



1859



## **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 GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE”**

Tesis previa a la obtención del título de Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial.

### **AUTORA:**

Alicia Alexandra Bermeo Abad.

### **DIRECTOR:**

Ing. Carlos Javier Vasquez Monteros, Mg. Sc.

**Loja – Ecuador**

**2022**



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

## Certificación de tesis

Loja, 26 de septiembre de 2021

### CERTIFICADO.

**Carlos Javier Vasquez Monteros**

**DIRECTOR DE TESIS Y DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

CERTIFICO:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de titulación, realizado por la señorita **ALICIA ALEXANDRA BERMEO ABAD** con CI: 1150230314, en su proceso de investigación denominado: "**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE**", previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, el mismo que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, en consecuencia me permito autorizar para su presentación, sustentación y defensa.

Atentamente,



Carlos Javier Vasquez Monteros  
CARLOS JAVIER  
VASQUEZ  
MONTEROS

**Ing. Carlos Javier Vasquez Monteros**

**Director de la tesis en mención.**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

---

## **Autoría**

Yo, **Alicia Alexandra Bermeo Abad**, declaro ser autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi tesis en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**C.I.** 1150230314

**Fecha:** 22 de marzo del 2022

**Correo electrónico:** alicia.bermeo@unl.edu.ec

**Celular:** 0939094577



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

**Carta de autorización de tesis por parte de la autora, para la consulta de producción parcial o total, y publicación electrónica del texto completo**

Yo, **ALICIA ALEXANDRA BERMEO ABAD**, declaro ser autora de la tesis titulada: **"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"**, como requisito para optar el 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 al mundo 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 RI, 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 de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintidós días del mes de marzo del dos mil veintidós.

**Firma:**

**Autor:** Alicia Alexandra Bermeo Abad

**Cédula:** 1150230314

**Dirección:** Loja (C. La Tagua y Tumaco)

**Correo Electrónico:** alicia.bermeo@unl.edu.ec

**Celular:** 0939094577

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director de Tesis:** Ing. Carlos Javier Vasquez Monteros, Mg. Sc.

**Tribunal de Grado:** Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo, Mg. Sc.

Ing. Fernando Javier Rengel Jiménez, Mg. Sc.



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

---

## Dedicatoria

Este proyecto va dedicado en primer lugar a Dios por permitirme estar en el lugar indicado, en el momento correcto y darme la oportunidad de conocer a las personas adecuadas a lo largo de todo este proceso de formación tanto personal como profesional.

A mi padre Manuel Bermeo y mi madre Teresa Abad por estar y ser ese pilar fundamental e inspiración en mi vida, a mis hermanos Marlon y Jessica por ser la luz que necesito cada día. A mi ángel del cielo, mi abuelita Ofelia Pezantes, siempre te tengo presente y sé que todo lo bonito también viene de ti.

*Alicia Alexandra Bermeo Abad*



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

## Agradecimiento

Agradezco a Dios por permitirme estar donde estoy, porque cada paso que doy es gracias a él, gracias por cuidar de mí y guiarme hacia mis sueños. A mis padres Manuel y Teresa por nunca darse por vencidos, su amor, sus palabras de fortaleza, siempre dando lo mejor pese a las circunstancias de la vida, ustedes mi motor. A mis hermanos Marlon y Jessica por estar en las buenas y en las malas, por ser ese amor con el cual siempre contare e inspiración a quererme siempre superar. A mi tío Adán por ser ese ejemplo a seguir, gracias por sus consejos y ayuda incondicional. A mi familia que siempre ha estado pendiente con sus palabras de ánimos y buenos deseos hacia mi persona.

A mis amigos de la Universidad que formaron parte de mi vida, a los cuales siempre llevare presente en mi corazón y los recordare con cariño por los grandes momentos vividos. A mi amiga Lilibeth Bravo por ser una gran persona y compañera de campo, me alegra haber contado con ella en este proceso. A los docentes de la UNL que amaban hacer su trabajo y lograban llegar a sus estudiantes, aquellos que te inspiraban a ser un profesional de ética, en especial al Ing. Diego Castillo por brindarme la oportunidad de poder llevar a cabo este proyecto en su empresa ESTSUELCON CIA. LTDA.

*Alicia Alexandra Bermeo Abad*



## Índice

|  |            |
|--|------------|
| <b>Carátula</b> .....                        | <b>i</b>   |
| <b>Certificación de tesis</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</b> .....                          | <b>vii</b> |
| Índice de tablas.....                        | .xi        |
| Índice de figuras.....                       | .xiii      |
| Índice de fotografías.....                   | .xvi       |
| <b>1. Título</b> .....                       | <b>2</b>   |
| <b>2. Resumen</b> .....                      | <b>3</b>   |
| 2.1 Abstract.....                            | 5          |
| <b>3. Introducción</b> .....                 | <b>7</b>   |
| <b>4. Marco teórico</b> .....                | <b>9</b>   |
| 4.1 Geología.....                            | 9          |
| 4.1.1 Las rocas y el ciclo de las rocas..... | 9          |
| 4.2 Geotecnia.....                           | 11         |
| 4.2.1 Métodos de exploración. ....           | 11         |
| 4.2.2 Mecánica de suelos.....                | 13         |
| 4.2.3 Mecánica de rocas. ....                | 16         |
| 4.2.4 Factor de Seguridad.....               | 27         |
| 4.3 Geología estructural .....               | 28         |
| 4.3.1 Fuerza y esfuerzo.....                 | 28         |
| 4.3.2 Pliegues. ....                         | 28         |
| 4.3.3 Fallas. ....                           | 29         |
| 4.3.4 Diaclasas. ....                        | 30         |



|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 4.3.5     | Estratigrafía y estratos. ....                         | 30        |
| 4.3.6     | Cartografía de las estructuras geológicas. ....        | 31        |
| 4.4       | Topografía.....  | 31        |
| 4.5       | Geomorfología.....                                     | 32        |
| 4.6       | Movimientos en masa.....                               | 32        |
| 4.7       | Hidrología.....  | 34        |
| 4.7.1     | Nivel freático. ....                                   | 34        |
| <b>5.</b> | <b>Metodología.....</b>                                | <b>35</b> |
| 5.1       | Metodología no experimental .....                      | 36        |
| 5.2       | Metodología experimental .....                         | 36        |
| 5.2.1     | Levantamiento Geológico-Estructural.....               | 36        |
| 5.2.2     | Pendientes. ....                                       | 39        |
| 5.2.3     | Geomorfología. ....                                    | 39        |
| 5.3       | Mecánica de suelos.....                                | 40        |
| 5.3.1     | Corte directo (muestras inalteradas).....              | 40        |
| 5.3.2     | Calicatas. ....  | 42        |
| 5.4       | Exploración geofísica (Sísmica de Refracción).....     | 44        |
| 5.5       | Mecánica de rocas .....                                | 48        |
| 5.5.1     | Compresión Simple.....                                 | 48        |
| 5.5.2     | Análisis de las propiedades físicas de la muestra..... | 50        |
| 5.5.3     | Caracterización del macizo rocoso.....                 | 53        |
| 5.6       | Análisis de estabilidad global.....                    | 55        |
| 5.6.1     | Modelo Estático.....                                   | 56        |
| 5.6.2     | Modelo Pseudo-Estático.....                            | 56        |
| <b>6.</b> | <b>Resultados .....</b>                                | <b>59</b> |
| 6.1       | Descripción General del área de estudio.....           | 59        |
| 6.1.1     | Ubicación administrativa.....                          | 59        |
| 6.1.2     | Acceso. ....   | 60        |



|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 6.2       | Descripción Biofísica del área de estudio .....   | 61         |
| 6.2.1     | Información climática.....  | 61         |
| 6.2.2     | Hidrografía. ....   | 62         |
| 6.2.3     | Topografía.....   | 64         |
| 6.2.4     | Pendientes. ....  | 69         |
| 6.2.5     | Geomorfología local. ....   | 72         |
| 6.2.6     | Geología Regional.....  | 77         |
| 6.2.7     | Geología Local. ....  | 79         |
| 6.2.8     | Geología Estructural.....   | 89         |
| 6.2.9     | Deslizamientos.....   | 91         |
| 6.3       | Propiedades físico-mecánicas de los suelos .....  | 100        |
| 6.3.1     | Corte Directo (muestras inalteradas).....   | 100        |
| 6.3.2     | Calicatas. ....   | 100        |
| 6.4       | Sísmica de Refracción.....  | 107        |
| 6.4.1     | Sondeo Línea de Refracción Sísmica.....   | 107        |
| 6.4.2     | Tipo de perfil de suelo. ....   | 109        |
| 6.5       | Propiedades físico-mecánicas de las rocas.....  | 109        |
| 6.5.1     | Resistencia a la Compresión Simple. ....  | 110        |
| 6.5.2     | Propiedades físicas.....  | 110        |
| 6.5.3     | Clasificación geomecánica del macizo rocoso.....  | 111        |
| 6.6       | Análisis Geológico-Geotécnico.....  | 118        |
| 6.6.1     | Análisis de Resistencia del macizo rocoso mediante el Criterio de rotura de<br>Hoek & Brown. .... | 118        |
| 6.7       | Análisis de estabilidad global.....   | 119        |
| 6.7.1     | Modelo Estático.....  | 120        |
| 6.7.2     | Modelo Pseudo-Estático.....   | 125        |
| 6.8       | Resumen de análisis de estabilidad global.....  | 129        |
| <b>7.</b> | <b>Discusión .....</b>  | <b>130</b> |
| <b>8.</b> | <b>Conclusiones .....</b>   | <b>133</b> |



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO  
DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA  
Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

|     |                                  |     |
|-----|----------------------------------|-----|
| 9.  | Recomendaciones .....            | 135 |
| 10. | Referencias Bibliográficas ..... | 136 |
| 11. | Anexos.....                      | 139 |



## Índice de tablas

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 1.</b> <i>Calidad de la roca en función del Índice RQD.</i> .....  | 17  |
| <b>Tabla 2.</b> <i>Parámetros de clasificación RMR.</i> .....   | 18  |
| <b>Tabla 3.</b> <i>Corrección por la orientación de las discontinuidades.</i> .....   | 19  |
| <b>Tabla 4.</b> <i>Orientaciones relativas entre las juntas y el eje de la cavidad.</i> .....   | 20  |
| <b>Tabla 5.</b> <i>Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR.</i> .....  | 20  |
| <b>Tabla 6.</b> <i>Clasificación geomecánica de taludes SMR.</i> .....  | 20  |
| <b>Tabla 7.</b> <i>Índice de resistencia geológica (GSI) para macizos rocosos fracturados.</i> .....  | 24  |
| <b>Tabla 8.</b> <i>Materiales de campo, de gabinete, de laboratorio y de refracción sísmica, utilizados en el proyecto de investigación.</i> .....  | 35  |
| <b>Tabla 9.</b> <i>Ubicación geográfica de afloramientos y deslizamientos.</i> .....  | 37  |
| <b>Tabla 10.</b> <i>Clasificación de Pendientes.</i> .....  | 39  |
| <b>Tabla 11.</b> <i>Coordenadas de las muestras inalteradas para el ensayo de corte directo.</i> .....  | 42  |
| <b>Tabla 12.</b> <i>Ubicación de las calicatas.</i> .....   | 43  |
| <b>Tabla 13.</b> <i>Normas para ensayos de laboratorio.</i> .....   | 43  |
| <b>Tabla 14.</b> <i>Coordenadas de ubicación de línea sísmica realizada.</i> .....  | 45  |
| <b>Tabla 15.</b> <i>Coordenadas para la toma de muestra inalterada para el ensayo de compresión simple.</i> .....   | 49  |
| <b>Tabla 16.</b> <i>Parámetros usados en el software Slide: Peso específico (<math>\gamma</math>) KN/cm<sup>3</sup>, Ángulo de Fricción (<math>^{\circ}</math>), Cohesión (C) KN/m<sup>2</sup>.....</i> | 56  |
| <b>Tabla 17.</b> <i>Valores del factor Z en función de la zona sísmica.</i> .....   | 57  |
| <b>Tabla 18.</b> <i>Valoración de la zona sísmica de las parroquias Guadalupe - Cumbaratza, y poblaciones vecinas.</i> .....  | 57  |
| <b>Tabla 19.</b> <i>Tipo de suelo y Factores de sitio Fa.</i> .....   | 58  |
| <b>Tabla 20.</b> <i>Coordenadas geográficas de inicio y fin de la vía de estudio.</i> .....   | 59  |
| <b>Tabla 21.</b> <i>Pendientes del área de estudio.</i> .....   | 70  |
| <b>Tabla 22.</b> <i>Geomorfología del área de estudio.</i> .....  | 72  |
| <b>Tabla 23.</b> <i>Ubicación de afloramientos en coordenadas geográficas (UTM DATUM/ WGS84).</i> .....   | 79  |
| <b>Tabla 24.</b> <i>Inventario de deslizamientos.</i> .....   | 93  |
| <b>Tabla 25.</b> <i>Parámetros morfométricos del deslizamiento Nro. 1.</i> .....  | 95  |
| <b>Tabla 26.</b> <i>Parámetros morfométricos del deslizamiento Nro. 2.</i> .....  | 96  |
| <b>Tabla 27.</b> <i>Parámetros morfométricos del deslizamiento Nro. 3.</i> .....  | 98  |
| <b>Tabla 28.</b> <i>Parámetros morfométricos del deslizamiento Nro. 5.</i> .....  | 99  |
| <b>Tabla 29.</b> <i>Valores en base a ensayo de corte directo.</i> .....  | 100 |
| <b>Tabla 30.</b> <i>Resultados de la calicata Nro. 1.</i> .....   | 101 |



|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 31.</b> <i>Resultado de la calicata Nro. 2.</i> .....  | 102 |
| <b>Tabla 32.</b> <i>Resultados de la calicata Nro. 3.</i> .....   | 103 |
| <b>Tabla 33.</b> <i>Resultados de la calicata Nro. 4.</i> .....   | 104 |
| <b>Tabla 34.</b> <i>Síntesis de la clasificación AASHT, clasificación SUCS, y granulometría de los suelos (calicatas), en un horizonte de muestreo de 0.5, 1.0 y 1.5 metros.</i> .....                                  | 105 |
| <b>Tabla 35.</b> <i>Límites de Atterberg (calicatas), en un horizonte de muestreo de 0.5, 1.0 y 1.5 metros.</i> .....   | 106 |
| <b>Tabla 36.</b> <i>Complejos sísmicos, velocidades de onda y correspondencia geológica.</i> .....  | 108 |
| <b>Tabla 37.</b> <i>Parámetros dinámicos de cada línea sísmica</i> .....  | 109 |
| <b>Tabla 38.</b> <i>Tipo de perfil</i> .....  | 109 |
| <b>Tabla 39.</b> <i>Resultados de compresión simple.</i> .....  | 110 |
| <b>Tabla 40.</b> <i>Propiedades físicas de la muestra.</i> .....  | 110 |
| <b>Tabla 41.</b> <i>Macizo rocoso caracterizado.</i> .....  | 111 |
| <b>Tabla 42.</b> <i>Cálculo del RQD del macizo rocoso.</i> .....  | 112 |
| <b>Tabla 43.</b> <i>Parámetros de clasificación RMR de la primera junta del macizo rocoso.</i> .....  | 112 |
| <b>Tabla 44.</b> <i>Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR de la primera junta.</i> .....  | 113 |
| <b>Tabla 45.</b> <i>Parámetros de clasificación RMR de la segunda junta del macizo rocoso.</i> .....  | 113 |
| <b>Tabla 46.</b> <i>Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR de la segunda junta.</i> .....  | 114 |
| <b>Tabla 47.</b> <i>Parámetros de clasificación RMR de la tercera junta del macizo rocoso.</i> .....  | 114 |
| <b>Tabla 48.</b> <i>Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR de la tercera junta.</i> .....  | 115 |
| <b>Tabla 49.</b> <i>Parámetros del RMR para la clasificación geomecánica de juntas 1, 2, 3 del macizo rocoso.</i> .....   | 116 |
| <b>Tabla 50.</b> <i>Datos empleados en el SMR.</i> .....  | 116 |
| <b>Tabla 51.</b> <i>Factores de ajuste en el caso de rotura planar, <math>\alpha_s=66^\circ</math>.</i> .....   | 117 |
| <b>Tabla 52.</b> <i>Factores de ajuste en el caso de rotura por vuelco, <math>\alpha_s=66^\circ</math>.</i> .....   | 117 |
| <b>Tabla 53.</b> <i>Resumen de valores mínimos para el índice SMR con sus clases de estabilidad y medidas de sostenimiento.</i> .....   | 117 |
| <b>Tabla 54.</b> <i>Datos de entrada usados en Roclab v1.0.</i> .....   | 118 |
| <b>Tabla 55.</b> <i>Parámetros para modelamiento en el software Slide V6.0: Peso específico (<math>\gamma</math>) KN/cm<sup>3</sup>, Ángulo de Fricción (<math>^\circ</math>), Cohesión (C) KN/m<sup>2</sup>.</i> ..... | 119 |
| <b>Tabla 56.</b> <i>Resumen de resultados de FS de los taludes en condiciones actuales para el modelo estático.</i> .....   | 129 |
| <b>Tabla 57.</b> <i>Resumen de resultados de FS de los taludes en condiciones actuales para el modelo pseudo-estático.</i> .....  | 129 |



## Índice de figuras

**Figura 1.** Granito, roca ígnea plutónica.más abundante en la corteza continental de la Tierra. .... 9

**Figura 2.** Caliza, roca sedimentaria química en la que predomina el mineral calcita. Existen muchas variedades. La capa superior del Gran Cañón de Arizona, conocida como la Formación Kaibab, es caliza del Pérmico y su origen es marino. .... 10

**Figura 3.** El gneis, roca metamórfica, a menudo presenta bandas y con frecuencia tiene una composición mineral similar a la del granito. .... 10

**Figura 4.** Ciclo de las rocas. .... 11

**Figura 5.** Límites de Atterberg. .... 15

**Figura 6.** Prueba del límite líquido. En la figura (a) se tiene un dispositivo para la prueba y en la figura (b) se muestra un ranurador. .... 15

**Figura 7.** Estimación RQD (Rock Quality Desingnation) *a partir de testigos de sondeo*. .... 17

**Figura 8.** Representación estereográfica de los planos de discontinuidad con respecto a la orientación del talud para rotura plana en macizos rocosos. .... 26

**Figura 9.** Representación estereográfica de los planos de discontinuidad con respecto a la orientación del talud para rotura en cuña, en macizos rocosos. .... 26

**Figura 10.** Representación estereográfica de los planos de discontinuidad con respecto a la orientación del talud para rotura en vuelc, en macizos rocosos. .... 27

**Figura 11.** Bloque diagrama de los principales tipos de estratos plegados. .... 29

**Figura 12.** Bloque diagrama que muestra el movimiento relativo a lo largo de una falla normal. .... 29

**Figura 13.** Bloque diagrama que muestra el movimiento relativo a lo largo de una falla inversa. .... 30

**Figura 14.** Bloque diagrama que ilustra las estructuras asociadas con las fallas con desplazamiento horizontal. .... 30

**Figura 15.** Dirección y buzamiento de un estrato rocoso. .... 31

**Figura 16.** Dimensiones de los deslizamientos. .... 33

**Figura 17.** Saturación y niveles freáticos. .... 34

**Figura 18.** Fotointerpretación de contactos inferidos en MDTs. .... 38

**Figura 19.** Análisis de las ortofotos y el Hillshade. .... 38

**Figura 20.** Índice de posición topográfica (TPI) desde la abs. 8+300 a 10+000. .... 40

**Figura 21.** Ubicación geográfica de las muestras para el ensayo de corte directo. .... 41

**Figura 22.** Ubicación de la línea sísmica realizada. .... 45

**Figura 23.** Domocrona LRS. .... 46



|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 24.</b> Ubicación geográfica de la muestra para ensayo de resistencia a compresión simple. ....   | 48  |
| <b>Figura 25.</b> Zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor de factor de zona Z. ....  | 57  |
| <b>Figura 26.</b> Ubicación administrativa de proyecto de estudio. ....   | 59  |
| <b>Figura 27.</b> Acceso a la zona de estudio por vía terrestre. a) Recorrido desde Quito hasta Loja.<br>b) Recorrido desde Loja hasta Zamora y La Saquea. ....       | 60  |
| <b>Figura 28.</b> a) Acceso a la zona de estudio por vía aérea. b) Acceso por vía terrestre. ....   | 61  |
| <b>Figura 29.</b> Flujos superficiales dentro del área de estudio. ....   | 63  |
| <b>Figura 30.</b> Topografía del área de estudio desde la abs. 5+850 a 8+000. ....  | 65  |
| <b>Figura 31.</b> Topografía del área de estudio desde la abs. 8+000 a 10+000. ....   | 66  |
| <b>Figura 32.</b> Topografía del área de estudio desde la abs. 10+000 a 11+700. ....  | 67  |
| <b>Figura 33.</b> Perfil topográfico A-A'.....  | 68  |
| <b>Figura 34.</b> Perfil topográfico B-B'.....  | 68  |
| <b>Figura 35.</b> Perfil topográfico C-C'. ....   | 69  |
| <b>Figura 36.</b> Mapa de pendientes.....   | 71  |
| <b>Figura 37.</b> Geomorfología del área de estudio.....  | 73  |
| <b>Figura 38.</b> Geología Regional del área de estudio modificada de la Hoja geológica Paquisha,<br>Edición 2, perteneciente a la serie J62-G, Hoja 76, Ñ VI-E. .... | 77  |
| <b>Figura 39.</b> Geología local de estudio de la abs. 5+850 a 8+000. ....  | 85  |
| <b>Figura 40.</b> Geología local de estudio de la abs. 8+000 a 10+000. ....   | 86  |
| <b>Figura 41.</b> Geología local de estudio de la abs. 10+000 a 11+700. ....  | 87  |
| <b>Figura 42.</b> Corte geológico A-A'.....   | 88  |
| <b>Figura 43.</b> Corte geológico B-B'.....   | 88  |
| <b>Figura 44.</b> Corte geológico C-C'. ....  | 88  |
| <b>Figura 45.</b> Estructuras relacionadas con la falla cubierta, identificadas mediante<br>fotointerpretación . ....   | 90  |
| <b>Figura 46.</b> Deslizamiento identificado en la abs. 8+870 a 8+980.....  | 91  |
| <b>Figura 47.</b> Deslizamiento identificado en la abs. 9+340 a 9+490.....  | 92  |
| <b>Figura 48.</b> Ubicación geográfica de los deslizamientos. ....  | 93  |
| <b>Figura 49.</b> Parámetros morfométricos del deslizamiento Nro. 1. ....   | 95  |
| <b>Figura 50.</b> Parámetros morfométricos del deslizamiento Nro. 2. ....   | 96  |
| <b>Figura 51.</b> Parámetros morfométricos del deslizamiento Nro. 3. ....   | 98  |
| <b>Figura 52.</b> Parámetros morfométricos del deslizamiento Nro. 2. ....   | 99  |
| <b>Figura 53.</b> Sismograma LRS1-Golpe 1(0m); Golpe 2(30m); Golpe 3(60m) .....   | 107 |
| <b>Figura 54.</b> Domocrona LRS.....  | 108 |
| <b>Figura 55.</b> Perfil de la línea sísmica 8+780-8+860.....   | 108 |



|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 56.</b> Análisis de resistencia para el macizo rocoso. ....  | 119 |
| <b>Figura 57.</b> Diseño del deslizamiento 1 para análisis de estabilidad global en el modelo estático. .... | 120 |
| <b>Figura 58.</b> Análisis de rotura general para el deslizamiento 1 en el modelo estático. ....             | 121 |
| <b>Figura 59.</b> Diseño del deslizamiento 2 para análisis de estabilidad global en el modelo estático. .... | 121 |
| <b>Figura 60.</b> Análisis de rotura general para el deslizamiento 2 en el modelo estático. ....             | 122 |
| <b>Figura 61.</b> Diseño del deslizamiento 3 para análisis de estabilidad global en el modelo estático. .... | 122 |
| <b>Figura 62.</b> Análisis de rotura general para el deslizamiento 3 en el modelo estático. ....             | 123 |
| <b>Figura 63.</b> Diseño del deslizamiento 4 para análisis de estabilidad global en el modelo estático. .... | 123 |
| <b>Figura 64.</b> Análisis de rotura general para el deslizamiento 4 en el modelo estático. ....             | 124 |
| <b>Figura 65.</b> Diseño del macizo rocoso para análisis de estabilidad global en el modelo estático. ....   | 124 |
| <b>Figura 66.</b> Análisis de rotura general para el macizo rocoso en el modelo estático. ....               | 125 |
| <b>Figura 67.</b> Análisis de rotura general para el deslizamiento 1 en el modelo pseudo-estático. ....      | 126 |
| <b>Figura 68.</b> Análisis de rotura general para el deslizamiento 2 en el modelo pseudo-estático. ....      | 126 |
| <b>Figura 69.</b> Análisis de rotura general para el deslizamiento 3 en el modelo pseudo-estático. ....      | 127 |
| <b>Figura 70.</b> Análisis de rotura general para el deslizamiento 4 en el modelo pseudo-estático. ....      | 128 |
| <b>Figura 71.</b> Análisis de rotura general para el macizo rocoso en el modelo pseudo-estático. ....        | 128 |



## Índice de fotografías

|   |    |
|---|----|
| <b>Fotografía 1.</b> Extracción de muestras inalteradas con un tubo Shelby. ....  | 41 |
| <b>Fotografía 2.</b> a) Extracción de muestra. b) Ensayo de corte directo. c) Muestra fallada. ....   | 42 |
| <b>Fotografía 3.</b> a) Ejecución de calicatas y toma de muestras en la abs. 6+000. b) Muestras alteradas. ....   | 43 |
| <b>Fotografía 4.</b> a) Límite líquido. b) Límite plástico. c) Granulometría. ....  | 44 |
| <b>Fotografía 5.</b> a) Equipo Sísmica PASI GEA24. b) 1 Cable con 12 conexiones para geófonos, de 60.0 m y 12 Geófonos verticales de 14 Hz. c) Exploración geofísica (Sísmica de Refracción). ....  | 44 |
| <b>Fotografía 6.</b> a) Corte de la muestra. b) Ensayo de Resistencia a la compresión. ....   | 49 |
| <b>Fotografía 7.</b> Colocación de 25gr de muestra en el picnómetro con la ayuda de un embudo. ....   | 50 |
| <b>Fotografía 8.</b> Agitación de la muestra para revolverla. ....  | 51 |
| <b>Fotografía 9.</b> Colocación del picnómetro en la bomba de vacíos. ....  | 51 |
| <b>Fotografía 10.</b> La muestra dentro del picnómetro es pesada. ....  | 51 |
| <b>Fotografía 11.</b> a) Datos estructurales con la brújula. b) Rugosidad con peine de Barton y c) Resistencia a la compresión simple mediante esclerómetro. ....   | 54 |
| <b>Fotografía 12.</b> Vista panorámica de un relieve colinado muy alto ubicado en el tramo abs. 6+500.....  | 74 |
| <b>Fotografía 13.</b> Vista panorámica de un barranco ubicado en la abs. 6+020-6+930.....   | 74 |
| <b>Fotografía 14.</b> Vista panorámica de Coluvión antiguo ubicado en el tramo abs. 7+140 – 8+670.....  | 75 |
| <b>Fotografía 15.</b> Vista panorámica de una vertiente heterogénea con fuerte disección ubicada en el tramo abs. 8+670-9+530. ....   | 75 |
| <b>Fotografía 16.</b> Vista panorámica de un valle fluvial y canal fluvial ubicado en el tramo abs. 7+560-7+580. ....   | 76 |
| <b>Fotografía 17.</b> Vista panorámica de una terraza baja ubicada en el tramo abs. 10+730-11+700.....  | 76 |
| <b>Fotografía 18.</b> Depósito de deslizamiento, identificado en la abs. 9+330 a 9+520. ....  | 77 |
| <b>Fotografía 19.</b> Afloramiento de granodiorita disgregada en forma de sábulo. ....  | 80 |
| <b>Fotografía 20.</b> a) Afloramiento del dique de andesita basáltica que atraviesa a la granodiorita en la abs. 8+990 a 9+040; b) Contacto litológico del dique de andesita basáltica con la granodiorita ubicado en la abs. 8+990 a 9+040; c) Dique de andesita basáltica de 3 a 5cm de ancho ubicado en la abs. 9+250 a 9+310..... | 81 |
| <b>Fotografía 21.</b> a) Afloramiento de material coluvio-aluviales (abs. 7+130-8+660). ....  | 82 |



|   |     |
|---|-----|
| <b>Fotografía 22.</b> Depósito aluvial en la abs. 10+225-10+275. ....   | 83  |
| <b>Fotografía 23.</b> a) Terraza aluvial (abs. 9+720 a 11+700); b) Presencia de clastos redondeados y muy redondeados de gravas con tamaños centimétricos, arenas y arcillas. | 84  |
| <b>Fotografía 24.</b> Deslizamiento identificado en la abs. 6+220 a 6+245, constituido de sábulo. ....  | 94  |
| <b>Fotografía 25.</b> Deslizamiento identificado en la abs. 6+410 a 6+440, constituido de sábulo. ....  | 95  |
| <b>Fotografía 26.</b> Deslizamiento identificado en la abs. 8+890 a 8+990, constituido de sábulo. ....  | 97  |
| <b>Fotografía 27.</b> Deslizamiento identificado en la abs. 9+330 a 9+520, constituido de sábulo. ....  | 98  |
| <b>Fotografía 28.</b> Macizo rocoso identificado en la abs. 9+035 a 9+040. ....   | 111 |
| <b>Fotografía 29.</b> Representación gráfica de juntas en el macizo rocoso. ....  | 111 |



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE”

---

## 1. Título

“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE.”



## 2. Resumen

La presente investigación "Caracterización geológica – geotécnica de la vía La Saquea-Cantzama Bajo, desde el tramo ABSC 5+850 hasta 11+700, ubicada en las parroquias Cumbaratza y Guadalupe, cantón Zamora, provincia Zamora Chinchipe", tiene como objetivo realizar el levantamiento geológico-estructural y describir las propiedades físico-mecánicas de los geomateriales a partir de ensayos, para poder determinar la estabilidad de los taludes mediante la obtención del Factor de Seguridad, en 5.85km de vía.

La caracterización geológica-geotécnica, se logró con el levantamiento de campo de once afloramientos y cuatro deslizamientos; con el propósito de abordar aquellas unidades geológicas, geomorfológicas, estructurales e inestabilidades de los materiales. Se tomó como base: topografía con un área de influencia de 75.19ha (escala 1:1000); geología de la carta geológica de Paquisha del IIGE (escala 1:100000, año 2017); la carta geomorfológica de Paquisha del MAGAP-SIGTIERRAS (escala 1:25000, año 2015); Modelos Digitales del Terreno (MDTs) y ortofotos de SIGTIERRAS del año 2010-2011.

Conforme al levantamiento de campo, a lo largo de todo el tramo de la vía se tiene un suelo areno limoso con una matriz arcillosa, denominado sábulo producto de la meteorización del Complejo Intrusivo de Zamora, en algunos lugares sobresalen diques de andesita basáltica con diferentes potencias, resaltando un dique en la ABSC 9+040 con un espesor aproximado de 50m, una longitud kilométrica, un rumbo N66°E, y un buzamiento de 85°SE. También, se evidencian depósitos superficiales como: depósitos coluvio-aluviales, depósitos aluviales y terrazas aluviales.

Para las propiedades físico-mecánicas de los geomateriales, se obtuvo información de cuatro ensayos de cortes directos en las zonas de deslizamientos, incluyendo la información de cuatro calicatas de 1.5m de profundidad mediante pruebas de laboratorio de acuerdo a las normas ASTM como son: granulometría, contenido de humedad y límites de Atterberg. Además, una línea de refracción sísmica ubicada en el deslizamiento más representativo (ABSC 8+890 a 8+990). Se realizó el ensayo de compresión simple en el macizo rocoso constituido de andesita basáltica (ABSC 9+040) con la finalidad de conocer las propiedades mecánicas de la roca; para las propiedades físicas se llevó a cabo el ensayo de gravedad específica de sólidos de acuerdo a la norma ASTM D854-58; y se empleó la clasificación geomecánica de macizos rocosos como: RQD, RMR, SMR y GSI.

Con el análisis de resistencia del macizo rocoso mediante los parámetros generales de estabilidad por el método Hoek and Brown ajustado al criterio Mohr-Coulomb, en el software Roclab v1.0 se obtuvo una cohesión y un ángulo de fricción, para el modelamiento del talud



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

---

en el software Civil 3D v.2021. Finalmente, con las respectivas características geomecánicas y geométricas de todos los taludes, se calculó el Factor de Seguridad en el software Slide v6.0 mediante el método de equilibrio límite (Método Bishop simplified, Janbu simplified, GLE/Morgenstern-Price y Spencer), indicando si un talud es estable o no, para cargas sísmicas y estáticas, en condiciones actuales.

**Palabras claves:** geología, geotecnia, geomateriales, análisis de estabilidad, factor de seguridad.

## 2.1 Abstract

The present investigation "Geological-geotechnical characterization of the La Saquea-Cantzama Bajo road, from the ABSC 5+850 to 11+700 section, located in the Cumbaratza and Guadalupe parishes, Zamora canton, Zamora Chinchipe province", has the objective of performing the geological-structural survey and describing the physical-mechanical properties of the geomaterials from tests, in order to determine the stability of the slopes by obtaining the Factor of Safety, in 5.85 km of road.

The geological-geotechnical characterization was achieved with the field survey of eleven outcrops and four landslides; with the purpose of addressing those geological, geomorphological, structural units and instabilities of the materials. We took as a basis: topography with an area of influence of 75.19ha (scale 1:1000); geology of the geological map of Paquisha of the IIGE (scale 1:100000, year 2017); the geomorphological map of Paquisha of MAGAP-SIGTIERRAS (scale 1:25000, year 2015); Digital Terrain Models (DTMs) and orthophotos of SIGTIERRAS of the year 2010-2011.

According to the field survey, along the entire stretch of the road there is a silty sandy soil with a clayey matrix, called sabulo product of the weathering of the Zamora Intrusive Complex, in some places there are basaltic andesite dikes with different strengths, highlighting a dike in the ABSC 9+040 with an approximate thickness of 50m, a kilometer long, a bearing N66°E, and a dip of 85°SE. There is also evidence of superficial deposits such as: colluvial-alluvial deposits, alluvial deposits and alluvial terraces.

For the physical-mechanical properties of the geomaterials, information was obtained from four direct cut tests in the landslide zones, including information from four 1.5m deep calicatas by means of laboratory tests according to ASTM standards such as: granulometry, moisture content and Atterberg limits. In addition, a seismic refraction line located in the most representative landslide (ABSC 8+890 to 8+990). A simple compression test was carried out in the rock massif made up of basaltic andesite (ABSC 9+040) in order to know the mechanical properties of the rock; for the physical properties, the specific gravity test of solids was carried out according to the ASTM D854-58 standard; and the geomechanical classification of rock massifs was used as: RQD, RMR, SMR and GSI.

With the rock mass strength analysis using the general stability parameters by the Hoek and Brown method adjusted to the Mohr-Coulomb criterion, in the Roclab v1.0 software, a cohesion and friction angle were obtained for the slope modeling in the Civil 3D v.2021 software. Finally, with the respective geomechanical and geometric characteristics of all the slopes, the Factor of Safety was calculated in Slide v6.0 software using the limit equilibrium



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

---

method (Bishop simplified, Janbu simplified, GLE/Morgenstern-Price and Spencer method), indicating whether a slope is stable or not, for seismic and static loads, under current conditions.

**Key words:** geology, geotechnics, geomaterials, stability analysis, factor of safety.

### 3. Introducción

El Proyecto a ejecutarse corresponde a la "Caracterización geológica – geotécnica de la vía La Saquea- Cantzama Bajo, desde el tramo ABSC 5+850 hasta 11+700, ubicada en las parroquias Cumbaratza y Guadalupe, cantón Zamora, provincia Zamora Chinchipe", abarcando una longitud de 5.85km.

La única vía que conecta los barrios de Guaguayme Alto y Cantzama Bajo con las parroquias Guadalupe y Cumbaratza, se ve afectada en diferentes tramos por deslizamientos. Las variables principales que influyen en la generación de estos son: clima, geología, geomorfología y pendiente. Por este motivo el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Zamora Chinchipe considera importante realizar una ampliación, rectificación y asfaltado de la vía, mejorando así el servicio de transporte para contribuir al desarrollo económico y social, donde aproximadamente 9159 habitantes de las parroquias Guadalupe y Cumbaratza serán beneficiados. Esta investigación se la realiza con el interés de proporcionar una información base para el mejoramiento de la vía, tomando en cuenta: la geología, las estructuras, las propiedades físico-mecánicas de los geomateriales y puntos críticos de inestabilidad a nivel de factor de seguridad.

En primera instancia, se recopila información preliminar de documentos técnico-científicos referente al área de estudio: PDOTs, carta geológica, carta geomorfológica, MDTs y ortofotos de la zona, incluyendo la topografía con un área de influencia de 75.19ha. Complementario a ello en campo, se caracteriza geológicamente la zona de estudio.

En la segunda parte in situ, se identifica los puntos de muestreo definidos con anterioridad en oficina, para los respectivos ensayos de laboratorio como: corte directo y compresión simple. Incluyendo calicatas de 1.5m de profundidad con sus correspondientes ensayos de laboratorio: contenido de humedad, límite líquido, límite plástico y granulometría. También se efectuó un sondeo mediante sísmica de refracción, para precisar parámetros geotécnicos de los geomateriales a profundidad.

En la tercera parte, en gabinete se caracteriza el macizo rocoso mediante RQD, RMR, SMR y GSI. Con los resultados obtenidos de los ensayos, se modela los diferentes taludes en el software Civil 3D v.2021, posteriormente se calcula el factor de seguridad con el software Slide v6.0, para modelos estáticos y pseudo-estáticos en condiciones actuales.

Esta investigación se realizó para el cumplimiento de los siguientes objetivos:



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

---

### Objetivo general

Realizar la caracterización geológica-geotécnica a nivel de Factor de Seguridad de taludes de la vía La Saquea- Cantzama Bajo desde el tramo ABSC 5+850 - 11+700, ubicada en las parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe.

### Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento geológico-estructural a detalle en la vía La Saquea-Cantzama Bajo desde el tramo ABSC 5+850 - 11+700 tomando como base la topografía escala 1:1000.
- Describir las propiedades físico-mecánicas de los geomateriales a partir de ensayos realizados en el área de estudio.
- Determinar la estabilidad de los taludes del tramo de la vía en estudio mediante la obtención del Factor de Seguridad.

## 4. Marco teórico

### 4.1 Geología

Según (Tarbuck & Lutgens, 2005), la geología viene del griego geo, «Tierra», y logos, «discurso». Es la ciencia que estudia a la Tierra, se la ha dividido tradicionalmente en dos áreas: la física y la histórica. Por una parte, la Geología física se encarga de estudiar la composición de la tierra, y sus cambios tanto debajo como por encima de la Tierra. Por otro lado, la Geología histórica comprende el origen de la Tierra y su evolución a través del tiempo, ordenando cronológicamente los múltiples eventos que han ocurrido en ella.

#### 4.1.1 Las rocas y el ciclo de las rocas.

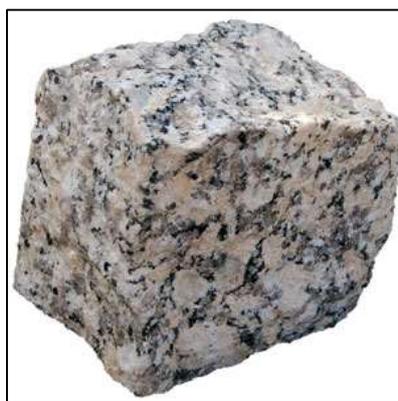
Las rocas están constituidas por un conjunto de minerales, estos minerales son compuestos químicos, cada uno de ellos tiene su propia composición y propiedades físicas, los mismos pueden ser vistos por un microscopio o a simple vista. El aspecto de las rocas se va a ver influenciado por los minerales que la constituyan, la textura, la forma o la disposición de los minerales que la constituyen. (Tarbuck & Lutgens, 2005)

##### 4.1.1.1 Tipos de rocas básicas.

Según (Tarbuck & Lutgens, 2005), las rocas se dividen en tres grandes grupos: ígneas, sedimentarias y metamórficas. Cada grupo de alguna u otra forma se relaciona con los demás, por los procesos que se dan sobre el planeta y dentro de él.

#### - Rocas ígneas.

Para que se lleguen a formar las rocas ígneas es fundamental que se de un proceso (ver Figura 1), este inicia cuando la roca fundida (magma) se enfría y se solidifica.



**Figura 1.** Granito, roca ígnea plutónica.más abundante en la corteza continental de la Tierra.

**Fuente:** (Tarbuck & Lutgens, 2005)

Las rocas plutónicas toman este nombre debido a que se han formado por debajo de la superficie donde han permanecido por mucho tiempo dando lugar a la formación de rocas de grano grueso, estas rocas se ven expuestas posteriormente por el proceso de erosión, sin

embargo las rocas volcánicas se originan cuando el magma se abre paso a la superficie donde se enfría rápidamente de manera que no permite la formación de grandes cristales dando lugar a la formación simultánea de muchos cristales pequeños y suelen dar lugar a la formación de rocas de grano fino. (Tarbuck & Lutgens, 2005)

#### - **Rocas sedimentarias.**

Las rocas sedimentarias se forman por procesos físicos, químicos y biológicos, entre las rocas más importantes por su abundancia y en su orden, son: la lutita proveniente de arcillas y limos, la arenisca proveniente de la arena y la caliza por acumulación de caparazones de organismos muertos (ver Figura 2). Constituyen una porción muy pequeña del volumen de la corteza de la Tierra, sin embargo, en la superficie tres cuartas partes de las rocas expuestas son sedimentarias. Generalmente se caracterizan por su disposición en capas o estratos. (Duque Escobar, 2017)



**Figura 2.** Caliza, roca sedimentaria química en la que predomina el mineral calcita. Existen muchas variedades. La capa superior del Gran Cañón de Arizona, conocida como la Formación Kaibab, es caliza del Pérmico y su origen es marino.

**Fuente:** Foto: E. J. Tarbuck. (Tarbuck & Lutgens, 2005)

#### - **Rocas metamórficas.**

Las rocas metamórficas se originan a partir de las rocas ígneas, sedimentarias o incluso otras rocas metamórficas, toda roca ígnea tiene una roca madre, roca a partir de la cual se ha formado, estas rocas se forman cuando existen elevadas temperaturas y presiones en la profundidad de la corteza terrestre y el manto superior. (Tarbuck & Lutgens, 2005)

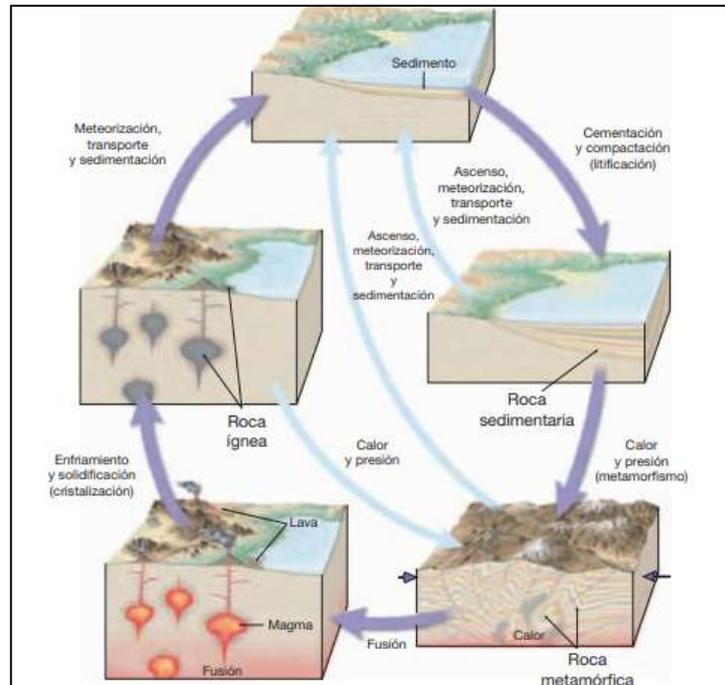


**Figura 3.** El gneis, roca metamórfica, a menudo presenta bandas y con frecuencia tiene una composición mineral similar a la del granito.

**Fuente:** (Tarbuck & Lutgens, 2005)

#### 4.1.1.2 El ciclo de las rocas.

Según (Tarbuck & Lutgens, 2005), el ciclo de las rocas nos ayuda a entender las diferentes interrelaciones que pueden ocurrir para que se formen y den origen a las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, cada uno de ellas se vincula con la otra debido a los diferentes procesos que dan sobre y dentro del planeta Tierra (ver Figura 4).



**Figura 4.** Ciclo de las rocas.  
**Fuente:** (Tarbuck & Lutgens, 2005)

## 4.2 Geotecnia

Según (SIAPA, 2014), la geotecnia comprende las técnicas de evaluación del comportamiento de los suelos, bajo la solidificación de cargas y bajo ataque de los agentes atmosféricos. En los estudios geotécnicos debe incluir la exploración, la obtención de muestras, la ejecución de pruebas de laboratorio y el análisis de la información, se debe obtener resultados confiables con un mínimo de costo y tiempo. Los trabajos de exploración son fundamentales al momento de realizar un estudio geotécnico confiable, se deben seguir métodos y normas establecidas.

### 4.2.1 Métodos de exploración.

#### 4.2.1.1 Métodos indirectos (geofísicos).

Estos métodos de exploración realizan mediciones indirectas de propiedades físicas de los suelos y rocas. Los principales son los siguientes:



- **Geosísmico.**

Se emplean velocidades de ondas de compresión y de corte que se transmiten a través de los materiales en el subsuelo, por efecto de las vibraciones producidas por una detonación de explosivos, los resultados ayudaran a deducir propiedades mecánicas y la distribución de los materiales en el subsuelo.

- **Geoeléctrico.**

Al inducir corriente eléctrica se podrá realizar mediciones de la resistividad, sirve para detectar indirectamente características de los materiales del subsuelo.

- **Gravimétrico y Magnetométrico.**

En obras de infraestructura son muy utilizados dado a su rapidez y economía, se los usa para detectar y mapear cavernas, cavidades y túneles, densidad de fracturamiento y uniformidad del terreno.

**4.2.1.2 Métodos semidirectos.**

Son pruebas de campo que estiman las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, a partir de correlaciones empíricas.

- **Prueba de penetración estándar.**

Se realiza de manera continua con muestreo alterado ó en forma conjunta con muestreo inalterado, se emplea en suelos finos, en arenas finas y medias, en mezclas de finos y arenas.

- **Método del Cono.**

Se la ocupa en suelos blandos como: las arenas y arcillas, con espesores mayores de 10m.

**4.2.1.3 Métodos directos (sondeos).**

Con este método se pueden obtener muestras alteradas o inalteradas que servirán para realizar pruebas especiales de laboratorio que servirán para conocer las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas del suelo.

- **Excavación de pozos a cielo abierto (calicatas).**

Son excavaciones con un área de 1.00 x 1.5m (como mínimo), que servirán para obtener muestras de cada estrato con el fin de observar y levantar el perfil estratigráfico de sus paredes.



#### - **Sondeos con equipo de exploración.**

Se realizan en suelos donde el equipo de Sondeos de Penetración Estándar (SPT) no es el adecuado, cuando el suelo es muy duro y rocoso, para su uso se ocuparán equipos de perforación rotativa y herramientas especializadas para la exploración y toma de muestras alteradas e inalteradas.

### **4.2.2 Mecánica de suelos.**

#### **4.2.2.1 Origen y formación de los suelos.**

Según (González de Vallejo, 2004), los suelos tienen su origen en los macizos rocosos preexistentes que componen la roca madre, sometida a la acción ambiental disgregadora de la erosión en sus tres facetas:

- **Física**, se puede dar como consecuencia de los cambios térmicos e intervención del agua, pueden ocasionar roturas en la roca inicial y fracturas de tamaño cada vez más pequeño, estos son separados de la roca por agentes activos como el agua, el viento y la gravedad dando origen así a las partículas que van a formar el suelo.
- **Química**, se dan fenómenos de hidratación, disolución, oxidación, cementación, etc.
- **Biológica**, se origina por la acción bacteriana, donde los materiales orgánicos sufren putrefacciones y es mezclado con otras partículas de origen físico-químico, actuando de elemento catalizador.

#### **4.2.2.2 Tipo de suelo.**

Según (González de Vallejo, 2004), es fundamental seguir una metodología para estudiar el suelo debido a que es un material complejo con diferente tamaño de partículas y composición química. En función de su granulometría y según las Normas D.I.N., A.S.T.M, A.E.N.O.R se han clasificado los suelos en cuatro grandes grupos.

- **Gravas**, con tamaño de grano entre unos 8-10cm y 2mm; se caracterizan porque los granos son observables directamente. No retienen el agua, por la inactividad de su superficie y los grandes huecos existentes entre partículas.
- **Arenas**, con partículas comprendidas entre 2 y 0.060mm, todavía son observables a simple vista. Cuando se mezclan con el agua no se forman agregados continuos, sino que se separan de ella con facilidad.
- **Limos**, con partículas comprendidas entre 0.060 y 0.002mm. Retienen el agua mejor que los tamaños superiores. Si se forma una pasta agua-limo y se coloca sobre la mano, al golpear con la mano se ve cómo el agua se exuda con facilidad.



- **Arcillas**, formadas por partículas con tamaños inferiores a los limos (0.002 mm). Están formadas, por minerales silicatados, su capacidad de retención del agua es muy grande, por lo que son generalmente los materiales más problemáticos.

#### **4.2.2.3 Clasificación de suelos.**

Los suelos son clasificados, de acuerdo a sus características mecánicas y su comportamiento con la ingeniería. Para expresar de forma concisa las características generales del suelo es necesario manejar un mismo lenguaje denominados sistemas de clasificación. Actualmente, dos elaborados sistemas de clasificación que utilizan la distribución granulométrica y la plasticidad de los suelos son comúnmente utilizados para aplicaciones ingenieriles. Se trata del American Association of State Highway Officials (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). (Braja M. Das, 2013)

- **Sistema de clasificación AASHTO.**

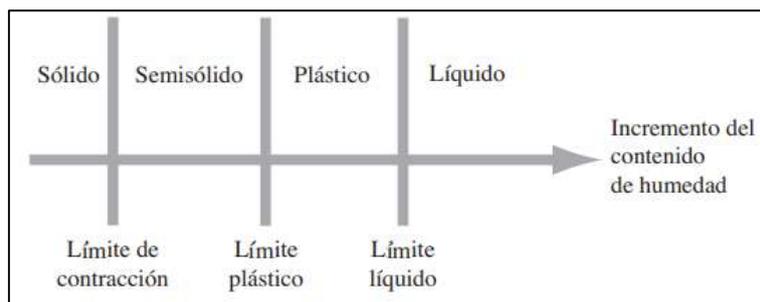
Según (Braja M. Das, 2013), este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Ha sido objeto de varias revisiones, con la actual versión propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras en 1945 (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145). De acuerdo con este sistema el suelo se clasifica en siete grupos principales: A-1 a A-7. Los suelos que clasifican en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz núm. 200. Los suelos donde más de 35% pasa a través del tamiz núm. 200 se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Éstos son principalmente limo y materiales del tipo de arcilla. El sistema de clasificación se basa en los criterios de: tamaño de grano, plasticidad, y se encuentran cantos y guijarros.

- **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).**

El análisis granulométrico por mallas permite conocer los diferentes tamaños de las partículas presentes en diferentes tipos de suelos, se utiliza el tamizado para la clasificación del suelo en gravas, arenas y finos donde se obtiene un porcentaje, junto con los datos de las propiedades de plasticidad se conoce el nombre del tipo de suelo. (García Castillo , s.f.)

Se realiza un análisis granulométrico cuando se pretende conocer la proporción de cada material que tiene un suelo, para partículas de tamaños superiores a 0.075 mm se utiliza la vía seca, y para tamaños iguales o inferiores a 0.075 mm la granulometría por sedimentación mediante el hidrómetro la vía húmeda. (González de Vallejo, 2004)

#### 4.2.2.4 Límites de Atterberg.



**Figura 5.** Límites de Atterberg.

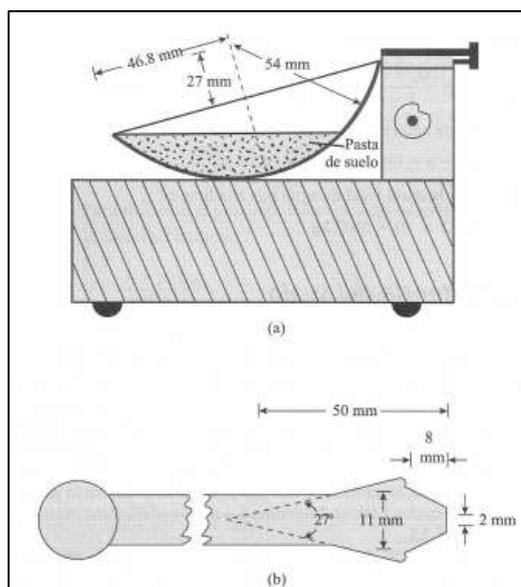
**Fuente:** (Braja M. Das, 2001)

Algunos suelos pueden ser remodelados sin desmoronarse cuando hay humedad, esto ocurre cuando existen minerales de arcilla en un suelo de grano fino, se da una naturaleza cohesiva debido al agua adsorbida que rodea a las partículas de arcilla. Los suelos pueden clasificarse en cuatro estados básicos, denominados sólido, semisólido, plástico y líquido, esto va estar en dependencia del contenido de agua y la naturaleza del suelo. (Braja M. Das, 2001)

##### - Límite de contracción (SL).

Conforme se pierde gradualmente el agua del suelo la masa de suelo se contrae. Con una pérdida continua de agua, se alcanza una etapa de equilibrio en la que más pérdida de agua conducirá a que no haya cambio de volumen. El contenido de agua, en porcentaje, bajo el cual el cambio de volumen de la masa del suelo cesa, se define como límite de contracción. (Braja M. Das, 2001)

##### - Límite líquido (LL).



**Figura 6.** Prueba del límite líquido. En la figura (a) se tiene un dispositivo para la prueba y en la figura (b) se muestra un ranurador.

**Fuente:** (Braja M. Das, 2001)



Para determinar el límite líquido se necesita de una copa de bronce y una base de hule duro. La copa de bronce se deja caer sobre la base por una leva operada por una manivela. Se debe colocar una pasta (suelo + agua) en la copa. Se corta una ranura en el centro de la pasta de suelo, usando la herramienta de corte estándar. Luego, con la leva operada por la manivela, se levanta la copa y se deja caer desde una altura de 10 mm. El contenido de agua, en porcentaje requerido para cerrar una distancia de 12.7mm a lo largo del fondo de la ranura a los 25 golpes se define como el límite líquido, (ver Figura 6). El procedimiento para la prueba del límite líquido está dado en la Prueba D-4318 de la ASTM. (Braja M. Das, 2001)

#### - Límite plástico (PL).

Para poder determinar el límite plástico se debe enrollar con la mano sobre una placa de vidrio una masa de suelo de forma elipsoidal de manera que se formen rollitos de suelo. El límite plástico se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2mm de diámetro, se desmorona. El procedimiento para la prueba del límite plástico se da en la prueba D-4318 de la ASTM. (Braja M. Das, 2001)

El índice de plasticidad (IP) es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo.

$$IP = LL - PL \quad (1)$$

Albert Atterberg, conforme al valor del índice de plasticidad, distinguió los siguientes materiales.

- Suelos desmenuzables ( $IP < 1$ )
- Suelos débilmente plásticos ( $1 < IP < 7$ )
- Suelos medianamente plásticos ( $7 < IP < 15$ )
- Suelos altamente plásticos ( $IP > 15$ )

### 4.2.3 Mecánica de rocas.

Según (González de Vallejo, 2004), la mecánica de rocas estudia la teoría y la práctica de las propiedades y comportamiento mecánico de los materiales rocosos, y de su respuesta ante la acción de las fuerzas aplicadas a su entorno físico. La mecánica de roca estudia las masas de rocas afectadas por discontinuidades o superficies de debilidad que separan bloques de matriz rocosa o roca intacta constituyendo en conjunto los macizos rocosos.

#### 4.2.3.1 Macizo rocoso.

Es la forma en la que se presentan las rocas en el medio natural, estas comúnmente aparecen atravesadas por distintos caracteres geológicos estructurales y discontinuidades de variado origen geológico. El macizo rocoso estará definido por una matriz rocosa y

discontinuidades, que a su vez contendrá planos de estratificación, fallas, juntas, pliegues y otros caracteres estructurales. (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

#### 4.2.3.2 Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos.

Según (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004), la principal ventaja de utilizar esta clasificación en lo referente a taludes consiste en obtener, mediante correlaciones establecidas, los principales parámetros mecánicos del macizo rocoso. Tiene como objetivo evaluar las características de los macizos rocosos para determinar de forma cuantitativa su calidad. A continuación, se describen cinco clasificaciones:

##### Clasificación RQD de Deere (1967).

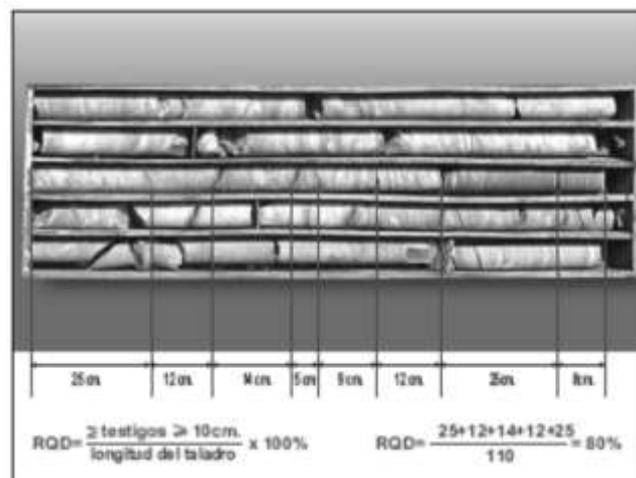


Figura 7. Estimación RQD (Rock Quality Designation) a partir de testigos de sondeo.  
Fuente: (Córdova, 2004).

Consiste en un diseño de sostenimientos basado en el RQD (Rock Quality Designation). Este parámetro se consigue a partir del porcentaje de trozos de testigos mayores de 10cm recuperado en un sondeo permitiendo así estimar el grado de fracturación del macizo rocoso. Para la obtención del mismo se deben sumar los testigos mayores a 10cm, esa suma se divide para la longitud del taladro, todo esto se multiplica por cien para obtener el valor de RQD (ver Figura 7).

A continuación, se describe la calidad de la roca en función de este índice:

Tabla 1. Calidad de la roca en función del Índice RQD.

| RQD (%) | Calidad   |
|---------|-----------|
| <25     | Muy mala  |
| 25-50   | Mala      |
| 50-75   | Media     |
| 75-90   | Buena     |
| 90-100  | Muy buena |

Fuente: (Deere, 1967)



En ocasiones no se necesita usar testigos, se puede obtener una mejor apreciación con la imagen del macizo rocoso, solo se estimaría el RQD en áreas donde se ha realizado el mapeo de líneas de detalle o mapeo por celdas. (Osinergmin, 2017)

En el mapeo por línea de detalle, el RQD se puede estimar a partir del espaciamiento promedio de las discontinuidades conforme la siguiente ecuación de Priest y Hudson (1976).

$$RQD = 100 * e^{-0.1\lambda} * (0.1\lambda + 1) \tag{2}$$

Donde:  $\lambda = 1/(\text{frecuencia de discontinuidades})$

En el mapeo por celdas, Palmström (1982) define a  $J_v$  como número de juntas presentes en un metro cúbico de roca:

$$J_v = \sum \frac{1}{S_i} \tag{3}$$

Dónde: S.- Espaciamiento de juntas en metros para el conjunto de juntas real.

El RQD está relacionado al  $J_v$  por la siguiente ecuación:

$$RQD = 115 - 3,3 * J_v \tag{4}$$

Y el RQD = 100% cuando  $J_v \leq 4.5$  y RQD=0% cuando  $J_v > 35$

Posteriormente Palmström (2005) actualizó la relación como:

$$RQD = 110 - 2.5 * J_v \tag{5}$$

Y el RQD = 100% cuando  $J_v \leq 4$  y RQD = 0% cuando  $J_v > 44$

**Clasificación RMR de Bieniawski (1973, 1976, Act. 1989).**

El índice que define esta clasificación es el índice RMR (Rock Mass Rating), se determina la calidad del macizo rocoso en zonas delimitadas por discontinuidades geológicas, en una estructura prácticamente homogénea. Se evalúa la calidad del macizo rocoso a partir de los parámetros detallados en la Tabla 2:

Tabla 2. Parámetros de clasificación RMR.

| 1 | Resistencia de la matriz rocosa (MPa) | Ensayo de carga puntual | >10       | 10-4      | 4-2       | 2-1      | Compresión simple (MPa) |          |          |
|---|---------------------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------------------|----------|----------|
|   |                                       | Compresión simple       | >250      | 250-100   | 100-50    | 50-25    | 25-5                    | 5-1      | <1       |
|   | <b>Puntuación</b>                     |                         | <b>15</b> | <b>12</b> | <b>7</b>  | <b>4</b> | <b>2</b>                | <b>1</b> | <b>0</b> |
| 2 | <b>RQD</b>                            |                         | 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 | <b>Separación entre diaclasas</b>     | >2m  | 0,6-2m     | 0,2-0,6m             | 0,06-0,2m              | <0,06m                |                       |
|   | <b>Puntuación</b>                     | <b>20</b>  | <b>15</b>  | <b>10</b>            | <b>8</b>               | <b>5</b>              |                       |
| 4 | <b>Estado de las discontinuidades</b> | <b>Longitud de la discontinuidad</b>                     | <1m        | 1-3 m                | 3-10 m                 | 10-20 m               | >20 m                 |
|   |                                       | <b>Puntuación</b>  | <b>6</b>   | <b>4</b>             | <b>2</b>               | <b>1</b>              | <b>0</b>              |
|   |                                       | <b>Abertura</b>  | Nada       | <0,1 mm              | 0,1-1,0 mm             | 1-5 mm                | > 5 mm                |
|   |                                       | <b>Puntuación</b>  | <b>6</b>   | <b>5</b>             | <b>3</b>               | <b>1</b>              | <b>0</b>              |
|   |                                       | <b>Rugosidad</b>   | 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>              |
|   |                                       | <b>Relleno</b>   | 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>              |
|   |                                       | <b>Alteración</b>  | 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 | <b>Agua freática</b>                  | <b>Caudal por 10m de túnel</b>                           | Nulo       | < 10 litros/min      | 10-25 litros/min       | 25-125 litros/min     | > 125 litros/min      |
|   |                                       | <b>Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor</b> | 0          | 0-0,1                | 0,1-0,2                | 0,2-0,5               | >0,5                  |
|   |                                       | <b>Estado general</b>                                    | 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>              |

Fuente: (Bienaswki, 1989)

Tabla 3. Corrección por la orientación de las discontinuidades.

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

Fuente: (Bienaswki, 1989)

Cuando se obtiene las puntuaciones producto de la aplicación de los cinco parámetros de clasificación, se suma los puntajes obtenidos para finalmente conseguir una valoración RMR, que permita determinar la calidad del macizo rocoso.

La clasificación dada por Bienawski para orientaciones relativas entre las juntas y el eje de la cavidad, se presenta en la siguiente tabla:



**Tabla 4.** Orientaciones relativas entre las juntas y el eje de la cavidad.

| Rumbo perpendicular al eje del túnel |           | Dirección paralela al eje del túnel |              | Buzamiento          |       |
|--------------------------------------|-----------|-------------------------------------|--------------|---------------------|-------|
| Excavación con buzamiento            |           | Excavación contra buzamiento        |              | 0°-20°.             |       |
| Buz. 45-90                           |           | Buz. 20-45                          |              | Cualquier dirección |       |
| Muy favorable                        | Favorable | Media                               | Desfavorable | Muy desfavorable    | Media |

Fuente: (Bienaswki, 1989)

Modificada por: Autora, 2022.

Una vez obtenido la valoración del RMR, se puede determinar la calidad del macizo rocoso en base a las cinco clases detalladas en la Tabla 5.

**Tabla 5.** 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°                  |

Fuente: (Bienaswki, 1989)

Modificada por: Autora, 2022.

### Índice SMR de Romana (1997).

El índice SMR (Slope Mass Rating) para la clasificación de taludes se obtiene del RMR básico, mediante la aplicación de los factores de corrección adecuados; el primero de ellos es producto de los subfactores  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$ , por orientación de las discontinuidades y por el método de excavación, también interviene el factor de ajuste por el método de excavación,  $F$ . Se muestra en la Tabla 6 (Romana M., 2015).

**Tabla 6.** Clasificación geomecánica de taludes SMR.

| Factores de ajuste por la orientación de las juntas ( $F_1$ , $F_2$ y $F_3$ ) |                         |           |           |              |                  |        |
|---|-------------------------|-----------|-----------|--------------|------------------|--------|
| Caso  | Muy favorable           | Favorable | Normal    | Desfavorable | Muy desfavorable |        |
| P<br>T  | $ \alpha_j - \alpha_s $ | >30°      | 30° -20°  | 20° - 10°    | 10°-5°           | <5°    |
| P/T   | $F_1$                   | 0,15      | 0,40      | 0,70         | 0,85             | 1,00   |
| P   | $ \beta_j $             | < 20°     | 20° -30 ° | 30° - 35°    | 35° - 45°        | >45°   |
| P   | $F_2$                   | 0,15      | 0,40      | 0,70         | 0,85             | 1,00   |
| T   | $F_2$                   | 1         | 1         | 1            | 1                | 1      |
| P<br>T  | $\beta_j - \beta_s$     | >10°      | 10°-0°    | 0°           | 0 - (-10°)       | < -10° |
| P<br>T  | $\beta_j + \beta_s$     | <110°     | 110°-120° | >120°        | -                | -      |
| P/T   | $F_3$                   | 0         | -6        | -25          | -50              | -60    |
| Factor de ajuste por el método de excavación ( $F_4$ )                        |                         |           |           |              |                  |        |



| Método  | Talud natural  | Precorte               | Voladura suave   | Voladura o excavación mecánica | Voladura deficiente |
|---|--|------------------------|--|--------------------------------|---------------------|
| F <sub>4</sub>  | +15  | +10                    | + 8  | 0                              | -8                  |
| Clases de estabilidad                                 |  |                        |  |                                |                     |
| Clase   | V  | IV                     | III  | II                             | I                   |
| SMR   | 0-20   | 21 - 40                | 41 - 60  | 61 - 80                        | 81 - 100            |
| Descripción   | Muy mala   | Mala                   | Normal   | Buena                          | Muy buena           |
| Estabilidad   | Totalmente inestable   | Inestable              | Parcialmente estable   | Estable                        | Totalmente estable  |
| Roturas   | Grandes roturas por planos continuos o por masa  | Juntas o grandes cuñas | Algunas juntas o muchas cuñas  | Algunos bloques                | Ninguna             |
| Tratamiento   | Reexcavación   | Corrección             | Sistemático  | Ocasional                      | Ninguno             |
| <b>P: rotura plana</b><br><b>T: rotura por vuelco</b> | <b>α<sub>s</sub>: dirección del talud</b><br><b>α<sub>j</sub>: dirección de las juntas</b> |                        | <b>B<sub>s</sub>: buzamiento del talud</b><br><b>B<sub>j</sub>: buzamiento de las juntas</b> |                                |                     |

Fuente: (Romana, 1997)

El valor final del índice SMR se obtiene de la siguiente formula:

$$SMR = RMR_{Basico} + (F_1 * F_2 * F_3) + F_4 \quad (6)$$

Donde:

**F<sub>1</sub>**, toma en cuenta el paralelismo entre la dirección de las juntas o discontinuidades y la del plano del talud. Varía entre 1.0 (cuando ambas direcciones son paralelas) y 0.15 (cuando el ángulo entre ambas es mayor de 30° y la probabilidad de rotura es muy baja). Dando la siguiente expresión:

$$F_1 = [1 - \text{sen}(\alpha_j - \alpha_s)]^2 \quad (7)$$

siendo  $\alpha_j$  y  $\alpha_s$  los ángulos de dirección de la junta y del talud respectivamente.

**F<sub>2</sub>**, depende del buzamiento de la junta. En el caso de roturas planas, varía entre 1.0 (para juntas con buzamiento superior a 45°) y 0.15 (para juntas con buzamiento inferior a 20°); conforme la relación:

$$F_2 = \text{tag}^2 \beta_j \quad (8)$$

donde  $\beta_j$  es el buzamiento de la junta.  $F_2$  vale 1.0 para roturas por vuelco.

**F<sub>3</sub>**, refleja la relación entre los buzamientos de la junta y el talud. Este parámetro es el factor de ajuste original de Bieniawski (de 0 a -60 puntos) y expresa la probabilidad de que la discontinuidad aflore en la cara del talud (Romana, 1993) para falla planar.



$$F_3 = \beta_j + \beta_s \quad (9)$$

donde  $\beta_s$  es el buzamiento del talud.

**F<sub>4</sub>**, se estableció empíricamente lo siguiente:

- a. Los taludes naturales:  $F_4 = + 15$
- b. Excavados por precorte:  $F_4 = + 10$ .
- c. Las técnicas de voladura suave:  $F_4 = + 8$ .
- d. Las voladuras normales o excavaciones mecánicas:  $F_4 = 0$ .
- e. Las voladuras defectuosas:  $F_4 = - 8$ .
- f. El macizo rocoso está muy fracturado o la roca blanda. Con frecuencia se combina con prevoladuras poco cuidadas.  $F_4 = 0$ .

Según (González de Vallejo, 2004), las medidas de sostenimiento a aplicar a los taludes se agrupan en 6 clases diferentes:

- $SMR > 65$ : sin sostenimiento (saneo).
- $70 > SMR > 45$ : protección (zanjas de pie; vallas de pie o de talud; redes sobre la superficie del talud).
- $75 > SMR > 30$ : refuerzo (bulones; anclajes).
- $60 > SMR > 20$ : hormigón (gunita, hormigón de relleno, contrafuertes y/o vigas, muros de pie).
- $40 > SMR > 10$ : drenaje (superficial; profundo).
- $30 > SMR > 10$ : reexcavación (tendido, muros de contención).

#### **Clasificación de Barton (1974).**

Se catalogan los macizos rocosos según el denominado Índice de calidad Q, basado en 6 parámetros:

- RQD "Rock Quality Designation"
- $J_n$  Número de familias juntas
- $J_r$  Rugosidad de las juntas
- $J_a$  Meteorización de las juntas
- $J_w$  Coeficiente reductor que tiene en cuenta la presencia de agua
- SRF "Stress Reduction Factor", factor dependiente principalmente de las tensiones existentes en el macizo rocoso.

Mediante los parámetros indicados, se define la calidad del macizo rocoso de la siguiente manera:



$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF} \quad (10)$$

### Clasificación GSI de Hoek (1994).

El índice geológico de resistencia, GSI (Geological Strength Index), se basa en una observación cuidadosa del macizo rocoso, es esencialmente cualitativa, evalúa la calidad del macizo en función del grado y las características de la fracturación, estructura geológica, tamaño de los bloques y alteración de las discontinuidades. (González de Vallejo, 2004)

En la Tabla 7, los valores del GSI varían desde el 1 al 100. Los valores cercanos a 1 indican un macizo rocoso de menor calidad, y los valores cercanos a 100 dan a conocer macizos de gran calidad.

Notas sobre las condiciones de los labios de las discontinuidades:

- **Muy buena:** superficies muy rugosas y sanas.
- **Buena:** superficies rugosas, ligeramente meteorizadas y teñidas de óxido.
- **Media:** superficies lisas y moderadamente meteorizadas y alteradas.
- **Mala:** superficies con espejos de falla y altamente meteorizadas, con rellenos de fragmentos angulares o con recubrimientos compactos.
- **Muy mala:** superficies con espejos de falla altamente meteorizadas con recubrimientos o rellenos de arcilla blandas.

Para valorar al macizo rocoso por el método del GSI se aplica la relación existente entre GSI y RMR en base al RMR de 1976 o 1989, se detalla a continuación:

Para el caso RMR<sub>76</sub>:

Si  $RMR_{76} \geq 18$  entonces  $GSI = RMR_{76}$

Si  $RMR_{76} < 18$  entonces no se puede utilizar el RMR<sub>76</sub> para obtencion del GSI

Para el caso RMR<sub>89</sub>:

Si  $RMR_{89} > 23$  entonces  $GSI = RMR_{89} - 5$

Si  $RMR_{89} < 23$  entonces no se puede utilizar el RMR<sub>89</sub> para obtencion del GSI

La clasificación de los macizos rocosos en respecto a valores obtenidos del GSI:

- Macizos de calidad Muy Mala ( $0 \leq GSI < 20$ )
- Macizos de calidad Mala ( $20 \leq GSI < 40$ )
- Macizos de calidad Regular ( $40 \leq GSI < 60$ )

- Macizos de calidad Buena ( $60 \leq \text{GSI} < 80$ )
- Macizos de calidad Muy Buena ( $80 \leq \text{GSI} \leq 100$ )

**Tabla 7.** Índice de resistencia geológica (GSI) para macizos rocosos fracturados.

| ESTRUCTURA DEL MACIZO ROCOSO  | CONDICIONES DE LOS LABIOS DE LAS DISCONTINUIDADES |       |       |      |          |
|---|---|-------|-------|------|----------|
|   | MUY BUENA   | BUENA | MEDIA | MALA | MUY MALA |
| <p><b>INTACTO O MASIVO</b><br/>Muestras intactas de roca o macizos rocosos masivos con pocas discontinuidades muy espaciadas.</p>   | 90  |       |       | N/A  | N/A      |
| <p><b>FORMADO POR BLOQUES</b><br/>Macizo rocoso consistente en bloques cúbicos delimitados por tres familias de discontinuidades, con los bloques bien encajados.</p>   | 80  | 70    |       |      |          |
| <p><b>FORMADO POR MUCHOS BLOQUES</b><br/>Macizo rocoso formado por bloques angulares de muchas caras delimitados por cuatro o más familias de discontinuidades. Los bloques están encajados pero sólo parcialmente.</p>                     |   | 60    |       |      |          |
| <p><b>FORMADO POR MUCHOS BLOQUES, DISTORSIONADO Y BANDEADO</b><br/>Plegado con muchos bloques angulares formados por la intersección de muchas familias de discontinuidades. Planos de estratificación o de esquistosidad persistentes.</p> |   |       | 50    |      |          |
| <p><b>DESINTEGRADO</b><br/>Macizo rocoso muy fracturado con una mezcla de bloques angulares y redondeados débilmente encajados.</p>   |   |       | 40    | 30   |          |
| <p><b>LAMINADO Y CIZALLADO</b><br/>Debido a la existencia de numerosos planos débiles muy próximos de esquistosidad o de cizalla, no existen bloques.</p>   | N/A   | N/A   |       | 20   | 10       |

ENCAJE DECRECIENTE ENTRE LOS TROZOS DE ROCA

Fuente: (Hoek y Marinos, 2000)

#### 4.2.3.3 Criterios de rotura.

Según (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004), el criterio de rotura es una relación entre tensiones para predecir la resistencia de una roca sometida a un campo tensional, se refieren a la resistencia de pico, aunque también se pueden emplear para la resistencia residual. A continuación, se describirán los dos criterios de roturas más utilizadas en mecánica de rocas como el de Mohr-Coulomb y Hoek-Brown.

##### - Criterio de rotura de Mohr-Coulomb.

En este criterio la resistencia al corte de las rocas tiene dos componentes: cohesión y fricción, siendo esta última dependiente de la tensión efectiva normal sobre el plano de rotura.

Según esta teoría la resistencia al corte que puede desarrollar una roca es un plano que forma un ángulo  $\beta$  con la tensión principal menor,  $\sigma_3$ , se puede expresar mediante la fórmula:

$$\tau = c + \sigma'_n \tan \phi \quad (11)$$



Donde:

$\tau$  = resistencia al corte

$c$  = cohesión

$\sigma'_n$  = tensión efectiva normal

$\phi$  = ángulo de fricción

- **Criterio de rotura de Hoek-Brown.**

Este criterio fue propuesto inicialmente para ser utilizado en el diseño de excavaciones subterráneas en macizos rocosos resistentes. Las propiedades de las rocas que se incluyen en el mismo cuando se aplica para determinar su resistencia en los ensayos de laboratorio son:

$\sigma_{ci}$  .- Resistencia a compresión simple

$m_i$  .- Constante de material rocoso

Cuando son macizos rocosos en lugar de rocas, a estos dos parámetros hay que añadir otros dos más, incluso un tercero cuando el macizo rocoso ha sido alterado por voladuras o relajación tensional.

La ecuación de Hoek-Brown para los materiales rocosos, o sea, las probetas de laboratorio es la siguiente:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left( m_i \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + 1 \right)^{0.5} \quad (12)$$

Donde:

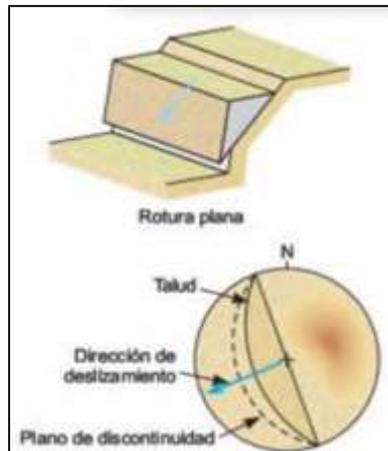
$\sigma'_1$  = tensión efectiva principal máxima

$\sigma'_3$  = tensión efectiva principal mínima

**4.2.3.4 Tipos de rotura.**

Los tipos de roturas están condicionados por el grado de fracturación del macizo rocoso y por la orientación y distribución de las discontinuidades con respecto al talud, quedando la estabilidad definida por los parámetros resistentes de las discontinuidades y de la matriz rocosa. (González de Vallejo, 2004)

- **Rotura planar.**



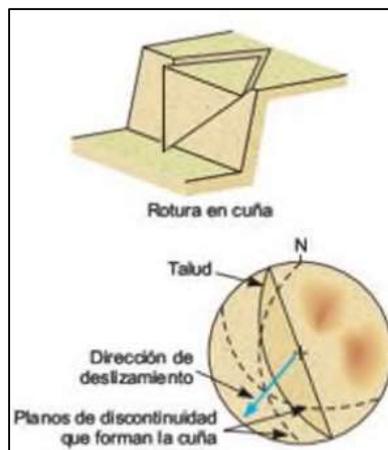
**Figura 8.** Representación estereográfica de los planos de discontinuidad con respecto a la orientación del talud para rotura plana en macizos rocosos.

**Modificado de:** (Hoeky Bray. 1981)

**Fuente:** (González de Vallejo, 2004)

Se da a favor de una superficie preexistente, donde se presentan discontinuidades buzando a favor del talud y con su misma dirección, la discontinuidad debe estar descalzada por el talud y su buzamiento debe ser mayor que su ángulo de rozamiento interno.

- **Rotura en cuña.**



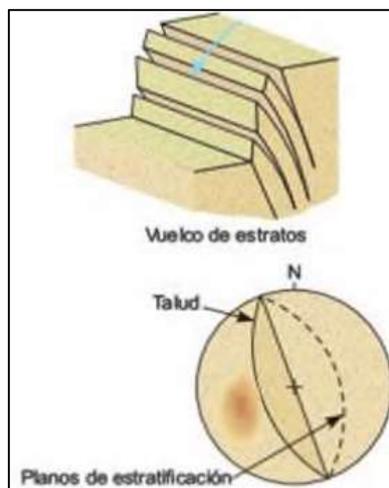
**Figura 9.** Representación estereográfica de los planos de discontinuidad con respecto a la orientación del talud para rotura en cuña, en macizos rocosos.

**Modificado de:** (Hoeky Bray. 1981)

**Fuente:** (González de Vallejo, 2004)

Un bloque se desliza en forma de cuña, formando dos planos de discontinuidad, a favor de su línea de intersección. Los dos planos deben aflorar en la superficie del talud, con iguales condiciones que para la rotura plana.

- Rotura en vuelco.



**Figura 10.** Representación estereográfica de los planos de discontinuidad con respecto a la orientación del talud para rotura en vuelco, en macizos rocosos.

**Modificado de:** (Hoeky Bray. 1981)

**Fuente:** (González de Vallejo, 2004)

Se da en taludes de macizos rocosos con estratos con un buzamiento contrario a la inclinación del talud y dirección paralela o subparalela al mismo. Los estratos se presentan fracturados en bloques a favor del sistema de discontinuidades ortogonales entre sí.

#### 4.2.4 Factor de Seguridad.

Según (Suárez Díaz, Deslizamientos: técnicas de remediación., 2009), este factor de seguridad sirve para saber cuál es el factor de amenaza para que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. Fallenius (1922) presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla:

$$F. S. = \frac{\text{Resistencia al cortante disponible}}{\text{Esfuerzo al cortante actuante}} \quad (13)$$

En las superficies circulares donde existe un centro de giro y momentos resistentes y actuantes:

$$F. S. = \frac{\text{Momento resistente disponible}}{\text{Momento actuante}} \quad (14)$$

Para cierto tipo de obras (estructuras de contención), se tiene los siguientes factores de seguridad de estabilidad de taludes:

FS  $\geq$  1.3 para cargas estáticas

FS  $\geq$  1.1 para carga sísmica con  $K_h$  de 0.5 A

El análisis de estabilidad se emplea para el diseño de taludes o cuando éstos presentan problemas de inestabilidad. En taludes permanentes, el coeficiente de seguridad debe ser igual o superior a 1.5, e incluso 2.0, dependiendo de la seguridad exigida y de la credibilidad de los datos geotécnicos que se involucran en los cálculos; para taludes temporales el factor de seguridad está en torno a 1.3, pero en ocasiones pueden adoptarse valores inferiores. (González de Vallejo, 2004)

Cuando el factor de seguridad es demasiado bajo y aproximadamente igual a 1, el talud está en un estado de fallo inminente. En general un valor de 1.5 para el FS es aceptable para el diseño de un talud estable. (Braja M. Das, 2013)

Por lo tanto, es importante tomar en cuenta que es común el uso de los siguientes factores de seguridad mínimos recomendados por Suárez Días (2009) para la evaluación de deslizamientos:

FS < 1 = Inestable

FS 1.0 – 1.5 = Crítico

FS > 1.5 = Estable

### **4.3 Geología estructural**

Según (García Cardoso, 1985), la geología estructural estudia las formas, la posición de la corteza terrestre, como también los procesos mecánicos y dinámicos de las rocas que son causas directas de las deformaciones de las rocas para que generen fracturas y plegamientos, llegando adoptar formas tabulares, en capas, de secciones elípticas, de cúpula, lenticular, etc.

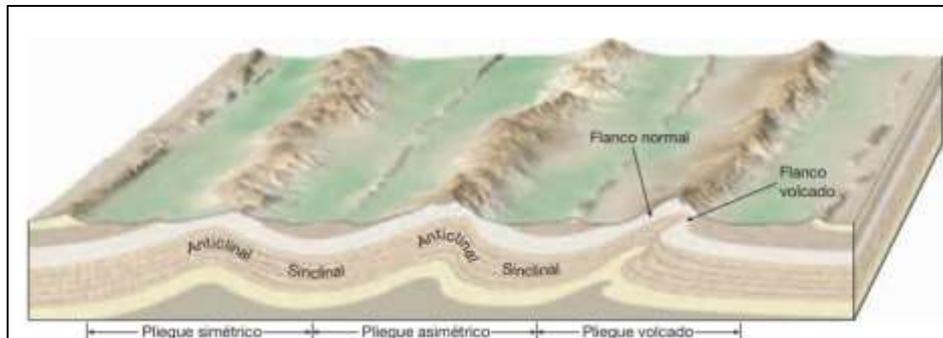
#### **4.3.1 Fuerza y esfuerzo.**

En geología estructural el esfuerzo hace referencia a la cantidad de fuerza que se aplica sobre un área determinada. Se puede mencionar los esfuerzos compresionales que tienden a acortar y engrosar la corteza terrestre mediante pliegues y fallas, los esfuerzos tensionales tienden a alargar los cuerpos rocosos, y los esfuerzos de cizalla tienden a producir desplazamientos a lo largo de las zonas de falla. (Tarbuck & Lutgens, 2005)

#### **4.3.2 Pliegues.**

Los pliegues son ondulaciones semejantes a ondas, se dan en rocas sedimentarias y volcánicas, se producen a causa de los esfuerzos de compresión provocando el acortamiento y engrosamiento de la corteza. Existen dos tipos de pliegues los anticlinales y los sinclinales. En los anticlinales la capa de roca sufre un plegamiento convexo, o arqueamiento. En los

sinclinales se dan los pliegues cóncavos, o surcos. Conforme su orientación puede ser simétricos, cuando los flancos son imágenes espectaculares el uno del otro y asimétricos cuando no lo son, ver Figura 11. (Tarbuck & Lutgens, 2005)



**Figura 11.** Bloque diagrama de los principales tipos de estratos plegados.

**Fuente:** (Tarbuck & Lutgens, 2005)

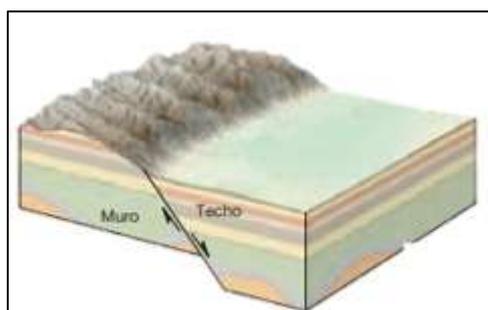
### 4.3.3 Fallas.

Las fallas son fracturas en la corteza terrestre donde existe un desplazamiento apreciable a simple vista. "Una falla representa un plano por el que se ha fracturado un volumen de roca y sobre el cual se deslizan los bloques definidos por la fractura" (Pozo, González, & Giner, 2003, pág. 219).

#### 4.3.3.1 Fallas con desplazamiento vertical.

##### - Fallas normales.

Pozo et al. (2003) refieren que en este tipo de falla el bloque o labio se apoya sobre el plano de falla baja con respecto al otro, es decir el bloque hundido es el que se apoya sobre el plano de falla.

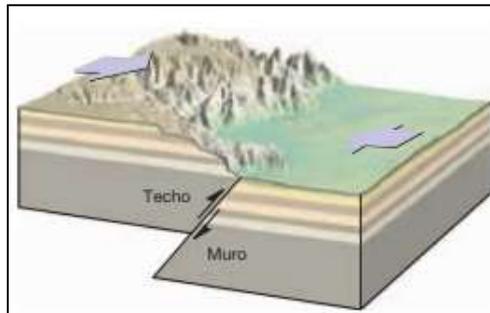


**Figura 12.** Bloque diagrama que muestra el movimiento relativo a lo largo de una falla normal.

**Fuente:** (Tarbuck & Lutgens, 2005)

##### - Fallas inversas y cabalgamientos.

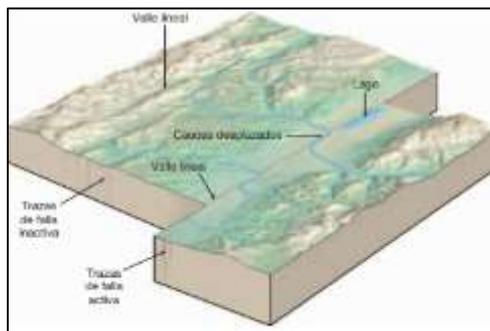
Este tipo de falla el bloque que se apoya sobre el plano de falla sube con respecto al otro bloque, es decir el bloque levantado se apoya sobre el plano de falla (Pozo et al., 2003).



**Figura 13.** Bloque diagrama que muestra el movimiento relativo a lo largo de una falla inversa.  
**Fuente:** (Tarbuck & Lutgens, 2005)

#### **4.3.3.2 Fallas de desplazamiento horizontal.**

Las fallas de desplazamiento horizontal tienen una naturaleza lineal, consiste en una zona de fracturas aproximadamente paralelas a la dirección de la superficie de falla, cuya anchura puede ser superior a varios kilómetros, ver Figura 14. (Tarbuck & Lutgens, 2005)



**Figura 14.** Bloque diagrama que ilustra las estructuras asociadas con las fallas con desplazamiento horizontal.  
**Fuente:** (Tarbuck & Lutgens, 2005)

**Modificado por:** (R. L. Wesson y colaboradores.)

#### **4.3.4 Diaclasas.**

Son planos de ruptura que dividen el cuerpo de roca, donde no ocurre un desplazamiento apreciable. Es una característica que no se presentan aisladas, sino que sean numerosas, con un espaciado entre ellas de milímetros a centímetros, constituyendo juegos de diaclasas. Cuando en un cuerpo de roca hay dos o más orientaciones preferidas, constituyendo un sistema de diaclasas. La clasificación de diaclasas puede ser geométrica o genética. (Varela, 2014)

#### **4.3.5 Estratigrafía y estratos.**

La estratigrafía es la ciencia que describe las rocas estratificadas, estudia las relaciones originales entre los diferentes estratos de las sucesiones sedimentarias, según las direcciones verticales y laterales, se encarga de investigar los registros geológicos-temporales. Se le denomina estratos a la disposición en capas de las rocas sedimentarias, la sucesión de los estratos de una roca sedimentaria nacen en posición horizontal, cuando presentan inclinaciones es prueba de que presentaron deformaciones posteriores. Se conoce

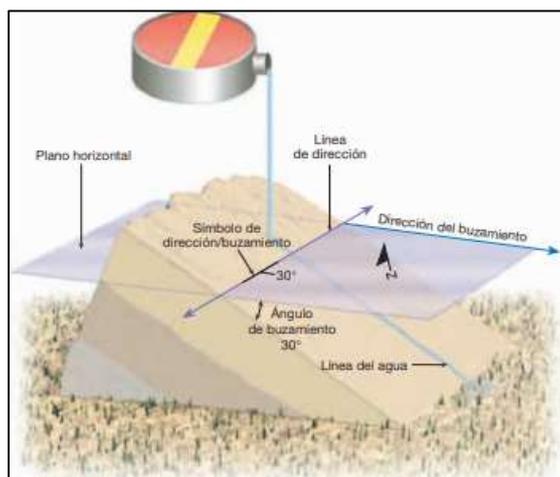
como estratificación a la acumulación episódica de estratos en cuencas de sedimentación. (Varela, 2014)

#### 4.3.6 Cartografía de las estructuras geológicas.

Tarbutck y Lutgens (2005) afirman que los procesos de deformación generan estructuras a muchas escalas diferentes, para poder realizar la cartografía es necesario saber que tipo de estructuras geológicas existen, pueden darse en campo una serie de situaciones que pueden dificultar este trabajo una de ellas es que una zona en concreto este cubierta por vegetación o sedimentos recientes, en estos casos la reconstrucción debe hacerse utilizando los datos obtenidos de un número limitado de afloramientos, pero hoy en día debido a los avances de la fotografía aérea, en la obtención de imágenes a través de los satélites y en el desarrollo del sistema de posicionamiento global (GPS) han facilitado realizar este trabajo, además de los perfiles de reflexión sísmica y las perforaciones proporcionan datos que ayudan a conocer sobre la composición y la estructura de las rocas que se encuentran en profundidad.

##### 4.3.6.1 Dirección y buzamiento.

Para determinar la orientación de un estrato rocoso o de una superficie de falla se utilizan dos medidas: la dirección (rumbo), es el ángulo horizontal que forma respecto del norte magnético y una línea resultado de la interacción de un plano horizontal ideal y un plano geológico inclinado. El buzamiento (inclinación), es el ángulo de inclinación de un plano geológico, que forma respecto de la horizontal, medida perpendicularmente a la dirección de la capa del mismo plano, ver Figura 15. (Delgado, Padilla, & Barrientos, 2010)



**Figura 15.** Dirección y buzamiento de un estrato rocoso.  
**Fuente:** (Tarbutck & Lutgens, 2005)

#### 4.4 Topografía

Según (Fuentes Guzman, 2012), la topografía es la ciencia que toma en cuenta varios principios y métodos para determinar las posiciones relativas de puntos de la superficie terrestre por medio de medidas según los 3 elementos del espacio los cuales son: dos

distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación, es importante mencionar que los levantamientos topográficos abarcan pequeños tramos de la superficie de la Tierra, donde se la considera como si fuera plana, no se supera los 30 km por lado.

En la actualidad existen aparatos topográficos como las Estaciones Totales, que incorporan programas internos para almacenamiento de datos, replanteo, superficies, etc., cuentan con un sistema para transferir de manera semiautomática los datos almacenados a un ordenador. La Estación Total es un aparato con el cual se pueden medir ángulos verticales, ángulos horizontales y distancias (Santamaría Peña & Sanz Méndez, 2005).

#### **4.5 Geomorfología**

La geomorfología comprende el estudio del origen y desarrollo de las diferentes formas terrestres que conforman los paisajes, se incluye el análisis cuantitativo de los relieves geográficos, el monitoreo de los procesos en la superficie y cerca de ella que modifican los relieves y la caracterización de los cambios en el relieve debido a actividades tectónica y volcánicas, cambios en el clima y en el nivel del mar y actividades antropogénicas. (Tooth & Viles, 2014)

#### **4.6 Movimientos en masa**

Según (SERNAGEOMIN, 2007), un movimiento en masa es un proceso de desplazamiento por gravedad de un volumen de material ladera abajo, puede estar constituido por roca, suelo, tierras, detritos o escombros. Tiene diferentes denominaciones como deslizamientos, derrumbes, procesos de remoción de masa, fenómenos de remoción en masa, falla de taludes y laderas, pueden darse por causas naturales o por acción del hombre, factores condicionantes y desencadenantes. A continuación, se describirán los diferentes tipos:

- **Caída (Fall).**

Uno o varios bloques de suelo o roca pueden desprenderse de una ladera sin que exista desplazamiento cortante apreciable, pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamientos.

- **Volcamiento (Toppling).**

Este movimiento se origina cuando hay una rotación generalmente hacia delante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Puede ocurrir este tipo de movimiento por efectos de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas.

### - Propagación Lateral (Lateral Spread).

Su desplazamiento ocurre principalmente por deformación interna del material, donde se involucra algún grado de expansión.

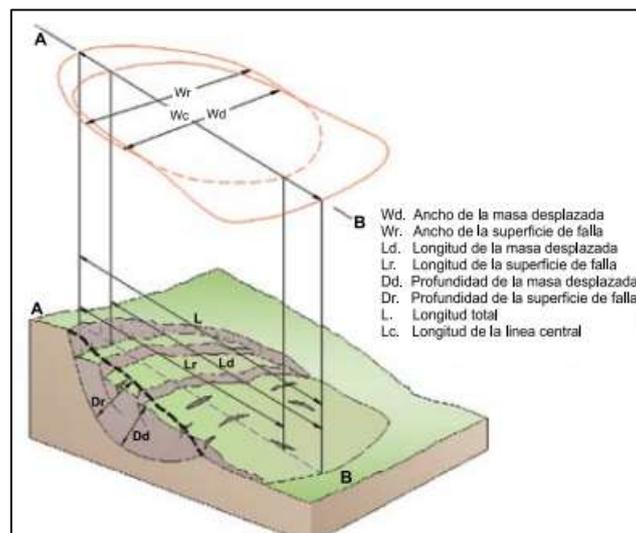
### - Flujo (Flow).

Tiene un comportamiento semejante a un flujo ya sea rápido o lento, saturado o seco, en muchos casos se origina a partir de otro tipo de movimiento.

### - Deslizamiento (Slide).

Se dan cuando ocurre un desplazamiento de roca o suelo a lo largo de una superficie de falla, o en una delgada zona en donde existe una gran deformación cortante. En el sistema de Varnes (1978), se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales.

Las dimensiones de los deslizamientos son las siguientes:



**Figura 16.** Dimensiones de los deslizamientos.  
**Fuente:** (IAEG Commission on Landslides, 1990).

### Volumen de un Deslizamiento.

El volumen aproximado de un deslizamiento de rotación se puede medir en metros cúbicos después de la falla. (Suárez Díaz, Deslizamientos. Análisis geotécnico, 2009) Usando la siguiente expresión:

$$Vol_{des} = \left(\frac{1}{6}\pi D_r * W_r * L_r\right) F_{ex} \quad (15)$$

Donde:

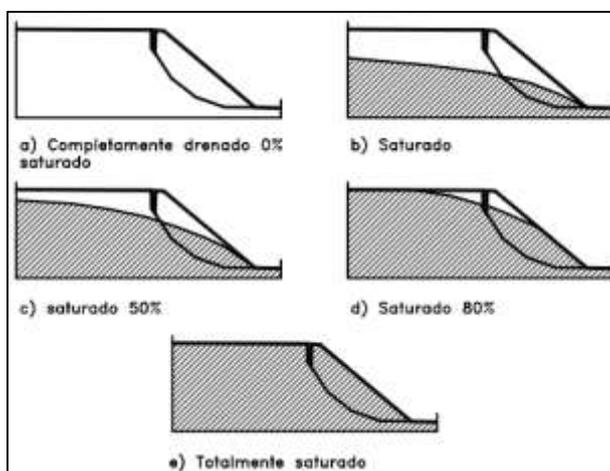
**Fex**= Factor de expansión del suelo al ser perturbado.

El término "Factor de expansión" se usa para describir el aumento de volumen del material deslizado, debido a que este se dilata. Este factor es comúnmente de 1.25 a 1.30. En algunas ocasiones, como en el caso de la roca el factor de expansión puede ser hasta de un 70% ( $F_{\text{expansión}} = 1.7$ ).

#### 4.7 Hidrología

La Hidrología es la ciencia que se enfoca en estudiar las variaciones espaciales y temporales del agua en las etapas terrestre, oceánica y atmosférica del sistema hídrico global, e incluye el estudio de los diferentes procesos químicos, físicos y biológicos que se puedan dar cuando el agua circule sobre y debajo de la superficie terrestre. (Breña & Jacobo, 2006)

##### 4.7.1 Nivel freático.



**Figura 17.** Saturación y niveles freáticos.

**Fuente:** (Suárez Díaz, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, 1998, pág. 245).

"La localización del nivel freático corresponde a la línea de presión de poros igual a cero, equivalente a que la presión neta en el sitio es igual a la presión atmosférica" (Suárez Díaz, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, 1998, pág. 245). En taludes naturales de ladera, la línea de nivel freático comúnmente sigue una línea aproximadamente paralela a la superficie del terreno, pero puede subir por el recargue producto de la infiltración. Por debajo del nivel freático el agua llena todos los poros y cavidades de los materiales infrayacentes, dando lugar a un suelo saturado. La elevación del nivel freático dependerá de varios factores como: las fluctuaciones de las precipitaciones, los caudales y fugas de los cuerpos de agua. En periodos de fuerte lluvia el nivel freático se eleva y en sequía puede ocurrir lo contrario. El nivel freático puede ascender bruscamente durante una lluvia intensa y después de la lluvia baja nuevamente.



## 5. Metodología

Para llevar a cabo esta metodología se utilizó los siguientes materiales:

**Tabla 8.** *Materiales de campo, de gabinete, de laboratorio y de refracción sísmica, utilizados en el proyecto de investigación.*

| <b>MATERIALES DE CAMPO</b>  |                      |
|---|----------------------|
| - Carta geológica de Zamora escala 1:100.000  |                      |
| - Información topográfica escala 1:1000   |                      |
| <b>Equipos de trabajo</b>   |                      |
| Brújula geológica Brunton, piqueta geológica, cinta métrica, GPS, cámara  |                      |
| <b>Herramientas de campo</b>  |                      |
| Barreta, pala, pala cavadora, machete, fichas de afloramientos, mapas y/o cartas impresas, libreta de campo, fichas de campo, fundas herméticas, Ácido Clorhídrico al 10% |                      |
| <b>Equipos de protección</b>  |                      |
| Casco, zapatos de campo, chaleco  |                      |
| <b>MATERIALES DE GABINETE</b>   |                      |
| - Carta geológica de Paquisha ÑVI-E, a escala 1:100000.   |                      |
| - Carta geomorfológica de Paquisha ÑVI-E4, a escala 1:25000.  |                      |
| - 6 MDTs y 6 ortofotos con los siguientes códigos: XVI-E3a-C4, XVI-E3a-F2, XVI-E3a-F4, XVI-E3b-A3, XVI-E3b-D1 y XVI-E3b-D3  |                      |
| - Bibliografía del sector   |                      |
| - Computadora   |                      |
| <b>Softwares</b>  |                      |
| AutoCAD 2018, Civil 3D v.2021, ArcGIS 10.3, Google Earth Pro, RocLab v1.0, Slide v6.0   |                      |
| <b>Programas</b>  |                      |
| Word 2008, Excel 2008   |                      |
| <b>MATERIALES DE LABORATORIO</b>  |                      |
| - Prensa Uniaxial   | - Ranurador metálico |
| - Bomba de vacío  | - Ranurador plano    |
| - Balanza eléctrica   | - Cápsula            |
| - Aparato de Casagrande   | - Espátula           |
| <b>MATERIALES DE REFRACCIÓN SÍSMICA</b>   |                      |
| - Sismógrafo PASI GEA24, con almacenamiento directo de los datos en una PC Portátil para su posterior post-procesamiento de los datos almacenados.                        |                      |
| - 1 Cable con 12 conexiones para geófonos, de 60.0 m y 12 Geófonos verticales de 14 Hz.   |                      |
| - Geófonos y sensores   | - Combo              |
| - Placa   | - GPS Garmin         |

**Fuente:** Autora, 2022.

Se cumplió con la siguiente metodología para desarrollar los objetivos planteados en el proyecto.

## 5.1 Metodología no experimental

Se recopiló y analizó, la información bibliográfica y cartográfica de la zona de estudio referente a: ubicación, clima, hidrografía, topografía, geomorfología y geología. Se utilizó los siguientes recursos:

- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Zamora, 2014- 2019.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Guadalupe, 2015-2019.
- La carta geológica de Paquisha ÑVI-E, a escala 1:100000 del Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) del año 2017.
- La carta geomorfológica de Paquisha ÑVI-E4, a escala 1:25000 del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP-SIGTIERRAS) del año 2015.
- Modelos Digitales del Terreno (MDTs) con un tamaño de celda de 3x3m, y ortofotos con un tamaño de celda de 0.3x0.3m, de SIGTIERRAS (escala 1:5000, año 2010-2011). Con los códigos siguientes: XVI-E3a-C4, XVI-E3a-F2, XVI-E3a-F4, XVI-E3b-A3, XVI-E3b-D1 y XVI-E3b-D3.
- Información topográfica otorgada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Zamora Chinchipe, a una escala 1:1000. Conforme la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12-MTOP, 2013).

## 5.2 Metodología experimental

### 5.2.1 Levantamiento Geológico-Estructural.

#### Trabajo de campo

En la zona de estudio, en un área de influencia de 75.19ha, previamente se realizó un recorrido para el reconocimiento del lugar con el objetivo de planificar adecuadamente las tareas a realizarse y preparar el material a usarse.

Una vez realizado lo anterior, en primera instancia se identificó el punto de partida o punto de inicio sobre el mapa topográfico (mapa base) con ayuda del GPS, la coordenada de ese punto se localizó en el mapa con el apoyo de la grilla impresa sobre él. Para el mapeo, se utilizó el método del mapeo por afloramientos según Echeveste (2018), conforme se recorrió la zona de estudio se fue levantando la geología con la ayuda de las fichas de afloramientos (ver Anexo 1) y deslizamientos (ver Anexo 2). Además, se tomó muestras de mano. En la Tabla 9 se detalla la ubicación geográfica de los afloramientos y deslizamientos levantados. En las fichas se registró datos estructurales, coordenadas, litologías y parámetros geométricos, incluyendo fotografías.



**Tabla 9.** *Ubicación geográfica de afloramientos y deslizamientos.*

| UBICACIÓN              | COORDENADAS GEOGRÁFICAS<br>(UTM DATUM/ WGS84) |         |
|------------------------|---|---------|
|                        | ESTE  | NORTE   |
| <b>AFLORAMIENTOS</b>   |   |         |
| <b>Afloramiento 1</b>  | 734182  | 9568814 |
| <b>Afloramiento 2</b>  | 734304  | 9568825 |
| <b>Afloramiento 3</b>  | 734553  | 9569266 |
| <b>Afloramiento 4</b>  | 734587  | 9569304 |
| <b>Afloramiento 5</b>  | 734817  | 9570560 |
| <b>Afloramiento 6</b>  | 734486  | 9570786 |
| <b>Afloramiento 7</b>  | 734449  | 9570801 |
| <b>Afloramiento 8</b>  | 734438  | 9570834 |
| <b>Afloramiento 9</b>  | 734168  | 9571033 |
| <b>Afloramiento 10</b> | 734261  | 9571908 |
| <b>Afloramiento 11</b> | 734487  | 9572929 |
| <b>DELIZAMIENTOS</b>   |   |         |
| <b>Deslizamiento 1</b> | 734373  | 9568847 |
| <b>Deslizamiento 2</b> | 734506  | 9568989 |
| <b>Deslizamiento 3</b> | 734289  | 9570963 |
| <b>Deslizamiento 4</b> | 734084  | 9571327 |

**Fuente:** Autora, 2022.

De manera que el mapa geológico fue dibujado sobre el mapa base impreso (mapa topográfico), mediante los lápices de colores se diferenciaron las diferentes litologías: de un tono amarillo los depósitos superficiales, de un tono naranja el sábulo, de un tono rojo la granodiorita y de un tono azul la andesita basáltica. Este mapa posteriormente se trabajó en gabinete.

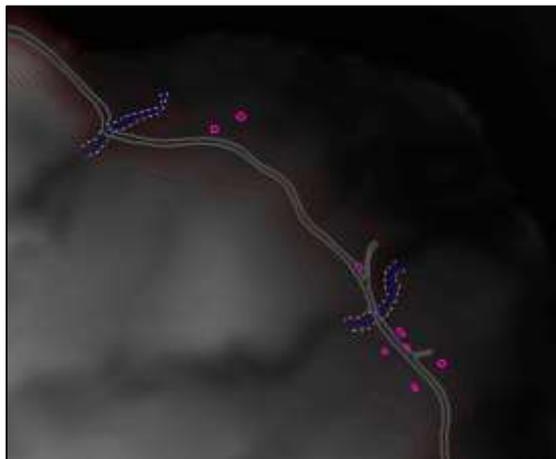
### **Trabajo de Gabinete**

Se adecuó el material a ser usado en campo, empezando con el mapa base (mapa topográfico), el cual fue impreso a una escala 1:2500 en un formato A3 (6 mapas), en donde constaban los números de abscisas de la vía. Además, se elaboró tres modelos de fichas: afloramientos, deslizamientos y descripción macroscópica de rocas ígneas (ver Anexo 1, 2 y 3). Una vez obtenidas las muestras de mano, se usó la ficha para la descripción macroscópica de rocas ígneas (ver Anexo 3) donde se identificó el tipo de roca, mediante la observación macroscópica de ciertos minerales.

#### **- Mapa final**

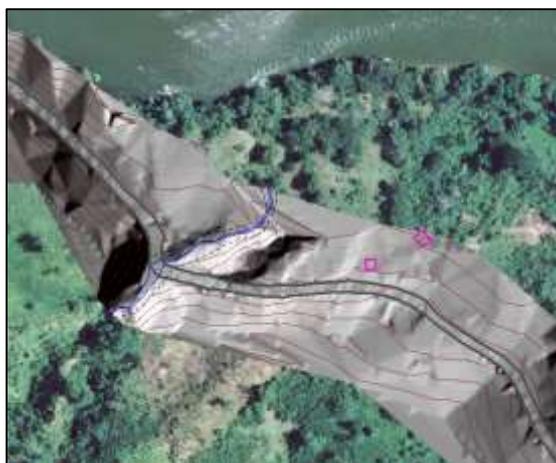
Una vez obtenido el mapa de campo, se procedió a llevar la información al software ArcGIS 10.3. En el mapa se realizaron las correcciones necesarias, por una parte, se agregó los contactos inferidos, para dibujar estos contactos fue necesario realizar fotointerpretación, donde se tomó en cuenta el Modelo Digital de Terreno (MDTs), ortofotos y el mapa de sombras (Spatial Analyst Tools>Surface>Hillshade). Se relacionó la litología existente con las

variaciones de los colores y las tonalidades, los tonos oscuros indicaban la presencia de la red hídrica, por lo tanto, estas zonas se las delimitó como depósitos aluviales. De esta manera fue posible determinar los contactos inferidos los cuales fueron dibujados con líneas interrumpidas (ver Figura 18).



**Figura 18.** Fotointerpretación de contactos inferidos en MDTs.  
**Fuente:** Autora, 2022.

Así mismo, para una mejor apreciación se fue complementando y corroborando la interpretación con información de las ortofotos y el Hillshade (ver Figura 19).



**Figura 19.** Análisis de las ortofotos y el Hillshade.  
**Fuente:** Autora, 2022.

También, se insertó los datos estructurales (diaclasas) en su posición con ayuda de las coordenadas de los puntos donde se obtuvo datos de rumbo e inclinación, teniendo en cuenta que la rotación de la simbología se encuentre en el estilo geográfico. Para la elaboración de la leyenda del mapa, se tomó como referencia la leyenda presente en la hoja geológica de Paquisha ÑVI-E a escala 1:100.000 (IIGE, 2017). En la simbología se hizo constar: contactos observados e inferidos, vía de estudio, casas, quebradas, deslizamientos, curvas de nivel



principal y perfiles. Finalmente, se obtuvo como resultado un mapa geológico a escala 1:1000 (ver Anexo 9.9., Anexo 9.10. y Anexo 9.11.).

### 5.2.2 Pendientes.

#### Trabajo de Gabinete

Se utilizó el software ArcGIS 10.3, para la confección del mapa de pendientes a escala 1:1000 (ver Anexo 9.6.), donde se usó las curvas de nivel principales cada 5m y las secundarias cada 1m, y el polígono del área de estudio (datos obtenidos de la topografía). Se creó un TIN (Red de Triangulación Regular), para obtener un DEM (Modelo Digital del Terreno), a continuación, se utilizó la herramienta Slope (pendiente), y seguidamente con la herramienta Reclassfy, se clasificó las pendientes en base a la metodología de clasificación propuesta por (Demek, 1972), ver Tabla 10. Además, se procedió a convertir lo obtenido a un formato vector para una mejor representación donde se incluyó el cálculo de porcentajes y áreas.

Tabla 10. Clasificación de Pendientes.

| CATEGORIA(°) | CLASE                 |
|--------------|-----------------------|
| 0-5          | Ligeramente Inclinado |
| 5-15         | Fuertemente Inclinado |
| 15-35        | Muy Inclinado         |
| 35-55        | Empinado              |
| >55          | Vertical              |

Fuente: (Demek, 1972)

Modificada por: Autora, 2022.

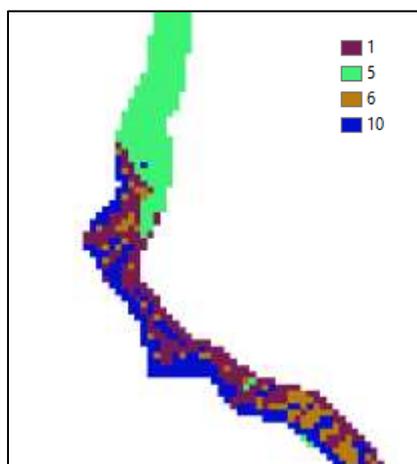
### 5.2.3 Geomorfología.

#### Trabajo de Gabinete

El mapa geomorfológico, se elaboró mediante fotointerpretación. Se subdividió el polígono de estudio en geoformas, de acuerdo a información base, obtenida de los siguientes insumos:

- Ortofotos: XVI-E3a-C4, XVI-E3a-F2 y XVI-E3a-F4
- Mapa geológico (elaborado anteriormente)
- Inventario de deslizamientos (Anexo 2)
- Modelo Digital de Elevación (DEM), elaborado anteriormente cuando se obtuvo el mapa de pendientes.
- Mapa de sombras, se obtuvo mediante el DEM con ayuda de la herramienta SIG (Spatial Analyst Tools>Surface>Hillshade).
- Mapa de pendientes (elaborado anteriormente)
- Índice de posición topográfica (TPI). Con el DEM se pudo obtener una clasificación basada en el TPI, con ayuda de la herramienta SIG: Topography Tools>

Upland>Topographic Position Index (Jenness). El análisis se dio a través de la evaluación de celdas y su relación con celdas colindantes, el análisis de vecindad se realizó de manera radial hacia afuera de las celdas, en este caso se le asignó un valor de 2, donde se obtuvo un mapa con degradado de valores. Donde los valores próximos a cero muestran zonas llanas, un aumento positivo de valores indica la presencia de colinas o cerros, y un aumento negativo refleja zonas de valles y vaguadas.



**Figura 20.** Índice de posición topográfica (TPI) desde la abs. 8+300 a 10+000.

**Fuente:** Autora, 2022.

El proceso de fotointerpretación consistió en identificar y delimitar las diferentes geoformas existentes en el área de estudio en el software ArcGIS 10.3., en base a la información obtenida de los diferentes insumos. Las geoformas se las realizó mediante la digitalización de polígonos con la creación de un shapefile. Así mismo para la asignación de nombres de las diferentes geoformas se tomó la información presentada en la Memoria Técnica de la geomorfología del cantón Zamora (año 2015), de tal manera que cada nombre se adaptaba a las características que presentaba cada geoforma delimitada.

Finalmente, se obtuvo el mapa geomorfológico a escala 1:1000 de la zona de estudio (ver Anexo 9.7.). Se tomó en cuenta los tramados y colores empleados en la hoja geomorfológica de Paquisha 1:25000 publicada por el MAGAP-SIGTIERRAS (2015), para la presentación de la leyenda del mapa obtenido.

### **5.3 Mecánica de suelos**

#### **5.3.1 Corte directo (muestras inalteradas).**

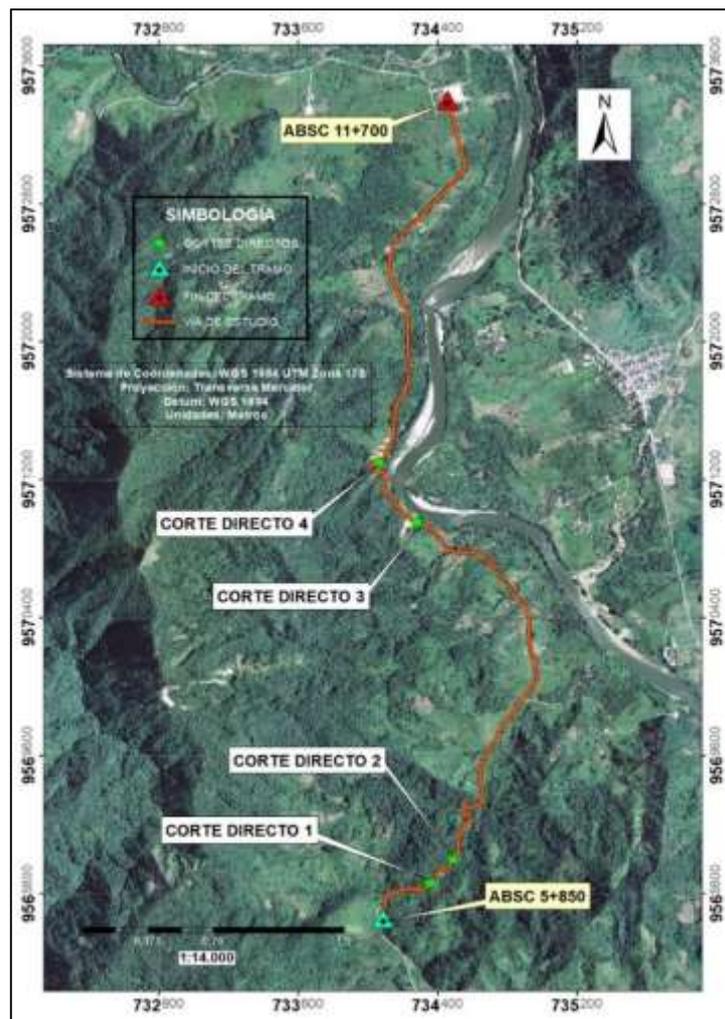
##### **Trabajo de campo**

Con la caracterización geológica ya definida, se determinó cuatro sitios para la extracción de muestras inalteradas con ayuda de Tubos de Pared Delgada (Tubos Shelby), a una profundidad de 1m (ver Fotografía 1).



**Fotografía 1.** Extracción de muestras inalteradas con un tubo Shelby.  
**Fuente:** Autora, 2022.

Las muestras se tomaron en las zonas donde se observó deslizamientos. En la Tabla 11 y en la Figura 21 se detalla la ubicación geográfica de lo realizado.



**Figura 21.** Ubicación geográfica de las muestras para el ensayo de corte directo.  
**Fuente:** Autora, 2022.

**Tabla 11.** *Coordenadas de las muestras inalteradas para el ensayo de corte directo.*

| Ensayos        | COORDENADAS |                | ABSC.<br>REFERENCIA | ENSAYO           |
|----------------|-------------|----------------|---------------------|------------------|
|                | ESTE        | TOTAL<br>NORTE |                     |                  |
| <b>Corte 1</b> | 734354      | 9568863        | 6+240               | CORTE<br>DIRECTO |
| <b>Corte 2</b> | 734490      | 9569001        | 6+430               |                  |
| <b>Corte 3</b> | 734298      | 9570940        | 8+890               |                  |
| <b>Corte 4</b> | 734063      | 9571297        | 9+350               |                  |

Fuente: Autora, 2022.

### Trabajo de laboratorio

En el laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA., sobre las muestras inalteradas obtenidas se realizó los siguientes ensayos siguiendo la normativa correspondiente:

- Contenidos de Humedad ASTM D – 2216
- Corte Directo ASTM – 3080.

En el ensayo de corte directo se hizo deslizar una porción de suelo, respecto a otra a lo largo de un plano de falla predeterminado mediante la acción de una fuerza de corte horizontal incrementada, mientras se aplicó una carga normal al plano del movimiento. Este ensayo tiene como finalidad fallar por corte directo una muestra de suelo encerrada en una caja metálica, la cual consta de dos partes (dos marcos) una de las cuales es móvil. Al mismo tiempo dicho ensayo mide las relaciones esfuerzo-deformación actuantes en la muestra analizada (ver Fotografía 2).



**Fotografía 2.** a) Extracción de muestra. b) Ensayo de corte directo. c) Muestra fallada.  
Fuente: Autora, 2022.

### 5.3.2 Calicatas.

#### Trabajo de campo

El reconocimiento preliminar, permitió conocer la homogeneidad litológica del área de estudio, de manera que únicamente en las zonas de deslizamientos se localizó y excavó 4 calicatas con un 1m de largo x 1m de ancho x 1.5m de profundidad, su ubicación geográfica

está dada en la Tabla 12. La excavación se hizo a mano con ayuda de una barreta, una pala y una pala cavadora articulada (toma de muestras). Conforme la siguiente norma:

- Calicatas ASTM D420 (Guía para la investigación y muestreo de suelos y rocas)

**Tabla 12.** *Ubicación de las calicatas.*

| N°                | UBICACIÓN (DATUM WGS 84) |         |     |
|-------------------|--------------------------|---------|-----|
|                   | x                        | y       | z   |
| <b>Calicata 1</b> | 734135                   | 9568803 | 947 |
| <b>Calicata 2</b> | 734516                   | 9569043 | 931 |
| <b>Calicata 3</b> | 734202                   | 9571003 | 900 |
| <b>Calicata 4</b> | 734135                   | 9571446 | 871 |

Fuente: Autora, 2022.

Se procedió a la toma de muestras alteradas con la ayuda de una pala cavadora articulada, a cada 50cm., hasta la profundidad de 1.50m. Se colocó una etiqueta de identificación dentro de las fundas donde constaba: nombre del proyecto, nombre del responsable, fecha, coordenadas (DATUM WGS 84) y profundidad a la cual se tomó la muestra. Finalmente se cerró la funda de forma segura (ver Fotografía 3). Conforme la siguiente norma:

- Muestra alterada en funda de plástico ASTM D-4220 (Prácticas Normalizadas para la Preservación y Transporte de Muestras de Suelos)



a)



b)

**Fotografía 3.** a) Ejecución de calicatas y toma de muestras en la abs. 6+000. b) Muestras alteradas.

Fuente: Autora, 2022.

### Trabajo de laboratorio

Sobre las muestras alteradas obtenidas se realizó los siguientes ensayos: contenido de humedad, límite líquido, límite plástico y granulometría, conforme las normas (ver Tabla 13).

**Tabla 13.** *Normas para ensayos de laboratorio.*

| N° | ENSAYO               | NORMA                  |
|----|----------------------|------------------------|
| 1  | Contenido de Humedad | INEN 690 (ASTM D-2216) |
| 2  | Límite Líquido       | INEN 691 (ASTM D-4318) |

|          |                 |                             |
|----------|-----------------|-----------------------------|
| <b>3</b> | Límite Plástico | INEN 692 (ASTM D-4318)      |
| <b>4</b> | Granulometría   | INEN 696 Y 697 (ASTM D-422) |

Fuente: Autora, 2022.



a) b) c)

**Fotografía 4.** a) Límite líquido. b) Límite plástico. c) Granulometría.

Fuente: Autora, 2022.

## 5.4 Exploración geofísica (Sísmica de Refracción)

### Trabajo de campo

En la zona de estudio, se realizó el sondeo mediante sísmica de refracción, se utilizó un sísmógrafo PASI GEA24, 1 Cable con 12 conexiones para geófonos, de 60.0m y 12 Geófonos verticales de 14 Hz. Este trabajo se efectuó conjuntamente con la empresa ESTSUELCON CIA. LTDA (ver Fotografía 5).



a) b) c)

**Fotografía 5.** a) Equipo Sísmica PASI GEA24. b) 1 Cable con 12 conexiones para geófonos, de 60.0 m y 12 Geófonos verticales de 14 Hz. c) Exploración geofísica (Sísmica de Refracción).

Fuente: Autora, 2022.

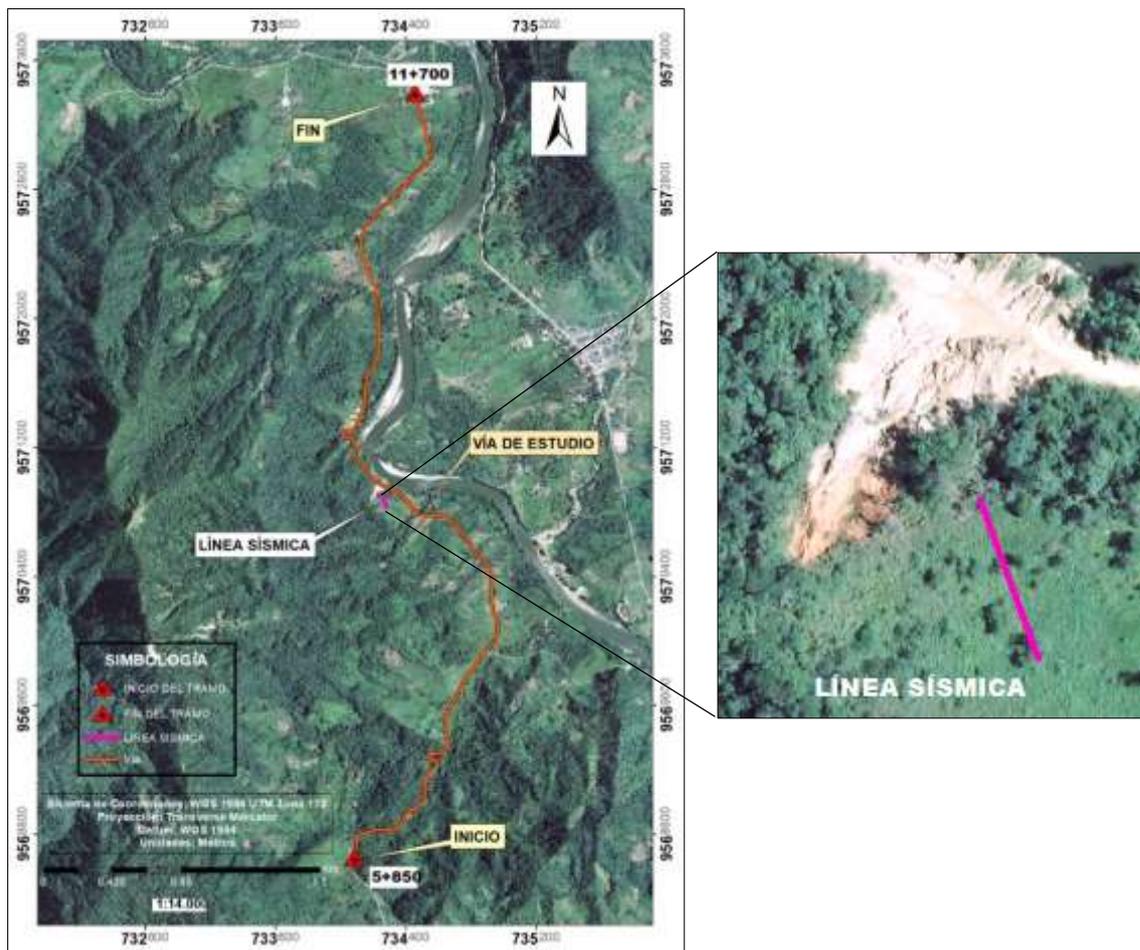
Se realizó una línea sísmica en el deslizamiento más crítico, su ubicación geográfica se identifica en la Tabla 14, este se llevó a cabo en el costado izquierdo del deslizamiento (ver

Figura 22). El difícil acceso y el mal clima no permitió la realización de la línea sísmica en el lugar recomendado (parte superior del deslizamiento).

**Tabla 14.**Coordenadas de ubicación de línea sísmica realizada.

| Línea Sísmica                     | Coordenadas WGS84 17S |           |          |           | Abertura | Profundidad |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------|----------|-----------|----------|-------------|
|                                   | INICIO                |           | FINAL    |           |          |             |
|                                   | Este (m)              | Norte (m) | Este (m) | Norte (m) |          |             |
| <b>LS 3</b><br><b>8+890-8+990</b> | 734260                | 9570894   | 734280   | 9570832   | 60m      | 20m         |

Fuente: Autora, 2022.



**Figura 22.** Ubicación de la línea sísmica realizada.

Fuente: Autora, 2022.

Se llevó a cabo la ejecución de un perfil de 60m de longitud y 20m de profundidad, para la recepción de las ondas Vp. Durante la prospección sísmica para la recepción de las ondas Vp se utilizó la metodología Z-Z, es decir geófonos verticales con disparos en sentido vertical. Se realizó tres disparos y/o detonaciones en cada base o línea sísmica distribuidos de la siguiente manera:

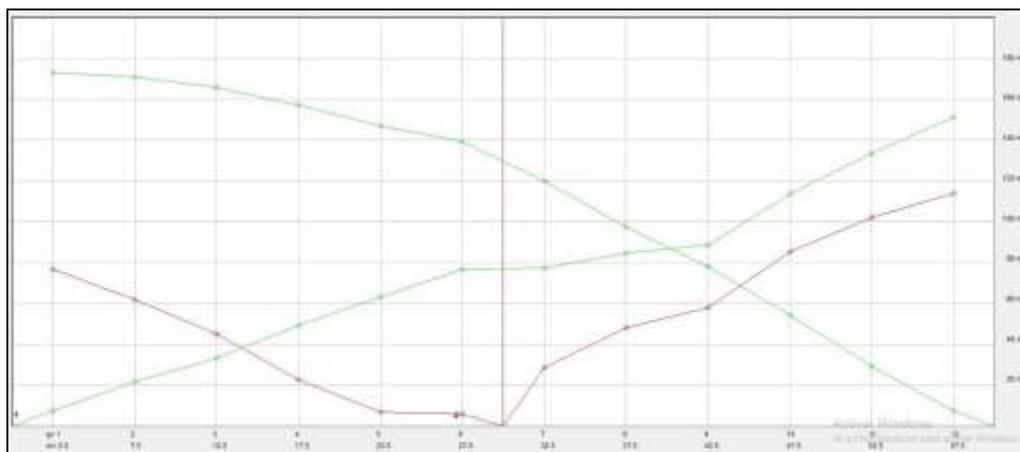
Dos disparos en los extremos de la base a 2.50m de distancia de los geófonos 1-12 y uno entre los geófonos 6 - 7 (detonación intermedia), la separación entre geófonos es de 5 metros.

La cantidad de energía fue suficiente para obtener registros sísmicos o sismogramas claros e interpretables.

### Trabajo de gabinete

Con los datos obtenidos en campo se logró realizar la interpretación cualitativa y cuantitativa, por medio del programa WINSISM, conforme a las siguientes etapas:

- Correlación de facies y determinación de las primeras llegadas de las ondas Vp, refractadas en los sismogramas de campo.
- Elaboración y correlación teórica de los sistemas de domocronas (ver Figura 23).
- Correlación teórica de los sistemas de domocrónicas.
- Cálculo de las velocidades aparentes mediante el método "más-menos".
- Determinación de los retardos mediante los métodos "delay time", ABEM, interceptos y paralelismo.
- Cálculo de espesores y profundidades para el caso de multicapas



Para las líneas sísmicas las velocidades de las ondas Vs, se determinaron mediante la metodología establecida por Goriainov N. N, el mismo que estableció las siguientes relaciones:

- $V_p/V_s = 1.43$  si  $V_p$  oscila entre 0 – 999.0 m/s,
- $V_p/V_s = 1.55$  si  $V_p$  oscila entre 1000.0 – 1999.0 m/s,
- $V_p/V_s = 1.65$  si  $V_p$  oscila entre 2000.0 – 2999.0 m/s,
- $V_p/V_s = 1.73$  si  $V_p$  oscila entre 3000.0 – 3999.0 m/s y
- $V_p/V_s = 1.93$  si  $V_p$  es > 4000.0 m/s.



Una vez conocidos los valores de las velocidades de las ondas  $V_p$  y  $V_s$ , se pudo determinar las propiedades elásticas de las diferentes capas detectadas. Las velocidades  $V_p$  y  $V_s$  están en función del coeficiente Poisson ( $\nu$ ) y del módulo de Young (E).

Para el cálculo de los parámetros dinámicos y estáticos se empleó las siguientes formulas, se obtuvieron de (Kramer, 1996) y (Naranjo, H. & Dranichnikov T., 2012):

- **Relación de Poisson:** [ $\nu$ ] es la medida del llamado efecto Poisson, esto significa que cuando se aplica un esfuerzo compresivo el material no se deforma únicamente paralelo al esfuerzo, sino también en una dirección perpendicular a la compresión.

$$\mu = \frac{1-2\left(\frac{V_s}{V_p}\right)^2}{2-2\left(\frac{V_s}{V_p}\right)^2} \quad (16)$$

- **Peso unitario**

$$\delta = 0.01516V_p^{1/2} + 1.30 \text{ gr/cm}^3 \quad (17)$$

- **Módulo de Young:** [E] En el caso de tensiones de compresión o de tracción, que dan origen a una deformación pequeña, la magnitud de esta deformación es proporcional a la tensión (Ley de Hooke).

$$E = V_p^2 \delta \frac{(1+\mu)(1-2\mu)}{1-\mu}, \frac{\text{Nt}}{\text{m}^2} \quad (18)$$

- **Módulo de rigidez o de cizallamiento:** [G] El esfuerzo de cizallamiento se denomina tensión, que actúa paralelamente al área dando origen a una deformación por fractura; se expresa por el ángulo de deformación que se forma por la superficie original del área y la superficie deformada por la tensión ejercida paralelamente al área. En función de velocidad  $V_s$ :

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} = \delta V_s^2 \quad (19)$$

- **Ángulo de rozamiento interno (DUNHAM) [ $\emptyset$ ]**

$$\emptyset = (12N)^{\frac{1}{2}} + 15 \quad (20)$$

- **Ángulo de rozamiento interno (OSAKI) [ $\emptyset$ ]**

$$\emptyset = (20N)^{\frac{1}{2}} + 15 \quad (21)$$

- **Capacidad de carga según Osman Uyanick**

$$q_{ad} = 0.024 \cdot V_s \delta \quad (22)$$

$$\delta = 3.1 \times V_p^{0.25} \quad (23)$$

Donde:

$\delta$  = Peso unitario del suelo

$V_s$  = Velocidad transversal

## 5.5 Mecánica de rocas

### 5.5.1 Compresión Simple.

#### Trabajo de campo

Se identificó un solo macizo rocoso a lo largo de la vía de estudio, donde se tomó la muestra inalterada de aproximadamente 25cm x 25cm, su ubicación geográfica se detalla en la Tabla 15 y Figura 24. Sobre la muestra de roca obtenida se realiza el ensayo de laboratorio respectivo.

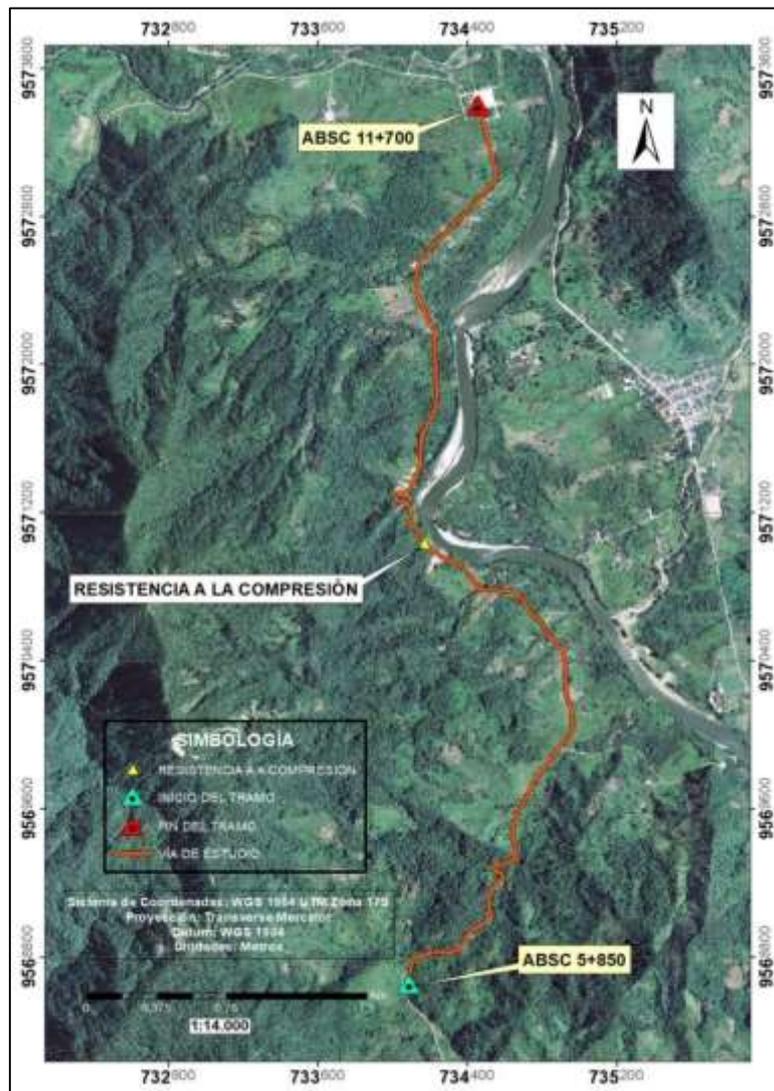


Figura 24. Ubicación geográfica de la muestra para ensayo de resistencia a compresión simple.

Fuente: Autora, 2022.

**Tabla 15.** *Coordenadas para la toma de muestra inalterada para el ensayo de compresión simple.*

| Ensayos   | COORDENADAS |                | ABSC.<br>REFERENCIA | ENSAYO                         |
|-----------|-------------|----------------|---------------------|--------------------------------|
|           | ESTE        | TOTAL<br>NORTE |                     |                                |
| Muestra 1 | 734166      | 9571032        | 9+040               | RESISTENCIA A LA<br>COMPRESIÓN |

Fuente: Autora, 2022.

**Trabajo de laboratorio**

Para llevar a cabo el ensayo de compresión simple se utilizó una muestra de roca inalterada tallada en forma de cubo, mediante la aplicación de una carga axial, esto se llevó a cabo con el fin de determinar la resistencia o esfuerzo último a la compresión no confinada. En el laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA., para este ensayo, de la muestra de aproximadamente 25cm x 25cm, se obtuvo dos cubos de roca, sobre las muestras inalteradas obtenidas se realizó los siguientes ensayos siguiendo la normativa correspondiente:

- Contenidos de Humedad ASTM D – 2216
- Compresión simple ASTM – D2166



a)



b)

**Fotografía 6.** a) Corte de la muestra. b) Ensayo de Resistencia a la compresión.

Fuente: Autora, 2022.

El procedimiento para obtener los cubos de roca es el siguiente:

- Primero se perfiló y niveló la muestra para lograr tener un cubo de aproximadamente 5cm por lado. Seguidamente se procedió a pesar la muestra, y se registró ese valor como masa (M). A continuación, se midió una cara de la muestra para obtener el diámetro que en este caso es la multiplicación de los 2 valores de los lados ( $D = l \times l$ ) y se obtuvo el área expresada en  $\text{cm}^2$ .
- Así mismo se midió la altura de la muestra y se multiplico por el área obteniendo el volumen expresado en  $\text{cm}^3$ .
- Luego, se colocó la muestra en la prensa con caras metálicas, la misma que en su parte superior estuvo fija y la parte inferior fue accionada por un gato hidráulico que realizó el movimiento de subida hasta prensar la muestra y apretarla, en ese momento se empezó a medir la resistencia que sobrepase los límites y exista la rotura de la

misma denominándolo a este valor máximo obtenido como carga o fuerza (ver Fotografía 6).

Se obtuvo todos los valores necesarios para calcular la resistencia a la compresión uniaxial reemplazando valores en la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (24)$$

Donde:

$\sigma$ = Esfuerzo expresado en kg/cm<sup>2</sup>

F= Fuerza o carga

A= Área

### 5.5.2 Análisis de las propiedades físicas de la muestra.

En el laboratorio de ESTSUELCON CIA. LTDA., se realizó el ensayo de la gravedad específica de sólidos de acuerdo a la norma ASTM D854-58, con la muestra de mano obtenida del macizo rocoso.

- Primero se pulverizó la roca hasta que pase el tamiz #200, para obtener 75gr de muestra. Para cada ensayo se utilizó 25gr de muestra, realizando un total de 3 ensayos por muestra.
- Se obtuvo el peso del picnómetro con la balanza analítica.
- Se llenó el picnómetro de agua, se colocó su respectiva tapa, se secó el picnómetro y se procedió a pesar.
- Se botó una gran cantidad de agua, dejando solo  $\frac{1}{4}$  de agua donde se colocó 25gr de muestra con la ayuda de un pequeño embudo.



**Fotografía 7.** Colocación de 25gr de muestra en el picnómetro con la ayuda de un embudo.

**Fuente:** Autora, 2022.

- Una vez la muestra estuvo dentro del picnómetro se colocó otra cantidad de agua de manera que se pudo revolver el agua con la muestra.



**Fotografía 8.** Agitación de la muestra para revolverla.  
**Fuente:** Autora, 2022.

- Se colocó el picnómetro con la muestra ya revuelta en la bomba de vacíos hasta quitar las burbujas de aire.



**Fotografía 9.** Colocación del picnómetro en la bomba de vacíos.  
**Fuente:** Autora, 2022.

- Se sacó el picnómetro de la bomba de vacíos y se la lleno de agua, seguidamente se procedió a tapan y tomar su peso.



**Fotografía 10.** La muestra dentro del picnómetro es pesada.  
**Fuente:** Autora, 2022.



- Finalmente, la muestra se colocó en una capsula para secarla al horno, y una vez que la muestra ya estuvo seca se la peso.

Para el cálculo de la gravedad específica (Gs) se usó la siguiente formula:

$$G_s = \frac{W_s}{W_w} = \frac{W_s}{W_s + W_{bw} - W_{bws}} \quad (25)$$

Donde:

$W_s$ = Peso suelo seco

$W_{bw}$ = Peso del picnómetro + agua

$W_{bws}$ = Peso del picnómetro + agua + suelo

Este proceso se llevó a cabo tres veces para obtener un promedio de los valores obtenidos de la muestra analizada. Las demás propiedades físicas de la muestra se las obtuvo a partir de los datos obtenidos anteriormente y mediante fórmulas obtenidas de (Braja M. Das, 2013) y (González de Vallejo, 2004).

- **Área**

$$A = l * a = \text{largo} * \text{ancho} \quad (26)$$

- **Volumen**

$$V = A * h = \text{área} * \text{altura} \quad (27)$$

- **Densidad**

$$\delta = \frac{m}{V} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \quad (28)$$

- **Peso específico real,  $\rho_r$  (g/cm<sup>3</sup>)**

$$\rho_r = \frac{W_{\text{pulverizada}}}{W_2 - W_{\text{pulverizada}} - W_1} * \rho_w \quad (29)$$

Donde:

$W_2$ = W picnómetro + agua

$W_1$ = W picnómetro + agua+ muestra pulverizada

- **Peso específico aparente,  $\rho_a$  (g/cm<sup>3</sup>)**

$$\rho_a = \frac{W_{\text{sec}}}{W_{\text{sat}} - W_{\text{sum}}} * \rho_w \quad (30)$$



- **Contenido de humedad, CH (%)**

$$CH = \frac{W - W_{sec}}{W_{sec}} * 100 = \frac{\text{peso muestra natural} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} * 100 \quad (31)$$

- **Porosidad eficaz,  $n_e$  (%)**

$$n_e = \frac{W_{sat} - W_{sec}}{W_{sat} - W_{sum}} * 100 = \frac{\text{peso saturado} - \text{peso seco}}{\text{peso saturado} - \text{peso sumergido}} * 100 \quad (32)$$

- **Porosidad,  $n$  (%)**

$$n = \left(1 - \frac{P_a}{P_r}\right) * 100 = \left(1 - \frac{\text{peso específico aparente}}{\text{peso específico real}}\right) * 100 \quad (33)$$

- **Porosidad cerrada,  $n_c$  (%)**

$$n_c = n - n_e \quad (34)$$

$$n_c = \text{porosidad} - \text{porosidad eficaz} \quad (35)$$

- **Coefficiente de absorción,  $C_{abs}$  (%)**

$$C_{abs} = \frac{W_{sat} - W_{sec}}{W_{sec}} * 100 = \frac{\text{peso saturado} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} * 100 \quad (36)$$

- **Compacidad,  $C$  (%)**

$$C = 1 - n \quad (37)$$

- **Módulo de saturación,  $M_{sat}$  (%)**

$$M_{sat} = \frac{n_e}{n} * 100 \quad (38)$$

### 5.5.3 Caracterización del macizo rocoso.

#### Trabajo de Campo

En campo se identificó el macizo rocoso ubicado en la ABCS. 9+040, se definió una zona visible para la toma de datos de calidad de macizo rocoso tomando en consideración la litología y la presencia de discontinuidades. Este macizo rocoso corresponde a un dique de andesita basáltica, cubierto en gran parte por vegetación.

Se definió una zona litoestructural a ser caracterizada, donde se trazó un cuadro de 1x1m, para la recolección de los datos: separación, longitud, apertura, rugosidad, meteorización, infiltración, relleno de las discontinuidades, y demás datos estructurales.

Se utilizó fichas de campo para obtener los datos geomecánicos necesarios. Las fichas de: zonificación (base para el análisis geológico) y de caracterización del macizo rocoso (base para la obtención de datos geomecánicos). Estas fichas fueron tomadas de González de Vallejo et al. (2002) y modificadas por la autora para tomar la información necesaria (ver Anexo 4. Fichas de caracterización geomecánica).

Para realizar la caracterización a detalle de la zona litoestructural se recolectó datos en campo: datos estructurales con la brújula, rugosidad con peine de Barton y resistencia a la compresión simple mediante esclerómetro (ver Fotografía 11).



**Fotografía 11.** a) Datos estructurales con la brújula. b) Rugosidad con peine de Barton y c) Resistencia a la compresión simple mediante esclerómetro.

**Fuente.** Autora, 2022.

De la zona litoestructural, se obtuvo una muestra de mano para poder realizar el ensayo de gravedad específica de sólidos de acuerdo a la norma ASTM D854-58, esta muestra fue codificada y llevada al laboratorio (**ver sección 5.5.2 Análisis de las propiedades físicas de la muestra**).

### **Trabajo de Gabinete**

Para realizar la calificación de calidad del macizo rocoso, se empleó los datos obtenidos de la clasificación geomecánica RQD, RMR, SMR y GSI. No se consideró realizar el análisis cinemático, porque en campo de forma general se pudo observar que gran parte del macizo rocoso se encuentra cubierto de vegetación, por lo tanto, la recolección de datos estructurales necesarios para determinar el tipo de rotura es insuficiente.

#### **- Clasificación RQD de Deere (1967).**

En el macizo rocoso para el cálculo de la calidad de la roca RQD (%), se usó el mapeo por celdas, donde Palmström (1982) define a  $J_v$  como número de juntas presentes en un metro cúbico de roca. Se utilizó la relación actualizada de Palmström (2005) donde:  $RQD = 110 - 2.5 * J_v$ , considerando que el  $RQD = 100\%$  cuando  $J_v \leq 4$  y  $RQD = 0\%$  cuando  $J_v > 44$ . La calidad de la roca se da en función del valor obtenido del índice RQD (%) especificado en la Tabla 1.

#### **- Clasificación RMR de Bieniawski (1989).**

En base al índice RMR de Bieniawski, versión de 1989, para la caracterización del macizo rocoso, constituido de andesita basáltica, se consideró usar la Tabla 2, en donde se llevó a



cabo una puntuación de cada uno de los parámetros de clasificación como: resistencia de la matriz rocosa, RQD, separación entre diaclasas, estado de las discontinuidades y agua freática, de acuerdo con la información obtenida de las fichas de caracterización de macizos rocosos (ver Anexo 4). Se interpoló los valores de separación entre diaclasas, longitud de las discontinuidades y abertura, para tener un valor real total de cada una de las tres familias de juntas presentes en el macizo. Finalmente, se realizó la sumatoria total y promedio de los valores obtenidos para tener un valor único que indica la valoración RMR final del macizo rocoso, al igual que su clase, calidad, cohesión y ángulo de rozamiento, para esta interpretación se usó la Tabla 5.

#### - **Clasificación SMR de Romana (1997).**

El SMR se obtuvo por la adición al RMR básico de una serie de factores de ajuste (ver Tabla 6), los cuales dependen de la relación geométrica existente entre las discontinuidades y el talud.

La fórmula empleada para el cálculo del SMR es:

$$SMR = RMR_{Basico} + (F1 * F2 * F3) + F4 \quad (39)$$

Se obtiene el índice SMR para cada una de las 3 familias de juntas del macizo rocoso constituido de andesita basáltica, y se adopta el valor menor de los obtenidos, de acuerdo al procedimiento establecido de Vallejo, L. 2002. Para finalmente proceder a clasificar el índice SMR según las 5 clases de estabilidad y conforme las 6 medidas de sostenimiento.

#### - **Clasificación GSI de Hoek (1994).**

El índice Geológico de Resistencia (GSI), se valoró cuantitativamente, se aplicó la relación existente entre GSI y RMR en base al RMR de 1989 obtenido anteriormente, donde si  $RMR_{89} > 23$  entonces  $GSI = RMR_{89} - 5$ . Una vez obtenido el valor se obtiene la calidad del macizo rocoso.

## **5.6 Análisis de estabilidad global**

### **Trabajo de Gabinete**

Para el análisis de estabilidad global de los taludes, se consideró los valores obtenidos de los ensayos realizados previamente (corte directo, compresión simple, gravedad específica de sólidos y sísmica de refracción) de donde se obtuvo los valores de pesos específicos, ángulos de fricción y cohesiones.

En primera instancia, en el macizo rocoso constituido de andesita basáltica se empleó los parámetros geotécnicos dados en la Tabla 54. La falla del talud se evaluó mediante los



criterios de falla de Mohr-Coulomb, con el fin de obtener las propiedades del macizo rocoso necesarias para el modelo de Mohr-Coulomb, los parámetros de Hoek-Brown disponibles se transformaron en valores de cohesión y ángulo de fricción, mediante el programa RocLab v1.0 (licencia de prueba).

Se realizó el análisis de estabilidad global de los cuatro deslizamientos y el macizo rocoso, donde para el modelamiento se utilizó el software Civil 3D v.2021, seguidamente en el software Slide v6.0 (Rocscience Inc., 2014) se insertó el modelo y se asignó los valores que indica la Tabla 16, de donde se obtuvo como resultado los factores de seguridad.

**Tabla 16.** Parámetros usados en el software Slide: Peso específico ( $\gamma$ )  $\text{KN/cm}^3$ , Ángulo de Fricción ( $^\circ$ ), Cohesión (C)  $\text{KN/m}^2$ .

| Id                   | Altura<br>m | Litología          | Ensayo                | Peso específico ( $\gamma$ ) | Ángulo de fricción ( $\varphi$ ) | Cohesión (C)      |
|----------------------|-------------|--------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------|
|                      |             |                    |                       | $\text{kN/m}^3$              | $^\circ$                         | $(\text{kN/m}^2)$ |
| D-1                  | 13.88       | Sábulo             | Corte Directo         | 18.3502                      | 26.00                            | 0.9807            |
| D-2                  | 16.00       | Sábulo             | Corte Directo         | 15.2954                      | 26.00                            | 0.9807            |
| D-3                  | 92.54       | Sábulo             | Sísmica de Refracción | 16.6713                      | 29.00                            | 0.0981            |
|                      |             | Granodiorita       |                       | 18.8287                      | 40.00                            | 0.0981            |
| D-4                  | 43.73       | Sábulo             | Corte Directo         | 16.7792                      | 29.00                            | 8.0905            |
| <b>MACIZO ROCOSO</b> | 19.61       | Andesita basáltica | Comprensión Simple    | 25.9876                      | 60.16                            | 153.00            |

Fuente: Autora, 2022.

### 5.6.1 Modelo Estático.

Para el modelamiento en condición estática, se tomó en cuenta la mayoría de los factores que afectan a la estabilidad de los taludes, como: la geometría, los parámetros geológicos, las propiedades y las características geológicas-geotécnicas de los geomateriales.

Se consideró obtener el FS de los deslizamientos y el macizo rocoso, en estado actual, para cargas estáticas. Tomando en cuenta que para el diseño de un talud estable se recomienda un factor de seguridad aceptable  $> 1.5$ . Sin embargo, el talud es crítico cuando se tiene factores de seguridad de entre 1.0-1.5, y así mismo cuando el factor de seguridad  $< 1$ , el talud es inestable, conforme lo indica Suarez, J. 2009.

### 5.6.2 Modelo Pseudo-Estático.

Para el análisis de estabilidad de este modelo, se utilizó un coeficiente sísmico pseudo-estático correspondiente a una aceleración horizontal, donde no se tuvo en cuenta las aceleraciones verticales. En este caso, el factor de seguridad debe ser  $\geq 1.1$  para carga sísmica, lo cual indica estabilidad conforme lo señala Suarez, J. 2009.

En el programa Slide v6.0 se introdujo un coeficiente sísmico horizontal de 0.21. Para obtener el coeficiente sísmico horizontal de la zona del proyecto se realizó lo siguiente:

1. Se obtuvo el factor de zona Z, en función del mapa de zonas sísmicas de Ecuador (Figura 25).

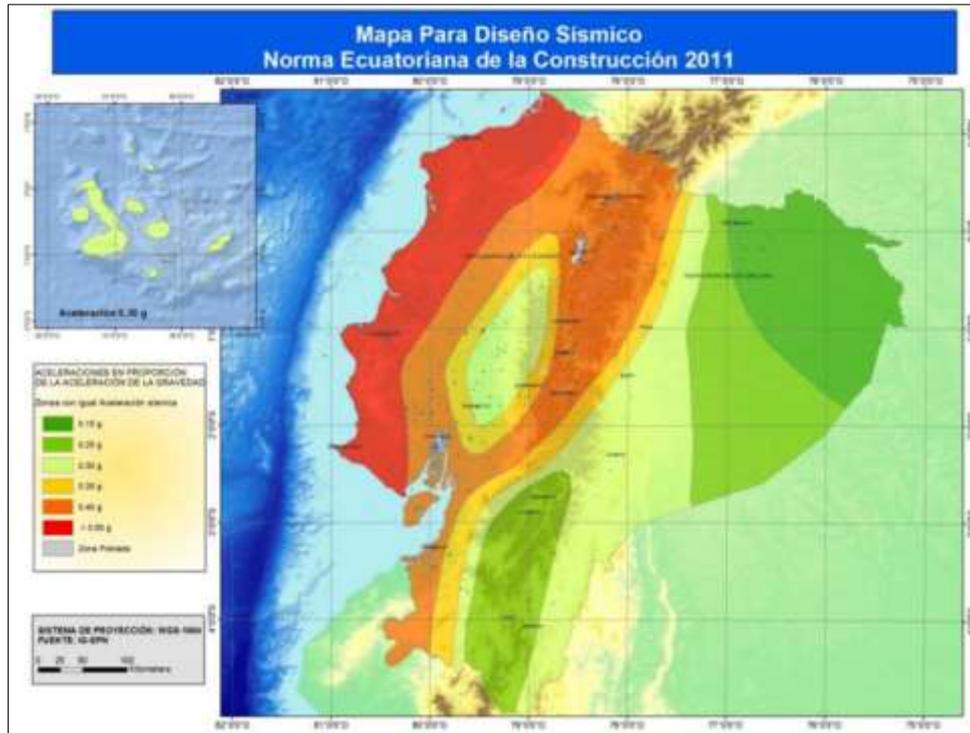


Figura 25. Zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor de factor de zona Z.

Fuente: NEC, 2015.

Para facilitar la determinación del valor de Z, se tomó como referencia la Tabla 2.2 del NEC-11-Capítulo 2.

Tabla 17. Valores del factor Z en función de la zona sísmica.

| ZONA SISMICA                        | I          | II   | III  | IV   | V    | VI       |
|-------------------------------------|------------|------|------|------|------|----------|
| Valor factor Z                      | 0.15       | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | ≥0.50    |
| Caracterización del peligro sísmico | Intermedia | Alta | Alta | Alta | Alta | Muy Alta |

Fuente: NEC, 2015.

2. Se presentó los datos del valor de Z de la población más cercana a La Saquea (Tabla 18).

Tabla 18. Valoración de la zona sísmica de las parroquias Guadalupe - Cumbaratza, y poblaciones vecinas.

| Población | Parroquia | Cantón   | Provincia        | Zona Sísmica | Factor Z |
|-----------|-----------|----------|------------------|--------------|----------|
| Zamora    | Zamora    | Zamora   | Zamora Chinchipe | II           | 0.25     |
| Yantzaza  | Yantzaza  | Yantzaza | Zamora Chinchipe | III          | 0.30     |
| Loja      | Loja      | Loja     | Loja             | II           | 0.25     |

Fuente: NEC, 2015.



3. Conforme lo anterior, de acuerdo con la NEC, el sector de estudio se ubicó en la Zona Sísmica II, adoptándose así un valor de Z entre 0.25, y la línea sísmica dio a conocer un tipo de perfil del subsuelo tipo D. Dando como resultado una Fa de 1.4.

Tabla 19. Tipo de suelo y Factores de sitio Fa.

| TIPO DE PERFIL DEL SUBSUELO | I           | II          | III         | IV          | V           | VI          |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>FACTOR Z</b>             | <b>0.15</b> | <b>0.25</b> | <b>0.30</b> | <b>0.35</b> | <b>0.40</b> | <b>≥0.5</b> |
| <b>A</b>                    | 0.9         | 0.9         | 0.9         | 0.9         | 0.9         | 0.9         |
| <b>B</b>                    | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| <b>C</b>                    | 1.4         | 1.3         | 1.25        | 1.23        | 1.2         | 1.18        |
| <b>D</b>                    | 1.6         | 1.4         | 1.3         | 1.35        | 1.2         | 1.12        |
| <b>E</b>                    | 1.8         | 1.5         | 1.39        | 1.26        | 1.14        | 0.97        |

Fuente: NEC, 2015.

4. Se usó las siguientes formulas, donde se tomó en consideración que la demanda sísmica para los análisis pseudo-estático será del 60% de la aceleración máxima en el terreno tal como se recomienda en la NEC-SE-GC-2015:

$$K_h = 0.6(a_{max})/g \tag{40}$$

Dónde:

$$a_{max} = ZF_a \tag{41}$$

F<sub>a</sub> .- Fuerzas actuales

5. Se procedió a realizar el cálculo y reemplazo de la fórmula 41, donde el valor de Z, fue de 0.25, y F<sub>a</sub> igual a 1.4 según lo recomendado en la normativa de peligro sísmico NEC.

$$a_{max} = 0.25 * 1.4 = 0.35$$

6. Finalmente, se obtuvo el coeficiente sísmico horizontal de 0.21, reemplazando la fórmula 40.

$$K_h = 0.6(0.35) = 0.21$$

## 6. Resultados

### 6.1 Descripción General del área de estudio

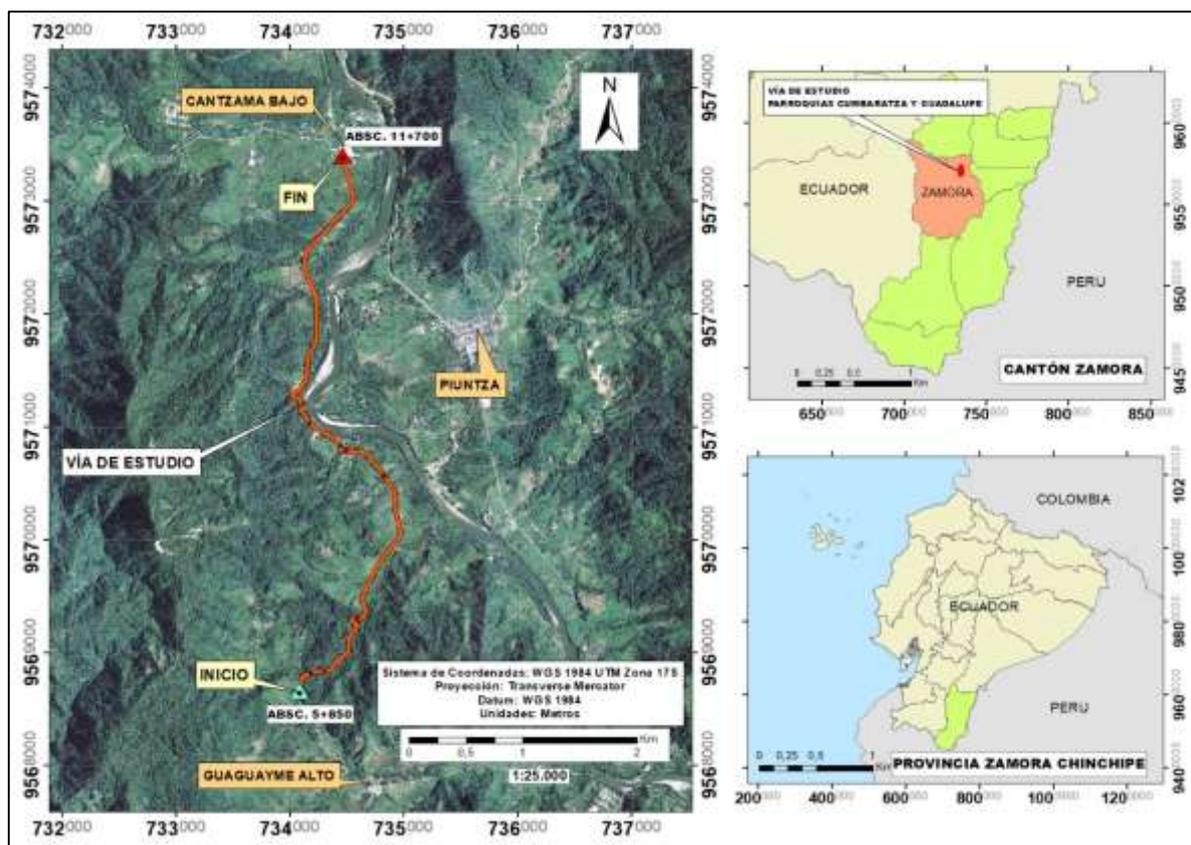
#### 6.1.1 Ubicación administrativa.

El proyecto se encuentra ubicado en las parroquias Cumbaratza y Guadalupe en el cantón Zamora de la provincia de Zamora Chinchipe, parte en el Puente La Saquea en la vía Guayambe (ver Figura 26), en el Km 5+850. Dicha vía une el sector de Guaguayme Alto con el sector de Cantzama Bajo, cuyas coordenadas geográficas de inicio y fin (UTM WGS-84, 17M) son las siguientes:

**Tabla 20.** Coordenadas geográficas de inicio y fin de la vía de estudio.

| DATUM WGS 84                                       |           |            |
|--|-----------|------------|
| <b>BARRIO GUAGUAYME ALTO (PARROQUIA GUADALUPE)</b> |           |            |
| <b>Coord. Inicio (Km 05+850):</b>                  | E: 734086 | N: 9568659 |
| <b>BARRIO CANTZAMA BAJO (PARROQUIA GUADALUPE)</b>  |           |            |
| <b>Coord. Fin (Km 11+700):</b>                     | E: 734460 | N: 9573403 |

Fuente: Autora, 2022.



**Figura 26.** Ubicación administrativa de proyecto de estudio.

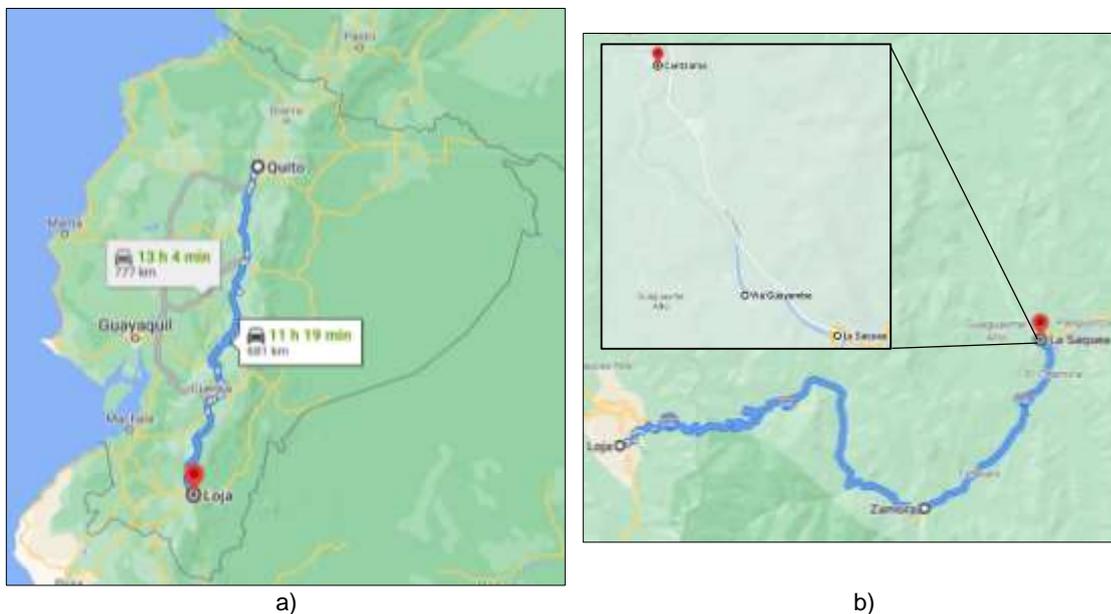
Fuente: Autora, 2022.

### 6.1.2 Acceso.

El acceso al lugar del proyecto se lo puede realizar de las siguientes maneras:

#### - Vía terrestre

Se inicia desde el “Terminal Terrestre Quitumbe” en la ciudad de Quito, a través de la carretera Panamericana, una vía de primer orden, con un tiempo de recorrido aproximado de 11 h 19 min, hasta el “Terminal Terrestre Reina de El Cisne” de la ciudad de Loja, desde este punto se parte hasta el cantón Zamora, siendo un recorrido de 63.5km. Luego, en la ciudad de Zamora se dirige hacia el sector de La Saquea – Cantzama, donde existe un recorrido de 23.6km por la vía Panamericana con un tiempo de 28 min. Seguidamente se toma la vía Guayambe, en el Km 5.85 se encuentra el tramo en estudio.



**Figura 27.** Acceso a la zona de estudio por vía terrestre. a) Recorrido desde Quito hasta Loja. b) Recorrido desde Loja hasta Zamora y La Saquea.

**Fuente:** Autora, 2022.

#### - Vía Aérea

Se parte desde el Aeropuerto Internacional de Quito Mariscal Sucre, ubicado en la capital Quito hasta el Aeropuerto Ciudad de Catamayo del cantón Catamayo, provincia de Loja en un tiempo estimado de una hora. En Catamayo se procede a desplazar por vía terrestre hasta la ciudad de Loja con un recorrido de 35Km, una vez en Loja se desplaza hasta el cantón Zamora siendo un recorrido de 63.5km. Luego, desde la ciudad de Zamora hasta el sector de La Saquea – Cantzama existe un recorrido de 49.3km por la vía Paramericana. El tramo de estudio se encuentra en el Km 5.85 en la vía Guayambe.



a) b)  
**Figura 28.** a) Acceso a la zona de estudio por vía aérea. b) Acceso por vía terrestre.  
**Fuente:** Autora, 2022.

## 6.2 Descripción Biofísica del área de estudio

### 6.2.1 Información climática.

Según el (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Zamora, 2014-2019), el clima del cantón Zamora es de tipo tropical, lo que varía es la cantidad de humedad y lluvias; la temperatura baja o sube de acuerdo con la altitud y los vientos. El territorio del cantón Zamora cuenta con un clima tropical megatérmico húmedo situado en la parte baja de todas las parroquias del cantón Zamora, meso térmico semi-húmedo se ubica entre los climas ecuatorial de alta montaña y tropical megatérmico húmedo que tiene influencia en todas las parroquias del cantón Zamora. Posee una temperatura que fluctúa dentro 18°C -22°C, dependiendo de la altitud de cada piso climático.

De acuerdo al (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Guadalupe, 2015-2019), en la parroquia Guadalupe existe una precipitación de 2000mm anuales, una temperatura de 12 a 22°C, una humedad de 84% y dos pisos bioclimáticos.

Uno de los pisos bioclimáticos es el tropical megatérmico húmedo: Comprende las vertientes exteriores de las dos cordilleras. Las precipitaciones anuales son generalmente superiores a los 2000mm y pueden llegar hasta 5000mm, la mayor parte en una sola estación lluviosa. El promedio de las temperaturas varía según la altura entre 15 y 24°C. La humedad relativa se establece alrededor del 90%. El otro piso bioclimático es el ecuatorial mesotérmico semi-húmedo: este clima es característico en la zona interandina a excepción de los valles abrigados y zonas con alturas mayores a los 3.000 - 3.200 m s.n.m., las precipitaciones anuales fluctúan entre 500 y 2.000mm y están repartidas en dos estaciones lluviosas, de



febrero a mayo y de octubre a noviembre. Las temperaturas medias anuales están comprendidas generalmente entre 12 y 20°C pero pueden en ocasiones ser inferiores en las vertientes menos expuestas al sol; las temperaturas máximas no superan los 22°C y la mínima a veces 12°C, variando en función de la altura y de la exposición, la humedad relativa fluctúa entre valores comprendidos del 65% y el 85 %, y la duración de la insolación puede ir de 1000 a 2000 horas anuales.

### **6.2.2 Hidrografía.**

Las microcuencas hidrográficas que se encuentran dentro de la parroquia Guadalupe forman parte de la Subcuenca del Río Zamora, la cual corresponde al sistema hídrico del río Santiago, siendo el principal cuerpo hídrico de la Parroquia Guadalupe el Río Yacuambi. Las microcuencas son: río Salado, quebrada Guaguayme, quebrada Piuntza, río Cantzama, y río Piuntza (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Guadalupe, 2015-2019)

La vía en estudio se encuentra paralela al río Yacuambi, una serie de quebradas la atraviesan, estas son de bajo caudal en épocas de verano. Sin embargo, en invierno ese caudal aumenta considerablemente (ver Figura 29).

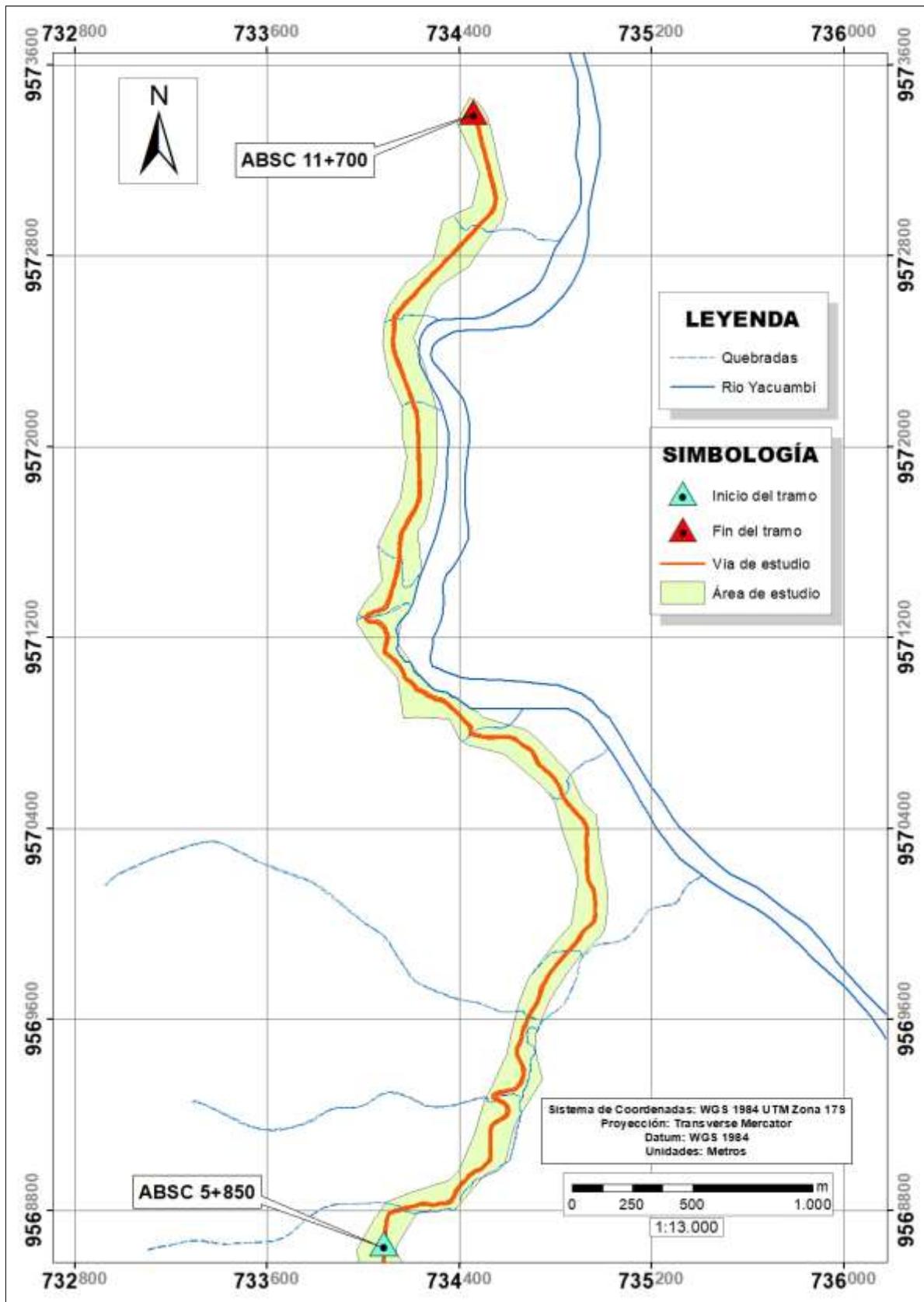


Figura 29. Flujos superficiales dentro del área de estudio.

Fuente: Autora, 2022.



### 6.2.3 Topografía.

La parroquia Guadalupe posee un relieve con características topográficas especiales, se caracteriza por la presencia de colinas medianas, relieves montañosos y terrazas. Las elevaciones están comprendidas entre los 1000 – 3200 m s.n.m. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Guadalupe, 2015-2019)

La información topográfica de la zona de estudio otorgada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Zamora Chinchipe (escala 1:1000), está dada en un ancho referencial aproximado de 60m a 70m a cada lado del eje vial, sin embargo son distancias que varían a lo largo de la vía, a fin de poder precisar la estabilidad de los deslizamientos comprendidos en varios niveles, así mismo en ciertos tramos esta distancia disminuye porque la vía se encuentra colindando con el río Yacuambi, de manera que se ve reducida la faja topográfica. En el caso de los sectores críticos el levantamiento está dado en un ancho hasta de 135m del eje vial. Se consideró como límite la corona de los deslizamientos, donde a partir de dicho límite se prolongó el levantamiento topográfico alrededor de 10m hacia afuera.

Es importante tener en cuenta que la longitud mínima a cada lado del polígono es referencial a la pendiente transversal del terreno; con pendientes de 0% a 40% la longitud mínima sería de 40m, de 40% a 80% serían 60m, 80% o más serían 100m, conforme la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12-MTOP, 2013). Dicho esto, se puede decir que, en la vía de estudio, la faja topográfica está constituida en un 94.85% con pendientes comprendidas entre 0% a 80%, con longitudes que van de los 30m a los 60m, el 5.15% con pendientes entre 80% a 142%, con longitudes que superan los 100m con respecto al eje central de la vía.

El mapa topográfico a escala 1:1000, visto en la Figura 30, Figura 31 y Figura 32, consta de curvas de nivel principales dadas cada 5m, y curvas de nivel secundarias cada 1m. Las elevaciones van desde los 857 m s.n.m hasta los 995 m s.n.m.n. Además, se hace constar caminos, casas, río Yacuambi y quebradas, etc. Abarcando un área total de 75.19ha.

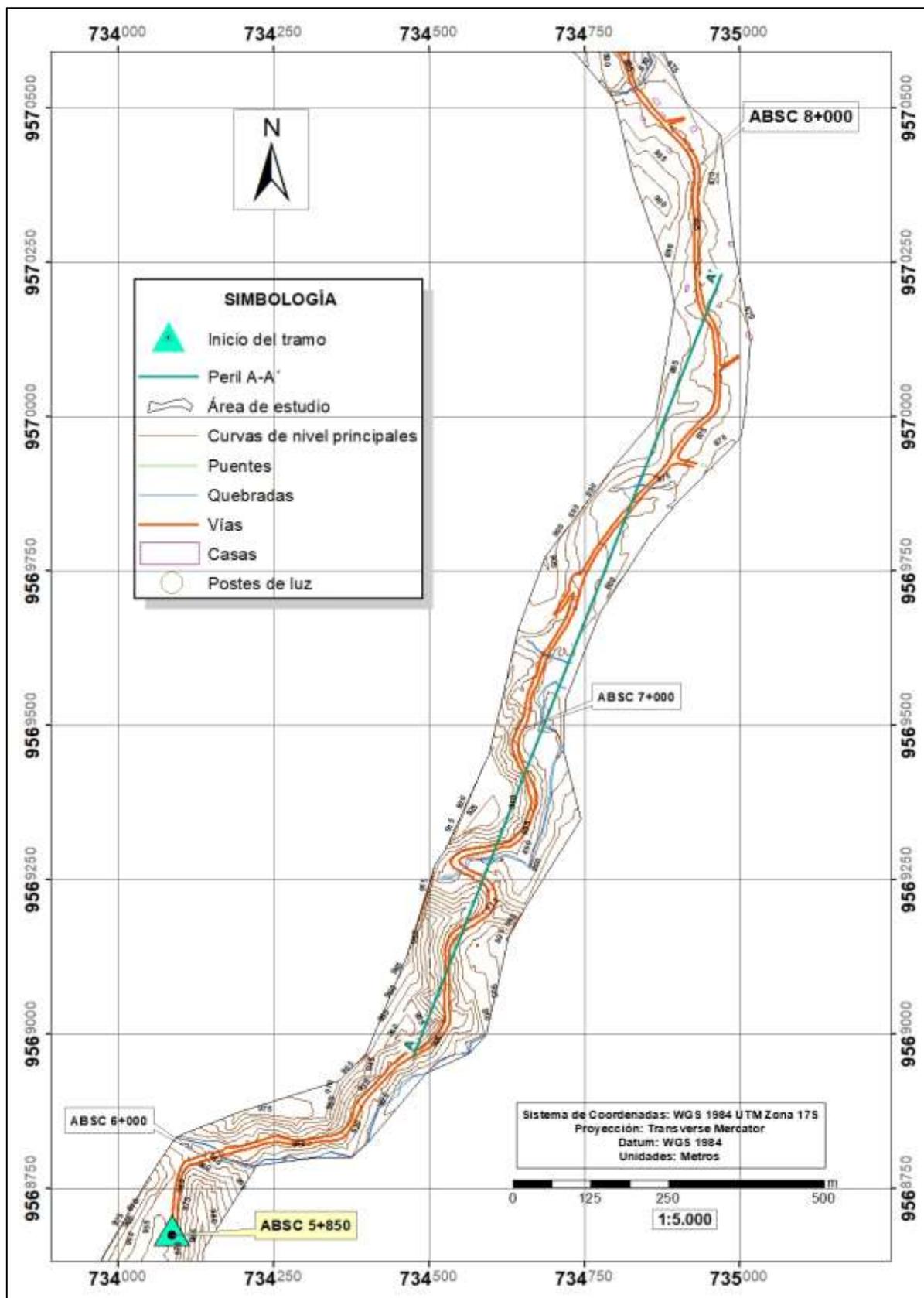


Figura 30. Topografía del área de estudio desde la abs. 5+850 a 8+000.

Fuente: Autora, 2022.

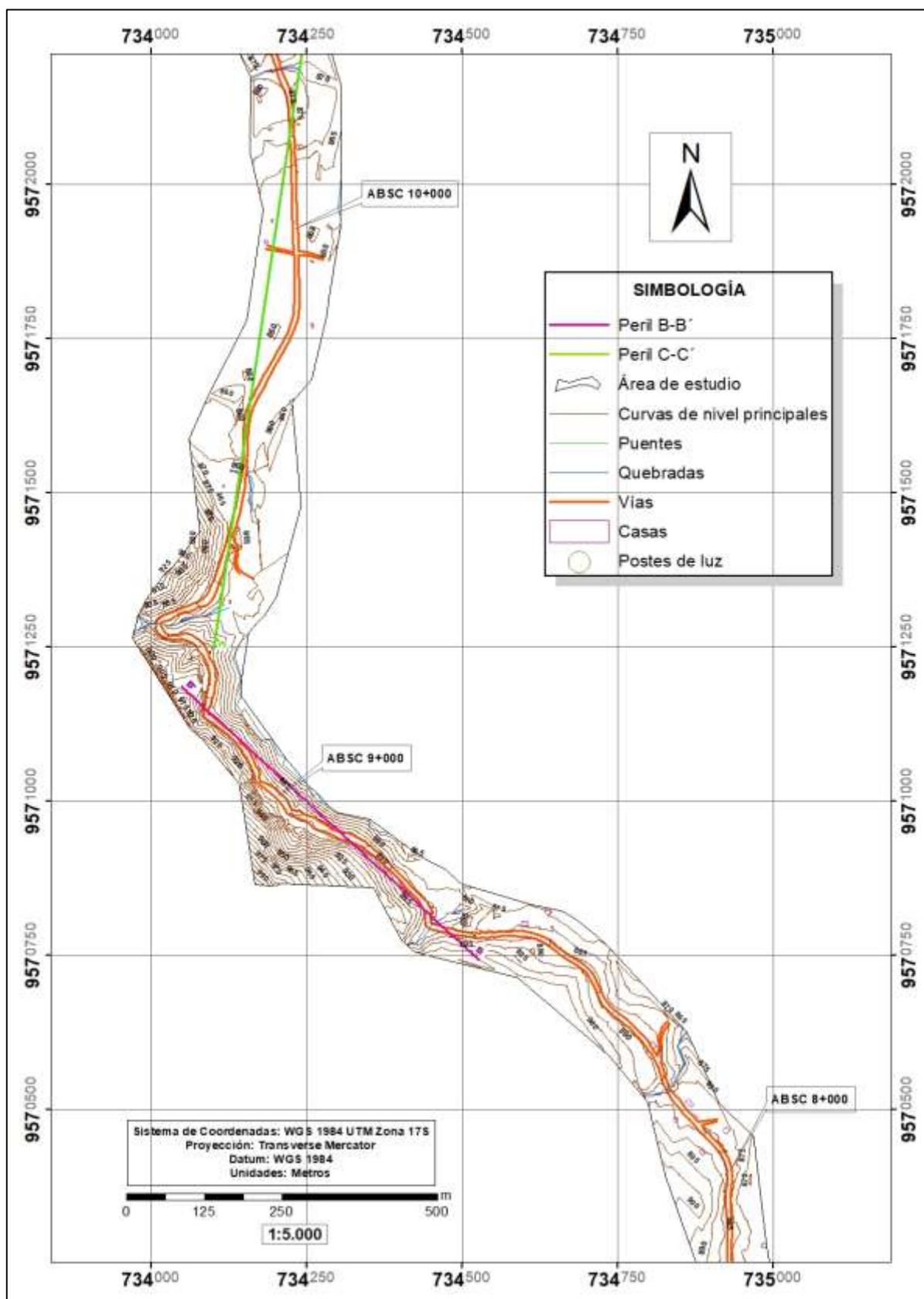


Figura 31. Topografía del área de estudio desde la abs. 8+000 a 10+000.

Fuente: Autora, 2022.

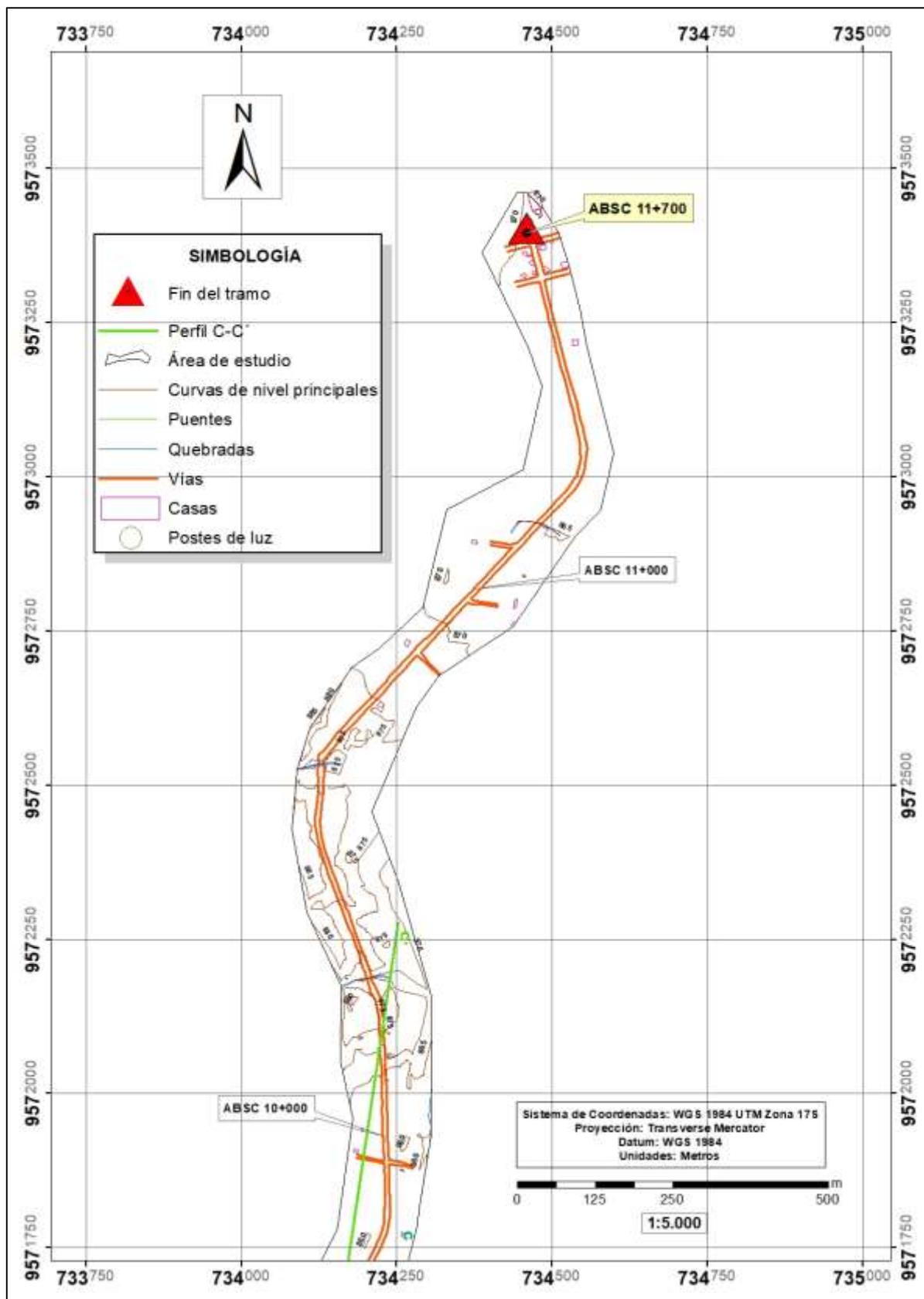
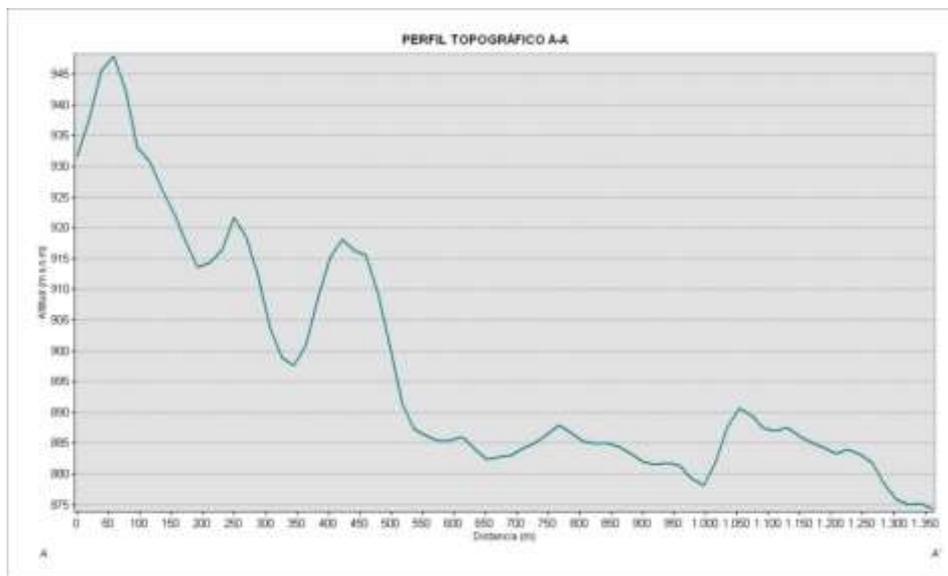


Figura 32. Topografía del área de estudio desde la abs. 10+000 a 11+700.

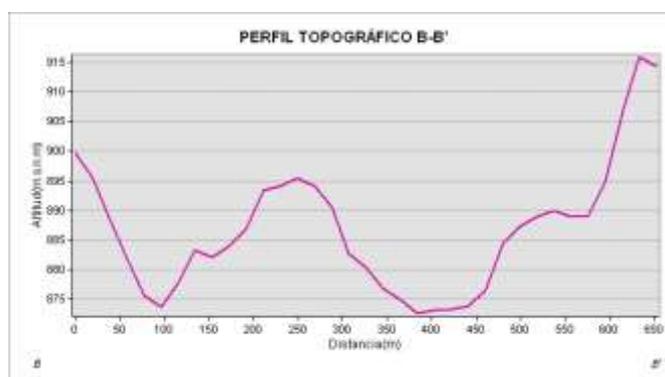
Fuente: Autora, 2022.

Una vez obtenidos los mapas, se trazó tres perfiles topográficos ubicados estratégicamente al inicio, centro y final del área en estudio, su descripción a continuación:



**Figura 33.** Perfil topográfico A-A'.  
**Fuente:** Autora, 2022.

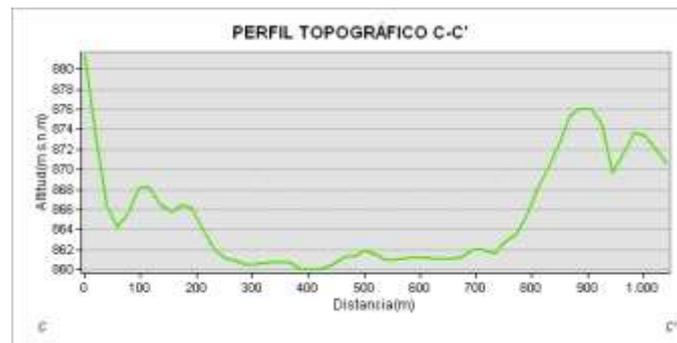
En la Figura 33, se aprecia el perfil topográfico A-A', ubicado al inicio del tramo de estudio con dirección SW- NE, con una distancia de 1361m. Se muestra que aproximadamente la altitud asciende de los 932 m s.n.m hasta los 949 m s.n.m en los primeros 50m de distancia, desde este punto desciende a los 914 m s.n.m a una distancia de 180m, seguidamente sube a los 922 m s.n.m para posteriormente bajar a 897 m s.n.m a una distancia de 340m, luego asciende a los 918 m s.n.m a una distancia de 420m y a los 1000m desciende a los 878 m s.n.m, desde este punto sigue ascendiendo a los 891 m s.n.m hasta los 1050m, para finalmente descender a los 874 m s.n.m a los 1361m de distancia. Se tiene una diferencia de altitud aproximada de 75m considerando la altitud más alta y la altitud más baja.



**Figura 34.** Perfil topográfico B-B'.  
**Fuente:** Autora, 2022.

En la Figura 37, se aprecia el perfil topográfico B-B', ubicado en el centro del tramo de estudio con dirección SE-NW, con una distancia de 650m. En los primeros 100m

aproximadamente se muestra que la altitud desciende desde los 900 m s.n.m hasta los 873 m s.n.m, desde este punto asciende a los 895 m s.n.m a una distancia de 250m, luego desciende hasta una altitud de 871 m s.n.m en una distancia de 380m, luego asciende a una altitud de 916 m s.n.m a una distancia de 648m, y finalmente desciende hasta los 914 m s.n.m a la distancia de 650m. Se tiene una diferencia de altitud aproximada de 45m considerando la altitud más alta y la altitud más baja.



**Figura 35.** Perfil topográfico C-C'.

**Fuente:** Autora, 2022.

En la Figura 35, se aprecia el perfil topográfico C-C', ubicado al final del tramo de estudio con dirección SW-NE, con una distancia de 1042m. En los primeros 70m aproximadamente se muestra que la altitud desciende desde los 882 m s.n.m hasta los 864 m s.n.m, desde este punto asciende hasta los 868 m s.n.m a una distancia de 100m, luego baja hasta los 860 m s.n.m a la distancia de 400m, seguidamente asciende hasta los 876 m s.n.m a la distancia de 900m, para posteriormente bajar a los 870 m s.n.m a los 940m, subir a los 874 m s.n.m a los 980m, y finalmente descender a 871 m s.n.m a la distancia de 1042m. Se tiene una diferencia de altitud aproximada de 22m considerando la altitud más alta y la altitud más baja.

#### **6.2.4 Pendientes.**

Mediante la clasificación de Demek (1972) se realizó el mapa de pendientes escala 1:1000 (ver Figura 36). Las pendientes ligeramente inclinadas, ocupan un área de 26.32ha, con un porcentaje de 35.46%, predominando al final del tramo de la vía; las pendientes fuertemente inclinadas ocupan un área de 25.25ha, con un 34.02%, encontrándose principalmente entre las abscisas 7+100 a 8+190; las pendientes muy inclinadas ocupan un área de 18.83ha, con un 25.37%, localizándose al inicio y centro de la vía; y las pendientes empinadas ocupan un área de 3.83ha, con un 5.16%, visualizándose esta clase de pendiente en el centro de la vía (ver Tabla 21).



Tabla 21. Pendientes del área de estudio.

| COLOR   | RANGO   | CLASE                 | ÁREA (ha) | PORCETAJE (%) |
|---|---------|-----------------------|-----------|---------------|
|  | 0°-5°   | Ligeramente Inclinada | 26.32     | 35.46         |
|  | 5°-15°  | Fuertemente Inclinada | 25.25     | 34.02         |
|  | 15°-35  | Muy Inclinada         | 18.83     | 25.37         |
|  | 35°-55° | Empinada              | 3.83      | 5.16          |

Fuente: Demek, 1972.

Modificado por: Autora, 2022.

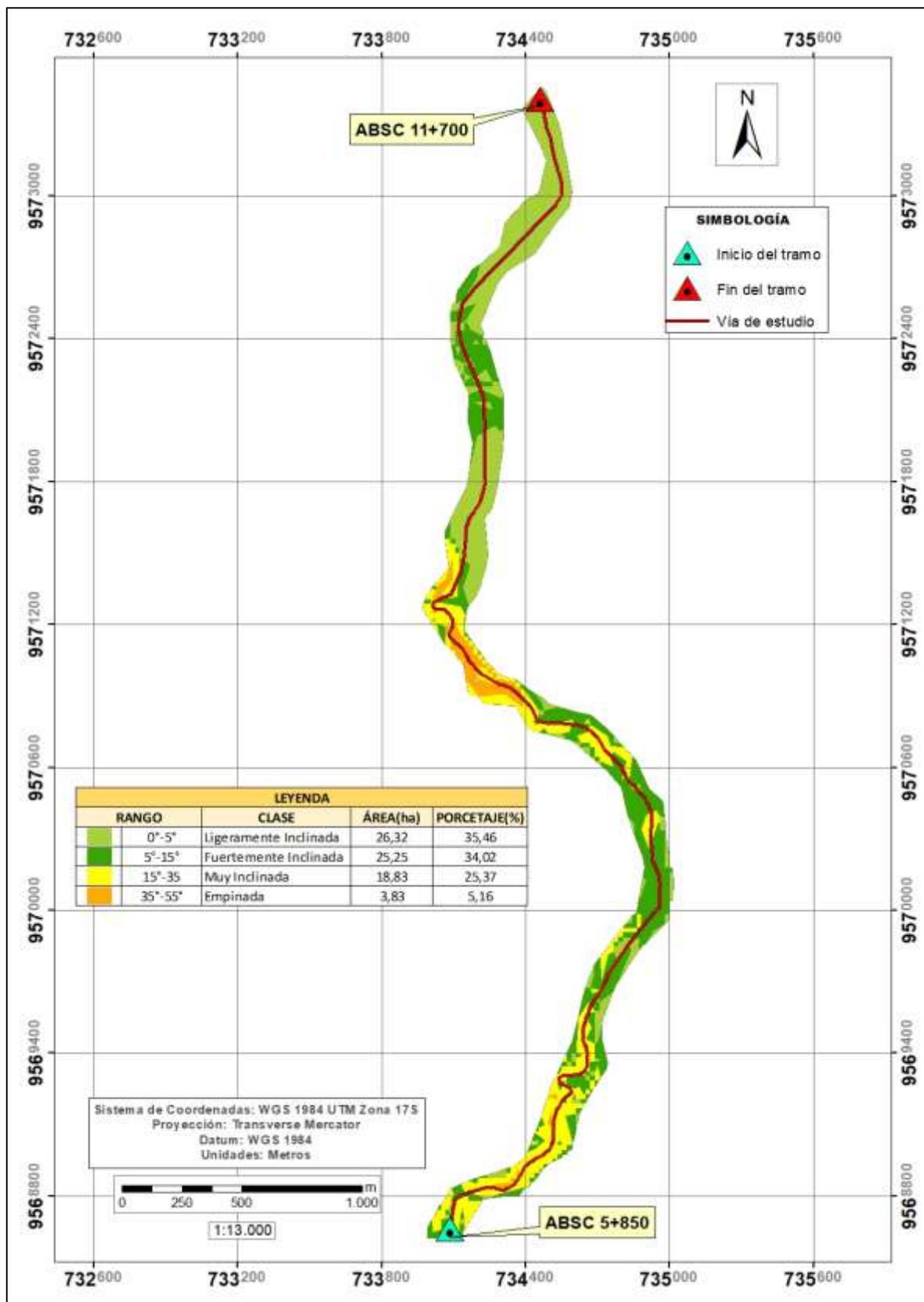


Figura 36. Mapa de pendientes.  
Fuente: Autora, 2022.



### 6.2.5 Geomorfología local.

En el mapa geomorfológico (escala 1:1000), se ha identificado características morfométricas propias de la zona, (ver Figura 37). Se tiene que el 27.04% del territorio presenta un coluvión antiguo, siendo este el mayor porcentaje con una extensión de 20.34ha; seguido con un 22.16% de valle fluvial, llanura de inundación con 16.67ha; un 16.99% de terraza media con 12.78ha; un 13.98% de relieve colinado medio con 10.52ha; un 10.93% de vertiente heterogénea con 8.22ha; un 6.49% de barranco con 4.88ha; y en menor porcentaje en un 2.42% se tiene a los depósitos de deslizamiento con una extensión de 1.82ha (ver Tabla 22).

**Tabla 22.** Geomorfología del área de estudio.

|   | <b>GEOFORMA</b>                            | <b>PENDIENTE (%)</b> | <b>ÁREA (ha)</b> | <b>PORCENTAJE (%)</b> |
|---|--|----------------------|------------------|-----------------------|
|    | Relieve colinado medio                     | 25 a 70              | 10.52            | 13.98                 |
|    | Barranco                                   | 40 a 70              | 4.88             | 6.49                  |
|    | Coluvión antiguo                           | 5 a 70               | 20.34            | 27.04                 |
|    | Vertiente heterogénea                      | 40 a 100             | 8.22             | 10.93                 |
|   | Valle fluvial, llanura de inundación       | 2 a 10               | 16.67            | 22.16                 |
|  | Terraza Baja                               | 2 a 4                | 12.78            | 16.99                 |
|  | Depósitos de deslizamiento, masa deslizada | 25 a 100             | 1.82             | 2.42                  |

**Fuente:** Autora, 2022.

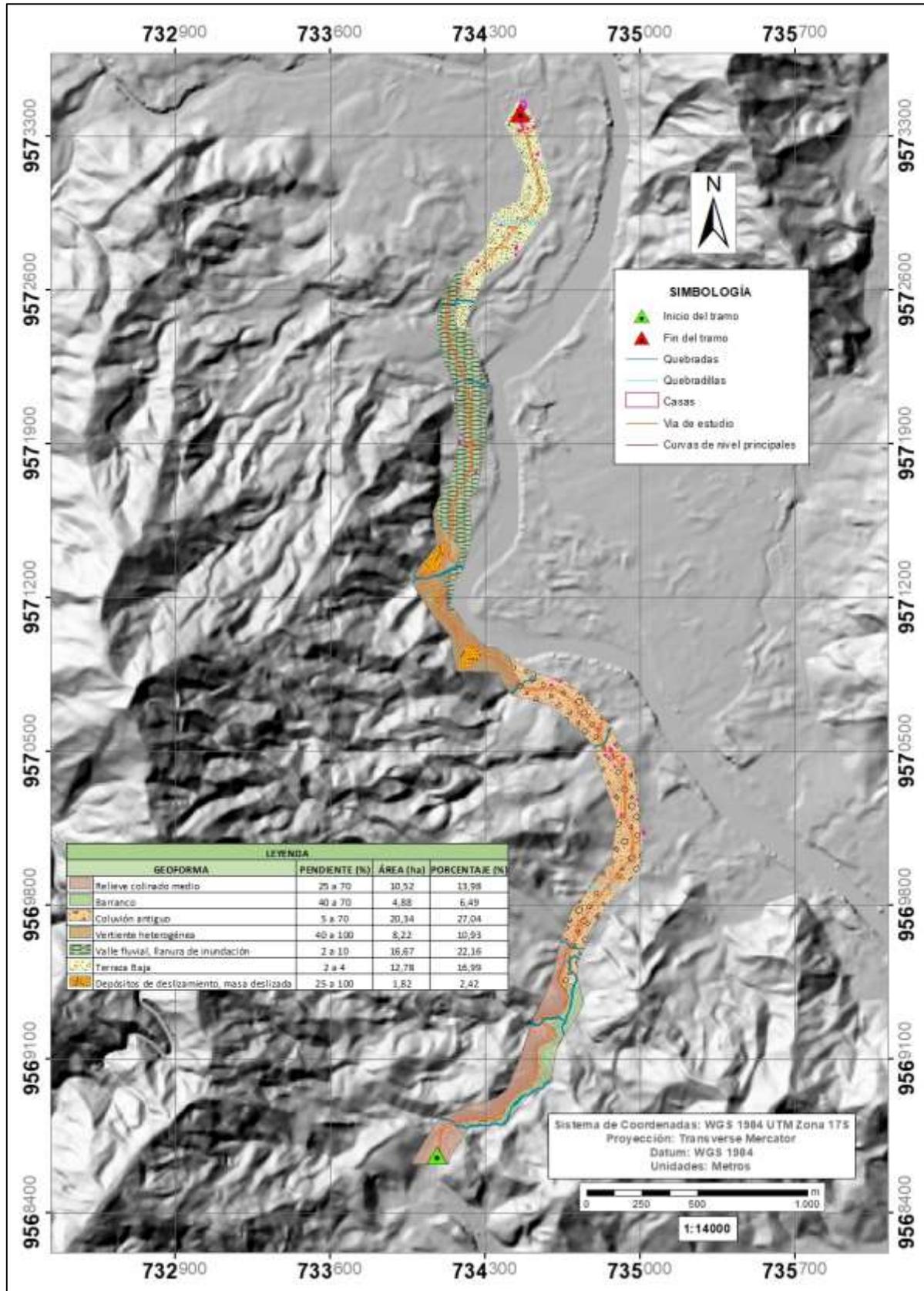


Figura 37. Geomorfología del área de estudio.

Fuente: Autora, 2022.

### **6.2.5.1 Relieve colinado medio.**

Estos relieves presentan cimas agudas o redondeadas, vertientes moderadamente largas a largas (de 50m a 500m) con formas rectilíneas, mixtas o irregulares y pendientes medias hasta fuertes (25 a 70%), con un desnivel relativo de entre 25 y 100m. Geológicamente, este tipo de relieve se ha desarrollado en rocas graníticas atribuidas al Complejo Intrusivo de Zamora. Esta geoforma se halló en las abscisas: 5+580-6+010 a ambos márgenes y 6+010-7+140 al margen izquierdo (ver Fotografía 12).



**Fotografía 12.** Vista panorámica de un relieve colinado muy alto ubicado en el tramo abs. 6+500.

**Fuente:** Autora, 2022.

### **6.2.5.2 Barranco.**

Esta geoforma es típica de los cursos altos de los ríos. Las pendientes transversales son mayoritariamente fuertes (de 40 a 70%), con formas de valle en V y ausencia generalizada de suelos. Los barrancos se presentan en todos los contextos morfológicos y su distribución no guarda ninguna relación con determinadas formaciones geológicas. Asimismo, este tipo de geoforma se la encontró en la abscisa 6+020 a 6+930 (ver Fotografía 13) al margen derecho de la vía, cubierta por abundante vegetación herbácea y arbustiva.



**Fotografía 13.** Vista panorámica de un barranco ubicado en la abs. 6+020-6+930.

**Fuente:** Autora, 2022.

### 6.2.5.3 Coluvión antiguo.

Esta geoforma presenta disección en la superficie y vegetación pionera bien desarrollada (pastizales). Se caracteriza por pendientes suaves a fuertes (5 a 70%), desniveles relativos muy variables desde 25 a 300 metros, vertientes moderadamente largas a muy largas (más de 50m) con formas predominantemente mixtas e irregulares. Los materiales se originan a partir de la erosión laminar, erosión hídrica y la pendiente; cuya combinación produce el transporte de materiales no consolidados desde la cima hasta la base de la ladera depositando suelos heterogéneos de diferentes tamaños y diferentes tipos de rocas. El material consiste en fragmentos angulares mal clasificados desde sedimentos hasta roca. Este tipo de geoforma se la encuentro en las abscisas: 7+140-8+670 a ambos márgenes de la vía (ver Fotografía 14).



**Fotografía 14.** Vista panorámica de Coluvión antiguo ubicado en el tramo abs. 7+140 – 8+670.

**Fuente:** Autora, 2022.

### 6.2.5.4 Vertiente heterogénea.

En uno de los contextos morfológicos en los que se emplaza este tipo de geoforma, son las vertientes homogéneas sobre granodioritas, pertenecientes al Batolito de Zamora. Se caracteriza por presentar pendientes fuertes a muy fuertes (de 40 a 100%), desniveles relativos predominantemente mayores a 200 metros y vertientes muy largas (más de 500m) con formas mixtas o irregulares. Esta vertiente se conforma de granitoides del Batolito de Zamora y diques de andesita-basáltica subverticales que intruyen al Batolito. Se pudo determinar este tipo de geoforma en el tramo abs. 8+670-9+530 (ver Fotografía 15) al margen izquierdo de la vía.



**Fotografía 15.** Vista panorámica de una vertiente heterogénea con fuerte disección ubicada en el tramo abs. 8+670-9+530.

**Fuente:** Autora, 2022.

#### **6.2.5.5 Valle fluvial, llanura de inundación.**

Esta geoforma se encuentra asociada al río Yacuambi, se caracteriza principalmente por la presencia de depósitos aluviales transportados y depositados por los canales fluviales, de granulometría muy diversa y con marcadas variaciones laterales y verticales de facies, dispuestas en franjas adyacentes al canal fluvial. Las pendientes que presenta son muy suaves de 2 a 10%. Su desarrollo se debe a que estos terrenos dan lugar a inundaciones en épocas de crecida. Esta geoforma se extiende en las abscisas: 9+530-10+730 a ambos márgenes (ver Fotografía 16).



**Fotografía 16.** Vista panorámica de un valle fluvial y canal fluvial ubicado en el tramo abs. 7+560-7+580.  
**Fuente:** Autora, 2022.

#### **6.2.5.6 Terraza baja.**

Es una franja plana que bordea al río Yacuambi, sujeta a inundaciones. Son relieves llanos con pendientes de 2 a 4%. Formado por depósitos cuaternarios de origen fluvial y aluvial no consolidados, constituidos con alto contenido de cantos y sedimentos arenosos. Son zonas no aptas para la agricultura. Forman parte de las llanuras de inundación. Este tipo de geoforma se pudo apreciar a partir de la abscisa 10+730 a 11+700 (ver Fotografía 17).



**Fotografía 17.** Vista panorámica de una terraza baja ubicada en el tramo abs. 10+730-11+700.  
**Fuente:** Autora, 2022.

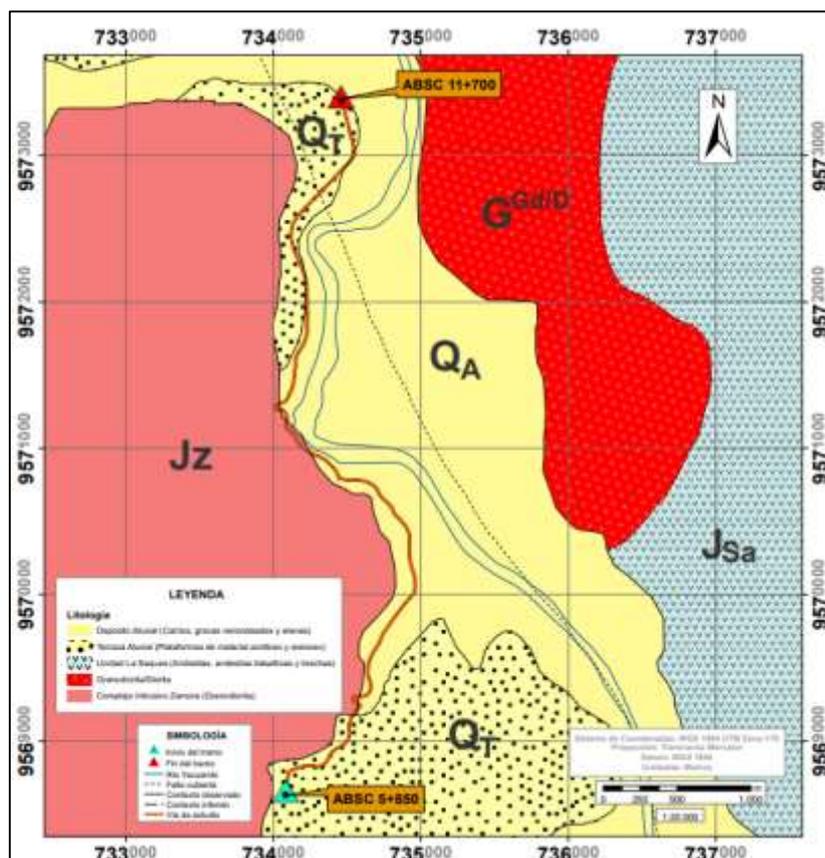
### 6.2.5.7 Depósitos de deslizamiento, masa deslizada.

El material se encuentra desplazado sobre una superficie de rotura, donde aún es posible apreciar la génesis del suelo. Se dan pequeños y grandes volúmenes de material. Algunos son relativamente antiguos. Las pendientes de los mismos varían de 25 a 100%. La identificación de esta geoforma se da más fácilmente en campo. Estas geoformas se apreciaron al margen izquierdo de la vía, en las siguientes abscisas: 6+220 a 6+245, 6+410 a 6+440, 8+870 a 8+990 y 9+330 a 9+520 (ver Fotografía 18).



**Fotografía 18.** Depósito de deslizamiento, identificado en la abs. 9+330 a 9+520.  
**Fuente:** La Autora, 2022.

### 6.2.6 Geología Regional.



**Figura 38.** Geología Regional del área de estudio modificada de la Hoja geológica Paquisha, Edición 2, perteneciente a la serie J62-G, Hoja 76, N° VI-E.

**Fuente:** (INIGEMM, 2017)

**Modificado por:** Autora, 2022.



La descripción geológica regional permitió conocer la litología presente en la zona de estudio. La descripción de este apartado se realizó a una escala regional a partir de la cartografía geológica preliminar de la hoja de Paquisha del INIGEMM 2017, Edición 2, perteneciente a la serie J62-G, Hoja 76, Ñ VI-E, a escala 1:100000 con una superficie de 2000 Km<sup>2</sup> (ver Figura 38).

El área de estudio se encuentra localizada dentro de: Depósito Aluvial ( $Q_A$ ), Terraza Aluvial ( $Q_T$ ), Complejo Intrusivo Zamora ( $J_z$ ), La Unidad La Saquea ( $J_{sa}$ ), y Granodiorita/Diorita ( $G^{Gd/D}$ ). Con la información obtenida del INIGEMM (2017). A continuación, se describe cada una de ellas:

#### **6.2.6.1 Depósitos Superficiales.**

**Terrazas Aluviales ( $Q_T$ ).** - Se ubican principalmente a lo largo del río Yacuambi, se trata de llanuras o plataformas sedimentarias, compuestas por material arcilloso y arenoso, que han quedado adosadas a los márgenes del valle en forma de escalón.

**Depósitos Aluviales ( $Q_A$ ).** - Los más importantes se encuentran en las riberas del río Yacuambi y en las quebradas principales. Consisten de cantos, gravas redondeados y arenas subredondeadas, es material transportado por los ríos y su composición depende de las unidades litológicas por donde atraviesa.

#### **6.2.6.2 Litoestratigrafía.**

**Unidad La Saquea ( $J_{sa}$ ).** - Se observan afloramientos a lo largo la vía La Saquea-Cumbaratza y en la vía La Saquea-Guaguayme. Litológicamente comprende andesitas, andesitas basálticas y brechas volcánicas de la misma composición intermedia-básica. Mineralógicamente las andesitas están compuestas de plagioclasa, anfíbol y piroxeno. En varios de los sectores indicados, las andesitas presentan alto magnetismo y alteración, se encuentran cloritizadas o silicificadas, con sulfuros diseminados y con la presencia de vesículas rellenas de carbonatos. Estas rocas son afectadas por la intrusión del Complejo Intrusivo Zamora, por lo que se observan xenolitos de andesitas dentro del intrusivo.

#### **6.2.6.3 Rocas Intrusivas.**

**Complejo Intrusivo Zamora ( $J_z$ ).** - Comprende granodioritas, su composición mineralógica característica es plagioclasa, anfíbol, piroxeno y cuarzo. Este batolito se encuentra meteorizado, y deleznable. En algunos lugares se presenta cortado por un gran número de diques volcánicos de andesitas-basálticas y por intrusivos más jóvenes de diferente composición. Su edad está entre 150 y 165Ma, y también se reporta una edad de 210Ma.



**Granodiorita-Diorita ( $G^{Gd/D}$ ).** - Son rocas intrusivas jóvenes que están afectando a secuencias plutónicas y volcánicas del Jurásico. Litológicamente va de granodioritas a dioritas. Las granodioritas presentan minerales de plagioclasa, anfíboles y cuarzo, las cuarzodioritas tienen una composición similar, pero con menor porcentaje de cuarzo. Al encontrarse afectando al volcanismo jurásico, se le atribuye al post-Jurásico.

### 6.2.7 Geología Local.

Dentro de la zona de estudio se identificó once afloramientos de tipo antrópicos y naturales, se describió cada uno de ellos con la respectiva ficha de afloramientos (ver Anexo 1), también se tomó muestras de mano para el reconocimiento macroscópico de las rocas (ver Anexo 3). A continuación, se indica la ubicación geográfica de los afloramientos:

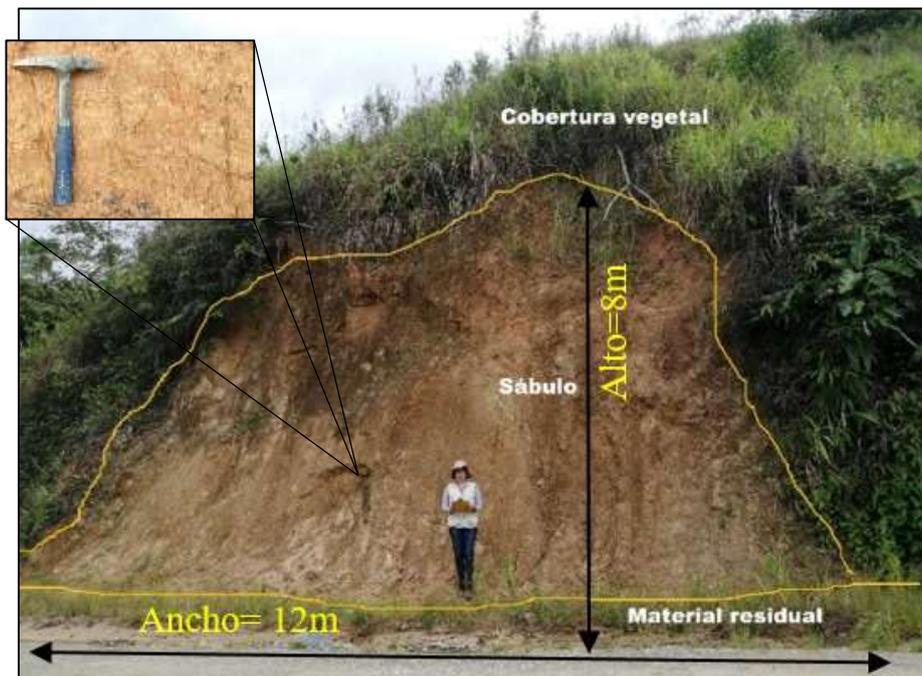
**Tabla 23.** Ubicación de afloramientos en coordenadas geográficas (UTM DATUM/ WGS84).

| UBICACIÓN<br>AFLORAMIENTOS | COORDENADAS |         | TIPO DE<br>AFLORAMIENTO |
|----------------------------|-------------|---------|-------------------------|
|                            | ESTE        | NORTE   |                         |
| Afloramiento 1             | 734182      | 9568814 | ANTRÓPICO               |
| Afloramiento 2             | 734304      | 9568825 | ANTRÓPICO               |
| Afloramiento 3             | 734553      | 9569266 | NATURAL                 |
| Afloramiento 4             | 734587      | 9569304 | ANTRÓPICO               |
| Afloramiento 5             | 734817      | 9570560 | ANTRÓPICO               |
| Afloramiento 6             | 734486      | 9570786 | ANTRÓPICO               |
| Afloramiento 7             | 734449      | 9570801 | NATURAL                 |
| Afloramiento 8             | 734438      | 9570834 | ANTRÓPICO               |
| Afloramiento 9             | 734168      | 9571033 | ANTRÓPICO               |
| Afloramiento 10            | 734261      | 9571908 | NATURAL                 |
| Afloramiento 11            | 734487      | 9572929 | NATURAL                 |

Fuente: Autora, 2022.

La vía en estudio se encuentra dentro del Complejo Intrusivo de Zamora, constituido de granodiorita. Este batolito se encuentra meteorizado y deleznable, en forma de sábulo. En algunos lugares sobresalen diques volcánicos de andesitas basálticas. Así mismo, por la vía pasan una serie de quebradas que se conectan con el río Yacuambi, de manera que se encontró depósitos superficiales como: depósitos coluvio-aluviales, depósitos aluviales y terrazas aluviales. A continuación, se da una descripción de la litología encontrada en campo que afirma lo descrito:

### 6.2.7.1 Sábulo.



**Fotografía 19.** Afloramiento de granodiorita disgregada en forma de sábulo.

**Fuente:** Autora, 2022.

El sábulo se da producto de la meteorización de la granodiorita perteneciente al Batolito de Zamora. En el proceso de hidrólisis, interviene el agua como reactivo, transformando los feldspatos en arcillas, convirtiendo la granodiorita en un material arenoso y poco consistente denominado sábulo, que se erosiona fácilmente. Mientras más meteorización, más erosión, por eso es evidente el origen de deslizamientos en este tipo de material. Se pudo observar este material en campo como un suelo areno limoso con una matriz arcillosa, con una coloración de café claro a rojiza en las siguientes abscisas: 5+850 a 7+120, 8+680 a 8+990 y 9+110 a 9+710 (ver Fotografía 19).

### 6.2.7.2 Diques de andesita basáltica.



a)



b)



c)

**Fotografía 20.** a) Afloramiento del dique de andesita basáltica que atraviesa a la granodiorita en la abs. 8+990 a 9+040; b) Contacto litológico del dique de andesita basáltica con la granodiorita ubicado en la abs. 8+990 a 9+040; c) Dique de andesita basáltica de 3 a 5cm de ancho ubicado en la abs. 9+250 a 9+310.

**Fuente:** Autora, 2022.

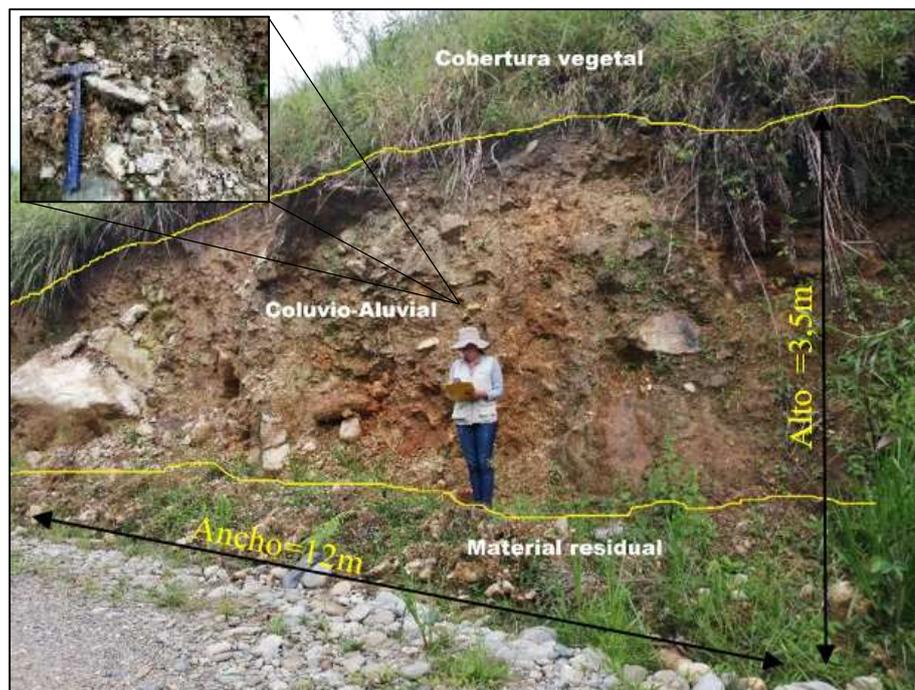
En la Fotografía 20.a), se observa un dique de andesita basáltica, el cual atraviesa a la granodiorita en forma de cuerpo rocoso, el cual presenta una tonalidad gris oscura, un espesor aproximado de 50m, una longitud kilométrica, un rumbo N66°E, y un buzamiento de 85°SE. A la derecha de este dique se aprecia a la roca de granodiorita, a la izquierda se encuentra a la misma meteorizada y erosionada en forma de sábulo. Sin embargo, la mayoría de esta estructura está cubierta por vegetación lo que impide apreciar la forma tabular del dique ubicado en la abscisa 8+990 a 9+040.

En la Fotografía 20. b), al lado derecho se aprecia la granodiorita de un color café amarillento; el mismo es una roca ígnea intrusiva con textura fanerítica; representada con 90% de fenocristales y 10% de matriz; de grano medio (cristales de 1mm a 5mm); formada

principalmente por plagioclasas (ricas en sodio); además de cuarzo, anfíbol (hornblenda), biotita, moscovita y feldespatos potásicos; los granos presentan una forma subhedral. Así mismo, al lado izquierdo se observa a la andesita basáltica con una coloración gris oscura de grano fino ( $< 1\text{mm}$ ), con una textura afanítica, a pesar de que la andesita se considera como una roca extrusiva o ígnea volcánica, en este caso tiene un origen intrusivo a manera de roca subvolcánica, ya que está formando una estructura que se conoce como dique. La forma de los granos son subhedrales; tiene 0% de fenocristales y 100% de matriz; mineralógicamente está compuesta principalmente por plagioclasas ricas en calcio, anfíbol (hornblenda); y minerales accesorios de piroxeno, cuarzo y olivino; el color gris se debe a la alta cantidad de minerales ferromagnesianos presentes en este tipo de roca de composición máfica que conserva las características de una andesita (ver Anexo 3. Fichas de descripción macroscópica de rocas ígneas).

En la Fotografía 20.c), se aprecia un dique de andesita basáltica de 3 a 5cm de ancho y longitud kilométrica. En la abs. 9+250 a 9+310, existen una serie de diques, con las mismas características, que están atravesando a la granodiorita muy alterada (sábulo).

#### **6.2.7.1 Depósitos coluvio-aluviales.**



**Fotografía 21. a)** Afloramiento de material coluvio-aluviales (abs. 7+130-8+660).

**Fuente:** Autora, 2022.

Es un material que se origina a partir del aporte de sedimentos coluviales de la vertiente por acción de la gravedad y por el depósito de detritos transportados por el drenaje de las quebradas. Se observó clastos redondeados y angulosos de andesita basáltica, granodiorita y granito, así mismo se encontró bloques de andesita de tamaños que van de centimétricos

a métricos envueltos en una matriz arenalimosa-guijarrosa y materia orgánica. Sujeto a cambios de volumen de material, ya sea por aporte de materiales nuevos o erosión de los ya existentes, durante el aumento de caudal del drenaje o por inundaciones. Este tipo de depósito se halla en la abs. 7+130 a 8+660.

#### 6.2.7.1 Depósitos aluviales.



**Fotografía 22.** Depósito aluvial en la abs. 10+225-10+275.

**Fuente:** Autora, 2022.

Estos depósitos se ubican a lo largo de todo el tramo de la vía en la ribera de las diferentes quebradas existentes. Son depósitos poco consolidados formados con guijarros, cantos rodados, de formas muy variadas desde subangulosas a muy redondeadas, de tamaños centimétricos, con la presencia de clastos de andesita, basalto, granito, granodiorita, andesita-basáltica. Se aprecia una matriz areno-arcillosa de color café de tonalidad clara. Se debe mencionar que estos depósitos vienen a formar las terrazas aluviales en la tercera parte de la vía.

### 6.2.7.2 Terrazas aluviales.



a)



b)

**Fotografía 23.** a) Terraza aluvial (abs. 9+720 a 11+700); b) Presencia de clastos redondeados y muy redondeados de gravas con tamaños centimétricos, arenas y arcillas.

**Fuente:** Autora, 2022.

Estas terrazas se ubican generalmente a lo largo del río Yacuambi, se las observa en los dos últimos kilómetros de la vía en estudio. Se forman en una zona donde la pendiente del terreno disminuye dando paso a la deposición de sedimentos en los laterales del cauce del río, donde su capacidad de arrastre es menor (ver figura Fotografía 23. a)). Se conforma de materiales de clastos redondeados y muy redondeados de gravas con distintos orígenes principalmente ígneo como: granitos, granodioritas, andesitas y andesitas-basálticas de diferentes tamaños centimétricos. Además, presenta materiales finos intermedios, tales como arena y arcilla (ver Fotografía 23. b)).

A continuación, se observa el mapa geológico local del área de estudio (escala 1:1000), con sus respectivos cortes geológicos (ver Figura 39, Figura 40 y Figura 41).

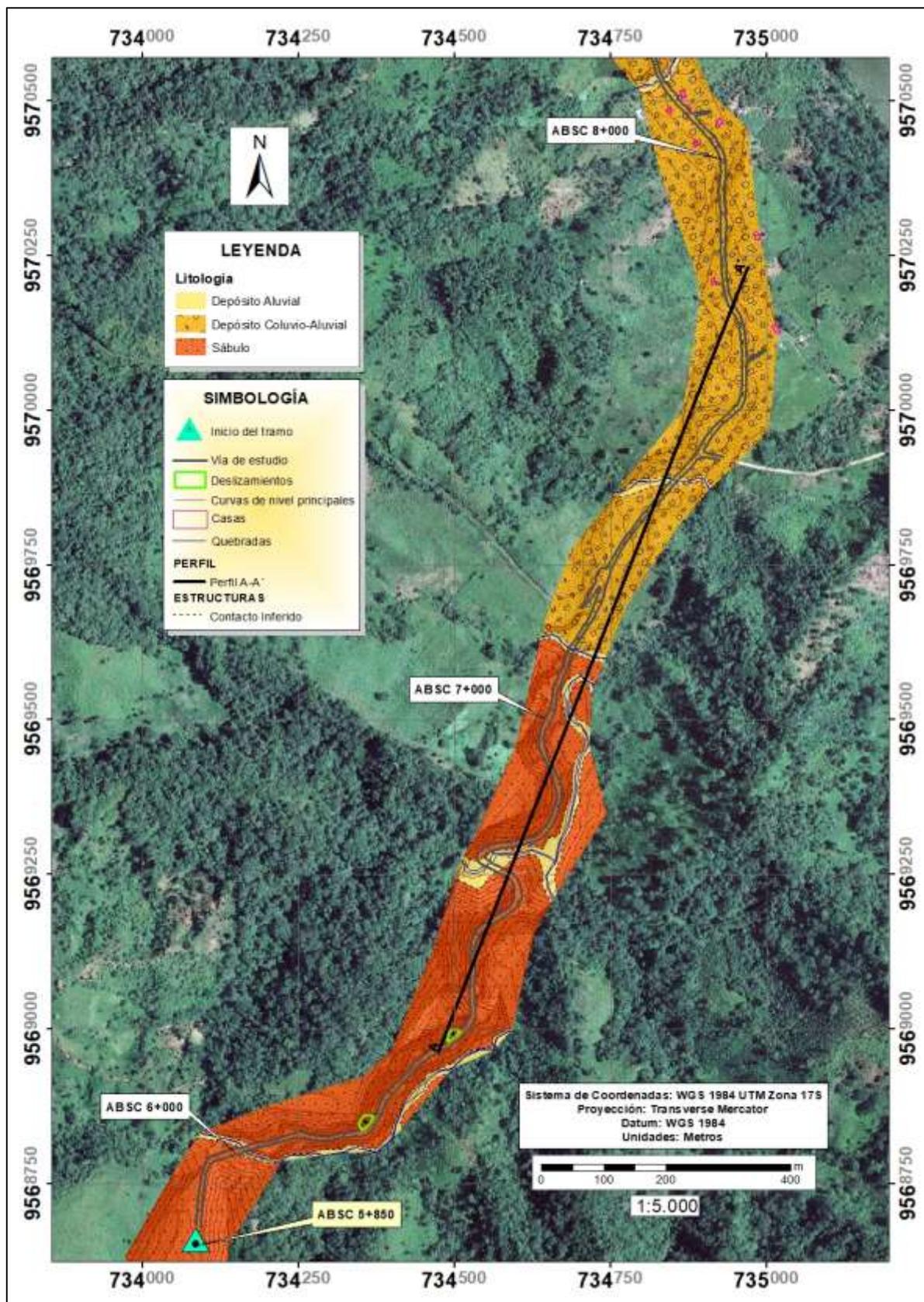


Figura 39. Geología local de estudio de la abs. 5+850 a 8+000.

Fuente: Autora, 2022.

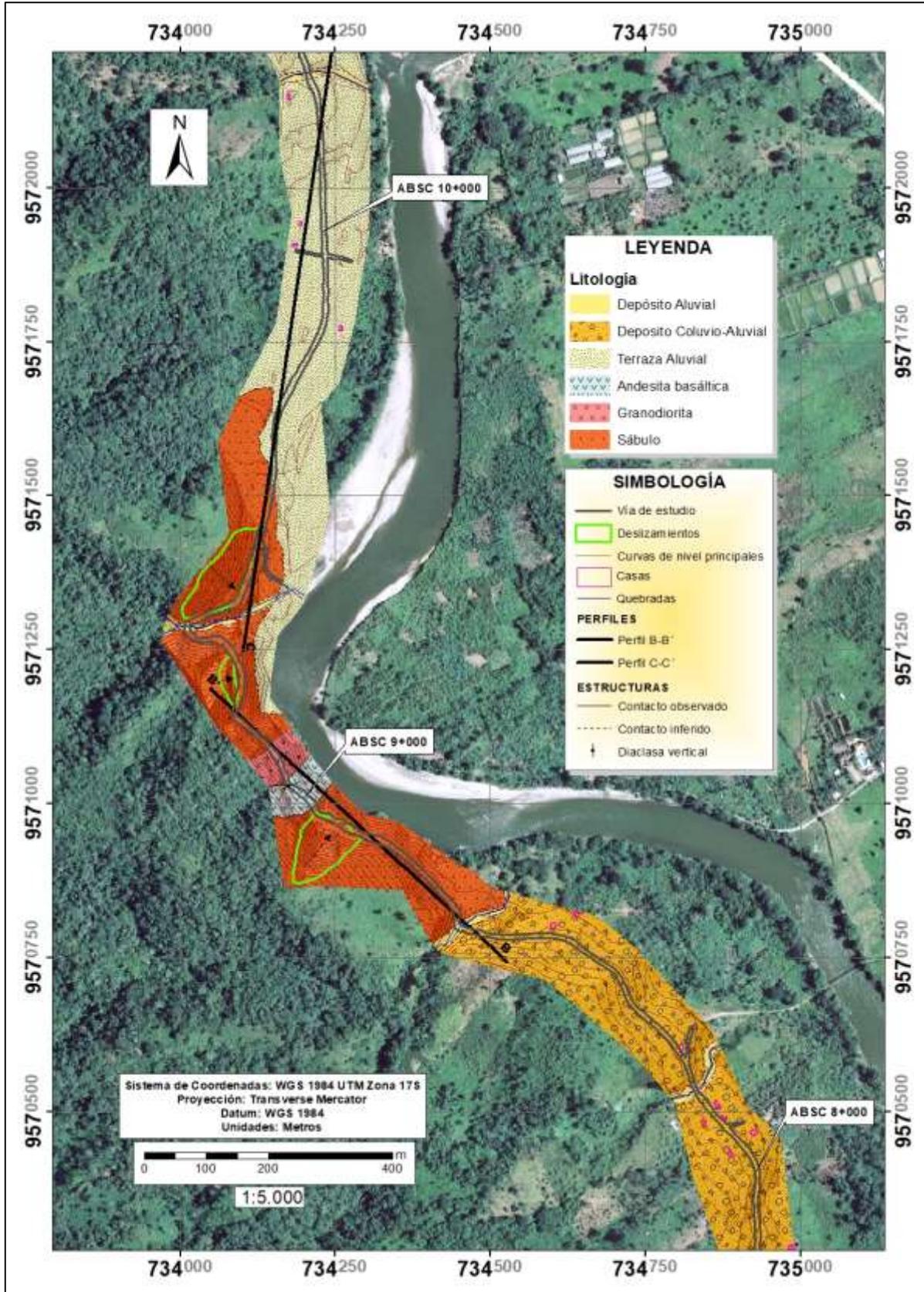


Figura 40. Geología local de estudio de la abs. 8+000 a 10+000.

Fuente: Autora, 2022.

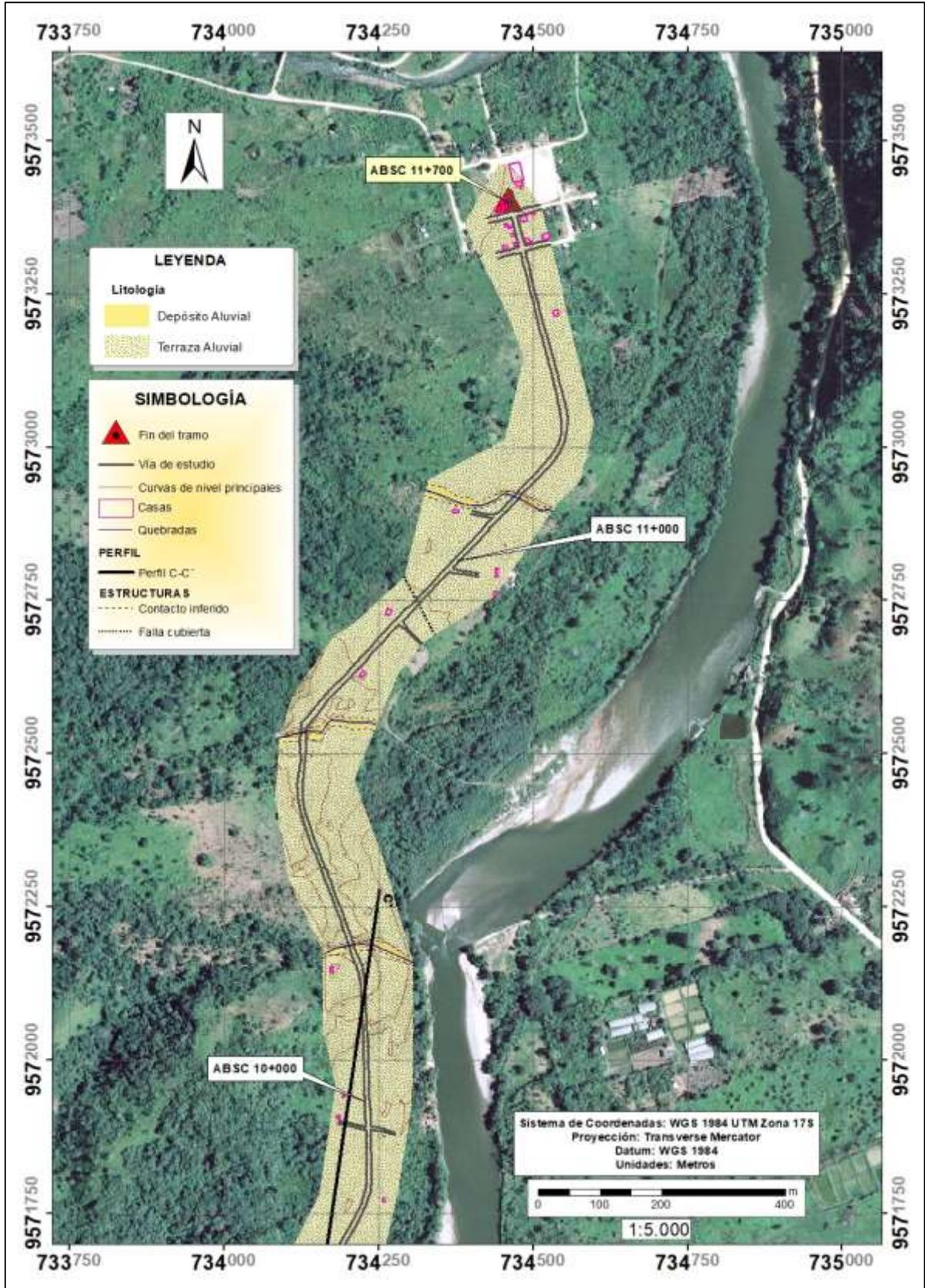


Figura 41. Geología local de estudio de la abs. 10+000 a 11+700.

Fuente: Autora, 2022.

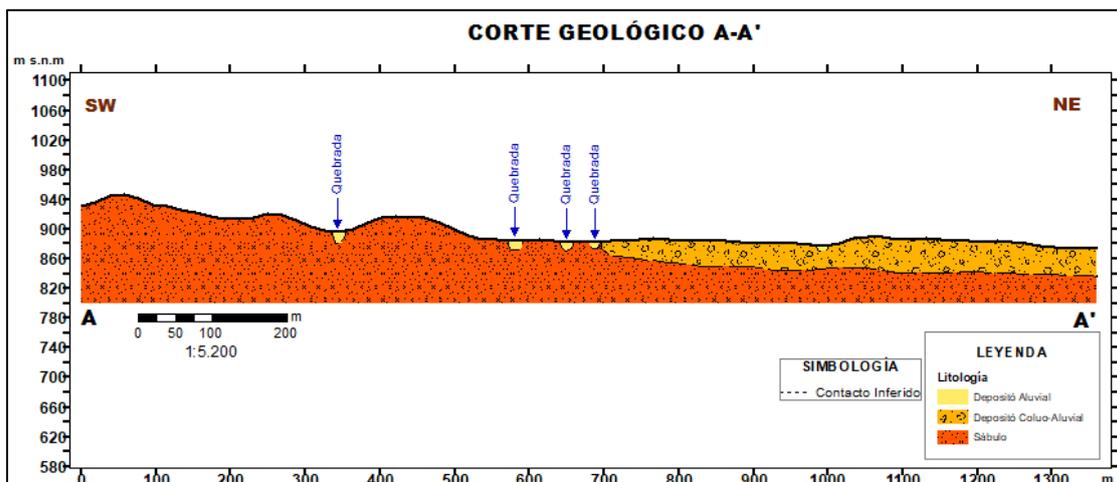


Figura 42. Corte geológico A-A'.  
Fuente: Autora, 2022.

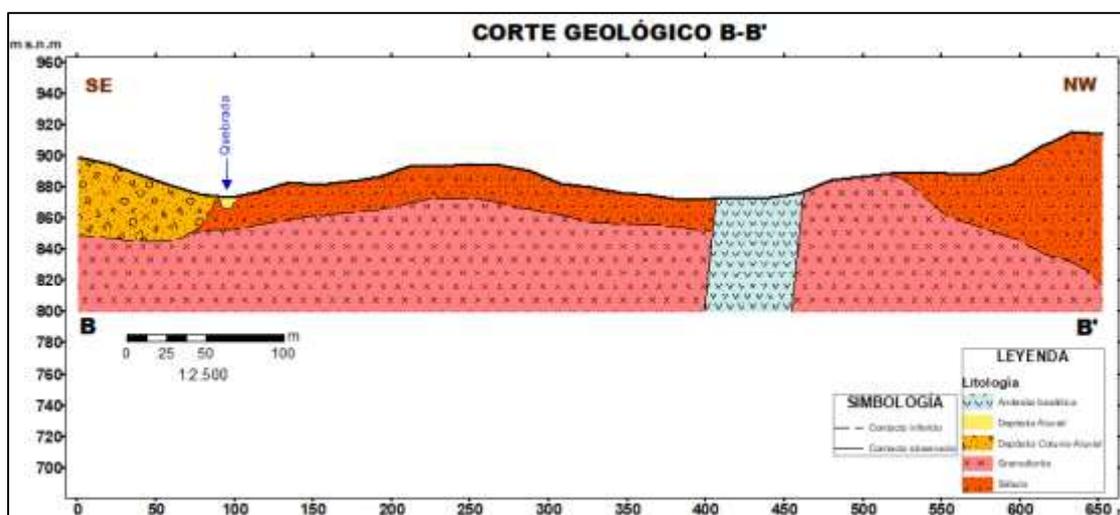


Figura 43. Corte geológico B-B'.  
Fuente: Autora, 2022.

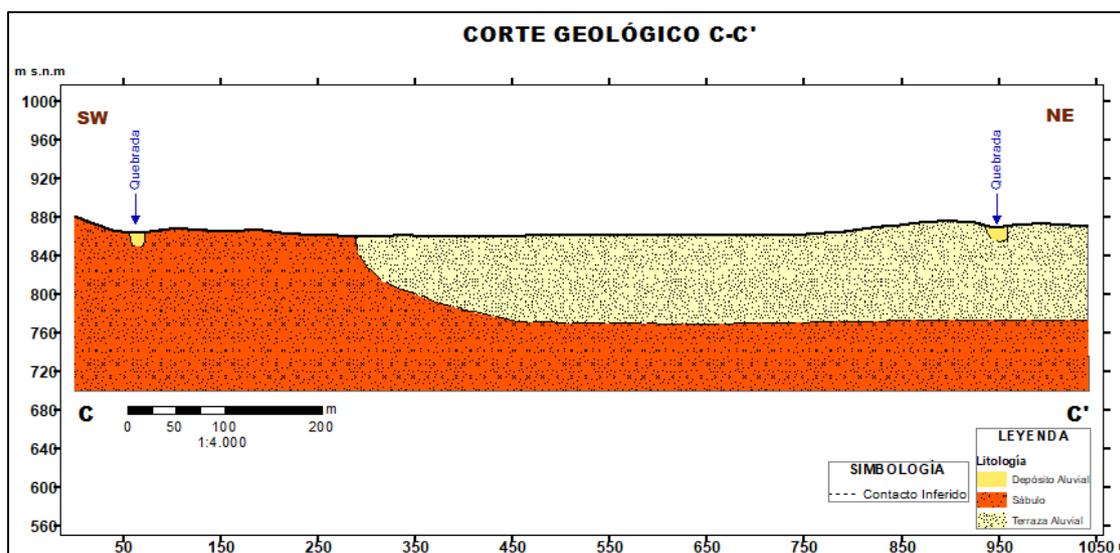


Figura 44. Corte geológico C-C'.  
Fuente: Autora, 2022.

## 6.2.8 Geología Estructural.

### 6.2.8.1 Falla cubierta.

El neotectónismo que afecta a las rocas o sedimentos recientes en ocasiones se observa en fotografías aéreas. Mediante la fotointerpretación de seis ortofotos con los siguientes códigos: XVI-E3a-C4, XVI-E3a-F2, XVI-E3a-F4, XVI-E3b-A3, XVI-E3b-D1 y XVI-E3b-D3, se observó la existencia de ocho evidencias que están asociadas a una falla cubierta por sedimentos cuaternarios recientes (ver Figura 45). Las evidencias encontradas a ambos lados de la zona donde se sospecha la ubicación de la falla, indican la presencia de la misma. Dicha falla cubierta tiene una extensión kilométrica, los lineamientos observados a gran escala definen una orientación preferente al N-NW. En campo, no se ha podido observar dicha falla debido a la existencia de gran cobertura vegetal como: hierba, matorrales y árboles, propios de la zona. Es necesario recalcar que la falla cubierta y las evidencias encontradas, no afectan directamente a la vía de estudio, sin embargo, se consideró importante tomarlas en cuenta al momento de realizar el análisis estructural. A continuación, se describe lo identificado:

- **Evidencia 1.** Facetas triangulares. - Estructuras geomorfológicas que indican la presencia y el desplazamiento de la falla, generalmente son triangulares, aunque una de ellas esta erosionada parcialmente, pero se denota su presencia. La zona rayada con la vegetación es producto del desplazamiento de la falla.
- **Evidencia 2.** Grieta o fisura. - Grieta localizada, por el ancho de la misma puede indicar una falla normal reciente.
- **Evidencia 3.** La alineación de la topografía, además de la presencia de densidad de vegetación, indican un posible escarpe de falla.
- **Evidencia 4.** Falla con exposición de escarpe. - Se denota una anomalía topográfica, alineación de la misma. Además, se observa un desnivel del mismo, donde se expone la superficie o escarpe de la falla.
- **Evidencia 5.** Alineación geomorfológica, indicativo de falla con exposición del escarpe de falla poco pronunciado, puede observarse hundimiento producto del mismo movimiento de la falla.
- **Evidencia 6.** Alineaciones sub-paralelas. - Estas alineaciones sub-paralelas pueden indicar un sistema de fallas escalonado que está cubierto por la vegetación.
- **Evidencia 7.** Presencia de colinas. - Estos pequeños altos topográficos que sobresalen de una superficie plana, puede indicar movimientos compresionales en el subsuelo producto del movimiento de una falla emergente o fosilizada por sedimentos recientes (depósitos aluviales o coluviales).

- **Evidencia 8.** Exposición de escarpe de falla. - La estructura indica la exposición de un escarpe de falla normal, donde se evidencia zonas de color claro a la izquierda de la estructura.

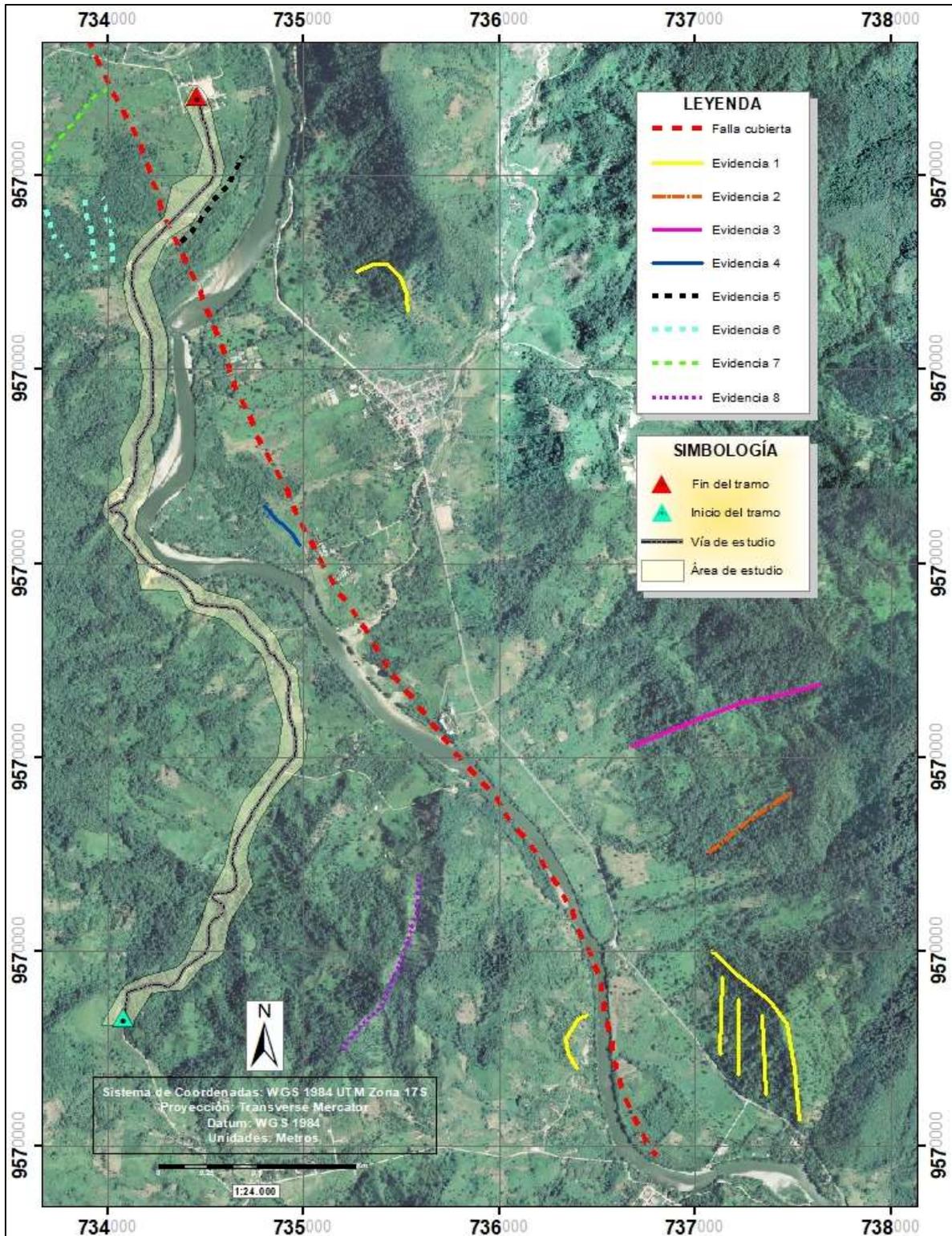


Figura 45. Evidencias relacionadas con la falla cubierta, identificadas mediante fotointerpretación.

Fuente: Autora, 2022.

### 6.2.8.2 Contacto entre la andesita-basáltica y la granodiorita.

Cómo se mencionó anteriormente, se observó en la abs. 8+995 a 9+040 (ver Fotografía 20.a)) la presencia de un dique de andesita basáltica (tono oscuro), un tipo de roca ígnea de textura afanítica perteneciente a la Unidad La Saquea, en contacto con la granodiorita (tono claro) de textura fanerítica perteneciente al Complejo Intrusivo Zamora, dejando en evidencia un contacto irregular sinuoso (forma de curva) entre la andesita-basáltica y la granodiorita, cuyos datos estructurales son  $N66^{\circ}E/85^{\circ}SE$ . En la andesita-basáltica se evidenció la presencia de diaclasas, posiblemente resultado de esfuerzos tectónicos, generando así fracturas naturales, donde se tiene tres familias de diaclasas paralelas o subparalelas, que se intersecan formando así un sistema de diaclasas (ver Fotografía 29).

### 6.2.9 Deslizamientos.

#### 6.2.9.1 Características Foto-Geológicas.

Mediante la fotointerpretación se identificó dos deslizamientos de grandes proporciones, según lo observado en las fotografías satelitales de SIGTIERRAS (año 2010-2011), con el paso del tiempo van aumentando sus dimensiones, ocasionando daños a la vía (obstrucción vehicular) cuando se desliza el material. Estos se activan por factores climáticos, siendo la lluvia el principal factor desencadenante de los deslizamientos.



Figura 46. Deslizamiento identificado en la abs. 8+870 a 8+980.

Fuente: Autora, 2022.

En el tramo 8+890 a 8+970 (Figura 46), se evidenció en la fotografía satelital un deslizamiento de gran dimensión, el mismo se encuentra activo desde el año 2010 hasta la actualidad.



**Figura 47.** Deslizamiento identificado en la abs. 9+340 a 9+490.

**Fuente:** Autora, 2022.

Asimismo, en el tramo 9+330 a 9+520 (Figura 47) se observó otro deslizamiento de gran magnitud, el cual sigue siendo activo en la actualidad según lo observado en campo. Más adelante se describió a detalle cada uno de los deslizamientos encontrados.

#### **6.2.9.2 Inventario de deslizamientos.**

En la zona de estudio se identificó cuatro deslizamientos. En la Tabla 24 y en la Figura 48 se detalla la ubicación geográfica de los mismos.

Más adelante se calculó los parámetros morfométricos de cada uno de los deslizamientos, para ello fue necesario simular el estado anterior de los deslizamientos en el software Slide v6.0, con un modelamiento previo en el software Civil 3D v.2021, dicha simulación es conocida como retrocálculo, de acuerdo a Arellano, Bielefeldt y Correa (2017), y para ello se tomó en consideración la topografía. Una vez adquirida esta información, se pudo obtener el volumen de los deslizamientos después de la falla, medido en metros cúbicos a partir de la fórmula 15:

$$Vol_{des} = \left( \frac{1}{6} \pi D_r * W_r * L_r \right) F_{ex}$$

Teniendo en cuenta la siguiente consideración: el factor de expansión del suelo al ser perturbado ( $F_{ex}$ ) es comúnmente de 1.25 a 1.30 (Suárez Días, 2009). Razón por la que se usó un valor intermedio de  $F_{ex}$  igual a 1.28.

Tabla 24. Inventario de deslizamientos.

| CODIGO | UBICACIÓN |         |     | ABSC.         | TIPO DE MOV. | VOLUMEN DEL DESLIZAMIENTO (m <sup>3</sup> ) |
|--------|-----------|---------|-----|---------------|--------------|---|
|        | x         | Y       | z   |               |              |   |
| D-1    | 734373    | 9568847 | 947 | 6+220 a 6+245 | Rotacional   | 1430.49                                     |
| D-2    | 734506    | 9568989 | 931 | 6+410 a 6+440 | Rotacional   | 1667.79                                     |
| D-3    | 734289    | 9570963 | 900 | 8+870 a 8+990 | Rotacional   | 141537.64                                   |
| D-4    | 734084    | 9571327 | 871 | 9+330 a 9+520 | Rotacional   | 109311.64                                   |

Fuente: Autora, 2022.

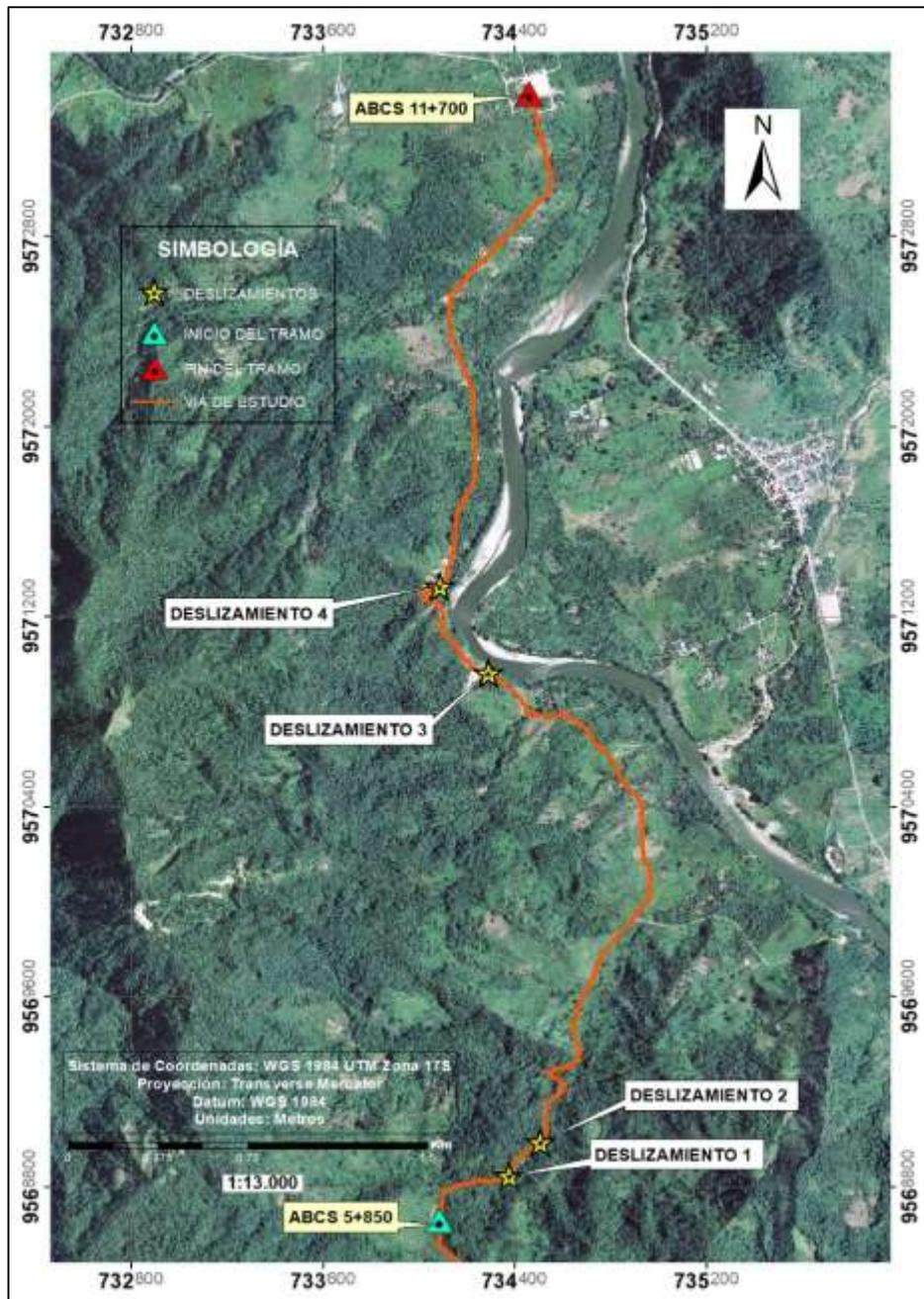


Figura 48. Ubicación geográfica de los deslizamientos.

Fuente: Autora, 2022.

A continuación, se describe las características de cada uno de los cuatro deslizamientos identificados en campo. La información se levantó con ayuda de fichas de deslizamientos (ver Anexo 2).

- **Deslizamiento Nro. 1.**



**Fotografía 24.** Deslizamiento identificado en la abs. 6+220 a 6+245, constituido de sábulo.

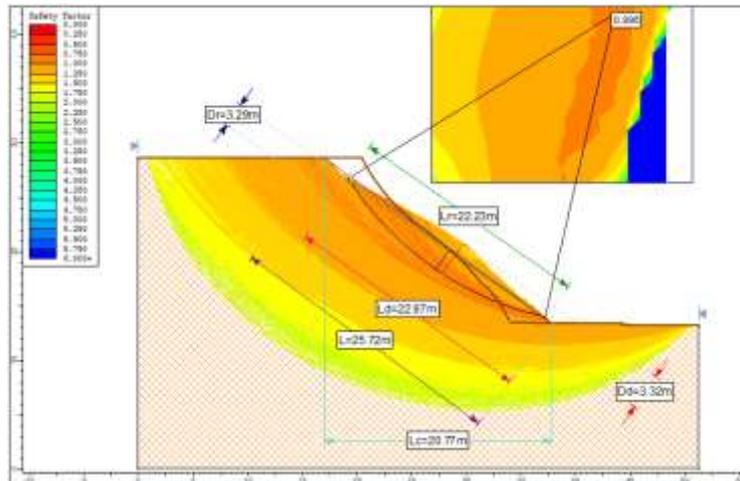
**Fuente:** La Autora, 2022.

En el deslizamiento ubicado en la abs. 6+220 – 6+245 (Fotografía 24) se tiene material de tipo sábulo, roca meteorizada (granodiorita) a tal grado que constituye una masa de suelo areno limoso con una matriz arcillosa, de una coloración café rojiza.

El deslizamiento es de origen natural; su superficie tiene una cubierta vegetal total (matorrales); presenta un escarpe principal bien evidente; un pie de movimiento multi-amontonado; sus márgenes son parcialmente evidentes; y su superficie está ligeramente húmeda. Sus dimensiones son de 25.59m de ancho y 13.88m de alto, con 124° de azimut. La causa principal del deslizamiento se debe a la saturación del sábulo producto de las lluvias y su posterior erosión.

- **Parámetros morfométricos.**

Los desplazamientos rotacionales generalmente tienen una relación  $D_r/L_r$  entre 0.15 y 0.33 donde:  $D_r$  es la profundidad de la superficie de falla y  $L_r$  la longitud de la superficie de falla (Skempton y Hutchinson, 1969). En este caso se tiene una relación de 0.15, por lo tanto, es un deslizamiento de tipo rotacional, donde su superficie de rotura se presenta cóncava en forma de "cuchara". A continuación, se presenta los parámetros morfométricos (ver Figura 49 y Tabla 25) del deslizamiento uno:



**Figura 49.** Parámetros morfológicos del deslizamiento Nro. 1.  
Fuente: La Autora, 2022.

**Tabla 25.** Parámetros morfológicos del deslizamiento Nro. 1.

| PARÁMETRO                                  | UNIDAD     | RESULTADO |
|--|------------|-----------|
| Ancho de la masa desplazada (Wd)           | m          | 24.83     |
| Ancho de la superficie de falla (Wr)       | m          | 28.92     |
| Longitud de la masa desplazada (Ld)        | m          | 22.97     |
| Longitud de la superficie de falla (Lr)    | m          | 22.23     |
| Profundidad de la masa desplazada (Dd)     | m          | 3.29      |
| Profundidad de la superficie de falla (Dr) | m          | 3.32      |
| Longitud total (L)                         | m          | 25.72     |
| Longitud de la línea central (Lc)          | m          | 20.77     |
| Relación Dr/Lr                             | -          | 0.15      |
| Tipo de deslizamiento                      | Rotacional |           |

Fuente: Autora, 2022.

- **Deslizamiento Nro. 2.**



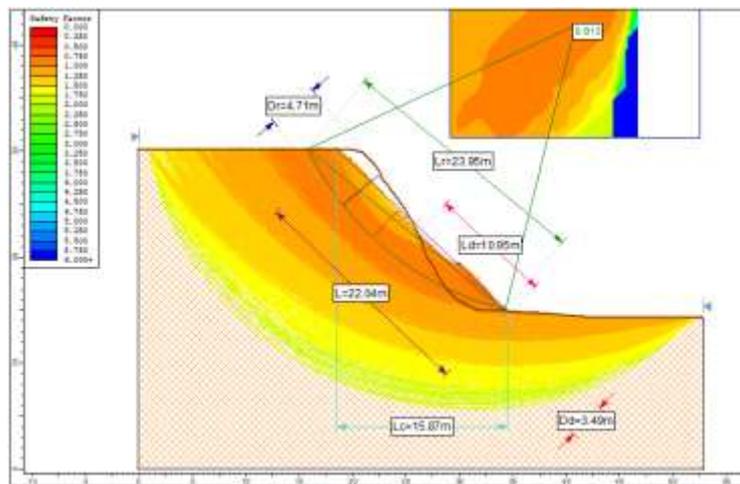
**Fotografía 25.** Deslizamiento identificado en la abs. 6+410 a 6+440, constituido de sábulo.  
Fuente: La Autora, 2022.

En el deslizamiento ubicado en la abs. 6+410 – 6+440 (Fotografía 25) se tiene material de tipo sábulo, de una coloración café rojizo claro. Su origen es natural; su superficie tiene una

cubierta vegetal total (matorrales); un escarpe principal no evidente; un pie de movimiento multi-amontonado; sus márgenes son parcialmente evidentes; y su superficie está ligeramente húmeda. Sus dimensiones son de 27.34m de ancho y 16m de alto, con 132° de azimut. El deslizamiento se da por la saturación del sábulo después de las lluvias y erosión del mismo.

- **Parámetros morfométricos.**

En este caso se tiene una relación  $D_r/L_r$  de 0.19, por lo tanto, es un deslizamiento de tipo rotacional. A continuación, se presenta los parámetros morfométricos (ver Figura 50 y Tabla 26) del deslizamiento dos:



**Figura 50.** Parámetros morfométricos del deslizamiento Nro. 2.  
Fuente: La Autora, 2022.

**Tabla 26.** Parámetros morfométricos del deslizamiento Nro. 2.

| PARÁMETRO                                       | UNIDAD     | RESULTADO |
|---|------------|-----------|
| Ancho de la masa desplazada ( $W_d$ )           | m          | 19.72     |
| Ancho de la superficie de falla ( $W_r$ )       | m          | 22.06     |
| Longitud de la masa desplazada ( $L_d$ )        | m          | 10.95     |
| Longitud de la superficie de falla ( $L_r$ )    | m          | 23.95     |
| Profundidad de la masa desplazada ( $D_d$ )     | m          | 3.49      |
| Profundidad de la superficie de falla ( $D_r$ ) | m          | 4.71      |
| Longitud total ( $L$ )                          | m          | 22.04     |
| Longitud de la línea central ( $L_c$ )          | m          | 15.87     |
| Relación $D_r/L_r$                              | -          | 0.19      |
| Tipo de deslizamiento                           | Rotacional |           |

Fuente: Autora, 2022.

- **Deslizamiento Nro. 3.**



**Fotografía 26.** Deslizamiento identificado en la abs. 8+890 a 8+990, constituido de sábulo.

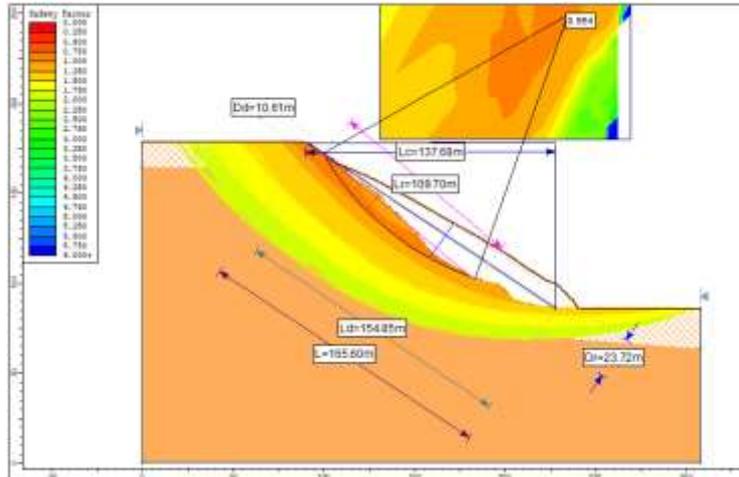
**Fuente:** La Autora, 2022.

En el deslizamiento ubicado en la abs. 8+890 – 8+990 (Fotografía 26) se tiene material de tipo sábulo, el cual constituye una masa de suelo areno limoso con una matriz arcillosa donde todavía se pueden ver estructuras de la roca original (granodiorita), el material presenta una coloración café clara.

El deslizamiento es de origen antrópico; se encuentra cubierto por matorrales y arbustos en la parte superior; tiene un escarpe principal bien evidente; un pie de movimiento multi-amontonado; sus márgenes son parcialmente evidentes; y su superficie está húmeda. Su tamaño es bastante considerable, con dimensiones de 92.54m de altura y 88.08m de ancho, con 15° de azimut. Asimismo, a causa de las fuertes lluvias se da la formación de corrientes de agua en la superficie, generando la saturación y erosión del material.

- **Parámetros morfométricos.**

El deslizamiento es de tipo rotacional debido a que la superficie de falla tiene forma curva o de cuchara, y el movimiento del deslizamiento es más o menos de rotación alrededor del eje que es paralelo al contorno de la ladera. Se obtuvo una relación  $D_r/L_r$  de 0.21, dando un deslizamiento rotacional, de acuerdo a Skempton y Hutchinson (1969). A continuación, se presenta los parámetros morfométricos (ver Figura 51 y Tabla 27) del deslizamiento tres:



**Figura 51.** Parámetros morfológicos del deslizamiento Nro. 3.  
Fuente: La Autora, 2022.

**Tabla 27.** Parámetros morfológicos del deslizamiento Nro. 3.

| PARÁMETRO                                  | UNIDAD     | RESULTADO |
|--|------------|-----------|
| Ancho de la masa desplazada (Wd)           | m          | 75.74     |
| Ancho de la superficie de falla (Wr)       | m          | 81.16     |
| Longitud de la masa desplazada (Ld)        | m          | 154.85    |
| Longitud de la superficie de falla (Lr)    | m          | 109.70    |
| Profundidad de la masa desplazada (Dd)     | m          | 10.61     |
| Profundidad de la superficie de falla (Dr) | m          | 23.72     |
| Longitud total (L)                         | m          | 165.60    |
| Longitud de la línea central (Lc)          | m          | 137.68    |
| Relación Dr/Lr                             | -          | 0.21      |
| Tipo de deslizamiento                      | Rotacional |           |

Fuente: Autora, 2022.

- **Deslizamiento Nro. 4.**



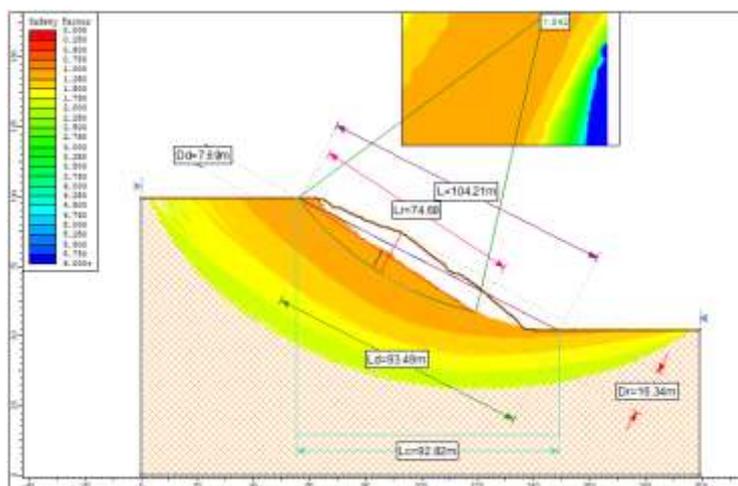
**Fotografía 27.** Deslizamiento identificado en la abs. 9+330 a 9+520, constituido de sábulo.

Fuente: La Autora, 2022.

En el deslizamiento ubicado en la abs. 9+330 a 9+520 (Fotografía 27) se encuentra material meteorizado de granodiorita conocido como sábulo de coloración café rojizo; su origen es antrópico; cubierto por matorrales y arbustos en la parte superior; tiene un escarpe principal parcialmente bien evidente; un pie de movimiento multi-amontonado; sus márgenes son evidentes; y su superficie está ligeramente húmeda. Sus dimensiones son de 43.73m de altura y 143.67m de ancho, con un azimut de 140°. El deslizamiento se ve afectado directamente por la presencia de agua tras altas precipitaciones, en combinación con el tipo de suelo se fomenta la meteorización y se ve favorecido el proceso de erosión. Sin embargo, en tiempos de sequía se forman cárcavas, se pudo apreciar que estas se encuentran paralelas entre sí, con una profundidad y ancho menores a 1m, formando así cárcavas pequeñas.

- **Parámetros morfométricos.**

Este deslizamiento tiene una relación  $D_r/L_r$  de 0.15, por lo tanto, es un deslizamiento de tipo rotacional que forma una superficie de rotura curva. A continuación, se presenta los parámetros morfométricos (ver Figura 52 y Tabla 28) del deslizamiento cinco:



**Figura 52.** Parámetros morfométricos del deslizamiento Nro. 2.

Fuente: La Autora, 2022.

**Tabla 28.** Parámetros morfométricos del deslizamiento Nro. 5.

| PARÁMETRO                                  | UNIDAD | RESULTADO  |
|--|--------|------------|
| Ancho de la masa desplazada (Wd)           | m      | 123.20     |
| Ancho de la superficie de falla (Wr)       | m      | 133.66     |
| Longitud de la masa desplazada (Ld)        | m      | 93.49      |
| Longitud de la superficie de falla (Lr)    | m      | 74.68      |
| Profundidad de la masa desplazada (Dd)     | m      | 7.69       |
| Profundidad de la superficie de falla (Dr) | m      | 16.34      |
| Longitud total (L)                         | m      | 104.21     |
| Longitud de la línea central (Lc)          | m      | 92.82      |
| Relación $D_r/L_r$                         | -      | 0.22       |
| Tipo de deslizamiento                      |        | Rotacional |

Fuente: Autora, 2022.



### 6.3 Propiedades físico-mecánicas de los suelos

Para el presente estudio se hizo el ensayo de corte directo y calicatas con la finalidad de conocer las propiedades físico-mecánicas de los suelos.

#### 6.3.1 Corte Directo (muestras inalteradas).

Los puntos de muestreo están ubicados en las zonas de deslizamientos, su ubicación geográfica se señala en la Tabla 11 y en la Figura 21, de donde se adquirió muestras inalteradas, las cuales posteriormente se las llevó al Laboratorio de ESTSUELCON CIA. LTDA., para obtener los resultados presentados más adelante mediante los respectivos análisis.

La finalidad del ensayo es determinar la resistencia de la muestra de suelo, que simulan fatigas y/o deformaciones que existen o existirán en el terreno producto de una carga. Mediante la metodología de ensayo se produce una falla a través de un plano determinado. Resolviendo la ecuación de Coulomb a través de los esfuerzos normales y esfuerzos cortantes se logra obtener los valores para ángulo de fricción ( $\varphi$ ) y cohesión ( $c$ ).

$$\tau = c + \sigma n * Tg(\varphi) \quad (42)$$

De la relación de "Esfuerzo de corte máximo" vs "Esfuerzo Normal" se obtuvo la resolución de la gráfica de la recta, resolviendo mediante la teoría de Mohr-Coulomb se consiguió los siguientes resultados para cohesión y fricción.

**Tabla 29.** Valores en base a ensayo de corte directo.

| Muestra | Profundidad (m) | Densidad (gr/cm <sup>3</sup> ) | Ángulo de Fricción (°) | Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------|-----------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| 6+240   | 0.50            | 1.8712                         | 26                     | 0.010                          |
| 6+430   | 0.50            | 1.5597                         | 26                     | 0.010                          |
| 8+890   | 0.50            | 1.9578                         | 45                     | 0.0010                         |
| 9+350   | 0.50            | 1.7110                         | 29                     | 0.0825                         |

Fuente. ESTSUELCON, 2021.

Mediante los ensayos realizados se estimó los parámetros de resistencia al corte, los cuales son necesarios al momento de realizar los análisis de estabilidad. Los valores expuestos en la Tabla 29 son valores analizados según los ensayos realizados en laboratorio (ver Anexo 5) los cuales se los ha adoptado por la particularidad que normalmente tienen estos materiales por lo que son válidos para un análisis conservador que nos permite estimar las condiciones críticas de estudio.

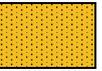
#### 6.3.2 Calicatas.

Para inspeccionar e identificar el tipo de suelo se realizó cuatro calicatas. En cada calicata se tomó muestras a 0.5, 1.0 y 1.5 metros con la ayuda de una pala cavadora articulada. Los

resultados obtenidos en el laboratorio indican el tipo de suelo en base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y a la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO). En el Anexo 6 se encuentran los ensayos de clasificación. A continuación, se presentan los resultados de cada una de las muestras de las cuatro calicatas:

- **Calicata 1.**

**Tabla 30.** Resultados de la calicata Nro. 1.

| <b>CALICATA 1</b>               |        |   |   |   |
|---------------------------------|--------|---|---|---|
| <b>PROFUNDIDAD</b>              | m      | 0.50  | 1.00  | 1.50  |
| <b>GRANULOMETRIA</b>            | GRAVAS | %   | 0.00  | 0.00  |
|                                 | ARENAS | %   | 44.00   | 35.82   |
|                                 | FINOS  | %   | 56.00   | 64.18   |
| <b>LIMITES DE ATTERBERG</b>     | C.H    | %   | 36.15   | 30.90   |
|                                 | L.L    | %   | 36.82   | 42.10   |
|                                 | L.P    | %   | 28.46   | 34.69   |
|                                 | I.P    | %   | 9.00  | 7.00  |
| <b>CLASIFICACIÓN</b>            | SUCS   | ML  | ML  | SM  |
|                                 | AASHTO | A-4   | A-5   | A-7-5   |
| <b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO</b>    | SUCS   | Limo arenoso  | Limo arenoso  | Arena limosa  |
|                                 | AASHTO | Suelos limosos  | Suelos limosos  | Suelos arcillosos   |
| <b>PERFIL GEOTÉCNICO (SUCS)</b> |        |  |  |  |

Fuente: ESTSUELCON, 2021.

Modificado por: Autora, 2022.

En la Tabla 30, se indica que a la profundidad de medio metro, en cuanto a su granulometría: el 44.00% es arenas, y el 56.00% es suelo fino. En los límites de Atterberg se tiene un contenido de humedad de 36.15%; un límite líquido de 36.82%; un límite plástico de 28.46%; y un índice de plasticidad de 9.00%. Dando como resultado dentro de la clasificación SUCS un tipo de suelo "ML", suelo limo arenoso; y en la clasificación AASHTO un tipo de suelo "A-4", suelos limosos.

A una profundidad de un metro el 35.82% es arena, y el 64.18% es suelo fino. En los límites de Atterberg se tiene un contenido de humedad de 30.90%; un límite líquido de 42.10%; un límite plástico de 34.69%; y un índice de plasticidad de 7.00%. Dando como resultado dentro de la clasificación SUCS un tipo de suelo "ML", suelo limo arenoso; y en la clasificación AASHTO un tipo de suelo "A-5", suelos limosos.

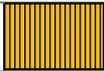
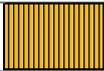
En cuanto al metro y medio de profundidad el 59.72% es arena, y el 40.28% es suelo fino. En los límites de Atterberg se tiene un contenido de humedad de 30.86%; un límite líquido de 42.11%; un límite plástico de 31.45%; y un índice de plasticidad de 11.00%. Dando como



resultado dentro de la clasificación SUCS un tipo de suelo "SM", suelo arena limosa; y en la clasificación AASHTO un tipo de suelo "A-7-5", suelos arcillosos.

- **Calicata 2.**

**Tabla 31.** Resultado de la calicata Nro. 2.

| <b>CALICATA 2</b>               |        |  |  |  |
|---------------------------------|--------|--|--|--|
| <b>PROFUNDIDAD</b>              | m      | 0.50   | 1.00   | 1.50   |
| <b>GRANULOMETRIA</b>            | GRAVAS | %  | 0.00   | 0.00   |
|                                 | ARENAS | %  | 46.75  | 56.63  |
|                                 | FINOS  | %  | 53.25  | 43.37  |
| <b>LIMITES DE ATTERBERG</b>     | C.H    | %  | 30.67  | 30.26  |
|                                 | L.L    | %  | 45.90  | 46.67  |
|                                 | L.P    | %  | 36.81  | 35.85  |
|                                 | I.P    | %  | 9.00   | 11.00  |
| <b>CLASIFICACIÓN</b>            | SUCS   | ML   | SM   | ML   |
|                                 | AASHTO | A-5  | A-7-5  | A-4  |
| <b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO</b>    | SUCS   | Limo arenoso   | Arena limosa   | Limo arenoso   |
|                                 | AASHTO | Suelos limosos   | Suelos arcillosos  | Suelos limosos   |
| <b>PERFIL GEOTÉCNICO (SUCS)</b> |        |  |  |  |

Fuente: ESTSUELCON, 2021.

Modificado por: Autora, 2022.

En la Tabla 31, se indica que a la profundidad de medio metro, en cuanto a su granulometría: el 46.75% es arenas, y el 53.25% es suelo fino. En los límites de Atterberg se tiene un contenido de humedad de 30.67%; un límite líquido de 45.90%; un límite plástico de 36.81%; y un índice de plasticidad de 9.00%. Dando como resultado dentro de la clasificación SUCS un tipo de suelo "ML", suelo limo arenoso; y en la clasificación AASHTO un tipo de suelo "A-5", suelos limosos.

A una profundidad de un metro el 56.63% es arena, y el 43.37% es suelo fino. En los límites de Atterberg se tiene un contenido de humedad de 30.26%; un límite líquido de 46.67%; un límite plástico de 35.85%; y un índice de plasticidad de 11.00%. Dando como resultado dentro de la clasificación SUCS un tipo de suelo "SM", suelo arena limosa; y en la clasificación AASHTO un tipo de suelo "A-7-5", suelos arcillosos.

En cuanto al metro y medio de profundidad el 45.46% es arena, y el 54.54% es suelo fino. En los límites de Atterberg se tiene un contenido de humedad de 31.26%; un límite líquido de 38.45%; un límite plástico de 31.82%; y un índice de plasticidad de 6.00%. Dando como resultado dentro de la clasificación SUCS un tipo de suelo "ML", suelo limo arenoso; y en la clasificación AASHTO un tipo de suelo "A-4", suelos limosos.



- **Calicata 3.**

**Tabla 32.** Resultados de la calicata Nro. 3.

| <b>CALICATA 3</b>               |        |                |                |                |
|---------------------------------|--------|----------------|----------------|----------------|
| <b>PROFUNDIDAD</b>              | m      | 0.50           | 1.00           | 1.50           |
| <b>GRANULOMETRIA</b>            | GRAVAS | %              | 0.00           | 0.00           |
|                                 | ARENAS | %              | 2.90           | 4.64           |
|                                 | FINOS  | %              | 97.10          | 95.36          |
| <b>LIMITES DE ATTERBERG</b>     | C.H    | %              | 47.47          | 41.36          |
|                                 | L.L    | %              | 35.73          | 0.00           |
|                                 | L.P    | %              | 25.51          | 0.00           |
|                                 | I.P    | %              | 10.00          | 0.00           |
| <b>CLASIFICACIÓN</b>            | SUCS   | ML             | ML             | ML             |
|                                 | AASHTO | A-4            | A-4            | A-4            |
| <b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO</b>    | SUCS   | Limo arenoso   | Limo arenoso   | Limo arenoso   |
|                                 | AASHTO | Suelos limosos | Suelos limosos | Suelos limosos |
| <b>PERFIL GEOTÉCNICO (SUCS)</b> |        |                |                |                |

**Fuente:** ESTSUELCON, 2021.

**Modificado por:** Autora, 2022.

En la Tabla 32, se indica que a la profundidad de medio metro, en cuanto a su granulometría: el 2.90% es arenas, y el 97.10% es suelo fino. En los límites de Atterberg se tiene un contenido de humedad de 47.47%; un límite líquido de 35.73%; un límite plástico de 25.51%; y un índice de plasticidad de 10.00%. Dando como resultado dentro de la clasificación SUCS un tipo de suelo "ML", suelo limo arenoso; y en la clasificación AASHTO un tipo de suelo "A-4", suelos limosos.

A una profundidad de un metro el 4.64% es arena, y el 95.36% es suelo fino. En los límites de Atterberg se tiene un contenido de humedad de 41.36%; en el límite líquido, en el límite plástico y en el índice de plasticidad se tiene valores de 0 debido a que la muestra no es plástica. Dando como resultado dentro de la clasificación SUCS un tipo de suelo "ML", suelo limo arenoso; y en la clasificación AASHTO un tipo de suelo "A-4", suelos limosos.

En cuanto al metro y medio de profundidad el 18.94% es arena, y el 81.06% es suelo fino. En los límites de Atterberg se tiene un contenido de humedad de 33.74%; en el límite líquido, en el límite plástico y en el índice de plasticidad se tiene valores de 0 debido a que la muestra no es plástica. Dando como resultado dentro de la clasificación SUCS un tipo de suelo "ML", suelo limo arenoso; y en la clasificación AASHTO un tipo de suelo "A-4", suelos limosos.



- **Calicata 4.**

**Tabla 33. Resultados de la calicata Nro. 4.**

|                              |                                 | <b>CALICATA 4</b>      |   |   |   |  |
|------------------------------|---------------------------------|------------------------|---|---|---|--|
| <b>PROFUNDIDAD</b>           | m                               | 0.50                   | 1.00  | 1.50  |   |  |
| <b>GRANULOMETRIA</b>         | GRAVAS                          | %                      | 17.74   | 22.03   | 20.31   |  |
|                              | ARENAS                          | %                      | 44.35   | 46.74   | 51.36   |  |
|                              | FINOS                           | %                      | 37.90   | 31.23   | 28.33   |  |
| <b>LIMITES DE ATTERBERG</b>  | C.H                             | %                      | 19.06   | 19.42   | 26.44   |  |
|                              | L.L                             | %                      | 30.66   | 28.77   | 31.47   |  |
|                              | L.P                             | %                      | 23.91   | 25.60   | 26.81   |  |
|                              | I.P                             | %                      | 7.00  | 3.00  | 4.00  |  |
| <b>CLASIFICACIÓN</b>         | SUCS                            | SM                     | SM  | SM  | SM  |  |
|                              | AASHTO                          | A-4                    | A-2-4   | A-2-4   | A-2-4   |  |
| <b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO</b> | SUCS                            | Arena limosa con grava | Arena limosa con grava  | Arena limosa con grava  | Arena limosa con grava  |  |
|                              | AASHTO                          | Suelos limosos         | Grava o Arena limosa o arcillosa  | Grava o Arena limosa o arcillosa  | Grava o Arena limosa o arcillosa  |  |
|                              | <b>PERFIL GEOTÉCNICO (SUCS)</b> |                        |  |  |  |  |

Fuente: ESTSUELCON, 2021.

Modificado por: Autora, 2022.

En la Tabla 33, se indica que a la profundidad de medio metro, en cuanto a su granulometría: el 17.74% es grava, el 44.35% es arenas, y el 37.90% es suelo fino. En los límites de Atterberg se tiene un contenido de humedad de 19.06%; un límite líquido de 30.66%; un límite plástico de 23.91%; y un índice de plasticidad de 7.00%. Dando como resultado dentro de la clasificación SUCS un tipo de suelo "SM", arena limosa con grava; y en la clasificación AASHTO un tipo de suelo "A-4", suelos limosos.

A una profundidad de un metro el 22.03% es grava, el 46.74% es arena, y el 31.23% es suelo fino. En los límites de Atterberg se tiene un contenido de humedad de 19.42%; un límite líquido de 28.77%; un límite plástico de 25.60%; y un índice de plasticidad de 3.00%. Dando como resultado dentro de la clasificación SUCS un tipo de suelo "SM", suelo arena limosa con grava; y en la clasificación AASHTO un tipo de suelo "A-2-4", grava o arena limosa o arcillosa.

En cuanto al metro y medio de profundidad el 20.31% es grava, el 51.36% es arena, y el 28.33% es suelo fino. En los límites de Atterberg se tiene un contenido de humedad de 26.44%; un límite líquido de 31.47%; un límite plástico de 26.81%; y un índice de plasticidad de 4.00%. Dando como resultado dentro de la clasificación SUCS un tipo de suelo "SM", arena limosa con grava; y en la clasificación AASHTO un tipo de suelo "A-2-4", grava o arena limosa o arcillosa.



### - Clasificación de los suelos y granulometría.

Los resultados obtenidos se los sintetizó de acuerdo a su clasificación y número de calicata, tomando en cuenta la profundidad, para obtener valores promedios de granulometría.

**Tabla 34.** Síntesis de la clasificación AASHT, clasificación SUCS, y granulometría de los suelos (calicatas), en un horizonte de muestreo de 0.5, 1.0 y 1.5 metros.

| Clasificación           |      | Nro.<br>Calicatas | Profundidad<br>(m) |          |          | Granulometría                          |                 |              |
|-------------------------|------|-------------------|--------------------|----------|----------|--|-----------------|--------------|
| AASHTO                  | SUCS |                   | 0.5<br>m           | 1.0<br>m | 1.5<br>m | Gravas<br>(%)                          | Arenas<br>(%)   | Finos<br>(%) |
| A-7-5                   | SM   | 1                 | -                  | -        | x        | 0                                      | 59.72           | 40.28        |
|                         |      | 2                 | -                  | x        | -        | 0                                      | 56.63           | 43.37        |
| A-2-4                   | SM   | 4                 | x                  | x        | x        | 20.03                                  | 47.48           | 32.49        |
| A-4                     | ML   | 1                 | x                  | x        | -        | 0                                      | 39.91           | 60.09        |
| A-5                     |      | 2                 | x                  | -        | x        | 0                                      | 46.11           | 53.89        |
|                         |      | 3                 | x                  | x        | x        | 0                                      | 8.83            | 91.17        |
| <b>Símbolo (AASHTO)</b> |      |                   | <b>A-7-5</b>       |          |          | <b>A-2-4</b>                           | <b>A-4, A-5</b> |              |
| <b>Descripción</b>      |      |                   | Suelos arcillosos  |          |          | Grava o Arena<br>limosa o<br>arcillosa | Suelos limosos  |              |
| <b>Símbolo (SUCS)</b>   |      |                   | <b>SM</b>          |          |          | <b>SM</b>                              | <b>ML</b>       |              |
| <b>Descripción</b>      |      |                   | Arena limosa       |          |          | Arena limosa<br>con grava              | Limo arenoso    |              |

Fuente: ESTSUELCON, 2021.

Modificado por: Autora, 2022.

En la Tabla 34, se determinó que las calicatas 1 y 2 están compuestas de suelos A-7-5 (AASHTO) y SM (SUCS) que corresponde a suelo arcilloso y areno limoso. Están compuestos en un 58.18% de arena y en un 41.82% de granulación fina, siendo estos valores promedios. A una profundidad de 1.0m y 1.5m.

La calicata 4 está compuesta de suelos A-2-4 (AASHTO) y SM (SUCS) que corresponde a grava o Arena limosa o arcillosa y arena limosa con grava. Están compuestos en un 20.03% de gravas, 47.48% de arena y en un 32.49% de granulación fina, siendo estos valores promedios. A una profundidad de 0.5m, 1.0m y 1.5m.

Las calicatas 1, 2 y 3 están compuestas de suelos A-4 y A-5 (AASHTO), y ML (SUCS) que corresponde a suelo limoso y limo arenoso. Están compuestos en un 31.62% de arena y en un 68.38% de granulación fina, siendo estos valores promedios. A una profundidad de 0.5m, 1.0m y 1.5m.



- **Límites de Atterberg.**

Adicionalmente, en base a la misma síntesis realizada anteriormente de acuerdo a su clasificación y número de calicata, conforme a la profundidad, se obtuvo los valores promedios de los límites de Atterberg.

**Tabla 35.** Límites de Atterberg (calicatas), en un horizonte de muestreo de 0.5, 1.0 y 1.5 metros.

| Clasificación           |      | Nro. Calicatas    | Profundidad (m) |       |                                  | Límites de Atterberg |                 |        |        |
|-------------------------|------|-------------------|-----------------|-------|----------------------------------|----------------------|-----------------|--------|--------|
| AASHTO                  | SUCS |                   | 0.5 m           | 1.0 m | 1.5 m                            | CH (%)               | LL (%)          | LP (%) | IP (%) |
| A-7-5                   | SM   | 1                 | -               | -     | x                                | 30.86                | 42.11           | 31.45  | 10.66  |
|                         |      | 2                 | -               | x     | -                                | 30.26                | 46.67           | 35.85  | 10.82  |
| A-2-4                   | SM   | 4                 | x               | x     | x                                | 21.64                | 30.3            | 25.44  | 4.86   |
| A-4                     | ML   | 1                 | x               | x     | -                                | 33.53                | 39.46           | 31.58  | 7.88   |
| A-5                     |      | 2                 | x               | -     | x                                | 30.97                | 42.18           | 34.32  | 7.86   |
|                         |      | 3                 | x               | x     | x                                | 40.86                | 35.77           | 25.51  | 10.26  |
| <b>Símbolo (AASHTO)</b> |      | <b>A-7-5</b>      |                 |       | <b>A-2-4</b>                     |                      | <b>A-4, A-5</b> |        |        |
| <b>Descripción</b>      |      | Suelos arcillosos |                 |       | Grava o Arena limosa o arcillosa |                      | Suelos limosos  |        |        |
| <b>Símbolo (SUCS)</b>   |      | <b>SM</b>         |                 |       | <b>SM</b>                        |                      | <b>ML</b>       |        |        |
| <b>Descripción</b>      |      | Arena limosa      |                 |       | Arena limosa con grava           |                      | Limo arenoso    |        |        |

Fuente: ESTSUELCON, 2021.

Modificado por: Autora, 2022.

A partir de los límites de Atterberg (ver Tabla 35), se obtuvo el Índice Plástico (IP), parámetro que indica el intervalo de humedades desde el estado semisólido a semilíquido. Tomando en cuenta las siguientes condiciones dadas por Albert Atterberg en el año 1911: suelos desmenuzables ( $IP < 1$ ), suelos débilmente plásticos ( $1 < IP < 7$ ), suelos medianamente plásticos ( $7 < IP < 15$ ) y suelos altamente plásticos ( $IP > 15$ ).

Tomando en cuenta el valor más bajo de IP (4.86%), se tendría un suelo débilmente plástico, no existe mucha diferencia entre el límite líquido (LL) y límite plástico (LP), lo que indica que el suelo requiere de poca cantidad de humedad para que pase del LP al LL. El valor más bajo corresponde a la calicata 4, donde se encuentra un suelo SM, que corresponde a una arena limosa con grava, donde la plasticidad en este tipo de suelo es muy baja.

En el resto de calicatas se puede decir que los suelos son medianamente plásticos con valores IP que van desde los 7.86% a 10.82%. Siendo el valor más alto de IP (10.82%), en este caso se tendría un suelo medianamente plástico, esa gran diferencia entre el límite líquido (LL) y límite plástico (LP) indica que el suelo admite gran cantidad de agua para pasar del LP al LL. Este valor corresponde a la calicata 2.

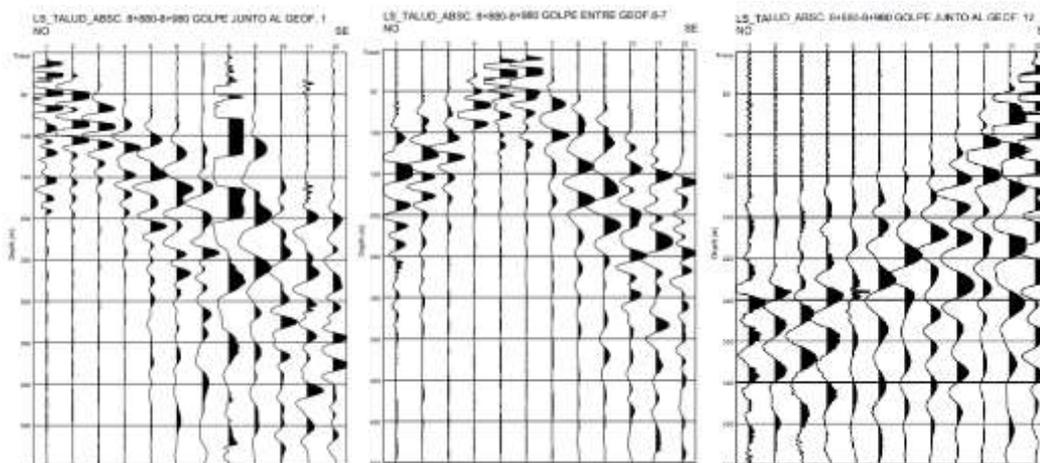
## 6.4 Sísmica de Refracción

En el área de estudio, se realizó una línea sísmica de 60m de longitud con 20m de profundidad, en el deslizamiento de mayor dimensión localizado en la abs. 8+870 a 8+990, su ubicación geográfica se identifica en la Figura 24 y Tabla 14. El sondeo se efectuó mediante sísmica de refracción, utilizando un sismógrafo PASI GEA24.

La técnica de prospección geofísica denominada sísmica de refracción, sirve para describir y definir la litología a profundidad, y los parámetros dinámicos del suelo. Los parámetros de sísmica de refracción interpretados se correlacionan con los datos de los mapas geológicos y la geología conocida y observada en el sitio. Para cada velocidad o rango de velocidad interpretado se establece una correspondencia con los materiales o estados de materiales de acuerdo al conocimiento de la geología local. En la Tabla 36 se detalló los complejos sísmicos, velocidades, potencia, y la correspondencia geológica para la línea sísmica realizada.

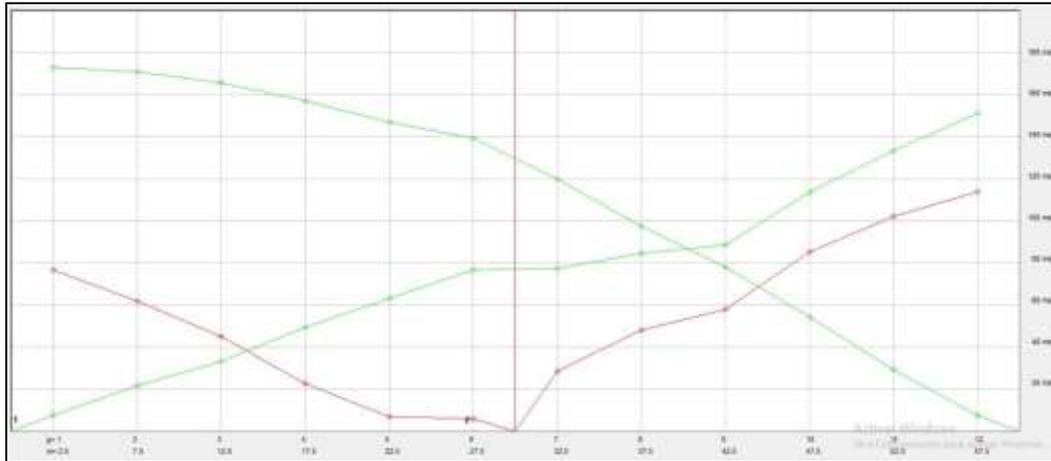
### 6.4.1 Sondeo Línea de Refracción Sísmica.

Del sondeo se obtuvo los sismogramas (ver Figura 53), producto de las detonaciones o golpes para impulsar el movimiento de ondas. Se aprecia la propagación de las ondas que se registran en el sismógrafo al realizar la detonación con el golpe del martillo, en las estaciones 60, 30 y 0 metros de distancia del sismógrafo para la Línea de Refracción Sísmica.



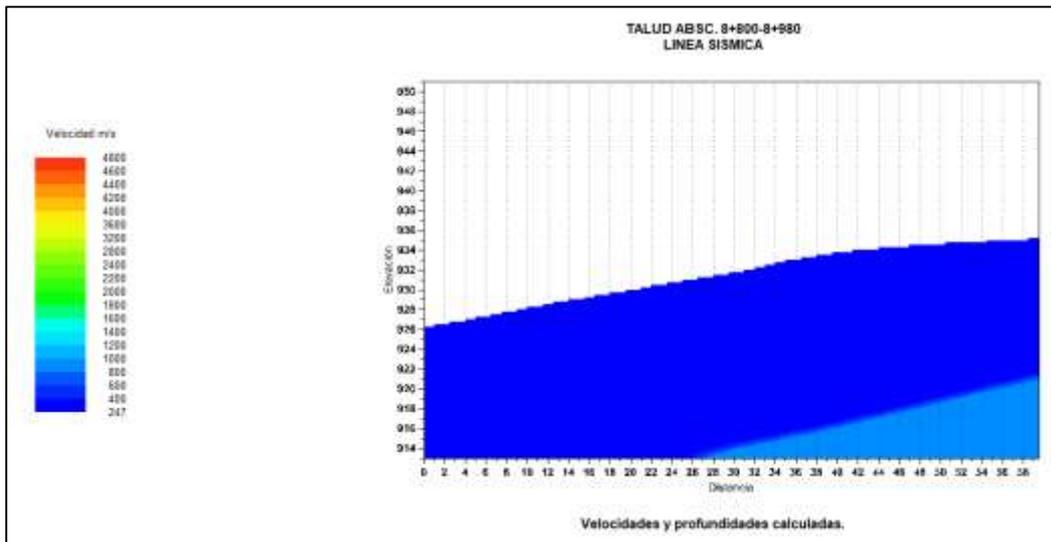
**Figura 53.** Sismograma LRS1-Golpe 1(0m); Golpe 2(30m); Golpe 3(60m)  
**Fuente:** ESTSUELCON, 2021.

Dando como resultado la Domocrona de la Figura 54, donde se puede evidenciar 3 líneas de domocronas, dando así a conocer la cantidad de estratos que se presentan en la Línea de Refracción Sísmica.



**Figura 54.** Domocrona LRS.  
Fuente: ESTSUELCON, 2021.

Se puede observar en la Figura 55 los horizontes geosísmicos obtenidos de la interpretación de la dromocrona.



**Figura 55.** Perfil de la línea sísmica 8+780-8+860.  
Fuente: ESTSUELCON, 2021.

Una vez obtenido el perfil de la línea sísmica, en la Tabla 36 se da a conocer los valores obtenidos y sus correlaciones litológicas.

**Tabla 36.** Complejos sísmicos, velocidades de onda y correspondencia geológica.

| Velocidad Sísmica, Ondas P(m/s) | Espesores (m) | Tipo de material estimado |
|---------------------------------|---------------|---------------------------|
| 320                             | 14.00-22.00   | Sábulo                    |
| 910                             | -             | Granodiorita muy alterada |

Fuente: ESTSUELCON, 2021.

Para cada velocidad o rango de velocidad interpretado también se calcula los parámetros dinámicos y elásticos para cada uno de los complejos geofísicos, dichos parámetros se resumen en la Tabla 37 (ver Anexo 7):



Tabla 37. Parámetros dinámicos de cada línea sísmica.

|                          |                    | LS          |       |
|--------------------------|--------------------|-------------|-------|
| CAPA SISMICA             |                    | 1           | 2     |
| Potencia de la capa      | m                  | 14.00-22.00 | -     |
| Vp                       | m/s                | 320         | 910   |
| Vs                       | m/s                | 183         | 520   |
| $\mu$                    | -                  | 0.26        | 0.26  |
| $\gamma$                 | gr/cm <sup>3</sup> | 1.70        | 1.92  |
| Edin                     | kg/cm <sup>2</sup> | 1454        | 13300 |
| Eest                     | kg/cm <sup>2</sup> | 542         | 6769  |
| Edef                     | kg/cm <sup>2</sup> | 55          | 332   |
| Gdin                     | kg/cm <sup>2</sup> | 578         | 5288  |
| (Mindel) N               | Golpes             | 1           | 18    |
| Qa , Fs=3<br>(Mayerhoff) | kg/cm <sup>2</sup> | 0.15        | 1.82  |
| (Dunham) Ø               | °                  | 29          | 40    |
| H                        | m                  | 18          | 12    |

Fuente: ESTSUELCON, 2021.

Modificado por: Autora, 2022.

#### 6.4.2 Tipo de perfil de suelo.

La identificación del perfil se realizó a partir de la superficie natural del terreno según la NEC-SE-DS 2015 (Tabla 2: clasificación de los perfiles de suelo), para el presente informe se ha considerado el siguiente criterio: velocidad de onda cortante promedio.

Tabla 38. Tipo de perfil

| LINEA SÍSMICA | H (m) | Vs (m/s) | VS30 (m/s) |
|---------------|-------|----------|------------|
| LS            | 18    | 247      |            |
|               | 12    |          |            |
| Vs30:         |       |          | <b>247</b> |
| SUELO TIPO:   |       |          | <b>D</b>   |

Fuente: NEC, 2015.

Este tipo de perfiles se caracterizan por estar compuestos de rocas de rigidez media que cumplen con el siguiente criterio  $360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$ , según la NEC 2015; con las observaciones en campo y resultados de las perforaciones su categoría corresponde al tipo D.

#### 6.5 Propiedades físico-mecánicas de las rocas

Se realizó el ensayo de compresión simple con la finalidad de conocer las propiedades mecánicas de las rocas, y para la parte de las propiedades físicas se llevó a cabo el ensayo de gravedad específica de sólidos de acuerdo a la norma ASTM D854-58, y mediante fórmulas detalladas en el apartado **5.5.2 Análisis de las propiedades físicas de la muestra.**



### 6.5.1 Resistencia a la Compresión Simple.

En campo se obtuvo una muestra de aproximadamente 25x25cm, de la cual en el laboratorio de ESTSUELCON CIA. LTDA., se extrajeron 2 cubos para realizar el ensayo que permite determinar la resistencia uniaxial no confinada de la roca, o resistencia a la compresión simple. La ubicación geográfica del macizo rocoso, del cual se extrajo la muestra, se indica en la Tabla 15 y Figura 24.

Este ensayo sirvió para la clasificación de la roca por su resistencia y determinación de su deformabilidad, en la Tabla 39 se presentan los resultados del ensayo (ver Anexo 8.).

Tabla 39. Resultados de compresión simple.

| MUESTRAS        | LARGO | ANCHO | ALTURA | ÁREA            | VOLUMEN         | MASA   | GARGA   | DENSIDAD           | ESFUERZO           |
|-----------------|-------|-------|--------|-----------------|-----------------|--------|---------|--------------------|--------------------|
| Nº              | cm    | cm    | cm     | cm <sup>2</sup> | cm <sup>3</sup> | gr     | kg      | kg/cm <sup>3</sup> | kg/cm <sup>2</sup> |
| 1               | 5.13  | 5.04  | 5.09   | 25.86           | 131.69          | 332.74 | 9367.99 | 2.52               | 363.31             |
| 2               | 4.97  | 5.19  | 4.91   | 25.78           | 126.5           | 334.19 | 8802.24 | 2.65               | 342.23             |
| <b>PROMEDIO</b> |       |       |        |                 |                 |        |         | <b>2.59</b>        | <b>352.77</b>      |

Fuente: ESTSUELCON, 2021.

### 6.5.2 Propiedades físicas.

La muestra de mano tomada del macizo rocoso, fue llevada al laboratorio de ESTSUELCON CIA. LTDA., para realizar el ensayo de gravedad específica de sólidos de acuerdo a la norma ASTM D854-58. Se obtuvo las propiedades con las fórmulas detalladas en el apartado 5.5.2, dando como resultado lo siguiente:

Tabla 40. Propiedades físicas de la muestra.

| Propiedades físicas       | Simbología | Unidad             | Valores |
|---------------------------|------------|--------------------|---------|
| Densidad                  | $\delta$   | gr/cm <sup>3</sup> | 2.59    |
| Peso específico real      | $\rho_r$   | gr/cm <sup>3</sup> | 2.65    |
| Peso específico aparente  | $\rho_a$   | gr/cm <sup>3</sup> | 2.46    |
| Gravedad Específica       | Gs         | -                  | 2.74    |
| Contenido de Humedad      | CH         | %                  | 3.28    |
| Porosidad Eficaz          | $n_e$      | %                  | 6.22    |
| Porosidad                 | $n$        | %                  | 8.26    |
| Porosidad cerrada         | $n_c$      | %                  | 2.04    |
| Coefficiente de absorción | $C_{abs}$  | %                  | 4.74    |
| Compacidad                | C          | %                  | 91.74   |
| Módulo de Saturación      | Msat       | %                  | 75.29   |

Fuente: Autora, 2022.

### 6.5.3 Clasificación geomecánica del macizo rocoso.

La caracterización del macizo rocoso identificado en la ABCS. 9+040 (ver Tabla 41) se realizó mediante RQD, RMR, SMR y GSI, litológicamente está constituido por andesita basáltica ligeramente meteorizada.

Las fórmulas utilizadas se detallan en el apartado de **4.2.3.2. Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos.**

Tabla 41. Macizo rocoso caracterizado.

| Macizo rocoso | COORDENADAS |         | ABSC. REFERENCIA | LITOLOGÍA                                  |
|---------------|-------------|---------|------------------|--|
|               | ESTE        | NORTE   |                  |  |
| 1             | 734166      | 9571032 | 9+040            | Andesita basáltica ligeramente meteorizada |

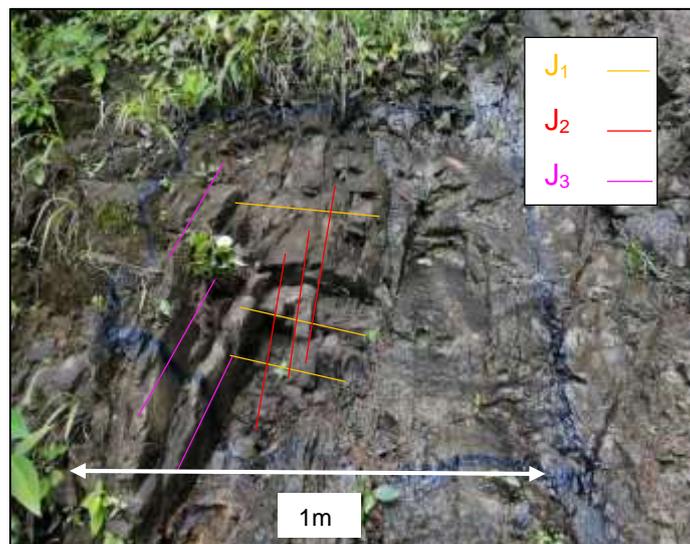
Fuente: Autora, 2022.

#### 6.5.3.1 RQD, cálculo del índice de calidad de la roca. (Deere, 1967)



Fotografía 28. Macizo rocoso identificado en la abs. 9+035 a 9+040.

Fuente: Autora, 2022.



Fotografía 29. Representación gráfica de juntas en el macizo rocoso.

Fuente: Autora, 2022.



El macizo rocoso de andesita basáltica está cubierto en su mayoría por vegetación (ver Fotografía 28), sin embargo se pudo caracterizar una zona de 1x1m, donde se identificó 3 familias de juntas: J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub> y J<sub>3</sub> (ver Fotografía 29).

Tabla 42. Cálculo del RQD del macizo rocoso.

| Nº Juntas | S <sub>n</sub> (m) | 1/S <sub>n</sub> | Jv/m <sup>3</sup> | RQD(%) | Calidad Rx |
|-----------|--------------------|------------------|-------------------|--------|------------|
| J1        | 0.10               | 10.34            | 30.70             | 33.25  | Mala       |
| J2        | 0.07               | 15.00            |                   |        |            |
| J3        | 0.19               | 5.36             |                   |        |            |

Fuente: Autora, 2022.

El macizo rocoso de acuerdo a la clasificación RQD dada en la Tabla 1, con un 33.25% entra dentro del rango de 25%-50%, dando una calidad de roca mala.

### 6.5.3.2 RMR, Rock Mass Rating. (Bienawski, 1989)

En el macizo rocoso, se calculó el índice RMR para las tres juntas presentes. En la Tabla 43 se indica la selección de los cinco valores para la primera junta. Con el valor promedio del RMR obtenido posteriormente se realizó la clasificación del macizo por el método SMR.

Tabla 43. Parámetros de clasificación RMR de la primera junta del macizo rocoso.

| 1          | Resistencia de 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                 | 25-5                    | 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            | >2m                           | 0,6-2m               | 0,2-0,6m               | 0,06-0,2m             | <0,06m                |                         |     |    |
|            | Puntuación                            | 20                            | 15                   | 10                     | 8                     | 5                     |                         |     |    |
| 4          | Estado de las discontinuidades        | Longitud de la discontinuidad | <1m                  | 1-3 m                  | 3-10 m                | 10-20 m               | >20 m                   |     |    |
|            |                                       | Puntuación                    | 6                    | 4                      | 2                     | 1                     | 0                       |     |    |
|            | Abertura                              | Nada                          | <0,1 mm              | 0,1-1,0 mm             | 1-5 mm                | > 5 mm                |                         |     |    |
|            | Puntuación                            | 6                             | 5                    | 3                      | 1                     | 0                     |                         |     |    |
|            | Rugosidad                             | Muy rugosa                    | Rugosa               | ligeramente rugosa     | Ondulada              | Suave                 |                         |     |    |
|            | Puntuación                            | 6                             | 5                    | 3                      | 1                     | 0                     |                         |     |    |
|            | Relleno                               | Ninguno                       | Relleno duro < 5 mm  | Relleno duro > 5 mm    | Relleno blando < 5 mm | Relleno blando > 5 mm |                         |     |    |
|            | Puntuación                            | 6                             | 4                    | 2                      | 2                     | 0                     |                         |     |    |
|            | Alteración                            | Inalterada                    | Ligeramente alterada | Moderadamente alterada | Muy alterada          | Descompuesta          |                         |     |    |
|            | Puntuación                            | 6                             | 5                    | 3                      | 1                     | 0                     |                         |     |    |



|                   |               |  |           |                    |                  |                   |                  |
|-------------------|---------------|--|-----------|--------------------|------------------|-------------------|------------------|
| 5                 | Agua freática | Caudal por 10m de túnel                          | Nulo      | < 10 litros/min    | 10-25 litros/min | 25-125 litros/min | > 125 litros/min |
|                   |               | Relación: Presión de agua/Tensión principal mayo | 0         | 0-0,1              | 0,1-02           | 02-0,5            | >0,5             |
|                   |               | 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>          |                  |

Fuente: (Bienaswki, 1989)

Modificada por: Autora, 2022.

$$RMR_{\text{Basico}} = F1 + F2 + F3 + F4 + F5$$

$$RMR_{\text{Basico}} = 4 + 6 + 15 + 49 + 27 + 48 + 10$$

$$RMR_{\text{Basico}} = 62.97$$

Para la primera junta se obtuvo una valoración RMR total de 62.97, dando como resultado lo siguiente: clase II, calidad buena, cohesión 3-4 kg/cm<sup>2</sup> y ángulo de rozamiento 35°-45° (ver Tabla 44).

Tabla 44. Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR de la primera junta.

| 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°                  |

Fuente: (Bienaswki, 1989)

Modificada por: Autora, 2022.

En la tabla Tabla 45 se indica la selección de los cinco valores para la segunda junta.

Tabla 45. Parámetros de clasificación RMR de la segunda junta del macizo rocoso.

| Resistencia de la matriz rocosa (MPa) | Ensayo de carga puntual        | >10                           | 10-4      | 4-2       | 2-1        | Compresión simple (MPa) |          |          |
|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|------------|-------------------------|----------|----------|
|                                       | 1                              | Compresión simple             | >250      | 250-100   | 100-50     | 50-25                   | 25-5     | 5-1      |
| <b>Puntuación</b>                     |                                | <b>15</b>                     | <b>12</b> | <b>7</b>  | <b>4</b>   | <b>2</b>                | <b>1</b> | <b>0</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     | >2m                           | 0,6-2m    | 0,2-0,6m  | 0,06-0,2m  | <0,06m                  |          |          |
| <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 | <1m       | 1-3 m     | 3-10 m     | 10-20 m                 | >20 m    |          |
|                                       | <b>Puntuación</b>              |                               | <b>6</b>  | <b>4</b>  | <b>2</b>   | <b>1</b>                | <b>0</b> |          |
|                                       | Abertura                       |                               | Nada      | <0,1 mm   | 0,1-1,0 mm | 1-5 mm                  | > 5 mm   |          |
|                                       | <b>Puntuación</b>              |                               | <b>6</b>  | <b>5</b>  | <b>3</b>   | <b>1</b>                | <b>0</b> |          |



|   |   |            |                      |                        |                       |                       |
|---|---|------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
|   | <b>Rugosidad</b>  | Muy rugosa | Rugosa               | ligeramente rugosa     | Ondulada              | Suave                 |
|   | <b>Puntuación</b>                                       | 6          | 5                    | 3                      | 1                     | 0                     |
|   | <b>Relleno</b>  | Ninguno    | Relleno duro < 5 mm  | Relleno duro > 5 mm    | Relleno blando < 5 mm | Relleno blando > 5 mm |
|   | <b>Puntuación</b>                                       | 6          | 4                    | 2                      | 2                     | 0                     |
|   | <b>Alteración</b>                                       | Inalterada | Ligeramente alterada | Moderadamente alterada | Muy alterada          | Descompuesta          |
|   | <b>Puntuación</b>                                       | 6          | 5                    | 3                      | 1                     | 0                     |
| 5 | <b>Agua freática</b>                                    |            |                      |                        |                       |                       |
|   | <b>Caudal por 10m de túnel</b>                          | Nulo       | < 10 litros/min      | 10-25 litros/min       | 25-125 litros/min     | > 125 litros/min      |
|   | <b>Relación:Presión de agua/Tensión principal mayor</b> | 0          | 0-0,1                | 0,1-02                 | 02-0,5                | >0,5                  |
|   | <b>Estado general</b>                                   | Seco       | Ligeramente húmedo   | Húmedo                 | Goteando              | Agua fluyendo         |
|   | <b>Puntuación</b>                                       | 15         | 10                   | 7                      | 4                     | 0                     |

Fuente: (Bienaswki, 1989)

Modificada por: Autora, 2022.

$$RMR_{\text{Basico}} = F1 + F2 + F3 + F4 + F5$$

$$RMR_{\text{Basico}} = 4 + 6 + 8.34 + 20.85 + 10$$

$$RMR_{\text{Basico}} = 49.19$$

Para la segunda junta se obtuvo una valoración RMR total de 49.19, dando como resultado lo siguiente: clase III, calidad media, cohesión 2-3 kg/cm<sup>2</sup> y ángulo de rozamiento 25°-35° (ver Tabla 46).

Tabla 46. Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR de la segunda junta.

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

Fuente: (Bienaswki, 1989)

Modificada por: Autora, 2022.

En la tabla Tabla 47 se indica la selección de los cinco valores para la tercera junta.

Tabla 47. Parámetros de clasificación RMR de la tercera junta del macizo rocoso.

| Resistencia de la matriz rocosa (MPa) | Ensayo de carga puntual | >10               | 10-4    | 4-2     | 2-1     | Compresión simple (MPa) |      |     |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------|---------|---------|---------|-------------------------|------|-----|
|                                       | 1                       | Compresión simple | >250    | 250-100 | 100-50  | 50-25                   | 25-5 | 5-1 |
|                                       | <b>Puntuación</b>       | 15                | 12      | 7       | 4       | 2                       | 1    | 0   |
| 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>              |                       |
| <b>3</b> | <b>Separación entre diaclasas</b>     | >2m   | 0,6-2m     | 0,2-0,6m             | 0,06-0,2m              | <0,06m                |                       |
|          | <b>Puntuación</b>                     | <b>20</b>   | <b>15</b>  | <b>10</b>            | <b>8</b>               | <b>5</b>              |                       |
| <b>4</b> | <b>Estado de las discontinuidades</b> | <b>Longitud de la discontinuidad</b>                    | <1m        | 1-3 m                | 3-10 m                 | 10-20 m               | >20 m                 |
|          |                                       | <b>Puntuación</b>                                       | <b>6</b>   | <b>4</b>             | <b>2</b>               | <b>1</b>              | <b>0</b>              |
|          |                                       | <b>Abertura</b>   | Nada       | <0,1 mm              | 0,1-1,0 mm             | 1-5 mm                | > 5 mm                |
|          |                                       | <b>Puntuación</b>                                       | <b>6</b>   | <b>5</b>             | <b>3</b>               | <b>1</b>              | <b>0</b>              |
|          |                                       | <b>Rugosidad</b>  | 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>              |
|          |                                       | <b>Relleno</b>  | 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>              |
|          |                                       | <b>Alteración</b>                                       | 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>              |
| <b>5</b> | <b>Agua freática</b>                  | <b>Caudal por 10m de túnel</b>                          | Nulo       | < 10 litros/min      | 10-25 litros/min       | 25-125 litros/min     | > 125 litros/min      |
|          |                                       | <b>Relación: Presión de agua/Tensión principal mayo</b> | 0          | 0-0,1                | 0,1-0,2                | 0,2-0,5               | >0,5                  |
|          |                                       | <b>Estado general</b>                                   | 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>              |

Fuente: (Bienaswki, 1989)

Modificada por: Autora, 2022.

$$RMR_{\text{Basico}} = F1 + F2 + F3 + F4 + F5$$

$$RMR_{\text{Basico}} = 4 + 6 + 15 + 9 + 21 + 0 + 10$$

$$RMR_{\text{Basico}} = 57.01$$

Para la tercera junta se obtuvo una valoración RMR total de 57.01 dando como resultado lo siguiente: clase III, calidad media, cohesión 2-3 kg/cm<sup>2</sup> y ángulo de rozamiento 25°-35° (ver Tabla 48).

Tabla 48. Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR de la tercera junta.

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

Fuente: (Bienaswki, 1989)

Modificada por: Autora, 2022.

En la Tabla 49 se resume la puntuación dada anteriormente para cada uno de los cinco parámetros de las tres juntas (J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub>, J<sub>3</sub>). Dando como resultado una puntuación RMR



promedio de 56.39, siendo así un macizo rocoso de: clase III, calidad media, cohesión 2-3 kg/cm<sup>2</sup> y ángulo de rozamiento 25°-35°.

**Tabla 49.** Parámetros del RMR para la clasificación geomecánica de juntas 1, 2, 3 del macizo rocoso.

| Juntas              | $\sigma_c$ (Mpa) | Puntuación 1 | RQD (100%) | Puntuación 2              | SM (m) | Puntuación 3 | L(m)  | (1) | AB (mm) | (2)  | RU       | (3) | RE(mm)  | (4) | AL          | (5) | Puntuación 4 | F.Agua      | Puntuación 5 | RMR   |
|---------------------|------------------|--------------|------------|---------------------------|--------|--------------|-------|-----|---------|------|----------|-----|---------|-----|-------------|-----|--------------|-------------|--------------|-------|
| J1                  | 34.60            | 4            | 33.25      | 6                         | 0.578  | 15.49        | 0.107 | 6   | 0.033   | 5.48 | Rugosa   | 5   | Ninguno | 6   | Ligeramente | 5   | 27.48        | Ligeramente | 10           | 62.97 |
| J2                  | 34.60            | 4            | 33.25      | 6                         | 0.670  | 8.34         | 0.106 | 6   | 0.267   | 3.85 | Suave    | 0   | Ninguno | 6   | Ligeramente | 5   | 20.85        | Ligeramente | 10           | 49.19 |
| J3                  | 34.60            | 4            | 33.25      | 6                         | 0.687  | 15.94        | 0.180 | 6   | 0.967   | 3.07 | Ondulada | 1   | Ninguno | 6   | Ligeramente | 5   | 21.07        | Ligeramente | 10           | 57.01 |
| <b>RMR PROMEDIO</b> |                  | <b>CLASE</b> |            | <b>CALIDAD DE LA ROCA</b> |        |              |       |     |         |      |          |     |         |     |             |     |              |             |              |       |
| 56.39               |                  | III          |            | Media                     |        |              |       |     |         |      |          |     |         |     |             |     |              |             |              |       |

Fuente: Autora, 2022.

### 6.5.3.3 SMR, clasificación geomecánica de taludes. (Romana, 1997)

Se evaluó empíricamente la estabilidad del macizo rocoso constituido de andesita basáltica, mediante la aplicación de las clasificaciones geomecánicas a taludes. El índice SMR se obtuvo del RMR<sub>Basico</sub> conseguido anteriormente, donde se toma en cuenta factores de ajuste por orientación de las discontinuidades y ajuste por el método de excavación en taludes. Los datos usados se indican en la Tabla 50.

**Tabla 50.** Datos empleados en el SMR.

| Familia de juntas | Dirección de la discontinuidad ( $\alpha_j$ ) | Dirección del talud ( $\alpha_s$ ) | Buzamiento de discontinuidad (Bj) | Buzamiento del talud (Bs) |
|-------------------|---|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| 1                 | 51  | 66                                 | 35                                | 85                        |
| 2                 | 327   |                                    | 81                                |                           |
| 3                 | 46  |                                    | 66                                |                           |

Fuente: Autora, 2022.

Se analizó para rotura plana y rotura por vuelco, sin embargo, las características del macizo rocoso no dan cabida a considerar la rotura por cuña, por lo tanto, se usó la clasificación geomecánica de taludes SMR de Romana, 1997, donde no considera las roturas en cuña (ver Tabla 6). Con la fórmula 6 se calculó el SMR.

A continuación, se indica los factores de ajuste con sus respectivas fórmulas y valores para el caso de rotura planar (ver Tabla 51).



**Tabla 51.** Factores de ajuste en el caso de rotura planar,  $\alpha_s=66^\circ$ .

| Familia de juntas | F1<br>$ \alpha_j - \alpha_s $ | Valor | F2<br>$ \beta_j $ | Valor | F3<br>$\beta_j - \beta_s$ | Valor | F4            | Valor | RMR   | SMR   |
|-------------------|-------------------------------|-------|-------------------|-------|---------------------------|-------|---------------|-------|-------|-------|
| 1                 | 15                            | 0.7   | 35                | 1     | -50                       | -60   | Talud natural | +15   | 62,97 | 42.27 |
| 2                 | 261                           | 0.15  | 81                | 1     | -4                        | -50   | Talud natural | +15   | 49,19 | 56.69 |
| 3                 | 20                            | 0.4   | 66                | 1     | -19                       | -60   | Talud natural | +15   | 57,01 | 48.01 |

Fuente: Autora, 2022.

En la Tabla 52, se indica los factores de ajuste con sus respectivas fórmulas y valores para el caso de rotura por vuelco.

**Tabla 52.** Factores de ajuste en el caso de rotura por vuelco,  $\alpha_s=66^\circ$ .

| Familia de juntas | F1<br>$ \alpha_j - \alpha_s - 180 $ | Valor | F2<br>1 | Valor | F3<br>$\beta_j + \beta_s$ | Valor | F4            | Valor | RMR   | SMR   |
|-------------------|-------------------------------------|-------|---------|-------|---------------------------|-------|---------------|-------|-------|-------|
| 1                 | 195                                 | 0.15  | 1       | 1     | 120                       | -6    | Talud natural | +15   | 62.97 | 77.07 |
| 2                 | 81                                  | 0.15  | 1       | 1     | 166                       | -25   | Talud natural | +15   | 49.19 | 60.44 |
| 3                 | 200                                 | 0.15  | 1       | 1     | 151                       | -25   | Talud natural | +15   | 57.01 | 68.26 |

Fuente: Autora, 2022.

Se estableció empíricamente para el factor de ajuste según el método de excavación un  $F_4=+15$ , a causa del mecanismo de protección que posee todo el talud, debido a la abundante vegetación que se evidencia.

Se obtuvo el índice SMR para cada una de las 3 familias de juntas, y se adoptó el valor menor de los obtenidos, de acuerdo al procedimiento establecido por Vallejo, L. 2002. A continuación, se indica los resultados obtenidos de SMR, con su respectiva clase de estabilidad y medidas de sostenimiento (ver Tabla 53).

**Tabla 53.** Resumen de valores mínimos para el índice SMR con sus clases de estabilidad y medidas de sostenimiento.

| CASO              | SMR   | Clase | Descripción | Estabilidad          | Roturas         | Tratamiento | Medidas de sostenimiento  |
|-------------------|-------|-------|-------------|----------------------|-----------------|-------------|---|
| Rotura planar     | 42.27 | III   | Normal      | Parcialmente estable | Algunas juntas  | Sistemático | Refuerzo (bulones; anclajes).   |
| Rotura por vuelco | 68.26 | II    | Buena       | Estable              | Algunos bloques | Ocasional   | Protección (zanjas de pie; vallas de pie o de talud; redes sobre la superficie del talud) |

Fuente: (Romana, 1997 y González de Vallejo, 2004)

Modificado por: Autora, 2022.



#### 6.5.3.4 GSI, Geological Strength Index. (Hoek, 1994)

Para el cálculo del índice geológico de resistencia, GSI se utilizó la versión 1989 del índice RMR (Bieniawski, 1989). El valor resultante del índice  $RMR_{89}$  se relacionó con el índice GSI de la siguiente forma:

$$\text{Si el } RMR_{89} \geq 23 \text{ entonces el } GSI = RMR_{89} - 5$$

En este caso se tiene un valor de  $RMR_{89}$  de 56.39, de manera que si se está cumpliendo con la relación mencionada, y al reemplazar el valor en la formula se obtiene lo siguiente:

$$GSI = RMR_{89} - 5 \tag{43}$$

$$GSI = 56.39 - 5$$

$$GSI = 51.39$$

Con la calificación de GSI igual a 51.39, la calidad del macizo rocoso es regular.

### 6.6 Análisis Geológico-Geotécnico

#### 6.6.1 Análisis de Resistencia del macizo rocoso mediante el Criterio de rotura de Hoek & Brown.

Conforme lo indican (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004), en este caso sería válida la aplicación del criterio de rotura de Hoek-Brown, debido a que el macizo rocoso estudiado se encuentra moderadamente alterado, formado por tres familias de discontinuidades, según lo apreciado en campo.

Se determina los parámetros de resistencia generalizados de Hoek-Brown (mb, s y a), basados en la introducción de los siguientes datos en el software RocLab 1.0:

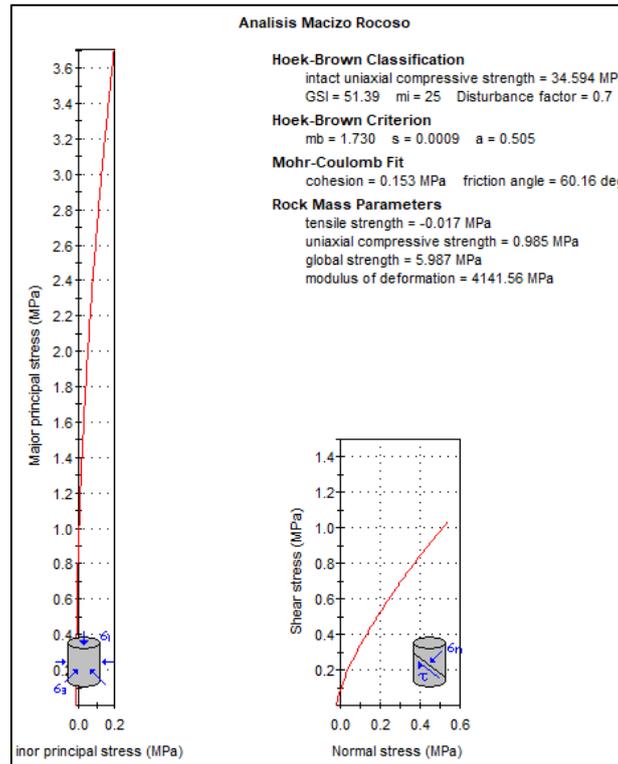
Tabla 54. Datos de entrada usados en Roclab v1.0.

| MACIZO ROCOSO | GSI   | $\sigma_c$ (MPa) | ALTURA (m) | PESO ESPECIFICO (MN/m <sup>3</sup> ) | D (FACTOR DE PERTURBACIÓN) |
|---------------|-------|------------------|------------|--------------------------------------|----------------------------|
|               | 51.39 | 34.595           | 7.80       | 0.026                                | 0.7                        |

Fuente: RocLab, 2021.

Modificado por: Autora, 2022.

Para el factor de perturbación "D" (daño por explosión) se consideró al macizo rocoso moderadamente alterado producto de una buena voladura (D=0.7), también se introdujo un índice de resistencia geológica (GSI) de 51.39, una resistencia a la compresión simple ( $\sigma_c$ ) de 34.594 MPa, una altura de 7.80m y un peso específico de 0.03 MN/m<sup>3</sup> dato obtenido del ensayo de gravedad específica de sólidos.



**Figura 56.** Análisis de resistencia para el macizo rocoso.  
Fuente: RocLab 1.0, 2021.

Mediante los parámetros generales de estabilidad por el método Hoek and Brown ajustado al criterio Mohr-Coulomb, se obtuvo una cohesión de 0.153 MPa y un ángulo de fricción de 60.16° (ver Figura 56). Datos a considerar para el modelamiento del talud.

### 6.7 Análisis de estabilidad global

A partir de las características geotécnicas y trabajo de campo realizado, se obtuvo los parámetros para el modelamiento Estático y Pseudo-Estático de los cuatro deslizamientos y del macizo rocoso en el programa Slide v6.0. (ver Tabla 55).

**Tabla 55.** Parámetros para modelamiento en el software Slide V6.0: Peso específico ( $\gamma$ ) KN/cm<sup>3</sup>, Ángulo de Fricción ( $\phi$ ), Cohesión (C) KN/m<sup>2</sup>.

| Id                   | ABSC             | Altura<br>m | Litología          | Ensayo                | Peso específico ( $\gamma$ ) | Ángulo de fricción ( $\phi$ ) | Cohesión (C)         |
|----------------------|------------------|-------------|--------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------|
|                      |                  |             |                    |                       | kN/m <sup>3</sup>            | °                             | (kN/m <sup>2</sup> ) |
| D 1                  | 6+220 a<br>6+245 | 13.88       | Sábulo             | Corte Directo         | 18.3502                      | 26.00                         | 0.9807               |
| D 2                  | 6+410 a<br>6+440 | 16.00       | Sábulo             | Corte Directo         | 15.2954                      | 26.00                         | 0.9807               |
| D 3                  | 8+890 a<br>8+990 | 92.54       | Sábulo             | Sísmica de Refracción | 16.6713                      | 29.00                         | 0.0981               |
|                      |                  |             | Granodiorita       |                       | 18.8287                      | 40.00                         | 0.0981               |
| D 4                  | 9+330 a<br>9+520 | 43.73       | Sábulo             | Corte Directo         | 16.7792                      | 29.00                         | 8.0905               |
| <b>MACIZO ROCOSO</b> | 9+035 a<br>9+040 | 19.61       | Andesita basáltica | Comprensión Simple    | 25.9876                      | 60.16                         | 153.00               |

Fuente. Autora, 2022.

### 6.7.1 Modelo Estático.

El análisis se realizó mediante simulación en el programa Slide v6.0. conforme un modelo estático para obtener un factor de seguridad, en condiciones actuales.

El Factor de Seguridad (FS) en teoría indica si un sitio es estable o no. Se espera para cargas estáticas un factor de seguridad  $> 1.5$ , para el diseño estable. Cuando el factor de seguridad es demasiado bajo  $< 1$ , se considera inestable. Sin embargo, si el factor de seguridad está dentro del rango de 1 a 1.5, se encuentra crítico, conforme lo indica Suárez Días (2009).

A continuación, se describen los cuatro deslizamientos y el macizo rocoso:

#### - Deslizamiento 1.

Para el deslizamiento 1 constituido de sábulo ubicado aproximadamente en las abscisas 6+220 a 6+245, de acuerdo al análisis de estabilidad global realizado, se calcula conforme sus características geológicas y geotécnicas un factor de seguridad  $FS=0.996$ , encontrándose dentro de un rango inestable.

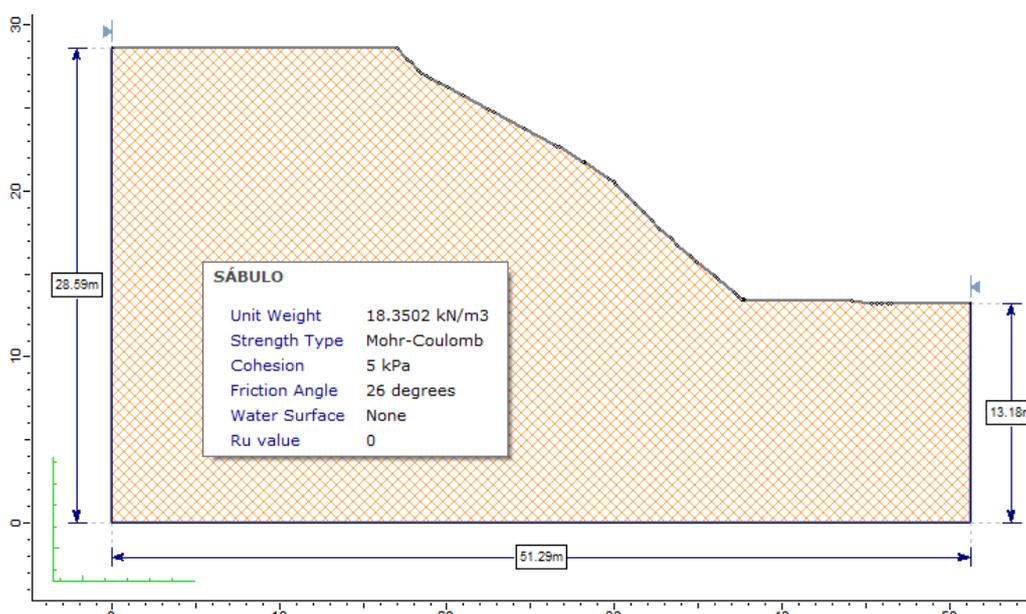


Figura 57. Diseño del deslizamiento 1 para análisis de estabilidad global en el modelo estático.

Fuente: Autora, 2022.

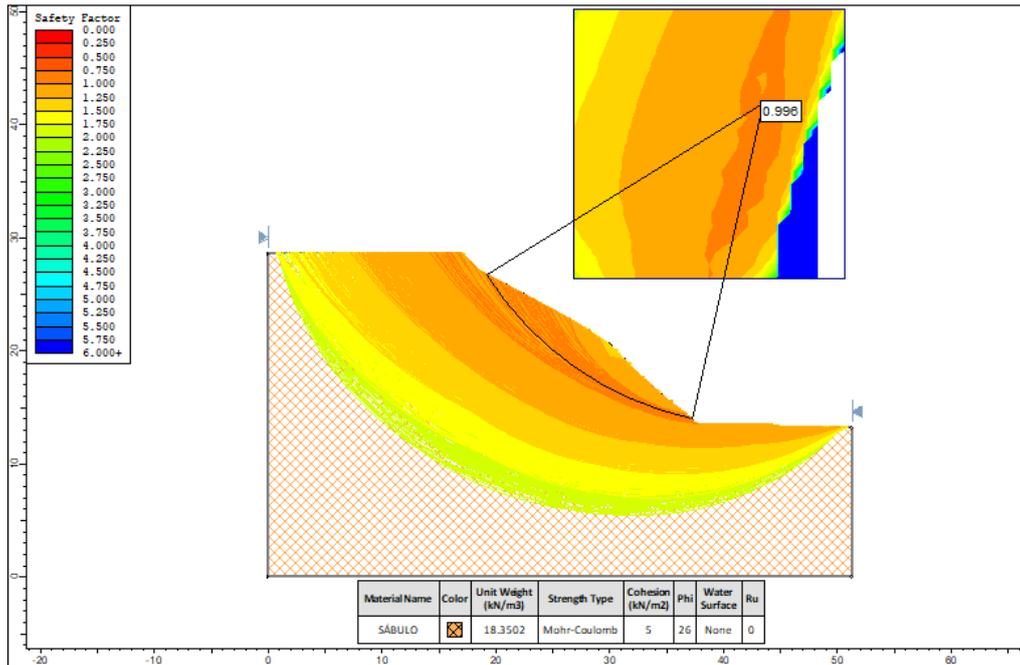


Figura 58. Análisis de rotura general para el deslizamiento 1 en el modelo estático.

Fuente: Autora, 2022.

### - Deslizamiento 2.

Para el deslizamiento 2 constituido de sábulo ubicado aproximadamente en las abscisas 6+410 a 6+440, de acuerdo al análisis de estabilidad global realizado, se calcula conforme sus características geológicas y geotécnicas un factor de seguridad  $FS=0.913$ , encontrándose dentro de un rango inestable.

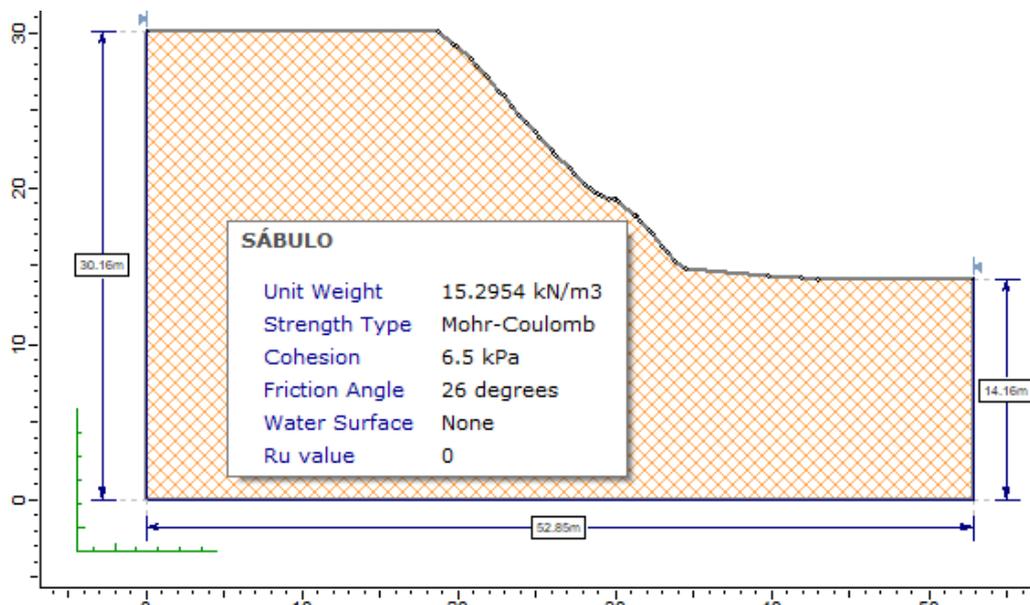


Figura 59. Diseño del deslizamiento 2 para análisis de estabilidad global en el modelo estático.

Fuente: Autora, 2022.

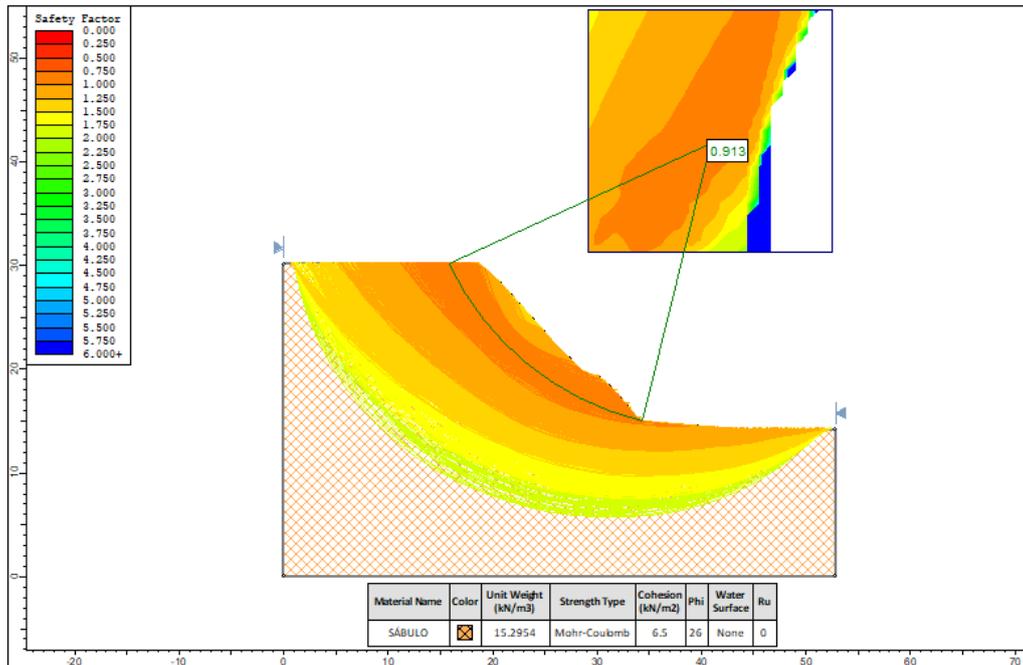


Figura 60. Análisis de rotura general para el deslizamiento 2 en el modelo estático.

Fuente: Autora, 2022.

### - Deslizamiento 3.

Para el deslizamiento 3 constituido de sábulo ubicado aproximadamente en las abscisas 8+890 a 8+990, de acuerdo al análisis de estabilidad global realizado, se calcula conforme sus características geológicas y geotécnicas un factor de seguridad  $FS=0.954$ , encontrándose dentro de un rango inestable.

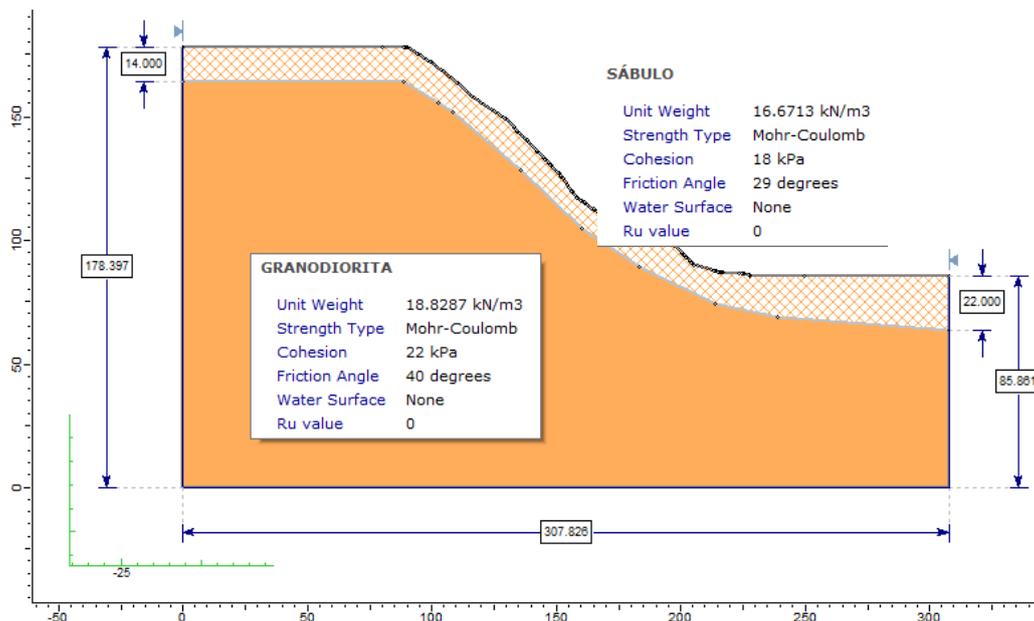


Figura 61. Diseño del deslizamiento 3 para análisis de estabilidad global en el modelo estático.

Fuente: Autora, 2022.

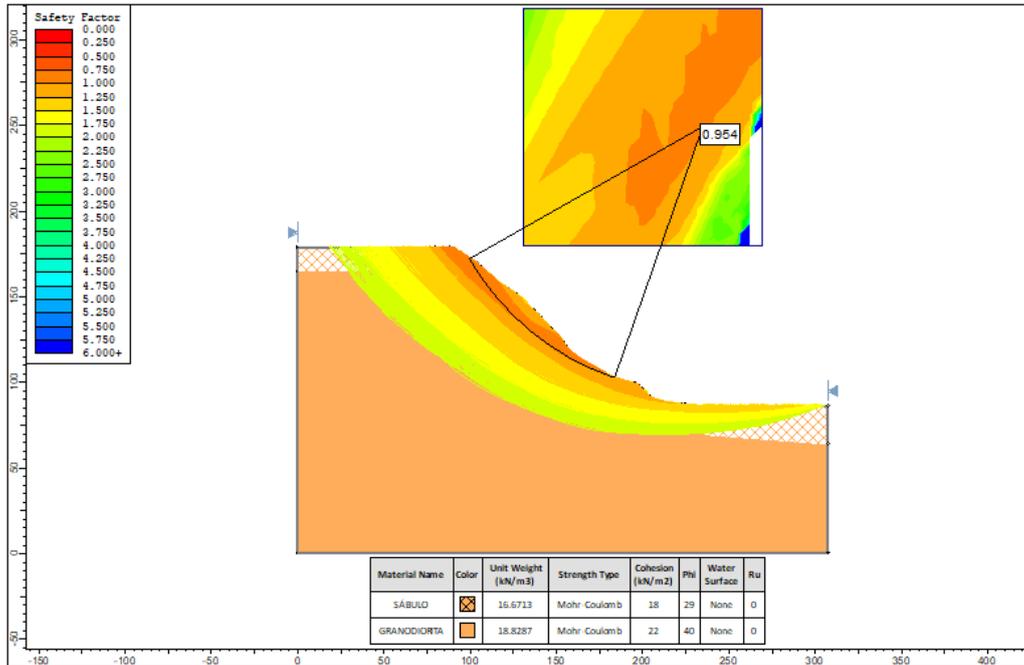


Figura 62. Análisis de rotura general para el deslizamiento 3 en el modelo estático.

Fuente: Autora, 2022.

- **Deslizamiento 4.**

Para el deslizamiento 4 constituido de sábulo ubicado aproximadamente en las abscisas 9+330 a 9+520, de acuerdo al análisis de estabilidad global realizado, se calcula conforme sus características geológicas y geotécnicas un factor de seguridad FS=1.042, encontrándose dentro de un rango crítico.

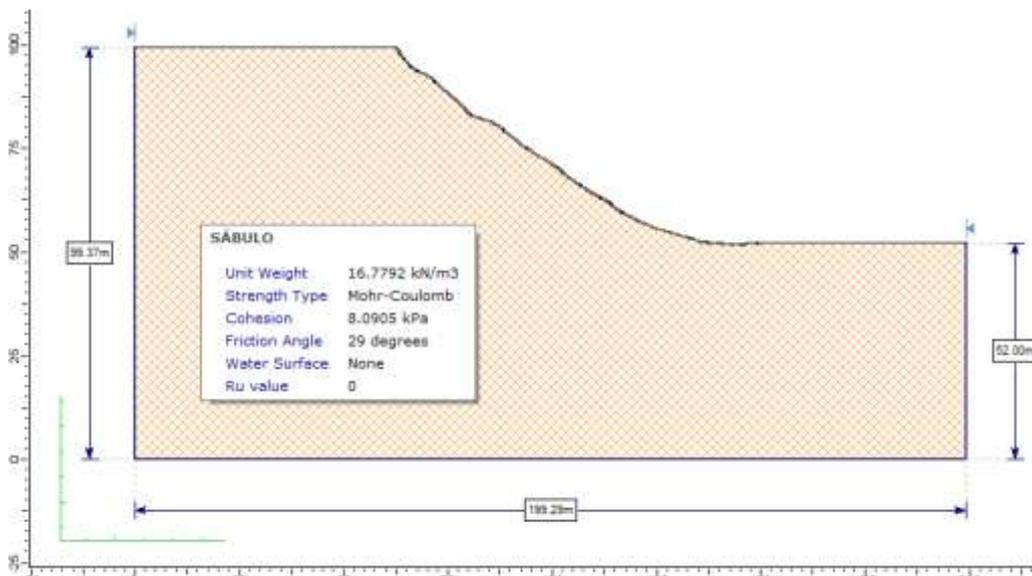


Figura 63. Diseño del deslizamiento 4 para análisis de estabilidad global en el modelo estático.

Fuente: Autora, 2022.

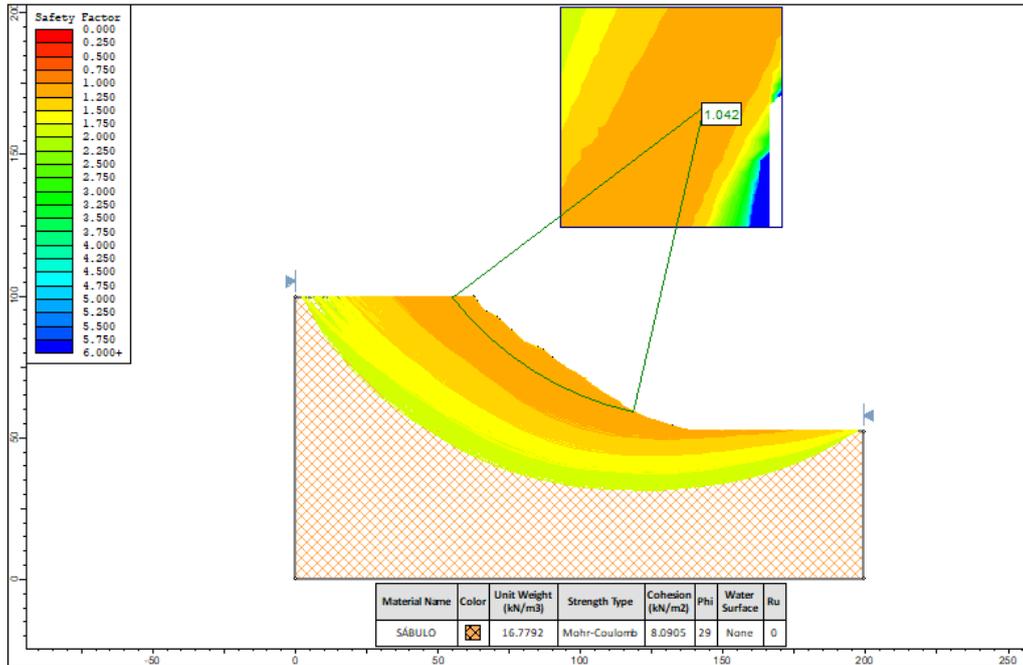


Figura 64. Análisis de rotura general para el deslizamiento 4 en el modelo estático.

Fuente: Autora, 2022.

- **Macizo rocoso.**

Para el macizo rocoso constituido de andesita basáltica ubicado aproximadamente en las abscisas 9+035 a 9+040, de acuerdo al análisis de estabilidad global realizado, se calcula conforme sus características geológicas y geotécnicas un factor de seguridad FS=4.089, encontrándose dentro de un rango estable.

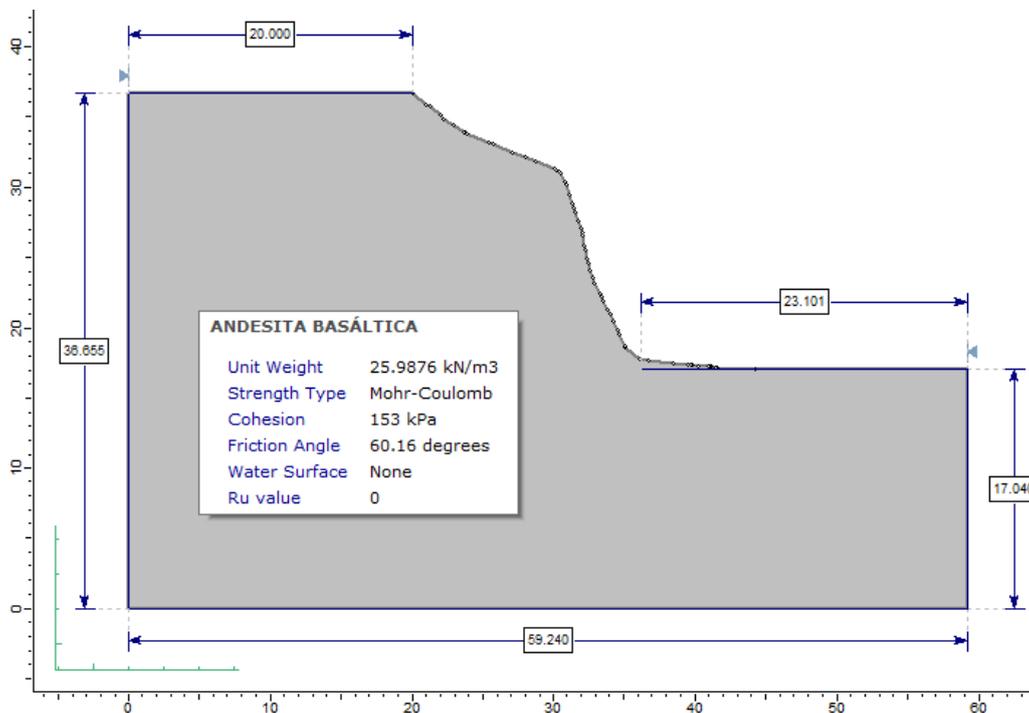


Figura 65. Diseño del macizo rocoso para análisis de estabilidad global en el modelo estático.

Fuente: Autora, 2022.

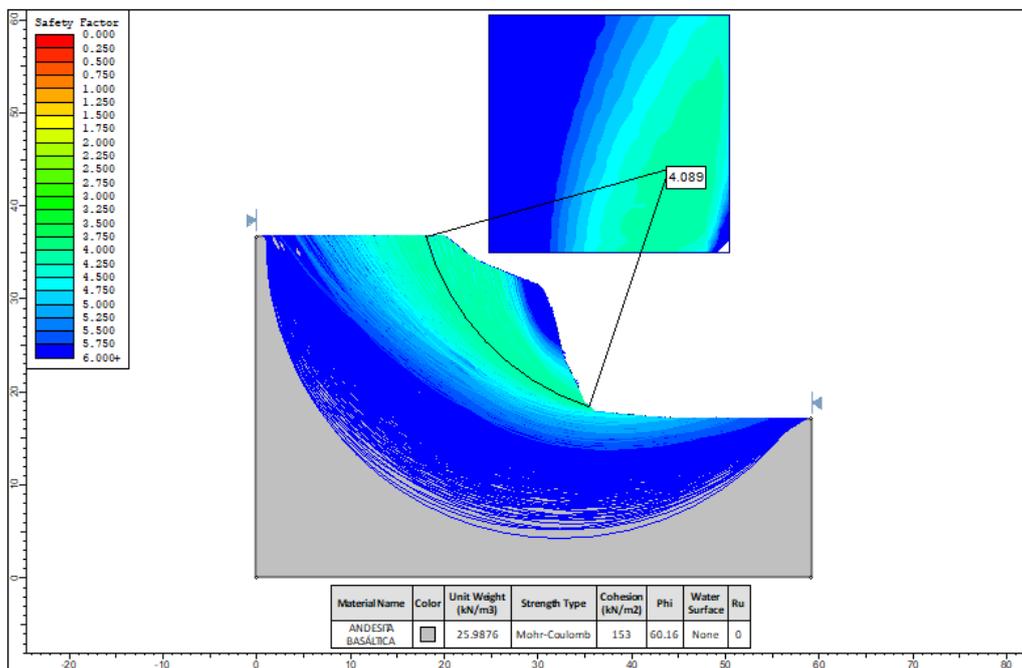


Figura 66. Análisis de rotura general para el macizo rocoso en el modelo estático.

Fuente: Autora, 2022.

### 6.7.2 Modelo Pseudo-Estático.

El análisis se realizó mediante simulación, conforme el modelo pseudo-estático, con un coeficiente sísmico horizontal de 0.21, parámetro determinado para la zona del proyecto (**sección 5.6.2. Modelo Pseudo-Estático**), es importante mencionar que no se tiene en cuenta las aceleraciones verticales.

Se espera para cargas sísmicas un factor de seguridad  $\geq 1.1$ , para el diseño de un talud estable. Cuando el factor de seguridad es demasiado bajo y aproximadamente igual a 1, el talud se considera inestable, de acuerdo a Suárez Días (2009).

A continuación, se describen los cuatro deslizamientos y el macizo rocoso:

#### - Deslizamiento 1.

Para el deslizamiento 1 constituido de sábulo ubicado aproximadamente en las abscisas 6+220 a 6+245, de acuerdo al análisis de estabilidad global realizado en el modelo pseudo-estático, se calcula conforme sus características geológicas y geotécnicas un factor de seguridad  $FS=0.683$ , encontrándose dentro de un rango inestable.

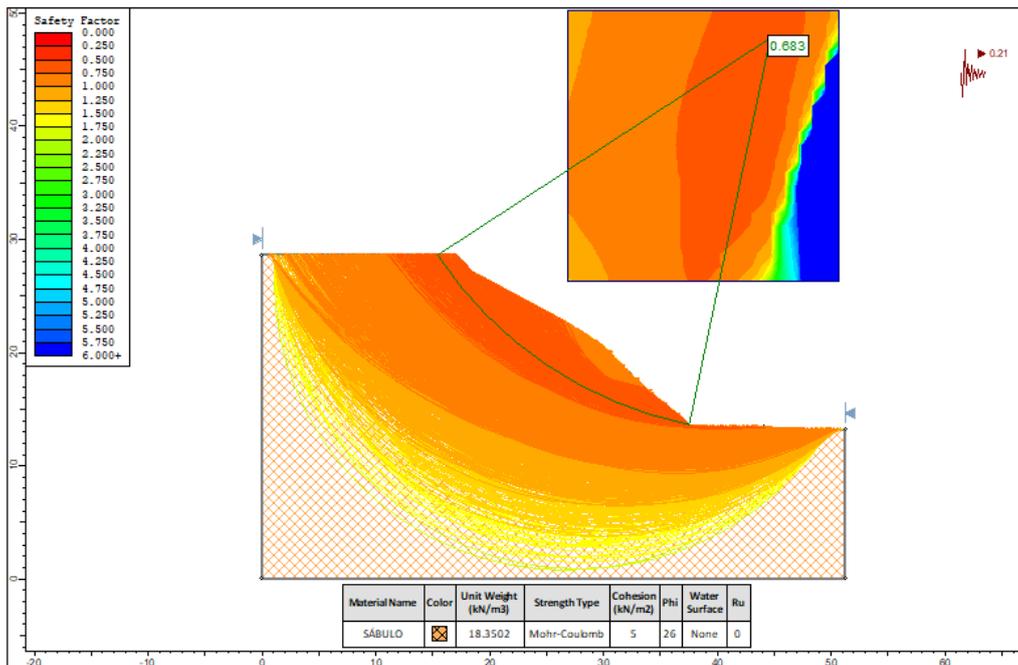


Figura 67. Análisis de rotura general para el deslizamiento 1 en el modelo pseudo-estático.

Fuente: Autora, 2022.

- Deslizamiento 2.

Para el deslizamiento 2 constituido de sábulo ubicado aproximadamente en las abscisas 6+410 a 6+440, de acuerdo al análisis de estabilidad global realizado en el modelo pseudo-estático, se calcula conforme sus características geológicas y geotécnicas un factor de seguridad FS=0.664, encontrándose dentro de un rango inestable.

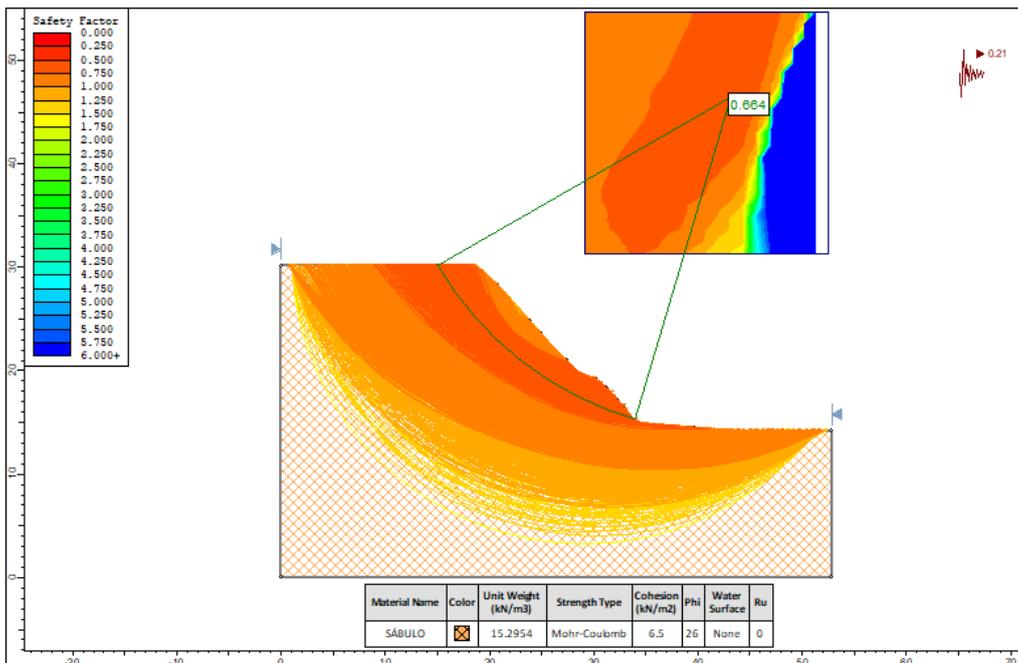
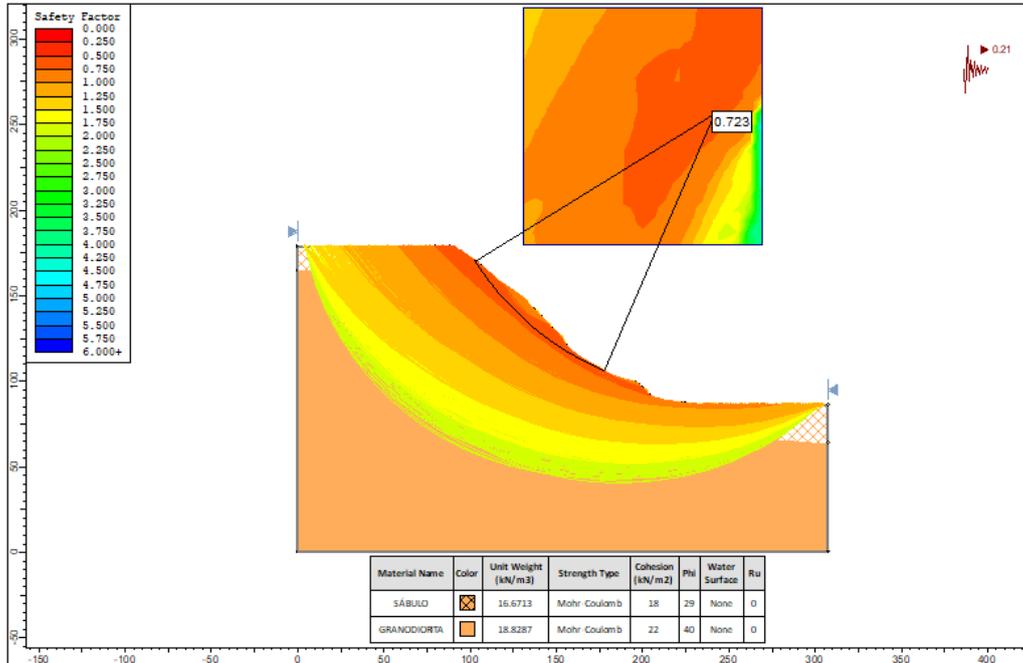


Figura 68. Análisis de rotura general para el deslizamiento 2 en el modelo pseudo-estático.

Fuente: Autora, 2022.

### - Deslizamiento 3.

Para el deslizamiento 3 constituido de sábulo ubicado aproximadamente en las abscisas 8+890 a 8+990, de acuerdo al análisis de estabilidad global realizado en el modelo pseudo-estático, se calcula conforme sus características geológicas y geotécnicas un factor de seguridad  $FS=0.723$ , encontrándose dentro de un rango inestable.



**Figura 69.** Análisis de rotura general para el deslizamiento 3 en el modelo pseudo-estático.

**Fuente:** Autora, 2022.

### - Deslizamiento 4.

Para el deslizamiento 4 constituido de sábulo ubicado aproximadamente en las abscisas 9+330 a 9+520, de acuerdo al análisis de estabilidad global realizado en el modelo pseudo-estático, se calcula conforme sus características geológicas y geotécnicas un factor de seguridad  $FS=0.716$ , encontrándose dentro de un rango inestable.

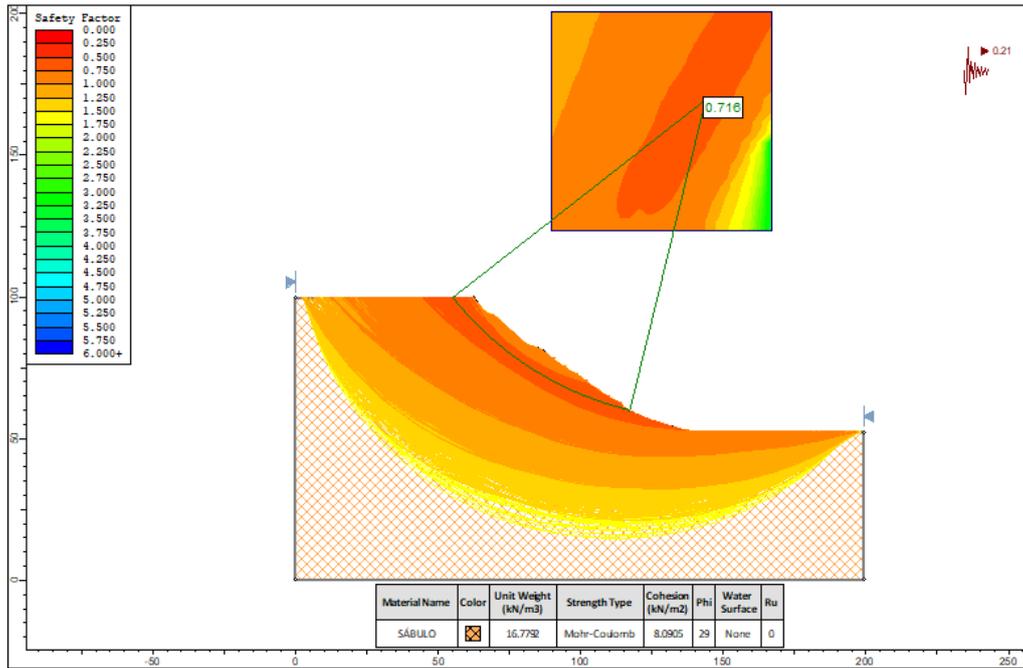


Figura 70. Análisis de rotura general para el deslizamiento 4 en el modelo pseudo-estático.

Fuente: Autora, 2022.

- **Macizo rocoso.**

Para el macizo rocoso constituido de andesita basáltica ubicado aproximadamente en las abscisas 9+035 a 9+040, de acuerdo al análisis de estabilidad global realizado en el modelo pseudo-estático, se calcula conforme sus características geológicas y geotécnicas un factor de seguridad FS=3.179, encontrándose dentro de un rango estable.

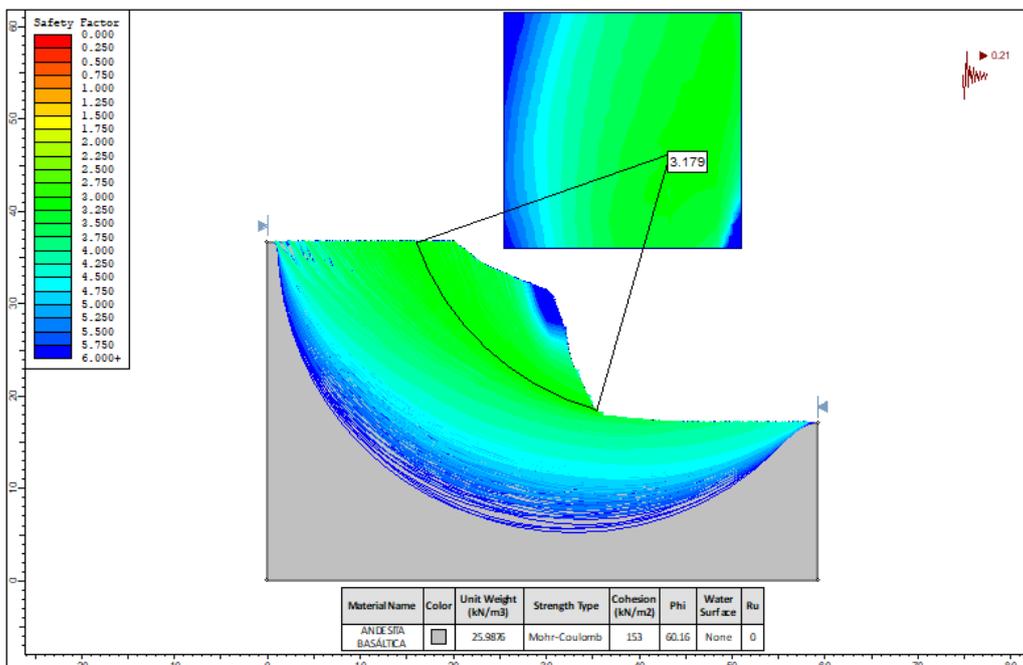


Figura 71. Análisis de rotura general para el macizo rocoso en el modelo pseudo-estático.

Fuente: Autora, 2022.



### 6.8 Resumen de análisis de estabilidad global

A continuación, se muestra los resultados de F.S, analizados en condiciones actuales por cada metodología y su cumplimiento.

**Tabla 56.** Resumen de resultados de FS de los taludes en condiciones actuales para el modelo estático.

| Id            | ABSC       | Bishop | Janbu | Spencer | GLE/Morgenstern-Price | Estabilidad | Modelo   |
|---------------|------------|--------|-------|---------|-----------------------|-------------|----------|
| D-1           | 6+220      | 0.996  | 0.965 | 0.993   | 0.992                 | Inestable   |          |
|               | a<br>6+245 |        |       |         |                       |             |          |
| D-2           | 6+410      | 0.913  | 0.739 | 0.805   | 0.805                 | Inestable   |          |
|               | a<br>6+440 |        |       |         |                       |             |          |
| D-3           | 8+890      | 0.954  | 0.859 | 0.911   | 0.909                 | Inestable   | ESTÁTICO |
|               | a<br>8+990 |        |       |         |                       |             |          |
| D-4           | 9+330      | 1.042  | 0.991 | 1.039   | 1.036                 | Crítica     |          |
|               | a<br>9+520 |        |       |         |                       |             |          |
| Macizo Rocoso | 9+035      | 4.089  | 4.073 | 4.093   | 4.090                 | Estable     |          |
|               | a<br>9+040 |        |       |         |                       |             |          |

Fuente: Autora, 2022.

**Tabla 57.** Resumen de resultados de FS de los taludes en condiciones actuales para el modelo pseudo-estático.

| Id            | ABSC       | Bishop | Janbu | Spencer | GLE/Morgenstern-Price | Estabilidad | Modelo          |
|---------------|------------|--------|-------|---------|-----------------------|-------------|-----------------|
| D-1           | 6+220      | 0.683  | 0.645 | 0.684   | 0.682                 | Inestable   |                 |
|               | a<br>6+245 |        |       |         |                       |             |                 |
| D-2           | 6+410      | 0.664  | 0.610 | 0.662   | 0.663                 | Inestable   |                 |
|               | a<br>6+440 |        |       |         |                       |             |                 |
| D-3           | 8+890      | 0.723  | 0.697 | 0.719   | 0.728                 | Inestable   | PSEUDO-ESTÁTICO |
|               | a<br>8+990 |        |       |         |                       |             |                 |
| D-4           | 9+330      | 0.716  | 0.674 | 0.716   | 0.713                 | Inestable   |                 |
|               | a<br>9+520 |        |       |         |                       |             |                 |
| Macizo Rocoso | 9+035      | 3.219  | 3.034 | 4.047   | 3.179                 | Estable     |                 |
|               | a<br>9+040 |        |       |         |                       |             |                 |

Fuente: Autora, 2022.

## 7. Discusión

En el presente trabajo investigativo se realizó la caracterización geológica-geotécnica a nivel de Factor de Seguridad de taludes de la vía La Saquea- Cantzama Bajo desde el tramo ABSC 5+850 - 11+700, ubicada en las parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe. Al ser la única vía por donde transitan los habitantes de las diferentes comunidades de estas parroquias, es fundamental conocer el estado actual para llevar a cabo un mantenimiento, una ampliación, una rectificación y un asfaltado de la vía.

A partir del análisis de las pendientes y geoformas, se distinguen los siguientes tipos que contribuyen a la inestabilidad de los materiales: las zonas con cotas altas, tomando en cuenta que las elevaciones en el área de estudio van desde los 857 m s.n.m hasta los 995 m s.n.m; áreas de pendientes muy inclinadas ( $15^{\circ}$ - $35^{\circ}$ ) en un 25.37%; y pendientes empinadas ( $35^{\circ}$ - $55^{\circ}$ ) en un 5.16%. Las geoformas: los relieves colinados medios con pendientes medias a fuertes (25 a 70%) representan el 13.98%; la vertiente heterogénea con pendientes fuertes a muy fuertes (40 a 100%) representan el 10.93%; y el barranco con pendientes mayoritariamente fuertes (de 40 a 70%) representan el 6.49%. Porcentajes dados en relación a las 75.19ha de la zona estudiada.

En el área de estudio se observó litológicamente la existencia de sábulo (granodiorita muy meteorizada del Batolito de Zamora). A excepción de las siguientes abscisas: en la abs. 8+990 a 9+040 sobresale un dique de andesita basáltica, de aproximadamente 50m de espesor, de longitud kilométrica, y de medidas de rumbo y buzamiento  $N66^{\circ}E/85^{\circ}SE$ ; en la abs. 7+130 a 8+660 un depósito coluvio-aluvial originado del aporte de sedimentos coluviales de las vertientes por efecto de la gravedad y por el depósito de detritos transportados por el drenaje de las quebrabas; en las zonas donde circulan quebradas predominan depósitos aluviales; y en el resto de lo que queda del tramo de vía, a partir de la abs. 9+720 a 11+700 se tiene la presencia de terrazas aluviales debido a la proximidad de la vía al río Yacuambi.

En la geología estructural, con la fotointerpretación se definió la existencia de ocho evidencias que ponen al descubierto la existencia de una falla cubierta con una extensión kilométrica, los lineamientos observados a gran escala definen una orientación preferente al N-NW. Por otro lado, el dique de andesita basáltica mencionado anteriormente deja en evidencia la existencia de un contacto definido entre la andesita-basáltica y la granodiorita, incluyendo la presencia de diaclasas en una zona específica del macizo rocoso, posiblemente resultado de los esfuerzos tectónicos, dando como resultado tres familias de juntas paralelas o subparalelas, las cuales se intersecan formando así un sistema de diaclasas.



En la zona litológica dominada por sábulos existen cuatro deslizamientos de tipo rotacional; el agua es el detonante principal de estos deslizamientos como consecuencia de la saturación, meteorización y erosión del material; se forman escorrentías superficiales después de las intensas lluvias; en verano se evidencia la formación de cárcavas pequeñas con una profundidad y ancho menores a 1m. Mediante la caracterización foto-geológica, se identificó que dos de estos deslizamientos son antiguos, los cuales presentan actividad desde el año 2010, ubicados en las abscisas 8+890 a 8+990 y 9+330 a 9+520, los dos restantes son recientes.

Mediante los cuatro ensayos de corte directo, con la teoría de Mohr-Coulomb se obtuvo los resultados de cohesiones que van desde un valor mínimo de  $0.0010 \text{ kg/cm}^2$  hasta un valor máximo de  $0.010 \text{ kg/cm}^2$ ; y ángulos de fricción con un valor mínimo de  $26^\circ$  y un máximo de  $45^\circ$ . Conforme la información de cuatro calicatas, mediante la descripción SUCS se pudo encontrar un suelo limo arenoso (ML), arena limosa (SM) y arena limosa con grava (SM); conforme la descripción AASHTO se pudo encontrar suelos limosos (A-4, A-5), suelos arcillosos (A-7-5) y suelos arena limosos o arcillosos (A-2-4); predominando los suelos con clasificación ML (SUCS), compuestos en un 31.62% de arena y en un 68.38% de granulación fina. Así mismo, con el Índice Plástico (IP) se identificó que los suelos son medianamente plásticos con valores IP que van desde los 7.86% a 10.82%, esa gran diferencia entre el límite líquido (LL) y límite plástico (LP) indica que el suelo admite gran cantidad de agua para pasar del LP al LL.

La línea de refracción sísmica ubicada en el deslizamiento más representativo (abs. 8+890 a 8+990), da a conocer la presencia de sábulos en la primera capa a un espesor aproximado de 14 a 22m, a una velocidad sísmica (onda P) de 320 m/s; y se tiene granodiorita muy alterada en la segunda capa a un espesor indefinido, velocidad sísmica de 910 m/s. Para el modelamiento de este deslizamiento (D-3) se usó los datos otorgados por la línea sísmica: para el sábulos un peso específico ( $\gamma$ ) de  $1.70 \text{ gr/cm}^3$  y un ángulo de fricción de  $29^\circ$ ; la granodiorita muy alterada con un peso específico ( $\gamma$ ) de  $1.92 \text{ gr/cm}^3$  y un ángulo de fricción de  $40^\circ$ . Por otra parte, para el modelamiento de los deslizamientos faltantes (D-1, D-2 y D-4), se tomó en cuenta los resultados obtenidos de los ensayos de corte directo.

Lo que respecta a las propiedades físico-mecánicas de las rocas se puede decir que, con el ensayo de compresión simple, realizado en el macizo rocoso constituido de andesita basáltica, se obtuvo una densidad de  $2.59 \text{ kg/cm}^3$  y un esfuerzo de  $352.77 \text{ kg/cm}^2$ . Complementariamente, con el ensayo de gravedad específica de sólidos de acuerdo a la norma ASTM D854-58, se calculó un peso específico real de  $2.65 \text{ gr/cm}^3$ , datos necesarios para el modelamiento del talud del macizo rocoso.



Al caracterizar el macizo rocoso de andesita basáltica (abs. 9+040), se identificó una zona de estudio de 1x1m, constituido por 3 familias de juntas:  $J_1$ ,  $J_2$  y  $J_3$ . De donde se obtuvo un RQD de 33.25%, dando una calidad de roca mala; en el RMR se tuvo un valor de 56.39 dando una calidad de roca media; en el SMR para rotura planar, con un valor de 42.27 se obtuvo una calidad de roca normal parcialmente estable, para la rotura por vuelco se consiguió un valor de 68.26 con una calidad de roca buena estable; y finalmente un GSI igual a 51.39, donde la calidad del macizo rocoso es regular.

En el análisis de resistencia del macizo rocoso, mediante los parámetros generales de estabilidad por el método Hoek and Brown ajustado al criterio Mohr-Coulomb, en el software Roclab v1.0 se obtuvo una cohesión de 0.153MPa y un ángulo de fricción de  $60.16^\circ$ , valores usados en el modelamiento del talud en software Slide v6.0., donde se obtuvo un factor de seguridad de 4.089 para cargas estáticas, y un factor de seguridad de 3.219 para carga sísmica, mostrando un talud estable.

La superficie de deslizamiento se considera circular (métodos Bishop) o poligonal (métodos Janbu, Spencer, GLE/Morgenstern-Price), conforme sus respectivas características geomecánicas y geométricas. En el modelo estático, en condiciones actuales, el deslizamiento uno, dos y tres indican valores de factores de seguridad  $<1$ , dando como resultado simulaciones que indican deslizamientos inestables, excepto el deslizamiento ubicado en las abs. 9+330 a 9+520 (D-4), el cual se encuentra en un estado crítico, con un FS igual a 1.042. Para el modelo pseudo-estático con un coeficiente sísmico horizontal de 0.21 se obtuvo taludes inestables, donde los valores de factor de seguridad son  $<1.1$  en todos los deslizamientos. Es importante señalar, para obtener un factor de seguridad realista, cercano a la unidad, se realizó retrocálculo, con el cual se simuló un estado anterior, donde se trabajó con el estado límite del suelo (estado residual) conforme lo indican Arellano, Bielefeldt y Correa (2017).



## 8. Conclusiones

De la caracterización geológica-geotécnica en la vía La Saquea-Cantzama bajo desde el tramo ABSC 5+850 hasta 11+700, ubicada en las parroquias Cumbaratza y Guadalupe, cantón Zamora, provincia Zamora Chinchipe, se concluye lo siguiente:

- En el área de estudio conforme el levantamiento topográfico, las cotas van desde los 857 m s.n.m hasta los 995 m s.n.m, existiendo un desnivel de 138m. Además, se determinó la existencia de pendientes ligeramente inclinadas, fuertemente inclinadas, muy inclinadas y empinadas; en un porcentaje mayor pendientes ligeramente inclinadas ( $0^{\circ}$ - $5^{\circ}$ ) con un 35.46%; y en un porcentaje menor pendientes empinadas ( $35$ - $55^{\circ}$ ) con un 5.16%. Así mismo se encontró las siguientes geoformas: relieve colinado medio, barranco, coluvión antiguo, vertiente heterogénea, valle fluvial (llanura de inundación), terraza baja y depósitos de deslizamientos; en un mayor porcentaje con un 27.04% se tiene al coluvión antiguo; y en un menor porcentaje con un 2.42% se tiene a los depósitos de deslizamientos.
- Geológicamente el área de estudio se encuentra emplazada sobre el Complejo Intrusivo de Zamora, especialmente sobre granodiorita muy meteorizada en forma de sábulo. En algunos lugares sobresalen diques de andesita basáltica con espesores variados, resaltando el de la abs. 8+990 a 9+040, con un espesor aproximado de 50m, con longitud kilométrica, con medidas de rumbo y buzamiento  $N66^{\circ}E/85^{\circ}$ . Además, se tiene depósitos superficiales como: terrazas aluviales, depósitos aluviales y depósitos coluvio-aluviales.
- En la geología estructural se tiene ocho posibles evidencias que dan a conocer la existencia de una falla cubierta. Además, de contactos inferidos y un contacto observado entre la granodiorita y andesita-basáltica, en esta última se apreció tres familias de diaclasas paralelas o subparalelas, que se intersecan formando así un sistema de diaclasas.
- Se pudo clasificar los materiales conforme la descripción SUCS: suelo limo arenoso (ML), arena limoso (SM) y arena limoso con grava (SM); y conforme la descripción AASHTO: suelos limosos (A-4), arcillosos(A-7-5) y arena limosa o arcillosa (A-2-4). Predominando los suelos ML y A-4, compuestos en un 31.62% de arena y en un 68.38% de granulación fina. Así mismo, en los límites de Atterberg, conforme al Índice Plástico (IP) se puede decir que los suelos son medianamente plásticos con valores IP que van desde los 7.86% a 10.82%, la gran diferencia entre el límite líquido (LL) y límite plástico (LP) indica que el suelo admite gran cantidad de agua para pasar del LP al LL.



De manera que las altas precipitaciones, favorecen la meteorización y erosión, dando como resultado deslizamientos.

- Con los ensayos de corte directo, se estableció mediante muestras inalteradas, correspondiente a la litología de suelo areno limoso con una matriz arcillosa (sábulo), valores de densidades que van desde los  $1.5597 \text{ gr/cm}^3$  hasta  $1.9578 \text{ gr/cm}^3$ , ángulos de fricción de  $26^\circ$  a  $45^\circ$ , cohesiones de  $0.0010 \text{ kg/cm}^2$  hasta  $0.0825 \text{ kg/cm}^2$ . Además, se determinó mediante sísmica de refracción a un espesor aproximado de 14 a 22m la presencia de sábulo, y a un espesor indefinido granodiorita muy alterada; con pesos específicos de  $1.70 \text{ gr/cm}^3$  y  $1.92 \text{ gr/cm}^3$ ; y ángulos de fricción de  $29^\circ$  y  $40^\circ$ , respectivamente. Así mismo, se estableció las propiedades físico mecánicas del macizo rocoso de andesita basáltica (abs. 9+040) mediante la resistencia a la compresión simple, donde se tiene: una densidad de  $2.59 \text{ kg/cm}^3$  y un esfuerzo de  $352.77 \text{ kg/cm}^2$ ; y conforme el ensayo de gravedad específica de sólidos se tiene una densidad de  $2.59 \text{ gr/cm}^3$ , un peso específico real de  $2.65 \text{ gr/cm}^3$ , un peso específico aparente de  $2.46 \text{ gr/cm}^3$ , una gravedad específica de 2.74 y una porosidad 8.26%.
- Empleando las fórmulas de RQD, RMR, SMR y GSI, se consiguió caracterizar el macizo rocoso de andesita basáltica. El valor de RQD de 33.25%, corresponde una calidad de roca mala; el valor de RMR de 56.39 corresponde a una calidad de roca media; el valor SMR en rotura planar de 42.27 corresponde una roca normal, lo cual significa un talud parcialmente estable; para la rotura por vuelco se consiguió el valor SMR de 68.26 correspondiente a una roca buena, lo cual significa un talud estable; y finalmente un GSI igual a 51.39, donde la calidad del macizo rocoso es regular.
- Los deslizamientos (D-1, D-2, D-3) constituidos de sábulo, se encuentran inestables, sus factores de seguridad son  $< 1$  para cargas estáticas, sin embargo, el D-4 se encuentra en estado crítico con un factor de seguridad de 1.036, en el análisis realizado para cargas sísmicas con un coeficiente sísmico de 0.21, se tiene factores de seguridad  $< 1.1$ , siendo inestables. En el análisis de estabilidad global del macizo rocoso se obtuvo factores de seguridad estables, realizando un análisis comparativo de la estabilidad por SMR y mediante el software Slide v6.0, se obtuvo en ambos casos un talud estable. Sin embargo, es importante recalcar que el uso del software es complementario e incluso opcional cuando se analiza taludes de rocas, debido a que generalmente su uso es más adecuado para modelar taludes de suelos.



## 9. Recomendaciones

De los resultados de la caracterización geológica-geotécnica a nivel de Factor de Seguridad se sugiere las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda implementar un programa de labores de limpieza en toda la vía La Saquea-Cantzama Bajo, debido a la presencia de deslizamientos que obstruyen la vía.
- Los materiales encontrados son susceptibles a procesos erosivos por efectos de las precipitaciones, por ello es necesario realizar acciones complementarias mediante obras de drenaje superficial y obras de protección de superficies que permitan mantener y garantizar la estabilidad global del talud, como son la revegetación o cunetas de coronación a 5 o 10m de la corona, cunetas de drenaje en bermas, con el fin de interceptar las aguas provenientes de escorrentías superficiales.
- Aumentar el número de estudios de prospección geofísica, abarcando más zonas de deslizamientos, teniendo en cuenta los costos.
- Caracterizar a detalle el macizo rocoso (abs. 9+040) una vez realizada una labor de limpieza a la vegetación, con el fin de obtener una densidad mayor de estaciones geomecánicas para realizar un análisis cinemático detallado con el objetivo de determinar los tipos de roturas existentes.
- Es necesario explorar a mayor profundidad debido a que los FS tienden a ser bajos porque los ensayos son realizados superficialmente.
- Considerar la ampliación de la faja topográfica, abarcando una zona de influencia aproximada de 200m a cada lado del eje central de la vía, para obtener una visión más amplia de la variabilidad geológica-geotécnica.
- Realizar estudios de estabilidad de taludes previo a la ejecución de cualquier obra civil, para evitar complicaciones futuras, con ello se optimizaría recursos económicos por posibles acciones correctivas futuras.

## 10. Referencias Bibliográficas

- Abreu, J. (Diciembre de 2014). *El Método de la Investigación*. Obtenido de El Método de la Investigación: [http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf)
- Braja M. Das. (2001). *Fundamentos de Ingeniería geotécnica*. México: COPYRIGHT.
- Braja M. Das. (2013). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México: Cengage Learning.
- Breña, A., & Jacobo, M. (2006). *Principios y fundamentos de la Hidrología Superficial*. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Delgado, J., Padilla, F., & Barrientos, V. (2010). *Práctica de geología Mapas Geológicos y Problemas*. Coruña: E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Duque Escobar, G. (2017). *Manual de geología para ingenieros*. Sede Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Echeveste, H. (2018). *Manual de levantamiento geológico. Una introducción a la geología de campo*. Buenos Aires: Edulp.
- Fuentes Guzman, J. (2012). *Topografía*. Estado de México: RED TERCER MILENIO S.C. Obtenido de <http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/ingenieria/Topografia.pdf>
- García Cardoso, G. (1985). *Geología estructural*. La Habana: Pueblo y Educación.
- García Castillo, A. (s.f.). *Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)*. Obtenido de [https://www.academia.edu/35178079/Sistema\\_Unificado\\_de\\_Clasificaci%C3%B3n\\_de\\_Suelos\\_SUCS\\_Pr%C3%A1ctica\\_4\\_An%C3%A1lisis\\_granulom%C3%A9trico\\_por\\_mallas](https://www.academia.edu/35178079/Sistema_Unificado_de_Clasificaci%C3%B3n_de_Suelos_SUCS_Pr%C3%A1ctica_4_An%C3%A1lisis_granulom%C3%A9trico_por_mallas)
- González de Vallejo, L. (2004). *Ingeniería Geológica*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- INIGEMM. (2017). *Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE)*. Obtenido de Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE): <https://www.geoenergia.gob.ec/mapas-geologicos/>
- Joaquín del Val, & Idurre Barinagarrementeria. (05 de Junio de 2014). *UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS*. Obtenido de [http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Manual\\_Identificaci%C3%B3n\\_Geoformas\\_140627.pdf](http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Manual_Identificaci%C3%B3n_Geoformas_140627.pdf)
- Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical earthquake engineering*. Canada: Prentice-Hall Canada Inc., Toronto.



- Naranjo, H. & Dranichnikov T. (2012). *Cálculo de capacidad portante basado en geofísica y método convencional. El caso del puente sobre el río Maicito*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Osinermin. (2017). *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas*. Lima.
- Palma , R. (2006). *Facultad de Lenguas Modernas*. Obtenido de <http://www-01.sil.org/training/capacitar/universidad/Metodos.htm>
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Guadalupe. (2015-2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Guadalupe*. Zamora: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Guadalupe.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Zamora. (2014-2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Zamora*. Zamora: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Zamora.
- Pozo, M., González, J., & Giner, J. (2003). *Geología Práctica Introducción al Reconocimiento de Materiales y Aálisis de Mapas*. Madrid: Pearson Educación.
- Ramírez Oyanguren, P., & Alejano Monge, L. (2004). *Mecánica de Rocas: Fundamnetos e Ingeniería de Taludes*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Ramón, L. (2012). *El Método Analítico*. Recuperado el 04 de Junio de 2016, de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2007a/257/7.1.htm>
- Rojas , I. (2009). *Para qué nos sirve el Método científico*. Recuperado el 04 de Junio de 2016, de <http://cientificmethodkids.blogspot.com/2010/11/que-es-y-para-que-nos-sirve-el-metodo.html>
- Santamaría Peña, J., & Sanz Méndez, T. (2005). *Manual de prácticas de topografía y cartografía*. España: Universidad de La Rioja.
- SERNAGEOMIN. (2007). *Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas*. Carán.
- SIAPA. (2014). *ACTUALIZACIÓN DE LOS CRITERIOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA FACTIBILIDADES EN LA Z.M.G. Guadalajara*.
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.



Suárez Díaz, J. (2009). *Deslizamientos. Análisis geotécnico* (Vol. 1). U. Industrial de Santander. Obtenido de [www.erosion.com.co](http://www.erosion.com.co)

Suárez Díaz, J. (2009). *Deslizamientos: técnicas de remediación*. (Vol. 2). U. Industrial de Santander. Obtenido de [www.erosion.com.co](http://www.erosion.com.co)

Tarbuck, E., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra una Introducción a la Geología Física*. Madrid: Pearson Educación S. A. Obtenido de [https://www.u-cursos.cl/usuario/c19094b1ea89f1f08e243796b671e2e5/mi\\_blog/r/Ciencias\\_de\\_la\\_Tierra\\_-\\_Edward\\_Tarbuck.pdf](https://www.u-cursos.cl/usuario/c19094b1ea89f1f08e243796b671e2e5/mi_blog/r/Ciencias_de_la_Tierra_-_Edward_Tarbuck.pdf)

Tooth, S., & Viles, H. (2014). *10 razones por las cuales la Geomorfología es importante*. British Society for Geomorphology.

Varela, R. (2014). *Manual de Geología*. La Plata: Universitaria Nacional de La Plata.

Vera Torres, J. (1994). *Estratigrafía principios y metodos*. Madrid: Rueda.



## 11. Anexos

Anexo. 1: Fichas de afloramientos

Anexo. 2: Fichas de deslizamientos

Anexo. 3: Fichas de descripción macroscópica de rocas ígneas

Anexo. 4: Fichas de caracterización geomecánica

Anexo. 5: Resultados de cortes directos

Anexo. 6: Resultados de los ensayos de clasificación granulométrica (calicatas)

Anexo. 7: Resultados de sísmica de refracción

Anexo. 8: Resultados de resistencia a la compresión simple en roca

Anexo. 9: Mapas del área de estudio (ubicados en el CD Nro.2)

- Anexo. 9.1: Mapa de ubicación y acceso
- Anexo. 9.2: Mapa de Flujos Superficiales
- Anexo. 9.3: Topografía de la vía La Saquea – Cantzama Bajo, abscisa 5+850 a 8+000
- Anexo. 9.4: Topografía de la vía La Saquea – Cantzama Bajo, abscisa 8+000 a 10+000
- Anexo. 9.5: Topografía de la vía La Saquea – Cantzama Bajo, abscisa 10+000 a 11+700
- Anexo. 9.6: Mapa de pendientes
- Anexo. 9.7: Mapa de geomorfología
- Anexo. 9.8: Geología Regional
- Anexo. 9.9: Geología local de la vía La Saquea – Cantzama Bajo, abscisa 5+850 a 8+000
- Anexo. 9.9: Geología local de la vía La Saquea – Cantzama Bajo, abscisa 8+000 a 10+000
- Anexo. 9.10: Geología local de la vía La Saquea – Cantzama Bajo, abscisa 10+000 a 11+700



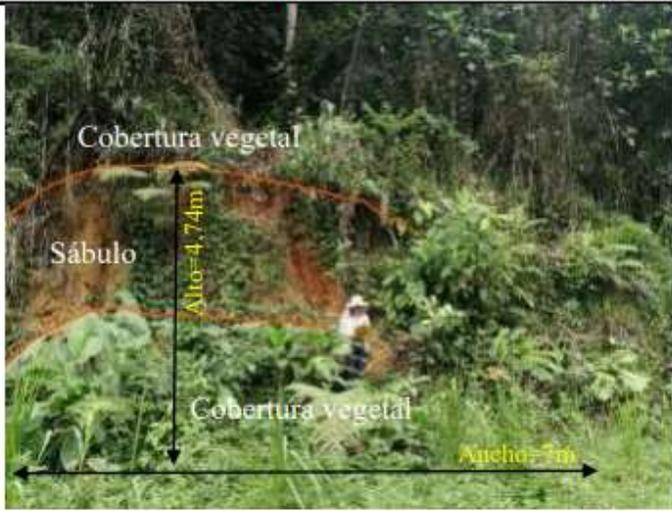
unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

---

## **Anexo 1. Fichas de afloramientos**

|   Universidad Nacional de Loja<br>1959 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA<br>GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL |  |                  |                | AFLORAMIENTO   |  |
|--|--|------------------|----------------|--|--|
| <b>FICHA DE AFLORAMIENTOS</b>  |  |                  |                |   |  |
| <b>PROYECTO</b>  | “Caracterización Geológica-Geotécnica en la vía La Saquea - Cantzama Bajo desde el tramo absc 5+850 hasta 11+700, ubicada en las Parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe” |                  |                |  |  |
| <b>AFLORAMIENTO</b>  | 1  | <b>UBICACIÓN</b> | Guaguayme Alto |  |  |
| <b>FECHA</b>   | 17 de Abril del 2021   | <b>DATUM</b>     | UTM-WGS 84     |  |  |
| <b>COORDENADAS UTM</b>   | <b>X</b>   | <b>Y</b>         | <b>Z</b>       |  |  |
|  | 734182   | 9568814          | 947            |  |  |
| <b>TIPO DE AFLORAMIENTO</b>  |  |                  |                |  |  |
| <b>NATURAL</b>   |  | <b>ANTROPICO</b> | x              |  |  |
| <b>FORMACIÓN/UNIDAD</b>  | Complejo Intrusivo Zamora  |                  |                |  |  |
| <b>DIMENSIONES</b>   |  |                  |                |  |  |
| <b>ALTO</b>  | 4,74m  | <b>ANCHO</b>     | 7m             |  |  |
| <b>MEDIDAS ESTRUCTURALES DB/BZ</b>   | Ninguna  |                  |                |  |  |
| <b>DESCRIPCION MACROSCOPICA DE LAS ROCAS</b>   |  |                  |                |  |  |
| <b>CODIGO MUESTRA</b>  | -  |                  |                |  |  |
| <b>NOMBRE DE LA ROCA</b>   | Sábulo   |                  |                |  |  |
| <b>COLOR</b>   | Café rojizo obscuro  |                  |                |  |  |
| <b>ESTADO DE LAS ROCAS</b>   | Meteorización alta   |                  |                |  |  |
| <b>OBSERVACIONES</b>   | Cobertura vegetal en abundancia  |                  |                |  |  |

|   Universidad Nacional de Loja<br>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA<br>GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL |   |                  |                | AFLORAMIENTO |  |
|---|---|------------------|----------------|--------------|--|
| <b>FICHA DE AFLORAMIENTOS</b>   |   |                  |                |              |  |
| <b>PROYECTO</b>   | “Caracterización Geológica-Geotécnica en la vía La Saquea - Cantzama Bajo desde el tramo abc 5+850 hasta 11+700, ubicada en las Parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe” |                  |                |              |  |
| <b>AFLORAMIENTO</b>   | 2   | <b>UBICACIÓN</b> | Guaguayme Alto |              |  |
| <b>FECHA</b>  | 17 de Abril del 2021  | <b>DATUM</b>     | UTM-WGS 84     |              |  |
| <b>COORDENADAS UTM</b>  | <b>X</b>  | <b>Y</b>         | <b>Z</b>       |              |  |
|   | 734304  | 9568825          | 954            |              |  |
| <b>TIPO DE AFLORAMIENTO</b>   |   |                  |                |              |  |
| <b>NATURAL</b>  |   | <b>ANTROPICO</b> | x              |              |  |
| <b>FORMACIÓN/UNIDAD</b>   | Complejo Intrusivo Zamora   |                  |                |              |  |
| <b>DIMENSIONES</b>  |   |                  |                |              |  |
| <b>ALTO</b>   | 2,5m  | <b>ANCHO</b>     | 5m             |              |  |
| <b>MEDIDAS ESTRUCTURALES DB/BZ</b>  | Ninguna   |                  |                |              |  |
| <b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS</b>  |   |                  |                |              |  |
| <b>CODIGO MUESTRA</b>   | -   |                  |                |              |  |
| <b>NOMBRE DE LA ROCA</b>  | Sábulo  |                  |                |              |  |
| <b>COLOR</b>  | Café rojizo oscuro  |                  |                |              |  |
| <b>ESTADO DE LAS ROCAS</b>  | Meteorización alta  |                  |                |              |  |
| <b>OBSERVACIONES</b>  | Cobertura vegetal(matorrales)   |                  |                |              |  |

|   Universidad Nacional de Loja<br>1858<br>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA<br>GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL |  |                  |                | AFLORAMIENTO   |  |
|---|--|------------------|----------------|--|--|
| <b>FICHA DE AFLORAMIENTOS</b>   |  |                  |                |   |  |
| <b>PROYECTO</b>   | “Caracterización Geológica-Geotécnica en la vía La Saquea - Cantzama Bajo desde el tramo absC 5+850 hasta 11+700, ubicada en las Parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe” |                  |                |  |  |
| <b>AFLORAMIENTO</b>   | 3  | <b>UBICACIÓN</b> | Guaguayme Alto |  |  |
| <b>FECHA</b>  | 17 de Abril del 2021   | <b>DATUM</b>     | UTM-WGS 84     |  |  |
| <b>COORDENADAS UTM</b>  | <b>X</b>   | <b>Y</b>         | <b>Z</b>       |  |  |
|   | 734553   | 9569266          | 898            |  |  |
| <b>TIPO DE AFLORAMIENTO</b>   |  |                  |                |  |  |
| <b>NATURAL</b>  | x  | <b>ANTROPICO</b> |                |  |  |
| <b>FORMACIÓN/UNIDAD</b>   | Depósito Aluviales   |                  |                |  |  |
| <b>DIMENSIONES</b>  |  |                  |                |  |  |
| <b>ALTO</b>   | 1m   | <b>ANCHO</b>     | -              |  |  |
| <b>MEDIDAS ESTRUCTURALES</b>  | Ninguna  |                  |                |  |  |
| <b>DESCRIPCION MACROSCOPICA DE LAS ROCAS</b>  |  |                  |                |  |  |
| <b>CODIGO MUESTRA</b>   | -  |                  |                |  |  |
| <b>NOMBRE DE LA ROCA</b>  | Andesita, granito, granodiorita, andesita-basáltica  |                  |                |  |  |
| <b>COLOR</b>  | Andesita-basáltica: verdosa  |                  |                |  |  |
| <b>ESTADO DE LAS ROCAS</b>  | Poco consolidada   |                  |                |  |  |
| <b>OBSERVACIONES</b>  | Se aprecia una matriz arcillosa de color café de tonalidades clara – oscura.   |                  |                |  |  |

|   Universidad Nacional de Loja<br>GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL |  |                  |                | AFLORAMIENTO |  |
|---|--|------------------|----------------|--------------|--|
| <b>FICHA DE AFLORAMIENTOS</b>   |  |                  |                |              |  |
| <b>PROYECTO</b>   | “Caracterización Geológica-Geotécnica en la vía La Saquea - Cantzama Bajo desde el tramo absc 5+850 hasta 11+700, ubicada en las Parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe” |                  |                |              |  |
| <b>AFLORAMIENTO</b>   | 4  | <b>UBICACIÓN</b> | Guaguayme Alto |              |  |
| <b>FECHA</b>  | 17 de Abril del 2021   | <b>DATUM</b>     | UTM-WGS 84     |              |  |
| <b>COORDENADAS UTM</b>  | <b>X</b>   | <b>Y</b>         | <b>Z</b>       |              |  |
|   | 734587   | 9569304          | 900            |              |  |
| <b>TIPO DE AFLORAMIENTO</b>   |  |                  |                |              |  |
| <b>NATURAL</b>  |  | <b>ANTROPICO</b> | x              |              |  |
| <b>FORMACIÓN/UNIDAD</b>   | Complejo Intrusivo Zamora  |                  |                |              |  |
| <b>DIMENSIONES</b>  |  |                  |                |              |  |
| <b>ALTO</b>   | 2,7m   | <b>ANCHO</b>     | 4,5m           |              |  |
| <b>MEDIDAS ESTRUCTURALES DB/BZ</b>  | Ninguna  |                  |                |              |  |
| <b>DESCRIPCION MACROSCOPICA DE LAS ROCAS</b>  |  |                  |                |              |  |
| <b>CODIGO MUESTRA</b>   | -  |                  |                |              |  |
| <b>NOMBRE DE LA ROCA</b>  | Sábulo   |                  |                |              |  |
| <b>COLOR</b>  | Café rojizo oscuro   |                  |                |              |  |
| <b>ESTADO DE LAS ROCAS</b>  | Meteorización alta   |                  |                |              |  |
| <b>OBSERVACIONES</b>  | Cobertura vegetal en la parte superior (matorrales)  |                  |                |              |  |
|    |  |                  |                |              |  |
|   |  |                  |                |              |  |



unl

Universidad Nacional de Loja

“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABCS 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE”

|   Universidad Nacional de Loja<br><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b><br><b>GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b> |  |                  |               | <b>AFLORAMIENTO</b>  |  |
|---|--|------------------|---------------|--|--|
| <b>FICHA DE AFLORAMIENTOS</b>   |  |                  |               |   |  |
| <b>PROYECTO</b>   | “Caracterización Geológica-Geotécnica en la vía La Saquea - Cantzama Bajo desde el tramo absc 5+850 hasta 11+700, ubicada en las Parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe” |                  |               |  |  |
| <b>AFLORAMIENTO</b>   | 5  | <b>UBICACIÓN</b> | Cantzama Bajo |  |  |
| <b>FECHA</b>  | 17 de Abril del 2021   | <b>DATUM</b>     | UTM-WGS 84    |  |  |
| <b>COORDENADAS UTM</b>  | <b>X</b>   | <b>Y</b>         | <b>Z</b>      |  |  |
|   | 734817   | 9570560          | 879           |  |  |
| <b>TIPO DE AFLORAMIENTO</b>   |  |                  |               |  |  |
| <b>NATURAL</b>  |  | <b>ANTROPICO</b> | x             |  |  |
| <b>FORMACIÓN/UNIDAD</b>   | Complejo Intrusivo Zamora  |                  |               |  |  |
| <b>DIMENSIONES</b>  |  |                  |               |  |  |
| <b>ALTO</b>   | 2,4m   | <b>ANCHO</b>     | 6m            |  |  |
| <b>MEDIDAS ESTRUCTURALES DB/BZ</b>  | Ninguna  |                  |               |  |  |
| <b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS</b>  |  |                  |               |  |  |
| <b>CODIGO MUESTRA</b>   | -  |                  |               |  |  |
| <b>NOMBRE DE LA ROCA</b>  | Sábulo   |                  |               |  |  |
| <b>COLOR</b>  | Café rojizo claro  |                  |               |  |  |
| <b>ESTADO DE LAS ROCAS</b>  | Meteorización alta   |                  |               |  |  |
| <b>OBSERVACIONES</b>  | Presencia de materia orgánica en la parte superior del afloramiento cubierta con cobertura vegetal (pastizal)  |                  |               |  |  |

|   Universidad Nacional de Loja<br>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA<br>GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL |   |                  |               | AFLORAMIENTO |  |
|---|---|------------------|---------------|--------------|--|
| <b>FICHA DE AFLORAMIENTOS</b>   |   |                  |               |              |  |
| <b>PROYECTO</b>   | “Caracterización Geológica-Geotécnica en la vía La Saquea - Cantzama Bajo desde el tramo abc 5+850 hasta 11+700, ubicada en las Parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe” |                  |               |              |  |
| <b>AFLORAMIENTO</b>   | 6   | <b>UBICACIÓN</b> | Cantzama Bajo |              |  |
| <b>FECHA</b>  | 17 de Abril del 2021  | <b>DATUM</b>     | UTM-WGS 84    |              |  |
| <b>COORDENADAS UTM</b>  | <b>X</b>  | <b>Y</b>         | <b>Z</b>      |              |  |
|   | 734486  | 9570786          | 855           |              |  |
| <b>TIPO DE AFLORAMIENTO</b>   |   |                  |               |              |  |
| <b>NATURAL</b>  |   | <b>ANTROPICO</b> | x             |              |  |
| <b>FORMACIÓN/UNIDAD</b>   | Depósito coluvio-aluvial  |                  |               |              |  |
| <b>DIMENSIONES</b>  |   |                  |               |              |  |
| <b>ALTO</b>   | 3,5m  | <b>ANCHO</b>     | 12m           |              |  |
| <b>MEDIDAS ESTRUCTURALES DB/BZ</b>  | Ninguna   |                  |               |              |  |
| <b>DESCRIPCION MACROSCOPICA DE LAS ROCAS</b>  |   |                  |               |              |  |
| <b>CODIGO MUESTRA</b>   | -   |                  |               |              |  |
| <b>NOMBRE DE LA ROCA</b>  | Coluvio aluvial   |                  |               |              |  |
| <b>COLOR</b>  | Café claro  |                  |               |              |  |
| <b>ESTADO DE LAS ROCAS</b>  | Meteorización media   |                  |               |              |  |
| <b>OBSERVACIONES</b>  | Presencia de humedad y cobertura vegetal en la parte superior del afloramiento (matorrales).  |                  |               |              |  |



unl

Universidad Nacional de Loja

|   Universidad Nacional de Loja<br>1853<br><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b><br><b>GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b> |  |                  |               | <b>AFLORAMIENTO</b>  |  |  |  |
|---|--|------------------|---------------|--|--|--|--|
| <b>FICHA DE AFLORAMIENTOS</b>   |  |                  |               |   |  |  |  |
| <b>PROYECTO</b>   | “Caracterización Geológica-Geotécnica en la vía La Saquea - Cantzama Bajo desde el tramo absc 5+850 hasta 11+700, ubicada en las Parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe” |                  |               |  |  |  |  |
| <b>AFLORAMIENTO</b>   | 7  | <b>UBICACIÓN</b> | Cantzama Bajo |  |  |  |  |
| <b>FECHA</b>  | 17 de Abril del 2021   | <b>DATUM</b>     | UTM-WGS 84    |  |  |  |  |
| <b>COORDENADAS UTM</b>  | <b>X</b>   | <b>Y</b>         | <b>Z</b>      |  |  |  |  |
|   | 734449   | 9570801          | 853           |  |  |  |  |
| <b>TIPO DE AFLORAMIENTO</b>   |  |                  |               |  |  |  |  |
| <b>NATURAL</b>  | x  | <b>ANTROPICO</b> |               |  |  |  |  |
| <b>FORMACIÓN/UNIDAD</b>   | Depósito Aluviales   |                  |               |  |  |  |  |
| <b>DIMENSIONES</b>  |  |                  |               |  |  |  |  |
| <b>ALTO</b>   |  | <b>ANCHO</b>     | -             |  |  |  |  |
| <b>MEDIDAS ESTRUCTURALES</b>  | Ninguna  |                  |               |  |  |  |  |
| <b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS</b>  |  |                  |               |  |  |  |  |
| <b>CODIGO MUESTRA</b>   | -  |                  |               |  |  |  |  |
| <b>NOMBRE DE LA ROCA</b>  | Andesita, granito, granodiorita, andesita-basáltica  |                  |               |  |  |  |  |
| <b>COLOR</b>  | Andesita-basáltica: verdosa  |                  |               |  |  |  |  |
| <b>ESTADO DE LAS ROCAS</b>  | Poco consolidada   |                  |               |  |  |  |  |
| <b>OBSERVACIONES</b>  | Se aprecia una matriz arcillosa de color café de tonalidades clara – oscura.   |                  |               |  |  |  |  |

|   Universidad Nacional de Loja<br>1899<br>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA<br>GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL |  |                  |               | AFLORAMIENTO |  |
|---|--|------------------|---------------|--------------|--|
| <b>FICHA DE AFLORAMIENTOS</b>   |  |                  |               |              |  |
| <b>PROYECTO</b>   | “Caracterización Geológica-Geotécnica en la vía La Saquea - Cantzama Bajo desde el tramo absc 5+850 hasta 11+700, ubicada en las Parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe” |                  |               |              |  |
| <b>AFLORAMIENTO</b>   | 8  | <b>UBICACIÓN</b> | Cantzama Bajo |              |  |
| <b>FECHA</b>  | 17 de Abril del 2021   | <b>DATUM</b>     | UTM-WGS 84    |              |  |
| <b>COORDENADAS UTM</b>  | <b>X</b>   | <b>Y</b>         | <b>Z</b>      |              |  |
|   | 734438   | 9570834          | 879           |              |  |
| <b>TIPO DE AFLORAMIENTO</b>   |  |                  |               |              |  |
| <b>NATURAL</b>  |  | <b>ANTROPICO</b> | x             |              |  |
| <b>FORMACIÓN/UNIDAD</b>   | Complejo Intrusivo Zamora  |                  |               |              |  |
| <b>DIMENSIONES</b>  |  |                  |               |              |  |
| <b>ALTO</b>   | 8m   | <b>ANCHO</b>     | 12m           |              |  |
| <b>MEDIDAS ESTRUCTURALES DB/BZ</b>  | Ninguna  |                  |               |              |  |
| <b>DESCRIPCION MACROSCOPICA DE LAS ROCAS</b>  |  |                  |               |              |  |
| <b>CODIGO MUESTRA</b>   | -  |                  |               |              |  |
| <b>NOMBRE DE LA ROCA</b>  | Sábulo   |                  |               |              |  |
| <b>COLOR</b>  | Café oscuro  |                  |               |              |  |
| <b>ESTADO DE LAS ROCAS</b>  | Meteorización alta   |                  |               |              |  |
| <b>OBSERVACIONES</b>  | Presencia de bloques de granodiorita de dimensiones métricas y cobertura vegetal en la parte superior del afloramiento.  |                  |               |              |  |



unl

Universidad Nacional de Loja

“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABCS 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE”

|   |  |                  |               |
|---|--|------------------|---------------|
|   Universidad Nacional de Loja<br>1889<br><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b><br><b>GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b> |  |                  |               |
| <b>FICHA DE AFLORAMIENTOS</b>   |  |                  |               |
| <b>PROYECTO</b>   | “Caracterización Geológica-Geotécnica en la vía La Saquea - Cantzama Bajo desde el tramo absc 5+850 hasta 11+700, ubicada en las Parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe” |                  |               |
| <b>AFLORAMIENTO</b>   | 9  | <b>UBICACIÓN</b> | Cantzama Bajo |
| <b>FECHA</b>  | 17 de Abril del 2021   | <b>DATUM</b>     | UTM-WGS 84    |
| <b>COORDENADAS UTM</b>  | <b>X</b>   | <b>Y</b>         | <b>Z</b>      |
|   | 734168   | 9571033          | 887           |
| <b>TIPO DE AFLORAMIENTO</b>   |  |                  |               |
| <b>NATURAL</b>  |  | <b>ANTROPICO</b> | x             |
| <b>FORMACIÓN/UNIDAD</b>   | Unidad La Saquea - Complejo Intrusivo Zamora   |                  |               |
| <b>DIMENSIONES</b>  |  |                  |               |
| <b>ALTO</b>   | 19,61 m  | <b>ANCHO</b>     | 5m            |
| <b>MEDIDAS ESTRUCTURALES</b>  | Rumbo = N66E<br>Buzamiento=85°<br>Dirección Buzamiento = 141°  |                  |               |
| <b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS</b>  |  |                  |               |
| <b>CODIGO MUESTRA</b>   | CGGSC-AB-001-I<br>CGGSC-AB-002-I   |                  |               |
| <b>NOMBRE DE LA ROCA</b>  | Granito y Andesita.  |                  |               |
| <b>COLOR</b>  | Andesita: gris oscuro.<br>Granito: color café claro.   |                  |               |
| <b>ESTADO DE LAS ROCAS</b>  | Ligera meteorización   |                  |               |
| <b>OBSERVACIONES</b>  | El granito se encuentra atravesado por un dique de Andesita. Presencia de humedad y cobertura vegetal.   |                  |               |

**AFLORAMIENTO**



**TIPO DE AFLORAMIENTO**



|   Universidad Nacional de Loja<br>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA<br>GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL |  |                  |               | AFLORAMIENTO |  |
|---|--|------------------|---------------|--------------|--|
| <b>FICHA DE AFLORAMIENTOS</b>   |  |                  |               |              |  |
| <b>PROYECTO</b>   | “Caracterización Geológica-Geotécnica en la vía La Saquea - Cantzama Bajo desde el tramo absc 5+850 hasta 11+700, ubicada en las Parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe” |                  |               |              |  |
| <b>AFLORAMIENTO</b>   | 10   | <b>UBICACIÓN</b> | Cantzama Bajo |              |  |
| <b>FECHA</b>  | 17 de Abril del 2021   | <b>DATUM</b>     | UTM-WGS 84    |              |  |
| <b>COORDENADAS UTM</b>  | <b>X</b>   | <b>Y</b>         | <b>Z</b>      |              |  |
|   | 734261   | 9571908          | 870           |              |  |
| <b>TIPO DE AFLORAMIENTO</b>   |  |                  |               |              |  |
| <b>NATURAL</b>  | x  | <b>ANTROPICO</b> |               |              |  |
| <b>FORMACIÓN/UNIDAD</b>   | Terrazas aluviales   |                  |               |              |  |
| <b>DIMENSIONES</b>  |  |                  |               |              |  |
| <b>ALTO</b>   | 1 m  | <b>ANCHO</b>     | -             |              |  |
| <b>MEDIDAS ESTRUCTURALES</b>  | Ninguna  |                  |               |              |  |
| <b>DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LAS ROCAS</b>  |  |                  |               |              |  |
| <b>CODIGO MUESTRA</b>   | -  |                  |               |              |  |
| <b>NOMBRE DE LA ROCA</b>  | Granitos, granodioritas, andesitas y andesitas-basálticas  |                  |               |              |  |
| <b>COLOR</b>  | Variados   |                  |               |              |  |
| <b>ESTADO DE LAS ROCAS</b>  | Poco consolidada   |                  |               |              |  |
| <b>OBSERVACIONES</b>  | Presenta materiales finos intermedios, tales como la arcilla y la arena.   |                  |               |              |  |



|   Universidad Nacional de Loja<br>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA<br>GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL |  |  |  | AFLORAMIENTO     |  |               |  |
|---|--|--|--|------------------|--|---------------|--|
| <b>FICHA DE AFLORAMIENTOS</b>   |  |  |  |                  |  |               |  |
| <b>PROYECTO</b>   |  | "Caracterización Geológica-Geotécnica en la vía La Saquea - Cantzama Bajo desde el tramo absc 5+850 hasta 11+700, ubicada en las Parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe" |  |                  |  |               |  |
| <b>AFLORAMIENTO</b>   |  | 11   |  | <b>UBICACIÓN</b> |  | Cantzama Bajo |  |
| <b>FECHA</b>  |  | 17 de Abril del 2021   |  | <b>DATUM</b>     |  | UTM-WGS 84    |  |
| <b>COORDENADAS UTM</b>  |  | <b>X</b>   |  | <b>Y</b>         |  | <b>Z</b>      |  |
|   |  | 734487   |  | 9572929          |  | 879           |  |
| <b>TIPO DE AFLORAMIENTO</b>   |  |  |  |                  |  |               |  |
| <b>NATURAL</b>  |  | x  |  | <b>ANTROPICO</b> |  |               |  |
| <b>FORMACIÓN/UNIDAD</b>   |  | Depósito Aluviales   |  |                  |  |               |  |
| <b>DIMENSIONES</b>  |  |  |  |                  |  |               |  |
| <b>ALTO</b>   |  | 0,85 m   |  | <b>ANCHO</b>     |  | -             |  |
| <b>MEDIDAS ESTRUCTURALES</b>  |  | Ninguna  |  |                  |  |               |  |
| <b>DESCRIPCION MACROSCOPICA DE LAS ROCAS</b>  |  |  |  |                  |  |               |  |
| <b>CODIGO MUESTRA</b>   |  | -  |  |                  |  |               |  |
| <b>NOMBRE DE LA ROCA</b>  |  | Andesita, granito, granodiorita, andesita-basáltica  |  |                  |  |               |  |
| <b>COLOR</b>  |  | Andesita-basáltica: verdosa  |  |                  |  |               |  |
| <b>ESTADO DE LAS ROCAS</b>  |  | Poco consolidada   |  |                  |  |               |  |
| <b>OBSERVACIONES</b>  |  | Se aprecia una matriz arcillosa de color café de tonalidades clara – oscura.   |  |                  |  |               |  |





unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

---

## **Anexo 2. Fichas de deslizamientos**



UNL

Universidad Nacional de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABCS 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

| <b>GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b> |  |   |                   |                    |                                     |                          |        |
|--|--|---|-------------------|--------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------|
| FICHA DE DESLIZAMIENTOS                              |  |   |                   |                    |                                     |                          |        |
| <b>PROYECTO</b>                                      | "Caracterización Geológica-Geotécnica en la vía La Saquea - Cantzama Bajo desde el tramo absc 5+850 hasta 11+700, ubicada en las Parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe" |   |                   |                    | <b>FECHA</b>                        | 17 de Abril del 2021     |        |
|  |  |   |                   |                    | <b>CÓDIGO</b>                       | D1                       |        |
|  |  |   |                   |                    | <b>SECTOR</b>                       | Guaguayme Alto           |        |
| <b>COORDENADAS UTM WGS 84</b>                        | <b>X</b>   | <b>Y</b>  | <b>Z</b>          | <b>DIMENSIONES</b> |                                     |                          |        |
|  | 734373   | 9568847   | 947               | <b>ALTURA</b>      | 13.88 m                             | <b>ANCHO</b>             | 25,59m |
| <b>TIPO DE DESLIZAMIENTO</b>                         | <b>ESTILO</b>  |   | <b>ACTIVIDAD</b>  |                    | <b>FORMA GENERAL</b>                |                          |        |
| Deslizamiento rotacional                             | Único  |   | x                 | Activo             | x                                   | Plano                    |        |
|  | Múltiple   |   |                   | Latente            |                                     | Flujo                    |        |
| x  | <b>ESTADO</b>  |   |                   | Estabilizado       |                                     | Frontal                  |        |
| Deslizamiento traslacional                           | Reciente   |   | x                 | Antiguo            |                                     | Irregular                |        |
|  | Antiguo  |   |                   |                    | <b>DATOS ESTRUCTURALES</b> 147°/48° |                          |        |
| <b>SUPERFICIE</b>                                    | <b>ESCARPE PRINCIPAL</b>   |   |                   |                    |                                     | <b>PIE DE MOVIMIENTO</b> |        |
| Formas recientes                                     |  | Bien evidente   | x                 | Abovedado          |                                     | Abollado                 |        |
| Cubierta vegetal parcial                             |  | Poco evidente   |                   | Lanceolado         |                                     | Plano                    |        |
| Cubierta vegetal total                               | x  | Parcial evidente                                      |                   | (Forma de lanza)   |                                     | Empuje Alrededor         |        |
| Oculto/erosión                                       |  | No evidente   |                   | Rectilineo         |                                     | Mult. Amontonado         |        |
| Oculto/actividad humana                              |  | Grietas   |                   | Desigual           | x                                   | Indistinto               |        |
| <b>INTENSIDAD DE FORMA</b>                           | <b>MÁRGENES</b>  |   | <b>MORFOLOGÍA</b> |                    | <b>SUPERFICIE</b>                   |                          |        |
| Fuerte   |  | Evidente  |                   | Escalonada         |                                     | Seca                     |        |
| Clara  |  | Parcial evidente                                      | x                 | Ondulada           | x                                   | Loc. Húmeda              |        |
| Leve   | x  | Leves   |                   | Concava            |                                     | Sobresaturada            |        |
| <b>ORIGEN DE LA PENDIENTE</b>                        | Indistintos  |   |                   | Indistinta         |                                     | Manantiales              |        |
| Natural  | x  |   |                   | Plana              |                                     | Flujos de agua           |        |
| Artificial   |  |   |                   |                    |                                     | Laguna                   |        |
| <b>LITOLOGÍA</b>                                     | <b>OBSERVACIONES</b>   |   |                   |                    |                                     |                          |        |
| Rocas  |  | Presencia de sábulo y cobertura vegetal (matorrales). |                   |                    |                                     |                          |        |
| Cambio Roca/Suelo                                    |  |   |                   |                    |                                     |                          |        |
| Suelo arenoso  |  |   |                   |                    |                                     |                          |        |
| Suelo limoso   |  |   |                   |                    |                                     |                          |        |
| Suelo arcilloso                                      | x  |   |                   |                    |                                     |                          |        |
|  |  |   |                   |                    |                                     |                          |        |



| <b>GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b> |  |   |                   |                             |                      |                          |                      |  |
|--|--|---|-------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--|
| FICHA DE DESLIZAMIENTOS                              |  |   |                   |                             |                      |                          |                      |  |
| <b>PROYECTO</b>                                      | "Caracterización Geológica-Geotécnica en la vía La Saquea - Cantzama Bajo desde el tramo absc 5+850 hasta 11+700, ubicada en las Parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe" |   |                   |                             |                      | <b>FECHA</b>             | 17 de Abril del 2021 |  |
|  |  |   |                   |                             |                      | <b>CÓDIGO</b>            | D2                   |  |
|  |  |   |                   |                             |                      | <b>SECTOR</b>            | Guaguayme Alto       |  |
| <b>COORDENADAS UTM WGS 84</b>                        | <b>X</b>   | <b>Y</b>  | <b>Z</b>          | <b>DIMENSIONES</b>          |                      |                          |                      |  |
|  | 734506   | 9568989   | 931               | <b>ALTURA</b>               | 16                   | <b>ANCHO</b>             | 27,34                |  |
| <b>TIPO DE DESLIZAMIENTO</b>                         | <b>ESTILO</b>  |   | <b>ACTIVIDAD</b>  |                             | <b>FORMA GENERAL</b> |                          |                      |  |
| Deslizamiento rotacional                             | Único  |   | x                 | Activo                      | x                    | Plano                    |                      |  |
|  | Múltiple   |   |                   | Latente                     |                      | Flujo                    |                      |  |
| x  | <b>ESTADO</b>  |   | Estabilizado      |                             | Frontal              |                          |                      |  |
| Deslizamiento traslacional                           | Reciente   |   | x                 | Antiguo                     |                      | Irregular                | x                    |  |
|  | Antiguo  |   |                   | <b>DATOS ESTRUCTURALES</b>  |                      | 122°/40°                 |                      |  |
| <b>SUPERFICIE</b>                                    | <b>ESCARPE PRINCIPAL</b>   |   |                   |                             |                      | <b>PIE DE MOVIMIENTO</b> |                      |  |
| Formas recientes                                     |  | Bien evidente   |                   | Abovedado                   |                      | Abollado                 |                      |  |
| Cubierta vegetal parcial                             |  | Poco evidente   |                   | Lanceolado (Forma de lanza) |                      | Plano                    |                      |  |
| Cubierta vegetal total                               | x  | Parcial evidente                                      |                   |                             |                      | Empuje Alrededor         |                      |  |
| Oculto/erosión                                       |  | No evidente   | x                 | Rectilineo                  |                      | Mult. Amontonado         | x                    |  |
| Oculto/actividad humana                              |  | Grietas   |                   | Desigual                    | x                    | Indistinto               |                      |  |
| <b>INTENSIDAD DE FORMA</b>                           | <b>MARGENES</b>  |   | <b>MORFOLOGÍA</b> |                             | <b>SUPERFICIE</b>    |                          |                      |  |
| Fuerte   |  | Evidente  |                   | Escalonada                  |                      | Seca                     |                      |  |
| Clara  |  | Parcial evidente                                      | x                 | Ondulada                    | x                    | Loc. Húmeda              | x                    |  |
| Leve   | x  | Leves   |                   | Concava                     |                      | Sobresaturada            |                      |  |
| <b>ORIGEN DE LA PENDIENTE</b>                        | Indistintos  |   | Indistinta        |                             | Manantiales          |                          |                      |  |
| Natural  | x  |   |                   | Plana                       |                      | Flujos de agua           |                      |  |
| Artificial   |  |   |                   |                             |                      | Laguna                   |                      |  |
| <b>LITOLOGÍA</b>                                     | <b>OBSERVACIONES</b>   |   |                   |                             |                      |                          |                      |  |
| Rocas  |  | Presencia de sábulo y cobertura vegetal (matorrales). |                   |                             |                      |                          |                      |  |
| Cambio Roca/Suelo                                    |  |   |                   |                             |                      |                          |                      |  |
| Suelo arenoso  |  |   |                   |                             |                      |                          |                      |  |
| Suelo limoso   |  |   |                   |                             |                      |                          |                      |  |
| Suelo arcilloso                                      | x  |   |                   |                             |                      |                          |                      |  |






UNL

Universidad Nacional de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

| GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL |  |   |     |                  |        |                     |                      |  |
|---|--|---|-----|------------------|--------|---------------------|----------------------|--|
| FICHA DE DESLIZAMIENTOS                       |  |   |     |                  |        |                     |                      |  |
| PROYECTO                                      | "Caracterización Geológica-Geotécnica en la vía La Saquea - Cantzama Bajo desde el tramo absc 5+850 hasta 11+700, ubicada en las Parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe" |   |     |                  |        | FECHA               | 17 de Abril del 2021 |  |
|   |  |   |     |                  |        | CÓDIGO              | D3                   |  |
|   |  |   |     |                  |        | SECTOR              | Cantzama Bajo        |  |
| COORDENADAS UTM WGS 84                        | X  | Y   | Z   | DIMENSIONES      |        |                     |                      |  |
|   | 734289   | 9570963   | 900 | ALTURA           | 92.54m | ANCHO               | 88.08m               |  |
| TIPO DE DESLIZAMIENTO                         |  | ESTILO  |     | ACTIVIDAD        |        | FORMA GENERAL       |                      |  |
| Deslizamiento rotacional                      |  | Único   |     | Activo           |        | Plano               |                      |  |
|   |  | Múltiple  |     | Latente          |        | Flujo               |                      |  |
| x   |  | ESTADO  |     | Estabilizado     |        | Frontal             |                      |  |
| Deslizamiento traslacional                    |  | Reciente  |     | Antiguo          |        | Irregular           |                      |  |
|   |  | Antiguo   |     | x                |        | DATOS ESTRUCTURALES |                      |  |
|   |  |   |     |                  |        | 19°/34°             |                      |  |
| SUPERFICIE                                    |  | ESCARPE PRINCIPAL   |     |                  |        | PIE DE MOVIMIENTO   |                      |  |
| Formas recientes                              |  | Bien evidente   |     | x                |        | Abollado            |                      |  |
| Cubierta vegetal parcial                      |  | x   |     | Poco evidente    |        | Plano               |                      |  |
| Cubierta vegetal total                        |  | Parcial evidente  |     |                  |        | Empuje Alrededor    |                      |  |
| Oculto/erosión                                |  | No evidente   |     | Rectilineo       |        | Mult. Amontonado    |                      |  |
| Oculto/actividad humana                       |  | Grietas   |     | Desigual         |        | x                   |                      |  |
| Indistinto                                    |  |   |     |                  |        |                     |                      |  |
| INTENSIDAD DE FORMA                           |  | MARGENES  |     | MORFOLOGÍA       |        | SUPERFICIE          |                      |  |
| Fuerte  |  | Evidente  |     | x                |        | Escalonada          |                      |  |
| Clara   |  | x   |     | Parcial evidente |        | Ondulada            |                      |  |
| Leve  |  | Leves   |     |                  |        | Concava             |                      |  |
| ORIGEN DE LA PENDIENTE                        |  | Indistintos   |     | Indistinta       |        | Manantiales         |                      |  |
| Natural                                       |  |   |     | Plana            |        | Flujos de agua      |                      |  |
| Artificial                                    |  | x   |     |                  |        | Laguna              |                      |  |
| LITOLOGÍA                                     |  | OBSERVACIONES   |     |                  |        |                     |                      |  |
| Rocas   |  | Presencia de sábulo. Se encuentra cubierto por matorrales y arbustos en la parte superior |     |                  |        |                     |                      |  |
| Cambio Roca/Suelo                             |  |   |     |                  |        |                     |                      |  |
| Suelo arenoso                                 |  |   |     |                  |        |                     |                      |  |
| Suelo limoso                                  |  |   |     |                  |        |                     |                      |  |
| Suelo arcilloso                               |  | x   |     |                  |        |                     |                      |  |






UNL

Universidad Nacional de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

| <b>GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b> |  |  |                  |                    |                             |                          |             |
|--|--|--|------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------|
| FICHA DE DESLIZAMIENTOS                              |  |  |                  |                    |                             |                          |             |
| <b>PROYECTO</b>                                      | "Caracterización Geológica-Geotécnica en la vía La Saquea - Cantzama Bajo desde el tramo absc 5+850 hasta 11+700, ubicada en las Parroquias Cumbaratza y Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe" |  |                  |                    | <b>FECHA</b>                | 17 de Abril del 2021     |             |
|  |  |  |                  |                    | <b>CÓDIGO</b>               | D4                       |             |
|  |  |  |                  |                    | <b>SECTOR</b>               | Cantzama Bajo            |             |
| <b>COORDENADAS UTM WGS 84</b>                        | <b>X</b>   | <b>Y</b>   | <b>Z</b>         | <b>DIMENSIONES</b> |                             |                          |             |
|  | 734084   | 9571327  | 871              | <b>ALTURA</b>      | 43,37m                      | <b>ANCHO</b>             | 143,67m     |
| <b>TIPO DE DESLIZAMIENTO</b>                         |  | <b>ESTILO</b>  |                  | <b>ACTIVIDAD</b>   |                             | <b>FORMA GENERAL</b>     |             |
| Deslizamiento rotacional                             |  | Único  |                  | x                  | Activo                      | x                        | Plano       |
|  |  | Múltiple   |                  |                    | Latente                     |                          | Flujo       |
| x  |  | <b>ESTADO</b>  |                  | Estabilizado       |                             | Frontal                  |             |
| Deslizamiento traslacional                           |  | Reciente   |                  | Antiguo            |                             | Irregular                |             |
|  |  | Antiguo  |                  | x                  | <b>DATOS ESTRUCTURALES</b>  |                          | 168°/39°    |
| <b>SUPERFICIE</b>                                    |  | <b>ESCARPE PRINCIPAL</b>   |                  |                    |                             | <b>PIE DE MOVIMIENTO</b> |             |
| Formas recientes                                     |  | Bien evidente  |                  | x                  | Abovedado                   | Abollado                 |             |
| Cubierta vegetal parcial                             |  | x  | Poco evidente    |                    | Lanceolado (Forma de lanza) | Plano                    |             |
| Cubierta vegetal total                               |  | Parcial evidente   |                  |                    |                             | Empuje Alrededor         |             |
| Oculto/erosión                                       |  | No evidente  |                  | Rectilíneo         |                             | Mult. Amontonado         |             |
| Oculto/actividad humana                              |  | Grietas  |                  | Desigual           |                             | x                        | Indistinto  |
| <b>INTENSIDAD DE FORMA</b>                           |  | <b>MÁRGENES</b>  |                  | <b>MORFOLOGÍA</b>  |                             | <b>SUPERFICIE</b>        |             |
| Fuerte   |  | Evidente   |                  | Escalonada         |                             | x                        | Seca        |
| Clara  |  | x  | Parcial evidente |                    | x                           | Ondulada                 | Loc. Húmeda |
| Leve   |  | Leves  |                  | Concava            |                             | Sobresaturada            |             |
| <b>ORIGEN DE LA PENDIENTE</b>                        |  | Indistintos  |                  | Indistinta         |                             | Manantiales              |             |
| Natural  |  |  |                  | Plana              |                             | Flujos de agua           |             |
| Artificial   |  | x  |                  |                    |                             | Laguna                   |             |
| <b>LITOLOGÍA</b>                                     |  | <b>OBSERVACIONES</b>   |                  |                    |                             |                          |             |
| Rocas  |  | Se encuentra material meteorizado de la granodiorita, denominada sábulo. La coloración del material es rojizo y tonalidades de café. |                  |                    |                             |                          |             |
| Cambio Roca/Suelo                                    |  |  |                  |                    |                             |                          |             |
| Suelo arenoso  |  |  |                  |                    |                             |                          |             |
| Suelo limoso   |  |  |                  |                    |                             |                          |             |
| Suelo arcilloso                                      |  | x  |                  |                    |                             |                          |             |







unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

---

### **Anexo 3. Fichas de descripción macroscópica de rocas ígneas**



|   Universidad Nacional de Loja |  |   |  |
|--|--|---|--|
| FICHA DE DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS ÍGNEAS  |  |   |  |
| <b>Responsable:</b>  | Alicia Bermeo  | <b>N° Ficha</b>                           | 1  |
| <b>Tipo de muestra:</b>  | Muestra tomada de afloramiento   | <b>Código de la muestra</b>               | CGGSC-AB-001-I                                     |
| FOTOGRAFÍA   |  | DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA                  |  |
|   |  | <i>Características de los componentes</i> |  |
|  |  | <b>Color</b>                              | Gris oscura  |
|  |  | <b>Textura</b>                            | Afanítica  |
|  |  | <b>Estructura</b>                         | Masiva   |
|  |  | <b>Tamaño del grano</b>                   | < 1mm (fino)                                       |
|  |  | <b>Forma de los granos</b>                | Subhedrales  |
|  |  | <b>%Fenocristales</b>                     | 0%   |
| <b>%Matriz</b>   | 100%   |   |  |
| DATOS DE UBICACIÓN   |  | CONTENIDO DE MINERALES                    |  |
| <b>País/Provincia/Cantón/Parroquia</b>   | Ecuador/Zamora<br>Chinchipe/Zamora/Cumbaratza<br>y Guadalupe   | <b>Minerales Principales</b>              | Plagioclasas ricas en calcio, anfíbol (hornblenda) |
|  |  | <b>Minerales accesorios</b>               | Piroxeno, cuarzo, olivino                          |
| <b>Sector</b>  | La Saquea - Cantzama   | <b>Grado de meteorización</b>             | Alta   |
| <b>Localización (Datum WGS84. Zona 17S)</b>  |  | <b>Análisis de laboratorio</b>            |  |
| <b>Este</b>  | 734168   | <b>Si</b>                                 | ( ) <b>No</b> ( x )                                |
| <b>Norte</b>   | 9571033  | <b>Lámina delgada</b>                     |  |
| <b>Altitud (m s.n.m)</b>   | 887  | <b>Si</b>                                 | ( ) <b>No</b> ( x )                                |
| <b>NOMBRE DE LA ROCA</b>   | Andesita basáltica   |   |  |
| <b>DATOS ESTRUCTURALES (DBz/Bz)</b>  | 141°   | 85°                                       |  |
| <b>OBSERVACIONES</b>   | El color gris se debe a la alta cantidad de minerales ferromagnesianos. Presencia de sulfuros diseminados (pirita diseminada). Es una roca de composición máfica que conserva las características de una andesita. En superficie se encuentra meteorizada. |   |  |



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

|  Universidad Nacional de Loja<br><b>FICHA DE DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS ÍGNEAS</b> |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <b>Responsable:</b>  | Alicia Bermeo   | <b>N° Ficha</b>                           | 2  |
| <b>Tipo de muestra:</b>  | Muestra tomada de afloramiento  | <b>Código de la muestra</b>               | CGGSC-AB-002-I   |
| FOTOGRAFÍA   |   | DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA                  |  |
|   |   | <i>Características de los componentes</i> |  |
|  |   | <b>Color</b>                              | Café amarillento   |
|  |   | <b>Textura</b>                            | Fanerítica   |
|  |   | <b>Estructura</b>                         | Masiva   |
|  |   | <b>Tamaño del grano</b>                   | 1-5mm (medio)  |
|  |   | <b>Forma de los granos</b>                | Subhedrales  |
|  |   | <b>%Fenocristales</b>                     | 90%  |
|  | <b>%Matriz</b>  | 10%                                       |  |
| DATOS DE UBICACIÓN   |   | CONTENIDO DE MINERALES                    |  |
| <b>País/Provincia/Cantón/Parroquia</b>   | Ecuador/Zamora<br>Chinchipe/Zamora/Cumbaratza<br>y Guadalupe  | <b>Minerales Principales</b>              | Plagioclasas (ricas en sodio)  |
|  |   | <b>Minerales accesorios</b>               | Cuarzo, anfíbol (hornblenda), biotita, feldespatos potásicos, mica moscovita |
| <b>Sector</b>  | La Saquea - Cantzama  | <b>Grado de meteorización</b>             | Alta   |
| <b>Localización (Datum WGS84. Zona 17S)</b>  |   | <b>Análisis de laboratorio</b>            |  |
| <b>Este</b>  | 734168  | <b>Si</b>                                 | ( ) <b>No</b> ( x )  |
| <b>Norte</b>   | 9571033   | <b>Lámina delgada</b>                     |  |
| <b>Altitud (m s.n.m)</b>   | 887   | <b>Si</b>                                 | ( ) <b>No</b> ( x )  |
| <b>NOMBRE DE LA ROCA</b>   | Granodiorita  |   |  |
| <b>DATOS ESTRUCTURALES (DBz/Bz)</b>  | 135°  | 74°                                       |  |
| <b>OBSERVACIONES</b>   | Los cristales de feldespato potásico tienen formas subhedrales, alto grado de alteración, que le otorgan a la roca un color café amarillento. |   |  |



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

---

#### **Anexo 4. Fichas de caracterización geomecánica**

|   |   |                             |                                     |                                  |  |  |  |  |                          |
|---|---|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--|--|--|--|--------------------------|
| PROYECTO:   | "CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABCS 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUME |                             |                                     |                                  |  | ZONA:  | Cantzama Bajo                                    | HOJA/PLANO:  |                          |
| REALIZADO POR:  | Alicia Alexandra Bermeo Abad  |                             |                                     |                                  |  | LOCALIZACIÓN:                                | 9+040  | FOTO:  |                          |
| FECHA:  | MAYO DE 2021  |                             |                                     |                                  |  |  |  |  |                          |
| LITOLOGÍA   | NATURALEZA: VOLCÁNICA   |                             |                                     |                                  |  | POTENCIA:                                    | 10 m   | FORMACIÓN Y EDAD: Unidad La Saquea, Jurásico             |                          |
| FORMACIONES SUPERFICIALES   | NATURALEZA Y TEXTURA: ANDESITA AFANÍTICA  |                             |                                     |                                  |  | MORFOLOGÍA: AFLORAMIENTO VERTICAL ARTIFICIAL |  |  | ESPESOR:                 |
| ESTRUCTURA  | PLIEGUES  |                             | FALLAS                              |                                  |  | OTROS: DIQUE DE ANDESITA                     |  |  |                          |
| FRACTURACIÓN  | BLOQUES<br>Jv Juntas/m3   | Muy Grandes<br><1           | Grandes<br>X<br>1-3                 | Medios<br>3-10                   | Pequeños<br>10-30  | Muy Pequeños<br>>30                          | Muy brechificado<br>>60                          |  |                          |
| RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA  | Extremadam blanda<br>(Uña)<br>0   | Muy blanda<br>(Navaja)<br>1 | Blandas<br>(Punta de martillo)<br>2 | Media<br>(1 golpe martillo)<br>3 | Dura<br>(+ 1 golpe martillo)<br>4  | Muy dura<br>(Varios golpes)<br>5             | Extremadam Dura<br>(Sólo raya con martillo)<br>6 |  |                          |
| GRADOS DE METEORIZACION   | I<br>Inalterada (6)   |                             | II<br>Ligeramente alterado (5)      |                                  | III<br>Moderadamente alterada (3)  |  | IV<br>Muy alterada (1)                           | V<br>Compl meteorizada (0)                               | VI<br>Suelo residual (0) |
| HIDROGEOLOGÍA   | Sin presencia de agua   |                             | Seco (sin señales de agua)          |                                  | Húmedo   |  | Goteos   | Flujo  | CAUDAL ESTIMADO:         |
| MUESTRAS  |   |                             |                                     |                                  |  |  |  | OBSERVACIONES: Presencia de abundante cobertura vegetal. |                          |
| FOTO N° 1   |   |                             |                                     |                                  | FOTO N° 2  |  |  |  |                          |
|  |   |                             |                                     |                                  |  |  |  |  |                          |





unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

---

## **Anexo 5. Resultados de cortes directos**



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

## Corte directo Nro. 1



**ESTSUELCON CIA. LTDA.**  
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

|   |                                       |  |                           |
|---|---------------------------------------|--|---------------------------|
| <b>Proyecto:</b> "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |                                       |  |                           |
| <b>Localización</b> TRAMO SAQUEA-CANTZAMA, ABSCISA 6+240  |                                       | <b>Muestra:</b> CORTE 3                      |                           |
| <b>Descripción del suelo:</b> Limo arenoso  |                                       |  |                           |
| <b>Humedad:</b> 37.3  | <b>Carga:</b> 15.3                    | <b>Kg</b>                                    | <b>Profundidad:</b> 1.0 m |
| <b>Ensayo:</b> 1  | <b>Constante de anillo Kg:</b> 1.9048 | <b>Esfuerzo normal aplicado:</b> 0.51 kg/cm2 |                           |

### Datos del Ensayo

|   |   |                       |                |                |
|---|---|-----------------------|----------------|----------------|
| <b>Peso anillo (gr):</b> 42.92            | <b>Altura muestra inicial (cm):</b> 2   | <b>Humedad</b>        |                |                |
| <b>Peso anillo + muestra (gr):</b> 155.19 | <b>Altura muestra final (cm):</b> 1.996 | <b>Wcap</b>           | <b>Wcap+SH</b> | <b>Wcap+SS</b> |
| <b>Peso muestra inicial (gr):</b> 112.27  | <b>Diámetro (cm):</b> 6.18              | <b>Área (cm2):</b> 30 | 22.68          | 135.91         |
| <b>Peso muestra final (gr):</b> 82.82     | <b>Densidad(g/cm3):</b> 1.8712          |                       | <b>W%</b>      | 35.58          |

| Consolidación |             | Tiempo min. | Lect. Anillo Carga | Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm | Lect. Deform. Vertical 0,01 mm | Deform. Unitaria |         | Deformación (%) |         | Carga aplicada Kg. | Cortante Kg/cm2 |
|---------------|-------------|-------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------|---------|-----------------|---------|--------------------|-----------------|
| Tiempo        | Deformación |             |                    |                                    |                                | Horiz.           | Vertic. | Horiz.          | Vertic. |                    |                 |
| 0.0"          | -           | 0.06        | 0.2                | 0                                  | -0.20                          | 0.0000           | 0.000   | 0.00            | -0.01   | 0.107              | 0.004           |
| 4"            | -           | 0.12        | 0.4                | 10                                 | -0.20                          | 0.0016           | 0.000   | 0.16            | -0.01   | 0.214              | 0.007           |
| 15"           | -           | 0.24        | 0.6                | 20                                 | -1.00                          | 0.0032           | -0.001  | 0.32            | -0.05   | 0.321              | 0.011           |
| 34"           | -           | 0.36        | 0.8                | 40                                 | -2.20                          | 0.0065           | -0.001  | 0.65            | -0.11   | 0.428              | 0.014           |
| 1 min.        | -           | 0.45        | 1.0                | 60                                 | -2.90                          | 0.0097           | -0.001  | 0.97            | -0.15   | 0.535              | 0.018           |
| 2 min. 1/4"   | -           | 1.00        | 1.4                | 100                                | -4.00                          | 0.0162           | -0.002  | 1.62            | -0.20   | 0.749              | 0.025           |
| 4 min.        | -           | 1.30        | 1.7                | 150                                | -5.80                          | 0.0243           | -0.003  | 2.43            | -0.29   | 0.910              | 0.030           |
| 6 min. 1/4"   | -           | 1.45        | 1.8                | 175                                | -6.50                          | 0.0283           | -0.003  | 2.83            | -0.33   | 0.963              | 0.032           |
| 9"            | -           | 2.00        | 2.0                | 200                                | -6.80                          | 0.0324           | -0.003  | 3.24            | -0.34   | 1.070              | 0.036           |
| 12 min. 1/4"  | -           | 2.30        | 2.3                | 300                                | -7.20                          | 0.0485           | -0.004  | 4.85            | -0.36   | 1.231              | 0.041           |
| 16 min.       | -           | 3.00        | 2.6                | 350                                | -7.20                          | 0.0566           | -0.004  | 5.66            | -0.36   | 1.391              | 0.046           |
| 20 min. 1/4"  | -           | 3.30        | 2.8                | 400                                | -7.20                          | 0.0647           | -0.004  | 6.47            | -0.36   | 1.498              | 0.050           |
| 25 min.       | -           | 4.00        | 3.0                | 450                                | -6.00                          | 0.0728           | -0.003  | 7.28            | -0.30   | 1.605              | 0.054           |
| 36 min.       | -           | 4.30        | 3.2                | 500                                | -4.20                          | 0.0809           | -0.002  | 8.09            | -0.21   | 1.713              | 0.057           |
| 49 min.       | -           | 5.00        | 3.3                | 550                                | -2.30                          | 0.0890           | -0.001  | 8.90            | -0.12   | 1.766              | 0.059           |
| 60 min.       | -           | 5.30        | 3.4                | 600                                | -1.20                          | 0.0971           | -0.001  | 9.71            | -0.06   | 1.820              | 0.061           |
| 80 min.       | -           | 6.00        | 3.5                | 650                                | -0.20                          | 0.1052           | 0.000   | 10.52           | -0.01   | 1.873              | 0.062           |
| 100 min.      | -           | 6.30        | 3.8                | 700                                | 1.80                           | 0.1133           | 0.001   | 11.33           | 0.09    | 2.034              | 0.068           |
| 120 min.      | -           | 7.00        | 4.0                | 750                                | 2.80                           | 0.1214           | 0.001   | 12.14           | 0.14    | 2.141              | 0.071           |
| 180 min.      | -           | 7.30        | 4.0                | 800                                | 4.00                           | 0.1294           | 0.002   | 12.94           | 0.20    | 2.141              | 0.071           |
| 240 min.      | -           | 8.00        | 3.6                | 850                                | 5.30                           | 0.1375           | 0.003   | 13.75           | 0.27    | 1.927              | 0.064           |
| 300 min.      | -           | 8.30        | 3.1                | 900                                | 6.40                           | 0.1456           | 0.003   | 14.56           | 0.32    | 1.659              | 0.055           |
| 360 min.      | -           | 9.00        | 3.0                | 950                                | 7.20                           | 0.1537           | 0.004   | 15.37           | 0.36    | 1.605              | 0.054           |
| 420 min.      | -           | 9.30        | 2.9                | 1000                               | 7.70                           | 0.1618           | 0.004   | 16.18           | 0.39    | 1.552              | 0.052           |
| 480 min.      | -           | 10.00       | 2.7                | 1050                               | 8.00                           | 0.1699           | 0.004   | 16.99           | 0.40    | 1.445              | 0.048           |
| 540 min.      | -           | 10.30       | 2.5                | 1100                               | 8.20                           | 0.1780           | 0.004   | 17.80           | 0.41    | 1.338              | 0.045           |
| 600 min.      | -           | 11.00       | 2.4                | 1150                               | 8.20                           | 0.1861           | 0.004   | 18.61           | 0.41    | 1.284              | 0.043           |
| 660 min.      | -           | 11.30       | 2.3                | 1200                               | 8.40                           | 0.1942           | 0.004   | 19.42           | 0.42    | 1.231              | 0.041           |
| 860 min.      | -           | 12.00       | 2.3                | 1250                               | 8.40                           | 0.2023           | 0.004   | 20.23           | 0.42    | 1.231              | 0.041           |
| 720 min.      | -           | 12.30       | 2.2                | 1300                               | 8.40                           | 0.2104           | 0.004   | 21.04           | 0.42    | 1.177              | 0.039           |



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



ESTSUELCON

## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

|   |                                       |  |  |
|---|---------------------------------------|--|--|
| <b>Proyecto:</b> "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |                                       |  |  |
| <b>Localización</b> TRAMO SAQUEA-CANTZAMA, ABSCISA 6+240  |                                       | <b>Muestra:</b> CORTE 3                                  |  |
| <b>Descripción del suelo:</b> Limo arenoso  |                                       |  |  |
| <b>Humedad:</b> 37.3  | <b>Carga:</b> 30.06 Kg                | <b>Profundidad:</b> 0.5 m                                |  |
| <b>Ensayo:</b> 2  | <b>Constante de anillo Kg:</b> 1.9048 | <b>Esfuerzo normal aplicado:</b> 1.02 kg/cm <sup>2</sup> |  |

#### Datos del Ensayo

|   |   |                                  |                |                |
|---|---|----------------------------------|----------------|----------------|
| <b>Peso anillo (gr):</b> 42.94            | <b>Altura muestra inicial (cm):</b> 2   | <b>Humedad</b>                   |                |                |
| <b>Peso anillo + muestra (gr):</b> 139.87 | <b>Altura muestra final (cm):</b> 2.002 | <b>Wcap</b>                      | <b>Wcap+SH</b> | <b>Wcap+SS</b> |
| <b>Peso muestra inicial (gr):</b> 96.93   | <b>Diámetro (cm):</b> 6.18              | 34.80                            | 131.02         | 94.32          |
| <b>Peso muestra final (gr):</b> 59.96     | <b>Densidad(g/cm<sup>3</sup>):</b> 1.62 | <b>W%</b>                        |                | 61.66          |
|   |   | <b>Área (cm<sup>2</sup>):</b> 30 |                |                |

| Consolidación |             | Tiempo min. | Lect. Anillo Carga | Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm | Lect. Deform. Vertical 0,01 mm | Deform. Unitaria |         | Deformación (%) |         | Carga aplicada Kg. | Cortante Kg/cm <sup>2</sup> |
|---------------|-------------|-------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------|---------|-----------------|---------|--------------------|-----------------------------|
| Tiempo        | Deformación |             |                    |                                    |                                | Horiz.           | Vertic. | Horiz.          | Vertic. |                    |                             |
| 0.0"          | -           | 0.06        | 2.50               | 0                                  | -0.30                          | 0.0000           | 0.000   | 0.00            | -0.02   | 1.338              | 0.045                       |
| 4"            | -           | 0.12        | 3.50               | 10                                 | -0.30                          | 0.0016           | 0.000   | 0.16            | -0.02   | 1.873              | 0.062                       |
| 15"           | -           | 0.24        | 4.00               | 20                                 | -1.00                          | 0.0032           | -0.001  | 0.32            | -0.05   | 2.141              | 0.071                       |
| 34"           | -           | 0.36        | 4.40               | 40                                 | -1.30                          | 0.0065           | -0.001  | 0.65            | -0.07   | 2.355              | 0.078                       |
| 1 min.        | -           | 0.45        | 5.10               | 60                                 | -1.30                          | 0.0097           | -0.001  | 0.97            | -0.07   | 2.729              | 0.091                       |
| 2 min. 1/4"   | -           | 1.00        | 5.80               | 100                                | -1.30                          | 0.0162           | -0.001  | 1.62            | -0.07   | 3.104              | 0.103                       |
| 4 min.        | -           | 1.30        | 6.80               | 150                                | -1.50                          | 0.0243           | -0.001  | 2.43            | -0.08   | 3.639              | 0.121                       |
| 6 min. 1/4"   | -           | 1.45        | 7.60               | 175                                | -1.50                          | 0.0283           | -0.001  | 2.83            | -0.08   | 4.067              | 0.136                       |
| 9"            | -           | 2.00        | 8.50               | 200                                | -0.80                          | 0.0324           | 0.000   | 3.24            | -0.04   | 4.549              | 0.152                       |
| 12 min. 1/4"  | -           | 2.30        | 9.60               | 300                                | 1.50                           | 0.0485           | 0.001   | 4.85            | 0.08    | 5.138              | 0.171                       |
| 16 min.       | -           | 3.00        | 10.10              | 350                                | 3.00                           | 0.0566           | 0.002   | 5.66            | 0.15    | 5.405              | 0.180                       |
| 20 min. 1/4"  | -           | 3.30        | 11.30              | 400                                | 4.80                           | 0.0647           | 0.002   | 6.47            | 0.24    | 6.047              | 0.202                       |
| 25 min.       | -           | 4.00        | 11.80              | 450                                | 7.20                           | 0.0728           | 0.004   | 7.28            | 0.36    | 6.315              | 0.210                       |
| 36 min.       | -           | 4.30        | 12.80              | 500                                | 10.20                          | 0.0809           | 0.005   | 8.09            | 0.51    | 6.850              | 0.228                       |
| 49 min.       | -           | 5.00        | 14.20              | 550                                | 12.00                          | 0.0890           | 0.006   | 8.90            | 0.60    | 7.599              | 0.253                       |
| 60 min.       | -           | 5.30        | 16.00              | 600                                | 12.00                          | 0.0971           | 0.006   | 9.71            | 0.60    | 8.563              | 0.285                       |
| 80 min.       | -           | 6.00        | 17.50              | 650                                | 12.10                          | 0.1052           | 0.006   | 10.52           | 0.61    | 9.365              | 0.312                       |
| 100 min.      | -           | 6.30        | 18.40              | 700                                | 14.80                          | 0.1133           | 0.007   | 11.33           | 0.74    | 9.847              | 0.328                       |
| 120 min.      | -           | 7.00        | 20.50              | 750                                | 16.50                          | 0.1214           | 0.008   | 12.14           | 0.83    | 10.971             | 0.366                       |
| 180 min.      | -           | 7.30        |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |
| 240 min.      | -           | 8.00        |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |
| 300 min.      | -           | 8.30        |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |
| 360 min.      | -           | 9.00        |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |
| 420 min.      | -           | 9.30        |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |
| 480 min.      | -           | 10.00       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |
| 540 min.      | -           | 10.30       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |
| 600 min.      | -           | 11.00       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |
| 660 min.      | -           | 11.30       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |
| 720 min.      | -           | 12.00       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |
|               |             | 12.30       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |
|               |             | 13.00       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



ESTSUELCON

## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

|  |             |   |                    |
|--|-------------|---|--------------------|
| Proyecto: "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |             |   |                    |
| Localización TRAMO SAQUEA-CANTZAMA, ABSCISA 6+240  |             | Muestra: CORTE 3                                  |                    |
| Descripción del suelo: Limo arenoso  |             |   |                    |
| Humedad: 37.3  | Carga: 61.2 | Kg  |                    |
| Ensayo: 3  |             | Constante de anillo Kg: 1.9048                    | Profundidad: 0.5 m |
|  |             | Esfuerzo normal aplicado: 2.04 kg/cm <sup>2</sup> |                    |

### Datos del Ensayo

|                                    |                                    |         |         |         |
|------------------------------------|------------------------------------|---------|---------|---------|
| Peso anillo (gr): 42.47            | Altura muestra inicial (cm): 2     | Humedad |         |         |
| Peso anillo + muestra (gr): 154.47 | Altura muestra final (cm): 1.996   | Wcap    | Wcap+SH | Wcap+SS |
| Peso muestra inicial (gr): 112     | Diámetro (cm): 6.18                | 33.51   | 143.93  | 115.9   |
| Peso muestra final (gr): 83.57     | Densidad(g/cm <sup>3</sup> ): 1.87 | W%      |         |         |
|                                    |                                    | 34.02   |         |         |

| Consolidación |             | Tiempo min. | Lect. Anillo Carga | Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm | Lect. Deform. Vertical 0,01 mm | Deform. Unitaria |         | Deformación (%) |         | Carga aplicada Kg. | Cortante Kg/cm <sup>2</sup> |
|---------------|-------------|-------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------|---------|-----------------|---------|--------------------|-----------------------------|
| Tiempo        | Deformación |             |                    |                                    |                                | Horiz.           | Vertic. | Horiz.          | Vertic. |                    |                             |
| 0.0"          | -           | 0.06        | 2.1                | 0                                  | 1.00                           | 0.0000           | 0.001   | 0.00            | 0.05    | 1.070              | 0.036                       |
| 4"            | -           | 0.12        | 5.1                | 10                                 | 1.20                           | 0.0016           | 0.001   | 0.16            | 0.06    | 2.599              | 0.087                       |
| 15"           | -           | 0.24        | 9.0                | 20                                 | 1.10                           | 0.0032           | 0.001   | 0.32            | 0.06    | 4.587              | 0.153                       |
| 34"           | -           | 0.36        | 12.0               | 40                                 | -1.00                          | 0.0065           | -0.001  | 0.65            | -0.05   | 6.116              | 0.204                       |
| 1 min.        | -           | 0.45        | 15.0               | 60                                 | -2.50                          | 0.0097           | -0.001  | 0.97            | -0.13   | 7.645              | 0.255                       |
| 2 min. 1/4"   | -           | 1.00        | 18.0               | 100                                | -4.80                          | 0.0162           | -0.002  | 1.62            | -0.24   | 9.174              | 0.306                       |
| 4 min.        | -           | 1.30        | 24.0               | 150                                | -9.00                          | 0.0243           | -0.005  | 2.43            | -0.45   | 12.232             | 0.408                       |
| 6 min. 1/4"   | -           | 1.45        | 26.5               | 175                                | -10.80                         | 0.0283           | -0.005  | 2.83            | -0.54   | 13.507             | 0.450                       |
| 9"            | -           | 2.00        | 32.2               | 200                                | -15.60                         | 0.0324           | -0.008  | 3.24            | -0.78   | 16.412             | 0.547                       |
| 12 min. 1/4"  | -           | 2.30        | 37.0               | 300                                | -18.80                         | 0.0485           | -0.009  | 4.85            | -0.94   | 18.858             | 0.629                       |
| 16 min.       | -           | 3.00        | 40.0               | 350                                | -20.00                         | 0.0566           | -0.010  | 5.66            | -1.00   | 20.387             | 0.680                       |
| 20 min. 1/4"  | -           | 3.30        | 43.1               | 400                                | -23.00                         | 0.0647           | -0.012  | 6.47            | -1.15   | 21.967             | 0.732                       |
| 25 min.       | -           | 4.00        | 46.1               | 450                                | -25.00                         | 0.0728           | -0.013  | 7.28            | -1.25   | 23.496             | 0.783                       |
| 36 min.       | -           | 4.30        | 48.9               | 500                                | -26.70                         | 0.0809           | -0.013  | 8.09            | -1.34   | 24.924             | 0.831                       |
| 49 min.       | -           | 5.00        | 51.0               | 550                                | -28.50                         | 0.0890           | -0.014  | 8.90            | -1.43   | 25.994             | 0.866                       |
| 60 min.       | -           | 5.30        | 53.1               | 600                                | -30.30                         | 0.0971           | -0.015  | 9.71            | -1.52   | 27.064             | 0.902                       |
| 80 min.       | -           | 6.00        | 54.8               | 650                                | -32.00                         | 0.1052           | -0.016  | 10.52           | -1.60   | 27.931             | 0.931                       |
| 100 min.      | -           | 6.30        | 56.1               | 700                                | -33.00                         | 0.1133           | -0.017  | 11.33           | -1.65   | 28.593             | 0.953                       |
| 120 min.      | -           | 7.00        | 57.7               | 750                                | -29.50                         | 0.1214           | -0.015  | 12.14           | -1.48   | 29.409             | 0.980                       |
| 180 min.      | -           | 7.30        | 58.2               | 800                                | -35.10                         | 0.1294           | -0.018  | 12.94           | -1.76   | 29.664             | 0.989                       |
| 240 min.      | -           | 8.00        | 59.2               | 850                                | -35.80                         | 0.1375           | -0.018  | 13.75           | -1.79   | 30.173             | 1.006                       |
| 300 min.      | -           | 8.30        | 60.0               | 900                                | -36.20                         | 0.1456           | -0.018  | 14.56           | -1.81   | 30.581             | 1.019                       |
| 360 min.      | -           | 9.00        | 60.0               | 950                                | -36.50                         | 0.1537           | -0.018  | 15.37           | -1.83   | 30.586             | 1.020                       |
| 420 min.      | -           | 9.30        | 60.0               | 1000                               | -37.10                         | 0.1618           | -0.019  | 16.18           | -1.86   | 30.591             | 1.020                       |
| 480 min.      | -           | 10.00       | 60.1               | 1050                               | -38.00                         | 0.1699           | -0.019  | 16.99           | -1.90   | 30.627             | 1.021                       |
| 540 min.      | -           | 10.30       | 60.1               | 1100                               | -38.50                         | 0.1780           | -0.019  | 17.80           | -1.93   | 30.632             | 1.021                       |
| 600 min.      | -           | 11.00       | 60.1               | 1150                               | -38.80                         | 0.1861           | -0.019  | 18.61           | -1.94   | 30.632             | 1.021                       |
| 660 min.      | -           | 11.30       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |
| 720 min.      | -           | 12.00       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |
|               |             | 12.30       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |
|               |             | 13.00       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |



UNL

Universidad Nacional de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



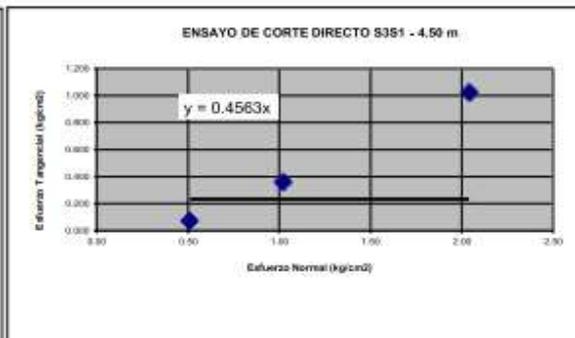
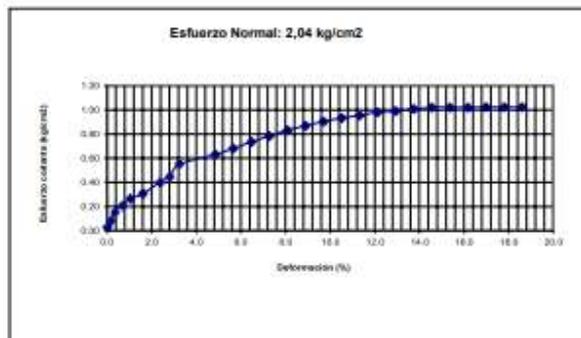
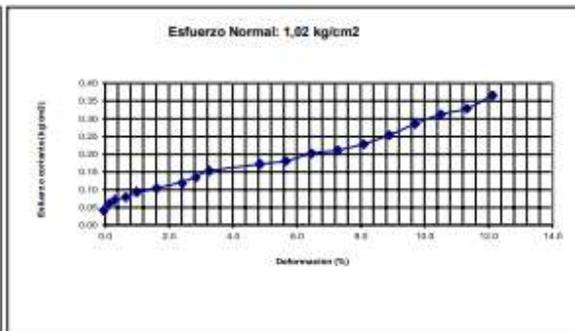
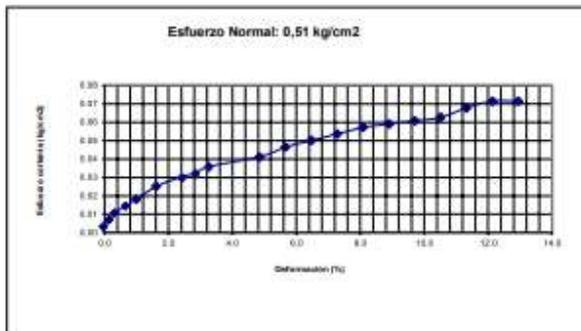
### ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

#### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

|               |  |          |         |
|---------------|--|----------|---------|
| Proyecto:     | "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |          |         |
| Localización: | TRAMO SAQUEA-CANTZAMA, ABSCISA 6+240   | Muestra: | CORTE 3 |

#### RESULTADOS



| RESULTADOS | Esfuerzos (kg/cm <sup>2</sup> ) |          |             |
|------------|---------------------------------|----------|-------------|
|            | X                               | Y        | Y calculado |
| Ensayo No  | Normal                          | Cortante | Tangencial  |
| 1          | 0.51                            | 0.071    | 0.3546      |
| 2          | 1.02                            | 0.366    | 0.5901      |
| 3          | 2.04                            | 1.021    | 1.0612      |

|                             |    |                                |        |
|-----------------------------|----|--------------------------------|--------|
| Angulo de Friccion (grados) | 26 | Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> ) | 0.0100 |
|-----------------------------|----|--------------------------------|--------|

Valores deducidos de ecuación de gráfico (regresión lineal)



VOLTAIRE OVIDIO CASTILLO JARAMILLO

Ing. Voltaire Ovidio Castillo J. CONSULTOR



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

## Corte directo Nro. 2



ESTSUELCON

## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

|   |                                       |  |  |
|---|---------------------------------------|--|--|
| <b>Proyecto:</b> "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |                                       |  |  |
| <b>Localización</b> TRAMO SAQUEA-CANTZAMA, ABSCISA 6+430  |                                       | <b>Muestra:</b> CORTE 4                                  |  |
| <b>Descripción del suelo:</b> Limo arenoso  |                                       |  |  |
| <b>Humedad:</b> 23.63   | <b>Carga:</b> 15.3 Kg                 | <b>Profundidad:</b> 1.0 m                                |  |
| <b>Ensayo:</b> 1  | <b>Constante de anillo Kg:</b> 1.9048 | <b>Esfuerzo normal aplicado:</b> 0.51 kg/cm <sup>2</sup> |  |

### Datos del Ensayo

|  |   |                |                |                |
|--|---|----------------|----------------|----------------|
| <b>Peso anillo (gr):</b> 42.92           | <b>Altura muestra inicial (cm):</b> 2     | <b>Humedad</b> |                |                |
| <b>Peso anillo + muestra (gr):</b> 136.5 | <b>Altura muestra final (cm):</b> 1.992   | <b>Wcap</b>    | <b>Wcap+SH</b> | <b>Wcap+SS</b> |
| <b>Peso muestra inicial (gr):</b> 93.58  | <b>Diámetro (cm):</b> 6.18                | 19.05          | 103.23         | 79.29          |
| <b>Peso muestra final (gr):</b> 66.97    | <b>Densidad(g/cm<sup>3</sup>):</b> 1.5597 | <b>W%</b>      |                | 39.74          |

| Consolidación |             | Tiempo min. | Lect. Anillo Carga | Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm | Lect. Deform. Vertical 0,01 mm | Deform. Unitaria |         | Deformación (%) |         | Carga aplicada Kg. | Cortante Kg/cm <sup>2</sup> |
|---------------|-------------|-------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------|---------|-----------------|---------|--------------------|-----------------------------|
| Tiempo        | Deformación |             |                    |                                    |                                | Horiz.           | Vertic. | Horiz.          | Vertic. |                    |                             |
| 0,0"          | -           | 0.06        | 0.0                | 0                                  | 0.0                            | 0.0000           | 0.000   | 0.00            | 0.00    | 0.000              | 0.000                       |
| 4"            | -           | 0.12        | 0.1                | 10                                 | -0.5                           | 0.0016           | 0.000   | 0.16            | -0.03   | 0.027              | 0.001                       |
| 15"           | -           | 0.24        | 0.1                | 20                                 | -2.0                           | 0.0032           | -0.001  | 0.32            | -0.10   | 0.054              | 0.002                       |
| 34"           | -           | 0.36        | 0.1                | 40                                 | -3.5                           | 0.0065           | -0.002  | 0.65            | -0.18   | 0.054              | 0.002                       |
| 1 min.        | -           | 0.45        | 0.2                | 60                                 | -4.8                           | 0.0097           | -0.002  | 0.97            | -0.24   | 0.107              | 0.004                       |
| 2 min. 1/4"   | -           | 1.00        | 0.3                | 100                                | -6.5                           | 0.0162           | -0.003  | 1.62            | -0.33   | 0.161              | 0.005                       |
| 4 min.        | -           | 1.30        | 0.5                | 150                                | -9.7                           | 0.0243           | -0.005  | 2.43            | -0.49   | 0.268              | 0.009                       |
| 6 min. 1/4"   | -           | 1.45        | 0.8                | 175                                | -11.0                          | 0.0283           | -0.006  | 2.83            | -0.55   | 0.428              | 0.014                       |
| 9"            | -           | 2.00        | 0.9                | 200                                | -12.0                          | 0.0324           | -0.006  | 3.24            | -0.60   | 0.482              | 0.016                       |
| 12 min. 1/4"  | -           | 2.30        | 0.9                | 300                                | -13.8                          | 0.0485           | -0.007  | 4.85            | -0.69   | 0.482              | 0.016                       |
| 16 min.       | -           | 3.00        | 1.0                | 350                                | -16.0                          | 0.0566           | -0.008  | 5.66            | -0.80   | 0.535              | 0.018                       |
| 20 min. 1/4"  | -           | 3.30        | 1.1                | 400                                | -18.0                          | 0.0647           | -0.009  | 6.47            | -0.90   | 0.589              | 0.020                       |
| 25 min.       | -           | 4.00        | 2.0                | 450                                | -20.0                          | 0.0728           | -0.010  | 7.28            | -1.00   | 1.070              | 0.036                       |
| 36 min.       | -           | 4.30        | 2.1                | 500                                | -21.5                          | 0.0809           | -0.011  | 8.09            | -1.08   | 1.124              | 0.037                       |
| 49 min.       | -           | 5.00        | 3.0                | 550                                | -29.3                          | 0.0890           | -0.015  | 8.90            | -1.47   | 1.605              | 0.054                       |
| 60 min.       | -           | 5.30        | 3.5                | 600                                | -25.0                          | 0.0971           | -0.013  | 9.71            | -1.25   | 1.873              | 0.062                       |
| 80 min.       | -           | 6.00        | 4.0                | 650                                | -26.7                          | 0.1052           | -0.013  | 10.52           | -1.34   | 2.141              | 0.071                       |
| 100 min.      | -           | 6.30        | 4.2                | 700                                | -28.2                          | 0.1133           | -0.014  | 11.33           | -1.41   | 2.248              | 0.075                       |
| 120 min.      | -           | 7.00        | 4.9                | 750                                | -30.0                          | 0.1214           | -0.015  | 12.14           | -1.50   | 2.622              | 0.087                       |
| 180 min.      | -           | 7.30        | 5.1                | 800                                | -35.9                          | 0.1294           | -0.018  | 12.94           | -1.80   | 2.729              | 0.091                       |
| 240 min.      | -           | 8.00        | 5.5                | 850                                | -33.5                          | 0.1375           | -0.017  | 13.75           | -1.68   | 2.943              | 0.098                       |
| 300 min.      | -           | 8.30        | 5.9                | 900                                | -39.8                          | 0.1456           | -0.020  | 14.56           | -1.99   | 3.157              | 0.105                       |
| 360 min.      | -           | 9.00        | 6.0                | 950                                | -35.2                          | 0.1537           | -0.018  | 15.37           | -1.76   | 3.211              | 0.107                       |
| 420 min.      | -           | 9.30        | 6.0                | 1000                               | -36.2                          | 0.1618           | -0.018  | 16.18           | -1.81   | 3.211              | 0.107                       |
| 480 min.      | -           | 10.00       | 6.2                | 1050                               | -36.9                          | 0.1699           | -0.018  | 16.99           | -1.85   | 3.318              | 0.111                       |
| 540 min.      | -           | 10.30       | 6.6                | 1100                               | -37.3                          | 0.1780           | -0.019  | 17.80           | -1.87   | 3.532              | 0.118                       |
| 600 min.      | -           | 11.00       | 6.9                | 1150                               | -38.2                          | 0.1861           | -0.019  | 18.61           | -1.91   | 3.693              | 0.123                       |
| 660 min.      | -           | 11.30       | 7                  | 1200                               | -39.1                          | 0.1942           | -0.020  | 19.42           | -1.96   | 3.746              | 0.125                       |
| 720 min.      | -           | 12.00       | 7.2                | 1250                               | -40                            | 0.2023           | -0.020  | 20.23           | -2.00   | 3.853              | 0.128                       |
|               |             | 12.30       | 7.8                | 1300                               | -40.7                          | 0.2104           | -0.020  | 21.04           | -2.04   | 4.174              | 0.139                       |



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



ESTSUELCON

## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

|  |                                |                  |   |
|--|--------------------------------|------------------|---|
| Proyecto: "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |                                |                  |   |
| Localización TRAMO SAQUEA-CANTZAMA, ABSCISA 6+430  |                                | Muestra: CORTE 4 |   |
| Descripción del suelo: Limo arenoso  |                                |                  |   |
| Humedad: 23.63   | Carga: 30.06                   | Kg               | Profundidad: 0.5 m                                |
| Ensayo: 2  | Constante de anillo Kg: 1.9048 |                  | Esfuerzo normal aplicado: 1.02 kg/cm <sup>2</sup> |

| Datos del Ensayo            |        |                               |       |                          |         |         |
|-----------------------------|--------|-------------------------------|-------|--------------------------|---------|---------|
| Peso anillo (gr):           | 42.94  | Altura muestra inicial (cm):  | 2     | Humedad                  |         |         |
| Peso anillo + muestra (gr): | 142.11 | Altura muestra final (cm):    | 1.990 | Wcap                     | Wcap+SH | Wcap+SS |
| Peso muestra inicial (gr):  | 99.17  | Diámetro (cm):                | 6.18  | Área (cm <sup>2</sup> ): | 30      |         |
| Peso muestra final (gr):    | 72.29  | Densidad(g/cm <sup>3</sup> ): | 1.65  | W%                       |         |         |
|                             |        |                               |       | 20.16                    | 99.25   | 77.81   |
|                             |        |                               |       |                          |         | 37.19   |

| Consolidación |             | Tiempo min. | Lect. Anillo Carga | Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm | Lect. Deform. Vertical 0,01 mm | Deform. Unitaria |         | Deformación (%) |         | Carga aplicada Kg. | Cortante Kg/cm <sup>2</sup> |
|---------------|-------------|-------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------|---------|-----------------|---------|--------------------|-----------------------------|
| Tiempo        | Deformación |             |                    |                                    |                                | Horiz.           | Vertic. | Horiz.          | Vertic. |                    |                             |
| 0.0"          | -           | 0.06        | 2.00               | 0                                  | -0.90                          | 0.0000           | 0.000   | 0.00            | -0.05   | 1.070              | 0.036                       |
| 4"            | -           | 0.12        | 3.00               | 10                                 | -2.30                          | 0.0016           | -0.001  | 0.16            | -0.12   | 1.605              | 0.054                       |
| 15"           | -           | 0.24        | 4.00               | 20                                 | -4.30                          | 0.0032           | -0.002  | 0.32            | -0.22   | 2.141              | 0.071                       |
| 34"           | -           | 0.36        | 5.20               | 40                                 | -6.00                          | 0.0065           | -0.003  | 0.65            | -0.30   | 2.783              | 0.093                       |
| 1 min.        | -           | 0.45        | 6.20               | 60                                 | -7.00                          | 0.0097           | -0.004  | 0.97            | -0.35   | 3.318              | 0.111                       |
| 2 min. 1/4"   | -           | 1.00        | 8.00               | 100                                | -8.90                          | 0.0162           | -0.004  | 1.62            | -0.45   | 4.281              | 0.143                       |
| 4 min.        | -           | 1.30        | 10.00              | 150                                | -12.10                         | 0.0243           | -0.006  | 2.43            | -0.61   | 5.352              | 0.178                       |
| 6 min. 1/4"   | -           | 1.45        | 11.00              | 175                                | -14.00                         | 0.0283           | -0.007  | 2.83            | -0.70   | 5.887              | 0.196                       |
| 9"            | -           | 2.00        | 12.10              | 200                                | -15.80                         | 0.0324           | -0.008  | 3.24            | -0.79   | 6.475              | 0.216                       |
| 12 min. 1/4"  | -           | 2.30        | 13.90              | 300                                | -17.90                         | 0.0485           | -0.009  | 4.85            | -0.90   | 7.439              | 0.248                       |
| 16 min.       | -           | 3.00        | 16.00              | 350                                | -19.30                         | 0.0566           | -0.010  | 5.66            | -0.97   | 8.563              | 0.285                       |
| 20 min. 1/4"  | -           | 3.30        | 17.20              | 400                                | -20.00                         | 0.0647           | -0.010  | 6.47            | -1.00   | 9.205              | 0.307                       |
| 25 min.       | -           | 4.00        | 18.20              | 450                                | -21.00                         | 0.0728           | -0.011  | 7.28            | -1.05   | 9.740              | 0.325                       |
| 36 min.       | -           | 4.30        | 19.00              | 500                                | -21.50                         | 0.0809           | -0.011  | 8.09            | -1.08   | 10.168             | 0.339                       |
| 49 min.       | -           | 5.00        | 19.80              | 550                                | -21.80                         | 0.0890           | -0.011  | 8.90            | -1.09   | 10.596             | 0.353                       |
| 60 min.       | -           | 5.30        | 20.40              | 600                                | -22.00                         | 0.0971           | -0.011  | 9.71            | -1.10   | 10.917             | 0.364                       |
| 80 min.       | -           | 6.00        | 21.00              | 650                                | -22.90                         | 0.1052           | -0.011  | 10.52           | -1.15   | 11.238             | 0.375                       |
| 100 min.      | -           | 6.30        | 21.70              | 700                                | -23.00                         | 0.1133           | -0.012  | 11.33           | -1.15   | 11.613             | 0.387                       |
| 120 min.      | -           | 7.00        | 22.00              | 750                                | -23.80                         | 0.1214           | -0.012  | 12.14           | -1.19   | 11.773             | 0.392                       |
| 180 min.      | -           | 7.30        | 22.50              | 800                                | -25.30                         | 0.1294           | -0.013  | 12.94           | -1.27   | 12.041             | 0.401                       |
| 240 min.      | -           | 8.00        | 23.00              | 850                                | -26.70                         | 0.1375           | -0.013  | 13.75           | -1.34   | 12.309             | 0.410                       |
| 300 min.      | -           | 8.30        | 23.40              | 900                                | -28.00                         | 0.1456           | -0.014  | 14.56           | -1.40   | 12.523             | 0.417                       |
| 360 min.      | -           | 9.00        | 24.00              | 950                                | -29.20                         | 0.1537           | -0.015  | 15.37           | -1.46   | 12.844             | 0.428                       |
| 420 min.      | -           | 9.30        | 24.20              | 1000                               | -30.10                         | 0.1618           | -0.015  | 16.18           | -1.51   | 12.951             | 0.432                       |
| 480 min.      | -           | 10.00       | 24.90              | 1050                               | -30.90                         | 0.1699           | -0.015  | 16.99           | -1.55   | 13.325             | 0.444                       |
| 540 min.      | -           | 10.30       | 25.00              | 1100                               | -31.00                         | 0.1780           | -0.016  | 17.80           | -1.55   | 13.379             | 0.446                       |
| 600 min.      | -           | 11.00       | 25.10              | 1150                               | -31.30                         | 0.1861           | -0.016  | 18.61           | -1.57   | 13.432             | 0.448                       |
| 660 min.      | -           | 11.30       | 25.20              | 1200                               | -31.50                         | 0.1942           | -0.016  | 19.42           | -1.58   | 13.486             | 0.450                       |
| 720 min.      | -           | 12.00       | 25.60              | 1250                               | -31.50                         | 0.2023           | -0.016  | 20.23           | -1.58   | 13.700             | 0.457                       |
|               |             | 12.30       | 25.80              | 1300                               | -31.50                         | 0.2104           | -0.016  | 21.04           | -1.58   | 13.807             | 0.460                       |
|               |             | 13.00       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |



UNL

Universidad Nacional de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



ESTSUELCON

## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

|  |                                |                  |                                       |
|--|--------------------------------|------------------|---------------------------------------|
| Proyecto: "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |                                |                  |                                       |
| Localización TRAMO SAQUEA-CANTZAMA, ABSCISA 6+430  |                                | Muestra: CORTE 4 |                                       |
| Descripción del suelo: Limo arenoso  |                                |                  |                                       |
| Humedad: 23.63   | Carga: 61.2                    | Kg               | Profundidad: 0.5 m                    |
| Ensayo: 3  | Constante de anillo Kg: 1.9048 |                  | Esfuerzo normal aplicado: 2.04 kg/cm2 |

#### Datos del Ensayo

|                                    |                                  |         |         |         |
|------------------------------------|----------------------------------|---------|---------|---------|
| Peso anillo (gr): 42.47            | Altura muestra inicial (cm): 2   | Humedad |         |         |
| Peso anillo + muestra (gr): 138.88 | Altura muestra final (cm): 1.994 | Wcap    | Wcap+SH | Wcap+SS |
| Peso muestra inicial (gr): 96.41   | Diámetro (cm): 6.18              | 19.89   | 105.04  | 82.92   |
| Peso muestra final (gr): 71.36     | Densidad(g/cm3): 1.61            | W%      |         | 35.09   |

| Consolidación |             | Tiempo min. | Lect. Anillo Carga | Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm | Lect. Deform. Vertical 0,01 mm | Deform. Unitaria |         | Deformación (%) |         | Carga aplicada Kg. | Cortante Kg/cm2 |
|---------------|-------------|-------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------|---------|-----------------|---------|--------------------|-----------------|
| Tiempo        | Deformación |             |                    |                                    |                                | Horiz.           | Vertic. | Horiz.          | Vertic. |                    |                 |
| 0,0"          | -           | 0.08        | 2.0                | 0                                  | 0.00                           | 0.0000           | 0.000   | 0.00            | 0.00    | 1.019              | 0.034           |
| 4"            | -           | 0.12        | 5.0                | 10                                 | -0.20                          | 0.0016           | 0.000   | 0.16            | -0.01   | 2.548              | 0.085           |
| 15"           | -           | 0.24        | 8.0                | 20                                 | -1.20                          | 0.0032           | -0.001  | 0.32            | -0.06   | 4.077              | 0.136           |
| 34"           | -           | 0.36        | 11.0               | 40                                 | -3.00                          | 0.0065           | -0.002  | 0.65            | -0.15   | 5.607              | 0.187           |
| 1 min.        | -           | 0.45        | 13.0               | 60                                 | -5.00                          | 0.0097           | -0.003  | 0.97            | -0.25   | 6.626              | 0.221           |
| 2 min. 1/4"   | -           | 1.00        | 15.5               | 100                                | -8.50                          | 0.0162           | -0.004  | 1.62            | -0.43   | 7.900              | 0.263           |
| 4 min.        | -           | 1.30        | 19.2               | 150                                | -13.00                         | 0.0243           | -0.007  | 2.43            | -0.65   | 9.786              | 0.326           |
| 6 min. 1/4"   | -           | 1.45        | 21.4               | 175                                | -16.80                         | 0.0283           | -0.008  | 2.83            | -0.84   | 10.907             | 0.364           |
| 9"            | -           | 2.00        | 23.5               | 200                                | -19.50                         | 0.0324           | -0.010  | 3.24            | -0.98   | 11.978             | 0.399           |
| 12 min. 1/4"  | -           | 2.30        | 26.8               | 300                                | -24.00                         | 0.0485           | -0.012  | 4.85            | -1.20   | 13.660             | 0.455           |
| 16 min.       | -           | 3.00        | 30.0               | 350                                | -28.50                         | 0.0566           | -0.014  | 5.66            | -1.43   | 15.291             | 0.510           |
| 20 min. 1/4"  | -           | 3.30        | 32.1               | 400                                | -32.70                         | 0.0647           | -0.016  | 6.47            | -1.64   | 16.361             | 0.545           |
| 25 min.       | -           | 4.00        | 34.8               | 450                                | -36.50                         | 0.0728           | -0.018  | 7.28            | -1.83   | 17.737             | 0.591           |
| 36 min.       | -           | 4.30        | 37.0               | 500                                | -40.00                         | 0.0809           | -0.020  | 8.09            | -2.00   | 18.858             | 0.629           |
| 49 min.       | -           | 5.00        | 39.0               | 550                                | -43.10                         | 0.0890           | -0.022  | 8.90            | -2.16   | 19.878             | 0.663           |
| 60 min.       | -           | 5.30        | 40.9               | 600                                | -46.00                         | 0.0971           | -0.023  | 9.71            | -2.30   | 20.846             | 0.695           |
| 80 min.       | -           | 6.00        | 43.0               | 650                                | -49.00                         | 0.1052           | -0.025  | 10.52           | -2.45   | 21.916             | 0.731           |
| 100 min.      | -           | 6.30        | 44.8               | 700                                | -52.00                         | 0.1133           | -0.026  | 11.33           | -2.60   | 22.834             | 0.761           |
| 120 min.      | -           | 7.00        | 46.1               | 750                                | -54.00                         | 0.1214           | -0.027  | 12.14           | -2.70   | 23.496             | 0.783           |
| 180 min.      | -           | 7.30        | 47.5               | 800                                | -56.40                         | 0.1294           | -0.028  | 12.94           | -2.82   | 24.210             | 0.807           |
| 240 min.      | -           | 8.00        | 48.9               | 850                                | -58.60                         | 0.1375           | -0.029  | 13.75           | -2.93   | 24.924             | 0.831           |
| 300 min.      | -           | 8.30        | 50.0               | 900                                | -60.20                         | 0.1456           | -0.030  | 14.56           | -3.01   | 25.484             | 0.849           |
| 360 min.      | -           | 9.00        | 51.1               | 950                                | -61.80                         | 0.1537           | -0.031  | 15.37           | -3.09   | 26.045             | 0.868           |
| 420 min.      | -           | 9.30        | 52.1               | 1000                               | -63.70                         | 0.1618           | -0.032  | 16.18           | -3.19   | 26.555             | 0.885           |
| 480 min.      | -           | 10.00       | 53.1               | 1050                               | -64.20                         | 0.1699           | -0.032  | 16.99           | -3.21   | 27.064             | 0.902           |
| 540 min.      | -           | 10.30       | 53.9               | 1100                               | -65.10                         | 0.1780           | -0.033  | 17.80           | -3.26   | 27.472             | 0.916           |
| 600 min.      | -           | 11.00       | 54.2               | 1150                               | -66.00                         | 0.1861           | -0.033  | 18.61           | -3.30   | 27.625             | 0.921           |
| 660 min.      | -           | 11.30       | 55.2               | 1250                               | -66.80                         | 0.2023           | -0.033  | 20.23           | -3.34   | 28.135             | 0.938           |
| 720 min.      | -           | 12.00       | 55.5               | 1250                               | -67.50                         | 0.2023           | -0.034  | 20.23           | -3.38   | 28.287             | 0.943           |
|               |             | 12.30       | 55.9               | 1300                               | -68.00                         | 0.2104           | -0.034  | 21.04           | -3.40   | 28.491             | 0.950           |
|               |             | 13.00       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                 |



UNL

Universidad Nacional de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



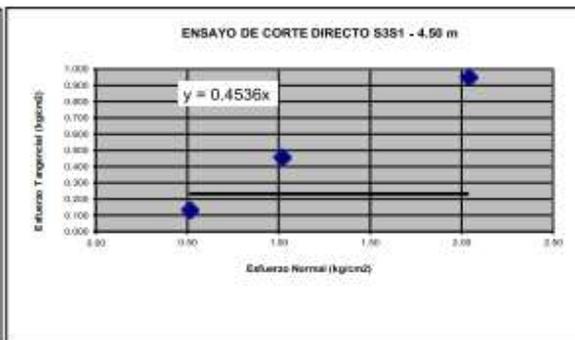
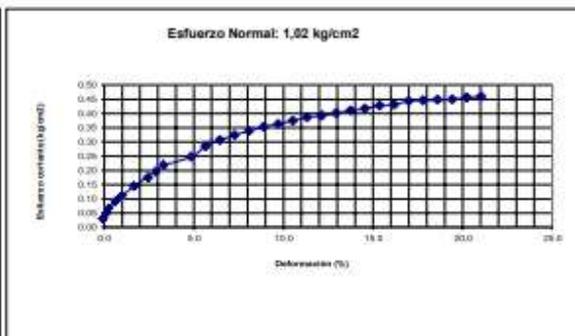
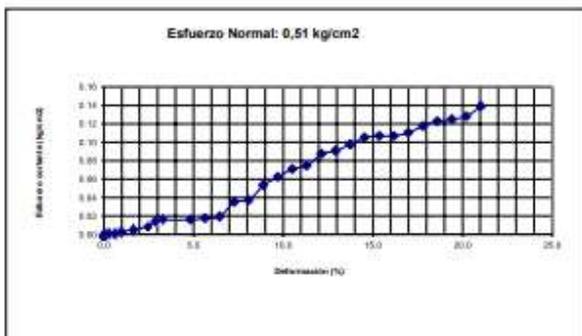
### ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

#### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

|               |  |          |         |
|---------------|--|----------|---------|
| Proyecto:     | "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |          |         |
| Localización: | TRAMO SAQUEA-CANTZAMA, ABSCISA 6+430   | Muestra: | CORTE 4 |

#### RESULTADOS



| RESULTADOS | Esfuerzos (kg/cm <sup>2</sup> ) |          |             |
|------------|---------------------------------|----------|-------------|
|            | X                               | Y        | Y calculado |
| Ensayo No  | Normal                          | Cortante | Tangencial* |
| 1          | 0.51                            | 0.139    | 0.3546      |
| 2          | 1.02                            | 0.460    | 0.5901      |
| 3          | 2.04                            | 0.950    | 1.0612      |

|                             |    |                                |        |
|-----------------------------|----|--------------------------------|--------|
| Angulo de Friccion (grados) | 26 | Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> ) | 0.0100 |
|-----------------------------|----|--------------------------------|--------|

\* Valores deducidos de ecuación de gráfico (regresión lineal)



VOLTAIRE OVIDIO CASTILLO JARAMILLO

Ing. Voltaire O. Castillo J. CONSULTOR



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

### Corte directo Nro. 3



**ESTSUELCON CIA. LTDA.**  
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

#### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

|  |                                |   |                    |
|--|--------------------------------|---|--------------------|
| Proyecto: "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |                                |   |                    |
| Localización TRAMO SAQUEA-CANTZAMA, ABSCISA 8+890  |                                | Muestra: CORTE 5                                  |                    |
| Descripción del suelo: Arena con limo  |                                |   |                    |
| Humedad: 12.24   | Carga: 15.3                    | Kg  | Profundidad: 1.0 m |
| Ensayo: 1  | Constante de anillo Kg: 1.9048 | Esfuerzo normal aplicado: 0.51 kg/cm <sup>2</sup> |                    |

#### Datos del Ensayo

|                                    |                                      |                  |                      |
|------------------------------------|--------------------------------------|------------------|----------------------|
| Peso anillo (gr): 42.92            | Altura muestra inicial (cm): 2       | Humedad          |                      |
| Peso anillo + muestra (gr): 160.39 | Altura muestra final (cm): 2.001     | W <sub>cap</sub> | W <sub>cap</sub> +SH |
| Peso muestra inicial (gr): 117.47  | Diámetro (cm): 6.18                  | 33.38            | 157.17               |
| Peso muestra final (gr): 96.40     | Densidad(g/cm <sup>3</sup> ): 1.9578 | W%               | 21.85                |
|                                    | Área (cm <sup>2</sup> ): 30          |                  |                      |

| Consolidación |             | Tiempo min. | Lect. Anillo Carga | Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm | Lect. Deform. Vertical 0,01 mm | Deform. Unitaria |         | Deformación (%) |         | Carga aplicada Kg. | Cortante Kg/cm <sup>2</sup> |
|---------------|-------------|-------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------|---------|-----------------|---------|--------------------|-----------------------------|
| Tiempo        | Deformación |             |                    |                                    |                                | Horiz.           | Vertic. | Horiz.          | Vertic. |                    |                             |
| 0.0"          | -           | 0.06        | 0.1                | 0                                  | -0.2                           | 0.0000           | 0.000   | 0.00            | -0.01   | 0.054              | 0.002                       |
| 4"            | -           | 0.12        | 0.2                | 10                                 | -0.2                           | 0.0016           | 0.000   | 0.16            | -0.01   | 0.107              | 0.004                       |
| 15"           | -           | 0.24        | 0.5                | 20                                 | -0.2                           | 0.0032           | 0.000   | 0.32            | -0.01   | 0.268              | 0.009                       |
| 34"           | -           | 0.36        | 1.0                | 40                                 | -0.8                           | 0.0065           | 0.000   | 0.65            | -0.04   | 0.535              | 0.018                       |
| 1 min.        | -           | 0.45        | 1.2                | 60                                 | -1.0                           | 0.0097           | -0.001  | 0.97            | -0.05   | 0.642              | 0.021                       |
| 2 min. 1/4"   | -           | 1.00        | 1.3                | 100                                | -1.2                           | 0.0162           | -0.001  | 1.62            | -0.06   | 0.696              | 0.023                       |
| 4 min.        | -           | 1.30        | 1.9                | 150                                | -1.5                           | 0.0243           | -0.001  | 2.43            | -0.08   | 1.017              | 0.034                       |
| 6 min. 1/4"   | -           | 1.45        | 3.1                | 175                                | -1.7                           | 0.0283           | -0.001  | 2.83            | -0.09   | 1.659              | 0.055                       |
| 9"            | -           | 2.00        | 4.2                | 200                                | -1.7                           | 0.0324           | -0.001  | 3.24            | -0.09   | 2.248              | 0.075                       |
| 12 min. 1/4"  | -           | 2.30        | 6.1                | 300                                | 0.8                            | 0.0485           | 0.000   | 4.85            | 0.04    | 3.264              | 0.109                       |
| 16 min.       | -           | 3.00        | 7.8                | 350                                | 2.8                            | 0.0566           | 0.001   | 5.66            | 0.14    | 4.174              | 0.139                       |
| 20 min. 1/4"  | -           | 3.30        | 9.4                | 400                                | 5.7                            | 0.0647           | 0.003   | 6.47            | 0.29    | 5.030              | 0.168                       |
| 25 min.       | -           | 4.00        | 10.9               | 450                                | 9.9                            | 0.0728           | 0.005   | 7.28            | 0.50    | 5.833              | 0.194                       |
| 36 min.       | -           | 4.30        | 11.8               | 500                                | 14.0                           | 0.0809           | 0.007   | 8.09            | 0.70    | 6.315              | 0.210                       |
| 49 min.       | -           | 5.00        | 13.0               | 550                                | 22.1                           | 0.0890           | 0.011   | 8.90            | 1.11    | 6.957              | 0.232                       |
| 60 min.       | -           | 5.30        | 13.5               | 600                                | 27.0                           | 0.0971           | 0.014   | 9.71            | 1.35    | 7.225              | 0.241                       |
| 80 min.       | -           | 6.00        | 14.7               | 650                                | 32.2                           | 0.1052           | 0.016   | 10.52           | 1.61    | 7.867              | 0.262                       |
| 100 min.      | -           | 6.30        | 15.0               | 700                                | 38.0                           | 0.1133           | 0.019   | 11.33           | 1.90    | 8.027              | 0.268                       |
| 120 min.      | -           | 7.00        | 15.1               | 750                                | 43.0                           | 0.1214           | 0.022   | 12.14           | 2.15    | 8.081              | 0.269                       |
| 180 min.      | -           | 7.30        | 15.6               | 800                                | 47.0                           | 0.1294           | 0.024   | 12.94           | 2.35    | 8.348              | 0.278                       |
| 240 min.      | -           | 8.00        | 15.9               | 850                                | 51.3                           | 0.1375           | 0.026   | 13.75           | 2.57    | 8.509              | 0.284                       |
| 300 min.      | -           | 8.30        | 15.9               | 900                                | 55.0                           | 0.1456           | 0.028   | 14.56           | 2.75    | 8.509              | 0.284                       |
| 360 min.      | -           | 9.00        | 15.6               | 950                                | 58.0                           | 0.1537           | 0.029   | 15.37           | 2.90    | 8.348              | 0.278                       |
| 420 min.      | -           | 9.30        | 15.5               | 1000                               | 62.0                           | 0.1618           | 0.031   | 16.18           | 3.10    | 8.295              | 0.276                       |
| 480 min.      | -           | 10.00       | 15.1               | 1050                               | 65.0                           | 0.1699           | 0.033   | 16.99           | 3.25    | 8.081              | 0.269                       |
| 540 min.      | -           | 10.30       | 15.0               | 1100                               | 70.0                           | 0.1780           | 0.035   | 17.80           | 3.50    | 8.027              | 0.268                       |
| 600 min.      | -           | 11.00       | 14.9               | 1150                               | 2.5                            | 0.1861           | 0.001   | 18.61           | 0.13    | 7.974              | 0.266                       |
| 660 min.      | -           | 11.30       | 14.7               | 1200                               | 74                             | 0.1942           | 0.037   | 19.42           | 3.70    | 7.867              | 0.262                       |
| 720 min.      | -           | 12.00       | 14.3               | 1250                               | 76                             | 0.2023           | 0.038   | 20.23           | 3.80    | 7.653              | 0.255                       |
|               |             | 12.30       | 13.9               | 1300                               | 78                             | 0.2104           | 0.039   | 21.04           | 3.90    | 7.439              | 0.248                       |



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



ESTSUELCON

## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

|  |                                |                  |   |
|--|--------------------------------|------------------|---|
| Proyecto: "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |                                |                  |   |
| Localización TRAMO SAQUEA-CANTZAMA, ABSCISA 8+890  |                                | Muestra: CORTE 5 |   |
| Descripción del suelo: Arena con limo  |                                |                  |   |
| Humedad: 12.24   | Carga: 30.06                   | Kg               | Profundidad: 0.5 m                                |
| Ensayo: 2  | Constante de anillo Kg: 1.9048 |                  | Esfuerzo normal aplicado: 1.02 kg/cm <sup>2</sup> |

#### Datos del Ensayo

|                                    |                                    |                             |         |         |
|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------|---------|
| Peso anillo (gr): 42.94            | Altura muestra inicial (cm): 2     | Humedad                     |         |         |
| Peso anillo + muestra (gr): 159.78 | Altura muestra final (cm): 1.994   | Wcap                        | Wcap+SH | Wcap+SS |
| Peso muestra inicial (gr): 116.84  | Diámetro (cm): 6.18                | Área (cm <sup>2</sup> ): 30 | 33.73   | 157.02  |
| Peso muestra final (gr): 96.95     | Densidad(g/cm <sup>3</sup> ): 1.95 |                             | W%      | 20.52   |

| Consolidación |             | Tiempo min. | Lect. Anillo Carga | Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm | Lect. Deform. Vertical 0,01 mm | Deform. Unitaria |         | Deformación (%) |         | Carga aplicada Kg. | Cortante Kg/cm <sup>2</sup> |
|---------------|-------------|-------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------|---------|-----------------|---------|--------------------|-----------------------------|
| Tiempo        | Deformación |             |                    |                                    |                                | Horiz.           | Vertic. | Horiz.          | Vertic. |                    |                             |
| 0.0"          | -           | 0.06        | 1.60               | 0                                  | -0.50                          | 0.0000           | 0.000   | 0.00            | -0.03   | 0.856              | 0.029                       |
| 4"            | -           | 0.12        | 3.10               | 10                                 | -1.40                          | 0.0016           | -0.001  | 0.16            | -0.07   | 1.659              | 0.055                       |
| 15"           | -           | 0.24        | 4.20               | 20                                 | -2.10                          | 0.0032           | -0.001  | 0.32            | -0.11   | 2.248              | 0.075                       |
| 34"           | -           | 0.36        | 5.90               | 40                                 | -3.80                          | 0.0065           | -0.002  | 0.65            | -0.19   | 3.157              | 0.105                       |
| 1 min.        | -           | 0.45        | 7.50               | 60                                 | -4.50                          | 0.0097           | -0.002  | 0.97            | -0.23   | 4.014              | 0.134                       |
| 2 min. 1/4"   | -           | 1.00        | 8.90               | 100                                | -5.20                          | 0.0162           | -0.003  | 1.62            | -0.26   | 4.763              | 0.159                       |
| 4 min.        | -           | 1.30        | 12.40              | 150                                | -8.50                          | 0.0243           | -0.004  | 2.43            | -0.43   | 6.636              | 0.221                       |
| 6 min. 1/4"   | -           | 1.45        | 14.00              | 175                                | -9.70                          | 0.0283           | -0.005  | 2.83            | -0.49   | 7.492              | 0.250                       |
| 9"            | -           | 2.00        | 15.30              | 200                                | -10.50                         | 0.0324           | -0.005  | 3.24            | -0.53   | 8.188              | 0.273                       |
| 12 min. 1/4"  | -           | 2.30        | 18.00              | 300                                | -11.90                         | 0.0485           | -0.006  | 4.85            | -0.60   | 9.633              | 0.321                       |
| 16 min.       | -           | 3.00        | 20.80              | 350                                | -12.80                         | 0.0566           | -0.006  | 5.66            | -0.64   | 11.131             | 0.371                       |
| 20 min. 1/4"  | -           | 3.30        | 23.10              | 400                                | -13.00                         | 0.0647           | -0.007  | 6.47            | -0.65   | 12.362             | 0.412                       |
| 25 min.       | -           | 4.00        | 25.10              | 450                                | -13.00                         | 0.0728           | -0.007  | 7.28            | -0.65   | 13.432             | 0.448                       |
| 36 min.       | -           | 4.30        | 27.20              | 500                                | -13.00                         | 0.0809           | -0.007  | 8.09            | -0.65   | 14.556             | 0.485                       |
| 49 min.       | -           | 5.00        | 29.00              | 550                                | -13.00                         | 0.0890           | -0.007  | 8.90            | -0.65   | 15.520             | 0.517                       |
| 60 min.       | -           | 5.30        | 31.00              | 600                                | -12.20                         | 0.0971           | -0.006  | 9.71            | -0.61   | 16.590             | 0.553                       |
| 80 min.       | -           | 6.00        | 32.60              | 650                                | -11.00                         | 0.1052           | -0.006  | 10.52           | -0.55   | 17.446             | 0.582                       |
| 100 min.      | -           | 6.30        | 34.00              | 700                                | -9.80                          | 0.1133           | -0.005  | 11.33           | -0.49   | 18.195             | 0.607                       |
| 120 min.      | -           | 7.00        | 35.20              | 750                                | -8.00                          | 0.1214           | -0.004  | 12.14           | -0.40   | 18.838             | 0.628                       |
| 180 min.      | -           | 7.30        | 36.20              | 800                                | -6.00                          | 0.1294           | -0.003  | 12.94           | -0.30   | 19.373             | 0.646                       |
| 240 min.      | -           | 8.00        | 36.80              | 850                                | -4.70                          | 0.1375           | -0.002  | 13.75           | -0.24   | 19.694             | 0.656                       |
| 300 min.      | -           | 8.30        | 37.50              | 900                                | -1.80                          | 0.1456           | -0.001  | 14.56           | -0.09   | 20.068             | 0.669                       |
| 360 min.      | -           | 9.00        | 38.40              | 950                                | 0.50                           | 0.1537           | 0.000   | 15.37           | 0.03    | 20.550             | 0.685                       |
| 420 min.      | -           | 9.30        | 39.10              | 1000                               | 2.60                           | 0.1618           | 0.001   | 16.18           | 0.13    | 20.925             | 0.697                       |
| 480 min.      | -           | 10.00       | 39.40              | 1050                               | 5.00                           | 0.1699           | 0.003   | 16.99           | 0.25    | 21.085             | 0.703                       |
| 540 min.      | -           | 10.30       | 40.00              | 1100                               | 7.50                           | 0.1780           | 0.004   | 17.80           | 0.38    | 21.406             | 0.714                       |
| 600 min.      | -           | 11.00       | 41.00              | 1150                               | 9.20                           | 0.1861           | 0.005   | 18.61           | 0.46    | 21.941             | 0.731                       |
| 660 min.      | -           | 11.30       | 41.30              | 1200                               | 11.70                          | 0.1942           | 0.006   | 19.42           | 0.59    | 22.102             | 0.737                       |
| 720 min.      | -           | 12.00       | 42.00              | 1250                               | 139.00                         | 0.2023           | 0.070   | 20.23           | 6.95    | 22.477             | 0.749                       |
|               |             | 12.30       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |
|               |             | 13.00       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



ESTSUELCON

## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

|  |                                |                  |   |
|--|--------------------------------|------------------|---|
| Proyecto: "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |                                |                  |   |
| Localización TRAMO SAQUEA-CANTZAMA, ABSCISA 8+890  |                                | Muestra: CORTE 5 |   |
| Descripción del suelo: Arena con limo  |                                |                  |   |
| Humedad: 12.24   | Carga: 61.2                    | Kg               | Profundidad: 0.5 m                                |
| Ensayo: 3  | Constante de anillo Kg: 1.9048 |                  | Esfuerzo normal aplicado: 2.04 kg/cm <sup>2</sup> |

#### Datos del Ensayo

|                                    |                                    |         |         |         |
|------------------------------------|------------------------------------|---------|---------|---------|
| Peso anillo (gr): 42.47            | Altura muestra inicial (cm): 2     | Humedad |         |         |
| Peso anillo + muestra (gr): 154.54 | Altura muestra final (cm): 1.995   | Wcap    | Wcap+SH | Wcap+SS |
| Peso muestra inicial (gr): 112.07  | Diámetro (cm): 6.18                | 33.7    | 150.92  | 130.58  |
| Peso muestra final (gr): 92.62     | Densidad(g/cm <sup>3</sup> ): 1.87 | W%      |         | 21.00   |

| Consolidación |             | Tiempo min. | Lect. Anillo Carga | Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm | Lect. Deform. Vertical 0,01 mm | Deform. Unitaria |         | Deformación (%) |         | Carga aplicada Kg. | Cortante Kg/cm <sup>2</sup> |
|---------------|-------------|-------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------|---------|-----------------|---------|--------------------|-----------------------------|
| Tiempo        | Deformación |             |                    |                                    |                                | Horiz.           | Vertic. | Horiz.          | Vertic. |                    |                             |
| 0,0"          | -           | 0.06        | 2.0                | 0                                  | 0.00                           | 0.0000           | 0.000   | 0.00            | 0.00    | 1.019              | 0.034                       |
| 4"            | -           | 0.12        | 3.5                | 10                                 | -0.20                          | 0.0016           | 0.000   | 0.16            | -0.01   | 1.784              | 0.059                       |
| 15"           | -           | 0.24        | 6.2                | 20                                 | -2.20                          | 0.0032           | -0.001  | 0.32            | -0.11   | 3.160              | 0.105                       |
| 34"           | -           | 0.36        | 8.9                | 40                                 | -3.50                          | 0.0065           | -0.002  | 0.65            | -0.18   | 4.536              | 0.151                       |
| 1 min.        | -           | 0.45        | 11.2               | 60                                 | -4.50                          | 0.0097           | -0.002  | 0.97            | -0.23   | 5.708              | 0.190                       |
| 2 min. 1/4"   | -           | 1.00        | 13.7               | 100                                | -6.50                          | 0.0162           | -0.003  | 1.62            | -0.33   | 6.983              | 0.233                       |
| 4 min.        | -           | 1.30        | 19.2               | 150                                | -10.00                         | 0.0243           | -0.005  | 2.43            | -0.50   | 9.786              | 0.326                       |
| 6 min. 1/4"   | -           | 1.45        | 22.5               | 175                                | -12.00                         | 0.0283           | -0.006  | 2.83            | -0.60   | 11.468             | 0.382                       |
| 9"            | -           | 2.00        | 25.0               | 200                                | -13.50                         | 0.0324           | -0.007  | 3.24            | -0.68   | 12.742             | 0.425                       |
| 12 min. 1/4"  | -           | 2.30        | 30.0               | 300                                | -16.80                         | 0.0485           | -0.008  | 4.85            | -0.84   | 15.291             | 0.510                       |
| 16 min.       | -           | 3.00        | 36.1               | 350                                | -19.50                         | 0.0566           | -0.010  | 5.66            | -0.98   | 18.400             | 0.613                       |
| 20 min. 1/4"  | -           | 3.30        | 40.2               | 400                                | -20.80                         | 0.0647           | -0.010  | 6.47            | -1.04   | 20.489             | 0.683                       |
| 25 min.       | -           | 4.00        | 44.8               | 450                                | -21.70                         | 0.0728           | -0.011  | 7.28            | -1.09   | 22.834             | 0.761                       |
| 36 min.       | -           | 4.30        | 49.1               | 500                                | -22.10                         | 0.0809           | -0.011  | 8.09            | -1.11   | 25.025             | 0.834                       |
| 49 min.       | -           | 5.00        | 53.6               | 550                                | -22.10                         | 0.0890           | -0.011  | 8.90            | -1.11   | 27.319             | 0.911                       |
| 60 min.       | -           | 5.30        | 57.1               | 600                                | -22.10                         | 0.0971           | -0.011  | 9.71            | -1.11   | 29.103             | 0.970                       |
| 80 min.       | -           | 6.00        | 61.2               | 650                                | -22.20                         | 0.1052           | -0.011  | 10.52           | -1.11   | 31.193             | 1.040                       |
| 100 min.      | -           | 6.30        | 64.8               | 700                                | -22.20                         | 0.1133           | -0.011  | 11.33           | -1.11   | 33.028             | 1.101                       |
| 120 min.      | -           | 7.00        | 68.6               | 750                                | -21.20                         | 0.1214           | -0.011  | 12.14           | -1.06   | 34.964             | 1.165                       |
| 180 min.      | -           | 7.30        | 72.2               | 800                                | -19.50                         | 0.1294           | -0.010  | 12.94           | -0.98   | 36.799             | 1.227                       |
| 240 min.      | -           | 8.00        | 76.1               | 850                                | -17.80                         | 0.1375           | -0.009  | 13.75           | -0.89   | 38.787             | 1.293                       |
| 300 min.      | -           | 8.30        | 79.2               | 900                                | -15.40                         | 0.1456           | -0.008  | 14.56           | -0.77   | 40.367             | 1.346                       |
| 360 min.      | -           | 9.00        | 82.3               | 950                                | -13.20                         | 0.1537           | -0.007  | 15.37           | -0.66   | 41.947             | 1.398                       |
| 420 min.      | -           | 9.30        | 85.3               | 1000                               | -10.80                         | 0.1618           | -0.005  | 16.18           | -0.54   | 43.476             | 1.449                       |
| 480 min.      | -           | 10.00       | 88.0               | 1050                               | -8.20                          | 0.1699           | -0.004  | 16.99           | -0.41   | 44.852             | 1.495                       |
| 540 min.      | -           | 10.30       | 90.9               | 1100                               | -5.50                          | 0.1780           | -0.003  | 17.80           | -0.28   | 46.330             | 1.544                       |
| 600 min.      | -           | 11.00       | 93.1               | 1150                               | -2.00                          | 0.1861           | -0.001  | 18.61           | -0.10   | 47.452             | 1.582                       |
| 660 min.      | -           | 11.30       | 95.1               | 1250                               | 1.20                           | 0.2023           | 0.001   | 20.23           | 0.06    | 48.471             | 1.616                       |
| 720 min.      | -           | 12.00       | 96.9               | 1250                               | 4.50                           | 0.2023           | 0.002   | 20.23           | 0.23    | 49.388             | 1.646                       |
|               |             | 12.30       | 98.1               | 1300                               | 8.80                           | 0.2104           | 0.004   | 21.04           | 0.44    | 50.000             | 1.667                       |
|               |             | 13.00       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |



UNL

Universidad Nacional de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



ESTSUELCON

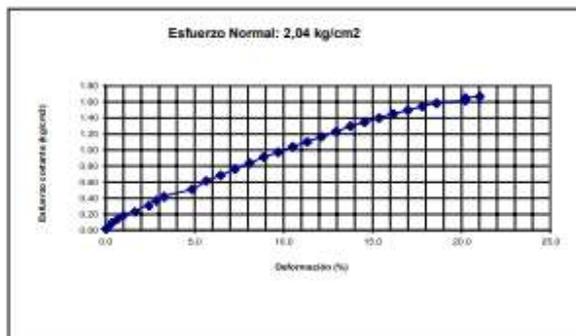
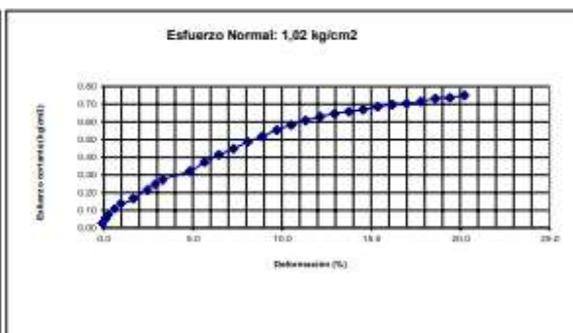
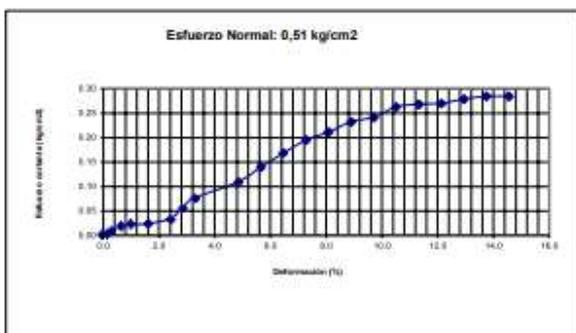
### ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

#### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

|               |  |          |         |
|---------------|--|----------|---------|
| Proyecto:     | "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |          |         |
| Localización: | TRAMO SAQUEA-CANTZAMA, ABSCISA 8+890   | Muestra: | CORTE 5 |

#### RESULTADOS



| RESULTADOS | Esfuerzos (kg/cm <sup>2</sup> ) |          |             |
|------------|---------------------------------|----------|-------------|
|            | X                               | Y        | Y calculado |
| Ensayo No  | Normal                          | Cortante | Tangencial* |
| 1          | 0.51                            | 0.284    | 0.3546      |
| 2          | 1.02                            | 0.749    | 0.5901      |
| 3          | 2.04                            | 1.667    | 1.0612      |

|                             |    |                                |        |
|-----------------------------|----|--------------------------------|--------|
| Angulo de Friccion (grados) | 45 | Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> ) | 0.0010 |
|-----------------------------|----|--------------------------------|--------|

\* Valores deducidos de ecuación de gráfico (regresión lineal)



VOLTAIRE OVIDIO CASTILLO JARAMILLO

Ing. Voltaire O. Castillo J. CONSULTOR



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

## Corte directo Nro. 4



**ESTSUELCON CIA. LTDA.**  
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

|  |                                |                  |   |
|--|--------------------------------|------------------|---|
| Proyecto: "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |                                |                  |   |
| Localización TRAMO SAQUEA-CANTZAMA, ABSCISA 9+350  |                                | Muestra: CORTE 6 |   |
| Descripción del suelo: Arena limosa con grava  |                                |                  |   |
| Humedad: 13.88   | Carga: 15.3                    | Kg               | Profundidad: 1.0 m                                |
| Ensayo: 1  | Constante de anillo Kg: 1.9048 |                  | Esfuerzo normal aplicado: 0.51 kg/cm <sup>2</sup> |

#### Datos del Ensayo

|                                    |                                      |         |         |         |
|------------------------------------|--------------------------------------|---------|---------|---------|
| Peso anillo (gr): 42.92            | Altura muestra inicial (cm): 2       | Humedad |         |         |
| Peso anillo + muestra (gr): 145.58 | Altura muestra final (cm): 1.991     | Wcap    | Wcap+SH | Wcap+SS |
| Peso muestra inicial (gr): 102.66  | Diámetro (cm): 6.18                  | 20.16   | 88.87   | 74.44   |
| Peso muestra final (gr): 81.10     | Densidad(g/cm <sup>3</sup> ): 1.7110 | W%      |         |         |
|                                    |                                      | 26.58   |         |         |

| Consolidación |             | Tiempo min. | Lect. Anillo Carga | Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm | Lect. Deform. Vertical 0,01 mm | Deform. Unitaria |         | Deformación (%) |         | Carga aplicada Kg. | Cortante Kg/cm <sup>2</sup> |
|---------------|-------------|-------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------|---------|-----------------|---------|--------------------|-----------------------------|
| Tiempo        | Deformación |             |                    |                                    |                                | Horiz.           | Vertic. | Horiz.          | Vertic. |                    |                             |
| 0.0"          | -           | 0.06        | 1.0                | 0                                  | -0.2                           | 0.0000           | 0.000   | 0.00            | -0.01   | 0.535              | 0.018                       |
| 4"            | -           | 0.12        | 2.0                | 10                                 | -1.3                           | 0.0016           | -0.001  | 0.16            | -0.07   | 1.070              | 0.036                       |
| 15"           | -           | 0.24        | 3.0                | 20                                 | -3.0                           | 0.0032           | -0.002  | 0.32            | -0.15   | 1.605              | 0.054                       |
| 34"           | -           | 0.36        | 4.0                | 40                                 | -5.0                           | 0.0065           | -0.003  | 0.65            | -0.25   | 2.141              | 0.071                       |
| 1 min.        | -           | 0.45        | 4.7                | 60                                 | -6.7                           | 0.0097           | -0.003  | 0.97            | -0.34   | 2.515              | 0.084                       |
| 2 min. 1/4"   | -           | 1.00        | 5.5                | 100                                | -9.8                           | 0.0162           | -0.005  | 1.62            | -0.49   | 2.943              | 0.098                       |
| 4 min.        | -           | 1.30        | 7.5                | 150                                | -12.8                          | 0.0243           | -0.006  | 2.43            | -0.64   | 4.014              | 0.134                       |
| 6 min. 1/4"   | -           | 1.45        | 8.8                | 175                                | -14.8                          | 0.0283           | -0.007  | 2.83            | -0.74   | 4.709              | 0.157                       |
| 9"            | -           | 2.00        | 10.0               | 200                                | -16.2                          | 0.0324           | -0.008  | 3.24            | -0.81   | 5.352              | 0.178                       |
| 12 min. 1/4"  | -           | 2.30        | 10.8               | 300                                | -17.5                          | 0.0485           | -0.009  | 4.85            | -0.88   | 5.780              | 0.193                       |
| 16 min.       | -           | 3.00        | 12.0               | 350                                | -18.2                          | 0.0566           | -0.009  | 5.66            | -0.91   | 6.422              | 0.214                       |
| 20 min. 1/4"  | -           | 3.30        | 13.0               | 400                                | -18.9                          | 0.0647           | -0.009  | 6.47            | -0.95   | 6.957              | 0.232                       |
| 25 min.       | -           | 4.00        | 14.0               | 450                                | -19.0                          | 0.0728           | -0.010  | 7.28            | -0.95   | 7.492              | 0.250                       |
| 36 min.       | -           | 4.30        | 15.0               | 500                                | -19.0                          | 0.0809           | -0.010  | 8.09            | -0.95   | 8.027              | 0.268                       |
| 49 min.       | -           | 5.00        | 15.5               | 550                                | -19.1                          | 0.0890           | -0.010  | 8.90            | -0.96   | 8.295              | 0.276                       |
| 60 min.       | -           | 5.30        | 16.7               | 600                                | -19.1                          | 0.0971           | -0.010  | 9.71            | -0.96   | 8.937              | 0.298                       |
| 80 min.       | -           | 6.00        | 17.5               | 650                                | -19.1                          | 0.1052           | -0.010  | 10.52           | -0.96   | 9.365              | 0.312                       |
| 100 min.      | -           | 6.30        | 18.5               | 700                                | -19.1                          | 0.1133           | -0.010  | 11.33           | -0.96   | 9.900              | 0.330                       |
| 120 min.      | -           | 7.00        | 19.2               | 750                                | -18.8                          | 0.1214           | -0.009  | 12.14           | -0.94   | 10.275             | 0.343                       |
| 180 min.      | -           | 7.30        | 20.0               | 800                                | -17.5                          | 0.1294           | -0.009  | 12.94           | -0.88   | 10.703             | 0.357                       |
| 240 min.      | -           | 8.00        | 20.2               | 850                                | -16.0                          | 0.1375           | -0.008  | 13.75           | -0.80   | 10.810             | 0.360                       |
| 300 min.      | -           | 8.30        | 20.7               | 900                                | -13.5                          | 0.1456           | -0.007  | 14.56           | -0.68   | 11.078             | 0.369                       |
| 360 min.      | -           | 9.00        | 21.0               | 950                                | -12.0                          | 0.1537           | -0.006  | 15.37           | -0.60   | 11.238             | 0.375                       |
| 420 min.      | -           | 9.30        | 21.0               | 1000                               | -10.0                          | 0.1618           | -0.005  | 16.18           | -0.50   | 11.238             | 0.375                       |
| 480 min.      | -           | 10.00       | 21.0               | 1050                               | -8.5                           | 0.1699           | -0.004  | 16.99           | -0.43   | 11.238             | 0.375                       |
| 540 min.      | -           | 10.30       | 21.0               | 1100                               | -6.0                           | 0.1780           | -0.003  | 17.80           | -0.30   | 11.238             | 0.375                       |
| 600 min.      | -           | 11.00       | 20.8               | 1150                               | -4.2                           | 0.1861           | -0.002  | 18.61           | -0.21   | 11.131             | 0.371                       |
| 660 min.      | -           | 11.30       | 20.8               | 1200                               | -3                             | 0.1942           | -0.002  | 19.42           | -0.15   | 11.131             | 0.371                       |
| 720 min.      | -           | 12.00       | 20.5               | 1250                               | -0.8                           | 0.2023           | 0.000   | 20.23           | -0.04   | 10.971             | 0.366                       |
|               |             | 12.30       |                    | 1300                               |                                | 0.2104           | 0.000   | 21.04           | 0.00    | 0.000              | 0.000                       |



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



ESTSUELCON

## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

|                        |  |                           |             |
|------------------------|--|---------------------------|-------------|
| Proyecto:              | "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |                           |             |
| Localización           | TRAMO SAQUEA-CANTZAMA, ABSCISA 9+350   | Muestra:                  | CORTE 6     |
| Descripción del suelo: | Arena limosa con grava   |                           |             |
| Humedad:               | 13.88  | Carga:                    | 30.06 Kg    |
| Ensayo:                | 2  | Constante de anillo Kg:   | 1.9048      |
|                        |  | Esfuerzo normal aplicado: | 1.02 kg/cm2 |

### Datos del Ensayo

|                             |        |                              |       |         |         |         |
|-----------------------------|--------|------------------------------|-------|---------|---------|---------|
| Peso anillo (gr):           | 42.94  | Altura muestra inicial (cm): | 2     | Humedad |         |         |
| Peso anillo + muestra (gr): | 150.15 | Altura muestra final (cm):   | 1.990 | Wcap    | Wcap+SH | Wcap+SS |
| Peso muestra inicial (gr):  | 107.21 | Diámetro (cm):               | 6.18  | 19.06   | 105.94  | 90.06   |
| Peso muestra final (gr):    | 87.61  | Densidad(g/cm3):             | 1.79  | W%      |         | 22.37   |
|                             |        | Área (cm2):                  | 30    |         |         |         |

| Consolidación |             | Tiempo min. | Lect. Anillo Carga | Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm | Lect. Deform. Vertical 0,01 mm | Deform. Unitaria |         | Deformación (%) |         | Carga aplicada Kg | Cortante Kg/cm2 |
|---------------|-------------|-------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------|---------|-----------------|---------|-------------------|-----------------|
| Tiempo        | Deformación |             |                    |                                    |                                | Horiz.           | Vertic. | Horiz.          | Vertic. |                   |                 |
| 0.0"          | -           | 0.06        | 0.20               | 0                                  | 0.50                           | 0.0000           | 0.000   | 0.00            | 0.03    | 0.107             | 0.004           |
| 4"            | -           | 0.12        | 0.50               | 10                                 | 0.00                           | 0.0016           | 0.000   | 0.16            | 0.00    | 0.268             | 0.009           |
| 15"           | -           | 0.24        | 0.70               | 20                                 | -1.50                          | 0.0032           | -0.001  | 0.32            | -0.08   | 0.375             | 0.012           |
| 34"           | -           | 0.36        | 1.00               | 40                                 | -4.00                          | 0.0065           | -0.002  | 0.65            | -0.20   | 0.535             | 0.018           |
| 1 min.        | -           | 0.45        | 1.20               | 60                                 | -6.50                          | 0.0097           | -0.003  | 0.97            | -0.33   | 0.642             | 0.021           |
| 2 min. 1/4"   | -           | 1.00        | 1.30               | 100                                | -7.00                          | 0.0162           | -0.004  | 1.62            | -0.35   | 0.696             | 0.023           |
| 4 min.        | -           | 1.30        | 2.00               | 150                                | -12.30                         | 0.0243           | -0.006  | 2.43            | -0.62   | 1.070             | 0.036           |
| 6 min. 1/4"   | -           | 1.45        | 4.50               | 175                                | -14.30                         | 0.0283           | -0.007  | 2.83            | -0.72   | 2.408             | 0.080           |
| 9"            | -           | 2.00        | 6.00               | 200                                | -16.00                         | 0.0324           | -0.008  | 3.24            | -0.80   | 3.211             | 0.107           |
| 12 min. 1/4"  | -           | 2.30        | 9.50               | 300                                | -18.50                         | 0.0485           | -0.009  | 4.85            | -0.93   | 5.084             | 0.169           |
| 16 min.       | -           | 3.00        | 11.50              | 350                                | -20.90                         | 0.0566           | -0.010  | 5.66            | -1.05   | 6.154             | 0.205           |
| 20 min. 1/4"  | -           | 3.30        | 14.00              | 400                                | -23.60                         | 0.0647           | -0.012  | 6.47            | -1.18   | 7.492             | 0.250           |
| 25 min.       | -           | 4.00        | 16.00              | 450                                | -25.80                         | 0.0728           | -0.013  | 7.28            | -1.29   | 8.563             | 0.285           |
| 36 min.       | -           | 4.30        | 17.70              | 500                                | -27.50                         | 0.0809           | -0.014  | 8.09            | -1.38   | 9.472             | 0.316           |
| 49 min.       | -           | 5.00        | 19.00              | 550                                | -28.90                         | 0.0890           | -0.014  | 8.90            | -1.45   | 10.168            | 0.339           |
| 60 min.       | -           | 5.30        | 20.50              | 600                                | -30.00                         | 0.0971           | -0.015  | 9.71            | -1.50   | 10.971            | 0.366           |
| 80 min.       | -           | 6.00        | 22.50              | 650                                | -31.50                         | 0.1052           | -0.016  | 10.52           | -1.58   | 12.041            | 0.401           |
| 100 min.      | -           | 6.30        | 23.50              | 700                                | -32.30                         | 0.1133           | -0.016  | 11.33           | -1.62   | 12.576            | 0.419           |
| 120 min.      | -           | 7.00        | 24.50              | 750                                | -33.30                         | 0.1214           | -0.017  | 12.14           | -1.67   | 13.111            | 0.437           |
| 180 min.      | -           | 7.30        | 25.00              | 800                                | -34.80                         | 0.1294           | -0.017  | 12.94           | -1.74   | 13.379            | 0.446           |
| 240 min.      | -           | 8.00        | 26.20              | 850                                | -35.90                         | 0.1375           | -0.018  | 13.75           | -1.80   | 14.021            | 0.467           |
| 300 min.      | -           | 8.30        | 27.00              | 900                                | -37.50                         | 0.1456           | -0.019  | 14.56           | -1.88   | 14.449            | 0.482           |
| 360 min.      | -           | 9.00        | 27.50              | 950                                | -39.00                         | 0.1537           | -0.020  | 15.37           | -1.95   | 14.717            | 0.491           |
| 420 min.      | -           | 9.30        | 28.00              | 1000                               | -40.20                         | 0.1618           | -0.020  | 16.18           | -2.01   | 14.984            | 0.499           |
| 480 min.      | -           | 10.00       | 28.50              | 1050                               | -41.50                         | 0.1699           | -0.021  | 16.99           | -2.08   | 15.252            | 0.508           |
| 540 min.      | -           | 10.30       | 29.00              | 1100                               | -42.20                         | 0.1780           | -0.021  | 17.80           | -2.11   | 15.520            | 0.517           |
| 600 min.      | -           | 11.00       | 29.30              | 1150                               | -43.00                         | 0.1861           | -0.022  | 18.61           | -2.15   | 15.680            | 0.523           |
| 660 min.      | -           | 11.30       | 30.00              | 1200                               | -43.50                         | 0.1942           | -0.022  | 19.42           | -2.18   | 16.055            | 0.535           |
| 720 min.      | -           | 12.00       | 30.00              | 1250                               | -44.60                         | 0.2023           | -0.022  | 20.23           | -2.23   | 16.055            | 0.535           |
|               |             | 12.30       | 30.30              | 1300                               | -45.10                         | 0.2104           | -0.023  | 21.04           | -2.26   | 16.215            | 0.541           |
|               |             | 13.00       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                   |                 |



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



ESTSUELCON

## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

|  |                                |                  |   |
|--|--------------------------------|------------------|---|
| Proyecto: "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |                                |                  |   |
| Localización TRAMO SAQUEA-CANTZAMA, ABSCISA 9+350  |                                | Muestra: CORTE 6 |   |
| Descripción del suelo: Arena limosa con grava  |                                |                  |   |
| Humedad: 13.88   | Carga: 61.2                    | Kg               | Profundidad: 0.5 m                                |
| Ensayo: 3  | Constante de anillo Kg: 1.9048 |                  | Esfuerzo normal aplicado: 2.04 kg/cm <sup>2</sup> |

| Datos del Ensayo            |        |                               |       |                          |         |         |
|-----------------------------|--------|-------------------------------|-------|--------------------------|---------|---------|
| Peso anillo (gr):           | 42.47  | Altura muestra inicial (cm):  | 2     | Humedad                  |         |         |
| Peso anillo + muestra (gr): | 145.03 | Altura muestra final (cm):    | 1.995 | Wcap                     | Wcap+SH | Wcap+SS |
| Peso muestra inicial (gr):  | 102.56 | Diámetro (cm):                | 6.18  | Área (cm <sup>2</sup> ): | 30      | 19.22   |
| Peso muestra final (gr):    | 80.68  | Densidad(g/cm <sup>3</sup> ): | 1.71  |                          |         | 126.98  |
|                             |        |                               |       |                          |         | 103.99  |
|                             |        |                               |       |                          |         | 27.12   |

| Consolidación |             | Tiempo min. | Lect. Anillo Carga | Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm | Lect. Deform. Vertical 0,01 mm | Deform. Unitaria |         | Deformación (%) |         | Carga aplicada Kg. | Cortante Kg/cm <sup>2</sup> |
|---------------|-------------|-------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------|---------|-----------------|---------|--------------------|-----------------------------|
| Tiempo        | Deformación |             |                    |                                    |                                | Horiz.           | Vertic. | Horiz.          | Vertic. |                    |                             |
| 0.0"          | -           | 0.06        | 2.0                | 0                                  | -0.20                          | 0.0000           | 0.000   | 0.00            | -0.01   | 1.019              | 0.034                       |
| 4"            | -           | 0.12        | 6.0                | 10                                 | -0.20                          | 0.0016           | 0.000   | 0.16            | -0.01   | 3.058              | 0.102                       |
| 15"           | -           | 0.24        | 7.0                | 20                                 | -0.20                          | 0.0032           | 0.000   | 0.32            | -0.01   | 3.568              | 0.119                       |
| 34"           | -           | 0.36        | 9.0                | 40                                 | -5.00                          | 0.0065           | -0.003  | 0.65            | -0.25   | 4.587              | 0.153                       |
| 1 min.        | -           | 0.45        | 15.0               | 60                                 | -5.00                          | 0.0097           | -0.003  | 0.97            | -0.25   | 7.645              | 0.255                       |
| 2 min. 1/4"   | -           | 1.00        | 22.3               | 100                                | -6.80                          | 0.0162           | -0.003  | 1.62            | -0.34   | 11.366             | 0.379                       |
| 4 min.        | -           | 1.30        | 27.0               | 150                                | -9.20                          | 0.0243           | -0.005  | 2.43            | -0.46   | 13.761             | 0.459                       |
| 8 min. 1/4"   | -           | 1.45        | 32.5               | 175                                | -11.00                         | 0.0283           | -0.006  | 2.83            | -0.55   | 16.565             | 0.552                       |
| 9"            | -           | 2.00        | 37.2               | 200                                | -12.80                         | 0.0324           | -0.006  | 3.24            | -0.64   | 18.960             | 0.632                       |
| 12 min. 1/4"  | -           | 2.30        | 41.0               | 300                                | -13.00                         | 0.0485           | -0.007  | 4.85            | -0.65   | 20.897             | 0.697                       |
| 16 min.       | -           | 3.00        | 43.2               | 350                                | -13.00                         | 0.0566           | -0.007  | 5.66            | -0.65   | 22.018             | 0.734                       |
| 20 min. 1/4"  | -           | 3.30        | 46.3               | 400                                | -13.00                         | 0.0647           | -0.007  | 6.47            | -0.65   | 23.598             | 0.787                       |
| 25 min.       | -           | 4.00        | 49.3               | 450                                | -13.00                         | 0.0728           | -0.007  | 7.28            | -0.65   | 25.127             | 0.838                       |
| 36 min.       | -           | 4.30        | 51.5               | 500                                | -13.00                         | 0.0809           | -0.007  | 8.09            | -0.65   | 26.249             | 0.875                       |
| 49 min.       | -           | 5.00        | 53.5               | 550                                | -13.10                         | 0.0890           | -0.007  | 8.90            | -0.66   | 27.268             | 0.909                       |
| 60 min.       | -           | 5.30        | 55.5               | 600                                | -13.10                         | 0.0971           | -0.007  | 9.71            | -0.66   | 28.287             | 0.943                       |
| 80 min.       | -           | 6.00        | 57.0               | 650                                | -13.10                         | 0.1052           | -0.007  | 10.52           | -0.66   | 29.052             | 0.968                       |
| 100 min.      | -           | 6.30        | 58.5               | 700                                | -12.90                         | 0.1133           | -0.006  | 11.33           | -0.65   | 29.817             | 0.994                       |
| 120 min.      | -           | 7.00        | 60.0               | 750                                | -12.80                         | 0.1214           | -0.006  | 12.14           | -0.64   | 30.581             | 1.019                       |
| 180 min.      | -           | 7.30        | 60.8               | 800                                | -12.50                         | 0.1294           | -0.006  | 12.94           | -0.63   | 30.989             | 1.033                       |
| 240 min.      | -           | 8.00        | 61.3               | 850                                | -12.30                         | 0.1375           | -0.006  | 13.75           | -0.62   | 31.244             | 1.041                       |
| 300 min.      | -           | 8.30        | 62.0               | 900                                | -12.20                         | 0.1456           | -0.006  | 14.56           | -0.61   | 31.600             | 1.053                       |
| 360 min.      | -           | 9.00        | 63.0               | 950                                | -12.20                         | 0.1537           | -0.006  | 15.37           | -0.61   | 32.110             | 1.070                       |
| 420 min.      | -           | 9.30        | 63.8               | 1000                               | -12.00                         | 0.1618           | -0.006  | 16.18           | -0.60   | 32.518             | 1.084                       |
| 480 min.      | -           | 10.00       | 64.5               | 1050                               | -11.80                         | 0.1699           | -0.006  | 16.99           | -0.59   | 32.875             | 1.096                       |
| 540 min.      | -           | 10.30       | 65.0               | 1100                               | -11.80                         | 0.1780           | -0.006  | 17.80           | -0.59   | 33.129             | 1.104                       |
| 600 min.      | -           | 11.00       | 65.2               | 1150                               | -11.50                         | 0.1861           | -0.006  | 18.61           | -0.58   | 33.231             | 1.108                       |
| 660 min.      | -           | 11.30       | 66.0               | 1250                               | -11.50                         | 0.2023           | -0.006  | 20.23           | -0.58   | 33.639             | 1.121                       |
| 720 min.      | -           | 12.00       | 66.2               | 1250                               | -11.50                         | 0.2023           | -0.006  | 20.23           | -0.58   | 33.741             | 1.125                       |
|               |             | 12.30       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |
|               |             | 13.00       |                    |                                    |                                |                  |         |                 |         |                    |                             |



UNL

Universidad Nacional de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



ESTSUELCON

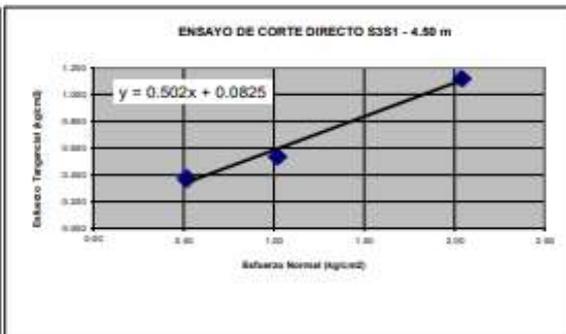
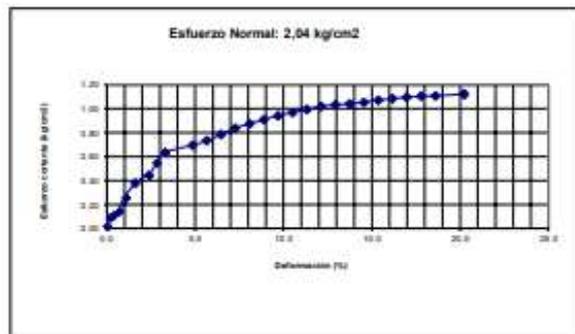
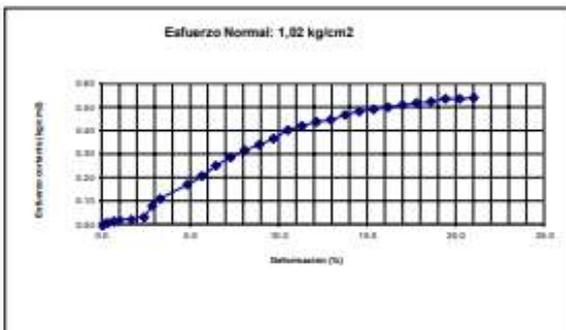
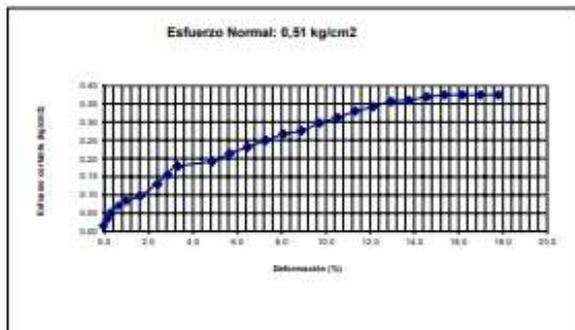
### ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

#### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

|               |  |          |         |
|---------------|--|----------|---------|
| Proyecto:     | "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |          |         |
| Localización: | TRAMO SAQUEA-CANTZAMA, ABSCISA 9+350   | Muestra: | CORTE 6 |

#### RESULTADOS



| RESULTADOS | Esfuerzos (kg/cm <sup>2</sup> ) |          |             |
|------------|---------------------------------|----------|-------------|
|            | X                               | Y        | Y calculado |
| Ensayo No  | Normal                          | Cortante | Tangencial* |
| 1          | 0.51                            | 0.375    | 0.3751      |
| 2          | 1.02                            | 0.541    | 0.6311      |
| 3          | 2.04                            | 1.125    | 1.1432      |

|                             |    |                                |        |
|-----------------------------|----|--------------------------------|--------|
| Angulo de Friccion (grados) | 29 | Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> ) | 0.0825 |
|-----------------------------|----|--------------------------------|--------|

\* Valores deducidos de ecuación de gráfico (regresión lineal)



VOLTAIRE OVIDIO CASTILLO JARAMILLO

Ing. Voltaire Ovidio Castillo J. CONSULTOR



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

---

## **Anexo 6. Resultados de los ensayos de clasificación granulométrica (calicatas)**



UNL

Universidad Nacional de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

### Calicata Nro. 1



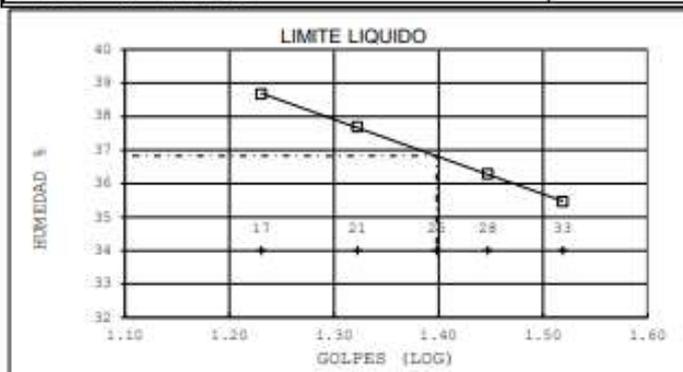
## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

### ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

|                          |   |             |                       |                |         |            |
|--------------------------|---|-------------|-----------------------|----------------|---------|------------|
| PROYECTO                 | -ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700) |             |                       |                |         |            |
| OBRA                     | : ESTUDIO GEOTECNICO  |             |                       |                |         |            |
| UBICACIÓN                | : LA SAQUEA-CANTZAMA, PARROQUIA GUADALUPE , CANTÓN ZAMORA.  |             |                       |                |         |            |
| OPERADOR                 | : O.V   | MUESTRA     | : 6+000 - CALICATA 13 |                |         |            |
| FECHA                    | : MARZO 2021  | PROFUNDIDAD | : 0.50 m              |                |         |            |
|                          | GOLPES  | W HM. (gr)  | W SECO (gr)           | W CAPS (gr)    | w %     | RESULTADO% |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD    |   | 91.97       | 74.70                 | 27.46          | 36.56   | 36.15      |
|                          |   | 92.29       | 75.42                 | 28.23          | 35.75   |            |
| 2.- LIM. LIQUIDO         | 33  | 36.94       | 34.33                 | 26.97          | 35.46   | 36.82      |
|                          | 28  | 35.27       | 32.65                 | 25.43          | 36.29   |            |
|                          | 21  | 38.83       | 35.63                 | 27.14          | 37.69   |            |
|                          | 17  | 38.70       | 35.49                 | 27.19          | 38.67   |            |
| 3.- LIMITE PLASTICO      |   | 28.02       | 27.82                 | 27.13          | 28.99   | 28.46      |
|                          |   | 28.20       | 28.01                 | 27.33          | 27.94   |            |
| 4.- GRANULOMETRIA        | 5.- CLASIFICACION.-   |             |                       |                |         |            |
| PESO INICIAL DE CALCULO: | 407.83 gr   |             |                       |                |         |            |
| TAMIZ                    | PESO R. (gr)  | % R.A.      | % PASA                | GRAVA=         | 0.00 %  |            |
| 1 1/2"                   | 0.00  | 0.00        | 100                   | ARENA=         | 44.00 % |            |
| 1"                       | 0.00  | 0.00        | 100                   | FINOS=         | 56.00 % |            |
| 3/4"                     | 0.00  | 0.00        | 100                   | LL =           | 37.00 % |            |
| 1/2"                     | 0.00  | 0.00        | 100                   | LP =           | 28.00 % |            |
| 3/8"                     | 0.00  | 0.00        | 100                   | IP =           | 9.00 %  |            |
| No. 4                    | 0.00  | 0.00        | 100                   | cu             | 48.30   |            |
| No. 10                   | 0.56  | 0.19        | 100                   | cc             | 0.45    |            |
| No. 40                   | 44.52   | 15.05       | 85                    | CLASIFICACION: |         |            |
| No. 200                  | 86.71   | 44.00       | 56                    | SUCS = ML      |         |            |
| COLOR : AMARILLO         | Limo arenoso  |             |                       |                |         |            |
|                          | AASHTO= A-4 IG 0  |             |                       |                |         |            |
|                          | Suelos limosos  |             |                       |                |         |            |
|                          | Regular a Pobre   |             |                       |                |         |            |



VOLTAIRE OVIDIO CASTILLO JARAMILLO

Ing. Ovidio Castillo J. LABORATORIO



UNL

Universidad Nacional de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



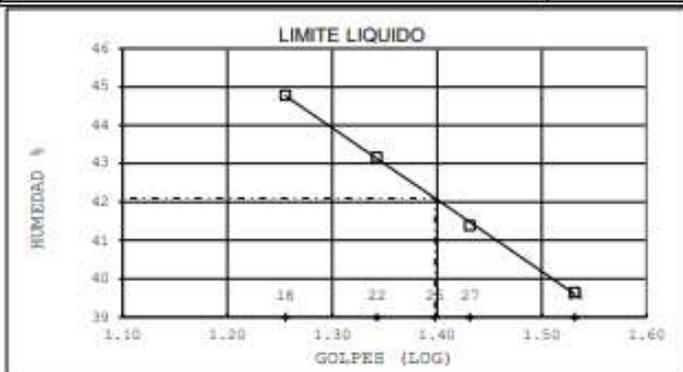
# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

|                          |  |             |                       |                |                 |            |
|--------------------------|--|-------------|-----------------------|----------------|-----------------|------------|
| PROYECTO                 | : ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700) |             |                       |                |                 |            |
| OBRA                     | : ESTUDIO GEOTÉCNICO   |             |                       |                |                 |            |
| UBICACIÓN                | : LA SAQUEA-CANTZAMA, PARROQUIA GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA.  |             |                       |                |                 |            |
| OPERADOR                 | : O.V  | MUESTRA     | : 6+000 - CALICATA 13 |                |                 |            |
| FECHA                    | : MARZO 2021   | PROFUNDIDAD | : 1.00 m              |                |                 |            |
|                          | GOLPES   | W HM. (gr)  | W SECO (gr)           | W CAPS (gr)    | w %             | RESULTADO% |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD    |  | 50.18       | 42.61                 | 17.87          | 30.60           | 30.90      |
|                          |  | 50.25       | 42.51                 | 17.70          | 31.20           |            |
| 2.- LIM. LIQUIDO         | 34   | 15.64       | 13.86                 | 9.37           | 39.64           | 42.10      |
|                          | 27   | 14.72       | 13.11                 | 9.22           | 41.39           |            |
|                          | 22   | 13.66       | 12.24                 | 8.95           | 43.16           |            |
|                          | 18   | 12.63       | 11.60                 | 9.30           | 44.78           |            |
| 3.- LIMITE PLASTICO      |  | 8.86        | 8.22                  | 6.37           | 34.59           | 34.69      |
|                          |  | 8.48        | 7.92                  | 6.31           | 34.78           |            |
| 4.- GRANULOMETRIA        | 5.- CLASIFICACION.-  |             |                       |                |                 |            |
|                          |  |             |                       | GRAVA=         | 0.00 %          |            |
|                          |  |             |                       | ARENA=         | 35.82 %         |            |
|                          |  |             |                       | FINOS=         | 64.18 %         |            |
|                          |  |             |                       | LL =           | 42.00 %         |            |
|                          |  |             |                       | LP =           | 35.00 %         |            |
|                          |  |             |                       | IP =           | 7.00 %          |            |
|                          |  |             |                       | cu             | 28.90           |            |
|                          |  |             |                       | cc             | 0.51            |            |
|                          |  |             |                       | CLASIFICACION: |                 |            |
|                          |  |             |                       | SUCS =         | ML              |            |
|                          |  |             |                       |                | Limo arenoso    |            |
|                          |  |             |                       | AASHTO=        | A-5             | IG 0       |
|                          |  |             |                       |                | Suelos limosos  |            |
|                          |  |             |                       |                | Regular a Pobre |            |
| PESO INICIAL DE CALCULO: | 313.74 gr  |             |                       |                |                 |            |
| TAMIZ                    | PESO R (gr)  | % R.A.      | % PASA                |                |                 |            |
| 1 1/2"                   | 0.00   | 0.00        | 100                   |                |                 |            |
| 1"                       | 0.00   | 0.00        | 100                   |                |                 |            |
| 3/4"                     | 0.00   | 0.00        | 100                   |                |                 |            |
| 1/2"                     | 0.00   | 0.00        | 100                   |                |                 |            |
| 3/8"                     | 0.00   | 0.00        | 100                   |                |                 |            |
| No. 4                    | 0.00   | 0.00        | 100                   |                |                 |            |
| No. 10                   | 0.00   | 0.00        | 100                   |                |                 |            |
| No. 40                   | 23.83  | 9.94        | 90                    |                |                 |            |
| No. 200                  | 62.03  | 35.82       | 64                    |                |                 |            |
| COLOR                    | : AMARILLO   |             |                       |                |                 |            |



VOLTAIRE OVIDIO CASTILLO JARAMILLO

Ing. Ovidio Castillo J. LABORATORIO



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



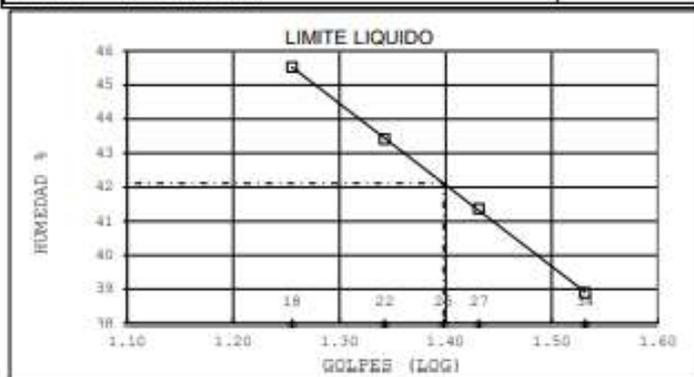
## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

### ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

|                          |  |             |                    |                |       |                       |
|--------------------------|--|-------------|--------------------|----------------|-------|-----------------------|
| PROYECTO                 | : ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700) |             |                    |                |       |                       |
| OBRA                     | : ESTUDIO GEOTECNICO   |             |                    |                |       |                       |
| UBICACIÓN                | : LA SAQUEA-CANTZAMA, PARROQUIA GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA.  |             |                    |                |       |                       |
| OPERADOR                 | : O.V  | MUESTRA     |                    |                |       | : 6+000 - CALICATA 13 |
| FECHA                    | : MARZO 2021   | PROFUNDIDAD |                    |                |       | : 1.50 m              |
|                          | GOLPES   | W HM. (gr)  | W SECO (gr)        | W CAPS (gr)    | w %   | RESULTADO%            |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD    |  | 50.50       | 42.83              | 17.97          | 30.85 | 30.86                 |
|                          |  | 50.67       | 42.94              | 17.89          | 30.86 |                       |
| 2.- LIM. LIQUIDO         | 34   | 15.21       | 13.46              | 8.96           | 38.89 | 42.11                 |
|                          | 27   | 14.06       | 12.67              | 9.31           | 41.37 |                       |
|                          | 22   | 13.65       | 12.40              | 9.52           | 43.40 |                       |
|                          | 18   | 12.54       | 11.42              | 8.96           | 45.53 |                       |
| 3.- LIMITE PLASTICO      |  | 8.75        | 8.17               | 6.30           | 31.02 | 31.45                 |
|                          |  | 8.69        | 8.10               | 6.25           | 31.89 |                       |
| 4.- GRANULOMETRIA        | 5.- CLASIFICACION.-  |             |                    |                |       |                       |
| PESO INICIAL DE CALCULO: | 315.93 gr  |             | GRAVA= 0.00 %      |                |       |                       |
| TAMIZ                    | PESO R (gr)  | % R.A.      | % PASA             | ARENA= 59.72 % |       |                       |
| 1 1/2"                   | 0.00   | 0.00        | 100                | FINOS= 40.28 % |       |                       |
| 1"                       | 0.00   | 0.00        | 100                | LL = 42.00 %   |       |                       |
| 3/4"                     | 0.00   | 0.00        | 100                | LP = 31.00 %   |       |                       |
| 1/2"                     | 0.00   | 0.00        | 100                | IP = 11.00 %   |       |                       |
| 3/8"                     | 0.00   | 0.00        | 100                | cu 53.52       |       |                       |
| No. 4                    | 0.00   | 0.00        | 100                | cc 1.36        |       |                       |
| No. 10                   | 0.00   | 0.00        | 100                | CLASIFICACION: |       |                       |
| No. 40                   | 79.08  | 32.75       | 67                 | SUCS = SM      |       |                       |
| No. 200                  | 65.10  | 59.72       | 40                 | Arena limosa   |       |                       |
| COLOR : AMARILLO         |  |             | AASHTO= A-7-5 IG 0 |                |       |                       |
|                          |  |             | Suelos arcillosos  |                |       |                       |
|                          |  |             | Regular a Pobre    |                |       |                       |



VOLTAIRE OVIDIO  
CASTILLO  
JARAMILLO

Ing. Ovidio Castillo J.  
LABORATORIO



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

## Calicata Nro. 2



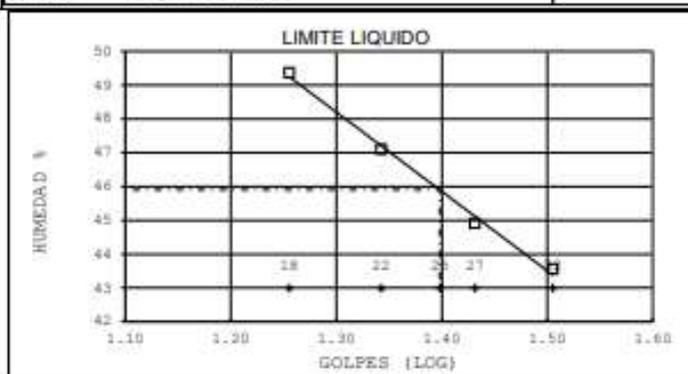
### ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

#### ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

|                          |   |                                  |                                  |   |                                  |            |
|--------------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|------------|
| PROYECTO                 | :ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700) |                                  |                                  |   |                                  |            |
| OBRA                     | : ESTUDIO GEOTECNICO  |                                  |                                  |   |                                  |            |
| UBICACIÓN                | : LA SAQUEA-CANTZAMA, PARROQUIA GUADALUPE , CANTÓN ZAMORA.  |                                  |                                  |   |                                  |            |
| OPERADOR                 | : O.V   | MUESTRA                          | : 6+500 - CALICATA 14            |   |                                  |            |
| FECHA                    | : MARZO 2021  | PROFUNDIDAD                      | : 0.50 m                         |   |                                  |            |
|                          | GOLPES  | W HM. (gr)                       | W SECO (gr)                      | W CAPS (gr)   | w %                              | RESULTADOS |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD    |   | 50.72<br>50.80                   | 42.83<br>43.07                   | 17.10<br>17.87  | 30.66<br>30.67                   | 30.67      |
| 2.- LIM. LIQUIDO         | 32<br>27<br>22<br>18  | 15.90<br>14.25<br>13.34<br>12.73 | 13.77<br>12.75<br>12.12<br>11.55 | 8.88<br>9.41<br>9.53<br>9.16  | 43.56<br>44.91<br>47.10<br>49.37 | 45.90      |
| 3.- LIMITE PLASTICO      |   | 8.72<br>8.81                     | 8.10<br>8.16                     | 6.41<br>6.40  | 36.69<br>36.93                   | 36.81      |
| 4.- GRANULOMETRIA        | 5.- CLASIFICACION.-   |                                  |                                  |   |                                  |            |
| PESO INICIAL DE CALCULO: | 331.35 gr   |                                  |                                  |   |                                  |            |
| TAMIZ                    | PESO R. (gr)  | % R.A.                           | % PASA                           | GRAVA= 0.00 %<br>ARENA= 46.75 %<br>FINOS= 53.25 %<br>LL = 46.00 %<br>LP = 37.00 %<br>IP = 9.00 %<br>cu 42.79<br>cc 0.60 |                                  |            |
| 1 1/2"                   | 0.00  | 0.00                             | 100                              | CLASIFICACION:<br>SUCS = ML<br>Limo arenoso   |                                  |            |
| 1"                       | 0.00  | 0.00                             | 100                              | AASHTO= A-5 IG 0<br>Suelos limosos<br>Regular a Pobre   |                                  |            |
| 3/4"                     | 0.00  | 0.00                             | 100                              |   |                                  |            |
| 1/2"                     | 0.00  | 0.00                             | 100                              |   |                                  |            |
| 3/8"                     | 0.00  | 0.00                             | 100                              |   |                                  |            |
| No. 4                    | 0.00  | 0.00                             | 100                              |   |                                  |            |
| No. 10                   | 0.72  | 0.28                             | 100                              |   |                                  |            |
| No. 40                   | 58.58   | 23.39                            | 77                               |   |                                  |            |
| No. 200                  | 59.25   | 46.75                            | 53                               |   |                                  |            |
| COLOR                    | : CAFÉ CLARO  |                                  |                                  |   |                                  |            |



VULTAIRE OVIDIO  
CASTILLO  
JARAMILLO

Ing. Ovidio Castillo J.  
LABORATORIO



UNL

Universidad Nacional de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



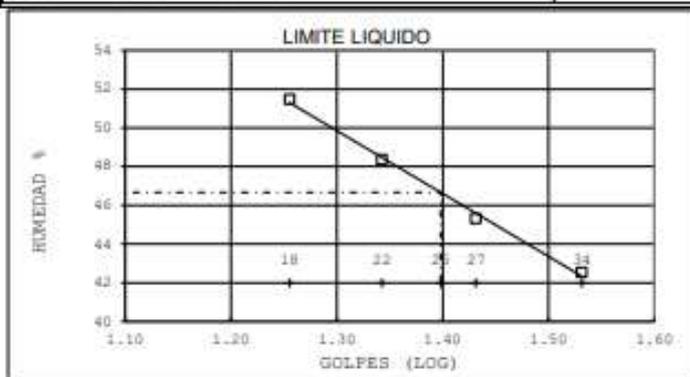
# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

|                          |   |             |             |                |       |                       |
|--------------------------|---|-------------|-------------|----------------|-------|-----------------------|
| PROYECTO                 | :ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC D+000-11+700) |             |             |                |       |                       |
| OBRA                     | : ESTUDIO GEOTECNICO  |             |             |                |       |                       |
| UBICACIÓN                | : LA SAQUEA-CANTZAMA, PARROQUIA GUADALUPE , CANTÓN ZAMORA.  |             |             |                |       |                       |
| OPERADOR                 | : O.V   | MUESTRA     |             |                |       | : 6+500 - CALICATA 14 |
| FECHA                    | : MARZO 2021  | PROFUNDIDAD |             |                |       | : 1.00 m              |
|                          | GOLPES  | W HM. (gr)  | W SECO (gr) | W CAPS (gr)    | w %   | RESULTADO%            |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD    |   | 50.30       | 42.49       | 16.78          | 30.38 | 30.26                 |
|                          |   | 50.45       | 42.94       | 18.02          | 30.14 |                       |
| 2.- LIM. LIQUIDO         | 34  | 15.58       | 13.64       | 9.08           | 42.54 | 46.67                 |
|                          | 27  | 14.31       | 12.76       | 9.34           | 45.32 |                       |
|                          | 22  | 13.76       | 12.28       | 9.22           | 48.37 |                       |
|                          | 18  | 12.80       | 11.58       | 9.21           | 51.48 |                       |
| 3.- LIMITE PLASTICO      |   | 8.75        | 8.11        | 6.33           | 35.96 | 35.85                 |
|                          |   | 8.80        | 8.16        | 6.37           | 35.75 |                       |
| 4.- GRANULOMETRIA        | 5.- CLASIFICACION.-   |             |             |                |       |                       |
| PESO INICIAL DE CALCULO: | 332.65 gr   |             |             |                |       |                       |
| TAMIZ                    | PESO R (gr)   | % R.A.      | % PASA      | GRAVA= 0.00 %  |       |                       |
| 1 1/2"                   | 0.00  | 0.00        | 100         | ARENA= 56.63 % |       |                       |
| 1"                       | 0.00  | 0.00        | 100         | FINOS= 43.37 % |       |                       |
| 3/4"                     | 0.00  | 0.00        | 100         | LL = 47.00 %   |       |                       |
| 1/2"                     | 0.00  | 0.00        | 100         | LP = 36.00 %   |       |                       |
| 3/8"                     | 0.00  | 0.00        | 100         | IP = 11.00 %   |       |                       |
| No. 4                    | 0.00  | 0.00        | 100         | cu 48.46       |       |                       |
| No. 10                   | 1.13  | 0.44        | 100         | cc 1.11        |       |                       |
| No. 40                   | 57.50   | 22.96       | 77          | CLASIFICACION: |       |                       |
| No. 200                  | 85.99   | 56.63       | 43          | SUCS = SM      |       |                       |
| COLOR : CAFÉ CLARO       |   |             |             |                |       | Arena limosa          |
|                          |   |             |             |                |       | AASHTO= A-7-5 IG 0    |
|                          |   |             |             |                |       | Suelos arcillosos     |
|                          |   |             |             |                |       | Regular a Pobre       |



VOLTAIRE OVIDIO CASTILLO JARAMILLO

Ing. Ovidio Castillo J. LABORATORIO



UNL

Universidad Nacional de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



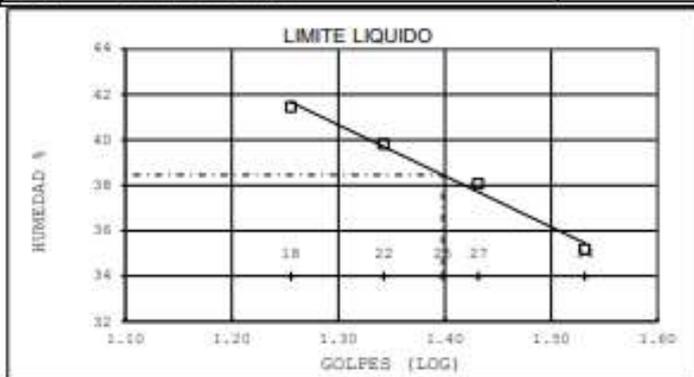
# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

|                          |  |             |             |                |       |                       |
|--------------------------|--|-------------|-------------|----------------|-------|-----------------------|
| PROYECTO                 | : ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTEAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700) |             |             |                |       |                       |
| OBRA                     | : ESTUDIO GEOTECNICO   |             |             |                |       |                       |
| UBICACIÓN                | : LA SAQUEA-CANTZAMA, PARROQUIA GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA.  |             |             |                |       |                       |
| OPERADOR                 | : O.V  | MUESTRA     |             |                |       | : 6+500 - CALICATA 14 |
| FECHA                    | : MARZO 2021   | PROFUNDIDAD |             |                |       | : 1.50 m              |
|                          | GOLPES   | W HM. (gr)  | W SECO (gr) | W CAPS (gr)    | W %   | RESULTADO%            |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD    |  | 50.36       | 42.47       | 17.20          | 31.22 | 31.26                 |
|                          |  | 50.43       | 42.88       | 18.75          | 31.29 |                       |
| 2.- LIM. LIQUIDO         | 34   | 15.17       | 13.52       | 8.83           | 35.18 | 38.45                 |
|                          | 27   | 14.70       | 13.20       | 9.26           | 38.07 |                       |
|                          | 22   | 13.78       | 12.51       | 9.32           | 39.81 |                       |
|                          | 18   | 12.51       | 11.54       | 9.20           | 41.45 |                       |
| 3.- LIMITE PLASTICO      |  | 8.58        | 8.05        | 6.39           | 31.93 | 31.82                 |
|                          |  | 8.48        | 7.96        | 6.32           | 31.71 |                       |
| 4.- GRANULOMETRIA        | 5.- CLASIFICACION.-  |             |             |                |       |                       |
| PESO INICIAL DE CALCULO: | 322.83 gr  |             |             |                |       |                       |
| TAMIZ                    | PESO R (gr)  | % R.A.      | % PASA      | GRAVA= 0.00 %  |       |                       |
| 1 1/2"                   | 0.00   | 0.00        | 100         | ARENA= 45.46 % |       |                       |
| 1"                       | 0.00   | 0.00        | 100         | FINOS= 54.54 % |       |                       |
| 3/4"                     | 0.00   | 0.00        | 100         | LL = 38.00 %   |       |                       |
| 1/2"                     | 0.00   | 0.00        | 100         | LP = 32.00 %   |       |                       |
| 3/8"                     | 0.00   | 0.00        | 100         | IP = 6.00 %    |       |                       |
| No. 4                    | 0.00   | 0.00        | 100         | cu 42.95       |       |                       |
| No. 10                   | 0.65   | 0.26        | 100         | cc 0.55        |       |                       |
| No. 40                   | 52.38  | 21.56       | 78          | CLASIFICACION: |       |                       |
| No. 200                  | 58.77  | 45.46       | 55          | SUCS = ML      |       |                       |
| COLOR : CAFÉ CLARO       |  |             |             |                |       | Limo arenoso          |
|                          |  |             |             |                |       | AASHTO= A-4 IG 0      |
|                          |  |             |             |                |       | Suelos limosos        |
|                          |  |             |             |                |       | Regular a Pobre       |



Ing. Ovidio Castillo J. LABORATORIO



UNL

Universidad Nacional de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

### Calicata Nro. 3



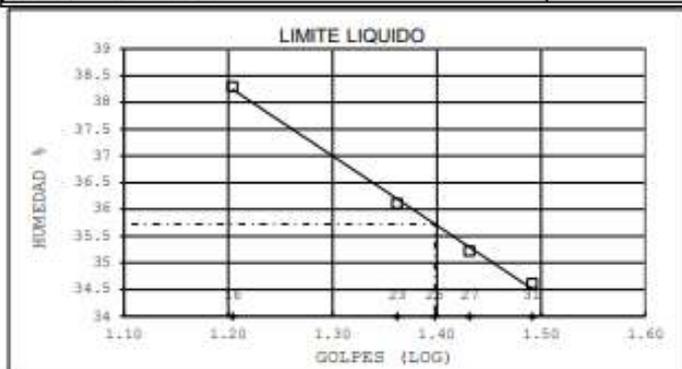
## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA

### ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

|                          |  |             |                       |                |                 |            |
|--------------------------|--|-------------|-----------------------|----------------|-----------------|------------|
| PROYECTO                 | : ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700) |             |                       |                |                 |            |
| OBRA                     | : ESTUDIO GEOTECNICO   |             |                       |                |                 |            |
| UBICACIÓN                | : LA SAQUEA-CANTZAMA, PARROQUIA GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA.  |             |                       |                |                 |            |
| OPERADOR                 | : O.V  | MUESTRA     | : 9+000 - CALICATA 19 |                |                 |            |
| FECHA                    | : MARZO 2021   | PROFUNDIDAD | : 0.50 m.             |                |                 |            |
|                          | GOLPES   | W HM. (gr)  | W SECO (gr)           | W CAPS (gr)    | w %             | RESULTADO% |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD    |  | 87.18       | 65.99                 | 24.88          | 51.54           | 47.47      |
|                          |  | 81.56       | 64.53                 | 25.29          | 43.40           |            |
| 2.- LIM. LIQUIDO         | 31   | 40.25       | 36.92                 | 27.30          | 34.62           |            |
|                          | 27   | 32.82       | 29.52                 | 20.15          | 35.22           | 35.73      |
|                          | 23   | 38.59       | 35.73                 | 27.81          | 36.11           |            |
|                          | 16   | 39.75       | 36.38                 | 27.58          | 38.30           |            |
| 3.- LIMITE PLASTICO      |  | 28.21       | 28.02                 | 27.29          | 26.03           | 25.51      |
|                          |  | 25.23       | 25.03                 | 24.23          | 25.00           |            |
| 4.- GRANULOMETRIA        | 5.- CLASIFICACION.-  |             |                       |                |                 |            |
|                          |  |             |                       | GRAVA=         | 0.00 %          |            |
|                          |  |             |                       | ARENA=         | 2.90 %          |            |
|                          |  |             |                       | FINOS=         | 97.10 %         |            |
|                          |  |             |                       | LL =           | 36.00 %         |            |
|                          |  |             |                       | LP =           | 26.00 %         |            |
|                          |  |             |                       | IP =           | 10.00 %         |            |
|                          |  |             |                       | cu             | 9.24            |            |
|                          |  |             |                       | cc             | 0.64            |            |
|                          |  |             |                       | CLASIFICACION: |                 |            |
|                          |  |             |                       | SUCS =         | ML              |            |
|                          |  |             |                       |                | Limo            |            |
|                          |  |             |                       | AASHTO=        | A-4             | IG 0       |
|                          |  |             |                       |                | Suelos limosos  |            |
|                          |  |             |                       |                | Regular a Pobre |            |
| PESO INICIAL DE CALCULO: | 244.25 gr  |             |                       |                |                 |            |
| TAMIZ                    | PESO R (gr)  | % R.A.      | % PASA                |                |                 |            |
| 1 1/2"                   | 0.00   | 0.00        | 100                   |                |                 |            |
| 1"                       | 0.00   | 0.00        | 100                   |                |                 |            |
| 3/4"                     | 0.00   | 0.00        | 100                   |                |                 |            |
| 1/2"                     | 0.00   | 0.00        | 100                   |                |                 |            |
| 3/8"                     | 0.00   | 0.00        | 100                   |                |                 |            |
| No. 4                    | 0.00   | 0.00        | 100                   |                |                 |            |
| No. 10                   | 0.00   | 0.00        | 100                   |                |                 |            |
| No. 40                   | 0.31   | 0.19        | 100                   |                |                 |            |
| No. 200                  | 4.49   | 2.90        | 97                    |                |                 |            |
| COLOR                    | : CAFÉ   |             |                       |                |                 |            |



VOLTAIRE OVIDIO CASTILLO JARAMILLO

Ing. Ovidio Castillo J. LABORATORIO



UNL

Universidad Nacional de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

|                          |   |             |                       |                 |         |            |
|--------------------------|---|-------------|-----------------------|-----------------|---------|------------|
| PROYECTO                 | : ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTEZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700) |             |                       |                 |         |            |
| OBRA                     | : ESTUDIO GEOTECNICO  |             |                       |                 |         |            |
| UBICACIÓN                | : LA SAQUEA-CANTZAMA, PARROQUIA GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA.   |             |                       |                 |         |            |
| OPERADOR                 | : O.V   | MUESTRA     | : 9+000 - CALICATA 19 |                 |         |            |
| FECHA                    | : MARZO 2021  | PROFUNDIDAD | : 1.00 m              |                 |         |            |
|                          | GOLPES  | W HM. (gr)  | W SECO (gr)           | W CAPS (gr)     | w %     | RESULTADO% |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD    |   | 50.42       | 40.85                 | 17.24           | 40.53   | 41.36      |
|                          |   | 50.50       | 40.83                 | 17.91           | 42.19   |            |
| 2.- LIM. LIQUIDO         | LA MUESTRA NO ES PLÁSTICA   |             |                       |                 |         |            |
| 3.- LIMITE PLASTICO      | LA MUESTRA NO ES PLÁSTICA   |             |                       |                 |         |            |
| 4.- GRANULOMETRIA        | 5.- CLASIFICACION.-   |             |                       |                 |         |            |
|                          |   |             |                       | GRAVA=          | 0.00 %  |            |
|                          |   |             |                       | ARENA=          | 4.64 %  |            |
|                          |   |             |                       | FINOS=          | 95.36 % |            |
|                          |   |             |                       | LL =            | 0.00 %  |            |
|                          |   |             |                       | LP =            | 0.00 %  |            |
|                          |   |             |                       | IP =            | 0.00 %  |            |
|                          |   |             |                       | cu              | 9.62    |            |
|                          |   |             |                       | cc              | 0.64    |            |
|                          |   |             |                       | CLASIFICACION:  |         |            |
|                          |   |             |                       | SUCS =          | ML      |            |
|                          |   |             |                       | Limo            |         |            |
|                          |   |             |                       | AASHTO=         | A-4     | IG U       |
|                          |   |             |                       | Suelos limosos  |         |            |
|                          |   |             |                       | Regular a Pobre |         |            |
| PESO INICIAL DE CALCULO: | 313 gr  |             |                       |                 |         |            |
| TAMIZ                    | ESO R (gr)  | % R.A.      | % PASA                |                 |         |            |
| 1 1/2"                   | 0   | 0.00        | 100                   |                 |         |            |
| 1"                       | 0   | 0.00        | 100                   |                 |         |            |
| 3/4"                     | 0   | 0.00        | 100                   |                 |         |            |
| 1/2"                     | 0   | 0.00        | 100                   |                 |         |            |
| 3/8"                     | 0   | 0.00        | 100                   |                 |         |            |
| No. 4                    | 0   | 0.00        | 100                   |                 |         |            |
| No. 10                   | 0   | 0.00        | 100                   |                 |         |            |
| No. 40                   | 0   | 0.05        | 100                   |                 |         |            |
| No. 200                  | 10  | 4.64        | 95                    |                 |         |            |
| COLOR                    | : CAFÉ  |             |                       |                 |         |            |



VOLTAIRE OVIDIO CASTILLO JARAMILLO



UNL

Universidad Nacional de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

|                          |   |               |                       |                |                |
|--------------------------|---|---------------|-----------------------|----------------|----------------|
| PROYECTO                 | :ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700) |               |                       |                |                |
| OBRA                     | : ESTUDIO GEOTECNICO  |               |                       |                |                |
| UBICACIÓN                | : LA SAQUEA-CANTZAMA, PARROQUIA GUADALUPE , CANTÓN ZAMORA.  |               |                       |                |                |
| OPERADOR                 | : O.V   | MUESTRA       | : 9+000 - CALICATA 19 |                |                |
| FECHA                    | : MARZO 2021  | PROFUNDIDAD   | : 1.50 m              |                |                |
|                          | GOLPES  | W HM. (gr)    | W SECO (gr)           | W CAPS (gr)    | w % RESULTADOR |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD    |   | 50.50         | 42.20                 | 17.69          | 33.86          |
|                          |   | 50.58         | 42.37                 | 17.95          | 33.62          |
| 2.- LIM. LIQUIDO         | LA MUESTRA NO ES PLÁSTICA   |               |                       |                |                |
| 3.- LIMITE PLASTICO      | LA MUESTRA NO ES PLÁSTICA   |               |                       |                |                |
| 4.- GRANULOMETRIA        | 5.- CLASIFICACION.-   |               |                       |                |                |
| PESO INICIAL DE CALCULO: | 320 gr  | GRAVA= 0.00 % |                       |                |                |
| TAMIZ                    | ESO R (gr   | % R.A.        | % PASA                | ARENA= 18.94 % |                |
| 1 1/2"                   | 0   | 0.00          | 100                   | FINOS= 81.06 % |                |
| 1"                       | 0   | 0.00          | 100                   | LL = 0.00 %    |                |
| 3/4"                     | 0   | 0.00          | 100                   | LP = 0.00 %    |                |
| 1/2"                     | 0   | 0.00          | 100                   | IP = 0.00 %    |                |
| 3/8"                     | 0   | 0.00          | 100                   | cu 14.34       |                |
| No. 4                    | 0   | 0.00          | 100                   | cc 0.59        |                |
| No. 10                   | 0   | 0.00          | 100                   | CLASIFICACION: |                |
| No. 40                   | 0   | 0.13          | 100                   | SUCS = ML      |                |
| No. 200                  | 45  | 18.94         | 81                    | Limo con arena |                |
| COLOR : CAFÉ             | AASHTO= A-4 IG 0  |               |                       |                |                |
|                          | Suelos limosos Regular a Pobre  |               |                       |                |                |



VOLTAIRE OVIDIO CASTILLO JARAMILLO



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

## Calicata Nro. 4



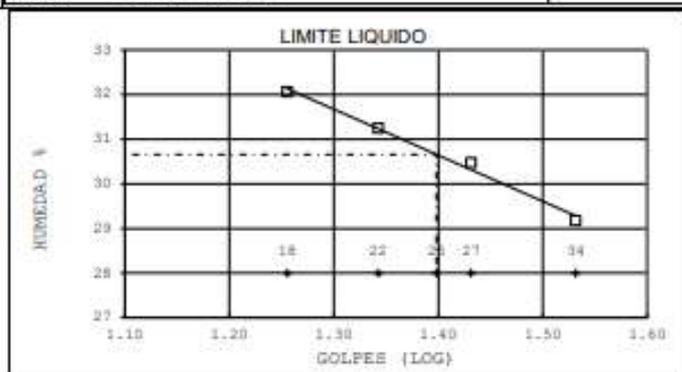
### ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

#### ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASRTO 3282 - 2487

|                          |  |             |                       |                  |       |                        |
|--------------------------|--|-------------|-----------------------|------------------|-------|------------------------|
| PROYECTO                 | : ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700) |             |                       |                  |       |                        |
| OBRA                     | : ESTUDIO GEOTECNICO   |             |                       |                  |       |                        |
| UBICACIÓN                | : LA SAQUEA-CANTZAMA, PARROQUIA GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA.  |             |                       |                  |       |                        |
| OPERADOR                 | : O.V  | MUESTRA     | : 9+500 - CALICATA 20 |                  |       |                        |
| FECHA                    | : MARZO 2021   | PROFUNDIDAD | : 0.50 m              |                  |       |                        |
|                          | GOLPES   | W HM. (gr)  | W SECO (gr)           | W CAPS (gr)      | w %   | RESULTADO%             |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD    |  | 50.74       | 45.59                 | 18.08            | 18.72 | 19.06                  |
|                          |  | 50.81       | 45.36                 | 17.27            | 19.40 |                        |
| 2.- LIM. LIQUIDO         | 34   | 15.34       | 13.96                 | 9.23             | 29.18 | 30.66                  |
|                          | 27   | 14.18       | 13.08                 | 9.47             | 30.47 |                        |
|                          | 22   | 13.40       | 12.40                 | 9.20             | 31.25 |                        |
|                          | 18   | 12.77       | 11.93                 | 9.31             | 32.06 |                        |
| 3.- LIMITE PLASTICO      |  | 8.49        | 8.08                  | 6.36             | 23.84 | 23.91                  |
|                          |  | 8.54        | 8.13                  | 6.42             | 23.98 |                        |
| 4.- GRANULOMETRIA        | 5.- CLASIFICACION.-  |             |                       |                  |       |                        |
| PESO INICIAL DE CALCULO: | 335.35 gr  |             |                       |                  |       |                        |
| TAMIZ                    | PESO R (gr)  | % R.A.      | % PASA                | GRAVA= 17.74 %   |       |                        |
| 1 1/2"                   | 0.00   | 0.00        | 100                   | ARENA= 44.35 %   |       |                        |
| 1"                       | 0.00   | 0.00        | 100                   | FINOS= 37.90 %   |       |                        |
| 3/4"                     | 12.67  | 4.50        | 96                    | LL = 31.00 %     |       |                        |
| 1/2"                     | 13.10  | 9.15        | 91                    | LP = 24.00 %     |       |                        |
| 3/8"                     | 8.86   | 12.29       | 88                    | IP = 7.00 %      |       |                        |
| No. 4                    | 15.35  | 17.74       | 82                    | cu 160.16        |       |                        |
| No. 10                   | 23.22  | 25.99       | 74                    | cc 0.59          |       |                        |
| No. 40                   | 51.62  | 44.32       | 56                    | CLASIFICACION:   |       |                        |
| No. 200                  | 50.09  | 62.10       | 38                    | SUCS = SM        |       |                        |
| COLOR : CAFÉ CLARO       |  |             |                       |                  |       | Arens limosa con grava |
|                          |  |             |                       | AASRTO= A-4 IG 0 |       |                        |
|                          |  |             |                       | Suelos limosos   |       |                        |
|                          |  |             |                       | Regular a Pobre  |       |                        |



VOLTAIRE OVIDIO  
CASTILLO  
JARAMILLO

Ing. Ovidio Castillo J.  
LABORATORIO



UNL

Universidad Nacional de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

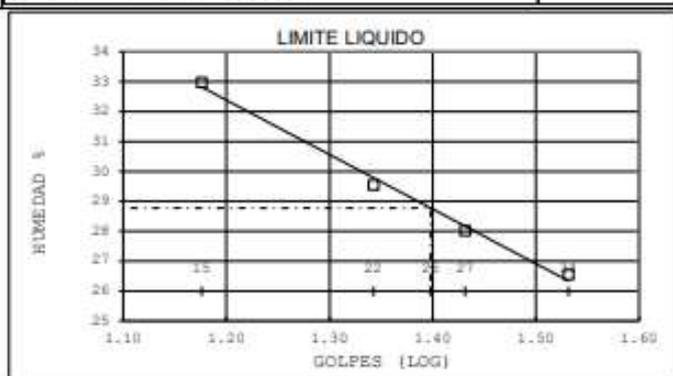
## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

|           |  |             |                       |  |  |  |
|-----------|--|-------------|-----------------------|--|--|--|
| PROYECTO  | : ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700) |             |                       |  |  |  |
| OBRA      | : ESTUDIO GEOTECNICO   |             |                       |  |  |  |
| UBICACIÓN | : LA SAQUEA-CANTZAMA, PARROQUIA GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA.  |             |                       |  |  |  |
| OPERADOR  | : O.V  | MUESTRA     | : 9+500 - CALICATA 20 |  |  |  |
| FECHA     | : MARZO 2021   | PROFUNDIDAD | : 1.00 m              |  |  |  |

|                       | GOLPES | W HM. (gr) | W SECO (gr) | W CAPS (gr) | w %   | RESULTADO% |
|-----------------------|--------|------------|-------------|-------------|-------|------------|
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD |        | 89.34      | 78.55       | 24.12       | 19.82 | 19.42      |
|                       |        | 93.24      | 82.24       | 24.37       | 19.01 |            |
| 2.- LIM. LIQUIDO      | 34     | 39.40      | 36.87       | 27.34       | 26.55 | 28.77      |
|                       | 27     | 38.94      | 36.09       | 25.92       | 28.02 |            |
|                       | 22     | 38.55      | 35.92       | 27.02       | 29.55 |            |
|                       | 15     | 38.97      | 36.16       | 27.64       | 32.98 |            |
| 3.- LIMITE PLASTICO   |        | 20.27      | 20.11       | 19.51       | 26.67 | 25.60      |
|                       |        | 20.84      | 20.71       | 20.18       | 24.53 |            |

|                                    |             |        |        |                                  |         |
|------------------------------------|-------------|--------|--------|----------------------------------|---------|
| 4.- GRANULOMETRIA                  |             |        |        | 5.- CLASIFICACION.-              |         |
| PESO INICIAL DE CALCULO: 442.09 gr |             |        |        | GRAVA=                           | 22.03 % |
| TAMIE                              |             |        |        | ARENA=                           | 46.74 % |
|                                    | WESO R (gr) | % R.A. | % PASA | FINOS=                           | 31.23 % |
| 1 1/2"                             | 0.00        | 0.00   | 100    | LL =                             | 29.00 % |
| 1"                                 | 0.00        | 0.00   | 100    | LP =                             | 26.00 % |
| 3/4"                               | 10.90       | 2.94   | 97     | IP =                             | 3.00 %  |
| 1/2"                               | 29.23       | 10.84  | 89     | cu                               | 157.57  |
| 3/8"                               | 11.15       | 13.85  | 86     | cc                               | 1.60    |
| No. 4                              | 30.26       | 22.03  | 78     | CLASIFICACION:                   |         |
| No. 10                             | 22.16       | 28.01  | 72     | SUCS = SM                        |         |
| No. 40                             | 67.27       | 46.18  | 54     | Arena limosa con grava           |         |
| No. 200                            | 83.62       | 68.77  | 31     | AASHTO= A-2-4 IG 0               |         |
| COLOR : CAFÉ OSCURO                |             |        |        | Grava o Arena limosa o arcillosa |         |
|                                    |             |        |        | Excelente a Bueno                |         |



VOLTAIRE OVIDIO CASTILLO JARAMILLO

Ing. Ovidio Castillo J. LABORATORIO



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



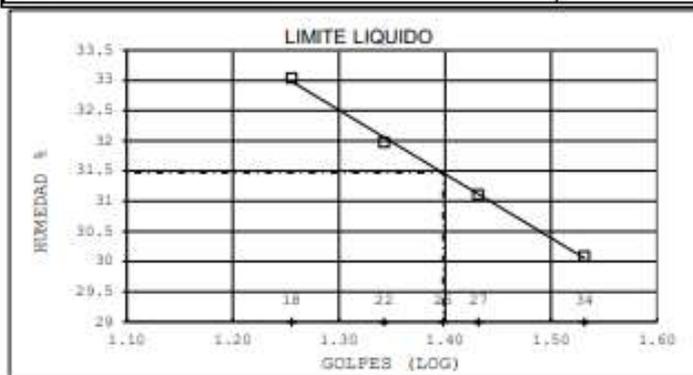
## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

### ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

|                          |  |             |                       |                |                |
|--------------------------|--|-------------|-----------------------|----------------|----------------|
| PROYECTO                 | : ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700) |             |                       |                |                |
| OBRA                     | : ESTUDIO GEOTECNICO   |             |                       |                |                |
| UBICACIÓN                | : LA SAQUEA-CANTZAMA, PARROQUIA GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA.  |             |                       |                |                |
| OPERADOR                 | : D.V  | MUESTRA     | : 9+500 - CALICATA 20 |                |                |
| FECHA                    | : MARZO 2021   | PROFUNDIDAD | : 1.50 m              |                |                |
|                          | GOLPES   | W HM. (gr)  | W SECO (gr)           | W CAPS (gr)    | w % RESULTADO% |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD    |  | 50.32       | 43.48                 | 17.99          | 26.83          |
|                          |  | 50.60       | 43.69                 | 17.16          | 26.05          |
| 2.- LIM. LIQUIDO         | 34   | 15.41       | 14.02                 | 9.40           | 30.09          |
|                          | 27   | 14.08       | 12.96                 | 9.36           | 31.11          |
|                          | 22   | 13.58       | 12.56                 | 9.37           | 31.97          |
|                          | 18   | 12.17       | 11.41                 | 9.11           | 33.04          |
| 3.- LIMITE PLASTICO      |  | 8.69        | 8.18                  | 6.29           | 26.98          |
|                          |  | 8.71        | 8.18                  | 6.19           | 26.63          |
| 4.- GRANULOMETRIA        | 5.- CLASIFICACION.-  |             |                       |                |                |
| PESO INICIAL DE CALCULO: | 312.72 gr  |             |                       |                |                |
| TAMIE                    | PESO R (gr)  | % R.A.      | % PASA                | GRAVA=         | 20.31 %        |
| 1 1/2"                   | 0.00   | 0.00        | 100                   | ARENA=         | 51.36 %        |
| 1"                       | 0.00   | 0.00        | 100                   | FINOS=         | 28.33 %        |
| 3/4"                     | 13.69  | 5.54        | 94                    | LL =           | 31.00 %        |
| 1/2"                     | 12.94  | 10.77       | 89                    | LP =           | 27.00 %        |
| 3/8"                     | 8.77   | 14.31       | 86                    | IP =           | 4.00 %         |
| No. 4                    | 14.82  | 20.31       | 80                    | cu             | 127.73         |
| No. 10                   | 24.88  | 30.36       | 70                    | cc             | 2.36           |
| No. 40                   | 44.46  | 48.34       | 52                    | CLASIFICACION: |                |
| No. 200                  | 57.69  | 71.67       | 28                    | SUCS = SM      |                |
| COLOR : CAFÉ CLARO       | Arena limosa con grava   |             |                       |                |                |
|                          | AASHTO= A-2-4 IG 0   |             |                       |                |                |
|                          | Grava o Arena limosa o arcillosa   |             |                       |                |                |
|                          | Excelente a Bueno  |             |                       |                |                |



VOLTAIRE OVIDIO  
CASTILLO  
JARAMILLO

Ing. Ovidio Castillo J.  
LABORATORIO



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

---

## **Anexo 7. Resultados de sísmica de refracción**



**ESTSUELCON CIA. LTDA.**

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA  
SISMICA DE REFRACCIÓN

PROY:

"ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)"

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO (TALUDES)  
UBICACIÓN: VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA  
FECHA: mar-21

LS 1 ABSC= 2+180-2+260  
LS 2 ABSC= 5+780-5+850  
LS 3 ABSC= 8+880-8+980

| CAPA SISMICA                    | Potencia de la capa (m) | Vp m/s | Vs m/s | $\mu$ | $\gamma$ (gr/cm <sup>3</sup> ) | Edin (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Eest (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Edef (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Gdin (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Mindel N golpes | Mayerhoff $\sigma_a$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\beta$ | B m  | n    | Tezcan $q_a$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Dunham $\phi$ | Osaki $\phi$ | Suelos Saprolíticos $\phi$ | Suelos Saprolíticos $\phi$ | Dunham $\phi$ | oc Mpa | H m | V530 m/s | V530 promedio m/s | Tipo de perfil |   |  |
|---------------------------------|-------------------------|--------|--------|-------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|--|---------|------|------|------------------------------------|---------------|--------------|----------------------------|----------------------------|---------------|--------|-----|----------|-------------------|----------------|---|--|
| LINEA SISMICA ABSC. 2+180-2+260 |                         |        |        |       |                                |                            |                            |                            |                            |                 |  |         |      |      |                                    |               |              |                            |                            |               |        |     |          |                   |                |   |  |
| 1                               | 1,00                    | 20,00  | 291    | 166   | 0,26                           | 1,79                       | 1271                       | 464                        | 52                         | 505             | 1  | 0,07    | 0,75 | 8,00 | 4,00                               | 0,56          | 28           | 19                         | 30                         | 32            | 28     |     | 30       | 166               | 210            | 0 |  |
| LINEA SISMICA ABSC. 5+780-5+850 |                         |        |        |       |                                |                            |                            |                            |                            |                 |  |         |      |      |                                    |               |              |                            |                            |               |        |     |          |                   |                |   |  |
| 1                               | 1,00                    | 20,00  | 377    | 215   | 0,26                           | 1,81                       | 2153                       | 848                        | 69                         | 856             | 3  | 0,31    | 0,75 | 8,00 | 4,00                               | 0,73          | 31           | 23                         | 30                         | 32            | 31     |     | 30       | 215               |                |   |  |
| LINEA SISMICA ABSC. 8+880-8+980 |                         |        |        |       |                                |                            |                            |                            |                            |                 |  |         |      |      |                                    |               |              |                            |                            |               |        |     |          |                   |                |   |  |
| 1                               | 14,00                   | 22,00  | 320    | 183   | 0,26                           | 1,70                       | 1454                       | 542                        | 55                         | 578             | 1  | 0,15    | 0,75 | 8,00 | 4,00                               | 0,58          | 29           | 20                         | 30                         | 32            | 29     |     | 18       | 247               | 210            | 0 |  |
| 2                               | -                       | -      | 910    | 520   | 0,26                           | 1,92                       | 13300                      | 6769                       | 332                        | 5288            | 18   | 1,82    | 0,75 | 8,00 | 4,00                               | 1,87          | 40           | 34                         | 30                         | 32            | 40     | 24  | 12       | 247               |                |   |  |

Ing. Ovidio Castillo J.  
LABORATORIO





unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

---

## **Anexo 8. Resultados de resistencia a la compresión simple en roca**



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"



ESTSUELCON

## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

### ENSAYO DE COMPRESIÓN CÚBICA EN ROCAS

|  |              |   |                  |                  |                     |                  |                 |                    |                    |
|--|--------------|---|------------------|------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| <b>PROY. :</b>                         |              | "ESTUDIO A NIVEL DE ASFALTO DE LA VÍA SAQUEA-GUAGUAYME BAJO-GUAGUAYME ALTO-CONCHAY-CANTZAMA BAJO, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA (TRAMO ABSC 0+000-11+700)" |                  |                  |                     |                  |                 |                    |                    |
| <b>UBIC. :</b>                         |              | ABSCISA 9+040   |                  |                  |                     |                  |                 |                    |                    |
| <b>FECHA :</b>                         | mar-21       | <b>OPERADOR</b>   | O.C.             | <b>PROFUND.:</b> | Muestra Superficial |                  |                 |                    |                    |
| <b>COORDENADAS:</b>                    |              | X: 734166   |                  |                  | Y: 9571032          |                  |                 |                    |                    |
| <b>1.- CONTENIDO DE AGUA</b>           |              | <b>PESO HM.</b>   | <b>SECO</b>      | <b>DE CAPS</b>   | <b>w %</b>          | <b>RESULTADO</b> |                 |                    |                    |
| Muestra 1                              |              | 65.26   | 65.22            | 0.00             | 0.069062            | -                |                 |                    |                    |
| <b>2.- PESO ESPECÍFICO</b>             |              | <b>PESO AIRE</b>  | <b>SUMERGIDO</b> | <b>SECO</b>      | <b>D. MASIVA</b>    | <b>D. S.S.S.</b> | <b>APARENTE</b> | <b>ABSORCIÓN</b>   |                    |
| Muestra 1                              |              | 333.945   | 202.60           | 332.39           | 2.52                | 2.53             | 2.55            | 0.45%              |                    |
| <b>3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b> |              |   |                  |                  |                     |                  |                 |                    |                    |
| <b>MUESTRA</b>                         | <b>LARGO</b> | <b>ANCHO</b>  | <b>ALTURA</b>    | <b>AREA</b>      | <b>VOLUMEN</b>      | <b>MASA</b>      | <b>CARGA</b>    | <b>DENSIDAD</b>    | <b>ESFUERZO</b>    |
| Nº                                     | cm           | cm  | cm               | cm <sup>2</sup>  | cm <sup>3</sup>     | Gr               | Kg              | Kg/cm <sup>3</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> |
| 1                                      | 5.13         | 5.04  | 5.09             | 25.86            | 131.69              | 332.74           | 9367.99         | 2.52               | 363.31             |
| 2                                      | 4.97         | 5.19  | 4.91             | 25.78            | 126.50              | 334.19           | 8802.24         | 2.65               | 342.23             |
| <b>PROMEDIO</b>                        |              |   |                  |                  |                     |                  |                 | 2.59               | 352.77             |



VOLTAIRE OVIDIO  
CASTILLO  
JARAMILLO

Ing. Ovidio W. Castillo  
LABORATORIO



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

---

## **Anexo 9. Mapas del área de estudio (ubicados en el CD Nro. 2)**



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN LA VÍA LA SAQUEA-CANTZAMA BAJO DESDE EL TRAMO ABSC 5+850 HASTA 11+700, UBICADA EN LAS PARROQUIAS CUMBARATZA Y GUADALUPE, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE"

---

**Anexo 9.1. Mapa de ubicación y acceso**

**Anexo 9.2. Mapa de flujos superficiales**

**Anexo 9.3. Topografía de la vía La saquea – Cantzama Bajo, abscisa 5+850 a 8+000**

**Anexo 9.4. Topografía de la vía La Saquea – Cantzama Bajo, abscisa 8+000 a 10+000**

**Anexo 9.5. Topografía de la vía La Saquea – Cantzama Bajo, abscisa 10+000 a 11+700**

**Anexo 9.6. Mapa de pendientes**

**Anexo 9.7. Mapa de geomorfología**

**Anexo 9.8. Geología regional**

**Anexo 9.9. Geología local de la vía La saquea – Cantzama Bajo, abscisa 5+850 a 8+000.**

**Anexo 9.10. Geología local de la vía La Saquea – Cantzama bajo, abscisa 8+000 a 10+000**

**Anexo 9.11. Geología local de la vía La Saquea – Cantzama Bajo, abscisa 10+000 a 11+700**