



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional De Loja

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

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

**Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en
los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y
provincia de Loja**

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

AUTOR:

José Andrés Maza Cuenca

DIRECTOR:

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo. Mg. Sc.

Loja - Ecuador

2025

Certificación

Loja, 05 de septiembre de 2023

Ing. 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 geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja”**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría del estudiante **José Andrés Maza Cuenca**, con **cédula de identidad Nro. 1106057902**, 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.



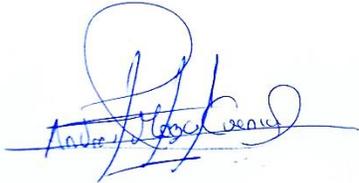
Firmado electrónicamente por:
**DIEGO ISRAEL
CASTILLO JARAMILLO**

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo. Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN.

Autoría

Yo, **JOSÉ ANDRÉS MAZA CUENCA**, declaro ser el autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula de identidad: 1106057902

Fecha: 17 de febrero de 2025

Correo electrónico: jose.a.maza@unl.edu.ec

Teléfono: 0983339677

Carta de autorización

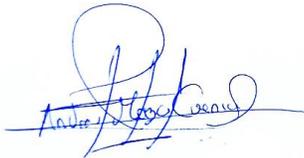
Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo **José Andrés Maza Cuenca**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja**, como requisito para optar el título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los diecisiete días del mes de febrero del dos mil veinticinco, firma el autor.



Firma:

Autor: José Andrés Maza Cuenca

Cédula de identidad: 1106057902

Dirección: Loja

Correo electrónico: jose.a.maza@unl.edu.ec

Teléfono: 0983339677

DATOS COMPLEMENTARIOS:

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

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación se lo dedico principalmente a mis padres por haberme dado la vida, a mis abuelos que son mi ángel y me cuidan desde el cielo, por los consejos que supieron darme cuando estuvieron en vida, a mi madre Teresa y Richard por haber formado parte de mi formación, por estar ahí cuando más los necesité y me motivaron con sus palabras de aliento para no rendirme, y poder decir que gracias a eso y la lucha constante pude obtener este logro.

José Andrés Maza Cuenca

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios por darme la vida, salud y guiarme al momento de tomar decisiones y cumplir mis metas trazadas.

A mi querida institución la Universidad Nacional de Loja, por haberme abierto las puertas y ser fundamental en mi formación, a sus docentes por ser partícipes de los aprendizajes alcanzados, y hacer de mí, un futuro buen profesional.

A mis padres por el apoyo, paciencia, afecto y cariño que día a día me supieron dar, ya que esos detalles fueron muy importantes para conseguir el objetivo.

Agradezco a mis abuelos Tomasa y José, por los consejos que me supieron dar en vida, que, aunque ya no los tengo a mi lado, me guían y cuidan de mí.

A mi director de trabajo de titulación, el Ingeniero Diego Castillo, por compartirme sus conocimientos y por la paciencia con la que dirigió mi tema de investigación.

Por último, quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a mis mejores amigos, con los cuales conviví y compartimos muchas experiencias y momentos únicos a lo largo de esta buena experiencia de estudios universitarios, sin duda llevaré en mi mente los mejores recuerdos.

José Andrés Maza Cuenca

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenido	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Índice de anexos	xiv
1 Título	1
2 Resumen	2
Abstract	3
3 Introducción	4
4 Marco teórico	6
4.1 Topografía	6
4.1.1 Levantamiento Topográfico	6
4.1.2 Métodos utilizados para levantamiento topográfico.	6
4.2 Geología	8
4.2.1 Litología	8
4.2.2 Estudio Geológico	8
4.2.3 Mapeo Geológico	9
4.2.4 Mapa Geológico	9
4.3 Geología Estructural	10
4.3.1 Estructuras Geológicas	10
4.4 Métodos para Mapeo Geológico-Estructural	11
4.4.1 Métodos de mapeo geológico.....	11
4.4.2 Mapeo de Estructuras.	12

4.5	Pendientes	14
4.5.1	Mapa de pendientes	14
4.5.2	Metodologías de clasificación para el mapa de pendientes.....	14
4.6	Geomorfología	15
4.6.1	Geoforma.....	15
4.6.2	Movimientos de Ladera.....	16
4.6.3	Mapa geomorfológico	18
4.6.4	Metodologías para establecer las unidades geomorfológicas del mapa...	18
4.7	Hidrología	19
4.7.1	Hidrogeología.....	19
4.7.2	Nivel Freático	20
4.8	Geotecnia	21
4.8.1	Estudio geotécnico	21
4.8.2	Caracterización Geotécnica del Terreno	21
4.9	Métodos de exploración geotécnica.....	22
4.9.1	Métodos indirectos (geofísicos)	22
4.9.2	Métodos semidirectos.....	24
4.9.3	Métodos directos.	24
4.9.4	Mecánica de Suelos	25
4.10	Estabilidad de taludes.....	31
4.10.1	Método del Equilibrio Límite.....	31
4.10.2	Métodos de análisis	32
4.10.3	Comparación de los diversos métodos	33
4.10.4	Factor de Seguridad.....	33
4.10.5	Modelos de estabilidad global de taludes.....	33
5	Metodología.....	34
5.1	Descripción general del área de estudio.....	34
5.1.1	Ubicación del Área de Estudio.....	34
5.1.2	Clima e hidrografía.....	35
5.1.3	Pendientes.....	37
5.1.4	Geomorfología	39
5.1.5	Geología Regional.....	44
5.2	Materiales.....	47
5.2.1	De campo.....	47

5.2.2	De laboratorio.....	47
5.2.3	De oficina	47
5.3	Procedimiento	48
5.3.1	Metodología de Primer Objetivo.....	49
5.3.2	Metodología de Segundo Objetivo.....	61
5.3.3	Metodología de Tercer Objetivo	71
6	Resultados	74
6.1	Caracterización Geológico-Estructural del Área de Estudio	74
6.1.1	Geología Local	74
6.2	Caracterización Geotécnica.....	96
6.2.1	Calicatas (Método directo).....	96
6.2.2	Corte directo (muestras inalteradas).....	99
6.2.3	Sondeos eléctricos verticales – SEV (Método indirectos)	100
6.3	Análisis de Estabilidad Global	106
6.3.1	Modelamiento Estático.....	107
6.3.2	Resumen de análisis de estabilidad global	111
6.3.3	Definición de Zonas Críticas en Términos de Estabilidad.....	112
7	Discusión.....	116
8	Conclusiones.....	118
9	Recomendaciones.....	120
10	Bibliografía.....	121
11	Anexos.....	126

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de Pendientes Demek, 1972.....	14
Tabla 2. Clasificación según MAGAP,2012.....	15
Tabla 3. Clasificación según MAE,2009	15
Tabla 4. Leyenda de Unidades Geomorfológicas	19
Tabla 5. Clasificación de Suelo S.U.C.S. para Grano Grueso	29
Tabla 6. Clasificación de Suelo S.U.C.S. para Grano Fino	30
Tabla 7. Clasificación de Suelo AASHTO	31
Tabla 8. Coordenadas del área de estudio.....	34
Tabla 9. Pendientes del área de estudio	37
Tabla 10. Unidades geomorfológicas encontradas	42
Tabla 11. Puntos de control obtenidos con EMLID REACH.....	50
Tabla 12. Clasificación de Pendientes	56
Tabla 13. Unidad Genética	57
Tabla 14. Unidad Geomorfológica	57
Tabla 15. Categorización de desniveles relativos	58
Tabla 16. Ubicación de afloramientos	59
Tabla 17. Ubicación de deslizamientos	59
Tabla 18. Puntos para la aplicación de los ensayos de Corte Directo.....	66
Tabla 19. Coordenadas de ubicación de los ensayos realizados.....	69
Tabla 20. Parámetros morfométricos del deslizamiento D_1	92
Tabla 21. Parámetros morfométricos Deslizamiento D11	93
Tabla 22. Parámetros morfométricos Deslizamiento D23.....	95
Tabla 23. Resultados obtenidos en la calicata N°1	97
Tabla 24. Resultados obtenidos en la calicata N°2	97
Tabla 25. Resultados obtenidos en la calicata N°3	98
Tabla 26. Resultados obtenidos de los ensayos de corte directo	99
Tabla 27. Resultados de los SEV 1 realizados.....	101
Tabla 28. Resultados de los SEV 2 realizados.....	103
Tabla 29. Resultados de los SEV 3 realizados.....	104
Tabla 30. Resumen de los resultados de los SEV's realizados.....	105
Tabla 31. Parámetros de materiales litológicos en el software Slide V6.0.....	107
Tabla 32. Propiedades geotécnicas de los materiales	108

Tabla 33. FS de los deslizamientos con el modelo estático y pséudo-estático 111

Índice de figuras

Figura 1. Detalle de elementos de la fotomosaico	13
Figura 2. Mapas de relieve sombreado utilizados para el mapeo de lineamientos	14
Figura 3. Distribución del agua Subterránea.....	21
Figura 4. Límites de Atterberg	26
Figura 5. Prueba del límite líquido.....	27
Figura 6. Envolvente de falla de Mohr y criterio de rotura de Mohr-Coulomb.....	28
Figura 7. Área de estudio	35
Figura 8. Hidrografía del área de estudio.....	36
Figura 9. Pendientes del área de estudio del Tramo Paquisha-Sayo.....	38
Figura 10. Coluvio Aluvial	39
Figura 11. Valle Fluvial	40
Figura 12. Terraza Baja.....	40
Figura 13. Terraza Media.....	41
Figura 14. Relieve Colinado Medio	41
Figura 15. Relieve Colinado Alto	42
Figura 16. Geomorfología del Tramo Paquisha-Sayo	43
Figura 17. Mapa de Geología Regional	46
Figura 18. Toma de puntos de control y establecimiento de marcas	49
Figura 19. Planificación de vuelo con el software DRONEDEPLOY.....	50
Figura 20. Flujo de trabajo, en Agisoft Metashape.....	51
Figura 21. Topografía del área de estudio Tramo Sayo-Paquisha	52
Figura 22. Corte Topográfico A-A'.....	53
Figura 23. Corte Topográfico B-B'	54
Figura 24. Corte Topográfico C-C'	55
Figura 25. Corte Topográfico D-D'.....	55
Figura 26. Apertura de calicata a 1 m de profundidad.....	62
Figura 27. Muestra de suelo tomada en campo.....	63
Figura 28. a). Límite Plástico. b.) Límite Líquido. c). Granulometría.....	64
Figura 29. Cubo de suelo extraído en campo para los ensayos de corte directo.....	64
Figura 30. Porciones de suelo de las pastillas en el ensayo de corte directo	65
Figura 31. Lecturas del ensayo corte directo	65

Figura 32. Mapa de ubicación geográfica de los lugares de toma de muestra.....	67
Figura 33. Equipo utilizado y ejecución del tendido del SEV	69
Figura 34. Configuración del dispositivo Schlumberger	70
Figura 35. Ubicación de la zona de estudio y ensayos de SEV realizados	71
Figura 36. Deslizamiento de granodiorita meteorizada forma de saprolito.....	75
Figura 37. Afloramiento A_9: Deposito aluvial con matriz arcillo arenoso, clastos de 1- 70 cm.....	76
Figura 38. Afloramiento A_10, conformado por roca andesita, granodiorita y depósitos coluviales.....	77
Figura 39. Deslizamiento D_20 Suelos residuales.....	78
Figura 40. Afloramiento A_A4 del dique de andesita basáltica que atraviesa a la granodiorita meteorizada.....	79
Figura 41. Falla normal 1	80
Figura 42. Falla normal 2	81
Figura 43. Falla normal 3	81
Figura 44. Falla Normal 4	82
Figura 45. Fallas determinadas del sistema de fallas: a) Falla normal principal paralela a la vía; b) Falla normal secundaria perpendicular a la falla principal	82
Figura 46. Mapa de estructuras presentes en la zona de estudio.....	84
Figura 47. Litología del área de estudio Tramo Paquisha-Sayo	85
Figura 48. Corte geológico A-A'	86
Figura 49. Corte geológico B-B'	86
Figura 50. Corte geológico C-C'	87
Figura 51. Corte geológico D-D'.....	88
Figura 52. Ubicación de Deslizamientos y afloramientos de la zona de estudio Sector Sayo.....	89
Figura 53. Deslizamiento D_1	90
Figura 54. Parámetros morfométricos del deslizamiento D_1.....	91
Figura 55. Deslizamiento D_11	93
Figura 56. Parámetros morfométricos Deslizamiento D_11.....	93
Figura 57. Deslizamiento D-23	95
Figura 58. Parámetros morfométricos Deslizamiento D23.....	95
Figura 59. Curva de resistividad eléctrica y tabla de resistividad real, espesor, y profundidad, SEV 1.....	101

Figura 60. Curva de resistividad eléctrica y tabla de resistividad real, espesor, y profundidad, SEV 2.....	102
Figura 61. Curva de resistividad eléctrica y tabla de resistividad real, espesor, y profundidad, SEV 3.....	104
Figura 62. Perfil de resistividades eléctricas.....	105
Figura 63. Correlación estratigráfica de los SEVS	106
Figura 64. Análisis de rotura para el deslizamiento 1, mediante el modelo estático .	109
Figura 65. Análisis de rotura para el deslizamiento 11, mediante el modelo estático	110
Figura 66. Análisis de rotura para el deslizamiento 20, mediante el modelo estático	111
Figura 67. Mapa de Estabilidad del tramo de vía Sayo Paquisha	115

Índice de anexos

Anexo 1. Fichas para levantamiento de afloramientos	126
Anexo 2. Fichas para levantamiento de deslizamientos	127
Anexo 3. Ubicación de Afloramientos.....	128
Anexo 4. Ubicación de Deslizamientos	129
Anexo 5. Mapa Topográfico de la zona de estudio	130
Anexo 6. Mapa de pendientes de la zona de estudio	131
Anexo 7. Mapa geomorfológico de la zona de estudio.....	132
Anexo 8. Mapa de Geología Local	133
Anexo 9. Mapa de Estabilidad de la Zona de Estudio	134
Anexo 10. Fichas de afloramientos.....	135
Anexo 11. Fichas de deslizamiento	138
Anexo 12. Resultados de los ensayos de clasificación granulométrica	144
Anexo 13. Resultados de cortes directos	147
Anexo 14. Resultados de Sondeos Eléctricos Verticales.....	159
Anexo 15. Certificación de traducción del resumen.....	166

1 Título

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”.

2 Resumen

El presente tema investigativo “Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja” se centra en determinar las características geológicas y geotécnicas, así como las propiedades físico-mecánicas de los materiales. Esto se logra mediante la utilización de métodos directos e indirectos para evaluar las condiciones del área de investigación y determinar el factor de seguridad, que describe la estabilidad de los taludes.

En primer lugar, la caracterización geológica se llevó a cabo utilizando un levantamiento topográfico de una faja de 200 m y mediante un VANT (vehículo aéreo no tripulado) tipo dron y sistema GPS integrado (GNSS RTK), levantando así un área de 89 ha. En el campo, se registraron un total de diez afloramientos y veintitrés deslizamientos, los cuales permiten describir las características físicas de los materiales y determinar la litología presente en la zona de estudio. Se identificó que el material predominante es saprolito, el cual es areno arcilloso proveniente del batolito de San Lucas.

Para la descripción geotécnica, se abrieron tres calicatas de 1 m² y 1,5 m de profundidad, desde las cuales se tomaron muestras a profundidades de 0,5 m, 1 m y 1,5 m para ser llevadas al laboratorio. Allí, se realizaron ensayos de corte directo para determinar la cohesión y el ángulo de fricción de los suelos. Además, las muestras recolectadas se clasificaron según los sistemas SUCS y AASHTO. También se llevaron a cabo sondeos eléctricos verticales (SEVs) para identificar las litologías y el grado de saturación del subsuelo.

La exploración geofísica se llevó a cabo en la litología predominante del área de estudio, correspondiente a saprolito. Para ello, se seleccionaron tres taludes representativos, considerados los puntos críticos más relevantes a lo largo del tramo de vía, desde los cuales se obtuvieron los parámetros físico-mecánicos. Finalmente, se realizó un análisis de estabilidad utilizando las características geomecánicas y geométricas de todos los taludes. Se calculó el Factor de Seguridad en el software Slide v6.0 aplicando el método de equilibrio límite (incluyendo los métodos de Janbú simplificado, GLE/Morgenstern-Price y Spencer) para condiciones estáticas, lo que permitió determinar que la estabilidad del tramo de vía es inestable, además de establecer zonas de estabilidad a lo largo del tramo de vía, representadas mediante un mapa de estabilidad, resaltando que el tramo de vía es predominantemente crítico e inestable.

Palabras clave: *análisis de estabilidad, geotecnia, factor de seguridad, deslizamiento, geología, geotecnia, litología, SEVs, Topografía con dron.*

Abstract

The present research topic “Geological-geotechnical characterization of a road section located in the Sayo- Paquisha sectors of the Santiago parish, canton and province of Loja” is focused on determining the geological and geotechnical characteristics, as well as the physical-mechanical properties of the materials. This is achieved by using direct and indirect methods to evaluate the conditions of the research area and to determine the safety factor, which describes the stability of the slopes.

First, the geological characterization was carried out using a topographic survey of a 200 m strip and using a UAV (unmanned aerial vehicle) type drone and integrated GPS system (GNSS RTK), thus surveying an area of 89 ha. In the field, a total of ten outcrops and twenty-three landslides were recorded, which allow us to describe the physical characteristics of the materials and determine the lithology present in the study area. It was identified that the predominant material is saprolite, which is clayey sand from the San Lucas batholith.

For the geotechnical description, three pits of 1 m² and 1.5 m depth were opened, from which samples were taken at depths of 0.5 m, 1 m and 1.5 m to be taken to the laboratory. There, direct shear tests were performed to determine the cohesion and friction angle of the soils. In addition, the collected samples were classified according to the SUCS and AASHTO systems. Vertical electrical soundings (SEVs) were also carried out to identify the lithologies and the degree of saturation of the subsoil.

The geophysical exploration was carried out in the predominant lithology of the study area, corresponding to saprolite. For this purpose, three representative slopes were selected, considered the most relevant critical points along the road section, from which the physical-mechanical parameters were obtained. Finally, a stability analysis was performed using the geometrical and geometrical characteristics of all the slopes. The Factor of Safety was calculated in the Slide v6.0 software applying the limit equilibrium method (including the simplified Janbu, GLE/Morgenstern-Price and Spencer methods) for static conditions, which allowed determining that the stability of the track section is unstable, in addition to establishing stability zones along the track section, represented by means of a stability map, highlighting that the track section is predominantly critical and unstable.

Key words: *stability analysis, geotechnics, factor of safety, landslide, geology, geotechnics, lithology, SEVs, drone topography.*

3 Introducción

El presente proyecto de investigación corresponde a una Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja. Este es importante para determinar las características de los materiales geológicos y las condiciones actuales del terreno, los cuales se deben tener en cuenta previo a la construcción de una obra o construcción de una obra de solución para la misma, además para este se aplica conceptos que integran la mecánica de suelos y rocas, que complementados con instrumentos de campo, laboratorio y gabinete permiten evaluar las condiciones de estabilidad y el estado actual de taludes, criterios que son importantes para la planificación y mantenimiento.

Cabe recalcar que, las carreteras son elementos de transporte esenciales que facilitan el desarrollo de diversas actividades humanas. En este contexto, la inestabilidad de los taludes se presenta como uno de los procesos geológicos más comunes en las áreas montañosas, provocando pérdidas económicas significativas e incluso, en algunos casos, pérdidas de vidas humanas (Tardeo y Zanabria, 2016, p. 9). El entorno donde se emplazan los proyectos de vialidad, muy a menudo suele verse afectado por diferentes tipos de amenazas naturales, relacionados con restricciones geológico-geotécnicas, presentando problemas como subsidencias, hundimientos, asentamientos, baja capacidad de soporte del suelo de cimentación, movimientos en masa, inundaciones, y más efectos asociados con el terreno (Cordero Carballo, 2011).

En este sentido, la red estatal vial Loja-Saraguro-Oña ha mejorado sustancialmente el desarrollo, ya que de esta depende el intercambio de bienes y servicios, por la conectividad que brinda entre las provincias de Loja, El Oro, Azuay y el Guayas. En tanto que, esta vía, así como brinda múltiples beneficios para la sociedad, presenta numerosos inconvenientes de orden geológico-geotécnico, dichos inconvenientes, están incididas por daños estructurales a causa de fallas, deslizamientos, y constantes flujos de material.

El tramo de vía, objeto de estudio del presente proyecto de titulación, es una zona crítica ubicada en la vía Loja-Saraguro-Oña, se encuentra puntualmente ubicada a la altura de los sectores Sayo- Paquisha, en la parroquia Santiago. Este trayecto se encuentra afectado por la constante caída de material, a causa de deslizamientos de tierra por la inestabilidad de taludes, pues en múltiples ocasiones este es cerrado en diferentes puntos críticos, lo que resulta en la espera de numerosos vehículos hasta que las autoridades gubernamentales intervengan para

despejar los obstáculos y permitir la circulación en esa zona (El Universo, 2022), e incluso estos representan un peligro para la sociedad en el proceso de mantenimiento, debido a que, se abre un carril que al pasar por el mismo, puede causar daños en la integridad de los vehículos, accidentes o incluso heridos (El Expreso, 2021), además, perjudica en desarrollo social, y en el continuo intercambio de bienes y servicios.

Por lo expuesto y en la perspectiva de contar con información sobre dinámica actual, las características y comportamiento de la zona de estudio ante una determinada situación a la que estén expuestos, producto de eventos antrópicos o naturales, de tal forma que la caracterización geológico-geotécnica se aplica para la determinación de información cuantificada sobre la estabilidad de taludes del tramo de vía e identificar las causas de inestabilidad de estos, es por ello que esta información resulta de gran aporte y servirá de base al momento de planificar, tomar decisiones y ejecutar obras de solución o mitigación requeridas.

Para conseguirlo, el objetivo general del presente trabajo fue desarrollar una caracterización geológico – geotécnica de un tramo de vía, ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja, y los objetivos específicos que orientaron para el desarrollo de la investigación fueron:

1. Elaborar la caracterización geológico-estructural del tramo de vía, ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja, tomando como base un levantamiento topográfico a detalle.
2. Determinar las propiedades físico-mecánicas de los materiales geológicos presentes en el tramo de vía, a partir del análisis de los resultados geotécnicos obtenidos de ensayos de campo y laboratorio.
3. Establecer la caracterización geológica - geotécnica del tramo de vía, a partir del factor de seguridad de los taludes existentes, dadas sus propiedades físico-mecánicas.

4 Marco teórico

4.1 Topografía

La topografía es una ciencia que además de determinar la posición relativa de puntos en la Tierra y representar una parte de su superficie en un plano, esta es una disciplina que abarca todos los métodos para recopilar información sobre características físicas de la Tierra, tales como su relieve, litorales, cursos de agua, entre otros, así como las estructuras construidas por el ser humano. En este sentido, se emplean métodos clásicos de medición en el terreno, fotogrametría y sensores remotos (Rincón et al., 2017, p.23).

4.1.1 Levantamiento Topográfico

Según Rincón et al., (2017, p.25), se define como el conjunto de procedimientos cuyo propósito es establecer la ubicación de puntos en el espacio y su representación en un plano, este conjunto de procedimientos abarca:

- ✓ Elección del método de levantamiento a emplear.
- ✓ Selección del equipo a utilizar.
- ✓ Identificación y localización de posibles puntos de referencia.
- ✓ Ejecución de mediciones en el terreno.
- ✓ Procesamiento y cálculo de los datos obtenidos.
- ✓ Generación de planos correspondientes.

4.1.2 Métodos utilizados para levantamiento topográfico.

Para los levantamientos topográficos se incluyen:

4.1.2.1 Métodos Directos

4.1.2.1.1 Teodolito.; El teodolito es un instrumento ampliamente empleado en la mayoría de las actividades relacionadas con trabajos topográficos, antes de considerar la estación total. De manera directa o indirecta, este dispositivo permite la medición de ángulos horizontales y verticales, distancias y desniveles; se compone por un anteojo, montado sobre un eje horizontal que a su vez está montado sobre un soporte por debajo del anteojo y unido a este va un nivel tubular (Casanova Matera, 2002, p. 12).

4.1.2.1.2 Estación Total.; Es un dispositivo electro-óptico empleado en topografía. Su funcionamiento se basa en la tecnología electrónica. Este instrumento combina un teodolito electrónico con un distanciómetro y un microprocesador. Su operación se basa en un principio geométrico bien conocido, la triangulación, que en este contexto implica determinar las coordenadas geográficas de un punto desconocido a partir de dos puntos de referencia conocidos.

4.1.2.2 Métodos Indirectos

4.1.2.2.1 GPS de Doble Frecuencia.; El GPS es un sistema global de satélites gestionado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD) que proporciona información de ubicación en todo el mundo. Para su funcionamiento, requiere una precisión estricta en la medición del tiempo (hora GPS) y un seguimiento constante de la posición durante las 24 horas del día. Además de su uso en posicionamiento, el GPS también se emplea para recopilar datos meteorológicos. La precisión de este sistema depende de varios factores, como la distancia entre el satélite y el receptor, así como la precisión de los datos recopilados antes, durante y después de la toma de datos en campo, ubicación de antenas, máscara PDOP, número de satélites visibles, máscara SNR, máscara de elevación), corrección diferencial (el tipo de medición, reconocimiento, monumentación, medición u observación satelital, distancia entre equipos receptores GPS, precisión, sistemas de referencia.

4.1.2.2.2 Dron (Fotogrametría).; La fotogrametría es una disciplina que permite realizar mediciones e interpretaciones precisas utilizando fotografías, lo que facilita la obtención de datos métricos y geométricos, como dimensiones, formas y posiciones, de los objetos capturados en las imágenes. Esta definición es fundamentalmente la misma que la adoptada por la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS).

El principio subyacente en la fotogrametría implica proyectar la imagen capturada en una fotografía de manera ortogonal sobre un plano de referencia. Esta imagen se registra en el negativo mediante la proyección central, que es la técnica utilizada por las lentes Jiménez et al., (2019, pp. 47-50).

- **Ventajas de los Drones**

Dentro de las ventajas que menciona Silva (2017), los drones conllevan a tener presupuestos inferiores, reducen tiempos, reducen los riesgos humanos, tienen una menor contaminación, son operativos a distancia, tienen un tiempo de formación reducido, son preciso, ayudan a en la aplicación de la ley, además son mucho más versátiles que los otros métodos de levantamiento topográfico.

- **Desventajas de los Drones**

Las desventajas que supone la utilización de drones son su aplicación para uso terrorista, la autonomía escasa de los drones, la existencia de normativas diferentes para los drones, demasiado fácil para los operadores de los mismos, además que las baterías son un gran problema debido a su escasa capacidad, lo que se refleja con un poco duración de vuelo, otro aspecto que hace difícil la aplicación de drones en levantamientos topográficos son la excesiva cobertura vegetal que contienen las áreas a levantar, pues la dificultad está en que las correcciones que deben realizarse son abundantes (Silva, 2017).

4.2 Geología

De acuerdo con lo expuesto por Duque Escobar (2003, p. 13), la geología es la ciencia que se dedica al estudio integral del planeta Tierra y todos los fenómenos naturales asociados. Su objetivo principal es describir los materiales que componen la Tierra para investigar su historia y evolución, además busca comprender las causas de los fenómenos tanto endógenos como exógenos que ocurren en el planeta, ya sea debajo de su superficie o en su entorno.

4.2.1 Litología

Se define como el conjunto de materiales que constituyen la estructura geológica y que influye en la configuración del relieve debido a sus propiedades mecánicas, físicas y químicas. Los materiales que componen las estructuras geológicas, en su mayoría son rocas, y asociaciones estables de minerales con diferentes niveles de resistencia a la acción de los factores externos y de plasticidad ante las fuerzas tectónicas. (Muñoz Jiménez, 2000, p. 31).

4.2.2 Estudio Geológico

Según Estaire (2017, p. 10), 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 del diseño de la campaña de reconocimiento geotécnico de campo.

4.2.3 Mapeo Geológico

El mapeo geológico se refiere al proceso de trasladar las observaciones realizadas en el campo de la geología a un mapa topográfico de base. Un mapa geológico de calidad se construye principalmente a partir de datos recopilados en el terreno y debe cumplir con las siguientes características:

- a. La información registrada debe ser objetiva y basarse en una evaluación detallada de las rocas y las exposiciones, sin prejuicios ni ideas preconcebidas.
- b. Debe mostrar tanto los datos observados directamente como las interpretaciones realizadas, pero es crucial que el usuario pueda distinguir claramente entre la información observada en el lugar (datos) y las conclusiones derivadas de las observaciones geológicas (interpretaciones).
- c. Las relaciones geológicas y temporales entre unidades y estructuras deben ser coherentes en todo el mapa.
- d. Los datos deben presentarse con un nivel de detalle apropiado para la escala del mapa; el mapa debe contener la cantidad adecuada de información, ni demasiada ni muy poca (Echeveste, 2018, p. 168).

4.2.4 Mapa Geológico

Un mapa geológico es una representación gráfica que se realiza sobre un mapa topográfico y que muestra las distintas unidades geológicas que se encuentran en la superficie terrestre, así como sus respectivos límites. Para diferenciar las rocas, se utilizan diferentes colores y tonalidades. Además, en un mapa geológico se incluyen detalles sobre las estructuras tectónicas, como pliegues y fallas, así como la ubicación de fósiles, aspectos relacionados con la hidrogeología y la ubicación de recursos minerales.

Las unidades geológicas representadas en el mapa pueden agruparse según diversos criterios, como su edad, tipo de roca, contenido de fósiles o permeabilidad, y cada una de estas agrupaciones recibe un nombre específico (Delgado et al., 2010, p. 8).

4.3 Geología Estructural

La geología estructural se define como la rama de la geología que se dedica al estudio de la configuración de la corteza terrestre y cómo esta ha evolucionado a medida que ha experimentado procesos de deformación. Los geólogos estructurales investigan la orientación de pliegues y fallas, así como las características a pequeña escala de las rocas deformadas. A menudo, pueden determinar el entorno geológico original y la naturaleza de las fuerzas que generaron estas estructuras rocosas mediante el análisis de estas estructuras. De esta manera, contribuyen a desentrañar los complejos eventos que conforman la historia geológica de la Tierra (Tarbuck y Lutgens, 2004, p. 284).

4.3.1 Estructuras Geológicas

Las estructuras geológicas están relacionadas con accidentes o movimiento tectónicos, se originan a partir de fuerzas de deformación, y a su vez definen el comportamiento y evolución del relieve entre estructuras geológicas básicas están los pliegues, las fallas, las diaclasas y la foliación (Tarbuck y Lutgens, 2004, p. 284).

4.3.1.1 Pliegues. Los pliegues se describen como deformaciones que surgen en capas de materiales estratificados que poseen la flexibilidad y plasticidad necesarias debido a fuerzas tectónicas, generalmente de naturaleza compresiva. Las condiciones específicas que conducen a su formación incluyen la presencia de capas estratificadas y la capacidad de estas capas para responder a las fuerzas generadas por movimientos orogénicos mediante deformación; no obstante, pueden observarse también en materiales metamórficos cuyos caracteres petrográficos actuales no les permitirían plegarse (Muñoz Jiménez, 2000, p. 68).

4.3.1.2 Fallas. Una falla se define como una fractura en la corteza terrestre que puede ser plana o ligeramente curvada. Esta fractura ha experimentado un desplazamiento en una dirección generalmente paralela a su plano de ruptura debido a la aplicación de estrés de cizallamiento. Este desplazamiento puede ser medido en ambos lados de la superficie de la falla y puede variar desde escalas microscópicas hasta distancias considerables, como en los límites de las placas tectónicas, que pueden extenderse a lo largo de cientos o incluso miles de kilómetros (Niemeyer Rubilar, 1999, p. 24).

4.3.1.3 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, p. 144).

La diferencia más notoria entre una falla y una diaclasa radica en que en el caso de la falla, se pueden encontrar pruebas de movimiento relativo entre las secciones de roca a cada lado de la fractura. En cambio, en las diaclasas, que a menudo se conocen como fracturas sin desplazamiento o simplemente juntas, no se observan indicios de dicho movimiento (Delgado et al., 2010, p. 43).

4.3.1.4 Foliación. Es la tendencia de un mineral a romperse a lo largo de planos de unión débil. No todos los minerales poseen planos definidos de unión débil, pero aquellos que exhiben foliación pueden identificarse por sus superficies lisas características, que se forman cuando el mineral se rompe (Tarbuck y Lutgens, 2004, p. 90).

4.4 Métodos para Mapeo Geológico-Estructural

4.4.1 *Métodos de mapeo geológico*

4.4.1.1 Mapeo de contactos.; en el contexto de mapeos regionales de escala pequeña a intermedia, que suelen ser 1:20.000 o incluso más pequeños, es un método que implica representar en el mapa las ubicaciones donde las diferentes unidades geológicas se encuentran en contacto con la superficie topográfica. Un aspecto destacado de este enfoque es que no se toma en cuenta la cobertura superficial. En lugar de ello, se utiliza un mapa base que se compone de fotografías aéreas y/o imágenes satelitales. En áreas con exposición limitada de las rocas, estas pueden estar ocultas bajo vegetación o recubiertas por delgados depósitos. Para abordar esta situación, se consideran características del terreno como el color y la textura de la capa superficial del suelo, la presencia de minerales resistentes a la meteorización, la presencia de rocas desprendidas, diabasas y otros tipos de rocas básicas.

4.4.1.2 Mapeo por afloramientos.; El mapeo de afloramientos constituye la base de gran parte de la cartografía geológica detallada, especialmente a escalas de 1:10,000 y superiores. Este enfoque cartográfico es particularmente común en la exploración minera. Gracias a avances tecnológicos como el GPS y la disponibilidad de imágenes satelitales de alta resolución, el mapeo de afloramientos se ha vuelto mucho más eficiente y preciso en comparación con años anteriores.

4.4.1.3 Mapeo por perfiles.; se emplea típicamente en la exploración de extensas regiones a escalas relativamente pequeñas, que pueden variar entre 1:250,000 y 1:50,000. Este método se aplica especialmente en áreas donde las rocas solo se exponen en cortes de carreteras, arroyos o crestas, y resulta adecuado en zonas con estructuras geológicas no muy complejas. Permite llevar un control efectivo de la densidad de las observaciones.

El procedimiento en el mapeo por perfiles consiste en registrar la geología mientras se camina siguiendo una ruta previamente establecida. Los contactos geológicos y otros rasgos se extrapolan entre las observaciones realizadas en perfiles adyacentes (Echeveste, 2017, pp. 171-174).

4.4.2 Mapeo de Estructuras.

Complementa los métodos de cartografía geológica mencionados anteriormente y se enfoca en la descripción detallada de las características geológicas, como la posición de los pliegues, la dirección de movimiento de las fallas y la disposición de las diaclasas. Este tipo de mapeo proporciona información valiosa sobre cómo y por qué la corteza terrestre experimenta deformaciones. Se pueden emplear diferentes herramientas y técnicas para llevar a cabo este tipo de mapeo:

4.4.2.1 La brújula geológica.; Se utiliza principalmente para medir el acimut y la inclinación de planos y líneas geológicas. Esto permite definir la posición espacial de un plano geológico mediante su rumbo o acimut y su inclinación, y la de una línea geológica mediante su dirección y buzamiento (Echeveste, 2017, p. 186).

4.4.2.2 Aplicación de VANT (Drones).; se utiliza para tomar fotografías aéreas de alta resolución espacial. Después de obtener estas imágenes, se realizan correcciones de lente y se desarrolla un fotomosaico. Luego, en el terreno, se caracterizan las diferentes litologías y elementos estructurales. Esto permite llevar a cabo un mapeo de detalle a escalas de 1:1000 o incluso más detalladas, con una resolución máxima del raster de 1:133 (donde 1 cm en la imagen equivale a 1.3 metros en el terreno).

Durante el proceso de fotointerpretación, se pueden obtener observaciones cualitativas sobre la disposición de las diferentes estructuras geológicas, lo que facilita la identificación de estas estructuras en el área de estudio (Gomila et al., 2015).

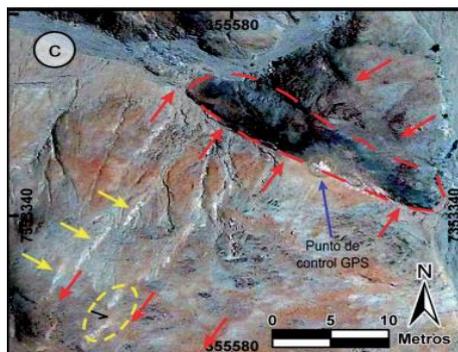


Figura 1 Detalle de elementos de la fotomosaico

Nota. Gomila et al. (2015)

4.4.2.2.1 Mapeo de lineamientos a partir de un DEM.; Este método se centra en la identificación de características lineales en mapas de relieve sombreado generados a partir de modelos de elevación digital (DEM) con una resolución espacial de 3 segundos. En este enfoque, se utilizan imágenes SRTM3 que pueden descargarse de Internet en forma de cuadrículas cuadradas de un grado de lado, cada una subdividida en 1201 píxeles. Estas cuadrículas se emplean para crear mapas de relieve sombreado, como se ilustra en la Figura 2, donde los lineamientos pueden ser identificados a través de la fotointerpretación (Gallegos et al., 2013).

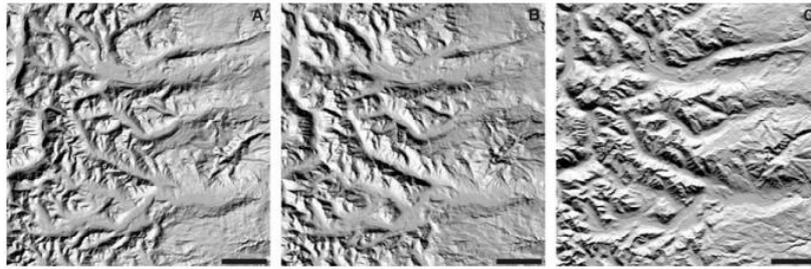


Figura 2 Mapas de relieve sombreado utilizados para el mapeo de lineamientos
Nota. Gallegos et al (2013)

4.5 Pendientes

La pendiente representa el grado de inclinación de la superficie terrestre con respecto a un plano horizontal. Cuanto mayor sea la inclinación, mayor será el valor de pendiente. Los valores de pendiente pueden expresarse en grados, porcentaje o fracción. Estos valores de pendiente están relacionados con la composición litológica y factores como la densidad de vegetación y el grado de saturación del terreno (Gutiérrez Elorza, 2008).

4.5.1 Mapa de pendientes

Un mapa de pendiente se considera un Modelo Digital de Terreno (MDT), que es un modelo matemático procesado por computadora que representa la variación continua del relieve en el espacio. Este modelo se basa en el relieve del terreno o su modelo fotogramétrico como fuente principal de datos (Pereira y Limberger, 2004).

4.5.2 Metodologías de clasificación para el mapa de pendientes

4.5.2.1 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. Demek (1972)

4.5.2.2 Clasificación según MAGAP, 2012

Tabla 2 Clasificación según MAGAP,2012

CÓDIGO	RANGO (°)	TIPO DE PENDIENTE
1	0-5	Plano a casi plano
2	> 5-12	Suave a ligeramente ondulado
3	> 12-25	Moderadamente Ondulado
4	> 25-50	Colinado
5	> 50-70	Escarpado
6	>70	Montañoso

Nota. MAPGAP (2012)

4.5.2.3 Clasificación según MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2009

Tabla 3 Clasificación según MAE,2009

CÓDIGO	RANGO (°)	TIPO DE PENDIENTE
1	0-5	Plano
2	5-12	Ligeramente ondulado
3	12-25	Ondulado
4	25-30	Montañoso 1
5	30-50	Montañoso 2
6	50-70	Muy montañoso
7	70	Escarpado

Nota. MAE (2009)

4.6 Geomorfología

Según Serrano (2017, pp. 127-128), La geomorfología se enfoca en analizar las características y procesos relacionados con la configuración de la superficie terrestre. Este campo se enriquece con los conceptos de morfología, que se divide en morfografía y morfometría, procesos geológicos que dan origen a las formas, litología que determina la composición de las rocas, y cronología que se emplea para establecer la antigüedad geológica de estas formaciones.

4.6.1 Geoforma.

Una geoforma se presenta como un objeto tridimensional que posee características tales como forma, tamaño, volumen y topografía, las cuales contribuyen a crear el relieve de una región. El primer paso para comprender una geoforma implica examinar su topografía, drenaje, textura, tonalidad, vegetación natural y uso del suelo. Está compuesta por materiales propios, como arenas, gravas, arcilla o cuerpos masivos, y su origen, por ende, se encuentra vinculado

a un proceso específico, lo que implica que exhibe una dinámica relacionada con los materiales que la componen (Duque Escobar, 2003, p. 459).

4.6.2 Movimientos de Ladera

Los fenómenos geológicos y climáticos que inciden en la superficie de la Tierra son los responsables de moldear el relieve y dar forma a la morfología de las laderas, que evoluciona con el tiempo para adaptarse a las nuevas condiciones geológicas o climáticas. En general, las laderas suelen tomar pendientes naturales próximas al equilibrio. En este contexto, los movimientos de ladera se pueden entender como ajustes del terreno para alcanzar el equilibrio frente a cambios en las condiciones (González de Vallejo et al., 2002, p. 622).

4.6.2.1 Tipos de movimiento.; La clasificación de los movimientos de ladera por lo general se basa en los tipos de materiales involucrados, distinguiendo entre materiales rocosos, derrubios y suelos, así como en el mecanismo y tipo de ruptura, teniendo en cuenta aspectos adicionales, como la humedad del suelo, la velocidad y la magnitud del movimiento. Algunos de los tipos de movimiento incluyen deslizamientos (rotacionales y traslacionales), flujos, desprendimientos, vuelcos, avalanchas y desplazamientos laterales (González de Vallejo et al., 2002, p. 623).

4.6.2.2 Deslizamientos.; Los deslizamientos representan desplazamientos de masas de suelo o roca que se desplazan, moviéndose relativamente con respecto al sustrato, a lo largo de una o varias superficies de rotura que se hacen evidentes cuando se supera la resistencia al corte de dichas superficies. Por lo general, estas masas se mueven en conjunto, actuando como una unidad en su desplazamiento.

Entre los tipos de deslizamientos se tiene los rotacionales y los traslacionales:

- ✓ ***Deslizamientos rotacionales.;*** Son más comunes en suelos cohesivos y uniformes. La ruptura puede ocurrir en la superficie o a mayor profundidad y sigue superficies curvas o en forma de cuchara. Sus dimensiones pueden variar desde decenas hasta cientos de metros en longitud y anchura, pudiendo ser superficiales o profundos.

✓ **Deslizamientos traslacionales.**; Se producen a lo largo de superficies planas de debilidad preexistentes. A veces, el plano de ruptura es una fina capa de material arcilloso entre estratos más competentes. No son muy profundos, pero se extienden considerablemente y pueden recorrer grandes distancias. Pueden ocurrir tanto en suelos como en rocas.

4.6.2.2.1 Flujos. Los flujos, también conocidos como coladas, son movimientos de masas compuestas por suelo, escombros o bloques rocosos que contienen una gran cantidad de agua. El material se desintegra y se comporta como un fluido, experimentando una deformación continua. El agua es el principal desencadenante de estos movimientos, ya que reduce la resistencia de los materiales poco cohesivos. Suelen afectar principalmente a suelos arcillosos susceptibles que pierden resistencia al ser movilizados.

4.6.2.2.2 Desprendimientos. Los desprendimientos son caídas rápidas y libres de bloques o masas rocosas que se separan por planos de discontinuidad preexistentes. Son frecuentes en laderas escarpadas en áreas montañosas, acantilados y paredes rocosas en general. A menudo, se producen roturas en forma de cuña y bloques formados por múltiples familias de discontinuidades. El agua en las grietas y discontinuidades suele ser el factor desencadenante.

4.6.2.2.3 Vuelco. Los vuelcos ocurren cuando los estratos o fragmentos de masas rocosas giran en sentido contrario a la pendiente debido a fracturas en la zona de la base de la ladera. Suelen observarse principalmente en frentes rocosos con estratos verticalizados.

4.6.2.2.4 Avalanchas rocosas. Las avalanchas rocosas generalmente resultan de deslizamientos o desprendimientos de gran magnitud. Debido a la pendiente pronunciada y la falta de estructura y cohesión en los materiales, estas avalanchas consisten en material rocoso de diferentes tamaños, que pueden incluir grandes bloques y partículas más pequeñas.

4.6.2.2.5 Desplazamientos Laterales. Este tipo de movimiento se refiere a la pérdida de resistencia del material subyacente y el desplazamiento de bloques rocosos o masas de suelo muy cohesivas y cementadas. Estos desplazamientos laterales pueden ser causados por la fluencia y extrusión del material subyacente, la licuefacción en un material blando y deformable, y también pueden ser provocados por la licuefacción del material subyacente o por procesos de extrusión lateral de arcillas blandas y húmedas bajo el peso de las masas superiores (González de Vallejo et al., 2002, p. 628-629).

4.6.3 Mapa geomorfológico

El mapa geomorfológico es una representación cartográfica temática de naturaleza geológica que muestra las diversas formas del terreno, su distribución y sus relaciones mutuas.

4.6.4 Metodologías para establecer las unidades geomorfológicas del mapa

4.6.4.1 Metodología de CLIRSEN.; Esta metodología se basa en la obtención de información primaria a través de la observación en el terreno, la fotointerpretación y el uso de herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica). Esta información se recopila mediante visitas de campo durante las cuales se realiza la identificación y registro de litologías y geoformas, posteriormente se pasa por una fase de interpretación donde con ayuda de ortofotos se procede a delimitar las geoformas, para posteriormente con la aplicación de SIG anclado al uso de insumos como el mapa de pendientes, DEM, IPT (índice de posición topográfica) se llega a un resultado final de obtención de un mapa temático de geoformas del área de estudio.

En la aplicación de la metodología CLIRSEN, es esencial considerar que la identificación de las unidades geomorfológicas se lleva a cabo mediante la clasificación de las geoformas. Esta clasificación se realiza teniendo en cuenta la observación en el terreno y evaluando aspectos como la génesis, la morfología y el desnivel relativo. Estos criterios se encuentran detallados en tablas proporcionadas por el autor (CLIRSEN, 2010).

4.6.4.2 Metodología del Ministerio del Ambiente.; se enfoca en la creación de un modelo de unidades geomorfológicas basado en la geomorfología cuantitativa. Esta rama implica la descripción de unidades tridimensionales en función de su forma, tamaño, volumen y topografía (morfometría) como elementos determinantes en la configuración del relieve. Para llevar a cabo este proceso, es necesario realizar la modelación, análisis, delimitación y representación visual de estos elementos tridimensionales, utilizando variables derivadas del terreno, como los índices topográficos, generados automáticamente a partir de un modelo digital de elevación (MDE).

Los índices topográficos combinados (modelo topográfico) se organizan a través de un procedimiento automatizado no supervisado mediante la aplicación del algoritmo ISODATA (Ministerio De Ambiente Del Ecuador, 2012).

Tabla 4 Leyenda de Unidades Geomorfológicas

Relieve general	Macrorelieve	Mesorelieve
De montaña	Montaña	Edificios volcánicos, relieves montañosos
	Serranía	Colinas, cuestras, chevrones, mesas, vertientes
	Valle	Planicies, terrazas
Tierras bajas	Cordillera	Relieves, montañosos, colinas, cuestras, mesetas, vertientes
	Piedemonte	Chevrones, colinas, cuestras, mesetas, vertientes, terrazas, planicies, abanico, aluvial
	Penillanura	Colinas, chevrones, vertientes
	Llanura	Abanico aluvial, planicies, terrazas

Nota. Ministerio De Ambiente Del Ecuador (2012)

4.7 Hidrología

La Hidrología es la disciplina científica que se ocupa del estudio de las aguas terrestres y abarca todo el ciclo del agua, desde su precipitación en la atmósfera hasta su desembocadura en el mar o su retorno a la atmósfera. Este ciclo del agua se desarrolla en tres entornos diferentes: la atmósfera, la superficie terrestre y el subsuelo. En este contexto, la hidrología se divide en dos principales ramas: la hidrología de superficie y la hidrología subterránea o hidrogeología.

4.7.1 Hidrogeología

La hidrogeología es una subdisciplina de la hidrología que se enfoca en el estudio del agua subterránea, incluyendo su origen, movimiento, enriquecimiento y empobrecimiento. Además, abarca la investigación de las propiedades de las formaciones geológicas que influyen

en el flujo y almacenamiento del agua subterránea, así como los métodos empleados para su análisis, uso y conservación (Custodio y Ramón, 1983, p. 283).

4.7.1.1 Parámetros Hidrogeológicos.; son características que permiten describir el comportamiento de los acuíferos frente a diversas influencias externas. Estos parámetros incluyen la porosidad, la permeabilidad y la transmisividad:

4.7.1.1.1 Porosidad. Según Collazo et al., (2012, p. 24) la porosidad se refiere a la relación entre el volumen de espacios vacíos y el volumen total de una roca o suelo. Por lo general, se expresa en forma de porcentaje, multiplicando el valor de la porosidad por 100.

Esta se define con la siguiente expresión: $n = \frac{V_v}{V_t} * 100$

n = Porosidad total; V_v = Volumen de vacíos; V_s= Volumen de sólidos

$$V_t = V_v + V_s \text{ Volumen total.}$$

4.7.1.1.2 Permeabilidad.; Según Custodio y Ramón (1983, pp. 262-264), se refiere a la capacidad del terreno para permitir el paso del agua a través de él. Este factor es de suma importancia en lo que respecta a la explotación de las aguas subterráneas y está influenciado por varios factores, como el tamaño de los espacios interconectados (poros, fracturas, etc.), la granulometría de las partículas que componen el terreno, la naturaleza y la rugosidad de la superficie de dichas partículas, así como la dirección en el terreno (anisotropía).

4.7.1.1.3 Transmisividad. La transmisividad se define como la cantidad de agua que puede ser transmitida horizontalmente a través del espesor saturado de una formación. Si denotamos el espesor saturado como "E," entonces la transmisividad se calcula como el producto de la permeabilidad de la formación por ese espesor (Collazo et al., 2012, p. 25):

4.7.2 Nivel Freático

El nivel freático, como se ilustra en la Figura 3, se refiere al límite superior de la zona de saturación del subsuelo. Este nivel es de gran importancia en el contexto de las aguas subterráneas, ya que influye en la productividad de los pozos y explica las variaciones en los flujos de corrientes y manantiales. Además, es fundamental para comprender las fluctuaciones en el nivel de los cuerpos de agua superficiales, como lagos (Tarbuck y Lutgens, 2004, p. 481).

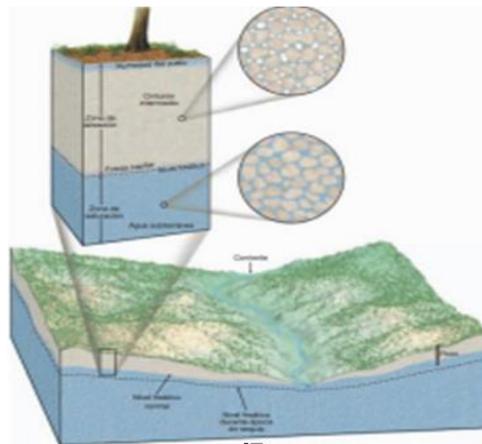


Figura 3 Distribución del agua Subterránea

Nota. Tarbuck y Lutgens (2004).

4.8 Geotecnia

La geotecnia es una rama de la geología que se enfoca en la evaluación de la resistencia entre las partículas que componen la capa terrestre, considerando aspectos como su naturaleza, tamaño, humedad y cohesión. También se ocupa del estudio de las propiedades generales de los suelos con el propósito de comprender su interacción con las estructuras. Su objetivo principal es aplicar métodos científicos y principios de ingeniería para adquirir, interpretar y utilizar conocimientos relacionados con los materiales y procesos que tienen lugar en la corteza terrestre. Los principios fundamentales de la ingeniería geotécnica abarcan la mecánica de suelos, la mecánica de rocas y las deformaciones unitarias en condiciones ideales. Estos principios son esenciales para la planificación, el diseño y la construcción de obras, así como para la prevención de riesgos naturales (Braja M, 2015, pp. 2-3).

4.8.1 Estudio geotécnico

El estudio geotécnico comprende todas las actividades relacionadas con la evaluación del terreno, incluyendo el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis de resistencia y deformabilidad, mo las recomendaciones de ingeniería necesarias para el diseño y la construcción de obras que involucran interacción con el suelo. Su propósito fundamental es garantizar un comportamiento adecuado de las estructuras, tanto la superestructura como la subestructura, con el objetivo de salvaguardar la vida humana y prevenir cualquier impacto negativo en construcciones cercanas (NEC, 2014, p. 6).

4.8.2 Caracterización Geotécnica del Terreno

La caracterización geotécnica tiene como finalidad técnica recopilar e interpretar la información obtenida a través de estudios geotécnicos y ensayos de laboratorio. Su objetivo es

describir detalladamente las propiedades del suelo o material presente en el sitio donde se pretende llevar a cabo un proyecto. Esta evaluación, busca identificar posibles modos de fallo y deformaciones que puedan ocurrir en la capa de estudio (Ureta Chalén, 2017, p. 72).

4.9 Métodos de exploración geotécnica

4.9.1 Métodos indirectos (geofísicos)

Los métodos indirectos de exploración geotécnica permiten una evaluación rápida del subsuelo al realizar mediciones indirectas de las propiedades físicas de suelos y rocas. A continuación, se describen los principales métodos:

4.9.1.1 Geosísmico.; Este método se basa en las trayectorias de tiempo mínimo que siguen las ondas elásticas al propagarse desde la superficie hacia los diferentes horizontes refractores del subsuelo y luego emerger al campo libre. Durante este proceso, las pequeñas señales son captadas por una serie de geófonos alineados con la fuente perturbadora. La observación de estos registros, conocidos como sismogramas, permite determinar los tiempos de llegada de las ondas sísmicas y calcular, a través de una gráfica que relaciona tiempo y distancia, el número de capas presentes en el subsuelo, así como sus espesores y velocidades de propagación.

Se utiliza para inferir diversas propiedades geotécnicas, como la compacidad de los materiales, la profundidad de los contactos entre capas, el espesor de los estratos, el módulo dinámico de rigidez al cortante, el módulo dinámico de elasticidad y la relación de Poisson de los materiales. Los ensayos geosísmicos:

4.9.1.1.1 Refracción Sísmica.; El propósito fundamental de esta técnica es definir la configuración de las estructuras geológicas que ejercen influencia o determinan el comportamiento de los acuíferos, incluyendo su forma, distribución y dimensiones.

4.9.1.1.2 Reflexión Sísmica.; Se basa en la generación de una perturbación elástica en la superficie y la posterior espera a que esta perturbación se propague. Cuando esta onda elástica encuentra un medio con una densidad diferente, parte de la energía rebota de regreso hacia la superficie y puede ser detectada a través de geófonos.

4.9.1.1.3 Sísmicos no convencionales.; Entre ellos se tiene módulos dinámicos, velocidad de transmisión de ondas elásticas, homogeneidad del medio, método Petite Sismique (Comisión Nacional del Agua, 2007, pp. 31-88).

4.9.1.2 Geoeléctrico.; Es un método se basa en la aplicación de corriente continua para medir la variación de la resistividad eléctrica en el subsuelo en función de la profundidad. Su finalidad es proporcionar información sobre diversos aspectos, como el tipo de material presente, la profundidad del nivel freático, el espesor de los estratos, la profundidad de los estratos, la identificación de estructuras geológicas, la detección de cavernas y la identificación de estructuras geotécnicamente relevantes. Uno de los ensayos geoeléctricos comunes es:

4.9.1.2.1 *Sondeo eléctrico vertical.*; Este ensayo se puede llevar a cabo en una variedad de formaciones geológicas. Sin embargo, para que los resultados de la resistividad aparente sean interpretables, es importante que el subsuelo esté compuesto por capas horizontales y homogéneas.

4.9.1.2.2 *Tomografía Eléctrica.*; Es un método que utiliza corriente continua con el propósito de evaluar la variación de la resistividad eléctrica en el subsuelo a lo largo de un perfil y en dos dimensiones (2D).

4.9.1.2.3 *Tomografía Eléctrica Marina.*; Utiliza corriente continua para determinar la variación de la resistividad eléctrica en el subsuelo en función de la profundidad, pero en este caso, la línea de medición, total o parcialmente, se encuentra sumergida en agua.

4.9.1.2.4 *Polarización Inducida (PI).*; Este método geofísico, más reciente, se basa en el efecto de sobrevoltaje. La polarización inducida se produce cuando se interrumpe la inyección de corriente en el suelo, y en lugar de que el voltaje en el receptor caiga instantáneamente, experimenta un descenso gradual. La velocidad de esta caída está relacionada con las propiedades del suelo.

4.9.1.2.5 *Potencial Espontáneo.*; Se basa en la medición de la diferencia de potencial eléctrico generada naturalmente en el subsuelo. La aparición de estos campos eléctricos espontáneos puede deberse a diversos factores, como cambios en la humedad y temperatura del suelo, la presencia de objetos metálicos, actividad biológica o materia orgánica, y cualquier interacción química en el terreno.

4.9.1.2.6 Calicatas Eléctricas.; Este método aplica la inyección de corriente eléctrica en el subsuelo mediante disposiciones de electrodos electrónicos. La corriente introducida genera una diferencia de potencial que se mide con un instrumento y se traduce posteriormente en valores de resistividad (Exploración Perforación y Estudios del Subsuelo, 2022).

4.9.1.3 Gravimétrico y Magnetométrico.; Son métodos que se emplean para investigar estructuras geológicas mediante observaciones realizadas en la superficie o desde el aire. Los métodos gravimétricos y magnetométricos analizan anomalías resultantes de cambios en las propiedades físicas de las rocas que conforman el subsuelo.

4.9.2 Métodos semidirectos

Estos métodos implican la realización de pruebas en el campo con el propósito de estimar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos utilizando relaciones empíricas. En estos procedimientos de exploración, es posible obtener muestras alteradas que sean representativas.

4.9.2.1 Prueba de penetración estándar.; se utiliza en suelos de textura fina, como suelos finos, arenas finas y medias, y mezclas de finos con arenas. Esta prueba puede llevarse a cabo de manera continua con muestreo alterado o en combinación con muestreo inalterado, conocidos como sondeos mixtos.

4.9.2.2 Método del Cono.; Este método se aplica en suelos suaves con un espesor superior a 10 metros en suelos arenosos, y en arcillas de origen lacustre ha demostrado ser efectivo. Existe una creciente tendencia a utilizar este método en suelos pumíticos.

4.9.3 Métodos directos.

Estos métodos permiten obtener muestras que proporcionan información sobre las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas del suelo. Las muestras representativas obtenidas pueden ser alteradas o inalteradas y son necesarias para determinar parámetros mecánicos a través de pruebas de laboratorio especiales.

4.9.3.1 Excavación de pozos a cielo abierto (Calicata). Este método es ideal para examinar detenidamente las estratificaciones del suelo. Permite la obtención de muestras inalteradas de alta calidad, que se extraen siguiendo procedimientos específicos. Estas muestras deben sellarse con parafina para conservar su humedad natural. Las excavaciones deben tener dimensiones de 1,00 x 1,5 metros, con variaciones en la separación y profundidad (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015, p. 17).

4.9.3.2 Sondeos con equipos de exploración.; Estos sondeos se realizan en suelos donde el equipo de Sondeos de Penetración Estándar (SPT) no es apropiado, como en suelos extremadamente duros o rocosos. Para llevar a cabo estos sondeos, se requiere el uso de equipos de perforación rotaria y herramientas especializadas para la exploración y la obtención de muestras alteradas e inalteradas a diversas profundidades.

4.9.4 Mecánica de Suelos

4.9.4.1 Origen y formación de los suelos.; Según González de Vallejo et al., (2002), los suelos se originan a partir de los macizos rocosos preexistentes que componen la roca madre. Estos macizos están expuestos a la acción ambiental erosiva, que se manifiesta en tres aspectos principales: físico (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), químico (por hidratación, disolución, oxidación, cementación), biológica (con acción bacteriana, los materiales orgánicos sufren putrefacciones y se mezclan con otras partículas de origen físico-químico).

4.9.4.2 Ensayos de Mecánica de suelos.; El conocimiento de las características físicas del suelo es muy importante para el estudio de la mecánica de suelos, pues mediante esta, es posible conocer el comportamiento futuro del suelo ya que se aplican diversos ensayos para determinar dicho comportamiento característicos del terreno.

- ✓ **Humedad Natural del Suelo.;** La humedad de los suelos se define como el porcentaje de peso del agua contenido en el suelo con respecto al peso de los sólidos presentes. Este valor suele oscilar entre el 5%-8% en suelos granulares, como arenas y gravas, y entre el 60%-70% en suelos arcillosos. Sin embargo, en suelos orgánicos, puede alcanzar valores de entre el 300%-400%. La determinación del contenido de humedad se lleva a cabo siguiendo la norma ASTM D-2216 y se expresa como "w".

- ✓ **Análisis Granulométrico.;** Se determina para obtener la distribución del tamaño de partículas presentes en una muestra de suelo, se los clasifica mediante los sistemas de clasificación establecidos por SUCS o AASHTO. La Norma de la Construcción Ecuatoriana: Geotecnia y Cimentaciones, establece que para el análisis granulométrico se debe aplicar la norma ASTM D 422.
- ✓ **Límites de Consistencia o Atterberg.;** Estos límites se deben su nombre al científico Albert Mauritz Atterberg, quien desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino. Su método se basa en la idea de que los suelos de grano fino pueden presentar diferentes estados dependiendo de la cantidad de agua que contienen y su comportamiento natural. En resumen, a bajos niveles de humedad, el suelo se comporta como un sólido frágil, mientras que a niveles muy altos de humedad, el suelo y el agua fluyen como un líquido, como se muestra en la Figura 4. Por lo tanto, los suelos se clasifican en cuatro estados fundamentales: sólido, semisólido, plástico y líquido (Braja M, 2015, pp. 65–81).

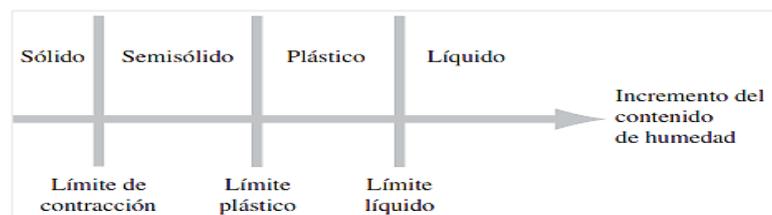


Figura 4 Límites de Atterberg

Nota. Braja M (2015)

- ✓ **Límite de contracción (SL).;** A medida que el agua se va perdiendo gradualmente del suelo, la masa del suelo experimenta una contracción. Con la continua pérdida de agua, se alcanza un punto de equilibrio en el que no se produce ningún cambio adicional en el volumen del suelo. El contenido de agua, expresado en porcentaje, en el cual cesa cualquier cambio en el volumen de la masa del suelo se denomina límite de contracción (Braja M, 2015, p. 68).
- ✓ **Límite líquido (LL).;** Para determinar el límite líquido, se utiliza un dispositivo mecánico conocido como Copa de Casagrande. Este dispositivo permite establecer la fluidez del suelo bajo condiciones normalizadas mediante un cierto número de golpes. Para calcular el límite líquido, se coloca una mezcla de suelo y agua en la copa y se realiza un corte en el centro de esta mezcla utilizando una herramienta estándar. Luego, se levanta y se deja caer la copa desde una altura de 10 mm utilizando una leva accionada por una manivela. El límite líquido se define como

el contenido de agua, en porcentaje, necesario para que la ranura creada por la herramienta de corte se cierre a lo largo del fondo de la misma después de 25 golpes, como se aprecia en la Figura.5. El procedimiento para llevar a cabo la prueba del límite líquido se encuentra en la norma ASTM D-4318.

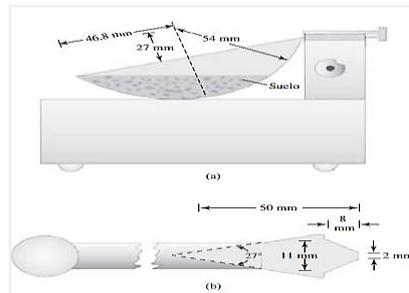


Figura 5 Prueba del límite líquido

Nota. Braja M (2015)

- ✓ **Límite plástico (PL).;** La determinación del límite plástico se lleva a cabo enrollando manualmente una masa de suelo en una placa de vidrio hasta que se formen rollitos de suelo elipsoidales. El límite plástico se define como el contenido de agua, expresado en porcentaje, en el cual el suelo se desmorona al enrollarlo en rollitos de 3,2 mm de diámetro. El procedimiento completo para la prueba del límite plástico se encuentra en la norma ASTM D-4318 (Braja M, 2015).
- ✓ **Índice de Plasticidad (IP).;** El índice de plasticidad se calcula como la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico y representa el rango de contenido de humedad en el cual el suelo se encuentra en estado plástico.
- ✓ **Resistencia Cortante del Suelo.;** Según Braja M (2015, p. 228), la resistencia al corte de un suelo es la fuerza interna por unidad de área que la masa de suelo puede oponer a la falla y al deslizamiento a lo largo de cualquier plano en su interior. Comprender los principios de la resistencia al corte del suelo es esencial para analizar diversos problemas, como la capacidad de carga de cimentaciones superficiales, pilotes y pozos perforados, la estabilidad de taludes naturales o artificiales, y la estimación de la presión lateral del suelo para el diseño de estructuras de retención.
- ✓ **Criterio de Falla Mohr – Coulomb.;** Según Braja M, (2015, p. 230), el criterio de falla de Mohr-Coulomb es un criterio de rotura lineal, que se utiliza principalmente para el análisis de suelos cómo se observa en la Figura. 6. Este criterio relaciona la tensión tangencial y la tensión normal en un plano de falla. Fue introducido por

Coulomb en 1773 y se utiliza para evaluar la estabilidad y la capacidad de carga de los suelos.

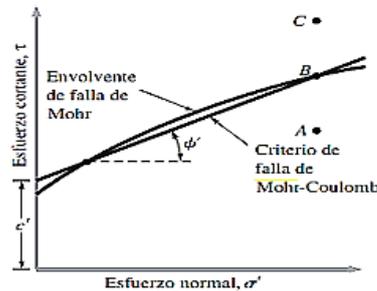


Figura 6 Envolvente de falla de Mohr y criterio de rotura de Mohr-Coulomb

Nota. BRAJA M, (2015) p. 228

- ✓ **Ensayo de corte directo.**; El ensayo de corte directo implica colocar una muestra de suelo en una caja de corte directo (CD), aplicar una carga normal específica, controlar la humedad o el drenaje de la muestra (o ambos), consolidar la muestra bajo la carga normal, liberar los marcos que contienen la muestra y desplazar un marco horizontalmente en relación con el otro a una velocidad de deformación constante. Durante el ensayo, se mide la fuerza de corte y los desplazamientos horizontales a medida que la muestra se acerca a la falla.
- ✓ **Ensayos triaxiales.**; Es uno de los métodos más más fiables que existen para calcular los parámetros de resistencia cortante. Estos ensayos suministran datos acerca del comportamiento esfuerzo-deformación del suelo que no se pueden obtener mediante la prueba de corte directo. Además, ofrecen condiciones de esfuerzo más homogéneas en comparación con la prueba de corte directo, ya que distribuyen de manera más uniforme las tensiones a lo largo del plano de fallo. Asimismo, brindan una mayor flexibilidad en lo que respecta a la trayectoria de carga que se puede aplicar.
- ✓ **Ensayo de resistencia a la compresión simple.**; Tiene como objetivo la evaluación de la fuerza máxima o resistencia de un suelo cohesivo cuando se somete a compresión sin confinamiento. Este procedimiento se lleva a cabo aplicando una carga axial con control de la deformación, utilizando una muestra de suelo inalterada que se ha moldeado en forma de cilindro, típicamente con una relación entre su altura y diámetro igual a 2.

4.9.4.3 Clasificación de los Suelos

- ✓ **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.);** Es un sistema de clasificación de suelos que fue originalmente propuesto por Casagrande en 1948. Actualmente, es ampliamente adoptado por ingenieros y se rige por la Norma ASTM D-2487. Este sistema clasifica los suelos en dos principales categorías: la primera engloba los suelos de grano grueso, que consisten en grava y arena en su estado natural y tienen menos del 50% de partículas que pasan a través del tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo para esta categoría comienzan con los prefijos G o S, donde G representa grava o suelo grava, y S representa arena o suelo arenoso, como se ilustra en la *Tabla 5*. La segunda categoría incluye suelos de grano fino, con el 50% o más de partículas que pasan por el tamiz núm. 200, tal como se muestra en la *Tabla 6*. (Braja M, 2015, pp. 82-87).

Tabla 5 Clasificación de Suelo S.U.C.S. para Grano Grueso

Divisiones mayores		Símbolo de grupo	Nombres típicos	Crterios de clasificación para suelos granulares	
Suelos de Grano grueso (más del 50% del material es mayor en tamaño que el tamiz #200)	Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz #4.1)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, pocos o ningún fino	$C_c = D_{60}/D_{10} > 4$. $C_u = 1 < D_{230}/D_{10} * D_{60} < 3$	
		GP	Gravas probablemente gradadas, mezclas grava, arena, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para GW	
		G M D U	Gravas limosas, mezclas grava – arena – limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o IP	A los materiales está con la línea A con $4 < I_p < 7$
		GC	Gravas arcillosas, mezclas grava – arena - arcillosas	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o IP >7	se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
	Arenas (más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz #4.1)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	$C_c = D_{60} / D_{10} > 6$. $C_u = 1 < 3$	
		SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas. Pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para SW	
		S M D u	Arenas limosas, mezclas arena – limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o IP	Si el material está en la zona sombreada con $4 \leq I_p \leq 7$
		SC	Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o IP >7	se considera de frontera y se les asigna doble símbolo

Nota. Clasificación S.U.C.S para suelo granular. Casagrande, 1942, Manual de Carreteras, (2000).

Tabla 6 Clasificación de Suelo S.U.C.S. para Grano Fino

<i>Divisiones mayores</i>	<i>Símbolo de grupo</i>	<i>Nombres típicos</i>	<i>Criterios de clasificación para suelos granulares</i>
Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz N° 200)	Limos y arcillas (límite líquido LI)	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.
		OL	Limos inorgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
	Limos y arcillas (límite líquido >50)	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta limos orgánicos
	Suelos altamente orgánicos	PT	Turba y otros suelos altamente orgánicos

Nota. Clasificación S.U.C.S para suelo granular. Casagrande, 1942, Manual de Carreteras, (2000).

- ✓ **Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO.** El Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO, originalmente conocido como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras, fue desarrollado en 1929. El sistema AASHTO divide los suelos en siete grupos principales, identificados como A-1 a A-7. Los suelos que se clasifican en los grupos A-1, A-2 y A-3 se consideran materiales granulares, con un contenido de partículas que no supera el 35% que pasa a través del tamiz núm. 200. Por otro lado, los suelos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son aquellos en los que más del 35% de las partículas pasa a través del tamiz núm. 200, según se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7 Clasificación de Suelo AASHTO

Clasificación General	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz # 200)							Materiales limo arcillosos (más del 35% pasa el tamiz #200)					
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	A-7-5	A-7-6
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7						
Tamizado % que pasa													
No 10 (2,00mm)	50 máx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No 40 (425 m)	30 máx	50 máx	501min.										
No 200 (75 m)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 máx	36 máx		36 máx	
Consistencia													
Límite Líquido	-	-			B			40 máx.	41 min.	40 máx.		41 min.	
Índice de plasticidad	6 máx.	NP			B			10 máx.	10 máx.	11 min.		11 min.	
Tipos de materiales característico	Cantos, grava y arena		Aren a Fina	Grava y Arena limo arcillosas				Suelo Limosos		Suelos Arcillosos			
Calificación	Excelente a Bueno							Regular a medio					

* La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2 * El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que el LL-30.

Nota. Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones. AASHTO.

4.10 Estabilidad de taludes

4.10.1 Método del Equilibrio Límite

El método del equilibrio límite establece que la ruptura del terreno se produce a través de una línea que representa la superficie de rotura. De esta manera, se interpreta que la masa de tierra por encima de esta línea se desplaza con respecto a la masa inferior, provocando así la rotura del terreno. Cuando ocurre la rotura, la resistencia al corte a lo largo de la superficie de deslizamiento se moviliza, y el terreno se encuentra en equilibrio estático en su totalidad.

Durante muchos años, el análisis de los movimientos de taludes o laderas ha utilizado las técnicas del equilibrio límite. Este tipo de análisis requiere información sobre la resistencia del suelo, pero no necesita datos sobre la relación entre el esfuerzo y la deformación. El sistema de equilibrio límite asume que, en caso de falla, las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla, lo que equivale a un factor de seguridad de 1,0. El análisis puede realizarse considerando toda la longitud de la superficie de falla o dividiendo la masa que se desliza en segmentos o dovelas (Suarez, 1998).

4.10.2 Métodos de análisis

4.10.2.1 Método de tablas o número de estabilidad.; para taludes simples y homogéneos, se han desarrollado tablas que permiten calcular rápidamente el factor de seguridad. La primera de estas tablas fue creada por Taylor en 1937 y 1948, y desde entonces se han presentado varias tablas adicionales por investigadores como Bishop y Morgenstern (1960), Hunter y Schuster (1968), Janbú (1968), Morgenstern (1963), Spencer (1967), Terzaghi y Peck (1967).

4.10.2.2 Método del talud infinito.; cuando se presenta una falla paralela a la superficie del talud, a poca profundidad y con una longitud significativamente mayor que su espesor, es posible recurrir al análisis del talud infinito de manera aproximada. Este enfoque, que se caracteriza por su velocidad y simplicidad, permite calcular el Factor de Seguridad de un talud. En este análisis se parte de la suposición de un talud largo con una fina capa de suelo, considerando que cualquier columna de suelo, sin importar su tamaño, es indicativa de la totalidad del talud.

4.10.2.3 Método del bloque deslizante.; se utiliza cuando existe una superficie de debilidad relativamente recta y delgada a una profundidad específica. La masa en movimiento se divide en dos o más bloques, y el equilibrio de cada bloque se considera de forma independiente, teniendo en cuenta las fuerzas entre ellos. Este método no tiene en cuenta la deformación de los bloques y es útil cuando hay una capa débil o una capa muy resistente sobre la cual puede ocurrir el deslizamiento.

4.10.2.4 Método Ordinario o de Fellenius.; También conocido como método de las Dovelas o método U.S.B.R. Este enfoque asume superficies de falla circulares, divide el área de la falla en segmentos verticales llamados tajadas o dovelas, y calcula las fuerzas que actúan y sus resultados para cada una de estas tajadas. Luego, se suman estas fuerzas para obtener el Factor de Seguridad. Las fuerzas consideradas incluyen el peso debido a la gravedad, las fuerzas de cohesión y fricción, y las fuerzas de presión y corte en las paredes entre las dovelas. Es importante destacar que este método no tiene en cuenta algunas fuerzas que sí se consideran en métodos de análisis más detallados.

4.10.2.5 Método de Bishop.; Bishop (1955) introdujo un enfoque que emplea dovelas y considera el efecto de las fuerzas entre ellas. La solución completa de Bishop es muy compleja, por lo que se prefiere utilizar una versión simplificada de su método.

4.10.2.6 Método de Janbú.; Janbú (1973) propuso un método basado en dovelas para superficies de falla que no son circulares (Suarez, 1998).

4.10.3 Comparación de los diversos métodos

La variedad de métodos disponibles, a veces arrojan resultados distintos e incluso contradictorios, refleja la incertidumbre inherente a los análisis de estabilidad. Los métodos más comúnmente empleados por los ingenieros geotécnicos son las simplificaciones de Bishop y Janbú. Los valores de los factores de seguridad obtenidos mediante estos dos métodos suelen diferir significativamente de los resultados obtenidos mediante procedimientos que garantizan el equilibrio, como método de Spencer y Morgenstern-Price (Suarez, 1998).

4.10.4 Factor de Seguridad

Según (Suárez Díaz, 2009), el Factor de Seguridad tiene la finalidad de proporcionar una indicación del nivel de riesgo de que un talud pueda experimentar un fallo bajo las condiciones más desfavorables para las cuales ha sido diseñado.

Para cierto tipo de obras, se tiene los siguientes factores de seguridad de estabilidad de taludes: $FS \geq 1,3$ para cargas estáticas, $FS \geq 1,1$ para carga sísmica con K_h de 0,5 A

Según González de Vallejo et al. (2002), el análisis de estabilidad se aplica en el diseño de taludes o cuando se identifican problemas de inestabilidad en los mismos. En taludes permanentes, se requiere que el coeficiente de seguridad sea igual o superior a 1,5, e incluso puede alcanzar el valor de 2,0. En cambio, para taludes temporales, se suele considerar un factor de seguridad cercano a 1,3. Según Braja M, (2015), cuando el factor de seguridad es demasiado bajo y aproximadamente igual a 1, el talud está en un estado de fallo inminente. En general un valor de 1,5 para el FS es aceptable para el diseño de un talud estable.

4.10.5 Modelos de estabilidad global de taludes

4.10.5.1 Modelo Estático.; En el modelamiento en condiciones estáticas, se tienen en cuenta los factores que influyen en la estabilidad de taludes, como la geometría, los parámetros geológicos y las propiedades geotécnicas de los materiales. En este se llevan a cabo una serie de de cálculo para obtener las superficies potenciales de falla más desfavorables considerando las propuestas de los distintos criterios de cálculo (Bishop, Fellenius, Janbú Simplificado, Spencer y GLE Morgan-Price) de suelo.

5 Metodología

5.1 Descripción general del área de estudio

5.1.1 Ubicación del Área de Estudio

La zona de estudio, se encuentra ubicada en el corredor arterial E-35 que conecta a las provincias de Cañar, Azuay y Loja en la parte sur del Ecuador, pues aquí encuentra emplazada la vía Loja-Saraguro-Oña, la cual es de bastante concurrencia de vehículos debido a los beneficios de comunicación vial que brinda, cabe recalcar que es en esta vía donde se ubica el tramo a estudiarse, debido a que es un área bastante inestable que presenta numerosos inconvenientes de orden geológico-geotécnico, ya que está incidida por daños estructurales a causa de fallas, deslizamientos, y constantes flujos de material. Además, entre los aspectos que influyen en el estado actual de la vía son la litología, diseño de taludes y la falta de atención en dar una solución a la problemática.

El área donde se localiza el proyecto de investigación se encuentra ubicada en las proximidades de los sectores Sayo-Paquisha, en la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja, la misma consta de 4,25 Km. En la Tabla 8 se detallan las coordenadas geográficas UTM WGS84 17S desde el punto inicial y final del tramo de estudio:

Tabla 8 Coordenadas del área de estudio

Coordenadas		
	X:	Y:
P1-Paquisha	689 938	9 580 930
P2-Sayo	689 983	9 578 845

La Figura 7, representanta el tramo de vía correctamente georreferenciado este comprende desde el sector Paquisha- Sayo:

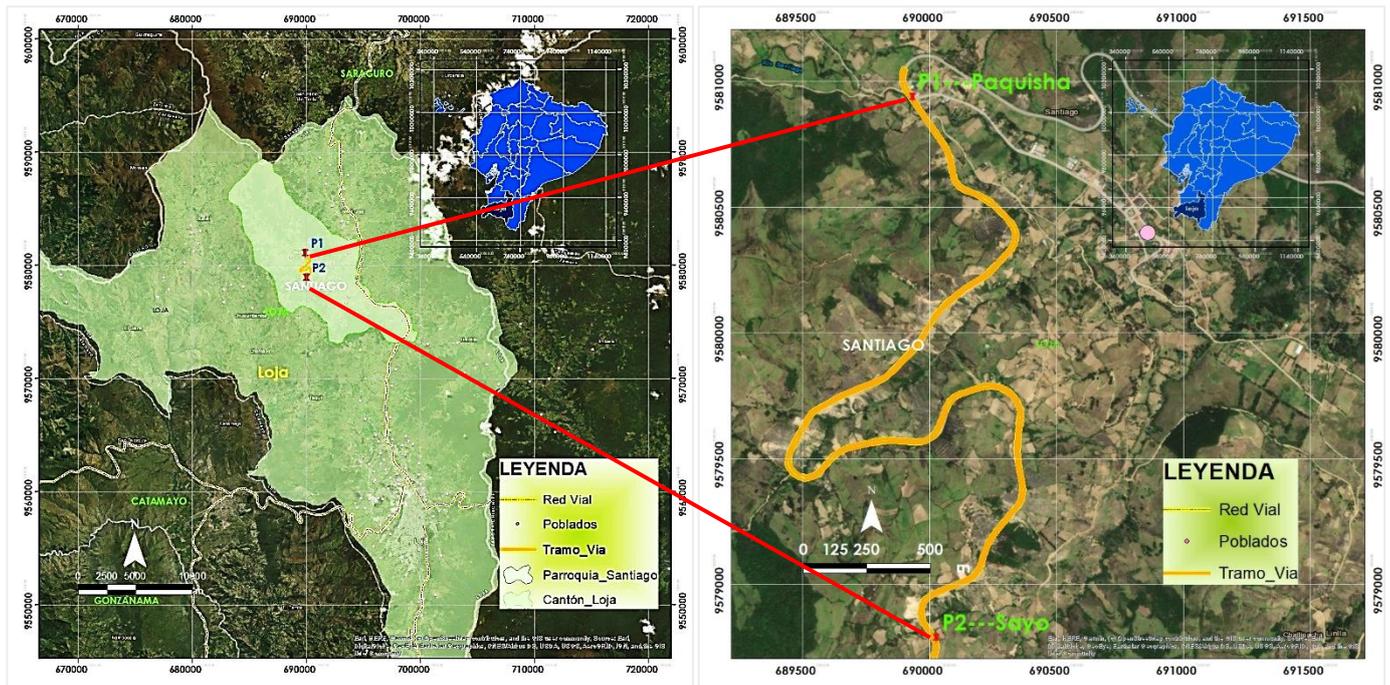


Figura 7 Área de estudio

5.1.2 Clima e hidrografía

El clima es el conjunto de condiciones atmosféricas propias de un lugar, factores biofísicos y geográficos pueden incidir en el mismo, como ejemplo pueden ser: latitud, altitud, las masas de agua, la distancia al mar, las corrientes oceánicas, afluentes, vegetación etc.

La parroquia Santiago experimenta un clima ecuatorial mesotérmico semihúmedo y se encuentra ubicada a altitudes que varían entre los 1 859 y 3 667 m sobre el nivel del mar. Las temperaturas en esta área oscilan entre los 10 °C y los 18 °C. Los factores determinantes de este clima son principalmente la latitud y la topografía del lugar, se caracteriza por tener precipitaciones que fluctúan entre los 750 y 1 500 mm. Las temporadas donde la lluvia predomina son los meses de febrero, marzo, abril, mayo, octubre y noviembre (PDOT, 2019).

En el campo hidrográfico la parroquia Santiago cuenta con un afluente principal que es el Rio Santiago, mismo que se encuentra alimentado por: la quebrada minas, Minas, quebrada el Sauce, quebrada Chuquiral, quebrada Saguan, quebrada Gandil, quebrada Chacuyanta, quebrada Sayo, quebrada Atacuri, quebrada Chinchilla, quebrada Macará y otras quebradas de menor caudal. En el área de estudio se encuentra delimitada por el Rio Santiago y alimentado por las quebradas Chacuyanta y Sayo (PDOT,2019), cómo se observa en la Figura 8.

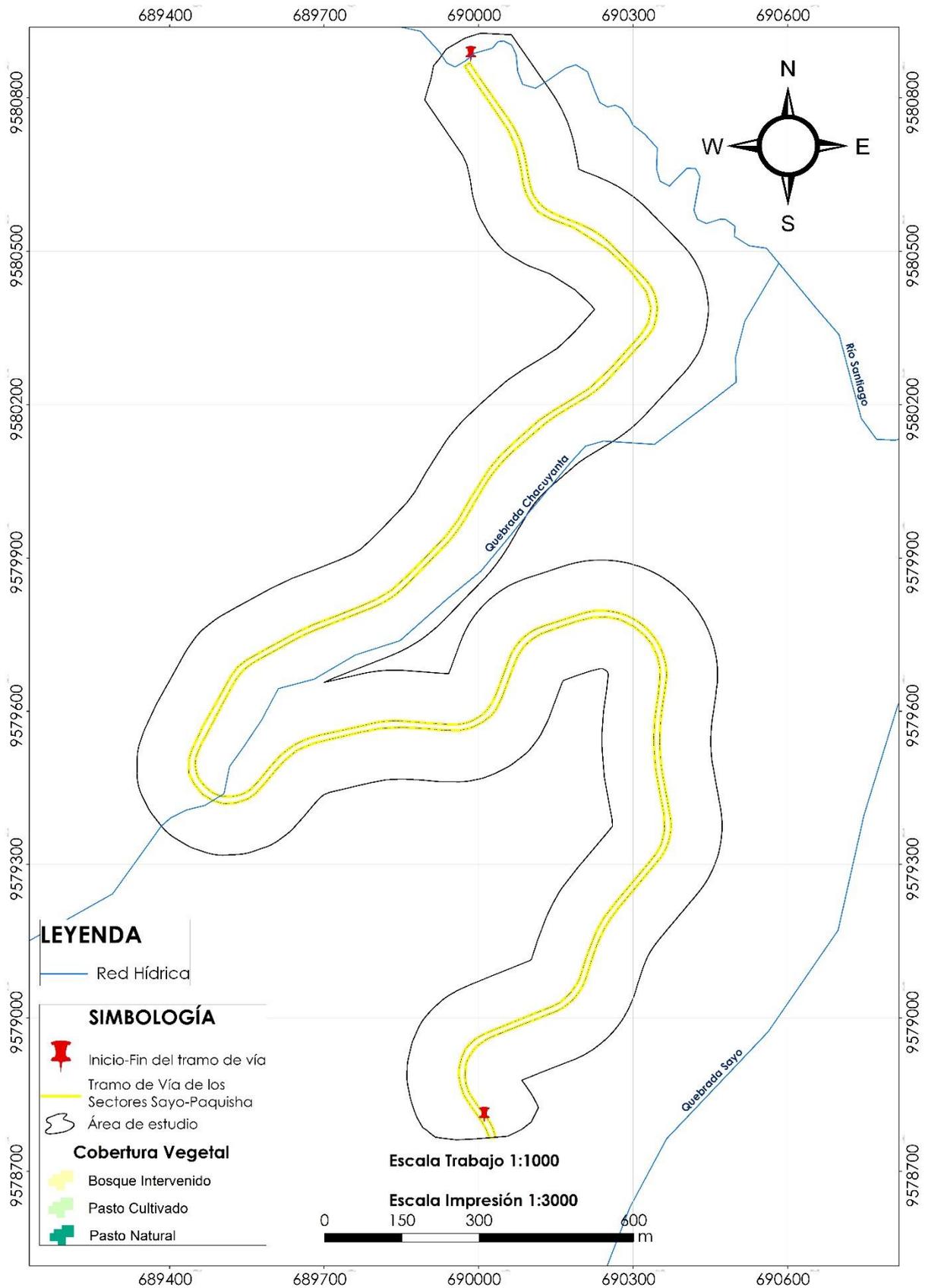


Figura 8 Hidrografía del área de estudio

5.1.3 Pendientes

Mediante la clasificación de Demek (1972) se realizó el mapa de pendientes escala 1:1 000 (ver Figura 16), y más a detalle en el Anexo 6. Las pendientes ligeramente inclinadas, ocupan un área de 4,93 ha, con un porcentaje de 5,59 % menor al final del tramo de la vía; las pendientes fuertemente inclinadas ocupan un área de 14,43 ha, con un 16,36%, encontrándose principalmente al inicio del tramo en las partes más bajas; las pendientes muy inclinadas ocupan un área de 53,11 ha, con un 60,22 %, localizándose a lo largo de todo el tramo de vía, pues esta clase de pendiente se encuentra expuesta a lo largo de todo el tramo de vía; y también se encuentran las pendientes empinadas con un área de 15,73 ha representado el 17,83% y se encuentra en bajas proporciones a lo largo de todo el tramo de vía (ver Tabla 10).

El mapa de pendientes se elaboró a una escala de trabajo de 1:1 000 y una escala de impresión de 1:4 500 en formato de hoja A2, proyectado en el sistema de coordenadas UTM, Datum Horizontal WGS 1984, Zona 17 Sur (consultar Anexo 6).

Tabla 9 Pendientes del área de estudio

	RANGO	PENDIENTE		CLASE
		ÁREA (Ha)	PORCENTAJE (%)	
	0°-5°	4,93	5,59	Ligeramente Inclinado
	5°-15°	14,43	16,36	Fuertemente Inclinado
	15°-35°	53,11	60,22	Muy Inclinado
	35°-55°	15,73	17,83	Empinado

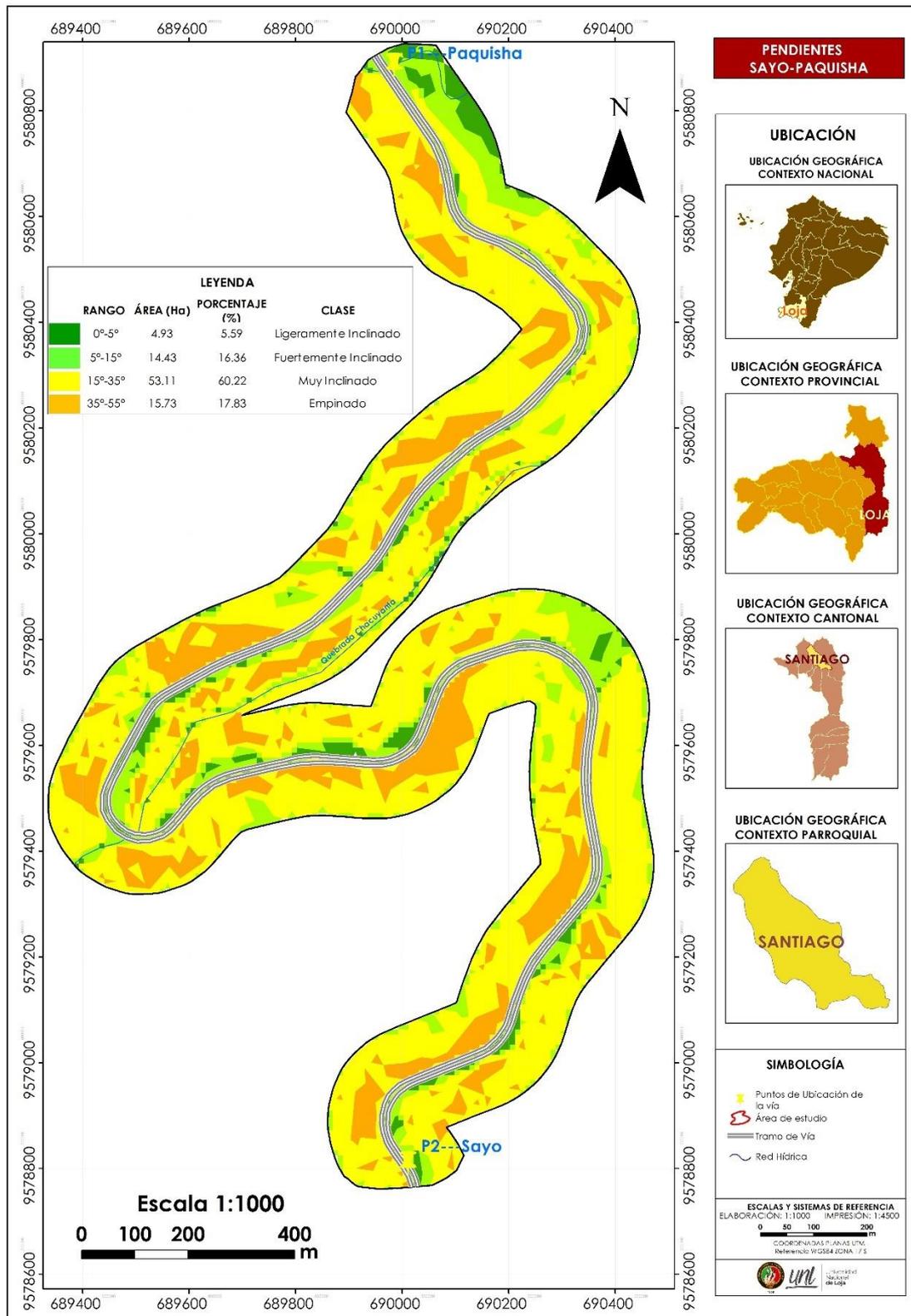


Figura 9 Pendientes del área de estudio del Tramo Paquisha-Sayo

5.1.4 Geomorfología

Las unidades geomorfológicas que componen el área de estudio son: coluvio aluviales, terrazas bajas, terrazas medias, valle fluvial, además de tener las unidades geomorfológicas que abarcan la mayoría del área de estudio que son los relieves colinados, relieve colinado bajo, medio, alto y relieve montañoso

Coluvio Aluvial (Co): Esta geoforma se encuentra en la parte Noreste del tramo de vía que es objeto de estudio. Su litología corresponde a limo-arcillas, arenas, gravas, bloques redondeados y angulosos como se observa en la Figura 9, misma que es típica de los depósitos coluvio aluviales que fueron sumados producto de aportes gravitacionales y depositados al pie del relieve. Esta geoforma abarca un área de 0,193 ha, lo que equivale al 0,216 % del área de estudio.



Figura 10 Coluvio Aluvial

Valle Fluvial (F1): esta unidad geomorfológica cubre 0,27 ha lo cual representa un 0,30 % del total de la zona de estudio y se encuentra en la parte central del área de estudio, la cual corresponde al valle que forma el paso de la quebrada Sayo y la cual se extiende a lo largo del sector Manzano hasta conectar hacia el noreste con el Río Santiago, además de estar constituido por limos, arena, grabas, y bloques redondeados y angulares como se observa en la *Figura 10*.



Figura 11 Valle Fluvial

Terraza Baja (Tb): esta unidad geomorfológica cubre 2,23 ha lo cual representa un 2,51 % del total de la zona de estudio y se encuentra localizada en la parte norte de la zona de estudio ubicada puntualmente en el sector Paquisha, esta se extiende en el sentido de ubicación del río, la cual está constituido de arenas como se observa en la *Figura.11* y actualmente es aprovechada como pastizales para alimento de ganado.



Figura 12 Terraza Baja

Terraza Media (Tm): esta cubre 1,20 ha lo cual representa un 1,35 % del total de la zona de estudio y se encuentra localizada en la parte norte de la zona de estudio ubicada en el sector Paquisha, esta se ubica en a lado de las terrazas bajas (como se observa en la *Figura 12*) y cuenta con una altura mayor, la base que lo compone es suelo el cual es en su totalidad suelo arenoso y constituye una zona de deslizamientos, además esta área se aprovecha como zona de sembrío.



Figura 13 Terraza Media

Relieve Colinado Medio (R4): esta cubre 7,55 ha lo cual representa un 8,48 % del total de la zona de estudio y se encuentra localizada en la parte norte de la zona de estudio ubicada en el sector Paquisha y en la parte central superior por el sector Manzano, la base que lo compone es suelo el cual es en su totalidad suelo arenoso y constituye una zona de deslizamientos parcialmente estables y de coloración café a amarillo, como se observa en la *Figura 13*.



Figura 14 Relieve Colinado Medio

Relieve Colinado Alto (R5): esta cubre 77,595 ha lo cual representa un 87,14 % del total de la zona de estudio y se encuentra localizada en la mayoría del área de estudio en la parte centro y sur de la zona de estudio ubicada los sectores Manzano y Sayo respectivamente, la base que lo compone es suelo el cual es en su totalidad suelo arenoso y constituye una zona de deslizamientos con mayor inestabilidad y un material de coloración que varía de amarillo a café como se observa en la *Figura 14*.



Figura 15 Relieve Colinado Alto

Las unidades geomorfológicas descritas anteriormente, se resumen en la *Tabla 9* y se representan en las *Figura 15*, y más a detalle ver el *Anexo 7*, las mismas representan las unidades geomorfológicas presentes a lo largo del tramo de vía en estudio.

El mapa geomorfológico se elaboró a una escala de trabajo de 1:1 000 y una escala de impresión de 1:4 500 en formato de hoja A2, proyectado en el sistema de coordenadas UTM, Datum Horizontal WGS 1984, Zona 17 Sur (consultar *Anexo 7*).

Tabla 10 Unidades geomorfológicas encontradas

COD	Unidad Genética	Unidad Geomorfológica	Desnivel relativo	Pendiente (%)	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Co	Denudativo	Coluvio Aluvial	< 15 m	5-12	0.193	0.216
Vf	Fluvial	Valle Fluvial	0-15 m	2-12	0.273	0.305
Tb	Fluvial	Terraza Baja	----	2-5	2.235	2.510
Tm	Fluvial	Terraza Media	----	0-5	1.200	1.347
R4	Tectónico erosivo	Relieve Colinado Medio	25-100 m	40-70	7.549	8.478
R5	Tectónico erosivo	Relieve Colinado Alto	100-200 m	40-100	77.595	87.142

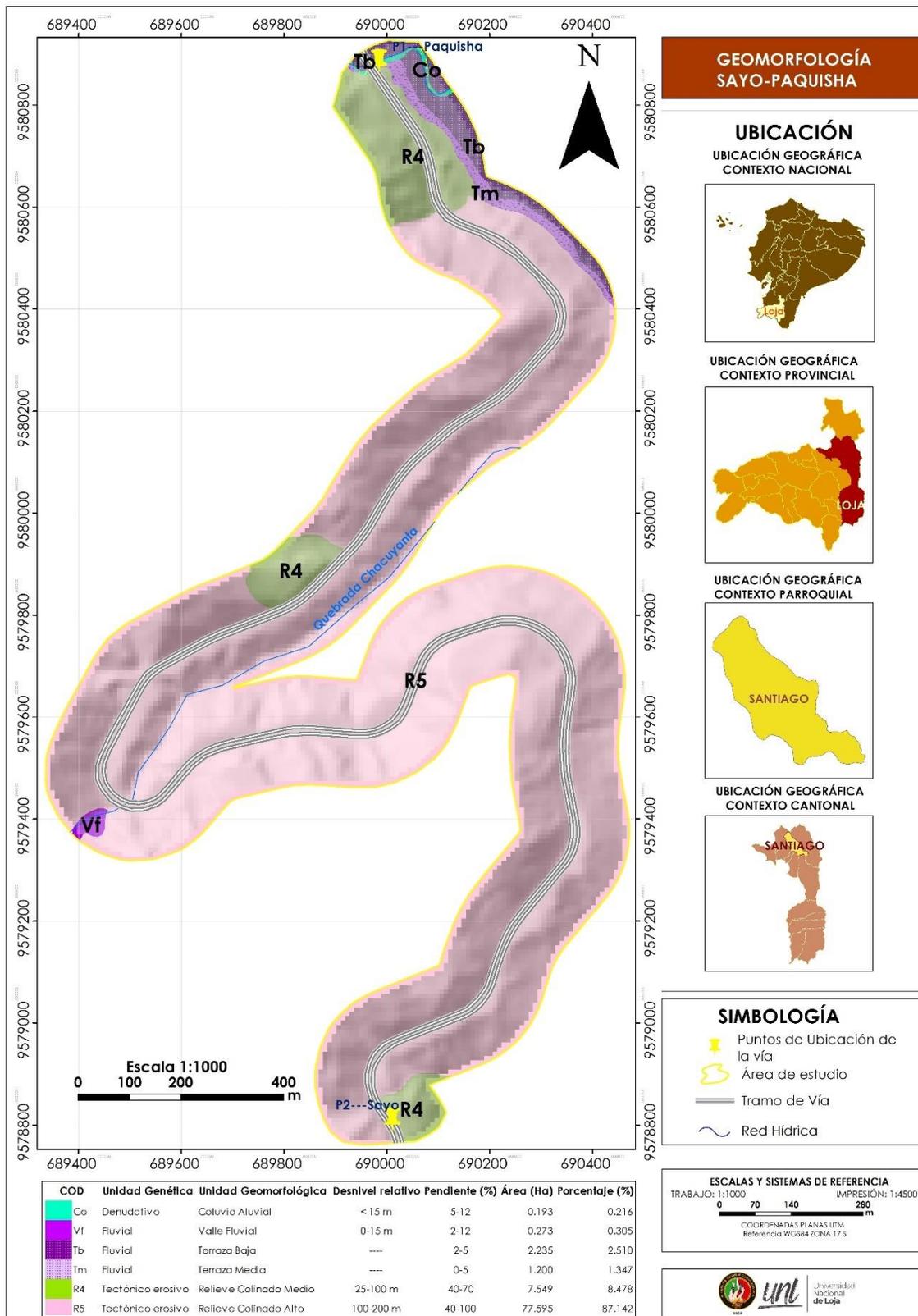


Figura 16 Geomorfología del Tramo Paquisha-Sayo

5.1.5 Geología Regional

El área de estudio se encuentra comprendida en la Hoja 56, denominada Carta Geológica Loja NVI-F, asentándose principalmente sobre las rocas intrusivas del Batolito de San Lucas, no obstante, se detallarán las unidades cercanas, según lo mencionado por el IIGE (2017);

5.1.5.1 Litoestratigrafía:

Unidad Tres Lagunas (TRL) (Triásico). -. Los principales afloramientos se encuentran en la vía Salapa Alto-Quebrada Solamar y a lo largo del río Tambo Blanco. Consiste de cuerpos masivos de granitoides variablemente cizallados de grano medio a grueso, con plagioclasas, moscovita biotita y fenocristales de cuarzo azul. Al norte de Loja, la unidad se encuentra intruida por el plutón de San Lucas.

Unidad Loma Bernabé (PCLbe) (Paleógeno). - Esta unidad, que se describe en el presente estudio, se encuentra expuesta en la Loma Bernabé, en la quebrada que lleva el mismo nombre (coordenadas UTM M: 681 064E; 9587220N), y también se identifica en la carretera Cuenca-Loja, específicamente en el tramo Bucashi-Santiago. Está compuesta por rocas andesíticas que varían en color de negro a gris púrpura, con texturas que van desde porfiríticas hasta microporfiríticas. Además, incluye brechas volcánicas de tonalidad gris verdosa. Basándonos en las relaciones estratigráficas con las unidades geológicas circundantes, se estima que esta unidad tiene una antigüedad paleocénica.

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

Unidad Sayo Cruz (MSac) (Neógeno). -. definida en el presente trabajo, recibe su nombre del cerro Sayo Cruz (coordenadas UTM: 688 300 E; 9 575 200 N), donde se encuentran los principales afloramientos. Está compuesta por sedimentos volcánicos finos de color blanco-amarillento con fragmentos de pómez. Estos sedimentos se alternan con capas de limolitas y lutitas. Además, la unidad incluye cuerpos de rocas riolíticas subvolcánicas que se destacan en la morfología del terreno, presentando elevaciones y estructuras columnares.

5.1.5.2 Depósitos Superficiales

Depósitos coluviales (Q_C) (Cuaternario). - Estos depósitos están compuestos principalmente de gravas, arenas y, en menor medida, limos. Se forman cuando materiales son desplazados por la acción de la gravedad y luego se depositan al pie de las pendientes.

Depósitos aluviales (Q_A) (Cuaternario). - Estos son depósitos cuaternarios compuestos principalmente de arcillas, limos y arenas transportados por corrientes fluviales.

5.1.5.3 Rocas Intrusivas

Granodioritas (G^{Gd}). -: El cuerpo de mayor extensión es el batolito de San Lucas. Se expone en la parte centro norte del área y los mejores afloramientos se presentan en la vía Cuenca- Loja entre los poblados San Lucas y Santiago.

La información proporcionada fue recuperada del (IIGE,2017), además de la representación de la Geología regional del polígono de estudio.

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

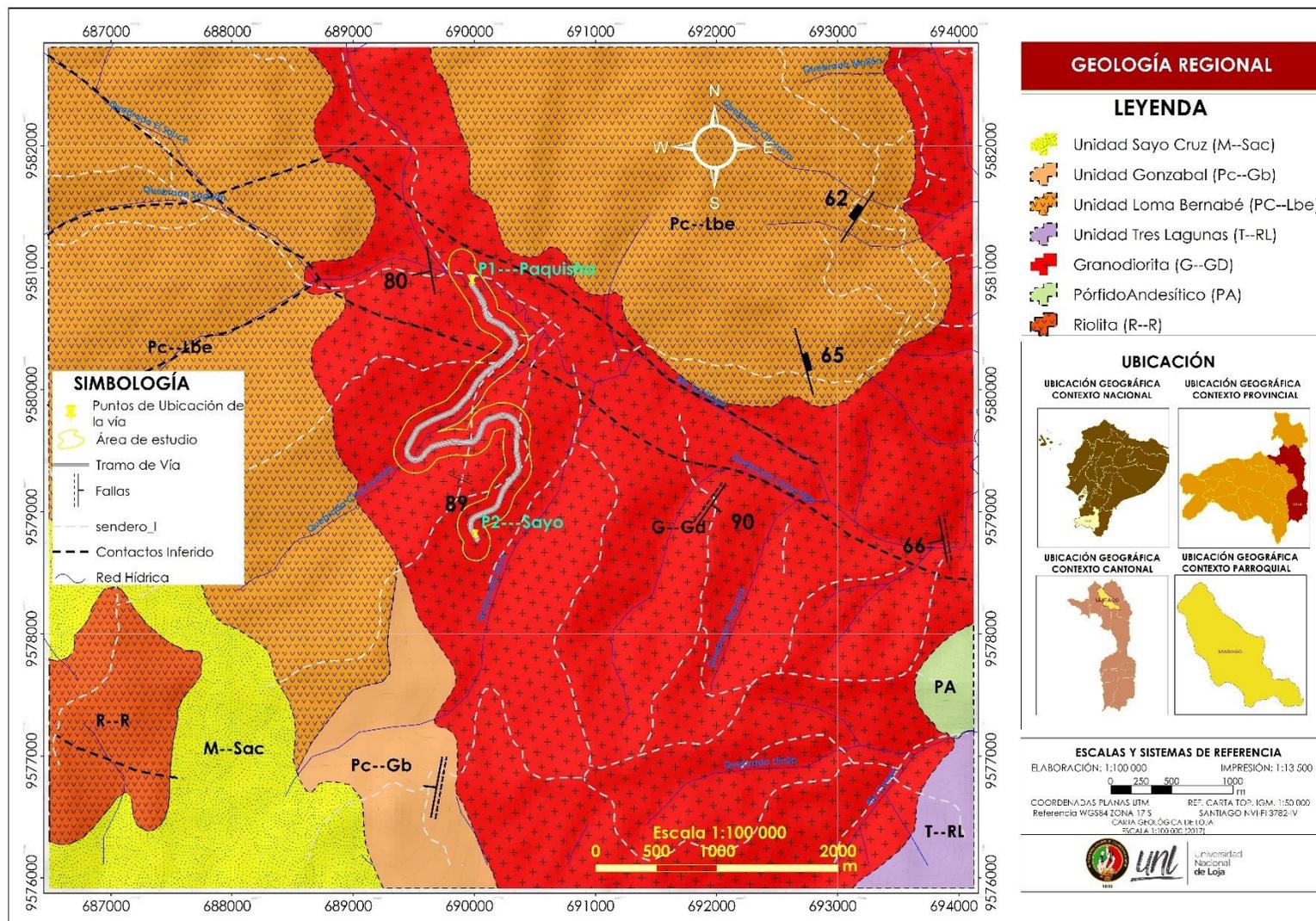


Figura 17 Mapa de Geología Regional

5.2 Materiales

5.2.1 De campo

- | | |
|------------------------------------|---|
| ✓ <i>Dron</i> | ✓ <i>Martillo geológico</i> |
| ✓ <i>Tablet</i> | ✓ <i>Cámara fotográfica</i> |
| ✓ <i>Casco</i> | ✓ <i>Fundas herméticas</i> |
| ✓ <i>Lápiz de colores</i> | ✓ <i>Fichas de campo</i> |
| ✓ <i>GPS Garmin</i> | ✓ <i>Ácido Clorhídrico</i> |
| ✓ <i>Chaleco</i> | ✓ <i>Lupa</i> |
| ✓ <i>Libreta de campo</i> | ✓ <i>Navaja de campo</i> |
| ✓ <i>Botas de caucho</i> | ✓ <i>Barreta</i> |
| ✓ <i>Mapa geológico preliminar</i> | ✓ <i>Machete</i> |
| ✓ <i>Brújula</i> | ✓ <i>Pala</i> |
| ✓ <i>Tablero plástico</i> | ✓ <i>Dron Matrice 300 RTK</i> |
| ✓ <i>Electrodos de corriente</i> | ✓ <i>Resistivímetro marca ABEM modelo Terrameter SAS 4000</i> |

5.2.2 De laboratorio

- | | |
|--------------------------------|--|
| ✓ <i>Juego de tamices</i> | ✓ <i>Bandejas</i> |
| ✓ <i>Balanza Analítica</i> | ✓ <i>Capsulas de porcelana y metal</i> |
| ✓ <i>Estufa</i> | ✓ <i>Mortero</i> |
| ✓ <i>Cuchara de Casagrande</i> | ✓ <i>Espátula</i> |
| ✓ <i>Cronómetro</i> | ✓ <i>Cuchareta</i> |

5.2.3 De oficina

- | | |
|---|--|
| ✓ <i>Carta geológica de la provincia de Loja con escala 1:100 000</i> | ✓ <i>Ortofotos</i> |
| ✓ <i>Bibliografía del sector</i> | ✓ <i>Software's: AutoCAD 2018, ArcGIS 10.5, Google Earth Pro, Slide v. 6.0, WINSISM, DRONEDEPLOY, Civil 3D</i> |
| ✓ <i>Computadora</i> | ✓ <i>Programas: Word, Excel</i> |

5.3 Procedimiento

- ***Fase de recolección y análisis de información preliminar***

Utilizando los datos topográficos recolectados en campo, se llevó a cabo la creación de curvas de nivel. A través del Sistema de Información Geográfica (SIG), se generó un mapa detallado de las pendientes del terreno. Además, se realizó la categorización de las curvas de nivel, estableciendo intervalos de 5 m para las curvas principales y de 1 m para las curvas secundarias. Este trabajo se efectuó en el Datum WGS 84, Zona 17 Sur.

Se recopiló información importante para desarrollar este proyecto como: informes técnico-científicos, la carta geológica de Loja a escala 1:100 000 del año 2017 del Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), y ortofotos obtenidas del levantamiento topográfico con dron, para el reconocimiento de geoformas, esta información proporcionó con apoyo como mapa de pendientes, geología regional y geoformas de la zona de estudio.

- ***Fase de Campo***

Se hizo un reconocimiento de la zona de estudio, un levantamiento topográfico a detalle, que permitió ubicar y representar los materiales geológicos y las estructuras encontradas, así como también la descripción de taludes y afloramientos, litologías, tipos de roca. Se hizo la toma de muestras que fueron llevadas al laboratorio, y los resultados obtenidos sirvieron como base para la descripción de las propiedades físico-mecánicas de los materiales geológicos.

- ***Fase de Laboratorio***

A partir de levantamiento de muestras de suelo y roca en campo, se procedió a la aplicación de las normas ASTM, SUCS, AASHTO, en las cuales se especifican los protocolos de muestreo, aplicación de ensayos en laboratorio, análisis de muestras obtenidas y demás indicaciones cuya aplicación es de relevancia.

- ***Fase de Gabinete***

Con la información recopilada en campo y la fotointerpretación se procedió a interpretar resultados, y a confeccionar el mapa geológico, de pendientes y geomorfológico a detalle. Además, se describieron las propiedades físico-mecánicas de los materiales geológicos presentes en la zona, donde se incluyó un perfil litológico, indicando tipo, calidad y espesor de los materiales encontrados, y se realizó un análisis de estabilidad de los taludes mediante la teoría de Factor de Seguridad (F.S.), tomando en cuenta el estudio geológico y geotécnico.

5.3.1 Metodología de Primer Objetivo

“Elaborar la caracterización geológico-estructural del área de localización del tramo de vía, ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja, tomando como base un levantamiento topográfico a detalle”.

5.3.1.1 Levantamiento topográfico.

Para la recolección de datos topográficos detallados, se generó la base topográfica en la zona de estudio, esta base se hizo tomando como referencia la Carta Topográfica: Santiago, Código CT-NVI-F1, 3782-IV; para ello se empleó un dron Matrice 300 RTK, el cual está equipado con una cámara de alta resolución y un sistema de posicionamiento GPS dual integrado.

Para lograr una mejor precisión en la georeferenciación se colocaron puntos de control en la superficie del área de estudio. Estos puntos fueron obtenidos con el GNSS EMBLID REACH, y con ello se logró una correcta georeferenciación de la ortofoto y del modelo fotogramétrico.

Para realizar este proceso en el área de estudio se ubicó una estación base enlazando el equipo al servicio NTRIP del Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM), mediante la estación LJEC Loja.

Como siguiente se utilizó el equipo de radiofrecuencia EMBLID REACH, para tomar cinco puntos de control distribuidos de manera aleatoria en el área de estudio. Este proceso puede ser observado en la Figura 18:



Figura 18 Toma de puntos de control y establecimiento de marcas

Las coordenadas de los puntos de control se pueden observar en la *Tabla 11*:

Tabla 11 Puntos de control obtenidos con EMLID REACH

PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA
P1	9 579 075,52	690 207,429	2 623,618
P2	9 579 490,64	689 595,002	2 568,248
P3	9 579 820,42	689 827,254	2 537,36
P4	9 580 333,57	690 329,358	2 485,067
P5	9 580 782,66	690 038,955	2 445,365

DATUM: WGS 84 / UTM zone 17S

Para la ejecución del vuelo fotogramétrico se tomó en cuenta algunas características como son; el ancho de la franja de 100 metros a cada lado de la vía conforme la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12-MTOP,2013) , una altura de vuelo de 220 m, con una velocidad de vuelo de 6,5 m/s, un traslape horizontal y vertical del 70% un ángulo de cámara de -90° y una velocidad del dron de 5 m/s, además se tomaron 50 m fuera del área de estudio, para evitar errores de traslape en post procesamiento de las fotografías. De esta manera se obtuvo un tiempo estimado de vuelo de 24 minutos.

Para elaborar la planificación de vuelo se utilizó el software DRONEDEPLOY. En la Figura 19, se observa la extensión de 131 ha a cartografiar, esta extensión es necesaria para asegurar una cobertura completa de la zona de estudio que es de 89 ha y eliminar errores en los bordes del área de vuelo.

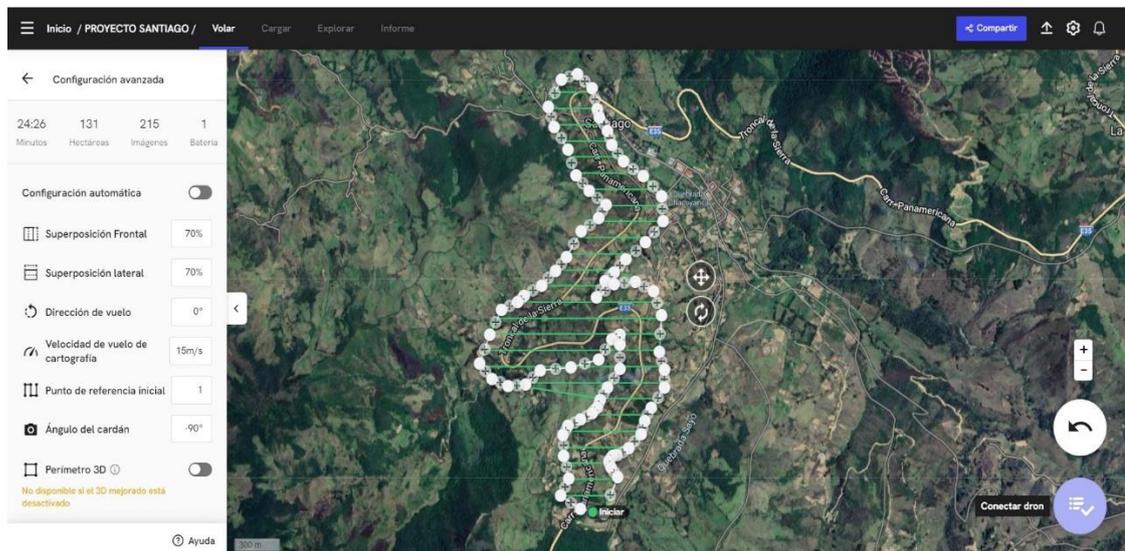


Figura 19 Planificación de vuelo con el software DRONEDEPLOY

A continuación, en la Figura 20, se desarrolló el flujograma de trabajo para el procesamiento de las imágenes mediante el software Agisoft Metashape.

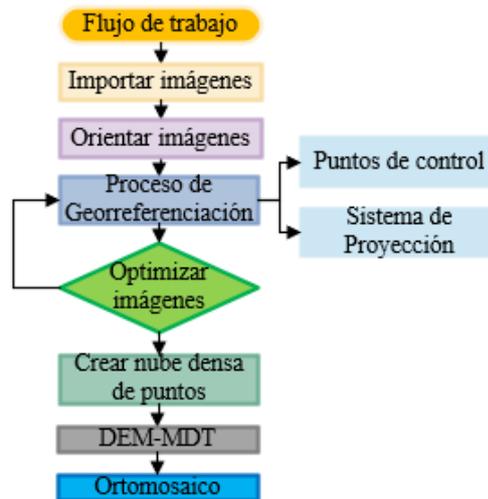


Figura 20 Flujo de trabajo, en Agisoft Metashape

Nota. Setia Group (2023)

Una vez realizado el vuelo se obtuvo 215 imágenes aéreas tomadas el dron con la debida georeferenciación con ayuda de los cinco puntos de control, con esto se obtiene una ortofoto georeferenciada en el sistema de coordenadas WGS 84 UTM zona 17 sur.

Con la información obtenida de la ortofoto se desarrolló el mapa a una escala de 1:1000. Las curvas de nivel secundarias se representaron a intervalos de 1 m, mientras que las curvas principales se establecieron cada 5 m, mismas se encuentran representadas mediante el Datum WGS 84, Zona 17 Sur.

El polígono general presenta un relieve irregular con alturas que oscilan entre 2690,2 m s.n.m (cota más alta) y 2 424,7 m s.n.m (cota más baja), abarcando un área total de 89 ha.

Obteniendo como resultado un mapa topográfico de la zona desde el sector Paquisha hasta el sector Sayo, siendo el punto de inicio el sector Paquisha y el sector Sayo el final del tramo como se observa en la *Figura. 21*.

El mapa topográfico se elaboró a una escala de trabajo de 1:1 000 y una escala de impresión de 1:4 500 en formato de hoja A2, proyectado en el sistema de coordenadas UTM, Datum Horizontal WGS 1984, Zona 17 Sur (consultar Anexo 5).

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

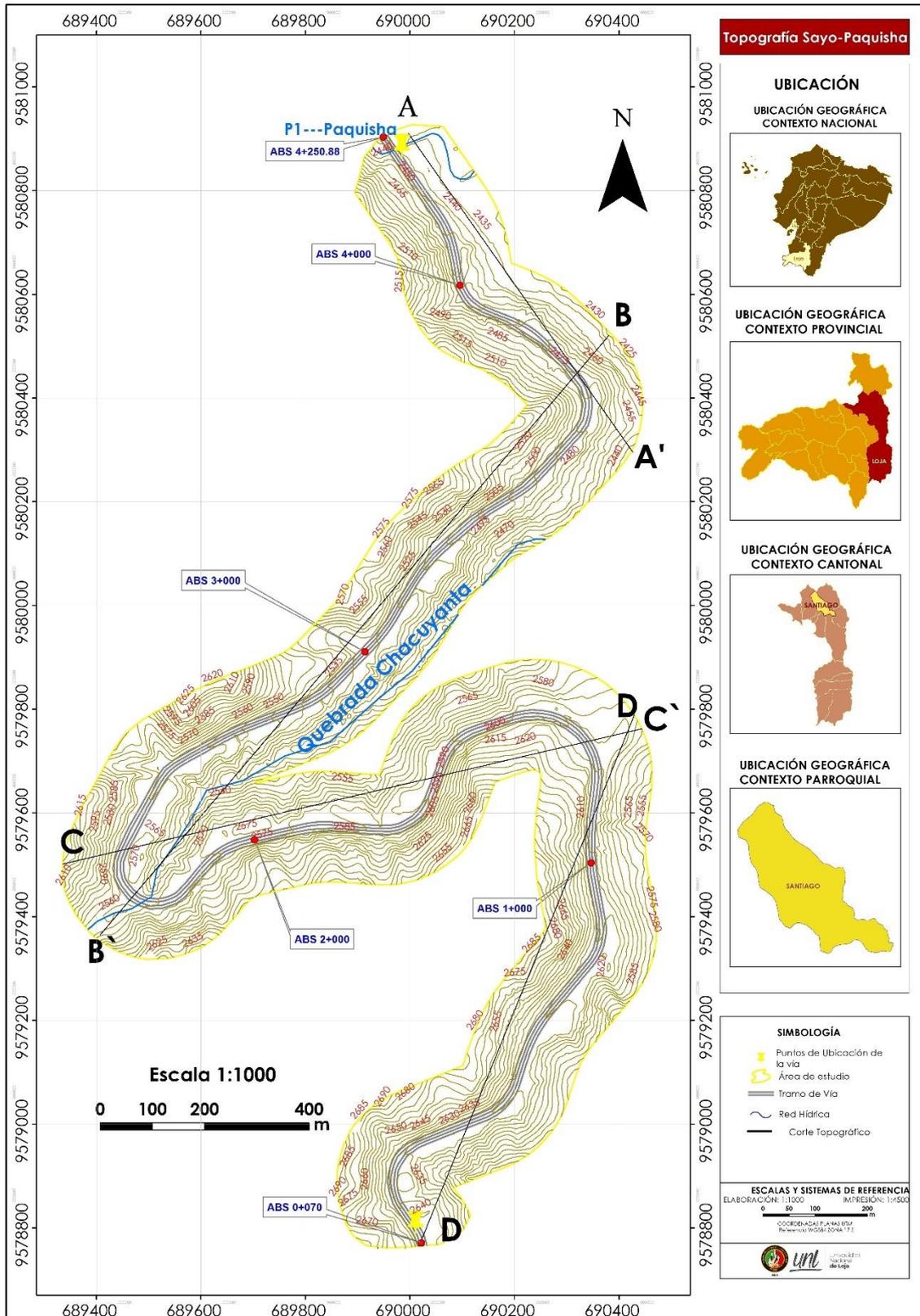


Figura 21 Topografía del área de estudio Tramo Sayo-Paquisha

Una vez obtenido el mapa topográfico, se trazó cuatro perfiles topográficos ubicados estratégicamente al inicio, centro y final del área en estudio, su descripción a continuación:

Corte Topográfico A-A'

En la Figura 22, se aprecia el perfil topográfico A-A', ubicado al inicio del tramo de estudio con dirección NW-SE, con una distancia de 758 m. Se muestra que aproximadamente las altitudes más bajas en los primeros 378 m, la cual oscila entre los 2 433 m.s.n.m hasta los 2438 m s.n.m en los primeros 378 m de distancia, desde este punto asciende a los 2 472 m s.n.m a una distancia de 510 m, seguidamente sube a los 2 483 m s.n.m para posteriormente bajar a los 2437 m s.n.m a una distancia de 758 m. Se tiene una diferencia de altitud aproximada de 50m considerando la altitud más alta y la altitud más baja.

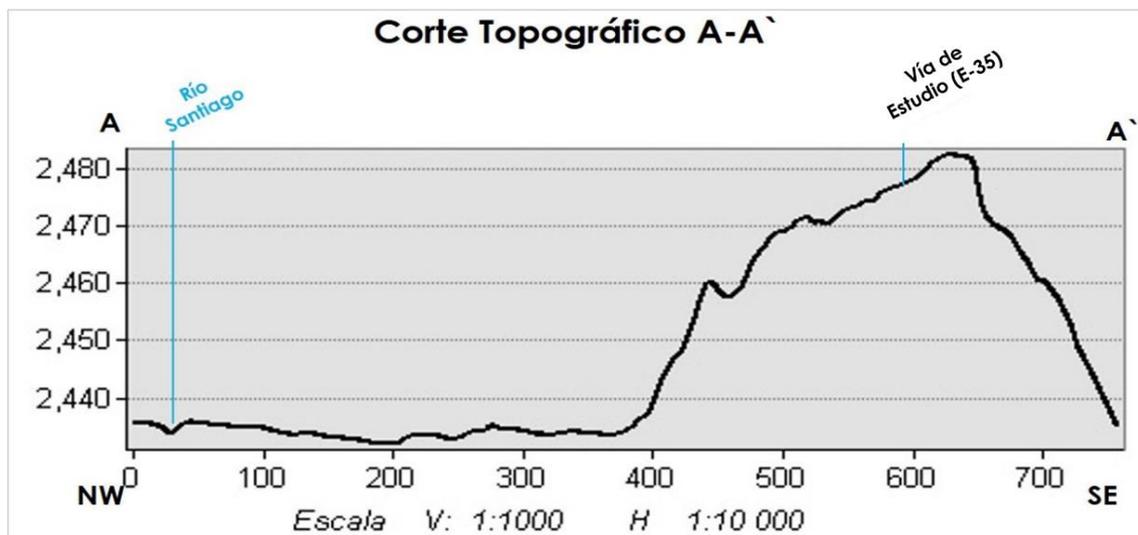


Figura 22 Corte Topográfico A-A'

Corte Topográfico B-B'

En la Figura 23, se aprecia el perfil topográfico B-B', con dirección NE-SW, donde se presenta una topografía medianamente regular, el corte comprende desde el sector Paquisha hasta el sector Manzano este tiene una distancia de 1 500 m, con un relieve predominantemente alto, siendo que en los primeros 1200 m las variaciones de altitud oscilan entre los 2573 msnm hasta los 2516 msnm ubicándose a los 970 m de distancia para finalmente descender a una cota mínima de 2422 msnm. Se tiene una diferencia de altitud aproximada de 150 m considerando la altitud más alta y la altitud más baja.

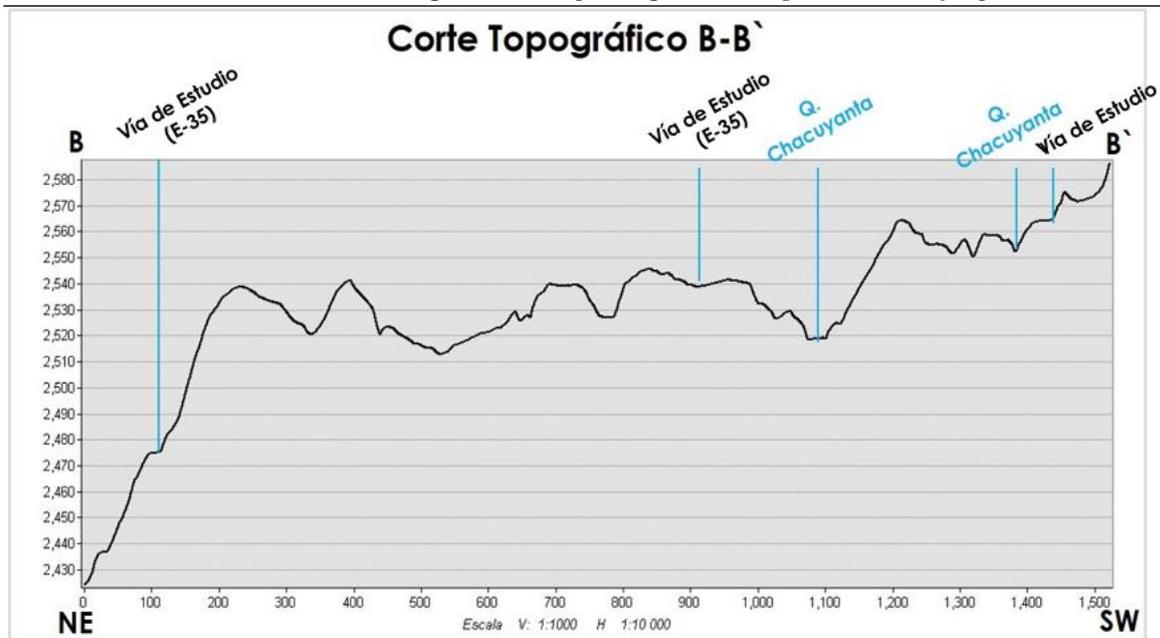


Figura 23 Corte Topográfico B-B'

Corte Topográfico C-C'

En la Figura 24, se aprecia el perfil topográfico C-C', con dirección SW-NE, con una distancia de 1100m. En los primeros puntos de altitud reportan alturas de 2 630 msnm, luego el relieve desciende desde los 2630 m s.n.m hasta los 2 563 m s.n.m, desde este punto se mantiene algo regular y de nuevo desciende a los 2 536 m s.n.m a una distancia de 245m, luego el relieve denota ascendencia hasta una altitud de 2 570 m s.n.m en una distancia de 305,4m manteniéndose un relieve constante de esta altura que oscila entre los 2575 y los 2556 msnm, y luego asciende a una altitud máxima de 2 633 msnm a una distancia de 796 m, y finalmente desciende hasta los 2598 m s.n.m a la distancia de 1 068 m. Es así que se tiene una diferencia de altitud aproximada de 100 m considerando la altitud más alta y la altitud más baja.

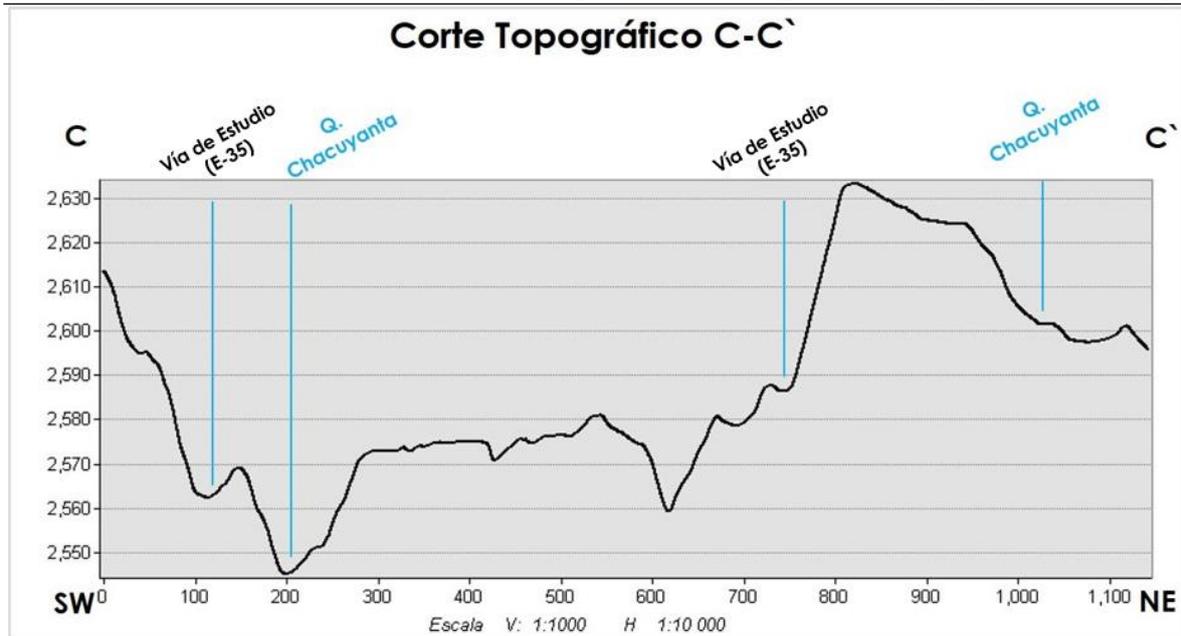


Figura 24 Corte Topográfico C-C'

Corte Topográfico D-D'

En la Figura 25, se aprecia el perfil topográfico D-D', ubicado al final del tramo de estudio con dirección NE-SW, con una distancia de 1 080 m. En los primeros 1000 m aproximadamente se muestra que la altitud constante que oscila entre los 2 643 y 2 638 msnm, posteriormente desciende hasta los 2 598 msnm y luego asciende hasta los 2 663 msnm a una distancia de 350 m y luego desciende levemente hasta los 2 648 msnm a una distancia de 478 m, posteriormente asciende hasta el punto más alto de la sección de 2 685 msnm a una distancia de 635 m, para descender hasta los 2 602 msnm a una distancia de 1 000 m siendo este el punto más bajo de altitud. Se tiene una diferencia de altitud aproximada de 85 m.

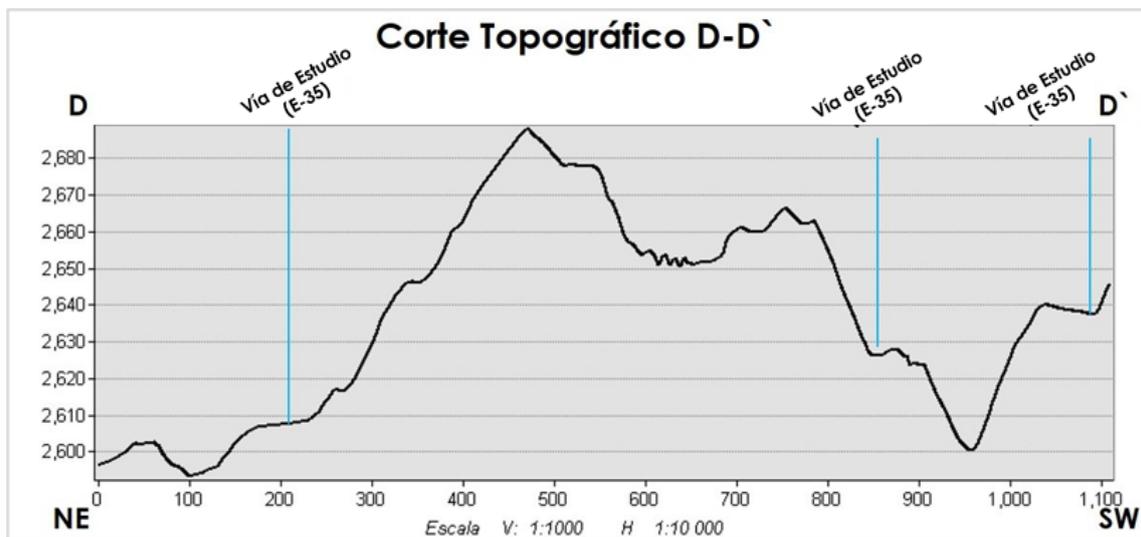


Figura 25 Corte Topográfico D-D'

5.3.1.2 Pendientes.

Para crear el mapa de pendientes a una escala de 1:1000, se utilizó GIS. Este proceso se basa en las curvas de nivel y el polígono que delimita el área de estudio. Se generará una Red de Triangulación Regular (TIN) utilizando la herramienta "Conversión desde TIN a Raster" disponible en Arctoolbox, dentro de las herramientas de análisis 3D. Posteriormente, se calcularán las pendientes utilizando la herramienta "Surface/Slope" en la categoría "Spatial Analyst Tools". Luego, se aplicó una clasificación de pendientes siguiendo la metodología propuesta por Demek en 1972, utilizando la herramienta "Reclassify". Los detalles se encuentran en la *Tabla 12*. Además, se debe convertir lo obtenido a un formato vector para una mejor representación donde se incluirá el cálculo de porcentajes y áreas.

Tabla 12 Clasificación de Pendientes

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. Demek (1972)

Modificado por: El Autor, 2025

5.3.1.3 Geomorfología.

Para la elaboración del mapa geomorfológico, la metodología a implementarse es la de CLIRSEN, se aplicó esta metodología por las variables a tomarse en cuenta y se tomó como referencia las ortofotos para la fotointerpretación, complementada con la visita de campo. Adicionalmente, se procedió a subdividir el área de estudio en geoformas, utilizando información base relacionada con insumos como:

- ❖ **Confección del Mapa Geomorfológico.;** Para obtener el Mapa Geomorfológico del área de estudio, se realizó una subdivisión del área de estudio en geoformas, tomando en cuenta información base relacionada con diversos insumos. Para la confección del Mapa Geomorfológico del área de estudio, se utilizó el software ArcGIS 10.5. Se digitalizó polígonos en un shapefile basándose en la información recopilada de distintas fuentes. Asimismo, se asignaron nombres a estas geoformas siguiendo la metodología desarrollada por CLIRSEN en proyectos como "Generación de Geo-información para la gestión del territorio a nivel nacional" en los años 2010 y 2012.

De acuerdo a la metodología e CLIRSEN 2010, se clasificó las geoformas de acuerdo a la observación en campo y mediante aspectos como génesis, morfología y desnivel relativo

❖ Variables Geomorfológicas

Génesis

Esta categoría se refiere al proceso responsable de la formación de las unidades geomorfológicas, como se detalla en la Tabla 13.

Tabla 13 Unidad Genética

Unidad genética	Código
Denudativo	DEN
Deposicional Acumulativo	DEP
Estructural	EST
Tectónico Erosivo	TEC
Glaciar	GLC
Volcánico	VOL

Nota. CLIRSEN (2010)

Morfología

Describe los aspectos cualitativos de la unidad geomorfológica, como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14 Unidad Geomorfológica

Unidad geomorfológica	Código
Terraza media	Tm
Terraza baja o cauce actual	Tb
Superficie ondulada	Sn
Coluvión antiguo	Can
Glacis de esparcimiento	Ges
Vertiente Abrupta	Vab
Coluvio aluvial antiguo	Co
Relieve montañoso	R7
Relieve colinado muy alto	R6
Relieve colinado alto	R5
Relieve colinado medio	R4
Relieve colinado bajo	R3

Nota. CLIRSEN (2010)

Desnivel relativo

Este parámetro indica la diferencia de altura entre la parte más baja, que generalmente corresponde al lecho de los ríos o quebradas (nivel base), y la parte más alta de las unidades geomorfológicas. Esta diferencia se mide en metros.

Tabla 15 Categorización de desniveles relativos

Tipo	Código
0 a 5 m	1
5 a 15 m	2
15 a 25 m	3
25 a 50 m	4
50 a 100 m	5
100 a 200 m	6
200 a 300 m	7
> a 300 m	8

Nota. CLIRSEN (2010)

❖ Resultado final

De lo anteriormente considerado se adapta cada nombre en función a las características que presente cada geoforma delimitada.

Finalmente, se genera el mapa geomorfológico a una escala de 1:1 000 para el área de investigación, siguiendo los patrones de líneas y colores establecidos por el SENPLADES-CLIRSEN en la creación de las hojas geomorfológicas correspondientes.

5.3.1.4 Geología Local

Se tomó como base la topografía generada a escala 1:1 000, así como la carta geológica de Loja (hoja 56, N VI-F) a escala 1:100 000 del año 2017.

Se llevó a cabo el reconocimiento del área con el propósito de registrar los afloramientos presentes para su posterior descripción e identificación de las estructuras y litología. La descripción de estos afloramientos se realizó utilizando una ficha de levantamiento de campo, la cual se detalla en el Anexo 1.

Se procedió a describir los afloramientos y a identificar la litología, comparando los resultados obtenidos con los datos de la carta geológica. Para la descripción de la geología local en la zona de estudio, se utilizaron los afloramientos encontrados, realizando un total de 10 descripciones en la vía en la zona de estudio, que fueron de origen natural y antrópico debido a la apertura de la vía. Para determinar las zonas litoestructurales, se recogieron muestras

representativas in situ, que fueron codificadas y referenciadas según el tipo de material correspondiente. Las muestras fueron transportadas en fundas herméticas para conservar sus características originales.

En la Tabla 16, se presentan las coordenadas de los afloramientos levantados, en el Anexo 3 se representa el mapa de ubicación de los afloramientos y en el Anexo 2 las fichas de los deslizamientos levantados, las cuales se emplean para la descripción geológica. Utilizando el mapa base topográfico con sistema geodésico WGS 84 / UTM/17S y los datos obtenidos en campo, se elaboró el mapa geológico a escala 1:1000, especificando cada litología con la información previamente recopilada.

Se realizó el inventario de deslizamientos, describiendo un total de 23 deslizamientos. En la Tabla 17, se presentan las coordenadas de los deslizamientos levantados, y en el Anexo 4 se presenta el mapa de ubicación de los dichos deslizamientos.

Tabla 16 Ubicación de afloramientos

AFLORAMIENTO	COORDENADAS		TIPO DE AFLORAMIENTO
	X	Y	
1	690 339	9 579 503	Antrópico
2	690 347	9 579 648	Antrópico
3	690 272	9 579 738	Antrópico
4	690 326	9 579 694	Antrópico
5	699 933	9 579 544	Antrópico
6	690 216	9 580 248	Antrópico
7	690 389	9 580 461	Antrópico
8	689 989	9 580 833	Antrópico
9	690 095	9 580 815	Natural
10	690 310	9 580 565	Antrópico

Tabla 17 Ubicación de deslizamientos

DESLIZAMIENTO	COORDENADAS		TIPO DE DESLIZAMIENTO	ORIGEN DE LA PENDIENTE
	X	Y		
1	689 961	9 578 903	Traslacional	Antrópico
2	690 152	9 579 030	Traslacional	Antrópico
3	690 340	9 579 322	Traslacional	Antrópico
4	690 335	9 579 581	Traslacional	Antrópico
5	690 094	9 579 725	Traslacional	Antrópico
6	689 942	9 579 551	Traslacional	Antrópico
7	689 905	9 579 559	Traslacional	Antrópico

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

8	689 761	9 579 552	Traslacional	Antrópico
9	689 567	9 579 433	Traslacional	Antrópico
10	689 501	9 579 415	Traslacional	Natural
11	689 449	9 579 571	Traslacional	Antrópico
12	689 546	9 579 477	Traslacional	Natural
13	689 687	9 579 627	Traslacional	Natural
14	689 828	9 579 619	Traslacional	Natural
15	689 636	9 579 585	Traslacional	Natural
16	689 653	9 579 690	Traslacional	Antrópico
17	689 974	9 580 009	Traslacional	Antrópico
18	690 161	9 580 146	Traslacional	Natural
19	690 135	9 580 557	Traslacional	Antrópico
20	690 087	9 580 625	Traslacional	Antrópico
21	690 138	9 580 687	Traslacional	Antrópico
22	690 213	9 580 599	Traslacional	Antrópico
23	690 378	9 580 312	Traslacional	Natural

En cada afloramiento y deslizamiento levantado fue georreferenciado con el GPS Garmin. Conforme se recorrió la zona de estudio se fue levantando la geología, datos estructurales, coordenadas, litologías y parámetros geométricos, tonalidades de los materiales además se incluyó fotografías de cada uno de ellos.

5.3.1.4.1 Geología estructural

Con la ortofoto obtenida, se realizó una fotointerpretación para identificar las estructuras presentes en la zona de estudio que no eran visibles a simple vista y para corroborar las litologías.

Para reconocer estructuras geológicas en fotografías aéreas se debe consideró aspectos como colores de los objetos, tonalidades, texturas, patrones de arreglo y distribución espacial de los rasgos, formas del terreno producto de procesos erosivos como acantilados, dunas de arena, morrenas, terrazas aluviales y flujos de lavas, según lo establece (Camargo, 2004), en su libro “Manual de Geología Estructural”.

En la determinación de fallas a partir de la fotointerpretación se consideró ciertos criterios, cuyos rasgos distintivos están relacionados con los planos de falla, y son: los espejos de falla, estrías de fricción, pliegues de arrastre, existencia de milonitas y brechas tectónicas, mineralización a lo largo del plano de falla, escarpe de falla y facetas triangulares. Además de los rasgos mencionados en las fotografías aéreas se puede evidenciar la existencia de fallas por la repetición de unidades estratigráficas, pérdida o aumento de espesor de alguna unidad estratigráfica, discontinuidad de las estructuras y separación de los contactos geológicos,

lineamientos fotogeológicos, control estructural de la red de drenaje y zonas con patrones anómalos de drenaje, (Camargo, 2004).

Las estructuras que se evidenció en el área de estudio mediante fotointerpretación fueron la existencia de nueve fallas y un sistema de fallas, las cuales se plasmó en el mapa de geología estructural preliminar. Una vez determinadas las fallas existentes, se procedió a realizar una corroboración en campo, en esta fase se descartó cinco fallas, dando como resultado un total de cuatro fallas y un sistema de fallas para el mapa geológico local final.

5.3.1.4.2 Mapa geológico local

El mapa geológico local se elaboró con referencia a la geología regional de la carta geológica de Loja (hoja 56, N VI-F) a escala 1:100 000, elaborada por el IIGE en el año 2017. Conforme lo expuesto con anterioridad se desarrolló una descripción de afloramientos y deslizamientos con la finalidad de recopilar información sobre estructuras y litologías.

Como parte de los insumos de oficina que se utilizó incluyen: la base topográfica, mapa geológico de campo, fichas de campo. En el procedimiento de diseño del mapa geológico local se delimitó las zonas litológicas similares, se añadió también las estructuras encontradas en el polígono como son fallas y contactos.

Para la representación litológica y de nomenclatura hizo referencia a la guía de “Estándares de Nomenclatura Estratigráfica, Simbolización y Abreviaturas para la Cartografía Geológica” versión 2.0 elaborado por el Instituto de Investigación Geológico Energético del Ecuador en el año 2019.

El mapa geológico local final se elaboró a una escala de trabajo de 1:1 000 y una escala de impresión de 1:4 500 en formato de hoja A2, proyectado en el sistema de coordenadas UTM, Datum Horizontal WGS 1984, Zona 17 Sur (consultar Anexo 8).

5.3.2 Metodología de Segundo Objetivo

“Determinar las propiedades físico-mecánicas de los materiales geológicos presentes en el tramo de vía, a partir de la descripción de los resultados geotécnicos obtenidos de análisis y ensayos de laboratorio”.

Con la finalidad de determinar las propiedades físico-mecánicas de los materiales geológicos del área de estudio se aplicó la toma de muestras y datos característicos de la misma, mediante la aplicación de método directos e indirectos, los cuales se detallan a continuación:

5.3.2.1 Métodos Directos

- ✓ **Calicatas Geotécnicas;** Se realizó 3 calicatas geotécnicas para la toma de las muestras alteradas que son necesarias para ejecutar ensayos de laboratorio, estas constaron de 1 m² de área y 1,5 m de profundidad, como se observa en la *Figura.26*.



Figura 26 Apertura de calicata a 1 m de profundidad

Se extrajeron muestras de 2,5 Kg como se observa en la *Figura 27* las cuales fueron distribuidas a lo largo del tramo de vía, se tomó en cuenta aspectos como la geología presente en el área de estudio y su posterior corroboración en campo.

Conforme la siguiente norma:

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

Se procedió a la toma de muestras alteradas con la ayuda de una pala y una barreta a cada 0,5 m, hasta la profundidad máxima de 1,5m. Cabe recalcar que a todas las muestras extraídas de las calicatas fueron debidamente etiquetadas con la identificación dentro de las fundas herméticas donde conste el nombre del proyecto, nombre del responsable, fecha, coordenadas (DATUM WGS 84) y profundidad a la cual se tomará la muestra.

Finalmente se cerró la funda de forma segura. Conforme la siguiente norma:

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

Cabe recalcar que la toma de mencionadas muestras ayudó a la descripción de las características del subsuelo, con el fin de obtener datos in situ se realizó el registro de información relevante como dimensiones, litología, color, etc.

Finalmente se cerró la funda de forma segura. Conforme la siguiente norma:

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



Figura 27 Muestra de suelo tomada en campo

- ***Ensayos que se aplicó a las muestras alteradas.***; Una vez tomadas las muestras que tienen alteración en campo, se les realizó en total nueve ensayos contenidos de humedad, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico) y análisis granulométrico por tamizado (como se observa en la *Figura.28.a. b.c.*) de acuerdo a las siguientes normas:
 - ❖ Contenido de Humedad INEN 690 (ASTM D-2216)
 - ❖ Límite Líquido INEN 691 (ASTM D-4318)
 - ❖ Límite Plástico INEN 692 (ASTM D-4318)
 - ❖ Granulometría INEN 696 Y 697 (ASTM D-422)



28.a

28.b

28.c

Figura 28 a). Límite Plástico. b.) Límite Líquido. c). Granulometría

La obtención de los límites de Atterberg (LL y LP) hizo posible el cálculo del Índice de Plasticidad, para tener un reconocimiento de la cantidad de material arcilloso presente en los suelos, insumo de importancia para determinar su clasificación.

- ✓ **Corte directo (muestras inalteradas):** Con la caracterización geológica ya definida, y con los puntos de apertura de las calicatas ya definidos, se procedió a determinar los sitios para la extracción de muestras inalteradas con ayuda de Tubos de Pared Delgada (Tubos Shelby) y la extracción de bloques de suelo cuyas dimensiones extraídas fueron de 30cm x 30cm, (como se observa en la *Figura 29*).



Figura 29 Cubo de suelo extraído en campo para los ensayos de corte directo

Sobre la obtención de estas muestras inalteradas se realizó los ensayos acordes a la normativa correspondiente:

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

El ensayo de corte directo implica deslizar una porción de suelo en relación con otra a lo largo de un plano de falla predefinido. Este deslizamiento se logra aplicando gradualmente una fuerza de corte horizontal mientras se ejerce una carga normal sobre el plano de movimiento. El objetivo principal de este ensayo es provocar una falla por corte directo en una muestra de suelo contenida dentro de una caja metálica compuesta por dos partes, una de las cuales es móvil. Esta configuración se puede apreciar en la *Figura 30*. Además de inducir la falla, el ensayo registra las relaciones entre los esfuerzos y deformaciones que ocurren en la muestra analizada. En el ensayo se hacen lecturas de las deformaciones tanto horizontales como verticales como se observa en la *Figura 31*.



Figura 30 Porciones de suelo de las pastillas en el ensayo de corte directo



Figura 31 Lecturas del ensayo corte directo

Los ensayos de corte directo se tomaron en 3 partes puntuales del tramo de vía, mismos que son detallados en la *Tabla 18*

Tabla 18 Puntos para la aplicación de los ensayos de Corte Directo

Corte Directo	Sector	Profundidad de excavación	Coordenadas UTM WGS 84		
			X	Y	Z
Corte Directo 1	Paquisha	1,5 m	690 079	9 580 658	2 454 msnm
Corte Directo 2	Manzano	1,5 m	689 466	9 579 587	2 563 msnm
Corte Directo 3	Sayo	1,5 m	689 959	9 575 869	2 637 msnm

Las muestras fueron tomadas en las zonas de deslizamientos, como se especifica en la *Figura.32*. es en esos puntos coordenada donde se adquirió muestras inalteradas, las cuales posteriormente se las llevó al Laboratorio de ESTSUELCON CIA. LTDA., para obtener los resultados presentados más adelante mediante los respectivos análisis.

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

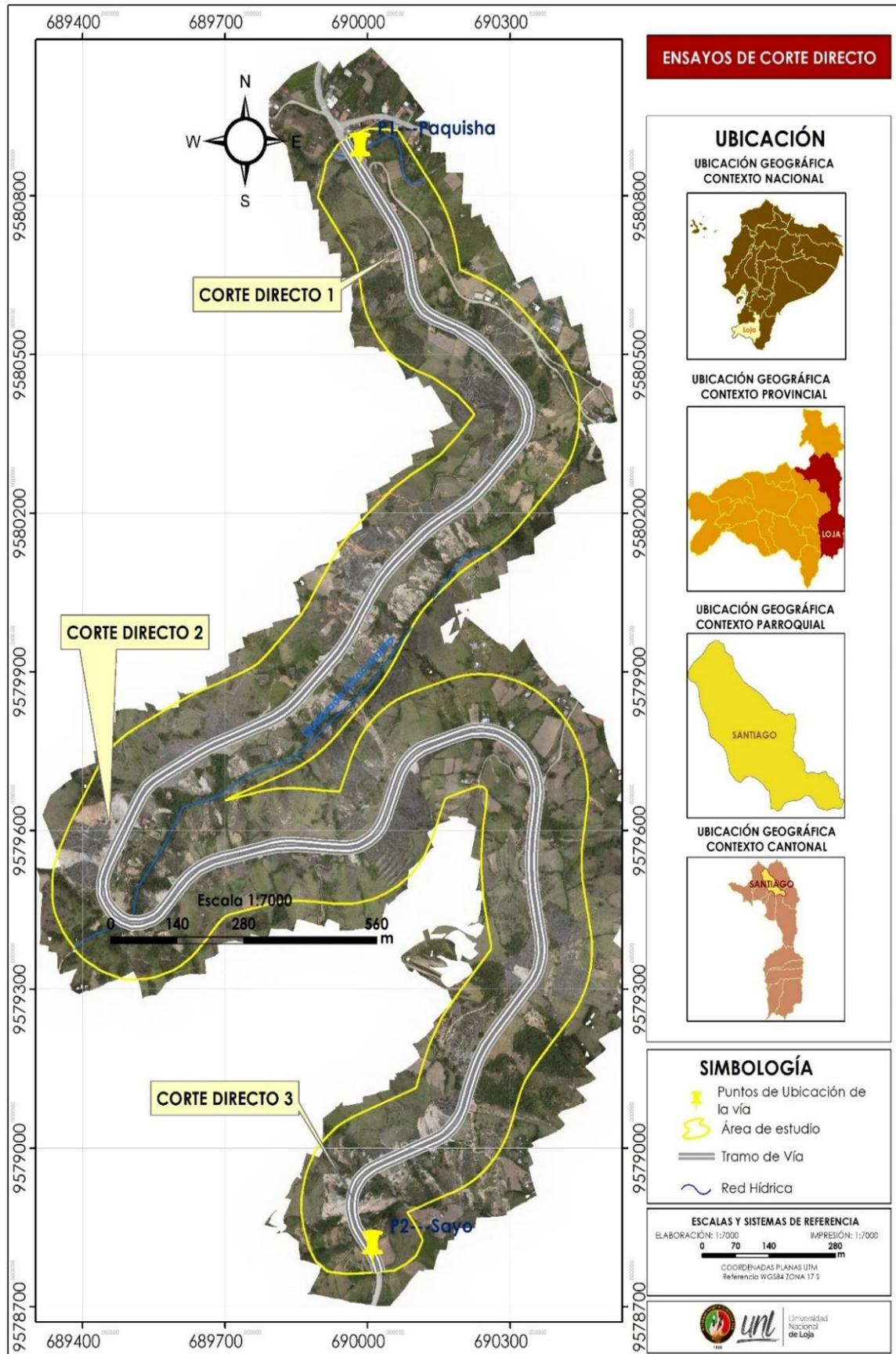


Figura 32 Mapa de ubicación geográfica de los lugares de toma de muestra

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

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

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

5.3.2.2 Métodos Indirectos

Se aplicó ensayos de exploración geofísica, dentro de esta se escogió el método indirecto de resistividad eléctrica mediante la aplicación de sondeos eléctricos verticales SEVs con la finalidad de obtener información sobre la estructura y propiedades del subsuelo, con el fin de caracterizar el área geológicamente.

✓ *Sondeos Eléctricos Verticales*

Se tomo de información del área de estudio in situ para su posterior análisis, luego de haber recolectado la información generada a través del trabajo de campo, se procedió al ploteo, análisis e interpretación de resultados.

Para determinar la resistividad de los materiales, se indica la abertura AB/2 para cada SEV. Se empleó el resistivímetro de la marca ABEM, modelo Terrameter SAS 4000. Se realizaron 3 sondeos, en la *Tabla 19* se indica la abertura AB/2 para cada SEV realizado.

Este genera un voltaje máximo de salida de 400 V, con opciones de tres rangos automáticos de medición que abarcan ± 250 mV, ± 10 V y ± 400 V.

La intensidad de la corriente se ajusta automáticamente por el instrumento, o por control manual para adaptarse a las condiciones del estudio. El rango de amperaje disponible varía entre 1 - 1000 mA, lo que resulta adecuado para separaciones de electrodos de corriente AB de hasta 1 Km en condiciones óptimas de medición.

Además, el SAS 4000 filtra interferencias de campos DC, SP, voltaje y ruido, calculando y mostrando la relación entre voltaje y corriente en la hoja de cálculo de cada SEV en unidades de $K\Omega$ (Ohmios), Ω o $m\Omega$.

Tabla 19 Coordenadas de ubicación de los ensayos realizados.

SEV	COORDENADAS WGS 84 ZONA 17 S		LONGITUD
	ESTE	NORTE	AB/2
1	690 065	9 570 369	100
2	690 076	9 570 258	100
3	689 975	9 578 885	70

Nota. ESTSUELCON (2023)



Figura 33. Equipo utilizado y ejecución del tendido del SEV

La resistividad aparente denotada como (ζ_a) se determina mediante la fórmula siguiente se calcula por la siguiente fórmula:

$$\zeta_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

Donde:

K = coeficiente geométrico (m)

ΔV = diferencia de potencial en milivoltios (mV)

I = intensidad de la corriente continua en miliamperios (mA)

ζ_a = resistividad aparente en ohmios metro (Ωm)

La eficacia del método se basa en el hecho de que la respuesta eléctrica está intrínsecamente vinculada a factores como la composición mineralógica, las propiedades físicas y mecánicas y el grado de saturación de los materiales del subsuelo. Para lograr el objetivo deben cumplirse tres condiciones fundamentales:

- Las distintas formaciones litológicas deben presentar variaciones en sus resistividades eléctricas.

- La corriente eléctrica generada en la superficie debe penetrar con profundidad en el subsuelo (al menos un 90 % de su alcance total) para alcanzar los objetivos de estudio previamente establecidos.
- Las alteraciones en el campo eléctrico o las perturbaciones en la trayectoria de la corriente debido a las heterogeneidades del subsuelo deben ser detectables y medibles desde la superficie.

Los resultados de la investigación se obtienen perpendicularmente a este punto de referencia. La profundidad de penetración en el subsuelo aumenta a medida que se incrementa la distancia entre los electrodos de corriente (A - B), como se observa en la *Figura 34*.

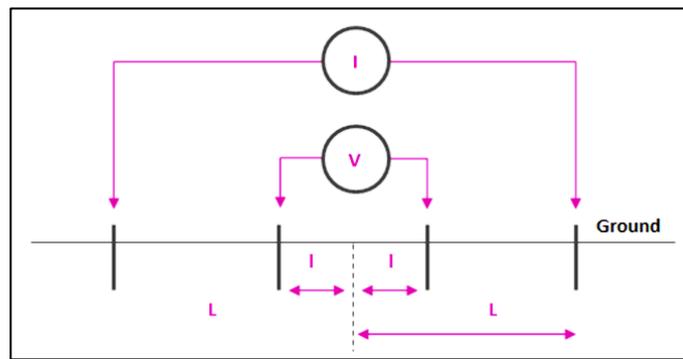


Figura 34. Configuración del dispositivo Schlumberger

La configuración de electrodos empleada es la Schlumberger, en la que la distancia entre los electrodos AM y NB es igual, y MN representa una tercera parte de la distancia AB. Todos los electrodos se ubican en una misma línea, con un punto medio simétrico. El arreglo Schlumberger se determina mediante la siguiente fórmula:

$$k = \frac{\pi(\overline{AB}^2 - \overline{MN}^2)}{4\overline{MN}}$$

Los resultados de los ensayos se representan en un gráfico log-log, donde el eje horizontal muestra una escala logarítmica de la mitad de la distancia entre los electrodos de corriente ($AB/2$), y el eje vertical refleja una escala logarítmica de la resistividad aparente (a).

Una vez obtenidos los resultados de campo en gabinete se procedió a procesarlos para obtener la potencia y resistividad de los materiales mediante SEV, posteriormente se define su litología en función de la geología observada, la geología regional y tablas con resistividades patrón en diferentes suelos.

Se realizaron 3 sondeos con un AB variable de hasta 100 m, en la *Tabla 36*. Los SEV's se llevaron a cabo en mismos puntos que se desarrollaron los ensayos de los métodos directos como se observa en la *Figura 35*.

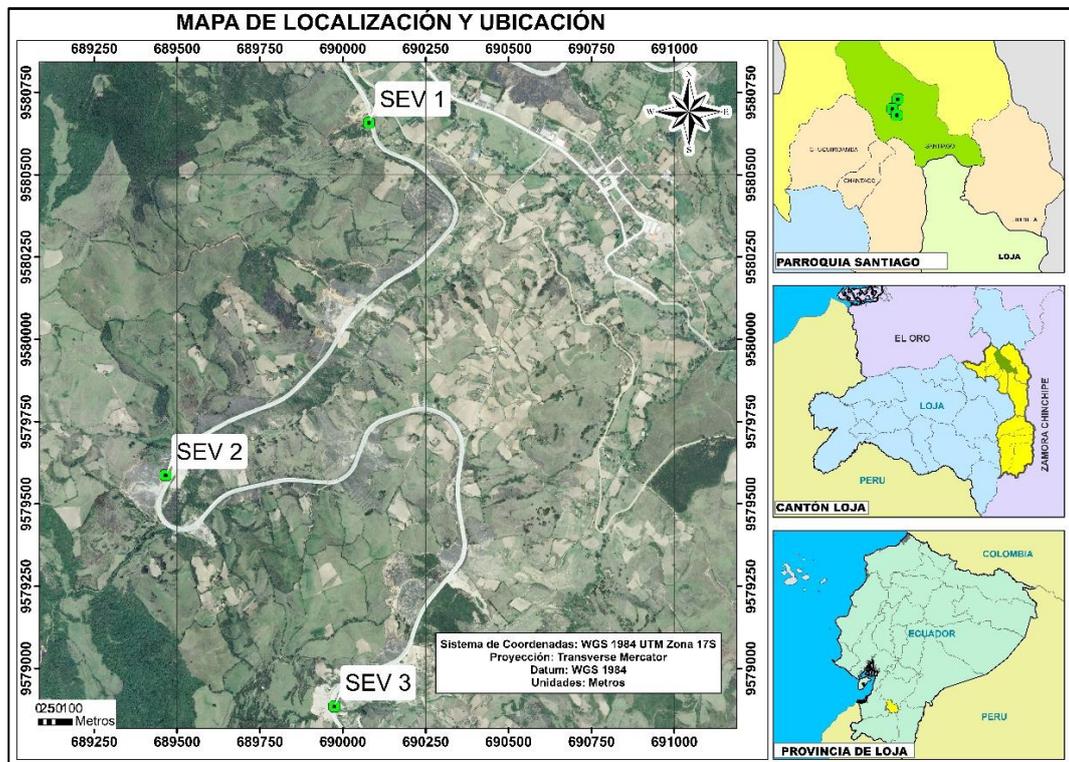


Figura 35 Ubicación de la zona de estudio y ensayos de SEV realizados

Los sondeos eléctricos verticales se emplearon con la finalidad de conocer las litologías y grado de saturación que existen en el subsuelo para el cual se realizaron un total de tres sondeos eléctricos verticales mediante el arreglo Schulumberger.

5.3.3 Metodología de Tercer Objetivo

“Establecer la estabilidad del tramo de vía, a partir la obtención del factor de seguridad de la caracterización geológico-geotécnica”.

Para establecer la estabilidad global de los taludes, se consideró los valores obtenidos de los ensayos realizados anteriormente (corte directo).

El análisis de estabilidad global se realizó en 3 deslizamientos más críticos del tramo de vía puesto que el material geológico en toda el área pertenece a rocas granodioríticas provenientes del Batolito de San Lucas, en referencia a lo mencionado se procedió a aplicar los ensayos geotécnicos en los deslizamientos mencionados, con ayuda del software Slide v6.0, se

insertó los modelos de para evaluar estabilidad de taludes asignando valores de peso específico, peso específico (γ) KN/cm³, ángulo de fricción ($^{\circ}$), Cohesión (C) KN/m²

Para la evaluación de las condiciones de estabilidad de los taludes se aplicó las condiciones de modelamiento estático.

El cálculo de la estabilidad de los taludes en el área de estudio se basa en el método de dovelas o rebanadas, y se considera la aplicación de los siguientes métodos:

Método de Jambú

Se basa en la suposición de que las fuerzas entre dovelas son horizontales y no tienen en cuenta las fuerzas de cortante. Este método considera que las superficies de falla no necesariamente son circulares y establece un factor de corrección f_0 . El factor f_0 depende de la curvatura de la superficie de falla.

$$FS = \frac{f_0 \sum \left\{ \left[c'b + (W - ub) \tan \phi \frac{1}{\cos \alpha} \right] \right\}}{\sum (W \cdot \tan \alpha)}$$

Método de Spencer

El método de Spencer satisface completamente el equilibrio de momentos y esfuerzos. Se basa en la suposición de que las fuerzas entre las rebanadas de suelo son paralelas entre sí, es decir, tienen el mismo ángulo de inclinación.

La inclinación específica de estas fuerzas entre partículas es una incógnita que se calcula en la solución de las ecuaciones de equilibrio. Este método se considera preciso y aplicable a diversas geometrías de taludes (Suarez, 2009).

El Factor de Seguridad se calcula mediante la expresión específica siguiente:

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \left(C * Al + \frac{Wi}{\cos \theta_i} * \tan \phi + \frac{AT}{\cos \theta_i} + \tan \theta_i * \tan \phi (Ti + Ei - Ei+1) \right)}{Ti}$$

Método de Morgenstern y Price

Este método se basa en la suposición de que existe una función que relaciona las fuerzas de cortante con las fuerzas normales entre las rebanadas de suelo. Su cálculo se fundamenta en aquella relación (Suarez, 2009).

Cada uno de estos métodos proporciona un enfoque distinto para evaluar la estabilidad de los taludes, y se seleccionó el más apropiado según las características del estudio.

5.3.3.1 Modelo Estático.

Para el modelamiento en condición estática, se tomó en cuenta la mayoría de los factores que afectan a la estabilidad de los taludes, como: la geometría, los parámetros geológicos, las propiedades y las características geológicas-geotécnicas de los materiales existentes. Se consideró obtener el FS de los deslizamientos, en estado actual, para cargas estáticas. Tomando en cuenta que para el diseño de un talud estable se recomienda un factor de seguridad aceptable $> 1,5$. Sin embargo, el talud es crítico cuando se tiene factores de seguridad de entre 1,0-1,5, y así mismo cuando el factor de seguridad < 1 , el talud es inestable.

5.3.3.2 Zonificación de Estabilidad del tramo de vía

La zonificación de estabilidad del tramo de vía se hizo mediante un análisis multicriterio considerando una variedad de variables y características de cada criterio que pueden afectar a la integridad de la vía a lo largo del tiempo, para el análisis se han utilizados los siguientes criterios:

- Topografía
- Pendientes
- Geomorfología
- Fotografías aéreas del área de estudio
- Información geológica y geotécnica
- Inventario de Deslizamientos
- Estructuras geológicas
- Corroboración de información en campo

6 Resultados

6.1 Caracterización Geológico-Estructural del Área de Estudio

6.1.1 Geología Local

El área de estudio, está situada dentro del Batolito de San Lucas, motivo por el cual el material predominante es la granodiorita en diferentes estados de meteorización, el polígono estudiado consta de 89 ha. El área está conformada principalmente de saprolito (granodiorita completamente meteorizada conservando fragmentos de roca original) con un área de 73,59 ha; 8,39 ha de suelo residual; 5,47 ha correspondientes a suelos residuales, y con el menor porcentaje se encuentra los depósitos coluviales con 1,59 ha.

La información que se presenta a continuación fue recopilada a partir de las fichas de afloramientos y de deslizamientos, correlacionada con la Carta Geológica Regional de Loja y complementada con los resultados de los sondeos eléctricos verticales.

Posteriormente se describe los materiales encontrados en la zona de interés:

6.1.1.1 Granodiorita

La extensión de las rocas granodioritas se encuentra dispuesta a lo largo de todo el tramo de estudio, pues esta proviene del batolito de San Lucas el mismo que es un cuerpo intrusivo de gran extensión, y sus mejores afloramientos se encuentran expuestos a lo largo de toda el área de estudio en la vía Cuenca-Loja (en la parroquia Santiago) y en el poblado de San Lucas, además cabe recalcar que este cuerpo intrusivo se encuentra alterado en diferentes grados por efectos intemperismo, por agentes erosivos y meteorizantes.

De esta manera al formar la mayoría de extensión de la zona de estudio del Batolito de San Lucas, se delimitaron zonas litológicas en función del grado de meteorización de la roca, obteniendo se delimitaron es por ello que a lo largo del tramo de vía de estudio se diferenció esta granodiorita

En este sentido, en función del grado de meteorización que caracterizan a la granodiorita en el área de estudio son granodiorita moderadamente alterada, granodiorita muy alterada, granodiorita completamente meteorizada (regolitos) y por último el material resultado de los suelos residuales que reciben el nombre de saprolito proveniente de la granodiorita completamente meteorizada.

6.1.1.2 Granodiorita Completamente meteorizada

- *Saprolito*

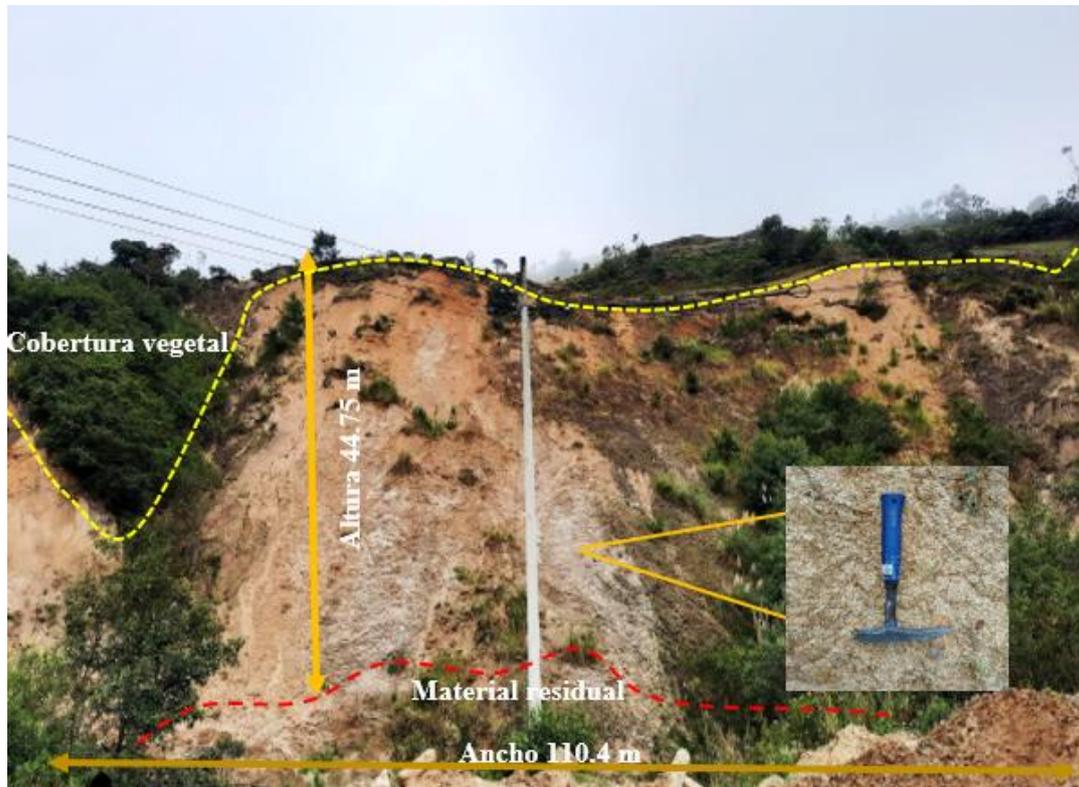


Figura 36 Deslizamiento de granodiorita meteorizada forma de saprolito.

El saprolito, se encuentra localizado en gran parte del área de estudio, el deslizamiento que se muestra en la *Figura 37*, se encuentra en las coordenadas X: 690 003/ Y:9 578 875 y a una altura de 2628,7 msnm. Este tipo de suelo se da producto de la meteorización de la granodiorita perteneciente al Batolito de San Lucas, la cual posee granos gruesos, pero también es posible encontrar granos más finos y desordenados. En el proceso de hidrólisis, interviene el agua como reactivo, transformando los feldespatos en arcillas, convirtiendo la granodiorita en un material arenoso y poco consistente denominado saprolito, que se erosiona fácilmente.

El suelo que se tiene como resultado es un suelo arenoso en una matriz arcillosa con una coloración amarillenta a rojiza y en el material residual un color oscuro y la presencia mayoritariamente de humedad.

6.1.1.3 Depósitos Superficiales

- **Depósitos aluviales**

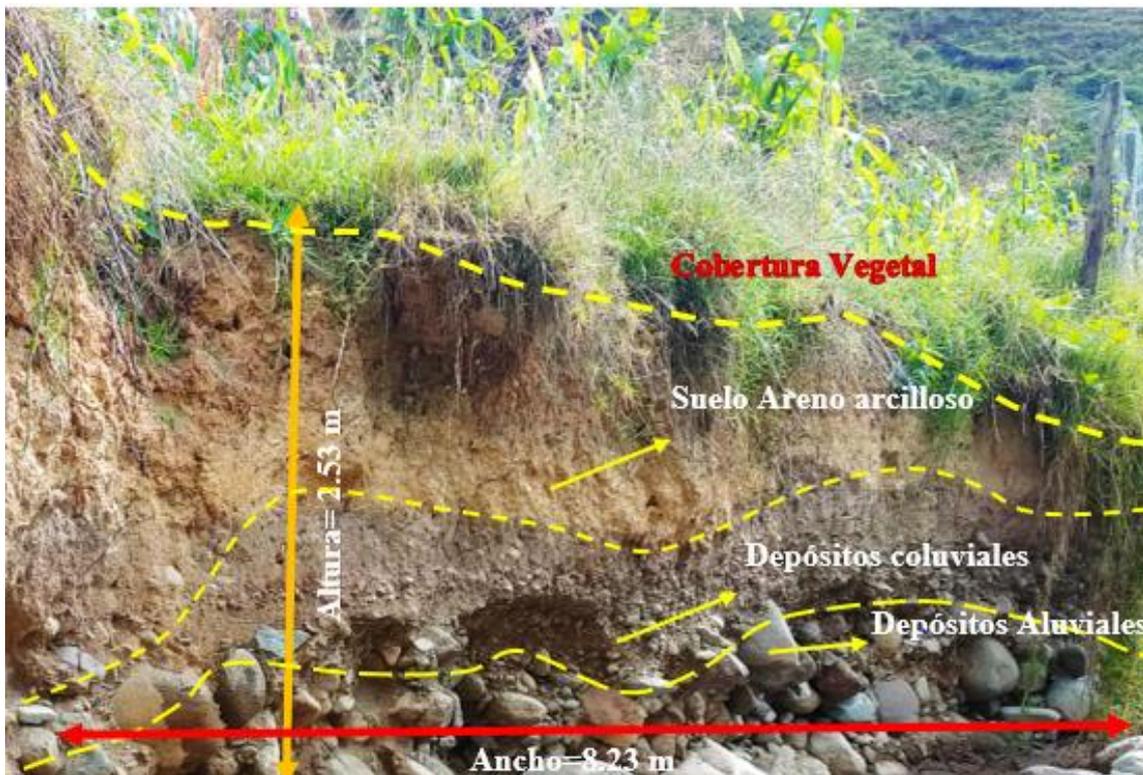


Figura 37 Afloramiento A_9: Deposito aluvial con matriz arcillo arenoso, clastos de 1-70 cm.

El deposito que se aprecia en la *Figura 38*, corresponde a un coluvio-aluvial, el mismo que esta ubicado en las coordenadas Datum WGS84, X: 690 095/Y: 9 580 815 y a una altura de 2425,1, este es un material cuyo origen se da a partir de el aporte de sedimentos coluviales provenientes de las partes altas de la montaña, materiales que caen por gravedad y se depositan en las partes bajas, y tambien se compone en la parte inferior de clastos redondeados que varian de 5 cm a 70 cm los mismos que son de orden aluvial, que indican que tuvieron un largo recorrido de arrastre, por lo tanto estos depositos proceden tanto de la ladera como de una restringida dinámica fluvial. Su litología corresponde a limo-arcillas, arenas, gravas y bloques.

También se identificaron depósitos de materiales sueltos que consisten en fragmentos de rocas plutónicas, como granito y granodiorita, que tienen tamaños en el rango de centímetros y están en una matriz arcillosa. Estos materiales son el resultado de la descomposición de las rocas mencionadas previamente, y contienen clastos que varían en forma, algunos son redondeados y otros angulosos, todos provenientes de las mismas rocas. Además, estos materiales están meteorizados y tienen una coloración grisácea.

- **Depósitos Coluviales**

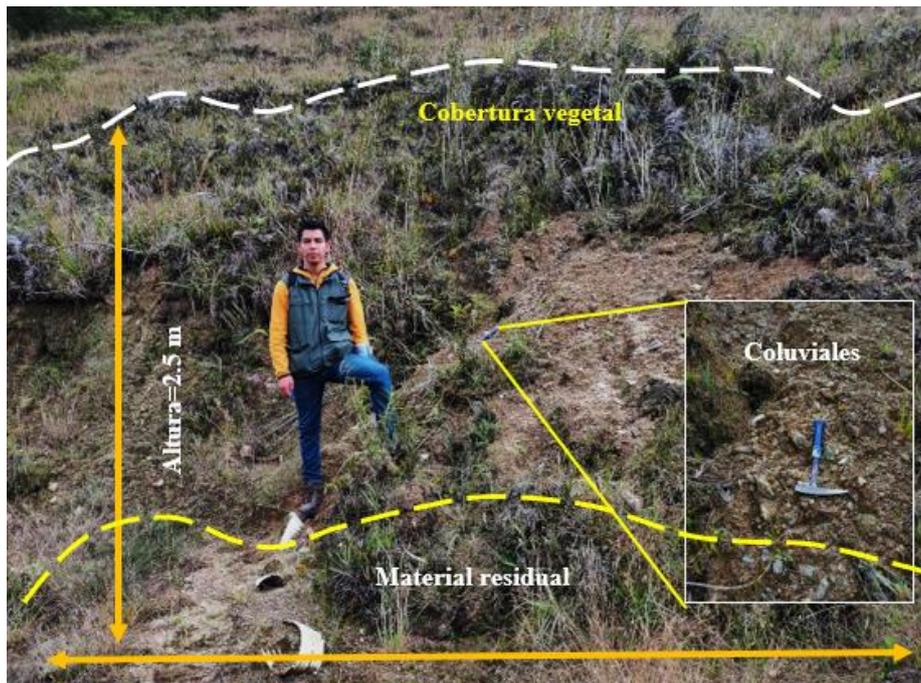


Figura 38 Afloramiento A_10, conformado por roca andesita, granodiorita y depósitos coluviales

El depósito que se aprecia en la *Figura 38*, se ubica en las coordenadas X: 690 310/ Y: 9 580 565, y a una altura de 2 425,1 msnm. Los depósitos coluviales son materiales no consolidados que se acumulan en las áreas deprimidas de las montañas y en las partes inferiores de las pendientes debido a la erosión de las áreas más altas. Estos depósitos están formados por fragmentos de rocas angulares procedentes de las zonas elevadas, y estos fragmentos están compuestos principalmente por granodiorita y andesita basáltica, que son rocas de origen ígneo.

El afloramiento geológico en esta área está compuesto por material coluvial, y se pudo observar la presencia de clastos de rocas como andesita, granodiorita, diorita y saprolito. Estos clastos varían en tamaño desde 2 cm hasta rocas de 15 cm de diámetro, y están embebidos en una matriz arenosa de color café oscuro.

- **Suelos Residuales**



Figura 39 Deslizamiento D_20 Suelos residuales

El suelo residual que se tiene en el área de estudio

El suelo residual en la zona de deslizamiento D_20, visible en la Figura 39, se localiza en las coordenadas X: 690 065 / Y: 9 580 708, a una altitud de 2 455,1 msnm. Los suelos residuales areno-arcillosos son materiales heterogéneos generados por la meteorización de la roca ígnea granodiorita, y se encuentran dispuestas in situ, sin haber sido sometidos a procesos significativos de desplazamiento o transporte. Estos depósitos tienden a acumularse en la superficie, formando capas gruesas de material residual.

El deslizamiento refleja el tipo de material que compone esta sección de la vía, formado por suelo residual, en la cual se observan matorrales, arbustos y cobertura herbácea. El color varía entre tonos café y rojizos, y se pueden identificar clastos de rocas que aún no han experimentado una descomposición total. Las superficies del suelo residual en toda la zona se caracterizan por escarpes o fracturas evidentes.

Los suelos residuales están compuestos por una alta proporción de arcillas, que fluctúa entre el 25 y el 40%, lo que les otorga propiedades de plasticidad.

6.1.1.4 Estructuras

6.1.1.4.1 Dique de Andesita Basáltica.

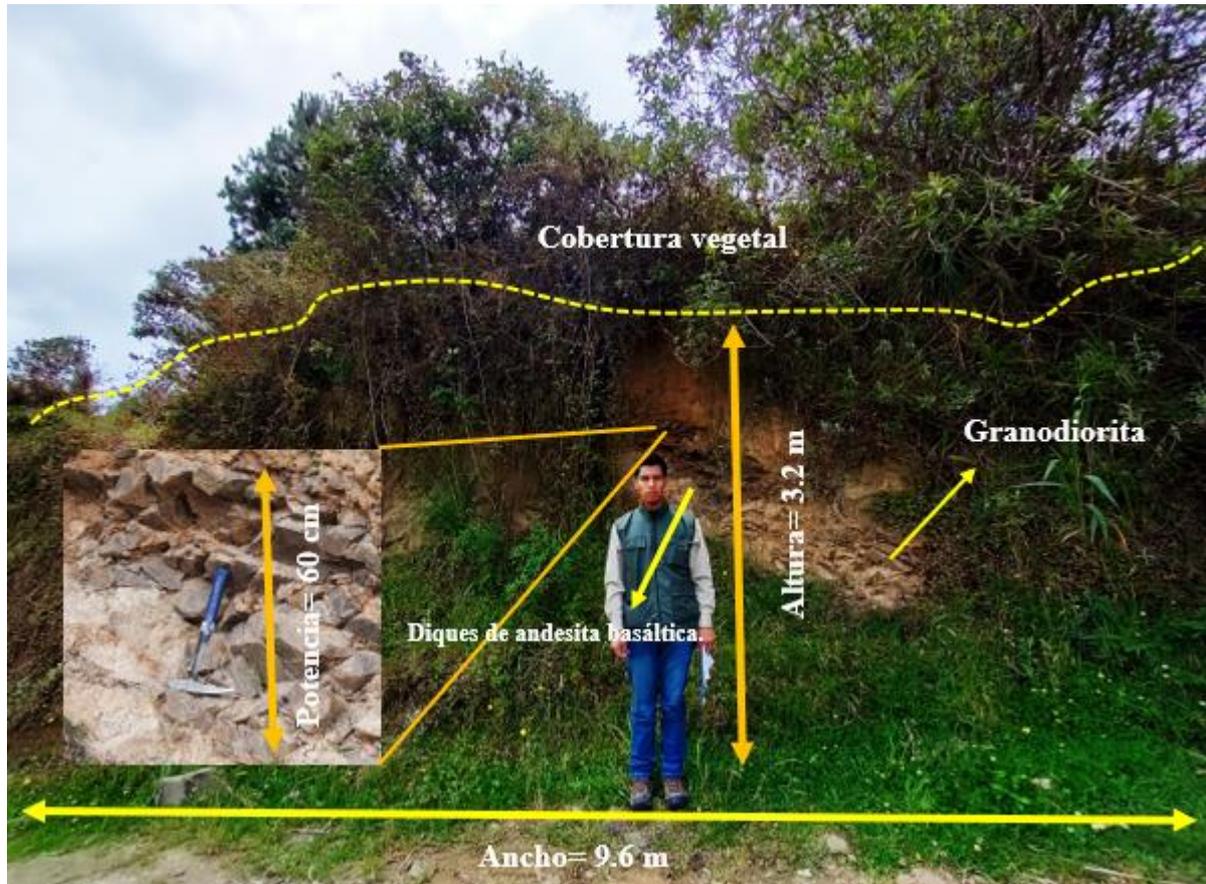


Figura 40 Afloramiento A_A4 del dique de andesita basáltica que atraviesa a la granodiorita meteorizada

En la *Figura 40* se observa un dique de andesita basáltica, el mismo que es un cuerpo tubular de una potencia de 0,6 m A ubicación de esta andesita basáltica se encuentra en las coordenadas X: 690 326 / Y: 9 579 707 y a una altura de 2 594,7 msnm. En la parte superior e inferior la roca que lo rodea es granodiorita completamente meteorizada en la parte inferior y en la parte superior esta se encuentra más alterada y en forma de saprolito, además todo el afloramiento donde se encuentra esta estructura está cubierto por vegetación, lo cual impide observar cómo se encuentra dispuesta la estructura del dique en su totalidad.

La granodiorita que rodea a la estructura es de color café amarillento, la misma que es una roca ígnea intrusiva de textura fanerítica, de minerales de grano grueso compuesta por plagioclasa, feldespato alcalino, cuarzo, biotita y menor hornblenda.

6.1.1.4.2 Fallas

Falla 1: Se encuentra al inicio del tramo de vía en el sector Paquisha, en las coordenadas DATUM UTM WGS 84 X: 690 103; Y: 9 580 585, tiene una dirección N72°E, se manifiesta claramente a través de la alineación topográfica visible en el terreno y una diferencia en la altura del terreno a ambos lados de la traza de la falla, especialmente marcada hacia el suroeste. En una ortofoto, la zona afectada muestra una coloración más oscura, que puede indicar la presencia de un escarpe de falla. Además, hay una diferencia textural notable entre los dos lados de la falla, lo que refleja las alteraciones geológicas causadas por el movimiento de la falla. En la Figura 41, se aprecia la existencia de la Falla 1 en campo.



Figura 41 Falla normal 1

Falla 2: Se encuentra ubicada en las coordenadas DATUM UTM WGS 84 X: 689 972; Y: 9 580 007, tiene una dirección N63°W, la interpretación de su presencia se respalda no solo por la alineación topográfica visible, sino también por evidencias cinemáticas observadas en la ortofoto, como las facetas triangulares que forman parte del escarpe de la falla. Además, la superficie de la falla tiene un buzamiento hacia el suroeste, lo que sugiere un desplazamiento de las capas geológicas en esa dirección. Finalmente, la dirección de rumbo hacia el noroeste proporciona información clave sobre la dinámica de la falla, lo que es fundamental para entender su actividad y comportamiento geológico. En la Figura 42, se aprecia la existencia de la Falla 2 en campo.



Figura 42 Falla normal 2

Falla 3: Ubicada en las coordenadas DATUM UTM WGS 84 X: 689 521; Y: 9 579679, tiene una dirección $N76^{\circ}W$, la presencia de la falla geológica se denota por la alineación topográfica bien marcada, también se observa material rugoso señal que es típica de que el área ha sido afectada por fracturas y deslizamientos, lo que refuerza que la falla se mantiene activa en la zona, lo que implica que la zona está sujeta futuros movimientos de falla, y por ende se crean rutas de infiltración de agua, aumentando el riesgo de erosión y deslizamientos, afectando la estabilidad del terreno y tanto la infraestructura de la vía como de la vivienda cercana a la misma. En la Figura 43, se aprecia la existencia de la Falla 3 en campo.



Figura 43 Falla normal 3

Falla 4: Ubicada en las coordenadas Datum UTM WGS 84 X: 690 203; Y: 9 579794, tiene una dirección N40°W, muestra una alineación topográfica bien definida, con una textura rugosa y desordenada en las rocas afectadas. Esta evidencia sugiere que la falla ha tenido un movimiento significativo que ha influido en la geometría y estabilidad del terreno. La interacción entre las fuerzas tectónicas y la erosión en la zona de la falla puede representar un riesgo geológico, especialmente en áreas cercanas a las pendientes, que podrían verse afectadas por deslizamientos, como se aprecia en la Figura 44, la existencia de la Falla 4 en campo.



Figura 44 Falla Normal 4

Sistema de Fallas: Se ubican 4 fallas una de ellas, la principal, paralela a la vía con dirección N13°W y 3 que están en sentido casi perpendicular a la principal con direcciones N74°E, la segunda N56°E y la tercera con dirección N60°E. Se interpreta un sistema de fallas sub paralelos donde se nota alineación topográfica marcada en el terreno, incluso se ve con la misma realiza una zanja en el mismo, pero además se nota diferencias de altura en ambos lados de la falla y se puede notar relieves positivos donde indica superficies de falla. como se aprecia en la Figura 45.a.b, la existencia de la Falla 4 en campo.



a)



b)

Figura 45 Fallas determinadas del sistema de fallas: a) Falla normal principal paralela a la vía; b) Falla normal secundaria perpendicular a la falla principal

6.1.1.4.3 Contactos

Los contactos no se pudieron observar en campo puesto a que se trata de materiales provenientes de un mismo tipo de roca, en diferentes estados de meteorización, para su representación en el mapa se los delimitó como contactos inferidos mediante líneas entrecortadas.

El mapa estructural se representa en la Figura. 46 el mismo que cuenta con la presencia de fallas de tipo normal.

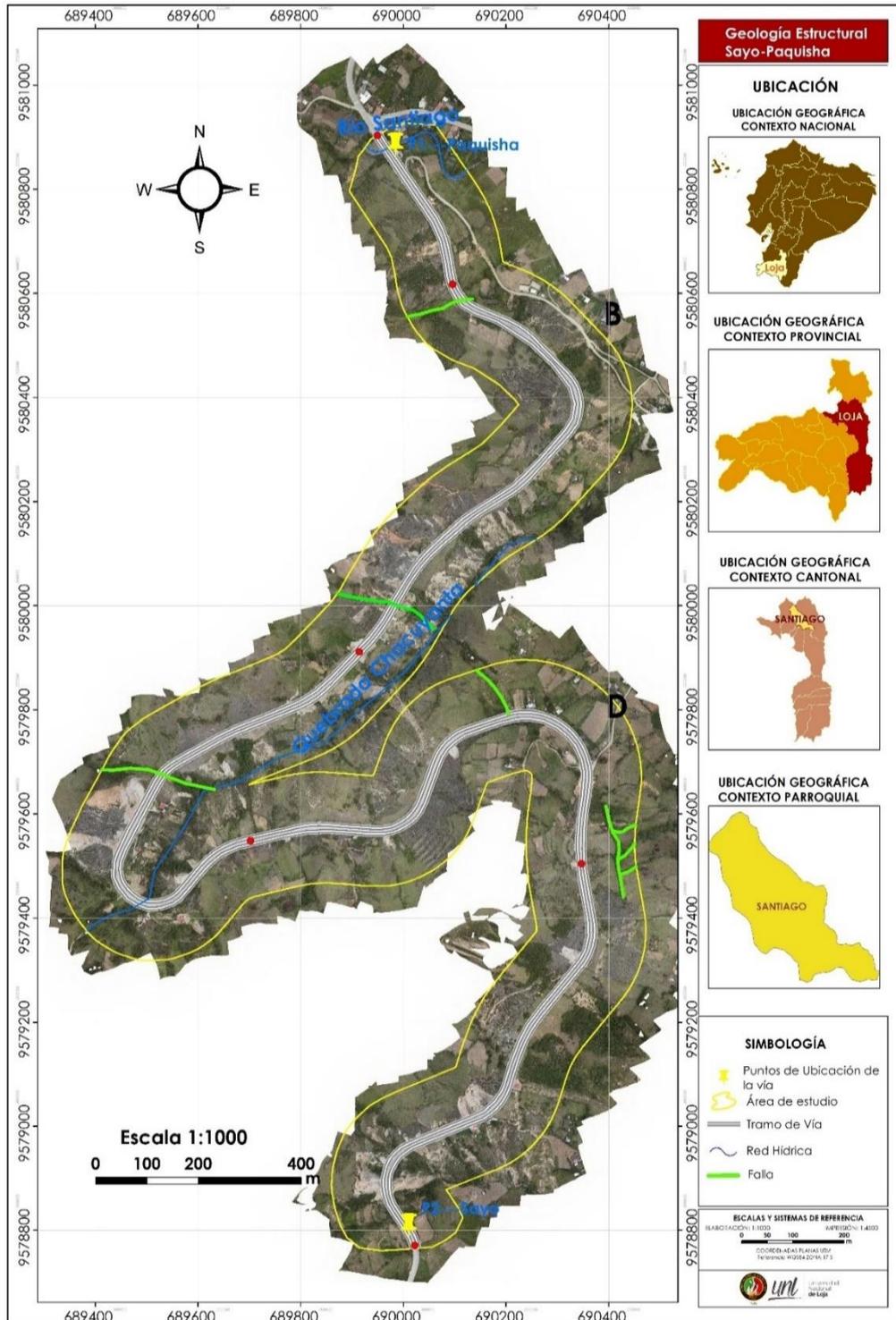


Figura 46 Mapa de estructuras presentes en la zona de estudio

A continuación, se observa el mapa geológico local del área de estudio (escala 1:1 000), (ver Figura 47) con sus respectivos cortes geológicos (ver Figura 48, Figura 49, Figura 50 y Figura 51), para revisar más a detalle, ver en el Anexo 8.

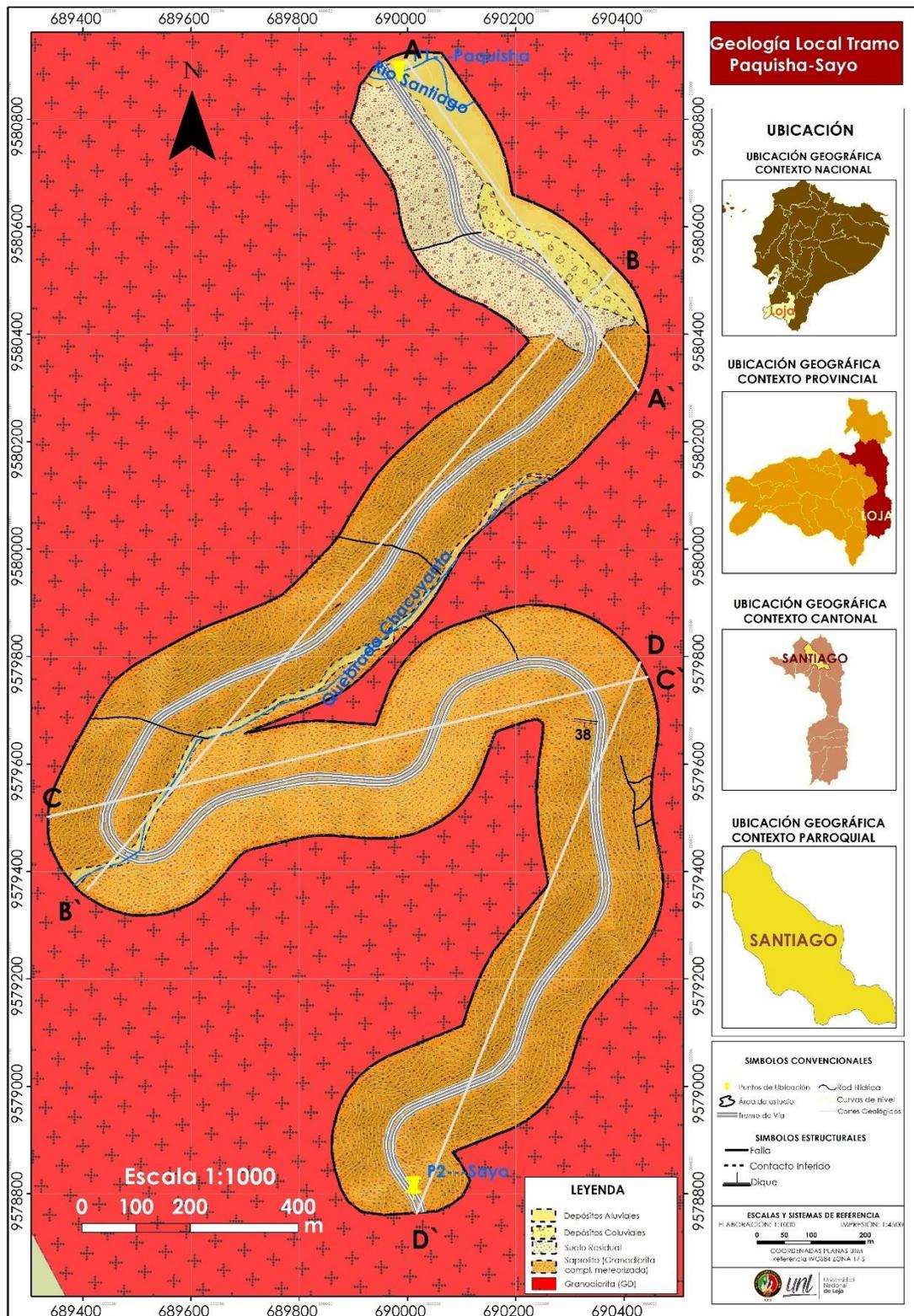


Figura 47 Litología del área de estudio Tramo Paquisha-Sayo

6.1.1.5 Cortes Geológicos

- *Corte geológico A-A'*

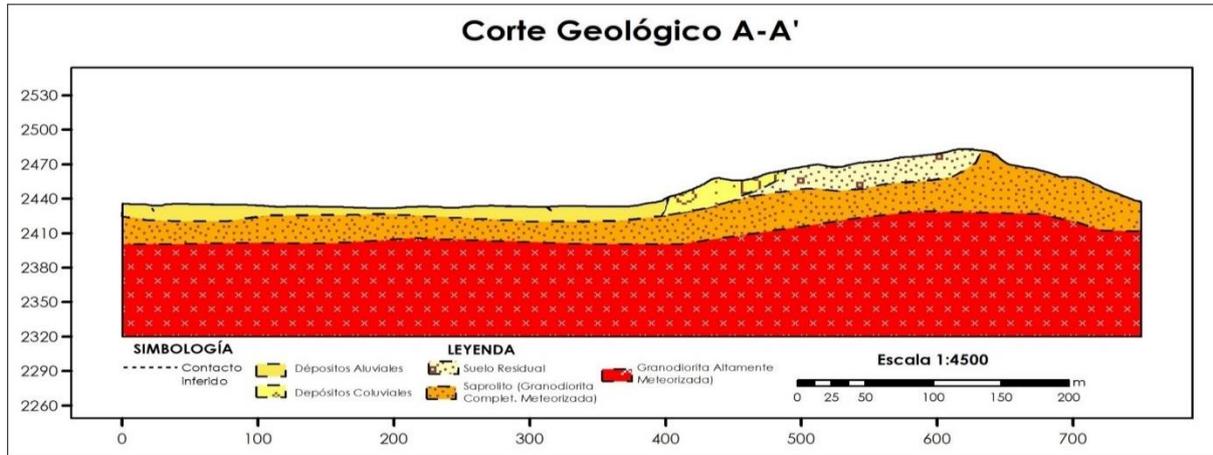


Figura 48 Corte geológico A-A'

En la Figura 48, se muestra el perfil geológico A-A', que tiene una longitud topográfica de 750,19 m y una orientación en dirección noreste-suroeste. Este perfil geológico A-A' atraviesa entre los diversos materiales presentes en la zona de estudio representados por contactos inferidos debido a que el material predominante corresponde a las rocas granodioritas en diferentes estados de meteorización. En el punto más alto del perfil, que se encuentra a una altitud de 2 483 metros, se infiere la presencia de una capa de saprolito, seguida de suelo residual, depósitos coluviales, y aluviales, terminando con u basamento de granodiorita altamente meteorizada. En el punto más bajo del perfil, que se ubica a una altitud de 2 431,8 m, se identifican depósitos aluviales que descansan sobre una capa de saprolito que es la roca granodiorita completamente meteorizada.

- *Corte geológico B-B'*

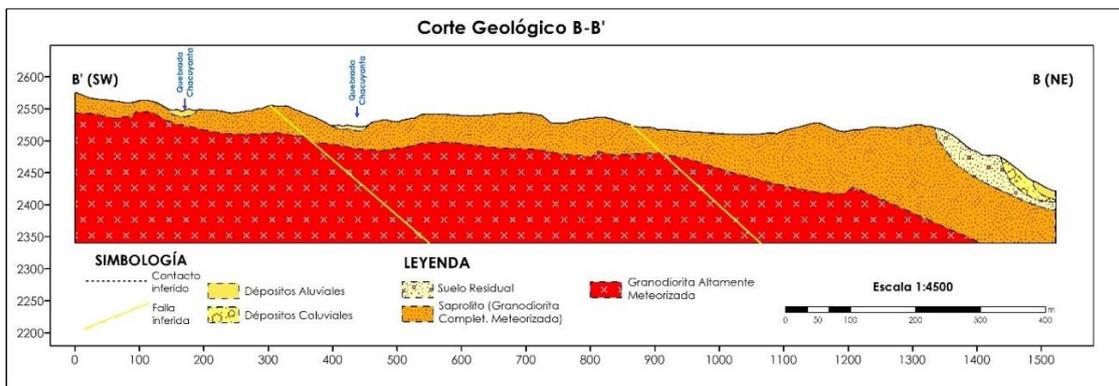


Figura 49 Corte geológico B-B'

En la Figura 49, se presenta el corte geológico B-B', con una longitud topográfica de 1602,17m y una orientación NE-SW. El corte geológico B-B' atraviesa contactos inferidos entre los diferentes materiales presentes en el tramo de estudio. Además de presenciarse que este corte atraviesa por dos fallas normales, que fueron inferidas, mediante fotointerpretación y corroboradas en campo. La potencia inferida del perfil es de 155m en el punto más alto en la cota 2 576 m (material saprolítico, seguida de depósitos aluviales, y granodiorita altamente meteorizada en la base del corte, y material de depósitos aluviales en la cota 2 543,28 m, pertenecientes a la terraza aluvial descrita con anterioridad en la geomorfología siendo en el punto topográfico más bajo del corte geológico.

- **Corte geológico C-C'**

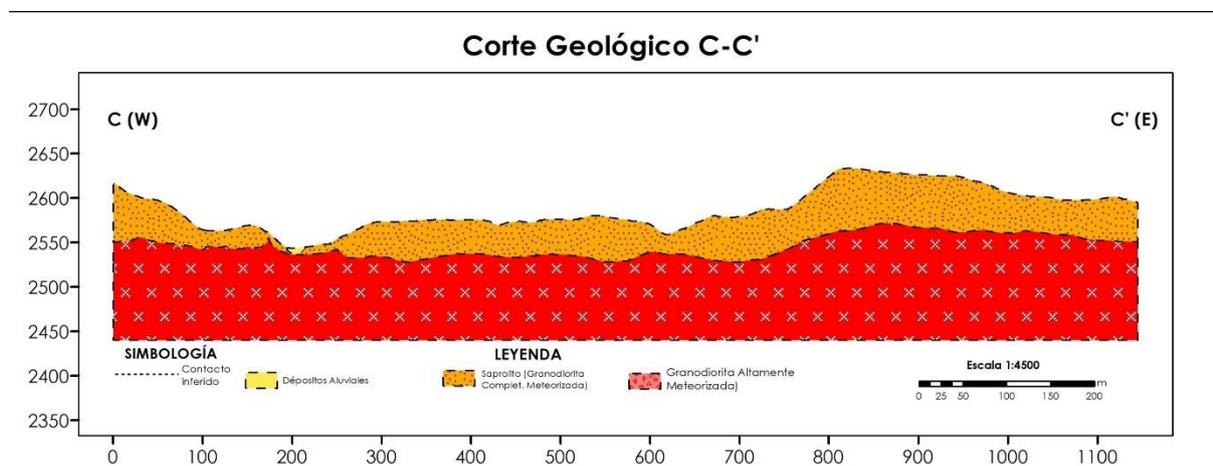


Figura 50 Corte geológico C-C'

En la Figura 50, se presenta el corte geológico C-C', con una longitud topográfica de 1145,47 m y una orientación SW-NE. El corte geológico C-C' atraviesa contactos inferidos entre los diferentes materiales presentes en el tramo de estudio. La potencia inferida del perfil es de 185m en el punto más alto en la cota 2 633,37 m (saprolito, como base se encuentra granodiorita en estado de meteorización alta) y siendo en la cota 2 421,7 m en el punto más bajo (se encuentra depósito aluvial, situada sobre el saprolito que es la granodiorita completamente meteorizada).

• **Corte geológico D-D'**

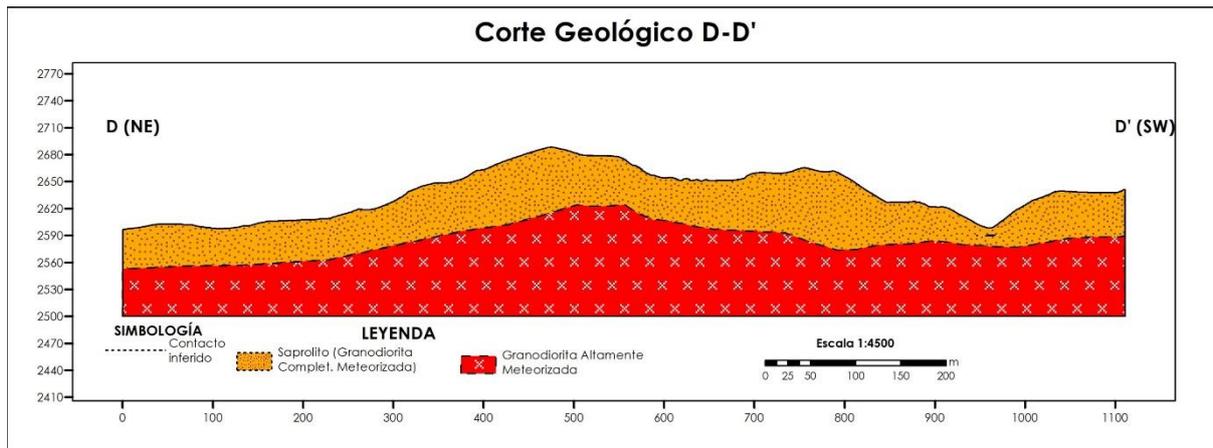


Figura 51 Corte geológico D-D'

En la Figura 51, se muestra el perfil geológico D-D', que tiene una longitud topográfica de 1 110,94 metros y se extiende en dirección noreste-suroeste. Este perfil geológico D-D' atraviesa las áreas se indica la representación de contactos inferidos entre los diversos materiales presentes en la zona de estudio. La potencia inferida del perfil es de 185m en el punto más alto en la cota 2 641,67 m (saprolítico, y una base de granodiorita altamente meteorizada); además en la cota 2 596,90 m en el punto más bajo (se encuentra saprolito, cabe recalcar que esta competencia del material es predominante en la zona y a lo largo de todo el corte geológico).

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

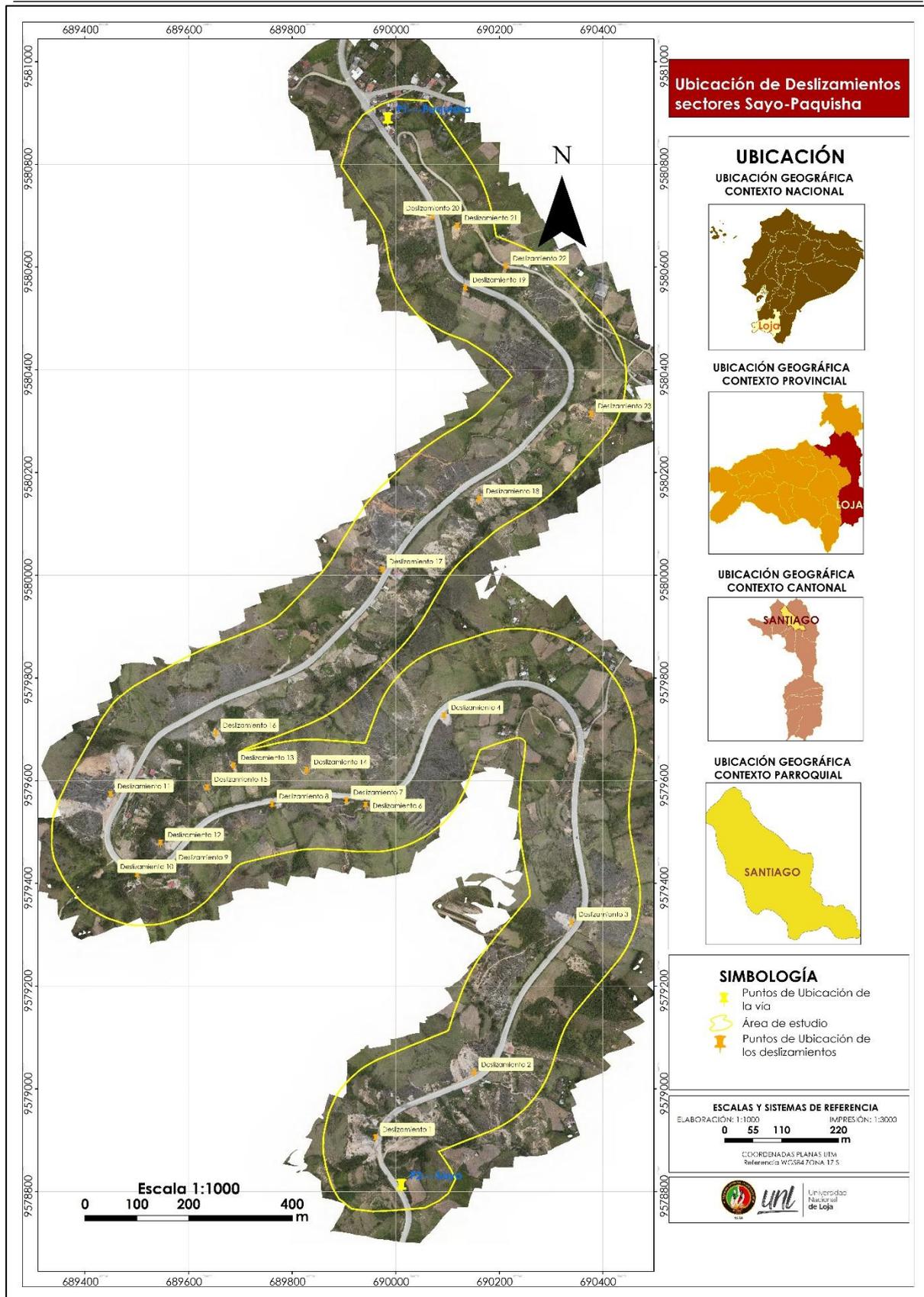


Figura 52 Ubicación de Deslizamientos y afloramientos de la zona de estudio Sector Sayo

Se realizó la confección del mapa geológico local mediante la recopilación de datos de afloramientos y deslizamientos ubicados dentro de la zona de estudio. Estos elementos fueron georreferenciados de acuerdo con la información proporcionada en las Tablas 19., de afloramientos y en la Tabla 20., de deslizamientos. Además, se tomó en el caso de ser necesario muestras de manos de rocas y clastos en cada uno de los deslizamientos y afloramientos, para describir. (Véase Anexo 10 y 11)

6.1.1.6 Inventario de Deslizamientos

En la zona de estudio se identificó veintitrés deslizamientos, sobre los cuales se ha tomado los deslizamientos más representativos de la zona del tramo de vía de los sectores Sayo-Paquisha. Sus características se describen a continuación.

Además, por la necesidad de representar medias de los parámetros morfométricos de cada uno de los deslizamientos, para ello fue necesario simular el estado anterior de los deslizamientos en el software Slide v6.0, con un modelamiento previo en el software Civil 3D v.2021, dicha simulación es conocida como retro cálculo, de acuerdo a Arellano, Bielefeldt y Correa (2017), tomando como base la topografía.:

- *Deslizamiento D-1*

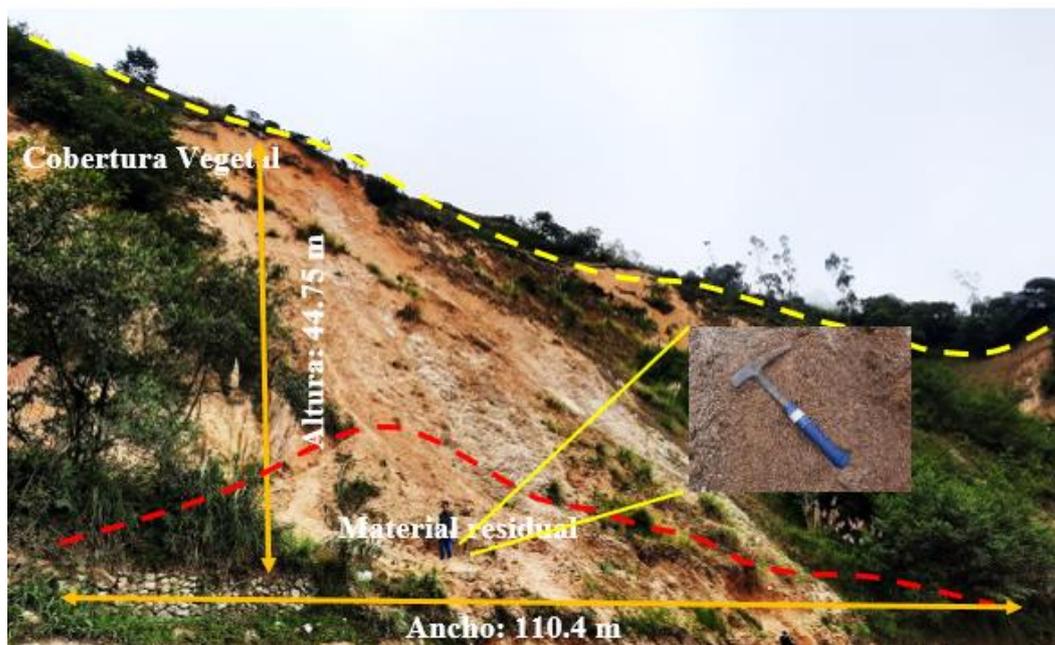


Figura 53 Deslizamiento D_1

El deslizamiento D_1, ubicado en las coordenadas DATUM UTM WGS 84 X: 689 961; Y: 9 578 903; Z: 2 640,1 de aproximadamente 0,58 Ha. Mediante la observación en campo y fotointerpretación se muestra rasgos morfológicos por su actividad a lo largo de los años.

Deslizamiento de tipo traslacional, está ubicado al margen derecho de la vía en el sentido Cuenca-Loja, en la parroquia Santiago al final del tramo de estudio, este cuenta con un material que lo conforma en su totalidad, tipo saprolito el mismo que proviene de la roca granodiorita, el cual es proveniente del batolito de San Lucas.

Se ha estimado que los factores condicionantes que inciden en el desplazamiento son principalmente el material alterado y fracturado tipo saprolito; el factor detonante son las fuertes lluvias que se presentan en esta zona. Geométricamente, el deslizamiento tiene una altura de 44,75 m, longitud de masa desplazada de 29,44 m y el ancho de masa desplazada es de 110,4 m. En el deslizamiento se evidencia la presencia de un escarpe principal que es poco evidente (ver Figura 53).

Parámetros Morfométricos del deslizamiento D_1

Los desplazamientos traslacionales generalmente tienen una relación D_r/L_r de menos de 0,1 donde: D_r es la profundidad de la superficie de falla y L_r la longitud de la superficie de falla (Skempton y Hutchinson, 1969). En este caso se tiene una relación de 0,098, por lo tanto, es un deslizamiento de tipo traslacional. A continuación, se presenta los parámetros morfométricos (ver Figura 54 y Tabla 20) del deslizamiento uno:

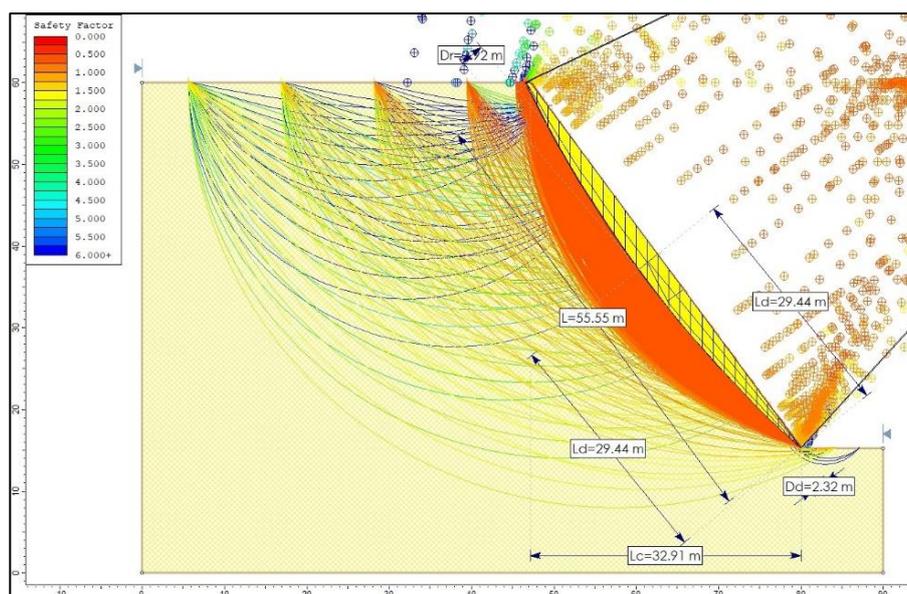


Figura 54 Parámetros morfométricos del deslizamiento D_1.

Tabla 20 Parámetros morfométricos del deslizamiento D_1

<i>PARÁMETRO</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>RESULTADO</i>
Ancho de la masa desplazada (Wd)	m	104,58
Ancho de la superficie de falla (Wr)	m	110,44
Longitud de la masa deslizada (Ld)	m	29,44
Longitud de la superficie de falla (Lr)	m	29,30
Profundidad de la masa desplazada (Dd)	m	2,32
Profundidad de la superficie de falla (Dr)	m	2,92
Longitud total (L)	m	55,55
Longitud de la línea central (Lc)	m	32,91
Relación Dr/Lr	-	0,098
Tipo de deslizamiento	Traslacional	

- ***Deslizamiento D-11***

El deslizamiento D_11, ubicado en las coordenadas DATUM UTM WGS 84 X: 689449; Y: 9 579 571; Z: 2 566,9 de aproximadamente 2,06 Ha. Mediante la observación en campo y fotointerpretación se muestra rasgos morfológicos del mismo el cual evidencia su actividad a lo largo de los años el cual refleja su estado antiguo, cuyo estilo es múltiple, actualmente se encuentra activo, con una forma general plana, además de poseer una superficie que está cubierta parcialmente de vegetación, el escarpe principal es parcialmente evidente, al pie del cuerpo del deslizamiento se encuentra material deslizado amontonado el mismo que es correspondiente a saprolito proveniente de la granodiorita, en la superficie de este se pudo presenciar humedad, es de origen antrópico por la apertura de la vía principal.

Deslizamiento de tipo traslacional, está ubicado al margen derecho de la vía en el sentido Cuenca-Loja, en la parroquia Santiago, cuenta con la presencia de bancos de estabilización en el del deslizamiento, fuertemente erosionado en la parte derecha, se presencia grietas por flujos de agua por efecto de las precipitaciones y escorrentía superficial, también se encuentra granodioritas con presencia de pórfidos, diques de andesita meteorizada uno de 95 cm de potencia y otro de 25 cm de potencia.

Se ha estimado que los factores condicionantes que inciden en el desplazamiento son principalmente el material alterado y fracturado tipo saprolito; el factor detonante son las fuertes lluvias que se presentan en esta zona, además de que el material es altamente permeable, el deslizamiento tiene una altura de 65,3 m, longitud de masa desplazada de 95,35 m y el ancho de masa desplazada es de 215,45 m. En el deslizamiento se evidencia la presencia de un escarpe principal que es poco evidente (ver *Figura 55*).

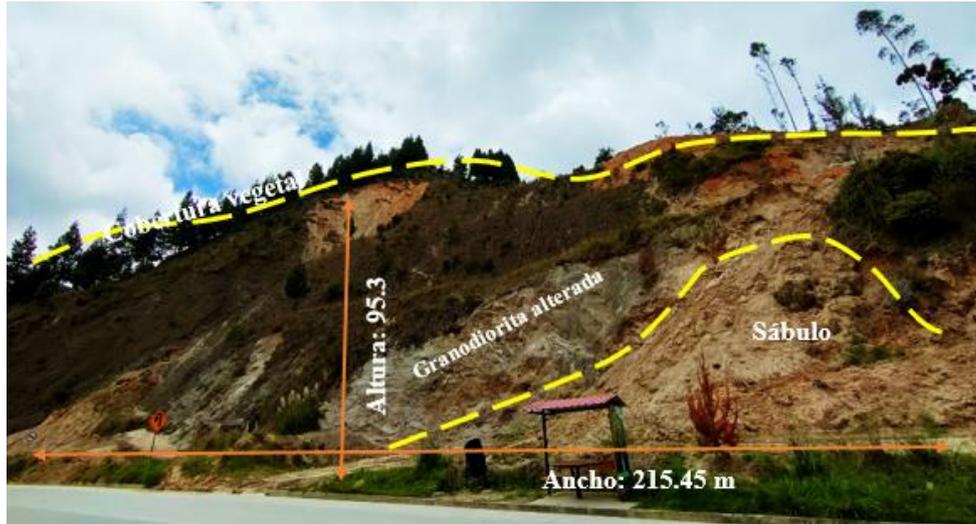


Figura 55 Deslizamiento D_11

Parámetros morfométricos Deslizamiento D_11.

En este caso se tiene una relación D_r/L_r de 0,08, por lo tanto, es un deslizamiento de tipo traslacional. A continuación, se presenta los parámetros morfométricos (ver Figura 56 y Tabla 21) del deslizamiento D_11:

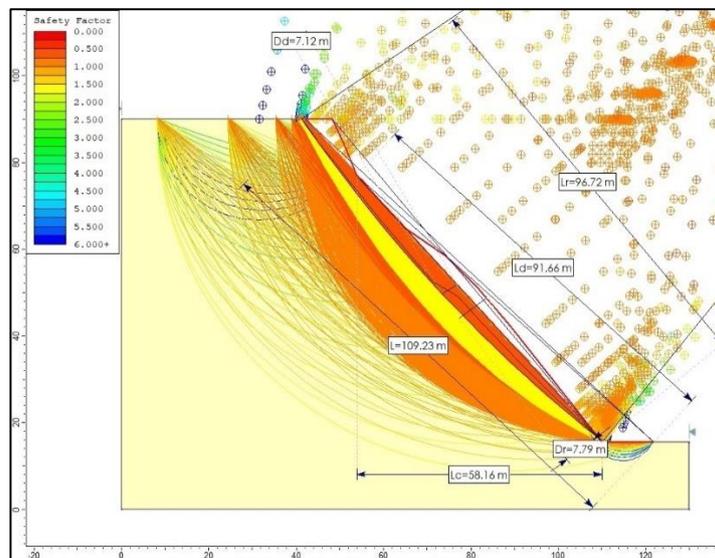


Figura 56 Parámetros morfométricos Deslizamiento D_11.

Tabla 21 Parámetros morfométricos Deslizamiento D11.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Ancho de la masa desplazada (Wd)	m	212,56
Ancho de la superficie de falla (Wr)	m	215,45
Longitud de la masa deslizada (Ld)	m	91,66
Longitud de la superficie de falla (Lr)	m	96,72
Profundidad de la masa desplazada (Dd)	m	7,12

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

Profundidad de la superficie de falla (Dr)	m	7,79
Longitud total (L)	m	109,23
Longitud de la línea central (Lc)	m	58,16
Relación Dr/Lr	-	0,08
Tipo de deslizamiento	Traslacional	

Deslizamiento D-23

El deslizamiento D_23, ubicado en las coordenadas DATUM UTM WGS 84 X: 690378; Y: 9 580 312; Z: 2 433,6 msnm de aproximadamente 0,14 Ha. Mediante la observación en campo y fotointerpretación se muestra rasgos morfológicos del mismo el cual evidencia su actividad a lo largo de los años el cual refleja su estado antiguo, cuyo estilo es único, actualmente se encuentra activo, con una forma general tipo plano, además de poseer una superficie que está cubierta parcialmente de vegetación, el escarpe principal es bien evidente, al pie del esta amontonado, una intensidad de forma clara, los márgenes son parcialmente evidentes, la morfología es ondulada, en la superficie de este se pudo presenciar humedad, es de origen natural el mismo que entre uno de los factores que incidieron para la actividad de este son las escorrentías.

Deslizamiento de tipo traslacional, está ubicado al margen izquierdo de la vía en el sentido Cuenca-Loja, en la parroquia Santiago, el material que lo compones es granodiorita meteorizada tipo saprolito la coloración de este material es de tonalidad variante de amarillo a anaranjado.

Se ha estimado que los factores condicionantes que inciden en el desplazamiento son principalmente el material alterado y fracturado tipo saprolito, además por su posición el escarpe principal recibe toda el agua proveniente de escorrentía; el factor detonante son las fuertes lluvias que se presentan en esta zona, además de que el material es altamente permeable, el deslizamiento tiene una altura de 23,43 m, longitud de masa desplazada de 23,43 m y el ancho de masa desplazada es de 62,35 m. En el deslizamiento se evidencia la presencia de un escarpe principal que es poco evidente (ver *Figura 57*).

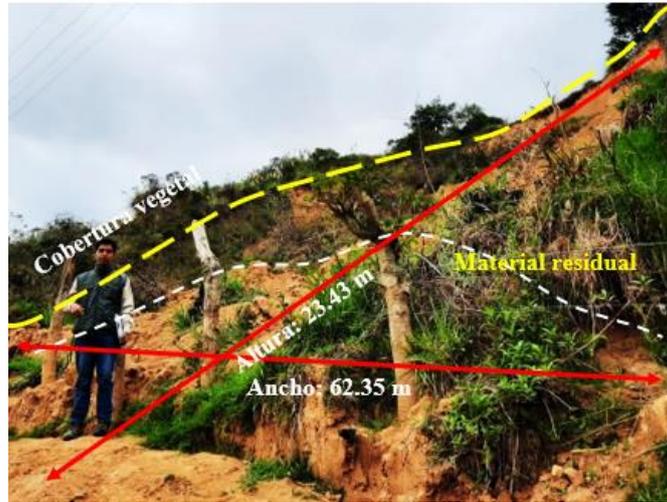


Figura 57 Deslizamiento D-23

Parámetros morfométricos Deslizamiento D_23.

En este caso se tiene una relación D_r/L_r de 0,04, por lo tanto, es un deslizamiento de tipo traslacional. A continuación, se presenta los parámetros morfométricos (ver Figura 58 y Tabla 22) del deslizamiento D_23:

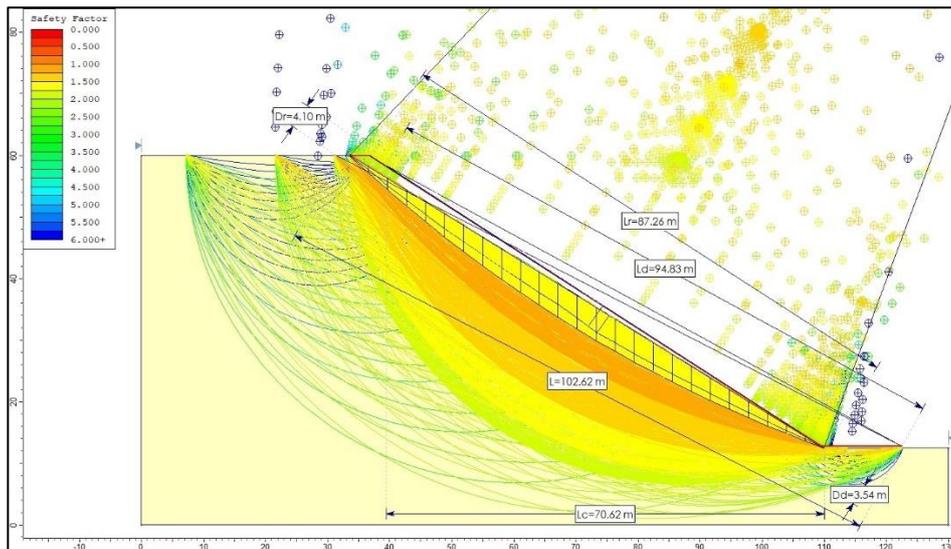


Figura 58 Parámetros morfométricos Deslizamiento D23.

Tabla 22 Parámetros morfométricos Deslizamiento D23.

<i>PARÁMETRO</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>RESULTADO</i>
Ancho de la masa desplazada (Wd)	m	61,24
Ancho de la superficie de falla (Wr)	m	62,35
Longitud de la masa deslizada (Ld)	m	94,83
Longitud de la superficie de falla (Lr)	m	87,26
Profundidad de la masa desplazada (Dd)	m	3,54
Profundidad de la superficie de falla (Dr)	m	4,10
Longitud total (L)	m	102,62

Longitud de la línea central (Lc)	m	70,62
Relación Dr/Lr	-	0,04
Tipo de deslizamiento	Traslacional	

6.2 Caracterización Geotécnica

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción, capítulo NEC-SE-GC GEOTECNIA Y CIMENTACIONES (2014), el estudio geotécnico se define como el conjunto de actividades llevadas a cabo en un terreno con el propósito de evaluar su viabilidad de uso, identificar posibles problemas, establecer criterios geotécnicos y determinar parámetros generales (NEC, 2014).

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad aportar con información que servirá de base para el planteamiento de medidas de solución y mejoramiento de la estabilidad del tramo de vía de estudio. Dado el contexto descrito anteriormente en relación a las características de la zona de estudio, que incluyen elementos como geología, topografía, entre otros, se realizó un trabajo de campo que involucró métodos directos como la excavación de 3 calicatas geotécnicas, con el objetivo de adquirir información sobre las propiedades físico-mecánicas de los suelos. Además, se emplearon métodos indirectos como los sondeos eléctricos verticales (SEV) y se realizaron ensayos de laboratorio.

6.2.1 Calicatas (Método directo)

Se realizó la apertura de 3 calicatas, las mismas que fueron debidamente georreferenciadas. Describas a continuación:

6.2.1.1 Calicata 1

6.2.1.1.1 Clasificación SUCS

Para determinar el tipo de suelo que estamos estudiando es necesario realizar análisis granulométricos y límites de Atterberg que dieron los siguientes resultados:

Para inspeccionar e identificar el tipo de suelo se tomaron tres calicatas y se tomó muestras a 0,5, 1,0 y 1,5 metros. Los resultados obtenidos en el laboratorio permitieron la clasificación del tipo de suelo utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y las pautas establecidas por la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO). En el Anexo 12 se encuentran los ensayos de clasificación. Los resultados de cada muestra de las 3 calicatas realizadas se muestran a continuación:

Tabla 23 Resultados obtenidos en la calicata N°1

CALICATA 1					
PROFUNDIDAD		m	0,50	1,00	1,50
GRANULOMETRIA	GRAVAS	%	0,81	0,53	3,22
	ARENAS	%	62,87	57,34	86,15
	FINOS	%	36,32	42,13	10,63
LIMITES DE ATTERBERG	C.H	%	23,59	21,06	10,82
	L.L	%	40	47	0
	L.P	%	22	36	0
	I.P	%	18	11	0
CLASIFICACIÓN		SUCS	SC	SC	SM-SW
		AASHTO	A-6	A-7-5	A-1-b
DESCRIPCIÓN DEL SUELO		SUCS	Arena arcillosa	Arena arcillosa	Arena bien graduada con limo
		AASHTO	Suelos arcillosos	Suelos arcillosos	Cantos, grava y arena
PERFIL GEOTÉCNICO (SUCS)					

Nota. ESTSUELCON (2023)

Modificado por: Autor (2025).

A 0,50 y 1,00 m: El suelo es principalmente una arena arcillosa, lo que puede presentar problemas de drenaje, capacidad de carga y estabilidad, especialmente en condiciones de humedad elevada, el suelo presenta características más arcillosas y cohesivas, lo que lo hace más susceptible a cambios volumétricos en forma de hinchamiento o contracción cuando se expone a cambios de contenido de agua, además cuenta con una plasticidad moderada, estos suelos tienen una calificación de regulares a malos.

A 1,50 m: El suelo cambia significativamente a una arena bien graduada con limo y grava, lo que mejora las condiciones geotécnicas del terreno, haciéndolo más adecuado para soportar cargas y facilitando el drenaje del agua, estos suelos tienen una calificación de excelentes a buenos.

6.2.1.2 Calicata 2

Tabla 24 Resultados obtenidos en la calicata N°2

CALICATA 2					
PROFUNDIDAD		m	0,50	1,00	1,50
GRANULOMETRIA	GRAVAS	%	8,37	0	0
	ARENAS	%	85,92	87,31	86,15
	FINOS	%	5,71	12,69	10,63
LIMITES DE ATTERBERG	C.H	%	5,14	6,26	10,82
	L.L	%	0	0	0
	L.P	%	0	0	0

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

I.P	%	0	0	0
CLASIFICACIÓN	SUCS	SW-SM	SW-SM	SM-SW
	AASHTO	A-1-b	A-1-b	A-1-b
DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	Arena bien graduada con limo	Arena bien graduada con limo	Arena bien graduada con limo
	AASHTO	Cantos, grava y arena	Cantos, grava y arena	Cantos, grava y arena
PERFIL GEOTÉCNICO (SUCS)				

Nota. ESTSUELCON (2023)

Modificado por: Autor, 2025.

- **Gravas:** Hay una disminución de gravas con la profundidad, siendo mayor a 0,50 m (8,37%) y disminuyendo a 0% a 1,50 m.
- **Arenas:** Predominan en todas las profundidades, con porcentajes muy altos, especialmente entre 0,50 m y 1,50 m (85,92% a 87,31%). Esto indica un suelo bien granular y favorable para la estabilidad.
- **Finos:** El contenido de finos es relativamente bajo, con un máximo de 12,69% a 1,00 m. La baja presencia de finos es beneficiosa, ya que estos suelos no retienen excesiva humedad y son menos susceptibles a problemas de compactación y estabilidad.

Esta calicata presenta un suelo predominantemente granular que carece de cohesión y presenta partículas como arena o grava que no se adhieren entre sí, lo que compromete a la estabilidad de los taludes.

6.2.1.3 Calicata 3

Tabla 25 Resultados obtenidos en la calicata N°3

CALICATA 3					
PROFUNDIDAD		m	0,50	1,00	1,50
GRANULOMETRIA	GRAVAS	%	1,74	0,80	0
	ARENAS	%	88,6	87,94	90,92
	FINOS	%	9,65	11,26	9,08
LIMITES DE ATTERBERG	C.H	%	6,62	6,82	8,17
	L.L	%	0	0	0
	L.P	%	0	0	0
	I.P	%	0	0	0
CLASIFICACIÓN	SUCS		SW-SM	SW-SM	SM-SW
	AASHTO		A-1-b	A-1-b	A-1-b
DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS		Arena bien graduada con limo	Arena bien graduada con limo	Arena bien graduada con limo

	AASHTO	Cantos, grava y arena	Cantos, grava y arena	Cantos, grava y arena
--	--------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

PERFIL GEOTÉCNICO (SUCS)

Nota. ESTSUELCON (2023)

Modificado por: Autor, 2025.

- **Gravas (%):** Los porcentajes de gravas son bajos (1,74% a 0% a medida que se profundiza). Esto indica que el suelo es predominantemente arenoso y no tiene una alta proporción de partículas gruesas.
- **Arenas (%):** Las arenas constituyen la mayor proporción del suelo (entre 83,6% y 90,92%), lo que sugiere que el suelo tiene una estructura granular suelta.
- **Finos (%):** Los porcentajes de finos varían entre 9,65% y 11,26%. Aunque no son dominantes, los finos como el limo pueden influir en la cohesión y drenaje del suelo.

Las condiciones presentes en el suelo, con predominancia de arenas bien gradadas con limo y baja plasticidad, indican que la baja cohesión y presencia de limo requiere atención especial para evitar problemas de asentamiento y estabilidad.

6.2.2 Corte directo (muestras inalteradas)

Se seleccionaron muestras representativas basadas en la litología, las cuales fueron sometidas al ensayo de corte directo en el laboratorio. Ver el Anexo 13. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 26 Resultados obtenidos de los ensayos de corte directo

Muestra	N°. Ensayo	Profundidad (m)	Densidad (g/cm ³)	Esfuerzos (kg/cm ²)			Angulo de Fricción (°)	Cohesión (kg/cm ²)
				X	Y	Y calculado		
				Norma l	Cortante	Tangencial		
Corte directo 1	1	0,5	1,8690	1,28	0,202	0,2271	11	0,010
	2	0,5	1,8100	2,55	0,491	0,4506		
	3	0,5	1,6700	5,10	0,917	0,8976		
Corte directo 2	1	0,5	1,8892	1,28	0,285	0,2271	15	0,0102
	2	0,5	1,9000	2,55	0,522	0,4506		
	3	0,5	1,8800	5,10	1,237	0,8976		
Corte directo 3	1	0,5	1,8307	1,28	0,466	0,2271	15	0,24
	2	0,5	1,9300	2,55	1,056	0,4506		
	3	0,5	1,9200	5,10	1,514	0,8976		

Nota. ESTSUELCON (2023)

Modificado: Autor, 2025

Los valores correspondientes a la densidad, ángulos de fricción y cohesión están detallados en la *Tabla 26*, los que detallan lo siguiente:

Los valores de densidad varían entre $1,67 \text{ g/cm}^3$ y $1,92 \text{ g/cm}^3$, lo que significa que el suelo presenta una densidad suelta a media por lo tanto se considera un suelo con baja estabilidad.

Los ángulos de fricción son 11° y 15° , lo cual es típico de suelos arenosos. Estos valores indican cómo de resistente es el suelo al deslizamiento bajo esfuerzos cortantes.

Los valores de cohesión varían ampliamente entre $0,010 \text{ kg/cm}^2$ y $0,24 \text{ kg/cm}^2$. La cohesión es la fuerza que mantiene unidas las partículas del suelo y es crucial para la resistencia al corte. Los valores bajos de cohesión ($0,010\text{-}0,0102 \text{ kg/cm}^2$) en los ensayos 1 y 2 del corte directo indican que el suelo es poco cohesivo, lo que significa que las partículas no tienen una alta capacidad de unirse entre sí, lo que genera inestabilidad. Sin embargo, en el ensayo de corte directo 3, la cohesión aumenta significativamente a $0,24 \text{ kg/cm}^2$, lo que indica una mayor resistencia del suelo a fuerzas que tienden a separarlo.

6.2.3 Sondeos eléctricos verticales – SEV (Método indirectos)

Los resultados se obtuvieron mediante un análisis tanto cuantitativo como cualitativo de las curvas provenientes de los sondeos eléctricos verticales. Este análisis implicó una evaluación manual en la que se compararon las curvas obtenidas en el campo con las curvas teóricas proporcionadas en libros de referencia sobre Resistividad Eléctrica, específicamente escritos por los autores Orellana - Mooney y Pilaeb A. M. (Ver Anexo 14)

Además, se aplicaron herramientas informáticas especializadas para la interpretación de los datos, como el software IPI2win, y para la presentación de los resultados se utilizó el programa WinSEV. Luego, se procedió a determinar los espesores de las capas y las resistividades verdaderas asociadas a cada una de ellas.

6.2.3.1 SEV 1

Situado al norte del área de estudio y ubicado en las coordenadas $690065 \text{ mE} - 9570369 \text{ mN}$, se estableció una apertura de AB/2 de 100 metros y se estimó que tenía una profundidad de 24 metros. Los datos utilizados en el software IPI2Win para su posterior interpretación se encuentran representados en la Figura 59, y se destacó un margen de error del 2,16%.

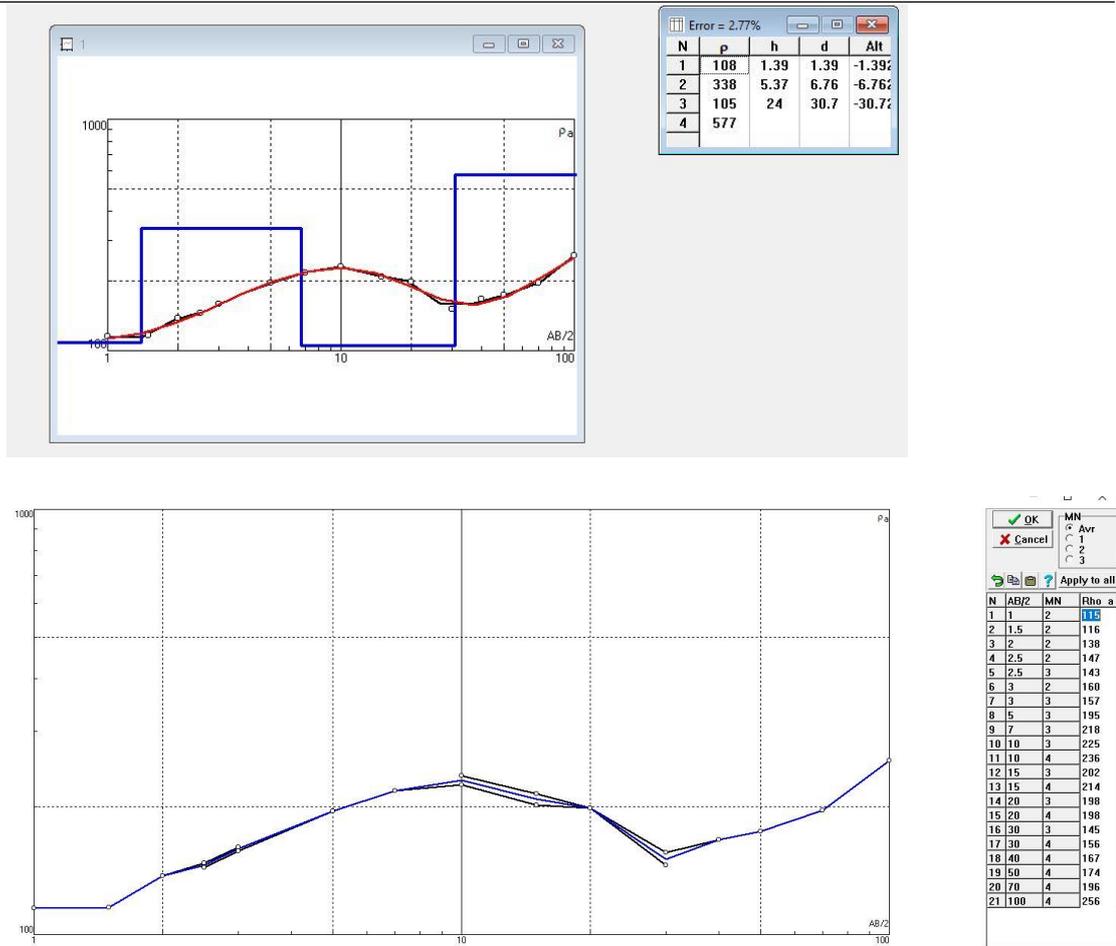


Figura 59 Curva de resistividad eléctrica y tabla de resistividad real, espesor, y profundidad, SEV 1.

Nota. ESTSUELCON (2023)

Tabla 27 Resultados de los SEV 1 realizados.

N.º SEV	N.º CAPA	Resistividad Ωm	Espesor (m)	Correspondencia del material
1	1	108	1,39	Material de cobertura superficial.
	2	338	5,37	Material saprolítico y bloques de granodiorita y granito.
	3	105	24	Material saprolítico y bloques de granodiorita y granito, con traza de humedad.
	4	577	∞	Granodiorita altamente fracturada y meteorizada.

Nota. ESTSUELCON (2023).

Modificado: Autor, 2025

Interpretación: Según la curva de resistividad eléctrica (como se observa en la Tabla 27) y el perfil geo eléctrico (como se observa en la Figura 62.) se establece 4 capas. La primera capa representa un material de cobertura superficial con un espesor de 1,39 m y una resistividad

de 108 Ω m que es baja, lo que sugiere una capa poco consolidada, compuesta de suelos superficiales con algo de humedad o material suelto. La segunda capa se conforma de material saprolítico y bloques de granodiorita y granito con una potencia de 5,37 m, con mayor resistividad de 338 Ω m, indica una mezcla de roca descompuesta y fragmentos rocosos más grandes, con menor contenido de humedad que la capa superficial. La tercera es una zona amplia donde la meteorización ha generado un material más permeable o con mayor humedad, lo que aumenta la conductividad eléctrica esta corresponde a material saprolítico y bloques de granodiorita y granito, con traza de humedad con resistividad de 105 Ω m y potencia de 24m. Y, por último, una capa de resistividad relativamente de alta 577 Ω m indica que, pese a la fracturación, el material presenta condiciones de menor humedad o una estructura consolidada en comparación con las capas superiores. Esta capa representa el basamento rocoso extendido en profundidad.

6.2.3.2 SEV 2

Situado al norte del área de estudio y localizado en las coordenadas 690076 mE - 9570258mN, se definió una apertura de AB/2 de 100 metros y se estimó que tenía una profundidad de 14,3 metros. La *Figura 60* muestra los datos utilizados en el software IPI2Win para su posterior interpretación, con un margen de error del 2,16%.

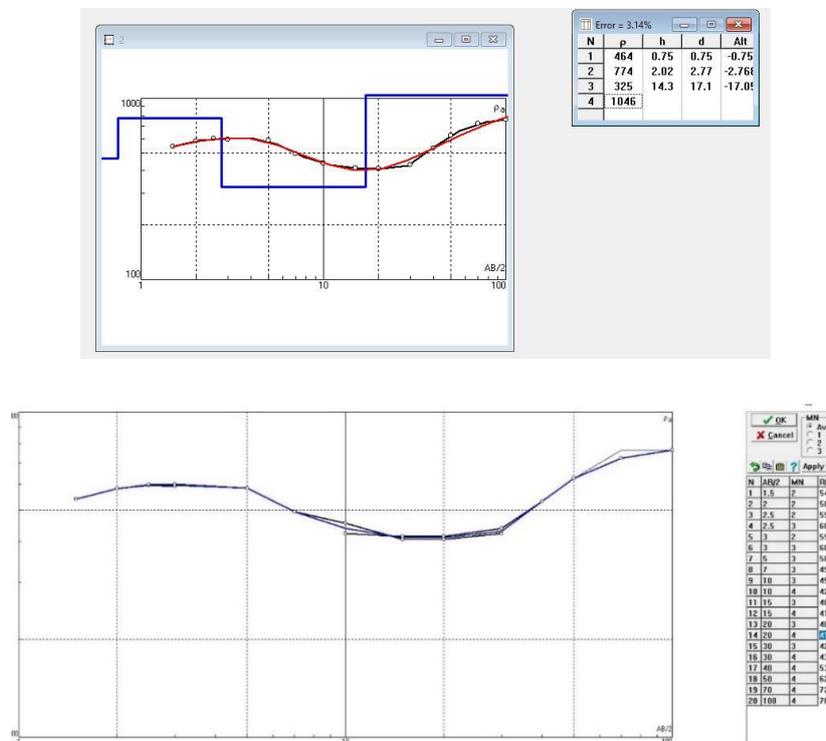


Figura 60 Curva de resistividad eléctrica y tabla de resistividad real, espesor, y profundidad, SEV 2.

Nota. ESTSUELCON (2023)

Tabla 28 Resultados de los SEV 2 realizados.

N° SEV	N° CAPA	Resistividad Ωm	Espesor (m)	Correspondencia del material
2	1	464	0,75	Material saprolítico y bloques de granodiorita y granito. (mayor porcentaje de arenas y limos)
	2	774	2,02	Material saprolítico y bloques de granodiorita y granito. (mayor porcentaje de fragmentos y bloques)
	3	325	14,3	Material saprolítico y bloques de granodiorita y granito, con traza de humedad.
	4	1046	∞	Granodiorita fracturada a roca sana.

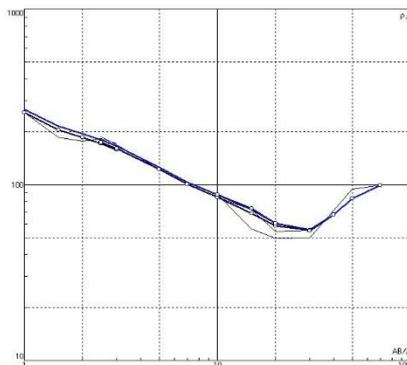
Nota. ESTSUELCON (2023).

Modificado: Autor, 2025

Interpretación: Según la curva de resistividad eléctrica (como se observa en la Tabla 28.) y el perfil geo eléctrico (como se observa en la Figura 62.), se establece 4 capas. La primera capa relativamente delgada de 0,75 m que corresponde a un material con buena permeabilidad y menos saturado, posiblemente debido a un mayor contenido de partículas finas (arenas y limos) que favorecen un drenaje más eficiente y una resistividad elevada de 464 Ωm . La segunda capa se conforma de material saprolítico y bloques de granodiorita y granito (mayor porcentaje de fragmentos y bloques) con resistividad de 774 Ωm y potencia de 2,02m. La tercera capa corresponde a material saprolítico y bloques de granodiorita y granito, con traza de humedad, con resistividad de 325 Ωm y una potencia de 14,3m. Y, por último, una capa con resistividad de 1046 Ωm y sin una potencia definida correspondiente a granodiorita fracturada a roca sana.

6.2.3.3 SEV 3

Situado al norte del área de estudio y con coordenadas 689975 mE – 9578885 mN, presentó una abertura de AB/2 de 70 metros y una profundidad estimada de 14,3 metros. En la Figura 61 se pueden observar los datos empleados para su interpretación.



N	AB/2	MN	Rho a)
1	1	2	251
2	1,5	2	205
3	2	2	186
4	2,5	2	171
5	2,5	3	174
6	3	2	158
7	3	3	161
8	5	3	122
9	7	3	101
10	10	3	85,2
11	10	4	87,9
12	15	3	68,7
13	15	4	73,3
14	20	3	58,3
15	20	4	60,3
16	30	3	55,3
17	30	4	54,7
18	40	4	67,6
19	50	4	83,6
20	70	4	99,2

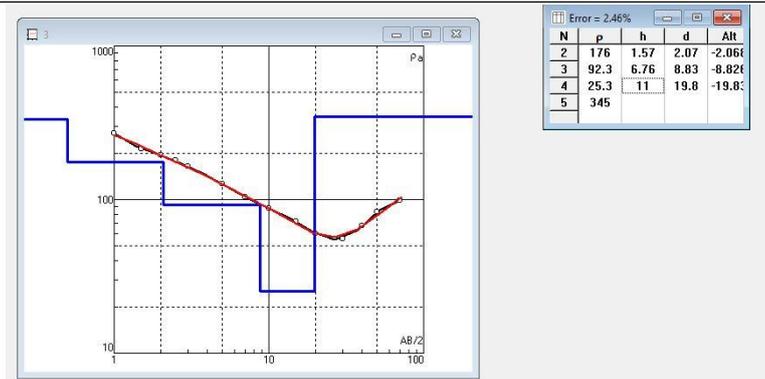


Figura 61 Curva de resistividad eléctrica y tabla de resistividad real, espesor, y profundidad, SEV 3.

Nota. ESTSUELCON (2025)

Tabla 29 Resultados de los SEV 3 realizados.

Nº SEV	Nº CAPA	Resistividad Ωm	Espesor (m)	Correspondencia del material
3	1	176	1,57	Material saprolítico.
	2	92,3	6,76	Material saprolítico y fragmentos de granodiorita y granito, con traza de humedad.
	3	25,3	11	Material saprolítico y bloques de granodiorita y granito, con altos índices de saturación.
	4	345	∞	Granodiorita altamente fracturada y meteorizada con indicios de humedad.

Nota. ESTSUELCON (2023)

Modificado: Autor, 2025

Interpretación: Según la curva de resistividad eléctrica (como se observa en la Tabla 29.) y el perfil geo eléctrico (como se observa en la Figura. 62), se establece 4 capas. La primera capa corresponde a material saprolítico con una potencia de 1,57 m y una resistividad de 176 Ωm . La segunda capa se conforma de material saprolítico y fragmentos de granodiorita y granito, con traza de humedad, con resistividad de 92,3 Ωm y potencia de 6,76m. La tercera capa corresponde a material saprolítico y bloques de granodiorita y granito, con altos índices de saturación., con resistividad de 25,3 Ωm y una potencia de 11m. Y, por último, una capa con resistividad de 345 Ωm y sin una potencia definida correspondiente a granodiorita altamente fracturada y meteorizada con indicios de humedad.

6.2.3.4 Perfil de resistividades eléctricas

Como resultado y a manera de resumen se de los SEVs aplicados se obtiene un perfil de resistividades eléctricas mostrado en la *Figura 62*.

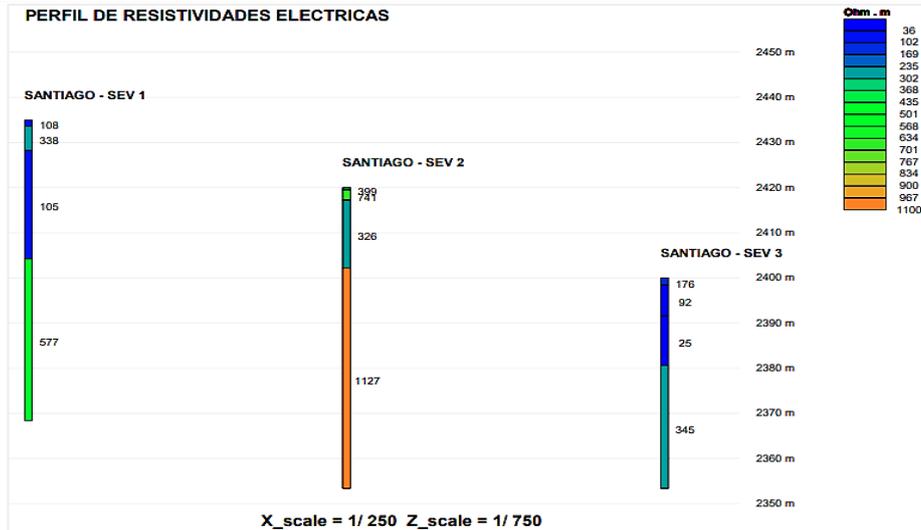


Figura 62 Perfil de resistividades eléctricas

Partiendo del perfil de resistividades eléctricas y una vez interpretados los resultados se procede a establecer la *Tabla 30*, que con tiene dicha representación:

Tabla 30 Resumen de los resultados de los SEV's realizados

Nº SEV	Nº CAPA	Resistividad Ωm	Espesor (m)	Correspondencia del material
1	1	108	1,39	Material de cobertura superficial.
	2	338	5,37	Material saprolítico y bloques de granodiorita y granito.
	3	105	24	Material saprolítico y bloques de granodiorita y granito, con traza de humedad.
	4	577	∞	Granodiorita altamente fracturada y meteorizada.
2	1	464	0,75	Material saprolítico y bloques de granodiorita y granito. (mayor porcentaje de arenas y limos)
	2	774	2,02	Material saprolítico y bloques de granodiorita y granito (mayor porcentaje de fragmentos y bloques)
	3	325	14,3	Material saprolítico y bloques de granodiorita y granito, con traza de humedad.
	4	1046	∞	Granodiorita fracturada a roca sana.
3	1	176	1,57	Material saprolítico.
	2	92,3	6,76	Material saprolítico y fragmentos de granodiorita y granito, con traza de humedad.
	3	25,3	11	Material saprolítico y bloques de granodiorita y granito, con altos índices de saturación.
	4	345	∞	Granodiorita altamente fracturada y meteorizada con indicios de humedad.

Nota. ESTSUELCON (2023).

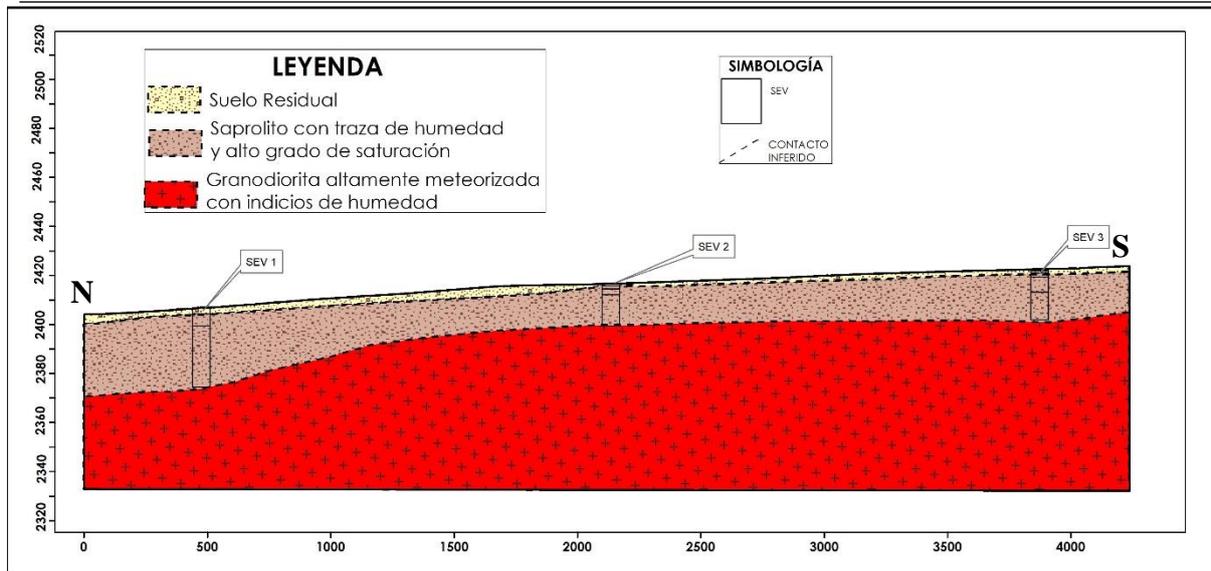


Figura 63 Correlación estratigráfica de los SEVS

El SEV 1 ubicado cerca del comienzo del perfil, intercepta una capa delgada de suelo residual, seguida de saprolito con humedad, y finalmente llega a la granodiorita meteorizada. El SEV 2 se encuentra ubicado hacia la mitad del perfil y muestra una secuencia similar a SEV 1, pero con una capa intermedia de saprolito más pronunciada, lo que podría sugerir un área de mayor espesor de material alterado antes de llegar a la granodiorita meteorizada. El SEV 3 ubicado hacia el final del perfil, muestra una capa similar a SEV 1, pero con una mayor inclinación en la transición a la granodiorita meteorizada.

El suelo residual cubre toda la parte superior del perfil, y debajo de este se encuentra una capa de saprolito con humedad, que varía en espesor en cada SEV. Finalmente, en las zonas más profundas, encontramos la granodiorita meteorizada con indicios de humedad. La profundidad a la que se encuentra la granodiorita meteorizada varía, siendo más superficial en SEV 1 y más profunda en SEV 3. El saprolito muestra indicios de estar saturado, especialmente en las zonas cercanas a los SEV, lo que podría implicar la existencia de niveles freáticos o zonas de recarga de agua subterránea.

6.3 Análisis de Estabilidad Global

A partir de la caracterización geológica y de las propiedades geotécnicas, además del trabajo de campo realizado, como resultado de los ensayos realizados se obtiene los parámetros para el modelamiento Estático de los tres deslizamientos en el programa Slide v6.0. (ver Tabla 31).

Tabla 31 Parámetros de materiales litológicos en el software Slide V6.0

Id	Altura m	Litología	Ensayo	Peso específico	Ángulo de fricción	Cohesión
				(γ) KN/m ³	(ϕ) °	(C) KN/m ²
D1	48,55	Saprolito	Corte Directo	18,570	15	23,536
D11	59,75	Saprolito	Corte Directo	18,532	15	1
D20	33,72	Arena arcillosa	Corte Directo	17,485	11	0,981

6.3.1 Modelamiento Estático

El modelo estático considera las condiciones normales de los materiales, estas condiciones están determinadas por los parámetros geotécnicos obtenidos mediante ensayos de laboratorio, estos se ingresan al software Slide v6.0, con la finalidad de obtener el factor de seguridad, en condiciones actuales.

El factor de seguridad, es un valor que indica la estabilidad o inestabilidad de taludes. Dentro de la calificación cuantitativa que se puede otorgar a los taludes para cargas estáticas se encuentra un factor de seguridad $> 1,5$, considerándose como estable; cuando el valor del factor de seguridad es muy inferior, es decir < 1 , se considera como inestable. Además, de las consideraciones mencionadas se tiene valores que oscilan entre 1 y 1,5, se calificará como crítico ese valor del factor de seguridad, como lo menciona (Suarez, 2009)

Seguidamente, se describen los deslizamientos más representativos del área de estudio, los resultados obtenidos hacen referencia a los parámetros determinados en los ensayos geotécnicos, algunos se calcularon con los resultados directamente obtenidos y otros valores se tomaron como referencia de tablas recuperadas de estudios realizados sobre el material y roca de interés, los valores tomados se muestran en la *Tabla.32*. Dichos deslizamientos son:

Tabla 32 Propiedades geotécnicas de los materiales

UNIDAD GEOTÉCNICA	γ_n (kN/m ³)	σ_c (kg/cm ²)	E (Kg/cm ²)	ν	c' (kg/cm ²)	Φ' (°)
Gr-1 Granodiorita con grado de alteración I y II (roca matriz)	25.0 - 27.5	400-1500	250000-700000	0.25	-	-
Gr-1 Granodiorita con grado de alteración I, II y III (macizo rocoso)	-	-	10000-50000	-	1-3	40-51
Pf diques de pórfido (roca matriz)	26.0 - 27.0	600-1200	250000-700000	0.25	-	-
Pf diques de pórfido (macizo rocoso)	-	-	10000-200000	-	0.5-1.5	31-45
Bf brecha de falla	23.0 - 25.0	3.0-6.0	4000-6000	0.35	0.5-1	28-32
CO rocas metamórficas de contacto: cornubianita (roca matriz)	27.0 - 28.0	200-300	30000-80000	0.33	-	-
CO rocas metamórficas de contacto: cornubianita (macizo rocoso)	-	-	10 ⁴ -10 ⁵	-	0.15-0.5	27-35
Gr-2 Granodiorita y pórfidos con grado de alteración IV-V	20.0 - 21.0	0.8-1.2	500-2500	0.35	0.5-1	35-40
M gravas con matriz arcillosa muy densa con abundantes bloques dispersos	23.0 - 25.0	500	2500-3000	0.35	0.5-1	28-32
Qcs Limos arenosos con gravas dispersas, consistencias de baja a media (cuaternario coluvial)	21.0-22.0	0.5-2.0	250-500	0.35	0.25-0.75	25-30
Qb1 Limos y arcillas orgánicas de baja consistencia (sedimentos de inundación de llanura aluvial)	20.0 -20.5	0.25-0.5	100-200	0.35	0.1-0.2	27-32
Qb2 Arenas medias a groseras de densidad media(complejo detrítico superior del delta del Besòs)	20.0 - 21.0	0.25	200-300	0.35	0-0.2	29-36
Qb3 Arenas finas y limos de consistencia blanda/ muy blanda (cuña intermedia del Besòs)	18.0 -19.0	0.4-0.6	100-200	0.35	0.2-0.3	30-32
Qb2g Gravas y arenas de densidad media(complejo detrítico superior del delta del Besòs)	20.0 - 21.0	0.25	200-300	0.35	0-0.1	36-40
Qb4 Gravas y arenas groseras densas (complejo detrítico inferior del delta del Besòs)	20.0 - 21.0	0.25	200-300	0.35	0-0.1	36-40
R rellenos antrópicos y suelos vegetales	16.0 -18.0	0.25	50-100	0.35	0-0.05	26-28

Nota. Chamorro (2005)

• **Deslizamiento 1**

El material que conforma al deslizamiento 1 es granodiorita en diferentes grados de alteración y meteorización, el mismo que se encuentra ubicado en la ABS. 0+210, en referencia al análisis de estabilidad global realizado en el modelo estático, de acuerdo a las características geológico-geotécnicas se obtiene un factor de seguridad FS= 0,695, como se observa en la Figura. 64, el cual obtiene una calificación cualitativa de inestable.

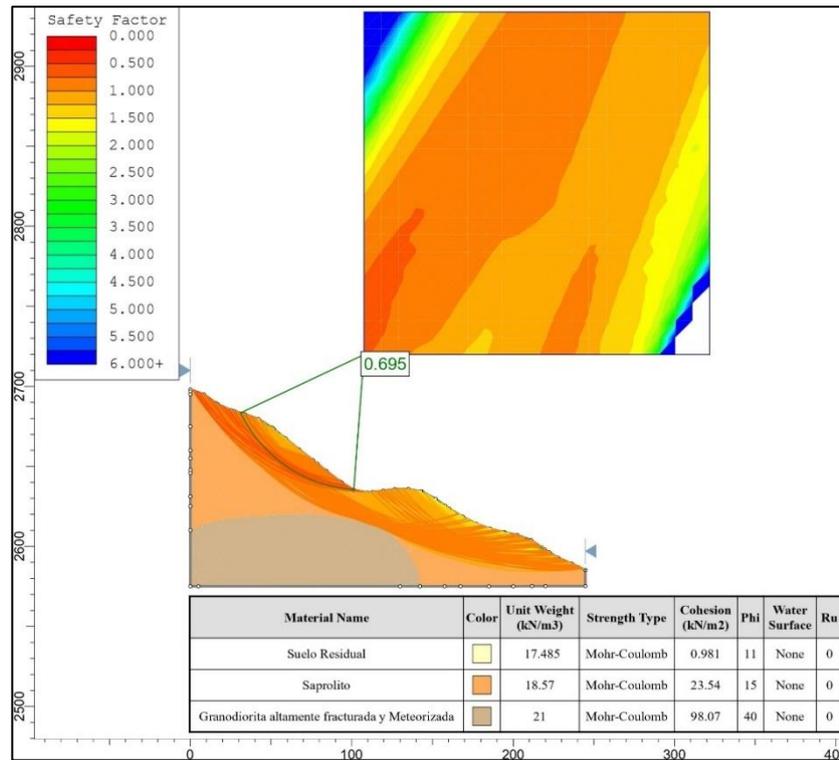


Figura 64 Análisis de rotura para el deslizamiento 1, mediante el modelo estático

• **Deslizamiento 11**

El deslizamiento 11 está conformado por granodiorita en diferentes grados de meteorización, el mismo se encuentra ubicado en la ABS 2+450, en referencia al análisis de estabilidad global previamente realizado, de acuerdo a las características geológico-geotécnicas se obtiene un factor de seguridad FS= 0,683, cómo se observa en la Figura. 65, el cual obtiene una calificación cualitativa de inestable

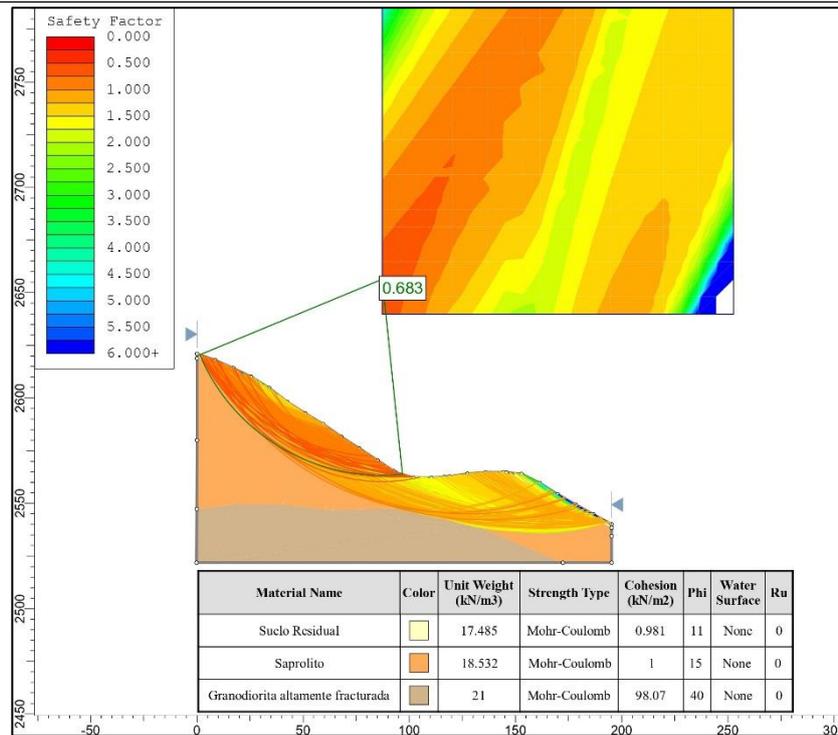


Figura 65 Análisis de rotura para el deslizamiento 11, mediante el modelo estático

- **Deslizamiento 20**

El material que conforma al deslizamiento 20 es suelo residual y granodiorita en diferentes grados de alteración y meteorización, el mismo que se encuentra ubicado en la ABS. 4+080, en referencia al análisis de estabilidad global previamente realizado, de acuerdo a las características geológico-geotécnicas se obtiene un factor de seguridad $FS = 0,979$, cómo se observa en la Figura. 66, el cual obtiene una calificación cualitativa de inestable.

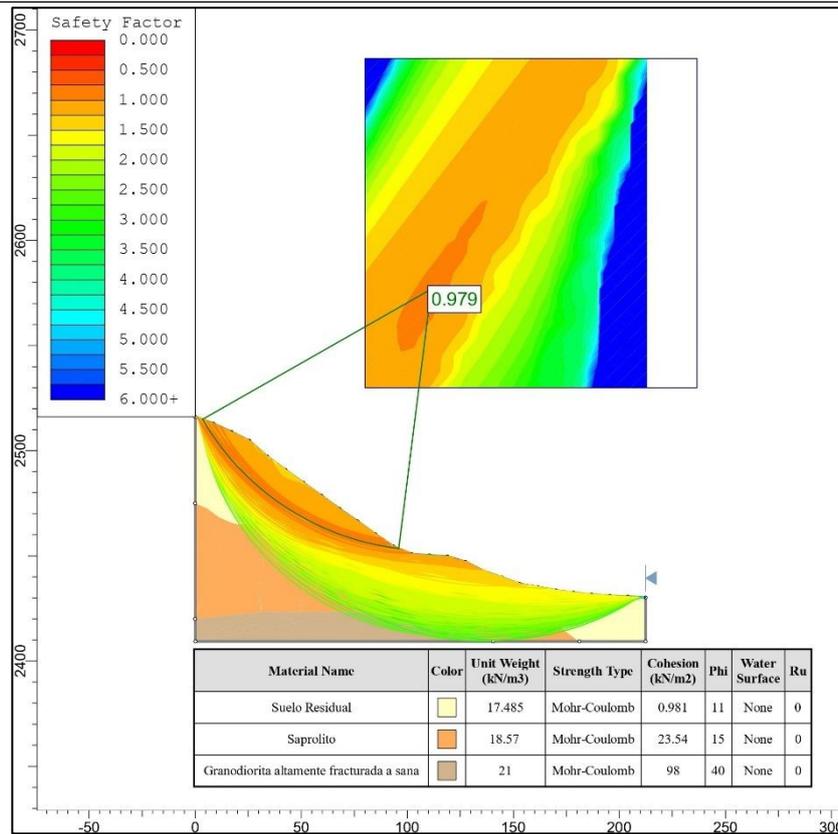


Figura 66 Análisis de rotura para el deslizamiento 20, mediante el modelo estático

6.3.2 Resumen de análisis de estabilidad global

En el cuadro que se presenta a continuación en la Tabla 33, se evidencia un resumen de los resultados del factor de seguridad (FS) de todos los deslizamientos, los cuales se analizaron en condiciones actuales con los modelos estático.

Tabla 33 FS de los deslizamientos con el modelo estático y pséudo-estático

Modelo	Id	Janbu	Spencer	GLE/Morgenstern-Price	Estabilidad
ESTÁTICO	D1	0,695	0,690	0,692	Inestable
	D11	0,683	0,735	0,729	Inestable
	D20	0,979	0,982	0,928	Inestable

6.3.3 Definición de Zonas Críticas en Términos de Estabilidad

Zona Nro.	Descripción
Zona 1	<p>El subtramo de vía correspondiente a esta zona tiene un área de 4,18 ha y longitud de 213,16 m, esta es una zona con pendientes de ligeramente inclinadas a muy inclinada en una mínima proporción. La zona posee un relieve colinado medio lo que la hace de fácil acceso, con condiciones óptimas para el tráfico diario, además es importante debido a que en ella se denota la presencia de gran cantidad de viviendas. El terreno está compuesto por rocas ígneas (granodiorita), que han sido sometidas a procesos de meteorización avanzada, lo que resulta en un suelo residual (arena arcillosa) de buena cohesión, significando una buena estabilidad a la estructura de la carretera. En las partes altas de los taludes no se identifican movimientos importantes de material y en las partes bajas cercanas al Río Santiago con pendientes que van de muy inclinada a ligeramente inclinada se encuentran depósitos aluviales, mismos que están conformados por un basamento compacto de rocas redondeadas y angulosas bien segmentadas, y un posterior depósito de materiales de grano fino (arcillas-limos) compacto, es decir tienen una mayor capacidad de carga, además de encontrarse cubierta por vegetación. Por todo lo mencionado la Zona se identifica como Estable.</p>
Zona 2	<p>Esta zona tiene un área de 14,70 ha y longitud total de 694,53 m, esta zona posee pendientes que van desde fuertemente inclinadas a muy inclinadas y en una mínima proporción empinadas, lo que hace que esta zona sea sensible ya que son terrenos abruptos que aumentan el riesgo a deslizamientos o desprendimientos. La zona está compuesta por suelos inestables de arenas arcillosas mal compactadas en las partes altas, en las partes más bajas se tiene materiales propios de depósitos coluviales y aluviales más compactos, esto sumado con las altas precipitaciones que se presencian de manera frecuente en el área de estudio. En esta zona se ubican pocas viviendas debido a los repentinos desprendimientos de material.</p> <p>Conforme a los ensayos geotécnicos, se pudo determinar el factor de seguridad del deslizamiento D_20, mismo que dio un valor de 0,979 considerándose inestable, pero el contexto de toda la zona no se considera como inestable. Por todo lo mencionado la Zona se identifica como Crítica.</p>
Zona 3	<p>La zona tiene un área de 6,60 ha longitud de 312,73 m, se caracteriza por presentar un relieve colinado alto con pendientes predominantes muy inclinadas a empinadas, con inclinaciones que pueden superar los 30° en algunas secciones. La zona está dominada por saprolito que es un material derivado de la meteorización de la roca granodiorita, este material tiene una consistencia blanda y semi-cohesiva, lo cual lo hace susceptible a la erosión y deslizamiento. En la zona se identifica dos deslizamientos previos lo cual es un indicador de que el terreno es dinámico y vulnerable. El tramo de vía ha experimentado deformaciones, fisuras y desprendimientos parciales de los materiales y perturbaciones en la vía. Por todos los criterios mencionados la Zona se considera como Inestable.</p>
Zona 4	<p>La zona tiene un área de 10,16 ha y longitud de 481,98 m, atraviesa una región de relieves colinados altos, lo que implica un terreno montañoso con colinas y cerros, además que el material predominante en la zona es el saprolito, mismo que posee una baja cohesión, y hace que el tramo sea susceptible a deslizamiento. Dado que el terreno es mayoritariamente de saprolito presenta pendientes inclinadas, el riesgo de colapso después de lluvias intensas o periodos prolongados de humedad. Aunque parte del terreno muestra estabilidad en la zona, el resto del tramo presenta taludes inestables</p>

- debido al material que lo conforma y el efecto de una falla normal, en este sentido la desconexión de bloques ocasionada por la falla incrementa la posibilidad de colapso de material de forma repentina principalmente en temporadas de lluvia, el saprolito se satura y genera una reducción de cohesión en el terreno. Por los criterios mencionados se denomina a la zona como Crítica.
- La zona consta de un área de 13,81 ha y una longitud de 684,56 m, el tramo de vía atraviesa una región de relieves colinados altos, con pendientes muy inclinadas (más de 30-40°), lo que aumenta el riesgo de deslizamientos. Predomina el saprolito, material débil y susceptible a la erosión, que lo hace propenso a deslizamientos, especialmente durante lluvias intensas. La zona ha registrado ocho deslizamientos previos, reflejando una inestabilidad crónica. Además, una falla normal atraviesa la zona, lo que añade complejidad geológica y puede generar más deslizamientos.
- Zona 5 Las condiciones climáticas, especialmente las lluvias intensas, aumentan la saturación del suelo, elevando la probabilidad de deslizamientos. La erosión superficial también es un factor crítico que debilita los taludes. La infraestructura vial muestra daños por movimientos de tierra, con fisuras y grietas en el pavimento. Esto pone en riesgo el flujo de tráfico debido a la posibilidad de bloqueos temporales por nuevos deslizamientos.
- Conforme a los ensayos geotécnicos, se pudo determinar el factor de seguridad del deslizamiento D_11, mismo que dio un valor de 0,683 considerándose inestable, es por estos criterios mencionados que se denomina a la zona como Inestable.
- La zona de este tramo de vía consta de un área de 9 ha y una longitud de 424,52 m, aunque presenta algunos riesgos, es menos crítica que otras áreas más inestables. Se caracteriza por relieves colinados altos con colinas y cerros, generando un paisaje variable con zonas de mayor y menor pendiente. Las pendientes son mayormente muy inclinadas (15-35°), con algunas áreas empinadas (35-55°) y una mínima proporción de pendientes fuertemente inclinadas (5°-15°), las cuales son más propensas a deslizamientos, aunque menos frecuentes.
- Zona 6 El terreno está compuesto principalmente por saprolito, un material débil y poco cohesivo que favorece la erosión y los deslizamientos en pendientes pronunciadas. No obstante, la inestabilidad es menor debido a las características del terreno y la menor frecuencia de deslizamientos previos (cuatro en total). Aunque el riesgo de deslizamientos sigue siendo moderado, la mayor amenaza proviene de las pendientes inclinadas, especialmente durante lluvias intensas. La erosión es una preocupación menor, pero debe monitorearse en las zonas con mayor susceptibilidad al desgaste, especialmente donde el saprolito predomina. Estos criterios hacen que la zona sea calificada como Crítica.
- Esta zona tiene un área de 13,91 ha y una longitud 659,82 m, este tramo de vía se caracteriza por un terreno sólido y seguro, con relieves colinados altos formados por colinas y cerros que favorecen la distribución de las fuerzas naturales, asegurando la estabilidad del terreno y la seguridad de la vía. Las pendientes predominantes son fuertemente inclinadas (5-15°) y muy inclinadas (15-35°), estables y sin riesgo significativo de deslizamientos, con una menor proporción de pendientes empinadas (35-55°), cuyo impacto es bajo gracias a la consolidación del terreno. El terreno está compuesto principalmente por saprolito consolidado, lo que minimiza el riesgo de deslizamientos y favorece la estabilidad estructural. La zona presenta una baja probabilidad de deslizamientos y erosión controlada, garantizando la seguridad de la infraestructura vial. En resumen, la combinación de relieves colinados altos, pendientes
- Zona 7
-

estables y saprolito consolidado asegura una zona con mínimos riesgos geológicos. Esta zona se califica como Estable.

La zona tiene un área de ,63 ha y una longitud de 797,37 m, este tramo de vía presenta un terreno propenso a movimientos de tierra debido a varios factores geológicos y topográficos. El tramo atraviesa una región de relieves colinados altos, formados por colinas y cerros, lo que genera áreas propensas a deslizamientos por la variabilidad de las pendientes y la exposición a la erosión. Predominan pendientes fuertemente inclinadas (5-15°), con un riesgo moderado de deslizamientos, seguidas de pendientes muy inclinadas (15-35°), que incrementan dicho riesgo, y pendientes empinadas (35-55°), que presentan un riesgo significativo, especialmente donde el saprolito es más vulnerable.

Zona 8 El terreno está compuesto principalmente por saprolito, un material débil y susceptible a la erosión, lo que contribuye al riesgo de deslizamientos. Además, la zona atraviesa un sistema de fallas normales, lo que genera tensiones adicionales en el terreno y aumenta la probabilidad de movimientos de tierra, especialmente combinado con las pendientes pronunciadas. Se han registrado tres deslizamientos previos en la zona, lo que indica que el riesgo de deslizamientos continúa siendo relevante, sobre todo en condiciones meteorológicas extremas.

La interacción de las pendientes pronunciadas, el saprolito débil, las fallas y los deslizamientos previos hace que la zona sea altamente susceptible a deslizamientos adicionales. La erosión es un factor de riesgo considerable, lo que incrementa la amenaza para la infraestructura vial.

Conforme a los ensayos geotécnicos, se pudo determinar el factor de seguridad del deslizamiento D_1, mismo que dio un valor de 0,695 considerándose inestable y por los criterios mencionados la zona se considera como Inestable.

El mapa de zonificación de estabilidad se observa en la Figura 67., y en el Anexo 14.

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

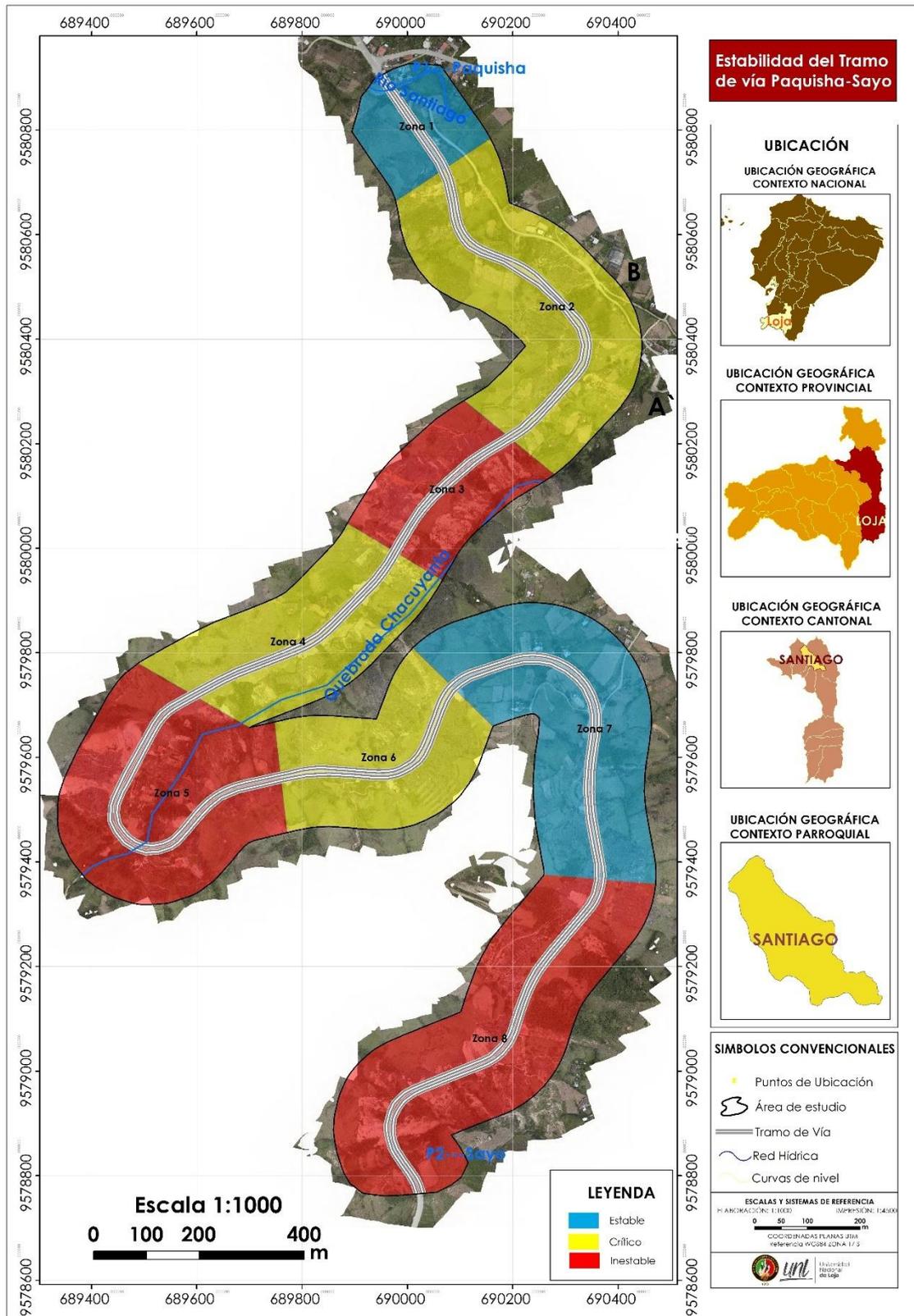


Figura 67 Mapa de Estabilidad del tramo de vía Sayo Paquisha

7 Discusión

Este proyecto de investigación se llevó a cabo con el propósito de analizar las características geológicas y geotécnicas de un tramo de carretera situado en el sector Sayo-Paquisha, parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja, dicha caracterización permitió conocer la estabilidad de los taludes y por ende el estado actual de la vía. Cabe recalcar, que la vía es de suma importancia para la sociedad, al ser primaria y porque de ella dependen la comunicación y el intercambio de bienes y servicios de las provincias de Loja y Azuay, es así como el presente trabajo de proporcionará información básica para estudios y remediaciones posteriores.

Con base a lo establecido a la metodología de Demek, 1972, a una escala 1: 1 000 se determinó que el área de estudio está constituida por pendientes muy inclinadas de 15-35° con gradiente equivalente a 26,8-70%, que abarcan la mayor parte de esta. Dato de coincide con lo establecido en el PDOT de la parroquia Santiago elaborado en el 2020, a escala 1: 50 000, que se establece que la zona de estudio tiene pendientes que van de moderadamente empinada a empinada que oscilan entre 36-46% de gradiente.

La información recolectada en campo guarda relación con la referida en la carta geológica de Loja a escala 1: 100 000, considerando que el material por el que está conformado la zona es de rocas intrusivas, específicamente granodioritas, cabe recalcar que la información de la carta geológica se encuentra de manera general, ya que no toma en cuenta los estados de meteorización de la granodiorita. Al aplicar un levantamiento a detalle a escala 1:1 000 aplicando el método de levantamiento por afloramientos y deslizamientos se identificó que en las partes superficiales de recubrimiento de toda el área de estudio se encuentra la granodiorita en completo estado de meteorización, estado de la roca denominado saprolito, mediante ensayos de sondeos eléctricos verticales se determinó que a mayor profundidad se encuentra la roca granodiorita altamente meteorizada, además se identificaron ciertas litologías como lo son depósitos aluviales y depósitos coluviales. Mediante fotointerpretación y su posterior corroboración en campo se identificó la presencia de 4 fallas normales y un sistema de falla, mismos que no constan en la carta geológica de Loja a escala 1:100 000.

De acuerdo a Saca, 2024, establece que los materiales que se encuentran en la parte superficial de una zona cercana al área de estudio son arenas con limos (saprolito), dato que coincide con lo determinado mediante la aplicación de métodos directos por medio de la apertura de calicatas de 1,5 m de profundidad en los taludes evaluados, que permitió confirmar

la presencia de suelos arcillosos (suelo residual) en la parte superficial en la superficie, así como arenas bien graduadas con limos a mayor profundidad, siendo este el patrón predominante en toda la zona de estudio.

Parasnis D. (1971) señala que la variación en la resistividad eléctrica dentro de un mismo tipo de roca está influenciada principalmente por el agua presente en las fracturas y grietas de estas. En general, las zonas de roca fracturada y rota tienden a presentar resistividades bajas. Con base en esta premisa, se puede afirmar que los datos obtenidos a partir de los sondeos eléctricos verticales realizados en la base de los deslizamientos críticos confirman que las rocas graníticas están fracturadas y presentan resistividades bajas, especialmente a profundidades menores de 16 m. Por otro lado, las rocas graníticas intactas tienen resistividades elevadas, superiores a los 2000 Ω m. En este contexto los valores obtenidos en los SEV's en el polígono de estudio hacen un contraste a lo mencionado ya que se obtuvieron bajas resistividades que dan como resultado la interpretación de materiales de roca granodiorita meteorizada, fractura, con presencia de humedad y porcentajes de arenas y limos.

Se determinó el factor de seguridad de los taludes de roca representativos y del deslizamiento D_1, D_11, D_20, utilizando el software Slide a través del análisis de equilibrio límite. Para ello, se consideró una superficie de falla circular mediante los métodos de Janbú Simplified, Spencer y GLE/Morgenstern-Price, obteniéndose diferentes valores de factor de seguridad. No obstante, según Suárez J. (2009), no existe un método de equilibrio completo que sea significativamente más preciso que otro, por lo que es recomendable utilizar los métodos más sencillos que cumplan con el equilibrio completo, como el método para roturas planares de Jambú simplificado. Con este método, los deslizamientos 1, 11 y 20 presentan valores de seguridad inestables, sin cumplir con el rango mínimo establecido por la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC-SE-GC-2014) para taludes en condición estática ($FS > 1.5$), lo que indica una alta probabilidad de falla debido a la pendiente, ya que, según el software Slide, la ruptura se ubica en la zona de mayor inclinación.

8 Conclusiones

Una vez desarrollado el trabajo de titulación denominado: “Caracterización Geológico-geotécnica, de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha, cantón Loja, provincia de Loja, se llegó a obtener las siguientes conclusiones:

El levantamiento topográfico se realizó utilizando un dron modelo Matrice 300 RTK, lo que permitió obtener un mapa detallado a escala 1: 1 000 del terreno con variaciones de altura entre los 2690,2 m y 2424,7 m sobre el nivel del mar, cubriendo un área de 89 hectáreas. Las pendientes se clasificaron según Demek (1972), encontrándose predominantemente pendientes muy inclinadas (15° - 35°), que cubren el 60,22% del área de estudio, estas pendientes requieren atención especial para evitar movimientos de tierra, especialmente en zonas con suelos inestables o con alta susceptibilidad a la erosión.

Litológicamente, el área está dominada por granodiorita completamente meteorizada, la alteración de las rocas madre, como la granodiorita, afecta la cohesión del suelo y la susceptibilidad a los deslizamientos si no se toman las medidas adecuadas de estabilización. Además, se determinó depósitos coluvio y aluviales, que incluyen una mezcla de limo-arcillas, arenas, gravas y bloques, originados por procesos de erosión y transporte de sedimentos. Estos materiales son principalmente provenientes de la erosión de las montañas circundantes, lo que contribuye a la inestabilidad de los taludes.

Desde el punto de vista estructural, se reveló la presencia de 4 fallas menores, un sistema de fallas, lo que aumenta el riesgo de deslizamientos en la carretera. Además, la acción antrópica en la zona ha influido con la inestabilidad de los taludes.

Los ensayos de corte directo proporcionan información valiosa sobre la cohesión y el ángulo de fricción de los materiales. Los valores bajos de cohesión ($0,01 \text{ kg/cm}^2$) en la mayoría de las calicatas son indicativos de suelos con poca capacidad para resistir fuerzas de corte. Esto es especialmente relevante en áreas de pendientes fuertes, donde los materiales poco cohesivos pueden desestabilizarse fácilmente. La variabilidad en los valores de cohesión y fricción entre las calicatas subraya la heterogeneidad del terreno, lo que hace necesario realizar un análisis más detallado para cada sección del tramo de la vía.

Los resultados de los SEVs determinaron la variabilidad del material a diferentes profundidades. La presencia de saprolito y bloques de granodiorita en los primeros metros, y la granodiorita fracturada a mayor profundidad, también refuerzan la heterogeneidad del terreno, lo que puede complicar las intervenciones para estabilizar los taludes. La traza de

humedad observada en varios puntos también es una señal de posibles condiciones de saturación, lo que aumenta el riesgo de deslizamientos en áreas de pendiente pronunciada.

El análisis de estabilidad de los taludes mediante el cálculo del factor de seguridad (usando los métodos de Janbú, Spencer, GLE/Morgenstern-Price) reveló que todos los deslizamientos estudiados presentan un factor de seguridad inferior a 1, lo que indica inestabilidad, y refuerza la necesidad urgente de intervenciones en la zona.

Se estableció un mapa de Zonas de Estabilidad de la vía de estudio clasificándose en zonas estables, críticas e inestables según su geología, estructuras, pendientes, geomorfología, antecedentes de deslizamientos, donde se determinan: zonas estables (1 y 7) son zonas que tienen buena cohesión del suelo, con presencia de rocas granodioritas y saprolito consolidado. Las pendientes son mayormente moderadas, y la infraestructura vial se encuentra en condiciones óptimas sin signos de deslizamientos significativos; zonas críticas (2, 4 y 6): Caracterizadas por pendientes pronunciadas y materiales sueltos como arenas arcillosas y saprolito. Aunque presentan riesgos de deslizamiento, no se consideran totalmente inestables. La falla normal en algunas zonas y la saturación del suelo por lluvias intensifican la posibilidad de movimientos de tierra; zonas inestables (3, 5 y 8): Estas zonas presentan pendientes empinadas ($>30^\circ$), materiales altamente susceptibles a la erosión (saprolito) y múltiples deslizamientos previos. La presencia de fallas geológicas y la saturación del suelo aumentan el riesgo de deslizamientos recurrentes, afectando la infraestructura vial.

9 Recomendaciones

En referencia a los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación, de caracterización geológico-geotécnica para determinar la estabilidad del tramo de vía, mediante el cálculo del factor de seguridad, se proponen estas recomendaciones:

- Realizar tomografías eléctricas con la finalidad de determinar caudales de agua que afecte la estabilidad de los taludes.
- Ejecutar obras de remediación y planificación para solucionar problemas de estabilidad de los taludes, que afecten la movilidad de los vehículos. Los materiales que componen gran parte del polígono de estudio son susceptibles a la erosión por acción de precipitaciones, en periodos invernales, es por ello que, a partir de la caracterización geológico-geotécnica, se pueden desarrollar obras de drenajes, obras estabilizadoras, control de caída de materiales mediante revegetación.
- Aplicar procedimientos de compactación adecuados para mejorar la resistencia y evitar asentamientos diferenciales.
- Proponer nuevas estrategias para la estabilización de taludes, tomando en cuenta las condiciones actuales del terreno y los cambios que puedan ocurrir con el tiempo, ya que el suelo arenoso presente en la zona carece de cohesión, dificultando la estabilidad del tramo vial.
- Establecer un plan de mantenimiento periódico que incluya la limpieza de drenajes, inspección de grietas y reparación de zonas afectadas, complementado con la implementación de señalización adecuada en zonas de alto riesgo para alertar a los conductores y reducir accidentes. Además, controlar la carga y velocidad de los vehículos pesados para evitar esfuerzos excesivos en la vía y contribuir a su estabilidad.

10 Bibliografía

- Braja M, D. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (S. R. Cervantes González, Ed.; 4a ed.). CENAGE Learning.
- Camargo Puerto, J. (2004). *Manual de Geología Estructural* (1a ed.). Universidad Sur Colombiana.
- Casanova Matera, L. (2002). *Topografía Plana*. Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería de Vías.
- CLIRSEN. (2010). *Proyecto de generación de información georreferenciada para el desarrollo sustentable del sector agropecuario*. Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos.
- Collazo Caraballo, M. P., y Montaña, J. X. (2012). *Manual de Agua Subterránea* (1a ed.). Denad Internacional S.A.
- Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento MAPAS* (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ed.; 2007.^a ed.). CONAGUA.
- Cordero Carballo, D. (2011). Importancia de la Geotecnia Vial. *Boletín Técnico del Programa de Ingeniería en Infraestructura del Transporte*, 2(11).
- Custodio, E., y Ramón, M. (1983). *Hidrología Subterránea* (2da ed.). OMEGA, S.A.
- Delgado, J., Padilla, F., y Barrientos, V. (2010). *Prácticas de Geología Mapas Geológicos y Problemas*. Universidad de La Coruña.
- Duque Escobar, G. (2003). *Manual de Geología para Ingenieros*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- Echeveste, H. (2018). *MANUAL DE LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO. UNA INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA DE CAMPO* (E. Llambias, Ed.; 1a ed.). EDULP.
- el Expreso. (2021). *Derrumbes: Piden transitar con cuidado por la vía Loja-Saraguro-Cuenca*.
- el Universo. (2022, marzo). *Cerrada la vía Loja-Cuenca por deslizamiento de tierra*.

Estaire, J. (2017). *MÁSTER EN MECÁNICA DEL SUELO E INGENIERÍA DE CIMENTACIONES*.

Exploración Perforación y Estudios del Subsuelo. (2022). *Geoeléctrica*.
<https://epyesa.com/geofisicos/geoelectrica/>

Gallegos, E., Martínez, C., y Berbeglia, Y. (2013). Mapeo de lineamientos a partir de un DEM (SRTM3): Desarrollo y aplicación para el estudio de un área de los Andes Patagónicos Septentrionales. *GEOACTA*.
<http://www.scielo.org.ar/pdf/geoacta/v33/v33a04.pdf>

Gomila, R., Arancibia, G., y Veloso Eugenio. (2015). Mapeo en detalle de estructuras geológicas mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados (drones): un ejemplo en el Sistema de Falla de Atacama, norte de Chile. *Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes*.
https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/datafiles/14905_v1_pp_89_91.pdf

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., y Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica* (I. Capella, Ed.; 8a ed.). PEARSON EDUCACIÓN, S.A.

Gutiérrez Elorza, M. (2008). *Geomorfología*. PEARSON EDUCACIÓN, S. A.

Suarez, J. (2009). *Deslizamientos: Análisis Geotécnico* (Primera edición, Vol. 1). UIS.

INIGEMM (2017). Hoja geológica Loja. [Mapa]. geoenergía.
https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/MAPA-2-1_compressed.pdf

Jiménez, N., Magaña, A., y Soriano, E. (2019). *Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y GPS como métodos indirectos*. Universidad de El Salvador.

Ministerio De Ambiente Del Ecuador. (2012). *Metodología para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador Continental*.
https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/Documento_Metodolog+C2%A1a_28_05_2012_v2_1.pdf

Muñoz Jiménez, J. (2000). *Geomorfología General*. SÍNTESIS. S. A.
www.FreeLibros.org

- Niemeyer Rubilar, H. (1999). *Apuntes de Geología. Primera parte: Estructuras frágiles.*
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2011). *CARGAS SÍSMICAS DISEÑO SISMO RESISTENTE.*
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014). *Geotécnia y cimentaciones.*
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *Guía práctica para la ejecución de estudios geotécnicos y trabajos de cimentación de conformidad con la.*
- Parasnis, D. S. (1971). *Principles of Applied Geophysics.* Chapman & Hall.
- Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial, [PDOT]. (2020), *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia rural Santiago.*
<http://www.gadsantiago.gob.ec/wp-content/uploads/2022/03/PDYOT-GADPS-2019-2023-ENTREGA-FINAL.pdf>
- Pereira, C., y Limberger, L. (2004). *Análisis de la precisión de mapas de pendientes utilizando modelos digitales de terreno.* 2, 97-103.
<https://core.ac.uk/download/pdf/301036574.pdf>
- Rincón, M., Vargas, W., y González, C. (2017). *Topografía: Conceptos y aplicaciones* (1a ed.). ECOE Ediciones.
- Saca, M (2024). *Caracterización morfométrica de un movimiento de masa ubicado en sector la Llorona parroquia Santiago cantón y provincia de Loja.*
- Serrano, M. (2017). El Mapa Geomorfológico. Una cartografía geológica peculiar y útil. *Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat*, 14, 127-135.
- Silva, L. (2017). *Ventajas y desventajas de los drones.*
https://www.dronesweb.net/ventajas-desventajas-los-drones/#Ventajas_y_beneficios_de_los_Drones
- Suarez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ingeniería de Suelos Ltda., Ed.; 1a ed., Vol. 1). Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- Tarbutck, E., y Lutgens, F. (2004). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física.* Prentice Hall / Pearson.

Tardeo, C. A., y Zanabria, E. (2016). *ANÁLISIS DINÁMICO DE ESTABILIDAD DE TALUDES POR ELEMENTOS FINITOS EN LA ZONA DE HUAYLLAPAMPA DEL DISTRITO DE CUENCA • HUANCVELICA*. Universidad Nacional de Huancavelica.

Ureta Chalén, C. G. (2017). *Aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15 para un suelo tipo F. Caso específico de cálculo de asentamientos utilizando el método de Asaoka*. Universidad Católica de Guayaquil.

- ✓ Anexo. 1: Fichas para levantamiento de afloramientos
- ✓ Anexo. 2: Fichas para levantamiento de deslizamientos
- ✓ Anexo. 3: Mapa de Ubicación de Afloramientos
- ✓ Anexo. 4: Mapa Ubicación de deslizamientos
- ✓ Anexo. 5: Mapa Topográfico de la zona de estudio
- ✓ Anexo. 6: Mapa de pendientes de la zona de estudio
- ✓ Anexo. 7: Mapa geomorfológico de la zona de estudio
- ✓ Anexo. 8: Mapa Geológico de la zona de estudio
- ✓ Anexo. 9: Mapa de Estabilidad de la Zona de Estudio
- ✓ Anexo. 10: Fichas de afloramientos
- ✓ Anexo. 11: Fichas de deslizamientos
- ✓ Anexo. 12: Resultados de cortes directos
- ✓ Anexo. 13: Resultados de los ensayos de clasificación granulométrica
- ✓ Anexo. 14: Resultados de Sondeos Eléctricos Verticales
- ✓ Anexo. 15: Certificado de Traducción del resumen

11 Anexos

Anexo 1 Fichas para levantamiento de afloramientos

	GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				Universidad Nacional de Loja
	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA				
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS					
PROYECTO:	“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja”				
AFLORAMIENTO N°:		UBICACIÓN:			
FECHA:		DATUM:	UTM WGS 84		
COORDENADAS UTM	X	Y	Z		
FORMACIÓN/UNIDAD:					
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO					
TIPO:	Natural		Antrópico		
RELIEVE:	Llano		De colina		
	Bajo		Montañoso		
MEDIDAS ESTRUCTURALES	088/47NE				
DIMENSIONES	ALTO:		ANCHO:		
MUESTRA					
OBSERVACIONES:					
FOTOGRAFÍA AFLORAMIENTO					

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

Anexo 2 Fichas para levantamiento de deslizamientos

		GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL						 Universidad Nacional de Loja		
		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA								
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS										
PROYECTO:	“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja”						FECHA:			
							CÓDIGO:			
							UBICACIÓN:			
COORDENADAS UTM WGS 84	X	Y	Z	DIMENSIONES						
				ALTURA:		ANCHO:				
TIPO DE DESLIZAMIENTO		ESTILO		ACTIVIDAD		FORMA GENERAL				
Rotacional		Único		Activo		Plano				
Traslacional		Múltiple		Latente		Flujo				
ESTADO		Reciente		Estabilizado		Frontal				
		Antiguo		Antiguo		Irregular				
SUPERFICIE		ESCARPE PRINCIPAL				PIE DE MOVIMIENTO				
Formas recientes		Bien evidente		Abovedado		Abollado				
Cubierta vegetal parcial		Poco evidente		Lanceolado (forma de lanza)		Plano				
Cubierta vegetal total		Parcialmente evidente				Empuje Alrededor				
Oculto/erosión		No evidente		Rectilíneo		Mult. Amontonado				
Oculto/Actividad Humana		Grietas		Desigual		Indistinto				
INTENSIDAD DE FORMA		MÁRGENES		MORFOLOGÍA		SUPERFICIE				
Fuerte		Evidente		Escalonada		Seca				
Clara		Parcialmente evidente		Ondulada		Loc. Húmeda				
Leve				Concava		Sobresaturada				
ORIGEN DE LA PENDIENTE		Leve		Indistinta		Manantiales				
Natural		Indistinto		Plana		Flujos de agua				
Antrópica						Laguna				
LITOLOGÍA		OBSERVACIONES:								
Rocas										
Cambio Roca/suelo										
Suelo arenoso										
Suelo limoso										
Suelo arcilloso										
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO										

Anexo 3 Ubicación de Afloramientos

Anexo 4 Ubicación de Deslizamientos

Anexo 5 Mapa Topográfico de la zona de estudio

Anexo 6 Mapa de pendientes de la zona de estudio

Anexo 7 Mapa geomorfológico de la zona de estudio

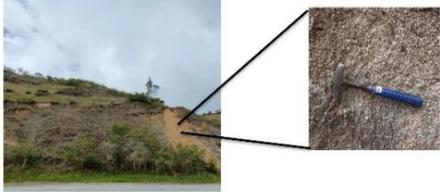
Anexo 8 Mapa de Geología Local

Anexo 9 Mapa de Estabilidad de la Zona de Estudio

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

Anexo 10 Fichas de afloramientos

✓ **Afloramiento A_1**

 GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA		 Universidad Nacional de Loja	
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		
AFLORAMIENTO Nº:	A_1	UBICACIÓN:	Sayo
FECHA:	6/1/2023	DATUM:	UTM WGS 84
COORDENADAS UTM	X 690339	Y 9579519	Z 2598.7
FORMACIÓN/UNIDAD:			
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO			
TIPO:	Natural	Antropico	X
RELIEVE:	Llano	De colina	X
	Bajo	Montañoso	
MEDIDAS ESTRUCTURALES	088/47NE		
DIMENSIONES	ALTO:	17.31 m	ANCHO:
MUESTRA			
OBSERVACIONES: Presencia de saprolito ligeramente húmedo y cobertura vegetal parcial del afloramiento			
FOTOGRAFÍA AFLORAMIENTO			
			

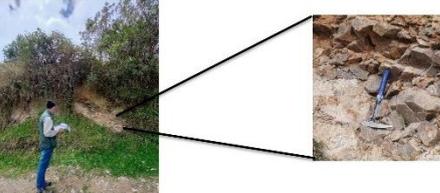
✓ **Afloramiento A_2**

 GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA		 Universidad Nacional de Loja	
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		
AFLORAMIENTO Nº:	A_2	UBICACIÓN:	Sayo
FECHA:	6/1/2023	DATUM:	UTM WGS 84
COORDENADAS UTM	X 690347	Y 9579659	Z 2591.3
FORMACIÓN/UNIDAD:			
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO			
TIPO:	Natural	Antropico	X
RELIEVE:	Llano	De colina	X
	Bajo	Montañoso	
MEDIDAS ESTRUCTURALES	088/47NE		
DIMENSIONES	ALTO:		ANCHO:
MUESTRA			
OBSERVACIONES: Presencia de grietas por efectos del escurrimiento del agua, las mismas que comprenden entre los 7-14 cm de ancho, además se encontró roca andesítica erosionada y meteorizada, también se encuentra la presencia de granodiorita con porfidos muy meteorizados y erosionados en forma de saprolito.			
FOTOGRAFÍA AFLORAMIENTO			
			

✓ **Afloramiento A_3**

 GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA		 Universidad Nacional de Loja	
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		
AFLORAMIENTO Nº:	A_3	UBICACIÓN:	Manzano
FECHA:	6/1/2023	DATUM:	UTM WGS 84
COORDENADAS UTM	X 690272	Y 9579747	Z 2601.7
FORMACIÓN/UNIDAD:			
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO			
TIPO:	Natural	Antropico	X
RELIEVE:	Llano	De colina	X
	Bajo	Montañoso	
MEDIDAS ESTRUCTURALES	058/54NE		
DIMENSIONES	ALTO:	2.35 m	ANCHO:
MUESTRA			
OBSERVACIONES: Presenta grietas por efectos de escorrentia, las mismas que comprenden entre 4-14 cm de ancho, en este también se presencia un dique de Andesita meteorizada y erosionada			
FOTOGRAFÍA AFLORAMIENTO			
			

✓ **Afloramiento A_4**

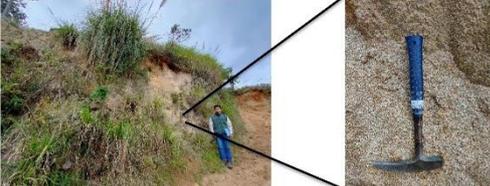
 GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA		 Universidad Nacional de Loja	
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		
AFLORAMIENTO Nº:	A_4	UBICACIÓN:	Manzano
FECHA:	6/1/2023	DATUM:	UTM WGS 84
COORDENADAS UTM	X 690326	Y 9579707	Z 2594.7
FORMACIÓN/UNIDAD:			
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO			
TIPO:	Natural	Antropico	X
RELIEVE:	Llano	De colina	
	Bajo	X	Montañoso
MEDIDAS ESTRUCTURALES	012/38NE		
DIMENSIONES	ALTO:	3.2 m	ANCHO:
MUESTRA			
OBSERVACIONES: En este afloramiento se presencia abundante cobertura vegetal, además de un dique de andesita meteorizada de 60 cm de potencia.			
FOTOGRAFÍA AFLORAMIENTO			
			

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

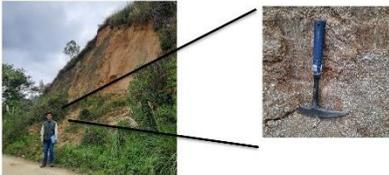
✓ **Afloramiento A_5**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		
AFLORAMIENTO Nº:	A_5	UBICACIÓN:	Manzano
FECHA:	6/1/2023	DATUM:	UTM WGS 84
COORDENADAS UTM	X	Y	Z
	689933	9579562	2572.2
FORMACIÓN/UNIDAD:			
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO			
TIPO:	Natural	Antropico	X
RELIEVE:	Llano	De colina	X
	Bajo	Montañoso	
MEDIDAS ESTRUCTURALES	015/61 NE		
DIMENSIONES	ALTO:	2.25 m	ANCHO: 6.58 m
MUESTRA			
OBSERVACIONES: Presencia de abundante vegetación y humedad en la parte superior del afloramiento.			
FOTOGRAFÍA AFLORAMIENTO			
			

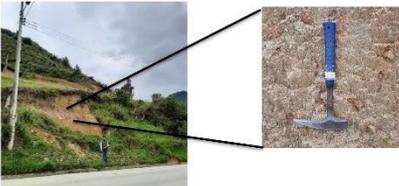
✓ **Afloramiento A_6**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		
AFLORAMIENTO Nº:	A_6	UBICACIÓN:	Paquisha
FECHA:	7/1/2023	DATUM:	UTM WGS 84
COORDENADAS UTM	X	Y	Z
	690216	9580265	2488.4
FORMACIÓN/UNIDAD:			
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO			
TIPO:	Natural	Antropico	X
RELIEVE:	Llano	De colina	X
	Bajo	Montañoso	
MEDIDAS ESTRUCTURALES	128/69SE		
DIMENSIONES	ALTO:	3.38 m	ANCHO: 15.3 m
MUESTRA			
OBSERVACIONES: Presencia de vegetación arbustiva, herbácea, con suelo arenoso moderadamente erosionado y altamente meteorizado tipo saprolito.			
FOTOGRAFÍA AFLORAMIENTO			
			

✓ **Afloramiento A_7**

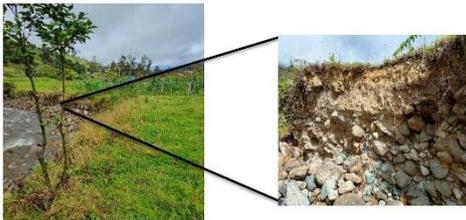
GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		
AFLORAMIENTO Nº:	A_7	UBICACIÓN:	
FECHA:	7/1/2023	DATUM:	UTM WGS 84
COORDENADAS UTM	X	Y	Z
	690389	9580477	2401.6
FORMACIÓN/UNIDAD:			
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO			
TIPO:	Natural	Antropico	X
RELIEVE:	Llano	De colina	X
	Bajo	Montañoso	
MEDIDAS ESTRUCTURALES	078/54NE		
DIMENSIONES	ALTO:	9.25 m	ANCHO: 26.38 m
MUESTRA			
OBSERVACIONES: Presencia de vegetación (hierba) en los costados del afloramiento, sábrulo de color café claro, ligeramente húmedo, además de la presencia de pórfidos con una matriz granodiorítica completamente melcorizada y erosionada saprolito			
FOTOGRAFÍA AFLORAMIENTO			
			

✓ **Afloramiento A_8**

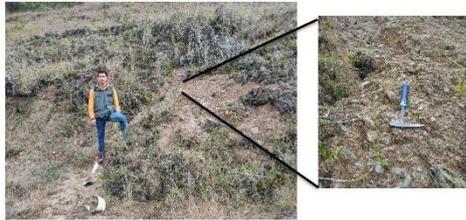
GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		
AFLORAMIENTO Nº:	A_8	UBICACIÓN:	Paquisha
FECHA:	7/1/2023	DATUM:	UTM WGS 84
COORDENADAS UTM	X	Y	Z
	689989	9580831	2425.1
FORMACIÓN/UNIDAD:			
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO			
TIPO:	Natural	Antropico	X
RELIEVE:	Llano	De colina	X
	Bajo	Montañoso	
MEDIDAS ESTRUCTURALES	050/53 NE		
DIMENSIONES	ALTO:	7.27 m	ANCHO: 23.75 m
MUESTRA			
OBSERVACIONES: En la parte superior e inferior del afloramiento se puede presenciar hierba, a los costados del mismo se observa la presencia de materiales tipo saprolito de color café rojizo, además de elastos de rocas (Blanca D_3) y elastos de andesita muy meteorizada			
FOTOGRAFÍA AFLORAMIENTO			
			

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

✓ **Afloramiento A_9**

		GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL			
		CARACTERIZACIÓN GEOOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS					
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"				
AFLORAMIENTO N°:	A 9	UBICACIÓN:	Paquisha		
FECHA:	7/1/2023	DATUM:	UTM WGS 84		
COORDENADAS UTM	X	Y	Z		
	690095	9580835	2425.1		
FORMACIÓN/UNIDAD:					
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO					
TIPO:	Natural	X	Antrópico		
RELIEVE:	Llano		De colina		
	Bajo	X	Montañoso		
MEDIDAS ESTRUCTURALES	050/53 NE				
DIMENSIONES	ALTO:	15.23 m	ANCHO:	2.53 m	
MUESTRA					
OBSERVACIONES: En la parte superior del afloramiento se presencia la cubierta vegetal, en este afloramiento se aprecia también los materiales arrastrados por el lecho de río el cual presenta una variación gradual de tamaños en las rocas y sedimentos encontrados en las orillas del lecho del río, en cuanto a rocas las variaciones oscilan entre clastos de 1 cm hasta rocas de 70 cm. Entre las rocas encontradas en el río se aprecia granito, granodioritas, dioritas, andesitas andesita basáltica, basaltos, esquistos.					
FOTOGRAFÍA AFLORAMIENTO					
					

✓ **Afloramiento A_10**

		GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL			
		CARACTERIZACIÓN GEOOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS					
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"				
AFLORAMIENTO N°:	A 10	UBICACIÓN:	Paquisha		
FECHA:	7/1/2023	DATUM:	UTM WGS 84		
COORDENADAS UTM	X	Y	Z		
	690310	9580574	2425.1		
FORMACIÓN/UNIDAD:					
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO					
TIPO:	Natural		Antrópico	X	
RELIEVE:	Llano		De colina	X	
	Bajo		Montañoso		
MEDIDAS ESTRUCTURALES	050/53 NE				
DIMENSIONES	ALTO:	2.5 m	ANCHO:	28.30 m	
MUESTRA					
OBSERVACIONES: El Afloramiento esta compuesto por materia coluvial en el cual se pudo apreciar la presencia de clastos de roca andesita, granodiorita, diorita, sábulo, en referencia a los clastos, estos varían de 2 cm hasta rocas de 15 cm, además se encuentra la presencia de materiales que tienen una matriz arenosa color café oscuro que son arenas arcillosas tipo saprolito .					
FOTOGRAFÍA AFLORAMIENTO					
					

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

Anexo 11 Fichas de deslizamiento

✓ **Deslizamiento D_1**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"	FECHA:	6/1/2023
		CÓDIGO:	D_1
		UBICACIÓN:	Sayo
COORDENADAS UTM WGS 84	X: 689961 Y: 9578903 Z: 2628.7	DIMENSIONES: ALTURA: 48.55 m ANCHO: 110.4 m	
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional	Único X	Activo X	Plano X
Traslacional	Múltiple X	Latente	Flojo
ESTADO	Reciente X	Estabilizado	Frontal
	Antiguo	Antiguo	Irregular
SUPERFICIE	ESCARPE PRINCIPAL	PIE DE MOVIMIENTO	
Formas recientes	Ban. evidente	Ahoradado	Ahoradado
Cubierta vegetal parcial	Poco evidente X		Plano
Cubierta vegetal total	Parcialmente evidente	Lanceolado (forma de letra)	Empaque Alrededor
Oculta/erosión	No evidente	Resaca	Mult. Anaranjado X
Oculta/Actividad Humana	Grutas	Despaje	Industria
INTENSIDAD DE FORMA	MÁRGENES	MORFOLOGÍA	SUPERFICIE
Fuerte	Evidente	Escalonada	Seca
Clara X	Parcialmente evidente X	Ondulada	Loc. Húmeda X
Leve		Concava	Subestratada
ORIGEN DE LA PENDIENTE	Leve	Indistinta	Manantiales
Natural	Indistinto	Plano X	Flojos de agua
Antropica	X		Laguna
LITOLOGÍA	OBSERVACIONES: Este es un deslizamiento de saprolito en el cual se produce un constante taponamiento de la vía por la actividad del mismo, cabe resaltar que en este se encuentra material amontonado al pie, además de la presencia de agrietamiento en la superficie del deslizamiento debido al drenaje de agua superficial. En este deslizamiento también se pudo destacar la presencia de un muro de gabiones en el pie del deslizamiento para su estabilización de 1m de alto.		
Rocas			
Cambio Roca/suelo			
Suelo arenoso	X		
Suelo limoso			
Suelo arcilloso			
FOTOGRAFIA DESLIZAMIENTO			

✓ **Deslizamiento D_2**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"	FECHA:	6/1/2023
		CÓDIGO:	D_2
		UBICACIÓN:	Sayo
COORDENADAS UTM WGS 84	X: 690152 Y: 9579030 Z: 2625.4	DIMENSIONES: ALTURA: 44.72 m ANCHO: 159.59 m	
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional	Único X	Activo X	Plano X
Traslacional	Múltiple X	Latente	Flojo
ESTADO	Reciente	Estabilizado	Frontal
	Antiguo	X	Irregular
SUPERFICIE	ESCARPE PRINCIPAL	PIE DE MOVIMIENTO	
Formas recientes	Ban. evidente	X	Ahoradado
Cubierta vegetal parcial	Poco evidente X		Plano X
Cubierta vegetal total	Parcialmente evidente	Lanceolado (forma de letra)	Empaque Alrededor
Oculta/erosión	No evidente	Resaca	Mult. Anaranjado X
Oculta/Actividad Humana	Grutas	Despaje	Industria
INTENSIDAD DE FORMA	MÁRGENES	MORFOLOGÍA	SUPERFICIE
Fuerte	Evidente	Escalonada	Seca
Clara X	Parcialmente evidente X	Ondulada	Loc. Húmeda X
Leve		Concava	Subestratada
ORIGEN DE LA PENDIENTE	Leve	Indistinta	Manantiales
Natural	Indistinto	Plano X	Flojos de agua
Antropica	X		Laguna
LITOLOGÍA	OBSERVACIONES: Presencia de fisuras por drenaje superficial que va de 9-18 cm, además de la presencia de andesitas totalmente meteorizadas, esta compuesta de saprolito de color amarillo a café.		
Rocas			
Cambio Roca/suelo			
Suelo arenoso	X		
Suelo limoso			
Suelo arcilloso			
FOTOGRAFIA DESLIZAMIENTO			

✓ **Deslizamiento D_3**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"	FECHA:	6/1/2023
		CÓDIGO:	D_3
		UBICACIÓN:	Sayo
COORDENADAS UTM WGS 84	X: 690340 Y: 9579322 Z: 2625.4	DIMENSIONES: ALTURA: 30.42 m ANCHO: 143.8 m	
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional	Único X	Activo X	Plano X
Traslacional	Múltiple X	Latente	Flojo
ESTADO	Reciente	Estabilizado	Frontal
	Antiguo	X	Irregular
SUPERFICIE	ESCARPE PRINCIPAL	PIE DE MOVIMIENTO	
Formas recientes	Ban. evidente	Ahoradado	Ahoradado
Cubierta vegetal parcial	Poco evidente X		Plano
Cubierta vegetal total	Parcialmente evidente	Lanceolado (forma de letra)	Empaque Alrededor
Oculta/erosión	No evidente	Resaca	Mult. Anaranjado X
Oculta/Actividad Humana	Grutas	Despaje	Industria
INTENSIDAD DE FORMA	MÁRGENES	MORFOLOGÍA	SUPERFICIE
Fuerte	Evidente	Escalonada	Seca
Clara X	Parcialmente evidente X	Ondulada	Loc. Húmeda X
Leve		Concava	Subestratada
ORIGEN DE LA PENDIENTE	Leve	Indistinta	Manantiales
Natural	Indistinto	Plano X	Flojos de agua
Antropica	X		Laguna
LITOLOGÍA	OBSERVACIONES: Presencia de rocas granodiorita completamente meteorizada en forma de saprolito, porfidos con clastos incrustados de roca negra de tamaños que van de 5-40 cm, además de encontrar gran parte de roca andesita meteorizada en forma de veta y mayoritariamente roca blanca, cabe resaltar que la presencia de granodioritas es predominante sobre la andesita.		
Rocas			
Cambio Roca/suelo	X		
Suelo arenoso	X		
Suelo limoso			
Suelo arcilloso			
FOTOGRAFIA DESLIZAMIENTO			

✓ **Deslizamiento D_4**

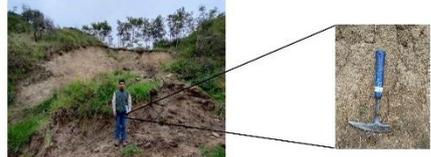
GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"	FECHA:	6/1/2023
		CÓDIGO:	D_4
		UBICACIÓN:	Sayo
COORDENADAS UTM WGS 84	X: 690094 Y: 9579725 Z: 2590.1	DIMENSIONES: ALTURA: 25.29 m ANCHO: 19.16 m	
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional	Único X	Activo X	Plano X
Traslacional	Múltiple X	Latente	Flojo
ESTADO	Reciente	Estabilizado	Frontal
	Antiguo	X	Irregular
SUPERFICIE	ESCARPE PRINCIPAL	PIE DE MOVIMIENTO	
Formas recientes	Ban. evidente	X	Ahoradado
Cubierta vegetal parcial	Poco evidente		Plano
Cubierta vegetal total	Parcialmente evidente	Lanceolado (forma de letra)	Empaque Alrededor
Oculta/erosión	No evidente	Resaca	Mult. Anaranjado X
Oculta/Actividad Humana	Grutas	Despaje	Industria
INTENSIDAD DE FORMA	MÁRGENES	MORFOLOGÍA	SUPERFICIE
Fuerte	Evidente	X	Escalonada
Clara X	Parcialmente evidente	Ondulada	Loc. Húmeda X
Leve		Concava	Subestratada
ORIGEN DE LA PENDIENTE	Leve	Indistinta	Manantiales
Natural	Indistinto	Plano X	Flojos de agua
Antropica	X		Laguna
LITOLOGÍA	OBSERVACIONES: Presencia de granodiorita completamente meteorizada en forma de saprolito, además de incrustaciones de roca andesita meteorizada, y se observa la presencia de porfidos.		
Rocas			
Cambio Roca/suelo			
Suelo arenoso	X		
Suelo limoso			
Suelo arcilloso			
FOTOGRAFIA DESLIZAMIENTO			

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

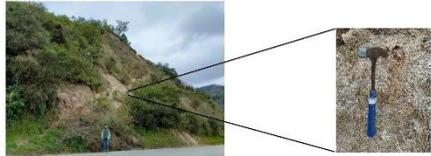
✓ **Deslizamiento D_5**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	*Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja*		FECHA: 6/1/2023 CÓDIGO: D 5 UBICACIÓN: Manzano
COORDENADAS UTM WGS 84	X: 689967	Y: 9579553	Z: 2590.4
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional	Único	X Activo	X Plano
Traslacional	X Múltiple	Latente	Flujo
ESTADO		X Estabilizado	Frontal
		Antiguo	X Irregular
SUPERFICIE	ESCARPE PRINCIPAL		PIE DE MOVIMIENTO
Formas recientes	Bata evidente	Acevitado	Abollado
Cubierta vegetal parcial	X Poco evidente	X	Plano
Cubierta vegetal total	Precipitación evidente	Lacado (forma de lazo)	Empuje Abolado
Oculto/crosión	No evidente	Rectilino	Mult. Anaranjado
Oculto/Actividad Humana	Grutas	Despaje	Industria
INTENSIDAD DE FORMA	MÁRGENES	MORFOLOGÍA	SUPERFICIE
Fuerte	Evidente	Escalonada	X Seca
Clara	Parcialmente evidente	Ondulada	Loc. Húmeda
Leve	X	Concava	Sobresaturada
ORIGEN DE LA PENDIENTE	Leve	X Indistinta	Mantuitales
Natural	Indistinto	Plana	X Flujos de agua
Antropica	X		Laguna
LITOLOGÍA	OBSERVACIONES: Presencia de grietas en la parte superior del deslizamiento, presencia de cobertura vegetal en la parte inferior izquierda del deslizamiento, el material presente en el deslizamiento es granodiorita completamente meteorizada (saprolito)		
Rocas			
Cambio Rocas/suelo			
Suelo arenoso	X		
Suelo limoso			
Suelo arcilloso			
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO			
			

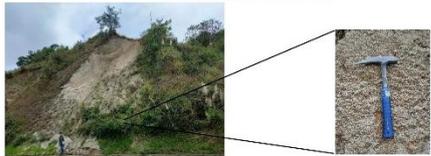
✓ **Deslizamiento D_6**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	*Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja*		FECHA: 6/1/2023 CÓDIGO: D 6 UBICACIÓN: Manzano
COORDENADAS UTM WGS 84	X: 689942	Y: 9579551	Z: 2587.6
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional	Único	X Activo	X Plano
Traslacional	X Múltiple	Latente	Flujo
ESTADO		X Estabilizado	Frontal
		Antiguo	X Irregular
SUPERFICIE	ESCARPE PRINCIPAL		PIE DE MOVIMIENTO
Formas recientes	Bata evidente	X Acevitado	Abollado
Cubierta vegetal parcial	X Poco evidente	X	Plano
Cubierta vegetal total	Precipitación evidente	Lacado (forma de lazo)	Empuje Abolado
Oculto/crosión	No evidente	Rectilino	Mult. Anaranjado
Oculto/Actividad Humana	Grutas	Despaje	Industria
INTENSIDAD DE FORMA	MÁRGENES	MORFOLOGÍA	SUPERFICIE
Fuerte	Evidente	Escalonada	X Seca
Clara	X Parcialmente evidente	Ondulada	Loc. Húmeda
Leve	X	Concava	Sobresaturada
ORIGEN DE LA PENDIENTE	Leve	Indistinta	Mantuitales
Natural	Indistinto	Plana	X Flujos de agua
Antropica	X		Laguna
LITOLOGÍA	OBSERVACIONES: Se compone de saprolito, el material está enraizado en los escarpes, contiene flujos de agua, matorrales y árboles en la parte superior del deslizamiento, además de presencia de materia orgánica.		
Rocas			
Cambio Rocas/suelo			
Suelo arenoso	X		
Suelo limoso			
Suelo arcilloso			
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO			
			

✓ **Deslizamiento D_7**

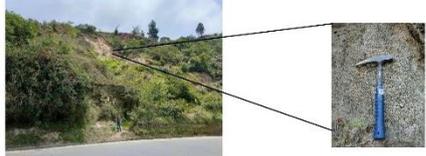
GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	*Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja*		FECHA: 6/1/2023 CÓDIGO: D 7 UBICACIÓN: Manzano
COORDENADAS UTM WGS 84	X: 689905	Y: 9579559	Z: 2581.2
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional	Único	X Activo	X Plano
Traslacional	X Múltiple	Latente	X Flujo
ESTADO		X Estabilizado	Frontal
		Antiguo	X Irregular
SUPERFICIE	ESCARPE PRINCIPAL		PIE DE MOVIMIENTO
Formas recientes	Bata evidente	Acevitado	Abollado
Cubierta vegetal parcial	X Poco evidente	X	Plano
Cubierta vegetal total	Precipitación evidente	Lacado (forma de lazo)	Empuje Abolado
Oculto/crosión	No evidente	Rectilino	Mult. Anaranjado
Oculto/Actividad Humana	Grutas	Despaje	Industria
INTENSIDAD DE FORMA	MÁRGENES	MORFOLOGÍA	SUPERFICIE
Fuerte	Evidente	Escalonada	X Seca
Clara	Parcialmente evidente	Ondulada	Loc. Húmeda
Leve	X	Concava	Sobresaturada
ORIGEN DE LA PENDIENTE	Leve	Indistinta	Mantuitales
Natural	Indistinto	X Plana	X Flujos de agua
Antropica	X		Laguna
LITOLOGÍA	OBSERVACIONES: Se encuentra cubierto por matorrales, arbustos, y hierba seca que cubre en su mayoría, se presencia erosión en la parte inferior, además de estar compuesto de granodiorita meteorizada (saprolito), y de tener en su superficie pequeños flujos de agua.		
Rocas			
Cambio Rocas/suelo			
Suelo arenoso	X		
Suelo limoso			
Suelo arcilloso			
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO			
			

✓ **Deslizamiento D_8**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	*Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja*		FECHA: 6/1/2023 CÓDIGO: D 8 UBICACIÓN: Manzano
COORDENADAS UTM WGS 84	X: 689761	Y: 9579552	Z: 2576.2
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional	Único	X Activo	X Plano
Traslacional	X Múltiple	Latente	X Flujo
ESTADO		X Estabilizado	Frontal
		Antiguo	X Irregular
SUPERFICIE	ESCARPE PRINCIPAL		PIE DE MOVIMIENTO
Formas recientes	X Bata evidente	Acevitado	Abollado
Cubierta vegetal parcial	X Poco evidente	X	Plano
Cubierta vegetal total	Precipitación evidente	Lacado (forma de lazo)	Empuje Abolado
Oculto/crosión	No evidente	Rectilino	Mult. Anaranjado
Oculto/Actividad Humana	Grutas	Despaje	Industria
INTENSIDAD DE FORMA	MÁRGENES	MORFOLOGÍA	SUPERFICIE
Fuerte	Evidente	Escalonada	X Seca
Clara	X Parcialmente evidente	Ondulada	Loc. Húmeda
Leve	X	Concava	Sobresaturada
ORIGEN DE LA PENDIENTE	Leve	Indistinta	Mantuitales
Natural	Indistinto	X Plana	X Flujos de agua
Antropica	X		Laguna
LITOLOGÍA	OBSERVACIONES: Se encuentra la presencia de grietas en la parte céntrica e inferior del deslizamiento que van desde 8-30 cm, además se encuentra granodiorita meteorizada y erosionada tipo saprolito		
Rocas			
Cambio Rocas/suelo			
Suelo arenoso	X		
Suelo limoso			
Suelo arcilloso			
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO			
			

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

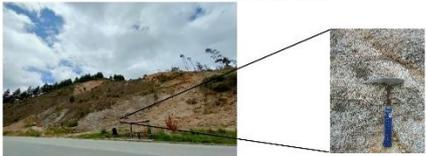
✓ **Deslizamiento D_9**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA		UNL		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS								
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"			FECHA:	7/1/2023			
				CÓDIGO:	D_9			
				UBICACIÓN:	Manzano			
COORDENADAS UTM WGS 84		X	Y	Z	DIMENSIONES			
		689567	9579433	2568.2	ALTURA:	22.15 m	ANCHO:	33.15 m
TIPO DE DESLIZAMIENTO		ESTILO		ACTIVIDAD		FORMA GENERAL		
Rotacional		Único		Activo		Plano		
Traslacional		Múltiple		Latente		Flujo		
ESTADO		ESTILO		ACTIVIDAD		FORMA GENERAL		
		Reciente		Estabilizado		Frontal		
		Antiguo		Irregular		X		
SUPERFICIE		ESCARPE PRINCIPAL		PIE DE MOVIMIENTO				
Formas recientes		Banco evidente		Aboradado		Abollado		
Cubierta vegetal parcial		Poco evidente		X Escalada (zona de banco)		Plano		
Cubierta vegetal total		Parcialmente evidente		X		Empuje Abolado		
Oculto/erosión		No evidente		Rectilíneo		Mlti Acarreado		
Oculto/Actividad Humana		Otra		Desap		Indistinto		
INTENSIDAD DE FORMA		MÁRGENES		MORFOLOGÍA		SUPERFICIE		
Fuerte		Evidente		Escalada		Seca		
Clara		Parcialmente evidente		Ondulada		X Loc. Húmeda		
Leve		X		Concava		Subsaturada		
ORIGEN DE LA PENDIENTE		Leve		Indistinta		Manantiales		
Natural		Indistinto		X		Flujos de agua		
Antropía		X		Plana		Laguna		
LITOLOGÍA		OBSERVACIONES: El material que compone a este deslizamiento es el saprolito, cuenta con la presencia de escoria de agua, abundante vegetación de matorrales, arbustos y además se presencia un muro de gaviones para contención, también en el cuerpo del deslizamiento se encuentra la construcción de una vivienda.						
Rocas								
Cambio Rocas/suelo								
Suelo arenoso		X						
Suelo limoso								
Suelo arcilloso								
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO								
								

✓ **Deslizamiento D_10**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA		UNL		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS								
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"			FECHA:	7/1/2023			
				CÓDIGO:	D_10			
				UBICACIÓN:	Manzano			
COORDENADAS UTM WGS 84		X	Y	Z	DIMENSIONES			
		689501	9579415	2545.9	ALTURA:	15.2 m	ANCHO:	23.45 m
TIPO DE DESLIZAMIENTO		ESTILO		ACTIVIDAD		FORMA GENERAL		
Rotacional		Único		Activo		X Plano		
Traslacional		Múltiple		Latente		Flujo		
ESTADO		ESTILO		ACTIVIDAD		FORMA GENERAL		
		Reciente		Estabilizado		Frontal		
		Antiguo		X		Irregular		
SUPERFICIE		ESCARPE PRINCIPAL		PIE DE MOVIMIENTO				
Formas recientes		Banco evidente		Aboradado		Abollado		
Cubierta vegetal parcial		Poco evidente		X Escalada (zona de banco)		Plano		
Cubierta vegetal total		Parcialmente evidente		X		Empuje Abolado		
Oculto/erosión		No evidente		Rectilíneo		Mlti Acarreado		
Oculto/Actividad Humana		Grava		Desap		Indistinto		
INTENSIDAD DE FORMA		MÁRGENES		MORFOLOGÍA		SUPERFICIE		
Fuerte		Evidente		Escalada		Seca		
Clara		Parcialmente evidente		Ondulada		X Loc. Húmeda		
Leve		X		Concava		Subsaturada		
ORIGEN DE LA PENDIENTE		Leve		X		Indistinta		
Natural		Indistinto		X		Plano		
Antropía		X		Laguna		Laguna		
LITOLOGÍA		OBSERVACIONES: El material que lo compone es saprolito y se encuentra la presencia de grietas en el pie del deslizamiento, además de la presencia de agua y vegetación de matorrales.						
Rocas								
Cambio Rocas/suelo								
Suelo arenoso		X						
Suelo limoso								
Suelo arcilloso								
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO								
								

✓ **Deslizamiento D_11**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA		UNL		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS								
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"			FECHA:	7/1/2023			
				CÓDIGO:	D_11			
				UBICACIÓN:	Manzano			
COORDENADAS UTM WGS 84		X	Y	Z	DIMENSIONES			
		689449	9579571	2566.9	ALTURA:	59.75 m	ANCHO:	215.45 m
TIPO DE DESLIZAMIENTO		ESTILO		ACTIVIDAD		FORMA GENERAL		
Rotacional		Único		Activo		X Plano		
Traslacional		Múltiple		X Latente		Flujo		
ESTADO		ESTILO		ACTIVIDAD		FORMA GENERAL		
		Reciente		Estabilizado		Frontal		
		Antiguo		X		Irregular		
SUPERFICIE		ESCARPE PRINCIPAL		PIE DE MOVIMIENTO				
Formas recientes		Banco evidente		Aboradado		Abollado		
Cubierta vegetal parcial		Poco evidente		X Escalada (zona de banco)		Plano		
Cubierta vegetal total		Parcialmente evidente		X		Empuje Abolado		
Oculto/erosión		No evidente		Rectilíneo		Mlti Acarreado		
Oculto/Actividad Humana		Grava		Desap		Indistinto		
INTENSIDAD DE FORMA		MÁRGENES		MORFOLOGÍA		SUPERFICIE		
Fuerte		Evidente		X Escalada		Seca		
Clara		X		Parcialmente evidente		Ondulada		
Leve		X		Concava		Subsaturada		
ORIGEN DE LA PENDIENTE		Leve		Indistinta		Manantiales		
Natural		Indistinto		X		Flujos de agua		
Antropía		X		Plana		Laguna		
LITOLOGÍA		OBSERVACIONES: Presencia de bancos de estabilización en el del deslizamiento, fuertemente erosionado en la parte derecha, y en la parte central se grandiorita medianamente meteorizada, además de la presencia grietas por flujos de agua por efecto de las precipitaciones y escorrentía superficial, también se encuentran granioritas completamente meteorizadas en forma de saprolito.						
Rocas								
Cambio Rocas/suelo								
Suelo arenoso		X						
Suelo limoso								
Suelo arcilloso								
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO								
								

✓ **Deslizamiento D_12**

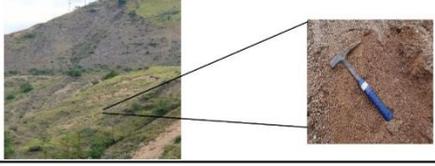
GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA		UNL		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS								
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"			FECHA:	7/1/2023			
				CÓDIGO:	D_12			
				UBICACIÓN:	Manzano			
COORDENADAS UTM WGS 84		X	Y	Z	DIMENSIONES			
		689546	9579477	2549.2	ALTURA:	25.63 m	ANCHO:	18.76 m
TIPO DE DESLIZAMIENTO		ESTILO		ACTIVIDAD		FORMA GENERAL		
Rotacional		Único		Activo		X Plano		
Traslacional		Múltiple		X Latente		Flujo		
ESTADO		ESTILO		ACTIVIDAD		FORMA GENERAL		
		Reciente		Estabilizado		Frontal		
		Antiguo		X		Irregular		
SUPERFICIE		ESCARPE PRINCIPAL		PIE DE MOVIMIENTO				
Formas recientes		Banco evidente		X		Aboradado		
Cubierta vegetal parcial		Poco evidente		X Escalada (zona de banco)		Plano		
Cubierta vegetal total		Parcialmente evidente		X		Empuje Abolado		
Oculto/erosión		No evidente		Rectilíneo		Mlti Acarreado		
Oculto/Actividad Humana		Grava		Desap		Indistinto		
INTENSIDAD DE FORMA		MÁRGENES		MORFOLOGÍA		SUPERFICIE		
Fuerte		Evidente		Escalada		Seca		
Clara		X		Parcialmente evidente		Ondulada		
Leve		X		Concava		Subsaturada		
ORIGEN DE LA PENDIENTE		Leve		Indistinta		Manantiales		
Natural		X		Indistinto		X Plano		
Antropía		X		Laguna		Laguna		
LITOLOGÍA		OBSERVACIONES: El material que lo compone es el saprolito, tiene presencia de matorrales, arbustos en la parte superior del deslizamiento, al pie de este hay un quebrada.						
Rocas								
Cambio Rocas/suelo								
Suelo arenoso		X						
Suelo limoso								
Suelo arcilloso								
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO								
								

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

✓ **Deslizamiento D_13**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		FECHA: 7/1/2023 CODIGO: D_13 UBICACIÓN: Manzano
COORDENADAS UTM WGS 84	X: 689687 Y: 9579627 Z: 2570.3	DIMENSIONES ALTURA: 30.4 m ANCHO: 10.25 m	
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional Traslacional	Único Multiple	Activo Latente	Plano Flujo
ESTADO			
Reciente Antiguo			
SUPERFICIE			
Formas recientes Cubierta vegetal parcial Cubierta vegetal total Oculto/erosión			
ESCARPE PRINCIPAL			
Bien evidente Poco evidente Parcialmente evidente No evidente			
PIE DE MOVIMIENTO			
Abultado Plano Empuje Abolida Mlt. Aranzonado			
INTENSIDAD DE FORMA			
Fuerte Clara Leve			
MÁRGENES			
Evidente Parcialmente evidente Leve			
MORFOLOGÍA			
Escalonada Ondulada Concava			
SUPERFICIE			
Seca Loc. Húmeda Sobresaturada			
ORIGEN DE LA PENDIENTE			
Natural Antropía			
LITOLOGÍA			
Rocas Cambio Roca/suelo Suelo arenoso Suelo limoso Suelo arcilloso			
OBSERVACIONES: Presencia de matacates y árboles alrededor del deslizamiento.			
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO			
			

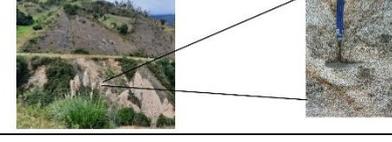
✓ **Deslizamiento D_14**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		FECHA: 7/1/2023 CODIGO: D_14 UBICACIÓN: Manzano
COORDENADAS UTM WGS 84	X: 689628 Y: 9579619 Z: 2553.2	DIMENSIONES ALTURA: 48.62 m ANCHO: 28.8 m	
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional Traslacional	Único Multiple	Activo Latente	Plano Flujo
ESTADO			
Reciente Antiguo			
SUPERFICIE			
Formas recientes Cubierta vegetal parcial Cubierta vegetal total Oculto/erosión			
ESCARPE PRINCIPAL			
Bien evidente Poco evidente Parcialmente evidente No evidente			
PIE DE MOVIMIENTO			
Abultado Plano Empuje Abolida Mlt. Aranzonado			
INTENSIDAD DE FORMA			
Fuerte Clara Leve			
MÁRGENES			
Evidente Parcialmente evidente Leve			
MORFOLOGÍA			
Escalonada Ondulada Concava			
SUPERFICIE			
Seca Loc. Húmeda Sobresaturada			
ORIGEN DE LA PENDIENTE			
Natural Antropía			
LITOLOGÍA			
Rocas Cambio Roca/suelo Suelo arenoso Suelo limoso Suelo arcilloso			
OBSERVACIONES: Presencia de matacates y vegetación arborea.			
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO			
			

✓ **Deslizamiento D_15**

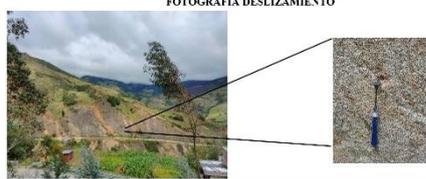
GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		FECHA: 7/1/2023 CODIGO: D_15 UBICACIÓN: Manzano
COORDENADAS UTM WGS 84	X: 689636 Y: 9579585 Z: 2573.1	DIMENSIONES ALTURA: 75.16 m ANCHO: 17.3 m	
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional Traslacional	Único Multiple	Activo Latente	Plano Flujo
ESTADO			
Reciente Antiguo			
SUPERFICIE			
Formas recientes Cubierta vegetal parcial Cubierta vegetal total Oculto/erosión			
ESCARPE PRINCIPAL			
Bien evidente Poco evidente Parcialmente evidente No evidente			
PIE DE MOVIMIENTO			
Abultado Plano Empuje Abolida Mlt. Aranzonado			
INTENSIDAD DE FORMA			
Fuerte Clara Leve			
MÁRGENES			
Evidente Parcialmente evidente Leve			
MORFOLOGÍA			
Escalonada Ondulada Concava			
SUPERFICIE			
Seca Loc. Húmeda Sobresaturada			
ORIGEN DE LA PENDIENTE			
Natural Antropía			
LITOLOGÍA			
Rocas Cambio Roca/suelo Suelo arenoso Suelo limoso Suelo arcilloso			
OBSERVACIONES: Presencia vegetación herbácea desde la parte superior e inferior, presencia de matacates en la parte derecha y vegetación en los márgenes de este.			
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO			
			

✓ **Deslizamiento D_16**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		FECHA: 7/1/2023 CODIGO: D_16 UBICACIÓN: Manzano
COORDENADAS UTM WGS 84	X: 689653 Y: 9579690 Z: 2522.2	DIMENSIONES ALTURA: 88.43 m ANCHO: 155.4 m	
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional Traslacional	Único Multiple	Activo Latente	Plano Flujo
ESTADO			
Reciente Antiguo			
SUPERFICIE			
Formas recientes Cubierta vegetal parcial Cubierta vegetal total Oculto/erosión			
ESCARPE PRINCIPAL			
Bien evidente Poco evidente Parcialmente evidente No evidente			
PIE DE MOVIMIENTO			
Abultado Plano Empuje Abolida Mlt. Aranzonado			
INTENSIDAD DE FORMA			
Fuerte Clara Leve			
MÁRGENES			
Evidente Parcialmente evidente Leve			
MORFOLOGÍA			
Escalonada Ondulada Concava			
SUPERFICIE			
Seca Loc. Húmeda Sobresaturada			
ORIGEN DE LA PENDIENTE			
Natural Antropía			
LITOLOGÍA			
Rocas Cambio Roca/suelo Suelo arenoso Suelo limoso Suelo arcilloso			
OBSERVACIONES: Parte superior estabilizado y cubierto de vegetación, parte inferior activa y de origen natural con el material muy meteorizado y erosionado con presencia de fisuras por las precipitaciones.			
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO			
			

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

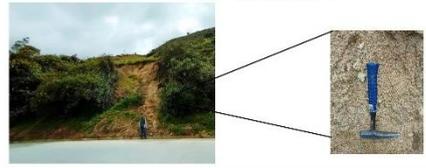
✓ **Deslizamiento D_17**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		FECHA: 7/1/2023
		CODIGO: D_17	
		UBICACIÓN: Matrazo	
COORDENADAS UTM WGS 84	X: 689974	Y: 9580009	Z: 2499.9
	ALTURA: 95.35 m		ANCHO: 299.15 m
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional	Único	Activo	Plano
Traslacional	Múltiple	Latente	Flujo
ESTADO			
	Reciente	Estabilizado	Frontal
	Antiguo	Antiguo	Irregular
SUPERFICIE	ESCARPE PRINCIPAL	PIE DE MOVIMIENTO	
Formas recientes	Bien evidente	Abundante	Abundante
Cubierta vegetal parcial	Poco evidente	Planos	Planos
Cubierta vegetal total	Parcialmente evidente	Lanzado (forma de boca)	Empuje Abolida
Oculto/erosión	No evidente	Resaca	Mult. Anotado
Oculto/Actividad Humana	Grutas	Desajal	Indefinido
INTENSIDAD DE FORMA	MÁRGENES	MORFOLOGÍA	SUPERFICIE
Fuerte	Evidente	Escalonada	Seca
Clara	Parcialmente evidente	Ondulada	Loc. Húmeda
Leve	X	Concava	Subsaturada
ORIGEN DE LA PENDIENTE	Leve	Indistinta	Mantiales
Natural	Indistinto	Plano	X
Antropica	X	Flujos de agua	Laguna
LITOLOGÍA	OBSERVACIONES: Presencia de material rojizo a café claro (saprolito).		
Rocas			
Cambio Roca/suelo			
Suelo arenoso	X		
Suelo limoso			
Suelo arcilloso			
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO			
			

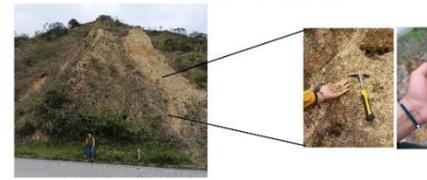
✓ **Deslizamiento D_18**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		FECHA: 7/1/2023
		CODIGO: D_18	
		UBICACIÓN: Matrazo	
COORDENADAS UTM WGS 84	X: 690161	Y: 9580146	Z: 2486.6
	ALTURA: 67.89 m		ANCHO: 333.55 m
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional	Único	Activo	Plano
Traslacional	Múltiple	Latente	Flujo
ESTADO			
	Reciente	Estabilizado	Frontal
	Antiguo	Antiguo	Irregular
SUPERFICIE	ESCARPE PRINCIPAL	PIE DE MOVIMIENTO	
Formas recientes	Bien evidente	Abundante	Abundante
Cubierta vegetal parcial	Poco evidente	Planos	Planos
Cubierta vegetal total	Parcialmente evidente	Lanzado (forma de boca)	Empuje Abolida
Oculto/erosión	No evidente	Resaca	Mult. Anotado
Oculto/Actividad Humana	Grutas	Desajal	Indefinido
INTENSIDAD DE FORMA	MÁRGENES	MORFOLOGÍA	SUPERFICIE
Fuerte	Evidente	Escalonada	Seca
Clara	Parcialmente evidente	Ondulada	X
Leve	X	Concava	Subsaturada
ORIGEN DE LA PENDIENTE	Leve	Indistinta	Mantiales
Natural	X	Plano	Flujos de agua
Antropica	X	Flujos de agua	Laguna
LITOLOGÍA	OBSERVACIONES: La granodiorita se encuentra meteorizada y erosionada a nivel de saprolito, al pie de los deslizamientos se encuentra una quebrada.		
Rocas			
Cambio Roca/suelo			
Suelo arenoso	X		
Suelo limoso			
Suelo arcilloso			
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO			
			

✓ **Deslizamiento D_19**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		FECHA: 7/1/2023
		CODIGO: D_19	
		UBICACIÓN: Paquisha	
COORDENADAS UTM WGS 84	X: 690135	Y: 9580357	Z: 2444.1
	ALTURA: 20 m		ANCHO: 14.55 m
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional	Único	Activo	Plano
Traslacional	Múltiple	Latente	Flujo
ESTADO			
	Reciente	Estabilizado	Frontal
	Antiguo	Antiguo	Irregular
SUPERFICIE	ESCARPE PRINCIPAL	PIE DE MOVIMIENTO	
Formas recientes	Bien evidente	Abundante	Abundante
Cubierta vegetal parcial	Poco evidente	Planos	Planos
Cubierta vegetal total	Parcialmente evidente	Lanzado (forma de boca)	Empuje Abolida
Oculto/erosión	No evidente	Resaca	Mult. Anotado
Oculto/Actividad Humana	Grutas	Desajal	Indefinido
INTENSIDAD DE FORMA	MÁRGENES	MORFOLOGÍA	SUPERFICIE
Fuerte	Evidente	Escalonada	Seca
Clara	Parcialmente evidente	Ondulada	X
Leve	X	Concava	Subsaturada
ORIGEN DE LA PENDIENTE	Leve	Indistinta	Mantiales
Natural	Indistinto	Plano	Flujos de agua
Antropica	X	Flujos de agua	Laguna
LITOLOGÍA	OBSERVACIONES: Presencia de matacortes de derecha a izquierda y en la parte superior se presencia cultivos.		
Rocas			
Cambio Roca/suelo			
Suelo arenoso	X		
Suelo limoso			
Suelo arcilloso			
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO			
			

✓ **Deslizamiento D_20**

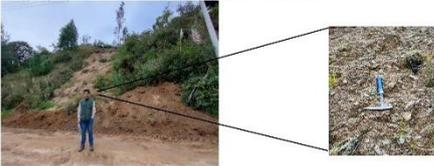
GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		FECHA: 7/1/2023
		CODIGO: D_20	
		UBICACIÓN: Paquisha	
COORDENADAS UTM WGS 84	X: 690087	Y: 9580625	Z: 2455.1
	ALTURA: 33.72 m		ANCHO: 14.55 m
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional	Único	Activo	Plano
Traslacional	Múltiple	Latente	Flujo
ESTADO			
	Reciente	Estabilizado	Frontal
	Antiguo	Antiguo	Irregular
SUPERFICIE	ESCARPE PRINCIPAL	PIE DE MOVIMIENTO	
Formas recientes	Bien evidente	Abundante	Abundante
Cubierta vegetal parcial	Poco evidente	Planos	Planos
Cubierta vegetal total	Parcialmente evidente	Lanzado (forma de boca)	Empuje Abolida
Oculto/erosión	No evidente	Resaca	Mult. Anotado
Oculto/Actividad Humana	Grutas	Desajal	Indefinido
INTENSIDAD DE FORMA	MÁRGENES	MORFOLOGÍA	SUPERFICIE
Fuerte	Evidente	Escalonada	Seca
Clara	Parcialmente evidente	Ondulada	X
Leve	X	Concava	Subsaturada
ORIGEN DE LA PENDIENTE	Leve	Indistinta	Mantiales
Natural	Indistinto	Plano	Flujos de agua
Antropica	X	Flujos de agua	Laguna
LITOLOGÍA	OBSERVACIONES: Presencia de matacortes, arbustos, y herbáceas sobre el deslizamiento, coloración del material de color café rojizo, perteneciente a suelo residual compuesto de arcenas arcillosas.		
Rocas			
Cambio Roca/suelo			
Suelo arenoso			
Suelo limoso	X		
Suelo arcilloso			
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO			
			

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

✓ **Deslizamiento D_21**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		FECHA: 7/1/2023
			CÓDIGO: D_21
			UBICACIÓN: Paquisha
COORDENADAS UTM WGS 84	X 690138	Y 9580687	Z 2426.3
		ALTURA: 17.23 m	ANCHO: 34.78 m
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional	Único	X Activo	X Plano
Traslacional	X Múltiple	Latente	Flujo
ESTADO		Estabilizado	Frontal
		X Antiguo	Irregular
SUPERFICIE		ESCARPE PRINCIPAL	PIE DE MOVIMIENTO
Formas recientes		Buena evaluación	X Abolada
Cubierta vegetal parcial		X Buena evaluación	X Escalada
Cubierta vegetal total		Parcialmente evidente	Loc. Húmeda (Fleza de hierba)
Oculto/erosión		No evidente	Rectilíneo
Oculto/Actividad Humana		Oscuro	Decompuesto
INTENSIDAD DE FORMA	MARGENES	MORFOLOGÍA	SUPERFICIE
Fuerte	Evidente	Escalada	Seca
Clara	X Parcialmente evidente	Ondulada	Loc. Húmeda
Leve		Concava	X Sobresaturada
ORIGEN DE LA PENDIENTE		Leve	X Indistinta
		Indistinto	Plana
		X Antrópica	Flujos de agua
LITOLOGÍA		OBSERVACIONES: Presencia de matacán en la parte derecha y herbales en la parte izquierda, con un material que compone al deslizamiento que es granodiorita meteorizada tipo saprolito de color café claro.	
Rocas			
Cambio Rocas/suelo			
Suelo arenoso		X	
Suelo limoso			
Suelo arcilloso			
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO			
			

✓ **Deslizamiento D_22**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		FECHA: 7/1/2023
			CÓDIGO: D_22
			UBICACIÓN: Paquisha
COORDENADAS UTM WGS 84	X 690213	Y 9580599	Z 2426.3
		ALTURA: 35.69 m	ANCHO: 19.8 m
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional	Único	X Activo	X Plano
Traslacional	X Múltiple	Latente	Flujo
ESTADO		Estabilizado	Frontal
		X Antiguo	Irregular
SUPERFICIE		ESCARPE PRINCIPAL	PIE DE MOVIMIENTO
Formas recientes		Buena evaluación	X Abolada
Cubierta vegetal parcial		X Buena evaluación	X Escalada
Cubierta vegetal total		Parcialmente evidente	Loc. Húmeda (Fleza de hierba)
Oculto/erosión		No evidente	Rectilíneo
Oculto/Actividad Humana		Oscuro	Decompuesto
INTENSIDAD DE FORMA	MARGENES	MORFOLOGÍA	SUPERFICIE
Fuerte	Evidente	Escalada	Seca
Clara	X Parcialmente evidente	Ondulada	Loc. Húmeda
Leve		Concava	X Sobresaturada
ORIGEN DE LA PENDIENTE		Leve	X Indistinta
		Indistinto	Plana
		X Antrópica	Flujos de agua
LITOLOGÍA		OBSERVACIONES: Presencia de vegetación arbustiva y arborea, material erosionado en la parte céntrica y saprolito de color café claro, además de fragmentos de roca, angulosos y redondeados, por ende el material encontrado corresponde a depósitos coluviales.	
Rocas			
Cambio Rocas/suelo		X	
Suelo arenoso			
Suelo limoso			
Suelo arcilloso			
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO			
			

✓ **Deslizamiento D_23**

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		UNL Universidad Nacional de Loja	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA			
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS			
PROYECTO:	"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja"		FECHA: 7/1/2023
			CÓDIGO: D_23
			UBICACIÓN: Paquisha
COORDENADAS UTM WGS 84	X 690378	Y 9580312	Z 2433.6
		ALTURA: 30.08 m	ANCHO: 62.35 m
TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTILO	ACTIVIDAD	FORMA GENERAL
Rotacional	Único	X Activo	X Plano
Traslacional	X Múltiple	Latente	Flujo
ESTADO		Estabilizado	Frontal
		X Antiguo	Irregular
SUPERFICIE		ESCARPE PRINCIPAL	PIE DE MOVIMIENTO
Formas recientes		Buena evaluación	X Abolada
Cubierta vegetal parcial		X Buena evaluación	X Escalada
Cubierta vegetal total		Parcialmente evidente	Loc. Húmeda (Fleza de hierba)
Oculto/erosión		No evidente	Rectilíneo
Oculto/Actividad Humana		Oscuro	Decompuesto
INTENSIDAD DE FORMA	MARGENES	MORFOLOGÍA	SUPERFICIE
Fuerte	Evidente	Escalada	Seca
Clara	X Parcialmente evidente	Ondulada	X Loc. Húmeda
Leve		Concava	X Sobresaturada
ORIGEN DE LA PENDIENTE		Leve	X Indistinta
		Indistinto	Plana
		X Antrópica	Flujos de agua
LITOLOGÍA		OBSERVACIONES: Presencia de cultivos a la derecha del deslizamiento y una vivienda, a la izquierda del deslizamiento se encuentra hierba seca y matacán, además al pie de este se encuentra una quebrada, el material que compone al deslizamiento es saprolito de color amarillo a café oscuro.	
Rocas			
Cambio Rocas/suelo		X	
Suelo arenoso			
Suelo limoso			
Suelo arcilloso			
FOTOGRAFÍA DESLIZAMIENTO			
			

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

Anexo 12 Resultados de los ensayos de clasificación granulométrica

✓ **Ensayos de clasificación granulométrica 1**



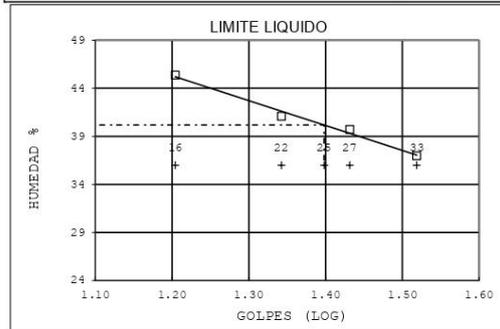
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE UN TRAMO DE VÍA UBICADO EN LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"				
OBRA	PROYECTO DE TESIS				
UBICACIÓN	PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA				
OPERADOR	A. V.	MUESTRA	1		
FECHA	2/3/2023	PROFUNDIDAD	0.50 m		
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w % RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		74.18	63.47	18.16	23.64
		72.77	62.36	18.14	23.54
2.- LIM. LIQUIDO	33	29.32	26.42	18.58	36.99
	27	32.29	28.39	18.57	39.71
	22	29.69	26.62	19.15	41.10
	16	29.64	26.25	18.78	45.38
3.- LIMITE PLASTICO		21.26	20.71	18.29	22.73
		21.75	21.07	17.76	20.54
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-				
				GRAVA=	0.81 %
				ARENA=	62.87 %
				FINOS=	36.32 %
				LL =	40.00 %
				LP =	22.00 %
				IP =	18.00 %
				cu	144.32
				cc	0.80
				CLASIFICACION:	
				SUCS =	SC
				Arena arcillosa	
				AASHTO=	A-6 IG 2
				Suelos arcillosos	
				Regular a Pobre	
PESO INICIAL DE CALCULO:	219.14 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	1.44	0.81	99		
No. 10	19.89	12.03	88		
No. 40	53.10	41.98	58		
No. 200	38.48	63.68	36		
COLOR	CAFÉ NARANJADO				



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

✓ **Ensayos de clasificación granulométrica 2**



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

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282

PROYECTO	"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE UN TRAMO DE VÍA UBICADO EN LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"					
OBRA	PROYECTO DE TESIS					
UBICACIÓN	PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	A.V.	MUESTRA	: 2			
FECHA	2/3/2023	PROFUNDIDAD	: 0.50 m			
	GOLPES	PESO HM. (gr)	PESO SECO (gr)	DE CAPS (gr)	w %	RESULTADO (%)
1.- CONTENIDO HUMEDAD		91.23	87.64	19.13	5.24	5.14
		81.35	78.34	18.54	5.03	
2.- LIM. LIQUIDO	LA MUESTRA NO ES PLÁSTICA					0.00
3.- LIMITE PLASTICO	LA MUESTRA NO ES PLÁSTICA					0.00
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	365 gr		GRAVA=	8.37 %		
			ARENA=	85.92 %		
			FINOS=	5.71 %		
TAMIZ	ESO R (gr	% R.A.	% PASA	LL =	0.00 %	
1 1/2"	0	0.00	100	LP =	0.00 %	
1"	0	0.00	100	IP =	0.00 %	
3/4"	0	0.00	100	cu	10.96	
1/2"	0	0.00	100	cc	1.73	
3/8"	0	0.00	100	CLASIFICACION:		
No. 4	29	8.37	92	SUCS = SW-SM		
No. 10	97	36.25	64	Arena bien graduada con limo		
No. 40	158	81.75	18	AASHTO=	A-1-b	
No. 200	43	94.29	6	IG(86)=	0	
COLOR	: CAFÉ			IG(45)=	0	

Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Teléfono: (07)2613699. Celular: 0993883061-0999692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

*“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-
Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”*

✓ **Ensayos de clasificación granulométrica 3**



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

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282

PROYECTO	"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE UN TRAMO DE VÍA UBICADO EN LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"					
OBRA	PROYECTO DE TESIS					
UBICACIÓN	PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	A.V.	MUESTRA	: 3			
FECHA	2/3/2023	PROFUNDIDAD	: 0.50 m			
	GOLPES	PESO HM. (gr)	PESO SECO (gr)	DE CAPS (gr)	w %	RESULTADO (%)
1.- CONTENIDO HUMEDAD		80.86	76.96	18.55	6.68	6.62
		85.38	81.22	17.89	6.57	
2.- LIM. LIQUIDO	LA MUESTRA NO ES PLÁSTICA					0.00
3.- LIMITE PLASTICO	LA MUESTRA NO ES PLÁSTICA					0.00
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	339 gr	GRAVA=		1.74 %		
		ARENA=		88.60 %		
		FINOS=		9.65 %		
		LL =		0.00 %		
		LP =		0.00 %		
		IP =		0.00 %		
		cu		16.13		
		cc		1.93		
TAMIZ	ESO R (gr % R.A.	% PASA		CLASIFICACION:		
1 1/2"	0	0.00	100	SUCS =	SW-SM	
1"	0	0.00	100	Arena bien graduada con limo		
3/4"	0	0.00	100	AASHTO=	A-1-b	
1/2"	0	0.00	100	IG(86)=	0	
3/8"	0	0.00	100	IG(45)=	0	
No. 4	6	1.74	98			
No. 10	75	25.17	75			
No. 40	145	70.83	29			
No. 200	62	90.35	10			
COLOR	: CAFÉ					

Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Teléfono: (07)2613699. Celular: 0993883061-0999692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

"Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja"

Anexo 13 Resultados de cortes directos

✓ **Corte Directo 1**



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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto:	"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE UN TRAMO DE VÍA UBICADO EN LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"		
Localización	LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN	Muestra:	CORTE 1
Descripción del suelo:	Arena arcillosa (SUCS: SC)		
Humedad:	23.65	Carga:	15.3 Kg
Ensayo:	1	Profundidad:	0.5 m
	Constante de anillo Kg:	1.9048	Esfuerzo normal aplicado:
			1.28 kg/cm2

Datos del Ensayo

Peso anillo (gr):	42.44	Altura muestra inicial (cm):	2	Humedad		
Peso anillo + muestra (gr):	154.58	Altura muestra final (cm):	2.002	Wcap	Wcap+SH	Wcap+SS
Peso muestra inicial (gr):	112.14	Diámetro (cm):	6.18	34.29	146.96	123.94
Peso muestra final (gr):	89.23	Densidad(g/cm3):	1.8690	W%		25.68

Consolidación		Tiempo min.	Lect. Anillo Carga	Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm	Lect. Deform. Vertical 0,01 mm	Deform. Unitaria		Deformación (%)		Carga aplicada Kg.	Cortante Kg/cm2
Tiempo	Deformación					Horiz.	Vertic.	Horiz.	Vertic.		
0.0"	-	0.06	0.6	0	-0.50	0.0000	0.000	0.00	-0.03	0.321	0.011
4"	-	0.12	0.9	10	-0.80	0.0016	0.000	0.16	-0.04	0.482	0.016
15"	-	0.24	1.5	20	-1.00	0.0032	-0.001	0.32	-0.05	0.803	0.027
34"	-	0.36	1.9	40	-1.10	0.0065	-0.001	0.65	-0.06	1.017	0.034
1 min.	-	0.45	2.4	60	-1.20	0.0097	-0.001	0.97	-0.06	1.258	0.042
2 min. 1/4"	-	1.00	2.8	100	-1.20	0.0162	-0.001	1.62	-0.06	1.498	0.050
4 min.	-	1.30	3.3	150	-1.00	0.0243	-0.001	2.43	-0.05	1.739	0.058
6 min. 1/4"	-	1.45	3.7	175	0.20	0.0283	0.000	2.83	0.01	1.980	0.066
9"	-	2.00	4.2	200	1.10	0.0324	0.001	3.24	0.06	2.221	0.074
12 min. 1/4"	-	2.30	4.6	300	2.00	0.0485	0.001	4.85	0.10	2.462	0.082
16 min.	-	3.00	5.1	350	3.00	0.0566	0.002	5.66	0.15	2.703	0.090
20 min. 1/4"	-	3.30	5.5	400	3.50	0.0647	0.002	6.47	0.18	2.943	0.098
25 min.	-	4.00	6.0	450	3.50	0.0728	0.002	7.28	0.18	3.184	0.106
36 min.	-	4.30	6.4	500	4.00	0.0809	0.002	8.09	0.20	3.425	0.114
49 min.	-	5.00	6.9	550	4.20	0.0890	0.002	8.90	0.21	3.666	0.122
60 min.	-	5.30	7.3	600	5.10	0.0971	0.003	9.71	0.26	3.907	0.130
80 min.	-	6.00	7.8	650	6.10	0.1052	0.003	10.52	0.31	4.147	0.138
100 min.	-	6.30	8.2	700	6.80	0.1133	0.003	11.33	0.34	4.388	0.146
120 min.	-	7.00	8.7	750	7.30	0.1214	0.004	12.14	0.37	4.629	0.154
180 min.	-	7.30	9.1	800	8.00	0.1294	0.004	12.94	0.40	4.870	0.162
240 min.	-	8.00	9.6	850	8.00	0.1375	0.004	13.75	0.40	5.111	0.170
300 min.	-	8.30	10.0	900	8.00	0.1456	0.004	14.56	0.40	5.352	0.178
360 min.	-	9.00	10.5	950	8.00	0.1537	0.004	15.37	0.40	5.592	0.186
420 min.	-	9.30	10.9	1000	8.00	0.1618	0.004	16.18	0.40	5.833	0.194
480 min.	-	10.00	11.4	1050	8.00	0.1699	0.004	16.99	0.40	6.074	0.202
540 min.	-	10.42	11.8	1100	8.30	0.1780	0.004	17.80	0.42	6.315	0.210
600 min.	-	10.92	12.3	1150	8.80	0.1861	0.004	18.61	0.44	6.556	0.219
660 min.	-	11.42	12.7	1200	9.0	0.1942	0.005	19.42	0.45	6.797	0.227
720 min.	-	11.92	13.2	1250	9.0	0.2023	0.005	20.23	0.45	7.037	0.235
		12.42	13.6	1300	9.1	0.2104	0.005	21.04	0.46	7.278	0.243

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”



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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto:	“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE UN TRAMO DE VÍA UBICADO EN LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA”				
Localización	LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CAN		Muestra:	CORTE 1	
Descripción del suelo:	Arena arcillosa (SUCS: SC)				
Humedad:	23.65	Carga:	30.06 Kg	Profundidad:	0.5 m
Ensayo:	2	Constante de anillo Kg:	1.9048	Esfuerzo normal aplicado:	2.55 kg/cm2

Datos del Ensayo

Peso anillo (gr):	42.31	Altura muestra inicial (cm):	2	Humedad		
Peso anillo + muestra (gr):	150.78	Altura muestra final (cm):	1.993	Wcap	Wcap+SH	Wcap+SS
Peso muestra inicial (gr):	108.47	Diámetro (cm):	6.18	33.65	141.52	117.79
Peso muestra final (gr):	84.61	Densidad(g/cm3):	1.81	W%		
						28.20

Consolidación		Tiempo min.	Lect. Anillo Carga	Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm	Lect. Deform. Vertical 0,01 mm	Deform. Unitaria		Deformación (%)		Carga aplicada Kg.	Cortante Kg/cm2
Tiempo	Deformación					Horiz.	Vertic.	Horiz.	Vertic.		
0.0"	-	0.06	1.4	0	-1.00	0.0000	-0.001	0.00	-0.05	0.749	0.025
4"	-	0.12	2.8	10	-1.80	0.0016	-0.001	0.16	-0.09	1.498	0.050
15"	-	0.24	4.5	20	-3.50	0.0032	-0.002	0.32	-0.18	2.408	0.080
34"	-	0.36	6.3	40	-4.80	0.0065	-0.002	0.65	-0.24	3.371	0.112
1 min.	-	0.45	7.3	60	-5.90	0.0097	-0.003	0.97	-0.30	3.907	0.130
2 min. 1/4"	-	1.00	8.7	100	-7.50	0.0162	-0.004	1.62	-0.38	4.656	0.155
4 min.	-	1.30	11.5	150	-8.90	0.0243	-0.004	2.43	-0.45	6.154	0.205
6 min. 1/4"	-	1.45	12.9	175	-11.00	0.0283	-0.006	2.83	-0.55	6.904	0.230
9"	-	2.00	13.7	200	-12.00	0.0324	-0.006	3.24	-0.60	7.332	0.244
12 min. 1/4"	-	2.30	15.7	300	-13.50	0.0485	-0.007	4.85	-0.68	8.402	0.280
16 min.	-	3.00	17.4	350	-14.70	0.0566	-0.007	5.66	-0.74	9.312	0.310
20 min. 1/4"	-	3.30	18.8	400	-15.50	0.0647	-0.008	6.47	-0.78	10.061	0.335
25 min.	-	4.00	20.0	450	-15.90	0.0728	-0.008	7.28	-0.80	10.703	0.357
36 min.	-	4.30	21.2	500	-15.90	0.0809	-0.008	8.09	-0.80	11.345	0.378
49 min.	-	5.00	21.8	550	-15.90	0.0890	-0.008	8.90	-0.80	11.666	0.389
60 min.	-	5.30	22.6	600	-15.90	0.0971	-0.008	9.71	-0.80	12.095	0.403
80 min.	-	6.00	23.7	650	-15.90	0.1052	-0.008	10.52	-0.80	12.683	0.423
100 min.	-	6.30	24.4	700	-15.90	0.1133	-0.008	11.33	-0.80	13.058	0.435
120 min.	-	7.00	25.0	750	-15.90	0.1214	-0.008	12.14	-0.80	13.700	0.457
180 min.	-	7.30	25.6	800	-15.90	0.1294	-0.008	12.94	-0.80	13.754	0.458
240 min.	-	8.00	25.7	850	7.20	0.1375	0.004	13.75	0.36	14.021	0.467
300 min.	-	8.30	26.2	900	-15.70	0.1456	-0.008	14.56	-0.79	14.235	0.475
360 min.	-	9.00	26.6	950	-15.70	0.1537	-0.008	15.37	-0.79	14.289	0.476
420 min.	-	9.30	26.7	1000	-15.70	0.1618	-0.008	16.18	-0.79	14.342	0.478
480 min.	-	10.00	26.8	1050	-15.50	0.1699	-0.008	16.99	-0.78	14.610	0.487
540 min.	-	10.30	27.3	1100	-15.50	0.1780	-0.008	17.80	-0.78	14.717	0.491
600 min.	-	11.00	27.5	1150	-15.50	0.1861	-0.008	18.61	-0.78	14.610	0.487
660 min.	-	11.30	27.3	1200	-15.20	0.1942	-0.008	19.42	-0.76	14.289	0.476
720 min.	-	12.00	26.7	1250	-15.10	0.2023	-0.008	20.23	-0.76	14.717	0.491
		12.30	27.5	1300	-15.10	0.2104	-0.008	21.04	-0.76	14.717	0.491

Tele-fax: (07)2613699. Cehular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”



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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto: "CARACTERIZACIÓN GEOLOGICO-GEOTÉCNICA DE UN TRAMO DE VÍA UBICADO EN LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"			
Localización: LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN		Muestra: CORTE 1	
Descripción del suelo: Arena arcillosa (SUCS: SC)			
Humedad: 23.65	Carga: 61.2 Kg	Profundidad: 0.5 m	
Ensayo: 3	Constante de anillo Kg: 1.9048	Esfuerzo normal aplicado: 5.10 kg/cm2	

Datos del Ensayo						
Peso anillo (gr):	42.87	Altura muestra inicial (cm):	2	Humedad		
Peso anillo + muestra (gr):	142.97	Altura muestra final (cm):	1.995	Wcap	Wcap+SH	Wcap+SS
Peso muestra inicial (gr):	100.1	Diámetro (cm):	6.18	Área (cm2):	30	34.32 142.97 120.31
Peso muestra final (gr):	79.22	Densidad(g/cm3):	1.67	W% 26.35		

Consolidación		Tiempo min.	Lect. Anillo Carga	Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm	Lect. Deform. Vertical 0,01 mm	Deform. Unitaria		Deformación (%)		Carga aplicada Kg.	Cortante Kg/cm2
Tiempo	Deformación					Horiz.	Vertic.	Horiz.	Vertic.		
0.0"	-	0.06	2.0	0	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	1.019	0.034
4"	-	0.12	4.7	10	0.00	0.0016	0.000	0.16	0.00	2.396	0.080
15"	-	0.24	8.6	20	-1.80	0.0032	-0.001	0.32	-0.09	4.383	0.146
34"	-	0.36	11.3	40	-3.80	0.0065	-0.002	0.65	-0.19	5.759	0.192
1 min.	-	0.45	12.8	60	-5.20	0.0097	-0.003	0.97	-0.26	6.524	0.217
2 min. 1/4"	-	1.00	16.2	100	-7.70	0.0162	-0.004	1.62	-0.39	8.257	0.275
4 min.	-	1.30	21.5	150	-10.90	0.0243	-0.005	2.43	-0.55	10.958	0.365
6 min. 1/4"	-	1.45	23.8	175	-12.50	0.0283	-0.006	2.83	-0.63	12.130	0.404
9"	-	2.00	25.8	200	-14.00	0.0324	-0.007	3.24	-0.70	13.150	0.438
12 min. 1/4"	-	2.30	30.6	300	-16.80	0.0485	-0.008	4.85	-0.84	15.596	0.520
16 min.	-	3.00	34.4	350	-18.20	0.0566	-0.009	5.66	-0.91	17.533	0.584
20 min. 1/4"	-	3.30	37.0	400	-19.80	0.0647	-0.010	6.47	-0.99	18.858	0.629
25 min.	-	4.00	39.8	450	-20.90	0.0728	-0.010	7.28	-1.05	20.285	0.676
36 min.	-	4.30	42.3	500	-21.50	0.0809	-0.011	8.09	-1.08	21.560	0.719
49 min.	-	5.00	44.5	550	-22.40	0.0890	-0.011	8.90	-1.12	22.681	0.756
60 min.	-	5.30	46.3	600	-23.10	0.0971	-0.012	9.71	-1.16	23.598	0.787
80 min.	-	6.00	48.5	650	-23.30	0.1052	-0.012	10.52	-1.17	24.720	0.824
100 min.	-	6.30	49.3	700	-24.50	0.1133	-0.012	11.33	-1.23	25.127	0.838
120 min.	-	7.00	50.1	750	-25.00	0.1214	-0.013	12.14	-1.25	25.535	0.851
180 min.	-	7.30	51.0	800	-25.50	0.1294	-0.013	12.94	-1.28	25.994	0.866
240 min.	-	8.00	51.6	850	-26.50	0.1375	-0.013	13.75	-1.33	26.300	0.877
300 min.	-	8.30	52.2	900	-25.30	0.1456	-0.013	14.56	-1.27	26.606	0.887
360 min.	-	9.00	52.7	950	-26.40	0.1537	-0.013	15.37	-1.32	26.860	0.895
420 min.	-	9.30	53.2	1000	-26.30	0.1618	-0.013	16.18	-1.32	27.115	0.904
480 min.	-	10.00	53.4	1050	-26.50	0.1699	-0.013	16.99	-1.33	27.217	0.907
540 min.	-	10.30	53.7	1100	-26.90	0.1780	-0.013	17.80	-1.35	27.370	0.912
600 min.	-	11.00	53.8	1150	-27.00	0.1861	-0.014	18.61	-1.35	27.421	0.914
660 min.	-	11.30	53.9	1250	-27.70	0.2023	-0.014	20.23	-1.39	27.472	0.916
720 min.	-	12.00	53.9	1350	-28.00	0.2184	-0.014	21.84	-1.40	27.472	0.916
		12.30	54	1450	-28.30	0.2346	-0.014	23.46	-1.42	27.523	0.917

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

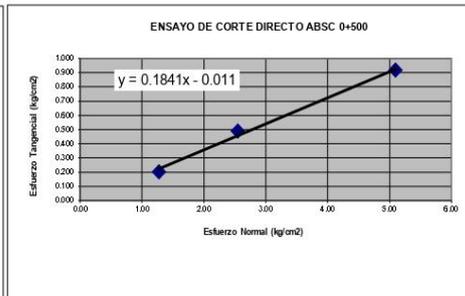
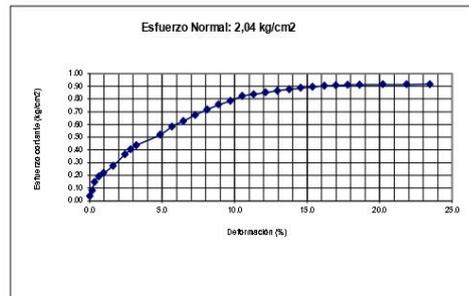
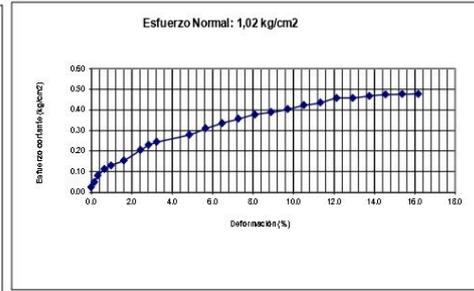
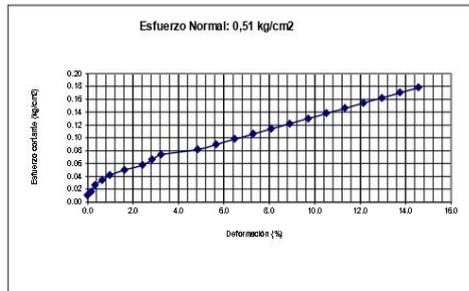


ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto:	“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE UN TRAMO DE VÍA UBICADO EN LOS SECTORES SAYO-PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA”		
Localización:	LOS SECTORES SAYO-PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO	Muestra:	CORTE 1

RESULTADOS



RESULTADOS	Esfuerzos (kg/cm ²)		
	X	Y	Y calculado
Ensayo No	Normal	Cortante	Tangencial*
1	1.28	0.202	0.2271
2	2.55	0.491	0.4506
3	5.10	0.917	0.8976

Angulo de Friccion (grados)	11	Cohesión (kg/cm ²)	0.01
-----------------------------	----	--------------------------------	------

* Valores deducidos de ecuación de gráfico (regresión lineal)

Ing. Voltaire O. Castillo J.
LABORATORIO

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

✓ **Corte Directo 2**



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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto:	"CARACTERIZACIÓN GEOLOGICO-GEOTÉCNICA DE UN TRAMO DE VÍA UBICADO EN LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"		
Localización	LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN	Muestra:	CORTE 2
Descripción del suelo:	Arena bien graduada (SUCS: SW-SM)		
Humedad:	23.65	Carga:	15.3 Kg
Ensayo:	1	Constante de anillo Kg:	1.9048
		Esfuerzo normal aplicado:	1.28 kg/cm2

Datos del Ensayo					
Peso anillo (gr):	42.45	Altura muestra inicial (cm):	2	Humedad	
Peso anillo + muestra (gr):	155.8	Altura muestra final (cm):	1.992	Wcap	Wcap+SH
Peso muestra inicial (gr):	113.35	Diámetro (cm):	6.18	Área (cm2):	30
Peso muestra final (gr):	97.24	Densidad(g/cm3):	1.8892	W%	16.56

Consolidación		Tiempo min.	Lect. Anillo Carga	Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm	Lect. Deform. Vertical 0,01 mm	Deform. Unitaria		Deformación (%)		Carga aplicada Kg.	Cortante Kg/cm2
Tiempo	Deformación					Horiz.	Vertic.	Horiz.	Vertic.		
0.0"	-	0.06	0.9	0	0.00	0.0000	0.00	0.00	0.482	0.016	
4"	-	0.12	1.4	10	-0.50	0.0016	0.000	0.16	-0.03	0.749	0.025
15"	-	0.24	2.3	20	-1.70	0.0032	-0.001	0.32	-0.09	1.231	0.041
34"	-	0.36	3.0	40	-3.80	0.0065	-0.002	0.65	-0.19	1.605	0.054
1 min.	-	0.45	3.3	60	-5.10	0.0097	-0.003	0.97	-0.26	1.766	0.059
2 min. 1/4"	-	1.00	4.2	100	-6.50	0.0162	-0.003	1.62	-0.33	2.248	0.075
4 min.	-	1.30	5.1	150	-9.80	0.0243	-0.005	2.43	-0.49	2.729	0.091
6 min. 1/4"	-	1.45	5.9	175	-10.90	0.0283	-0.005	2.83	-0.55	3.157	0.105
9"	-	2.00	6.1	200	-12.50	0.0324	-0.006	3.24	-0.63	3.264	0.109
12 min. 1/4"	-	2.30	7.2	300	-14.70	0.0485	-0.007	4.85	-0.74	3.853	0.128
16 min.	-	3.00	8.4	350	-15.90	0.0566	-0.008	5.66	-0.80	4.495	0.150
20 min. 1/4"	-	3.30	9.3	400	-17.10	0.0647	-0.009	6.47	-0.86	4.977	0.166
25 min.	-	4.00	10.3	450	-17.90	0.0728	-0.009	7.28	-0.90	5.512	0.184
36 min.	-	4.30	11.4	500	-18.20	0.0809	-0.009	8.09	-0.91	6.101	0.203
49 min.	-	5.00	11.9	550	-18.20	0.0890	-0.009	8.90	-0.91	6.368	0.212
60 min.	-	5.30	12.2	600	-18.20	0.0971	-0.009	9.71	-0.91	6.529	0.218
80 min.	-	6.00	13.0	650	-18.20	0.1052	-0.009	10.52	-0.91	6.957	0.232
100 min.	-	6.30	13.7	700	-18.20	0.1133	-0.009	11.33	-0.91	7.332	0.244
120 min.	-	7.00	14.0	750	-17.80	0.1214	-0.009	12.14	-0.89	7.492	0.250
180 min.	-	7.30	14.1	800	-17.00	0.1294	-0.009	12.94	-0.85	7.546	0.252
240 min.	-	8.00	14.6	850	-15.50	0.1375	-0.008	13.75	-0.78	7.813	0.260
300 min.	-	8.30	15.0	900	-13.50	0.1456	-0.007	14.56	-0.68	8.027	0.268
360 min.	-	9.00	15.2	950	-11.50	0.1537	-0.006	15.37	-0.58	8.134	0.271
420 min.	-	9.30	15.2	1000	-9.80	0.1618	-0.005	16.18	-0.49	8.134	0.271
480 min.	-	10.00	15.5	1050	-7.50	0.1699	-0.004	16.99	-0.38	8.295	0.276
540 min.	-	10.42	15.3	1100	-6.50	0.1780	-0.003	17.80	-0.33	8.188	0.273
600 min.	-	10.92	15.3	1150	-5.30	0.1861	-0.003	18.61	-0.27	8.188	0.273
660 min.	-	11.42	15.5	1200	-3.5	0.1942	-0.002	19.42	-0.18	8.295	0.276
720 min.	-	11.92	15.6	1250	-1.3	0.2023	-0.001	20.23	-0.07	8.348	0.278
		12.42	16	1300	0.3	0.2104	0.000	21.04	0.02	8.563	0.285

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”



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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto:	"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE UN TRAMO DE VÍA UBICADO EN LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"				
Localización	LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN			Muestra:	CORTE 2
Descripción del suelo:	Arena bien graduada (SUCS: SW-SM)				
Humedad:	23.65	Carga:	30.06	Profundidad:	0.5 m
Ensayo:	2	Constante de anillo Kg:	1.9048	Esfuerzo normal aplicado:	2.55 kg/cm2

Datos del Ensayo

Peso anillo (gr):	42.32	Altura muestra inicial (cm):	2	Humedad		
Peso anillo + muestra (gr):	156.09	Altura muestra final (cm):	1.998	Wcap	Wcap+SH	Wcap+SS
Peso muestra inicial (gr):	113.77	Diámetro (cm):	6.18	Área (cm2):	30	33.39 144.82 129.58
Peso muestra final (gr):	98.21	Densidad(g/cm3):	1.90	W% 15.84		

Consolidación		Tiempo min.	Lect. Anillo Carga	Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm	Lect. Deform. Vertical 0,01 mm	Deform. Unitaria		Deformación (%)		Carga aplicada Kg.	Cortante Kg/cm2
Tiempo	Deformación					Horiz.	Vertic.	Horiz.	Vertic.		
0.0"	-	0.06	1.8	0	0.50	0.0000	0.000	0.00	0.03	0.963	0.032
4"	-	0.12	2.6	10	0.50	0.0016	0.000	0.16	0.03	1.391	0.046
15"	-	0.24	3.8	20	0.00	0.0032	0.000	0.32	0.00	2.034	0.068
34"	-	0.36	4.5	40	-0.50	0.0065	0.000	0.65	-0.03	2.408	0.080
1 min.	-	0.45	5.5	60	-0.80	0.0097	0.000	0.97	-0.04	2.961	0.099
2 min. 1/4"	-	1.00	6.5	100	-1.30	0.0162	-0.001	1.62	-0.07	3.470	0.116
4 min.	-	1.30	7.4	150	-2.20	0.0243	-0.001	2.43	-0.11	3.978	0.133
6 min. 1/4"	-	1.45	8.4	175	-2.50	0.0283	-0.001	2.83	-0.13	4.486	0.150
9"	-	2.00	9.3	200	-2.80	0.0324	-0.001	3.24	-0.14	4.995	0.166
12 min. 1/4"	-	2.30	10.3	300	-3.20	0.0485	-0.002	4.85	-0.16	5.503	0.183
16 min.	-	3.00	11.2	350	-3.50	0.0566	-0.002	5.66	-0.18	6.012	0.200
20 min. 1/4"	-	3.30	12.2	400	-3.70	0.0647	-0.002	6.47	-0.19	6.520	0.217
25 min.	-	4.00	13.1	450	-3.70	0.0728	-0.002	7.28	-0.19	7.028	0.234
36 min.	-	4.30	14.1	500	-3.70	0.0809	-0.002	8.09	-0.19	7.537	0.251
49 min.	-	5.00	15.0	550	-3.70	0.0890	-0.002	8.90	-0.19	8.045	0.268
60 min.	-	5.30	16.0	600	-3.70	0.0971	-0.002	9.71	-0.19	8.554	0.285
80 min.	-	6.00	16.9	650	-3.70	0.1052	-0.002	10.52	-0.19	9.062	0.302
100 min.	-	6.30	17.9	700	-3.70	0.1133	-0.002	11.33	-0.19	9.570	0.319
120 min.	-	7.00	18.8	750	-3.70	0.1214	-0.002	12.14	-0.19	10.587	0.353
180 min.	-	7.30	19.8	800	-3.70	0.1294	-0.002	12.94	-0.19	11.096	0.370
240 min.	-	8.00	20.7	850	-3.90	0.1375	-0.002	13.75	-0.20	11.604	0.387
300 min.	-	8.30	21.7	900	-3.90	0.1456	-0.002	14.56	-0.20	12.112	0.404
360 min.	-	9.00	22.6	950	-3.90	0.1537	-0.002	15.37	-0.20	12.621	0.421
420 min.	-	9.30	23.6	1000	-3.90	0.1618	-0.002	16.18	-0.20	13.129	0.438
480 min.	-	10.00	24.5	1050	-4.00	0.1699	-0.002	16.99	-0.20	13.638	0.455
540 min.	-	10.30	25.5	1100	-4.00	0.1780	-0.002	17.80	-0.20	14.146	0.472
600 min.	-	11.00	26.4	1150	-4.00	0.1861	-0.002	18.61	-0.20	14.654	0.488
660 min.	-	11.30	27.4	1200	-4.20	0.1942	-0.002	19.42	-0.21	15.163	0.505
720 min.	-	12.00	28.3	1250	-4.20	0.2023	-0.002	20.23	-0.21	15.671	0.522
		12.30	29.3	1300	-4.20	0.2104	-0.002	21.04	-0.21	15.671	0.522

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”



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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto: "CARACTERIZACIÓN GEOLOGICO-GEOTÉCNICA DE UN TRAMO DE VÍA UBICADO EN LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"			
Localización: LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN		Muestra: CORTE 2	
Descripción del suelo: Arena bien graduada (SUCS: SW-SM)			
Humedad: 23.65	Carga: 61.2 Kg	Profundidad: 0.5 m	
Ensayo: 3	Constante de anillo Kg: 1.9048	Esfuerzo normal aplicado: 5.10 kg/cm2	

Datos del Ensayo			
Peso anillo (gr): 42.88	Altura muestra inicial (cm): 2	Humedad	
Peso anillo + muestra (gr): 155.69	Altura muestra final (cm): 1.994	Wcap	Wcap+SH
Peso muestra inicial (gr): 112.81	Diámetro (cm): 6.18	Wcap+SS	
Peso muestra final (gr): 96.82	Densidad(g/cm3): 1.88	W%	

Consolidación		Tiempo min.	Lect. Anillo Carga	Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm	Lect. Deform. Vertical 0,01 mm	Deform. Unitaria		Deformación (%)		Carga aplicada Kg.	Cortante Kg/cm2
Tiempo	Deformación					Horiz.	Vertic.	Horiz.	Vertic.		
0.0"	-	0.06	0.2	0	-0.90	0.0000	0.000	0.00	-0.05	0.102	0.003
4"	-	0.12	4.9	10	-1.10	0.0016	-0.001	0.16	-0.06	2.497	0.083
15"	-	0.24	8.5	20	-3.00	0.0032	-0.002	0.32	-0.15	4.332	0.144
34"	-	0.36	11.5	40	-5.10	0.0065	-0.003	0.65	-0.26	5.861	0.195
1 min.	-	0.45	14.3	60	-6.50	0.0097	-0.003	0.97	-0.33	7.288	0.243
2 min. 1/4"	-	1.00	17.8	100	-9.00	0.0162	-0.005	1.62	-0.45	9.072	0.302
4 min.	-	1.30	24.0	150	-12.80	0.0243	-0.006	2.43	-0.64	12.232	0.408
6 min. 1/4"	-	1.45	26.9	175	-14.70	0.0283	-0.007	2.83	-0.74	13.710	0.457
9"	-	2.00	29.4	200	-16.70	0.0324	-0.008	3.24	-0.84	14.985	0.499
12 min. 1/4"	-	2.30	34.4	300	-18.80	0.0485	-0.009	4.85	-0.94	17.533	0.584
16 min.	-	3.00	39.6	350	-20.70	0.0566	-0.010	5.66	-1.04	20.183	0.673
20 min. 1/4"	-	3.30	43.7	400	-22.00	0.0647	-0.011	6.47	-1.10	22.273	0.742
25 min.	-	4.00	47.4	450	-22.20	0.0728	-0.011	7.28	-1.11	24.159	0.805
36 min.	-	4.30	51.3	500	-22.20	0.0809	-0.011	8.09	-1.11	26.147	0.872
49 min.	-	5.00	54.0	550	-22.20	0.0890	0.011	8.90	1.11	27.523	0.917
60 min.	-	5.30	56.7	600	-21.30	0.0971	-0.011	9.71	-1.07	28.899	0.963
80 min.	-	6.00	59.3	650	-19.80	0.1052	-0.010	10.52	-0.99	30.224	1.007
100 min.	-	6.30	61.8	700	-18.20	0.1133	-0.009	11.33	-0.91	31.498	1.050
120 min.	-	7.00	64.4	750	-16.10	0.1214	-0.008	12.14	-0.81	32.824	1.094
180 min.	-	7.30	65.8	800	-14.30	0.1294	-0.007	12.94	-0.72	33.537	1.118
240 min.	-	8.00	67.7	850	-12.10	0.1375	-0.006	13.75	-0.61	34.506	1.150
300 min.	-	8.30	69.5	900	-9.70	0.1456	-0.005	14.56	-0.49	35.423	1.181
360 min.	-	9.00	70.0	950	-7.00	0.1537	-0.004	15.37	-0.35	35.678	1.189
420 min.	-	9.30	70.5	1000	-4.10	0.1618	-0.002	16.18	-0.21	35.933	1.198
480 min.	-	10.00	70.9	1050	-1.80	0.1699	-0.001	16.99	-0.09	36.137	1.205
540 min.	-	10.30	71.6	1100	1.00	0.1780	0.001	17.80	0.05	36.493	1.216
600 min.	-	11.00	72.7	1150	3.30	0.1861	0.002	18.61	0.17	37.054	1.235
660 min.	-	11.30	72.0	1250	6.50	0.2023	0.003	20.23	0.33	36.697	1.223
720 min.	-	12.00	71.4	1350	9.10	0.2184	0.005	21.84	0.46	36.391	1.213
		12.30	72.8	1450	10.80	0.2346	0.005	23.46	0.54	37.105	1.237

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

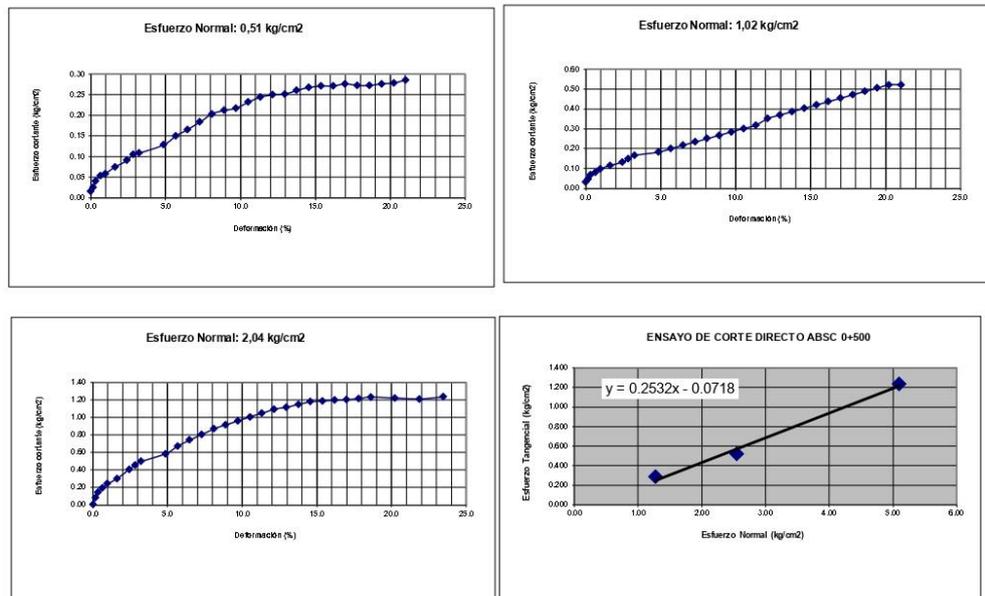


ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto:	“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE UN TRAMO DE VÍA UBICADO EN LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA”		
Localización:	LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO	Muestra:	CORTE 2

RESULTADOS



RESULTADOS	Esfuerzos (kg/cm ²)		
	X	Y	Y calculado
Ensayo No	Normal	Cortante	Tangencial*
1	1.28	0.285	0.2271
2	2.55	0.522	0.4506
3	5.10	1.237	0.8976

Ángulo de Fricción (grados)	15	Cohesión (kg/cm ²)	0,00	* Valores deducidos de ecuación de gráfico (regresión lineal)
-----------------------------	----	--------------------------------	------	---

Ing. Voltaire O. Castillo J.
LABORATORIO

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

✓ **Corte directo 3**



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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto:	"CARACTERIZACIÓN GEOLOGICO-GEOTÉCNICA DE UN TRAMO DE VÍA UBICADO EN LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"		
Localización	LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN	Muestra:	CORTE 3
Descripción del suelo:	Arena bien graduada con limo (SUCS: SW-SM)		
Humedad:	23.65	Carga:	15.3 Kg
Ensayo:	1	Constante de anillo Kg:	1.9048
		Esfuerzo normal aplicado:	1.28 kg/cm2

Datos del Ensayo					
Peso anillo (gr):	41.72	Altura muestra inicial (cm):	2	Humedad	
Peso anillo + muestra (gr):	151.56	Altura muestra final (cm):	1.998	Wcap	Wcap+SH
Peso muestra inicial (gr):	109.84	Diámetro (cm):	6.18	33.05	151.73
Peso muestra final (gr):	92.69	Densidad(g/cm3):	1.8307	Wcap+SS	133.20
				W%	18.50

Consolidación		Tiempo min.	Lect. Anillo Carga	Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm	Lect. Deform. Vertical 0,01 mm	Deform. Unitaria		Deformación (%)		Carga aplicada Kg.	Cortante Kg/cm2
Tiempo	Deformación					Horiz.	Vertic.	Horiz.	Vertic.		
0.0"	-	0.06	1.3	0	-0.50	0.0000	0.000	0.00	-0.03	0.696	0.023
4"	-	0.12	1.9	10	-0.50	0.0016	0.000	0.16	-0.03	1.017	0.034
15"	-	0.24	3.0	20	-0.70	0.0032	0.000	0.32	-0.04	1.605	0.054
34"	-	0.36	4.0	40	-0.90	0.0065	0.000	0.65	-0.05	2.141	0.071
1 min.	-	0.45	4.4	60	-1.30	0.0097	-0.001	0.97	-0.07	2.355	0.078
2 min. 1/4"	-	1.00	5.4	100	-1.90	0.0162	-0.001	1.62	-0.10	2.890	0.096
4 min.	-	1.30	7.0	150	-2.80	0.0243	-0.001	2.43	-0.14	3.746	0.125
6 min. 1/4"	-	1.45	8.0	175	-3.10	0.0283	-0.002	2.83	-0.16	4.281	0.143
9"	-	2.00	8.9	200	-3.50	0.0324	-0.002	3.24	-0.18	4.763	0.159
12 min. 1/4"	-	2.30	10.4	300	-3.50	0.0485	-0.002	4.85	-0.18	5.566	0.186
16 min.	-	3.00	12.2	350	-3.50	0.0566	-0.002	5.66	-0.18	6.529	0.218
20 min. 1/4"	-	3.30	14.0	400	-3.30	0.0647	-0.002	6.47	-0.17	7.492	0.250
25 min.	-	4.00	15.9	450	0.80	0.0728	0.000	7.28	0.04	8.509	0.284
36 min.	-	4.30	17.3	500	3.30	0.0809	0.002	8.09	0.17	9.258	0.309
49 min.	-	5.00	18.7	550	7.20	0.0890	0.004	8.90	0.36	10.007	0.334
60 min.	-	5.30	20.1	600	11.70	0.0971	0.006	9.71	0.59	10.757	0.359
80 min.	-	6.00	21.5	650	16.10	0.1052	0.008	10.52	0.81	11.506	0.384
100 min.	-	6.30	22.9	700	21.80	0.1133	0.011	11.33	1.09	12.255	0.409
120 min.	-	7.00	24.3	750	28.00	0.1214	0.014	12.14	1.40	13.004	0.433
180 min.	-	7.30	24.9	800	34.00	0.1294	0.017	12.94	1.70	13.325	0.444
240 min.	-	8.00	25.5	850	40.50	0.1375	0.020	13.75	2.03	13.647	0.455
300 min.	-	8.30	26.1	900	48.00	0.1456	0.024	14.56	2.40	13.968	0.466
360 min.	-	9.00	26.0	950	55.20	0.1537	0.028	15.37	2.76	13.914	0.464
420 min.	-	9.30	26.0	1000	62.00	0.1618	0.031	16.18	3.10	13.914	0.464
480 min.	-	10.00	26.0	1050	69.00	0.1699	0.035	16.99	3.45	13.914	0.464
540 min.	-	10.42	26.0	1100	76.70	0.1780	0.038	17.80	3.84	13.914	0.464
600 min.	-	10.92	25.9	1150	84.50	0.1861	0.042	18.61	4.23	13.861	0.462
660 min.	-	11.42	25.5	1200	92.0	0.1942	0.046	19.42	4.60	13.647	0.455
720 min.	-	11.92	25	1250	99.0	0.2023	0.050	20.23	4.95	13.379	0.446
		12.42	24.4	1300	105.8	0.2104	0.053	21.04	5.29	13.058	0.435

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo- Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”



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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto:	"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE UN TRAMO DE VÍA UBICADO EN LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"		
Localización	LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN	Muestra:	CORTE 3
Descripción del suelo:	Arena bien graduada con limo (SUCS: SW-SM)		
Humedad:	23.65	Carga:	30.06 Kg
Ensayo:	2	Constante de anillo Kg:	1.9048
		Esfuerzo normal aplicado:	2.55 kg/cm2

Datos del Ensayo						
Peso anillo (gr):	42.88	Altura muestra inicial (cm):	2	Humedad		
Peso anillo + muestra (gr):	158.87	Altura muestra final (cm):	2.000	Wcap	Wcap+SH	Wcap+SS
Peso muestra inicial (gr):	115.99	Diámetro (cm):	6.18	Área (cm2):	30	32.41 152.77 135.39
Peso muestra final (gr):	99.24	Densidad(g/cm3):	1.93	W% 16.88		

Consolidación		Tiempo min.	Lect. Anillo Carga	Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm	Lect. Deform. Vertical 0,01 mm	Deform. Unitaria		Deformación (%)		Carga aplicada Kg.	Cortante Kg/cm2
Tiempo	Deformación					Horiz.	Vertic.	Horiz.	Vertic.		
0.0"	-	0.06	1.9	0	-0.50	0.0000	0.000	0.00	-0.03	1.017	0.034
4"	-	0.12	3.0	10	-0.50	0.0016	0.000	0.16	-0.03	1.605	0.054
15"	-	0.24	5.1	20	-0.70	0.0032	0.000	0.32	-0.04	2.729	0.091
34"	-	0.36	6.5	40	-1.50	0.0065	-0.001	0.65	-0.08	3.479	0.116
1 min.	-	0.45	7.9	60	-1.90	0.0097	-0.001	0.97	-0.10	4.228	0.141
2 min. 1/4"	-	1.00	9.8	100	-2.50	0.0162	-0.001	1.62	-0.13	5.245	0.175
4 min.	-	1.30	13.9	150	-2.80	0.0243	-0.001	2.43	-0.14	7.439	0.248
6 min. 1/4"	-	1.45	15.6	175	-2.80	0.0283	-0.001	2.83	-0.14	8.348	0.278
9"	-	2.00	17.2	200	-2.80	0.0324	-0.001	3.24	-0.14	9.205	0.307
12 min. 1/4"	-	2.30	20.0	300	-2.50	0.0485	-0.001	4.85	-0.13	10.703	0.357
16 min.	-	3.00	23.6	350	-0.20	0.0566	0.000	5.66	-0.01	12.630	0.421
20 min. 1/4"	-	3.30	25.7	400	2.20	0.0647	0.001	6.47	0.11	13.754	0.458
25 min.	-	4.00	28.2	450	4.90	0.0728	0.002	7.28	0.25	15.091	0.503
36 min.	-	4.30	30.5	500	7.30	0.0809	0.004	8.09	0.37	16.322	0.544
49 min.	-	5.00	32.4	550	11.90	0.0890	0.006	8.90	0.60	17.339	0.578
60 min.	-	5.30	34.6	600	15.70	0.0971	0.008	9.71	0.79	18.516	0.617
80 min.	-	6.00	37.7	650	19.40	0.1052	0.010	10.52	0.97	20.175	0.673
100 min.	-	6.30	40.5	700	22.90	0.1133	0.011	11.33	1.15	21.674	0.722
120 min.	-	7.00	43.2	750	23.10	0.1214	0.012	12.14	1.16	24.510	0.817
180 min.	-	7.30	45.8	800	30.80	0.1294	0.015	12.94	1.54	25.902	0.863
240 min.	-	8.00	48.4	850	35.10	0.1375	0.018	13.75	1.76	27.186	0.906
300 min.	-	8.30	50.8	900	40.70	0.1456	0.020	14.56	2.04	27.935	0.931
360 min.	-	9.00	52.2	950	46.50	0.1537	0.023	15.37	2.33	28.952	0.965
420 min.	-	9.30	54.1	1000	52.50	0.1618	0.026	16.18	2.63	29.701	0.990
480 min.	-	10.00	55.5	1050	59.80	0.1699	0.030	16.99	2.99	30.504	1.017
540 min.	-	10.30	57.0	1100	63.50	0.1780	0.032	17.80	3.18	31.146	1.038
600 min.	-	11.00	58.2	1150	73.50	0.1861	0.037	18.61	3.68	31.307	1.044
660 min.	-	11.30	58.5	1200	80.50	0.1942	0.040	19.42	4.03	31.414	1.047
720 min.	-	12.00	58.7	1250	96.50	0.2023	0.048	20.23	4.83	31.681	1.056
		12.30	59.2	1300	103.50	0.2104	0.052	21.04	5.18	31.681	1.056

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”



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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto: "CARACTERIZACIÓN GEOLOGICO-GEOTÉCNICA DE UN TRAMO DE VÍA UBICADO EN LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"			
Localización: LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN		Muestra: CORTE 3	
Descripción del suelo: Arena bien graduada con limo (SUCS: SW-SM)			
Humedad: 23.65	Carga: 61.2 Kg	Profundidad: 0.5 m	
Ensayo: 3	Constante de anillo Kg: 1.9048	Esfuerzo normal aplicado: 5.10 kg/cm2	

Datos del Ensayo						
Peso anillo (gr):	42.58	Altura muestra inicial (cm):	2	Humedad		
Peso anillo + muestra (gr):	157.73	Altura muestra final (cm):	1.997	Wcap	Wcap+SH	Wcap+SS
Peso muestra inicial (gr):	115.15	Diámetro (cm):	6.18	Área (cm2):	30	33.14 157.22 139.01
Peso muestra final (gr):	98.25	Densidad(g/cm3):	1.92	W% 17.20		

Consolidación		Tiempo min.	Lect. Anillo Carga	Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm	Lect. Deform. Vertical 0,01 mm	Deform. Unitaria		Deformación (%)		Carga aplicada Kg.	Cortante Kg/cm2
Tiempo	Deformación					Horiz.	Vertic.	Horiz.	Vertic.		
0.0"	-	0.06	2.3	0	-0.50	0.0000	0.000	0.00	-0.03	1.172	0.039
4"	-	0.12	4.7	10	-0.50	0.0016	0.000	0.16	-0.03	2.396	0.080
15"	-	0.24	8.9	20	-1.50	0.0032	-0.001	0.32	-0.08	4.536	0.151
34"	-	0.36	12.5	40	-3.00	0.0065	-0.002	0.65	-0.15	6.371	0.212
1 min.	-	0.45	15.5	60	-4.00	0.0097	-0.002	0.97	-0.20	7.900	0.263
2 min. 1/4"	-	1.00	19.8	100	-5.10	0.0162	-0.003	1.62	-0.26	10.092	0.336
4 min.	-	1.30	27.2	150	-6.90	0.0243	-0.003	2.43	-0.35	13.863	0.462
6 min. 1/4"	-	1.45	32.9	175	-7.50	0.0283	-0.004	2.83	-0.38	16.769	0.559
9"	-	2.00	34.9	200	-7.90	0.0324	-0.004	3.24	-0.40	17.788	0.593
12 min. 1/4"	-	2.30	41.1	300	-7.90	0.0485	-0.004	4.85	-0.40	20.948	0.698
16 min.	-	3.00	46.8	350	7.90	0.0566	-0.003	5.66	-0.35	23.853	0.795
20 min. 1/4"	-	3.30	51.8	400	-6.90	0.0647	-0.003	6.47	-0.30	26.402	0.880
25 min.	-	4.00	56.9	450	-5.90	0.0728	-0.002	7.28	-0.20	29.001	0.967
36 min.	-	4.30	62.0	500	-3.90	0.0809	-0.001	8.09	-0.08	31.600	1.053
49 min.	-	5.00	66.3	550	-1.50	0.0890	0.001	8.90	0.08	33.792	1.126
60 min.	-	5.30	69.0	600	1.50	0.0971	0.002	9.71	0.24	35.168	1.172
80 min.	-	6.00	70.3	650	4.70	0.1052	0.002	10.52	0.24	35.831	1.194
100 min.	-	6.30	74.0	700	8.80	0.1133	0.004	11.33	0.44	37.717	1.257
120 min.	-	7.00	76.8	750	12.30	0.1214	0.006	12.14	0.62	39.144	1.305
180 min.	-	7.30	78.9	800	16.90	0.1294	0.008	12.94	0.85	40.214	1.340
240 min.	-	8.00	81.0	850	22.80	0.1375	0.011	13.75	1.14	41.284	1.376
300 min.	-	8.30	83.9	900	28.10	0.1456	0.014	14.56	1.41	42.762	1.425
360 min.	-	9.00	87.0	950	31.90	0.1537	0.016	15.37	1.60	44.343	1.478
420 min.	-	9.30	88.5	1000	37.50	0.1618	0.019	16.18	1.88	45.107	1.504
480 min.	-	10.00	89.1	1050	46.40	0.1699	0.023	16.99	2.32	45.413	1.514
540 min.	-	10.30	89.0	1100	50.50	0.1780	0.025	17.80	2.53	45.362	1.512
600 min.	-	11.00	88.9	1150	56.80	0.1861	0.028	18.61	2.84	45.311	1.510
660 min.	-	11.30	87.4	1250	65.90	0.2023	0.033	20.23	3.30	44.546	1.485
720 min.	-	12.00	85.3	1350	67.80	0.2184	0.034	21.84	3.39	43.476	1.449
12.30		83.3		1450	73.20	0.2346	0.037	23.46	3.66	42.457	1.415

“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón Loja, provincia de Loja”

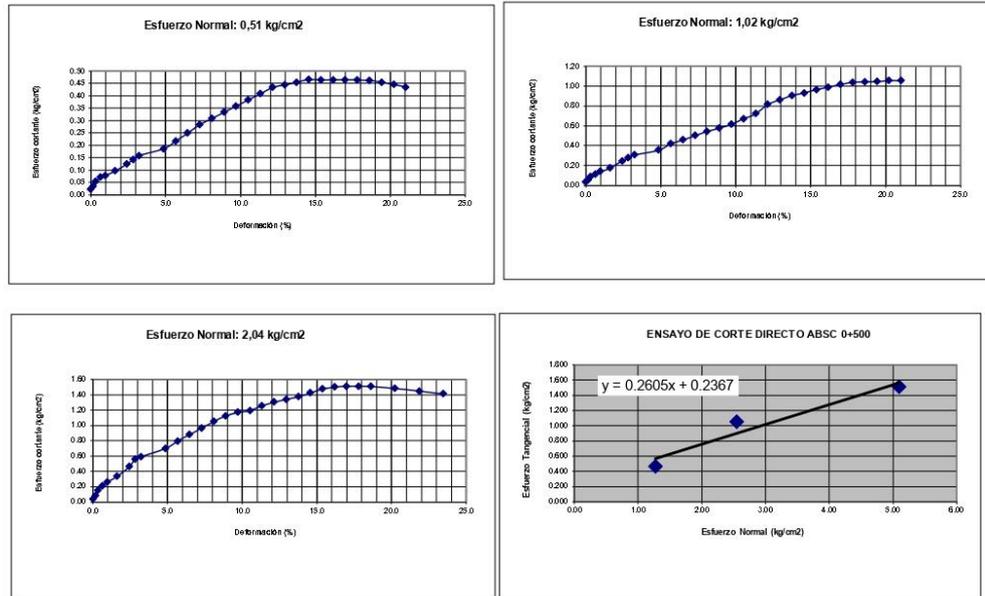


ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto:	“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE UN TRAMO DE VÍA UBICADO EN LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA”		
Localización:	LOS SECTORES SAYO- PAQUISHA DE LA PARROQUIA SANTIAGO	Muestra:	CORTE 3

RESULTADOS



RESULTADOS	Esfuerzos (kg/cm2)		
	X	Y	Y calculado
Ensayo No	Normal	Cortante	Tangencial*
1	1.28	0.466	0.2271
2	2.55	1.056	0.4506
3	5.10	1.514	0.8976

Angulo de Friccion (grados)	15	Cohesión (kg/cm2)	0.24	* Valores deducidos de ecuación de gráfico (regresión lineal)
-----------------------------	----	-------------------	------	---

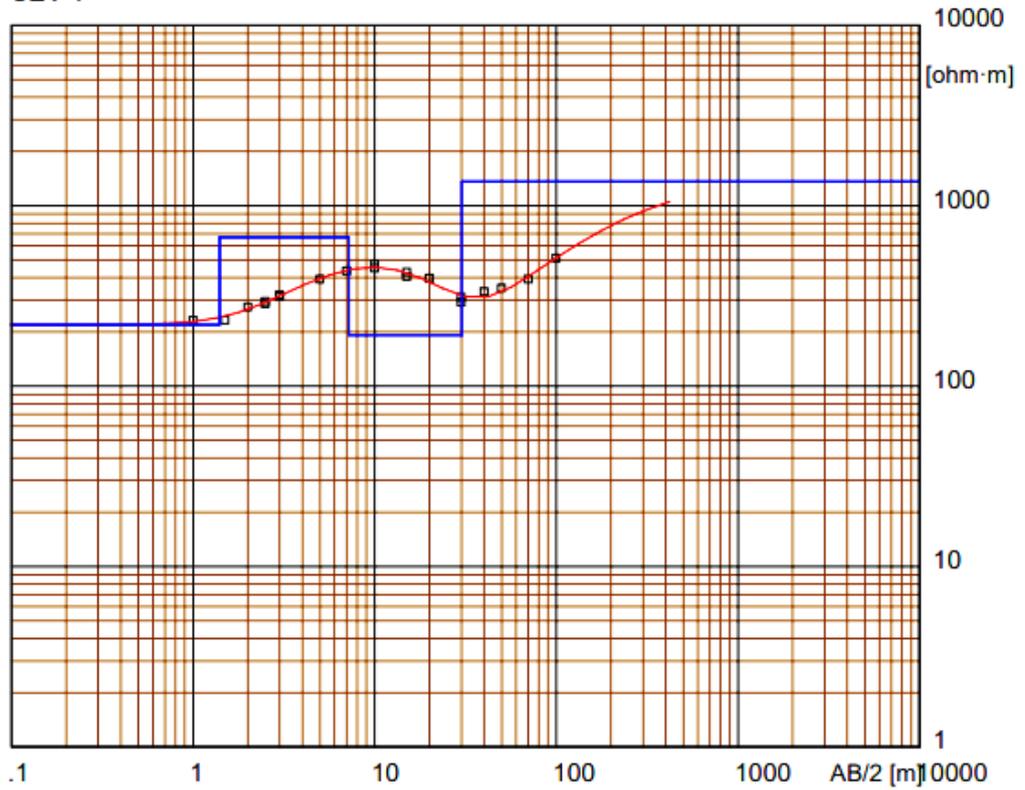
Ing. Voltaire O. Castillo J.
LABORATORIO

Anexo 14 Resultados de Sondeos Eléctricos Verticales

✓ *Sondeo Eléctrico 1*

Electrical sounding Schlumberger - SANTIAGO - SEV 1.WS3

SEV 1



Location X = 690079 Y = 9580658 Z = 2730

Model	Resistivity	Thickness	Depth	Altitude
	[ohm·m]	[m]	[m]	[m]
	219	1.4		2730
	668	5.8	1.4	2728.6
	192	23	7.2	2722.8
	1361		30	2700

Electrical sounding Schlumberger - SANTIAGO - SEV 1.WS3

SEV 1

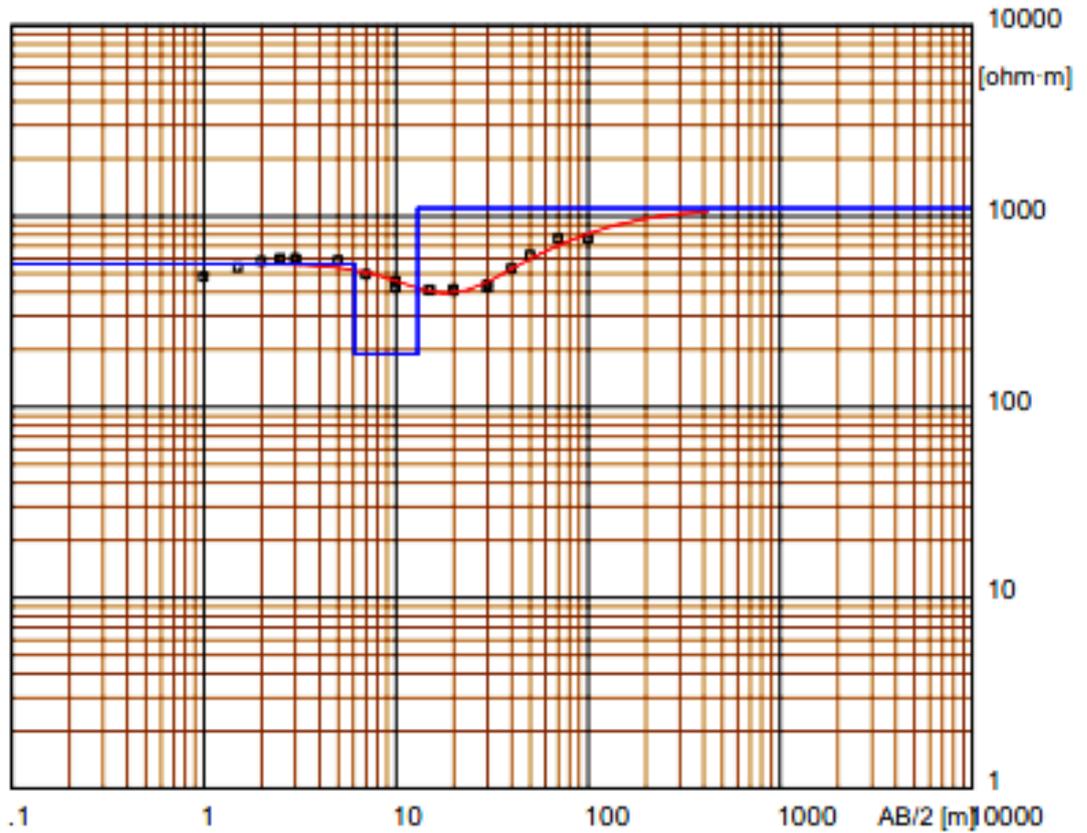
Field data and calculated values

MN/2	AB/2	DeltaV	I	K	Resistivity
[m]	[m]	[mV]	[mA]	[-]	[ohm·m]
.5	1	48.977	1	4.71	231
.5	1.5	18.462	1	12.57	232
.5	2	11.682	1	23.56	275
.5	2.5	7.8246	1	37.7	295
1	2.5	17.398	1	16.49	287
.5	3	5.8293	1	54.98	320
1	3	12.53	1	25.13	315
1	5	5.1821	1	75.4	391
1	7	2.8884	1	151	436
1	10	1.446	1	311	450
2.5	10	4.0112	1	118	473
1	15	.57399	1	704	404
2.5	15	1.5587	1	275	429
2.5	20	.8011	1	495	397
10	20	4.209	1	94.25	397
2.5	30	.259	1	1123	291
10	30	1.2386	1	251	311
10	40	.70874	1	471	334
10	50	.46277	1	754	349
10	70	.25933	1	1508	391
10	100	.16487	1	3110	513

✓ **Sondeo Eléctrico 2**

Electrical sounding Schlumberger - SANTIAGO - SEV 2.WS3

SEV 2



Location X = 689466 Y = 9579587 Z = 2600

Model

Resistivity [ohm-m]	Thickness [m]	Depth [m]	Altitude [m]
563	6.1		2600
190	6.9	6.1	2593.9
1102		13	2587

Electrical sounding Schlumberger - SANTIAGO - SEV 2.WS3

SEV 2

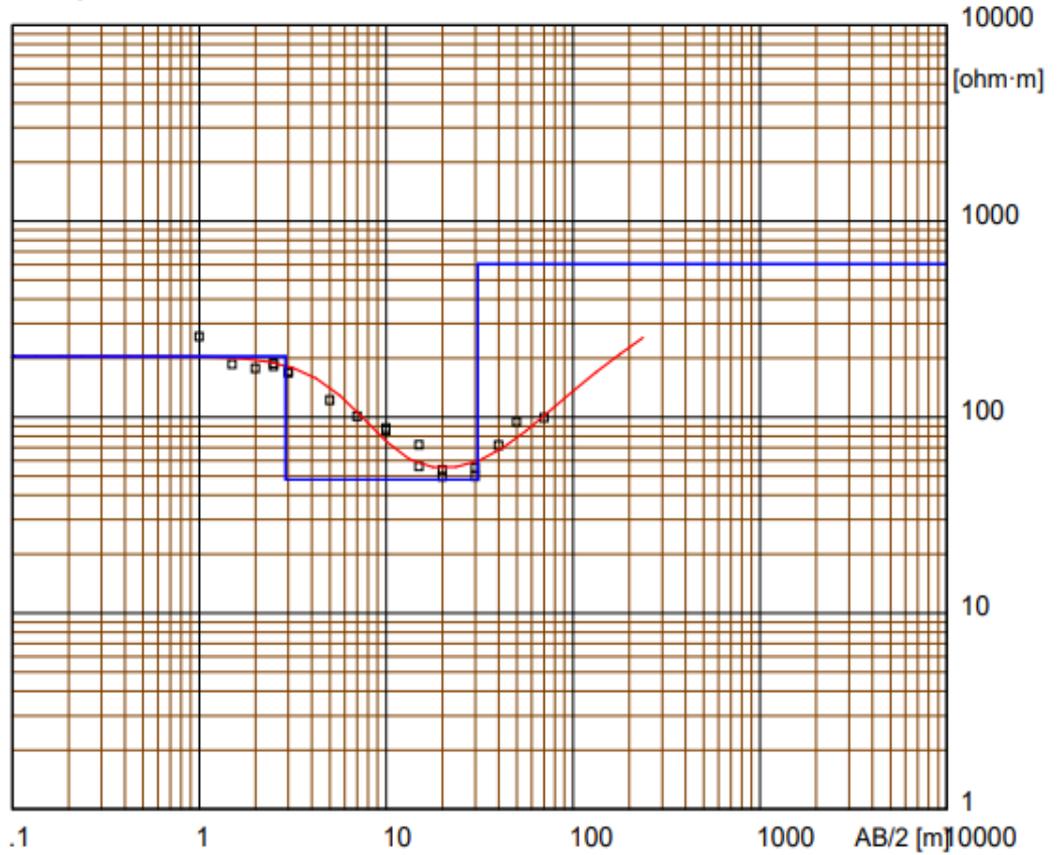
Field data and calculated values

MN/2	AB/2	DeltaV	I	K	Resistivity
[m]	[m]	[mV]	[mA]	[-]	[ohm-m]
.5	1	203.89	1	2.36	481
.5	1.5	86.177	1	6.28	541
.5	2	49.33	1	11.78	581
.5	2.5	31.589	1	18.85	595
1	2.5	72.7	1	8.25	600
.5	3	21.486	1	27.49	591
1	3	47.79	1	12.57	601
1	5	15.507	1	37.7	585
1	7	6.5641	1	75.4	495
1	10	2.923	1	156	456
2.5	10	7.1962	1	58.9	424
1	15	1.156	1	352	407
2.5	15	3.023	1	137	414
2.5	20	1.6426	1	247	406
10	20	8.8	1	47.12	415
2.5	30	.754	1	562	424
10	30	3.4908	1	126	440
10	40	2.256	1	236	532
10	50	1.6611	1	377	626
10	70	1.0122	1	754	763
10	100	.49194	1	1555	765

✓ **Sondeo Eléctrico 3**

Electrical sounding Schlumberger - SANTIAGO - SEV 3.WS3

SEV 3



Location X = 689959 Y = 9575869 Z = 2730

Model

Resistivity	Thickness	Depth	Altitude
[ohm·m]	[m]	[m]	[m]
204	2.9	2730	
48	28	2727.1	
605	31	2699	

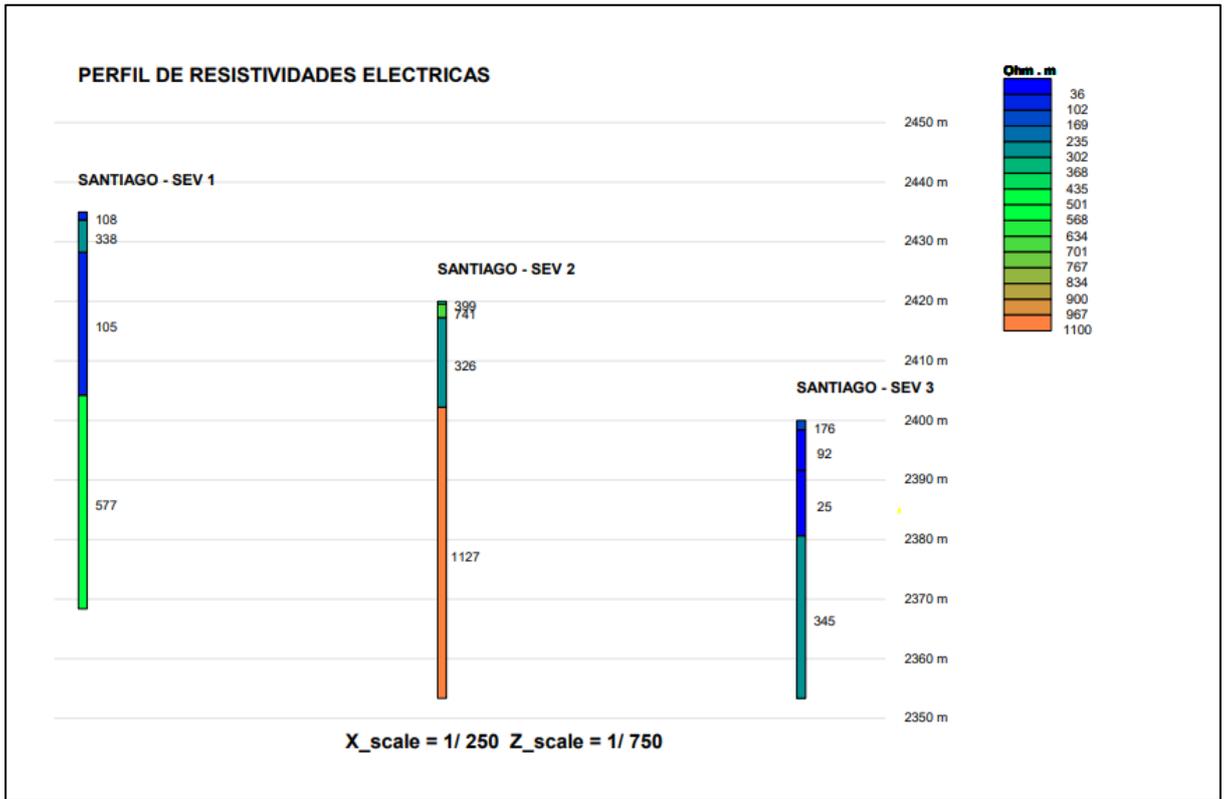
Electrical sounding Schlumberger - SANTIAGO - SEV 3.WS3

SEV 3

Field data and calculated values

MN/2 [m]	AB/2 [m]	DeltaV [mV]	I [mA]	K [-]	Resistivity [ohm·m]
.5	1	109.08	1	2.36	257
.5	1.5	29.622	1	6.28	186
.5	2	14.994	1	11.78	177
.5	2.5	9.6779	1	18.85	182
1	2.5	22.742	1	8.25	188
.5	3	6.2144	1	27.49	171
1	3	13.395	1	12.57	168
1	5	3.2475	1	37.7	122
1	7	1.3337	1	75.4	101
1	10	.54801	1	156	85.5
2.5	10	1.4929	1	58.9	87.9
1	15	.205	1	352	72.2
2.5	15	.40855	1	137	56
2.5	20	.2183	1	247	53.9
10	20	1.054	1	47.12	49.7
2.5	30	.0984	1	562	55.3
10	30	.39624	1	126	49.9
10	40	.30408	1	236	71.8
10	50	.250686	1	377	94.5
10	70	.13161	1	754	99.2

Perfil de Resistividades Electricas



Anexo 15 Certificación de traducción del resumen.

Loja, 16 de Enero 2025

Yo, Lic. **Wilson Joel Zambrano Santorum**, portador de la cédula de identidad Nro. **1105649352**, Licenciado En Pedagogía Del Idioma Inglés, con número de registro de SENESCYT 1008-2024-2904408.

CERTIFICO:

Que la traducción al idioma inglés del resumen del Trabajo de Titulación denominado: **“Caracterización geológico-geotécnica de un tramo de vía ubicado en los sectores Sayo-Paquisha de la parroquia Santiago, cantón y provincia de Loja”**, autoría del señor **José Andrés Maza Cuenca**, portador de la cédula de identidad número **1106057902**, egresado de la carrera de **Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial** de la **Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables** de la **Universidad Nacional de Loja**, corresponde al texto original en español en consecuencia, se da validez a la presentación del mismo.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente en lo que considere conveniente.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**WILSON JOEL
ZAMBRANO
SANTORUM**

Wilson Joel Zambrano Santorum
Lcdo. En Ciencias de la Educación Mención Idioma Inglés
Número de Registro Senescyt: 1008-2024-2904408.
Email: tankzs315@gmail.com
Celular: 0939104587