



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

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

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Caracterización geológica-geotécnica de la vía La Yona-Chicaña, sector San Juan, ubicado en la parroquia Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.

Trabajo de Titulación previo, a la obtención del Título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

AUTOR:

Maikelin Adela Torres Abarca

DIRECTOR:

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 05 de septiembre de 2023

Ingeniero Diego Israel Castillo Jaramillo, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización Geológica – Geotécnica de la vía la Yona – Chicaña, sector San Juan, ubicado en la parroquia Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.**, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de autoría de la estudiante **Maikelin Adela Torres Abarca**, con **cédula de identidad N° 1900813146**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

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



Firma:

Cedula de identidad: 1900813145

Fecha: Loja, 05 de enero de 2024

Correo electrónico: matorresa@unl.edu.ec

Teléfono: 0967952727

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

Yo, **Maikelin Adela Torres Abarca**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización Geológica – Geotécnica de la vía la Yona – Chicaña, sector San Juan, ubicado en la parroquia Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe;** como requisito para optar por 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 sus contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los cinco días del mes de enero del dos mil veinticuatro.



Firma:

Autor: Maikelin Adela Torres Abarca

Cédula: 1900813146

Dirección: Loja (La Argelia)

Correo electrónico: matorresa@unl.edu.ec

Teléfono: 0967952727

DATOS COMPLEMENTARIOS:

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

Dedicatoria

A mi amada madre, Deisi Abarca Quezada, y a mi querido padre, Wilman Torres Simancas, les dedico este logro con todo mi corazón. Son mi todo, mi apoyo constante. Su dedicación y amor incondicional han sido la luz que me ha guiado en este camino.

A mi adorado hermano, Jeremy Torres, gracias por ser mi amigo y confidente de toda la vida. Tu apoyo y compañía han sido invaluableles en cada etapa de este viaje.

Maikelin Adela Torres Abarca

Agradecimiento

En este momento de culminación y reflexión, deseo expresar mi sincero agradecimiento a quienes han sido una parte fundamental en el éxito de este Trabajo de Titulación.

A mi director de Trabajo de Titulación, el ingeniero Diego Castillo, le agradezco por su guía experta, y paciencia infinita. Su conocimiento y orientación han sido invaluableles en cada etapa de este proceso. Ha sido una inspiración y un mentor excepcional.

A mis queridos familiares, cuyas palabras de apoyo y amor constante me han dado la fortaleza necesaria para avanzar en este camino.

A mis leales amigos, quienes han estado a mi lado en las buenas y en las malas, agradezco profundamente su amistad sincera y su apoyo incondicional. Con paciencia y aliento me han sostenido durante los desafíos y han multiplicado las alegrías compartidas.

A la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, quiero rendir homenaje por brindarme el conocimiento y la pasión que han guiado mis pasos en este viaje académico. Esta carrera ha sido mi fuente de inspiración y ha avivado mi compromiso con un futuro sostenible. Este logro no habría sido posible sin cada uno de ustedes. Su contribución y presencia en mi vida han sido un regalo invaluable. Agradezco profundamente por su apoyo y confianza en mí.

Maikelin Adela Torres Abarca

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de figuras	xi
Índice de tablas.....	x
Índice de anexos	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Topografía.....	6
4.2. Levantamiento topográfico	6
4.2.1 Instrumentos que se utiliza para mediciones topográficas	6
4.3. Geología.....	7
4.2.2 Litología	8
4.2.3 Estudio geológico	8
4.2.4 Mapeos geológicos.....	9
4.4. Geología estructural.....	9
4.5. Deformaciones de las rocas	10
4.2.5 Deformación dúctil.....	10
4.2.6 Deformaciones frágiles	10
4.2.7 Métodos para mapeo Geológico - Estructural.....	11
4.6. Pendientes	13
4.2.8 Metodologías de clasificación para el mapa de pendientes.....	13

4.7. Geomorfología.....	13
4.2.9 Tipos de movimientos.:	13
4.8. Geotecnia.....	16
4.2.10 Estudio geotécnico	16
4.2.11 Caracterización geotécnica	16
4.9. Métodos de exploración geotécnica.....	16
4.2.12 Métodos Indirectos (Geofísicos).....	16
4.2.13 Métodos Directos.....	18
4.2.14 Mecánica de suelos	18
4.2.15 Clasificación de los suelos	21
4.2.16 Criterios de rotura Hoek -Brown:	22
4.2.17 Criterio de Mohr-Coulomb.....	23
4.10. Estabilidad de taludes	24
4.2.18 Método del equilibrio limite	24
4.2.19 Tipos de rotura en rocas	25
4.11. Factor de seguridad.....	27
4.2.20 Modelos de estabilidad global de taludes	27
5. Metodología	29
5.1. Área de Estudio.....	29
4.2.21 Acceso.....	31
5.2. Descripción biofísica del área de estudio.....	32
4.2.22 Clima.....	32
4.2.23 Uso de suelo	32
4.2.24 Geomorfología	34
4.2.25 Pendientes	38
4.2.26 Geología Regional.....	40
5.3. Materiales	42

5.4. Procedimiento	42
5.5. Metodología del primer objetivo	44
4.2.27 Levantamiento topográfico	45
4.2.28 Levantamiento geológico	50
4.2.29 Resistividad eléctrica	54
5.6. Metodología del segundo objetivo.....	60
4.2.30 Ensayos geotécnicos	60
4.2.31 Caracterización del macizo rocoso	64
5.7. Metodología para el tercer objetivo.....	68
4.2.32 Método de equilibrio límite.....	70
4.2.33 Factor de seguridad.....	70
6. Resultados	74
6.1. Resultados para el primer objetivo	74
4.2.34 Geología local	74
6.2. Resultados para el segundo objetivo.....	83
4.2.35 Ensayo de Penetración Estándar	83
4.2.36 Propiedades físico -mecánicas del macizo rocoso	84
6.3. Resultados para el tercer objetivo.....	87
4.2.37 Modelo estático	88
4.2.38 Modelo Pseudo-estático suelo.....	96
7. Discusión	99
8. Conclusiones	101
9. Recomendaciones	103
10. Bibliografía	104
11. Anexos	107

Índice de tablas:

Tabla 1. Puntos de control.....	31
Tabla 2. Materiales de campo y de oficina	42
Tabla 3. Ubicación Geográfica de los afloramientos	51
Tabla 4. Aspectos para la caracterización de las litologías en la ortofoto.	53
Tabla 5. Coordenadas de los SEV realizados en la zona de estudio.	55
Tabla 6. SEV 1.....	56
Tabla 7. Perfil Estratigráfico- SEV 2	57
Tabla 8. Perfil Estratigráfico- SEV 3	58
Tabla 9. Normas para ensayos de laboratorio.	61
Tabla 10. Coordenadas de los SEV realizados en la zona de estudio.	61
Tabla 11. Clasificación para el RMR de Bieniawski.	66
Tabla 12: Clasificación RMR de Bieniawski.....	67
Tabla 13: Calidad del Macizo rocoso según GSI.....	67
Tabla 14. Ubicación de los taludes para el Fs.....	68
Tabla 15. Valor de Z.	72
Tabla 16. Factor de sitio actual	72
Tabla 17. Resumen de datos de campo, de laboratorio y resistencias obtenidas.....	83
Tabla 18. Resultados CR de cada ensayo de penetración estándar.....	84
Tabla 19. Ubicación de afloramientos.	84
Tabla 20. Resultados RQD Macizo (Lutita Calcareá)	86
Tabla 21: Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR J1	86
Tabla 22. Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR. J2	86
Tabla 23. Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR. J3	86
Tabla 24. Resultados RMR	86
Tabla 25. Resultado RMR del macizo (Lutita calcárea).....	87
Tabla 26. Parámetros geotécnicos Abscisa 0+328.....	88
Tabla 27. Parámetros geotécnicos, talud 2.....	89
Tabla 28. Parámetros geotécnicos, talud 3.....	92
Tabla 29. Parámetros geotécnicos, talud 4.....	94
Tabla 30. Resumen Factor de Seguridad, modelo Estático.....	96
Tabla 31: Condiciones Pseudoestáticas	97
Tabla 32. Resumen Factor de Seguridad, modelo Pseudoestático.....	98

Índice de figuras:

Figura. 1. Levantamiento por afloramientos.....	13
Figura. 2. Tipos de movimiento de Ladera	15
Figura. 3. Dispositivo Electrónico tipo Schlumberger.....	17
Figura. 4. Definición de los límites de Atterberg.....	20
Figura. 5. Determinación del GSI por condición conjunta y RQD.....	23
Figura. 6. Relación tensional y esfuerzo cortante; criterio Mohr-Coulomb	24
Figura. 7. Representación estereográfica de planos de discontinuidad.....	26
Figura. 8. Rotura circular	27
Figura. 9. Ubicación geográfica de la vía de estudio	30
Figura. 10. Acceso a la vía de estudio	31
Figura. 11. Mapa de Uso de Suelo de la vía La Yona-Chicaña, sector San Juan.	33
Figura. 12. Relieve colinado medio	34
Figura. 13. Terraza baja y cause actual.....	35
Figura. 14. Valle fluvial, llanura de inundación	35
Figura. 15. Geomorfología de la vía la Yona-Chicaña, sector San Juan.	37
Figura. 16. Modelo Builder para pendientes de la zona de estudio.	38
Figura. 17. Pendientes de la vía La Yona – Chicaña.	39
Figura. 18. Mapa de Geología de la parroquia Chicaña.	41
Figura. 19. Flujograma de la metodología utilizada.	44
Figura. 20. Topografía de la vía la Yona – Chicaña, sector San Juan	47
Figura. 21. Perfil topográfico A - A'	48
Figura. 22. Perfil topográfico B - B'	49
Figura. 23. Perfil topográfico C - C'	50
Figura. 24. Ubicación de afloramientos en la vía La Yona-Chicaña, sector San Juan.	52
Figura. 25. Equipo en terreno	55
Figura. 26. Curva de resistividad aparente SEV 1	56
Figura. 27. Curva de resistividad aparente SEV 2	57
Figura. 28. Curva de resistividad aparente SEV 3	58
Figura. 29. Correlación de SEVS.....	59
Figura. 30. Resultados de Ensayo de Penetración Estándar Nro.1.	62
Figura. 31. Resultados del Ensayo de Penetración Estándar Nro.2.	63
Figura. 32. Resultados del Ensayo de Penetración Estándar Nro. 3.	64
Figura. 33. Trabajo en campo de resistencia a la compresión simple con esclerómetro	65

Figura. 34. Relación de tiempo de estabilidad de acuerdo al resultado de RQD.....	67
Figura. 35. Mapa de ubicación de taludes de factor de seguridad	69
Figura. 36. Perfil y coordenadas para el factor de seguridad.....	70
Figura. 37. Zonas sísmicas del Ecuador.....	72
Figura. 38. Afloramiento N°1 caracterizado por terrazas aluviales	74
Figura. 39. Afloramiento N°10, caracterizado por un depósito coluvial.	75
Figura. 40. Afloramiento N°3 caracterizado por granodiorita meteorizada.....	76
Figura. 41. Afloramiento N°5, compuesto por arenisca cuarcítica	77
Figura. 42. Afloramiento N°7, caracterizado por lutitas marrones.	78
Figura. 43. Afloramiento N.º 11, caracterizado por lutitas calcáreas	79
Figura. 44. Deslizamiento	80
Figura. 45. Geología del área de estudio.....	81
Figura. 46. Corte Geológico A-B.....	82
Figura. 47. Zonificación del talud N°1.....	85
Figura. 48. Estación para caracterización del macizo rocoso N°1.	85
Figura. 49. Diseño del talud de roca para análisis de estabilidad, talud 1	88
Figura. 50. Análisis de FS general no circular, talud 1	89
Figura. 51. Análisis de FS general circular, talud 1	89
Figura. 52. Parámetros de resistencia a la compresión simple en RocLab.	90
Figura. 53. Parámetros del índice de resistencia geológica, en Roclab	90
Figura. 54. Diseño del talud de roca para análisis de estabilidad, talud 2	91
Figura. 55. Análisis de FS general no circular, talud 1.....	91
Figura. 56. Análisis de FS general circular, talud 2.....	92
Figura. 57. Diseño del talud de roca para análisis de estabilidad, talud 3	93
Figura. 58. Análisis de FS general no circular, talud 3.....	93
Figura. 59. Análisis de FS general circular, talud 3.....	94
Figura. 60. Parámetros del índice de resistencia geológica.	94
Figura. 61. Diseño del talud de roca para análisis de estabilidad, talud 4	95
Figura. 62. Análisis de FS general no circular, talud 4.....	95
Figura. 63. Análisis de FS general circular, talud 4.....	96

Índice de anexos:

Anexo 1. Ficha para caracterización de afloramientos.	107
---	-----

Anexo 2. fichas de levantamiento geológico	108
Anexo 3. Ficha de deslizamientos.....	121
Anexo 4. Fichas de levantamiento de deslizamientos.....	122
Anexo 5. Resultados de los ensayos de clasificación de suelos.....	127
Anexo 6. Registro en campo de resistividades (SEV)	130
Anexo 7. Curvas de resistividad	133
Anexo 8. Fichas Técnicas para caracterización del macizo rocoso	134
Anexo 9. Ficha General de descripción del macizo rocoso	135
Anexo 10. Resultados de caracterización del macizo rocoso en campo.....	136
Anexo 11. Clasificación geomecánica RMR de Bieniawski para el macizo N°1.....	136
Anexo 12. Afloramientos de la zona de estudio.	137
Anexo 13. Ortofoto de la zona de estudio.....	138
Anexo 14. Uso de suelo de la zona de estudio.....	139
Anexo 15. Geomorfología regional de la zona de estudio.....	140
Anexo 16. Pendientes de la zona de estudio.	141
Anexo 17. Geología regional de la zona de estudio.....	142
Anexo 18. Líneas de SEVs de la zona de estudio.....	143
Anexo 19. Topografía de la zona de estudio.....	144
Anexo 20. Geología de la zona de estudio.....	144
Anexo 21. Corte geológico	144
Anexo 22. Certificación de traducción del resumen	145

1. Título

Caracterización Geológica - Geotécnica de la vía la Yona - Chicaña, sector San Juan, ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.

2. Resumen

El presente trabajo de Titulación denominado "Caracterización Geológica y Geotécnica de la vía La Yona-Chicaña, sector San Juan" se justifica en función de la necesidad de obtener una comprensión detallada de las propiedades geológicas y geotécnicas del área de estudio, que corresponde al sector San Juan en la parroquia de Chicaña. Esta investigación es esencial debido a la relevancia de la infraestructura vial en esta zona, ya que permite evaluar las condiciones de la vía. Además, al proporcionar una caracterización precisa de las condiciones geológicas y geotécnicas.

El área en estudio se caracteriza por un terreno variado, que abarca desde pendientes suaves hasta abruptas, aunque en general, no se considera una zona con relieves pronunciados. A pesar de esta aparente uniformidad topográfica, se ha demostrado que las características geotécnicas del suelo varían significativamente en diferentes áreas.

Para comprender en profundidad el comportamiento del suelo en la zona, se llevaron a cabo ensayos geotécnicos, que son: Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs) y Ensayo de Penetración Estándar (SPT). Estos ensayos proporcionaron información sobre las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Uno de los encuentros más significativos de la investigación fue la identificación de distintas zonas geológicas en la zona de estudio. Estas incluyen áreas de depósitos aluviales, una zona intrusiva de granodiorita meteorizada, áreas de areniscas cuarzosas y zonas de lutitas calcáreas. Cada una de estas zonas presenta características geológicas únicas que afectan directamente las propiedades geotécnicas del suelo.

El análisis de estabilidad de los taludes a lo largo de la vía fue uno de los principales puntos de estudio. Los cálculos del factor de seguridad revelaron que la mayoría de las áreas propensas a la inestabilidad se encuentran en la mesa de la vía. Esta información es esencial para la planificación y ejecución de medidas específicas de mitigación destinadas a garantizar la estabilidad de la infraestructura y la seguridad de quienes la utilizan.

Palabras claves: *Geología, geotecnia, abruptas, talud, factor de seguridad, mitigación.*

Abstract

The following Graduation Thesis titled "Geological and Geotechnical Characterization of the road La Yona-Chicaña, San Juan sector" is justified by the need to obtain a detailed understanding of the geological and geotechnical properties of the study area, corresponding to the San Juan sector in the Chicaña province. This research is essential due to the relevance of the road infrastructure in this area, as it allows for the assessment of road conditions. Furthermore, it provides a precise characterization of the geological and geotechnical conditions.

The study area is characterized by varied terrain, ranging from gentle slopes to steep ones, although overall, it is not considered an area with pronounced reliefs. Despite this apparent topographic uniformity, it has been demonstrated that the geotechnical characteristics of the soil vary significantly in different areas.

To deeply understand the soil behavior in the area, geotechnical tests were conducted, namely: Vertical Electrical Soundings (VES) and Standard Penetration Test (SPT). These tests provided information on the physical and mechanical properties of the soil.

One of the research's most significant findings was identifying different geological zones in the study area. These include areas of alluvial deposits, an intrusive zone of weathered granodiorite, quartzose sandstone areas, and areas of calcareous shales. Each of these zones presents unique geological characteristics that directly affect the geotechnical properties of the soil.

The stability analysis of the slopes along the road was one of the main focal points of the study. Safety factor calculations revealed that most areas prone to instability are located on the road table. This information is essential for the planning and execution of specific mitigation measures aimed at ensuring the stability of the infrastructure and the safety of those who use it.

Keywords: *Geology, geotechnics, steep, slope, safety factor, mitigation.*

3. Introducción

Una caracterización geológica geotécnica garantiza comprender y explicar recopilación de información basada principalmente en las características del suelo, en su mayoría con fines urbanísticos debido a la gradual crecida de la población; caracterizando materiales y definiendo su comportamiento. Así, cuando se trata de taludes es necesario conocer su naturaleza y clasificación, lo mismo que las propiedades físicas y mecánicas para evaluar su estabilidad donde se desea realizar una planificación vial.

En el contexto de la planificación y el desarrollo de infraestructuras viales, la comprensión precisa de las condiciones geológicas y geotécnicas se constituye como un pilar fundamental para garantizar la seguridad y la estabilidad de las obras. En este sentido, la vía La Yona - Chicaña, ubicada en el sector San Juan de la parroquia Chicaña, en el cantón Yantzaza de la provincia de Zamora Chinchipe, representa un área de estudio de gran relevancia.

Esta área, que ha experimentado una intervención antrópica significativa a través de actividades como excavaciones y deforestación para la apertura de vías de acceso vehicular. Estas intervenciones humanas, si bien pueden facilitar el acceso a la comunidad, también han desencadenado preocupaciones en relación con el aumento de amenazas por deslizamientos de tierra y otros eventos geotécnicos adversos.

Los taludes y laderas presentes en esta zona son elementos críticos de considerar, ya que su estabilidad no solo afecta la funcionalidad de la vía, sino también la seguridad de quienes la utilizan y la preservación del entorno natural circundante. Al determinar la caracterización geológica y geotécnica de la vía, esta investigación tiene como objetivo proporcionar información crucial para la mitigación de riesgos, la planificación de medidas preventivas y el diseño adecuado de la infraestructura vial en la parroquia de Chicaña.

En este contexto, esta tesis se propone abordar la caracterización geológica y geotécnica de la vía La Yona - Chicaña en el sector San Juan, la cual abarca un área de 63 Ha, con un enfoque particular en la evaluación del factor de seguridad de los taludes. El objetivo primordial de esta investigación es proporcionar una comprensión en profundidad de las condiciones geológicas y geotécnicas de la zona de estudio, con el fin de evaluar la estabilidad de los taludes y, en última instancia, contribuir a la planificación y el diseño seguros de la vía.

Para la ejecución del presente Trabajo de Titulación se plantearon los siguientes objetivos

- Objetivo general

Generar una caracterización geológica y geotécnica de la vía La Yona - Chicaña, sector San Juan, ubicado en la parroquia Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.

- Objetivos específicos

- Ejecutar el levantamiento geológico-estructural a detalle de la faja delimitada 100 metros del eje de vía.
- Definir las propiedades físico – mecánicas de los materiales existentes en la zona de estudio, empleando métodos adecuados según el tipo de material.
- Determinar la caracterización geológica y geotécnica de la vía, en base a el factor de seguridad de los taludes.

4. Marco teórico

4.1. Topografía

La topografía es una ciencia aplicada que se dedica a determinar la posición relativa de puntos en la superficie terrestre y representar esta información en un plano. Es una disciplina que engloba diversos métodos para recopilar datos sobre las características físicas de la Tierra, como el relieve, las costas, los cursos de agua y otras características naturales, así como las construcciones humanas. Para lograr esto, la topografía emplea una variedad de técnicas, que incluyen la medición tradicional en campo, la fotogrametría y la utilización de sensores remotos. (Rincón, Vargas, & González, 2017)

4.2. Levantamiento topográfico

De acuerdo con la investigación realizada por (Rincón, Vargas, & González, 2017), la topografía se define como el conjunto de procedimientos empleados para determinar la posición de puntos en el espacio y representarlos en un plano. Este conjunto de procedimientos comprende las siguientes etapas:

- Seleccionar el método de levantamiento adecuado.
- Elegir el equipo necesario para llevar a cabo las mediciones.
- Identificar y ubicar los posibles puntos de referencia que servirán como vértices de apoyo.
- Llevar a cabo mediciones en el terreno.
- Realizar cálculos y procesar los datos obtenidos.
- Finalmente, elaborar los planos correspondientes.

4.2.1 Instrumentos que se utiliza para mediciones topográficas

4.2.1.1 Métodos directos

- Teodolito: permite llevar a cabo desde mediciones sencillas hasta levantamientos y replanteos de alta precisión. Este dispositivo combina varios componentes esenciales, como una brújula, un telescopio central y círculos graduados tanto en posición horizontal como vertical. Esta estructura mecánica posibilita la obtención de información como rumbos, así como ángulos tanto en planos horizontales como verticales. (Alcántara, 2014)
- Estación total: Como se señala en la investigación de Alcántara (2014), la estación total representa un dispositivo electro-óptico utilizado en el campo de la topografía, y su operación se basa en la aplicación de la tecnología electrónica.

La estación total se compone de un teodolito electrónico al que se le han incorporado un distanciómetro y un microprocesador. Su funcionamiento se rige por un principio geométrico ampliamente conocido, la triangulación, que en este contexto implica la determinación de las coordenadas geográficas de un punto desconocido a partir de la información proporcionada por dos puntos previamente conocidos.

4.2.1.2 Métodos indirectos

- GPS: El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se trata de un sistema de navegación compuesto por una constelación de 24 satélites que orbitan a una altitud de aproximadamente 20.000 kilómetros sobre la superficie de la Tierra. Estos satélites se desplazan en órbitas móviles y transmiten datos precisos sobre su posición y la hora actual. Esto, a su vez, permite calcular con gran precisión la ubicación exacta de un receptor en la superficie terrestre. (Ribeiro, 2003)
- Dron: De acuerdo con las observaciones de Puerta (2015), se considera que un DRONE se clasifica como un vehículo con características aerodinámicas especiales que lo asemejan en muchos aspectos a una aeronave. Algunos de estos drones, particularmente los de uso militar, presentan dimensiones relativamente grandes, comparables a las de aviones de combate, lo que les proporciona la robustez y la capacidad necesarias para transportar armas, sistemas de comunicación, hardware especializado y combustible.
- Para garantizar que estos dispositivos funcionen de manera precisa y generen información confiable, es esencial emplear técnicas de control fotográfico en tierra para realizar ajustes en los datos recopilados. Los drones también están siendo adoptados en un número cada vez mayor de aplicaciones civiles, como en el ámbito de la topografía, donde se utilizan técnicas de fotogrametría para llevar a cabo diversas tareas.

4.3. Geología

Rivera Mantilla (2005) menciona que “La geología es la ciencia que estudia la tierra, su composición, su estructura, los fenómenos que han ocurrido y ocurren en la actualidad, su evolución como planeta, su relación con los astros del Universo, así como la evolución de la vida mediante los documentos que de ella han quedado en las rocas.”

La geología no se limita a ser una disciplina puramente teórica y especulativa; al contrario, se trata de una especialidad fundamental que desempeña un papel crucial en la gestión

racional de los recursos naturales de un país y su aplicación directa en diversas actividades humanas. Esta vertiente se conoce como geología aplicada o económica y abarca una serie de campos clave, como la localización y explotación de recursos minerales, petróleo, gas natural, energía geotérmica, aguas termales y la geología ambiental, que se enfoca en las interacciones entre las personas y el entorno físico, especialmente en la prevención de riesgos geológicos como deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas y terremotos que pueden afectar a las poblaciones. Además, la geología aplicada se extiende actualmente a los estudios geológicos de la Luna y otros planetas. Estos conocimientos teóricos y prácticos se aplican en diversos campos, como la agricultura, la construcción de infraestructuras civiles, la minería, la industria de hidrocarburos, la gestión de aguas subterráneas, entre otros.

4.2.2 Litología

La litología, según lo expuesto por (Construc, 2018), se refiere al campo de estudio dentro de la geología que se dedica a investigar las propiedades físicas y químicas de las rocas que conforman una formación geológica específica, así como su influencia en la configuración del relieve terrestre. A diferencia de la petrología, que se centra en el estudio de tipos particulares de rocas, la litología adopta un enfoque territorial y se interesa por todas las rocas presentes en una región determinada.

4.2.3 Estudio geológico

Como menciona (Herrera Herbert & Castilla Gómez, 2012), esta etapa es realizada por personal con afinidad a la rama de la geología, donde se ejecuta una cartografía geológica de superficie que permite identificar los principales condicionantes geológicos de la obra a realizar. Así mismo, debe servir para marcar las pautas con las que se debe diseñar la campaña de reconocimiento geotécnico de campo.

Los estudios geológicos son esenciales para llevar a cabo un diseño preciso, cálculo, tratamiento y control adecuados en proyectos de construcción civil. Estos estudios se realizan con el propósito de prevenir problemas, deslizamientos y cualquier tipo de inestabilidad que pueda afectar a estas estructuras.

Según (Herrera Herbert & Castilla Gómez, 2012), un estudio de geología implica la caracterización minuciosa de las propiedades de los materiales geológicos y la evaluación de cómo responden bajo diferentes cargas o sollicitaciones. En este proceso, se llevan a cabo diversas prospecciones geotécnicas en el terreno y se realiza una meticulosa recolección de muestras que posteriormente se someten a un análisis exhaustivo en el laboratorio. Este enfoque integral permite la creación de un modelo geológico adaptado a los objetivos y el alcance del

estudio. Además, este modelo permite la caracterización detallada de las propiedades de los materiales y la identificación de sus discontinuidades.

Un estudio geológico completo implica no solo la recolección de datos en el campo, sino también su análisis en el laboratorio, lo que proporciona una visión más completa y precisa de las características geológicas y geotécnicas de la zona de estudio, permitiendo tomar decisiones informadas en proyectos relacionados con la geología y la ingeniería geotécnica.

4.2.4 Mapeos geológicos

Como menciona Echeveste (2017) el mapeo geológico implica la traslación de las observaciones geológicas efectuadas en el campo hacia diversos tipos de mapas base, como se mencionó previamente. Un mapa geológico efectivo se elabora mayormente a partir de las observaciones directas realizadas en el campo y presenta las siguientes características:

a) La información registrada debe ser imparcial y derivar de un minucioso análisis de las rocas y las exposiciones en el terreno, sin prejuicios preconcebidos.

b) Debe incluir tanto datos observados en el sitio (datos) como interpretaciones derivadas de esas observaciones geológicas. Sin embargo, se debe establecer una clara distinción para que el usuario pueda discernir entre la información confirmada in situ y las conclusiones extraídas de las observaciones (interpretación). Por ejemplo, es fundamental diferenciar los contactos estratigráficos observados en afloramientos de aquellos que se basan en el mapeo de fragmentos de roca dispersos en la superficie, datos obtenidos a partir de análisis de suelos o mediante fotointerpretación.

c) Las relaciones geológicas y temporales entre unidades y estructuras deben ser coherentes en todo el mapa geológico.

d) Los datos deben presentarse con un nivel de detalle apropiado para la escala del mapa, evitando que el mapa sea excesivamente complejo o carezca de la información necesaria para su comprensión.

4.4. Geología estructural

La Geología Estructural es una disciplina de la Geología que se enfoca en el análisis de las características estructurales de las masas rocosas que conforman la superficie terrestre. Su objetivo abarca la investigación de la distribución geográfica de estas características, la consideración del tiempo geológico y la exploración de las causas subyacentes a su formación. Además, desempeña un papel fundamental en la identificación, descripción y representación gráfica de estas estructuras en mapas y secciones geológicas.

Las estructuras geológicas pueden estudiarse en diferentes escalas, desde el nivel

microscópico utilizando instrumentos como el microscopio petrográfico y estereoscópico, hasta observaciones a simple vista en láminas delgadas, muestras de mano, afloramientos, fotografías aéreas o imágenes satelitales. Se agrupan en microestructuras, mesoestructuras y macroestructuras, cada una con características distintivas relacionadas con su origen, edad y el tipo de material en el que se desarrollaron.

Dentro de esta diversidad, las estructuras geológicas se dividen en primarias y secundarias, pero la Geología Estructural se concentra exclusivamente en el estudio de las estructuras geológicas que se formaron como resultado de procesos de deformación. (Arellano et al., 2002)

4.5. Deformaciones de las rocas

Según lo indicado por González de Vallejo et al. (2002), la deformación es un concepto amplio que se utiliza para describir las alteraciones en la forma y/o el volumen que pueden experimentar las rocas debido a la aplicación de fuerzas. Cuando una roca está sujeta a un esfuerzo que supera su resistencia interna, puede resultar en la fractura de la roca o en su deformación, a menudo manifestada como pliegues.

Las circunstancias y ambientes en los que ocurre la deformación de las rocas son extremadamente diversos, ya que pueden variar desde niveles superficiales hasta profundidades de hasta 40 kilómetros bajo la superficie de la Tierra. Por lo general, estas condiciones implican presiones que pueden exceder los 10 kilobares y temperaturas que superan los 1,000 grados Celsius. Para comprender adecuadamente las condiciones en las que se formó cada estructura geológica, es esencial asociarla a un contexto estructural específico.

4.2.5 Deformación dúctil.

4.2.5.1 Pliegues. Los pliegues se definen como ondulaciones desarrolladas sobre materiales estratificados dotados de suficiente flexibilidad y plasticidad como consecuencia de esfuerzos tectónicos genéricamente compresivos. Las condiciones precisas para su génesis, forma de yacimiento estratificada y capacidad de responder mediante deformación a los empujes orogénico; no obstante, pueden observarse también en materiales metamórficos cuyos caracteres petrográficos actuales no les permitirían plegarse. (Muñoz Jiménez, 2000)

4.2.6 Deformaciones frágiles

4.2.6.1 Fallas. Se trata de una fractura de forma plana o una discontinuidad presente en la corteza terrestre, que puede tener una orientación que varía desde plana hasta ligeramente curva. Esta fractura ha experimentado un desplazamiento en una dirección generalmente paralela a su plano de ruptura debido a la aplicación de fuerzas de cizallamiento. Este tipo de tensión es cuantificable en ambos lados de la superficie de la falla y puede abarcar una escala que va desde dimensiones microscópicas hasta extensiones que alcanzan cientos o incluso miles de kilómetros, como se observa en los límites de las placas tectónicas. (Niemeyer Rubilar, 1999)

4.2.6.2 Características y tipos de fallas

- **Fallas normales.** Cuando el bloque de techo se desplaza hacia abajo con respecto al bloque de muro, ocurre un desplazamiento vertical por esfuerzos distensivos.
- **Fallas inversas.** Cuando el bloque de muro se desplaza hacia arriba con respecto al bloque de techo, ocurre un desplazamiento vertical por esfuerzos compresivos.
- **Fallas en dirección.** Son planos de fractura que muestran un desplazamiento horizontal que es paralelo a la dirección de la falla. Es posible que ocurran en todas las escalas, alcanzando una distancia de cientos de kilómetros y afectando a toda la corteza o siendo solo pequeños accidentes que acompañan a los pliegues.

4.2.6.3 Diaclasas. Se definen como los lineamientos que no presentan desplazamiento se les clasifica como fracturas o diaclasas; al igual que las fallas, las diaclasas son rasgos lineales, orientados de manera preferencial formando dos o más juegos que se interceptan y que actúan como planos de drenaje. (Camargo Puerto, 2004)

Según lo señalado por (Delgado, Padilla, & Barrientos, 2010), la distinción más notable entre una falla y una diaclasa radica en que en el caso de la falla se observan pruebas de un movimiento relativo entre las partes adyacentes a cada lado de la fractura. En cambio, en las diaclasas (a veces denominadas fracturas inmóviles o juntas), no se identifican indicios de tal movimiento.

4.2.7 Métodos para mapeo Geológico - Estructural

4.2.7.1 Métodos de mapeo geológico

- **Mapeo de contacto.** Este enfoque se utiliza en mapeos de regiones a escalas que van desde pequeñas a intermedias, como 1:20,000 o incluso más pequeñas. Su principal característica consiste en plasmar en el mapa las líneas que representan los límites entre las diversas unidades geológicas cuando se cruzan con la superficie topográfica. Una particularidad relevante de este método es que no tiene en cuenta los materiales que recubren la superficie, lo que significa que en el mapa se refleja la composición litológica que se encuentra debajo de las capas superficiales.

En áreas donde la exposición geológica es limitada, es posible que las rocas estén ocultas bajo vegetación o cubiertas por depósitos superficiales delgados y no consolidados, como los productos de la meteorización de las rocas, el suelo (tanto poco como muy desarrollado), detritos acumulados en laderas o coluvio en general. Las distintas litologías que yacen debajo de estos depósitos superficiales pueden inferirse a través del análisis de diversas pistas, como se discutirá más adelante en esta obra. (Llambias, 2017)

- **Mapeo por afloramientos.** Este enfoque de cartografía es fundamental en la elaboración de mapas geológicos detallados que abarcan escalas desde 1:10,000 o incluso más grandes. Es el estilo de mapa que prevalece ampliamente en actividades de exploración minera. Muchos territorios presentan una combinación de áreas con exposiciones de rocas dispersas, algunas más notables que otras, intercaladas con zonas cubiertas por materiales superficiales como vegetación, hielo, agua y similares.

En este método, el geólogo tiene la tarea de examinar con detalle la mayor cantidad de exposiciones rocosas que sea posible. La extensión de cada afloramiento o conjunto de afloramientos se señala en el mapa de campo utilizando un lápiz de color específico correspondiente al tipo de roca o formación geológica correspondiente. (Llambias, 2017)

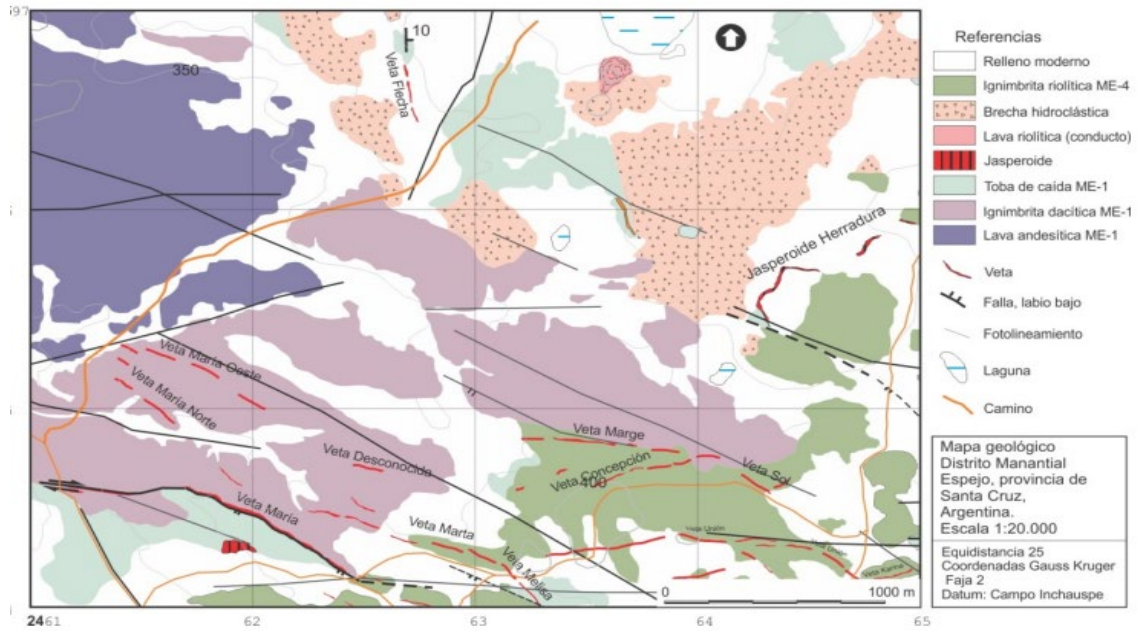


Figura. 1. Levantamiento por afloramientos

Nota: Obtenido de (Llambias, 2017)

4.6. Pendientes

Un mapa de pendiente es considerado como un Modelo Digital de Terreno (MDT), que es definido como un modelo matemático a ser procesado por computadora, que representa la variación continua del relieve en el espacio, considerando que la fuente básica de datos de un MDT es el relieve del terreno o su modelo fotogramétrico. (Pereira & Limberger, 2004)

4.2.8 Metodologías de clasificación para el mapa de pendientes

Clasificación según Demek, 1972

Tabla 1. Clasificación de Pendientes Demek, 1972

RANGO (°)	GRADIENTE (%)	CLASE
0-5	3.5-8.7	Ligeramente Inclinado
5-15	8.7-26.8	Fuertemente Inclinado
15-35	26.8-70	Muy Inclinado
35-55	70-143	Empinado
>55	>143	Vertical

Nota: Obtenido de (J. L. Peña, 1997)

4.7. Geomorfología

4.2.9 Tipos de movimientos.:

En el libro de González de Vallejo et al. (2002), se describen los diferentes tipos de

movimientos de ladera que se presentarán a continuación.

- **Deslizamientos.** Los deslizamientos se refieren a movimientos de masas de suelo o roca que se desplazan de manera relativa respecto a la superficie subyacente a lo largo de una o varias superficies de rotura cuando la resistencia a la fractura de estas superficies es superada. Por lo general, estas masas se mueven de manera conjunta, actuando como una entidad unificada durante su desplazamiento. La velocidad de estos procesos puede variar considerablemente, pero tienden a ser rápidos y pueden implicar volúmenes sustanciales, incluso alcanzando millones de metros cúbicos. En algunas ocasiones, si la masa que se desliza no logra establecer un equilibrio en la base de la pendiente debido a factores como una disminución en su resistencia, contenido de agua o la inclinación del terreno, puede mantener su movimiento a lo largo de distancias significativas y adquirir velocidades muy altas, lo que da lugar a un fenómeno conocido como flujo. Además, es importante mencionar que los deslizamientos también tienen el potencial de provocar avalanchas rocosas.
- **Flujos.** Los flujos o coladas son desplazamientos de masas de suelo (como flujos de lodo o tierra), desprendimientos (coladas de escombros o debris flow) o fragmentos rocosos (coladas de rocas) que contienen una cantidad significativa de agua, haciendo que el material se comporte como un "fluido" y experimente una deformación continua sin mostrar superficies de ruptura definidas. La presencia de agua desempeña un papel fundamental en su desencadenamiento, ya que reduce la resistencia en materiales poco cohesivos. Estos movimientos generalmente afectan a suelos arcillosos que son susceptibles a perder resistencia cuando son movilizados. A menudo, estos desplazamientos son superficiales en relación con su extensión, adoptando una morfología similar a la de los glaciares, y pueden ocurrir en laderas con pendientes bajas, incluso inferiores a 10 grados.
- **Desprendimientos.** Los desprendimientos son caídas libres muy rápidas de bloques o masas rocosas independizadas por planos de discontinuidad preexistentes. Las roturas en forma de cuña y bloques formados por varias familias de discontinuidades son comunes en laderas de zonas montañosas escarpadas, acantilados y, en general, paredes rocosas. La erosión y la pérdida de apoyo o descalce de bloques independizados o sueltos, el agua en grietas y discontinuidades, sacudidas sísmicas, etc.
- **Avalanchas rocosas.** Estos procesos, que en algunas clasificaciones se consideran

desprendimientos o movimientos complejos, son muy rápidos, con la caída de masas de rocas o derrubios de laderas escarpadas, y pueden ir acompañados de hielo y nieve. Durante la caída, las masas rocosas se rompen y pulverizan, creando depósitos con una distribución caótica de bloques de tamaños muy diversos, sin estructura, prácticamente sin abrasión y con gran porosidad.

- **Desplazamientos laterales.** Este tipo de movimiento, también conocido como "extensión lateral" o esparcimiento lateral, se refiere al movimiento de bloques rocosos o masas de suelo cementadas sobre un material blando y deformable. Los bloques se mueven muy lentamente a favor de las pendientes bajas. La pérdida de resistencia del material subyacente, que fluye o se deforma bajo el peso de los bloques rígidos, provoca los movimientos. Los procesos de extrusión lateral de arcillas blandas y húmedas bajo el peso de las masas superiores también pueden causar desplazamientos laterales. Las laderas son suaves y pueden ser muy extensas. Las capas superiores se desintegran produciendo grietas, desplazamientos diferenciales, vuelcos y otros problemas.

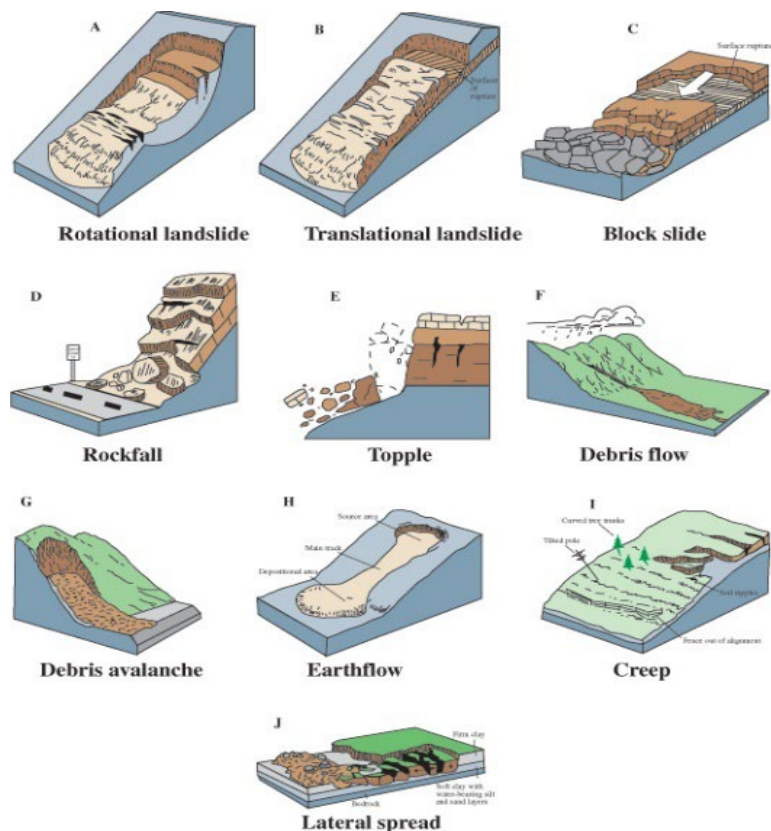


Figura. 2. Tipos de movimiento de Ladera

Nota: Obtenido de (Gersango, 2020)

4.8. Geotecnia.

La geotecnia se ocupa de evaluar las características de los materiales que componen el subsuelo terrestre, tales como su naturaleza, tamaño de partículas, humedad y cohesión, así como las propiedades generales de los suelos. Su objetivo principal es garantizar una interacción adecuada entre el suelo y las estructuras. Esta disciplina se basa en la aplicación de métodos científicos y principios de ingeniería para obtener, interpretar y aplicar conocimientos relacionados con los materiales y procesos presentes en la corteza terrestre. Los conceptos esenciales de la ingeniería geotécnica incluyen la mecánica de suelos, la mecánica de rocas y las deformaciones unitarias en condiciones ideales. Estos principios se emplean en la planificación, diseño y construcción de obras, así como en la prevención de riesgos naturales. (Braja M, 2015, págs. 2-3)

4.2.10 Estudio geotécnico

(NEC, 2014, pág. 6) señala que un estudio geotécnico comprende todas las actividades relacionadas con la exploración en campo, la investigación del subsuelo, los análisis de resistencia y deformación, así como las recomendaciones de ingeniería necesarias para el diseño y la construcción de obras que interactúan con el suelo. El propósito principal de este estudio es asegurar un comportamiento apropiado de las estructuras, tanto la superestructura como la subestructura, con el fin de salvaguardar la vida humana y prevenir cualquier afectación o daño a construcciones cercanas.

4.2.11 Caracterización geotécnica

La caracterización geotécnica consiste en la realización de ensayos de campo y laboratorio para obtener propiedades índices y mecánicas. Los ensayos de campo se realizan para obtener muestras representativas de roca o suelo y información básica, que luego se utilizan para definir perfiles estratigráficos del sitio estudiado y para resolver los problemas.

La exploración geotécnica se lleva a cabo a través de métodos directos e indirectos. Los métodos directos, como los sondeos y las excavaciones, permiten la obtención de muestras para conocer las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas del suelo. Por otro lado, los métodos indirectos, también conocidos como geofísicos, realizan mediciones indirectas de las propiedades físicas de las rocas y el suelo. (Braja, 2012)

4.9. Métodos de exploración geotécnica

4.2.12 Métodos Indirectos (Geofísicos)

Acevedo et al. (2015) mencionan que es posible realizar una evaluación rápida del

subsuelo utilizando una variedad de métodos de exploración geofísica. Estas técnicas utilizan un parámetro físico para identificar formaciones geológicas a profundidad, como la velocidad de transmisión de las ondas en un terremoto o la resistividad en la prospección eléctrica.

4.2.12.1 Resistividad eléctrica. El objetivo del método de resistividad eléctrica por corriente continua, utilizado en la modalidad de sondeos eléctricos verticales (SEV), es identificar varias capas del subsuelo, determinando sus espesores y resistividades, para luego relacionarlas con la litología y las variaciones de humedad para determinar la presencia de acuíferos. Esta técnica es relativamente sencilla y económica.

Los SEV ayudan a comprender mejor la estructura del subsuelo de forma indirecta. La resistividad de un suelo varía según su composición mineralógica (contenido de arcilla), propiedades físico mecánicas (porosidad) y grado de saturación de los materiales componentes. (González de Vallejo et al., 2002). La configuración de electrodos más común es el arreglo Schlumberger (Figura 3), en el que las distancias MN son pequeñas en relación con AB. En general, AB/5 es mayor que MN y AB/20 es mayor. La siguiente fórmula se puede utilizar para encontrar la constante geométrica del arreglo Schlumberger:

$$K = \frac{\pi AB^2 - MN^2}{4MN} \quad (1)$$

Normalmente, la profundidad de investigación alcanzada mediante la configuración Schlumberger es de 1/3 a 1/2 del espacio entre los electrodos de corriente (AB). Un gráfico bilogarítmico muestra los hallazgos: la distancia (AB/2) se representa en abscisas y la resistividad aparente (a) se representa en ordenadas. La tendencia a lo largo de una curva de resistividad aparente que aumenta o disminuye generalmente indica el efecto de otra capa con una resistividad mayor o menor que la anterior.

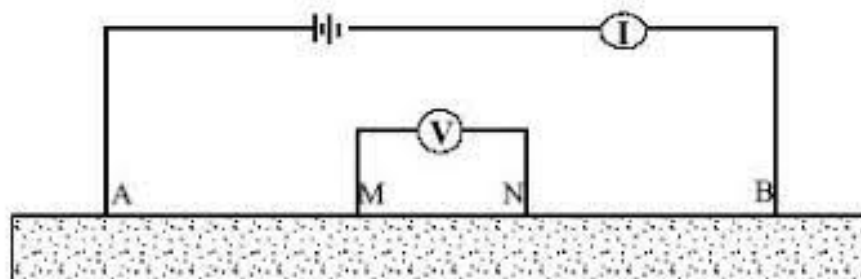


Figura. 3. Dispositivo Electrónico tipo Schlumberger

Nota: Obtenido de (Gersango, 2020)

4.2.13 Métodos Directos.

Estos métodos de exploración se utilizan para obtener muestras para determinar las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas de los materiales. Las muestras representativas obtenidas pueden ser alteradas o inalteradas cuando se requieren parámetros mecánicos mediante pruebas especiales de laboratorio, pruebas de índice o pruebas comunes de laboratorio. (SAPA, 2014)

- **Calicatas Geotécnicas.** Según González de Vallejo et al. (2002), las calicatas son excavaciones que se realizan mediante medios mecánicos convencionales, lo que permite la observación directa del terreno a una profundidad específica, la toma de muestras y el ensayo in situ. Dado su bajo costo y rapidez de ejecución, las calicatas son un método muy utilizado. Permiten el acceso directo al suelo, lo que permite la observación de las variaciones litológicas, estructuras y discontinuidades, así como la toma de muestras de gran tamaño para ensayos y análisis.

Variables a considerar.

- La profundidad generalmente no supera los 4m y la presencia de agua la hace inútil.
- Es necesario permitir la excavación mecánica del suelo.
- Para su ejecución, es necesario cumplir con las normas de seguridad contra derrumbes de paredes y asegurarse de que no haya instalaciones, conducciones, cables, etc.

4.2.13.1 Ensayo de Penetración Estándar (SPT) El ensayo SPT se lleva a cabo in situ, donde se determina un valor de resistencia a la penetración NSPT y se relaciona con otros parámetros geotécnicos como la densidad relativa, el ángulo de rozamiento, la carga permitida y los asentamientos en suelos granulares. Una muestra alterada se obtiene en simultáneo en el ensayo para realizar ensayos de identificación en laboratorio. (González de Vallejo et al., 2002)

4.2.14 Mecánica de suelos

4.2.14.1 Origen y formación de los suelos. Según González de Vallejo et al. (2002) los suelos provienen de la disgregación de la roca madre por los macizos rocosos preexistentes. de la erosión en sus tres facetas: física (con los cambios de temperatura ambiente y el agua, rompen la roca inicial, se fractura de progresiva resultando cada vez más pequeñas que con agentes como el agua,

viento y gravedad, forman el suelo), química (por hidratación, disolución, oxidación, cementación), biológica (con acción bacteriana, los materiales orgánicos sufren putrefacciones y se mezclan con otras partículas de origen físico-químico)

- **Ensayos de mecánica de suelos.** La comprensión de las características físicas del suelo es fundamental para el estudio de la mecánica del suelo, ya que permite predecir el comportamiento futuro del suelo mediante la realización de diversos ensayos para determinar su comportamiento específico.
- **Humedad natural del suelo.** El peso del agua en el suelo en comparación con el peso de los sólidos se conoce como la humedad del suelo en porcentaje. Normalmente oscila entre el 5 y el 8 % en los suelos granulares (arenas y gravas), entre el 60 y el 70 % en los suelos arcillosos, mientras que en los suelos orgánicos puede alcanzar los 300 a los 400 %. La norma ASTM D-2216 se utiliza para realizar un ensayo para determinar el contenido de humedad. Nivel de humedad (w)
- **Análisis granulométrico.** se determina para determinar la distribución del tamaño de las partículas en una muestra de suelo; luego, se clasifican utilizando los sistemas de clasificación establecidos por SUCS o AASHTO. Según la Norma de Construcción Ecuatoriana: Geotecnia y Cimentaciones, el análisis granulométrico debe realizarse de acuerdo con la norma ASTM D 422.
- **Límites de consistencia o Atterberg.** Un suelo arcilloso puede fluir como un semilíquido cuando se mezcla con agua. El suelo se comportará como un material plástico, semisólido o sólido dependiendo de su contenido de humedad a medida que se seca lentamente. El límite líquido (LL) es el porcentaje de humedad del suelo que pasa de un estado líquido a uno plástico. De manera similar, los límites plásticos (LP) y de contracción (LC) se definen en porcentaje cuando el suelo cambia de plástico a semisólido y de semisólido a sólido, respectivamente. Estos límites son conocidos como límites de Atterberg.

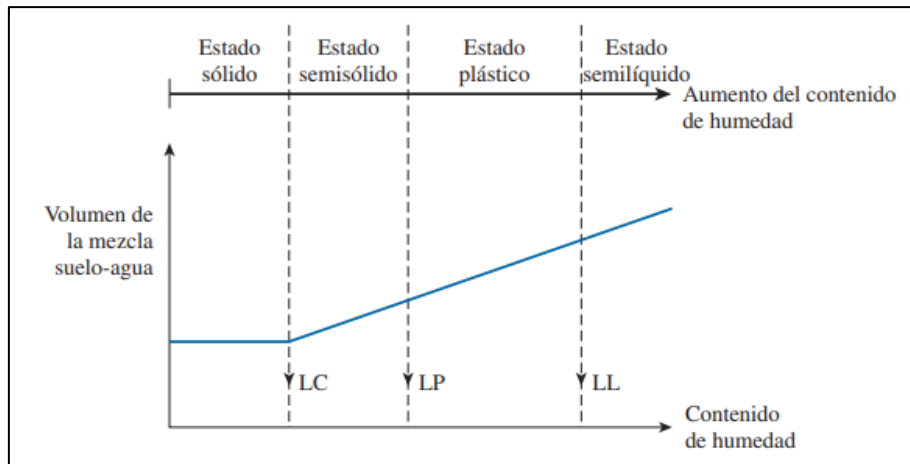


Figura. 4. Definición de los límites de Atterberg.

Nota: Obtenido de (Braja, 2012)

- **Límite de contracción (SL).** se define como el contenido de humedad del suelo en el que la pérdida de humedad no altera el volumen del suelo (designación de prueba ASTM D-427).
- **Límite líquido (LL).** El porcentaje de humedad del suelo por debajo del cual se presenta un comportamiento plástico se conoce como límite líquido. Cuando los suelos tienen niveles de humedad superiores al límite líquido, se comportarán como un fluido viscoso.
- **Límite plástico (PL).** Atterberg definió el límite plástico como la frontera entre los estados plásticos y semisólidos del suelo. Este límite se define en términos de laboratorio como el momento en que, en términos de contenido de humedad, los rollos de aproximadamente 3 mm de diámetro empiezan a desmoronarse y agrietarse. Es crucial destacar que Terzaghi sugirió el diámetro de los rollitos, ya que Atterberg nunca indicó esta medida.
- **Índice de plasticidad.** El porcentaje del peso en seco de la muestra de suelo se utiliza como base para calcular el índice de plasticidad, que muestra el tamaño del intervalo de variación del contenido de humedad con el que el suelo se mantiene plástico. En general, el índice de plasticidad solo se basa en la cantidad de arcilla presente y muestra la delicadeza del suelo y su capacidad para adaptarse a diferentes formas sin reducir su volumen. Un IP alto indica que hay una cantidad excesiva de arcilla o coloides en el suelo. El valor del LP será cero siempre que sea superior o igual al LL.
- **Resistencia cortante del suelo.** La resistencia al corte de una masa de suelo es la

resistencia que proporciona por área unitaria para resistir los esfuerzos y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él. Un material falla debido a una combinación crítica de esfuerzo normal y esfuerzo cortante; la aproximación del esfuerzo cortante sobre el plano de falla es una función lineal del esfuerzo normal.

4.2.15 Clasificación de los suelos

4.2.15.1 Sistema de clasificación AASTHO. Se creó para determinar la practicidad de un material para su uso en la construcción de carreteras y para evaluar la calidad relativa de los suelos de terraplenes, subrasantes, subbases y bases. Este sistema clasifica los suelos inorgánicos en 7 grupos, del A-1 al A-7. El grupo A-1 es el suelo ideal para la subrasante, que es un material bien graduado compuesto de arena y grava con un pequeño contenido de arcilla como agente cementante. La clasificación A-8 se aplica a los suelos orgánicos. (INACAP, 2008)

Cualquier suelo que contenga finos, se identifica, además, por su índice de grupo (IG): a mayor IG, de menor calidad es el suelo. (Terzaghi, 1980)

Este sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

- Tamaño del grano (% que pasan por las mallas N°10, N°40 y N°200)
- Plasticidad (LL, IP)
- Sobretamaños (no se consideran, pero se registran).

4.2.15.2 Sistema de clasificación SUCS. Se creó por Casagrande para ser utilizado en la construcción de aeropuertos y es el método común para clasificar el suelo durante la construcción. Este sistema divide los suelos en dos categorías diferentes. Según la distribución granulométrica, el suelo se considera granular si más del 50% del material está retenido por el tamiz No200, mientras que el suelo se considera fino si más del 50% del material pasa por dicho tamiz. (Terzaghi, 1980)

Este sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

- % de grava y % de arena
- % de finos
- LL e IP (d) Cc y Cu.

4.2.15.3 Clasificaciones geomecánicas Debido a que permiten obtener parámetros

de resistencia y deformabilidad del macizo y estimar los sostenimientos de un túnel, las clasificaciones geomecánicas son actualmente un método fundamental para la caracterización geomecánica de los macizos rocosos. Las clasificaciones geomecánicas RMR y Q son las más utilizadas en túneles. Ambos fueron creados para estimar sostenimientos, pero el parámetro RMR se ha consolidado como un índice geomecánico para evaluar las propiedades del macizo rocoso y también se utiliza para evaluar el sostenimiento.

- **Clasificación RQD, rock quality designation.** El índice RQD muestra la relación entre la longitud total del tramo considerado y la suma de las longitudes de los fragmentos de testigo mayores de 10 cm:

$$RQD = \frac{\sum \text{longitud de los trozos de testigo} > 10 \text{cm}}{\text{longitud total}} \times 100 \quad (2)$$

Para estimar el RQD, solo se toman en cuenta los fragmentos o fragmentos de material recién hechos, sin tener en cuenta las alteraciones significativas (hasta el grado IV), donde el RQD es cero. Cada maniobra de sondeo o cambio litológico debe medir el RQD, y es recomendable que la longitud de maniobra no exceda de 1,5 m. Los testigos deben tener un diámetro mínimo de 48 mm. La determinación de la longitud del testigo se lleva a cabo en el centro del objeto, tomando en cuenta los fragmentos que tienen al menos un diámetro completo. (González de Vallejo et al., 2002, pp.326)

- **Calificación RMR, rocks mass rating. Bieniawski (1989).** Proporcionan valores estimados de sus propiedades resistentes globales y establecen diferentes grados de calidad del macizo en función de las propiedades de la matriz rocosa y las discontinuidades. Los siguientes parámetros geomecánicos se consideran en esta clasificación:

4.2.16 Criterios de rotura Hoek -Brown:

Se refieren a la resistencia máxima que puede soportar una roca. Los proyectos de Mohr-Coulomb y Hoek-Brown son los criterios de rotura más conocidos y por lo tanto aplicados. Aunque la norma generalmente se considera satisfactoria, hay muchas incertidumbres e imprecisiones que han obstaculizado su uso en modelos numéricos y programas informáticos de equilibrio límite. Desde que se publicó por primera vez la norma en 1980, en particular, ha sido un problema encontrar un ángulo de fricción y una resistencia cohesiva equivalentes para una masa de roca específica.

La fracturación (tamaño y forma de los bloques) y la resistencia al corte de discontinuidades son dos aspectos fundamentales del comportamiento de los macizos rocosos que combina GSI. Para el diseño de cimientos, el GSI proporciona un método práctico para evaluar la resistencia del macizo rocoso y el módulo del macizo rocoso utilizando el criterio de falla de Hoek Brown.

ÍNDICE GEOLÓGICO DE RESISTENCIA GSI (<i>geological strength index</i>) A partir de la clasificación obtenida en la Figura 3.94 seleccionar el cuadro correspondiente en este ábaco y obtener el valor medio del índice GSI.		CONDICIÓN DEL FRENTE				
ESTRUCTURA		MUY BUENA (MB) Superficies muy rugosas sin alterar	BUENA (B) Superficies rugosas ligeramente alteradas, con patinas de oxidación	MEDIA (M) Superficies suaves moderadamente alteradas	POBRE (P) Superficies de cizalla muy alteradas con rellenos compactos conteniendo fragmentos rocosos	MUY POBRE (MP) Superficies de cizalla muy alteradas con rellenos arcillosos
	BLOQUES REGULARES (BR) Macizo rocoso sin alterar. Bloques en contacto de forma cúbica formados por tres familias de discontinuidades ortogonales, sin relleno.	80	70			
	BLOQUES IRREGULARES (BI) Macizo rocoso parcialmente alterado. Bloques en contacto de forma angular formados por cuatro o más familias de discontinuidades con rellenos con baja proporción de finos.		60	50		
	BLOQUES Y CAPAS (BC) Macizo alterado, plegado y fracturado con múltiples discontinuidades que forman bloques angulosos y con baja proporción de finos.			40	30	
	FRACTURACIÓN INTENSA (FI) Macizo rocoso muy fracturado formado por bloques angulosos y redondeados, con alto contenido de finos.				20	10

Figura. 5. Determinación del GSI por condición conjunta y RQD

Nota: obtenido de (González de Vallejo et al., 2002)

4.2.17 Criterio de Mohr-Coulomb.

No es una medida adecuada para medir la resistencia. En algunos casos, este criterio puede utilizarse para macizos rocosos resistentes en los que el daño se produce a favor de superficies discontinuas, ya que deben asumirse valores representativos de la cohesión y el ángulo de fricción de la roca.

La siguiente figura muestra cómo se pueden obtener las tensiones normal y tangencial en el plano de rotura a partir de las tensiones efectivas principales:

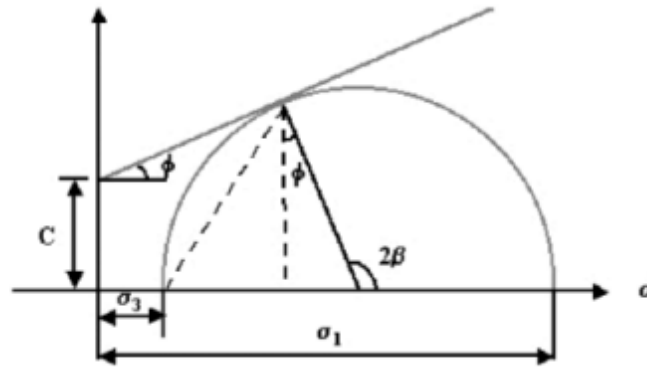


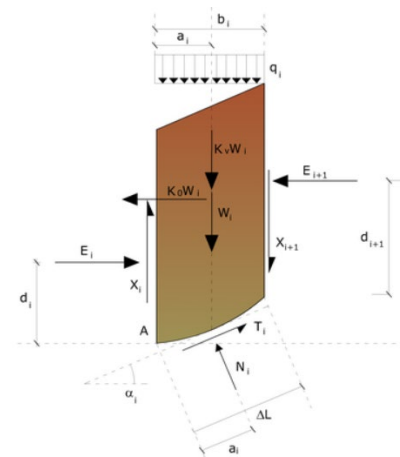
Figura. 6. Relación tensional y esfuerzo cortante; criterio Mohr-Coulomb

Nota: Obtenido de (González de Vallejo et al., 2002)

4.10. Estabilidad de taludes

4.2.18 Método del equilibrio límite

El método del equilibrio límite examina el equilibrio de un cuerpo rígido formado por un talud y una superficie de deslizamiento de cualquier forma (línea recta, arco circular, espiral logarítmica). Las tensiones de corte (τ) se calculan y se comparan con la resistencia disponible (τ_f), que se calcula utilizando el criterio de rotura de Coulomb. De esta comparación se obtiene la primera indicación de estabilidad, que es $F = \tau_f / \tau$. (Ludger, 2016)



El método del equilibrio último incluye la consideración del equilibrio global del cuerpo rígido (Culman), mientras que otros, debido a la falta de homogeneidad, dividen el cuerpo en rebanadas considerando el equilibrio de cada una de ellas (Fellenius, Bishop, Janbu, etc.).

El método sugerido por Janbú, que se implementó en el software PC Stable, se utilizó para los cálculos y se detalla a continuación:

4.2.18.1 Método de Fellenius (1927): En el documento de (Alva, 2015) menciona que con este método (válido solo para superficies de deslizamiento circular) pasa por alto las fuerzas entre las franjas, lo que reduce las incógnitas a:

- n valores de las fuerzas normales N_i ;
- n valores de las fuerzas de corte T_i ;
- 1 factor de seguridad.

Incógnitas $(2n+1)$.

Las ecuaciones disponibles son:

- n ecuaciones de equilibrio traslación vertical;
- n ecuaciones del criterio de rotura;
- ecuación de equilibrio de momentos global.

4.2.18.2 Método de Bishop.; presentó una técnica utilizando Dovelas y teniendo en cuenta la interacción entre las Dovelas. La solución rigurosa de Bishop es muy complicada, por lo que se emplea una versión simplificada de su enfoque.

4.2.18.3 Método de JAMBU (1967). Janbu aplicó el método de Bishop a superficies de deslizamiento. Cuando se trabaja con superficies de deslizamiento, el brazo de las fuerzas cambia, pero en las superficies circulares permanece constante y igual al radio. Por lo tanto, es conveniente considerar la ecuación del momento en relación al ángulo de cada bloque.

$$F = \frac{\sum \{cxb + (W - uxb + \Delta)xtan\phi\} * \frac{sec^2 \alpha}{1 + tan\alpha\phi/F}}{\sum W * tan\alpha} \quad (3)$$

4.2.19 Tipos de rotura en rocas

Los tipos de rotura en rocas están condicionados por el grado de fracturación del macizo rocoso, y por la orientación y distribución de las discontinuidades respecto al talud. Los modelos de rotura más frecuentes son: rotura plana, en cuña, por vuelco, por pandeo y curva.

4.2.19.1 Rotura planar. Se produce a favor de una superficie preexistente por ejemplo la estratificación. Wyllie & Mah, (2004), establecen que:

- La presencia de discontinuidades buzando en la misma dirección y a favor del talud es la condición fundamental.
- La discontinuidad debe estar en una dirección que no exceda los 20 grados de la dirección de la superficie del talud.
- El buzamiento de la discontinuidad debe ser mayor que el buzamiento de la superficie del talud y debe ser mayor que el ángulo de fricción.

4.2.19.2 Rotura en cuña. Corresponde al deslizamiento de un bloque en forma de cuña, formado por dos planos de discontinuidad, a favor de su línea de intersección. Wyllie & Mah, (2004), establecen que:

- La condición fundamental para que se produzca este tipo de rotura es que los dos planos deben aflorar en la superficie del talud y su intersección debe buzarse hacia la cara del talud.

- El buzamiento de la discontinuidad debe ser mayor que el ángulo de fricción y menor que el de la superficie del talud. Siendo s el desplazamiento del talud, j el desplazamiento de la discontinuidad y ϕ el ángulo de desplazamiento interno.

4.2.19.3 Rotura en vuelco. Se caracteriza por la presencia de buzamientos en los estratos de taludes de macizos rocosos que tienen una dirección paralela o subparalela a la inclinación del talud. Este tipo de fractura implica un movimiento de rotación de los bloques, y su estabilidad no depende únicamente de su resistencia al deslizamiento. (González de Vallejo et al., 2002) establecen las siguientes condiciones:

- Debe tener un rumbo aproximadamente paralelo ($\pm 20^\circ$) el plano de rotura en comparación con el plano del talud: $\alpha_p = (\alpha \pm 180^\circ) \pm 20^\circ$.
- El ángulo de inclinación del plano hacia la vertical debe ser menor que el ángulo de buzamiento del talud y, por lo tanto, menor que el ángulo de fricción: $(90^\circ - j) \leq (s - \phi)$. Si se considera el buzamiento del talud, el buzamiento de la discontinuidad y el ángulo de rozamiento interno, se puede inferir que s es el buzamiento del talud.

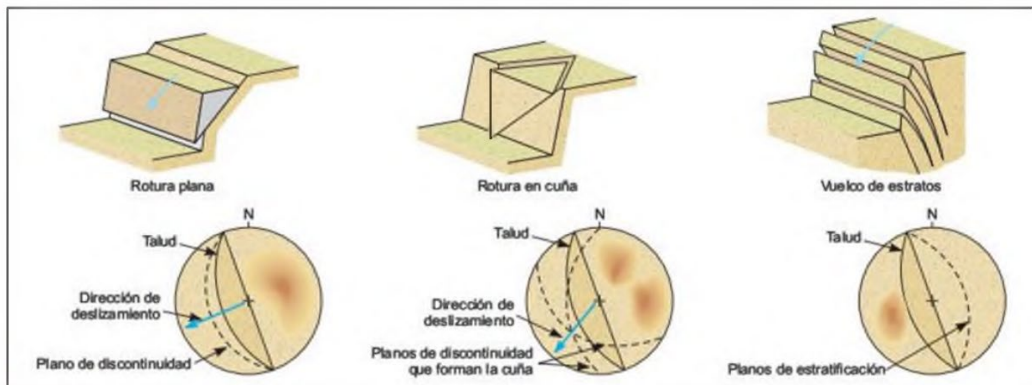


Figura.7. Representación estereográfica de planos de discontinuidad.

Nota:(González de Vallejo et al., 2002, pp. 441)

4.2.19.4 Rotura circular Según Wyllie & Mah (2004), Este tipo de rotura ocurre en masas rocosas muy fracturadas o hechas de material con muy baja resistencia al cortante. Las condiciones para que se produzca la pendiente son las siguientes:

- El material que forma la pendiente es homogéneo, con propiedades uniformes de resistencia al corte a lo largo de la superficie; las partículas individuales en el suelo o la masa rocosa son muy pequeñas en comparación con el tamaño de la pendiente; y discontinuidades en rocas altamente alteradas y desgastadas con espacios muy

cercanos y orientados al azar.

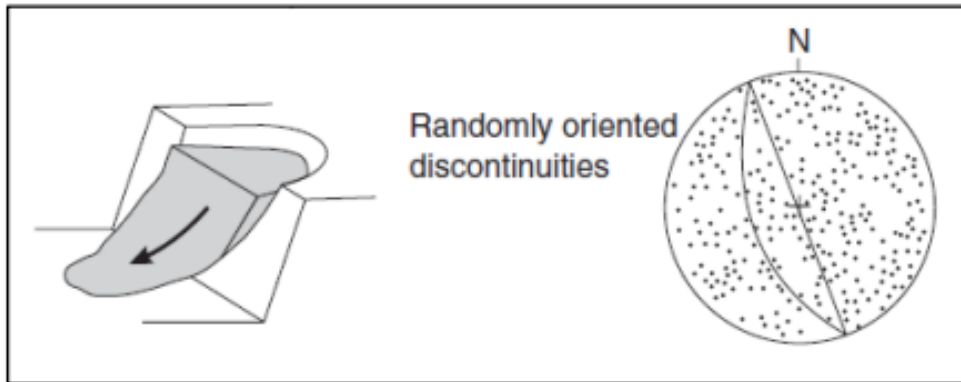


Figura. 8. Rotura circular

Nota: Obtenido de (Suarez, 2009)

4.11. Factor de seguridad

El factor de seguridad se refiere a la amenaza de que el talud pueda colapsar en las peores condiciones para las que se construyó. En el libro de Ludger, (2016), menciona que Fellenius describe el factor de seguridad como la relación entre los esfuerzos de corte críticos que intentan producir la falla y la resistencia real al corte del material del talud. En una superficie de falla:

$$F. S. = \frac{\text{Resistencia al cortante disponible}}{\text{Esfuerzo al cortante actuante}} \quad (4)$$

Como lo menciona Suarez (2009), este factor de seguridad ayuda a determinar cuál es el factor de amenaza para que el talud falle en las peores condiciones para las que fue diseñado.

Los siguientes factores de seguridad de estabilidad de taludes se aplican a un tipo particular de construcción (estructuras de contención): Para cargas estáticas, FS debe ser de 1.3 y para cargas sísmicas, debe ser de 1.1, con Kh de 0.5 A.

González de Vallejo et al. (2002), indican que se utiliza el análisis de estabilidad para el diseño de taludes o cuando presentan problemas de inestabilidad. El coeficiente de seguridad para taludes permanentes debe ser de 1,5 o más. El factor de seguridad para taludes temporales es aproximadamente 1,3. Mientras que Braja (2012), indica que cuando el talud está en un estado de fallo inminente cuando el factor de seguridad es demasiado bajo y aproximadamente igual a 1.

En general un valor de 1,5 para el FS es aceptable para el diseño de un talud estable.

4.2.20 Modelos de estabilidad global de taludes

- **Modelo Estático.** La geometría, los parámetros geológicos, las propiedades y las

características geológicas-geotécnicas de los materiales se toman en cuenta para el modelamiento en condición estática. En este caso, se realizan numerosas rutas de cálculo para determinar las superficies de falla más desfavorables, tomando en cuenta las propuestas de los diferentes criterios de cálculo del suelo (Fellenius, Bishop y Janbú). (Suarez, 2009)

- **Modelo Pseudo-Estático.** Para analizar la estabilidad de este modelo, se emplea un coeficiente sísmico pseudoestático que representa las cargas sísmicas como cargas estáticas horizontales y verticales. (Suarez, 2009)

Metodología

El método de estudio a emplearse fue el método analítico comparativo, en este caso a partir de las muestras recopiladas y los ensayos que se efectuaron en el campo y laboratorio sobre suelo y roca, permitiendo realizar la interpretación de las características del terreno, así como la determinación de las unidades geotécnicas y comparativas por que de acuerdo a los resultados obtenidos se pudo relacionar las características geotécnicas del suelo y roca en diferentes puntos de muestreo.

El enfoque investigativo se consideró mixto: cuantitativo ya que brindó resultados numéricos recolectados en laboratorio y de cálculos y análisis; con la obtención de parámetros específicos, índices y datos que fueron objeto de comparación. Cualitativo con la observación y descripción de las características geológicas que se realizó en el campo de estudio.

Considerando los datos con un tipo de investigación descriptiva ya que según, las evaluaciones, cálculos y parámetros determinados en campo, así como ensayos de laboratorio realizados sirvieron para describir la geotecnia, geología, geomorfología, entre otros. El estudio está fundamentado en el trabajo de campo, ya que se realizó en el lugar en que se producen (sector San Juan), en esta modalidad se tomó contacto en forma directa con la realidad, para obtener información de acuerdo con los objetivos del proyecto.

4.12. Área de Estudio

El proyecto actual se desarrolló en la vía la Yona – Chicaña, sector San Juan, la cual está ubicada en la parroquia rural de Chicaña, en el cantón Yantzaza, en la región meridional de la provincia de Zamora Chinchipe. Conformada por una población rural de 3,250 habitantes. Sus fronteras geográficas incluyen la provincia de Morona Santiago al norte, el cabecera cantonal Yantzaza y la parroquia de Los Encuentros al sur, el cantón El Pangui al este, y el cantón Yacuambi al oeste. El área dispone de una red de carreteras, compuesta por vías pavimentadas de segundo orden, vías con superficie de laja de tercer orden y caminos de herradura, abarcando una extensión total de 26,7 hectáreas.(GAD Parroquial Rural de Chicaña, 2019, pag 12)



Figura. 9. Ubicación geográfica de la vía de estudio

El área de estudio se encuentra situada en la parroquia Chicaña, siendo objeto de estudio la vía de segundo orden que inicia en Chicaña alto, que comunica al sector San Juan, la cual cuenta con una extensión de 3km lineales, una franja de 100 metros respecto al eje de la vía, teniendo así un área 63 hectáreas. En la siguiente tabla, se detallan las coordenadas geográficas de ubicación (UTM WGS84, Zona 17 Sur)

Tabla 1. Puntos de control

Vía de estudio	COORDENADAS WGS84 1984/UTM/17S		
	ESTE	NORTE	ALTURA
Coordenada Inicial	750529	9587603	843
Coordenada Final	750986	9585225	832

4.2.21 Acceso

Para acceder a la zona de estudio se lo puede realizar de la siguiente manera (Figura 10): Mediante vía terrestre, si se toma como referencia la ciudad de Loja la cual se encuentra a una distancia de 117 km se puede acceder a la zona a través de la vía de acceso de primer orden transversal Sur E50 y siguiendo la ruta se llega a Zamora a través de la vía E45 donde nos queda un recorrido de 85 km más, luego avanzamos al cantón Yantzaza y luego hasta La Yona donde con dirección noroeste giramos a la izquierda vía a Chicaña hasta llegar al punto inicial de la vía de estudio; el recorrido continua hasta el sector de San Juan y finalmente hasta el sector de Chicaña Alto que se conecta con la cabecera parroquial de Chicaña. El tiempo estimado de recorrido es de 02h23 min.

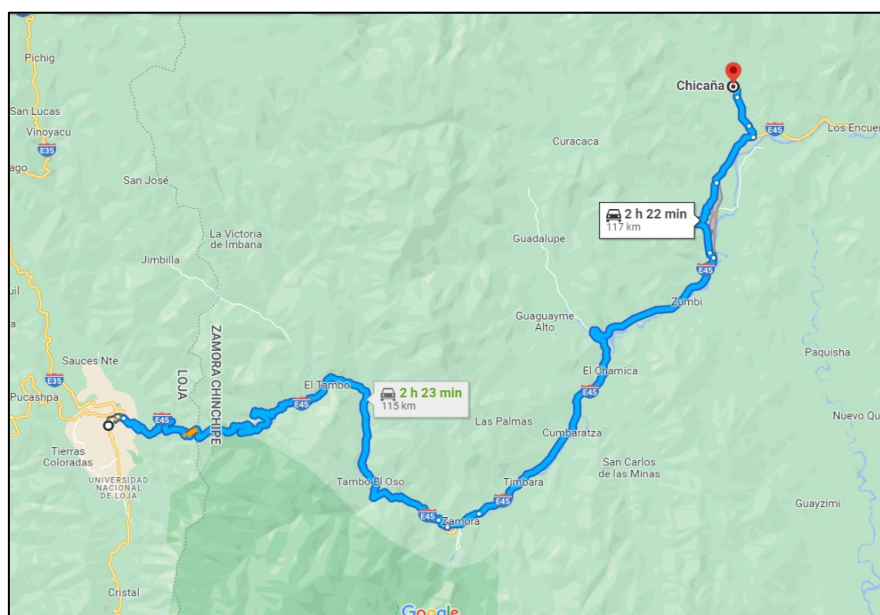


Figura. 10. Acceso a la vía de estudio

Nota: Acceso desde la ciudad de Loja hasta Chicaña. Obtenido de:(Google Maps,2022)

4.13. Descripción biofísica del área de estudio.

4.2.22 Clima

La parroquia rural de Chicaña se ve influenciada por dos tipos de climas. En la parte noreste, prevalece un clima ecuatorial de alta montaña, presente en las vertientes occidentales y orientales de la Cordillera de los Andes, a altitudes de 500 a 1500 msnm. Este clima se caracteriza por una precipitación anual que oscila entre 2000 y 4000 mm, con lluvias constantes y una única estación lluviosa. La temperatura está directamente vinculada a la altitud, y la flora, en su mayor parte, es prácticamente salvaje, aunque la deforestación está ocasionando la destrucción de la mayoría de los bosques en la zona de estudio, que abarca 20,415 hectáreas. En contraste, en la parte suroeste, predomina un clima tropical megatérmico húmedo, caracterizado por precipitaciones anuales elevadas, superando los 300 mm y llegando hasta los 6000 mm en algunos puntos. La temperatura se mantiene en 25 °C casi todo el año, propiciando la presencia continua de vegetación verde y facilitando el desarrollo de selvas tropicales vibrantes típicas de la Amazonía. La superficie total de la parroquia es de 6,289.08 hectáreas.

En la zona de estudio, se registra un rango de precipitaciones que fluctúan entre los 2000 y 2100 mm/año, cubriendo una extensión total de 649.11 hectáreas y representando el 24.31% del área total, siendo este el segundo rango más elevado en la parroquia de Chicaña.

En cuanto a la temperatura en Chicaña, se observan variaciones desde 9 °C en las áreas de mayor altitud hasta 25 °C en las zonas más bajas, predominando temperaturas de 19 a 20 °C en el 21.60% del territorio. Las temperaturas más elevadas, de 21 a 22 °C, se presentan en un 4.37% de la parroquia. Es importante destacar que los valores térmicos registrados en Chicaña no se encuentran dentro del rango óptimo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que establece un intervalo de 18 a 24 °C.

4.2.23 Uso de suelo

Conforme a SIG TIERRAS (2022), el uso del suelo en la zona de investigación se distingue principalmente por cultivos de ciclo corto, cubriendo una extensión de 46.69 hectáreas, lo que equivale al 72.52% del área de estudio. Asimismo, se identifica la presencia de pasto cultivado, abarcando una superficie de 17.31 hectáreas, representando el 27.48% de la zona.

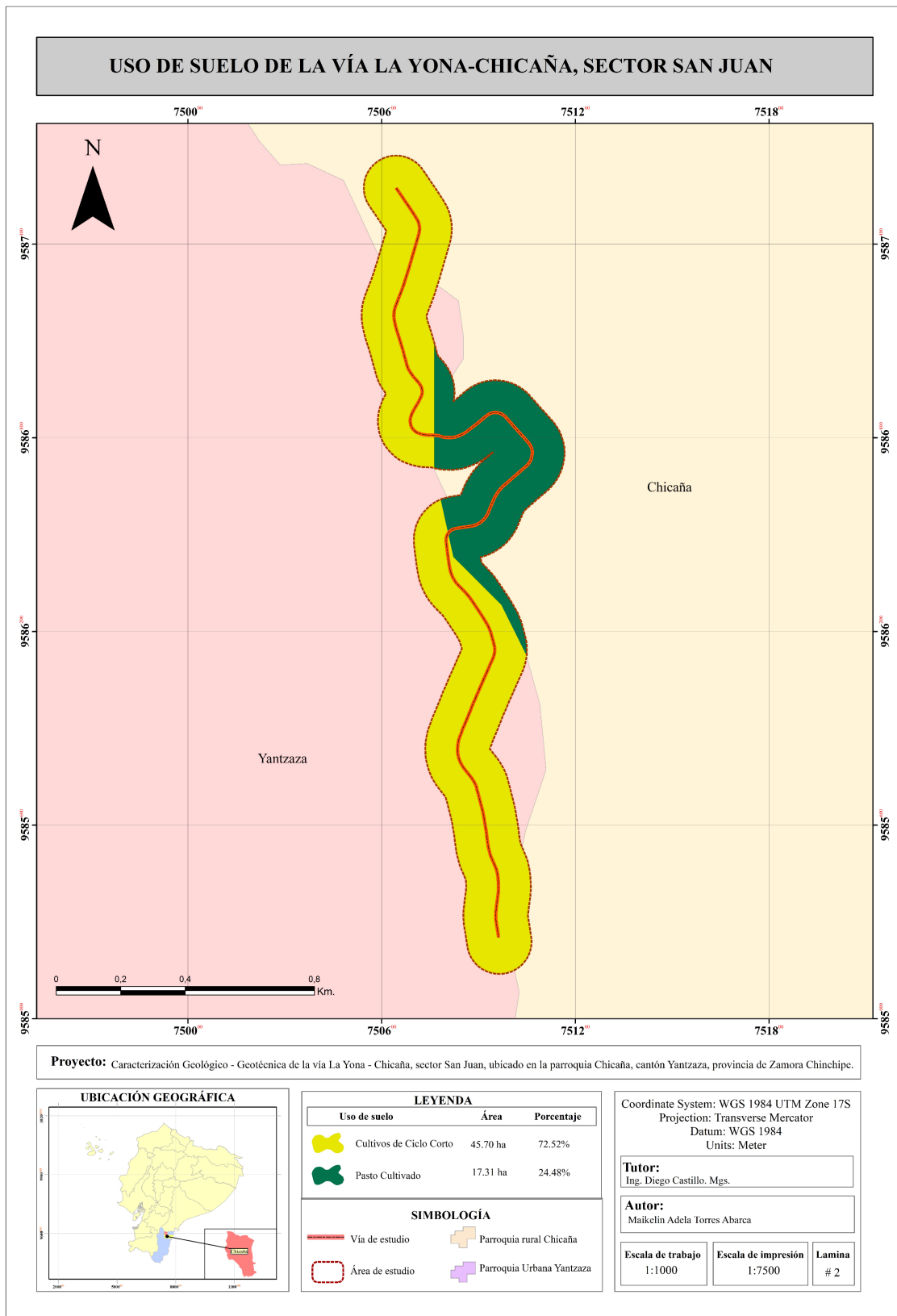


Figura. 11. Mapa de Uso de Suelo de la vía La Yona-Chicaña, sector San Juan.

Nota (SIG Tierras, 2023), adaptado por la autora, 2023

4.2.24 Geomorfología

la generación de unidades geomorfológicas se centra en la subdivisión del territorio en áreas más pequeñas que comparten patrones comunes en términos de su relieve, origen y procesos de formación. basadas en criterios geomorfológicos específicos, con el objetivo de entender y gestionar mejor las características particulares de cada unidad. (Val, 2014)

En la geomorfología desarrollada por (SIG, 2022), el área de estudio se compone de cuatro geoformas, las cuales se detallan a continuación:

- **Relieve volcánico colinado medio**

Esta geoforma se encuentra situada en la parte sureste, del sector San Juan. Tiene lugar en un tipo particular de entorno dentro de la parroquia.

Es característica de diversas formaciones y se desarrolla específicamente en la Formación Misahualli. Su origen es de naturaleza volcánica, con una forma de cima redondeada. Presenta pendientes pronunciadas que oscilan entre el 40% y el 70%, con desniveles relativos muy variables que van desde 50 hasta más de 100 metros. Además, se observan longitudes moderadamente extensas, que varían de 50 a más de 250 metros. (SIG Tierras, 2023)



Figura. 12. Relieve colinado medio

- **Terraza baja y cauce actual y Valle fluvial, llanura de inundación**

Estas dos geoformas se encuentran en la parte noroeste, suroeste y norte respectivamente, del sector San Juan. Tiene lugar en varios entornos dentro de la parroquia.

Estos depósitos se caracterizan por ser aluviales, originados por procesos fluviales, y adoptan la forma de un valle plano. Presentan pendientes muy suaves, generalmente oscilando

entre el 2% y el 5%. Su ubicación se enmarca en un contexto morfológico medio aluvial amazónico. (SIG Tierras, 2023)



Figura. 13. Terraza baja y cause actual



Figura. 14. Valle fluvial, llanura de inundación

- **Vertiente heterogénea**

Esta geoforma se ubica en la porción central de la zona de estudio, destacándose por

ocupar una posición específica en el entorno del sector San Juan.

Esta característica es distintiva en varias formaciones, manifestándose de manera específica en la Formación Tena, cuyo origen se atribuye a procesos de laderas. La topografía presenta pendientes pronunciadas, que oscilan entre el 40% y el 70%, con desniveles relativos altamente variables que abarcan desde 100 hasta más de 200 metros. Asimismo, se observan longitudes considerables, con variaciones en el rango de 250 a 500 metros.

En el ámbito de la geomorfología, es crucial realizar un análisis de los deslizamientos, diferenciando entre los relevantes y los menos significativos presentes en la zona de estudio. En este contexto, se han identificado un total de 5 deslizamientos, siendo los primeros los de mayor relevancia, seguidos por 3 que muestran un desplazamiento menor y están ubicados en la mesa de la vía. Las coordenadas geográficas de estos deslizamientos se detallan en el anexo 4, así como la información detallada sobre cada uno de ellos se encuentra en las fichas correspondientes.

Con el propósito de presentar una comprensión más general de la disposición geomorfológica de la zona, se presenta el mapa geomorfológico, el cual ofrece una representación visual de las características del terreno.

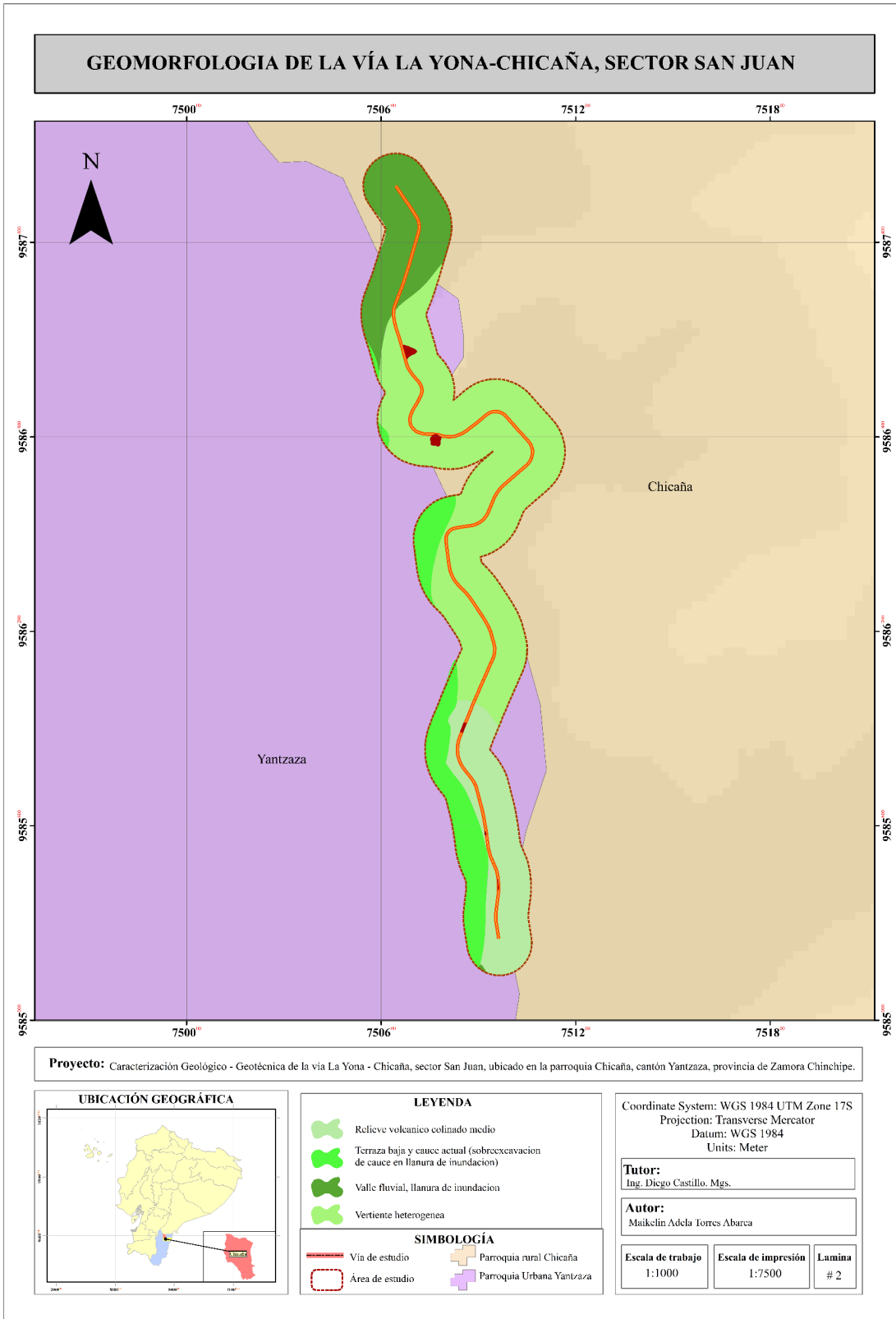


Figura. 15. Geomorfología de la vía la Yona-Chicaña, sector San Juan.

Nota: (SIG Tierras, 2023), adaptado por la autora, 2023

4.2.25 Pendientes

Para confeccionar el mapa de pendientes, se emplearon las Curvas de Nivel y el polígono correspondiente a la zona de estudio. Estos elementos fueron procesados mediante las herramientas de ArcGIS 10.5, dando lugar a la generación de modelos de elevación digital. Posteriormente, se procedió a clasificar y representar las pendientes identificadas en el área de estudio. Se aplicó la clasificación propuesta por Demek en 1972, la cual contempla cinco categorías (ligeramente inclinada, fuertemente inclinada, muy inclinada, empinado y vertical). Además, se confeccionó un modelo Builder (figura 12) que detalla los pasos necesarios para la creación de las pendientes en la zona de estudio.

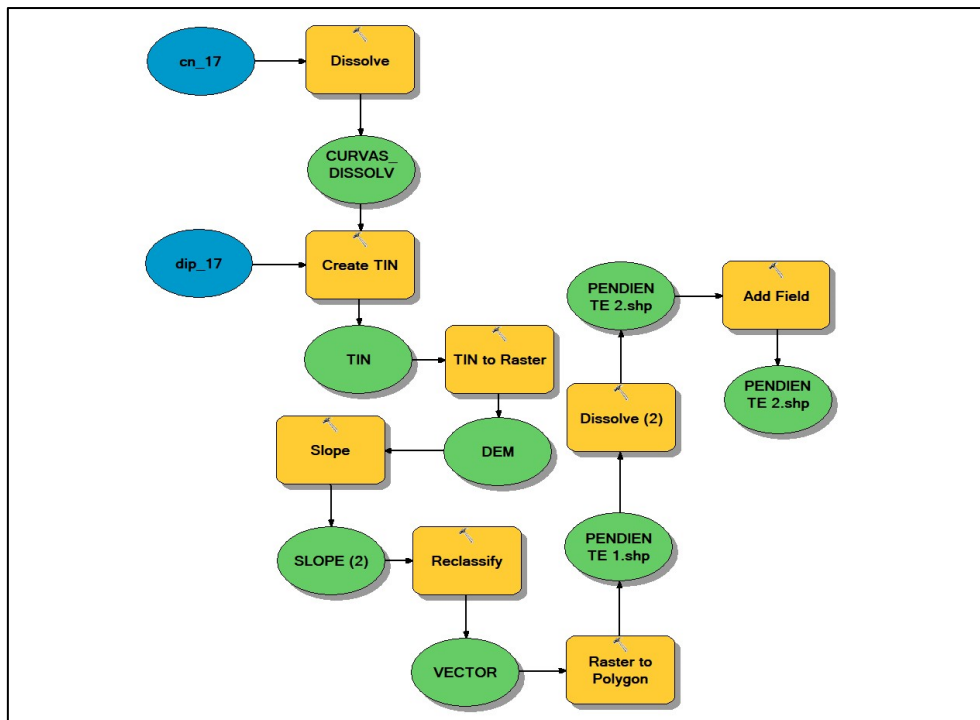


Figura. 16. Modelo Builder para pendientes de la zona de estudio.

Las pendientes se distribuyen de manera amplia en toda la zona de estudio, evidenciándose una predominancia de pendientes muy inclinadas que abarcan un área de 25.36 hectáreas, constituyendo el 40.24% del total. La clase de pendientes fuertemente inclinadas persiste en un área de 17.86 hectáreas, representando el 28.35%. En proporciones más modestas, las pendientes empinadas cubren un área de 12.04 hectáreas, equivalente al 19.11%. Por último, con valores inferiores a los anteriores representado por las pendientes ligeramente inclinadas, las que se concentran principalmente en la parte norte de la zona de estudio, abarcan un área de 7.75 hectáreas, representando el 12.30% en la zona de estudio.

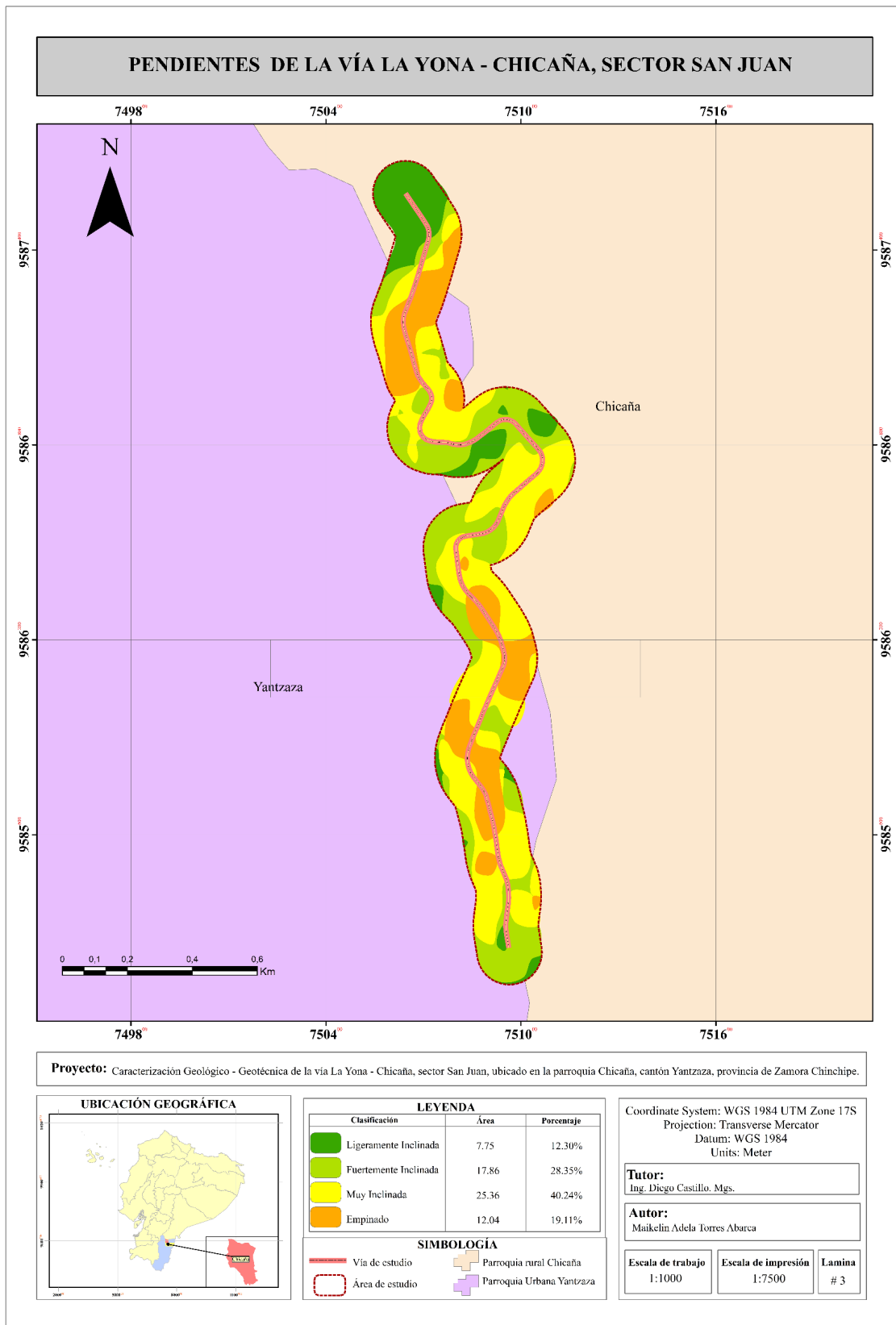


Figura. 17. Pendientes de la vía La Yona – Chicaña.

4.2.26 Geología Regional

La formación geológica dominante en la parroquia rural de Chicaña, pertenece al complejo intrusivo de Zamora del periodo jurásico, abarcando un área de 14287.91 hectáreas correspondiente al 53.41% de la superficie parroquial, esta formación se encuentra ubicada en la zona este del cantón, en los barrios Chuchumbletza alto, El Oso, Guayacanes, Chanzas, San Lucas y La Orquidera. (GAD Provincial de Zamora Chinchipe, 2019, pag 20)

Además, se evidencian extensiones reducidas que corresponden a la Unidad Upano (JU) del periodo jurásico. Estas se localizan en la parte noreste de la parroquia, colindante con la parroquia de Los Encuentros, abarcando una superficie de 18.53 hectáreas y representando un porcentaje del 0.07%. Es importante destacar que esta unidad geológica constituye la de menor tamaño dentro de la diversidad geológica de la parroquia. (GAD Provincial de Zamora Chinchipe, 2019, pag 20).

En el área de estudio, se identifican como predominantes las siguientes unidades:

Formación hollín (Cretácico)

Se localiza mayormente en bancos compactos de arenisca cuarzosa de tonalidad blanca, caracterizada por un tamaño de grano que varía de grueso a fino. Se observan intercalaciones delgadas de lutita arenosa de tonalidad oscura, mientras que, en la parte superior, se presentan lutitas carbonosas negras. En ciertos lugares, las areniscas exhiben estratificación cruzada y con frecuencia, impregnación de asfalto. En el área de estudio, esta formación abarca una extensión de 45.13 hectáreas, constituyendo el 67.64% y destacándose como la unidad predominante en el sector

Depósitos Aluviales (Cuaternario)

Se ubican en las orillas de los ríos y están compuestas principalmente por cantos rodados de diversa procedencia, dispuestos en una matriz de naturaleza areno-limosa y areno-arcillosa de escaso espesor. Las terrazas fluviales se caracterizan por presentar, generalmente, separaciones marcadas mediante desniveles abruptos, con altitudes que no superan los 10 metros. En la zona de estudio, esta formación abarca una extensión de 21.59 hectáreas, representando el 32.36% del área total.

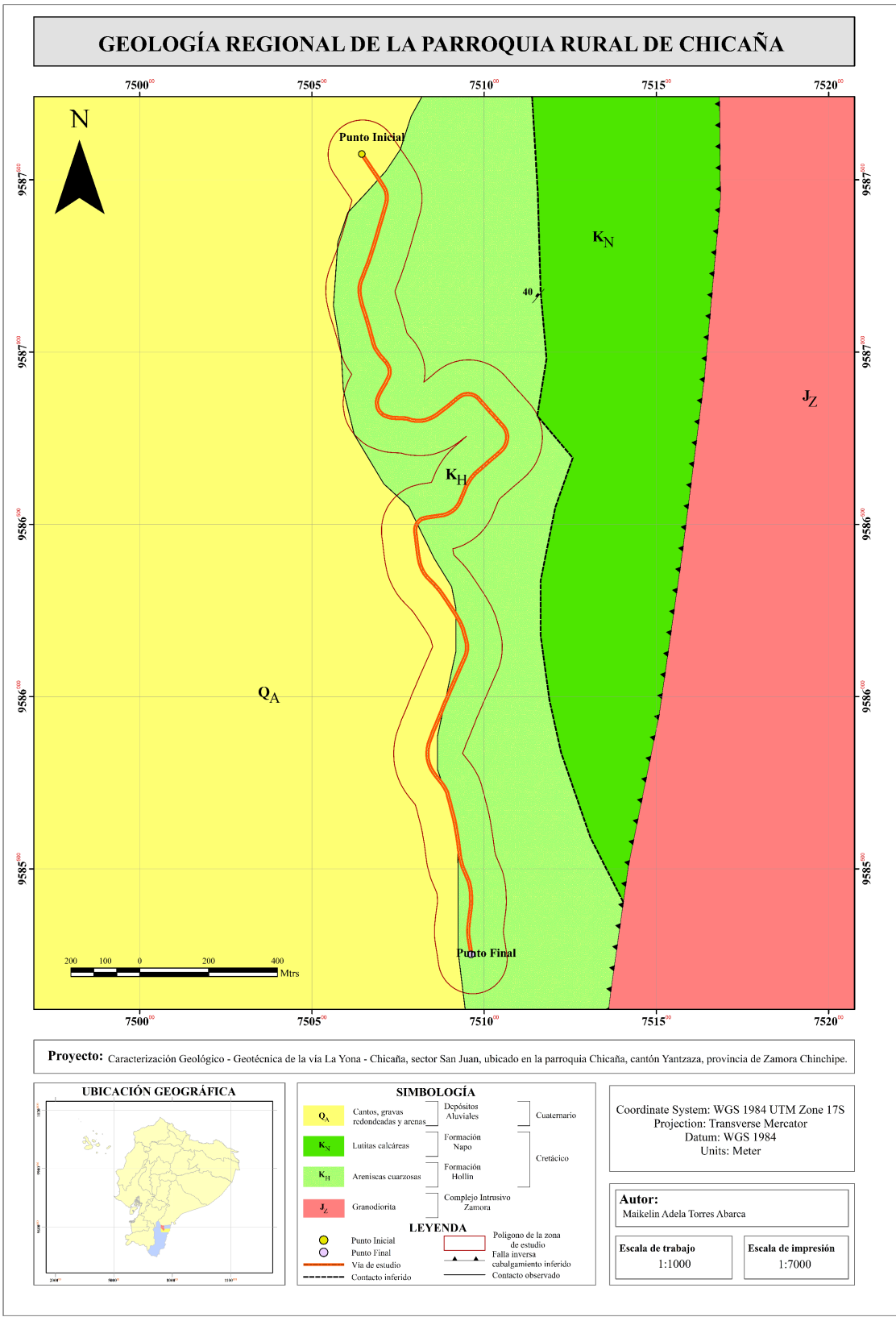


Figura. 18. Mapa de Geología de la parroquia Chicaña.

Nota: Adaptado de la carta geológica de Paquisha, 2017

4.14. Materiales

Tabla 2. Materiales de campo y de oficina

Materiales de campo	
Topografía	<ul style="list-style-type: none"> • GPS de precisión Garmin • Nave no tripulada • Brújula (Suunto) • Martillo geológico • GPS Garmin • Cinta métrica • Libreta de campo
Geología	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de campo • Esclerómetro • Ácido clorhídrico (10%) • Fundas transparentes (Ziploc) • Lápiz, marcador permanente • Lupa geológica
Laboratorios	<ul style="list-style-type: none"> • Microscopio
Materiales de Oficina	
Equipos de oficina	<ul style="list-style-type: none"> • Carta topográfica del cantón Los Encuentros a escala 1:50.000 CT-ÑVI-E2,3882-I. • Carta geológica del cantón Paquisha a escala 1:100.000 Ñ VI-E hoja 76 • Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Yantzaza, 2019 • Plan de desarrollo y ordenamiento de la parroquia de Chicaña • Computador portátil (laptop) • Microsoft Office LTSC Estándar 2021 • Software Global Mapper • Software AutoCAD 2020
Software	<ul style="list-style-type: none"> • Software ArcGIS • Software Slide 6.0 • Software IPI2Win • Software RocLab

4.15. Procedimiento

Fase preliminar de gabinete

Esta etapa implicó la búsqueda, obtención y revisión de informes anteriores, así como libros sobre geotecnia, geología, geología estructural, mecánica de rocas y suelos, ensayos de laboratorio, etc., antes de la primera salida de campo. Se accedió a datos geológicos y topográficos, tales como mapas, archivos, shapefiles y documentos de una fuente segura como es el Geoportal IGM.

Fase de campo

Se llevó a cabo el reconocimiento de la zona en el terreno, incluyendo la topografía del área de estudio, la descripción de afloramientos y la realización de Sondeos Eléctricos

Verticales (SEVS) y Ensayos de Penetración Estándar (SPT), para establecer la base geológica. La caracterización geotécnica se efectuó a través de diversos métodos, siendo el Método de Bieniawski el más relevante para determinar las propiedades físico-mecánicas del macizo rocoso, mientras que el Método de Equilibrio Límite se utilizó para calcular el factor de seguridad.

Fase de laboratorio

Durante esta fase, se llevan a cabo los ensayos de laboratorio en las muestras obtenidas en el terreno con el objetivo de identificar las propiedades físicas y mecánicas del macizo rocoso presente en la zona.

Fase final de gabinete

Tras las salidas de campo, se llevó a cabo una fase final en el gabinete, donde se procedió a filtrar la información recopilada y analizar los resultados de los ensayos de laboratorio y las pruebas realizadas en campo para el suelo y la roca. Los valores obtenidos se procesaron conforme a los datos recopilados en el terreno. Todo este proceso tuvo como objetivo establecer la interpretación y caracterización geológica y geotécnica respectiva de la zona de investigación. Los resultados se cuantificaron y registraron en cuadros y tablas, considerando los factores más importantes y descriptivos para cada tipo de material y análisis efectuado.

Se elaboraron mapas geológicos, topográficos, perfiles geológicos, entre otros, como resultado de la cartografía y la toma de datos. Además, se llevó a cabo el análisis de algunas muestras recolectadas en campo, junto con el procesamiento de fotos tomadas y el análisis de planos geológicos. Es relevante señalar que los datos obtenidos en el terreno fueron procesados en Excel para su ordenamiento, y para la elaboración de los planos se utilizaron ArcGIS 10.5 y AutoCAD 2020.

En la etapa de elaboración del informe final, se recopila toda la información previa con el objetivo de presentar un informe que abarque la descripción de la zona de estudio, detallando la geología y geotecnia de las 15 muestras recolectadas en campo, así como los resultados, la discusión, conclusiones y recomendaciones finales de la zona.

La investigación propone una metodología para caracterizar de manera geológica y geotécnica la vía La Yona-Chicana, sector San Juan. Los mapas presentados en el proyecto son ilustrativos; en caso de requerir mapas topográficos, geológicos y cortes geológicos a escala real, se encuentran detallados en el anexo 19, 20 y 21 respectivamente.

La metodología incluirá la elaboración de un flujograma que explique cada una de las actividades realizadas.

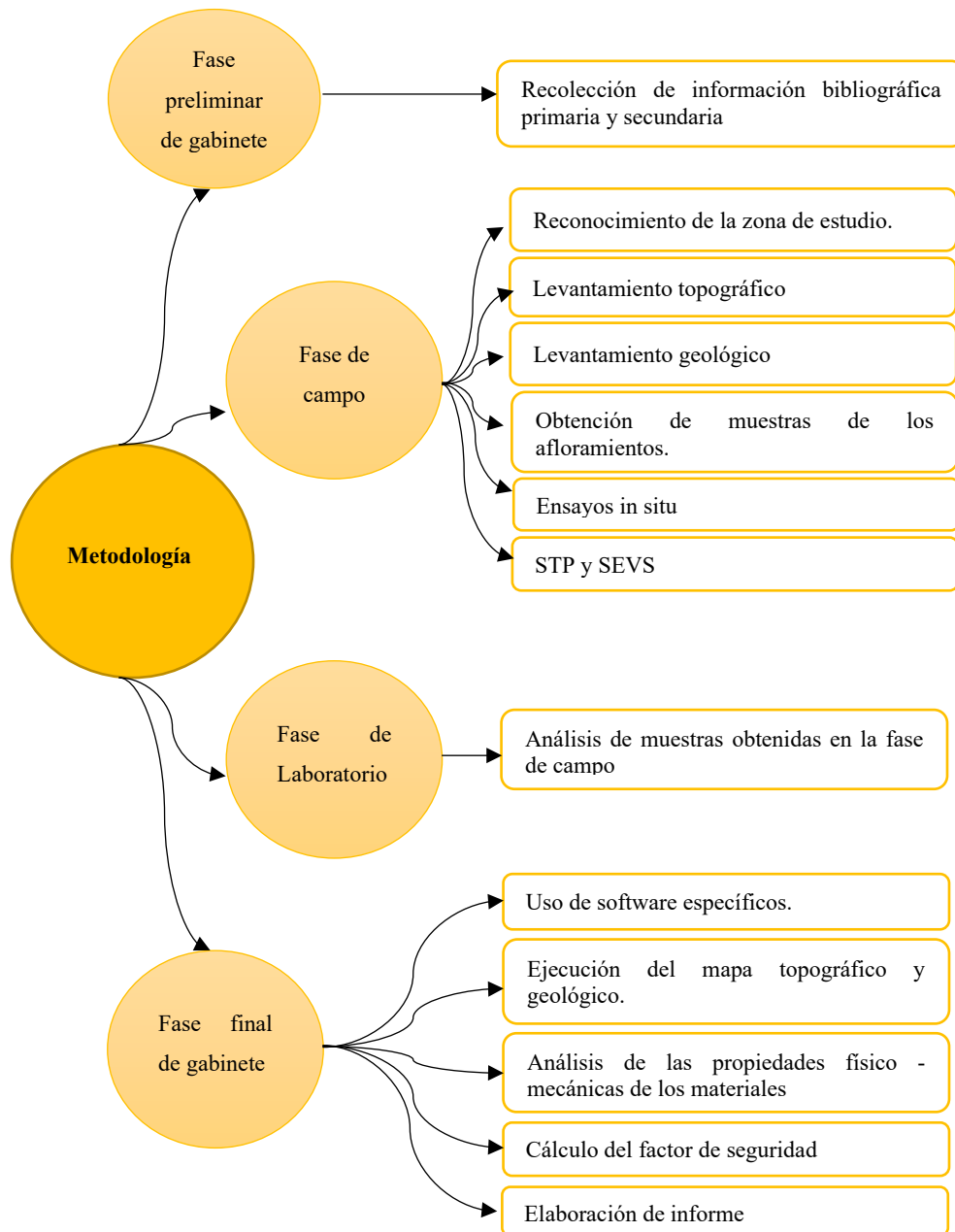


Figura. 19. Flujograma de la metodología utilizada.

4.16. Metodología del primer objetivo

→ “Ejecutar el levantamiento geológico-estructural a detalle de la faja delimitada 100 metros del eje de vía.”

Para la elaboración del objetivo, se realizó la investigación bibliográfica acerca de la zona de estudio, tomando como base la carta geológica de Paquisha a escala 1:100.000 Ñ VI-E hoja 76, que contiene información sobre las principales estructuras geológicas y litológicas presentes en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe y la carta topográfica de Los Encuentros, escala 1:50.000 CT-ÑVI-E2,3882-I.

4.2.27 Levantamiento topográfico

Para el levantamiento topográfico se utilizó la metodología propuesta por (Smith, 2022) establece que:

Fase de preparación

Se definieron los objetivos del levantamiento, incluyendo el área de interés, la precisión requerida y la resolución deseada del modelo. Se eligió un dron adecuado con capacidades de mapeo, en este caso, el modelo PHANTOM 4PRO+ V2.0, junto con una cámara de alta resolución. Se determinaron el sistema de coordenadas y la proyección para el proyecto.

Fase de Campo

Resultó fundamental la marcación de 4 puntos de control terrestre conocidos mediante coordenadas precisas, empleando receptores GPS de alta precisión para ubicar dichos puntos en el campo. A continuación, se ejecutó la etapa de captura de datos, que comprendió la realización del vuelo del dron a través de un software de planificación de vuelo (Emlid Studio y Leica Infinitu), garantizando un solapamiento frontal y lateral. Durante el vuelo, se llevaron a cabo el registro de los datos de posición y altitud (IMU) de la aeronave, los cuales se los enlistara a continuación:

- Se obtuvieron 1568 fotos
- Dibujo del polígono de levantamiento
- Altura máxima de vuelo: 200 metros
- Tamaño de pixel: 0.042cm; el tamaño máximo de pixel para una escala 1:1000 es de 0.10 metros, según las especificaciones técnicas para ortofotos elaborado por el IGM en el año 2008.
- Velocidad de vuelo: 15 m/s
- Tiempo de vuelo: 30 minutos
- Número de vuelos: 3

Previo al levantamiento se realizó una simulación para cerciorar que los datos ingresados estén en lo correcto.

Fase de gabinete

En esta fase, se empleó el programa Agisoft Metashape 1.8.4, iniciando con la descarga de las 1568 fotografías aéreas del dron, acompañadas de su correspondiente archivo de posicionamiento georreferencial y altitudinal. En la continuación de esta etapa, se llevó a cabo la generación de la orientación de las fotografías, importando los puntos de control y procediendo con el emparejamiento de estos puntos en las imágenes procesadas. Este proceso

resultó en la creación de una nube de puntos densa. Se procedió, además, a la clasificación y depuración de elementos no pertenecientes al suelo, seguido de la generación del modelo digital del terreno, las curvas de nivel y la ortofoto.

Proceso:

Antes de la ejecución del vuelo, se llevó a cabo una meticulosa planificación utilizando el programa Drondeploy. Utilizando la información recopilada, se procedió a generar un mapa topográfico a escala 1:1000 mediante el software ArcGIS 10.5. En dicho mapa, las curvas principales se establecieron a intervalos de 3 metros, mientras que las secundarias se detallaron cada 1 metro. La referencia cartográfica adoptada fue el Datum UTM WGS 84, Zona 17 Sur, utilizado en la República de Ecuador. La zona de estudio exhibe cotas de elevación que varían entre los 744 y 855 metros sobre el nivel del mar.

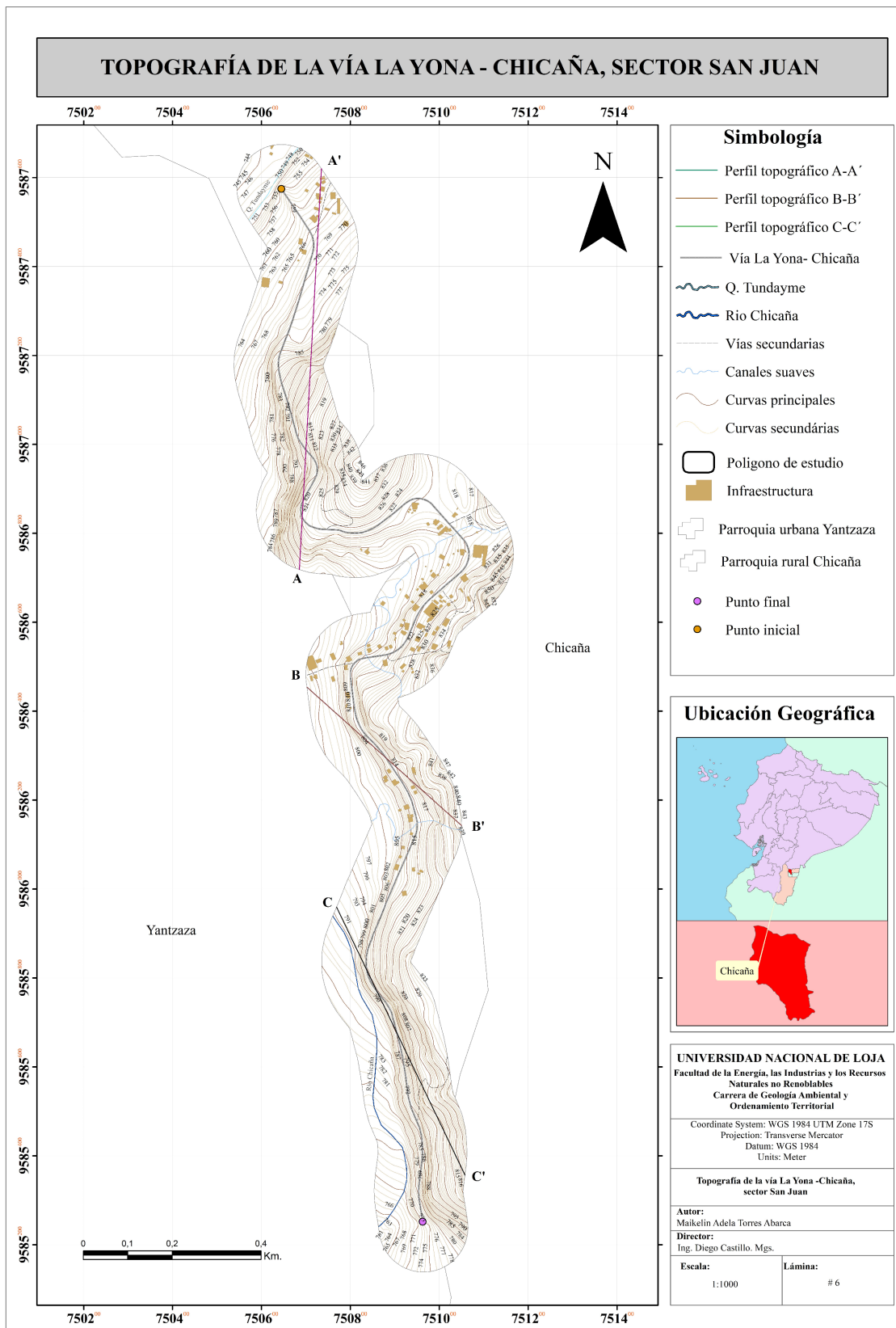


Figura. 20. Topografía de la vía la Yona – Chicaña, sector San Juan

A partir del mapa topográfico se trazaron 3 cortes topográficos transversales en el área de estudio, dichos resultados se describen a continuación:

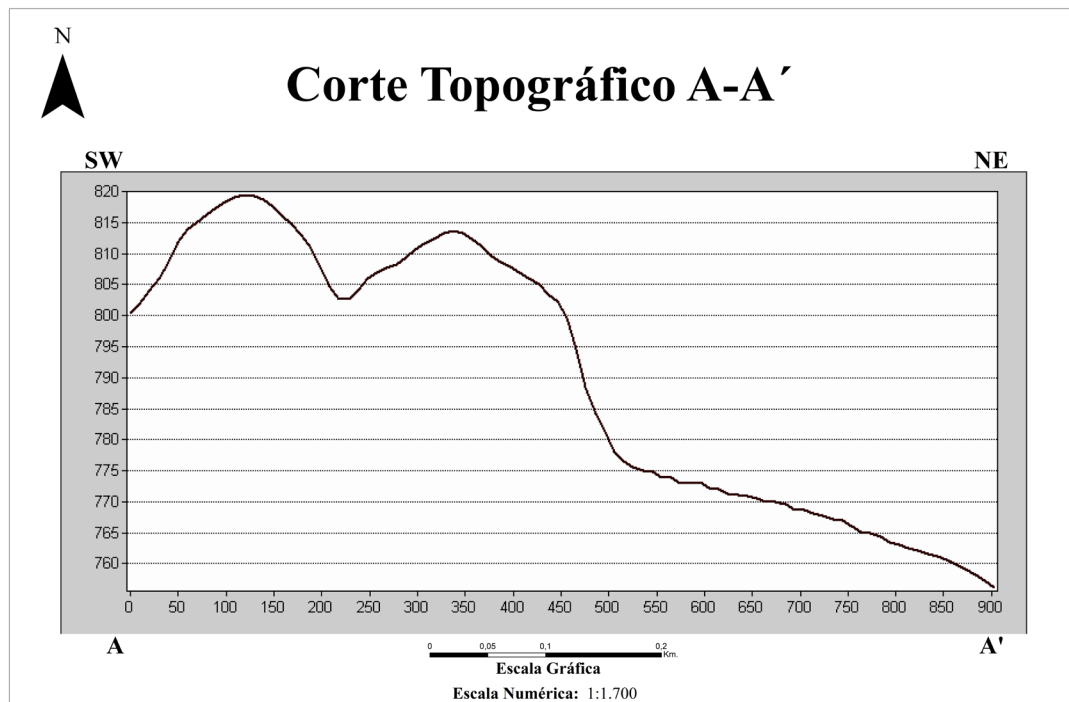


Figura. 21. Perfil topográfico A - A'

Se ha llevado a cabo la creación del perfil topográfico A - A', que se distingue por su orientación de suroeste (SW) a noreste (NE). Con una longitud de 900 metros, este perfil muestra una variación altitudinal, alcanzando su elevación máxima a 820 metros, mientras que la altitud mínima se sitúa en 750 metros. Este diferencial de alturas se convierte en una variación de 70 metros a lo largo de la distancia mencionada.

Se ha determinado que, posterior a los primeros 100 metros, la altitud experimenta un aumento hasta llegar a los 820 metros. Desde este punto, se inicia un descenso gradual en la altitud hasta alcanzar los 803 metros. Este patrón de variación altitudinal se reproduce una vez más a lo largo del perfil, concluyendo con un descenso adicional.

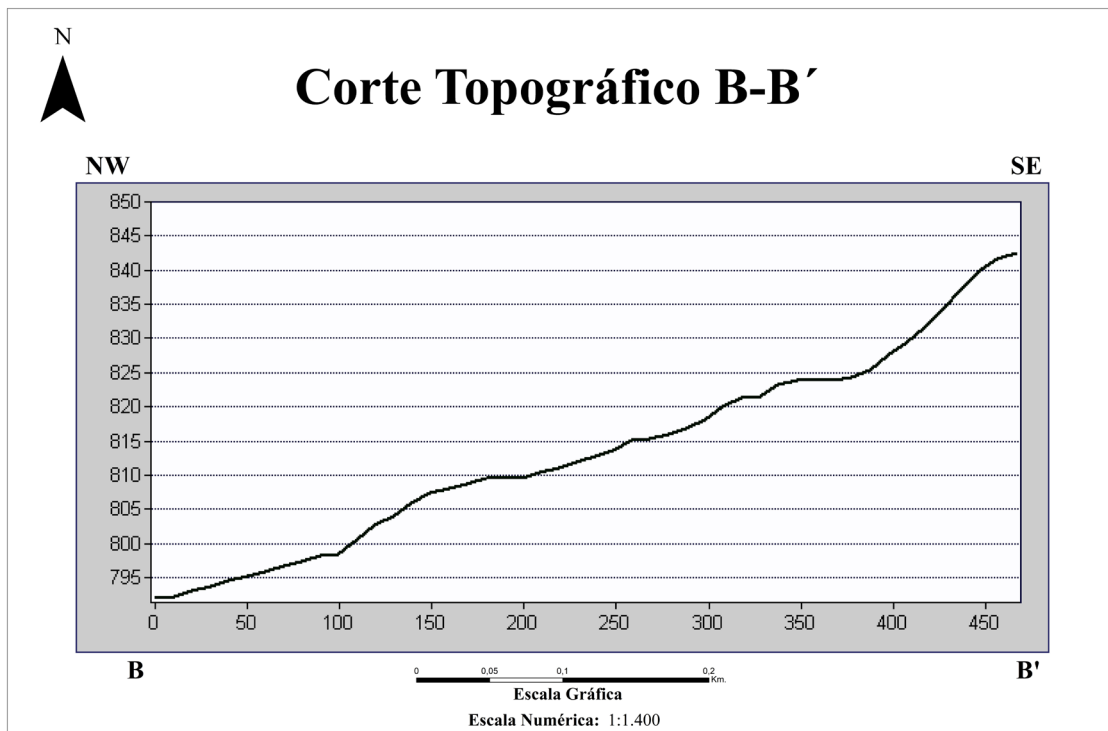


Figura. 22. Perfil topográfico B - B'

Se ha llevado a cabo la creación del perfil topográfico B - B', que se distingue por su orientación de noroeste (NW) a sureste (SE). Con una longitud de 450 metros, este perfil muestra una variación altitudinal, alcanzando su elevación máxima a 840 metros, mientras que la altitud mínima se sitúa en 790 metros. Este diferencial de alturas se convierte en una variación de 50 metros a lo largo de la distancia mencionada.

Se ha establecido que, a lo largo de la totalidad del tramo del perfil, la curva experimenta un ascenso gradual hasta alcanzar la altitud máxima previamente mencionada.

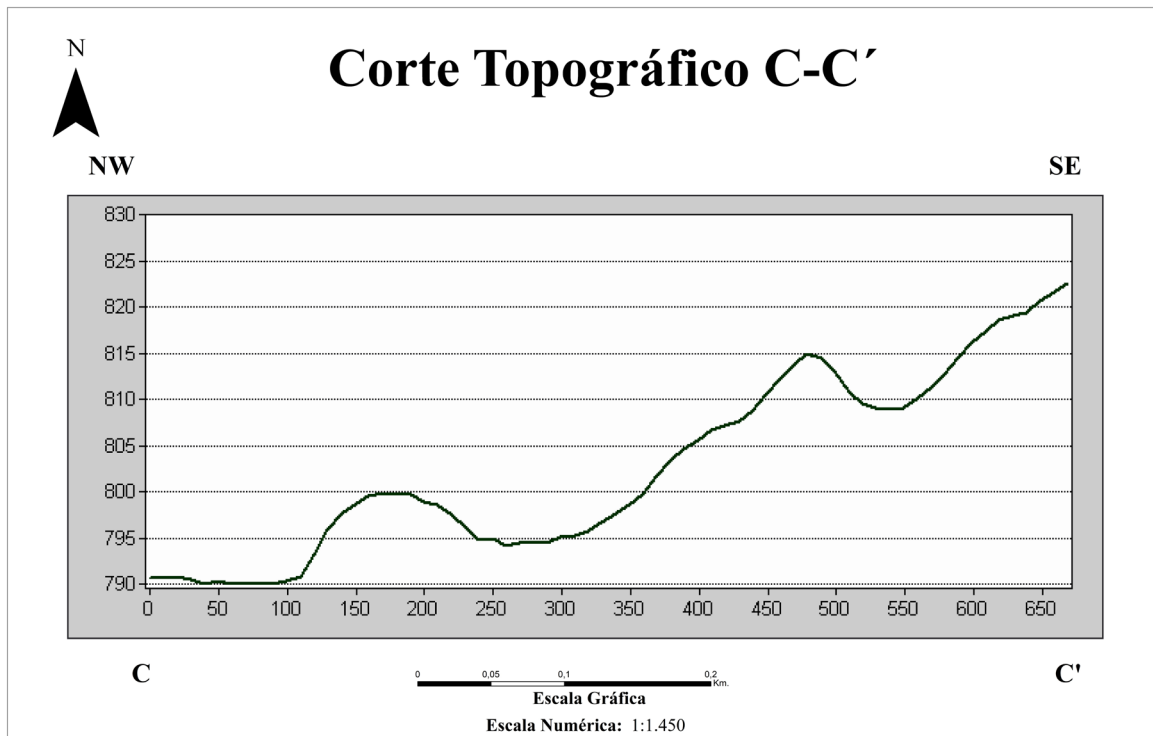


Figura. 23. Perfil topográfico C - C'

Se ha llevado a cabo la creación del perfil topográfico C - C', que se distingue por su orientación de noroeste (NW) a sureste (SE). Con una longitud de 650 metros, este perfil muestra una variación altitudinal, alcanzando su elevación máxima a 820 metros, mientras que la altitud mínima se sitúa en 790 metros. Este diferencial de alturas se convierte en una variación de 30 metros a lo largo de la distancia mencionada.

Se ha determinado que, posterior a los primeros 150 metros, la altitud experimenta un aumento hasta llegar a los 800 metros. Desde este punto, se inicia un descenso gradual en la altitud hasta alcanzar los 795 metros. Este patrón de variación altitudinal se repite a lo largo del perfil, donde las alturas experimentan ciclos ascendentes y descendentes.

4.2.28 Levantamiento geológico

Para realizar el levantamiento geológico se siguió la metodología de Ayala (2023) “Metodología de un Trabajo para un mapeo geológico adecuado”, para lo cual se usó como insumo la carta geológica de Paquisha a escala 1:100.000 Ñ VI-E hoja 76, de 2017, la cual permitió de manera general conocer la litología de la zona de estudio, mientras que los tramados y colores aplicados en el mapa geológico según las litologías obtenidas corresponden a la colección “Travaux de 'Institut Fruncaís d'Études Andines" con la denominación “La cuenca Oriente: Geología y Petróleo” de (Baby et al., 2004)

Se realizó la observación del afloramiento de roca, se identificó su ubicación geográfica

y se realizó una evaluación preliminar de los tipos de roca presentes, se buscó determinar las relaciones de contacto con el propósito de crear una representación general del afloramiento. La descripción de los afloramientos se llevó a cabo usando una ficha de levantamiento en campo que se muestra en el Anexo 1.

Se realizaron dibujos geológicos en una libreta de campo con el objetivo de capturar de manera visual la composición geológica del entorno en una fase inicial. Se utilizó una representación impresa de la topografía de la zona en formato A3 como referencia visual, permitiendo trazar de manera sistemática las distintas litologías observadas a lo largo de la vía. Estos registros visuales se compararon con la información proporcionada en la carta geológica para validar la coherencia de los datos recopilados.

La descripción de la geología local en la zona de estudio se llevó a cabo mediante la observación de 15 afloramientos presentes en la vía y la faja de estudio. Estos afloramientos, generados como consecuencia de la actividad humana relacionada con la apertura de vías, tanto asfálticas como de tierra, fueron documentados mediante el uso de fichas de campo.

Tabla 3. Ubicación Geográfica de los afloramientos

Afloramientos					
N°	Código	Coordenadas			Tipo
		X(m)	Y(m)	Z (m.sn.m.)	
1	Afl1	750802	9586448	749	ANTROPICO
2	Afl2	750682	9587706	753	ANTROPICO
3	Afl3	750559	9587519	791	ANTROPICO
4	Afl4	750767	9587630	824	ANTROPICO
5	Afl5	750689	9587192	823	ANTROPICO
6	Afl6	750643	9587222	819	ANTROPICO
7	Afl7	750630	9587211	809	ANTROPICO
8	Afl8	750650	9587106	813	ANTROPICO
9	Afl9	750655	9587063	814	ANTROPICO
10	Afl10	750727	9586934	802	ANTROPICO
11	Afl11	750704	9586833	799	ANTROPICO
12	Afl12	750749	9586811	797	ANTROPICO
13	Afl13	750755	9586910	805	ANTROPICO
14	Afl14	750734	9586878	792	ANTROPICO
15	Afl15	750787	9586823	790	ANTROPICO

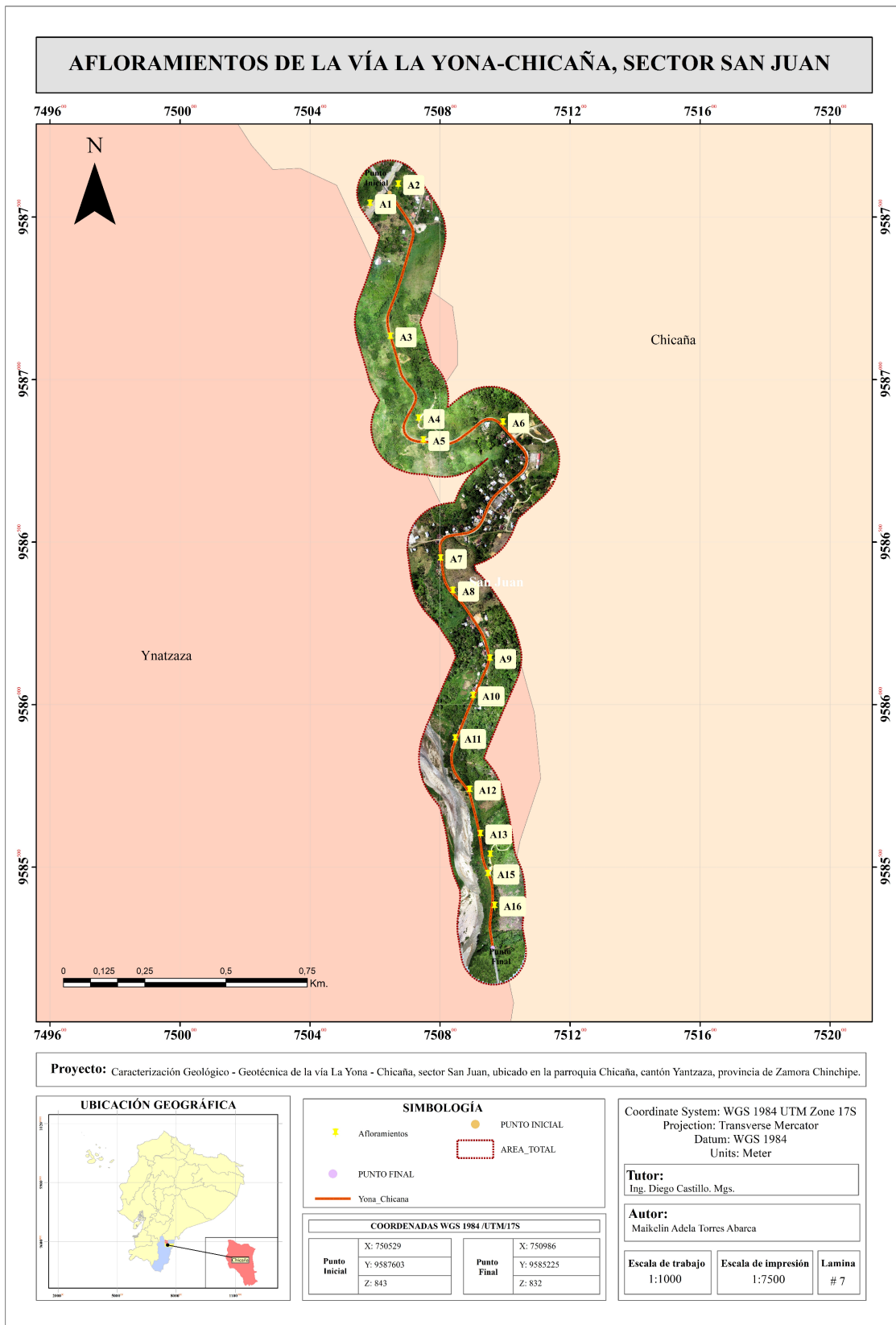


Figura. 24. Ubicación de afloramientos en la vía La Yona-Chicaña, sector San Juan.

Se emplearon herramientas como la piqueta geológica, la lupa de mano y una brújula Suunto para llevar a cabo mediciones estructurales en aquellos afloramientos donde era factible realizarlas. Con el propósito de identificar zonas litoestructurales, se recolectaron muestras representativas directamente en el lugar, las cuales fueron debidamente codificadas y georreferenciadas para facilitar la identificación del tipo de material correspondiente.

Las muestras, transportadas en fundas ziploc con dimensiones específicas (17*25 cm), se manipularon cuidadosamente para preservar sus características originales. Posteriormente, en el laboratorio de Petrografía de la Facultad de La Energía, las Industrias y Los Recursos Naturales No Renovables de la Universidad Nacional de Loja, se llevó a cabo un análisis macroscópico de las muestras recolectadas.

En la tabla 3 se presentan las coordenadas, mientras que el Anexo 2 contiene las fichas de levantamiento de afloramientos.

Utilizando el mapa base topográfico a escala 1:1000 georreferenciado en el sistema de coordenadas geodésico WGS84/UTM/17S, junto con los datos recopilados en campo, se elaboró el mapa geológico utilizando en software ArcGIS 10.5, ubicando y detallando cada litología con información precisa obtenida previamente.

Con base en la ortofoto adquirida, la cual está disponible para referencia en el anexo 13, se llevó a cabo una fotointerpretación con el propósito de identificar estructuras que no son perceptibles a simple vista en la zona de estudio. Además, con el fin de respaldar la caracterización de las litologías presentes, se consideraron los siguientes aspectos:

Tabla 4. Aspectos para la caracterización de las litologías en la ortofoto.

Uso de suelo	Se recopiló información del SIG TIERRAS (2022), que detalla el uso del suelo en la zona. Esta área se caracteriza principalmente por la presencia de cultivos de ciclo corto y pasto cultivado. Además, se observa un cambio significativo en los últimos 10 años, como se menciona en el PDOT de Chicaña (2019), donde las áreas antes ocupadas por pastizales han experimentado una transformación hacia zonas habitadas, y las zonas que anteriormente constituían un mosaico agropecuario han evolucionado a pastizales.
Red de drenaje	Hace alusión a los diseños por los cuales se desplaza el agua de lluvia o la vía por la cual el agua presente en una región sigue los cursos de ríos e infiltraciones en el suelo.
Tonalidades	Como indica Gutiérrez (2005), resulta fundamental comprender los factores que ejercen influencia sobre los tonos en la mayoría de los análisis de fotografías aéreas, especialmente en el contexto de diagnósticos litológicos y la identificación de rasgos estructurales.

Textura	Se considera que el tamaño de los objetos identificables determina la textura.
----------------	--

Con esta información se determinó y se relacionó la litología presente en la zona. Además, se realizó un conteo de deslizamientos del área de estudio, describiendo los más representativos. En el anexo 3 se ubica la ficha de levantamiento de deslizamientos, se muestran las coordenadas y las fichas con los datos levantados en campo en el anexo 4.

Con los Sondeos Eléctricos Verticales se realizó un análisis de los materiales de la zona, y así se corroboró la litología.

4.2.29 Resistividad eléctrica

En el campo, se llevaron a cabo Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs) con el objetivo de determinar el espesor y la profundidad de los materiales. Para evaluar la resistividad de estos materiales, se ejecutaron tres sondeos, y en la Tabla 4 se detalla el valor de la AB/2 correspondiente a cada SEV efectuado.

Se utilizó un resistímetro de la marca ABEM, específicamente el modelo Terrameter SAS 4000, diseñado para separar las medidas generadas por el transmisor de corriente durante su operación, al mismo tiempo que filtra las interferencias provenientes de campos DC (SP), voltaje y ruido. Este dispositivo cuenta con un voltaje máximo de salida hacia los electrodos de corriente establecido en 400 voltios, y ofrece la flexibilidad de elegir entre tres rangos automáticos de medida: ± 250 mV, ± 10 V y ± 400 V.

La herramienta ajusta automáticamente la amplitud de corriente, aunque también permite su regulación manual para adaptarse a las condiciones específicas de los estudios. El rango de amperaje varía entre 1 mA y 1000 mA, lo cual es suficiente para una separación de electrodos de corriente AB de hasta 1000.0 m bajo condiciones de medida óptimas. La relación V/I, esencial para la interpretación de datos, se calcula automáticamente durante cada Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) y se muestra digitalmente en la pantalla en kiloohmios, ohmios o miliohmios.

Para acceder a la ubicación precisa de los Sondeos Eléctricos Verticales en campo (SEVs), se recomienda consultar el Anexo 18.

Fase de campo

Se realizaron 3 sondeos eléctricos verticales para lo cual se trasladó el personal y los instrumentos necesarios desde la ciudad de Loja hasta el área de estudio. Los valores que se obtuvieron en campo se localizan en el Anexo 6



Figura. 25. Equipo en terreno

Fase de gabinete

Se llevó a cabo un análisis tanto cuantitativo como cualitativo de las curvas generadas a partir de los Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs). Este proceso incluyó una comparación manual entre las curvas obtenidas en el área de estudio y las curvas teóricas establecidas, conforme a las directrices presentadas por Orella, Mooney & Pilaed en el libro "Resistividad Eléctrica".




Adicionalmente, se empleó el software de interpretación automática IPI2win para determinar de manera continua los espesores de las capas y las resistividades verdaderas asociadas a cada una de ellas. Las curvas de resistividades resultantes se encuentran detalladas en el Anexo 7 para su referencia.

Adelante, se presentan las coordenadas UTM/WGS84/17S y los resultados obtenidos de los sondeos eléctricos verticales:

Tabla 5. Coordenadas de los SEV realizados en la zona de estudio.

Vía de estudio	COORDENADAS WGS84 1984/UTM/17S	
	ESTE	NORTE
SEV1	750734	9586814
SEV2	750872	9586315
SEV3	750894	9585962

Tabla 6. SEV 1.

N.º de SEV	Resistividad Ωm	Espesor (m)	Correspondencia geológica	Columna Estratigráfica
	1156	5.86	Gravas y arenas	
1	153	7.75	Arena limosa	
	274	?	Los valores captados con el ensayo se encuentran dentro del rango de areniscas cuarcíticas correspondiente a la Formación Hollín	

Según las curvas teóricas, se caracteriza el perfil de resistividad eléctrica como:

Sondeo Eléctrico Vertical (SEV1): K

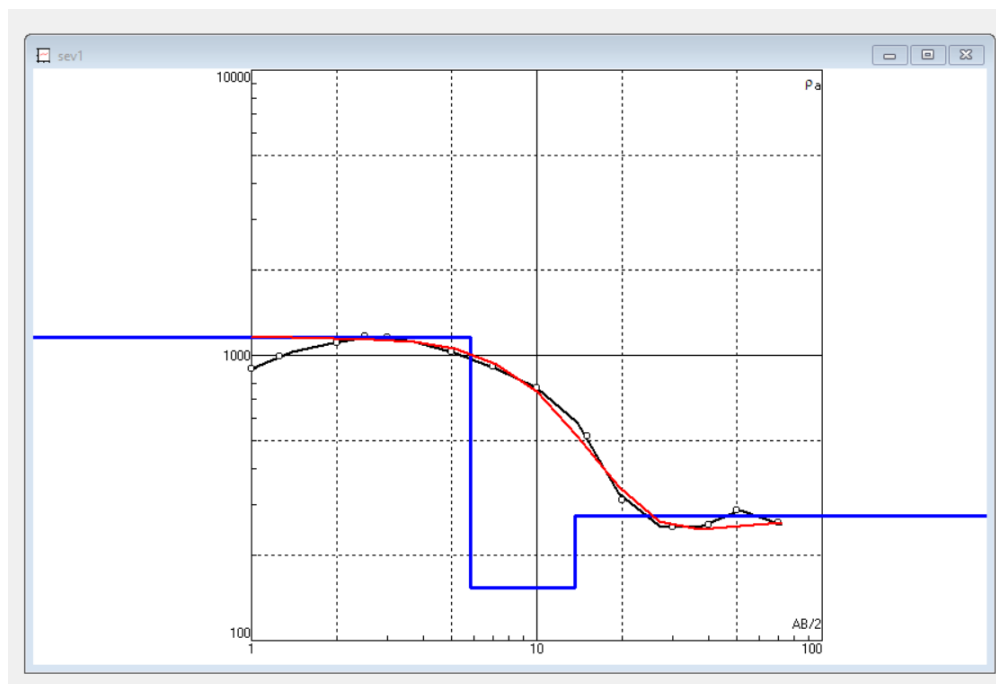





Figura. 26. Curva de resistividad aparente SEV 1

Basándonos en el análisis de las curvas de resistividad del (SEV1) y considerando la geología de la zona, se ha establecido la presencia de areniscas cuarcíticas con resistividades comprendidas entre 300 y 10,000 Ωm . Además, se ha identificado la existencia de areniscas arcillosas con resistividades en el rango de 20 a 300 Ωm . Destacamos también la presencia de una capa indeterminada de areniscas cuarcíticas correspondientes a la Formación Hollín, exhibiendo resistividades específicas de 9406 Ωm .

Tabla 7. Perfil Estratigráfico- SEV 2

N.º de SEV	Resistividad Ωm	Espesor (m)	Correspondencia geológica	Columna Estratigráfica
2	32.8	1.62	Arena Limosa	
	8.39	1.34	Arcillas saturadas	
	63	?	Los valores captados con el ensayo se encuentran dentro del rango de limos saturados correspondiente a la Formación Hollín	

Según las curvas teóricas, se caracteriza el perfil de resistividad eléctrica como:

Sondeo Eléctrico Vertical (SEV2): H

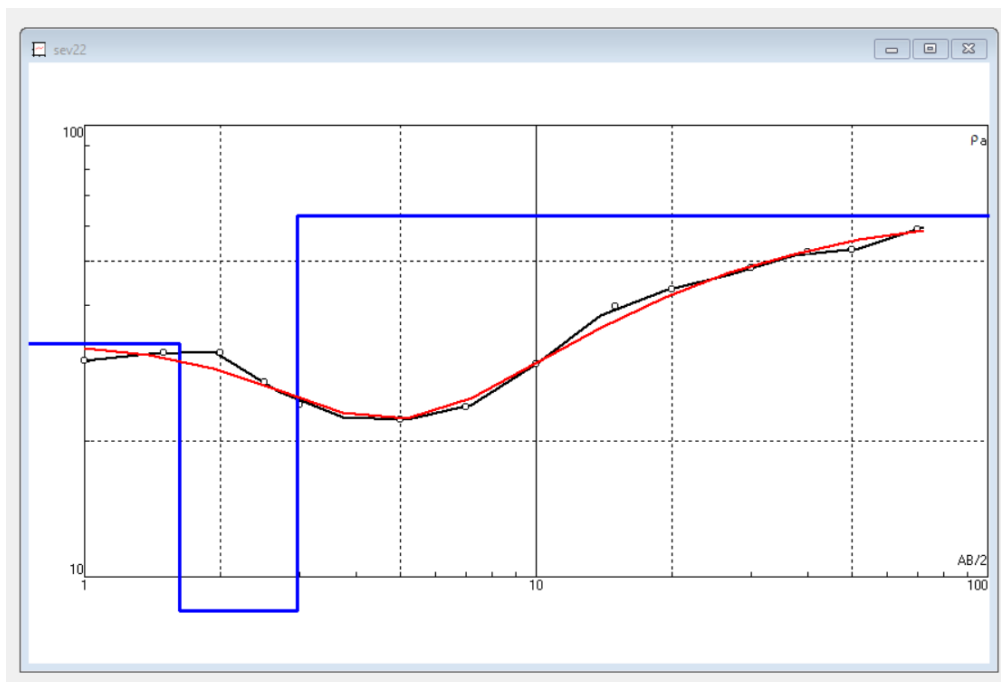

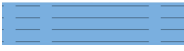
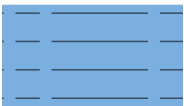


Figura. 27. Curva de resistividad aparente SEV 2

Basándonos en el análisis de las curvas de resistividad del (SEV2) y considerando la geología de la zona, se ha establecido la presencia de lutitas con resistividades comprendidas entre 20 y 100 Ωm . Además, se ha identificado la existencia de arcillas con resistividades en el rango de 2 a 20 Ωm . Destacamos también la presencia de una capa indeterminada de areniscas arcillosas correspondientes a la Formación Hollín, exhibiendo resistividades específicas de

63Ωm.

Tabla 8. Perfil Estratigráfico- SEV 3

N.º de SEV	Resistividad Ωm	Espesor (m)	Correspondencia geológica	Columna Estratigráfica
3	311	1.65	Gravas saturadas	
	28.9	11.8	Lutitas	
	118	?	Los valores captados con el ensayo se encuentran dentro del rango de lutitas compactas correspondiente a la Formación Napo.	

Según las curvas teóricas, se caracteriza el perfil de resistividad eléctrica como:

Sondeo Eléctrico Vertical (SEV3): H

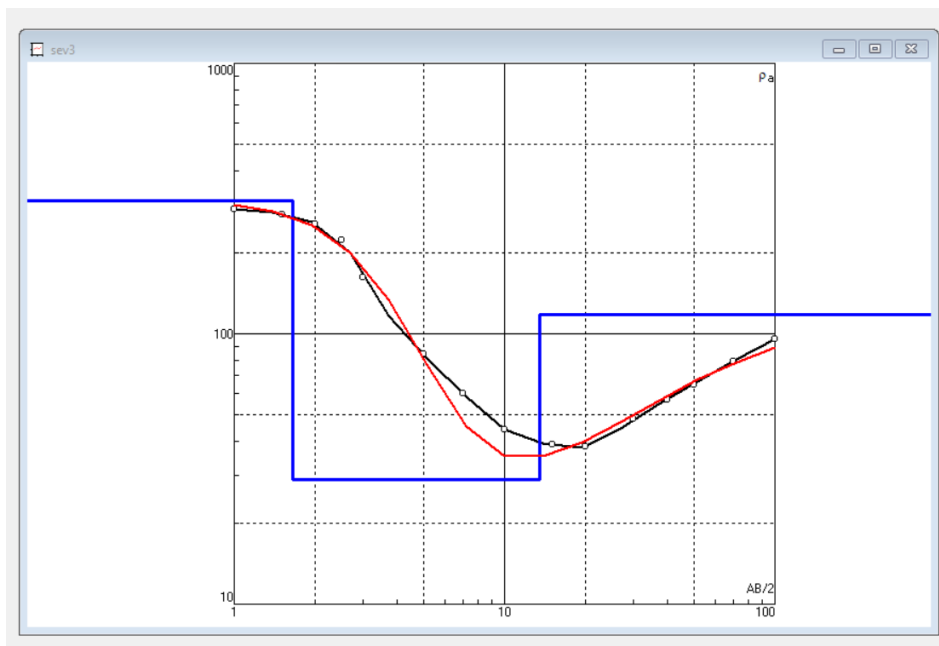


Figura. 28. Curva de resistividad aparente SEV 3

Basándonos en el análisis de las curvas de resistividad del (SEV2) y considerando la geología de la zona, se ha establecido la presencia de un depósito aluvial, conformado por arenas y gravas con resistividades comprendidas entre 50 y 500 Ωm. Además, se ha identificado la existencia de lutitas grises con resistividades en el rango de 20 a 100 Ωm. Destacamos también la presencia de una capa indeterminada de areniscas arcillosas correspondientes a la Formación Hollín, exhibiendo resistividades específicas de 191Ωm.

Correlación estratigráfica

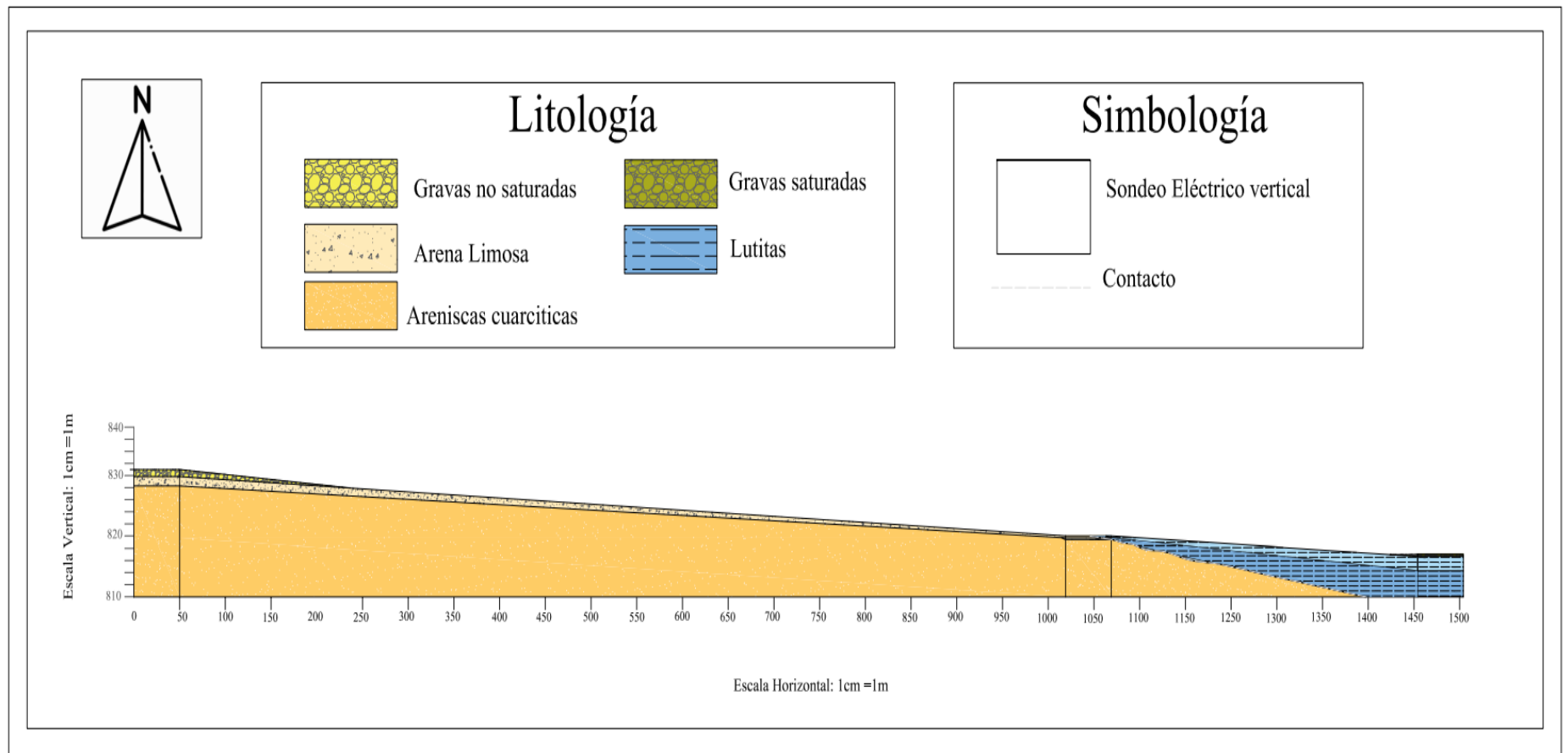


Figura. 29. Correlación estratigráfica de SEVS

Mediante la realización de sondeos eléctricos verticales (SEVs), se logró establecer correlaciones detalladas entre los diversos materiales presentes en la zona de estudio. Tanto el SEV1 como el SEV2 evidencian la presencia de los mismos materiales, aunque con variaciones en sus espesores, con la excepción de la primera capa (lutitas) en el SEV2. Estas litologías se componen principalmente de capas de areniscas cuarcíticas y areniscas arcillosas, y la capa más profunda se identifica como roca sana de areniscas cuarzosas, siendo parte de la Formación Hollín.

Es relevante destacar la identificación de un contacto concordante entre la Formación Hollín y la Formación Napo. Como ya se había mencionado previamente, la primera capa del SEV2 está conformada por lutitas y lutitas calcáreas, estableciéndose correlaciones con la segunda y tercera capa del SEV3, con especial énfasis en que la primera capa del SEV3 consiste en un depósito coluvial.

4.17. Metodología del segundo objetivo

“Definir las propiedades físico – mecánicas de los materiales existentes en la zona de estudio, empleando métodos adecuados según el tipo de material.”

4.2.30 Ensayos geotécnicos

Con el propósito de llevar a cabo dicho objetivo, se llevaron a cabo ensayos de Penetración Estándar, así como la caracterización detallada de los macizos rocosos, los cuales se describen en las secciones subsiguientes.

4.2.30.1 Método directo

- **Ensayo de Penetración Estándar**

Sísmica de Suelos (2023) establece que se requiere equipos como un trípode de acero, una pesa de seguridad de 140 ± 2 lb., tubos de 1.5m., tubo partido. Cuando se realiza el sondeo, el penetrómetro debe hincarse 60 centímetros a la profundidad deseada, contando el número de golpes del martinete correspondientes a cada etapa de 15 centímetros. Si se obtienen 50 golpes sin que se alcance una etapa de 15 cm, la prueba debería suspenderse, ya que en teoría se produce una modificación excesiva del suelo.

Fase de campo

Se coloca la perforadora y el punto a perforar de manera precisa mientras maneja el camión para que su movimiento vertical coincida con el punto a perforar. La plataforma de la perforadora se nivela con los gatos laterales. Para lograrlo, el operador debe usar los niveles conectados a la consola de operaciones. Después de esto, la torre de la perforadora, que contiene

los controles en la consola de operaciones, se eleva y el cárcamo se coloca para que el fluido de perforación circule.

El tubo partido se conecta manualmente a la cuerda del martinete, se levanta con el malacate y la soga, luego se ubica el tubo partido en el punto a perforar. • Se aplican golpes con el martinete sobre el tubo partido, levantándolo con el cable manila.

Se retira el tubo partido del barreno y se desacopla manualmente del martinete, o se puede usar las llaves Stillson si es necesario. El supervisor recibe el tubo para extraer, embolsar y clasificar la muestra.

Fase de gabinete

Ya realizado la fase de campo, con los datos generados de la ejecución de los ensayos se clasifica los suelos empleando el método del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el método de la American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO), a continuación, se enumeran los ensayos realizados.

Tabla 9. Normas para ensayos de laboratorio.

Nro.	Ensayo	Norma
1	Contenido de humedad	ASTM D2216
2	Limite liquido	ASTM D4318
3	Limite plástico	ASTM D4318
4	Granulometría	ASTM D422
5	Clasificación SUCS	ASTMD2487

Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2023)

Adelante, se presentan las coordenadas UTM/WGS84/17S y los resultados obtenidos de los Ensayos de Penetración Estándar:

Tabla 10. Coordenadas de los SEV realizados en la zona de estudio.

Vía de estudio	COORDENADAS WGS84 1984/UTM/17S	
	ESTE	NORTE
SPT1	750734	9586814
SPT2	750872	9586315
SPT3	750894	9585962

SPT1

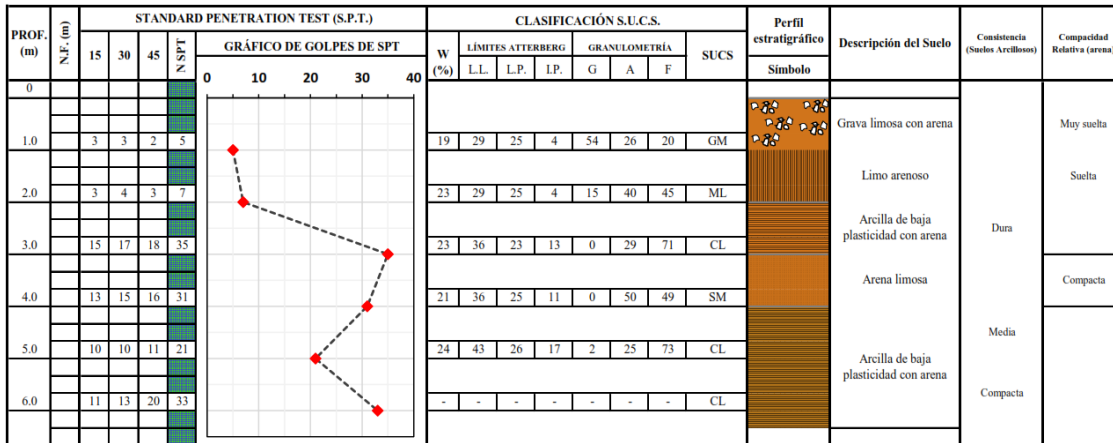


Figura. 30. Resultados de Ensayo de Penetración Estándar Nro.1.

Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2023).

La segunda capa está compuesta por limo arenoso, presentando un NSPT de 7 impactos y una carga admisible de 0.53 Kg/cm². La compacidad de esta capa se clasifica como suelta, y el contenido de humedad se sitúa en un 22.65%.

En la tercera estratificación, se identificó una composición de arcilla de baja plasticidad con arena. El ensayo NSPT para esta capa muestra un valor de 35 impactos, y la carga admisible es de 2.02 Kg/cm². La consistencia se presenta como dura, y el contenido de humedad se encuentra en un 22.91%.

A una profundidad de cuatro metros, se encontró una capa caracterizada por arena limosa. Aquí, el ensayo NSPT arrojó un valor de 31 impactos, y la carga admisible se estableció en 2.64 Kg/cm². La compacidad de esta capa es considerada compacta, y el contenido de humedad se registró en un 20.64%.

La quinta capa consiste en arcilla de baja plasticidad con arena. Los valores NSPT disminuyen a 21 impactos, con una carga admisible de 1.37 Kg/cm². La consistencia de esta capa se describe como media, y el contenido de humedad se sitúa en un 24%.

En la última capa, se identificó el mismo material de arcilla de baja plasticidad con arena. El ensayo NSPT arrojó un valor de 33 impactos, y la carga admisible se estableció en 2.41 Kg/cm². La consistencia de esta capa se caracteriza como compacta, y el contenido de humedad se mantiene en un 24%.

SPT 2

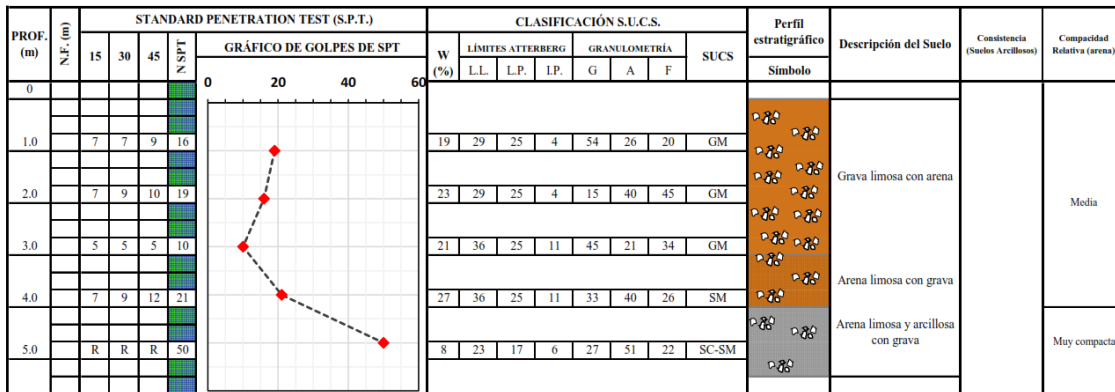


Figura. 31. Resultados del Ensayo de Penetración Estándar Nro.2.

Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2023).

A una profundidad de un metro, se identificó un estrato consistente en una mezcla de arena, grava y limo, en el cual el ensayo de penetración estándar (NSPT) arrojó un valor de 16 impactos. Esta capa demostró una capacidad de carga admisible de 1.20 Kg/cm² y una compacidad de grado medio. Además, su contenido de humedad se situó en un 20.71%.

La segunda estratificación se encuentra compuesta por el mismo material, presentando un NSPT de 19 impactos. La carga admisible en esta instancia es de 1.43 Kg/cm², con una compacidad también en nivel medio. El contenido de humedad se mantuvo constante en un 20.71%.

Continuando hacia la tercera capa, persiste el mismo material y se observa un NSPT de 10 impactos. La carga admisible alcanza los 0.75 Kg/cm² y la compacidad se encuentra en un rango medio. El contenido de humedad se mantiene uniforme en un 20.71%.

A una profundidad de cuatro metros, se encuentra una capa caracterizada por una mezcla de arena con limo y grava. Aquí, el ensayo NSPT arrojó un valor de 21 impactos, y la carga admisible se estableció en 1.79 Kg/cm². La compacidad de esta capa es de nivel medio, y el contenido de humedad se sitúa en un 27.07%.

La capa más profunda está compuesta por arena con limo y arcilla, además de grava. En este caso, el ensayo NSPT refleja un incremento a 50 impactos, con una carga admisible de 4.25 Kg/cm². La compacidad se presenta como muy compacta, y el contenido de humedad se reduce considerablemente a un 8.04%.

SPT 3

PROF. (m)	N.E. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.)				CLASIFICACIÓN S.U.C.S.								Perfil estratigráfico Símbolo	Descripción del Suelo	Consistencia (Suelos Arcillosos)	Compacidad Relativa (arena)				
		15	30	45	N _{SPT}	GRÁFICO DE GOLPES DE SPT				W (%)	LÍMITES ATTERBERG							GRANULOMETRÍA			SUCS
		0	20	40		60	LL	LP	IP		G	A	F								
0																					
1.0		R	R	R	50					16	31	20	11	69	23	8	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla y arena	Muy compacta		
1.5		R	R	R	50					-	-	-	-	-	-	-	GP-GC				

Figura. 32. Resultados del Ensayo de Penetración Estándar Nro. 3.

Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2023).

En la primera estratificación se identifica un estrato de limo arenoso con una resistencia al ensayo de penetración estándar (NSPT) de 50 impactos. Esta capa presenta una capacidad de carga admisible de 3.75 Kg/cm² en una condición de compacidad altamente compacta, y su contenido de humedad se registra en un 16.10%.

La capa final comparte la misma composición que la primera, siendo también un limo arenoso. Su resistencia NSPT es de 50 impactos, con una carga admisible de 3.75 Kg/cm² y una compacidad muy compacta. Además, su contenido de humedad se mantiene en un 16.10%.

4.2.31 Caracterización del macizo rocoso

El macizo rocoso fue caracterizado mediante la aplicación de la clasificación geomecánica propuesta por Bieniawski. Para cumplir con los requisitos de esta metodología, Bieniawski inicialmente definió que la clasificación geomecánica debería comprender los siguientes parámetros: el Índice de Calidad de la Roca (RQD), grado de meteorización, resistencia a la compresión uniaxial de la roca inalterada, distancia entre fisuras y estratificación, orientación del rumbo y el buzamiento (echado), separación de las fisuras, continuidad de las fisuras, e infiltración de aguas subterráneas. La obtención de datos detallados sobre estos parámetros permitió la clasificación precisa de sus valores. Adicionalmente. Como paso final, se determinó el Índice de Resistencia Geológica (GSI), desarrollado por Hoek y Brown en 1980 y 1980a. Este índice estima la reducción de la resistencia del macizo rocoso bajo diversas condiciones geológicas. La combinación de estas metodologías proporciona una evaluación comprehensiva de las características geomecánicas del macizo rocoso en estudio.

4.2.31.1 Trabajo de campo

Para su desarrollo se utilizó la metodología de Ferrer y Vallejo (2007) en donde se realizó:

- Descripción general del afloramiento: Identificación, características y condiciones

del afloramiento; descripción de cada componente: rocas, suelos, agua, singularidades; y la división del afloramiento en zonas (partes más homogéneas).

- Descripción de cada una de las zonas: -se realizaron descripciones objetivas y normalizadas de sus elementos estructurales (matriz rocosa y discontinuidades) y de sus propiedades.
- Descripción y caracterización de un macizo rocoso: perfiles geológico - geotécnicos y clasificaciones geomecánicas; integración del emplazamiento en la geología regional.

Se utilizó una ficha para describir la matriz y las discontinuidades presentes. Los materiales utilizados fueron: Esclerómetro, cintra métrica, brújula, GPS, fichas de campo, juego geométrico.



Figura. 33. Trabajo en campo de resistencia a la compresión simple con esclerómetro

Trabajo de oficina

- **RQD (Rock Quality Designation)**

Es el índice más usado para medir el grado de fracturación de un macizo rocoso. Para el RQD se caracterizó al macizo en una estación de 1m³, se realizó la sumatoria de fisuras (J_v) en el macizo rocoso. Por medio de la fórmula del RQD planteada por Palmstrom (2005) se determinó el RQD de cada uno de los macizos y se asignó su respectiva clasificación basándose en las características del área de estudio:

$$RQD = 110 - 2.5J_v$$

$$RQD = 0 \text{ para } J_v > 44$$

$$RQD = 100 \text{ para } J_v < 44$$
(5)

Dónde: J_v , es el número de juntas por m³.

$J_v = \Sigma(1/SM_i)$: SM_i , es el espaciamiento medio de cada fisura en m.

- **Clasificación RMR**

Para calcular del índice RMR se empleó la clasificación geomecánica de Bieniawski, por cada junta identificada en estaciones de 1m³ y se promedió estos resultados, en el macizo rocoso, la tabla utilizada se presenta a continuación:

Tabla 11. Clasificación para el RMR de Bieniawski.

PARAMETRO			ESTIMACIÓN Y ESCALA DE VALORES						
1	Resistencia de la roca sana	Carga puntual	>10 100	4-10 40-100	2-4 20-40	1-2 10-20	Únicamente compresión simple		
		Compresión simple	>250 >2500	100-250 1000-2500	50-100 500-1000	25-50 250-500	5-25 50-250	1-5 10-50	<1 <10
	Valoración		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD%		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Valoración		20	17	13	8	3		
3	Separación de discontinuidades (ver guía especial)		>2m	0.6-2m	0.2-0.6m	0.06-0.2m	<0.06m		
	Valoración		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades		Muy rugosas. Discontinuas. Sin separaciones Borde sano y duro	Ligeramente rugosa. Abertura <1mm Bordes duros	Ligeramente rugosa. Abertura <1mm Bordes blandos	Espejo de falla o con relleno <5mm o abiertas 1-5mm. Diaclasas continuas	Relleno blando >5mm o abertura >5mm. Diaclasa continua		
	Valoración		30	25	20	10	0		
5	Presencia de agua	Caudal por 10m de túnel	Nulo	<10L/min	10-25L/min	25-125L/min	>125L/min		
		Relación entre la presión de agua y la mayor del terreno σ_w / σ_1	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
	Valoración		15	10	7	4	0		
6	Corrección por orientación de las discontinuidades								
	Dirección y buzamiento		Muy favorable	Favorable	Medio o regular	Desfavorable	Muy desfavorable		
	Valoración para:	Túneles	0	-2	-5	-10	-12		
		Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25		
Taludes		0	-5	-25	-50	-60			

Nota: Obtenido de: Bieniawski (1989)

Con la información de la tabla se emplea la siguiente fórmula:

$$RMR = A1 + A2 + A3 + A4 + A5.$$

A1= Resistencia de la matriz rocosa (Mpa).

A2= RQD.

A3= Separación entre diaclasas.

A4= Estado de las discontinuidades.

A5= Agua Freática

De acuerdo a la puntuación obtenida mediante la clasificación para el RMR de Bieniawski, se asignó una clase y una categoría de calidad de acuerdo a los datos obtenidos:

Tabla 12: Clasificación RMR de Bieniawski.

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala
Puntuación	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

Nota: Obtenido de: Bieniawski (1989)

Para la interpretación de los resultados se utilizó la siguiente figura propuesta por el profesor Bieniawski que relaciona tiempo de permanencia estable sin soporte y la longitud, en la cual un macizo rocoso puede estar abierto, de acuerdo a su calidad obtenida con los datos de campo, cálculos y ensayos realizados.

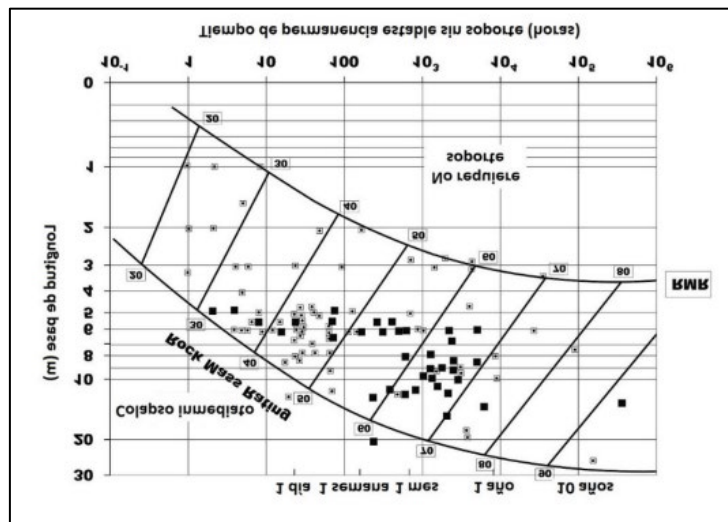


Figura. 34. Relación de tiempo de estabilidad de acuerdo al resultado de RQD

Nota: Obtenido de: Bieniawski (1989)

- **GSI**

Si el Si RMR > 23 se puede aplicar la fórmula que se plantea a continuación, mientras que, si RMR < 23 entonces no se puede determinar el valor de GSI. Para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$GSI=RMR-5$$

Tabla 13: Calidad del Macizo rocoso según GSI

Calidad	
Macizos de calidad muy mala	$(0 \leq \text{GSI} \leq 20)$
Macizos de calidad mala	$(20 < \text{GSI} \leq 40)$
Macizos de calidad regular	$(40 < \text{GSI} \leq 60)$
Macizos de calidad buena	$(60 < \text{GSI} \leq 80)$
Macizos de calidad muy buena	$(80 < \text{GSI} \leq 100)$

Nota: Álvarez (2020)

4.18. Metodología para el tercer objetivo

“Determinar la caracterización geológica y geotécnica de la vía, en base el factor de seguridad de los taludes”

Para la determinación del factor de seguridad se seleccionaron 4 taludes, en este caso por cada cambio litológico dentro de la zona de estudio, ubicados en las coordenadas que se detallan a continuación:

Tabla 14. Ubicación de los taludes para el Fs.

Talud	Coordenadas UTM WSG84		
	X(m)	Y(m)	Z(m)
Talud 1	750668	9587275	774
Talud 2	750638	9587172	785
Talud 3	750706	9586818	821
Talud 4	750872	9585948	805

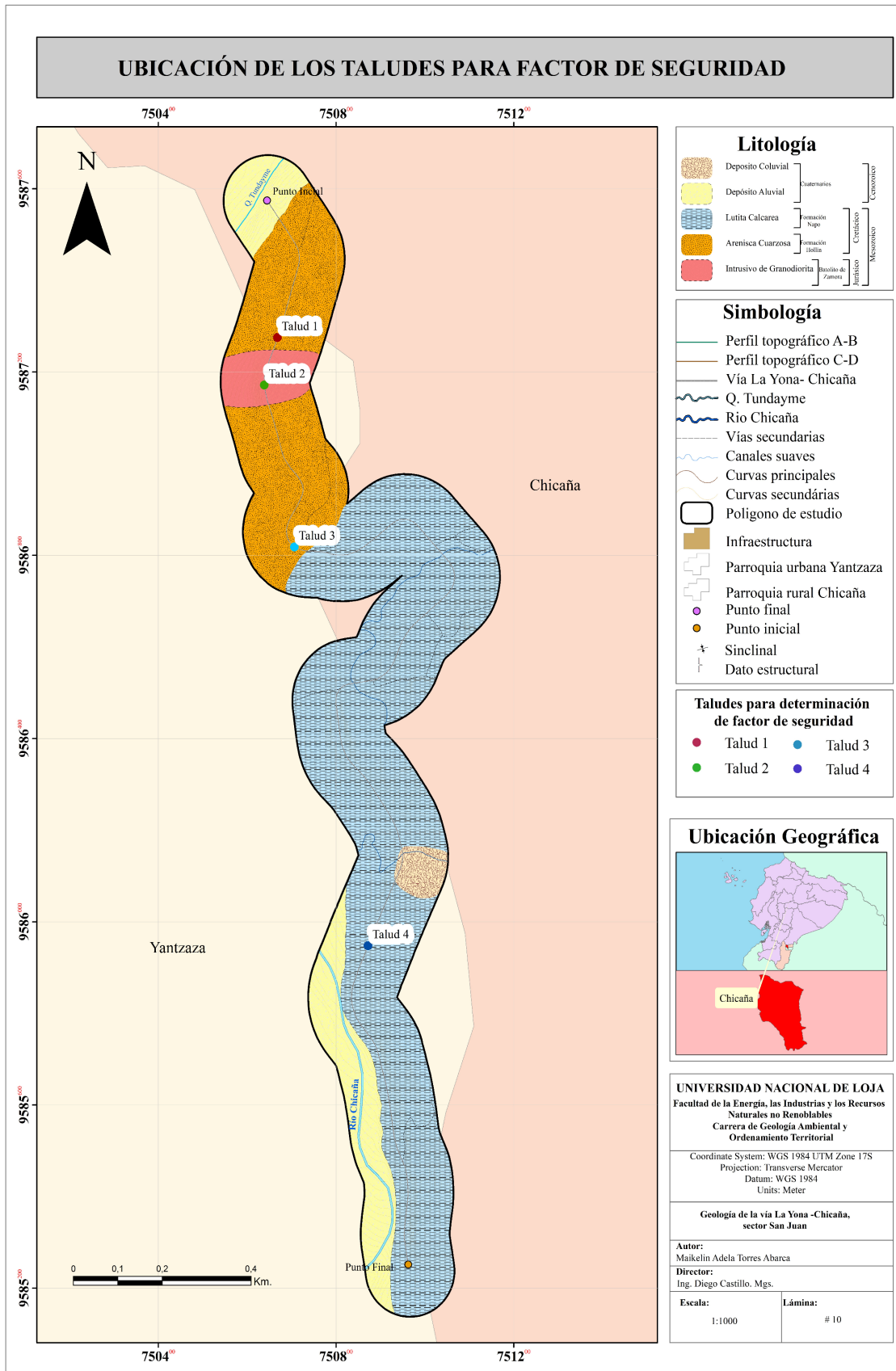


Figura. 35. Mapa de ubicación de taludes de factor de seguridad

4.2.32 Método de equilibrio límite.

Este método estableció la rotura del terreno que se generó a través de una línea que representó la superficie de rotura. Con ello ayudó a determinar si la masa de terreno por encima de la línea se desplazó respecto la masa inferior, produciéndose la rotura del terreno. Se utilizaron distintos métodos: Bishop Simplificado, Janbu, Spencer y Fellenius.

4.2.33 Factor de seguridad.

- **Métodos Bishop Simplificado, Janbú y Spencer, en software Slide**

Para el cálculo del factor de seguridad se empleó la metodología Úcar & Belandria (2015) se realizó un análisis mediante el software Slide 6.0, donde se modelan los taludes correspondientes a suelos. Para la representación del perfil del talud, se generaron perfiles transversales a partir de la topografía en el software GIS, los cuales se exportarán al software Slide.6.0 para verificar las condiciones actuales de estabilidad en el sector. Los datos que se ingresarán al programa serán: ángulo de fricción, peso específico y cohesión.

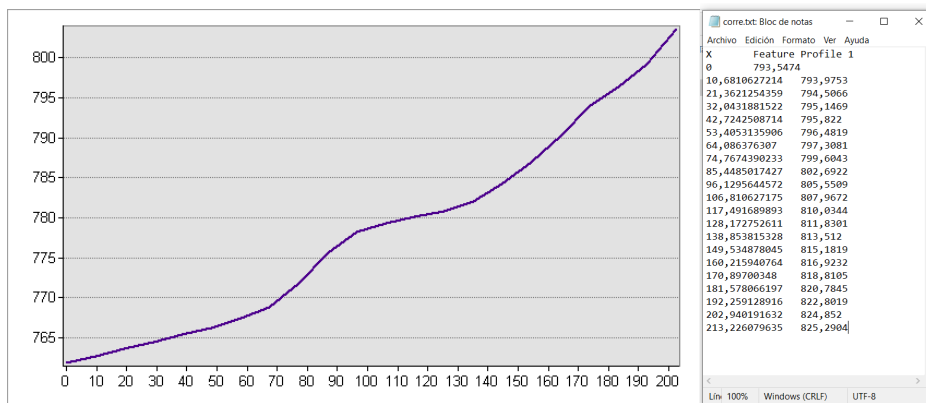


Figura. 36. Perfil y coordenadas para el factor de seguridad

Fase de gabinete

Úcar & Belandria (2015) menciona que se debe definir claramente la situación para la cual se desea calcular el factor de seguridad. Se reúne los datos relevantes, como las fuerzas aplicadas, las características del material y las condiciones ambientales e identifica todas las fuerzas que actúan sobre el sistema. Esto podría incluir fuerzas gravitacionales, fuerzas externas aplicadas, fricción y cualquier otra fuerza pertinente. Si hay momentos involucrados, también ten en cuenta esos efectos.

Calcular las fuerzas de resistencia que actúan en sentido contrario al movimiento. esto puede incluir la fuerza de fricción entre las superficies en contacto y cualquier otra resistencia presente en el sistema; utilizar el principio de equilibrio para sumar todas las fuerzas y momentos en cada dirección (horizontal y vertical). Esto permitirá determinar si el sistema está

en equilibrio o si hay un riesgo de deslizamiento.

El factor de seguridad se calcula como la relación entre las fuerzas de resistencia y las fuerzas que podrían causar el deslizamiento. La ecuación básica para calcular el factor de seguridad en este contexto es:

$$FS = \frac{\text{Fuerzas de resistencias}}{\text{Fuerzas causantes de deslizamiento}} \quad (6)$$

Donde:

Fuerzas de Resistencia: son todas las fuerzas que tienden a evitar el deslizamiento, como la fuerza de fricción.

Fuerzas Causantes de Deslizamiento: son todas las fuerzas que tienden a provocar el deslizamiento, como las fuerzas aplicadas.

Si el factor de seguridad calculado es mayor que 1, indica que el sistema está en equilibrio y no hay riesgo de deslizamiento. Si es menor que 1, significa que las fuerzas de deslizamiento son mayores que las fuerzas de resistencia, lo que podría llevar al deslizamiento.

- **Modelo Estático**

Para el modelamiento de los taludes en condición estática, se tomó en cuenta los factores que pueden afectar la estabilidad de los taludes, como: la geometría, geología y características geológicas-geotécnicas de los materiales obtenidas previamente en los ensayos. Una vez establecidos los taludes de estudio se calculó el Factor de seguridad con las herramientas que proporciona el software Slide 6.0, sin embargo, para corroborar y comparar los datos se realizó un cálculo mediante fórmula que establece Suarez, quien menciona que, si la longitud relativa del talud es mayor a la relación con su espesor, la contribución de la resistencia en la cabeza y el pie del talud es menor a diferencia del resto de la superficie de falla. Por ello se ha empleado el método del talud infinito que permite determinar el factor de seguridad que se puede emplear en suelos alterados y homogéneos. Para obtener el factor de seguridad en condiciones normales en suelos se empleó la siguiente fórmula:

$$F_s (\text{seco}) = \frac{c}{\gamma * H * \cos^2 \beta} + \frac{\tan \phi}{\tan \beta} \quad (7)$$

- **Modelo Pseudoestático**

Para el modelamiento de taludes mediante este método se empleó cargas sísmicas horizontales, sin considerar las verticales; para obtener el coeficiente sísmico se utilizó el mapa de zonas sísmicas de todo el Ecuador.

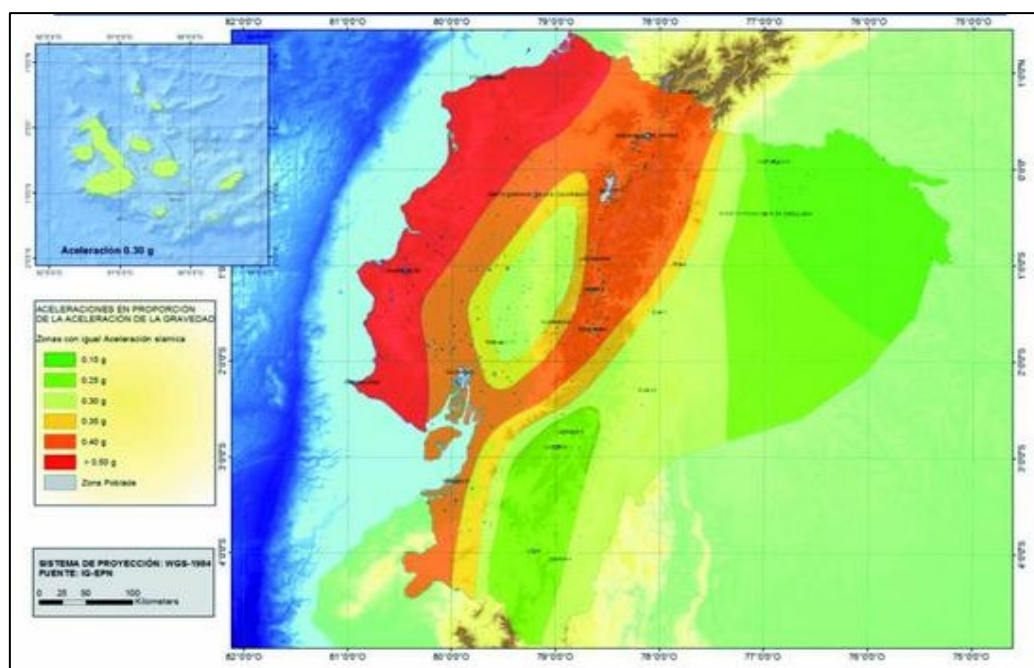


Figura. 37. Zonas sísmicas del Ecuador.

Nota: Mapa de representación de zonas sísmicas con sus respectivos rangos de aceleración. Fuente: NEC, 2015.

El área de estudio se encuentra en la zona sísmica III con un valor de Z (Aceleración máxima en roca esperada para el sismo) de 0.30

Tabla 15. Valor de Z.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.50
Caracterización de la amenaza sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta
Población	Parroquia	Cantón	Provincia	Z		
Guayzimi	Guayzimi	Nangaritza	Zamora Chinchipe	0.30		
Yantzaza	Yantzaza (Yantzaza)	Yantzaza	Zamora Chinchipe	0.30		
Zumba	Zumba	Chinchipe	Zamora Chinchipe	0.25		

Nota: Obtenido de: (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015)

El factor de sitio actual para suelo es de tipo D (suelos rígidos) y para roca de tipo B (roca de rigidez media) por ende los valores son:

Tabla 16. Factor de sitio actual

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.50
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.35	1.2	1.12
E	1.8	1.5	1.39	1.26	1.14	0.97

Nota: Obtenido de: NEC, (2015).

Se utilizó la siguiente formula, considerando que la demanda sísmica para los análisis pseudo-estático será del 60% de la aceleración máxima en el terreno como lo recomienda en la NEC-SE-GC-2015:

$Kh = 0.6(amax)/g$	(8)
--------------------	------

Donde: $amax = ZFa$

Fa= Fuerzas actuales $amax = 0.30g*1.30= 0.39g$

$amax = 0.30g*1= 0.30g$

Factor sísmico horizontal **Suelo** $Kh = 0.6(0.39g) /g$

$Kh =0.234$

Roca $Kh = 0.6(0.30g) /g$

$Kh =0.18$

Resultados

4.19. Resultados para el primer objetivo

4.2.34 Geología local

La zona de estudio está ubicada dentro del complejo Intrusivo de Zamora, predominantemente compuesto por granodiorita meteorizada que abarca una extensión de 2.31 ha. Además, se identifican 13.76 ha de areniscas calcáreas pertenecientes a la Formación Hollín. Se registran, asimismo, 37.15 ha de lutitas meteorizadas con coloraciones amarillas, así como lutitas calcáreas grises que forman parte de la Formación Napo. También se distinguen depósitos fluviales que abarcan 8.66 ha y un depósito de coluvio con una extensión de 1.13 ha.

La información proporcionada a continuación ha sido validada mediante análisis de muestras en laboratorio y ha sido correlacionada con la Carta Geológica Regional y los resultados obtenidos de los Sondeos Eléctricos Verticales.

Consiguiente a esto, se describen los afloramientos presentes en la zona de estudio:

- **Depósitos Fluviales**

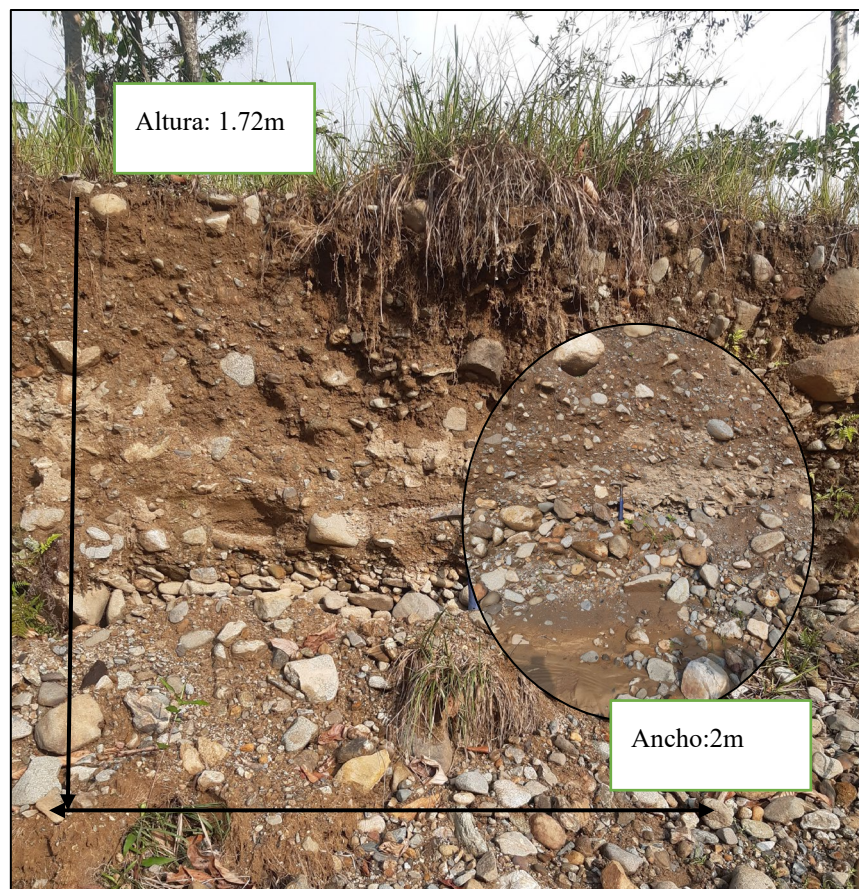


Figura. 38. Afloramiento N°1 caracterizado por terrazas aluviales

La primera zona (Figura 37), ubicado en las coordenadas UTM/WGS84 x:750802, y: 9586448, está compuesta por depósitos aluviales transportados y depositados por los canales

fluviales, de granulometría muy diversa, dispuestos en una matriz areno-limosa y areno-arcillosa provenientes del arrastre de materiales de los barrios El Salado, Guayacanes, Guambien y el Oso que se formaron en el período Cuaternario.

Estos depósitos están principalmente compuestos por materiales sueltos como arena, limo y grava, que presentan tonalidades rojizas debido a la oxidación y tonos blanquecinos por presencia de cuarcita. Las dimensiones de estos materiales varían en un rango desde 0.06 mm hasta 0.30 cm., se puede observar una capa fina de vegetación de materia orgánica con un espesor de 0.42 cm, y también se presenta una cubierta vegetal formado por plantas herbáceas.

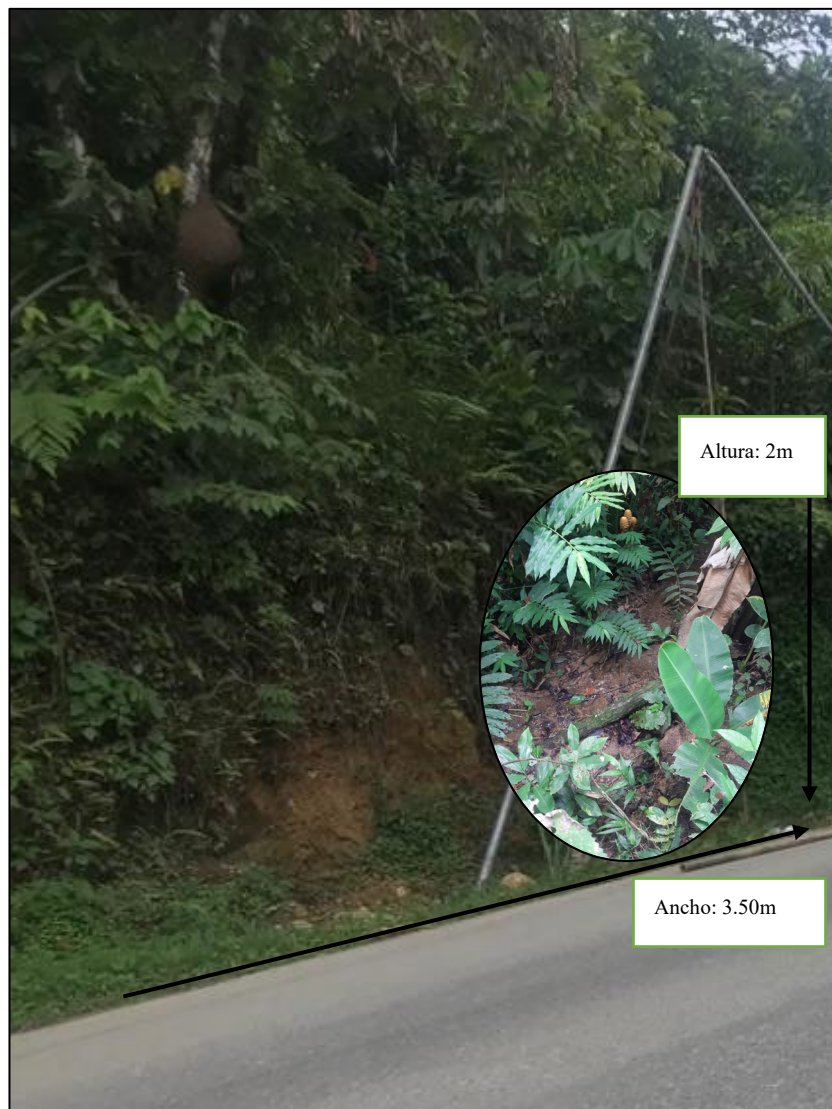


Figura. 39. Afloramiento N°10, caracterizado por un depósito coluvial.

Esta zona se encuentra ubicada en las coordenadas UTM/WGS84 x:750727, y: 9586934. este coluvio se depositó y se encuentra en combinación con lutitas amarillas alteradas. Es importante notar que este depósito se encuentra sobre una base de lutita calcárea que tiene una inclinación en concordancia con la pendiente del terreno. esto significa que las capas de la

lutita calcárea tienen un ángulo que sigue la dirección de la pendiente natural. Debido a esta disposición, el coluvio y la lutita amarilla están propenso a deslizarse hacia abajo debido a la gravedad, además, está cubierto por una gran masa de vegetación, lo cual añade peso lo que influye en la dinámica de la zona.

- **Complejo Intrusivo de Zamora**

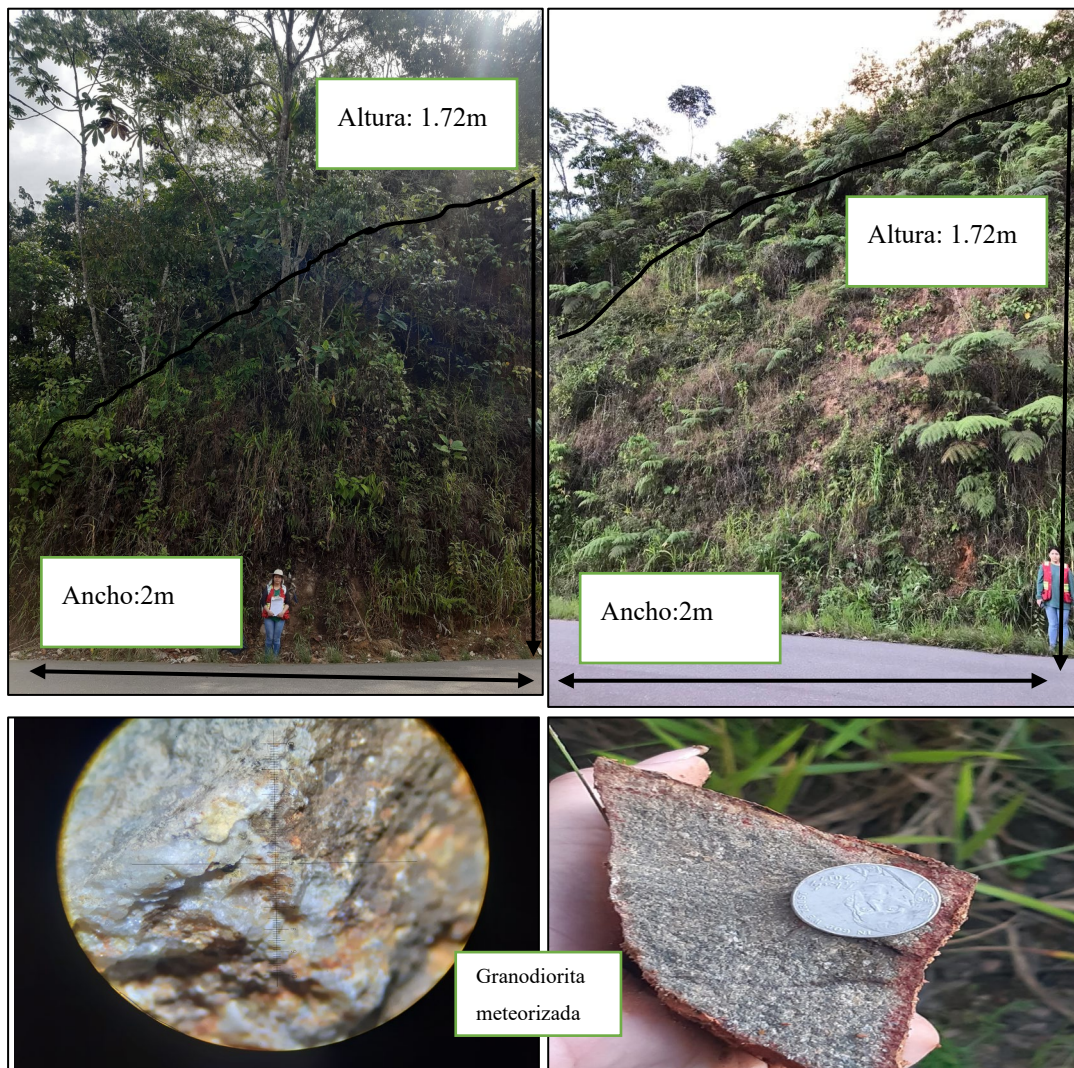


Figura. 40. Afloramiento N°3 caracterizado por granodiorita meteorizada.

La segunda zona (Figura 39), ubicado en las coordenadas UTM/WGS84 x:750559, y: 9587519, está compuesta por el cuerpo intrusivo, el cual se encuentra dentro del Plutón Batolito de Zamora. Este cuerpo intrusivo se formó durante el Jurásico Superior y principalmente consiste en granodiorita. A lo largo del tiempo, este material ha experimentado un proceso de descomposición y fragmentación. Esta granodiorita meteorizada muestra una estructura fragmentada y suelta, con una amplia variedad de tamaños de grano que se extienden desde partículas finas hasta fragmentos más grandes. Debido a la exposición a los factores climáticos predominantes en la zona, su superficie exhibe una apariencia irregular y una textura más suave.

En la muestra llevada al laboratorio, se pudieron identificar minerales como feldespatos, cuarzo y mica. Además, la roca presenta colores más claros y tonos rojizos, los cuales son resultado de la influencia de la intemperie y los procesos de erosión.

- **Formación Hollín**



Figura. 41. Afloramiento N°5, compuesto por arenisca cuarcítica

La tercera zona (Figura 40), ubicado en las coordenadas UTM/WGS84 x:750689, y: 9587192, pertenece a la formación Hollín, una arenisca cuarzosa que se formó durante el periodo Cretácico. Esta arenisca se presenta en una condición alterada, lo que sugiere que ha experimentado cambios en su estructura original debido a la exposición a factores climáticos. Esta alteración se manifiesta en la textura de la roca, que ha perdido su cohesión original, y en su coloración, que tiene colores tierra desde ocres hasta marrones debido a la oxidación que ha ocurrido en la roca. La interacción con el oxígeno y otros elementos ha llevado a cambios en la composición química de los minerales presente, dando lugar a estos colores característicos. La superficie de la arenisca está cubierta por una vegetación arbustiva abundante, con arbustos y

plantas que ocupan la mayoría de las áreas disponibles, la raíces y tallos de estas plantas se han entrelazado con la roca.

- **Formación Napo**



Figura. 42. Afloramiento N°7, caracterizado por lutitas marrones.

La cuarta zona (Figura 41), ubicado en las coordenadas UTM/WGS84 x:750630, y: 9587211, en este lugar, se observa lutita amarilla que ha sufrido transformaciones a lo largo de su evolución. Uno de los aspectos notables de este afloramiento es su laminación enormemente delicada. Esto implica que las capas presentes son extremadamente delgadas y planas, casi imperceptibles a simple vista.

Al tocar la superficie de la lutita, podemos sentir su textura suave, lo que nos indica un proceso de erosión gradual que ha ocurrido durante un extenso período. Esta diferencia en la textura se destaca aún más debido a la presencia de una vegetación herbácea y arbustiva que cubre toda la zona. Estas han ingresado en las pequeñas grietas y fisuras de la roca. Una característica destacada es que esta lutita amarilla alterada descansa sobre una base de lutita calcárea.



Figura. 43. Afloramiento N.º 11, caracterizado por lutitas calcáreas

La zona seis (Figura 42), ubicada en las coordenadas UTM/WGS84 x:750704, y: 9586833, forma parte de la Formación Napo, que data del período Cretácico. En esta ubicación, se presenta una lutita calcárea que ha experimentado procesos de meteorización a lo largo del tiempo. Su tonalidad es de un gris oscuro característico y su textura, cuando se raspa con la uña, manifiesta una evidente susceptibilidad al rayado, lo cual refleja los efectos de la meteorización que ha enfrentado.

Al llevar a cabo una prueba con ácido clorhídrico en la muestra de mano, se observa una reacción en forma de efervescencia. Esta reacción es indicativa de la presencia de carbonato de calcio en la lutita, un componente distintivo en las rocas calcáreas. Las fracturas en esta roca se presentan en caras planas, lo cual sugiere una tendencia a romperse en planos específicos.

El afloramiento muestra diversas discontinuidades, posiblemente atribuidos a cambios en su composición y estructura. Esta particularidad ha suscitado interés y, por consiguiente, se ha decidido seleccionar este afloramiento para un análisis de sus propiedades mecánicas. Dicho análisis tiene como objetivo principal comprender cómo responde la roca ante tensiones y proporcionar una comprensión más profunda de su estructura.

Se llevó a cabo el levamiento de los deslizamientos más significativos en la zona, detallados en el anexo 4, y se incorporaron al mapa geomorfológico correspondiente (ver Figura 43), destacándose entre ellos el deslizamiento que se describe a continuación.



Figura. 44. Deslizamiento

El deslizamiento se encuentra geográficamente localizado en las coordenadas x: 750689m, y: 9587192m. La zona+ presenta una densa cobertura vegetal en los flancos y sobre la masa deslizada. En términos dimensionales, posee una amplitud de 30.35 m. y una elevación de 28.53 m, con un socavamiento de 4.61 metros que afecta la mitad de la plataforma de la vía. Los materiales de edad Cenozoica, como las areniscas cuarzosas de la Formación Hollín, están significativamente meteorizados debido a agentes exógenos como agua, viento y actividad antrópica. Similarmente, las lutitas de la Formación Napo, de la misma edad, exhiben procesos de meteorización. Esto ha ocasionado cambios litológicos notables en la zona, sugiriendo la presencia de un contacto concordante entre las litologías sedimentarias.

En términos morfológicos, el deslizamiento presenta una configuración cóncava dirigida hacia abajo. Su composición y comportamiento lo clasifican como un deslizamiento de tipo rotacional. Para obtener información más detallada, se adjunta el anexo 4.

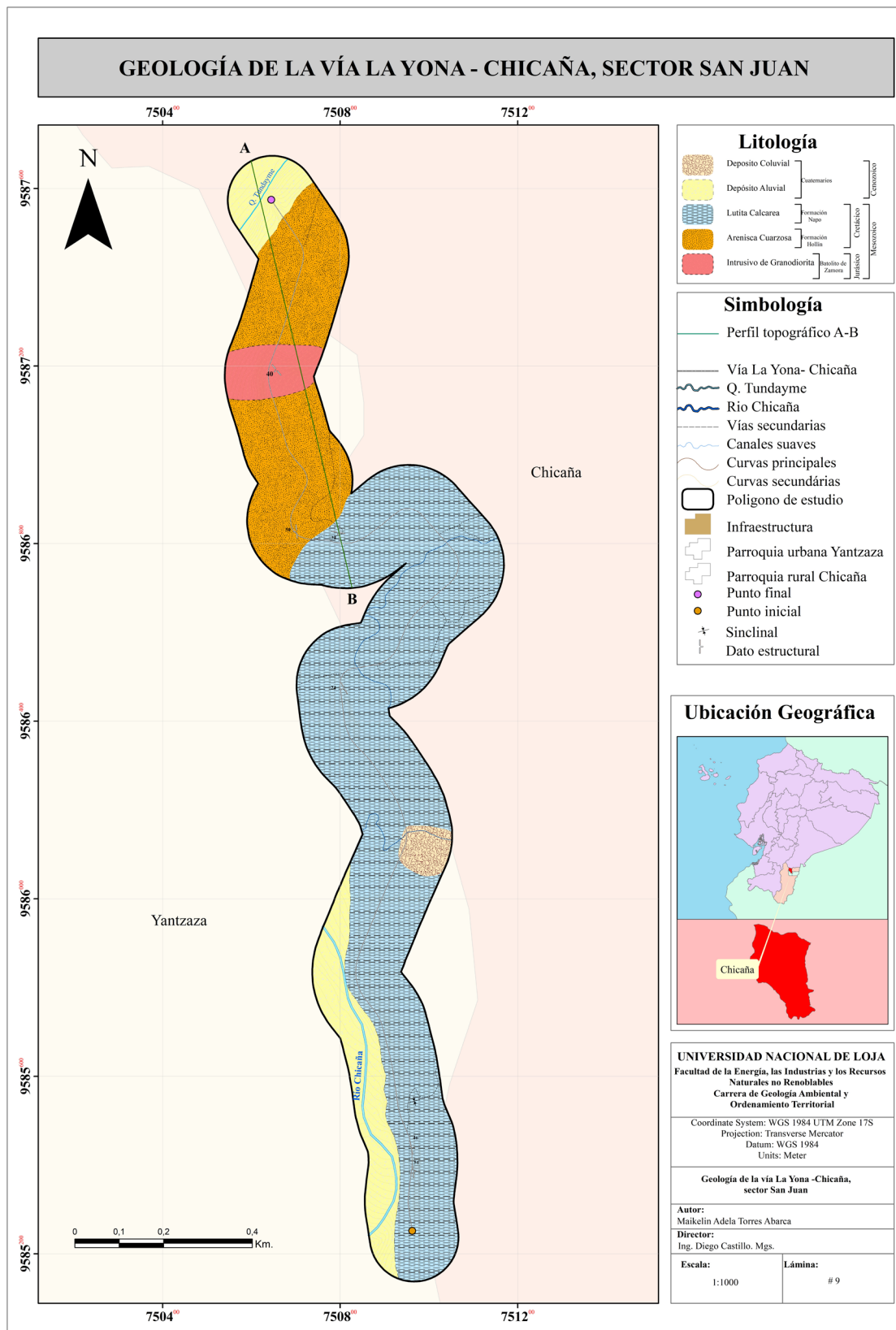


Figura. 45. Geología del área de estudio.

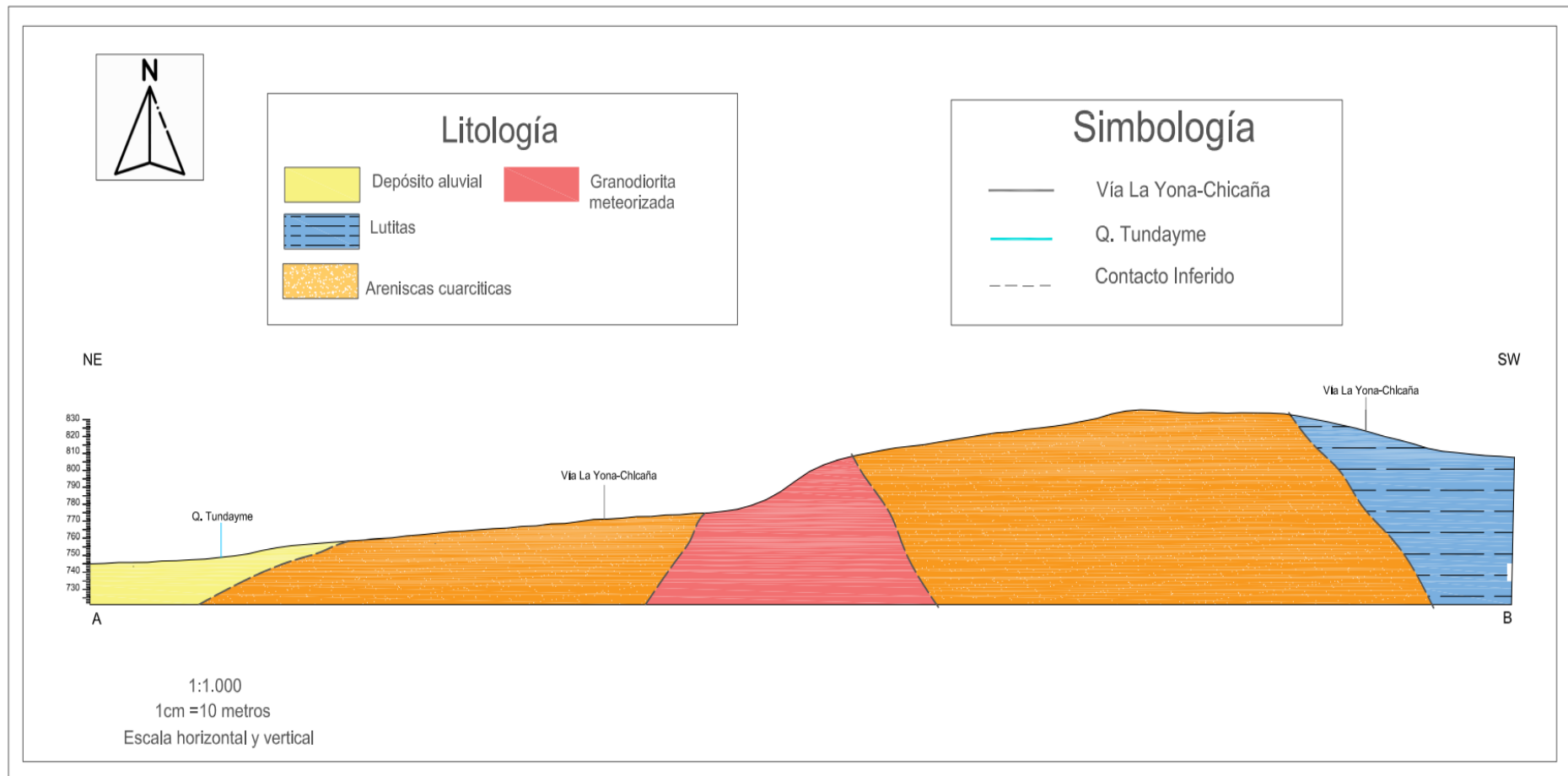


Figura. 46. Corte Geológico A-B

El corte geológico es una representación gráfica detallada que muestra las características geológicas específicas de una zona determinada. En lo que respecta a los materiales cuaternarios, estos se componen de depósitos aluviales transportados y depositados por los canales fluviales. Estos depósitos presentan una granulometría muy diversa y están dispuestos en una matriz areno-limosa y areno-arcillosa, siendo originados por el arrastre de materiales de los barrios El Salado, Guayacanes, Guambien y el Oso.

Adicionalmente, se identifica la presencia de dos formaciones geológicas pertenecientes al Cretácico. La Formación Napo, caracterizada por lutitas calcáreas, muestra en la superficie un notable grado de meteorización. De manera similar, la Formación Hollín se distingue por la presencia de areniscas cuarcíticas, las cuales también han experimentado una alta meteorización y alteración provocada por factores exógenos como viento, lluvia, vegetación, entre otros. Entre estas dos formaciones, se puede inferir la existencia de un contacto concordante.

Se determina un intrusivo de granodiorita que atraviesa la formación Hollín conformada por areniscas cuarcíticas; el proceso de intrusión indica que el magma ascendió desde profundidades significativas y se solidificó en el subsuelo, cortando a través de las capas preexistentes de areniscas cuarcíticas.

4.20. Resultados para el segundo objetivo

4.2.35 Ensayo de Penetración Estándar

Luego de haber realizado el ensayo de compresión simple y clasificación de suelos, se llegó a los siguientes resultados:

Tabla 17. Resumen de datos de campo, de laboratorio y resistencias obtenidas.

	Profundidad m	N _{SPT}	C.H %.	L %	P %	P %	SUCS	Descripción	N ₆₀	NI ₆₀	q _{ult} neto	q _{adm} neto
SPT N.º 1	1.00	5	18.70	29	25	4	GM	Grava limosa con arena	4	5	1.13	0.38
	2.00	7	22.65	29	25	4	ML	Limo arenoso	5	7	1.58	0.53
	3.00	35	22.91	36	23	13	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena	26	32	6.05	2.02
	4.00	31	20.64	36	25	11	SM	Arena limosa	26	29	7.91	2.64
	5.00	21	24.00	43	26	17	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena	18	18	4.12	1.37
	6.00	33	-	-	-	-	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena	31	30	7.23	2.41
SPT N.º 2	1.00	16	18.70	29	25	4	GM		12	16	3.60	1.20
	2.00	19	22.65	29	25	4	GM	Grava limosa con arena	14	19	4.28	1.43
	3.00	10	20.71	36	25	11	GM		8	9	2.25	0.75
	4.00	21	27.07	36	25	11	SM	Arena limosa con grava	18	19	5.36	1.79

SPT N.º 3	5.00	50	8.04	23	17	6	SC-SM	Arena limosa y arcillosa con grava	43	43	12.75	4.25
	1.00	50	-	-	-	-	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla y arena	38	49	11.25	3.75
	1.50	50	-	-	-	-		38	49	11.25	3.75	

Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2023).

→ Consistencia relativa

Se evaluó la cohesión del suelo en cada uno de los ensayos de penetración estándar mediante la aplicación de la fórmula (14). Los resultados obtenidos se detallan a continuación:

Tabla 18. Resultados CR de cada ensayo de penetración estándar.

N. SPT	Consistencia Relativa	Descripción
1	1.53	El suelo es de consistencia rígida, tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de 1.0 - 5.0 kg/cm ² .
2	1.77	El suelo es de consistencia rígida, tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de 1.0 - 5.0 kg/cm ² .
3	1.33	El suelo es de consistencia rígida, tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de 1.0 - 5.0 kg/cm ² .

4.2.36 Propiedades físico -mecánicas del macizo rocoso

4.2.36.1 Caracterización de los macizos rocosos. Se caracterizó un macizo rocoso ubicado en las siguientes coordenadas:

Tabla 19. Ubicación de afloramientos.

Macizo rocoso	Coordenadas de los macizos rocosos (UTM/WGS84)		
	X(m)	Y(m)	Z(m)
Nº1	750872	9585948	805

- Talud Nº1

El talud Nº1 está compuesto principalmente por Lutita Calcárea y muestra una cobertura vegetal abundante tanto en los flancos como en la cima. En la parte frontal del talud, se observan cambios y alteraciones significativas en la roca. Se estableció una zona del talud con el propósito de obtener datos del macizo y realizar un análisis del mismo.



Figura. 47. Zonificación del talud N°1.

A continuación, en la figura 44 se presentan la estación establecida con una dimensión de 1m³.

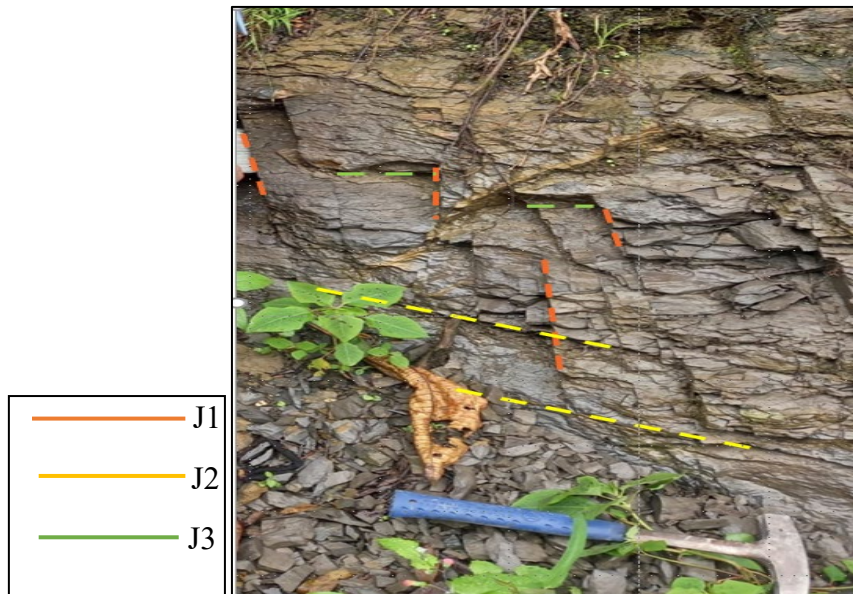


Figura. 48. Estación para caracterización del macizo rocoso N°1.

- RQD (Rock Quality Designation)

A partir de los datos obtenidos en los 2 macizos rocosos se determinó el índice de la calidad de la roca (ver anexo 10 para encontrar los datos de campo), resultando lo siguiente:

Tabla 20. Resultados RQD Macizo (Lutita Calcareo)

Junta	SMi(m)	1/SMi(m)	Jv/m ³	RQD	Calidad de la roca
J1	0.08	12.500	36.861	17.848	Muy mala
J2	0.063	15.789			
J3	0.116	8.571			

A continuación, se presenta la clasificación RMR por cada junta:

- RMR de Bieniawski

Tabla 21: Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR J1

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	>4kg/cm ²	3-4 kg/cm ²	2-3 kg/cm ²	1-2 kg/cm ²	<1 kg/cm ²
Ángulo de rozamiento	>45°	35°- 45°	25° - 35°	15° - 25°	<15°

Tabla 22. Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR. J2

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	>4kg/cm ²	3-4 kg/cm ²	2-3 kg/cm ²	1-2 kg/cm ²	<1 kg/cm ²
Ángulo de rozamiento	>45°	35°- 45°	25° - 35°	15° - 25°	<15°

Tabla 23. Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR. J3

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	>4kg/cm ²	3-4 kg/cm ²	2-3 kg/cm ²	1-2 kg/cm ²	<1 kg/cm ²
Ángulo de rozamiento	>45°	35°- 45°	25° - 35°	15° - 25°	<15°

En la tabla 24 se presentan los resultados obtenidos de las valoraciones por cada familia:

Tabla 24. Resultados RMR

Juntas	σc (Mpa)	RQD (100%)	Smi (m)	LD (m)	AB	RU	RE	ALT	AGUA	RMR
J1	24.38	17.844	0.052	0.795	0.18	L. rugosa	Ninguno	M. alterada	Húmedo	38.115
Puntaje	2	3	5	4.20	4.91	3	6	3	7	
J2	24.38	17.844	0.177	0.634	0.25	L. rugosa	Ninguno	M. alterada	Húmedo	40.705
Puntaje	2	3	5	4.36	4.83	3	6	3	7	
J3	24.38	17.844	0.11	0.598	0.17	L. rugosa	Ninguno	M. alterada	Húmedo	39.392
Puntaje	2	3	5	4.40	4.92	3	6	3	7	
PROMEDIO RMR			CLASE			CALIDAD DE LA ROCA				

39.40	IV	MALA
-------	----	------

Tabla 25. Resultado RMR del macizo (Lutita calcárea).

Nro. Macizo	RMR	Clase	Calidad
1	38.11	IV	MALA

- Geological Strength Index (GSI)

Se obtuvo los siguientes resultados:

Macizo Nro. 1: Lutita Calcárea

$$GSI = RMR - 5$$

$$GSI = 38.11 - 5$$

$$GSI = 33.11 \text{ (Calidad Mala)}$$

Los resultados para evaluar la calidad del macizo rocoso mediante los métodos RMR de Bieniawski y GSI están relacionados. No solo en las características de las discontinuidades y resistencia de la roca sana. Esto se debe a que la base del GSI se basa en los valores derivados del método RMR, es decir, los valores obtenidos en el RMR son el fundamento sobre la cual se construye el GSI. En el caso específico del macizo, el método GSI indicó un valor de 33.11 concordando con el valor obtenido mediante el método RMR, indicando una calidad mala.

La clasificación geomecánica RMR (Rock Mass Rating) posibilita la evaluación de la calidad del macizo rocoso mediante la consideración de varios factores clave. Estos incluyen la resistencia inherente de la roca sin alteraciones, el nivel de fracturación y diaclasado presente en las discontinuidades del macizo, la influencia de la presencia de agua, y la orientación de las discontinuidades en relación con los componentes del análisis, en este caso, los taludes.

De acuerdo con los resultados derivados de la clasificación geomecánica de Bieniawski, se recurre a la utilización de la figura 33, proporcionada por el profesor Bieniawski en 1989. Esta figura permite realizar un análisis de los resultados al compilar datos relacionados con el tiempo de estabilidad sin necesidad de soporte. La figura en cuestión establece una relación entre el tiempo de permanencia estable sin el uso de soporte y la longitud de la apertura en la que un macizo rocoso puede permanecer expuesto. Dicha longitud se define con base en la calidad obtenida mediante datos de campo, cálculos y ensayos realizados.

4.21. Resultados para el tercer objetivo

Para llevar a cabo un análisis completo y preciso de los taludes más representativos en nuestro estudio, se aplicó el método de equilibrio límite, utilizando una combinación de enfoques que incluyen los métodos de Bishop, Janbu simplificado, Fellenius y Spencer (tabla 32), tanto en condiciones estáticas como pseudoestáticas. Esta selección de métodos se basó en la naturaleza particular de los taludes y en la necesidad de considerar diversas variables

geotécnicas.

Los datos que no se pudieron obtener mediante ensayos fueron adquiridos según lo informado por Gowda & Kumar (2017), A continuación, se presenta el análisis de estabilidad realizado en el software Slide 6.0, junto con su respectivo análisis.

4.2.37 Modelo estático

- Talud 1

Tabla 26. Parámetros geotécnicos Abscisa 0+328

Litología	Color	Peso específico KN/m ³	Cohesión KN/m ²	Angulo de fricción
Material de mejoramiento		20	0	39
Suelo		21	0	38

La sección mejorada de la vía ha sido sometida a un análisis de estabilidad detallado ya que esta presenta una inclinación que no favorece, lo que hace que la vía esté es riesgo de deslizamiento.

A continuación, se presentan las representaciones gráficas generadas mediante el uso del software Slide 6.0, el cual proporciona una visualización detallada de la configuración del talud y los factores de seguridad asociados.

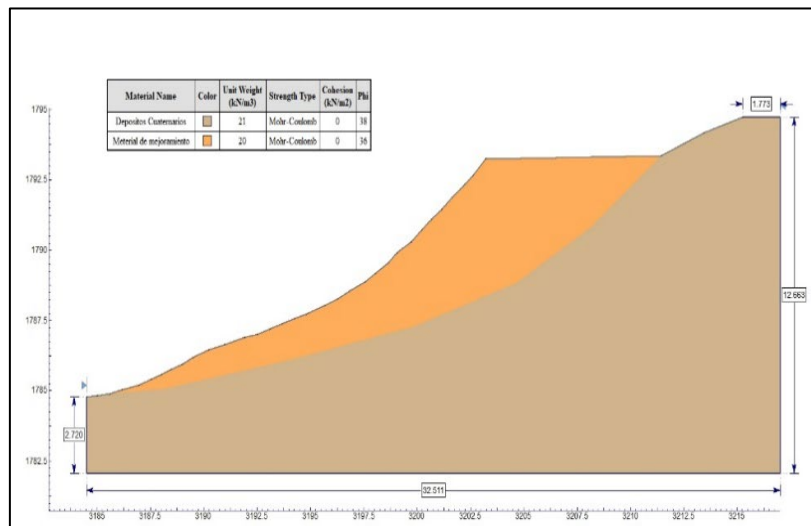


Figura. 49. Diseño del talud de roca para análisis de estabilidad, talud 1

- Análisis no circular

Como resultado se obtiene un factor de seguridad de 0.952 sin infiltración, el valore indica que la parte mejorada de la vía se encuentra en una situación de inestabilidad.

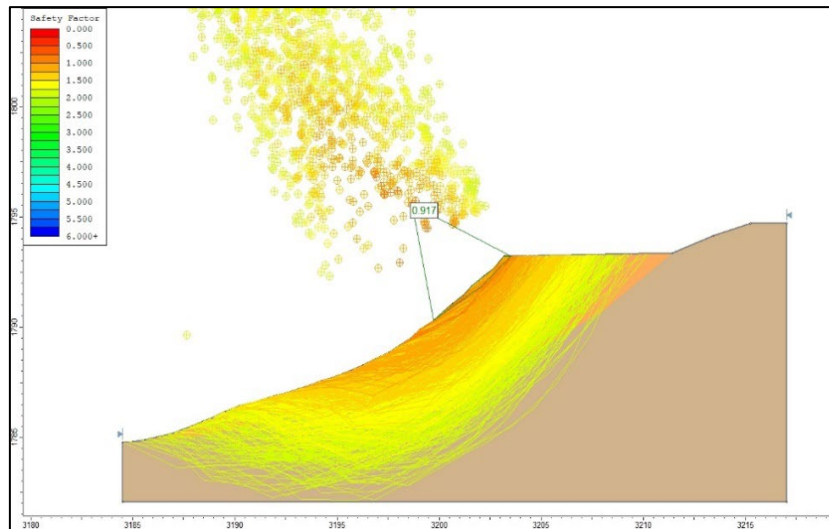


Figura. 50. Análisis de FS general no circular, talud 1

- Análisis circular

Según los resultados obtenidos, el factor de seguridad en un análisis circular es de 0.965, este valore indica que la parte mejorada de la vía se encuentra en una situación de inestabilidad.

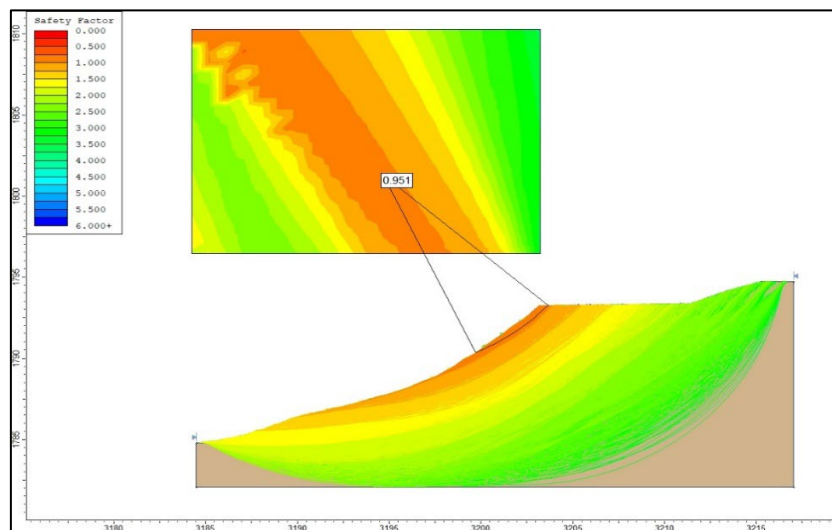


Figura. 51. Análisis de FS general circular, talud 1

- Talud 2

Tabla 27. Parámetros geotécnicos, talud 2

Litología	Color	Peso específico KN/m ³	Cohesión KN/m ²	Angulo de fricción
Material de mejoramiento		20	0	39
Granodiorita Meteorizada		25	130	59

Las características de la granodiorita en las condiciones que se encuentran, se proceden

a establecer primeramente los parámetros de cohesión y fricción según el criterio de rotura de Hoek y Brown a través del software Slide, para lo cual se establecieron las siguientes condiciones:

Una resistencia a la compresión simple de 33MPa al tratarse de una roca meteorizada. Y con un índice de resistencia geológico (GSI) de 27 debido a que la masa rocosa se encuentra mal entrelazada con mistura de trozos de roca angulares y redondeadas.

Intact Uniaxial Compressive Strength

Field Estimate of Strength	Examples	Strength (MPa)
Specimen can only be chipped with a geological hammer.	Fresh basalt, chert, diabase, gneiss, granite, quartzite.	> 250
Specimen requires many blows of a geological hammer to fracture it.	Amphibolite, sandstone, basalt, gabbro, gneiss, granodiorite, limestone, marble, rhyolite, tuff.	100-250
Specimen requires more than one blow of a geological hammer to fracture it.	Limestone, marble, phyllite, sandstone, schist, shale.	50-100
Cannot be scraped or peeled with a pocket knife, specimen can be fractured with a single blow from a geological hammer.	Claystone, coal, concrete, schist, shale, siltstone.	25-50
Can be peeled with a pocket knife with difficulty, shallow indentation made by firm blow with point of a geological hammer.	Chalk, rock salt, potash.	5-25
Crumbles under firm blows with point of a geological hammer, can be peeled by a pocket knife.	Highly weathered or altered rock.	1-5
Indented by thumbnail.	Stiff fault gouge.	0.25-1







Uniaxial Compressive Strength (sigci): MPa

Figura. 52. Parámetros de resistencia a la compresión simple en RocLab.

Pick GSI Value

Rock Type:

GSI Selection:

STRUCTURE	SURFACE CONDITIONS				
	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
 INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90	80	70	N/A	N/A
 BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70	60	50	40
 VERY BLOCKY- interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets	70	60	50	40	30
 BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity	60	50	40	30	20
 DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces	50	40	30	20	10
 LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A	N/A	N/A	10

DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES (vertical arrow pointing down)

DECREASING SURFACE QUALITY (horizontal arrow pointing right)

Figura. 53. Parámetros del índice de resistencia geológica, en Roclab

A partir de estos parámetros se determina que el talud presenta una notoria susceptibilidad a la meteorización, la cual es principalmente atribuible a la densa vegetación y la acción erosiva. Sin embargo, es importante destacar que, a pesar de estas condiciones desafiantes, nuestros análisis revelan que la estabilidad del talud no se encuentra comprometida significativamente.

A continuación, se presenta las representaciones gráficas generadas mediante el uso del software Slide 6.0, el cual proporciona una visualización detallada de la configuración del talud y los factores de seguridad asociados.

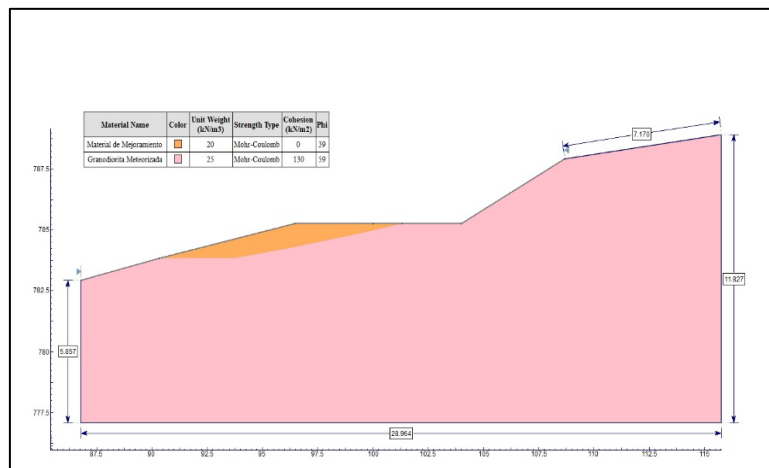


Figura. 54. Diseño del talud de roca para análisis de estabilidad, talud 2

- Análisis no circular

Se presenta un análisis detallado de la superficie del talud utilizando un enfoque no circular, el cual ha arrojado un factor de seguridad de 1.033. Este resultado indica que la zona en cuestión presenta una resistencia adecuada frente a las cargas y condiciones actuales.

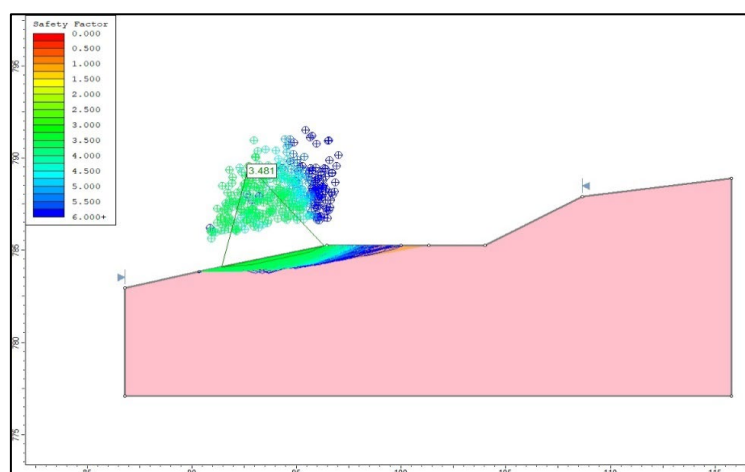


Figura. 55. Análisis de FS general no circular, talud 1.

- Análisis circular

Al aplicar un análisis basado en una rotura circular, se obtiene un factor de seguridad ligeramente mayor de 1.004. Es fundamental destacar que este análisis se centra específicamente en la zona situada en el pie del perfil del talud. A pesar del ligero aumento en el factor de seguridad, esta condición no implica un riesgo inminente para la vía ni para las estructuras circundantes.

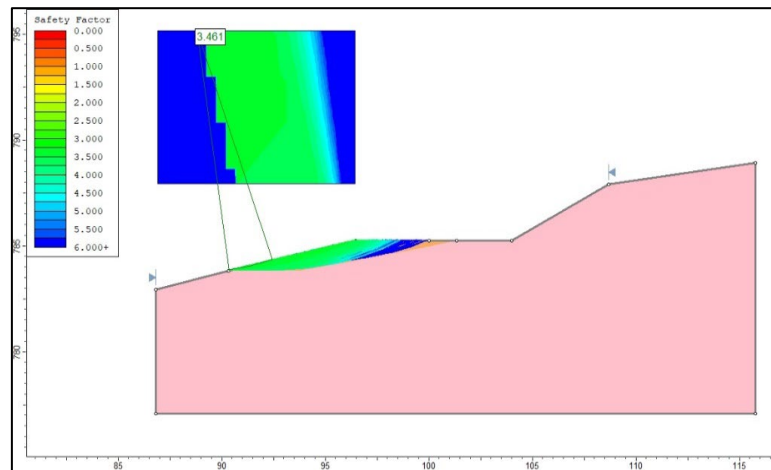


Figura. 56. Análisis de FS general circular, talud 2.

- Talud 3

Tabla 28. Parámetros geotécnicos, talud 3

Litología	Color	Peso específico KN/m ³	Cohesión KN/m ²	Angulo de fricción
Material suelto		19	0	18°
Grava no saturada		19	113	0°
Arena limosa		19	32	27°
Arenisca cuarcítica		24	89	37°

La figura 56 proporciona una representación visual clave de la situación actual. La inestabilidad se manifiesta en la mesa de la vía debido a la presencia de depósitos coluviales y la disposición inclinada de los estratos que siguen la pendiente natural del terreno.

A continuación, se presentan las representaciones gráficas generadas mediante el uso del software Slide 6.0, el cual proporciona una visualización detallada de la configuración del talud y los factores de seguridad asociados.

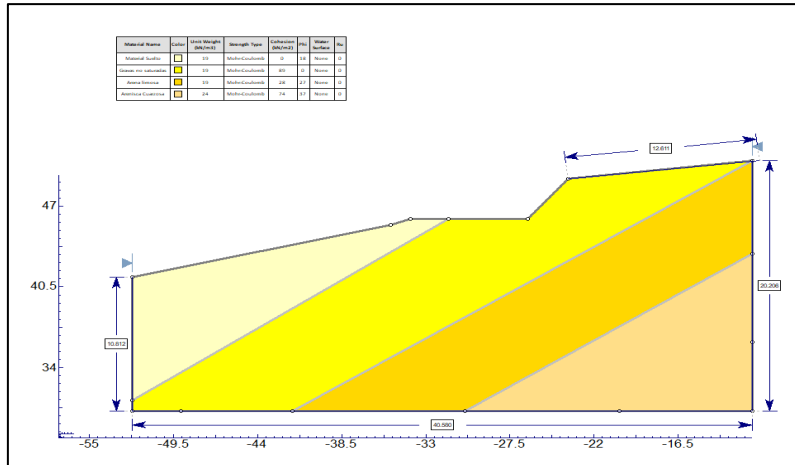


Figura. 57. Diseño del talud de roca para análisis de estabilidad, talud 3

- Análisis no circular

Este análisis no circular ha dado como resultado un factor de seguridad sin infiltración de 1.250, lo que indica que la sección del talud es inestable.

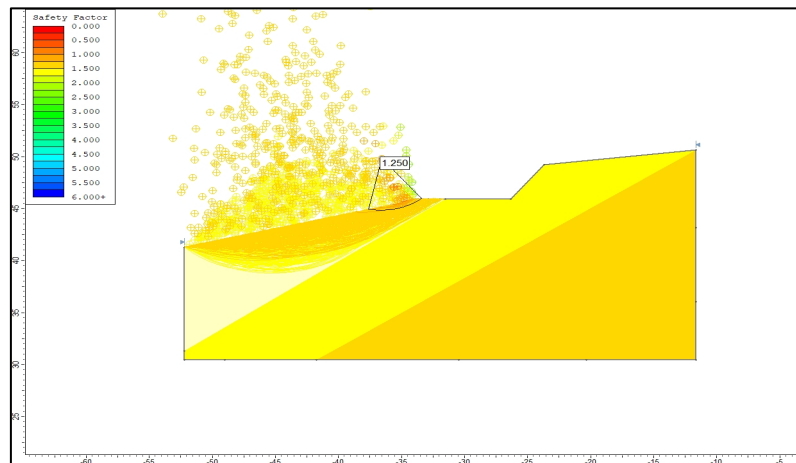


Figura. 58. Análisis de FS general no circular, talud 3

- Análisis circular

En un análisis de tipo circular, el factor de seguridad disminuye significativamente a 1.242, lo que indica una situación de inestabilidad en la mesa de la vía. Esta disminución sugiere que las condiciones actuales presentan un riesgo significativo para la estabilidad de la vía.

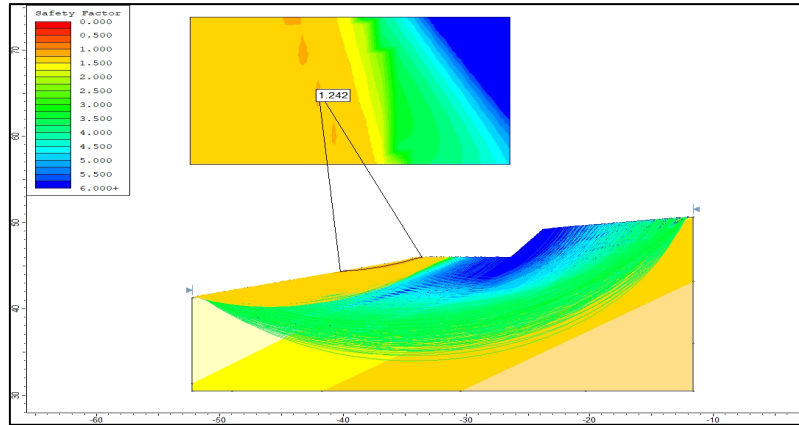


Figura. 59. Análisis de FS general circular, talud 3

- Talud 4

Tabla 29. Parámetros geotécnicos, talud 4

Litología	Color	Peso específico KN/m ³	Cohesión KN/m ²	Angulo de fricción
Material de mejoramiento		21	0	39
Conglomerado saturado		20	0	18
Lutita calcárea		22	100	48

Las características para la lutita calcárea en las condiciones que se encuentran, se proceden a establecer primeramente los parámetros de cohesión y fricción según el criterio de rotura de Hoek y Brown a través del software Slide, para lo cual se establecieron las siguientes condiciones:

Una resistencia a la compresión simple de 29MPa al tratarse de una roca meteorizada. Y con un índice de resistencia geológica (GSI) de 30.

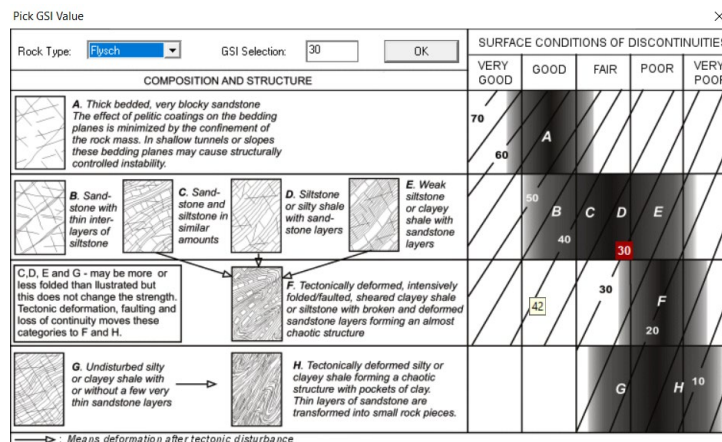


Figura. 60. Parámetros del índice de resistencia geológica.

El talud en cuestión exhibe una variación significativa en las condiciones geotécnicas a lo largo de su perfil. En la parte inferior, específicamente en la sección que ha sido mejorada para la mesa de la vía, los estratos geológicos son favorables y muestran una alta capacidad de resistencia.

A continuación, se presentan las representaciones gráficas generadas mediante el uso del software Slide 6.0, el cual proporciona una visualización detallada de la configuración del talud y los factores de seguridad asociados.

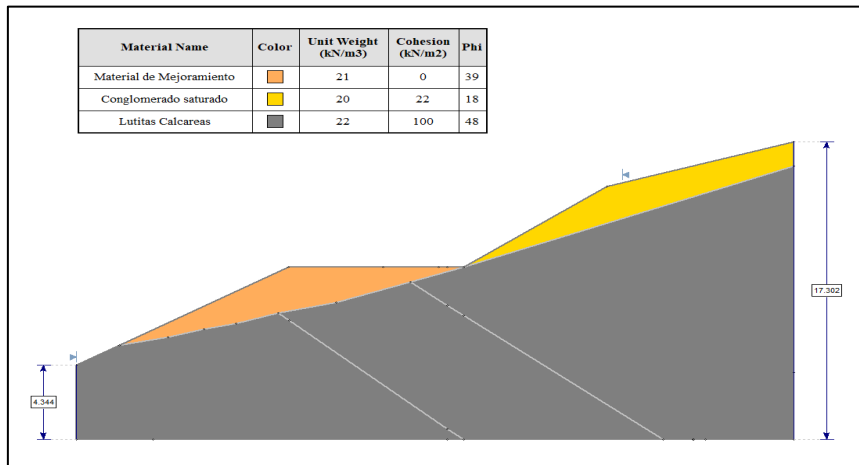


Figura. 61. Diseño del talud de roca para análisis de estabilidad, talud 4

- Análisis no circular

En un análisis no circular, se ha calculado un sólido factor de seguridad de 1.49 en esta zona, lo que indica que esta sección del talud es estable y segura bajo las condiciones actuales.

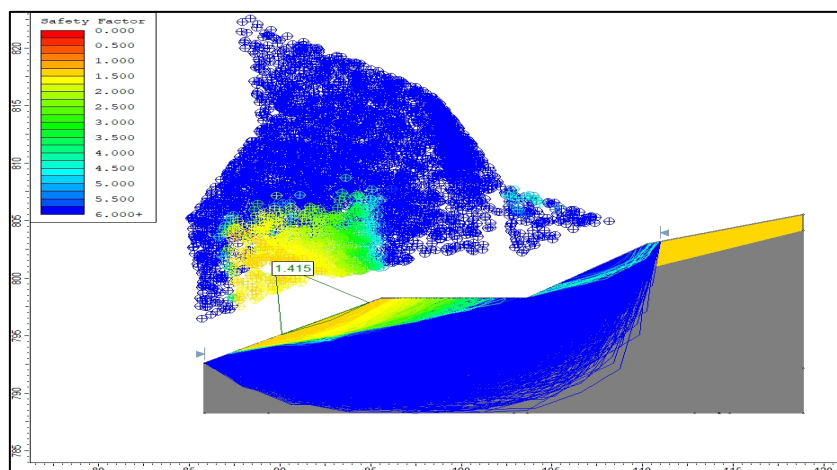


Figura. 62. Análisis de FS general no circular, talud 4

- Análisis circular

En un análisis no circular, se ha calculado un sólido factor de seguridad de 1.420 en esta

zona, lo que indica que esta sección del talud es estable y segura bajo las condiciones actuales.

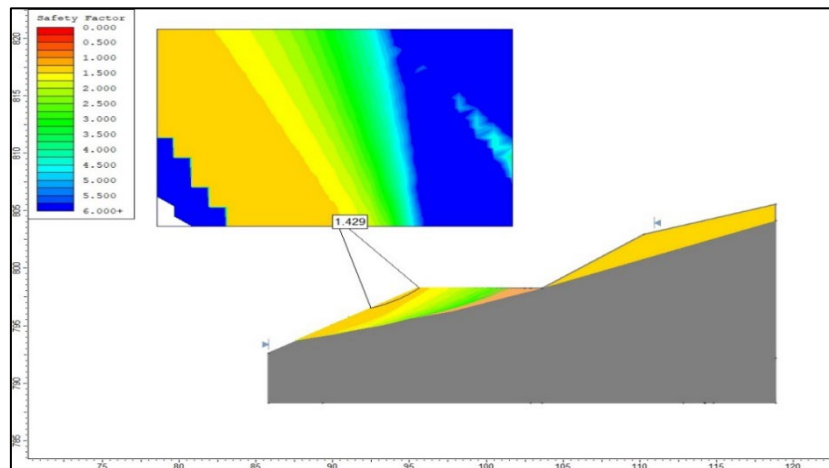


Figura. 63. Análisis de FS general circular, talud 4

En los análisis tanto circulares como no circulares las condiciones del talud son estables, sin embargo, en la parte superior del talud, la situación es diferente. En esta área, el material presente es meteorizado y suelto, lo que reduce significativamente su capacidad de retención y su resistencia al deslizamiento. Como resultado, el análisis ha arrojado un factor de seguridad de 0.864 en esta zona, lo que señala una situación de inestabilidad potencial.

Es importante tener en cuenta que esta zona superior del talud presenta una tendencia a deslizarse hacia la mesa de la vía. Este fenómeno representa un riesgo significativo para la estabilidad de la infraestructura vial y la seguridad de quienes la utilizan.

4.2.37.1 Resumen de Análisis de Estabilidad Global. A continuación, se presenta el factor de seguridad de cada talud en condiciones normales o estáticas.

Tabla 30. Resumen Factor de Seguridad, modelo Estático

Id.	Análisis de estabilidad en suelos condiciones estáticas				Condición
	Slide				
	Bishop	Jambu	Spencer	Fellenius	
Talud 1	0.952	0.926	0.937	0.924	Inestable
Talud 2	1.676	1.615	1.668	1.597	Estable
Talud 3	1.158	1.159	1.169	1.158	Inestable
Talud 4	1.497	1.452	1.497	1.450	Estable

4.2.38 Modelo Pseudo-estático suelo.

Se desarrolló un modelo pseudoestático que incorporó la consideración de la aceleración de la gravedad. La magnitud de la aceleración horizontal se determinó mediante la aplicación de la fórmula (8). Los resultados de esta fórmula indicaron una aceleración de 0.23 para suelos y 0.18 para roca. Estas aceleraciones fueron aplicadas a todos los modelos geotécnicos

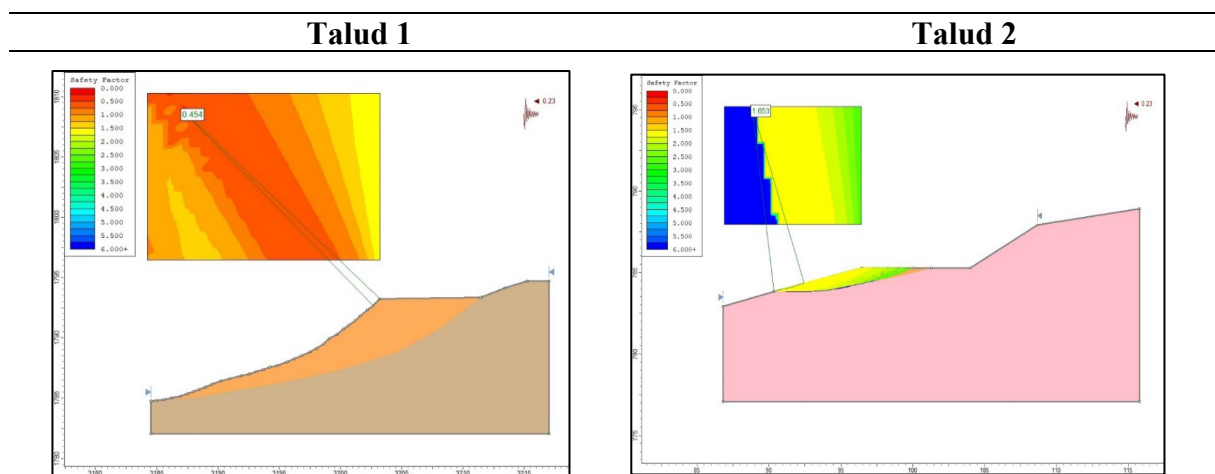
analizados.

4.2.38.1 Resumen de Análisis de Estabilidad Global. A continuación, se muestran las figuras en orden descendente, con su respectivo factor de seguridad de cada talud en condiciones Pseudo-estáticas, en un análisis circular.

Donde:

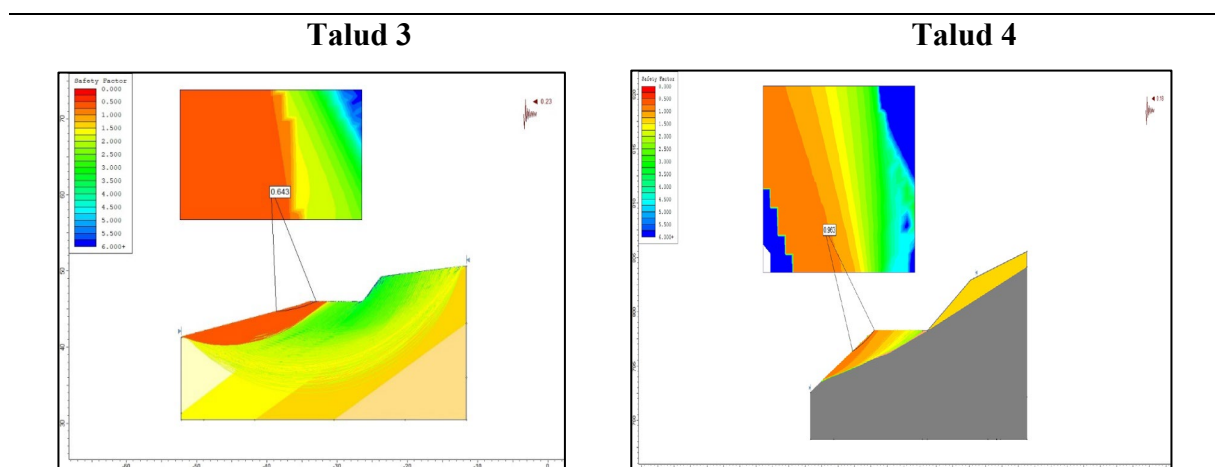
- FS < 1 = Inestable
- FS 1.0 – 1.5 = Crítico
- FS > 1.5 = Estable

Tabla 31: Condiciones Pseudoestáticas



Al someter la estructura a una carga sísmica dentro de un análisis circular, el cálculo del factor de seguridad revela un valor crítico de 0.452, indicando una situación de inestabilidad.

Al someter la estructura a una carga sísmica dentro de un análisis circular, el cálculo del factor de seguridad revela un valor de 1.65, indicando una situación de estabilidad.



Al someter la estructura a una carga sísmica dentro de un análisis circular, el cálculo del

Al someter la estructura a una carga sísmica dentro de un análisis circular, el cálculo del

factor de seguridad revela un valor crítico de 0.643, indicando una situación de inestabilidad.

factor de seguridad revela un valor crítico de 0.963, indicando una situación de inestabilidad.

Tabla 32. Resumen Factor de Seguridad, modelo Pseudoestático

Id.	Análisis de estabilidad en suelos condiciones Pseudoestáticas			Carga sísmica	Condición
	Slide				
	Bishop	Jambu	Spencer		
Talud 1	0.722	0.696	0.707		Inestable
Talud 2	1.446	1.385	1.438	0.23	Estable
Talud 3	0.963	0.929	0.932		Inestable
Talud 4	1.317	1.27	1.317	0.18	Inestable

Se aplicó una aceleración horizontal de 0.23 a los taludes 1, 2 y 3, basándonos en la información obtenida mediante la fórmula (8). Para el primer talud y tercer talud, la aceleración de 0.23 resultó en una categorización de inestabilidad.

A pesar de la aplicación de la misma aceleración al segundo talud, se observa que este talud se mantiene estable. Esto indica que la geometría del talud, las propiedades del suelo o factores adicionales están contribuyendo a su estabilidad, a pesar de la carga sísmica aplicada. Para el talud 4, se utilizó una aceleración sísmica menor de 0.18. A pesar de esta reducción en la carga sísmica, se determinó que el talud 4 es inestable.

Discusión

El trabajo de titulación se enfoca en la caracterización geológica y geotécnica de la vía La Yona-Chicaña, en el sector de San Juan, abarcando un área de estudio de 63 hectáreas. Uno de los aspectos más importantes radica en la presencia de depresiones en la superficie de la vía a lo largo de los 3 kilómetros investigados. Estas depresiones, especialmente notorias durante la temporada de lluvias, pueden inducir a problemas de inestabilidad, comprometiendo la seguridad de la circulación tanto vehicular como peatonal. Esta vía desempeña un papel central en las economías agrícola, ganadera y porcina.

Según Cabada, 2019 en su tesis denominada: “Evaluación de precisión y costo en un levantamiento topográfico con estación total y aeronave pilotada remotamente (RPA-DRONE) en el centro poblado Cashapamba - Cajamarca” establece que: el levantamiento topográfico tiene diversas ventajas como mayor precisión, menor costo y recopilación de información en corto lapso de tiempo mediante la toma de fotografías aéreas y un software lo que lo permite ser utilizado en gran cantidad de proyectos; en efecto se confirma que esta información es verídica debido a que en el presente trabajo la topografía se realizó utilizando un nave no tripulada que permitió obtener datos en corto tiempo y con alta precisión determinando altitudes que oscilan entre 744 y 855 m.s.n.m. Además, se observaron drenajes de menor extensión en los kilómetros 2 y 3, así como en el kilómetro 1 la presencia de la quebrada Tundayme y el río Chicaña en la parte oeste del kilómetro 2 de la zona de estudio.

Según el mapa Geo - pedológico de SIGTIERRAS de 2017 se establece que dentro de la zona de estudio se presentan suelos de pendientes verticales y pueden tener abundante material suelto superficial y frecuentes afloramientos rocosos, ante esta afirmación se corrobora en campo, siguiendo la metodología propuesta por *Demek (1972)* en el libro de J. L. Peña (1997) diversas categorías de pendientes dentro de la zona de estudio, que van desde ligeramente inclinadas (7.75 Ha) hasta muy inclinadas (25.36 Ha), incluyendo pendientes fuertemente inclinadas (17.86 Ha) y empinadas (12.04 Ha)

Para definir la geología de la zona, se evaluaron tres opciones. En primer lugar, se recurrió a datos de registros indirectos, como la Hoja Geológica de Paquisha escala 1:100.000 hoja 76. La información recopilada en el campo es altamente coherente y en gran medida se ajusta a la Hoja geológica antes mencionada. Dicha hoja geológica identifica que la zona de investigación se enmarca dentro de dos unidades geológicas principales, que son los depósitos aluviales del periodo cuaternario y la formación Hollín del periodo cretácico. Sin embargo, durante el levantamiento geológico se identificaron dos litologías más, que son las granodioritas del complejo intrusivo de Zamora y lutitas meteorizadas aflorando en la superficie de la

formación Napo.

De acuerdo con las investigaciones realizadas en el proyecto de Titulación de Romero,2022, se ha llegado a una similitud sobre la intensa meteorización de las lutitas calcáreas pertenecientes a la Formación Napo. Esta meteorización se atribuye en gran parte a la densa vegetación y las condiciones climáticas predominantes en la zona. Además de estas observaciones, se ha constatado la presencia de depósitos aluviales que emergen a lo largo del río Chicaña y la quebrada Tundanyne. En estas áreas, se han identificado rocas angulares y subangulares que varían en tamaño desde pequeñas hasta muy grandes, lo que refleja una variedad morfológica en el entorno geológico de la zona en estudio.

En esta dirección diversos autores han estudiado la correlación entre las resistividades y los datos provenientes de ensayos de campo como los SPT. Kumari et al. (2009), encontraron una buena correlación entre la resistividad y datos geomecánicos del suelo obtenida por medio del SPT. Fahad et al. (2012), a partir de muestras tomadas con SPT a diferentes profundidades, mostró una buena correlación entre la resistividad y su contenido de humedad. Lo mismo sucedió entre la resistividad y su ángulo interno de fricción.

La afirmación respaldada por los estudios de Kumari et al (2009) y Fahad et al (2012) sobre la correlación entre las resistividades obtenidas mediante sondeos eléctricos verticales (SEV) y los datos provenientes de ensayos de campo, como el ensayo de penetración estándar (SPT), es de gran relevancia para la presente investigación. Esto sugiere que la información recopilada a través de ambos métodos puede ser correlacionada para obtener resultados más precisos, por lo tanto, la capacidad de relacionar la resistividad eléctrica con datos de SPT permite no solo determinar espesores y litologías, sino también obtener información sobre el contenido de humedad de los materiales en diferentes profundidades.

+

Conclusiones

A partir de la caracterización geológica-geotécnica llevada a cabo en la vía La Yona-Chicaña, en la zona de San Juan, se llega a las siguientes conclusiones:

- El levantamiento topográfico realizado en el área ha permitido encontrar un rango altitudinal entre 744 y 855m.s.n.m. existiendo un desnivel de 111m y un área total de 63 Ha. Las pendientes presentes son variadas, destacando áreas que van desde ligeramente inclinadas (7.75 Ha) hasta muy inclinadas (25.36 Ha), incluyendo pendientes fuertemente inclinadas (17.86 Ha) y empinadas (12.04 Ha).
- Según la geología local, el área de estudio se caracteriza por diversas litologías, en la zona norte, se encuentran depósitos fluviales de origen cuaternario que comprenden una extensión de 8.66 hectáreas. Además, se identifican areniscas cuarzosas pertenecientes a la Formación Hollín, que ocupan una superficie de 13.85 hectáreas, así como granodioritas meteorizadas pertenecientes al complejo intrusivo de Zamora, que abarcan 2.32 hectáreas. Hacia la parte sureste, se presenta un depósito de coluvio de dimensiones reducidas, con un área de 1.13 hectáreas. En la zona sur, predominan rocas sedimentarias, especialmente lutitas calcáreas, que pertenecen a la Formación Napo, abarcando una extensión de 38.24 hectáreas.
- En los sondeos eléctricos verticales (SEV1, SEV2 y SEV3), se identificaron características geofísicas distintivas del subsuelo. En SEV1, se encontraron tres capas, incluyendo una capa superficial de gravas y arenas de 5.86 metros de espesor (resistividad de 1156 Ωm), seguida por un estrato de arena arcillosa de 7.75 metros de espesor (resistividad de 153 Ωm). y la tercera capa mostró una resistividad de 274 Ωm . En SEV2, se identificaron tres capas con espesores mayores a 1 metro, incluyendo arena limosa, una segunda capa de arcillas saturadas y limos saturados correspondientes a la Formación Hollín, con resistividades de 32.8 Ωm , 8.39 Ωm y 63 Ωm , respectivamente. En SEV3, se identificaron tres capas, destacándose una capa superficial de grava saturada, una capa de lutitas y lutitas compactas, con resistividades de 311 Ωm , 28.9 Ωm y 118 Ωm , respectivamente.
- En los ensayos de penetración estándar realizados a profundidades de 6 metros, 5 metros y 1 metro respectivamente. En SPT1, la primera capa consistió en grava limosa con arena, con un contenido de humedad del 18.70%, seguida por limos arenosos, arcilla de baja plasticidad con arena, arena limosa y una quinta capa con propiedades específicas. En SPT2, las primeras tres capas mostraron características similares de grava limosa

con arena, con promedios de humedad del 20.68%, y las capas restantes estuvieron compuestas principalmente de arena limosa con grava. En SPT3, a una profundidad de 1 metro, se encontró una capa de grava mal graduada con presencia de arcilla y arena.

- Los modelos estáticos y pseudoestáticos utilizados para evaluar la estabilidad de taludes han revelado la importancia de considerar diferentes factores para determinar la seguridad y estabilidad de la vía en diferentes secciones. Los valores obtenidos en el modelo estático por el método de Bishop para los 5 taludes son 1.67, 2.05, 1.49 que reflejan condiciones estables y 0.95, 1.15 considerándose inestables. Es importante mencionar que el modelo pseudoestático da valores más bajos, sin embargo, se los clasifica dentro del mismo criterio de estabilidad. En general este estudio ha proporcionado información esencial para entender los desafíos geotécnicos en la vía La Yona-Chicaña y proporcionar las bases para futuras medidas de mitigación y planificación de la infraestructura vial.

Recomendaciones

- Los resultados obtenidos a partir de este estudio proporcionan una sólida base de información que puede ser considerada en la toma de decisiones y en la planificación de cualquier proyecto de construcción o futuros estudios relacionados con la parroquia. Esto es especialmente relevante en áreas propensas a deslizamientos o en proyectos de desarrollo de infraestructura vial.
- En particular, se recomienda la implementación de medidas de mejora en la zona cercana al río Chicaña, con un enfoque en la construcción de muros de gaviones. Estas estructuras ayudarán a prevenir el hundimiento de la calzada y a garantizar la estabilidad de la infraestructura existente y futura en esta ubicación crítica.
- En la zona ubicada en el talud N°1 rectificar las condiciones del material de mejoramiento, considerando un ángulo de menor inclinación, para que reduzca la susceptibilidad a deslizarse.
- Es esencial llevar a cabo un control y monitoreo constante de los deslizamientos, especialmente durante la temporada de lluvias y condiciones climáticas adversas. Este seguimiento permitirá una respuesta proactiva ante cualquier evento potencialmente peligroso y ayudará a mitigar los riesgos asociados con la inestabilidad del terreno
- Se podría incluir la estabilización de las zonas superior de los taludes con presencia de inestabilidad mediante técnicas geotécnicas adecuadas, como la revegetación, el drenaje, o la implementación de estructuras de contención.

Bibliografía

- Acevedo, J., Correa, D., León, D., López, T., & Zamora, A. (2015). *Resistividad eléctrica*.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39329267/lab_fisica-libre.pdf?1445399994=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3Dlab_fisica.pdf&Expires=1694551887&Signature=RbWsOn-bvLcRgRWE2eJgbGHI5j2UOA4qjM9OGKE8I3Z45ITytWNqe92R4lbEDO3eK8iLU8gtC1r4RvH7LCQQRmoy7A-6~DwoQu5mx1Lfgj271XdS6nd--YSU-VltlHUwlBoh3Vli2sFJ4rrldwrTDSUHB78PywoEhnBHyeUlqa9apM7ez7E4a4RLnsP5pBTyhO~tN~pF2nEpE41Vyi6m0VDo0rCy6mJ3747eEYPjDr6ns04Ca4BjFtkuvRmyjr~8n0NHhCE4lckO50o6Jc3s5a-RRs0eu4fam2cYitgZ6hXzO9HpadbXsqX9IEcgdYQ7pKSgOX~7GPTB5XJiElPulw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Alcántara, D. (2014). *Topografía y sus aplicaciones* (EBOOK, Vol. 1). 2014.
- Alva, J. (2015). *Análisis de estabilidad de Taludes*. Universidad Nacional de Ingeniería.
<http://www.jorgealvahurtado.com/files/Analisis%20de%20Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>
- Arellano, J., Lata Romero, R., Carreón Méndez, M., Villarreal Morán, J., & Morales Barrera, W. (2002). *Ejercicios de Geología Estructural* (Primera Edición, Vol. 1). Ciudad Universitaria.
http://www.dict.unam.mx/images/upload/libros/Ejercicios_de_Geologia_Estructural_JAG-SC.pdf
- Ayala, L. (2023). Metodología de trabajo para un mapeo geológico adecuado. *Explorock*.
<https://www.explorock.com/metodologia-de-trabajo-mapeo-geologico/>
- Baby, P., Rivadeneira, M., & Barragán, R. (2004). *La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo* (SIPEC Ecuador & PETROBRAS Ecuador, Eds.; 1º, Vol. 144). Travaux de l'Institut Français d'Études Andines.
- Bieniawski, Z. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications* (J. & S. Wiley, Ed.). WILEY.
- Braja, M. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones Séptima edición* (S. Cervantes & O. Ramírez, Eds.; 7ma Edición). Cengage Learning Editores, S.a.
- Construc, E. (2018). Litología. In *Ingeniería Geotécnica* (DigitalOcean).
- Echeveste, H. (2017). *Manual de levantamiento geológico- Introducción a la geología de campo* (1st ed.). edulp. file:///C:/Users/usuario/Desktop/HENRY/ECHEVESTE%20-%20Manual%20de%20levantamiento%20geol%C3%B3gico%20(21-09-2018).pdf-

PDFA.pdf

- ESTSUELCON. (2023). *ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCION Y CONSULTORA*.
- GAD Parroquial Rural de Chicaña. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA RURAL DE CHICAÑA*.
- GAD Provincial de Zamora Chinchipe. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITOTIAL*.
- Gersango. (2020, October 17). *Movimientos de ladera y el caso de Ropoto*. INDEODODO. <https://ingeododo.com/2020/10/17/movimientos-de-ladera-y-el-caso-de-ropoto/>
- González de Vallejo, L. I., Ferrer Gijón, M., Ortuño Abad, L., & Oteo Mazo, C. (2002). *INGENIERÍA GEOLÓGICA: Vol. I* (S. Ayera, Ed.; Caella Isabel). PERARSON EDUCACIOÓN, S.A.
- Gowda, J. P., & Kumar, S. C. P. (2017). Segmentation of White Blood Cell using K-Means and Gram-Schmidt Orthogonalization. *Indian Journal of Science and Technology*, 10(6), 1–5. <https://doi.org/10.17485/ijst/2017/v10i6/111205>
- INACAP. (2008). Clasificación de los suelos. In *CO 0707/G03* (pp. 4–5). Área de Construcción. http://www.inacap.cl/web/material-apoyo-cedem/alumno/Construccion/G03_Clasificacion_de_Suelos.pdf
- Llambias, E. (2017). *Manual de Levantamiento Geológico* (H. Echeveste, Ed.; edulp). Universidad Nacional de La Plata. <https://core.ac.uk/download/pdf/162126246.pdf>
- Ludger, O. (2016). *Estabilidad de Taludes* (1st ed., Vol. 1). Ludger, Oswaldo.
- Peña, J. L. (1997). *Cartografía Geomorfología Básica y Aplicada* (J. Peña, Ed.; 1st ed.). Geoforma Ediciones. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Luis-Pena-Monne/publication/235863747_Cartografia_geomorfologica_basica_y_aplicada/links/5714e85608ae071a51cff770/Cartografia-geomorfologica-basica-y-aplicada.pdf#page=84
- Puerta, C. (2015). *Tecnología Drone en levantamiento topográficos* [Ingeniería Civil a Distancia, Escuela de ingenieros Militares]. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40714250/TECNOLOGIA_DRONE_EN_LEVANTAMIENTOS_TOPOGRAFICOS-libre.pdf?1449715200=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTECNOLOGIA_DRONE_EN_LEVANTAMIENTOS_TOPOG.pdf&Expires=1694545074&Signature=SuKcBKfKT7K4BUfqTC900z5Bj0YHot308PhzCqI10XDLs6X8-lpkaO2M6rkNP8ZG5O14OCwqILwGbfhx8fcRp8nGn-O-SGHoZ2BB1EHVr0KkK8OJVgHF65vQF9FRIP-Wt4WQvTVokBqYPfIJks4idVp9379MY8J-

dDQjC6czMtVD5YwIvNADkQURqogcCZy7DPKFN~eIrp~A9AFB~4QXRCvF8EaoSx
dBvNB9fhsLZe2111-

Wb4hXnLpX51CDIi5Lfwaz64xzv3PtkXESX2VwgxUSSc3Un7gMStGGiVTDKN3fG6
eR8Ms53S3AVoyskzY58au3uldk5OCzWcAllzr1Ew__&Key-Pair-
Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Rivera Mantilla, H. (2005). *GEOLOGIA GENERAL: Vol. I* (Segunda Edición).
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.

SAPA. (2014, February). *Criterios Tecnicos para factibilidades en la A.M.G.* Obtenido de
Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades
www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_7._geotecnia.pdf

Sísmica de Suelos. (2023). *Sondeo de Penetración Estándar.*
<https://sismica.com.mx/procedimientos/sondeo-penetracion-estandar.php>

Smith, M. (2022). *Metodología para Utilizar un Dron de Forma segura.*

Suarez, J. (2009). *Deslizamientos* (Análisis Geotécnico, Vol. 1). División de publicaciones UIS.


Terzaghi, K. (1980). *Mécanica de suelos en la Ingeniería Práctica* (El Ateneo).

Úcar, R., & Belandria, N. (2015). Cálculo del factor de seguridad en la estabilidad de taludes
considerando rotura circular. *Geominas*, 43–66.
<https://link.gale.com/apps/doc/A494499754/IFME?u=anon~ed307fdb&sid=googleScholar&xid=866994f4>



Wyllie, D., & Mah, C. (2004). *Rock Slope Engineering* (Taylor & Francis Group, Ed.; 4th ed.,
Vol. 4). Spon Press.



Anexos




Anexo 1. Ficha para caracterización de afloramientos.



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
FICHA DE DESCRIPCION EN CAMPO			
Proyecto	Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.		
No. afloramiento	Código:	M1	DATUM: WGS84
Ubicación	Yantzaza-Parroquia Chicaña- Sector San Juan		
Coordenadas UTM	Latitud	Longitud	Altura
Medidas estructurales	Rumbo		Buzamiento
Tipo de afloramiento	Natural	x	Antrópico:
Grado de meteorización	Bajo	Medio	Alto
Dimensiones	Ancho		Altura
AFLORAMIENTO			
Observaciones			



Anexo 2. fichas de levantamiento geológico



		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
		FICHA DE DESCRIPCION EN CAMPO		
Proyecto		Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.		
No. afloramiento	1	Código:	M1	DATUM: WGS84
Ubicación		Yantzaza-Parroquia Chicaña- Sector San Juan		
Coordenadas UTM		Latitud	Longitud	Altura
		750802	9586448	749
Medidas estructurales		Rumbo		Buzamiento
Tipo de afloramiento		Natural	x	Antrópico:
Grado de meteorización		Bajo	Medio	Alto
				X
Dimensiones		Ancho		Altura
		6.4m		2.23m
AFLORAMIENTO				
				
Observaciones		Este afloramiento se localiza en las proximidades de la quebrada Tundayme. En este sitio, se pueden identificar terrazas de depósitos aluviales con variaciones en su tamaño, que abarcan desde milímetros hasta pocos metros. La presencia de coloraciones rojizas en estos depósitos se debe a procesos de oxidación. Además, es posible apreciar una exuberante vegetación herbácea en la zona.		



		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
		FICHA DE DESCRIPCION EN CAMPO		
Proyecto		Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.		
No. afloramiento	2	Código:	M1	DATUM: WGS84
Ubicación		Yantzaza-Parroquia Chicaña- Sector San Juan		
Coordenadas UTM		Latitud	Longitud	Altura
		750682	9587706	753
Medidas estructurales		Rumbo		Buzamiento
Tipo de afloramiento		Natural	x	Antrópico:
Grado de meteorización		Bajo	Medio	Alto
				X
Dimensiones		Ancho		Altura
		6.4m		2.23m
AFLORAMIENTO				
				
Observaciones		Este afloramiento se localiza en las proximidades de la quebrada Tundayme. En este sitio, se pueden identificar terrazas de depósitos aluviales con variaciones en su tamaño, que abarcan desde milímetros hasta pocos metros. La presencia de coloraciones rojizas en estos depósitos se debe a procesos de oxidación. Además, es posible apreciar una exuberante vegetación herbácea en la zona.		



		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
		FICHA DE DESCRIPCION EN CAMPO		
Proyecto		Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.		
No. afloramiento	3;4	Código:	002	DATUM: WGS84
Ubicación		Yantzaza-Parroquia Chicaña- Sector San Juan		
Coordenadas UTM		Latitud	Longitud	Altura
		750559	9587519	791
Medidas estructurales	Rumbo		Buzamiento	
Tipo de afloramiento	Natural		Antrópico:	X
Grado de meteorización		Bajo	Medio	Alto
				X
Dimensiones		Ancho		Altura
		48		11
AFLORAMIENTO				
				
Observaciones		<p>En este afloramiento, se puede apreciar una densa vegetación de arbustos, junto con un pronunciado proceso de meteorización de la roca, que en este caso se trata de granodiorita, llegando a transformarse en un material arenoso (sábulo) debido a una oxidación abundante. Además, se observa una fractura en la capa superior de la vía con una extensión de 6 metros.</p>		

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial				
		FICHA DE DESCRIPCION EN CAMPO				
Proyecto		Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicana, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicana, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.				
No. afloramiento	5	Código:		DATUM: WGS84		
Ubicación						
Coordenadas UTM		Latitud		Longitud		
		750689		9587192		Altura 823
Medidas estructurales		Rumbo		Buzamiento		
Tipo de afloramiento		Natural		Antrópico:	X	
Grado de meteorización		Bajo		Medio		
				x		Alto
Dimensiones		Ancho			Altura	
		25			7	
AFLORAMIENTO						
						
Observaciones		Este afloramiento presenta características distintivas, compuesto principalmente por areniscas cuarzosas alteradas con signos de oxidación. Además, en su entorno se observa una vegetación exuberante, y su inclinación se encuentra a 34 grados hacia el sureste.				

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
		FICHA DE DESCRIPCION EN CAMPO		
Proyecto		Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.		
No. afloramiento	6	Código:		DATUM: WGS84
Ubicación		Yantzaza-Parroquia Chicaña- Sector San Juan		
Coordenadas UTM		Latitud	Longitud	Altura
		750643	9587222	819
Medidas estructurales		Rumbo		Buzamiento
Tipo de afloramiento		Natural		Antrópico: X
Grado de meteorización		Bajo	Medio	Alto
			x	
Dimensiones		Ancho	Altura	
		12	3	
AFLORAMIENTO				
				
Observaciones		Se aprecia un afloramiento de lutitas alteradas con tonalidades amarillentas, intercaladas con capas grises de granulación muy fina y rodeadas de vegetación.		

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
		FICHA DE DESCRIPCION EN CAMPO		
Proyecto		Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.		
No. afloramiento	7	Código:		DATUM: WGS84
Ubicación		Yantzaza-Parroquia Chicaña- Sector San Juan		
Coordenadas UTM		Latitud		Longitud
		750630		9587211
Medidas estructurales		Rumbo		Buzamiento
Tipo de afloramiento		Natural		Antrópico: X
Grado de meteorización		Bajo		Alto
				x
Dimensiones		Ancho		Altura
		18		4
AFLORAMIENTO				
				
Observaciones		Se aprecia un afloramiento de lutitas alteradas con tonalidades amarillentas, intercaladas con capas grises de granulación muy fina y rodeadas de vegetación.		

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
		FICHA DE DESCRIPCION EN CAMPO		
Proyecto		Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.		
No. afloramiento	8	Código:		DATUM: WGS84
Ubicación		Yantzaza-Parroquia Chicaña- Sector San Juan		
Coordenadas UTM		Latitud	Longitud	Altura
		750650	9587106	813
Medidas estructurales		Rumbo		Buzamiento
Tipo de afloramiento		Natural		Antrópico: X
Grado de meteorización		Bajo	Medio	Alto
				X
Dimensiones		Ancho		Altura
		8		5
AFLORAMIENTO				
				
Observaciones		En este afloramiento de origen antrópico, se pueden distinguir lutitas de tonos amarillos claros en la base, mientras que en la parte superior se encuentra una cubierta de vegetación destinada al pastoreo del ganado.		

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
		FICHA DE DESCRIPCION EN CAMPO		
Proyecto		Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.		
No. afloramiento	9	Código:		DATUM: WGS84
Ubicación		Yantzaza-Parroquia Chicaña- Sector San Juan		
Coordenadas UTM		Latitud		Longitud
		750655		9587063
Medidas estructurales		Rumbo		Buzamiento
		Natural		Antrópico: X
Grado de meteorización		Bajo		Alto
				X
Dimensiones		Ancho		Altura
		22.32		1.59
AFLORAMIENTO				
				
Observaciones		En el kilómetro 2, se evidencia la presencia de material de relleno de tonalidades rojizas, que se extiende en la zona donde se concentra la mayoría de las viviendas.		



FICHA DE DESCRIPCION EN CAMPO

Proyecto		Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.		
No. afloramiento	10; 11	Código:		DATUM: WGS84
Ubicación		Yantzaza-Parroquia Chicaña- Sector San Juan		
Coordenadas UTM		Latitud	Longitud	Altura
		750727	9586934	802
Medidas estructurales		Rumbo		Buzamiento
Tipo de afloramiento		Natural		Antrópico: X
Grado de meteorización		Bajo	Medio	Alto
				X
Dimensiones		Ancho		Altura
		42		6

AFLORAMIENTO



Observaciones	Se aprecia un afloramiento de origen antropogénico compuesto por lutitas meteorizadas de tonalidades anaranjadas, con un buzamiento de 24 grados hacia el noroeste, y rodeado por una densa vegetación.
----------------------	---

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA							
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial							
FICHA DE DESCRIPCION EN CAMPO							
Proyecto	Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.						
No. afloramiento	12						
Código:	DATUM: WGS84						
Ubicación	Yantzaza-Parroquia Chicaña- Sector San Juan						
Coordenadas UTM	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">Latitud</th> <th style="width: 33%;">Longitud</th> <th style="width: 33%;">Altura</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">750749</td> <td style="text-align: center;">9586811</td> <td style="text-align: center;">797</td> </tr> </table>	Latitud	Longitud	Altura	750749	9586811	797
Latitud	Longitud	Altura					
750749	9586811	797					
Medidas estructurales	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">Rumbo</th> <th style="width: 33%;">Buzamiento</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Natural</td> <td style="text-align: center;">Antrópico: X</td> </tr> </table>	Rumbo	Buzamiento	Natural	Antrópico: X		
Rumbo	Buzamiento						
Natural	Antrópico: X						
Tipo de afloramiento	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">Bajo</th> <th style="width: 33%;">Medio</th> <th style="width: 33%;">Alto</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> </table>	Bajo	Medio	Alto			X
Bajo	Medio	Alto					
		X					
Grado de meteorización	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">Bajo</th> <th style="width: 33%;">Medio</th> <th style="width: 33%;">Alto</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> </table>	Bajo	Medio	Alto			X
Bajo	Medio	Alto					
		X					
Dimensiones	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%;">Ancho</th> <th style="width: 50%;">Altura</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">36.4</td> <td style="text-align: center;">7</td> </tr> </table>	Ancho	Altura	36.4	7		
Ancho	Altura						
36.4	7						
AFLORAMIENTO							
							
Observaciones	Se distingue un afloramiento de origen antropogénico, que presenta una base compuesta por lutitas calcáreas de tonalidades grises, sobre las cuales se encuentran afloramientos de lutitas meteorizadas junto con depósitos coluviales. En la parte baja de este afloramiento, se ha producido un deslizamiento de material.						



FICHA DE DESCRIPCION EN CAMPO



Proyecto		Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.		
No. afloramiento	13	Código:		DATUM: WGS84
Ubicación		Yantzaza-Parroquia Chicaña- Sector San Juan		
Coordenadas UTM	Latitud	Longitud		Altura
	750755	9586910		805
Medidas estructurales	Rumbo		Buzamiento	
Tipo de afloramiento	Natural		Antrópico:	
Grado de meteorización	Bajo	Medio	Alto	
			X	
Dimensiones	Ancho		Altura	
	16		4	



AFLORAMIENTO



Observaciones

Se observa un afloramiento con un grado alto de meteorizado de lutita con coloraciones entre amarillas y naranjas con presencia de abundante vegetación.


		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
		FICHA DE DESCRIPCION EN CAMPO		
Proyecto		Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.		
No. afloramiento	14	Código:		DATUM: WGS84
Ubicación		Yantzaza-Parroquia Chicaña- Sector San Juan		
Coordenadas UTM		Latitud	Longitud	Altura
		750734	9586878	792
Medidas estructurales	Rumbo		Buzamiento	
Tipo de afloramiento	Natural		Antrópico:	X
Grado de meteorización		Bajo	Medio	Alto
				X
Dimensiones		Ancho		Altura
		6		3
AFLORAMIENTO				
				
Observaciones		Se observa un afloramiento con un grado alto de meteorizado de lutita con coloraciones amarillas claras con presencia de abundante vegetación.		


		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
		FICHA DE DESCRIPCION EN CAMPO		
Proyecto		Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.		
No. afloramiento	15	Código:		DATUM: WGS84
Ubicación		Yantzaza-Parroquia Chicaña- Sector San Juan		
Coordenadas UTM		Latitud	Longitud	Altura
		750787	9586823	790
Medidas estructurales	Rumbo		Buzamiento	
Tipo de afloramiento	Natural		Antrópico:	X
Grado de meteorización		Bajo	Medio	Alto
				X
Dimensiones		Ancho		Altura
		12		5
AFLORAMIENTO				
				
Observaciones		Se observa un afloramiento con un grado alto de meteorizado de lutita con coloraciones entre amarillas y grises con presencia de escasa vegetación.		


Anexo 3. Ficha de deslizamientos.


Universidad Nacional de Loja Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial					
FICHA DE DESLIZAMIENTOS					
Proyecto:					
N° deslizamiento:					
Código:		Ubicación			
		X	Y	Z	
Caracterización del movimiento:					
Tipo de deslizamiento:					
Tipo de material:					
Humedad:					
Estado de actividad:					
Cobertura vegetal:					
Magnitud					
Grande:		Mediano:		Pequeño:	
Morfometría	Ancho total:				
	Longitud total:				
Fotografía					


Anexo 4. Fichas de levantamiento de deslizamientos

Universidad Nacional de Loja Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicana, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicana, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.			
N° deslizamiento: 1			
Código:		Ubicación: parroquia Chicana, sector San Juan	
D1	X	Y	Z
	750802	9586448	
Caracterización del movimiento: Deslizamiento			
Tipo de deslizamiento:			
Tipo de material: Areniscas cuarzosas y lutitas meteorizadas			
Humedad: baja			
Estado de actividad: latente			
Cobertura vegetal: vegetación predominante de tipo herbácea y arbustiva			
Magnitud			
Grande:	X	Mediano:	Pequeño:
Morfometría	Ancho total: 9m		
	Longitud total: 35m		
			

Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.			
N° deslizamiento: 2			
Código:	Ubicación: parroquia Chicaña, sector San Juan		
D2	X	Y	Z
	750865	9586452	
Caracterización del movimiento: Deslizamiento			
Tipo de deslizamiento:			
Tipo de material: Areniscas cuarzosas y lutitas meteorizadas			
Humedad: baja			
Estado de actividad: latente			
Cobertura vegetal: vegetación predominante de tipo herbácea y arbustiva			
Magnitud			
Grande:	X	Mediano:	Pequeño:
Morfometría	Ancho total: 27		
	Longitud total: 4.87		
			

Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.			
N° deslizamiento: 3			
Código:	Ubicación: parroquia Chicaña, sector San Juan		
D3	X	Y	Z
	750878	9586498	
Caracterización del movimiento: Deslizamiento			
Tipo de deslizamiento:			
Tipo de material: Areniscas cuarzosas y lutitas meteorizadas			
Humedad: baja			
Estado de actividad: latente			
Cobertura vegetal: vegetación predominante de tipo herbácea y arbustiva			
Magnitud			
Grande:		Mediano:	Pequeño: x
Morfometría	Ancho total: 4.6m		
	Longitud total: 8m		
			

Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.			
N° deslizamiento: 4			
Código:	Ubicación: parroquia Chicaña, sector San Juan		
D4	X	Y	Z
	750850	9586456	
Caracterización del movimiento: Deslizamiento			
Tipo de deslizamiento: socavamiento			
Tipo de material: Areniscas cuarzosas y lutitas meteorizadas			
Humedad: baja			
Estado de actividad: latente			
Cobertura vegetal: vegetación predominante de tipo herbácea y arbustiva			
Magnitud			
Grande:		Mediano:	
			Pequeño: x
Morfometría	Ancho total: 3.89m		
	Longitud total: 6m		
			

Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
Caracterización geológico - geotécnica la vía La Yona-Chicaña, sector "San Juan", ubicado en la parroquia de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.			
N° deslizamiento: 5			
Código:	Ubicación: parroquia Chicaña, sector San Juan		
D5	X	Y	Z
	750863	9586548	
Caracterización del movimiento: Deslizamiento			
Tipo de deslizamiento: rotacional			
Tipo de material: Areniscas cuarzosas y lutitas meteorizadas			
Humedad: baja			
Estado de actividad: latente			
Cobertura vegetal: vegetación predominante de tipo herbácea y arbustiva			
Magnitud			
Grande:		Mediano:	Pequeño: x
Morfometría	Ancho total: 3m		
	Longitud total: 16m		
			

Anexo 5. Resultados de los ensayos de clasificación de suelos.

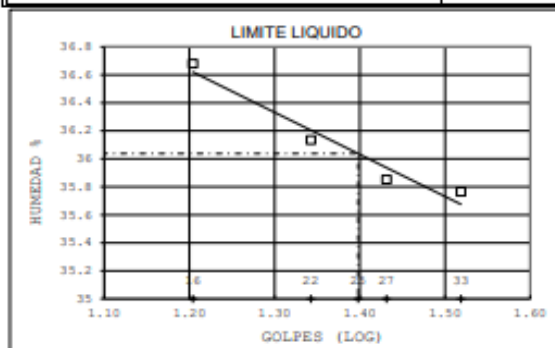


ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	CARACTERIZACION GEOLOGICA -GEOTECNICA DE LA VIA "LA YONA-CHICAÑA", SECTOR SAN JUAN, UBICADO EN LA PARROQUIA DE CHICAÑA, CANTON YANTZAZA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE					
OBRA	: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO					
UBICACIÓN	: PARROQUIA CHICAÑA, CANTÓN YANTZAZA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE.					
OPERADOR	: O.V			MUESTRA : SPT 1		
FECHA	: FEBRERO 2023			PROFUNDIDAD : 3.00 m		
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		45.51 50.72	40.54 46.43	19.03 27.55	23.11 22.72	22.91
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	27.18 30.65 28.62 30.77	24.73 27.52 25.74 27.41	17.88 18.79 17.77 18.25	35.77 35.85 36.14 36.68	36.04
3.- LIMITE PLASTICO		21.73 20.55	21.17 20.06	18.82 17.94	23.83 23.11	23.47
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
	GRAVA= 0.00 % ARENA= 29.38 % FINOS= 70.62 % LL = 36.00 % LP = 23.00 % IP = 13.00 % cu 21.26 cc 0.54					
PESO INICIAL DE CALCULO:	86.85 gr					
TAMIZ	ESO 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	0.53	0.75	99			
No. 40	8.35	12.57	87			
No. 200	11.88	29.38	71			
COLOR	: CAFÉ NARANJADO					
	CLASIFICACION: SUCS = CL Arcilla de baja plasticidad con arena AASHTO= A-6 IG 2 Suelos arcillosos Regular a Pobre					



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO

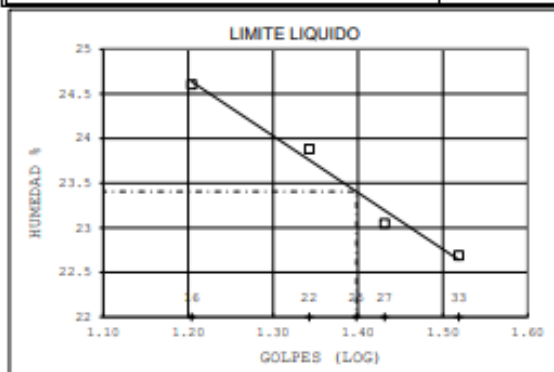


ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO CARACTERIZACION GEOLOGICA -GEOTECNICA DE LA VIA "LA YONA-CHICAÑA", SECTOR SAN JUAN, UBICADO EN LA PARROQUIA DE CHICAÑA, CANTON YANTZAZA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE						
OBRA : ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO						
UBICACIÓN : PARROQUIA CHICAÑA, CANTÓN YANTZAZA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE.						
OPERADOR : O.V			MUESTRA : SPT 2			
FECHA : FEBRERO 2023			PROFUNDIDAD : 5.00 m			
	GOLPES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		52.34	49.79	18.41	8.13	8.04
		54.27	51.65	18.69	7.95	
2.- LIM. LIQUIDO	33	32.24	29.71	18.56	22.69	23.41
	27	28.60	26.62	18.03	23.05	
	22	25.86	24.47	18.65	23.88	
	16	27.96	26.09	18.49	24.61	
3.- LIMITE PLASTICO		21.22	20.88	18.79	16.27	16.58
		21.24	20.85	18.54	16.88	
4.- GRANULOMETRIA			5.- CLASIFICACION.-			
PESO INICIAL DE CALCULO: 145.29 gr			GRAVA= 27.14 %			
TAMIZ			ARENA= 51.16 %			
	ESO R (gr	% R.A.	% PASA	FINOS= 21.70 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	LL = 23.00 %		
1"	0.00	0.00	100	LP = 17.00 %		
3/4"	0.00	0.00	100	IP = 6.00 %		
1/2"	11.86	8.82	91	cu 262.38		
3/8"	8.48	15.12	85	cc 4.23		
No. 4	16.16	27.14	73	CLASIFICACION:		
No. 10	16.39	39.33	61	SUCS = SC-SM		
No. 40	33.83	64.48	36	Arena limosa y arcillosa con grava		
No. 200	18.58	78.30	22	AASHTO= A-1-b IG 0		
COLOR : GRIS			Fragmentos de Roca, Grava y Arena			
			Excelente a Bueno			



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO

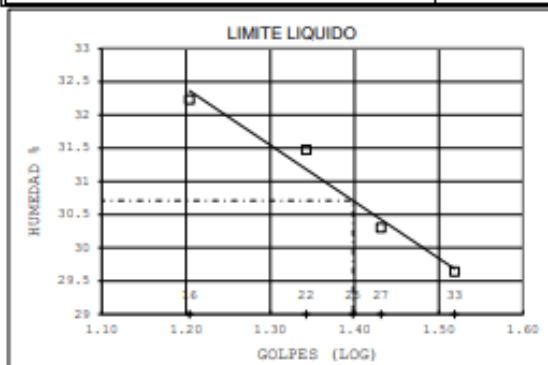


ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	CARACTERIZACION GEOLOGICA -GEOTECNICA DE LA VIA "LA YONA-CHICAÑA", SECTOR SAN JUAN, UBICADO EN LA PARROQUIA DE CHICAÑA, CANTON YANTZAZA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE					
OBRA	: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO					
UBICACIÓN	: PARROQUIA CHICAÑA, CANTÓN YANTZAZA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE.					
OPERADOR	: O.V			MUESTRA : SPT 3		
FECHA	: FEBRERO 2023			PROFUNDIDAD : 1.00 m		
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		49.18 30.45	45.84 28.82	27.30 17.33	18.02 14.19	16.10
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	31.97 31.34 32.27 25.33	28.65 28.07 29.05 23.67	17.45 17.28 18.82 18.52	29.64 30.31 31.48 32.23	30.71
3.- LIMITE PLASTICO		20.53 20.56	20.22 20.25	18.51 18.82	18.13 21.68	19.90
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
	GRAVA= 69.34 % ARENA= 22.64 % FINOS= 8.02 % LL = 31.00 % LP = 20.00 % IP = 11.00 % cu 165.48 cc 4.93					
	PESO INICIAL DE CALCULO: 169.85 gr CLASIFICACION: SUCS = GP-GC Grava mal graduada con arcilla y arena AASHTO= A-2-6 IG 0 Grava o Arena limosa o arcillosa Excelente a Bueno					
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	0.00	0.00	100			
1"	59.27	40.51	59			
3/4"	16.70	51.93	48			
1/2"	6.70	56.51	43			
3/8"	9.74	63.17	37			
No. 4	9.03	69.34	31			
No. 10	9.21	75.63	24			
No. 40	14.95	85.85	14			
No. 200	8.96	91.98	8			
COLOR	: CAFÉ					



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO

Anexo 6. Registro en campo de resistividades (SEV)



SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

ARREGLO SCJLUMBERGER

ESTUDIO DE SUELOS, LABORATORIO, CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN

DATOS DE CAMPO ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA

Arreglo Schlumberger

Proyecto Caracterización Geológica y Geotécnica de la vía la Yona-Chicaña, sector san juan.

Solicitada Srta. Maikelin Torres

Sector

Coordenadas

Realizado por: Claudel Guerrero

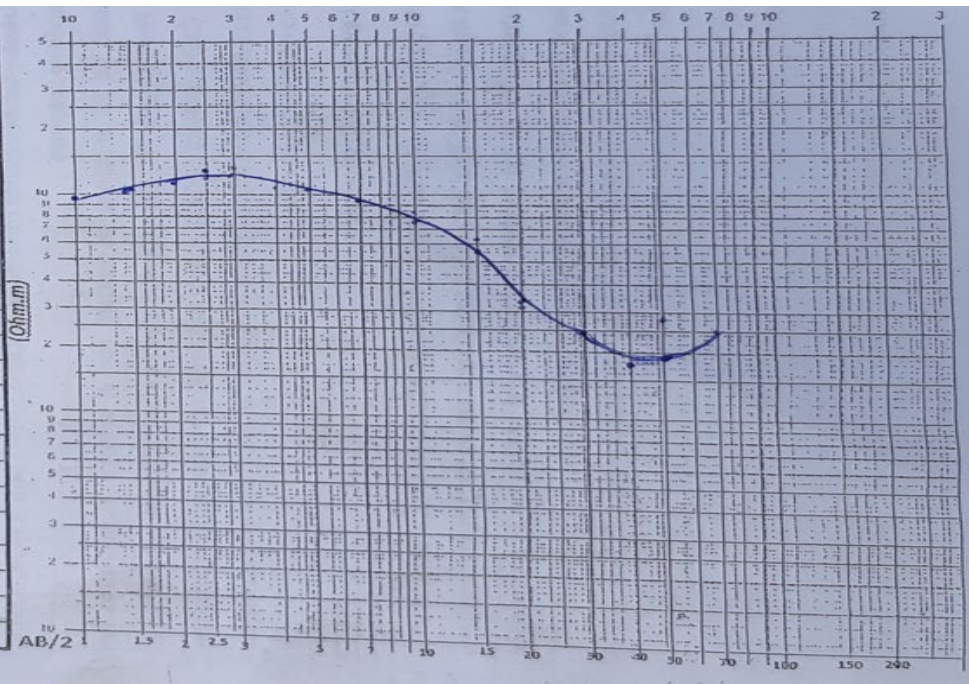
SEV.

1

X: 750734

Y:9586814

N°	AB/2	COLOR	MN	COLOR	k	$\Delta V/I$	ρ_a (Ohm.m)
1	1	AZUL	0.5	ROJO	2.4	405.32	972.72
2	1.5	AMARILLO	0.5		6.28	168.16	1056.04
3	2	BLANCO	0.5		11.78	97.802	1192
4	2.5	VERDE	0.5		18.85	63.480	1196.59
5	2.5		1	AZUL	8.25	150.81	1244
6	3	NEGRO	0.5		27.5	44.689	1228
7	3		1		12.6	102.81	1295
8	5	AMARILLO BLANCO	1		37.7	28.845	1087
9	7	AZUL VERDE	-1		75.4	12.637	952
10	10	NEGRO	1		155.5	5.4893	853
11	10		2.5		58.9	13.097	771
12	15	AMARILLO	1		351.9	1.7977	632
13	15		2.5	VERDE	137.4	4.1252	766
14	20	VERDE	2.5		247.4	1.3636	337
15	20		10	NEGRO	47.1	6.73	316
16	30	BLANCO	2.5		561.6	439.79	246
17	30		10		125.7	1.1577	145
18	40	AZUL NEGRO	10		235.6	1.0979	167
19	50	BLANCO	10		377	759.32	281
20	70	AMARILLO	10		754	325.23	245
21	100	BLANCO	10		1555.1		
22	150	VERDE	10		3518.6		
23	200	AZUL	10		6267.5		





**SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL
ARREGLO SCJLUMBERGER**

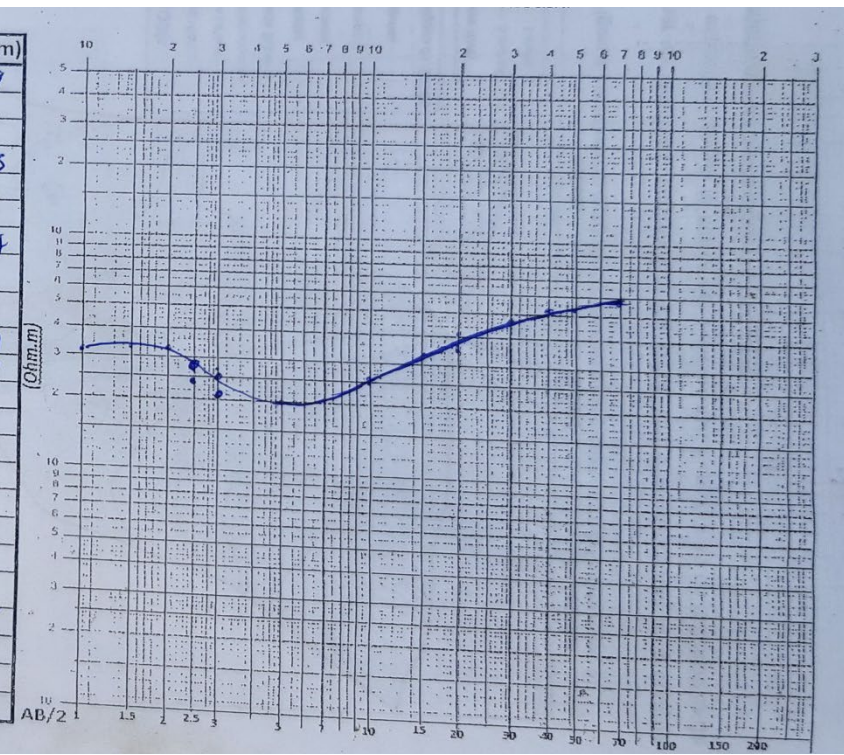
ESTUDIO DE SUELOS, LABORATORIO, CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN
DATOS DE CAMPO ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA

Arreglo Schlumberger

Proyecto: Caracterización Geológica y Geotécnica de la vía la Yona-Chicaña, sector san juan.
Solicita: SRTA. MAIKELIN TORRES
Realizado por: Claudel Guerrero

Sector: SEV. 2
Coordenadas: X: 750872 Y: 9586315

N°	AB/2	COLOR	MIN	COLOR	k	$\Delta V/l$	ζ_a (Ohm.m)
1	1	AZUL	0.5	ROJO	2.4	13,498	32,39
2	1.5	AMARILLO	0.5		6.28	5,2907	33,22
3	2	BLANCO	0.5		11.78	2,8095	33,09
4	2.5	VERDE	0.5		18.85	1,5093	28,45
5	2.5			1 AZUL	8.25	2,9600	24,42
6	3	NEGRO	0.5		27.5	930,91	25,6
7	3		1		12.6	1,7251	26,74
8	5	AMARILLO BLANCO	1		37.7	533,37	20,11
9	7	AZUL VERDE	1		75.4	283,82	21,4
10	10	NEGRO	1		155.5	171,69	26,69
11	10		2.5		58.9	425,80	25,09
12	15	AMARILLO	1		351.9		
13	15		2.5	VERDE	137.4	244,76	33,63
14	20	VERDE	2.5		247.4	142,72	35,31
15	20		10	NEGRO	47.1	884,90	41
16	30	BLANCO	2.5		561.6		
17	30		10		125.7	373,68	46,77
18	40	AZUL NEGRO	10		235.6	234,20	53
19	50	BLANCO	10		377	140,62	53
20	70	AMARILLO	10		754	78,35	58,8
21	100	BLANCO	10		1555.1		
22	150	VERDE	10		3518.6		
23	200	AZUL	10		6267.5		



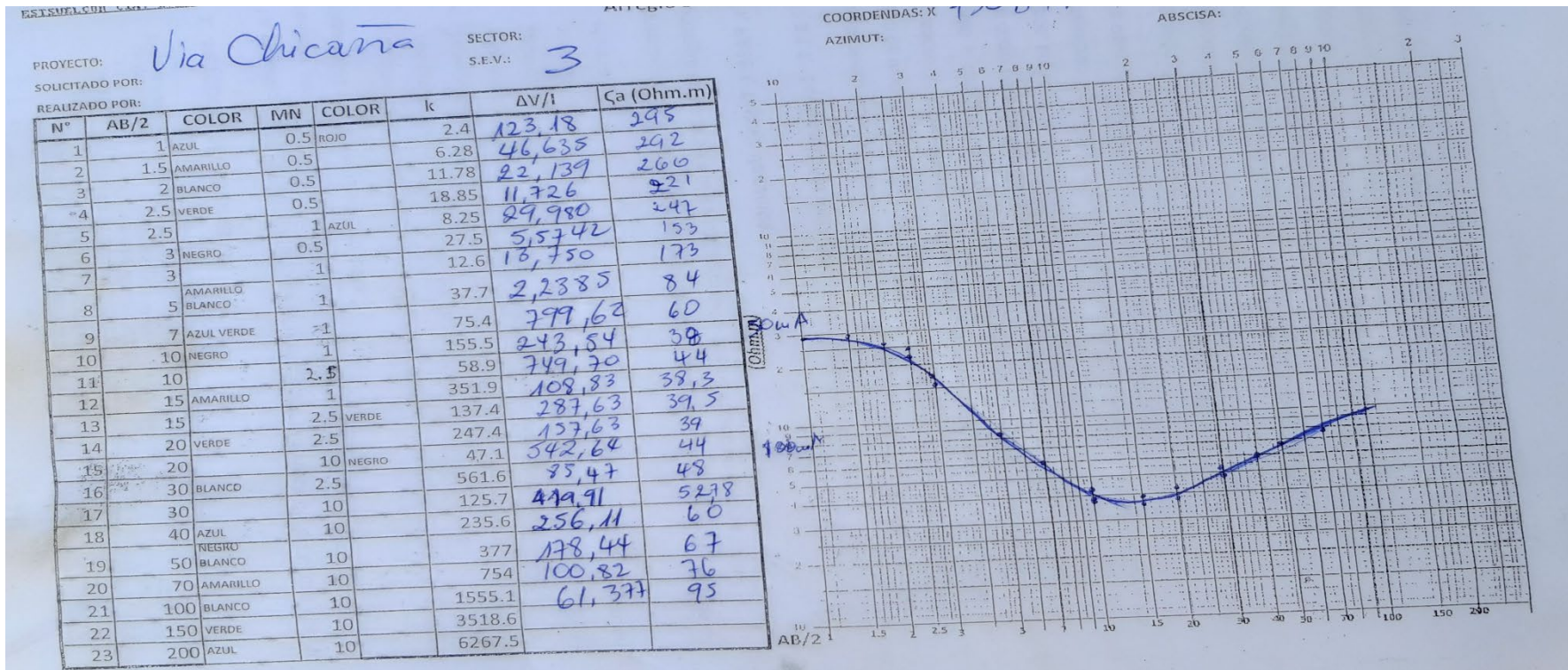
**SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL
ARREGLO SCJLUMBERGER**



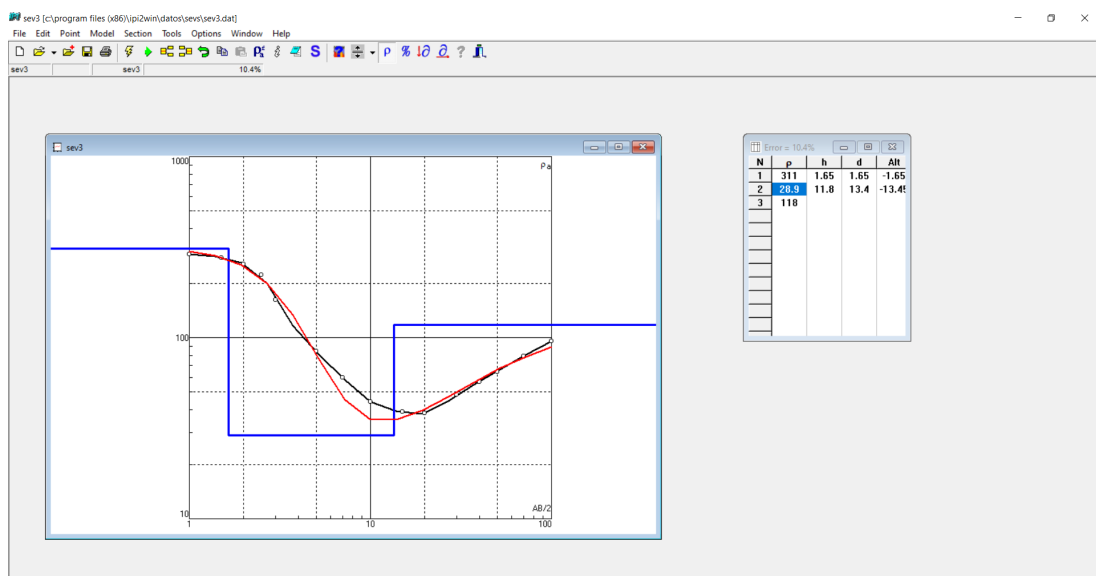
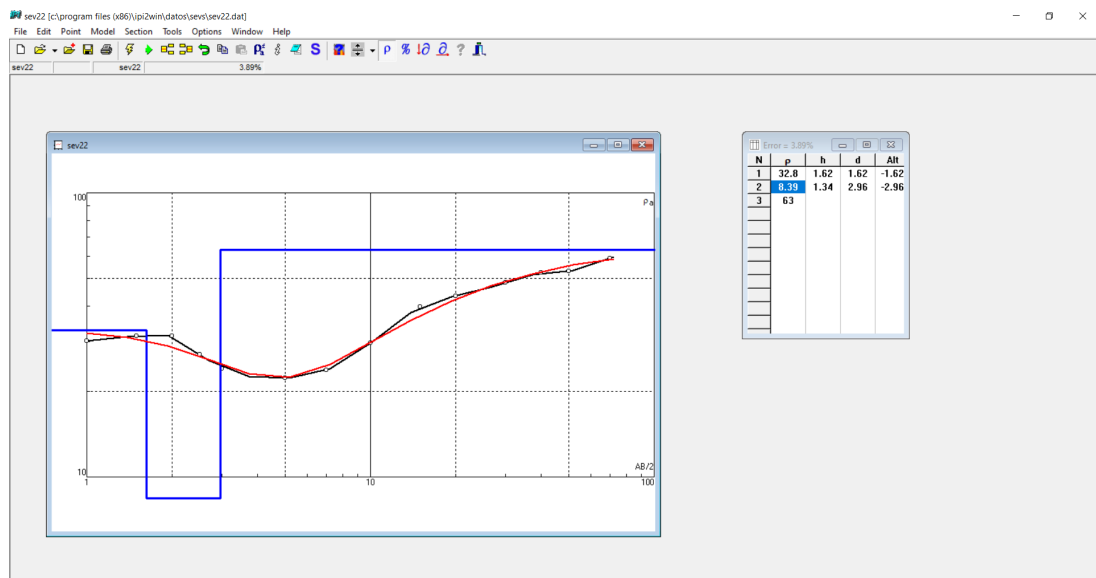
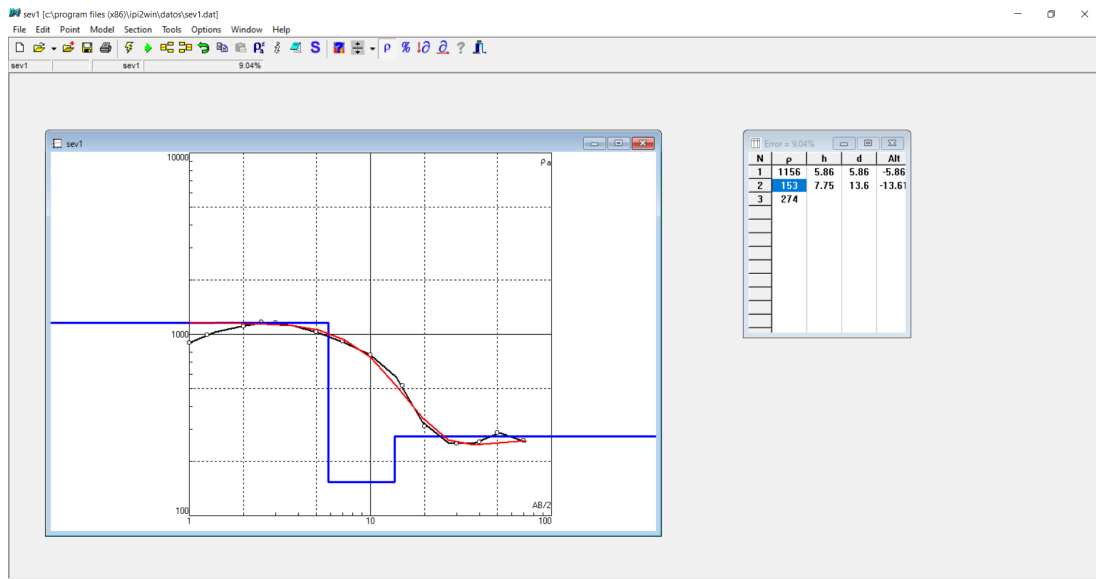
ESTUDIO DE SUELOS, LABORATORIO, CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN
DATOS DE CAMPO ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA

Arreglo Schlumberger

Proyecto: Caracterización Geológica y Geotécnica de la vía la Yona-Chicaña, sector san juan.
Solicitada: SRTA. MAIKELIN TORRES Sector: Coordenadas
Realizado por: Claudel Guerrero SEV. 3 X: 750894 Y: 9585962



Anexo 7. Curvas de resistividad



Anexo 9. Ficha General de descripción del macizo rocoso

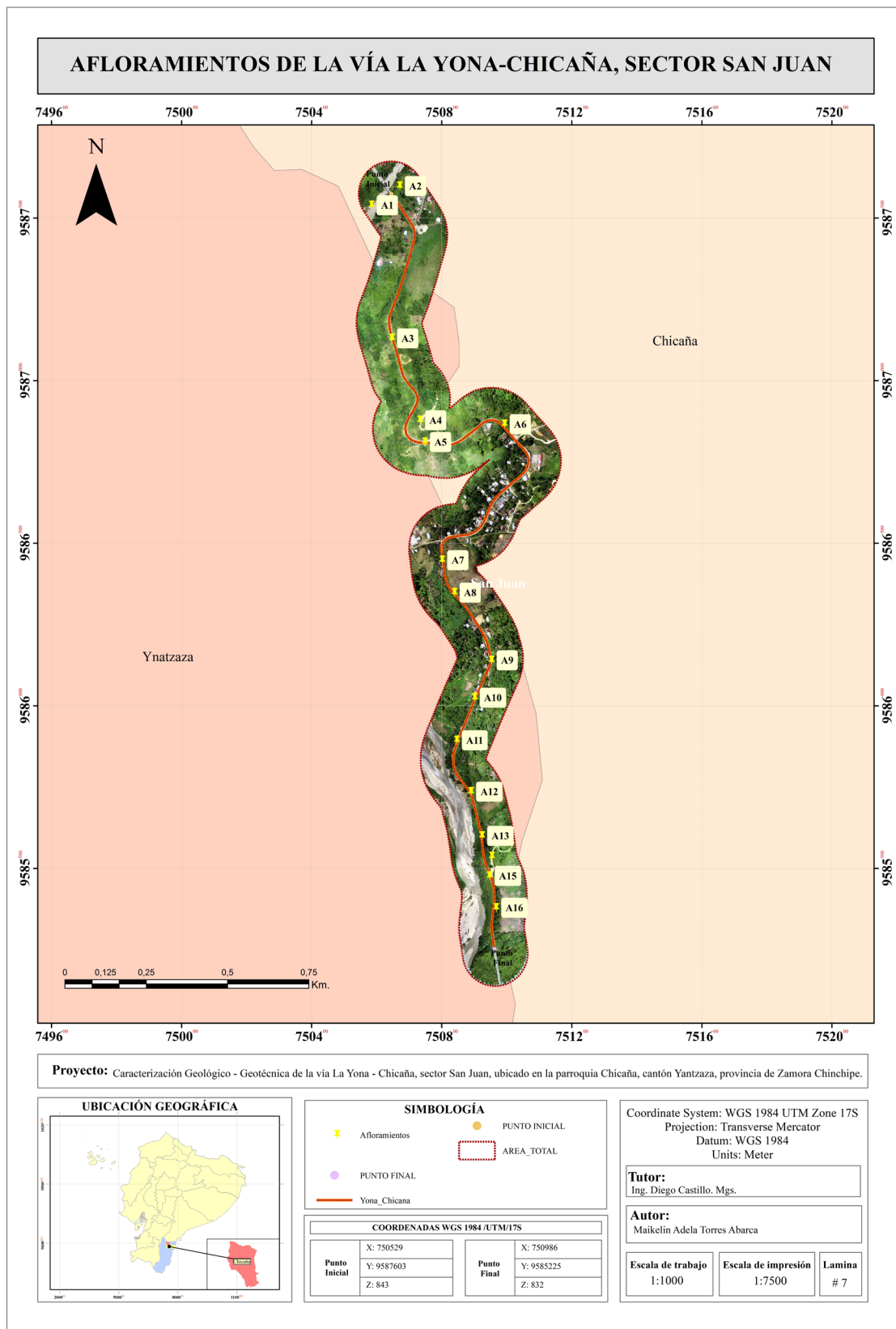


UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

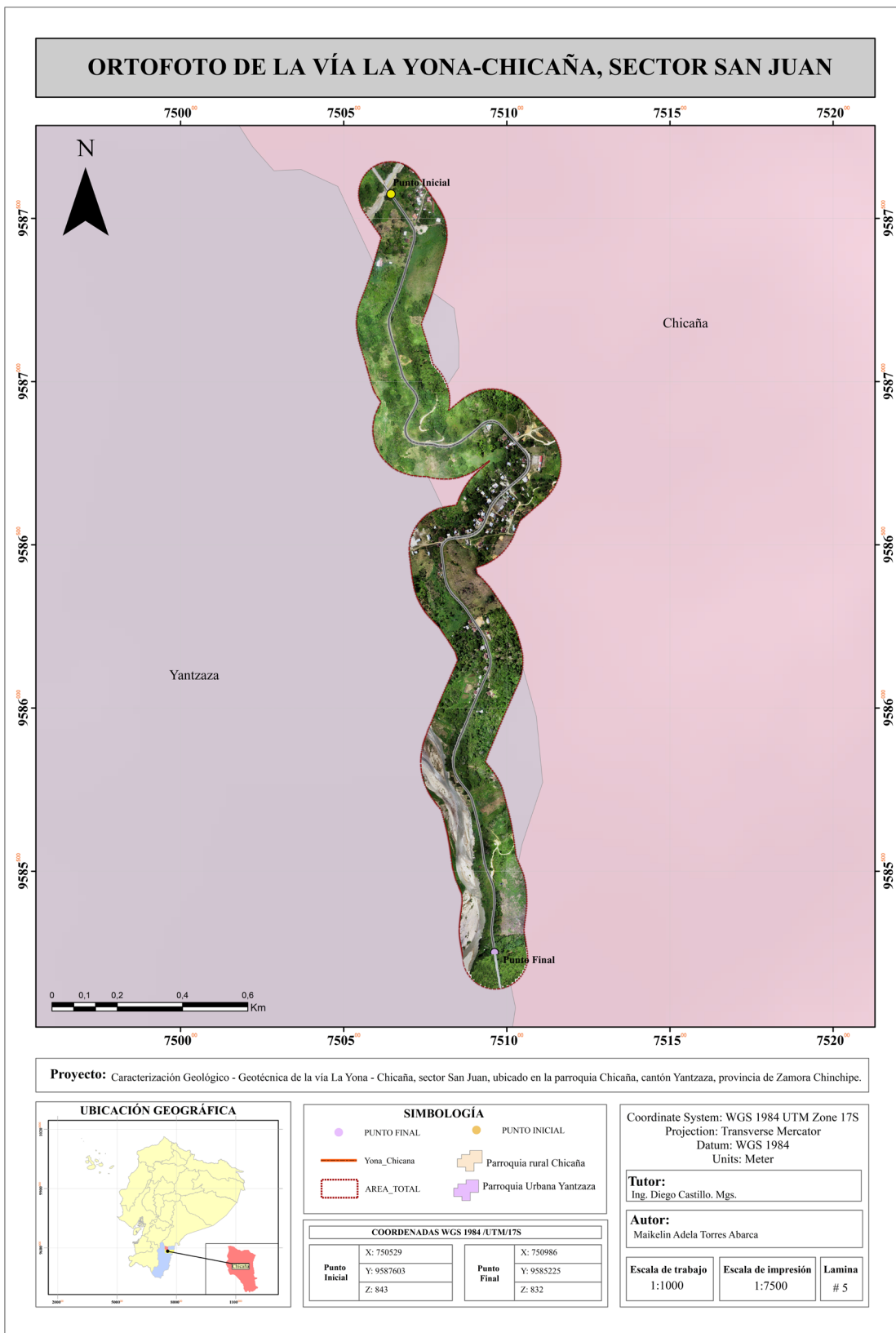
Naturaleza:	Coordenadas:	Formación:
Naturaleza y textura:		Morfología:

Estructura	Pliegues		Fallas	Otros: Familias de juntas			
Fracturación	Bloques	Muy grandes	Grandes	Medios	Pequeños	Muy pequeños	Muy brachificados
	Jv Juntas/m ³	<1	1-3	3-10	10-30	>30	>60
Resistencia de matriz rocosa	Estrem. Blanda	Muy blanda	Blandas	Media	Dura	Muy dura	Extrem. dura
	Uña	Navaja	Punta de martillo	1 golpe martillo	+1 golpe martillo	Varios golpes	Solo raya con martillo
Grados de meteorización	Sana	Algo meteorizada	M. meteorizada	Muy meteorizada	Completamente meteorizada		Suelo residual
Hidrogeología	Sin presencia de agua	Seco (son señales de agua)	Húmedo	Goteos	Flujo	Caudal estimado	
Resistencia "R" esclerómetro: No marca				OBSERVACIONES: el martillo no causa reacción ante el macizo			

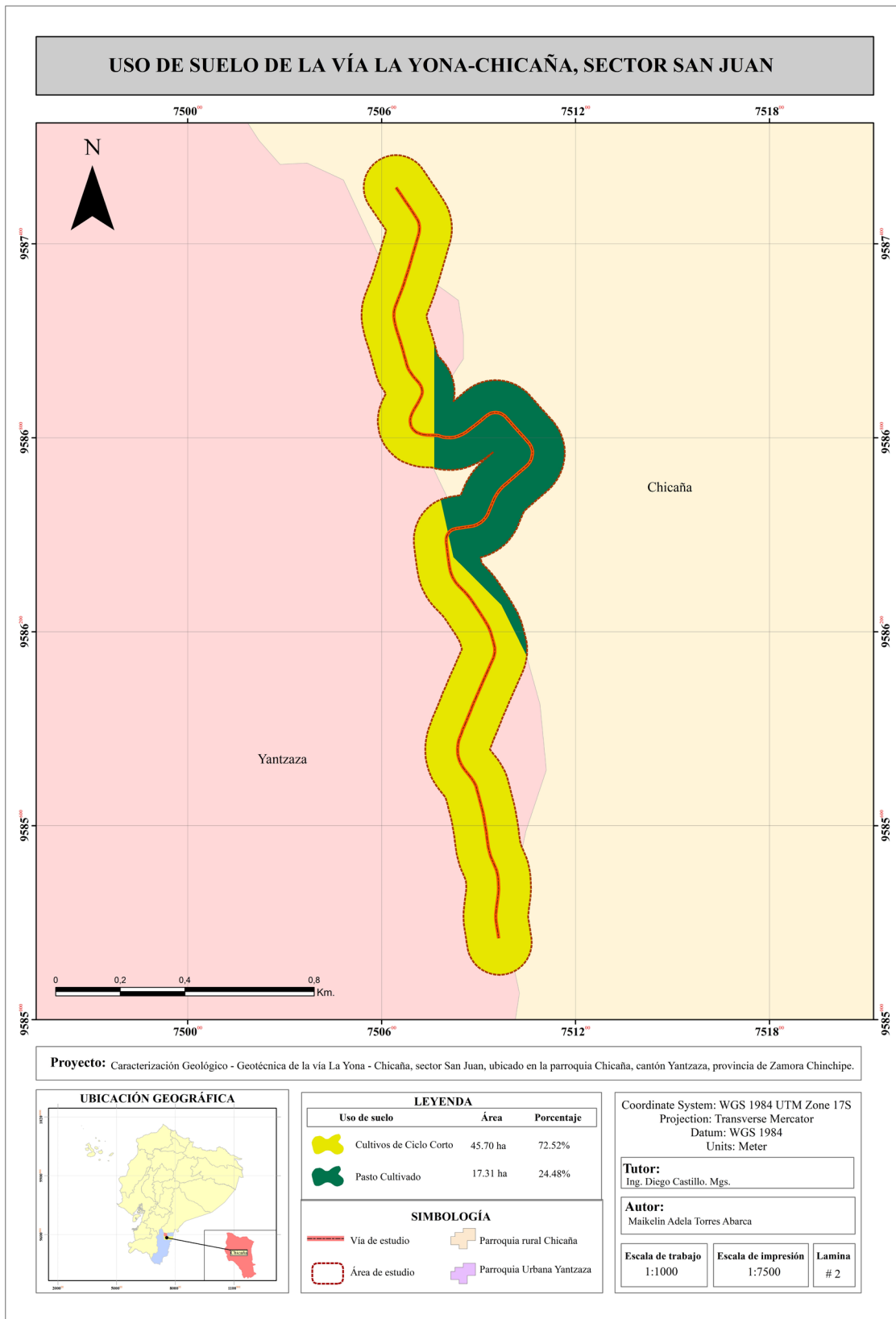
Anexo 12. Afloramientos de la zona de estudio.



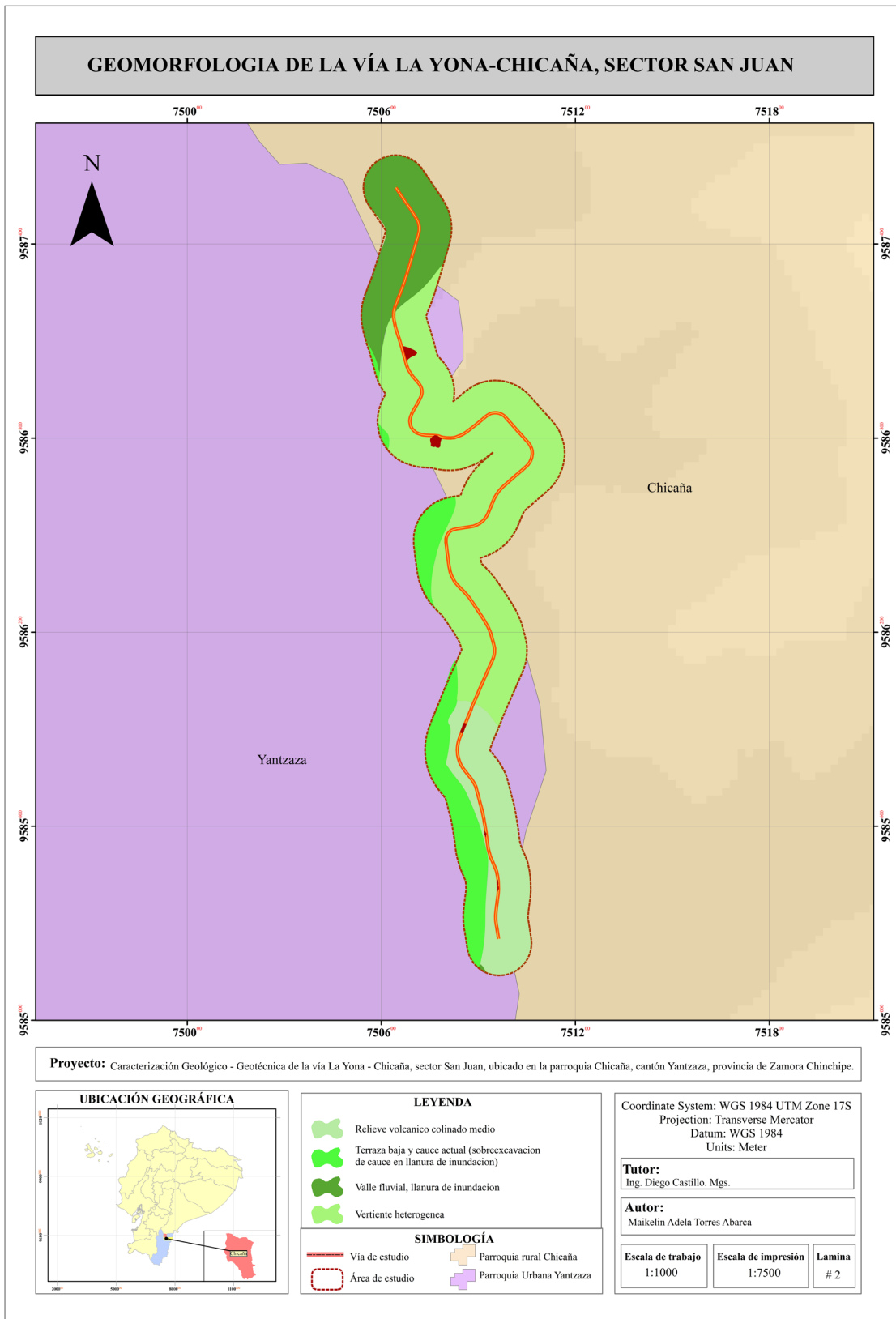
Anexo 13. Ortofoto de la zona de estudio.



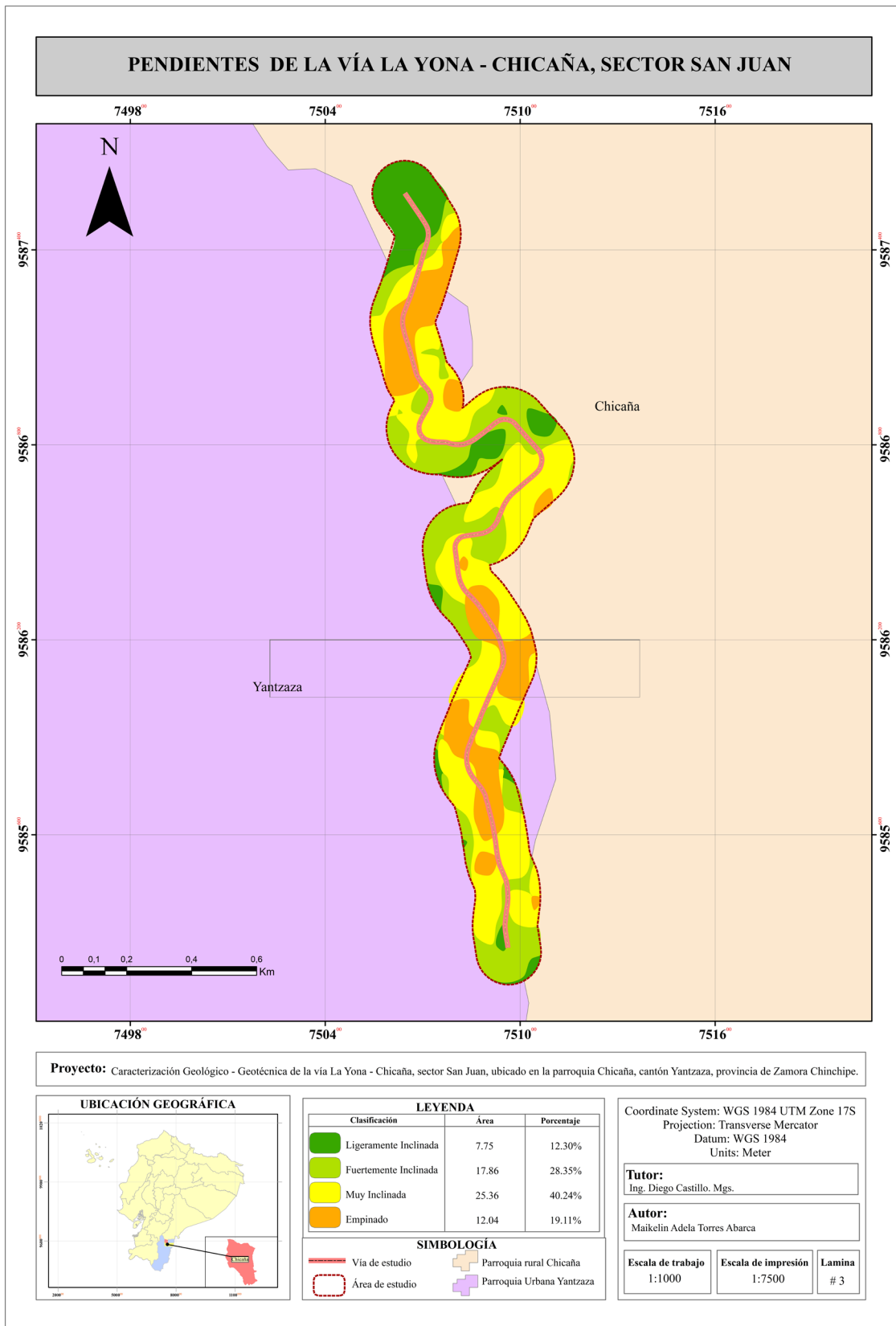
Anexo 14. Uso de suelo de la zona de estudio.



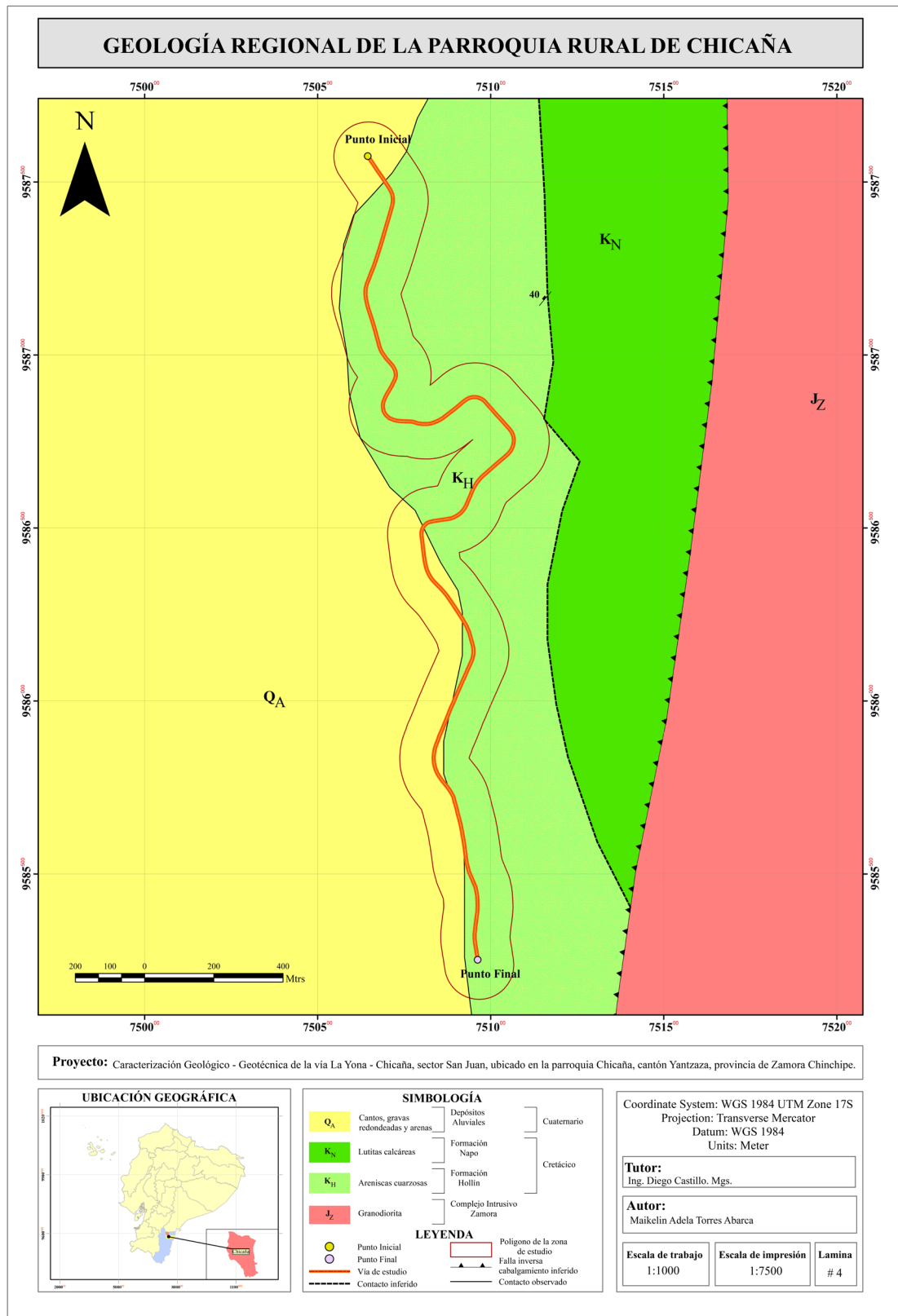
Anexo 15. Geomorfología regional de la zona de estudio.



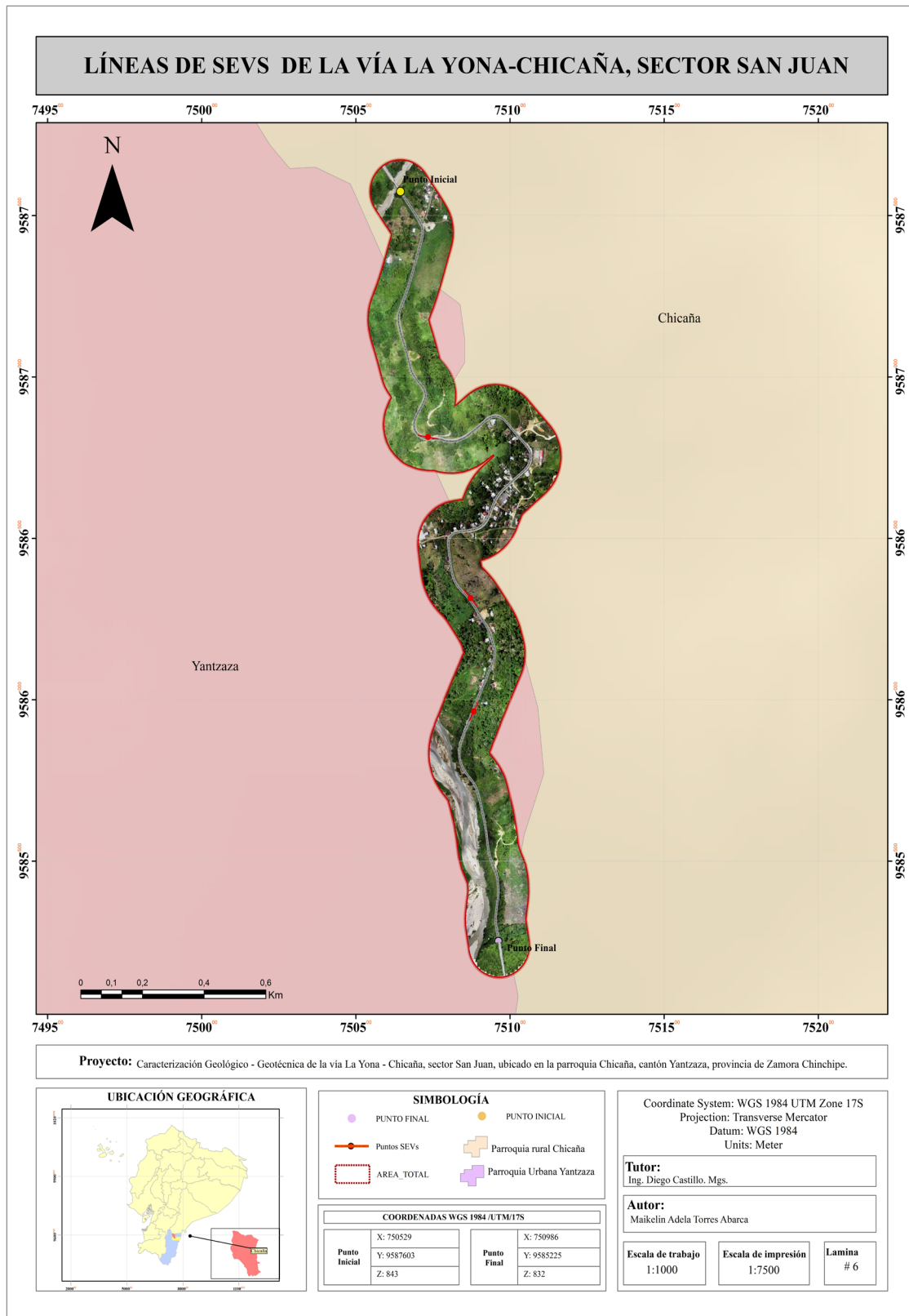
Anexo 16. Pendientes de la zona de estudio.



Anexo 17. Geología regional de la zona de estudio.



Anexo 18. Líneas de SEVs de la zona de estudio.



Anexo 19. Topografía de la zona de estudio.

Anexo 20. Geología de la zona de estudio.

Anexo 21. Corte geológico

(Ubicados en el CD-R Nro.1)

Anexo 22. Certificación de traducción del resumen

Cuenca, 02 de diciembre del 2023

Yo, Julissa Maribel Iñiguez Añazco, con documento de identidad Nro. **0750531527**,
Licenciada en Pedagogía del Idioma Inglés con N° de registro 1007-2022-2463742

CERTIFICO:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés correspondiente a un resumen de Trabajo de Titulación, el cual se realizó en base a los documentos originales entregados por su autor, la Srta. **Maikelin Adela Torres Abarca**, con cédula de identidad Nro. **1900813146**, con el tema denominado “*Caracterización Geológica y Geotécnica de la vía La Yona-Chicaña, sector San Juan*”, traducción que servirá para fines personales y académicos de uso del cliente.

Lo certifico en honor a la verdad y a su vez autorizo al interesado a hacer uso del presente para los fines que considere pertinentes.



Julissa Maribel Iñiguez Añazco

C.I: 0750531527