9. Recomendaciones

Se recomienda complementar el análisis con ensayos in situ para validar parámetros y clasificaciones. Asimismo, se sugiere ampliar el estudio hacia otras zonas del tramo vial. Finalmente, con base en los resultados obtenidos, es necesario diseñar e implementar medidas específicas de estabilización en las áreas identificadas como más susceptibles o con mayor grado de daños.

En futuras investigaciones, se sugiere calcular el SMR de forma discreta, ponderada y continua. Esto permitirá realizar una comparativa más detallada de los resultados, verificar variaciones específicas y, en consecuencia, discernir calidades y eliminar ambigüedades.

Realizar mapeos geomecánicos de detalle y ensayos de laboratorio para determinar propiedades en zonas con insuficiencia de datos, especialmente de resistencia y deformabilidad. Los resultados permitirán optimizar el dimensionamiento de obras de estabilización.

Es necesario implementar un plan de instrumentación con inclinómetros, piezómetros y medición de desplazamientos para monitorear el comportamiento de taludes problema. Esta información resulta valiosa para evaluar la efectividad de las medidas correctivas aplicadas.

Se sugiere evaluar el efecto de eventos sísmicos sobre la estabilidad de taludes mediante análisis pseudostático. Los resultados proporcionan aspectos importantes para el diseño sismorresistente de estructuras de contención y protección. Siendo importante destacar que estos eventos sísmicos alteran el factor de seguridad, lo que influye directamente en la capacidad de los taludes para resistir las fuerzas sísmicas.

Se propone seguir los tratamientos mencionados por Romana Ruiza et al., (2001), adaptados a los resultados obtenidos se sugiere que para la susceptibilidad a la rotura planar de la zona 1 (Clase II), implementar medidas de soporte localizado en áreas críticas con medidas de drenajes superficiales y profundos. Para las zonas 2-3-4-6-7-8-11-14 (Clase I), se recomienda realizar un seguimiento regular a la estabilidad del talud, como medidas de reexcavación y muros de contención. Para la zona 5-9-10-12-13 (Clase III), aplicar soporte localizado con medidas de hormigón proyectado y dental. En cuanto a la susceptibilidad a la rotura por vuelco para la zona 1 (Clase III), considerar medidas de corrección para mejorar la estabilidad como

contrafuertes, vigas y muros de pie. Para las zonas 2-3-9-11 (Clase I), evaluar cualquier cambio en las condiciones geomecánicas, y para las zonas 4-5-6-7-8-10-12-13-14 (Clase II), considerar monitorear la evolución de las condiciones geomecánicas.

En tramos donde se obtenga un RMR <40 se recomienda complementar con estudios de estabilidad global, que consideran las condiciones estáticas y dinámicas. Estos análisis futuros permitirán diseñar estructuras capaces de resistir cargas constantes y eventos transitorios.

## 10. Bibliografía

- Barton, N., & Bandis, S. (1990). Review of Predictive Capabilities of JRC-JCS Model in Engineering Practice. *Rock Joints, Barton y Stephansson*. [https://www.researchgate.net/publication/260822266\\_Review\\_of\\_predictive\\_capabilities\\_of\\_JRC-JCS\\_model\\_in\\_engineering\\_practice](https://www.researchgate.net/publication/260822266_Review_of_predictive_capabilities_of_JRC-JCS_model_in_engineering_practice)
- Barton, N. y, & Choubey, V. (1997). THE SHEAR STRENGTH OF ROCK JOINTS IN THEORY AND PRACTICA. *Rock Mechanics*.
- Bieniawski. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*.
- Celada, B., Tardáguila, I., Rodríguez, A., Varona, P., & Bieniawski, Z. T. (2014). Actualización y mejora del RMR. *INGEOPRESS, N°234, 1*, 18–22.
- Deere, D. (1989). Rock Quality Designation (RQD). *U.S. Army Corps Engrs, Contract R*.
- Deere, D., & Miller, R. (1966). Engineering Classification and index properties for intacta rock. *Technical Report, Air Force Weapons Laboratory, 1*, 65–116.
- Duque-Escobar, G. (2014). Manual de geología para ingenieros. In *Universidad Nacional de Colombia*.
- Fernández Lozano, J., Gutiérrez, A., Calabrés, S., & García, J. (2016). Drones: Nuevas Aplicaciones Geomáticas en el Campo de las Ciencias de la Tierra. *IX Congreso Geológico de España*.
- Gavilanes, H., & Andrade, B. (2004). *Introducción a la Ingeniería de Túneles (AIME)*.
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica (PEARSON Prentice Hall (ed.))*.
- González Maldonado, A. G. (2018). Caracterización geomecánica del macizo rocoso, para su aplicación en geotécnia, en el sector Lucarqui, Loja - Ecuador. *Universidad Técnica Particular de Loja, 92*.
- Guamán, M., & Díaz, J. (2023). *Levantamiento fotogramétrico aéreo en el sector Cachipamba - Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja*.
- Guber, R. (2011). *La Etnografía*.
- INIGMM. (2017). *Hoja Geológica de Loja Edición, Serie J62 – G, Hoja 56, N VI -F, a escala 1:100000*.
- Irigaray, & Chacon. (2001). *Evaluación de la estabilidad en taludes rocosos. Apicación del SMR mediante un SIG*.
- Iriondo, M. (2006). *Introducción a la Geología (Editorial Brujas (ed.); 3º)*.

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=4i1\\_97TllyoC&oi=fnd&pg=PA5&dq=geologia&ots=g9jXulMjaY&sig=tVtJTJ3aVF2IXNdJljKwMAplZak#v=onepage&q=geologia&f=true](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=4i1_97TllyoC&oi=fnd&pg=PA5&dq=geologia&ots=g9jXulMjaY&sig=tVtJTJ3aVF2IXNdJljKwMAplZak#v=onepage&q=geologia&f=true)

- Ochoa Mulas, M. (2016). Aplicación de los Drones en la mHEALTH: Una Realidad sin Normativa Legal. *CEU: Universidad San Pablo*.
- Palmstrom, A. (2005). Measurements and correlations between block size and Rock Quality Designation (RQD). *Tunnels and Undergroup Space Technology*, 362–377.
- PDyOT Parroquia Taquil. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Taquil Actualización 2014-2022*.
- Pérez López, P. A. (2010). *Topografía* (1a. Edición, Vol. 1999, Issue December).
- Ramírez, P., & Alejano, L. (2004). *Mecánica de Rocas - Fundamentos e Ingeniería de Taludes*.
- Romana, M. (1985). Nuevos factores de ajuste para la clasificación de Bieniawski a los taludes. *Ponencia En El 3er. Coloquio Sobre Ingeniería Geológica. Univ. Pol. de Catalunya*.
- Romana Ruiza, M., Serón Gáñez, M., & Montalar Yago, E. (2001). *La clasificación geomecánica SMR: aplicación, experiencias y validación*.
- Tarbuck, E. J. y, & Lutgens, F. K. (2005). Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física. In PEARSON Prentice Hall (Ed.), *Geology* (Vol. 30).
- Tomás, R., Delgado, J., & Serón, J. (2007). Modification of slope mass rating (SMR) by continuous functions. *Rock Mechanics and Mining Sciences*, 44, 1062–1069.
- Tomás, R., Delgado, J., Serón, J. B., Cano, M., & Cuenca, A. (2009). Propuesta metodológica para la aplicación del slope mass rating continuo (SMR-C) mediante un sistema de información geográfica. *VII Simposio Nacional Sobre Taludes y Ñaderas Inestables*.
- Yupanqui T., L. (2004). *Determinación de las propiedades físico mecánicas de las rocas y monitoreo de la masa rocosa*.
- Zuidam, V. (1986). Aerial photo interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping. *The Hague: Smits Publishers*.

## **11. Anexos**

### **Anexo 1. Mapa de Ubicación**

## **Anexo 2. Mapa Topográfico**

### **Anexo 3.** Pendiente del Área de Estudio

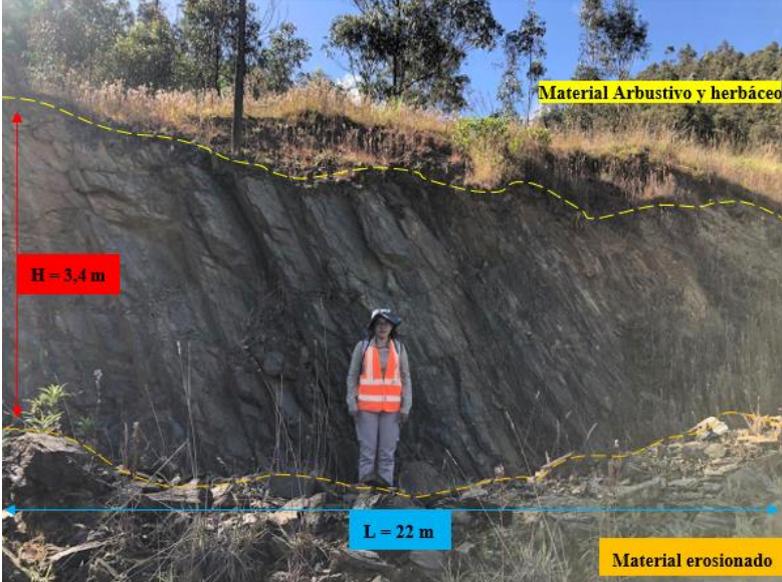
## **Anexo 4. Geología del Área de Estudio**

## **Anexo 5. Zonificación Litoestructural**

**Anexo 6.** Mapa Slope Mass Rating – Rotura Planar

**Anexo 7. Mapa Slope Mass Rating – Rotura por Vuelco**

## Anexo 8. Fichas de Descripción de Afloramientos

 <b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS</b>									
<b>Proyecto:</b> "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"									
<b>Afloramiento Número</b>	1			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez					
<b>Localización</b>	Inicio del tramo			Ígneo		Metamórfico		Sedimentario	
<b>Fecha</b>	06/03/2023								
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 691229		Y: 9569566		Plutónica		Foliada	X	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural			Volcánica		No Foliada		No Clástica	
<b>Dimensión</b>	Altura:	3.4 m		Hipoabisal	245/50 SE				
	Longitud:	22 m							
<b>Vegetación</b>	Baja, material herbáceo y arbustivo								
<b>Tipo de Estructuras</b>	Foliación			Datos Estructurales					
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo (X)	Dura +1 golpe martillo ( )	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )		
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada ( )	Medianamente meteorizada (X)	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )		Suelo residual ( )		
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )		Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )	
<b>Foto</b>									
									
<b>Descripción litológica:</b> En el afloramiento se puede observar litológicamente a un esquistos pelítico con presencia de carbonatos (siderita) y oxidaciones de hierro y manganeso lo que le dan esas tonalidades que van de naranja a gris oscuro. En la parte baja se puede evidenciar la meteorización y erosión de las capas, producto de esto el material está disgregado.									



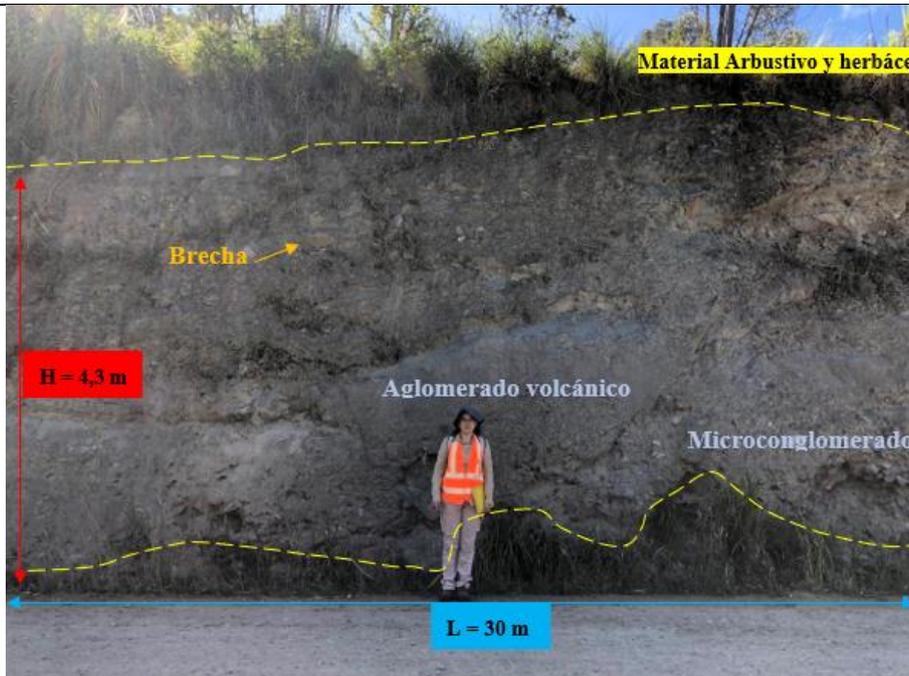
Universidad Nacional de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	2			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Al lado de quebrada			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 691212	Y:9569598		Plutónica		Foliada	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica		No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	4.3 m		Hipoabisal			
	Longitud:	30 m					
<b>Vegetación</b>	Medio, material herbáceo y arbustivo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Ninguno			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo (X)	Dura +1 golpe martillo ( )	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada (X)	Medianamente meteorizada ( )	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

Foto



**Descripción litológica:** Litológicamente este afloramiento le corresponde a un coluvial polimítico constituido por fragmentos de esquistos, cuarcita, aglomerados volcánicos en una matriz limo arenosa, donde los clastos angulosos tipo brecha iban desde los 10 a 40 cm de diámetro. Presenta un grado de meteorización ligera, el material arbustivo y herbáceo tiene una potencia de 30 cm en la parte superior, mientras que en la inferior 1.2 cm



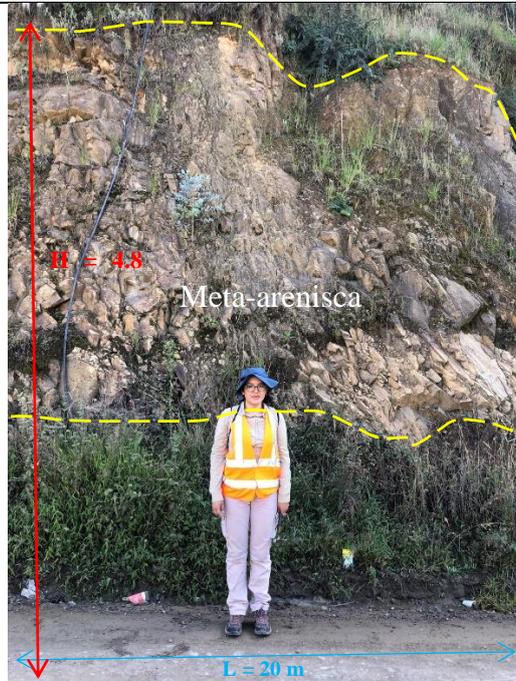
Universidad  
Nacional  
de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	3			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Frente a vivienda			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 691169 Y:9569707			Plutónica		Foliada	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica		No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	4.8 m		Hipoabisal	20/62 NW		
	Longitud:	20 m					
<b>Vegetación</b>	Abundante, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Diaclasas			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo (X)	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada ( )	Medianamente meteorizada (X)	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

Foto



**Descripción litológica:** Este afloramiento presenta una mediana meteorización, se constituye como una meta-arenisca de grano fino, tiene una coloración crema y naranja. En la parte superior e inferior se puede observar una capa de hasta 1.7 m de material herbáceo. Además, se evidencia una mediana meteorización a lo largo de todo el afloramiento.



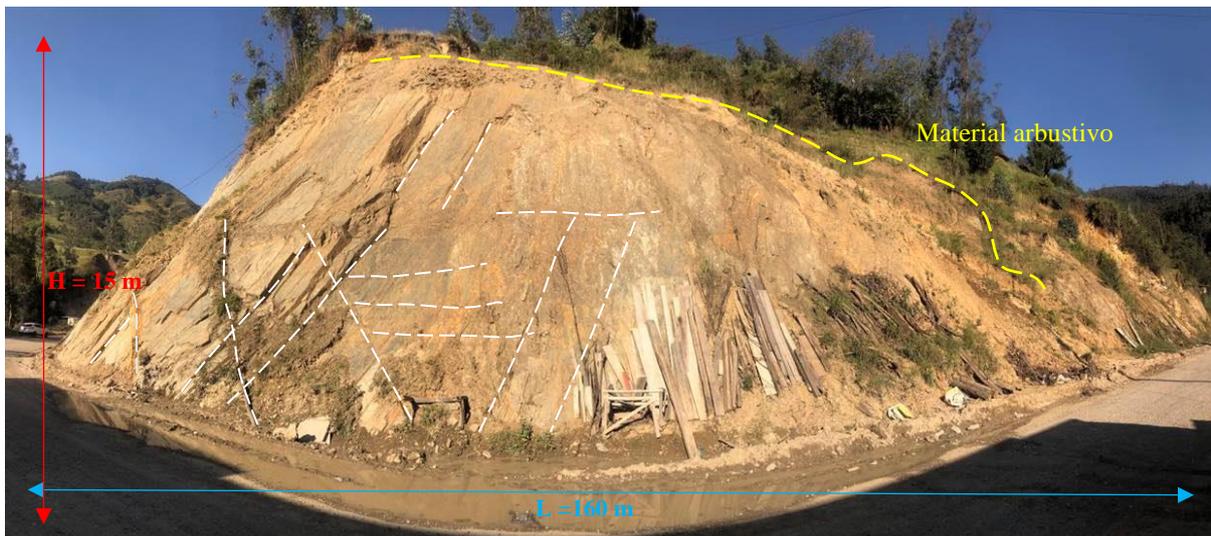
Universidad  
Nacional  
de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	4			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Flanco derecho de la Q. Chanipamba			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 691125	Y:9569771		Plutónica		Foliada	X Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica		No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	15 m		Hipoabisal			
	Longitud:	160 m					
<b>Vegetación</b>	Medio, material herbáceo y arbustivo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Diaclasas			Datos Estructurales	282/46 NE		
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo (X)	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada ( )	Medianamente meteorizada (X)	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua ( )		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo (X)		Goteos ( )	Flujo ( )

Foto



**Descripción litológica:** Afloramiento antrópico constituido por esquistos pelíticos en tonalidades cremas a gris claro, en una matriz limo - arcillosa, se puede evidencia un fuerte diaclasamiento en varias direcciones, además de una mediana meteorización. Presencia de oxidación de hierro y manganeso.



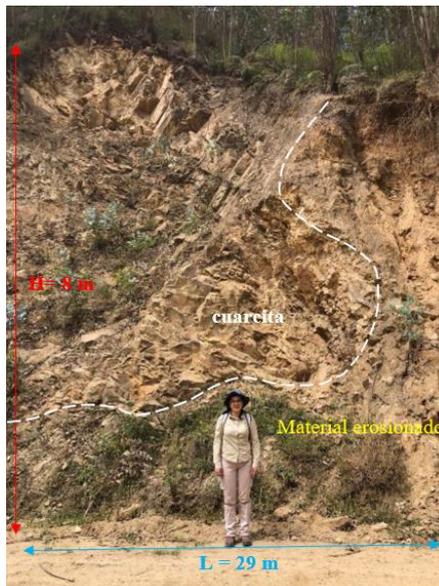
Universidad Nacional de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	5			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	A lo largo de la vía			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 691182 Y: 9569872			Plutónica		Foliada	X Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica		No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	8 m		Hipoabisal	260/68 NW		
	Longitud:	29 m					
<b>Vegetación</b>	Abundante, material arbustivo y herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Diaclasas			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo ( )	Muy dura varios golpes (X)	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada ( )	Medianamente meteorizada (X)	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

Foto



**Descripción litológica:** Litológicamente este afloramiento corresponde a cuarcita de grano fino, en tonalidades de crema a naranja, mientras. Presenta un grado de meteorización media, el material herbáceo tiene una potencia de 20 cm en la parte superior.



Universidad  
Nacional  
de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	6			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Al margen izquierdo de la quebrada			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 691211	Y: 9569901		Plutónica		Foliada	X Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural			Volcánica		No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	2.5 m		Hipoabisal	253/58 SE		
	Longitud:	4 m					
<b>Vegetación</b>	Medio, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Diaclasas			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo ( )	Muy dura varios golpes (X)	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada ( )	Medianamente meteorizada (X)	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

Foto



**Descripción litológica:** Litológicamente este afloramiento corresponde a intercalaciones de esquistos y corneana, el esquisto tiene tonalidades de crema a naranja, mientras que la corneana gris verdoso oscuro con una textura fanerítica. Presenta un grado de meteorización ligera, el material herbáceo tiene una potencia de 15 cm en la parte superior.



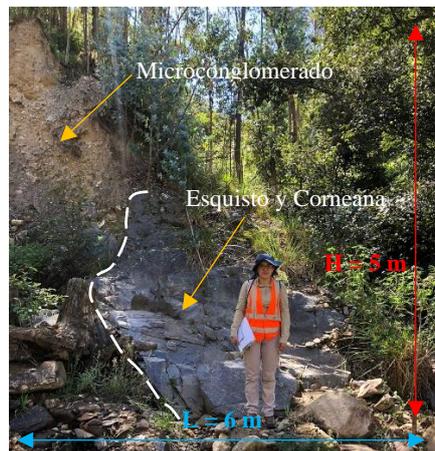
Universidad  
Nacional  
de Loja

**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	7			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Hacia el norte de la quebrada margen derecho			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 691234 Y: 9569933			Plutónica		Foliada	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural			Volcánica		No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	5 m		Hipoabisal			
	Longitud:	6 m					
<b>Vegetación</b>	Abundante, material arbustivo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Diaclasas			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo ( )	Muy dura varios golpes (X)	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada (X)	Medianamente meteorizada ( )	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua ( )		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo (X)		Goteos ( )	Flujo ( )

**Foto**



**Descripción litológica:** En este afloramiento se observa la presencia de intercalaciones de esquisto y corneana de color gris oscuro, y presencia de microconglomerado hacia la parte izquierda del afloramiento, en una matriz arenosa. Presencia de una meteorización leve. En la parte superior se observa una capa de hasta 20 cm de material arbustivo. Se presume que este contacto tiene una génesis por ser un antiguo lecho fluvial.



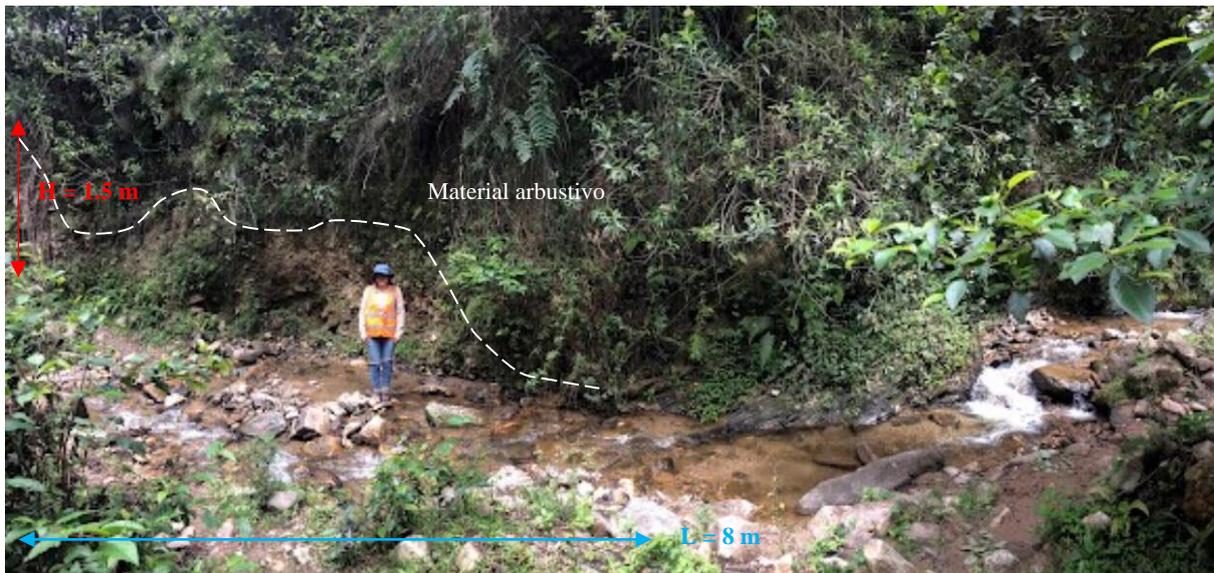
Universidad  
Nacional  
de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	8			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Margen derecho de quebrada			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 691227 Y:9570001			Plutónica		Foliada	Clástica X
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural			Volcánica		No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	1.5 m		Hipoabisal			
	Longitud:	8 m					
<b>Vegetación</b>	Abundante, material herbáceo y arbustivo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Masivas			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo (X)	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo ( )	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada ( )	Medianamente meteorizada ( )	Muy meteorizada (X)	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua ( )		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo (X)		Goteos ( )	Flujo ( )

Foto



**Descripción litológica:** Afloramiento natural localizado al margen izquierdo de la quebrada, está constituido por un depósito aluvial sobrepuesto en un esquistos, en una matriz limo – arenosa, los clastos van de 5 a 10 cm de diámetro. Se evidencia una meteorización media y una abundante capa vegetal con una potencia de 2, 55 cm



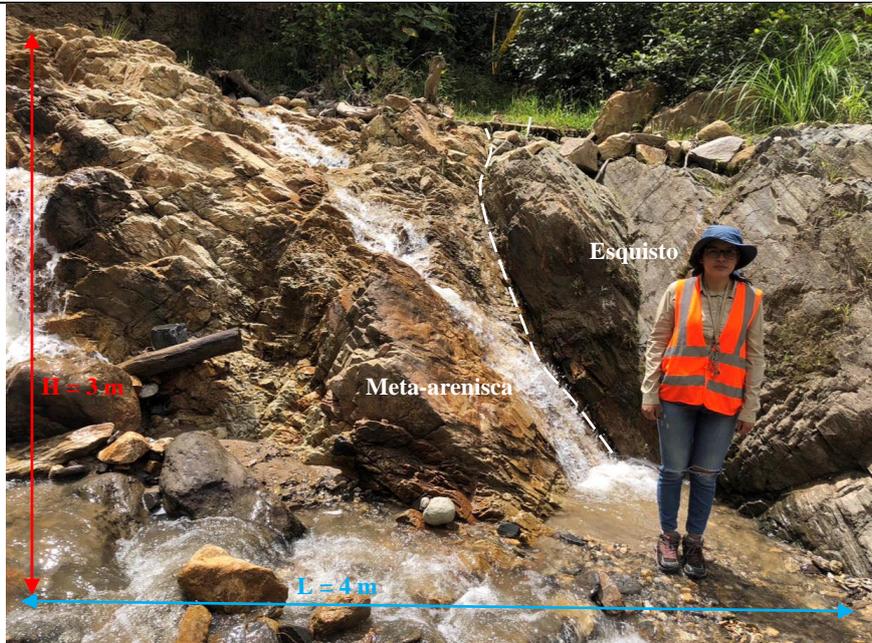
Universidad  
Nacional  
de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	9			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Hacia el S del margen derecho de quebrada			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 691165 Y:9569985			Plutónica		Foliada	X Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural			Volcánica		No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	3 m		Hipoabisal	178/53 SW		
	Longitud:	4 m					
<b>Vegetación</b>	Escaso, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Diaclasas			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo ( )	Muy dura varios golpes (X)	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada ( )	Medianamente meteorizada (X)	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua ( )		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo (X)

Foto



**Descripción litológica:** Afloramiento natural en el que se puede evidenciar el contacto litológico entre una meta-arenisca bien consolidada en tonalidades que van de la crema a naranja y el esquisto algo meteorizado en tonalidades más grisáceas. Además, se ve material transportado de las partes más altas con un diámetro de hasta 40 cm, se encuentra medianamente meteorizada, por estar localizado dentro del cauce de la quebrada posee un flujo constante de agua.



Universidad Nacional de Loja

**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	10			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	A 1 m del puente de Cachipamba			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 691180 Y:9569923			Plutónica		Foliada	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica		No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	16 m		Hipoabisal			
	Longitud:	23 m					
<b>Vegetación</b>	Escaso, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Masivas y Diaclasas			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo (X)	Dura +1 golpe martillo ( )	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada ( )	Medianamente meteorizada (X)	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

**Foto**



**Descripción litológica:** Afloramiento antrópico en el que se evidencia un contacto entre una met-arenisca bien compacta y el coluvial polimítico, lo que podría indicar que el sitio fue un antiguo lecho fluvial (paleocauce). El depósito coluvial está constituido por cuarcitas, esquistos en clasto soportados en una matriz arenosa. Se encuentra afectado medianamente por la meteorización y no hay indicios de humedad.



Universidad Nacional de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	11			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	A 40 m del puente de Cachipamba			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 691145 Y:9569932			Plutónica		Foliada	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica		No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	31 m		Hipoabisal			
	Longitud:	30 m					
<b>Vegetación</b>	Escaso, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Masivas y Diaclasas			Datos Estructurales	238/52 NW		
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo (X)	Dura +1 golpe martillo ( )	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada ( )	Medianamente meteorizada ( )	Muy meteorizada (X)	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

Foto



**Descripción litológica:** Afloramiento antrópico en el que se evidencia un contacto entre un esquistos y coluvial. El esquistos tonalidades grisáceas, mientras que el microconglomerado se encuentra en una matriz limo – arenosa en tonalidades que van del crema al naranja.



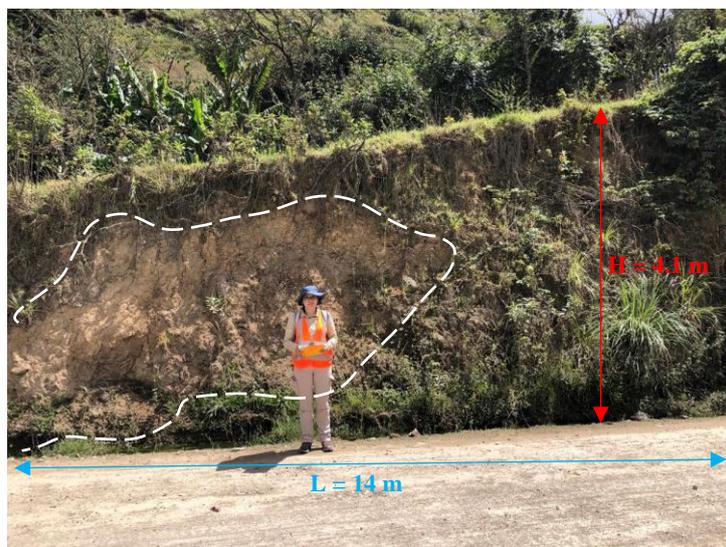
Universidad Nacional de Loja

**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	12			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Al lado de una casa			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 691025 Y:9569823			Plutónica		Foliada	Clástica X
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica		No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	4.1 m		Hipoabisal			
	Longitud:	14 m					
<b>Vegetación</b>	Medio, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Ninguno			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo (X)	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo ( )	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada ( )	Medianamente meteorizada (X)	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

**Foto**



**Descripción litológica:** Afloramiento antrópico medianamente meteorizado, está constituido por un coluvial de un material volcánico color gris claro en una matriz limo – arcillosa. Este afloramiento presenta una cobertura vegetal tipo herbácea con una potencia de hasta 5 m.



Universidad  
Nacional  
de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	13			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Margen izquierdo de la vía			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 690944 Y:9569690			Plutónica		Foliada	X Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural			Volcánica		No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	1.5 m		Hipoabisal	230/66 NW		
	Longitud:	3 m					
<b>Vegetación</b>	Abundante, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Diaclasas			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo (X)	Dura +1 golpe martillo ( )	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada ( )	Medianamente meteorizada (X)	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

Foto



**Descripción litológica:** Afloramiento natural constituido por esquisto con presencia de óxidos de hierro y manganeso lo que le da una tonalidad que va del naranja al gris oscuro con una orientación preferencial de 230/66 SW. Además, este se encontró por debajo de un microconglomerado en una matriz arcillosa en tonalidad marrón oscuro donde los clastos posee un diámetro de hasta 8 cm. Este afloramiento estuvo medianamente meteorizado.



Universidad  
Nacional  
de Loja

### FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	14			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Abajo de una vivienda			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 690907 Y:9569712			Plutónica		Foliada	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica	X	No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	8 m		Hipoabisal			
	Longitud:	35 m					
<b>Vegetación</b>	Abundante, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Diaclasas			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo (X)	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada ( )	Medianamente meteorizada ( )	Muy meteorizada (X)	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

#### Foto



**Descripción litológica:** Afloramiento antrópico constituido por tobas andesíticas con presencia de láminas carbonatos de calcio se encuentra muy meteorizada. En la base se observó en la base del talud una disgregación del material en partículas más pequeñas debido a la acción meteorológica. La capa vegetal es abundante tipo arbustivo y herbáceo con una potencia de hasta 80 cm.



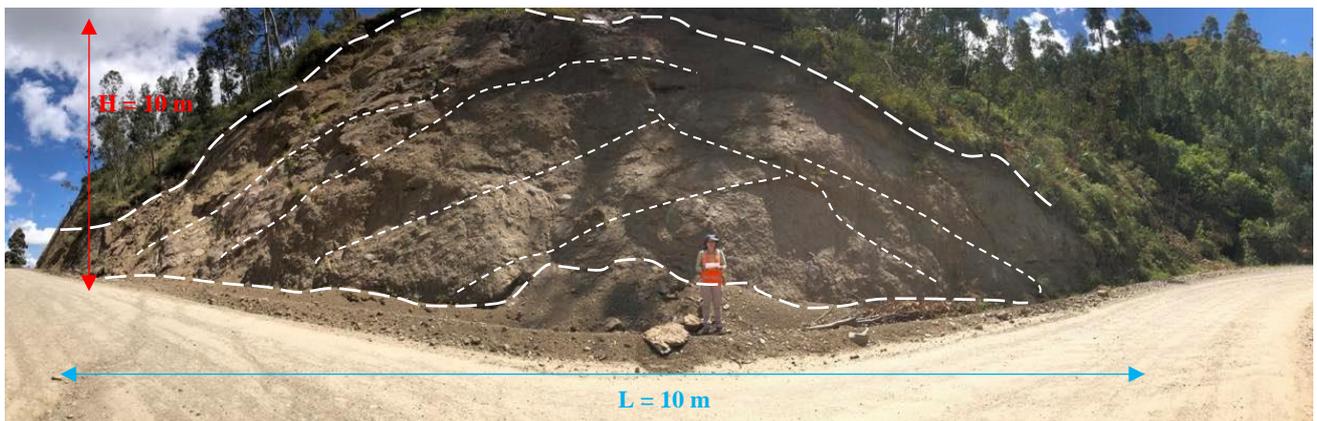
Universidad  
Nacional  
de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	15			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Al lado de un riachuelo			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 690534 Y:9569692			Plutónica		Foliada	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica	X	No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	10 m		Hipoabisal			
	Longitud:	20 m					
<b>Vegetación</b>	Media, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Fracturas			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo (X)	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada (X)	Medianamente meteorizada ( )	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

Foto



**Descripción litológica:** Afloramiento antrópico constituido por un aglomerado de tobas andesíticas con presencia de láminas carbonatos de calcio, se observa minerales como cuarzo, clorita, esmegtita y hematita; además, se encuentra algo meteorizada y se presenta estratificación cruzada que pudo haberse originado cuando los materiales volcánicos fueron depositados en un ambiente dominado por corrientes fluviales. La capa vegetal es abundante tipo arbustivo y herbáceo con una potencia de hasta 50 cm.



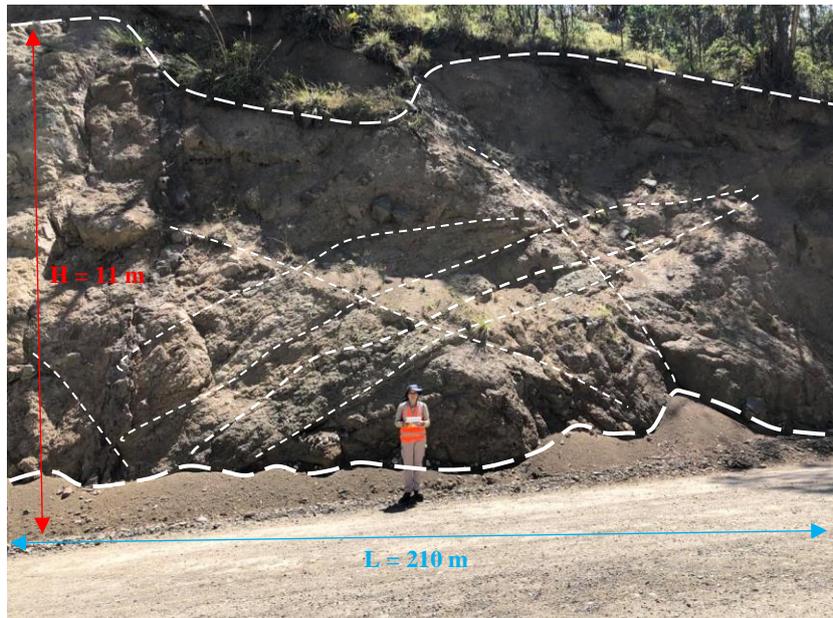
Universidad  
Nacional  
de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	16			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Al lado del afloramiento 14			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 690398 Y:9569567			Plutónica		Foliada	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica	X	No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	11 m		Hipoabisal			
	Longitud:	210 m					
<b>Vegetación</b>	Media, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Fracturas			Datos Estructurales	276/20 NE		
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo (X)	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada (X)	Medianamente meteorizada ( )	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

Foto



**Descripción litológica:** Afloramiento antrópico constituido por un aglomerado volcánico con tobas andesíticas con presencia de vetillas de carbonatos; se evidencia planos de rotura que tienen una orientación preferencial de 276/20 hacia el NW, se presume que estos múltiples planos de debilidad se originaron debido a distintos estadios de depositación en diferentes eventos eruptivos además de la acción meteorológica que pudo haber debilitado la resistencia del material favoreciendo a la formación de planos de rotura. La capa vegetal es abundante tipo arbustivo y herbáceo con una potencia de hasta 50 cm.



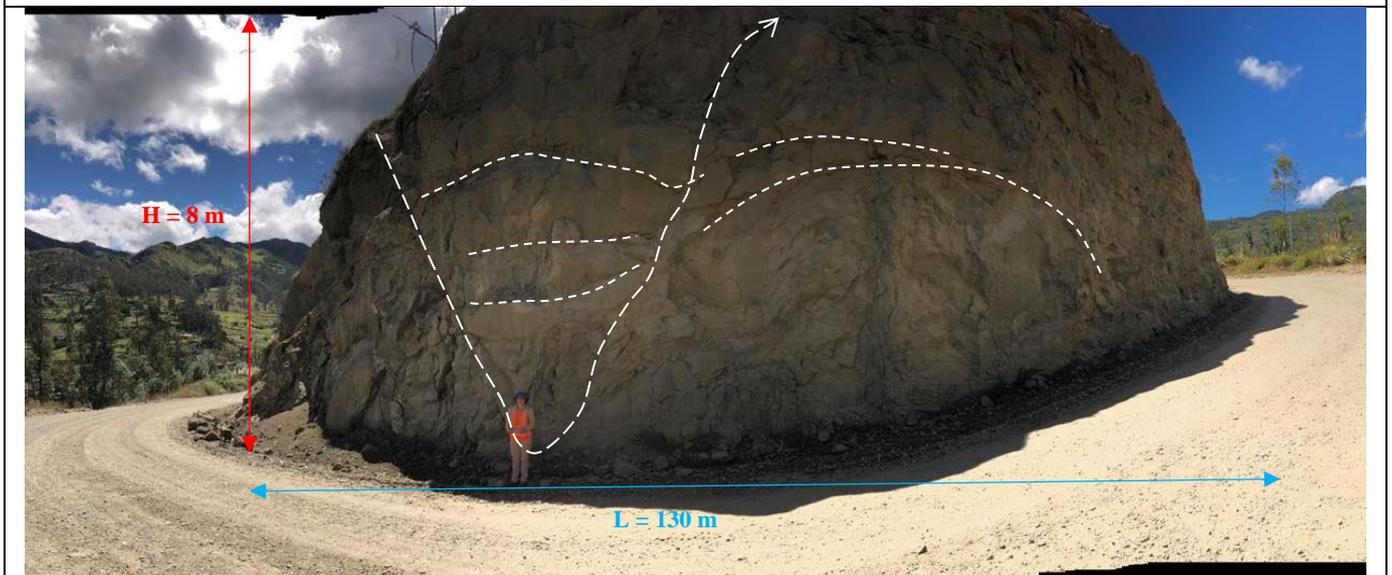
Universidad  
Nacional  
de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	17			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Afloramiento en una curva bien pronunciada			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 690370 Y:9569543			Plutónica		Foliada	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica	X	No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	8 m		Hipoabisal			
	Longitud:	130 m					
<b>Vegetación</b>	Escasa, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Fracturas y Pliegue			Datos Estructurales	Flanco derecho pliegue 148/60 SW y flanco izquierdo 278/44 NE		
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo (X)	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada ( )	Medianamente meteorizada ( )	Muy meteorizada (X)	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

Foto



**Descripción litológica:** Afloramiento antrópico constituido por tobas andesíticas con presencia de vetillas carbonatas de calcio bien compactas; además, se evidenció un pliegue sinclinal lo que sugiere que la roca ha sido deformada por fuerzas compresivas y estratificación cruzada debido a distintos estadios de depositación. La capa vegetal es escasa tipo arbustivo y herbáceo con una potencia de hasta 10 cm.



Universidad  
Nacional  
de Loja

**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	18			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Afloramiento en la vía			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 690329 Y:9569603			Plutónica		Foliada	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica	X	No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	10 m		Hipoabisal	161/51 SW		
	Longitud:	40 m					
<b>Vegetación</b>	Media, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Diques y Planos de rotura			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo (X)	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada (X)	Medianamente meteorizada ( )	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

**Foto**



**Descripción litológica:** Afloramiento antrópico constituido por un aglomerado volcánico con tobas andesíticas con presencia de vetillas carbonatos de calcio, se observa minerales como cuarzo y hematita; además, se encuentra algo meteorizada en la parte baja.



Universidad Nacional de Loja

**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	19			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Afloramiento en la vía			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 690301 Y:9569684			Plutónica		Foliada	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica	X	No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	12 m		Hipoabisal			
	Longitud:	15 m					
<b>Vegetación</b>	Media, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Dique y Planos de rotura			Datos Estructurales	176/56 SW		
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo (X)	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada (X)	Medianamente meteorizada ( )	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

**Foto**



**Descripción litológica:** Afloramiento antrópico constituido por un aglomerado volcánico con tobas andesíticas; además, se encuentra algo meteorizada en la parte baja donde se observó material disgregado. Se evidenció la existencia de una intrusión de un dique dacítico lo que sugiere que al ser inyectado en las tobas andesíticas sufrió un enfriamiento formando el dique casi vertical con un espesor de 1.5 cm.



Universidad  
Nacional  
de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	20			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Afloramiento en la vía			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 690274 Y:9569754			Plutónica		Foliada	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica	X	No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	12 m		Hipoabisal	124/34 SW		
	Longitud:	30 m					
<b>Vegetación</b>	Media, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Dique y Planos de rotura			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo (X)	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada (X)	Medianamente meteorizada ( )	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

Foto



**Descripción litológica:** Afloramiento antrópico constituido por un aglomerado volcánico con tobas andesíticas; además, se encuentra algo meteorizada en la parte baja donde se observó material disgregado. Se evidenció la existencia de una intrusión de un dique dacítico casi vertical con un espesor de 1.5 cm y una estratificación cruzada en diferentes orientaciones.



Universidad  
Nacional  
de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	21			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Afloramiento en la vía			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 690270 Y:9569790			Plutónica		Foliada	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica	X	No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	6 m		Hipoabisal	160/28 SW		
	Longitud:	25 m					
<b>Vegetación</b>	Media, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Dique y Planos de rotura			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo (X)	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada (X)	Medianamente meteorizada ( )	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

Foto



**Descripción litológica:** Afloramiento antrópico constituido por un aglomerado volcánico con tobas andesíticas; además, se encuentra algo meteorizada en la parte baja donde se observó material disgregado. Se evidenció la existencia de una intrusión de un dique dacítico inclinado con un espesor de 1.3 cm. La capa vegetal medio lo constituían el material arbustivo y herbáceo con una potencia de hasta 60 cm.



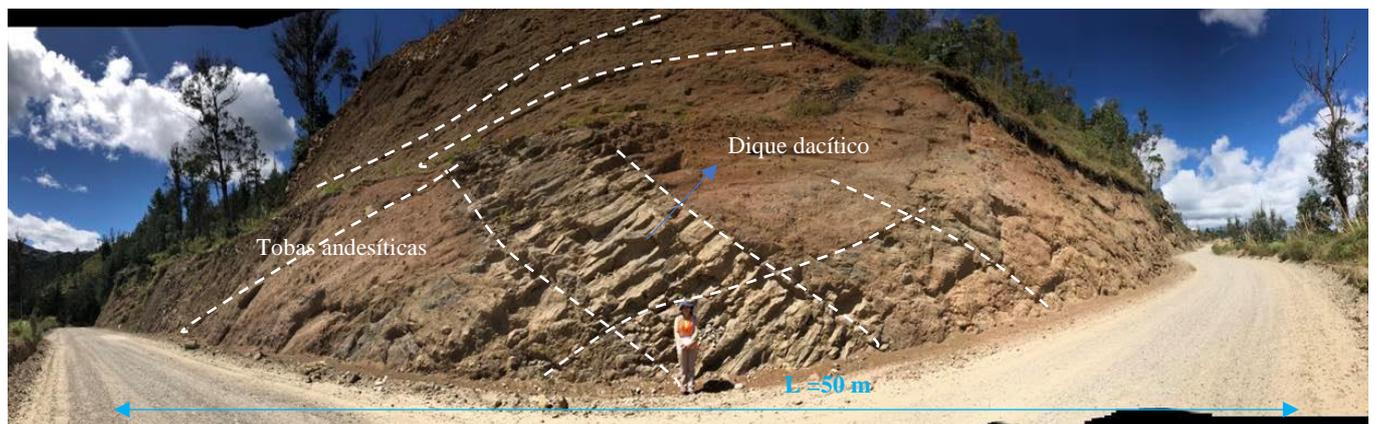
Universidad Nacional de Loja

**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	22			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Afloramiento en la vía			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 690256 Y:9569808			Plutónica		Foliada	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica	X	No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	16 m		Hipoabisal	135/45 SW		
	Longitud:	50 m					
<b>Vegetación</b>	Media, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Dique y Planos de rotura			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo (X)	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada (X)	Medianamente meteorizada ( )	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

**Foto**



**Descripción litológica:** Afloramiento antrópico constituido por un aglomerado volcánico con tobas andesíticas con presencia de vetillas de carbonatos de calcio, se observa minerales como cuarzo, clorita y hematita; además, se encuentra muy meteorizada. La capa vegetal es abundante tipo arbustivo y herbáceo con una potencia de hasta 50 cm. Se evidenció la intrusión de un dique dacítico, el mismo que se perdió en la mitad del talud lo que sugiere una posible desaparición a causa de los planos de debilidad los que no le permitieron ascender totalmente



Universidad  
Nacional  
de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	23			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Afloramiento en vía			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 690250 Y:9569897			Plutónica		Foliada	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica	X	No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	18 m		Hipoabisal	326/83 NE		
	Longitud:	35 m					
<b>Vegetación</b>	Media, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Planos de fractura			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo ( )	Dura +1 golpe martillo (X)	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada (X)	Medianamente meteorizada ( )	Muy meteorizada ( )	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

Foto



**Descripción litológica:** Afloramiento antrópico constituido por un aglomerado volcánico con de tobas andesíticas con una orientación preferencial de 326/83 hacia el NW y presencia de planos de debilidad; además, se encuentra algo meteorizada en la parte baja donde se observó material disgregado. La capa vegetal medio lo constituían el material arbustivo y herbáceo con una potencia de hasta 60 cm.



Universidad  
Nacional  
de Loja

**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

**Proyecto:** "Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"

<b>Afloramiento Número</b>	24			<b>Realizado por:</b> Doménica Rodríguez			
<b>Localización</b>	Afloramiento en vía			Ígneo		Metamórfico	Sedimentario
<b>Fecha</b>	06/03/2023						
<b>Coordenadas de ubicación WGS84</b>	X: 690217 Y:9570055			Plutónica		Foliada	Clástica
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico			Volcánica	X	No Foliada	No Clástica
<b>Dimensión</b>	Altura:	5.2 m		Hipoabisal	130/85 SW		
	Longitud:	38 m					
<b>Vegetación</b>	Media, material herbáceo						
<b>Tipo de Estructuras</b>	Diaclasas			Datos Estructurales			
<b>Resistencia de la Matriz Rocosa</b>	Extremadam. Blanda Uña ( )	Muy blanda Navaja ( )	Blanda Punta martillo ( )	Media 1 golpe martillo (X)	Dura +1 golpe martillo ( )	Muy dura varios golpes ( )	Extremada. Dura Solo raya con martillo ( )
<b>Grado Meteorización</b>	Sana ( )	Algo meteorizada ( )	Medianamente meteorizada ( )	Muy meteorizada (X)	Completamente meteorizada ( )	Suelo residual ( )	
<b>Hidrología</b>	Sin presencia de agua (X)		Seco (con señales de agua) ( )	Húmedo ( )		Goteos ( )	Flujo ( )

**Foto**



**Descripción litológica:** Afloramiento antrópico constituido por un aglomerado volcánico con tobas andesíticas en una matriz de grano fino, se evidenció además la presencia de planos de debilidad y cárcavas a lo largo de todo el talud. Posee un grado de meteorización alta, en la zona baja se observó material disgregado. La cobertura vegetal tiene una potencia de hasta 20 cm.

### Anexo 9. Fichas de Zonificación Litoestructural

<b>PROYECTO: REALIZADO POR: FECHA:</b>	"Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"				ZONA:	1	HOJA/F: PLANO:	1	
	Doméncia Mishell Rodríguez Castillo				LOCALIZACIÓN:	11+340 A 11+560	FOTO:	-	
	30/05/2023								
<b>LITOLOGÍA</b>	NATURALEZA: Volcano sedimentario				POTENCIA: 6 m aprox.	FORMACIÓN Y EDAD: Unidad Cera (PZce)			
<b>FORMACIONES SUPERFICIALES</b>	NATURALEZA Y TEXTURA: Coluvio con clastos de esquistos y cuarcita.				MORFOLOGÍA: Afloramiento masivo artificial			ESPESOR: 32 m	
<b>ESTRUCTURA</b>	PLIEGUES		FALLAS:				OTROS: Planos de fractura		
<b>FRACTURACIÓN</b>	BLOQUES Jv Juntas/m3	Muy Grandes <1	Grandes 1-3	Medios 3-10	Pequeños 10-30	Muy Pequeños >30	Muy brechificado >60		
<b>RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA</b>	Extremadam blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media (1 golpe martillo) 3	Dura (+1 golpe martillo) 4	Muy Dura (Varios golpes) 5	Extremadam Dura (Sólo raya con martillo) 6		
<b>GRADOS DE METEORIZACIÓN</b>	I Inalterada (6)		II Ligeramente alterada (5)		III Moderadamente alterada (3)		IV Muy alterada (1)	V Compl meteorizada (0)	VI Suelo residual (0)
<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	Sin presencia de agua		Seco (Sin señales de agua)		Húmedo		Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:
<b>MUESTRA</b>	01							OBSERVACIONES:	
FOTOGRAFÍAS:									
									

<b>PROYECTO: REALIZADO POR: FECHA:</b>	"Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"				ZONA:	2	HOJA/F: PLANO:	2
	Doménica Mishell Rodríguez Castillo				LOCALIZACIÓN:	11+560 A 11+600	FOTO:	-
	30/05/2023							
<b>LITOLOGÍA</b>	NATURALEZA: <u>Metamórfica</u>				POTENCIA: 6 m aprox.	FORMACIÓN Y EDAD: <u>Unidad Cera (PZce)</u>		
<b>FORMACIONES SUPERFICIALES</b>	NATURALEZA Y TEXTURA: <u>Meta-arenisca con cobertura vegetal</u>				MORFOLOGÍA: <u>Afloramiento vertical artificial</u>		ESPESOR: <u>32 m</u>	
<b>ESTRUCTURA</b>	PLIEGUES		FALLAS:				OTROS: <u>Diaclasas</u>	
<b>FRACTURACIÓN</b>	BLOQUES Jv Juntas/m3	Muy Grandes <1	Grandes 1-3	Medios 3-10	Pequeños 10-30	Muy Pequeños >30	Muy brechificado >60	
<b>RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA</b>	Extremadam blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media (1 golpe martillo) 3	Dura (+1 golpe martillo) 4	Muy Dura ( <u>Varios golpes</u> ) 5	Extremadam Dura (Sólo raya con martillo) 6	
<b>GRADOS DE METEORIZACIÓN</b>	I Inalterada (6)		II <u>Ligeramente alterada (5)</u>		III <u>Moderadamente alterada (3)</u>		IV Muy alterada (1)	V Compl meteorizada (0)
<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	Sin presencia de agua		<u>Seco (Sin señales de agua)</u>		Húmedo		Goteos	Flujo
<b>MUESTRA</b>	02							CAUDAL ESTIMADO:
FOTOGRAFÍAS:								
								

<b>PROYECTO: REALIZADO POR: FECHA:</b>	"Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"				ZONA:	3	HOJA/F: PLANO:	3	
	Doménica Mishell Rodríguez Castillo				LOCALIZACIÓN:	11+600 A 11+760	FOTO:	-	
	30/05/2023								
<b>LITOLOGÍA</b>	NATURALEZA: <b>Metamórfica</b>				POTENCIA: 15 m aprox.	FORMACIÓN Y EDAD: <b>Unidad Cera (PZce)</b>			
<b>FORMACIONES SUPERFICIALES</b>	NATURALEZA Y TEXTURA: <b>Esquisto pelítico con cobertura vegetal</b>				MORFOLOGÍA: <b>Afloramiento vertical artificial</b>		ESPESOR: <b>98 m</b>		
<b>ESTRUCTURA</b>	PLIEGUES		FALLAS:				OTROS: <b>Diaclasas</b>		
<b>FRACTURACIÓN</b>	BLOQUES Jv Juntas/m3	Muy Grandes <1	Grandes 1-3	<b>Medios 3-10</b>	Pequeños 10-30	Muy Pequeños >30	Muy brechificado >60		
<b>RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA</b>	Extremadam blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media (1 golpe martillo) 3	<b>Dura (+1 golpe martillo) 4</b>	Muy Dura (Varios golpes) 5	Extremadam Dura (Sólo raya con martillo) 6		
<b>GRADOS DE METEORIZACIÓN</b>	I Inalterada (6)		II Ligeramente alterada (5)		<b>III Moderadamente alterada (3)</b>		IV Muy alterada (1)	V Compl meteorizada (0)	VI Suelo residual (0)
<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	Sin presencia de agua		<u>Seco (Sin señales de agua)</u>		<b>Húmedo</b>		Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:
<b>MUESTRA</b>	03							OBSERVACIONES:	
FOTOGRAFÍAS:									
									

<b>PROYECTO: REALIZADO POR: FECHA:</b>	"Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"				ZONA:	4	HOJA/F: PLANO:	4	
	Doménica Mishell Rodríguez Castillo				LOCALIZACIÓN:	11+760 A 11+800	FOTO:	-	
	30/05/2023								
<b>LITOLOGÍA</b>	NATURALEZA: <i>Metamórfica</i>				POTENCIA: 15 m aprox.	FORMACIÓN Y EDAD: <i>Unidad Cera (PZce)</i>			
<b>FORMACIONES SUPERFICIALES</b>	NATURALEZA Y TEXTURA: <i>Cuarcita compacta con cobertura vegetal</i>				MORFOLOGÍA: <i>Afloramiento vertical artificial</i>			ESPESOR: 29 m	
<b>ESTRUCTURA</b>	PLIEGUES		FALLAS:				OTROS: <i>Diaclasas</i>		
<b>FRACTURACIÓN</b>	BLOQUES Jv Juntas/m3	Muy Grandes <1	Grandes 1-3	Medios 3-10	Pequeños 10-30	Muy Pequeños >30	Muy brechificado >60		
<b>RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA</b>	Extremadam blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media (1 golpe martillo) 3	Dura (+1 golpe martillo) 4	<i>Muy Dura</i> ( <i>Varios golpes</i> ) 5	Extremadam Dura (Sólo raya con martillo) 6		
<b>GRADOS DE METEORIZACIÓN</b>	I Inalterada (6)		II <i>Ligeramente alterada (5)</i>		III <i>Moderadamente alterada (3)</i>		IV Muy alterada (1)	V Compl meteorizada (0)	VI Suelo residual (0)
<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	<i>Sin presencia de agua</i>		<i>Seco (Sin señales de agua)</i>		Húmedo		Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:
<b>MUESTRA</b>	04							OBSERVACIONES:	
FOTOGRAFÍAS:									
									

<b>PROYECTO: REALIZADO POR: FECHA:</b>	"Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"				ZONA:	5	HOJA/F: PLANO:	5	
	Doménica Mishell Rodríguez Castillo				LOCALIZACIÓN:	11+800 A 11+820	FOTO:	-	
	30/05/2023								
<b>LITOLOGÍA</b>	NATURALEZA: <i>Metamórfica</i>				POTENCIA: 7 m aprox.	FORMACIÓN Y EDAD: <i>Unidad Cera (PZce)</i>			
<b>FORMACIONES SUPERFICIALES</b>	NATURALEZA Y TEXTURA: <i>Meta-arenisca compacta con cobertura vegetal</i>				MORFOLOGÍA: <i>Afloramiento vertical artificial</i>		ESPESOR: 11 m		
<b>ESTRUCTURA</b>	PLIEGUES		FALLAS:				OTROS: <i>Diaclasas</i>		
<b>FRACTURACIÓN</b>	BLOQUES Jv Juntas/m3	Muy Grandes <1	Grandes 1-3	Medios 3-10	Pequeños 10-30	Muy Pequeños >30	Muy brechificado >60		
<b>RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA</b>	Extremadam blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media (1 golpe martillo) 3	Dura (+1 golpe martillo) 4	Muy Dura ( <u>Varios golpes</u> ) 5	Extremadam Dura (Sólo raya con martillo) 6		
<b>GRADOS DE METEORIZACIÓN</b>	I Inalterada (6)		II <i>Ligeramente alterada (5)</i>		III <u>Moderadamente alterada (3)</u>		IV Muy alterada (1)	V Compl meteorizada (0)	VI Suelo residual (0)
<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	<i>Sin presencia de agua</i>		<u>Seco (Sin señales de agua)</u>		Húmedo		Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:
<b>MUESTRA</b>	05							OBSERVACIONES:	
FOTOGRAFÍAS:									
									

<b>PROYECTO: REALIZADO POR: FECHA:</b>	"Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"				ZONA:	6	HOJA/F: PLANO:	6	
	Doménica Mishell Rodríguez Castillo				LOCALIZACIÓN:	11+820 A 12+160	FOTO:	-	
	30/05/2023								
<b>LITOLOGÍA</b>	NATURALEZA: <i>Metamórfica</i>				POTENCIA: 12 m aprox.	FORMACIÓN Y EDAD: <i>Unidad Cera (PZce)</i>			
<b>FORMACIONES SUPERFICIALES</b>	NATURALEZA Y TEXTURA: <i>Esquisto pelítico con microconglomerado y cobertura vegetal</i>				MORFOLOGÍA: <i>Afloramiento vertical artificial</i>			ESPESOR: 3 m	
<b>ESTRUCTURA</b>	PLIEGUES		FALLAS:				OTROS: <i>Diaclasas</i>		
<b>FRACTURACIÓN</b>	BLOQUES Jv Juntas/m3	Muy Grandes <1	Grandes 1-3	<i>Medios 3-10</i>	Pequeños 10-30	Muy Pequeños >30	Muy brechificado >60		
<b>RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA</b>	Extremadam blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media (1 golpe martillo) 3	<i>Dura (+1 golpe martillo) 4</i>	Muy Dura ( <u>Varios golpes</u> ) 5	Extremadam Dura (Sólo raya con martillo) 6		
<b>GRADOS DE METEORIZACIÓN</b>	I Inalterada (6)		II Ligeramente alterada (5)		<i>III <u>Moderadamente alterada (3)</u></i>		IV Muy alterada (1)	V Compl meteorizada (0)	VI Suelo residual (0)
<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	Sin presencia de agua		<u>Seco (Sin señales de agua)</u>		<i>Húmedo</i>		Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:
<b>MUESTRA</b>	06							OBSERVACIONES:	
FOTOGRAFÍAS:									
									

<b>PROYECTO: REALIZADO POR: FECHA:</b>	"Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"				ZONA:	7	HOJA/F: PLANO:	7	
	Doménica Mishell Rodríguez Castillo				LOCALIZACIÓN:	12+160 A 12+200	FOTO:	-	
	30/05/2023								
<b>LITOLOGÍA</b>	NATURALEZA: <u>Volcánica</u>				POTENCIA: 8 m aprox.	FORMACIÓN Y EDAD: <u>Unidad Gonzabal (PCGb).</u>			
<b>FORMACIONES SUPERFICIALES</b>	NATURALEZA Y TEXTURA: <u>Tobas andesíticas porfirítica y cobertura vegetal</u>				MORFOLOGÍA: <u>Afloramiento vertical artificial</u>			ESPESOR: 16 m	
<b>ESTRUCTURA</b>	PLIEGUES		FALLAS:				OTROS: <u>Diaclasas</u>		
<b>FRACTURACIÓN</b>	BLOQUES Jv Juntas/m3	Muy Grandes <1	Grandes 1-3	<u>Medios</u> 3-10	Pequeños 10-30	Muy Pequeños >30	Muy brechificado >60		
<b>RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA</b>	Extremadam blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media (1 golpe martillo) 3	Dura (+1 golpe martillo) 4	<u>Muy Dura</u> <u>(Varios golpes)</u> 5	Extremadam Dura (Sólo raya con martillo) 6		
<b>GRADOS DE METEORIZACIÓN</b>	I Inalterada (6)		II Ligeramente alterada (5)		<u>III</u> <u>Moderadamente alterada (3)</u>		IV Muy alterada (1)	V Compl meteorizada (0)	VI Suelo residual (0)
<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	Sin presencia de agua		<u>Seco (Sin señales de agua)</u>		Húmedo		Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:
<b>MUESTRA</b>	07							OBSERVACIONES:	
FOTOGRAFÍAS:									
									

<b>PROYECTO: REALIZADO POR: FECHA:</b>	"Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"				ZONA:	8	HOJA/F: PLANO:	8	
	Doménica Mishell Rodríguez Castillo				LOCALIZACIÓN:	12+200 A 12+540	FOTO:	-	
	30/05/2023								
<b>LITOLOGÍA</b>	NATURALEZA: Volcánica				POTENCIA: 12 m aprox.	FORMACIÓN Y EDAD: Unidad Gonzabal (PCGb).			
<b>FORMACIONES SUPERFICIALES</b>	NATURALEZA Y TEXTURA: Tobas andesíticas porfirítica y cobertura vegetal				MORFOLOGÍA: Afloramiento vertical artificial			ESPESOR: 5 m	
<b>ESTRUCTURA</b>	PLIEGUES		FALLAS:				OTROS: Diaclasas		
<b>FRACTURACIÓN</b>	BLOQUES Jv Juntas/m3	Muy Grandes <1	Grandes 1-3	Medios 3-10	Pequeños 10-30	Muy Pequeños >30	Muy brechificado >60		
<b>RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA</b>	Extremadam blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media (1 golpe martillo) 3	Dura (+1 golpe martillo) 4	Muy Dura (Varios golpes) 5	Extremadam Dura (Sólo raya con martillo) 6		
<b>GRADOS DE METEORIZACIÓN</b>	I Inalterada (6)		II Ligeramente alterada (5)		III <u>Moderadamente alterada (3)</u>		IV Muy alterada (1)	V Compl meteorizada (0)	VI Suelo residual (0)
<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	Sin presencia de agua		<u>Seco (Sin señales de agua)</u>		Húmedo		Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:
<b>MUESTRA</b>	08							OBSERVACIONES:	
FOTOGRAFÍAS:									
									

<b>PROYECTO: REALIZADO POR: FECHA:</b>	"Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"				ZONA:	9	HOJA/F: PLANO:	9	
	Doménica Mishell Rodríguez Castillo				LOCALIZACIÓN:	12+540 A 12+680	FOTO:	-	
	30/05/2023								
<b>LITOLOGÍA</b>	NATURALEZA: Volcánica				POTENCIA: 10 m aprox.	FORMACIÓN Y EDAD: Unidad Gonzabal (PCGb).			
<b>FORMACIONES SUPERFICIALES</b>	NATURALEZA Y TEXTURA: Aglomerado volcánico con tobas andesíticas porfirítica y cobertura vegetal				MORFOLOGÍA: Afloramiento vertical artificial			ESPESOR: 100 m	
<b>ESTRUCTURA</b>	PLIEGUES		FALLAS:				OTROS: Planos de fractura		
<b>FRACTURACIÓN</b>	BLOQUES Jv Juntas/m3	Muy Grandes <1	Grandes 1-3	Medios 3-10	Pequeños 10-30	Muy Pequeños >30	Muy brechificado >60		
<b>RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA</b>	Extremadam blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media (1 golpe martillo) 3	Dura (+1 golpe martillo) 4	Muy Dura (Varios golpes) 5	Extremadam Dura (Sólo raya con martillo) 6		
<b>GRADOS DE METEORIZACIÓN</b>	I Inalterada (6)		II Ligeramente alterada (5)		III <u>Moderadamente alterada (3)</u>		IV Muy alterada (1)	V Compl meteorizada (0)	VI Suelo residual (0)
<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	Sin presencia de agua		<u>Seco (Sin señales de agua)</u>		Húmedo		Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:
<b>MUESTRA</b>	09							OBSERVACIONES:	
FOTOGRAFÍAS:									
									

<b>PROYECTO: REALIZADO POR: FECHA:</b>	"Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"				ZONA:	10	HOJA/F: PLANO:	10	
	Doménica Mishell Rodríguez Castillo				LOCALIZACIÓN:	12+680 A 12+760	FOTO:	-	
	30/05/2023								
<b>LITOLOGÍA</b>	NATURALEZA: Volcánica				POTENCIA: 8 m aprox.	FORMACIÓN Y EDAD: Unidad Gonzabal (PCGb).			
<b>FORMACIONES SUPERFICIALES</b>	NATURALEZA Y TEXTURA: Aglomerado volcánico con tobas andesíticas porfirítica y cobertura vegetal				MORFOLOGÍA: Afloramiento vertical artificial			ESPESOR: 63 m	
<b>ESTRUCTURA</b>	PLIEGUES		FALLAS:				OTROS: Planos de fractura		
<b>FRACTURACIÓN</b>	BLOQUES Jv Juntas/m3	Muy Grandes <1	Grandes 1-3	Medios 3-10	Pequeños 10-30	Muy Pequeños >30	Muy brechificado >60		
<b>RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA</b>	Extremadam blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media (1 golpe martillo) 3	Dura (+1 golpe martillo) 4	Muy Dura (Varios golpes) 5	Extremadam Dura (Sólo raya con martillo) 6		
<b>GRADOS DE METEORIZACIÓN</b>	I Inalterada (6)		II Ligeramente alterada (5)		III <u>Moderadamente alterada (3)</u>		IV Muy alterada (1)	V Compl meteorizada (0)	VI Suelo residual (0)
<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	Sin presencia de agua		<u>Seco (Sin señales de agua)</u>		Húmedo		Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:
<b>MUESTRA</b>	10							OBSERVACIONES:	
FOTOGRAFÍAS:									
									

<b>PROYECTO: REALIZADO POR: FECHA:</b>	"Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"				ZONA:	11	HOJA/F: PLANO:	11	
	Doménica Mishell Rodríguez Castillo				LOCALIZACIÓN:	12+760 A 12+860	FOTO:	-	
	30/05/2023								
<b>LITOLOGÍA</b>	NATURALEZA: <i>Volcánica</i>				POTENCIA: 9 m aprox.	FORMACIÓN Y EDAD: <i>Unidad Gonzabal (PCGb).</i>			
<b>FORMACIONES SUPERFICIALES</b>	NATURALEZA Y TEXTURA: <i>Aglomerado volcánico con tobas andesíticas porfirítica y cobertura vegetal</i>				MORFOLOGÍA: <i>Afloramiento vertical artificial</i>			ESPESOR: 45 m	
<b>ESTRUCTURA</b>	PLIEGUES: <i>Sinclinal</i>		FALLAS:				OTROS: <i>Planos de fractura</i>		
<b>FRACTURACIÓN</b>	BLOQUES Jv Juntas/m3	<i>Muy Grandes</i> <1	Grandes 1-3	Medios 3-10	Pequeños 10-30	Muy Pequeños >30	Muy brechificado >60		
<b>RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA</b>	Extremadam blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media (1 golpe martillo) 3	<i>Dura</i> (+1 golpe martillo) 4	Muy Dura ( <u>Varios golpes</u> ) 5	Extremadam Dura (Sólo raya con martillo) 6		
<b>GRADOS DE METEORIZACIÓN</b>	I Inalterada (6)		II Ligeramente alterada (5)		III <i>Moderadamente alterada (3)</i>		IV Muy alterada (1)	V Compl meteorizada (0)	VI Suelo residual (0)
<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	Sin presencia de agua		<i>Seco (Sin señales de agua)</i>		Húmedo		Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:
<b>MUESTRA</b>	11							OBSERVACIONES:	
FOTOGRAFÍAS:									
									

<b>PROYECTO: REALIZADO POR: FECHA:</b>	"Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"				ZONA:	12	HOJA/F: PLANO:	12	
	Doménica Mishell Rodríguez Castillo				LOCALIZACIÓN:	12+860 A 13+180	FOTO:	-	
	30/05/2023								
<b>LITOLOGÍA</b>	NATURALEZA: <i>Volcánica</i>				POTENCIA: 8 m aprox.	FORMACIÓN Y EDAD: <i>Unidad Gonzabal (PCGb).</i>			
<b>FORMACIONES SUPERFICIALES</b>	NATURALEZA Y TEXTURA: <i>Aglomerado volcánico con tobas andesíticas porfirítica y cobertura vegetal</i>				MORFOLOGÍA: <i>Afloramiento vertical artificial</i>			ESPESOR: 261 m	
<b>ESTRUCTURA</b>	PLIEGUES:		FALLAS:				OTROS: <i>Planos de fractura</i>		
<b>FRACTURACIÓN</b>	BLOQUES Jv Juntas/m3	Muy Grandes <1	Grandes 1-3	Medios 3-10	Pequeños 10-30	Muy Pequeños >30	Muy brechificado >60		
<b>RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA</b>	Extremadam blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media (1 golpe martillo) 3	Dura (+1 golpe martillo) 4	<i>Muy Dura</i> <i>(Varios golpes)</i> 5	Extremadam Dura (Sólo raya con martillo) 6		
<b>GRADOS DE METEORIZACIÓN</b>	I Inalterada (6)		II Ligeramente alterada (5)		III <i>Moderadamente alterada (3)</i>		IV Muy alterada (1)	V Compl meteorizada (0)	VI Suelo residual (0)
<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	Sin presencia de agua		<i>Seco (Sin señales de agua)</i>		Húmedo		Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:
<b>MUESTRA</b>	12							OBSERVACIONES:	
FOTOGRAFÍAS:									
									

<b>PROYECTO: REALIZADO POR: FECHA:</b>	"Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"				ZONA:	13	HOJA/F: PLANO:	13	
	Doméncia Mishell Rodríguez Castillo				LOCALIZACIÓN:	13+180 A 13+360	FOTO:	-	
	30/05/2023								
<b>LITOLOGÍA</b>	NATURALEZA: Volcánica				POTENCIA: 8 m aprox.	FORMACIÓN Y EDAD: Unidad Gonzabal (PCGb).			
<b>FORMACIONES SUPERFICIALES</b>	NATURALEZA Y TEXTURA: Aglomerado volcánico con tobas andesíticas porfírica y cobertura vegetal				MORFOLOGÍA: Afloramiento vertical artificial			ESPESOR: 127 m	
<b>ESTRUCTURA</b>	PLIEGUES:		FALLAS:				OTROS: Planos de fractura		
<b>FRACTURACIÓN</b>	BLOQUES Jv Juntas/m3	Muy Grandes <1	Grandes 1-3	Medios 3-10	Pequeños 10-30	Muy Pequeños >30	Muy brechificado >60		
<b>RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA</b>	Extremadam blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media (1 golpe martillo) 3	Dura (+1 golpe martillo) 4	Muy Dura (Varios golpes) 5	Extremadam Dura (Sólo raya con martillo) 6		
<b>GRADOS DE METEORIZACIÓN</b>	I Inalterada (6)		II Ligeramente alterada (5)		III Moderadamente alterada (3)		IV Muy alterada (1)	V Compl meteorizada (0)	VI Suelo residual (0)
<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	Sin presencia de agua		Seco (Sin señales de agua)		Húmedo		Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:
<b>MUESTRA</b>	13							OBSERVACIONES:	
FOTOGRAFÍAS:									
									

<b>PROYECTO: REALIZADO POR: FECHA:</b>	"Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba – Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"				ZONA:	14	HOJA/F: PLANO:	14	
	Doménica Mishell Rodríguez Castillo				LOCALIZACIÓN:	13+360 A 13+480	FOTO:	-	
	30/05/2023								
<b>LITOLOGÍA</b>	NATURALEZA: Volcánica				POTENCIA: 8 m aprox.	FORMACIÓN Y EDAD: Unidad Gonzabal (PCGb).			
<b>FORMACIONES SUPERFICIALES</b>	NATURALEZA Y TEXTURA: Aglomerado volcánico con tobas andesíticas porfirítica y cobertura vegetal				MORFOLOGÍA: Afloramiento vertical artificial			ESPESOR: 63 m	
<b>ESTRUCTURA</b>	PLIEGUES:		FALLAS:				OTROS: Diaclasas		
<b>FRACTURACIÓN</b>	BLOQUES Jv Juntas/m3	Muy Grandes <1	Grandes 1-3	Medios 3-10	Pequeños 10-30	Muy Pequeños >30	Muy brechificado >60		
<b>RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA</b>	Extremadam blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media (1 golpe martillo) 3	Dura (+1 golpe martillo) 4	Muy Dura (Varios golpes) 5	Extremadam Dura (Sólo raya con martillo) 6		
<b>GRADOS DE METEORIZACIÓN</b>	I Inalterada (6)		II Ligeramente alterada (5)		III <u>Moderadamente alterada (3)</u>		IV Muy alterada (1)	V Compl meteorizada (0)	VI Suelo residual (0)
<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	Sin presencia de agua		<u>Seco (Sin señales de agua)</u>		Húmedo		Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:
<b>MUESTRA</b>	14							OBSERVACIONES:	
FOTOGRAFÍAS:									
									

**Anexo 10.** Certificado de traducción del resumen de español a inglés

Loja, 04 de septiembre del 2024

Lic. Anibal Roberto Escobar Valdivieso Certified English Teacher

**CERTIFICA:**

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés, del resumen del trabajo de titulación denominado: **"Caracterización geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes ubicados entre las abscisas 11+340 a 13+480 del sector Cachipamba Taquil, parroquia Taquil, provincia de Loja"**, de autoría de la alumna **Doménica Mishell Rodríguez Castillo**, con número de cédula 1722079694, estudiante de la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifica en honor a la verdad y autoriza al interesado, hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.

Lic. Anibal Roberto Escobar Valdivieso  
English Teacher