



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

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

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Características geológicas que condicionan los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto

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

AUTOR:

Fausto Bladimir Torres Leiva

DIRECTOR:

MSc. Carlos Danilo Ortega Vallejo

Loja - Ecuador
2023

Certificación

Loja, 10 de noviembre de 2023

MSc. Carlos Danilo Ortega Vallejo

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Características geológicas que condicionan los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto**, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de autoría de la estudiante **Fausto Bladimir Torres Leiva**, con **cédula de identidad N° 1104116866**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS DANILO
ORTEGA VALLEJO**

MSc. Carlos Danilo Ortega Vallejo

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Fausto Bladimir Torres Leiva** con C.I.; **1104116866**, declaro ser autor del presente trabajo de titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi trabajo de titulación en el Repositorio Institucional y en la Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula: 1104116866

Dirección: Loja, Pedro Pablo Rubens y Miguel Ángel

Fecha: 10 de noviembre de 2023

Correo electrónico: fausto.torres@unl.edu.ec

Teléfono: 0986322066

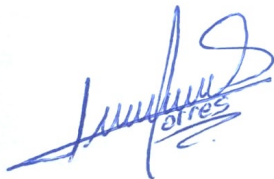
Carta de autorización del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Fausto Bladimir Torres Leiva**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Características Geológicas Que Condicionan Los Movimientos En Masa En El Barrio La Banda Alto**, como requisito para optar por 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 al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repertorio digital 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 la constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja a los diez días del mes de noviembre del dos mil veinte y tres.



Firma:

Autor: Fausto Bladimir Torres Leiva

Cédula: 1104116866

Dirección: Loja, Pedro Pablo Rubens y Miguel Ángel

Correo electrónico: fausto.torres@unl.edu.ec

Teléfono: 0986322066

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directos de Trabajo de Titulación: MSc. Carlos Danilo Ortega Vallejo

Dedicatoria

Dedicado profundamente a mis padres, Fausto y Rosita quienes son y serán el pilar fundamental de mi vida, quienes me han impartido valores y responsabilidades que me han formado la persona que soy ahora. Así mismo a mis hermanos Yenny, Fabio, Álvaro, Artemio, Justin y mi cuñada Joselyn A, a mi sobrino Ezequiel quienes estuvieron prestos para apoyarme ante cualquier circunstancia que pasaba en mi etapa Universitaria.

Generalmente a todos mis compañeros, amigos, docentes, quienes de una u otra manera han compartido momentos y consejos en mi trayectoria Universitaria.

Fausto B. Torres Leiva

Agradecimiento

A:

A Dios, el ser superior que me ha iluminado durante mi vida, guiándome por el buen camino, me ha dado la oportunidad de ver concretar mis metas y objetivos que me he propuesto.

A mi prestigiosa Universidad Nacional de Loja quien me recibió desde el primer día, dándome las herramientas necesarias para formarme profesionalmente, bajo su precioso templo del saber.

A mi familia, quienes han estado durante todo el proceso de mi carrera Universitaria, dándome una mano cuando más lo necesitaba.

A mis compañeros y amigos con quienes compartí diversos momentos en esta etapa de mi vida, gracias a Nathaly P, Luis O, James L, Juan A, Kevin C, Kelly J, Consuelo E, Doménica, Cristian, Bryan B, Mayra P, Adrián N, Daniel M, Santiago V, Ricardo, C y a quienes no estén aquí, pero fueron parte de esta misma etapa, mis mejores vibras para ustedes.

A los Arquitectos, Bryan J, Laurita M, Ing. MSc. Fernando Cuenca, quienes han aportado de distintos ámbitos apoyo a mi proyecto de tesis, como personal.

A los Ingenieros de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, que siempre dieron lo mejor, para transmitir el conocimiento, en el marco del respeto y solidaridad, mostrando su calidez humana, aportando con la mejor herramienta que me puedo llevar siempre donde vaya, el conocimiento.

Fausto B. Torres Leiva

Índice de Contenido

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de tablas:.....	x
Índice de figuras:.....	xii
Índice de anexos:.....	xiv
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract.....	3
3. Introducción	4
Problema.....	5
Objetivos.....	7
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos.....	7
Preguntas de investigación.....	6
4. Marco teórico	8
4.1. Geología.....	8
4.1.1. Rocas Sedimentarias.....	8
4.1.2. Meteorización.....	8
4.2. Movimientos en Masa.....	9
4.1.3. Clasificación de los movimientos en masa.....	11
4.1.4. Factores condicionantes y desencadenantes del deslizamiento.....	15
4.2.1. Zonificación de Susceptibilidad a Movimientos en Masa.....	17
4.3. Clasificación del ángulo de pendiente.....	17
4.4. Mapeo por afloramientos o mapeo de todos los afloramientos.....	18
4.1.5. Método de Saturación de suelo - Sinmap.....	20
4.1.6. Método de Evaluación Multicriterio.....	20

6.4. Zonificación de susceptibilidad a movimientos en masa en el Barrio La Banda	
Alta.....	60
6.4.1. Susceptibilidad a movimientos en masa.....	63
6.4.2. Mapa de susceptibilidad a movimiento en masa	68
6.4.2.1. Inventario de deslizamientos.....	69
6.4.2.2. Cálculo de Eficiencia	72
7. Discusión.....	74
8. Conclusiones.....	77
9. Recomendaciones.....	78
10. Bibliografía.....	79
11. Anexos.....	83

Índice de Tablas:

Tabla 1. Clasificación de deslizamientos (Varnes, 1958).....	14
Tabla 2. Factores que influyen en los movimientos de masa	17
Tabla 3: Categorización de pendientes.....	18
Tabla 4: Ensayos de mecánica de suelos.....	18
Tabla 5: Valoración de susceptibilidad litológica SI Caso Suelos.....	20
Tabla 6: Coordenadas del área de estudio; Barrio La Banda Alto; referenciados en el datum UTM WGS-84 Zona 17S.....	24
Tabla 7: Materiales y Equipos Utilizados.	30
Tabla 8: Clasificación de Pendientes.....	34
Tabla 9: Ficha para la descripción de afloramientos	35
Tabla 10: Asignación de Pesos por litología.	36
Tabla 11: Procedimiento para Describir Macroscópicamente las Muestras de Roca ...	37
Tabla 12. Coordenadas de la ubicación de muestras para clasificación de suelos	38
Tabla 13. Ubicación de muestras para ensayo de corte directo.....	41
Tabla 14. Equipos y materiales para ensayos de corte directo	41
Tabla 15. Clasificación de suelos según SUCS.....	44
Tabla 16. Clasificación de Zonas de Saturación.....	46
Tabla 17. Pesos criterio de la variable Cobertura y uso de suelo	47
Tabla 18. Esquema del método de jerarquías analíticas para la asignación de pesos.....	48
Tabla 19. Escala de Saaty para determinar el valor de x_{ij}	49
Tabla 20. Criterios para determinar la susceptibilidad a los movimientos en masa.....	50
Tabla 21. Resultados de la pendiente predominante en el área de estudio.....	52
Tabla 22. Resumen de los ensayos granulométricos y clasificación de suelo.....	55
Tabla 23. Ensayos de corte directo	55
Tabla 24. Distribución geológica en el área de estudio.....	59
Tabla 25. Contenido de humedad y plasticidad de los materiales según clasificación de suelos SUCS del área de estudio	61
Tabla 26. Saturación del suelo del área de estudio.....	62
Tabla 27. Cobertura y uso del suelo del área de estudio	63
Tabla 28. Ponderación de las variables.....	63
Tabla 29. Categorías de Susceptibilidad a movimientos en masa.....	68

Tabla 30. Ubicación de los movimientos en masa	69
Tabla 31. Efectividad del método	73

Índice de Figuras:

Figura 1. Mapa de ubicación del Área de estudio	24
Figura 2. Flujograma del proceso metodológico.....	29
Figura 3. GPS diferencial (base fija).....	31
Figura 4. GPS diferencial (base colectora de puntos GSP).....	32
Figura 5. Streaming directamente del dron al Smartphone	32
Figura 6. Model builder de obtención de pendientes	33
Figura 7. Toma de muestra para la clasificación de suelos	38
Figura 8. Proceso Análisis granulométrico	39
Figura 9. Proceso del ensayo de límite líquido	40
Figura 10. Ensayo de Límite Plástico.....	40
Figura 11. Proceso de preparación de la muestra	43
Figura 12. Equipo de corte	43
Figura 13. Flujograma de Funcionamiento para el Módulo SINMAP 2.0 adaptado por el Autor.....	45
Figura 14. Curvas de Breddin para estimación de la permeabilidad en materiales granulares no consolidados, superponiendo la curva granulométrica	46
Figura 15. Mapa topográfico del barrio La Banda Alto	51
Figura 16. Mapa de Pendientes del barrio La Banda Alto	52
Figura 17. Porcentaje que ocupan las pendientes en la zona de estudio	53
Figura 18. Depósitos coluviales	54
Figura 19. Afloramiento de arenisca de grado medio a fino	56
Figura 20. Afloramiento de Arcillolita meteorizada con una capa de coluvio.....	56
Figura 21. Afloramiento de coluvio con clastos angulosos mal graduados	57
Figura 22. Afloramiento de arcillolita compacta.....	58
Figura 23. Mapa geológico de la zona de estudio	58
Figura 24. Corte geológico del barrio La Banda Alto	59
Figura 25. Mapa de clasificación de suelos según SUCS	60
Figura 26. Mapa de Saturación del suelo del Área de estudio	61
Figura 27. Mapa de Cobertura y uso de suelo del área de estudio	62
Figura 28. Modelos de zonificación de susceptibilidad a movimientos en masa del área de estudio (modelo 1 y modelo 2).....	66

Figura 29. Modelos de zonificación de susceptibilidad a movimientos en masa del área de estudio (modelo 3 y modelo 4)	67
Figura 30. Zonificación de susceptibilidad a movimientos en masa del área de estudio	68
Figura 31. Movimiento en masa D-LBA-1	69
Figura 32. Movimiento en masa D-LBA-2	70
Figura 33. Movimiento en masa D-LBA-3	71
Figura 34. Movimiento en masa D-LBA-4	72

Índice de Anexos:

Anexo 1. Mapa de Pendientes del área de estudio (Barrio La Banda Alto).....	84
Anexo 2. Mapa de cobertura y uso de suelo del área de estudio (Barrio La Banda Alto)	85
Anexo 3. Mapa geológico del área de estudio (Barrio La Banda Alto)	86
Anexo 4. Mapa de permeabilidad del área de estudio (Barrio La Banda Alto)	87
Anexo 5: Mapa de saturación del suelo del área de estudio (Barrio La Banda Alto)	88
Anexo 6. Mapa de zonificación a movimientos en masa del área de estudio (Barrio La Banda Alto)	89
Anexo 7. Descripción de afloramientos del área de estudio	90
Anexo 8. Ficha de Análisis petrográfico	107
Anexo 9. Ficha de inventario de movimientos en masa.....	108
Anexo 10. Datos de laboratorio	112
Anexo 11. Certificado de traducción de resumen.....	131

1. Título

Características geológicas que condicionan los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto

2. Resumen

El trabajo de investigación se refiere a los movimientos en masa, que son el desplazamiento de grandes volúmenes de material, y su impacto en el Barrio La Banda Alto, ubicado en la ciudad de Loja, Ecuador. El sector ha sufrido deslizamientos intensos que han afectado a los residentes y sus viviendas, y se ha identificado como una zona con susceptibilidad alta y muy alta de movimientos en masa debido a factores geológicos, topográficos y climáticos. Se destaca la importancia de estudiar las características geológicas de la zona para comprender el escenario de riesgos y aportar información para proyectos de mitigación. Además, se menciona la incertidumbre de conocer las condiciones geológicas actuales del barrio, ya que ha transcurrido un tiempo desde el último estudio realizado en la zona.

El barrio La Banda Alto presenta un relieve con una pendiente de 81 m, con fuertes pendientes y ondulaciones dispersas por la presencia de deslizamientos. El área de estudio comprende depósitos del Cuaternario y rocas del Mioceno Medio, pertenecientes a la Formación Trigal, compuesta por arcilitas, conglomerados, areniscas de grano grueso, limolitas y coluviones con clastos de diferente tamaño. Los ensayos de corte directo permitieron determinar las condiciones mecánicas del suelo, y el mapa de saturación se utilizó para evaluar el comportamiento de humedad del suelo. También se elaboró un mapa de susceptibilidad, identificando la presencia de movimientos en masa en zonas de alta susceptibilidad. Sin embargo, la falta de datos confiables de precipitación plantea un desafío para determinar la saturación exacta del suelo en diferentes áreas de la zona de estudio.

Palabras claves: *Susceptibilidad, Movimientos en masa, Saturación, Geología.*

Abstract

The research work refers to mass movements, which are the displacement of large volumes of material, and their impact on the La Banda Alto neighborhood, located in the city of Loja, Ecuador. The sector has suffered intense landslides that have affected residents and their homes, and has been identified as an area with high and very high threat of mass movements due to geological, topographic, and climatic factors. The importance of studying the geological characteristics of the area is highlighted in order to understand the risk scenario and provide information for mitigation projects. In addition, the uncertainty of knowing the current geological conditions of the neighborhood is mentioned, since it has been some time since the last study was conducted in the area.

The La Banda Alto neighborhood has a relief with a slope of 81 meters, with strong slopes and scattered undulations due to the presence of landslides. The study area comprises Quaternary deposits and Middle Miocene rocks belonging to the Trigal Formation, composed of argillites, conglomerates, coarse-grained sandstones, siltstones, and colluvium with clasts of different sizes. Direct shear tests allowed determining the mechanical conditions of the soil, and the saturation map was used to evaluate the soil moisture behavior. A susceptibility map was also developed, identifying the presence of landslides in areas of high susceptibility. However, the lack of reliable precipitation data poses a challenge for determining the exact soil saturation in different areas of the study zone.

Keywords: *Susceptibility, Mass movements, Saturation, Geology.*

3. Introducción

El estudio de las características geológicas que condicionan los movimientos en masa en el barrio “La Banda Alto” es de suma importancia, puesto que se pueden conocer los aspectos geológicos más específicos de la zona, debido a que, como ya se ha mencionado anteriormente, se han suscitado una serie de eventos geológicos y por ende, se obtendrá un criterio más amplio sobre los movimientos en masa que afectan a los territorios donde la recurrencia de eventos genera impactos de gran magnitud. Por otro lado, con la determinación de zonas susceptibles en el Barrio la banda alto, también es posible analizar la susceptibilidad, conocer sus variables e indicadores puntuales, que permitan la comprensión del escenario de riesgos, y con ello, poder aportar con la información generada para futuros proyectos de mitigación en el sector.

Los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto han afectado a 35 viviendas directamente en la estabilidad de sus cimentaciones y como consecuencia a los habitantes de dichas viviendas, además de ello afecta a las redes vitales, como es el sistema de alcantarillado, agua potable y las vías de acceso. La dinámica de estos movimientos en masa generalmente está condicionada por distintas características de índole geológico, ya sean estas a nivel del suelo, rocas y estructuras geológicas (Vásquez Ojeda, 2014, pág. 2).

Según Guarnizo (2012), “se ha determinado que los asentamientos diferenciales, ocasionados por las presiones uniformes que actúan sobre un suelo homogéneo, presiones diferentes sobre terreno y condiciones del terreno heterogéneas afectan la estabilidad de las cimentaciones de las viviendas”.

Y de acuerdo con Guamán (2008), en un estudio elaborado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja citado en Vásquez (2014), menciona que el Barrio la Banda Alto, es una zona con susceptibilidad por movimientos en masa alto y muy alto, en áreas con relieve escarpado mayor al 30% junto a ríos y quebradas (pág.1).

Con lo mencionado anteriormente, el estudiar las características geológicas que condicionan los movimientos en masa, es trascendental, puesto que, además de aportar académicamente con el empleo de los criterios técnicos teóricos adquiridos en la vida universitaria, también, se adquirirá experiencia profesional personal, ya que, se puede desarrollar la capacidad de realizar levantamientos geológicos de terreno (mapeo geológico), así como también, la identificación de los entornos geológicos y su caracterización y representación cartográfica.

Finalmente, con lo descrito en el párrafo anterior surge la incertidumbre de conocer, en qué condiciones geológicas está en la actualidad dicho barrio ya que han transcurrido 8 años desde el último estudio realizado en esta zona.

Problema

La cuenca sedimentaria de Loja presenta varios sectores los cuales han sido afectados a causa de los movimientos en masa por determinantes geológicos, topográficos y climáticos, de estos sectores, en términos de la investigación, el barrio La Banda Alto ha sido uno de los afectados por desbordamientos de alta intensidad, perjudicando así a 314 habitantes que residen en dicho barrio. Aquello es corroborado por la municipalidad de la ciudad de Loja, pues aseveran que el barrio la Banda Alto es amenazado por movimientos en masa altos, afectando a 35 viviendas en la estabilidad de sus cimentaciones.

Uno de estos sectores es el barrio La Banda Alto, ubicado al noroccidente de la Ciudad de Loja, parroquia Carigán, dicho sector ha sido afectado por intensos deslizamientos, donde habitan cerca 312 habitantes según Vásquez (2014).

Según Guarnizo (2012), “se ha determinado que los asentamientos diferenciales, ocasionados por las presiones uniformes que actúan sobre un suelo homogéneo, presiones diferentes sobre terreno y condiciones del terreno heterogéneas afectan la estabilidad de las cimentaciones de las viviendas”.

Y de acuerdo con Guamán (2008), en un estudio elaborado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja citado en Vásquez (2014), menciona que el Barrio la Banda Alto, es una zona con amenaza por movimientos en masa alto y muy alto, en áreas con relieve escarpado mayor al 30% junto a ríos y quebradas (pág.1).

Los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto han afectado a 35 viviendas directamente en la estabilidad de sus cimentaciones y como consecuencia a los habitantes de dichas viviendas, además de ello afecta a las redes vitales, como es el sistema de alcantarillado, agua potable y las vías de acceso. La dinámica de estos movimientos en masa generalmente está condicionada por distintas características de índole geológico, ya sean estas a nivel del suelo, rocas y estructuras geológicas (Vásquez Ojeda, 2014, pág. 2).

En el barrio la banda alto existe un deslizamiento rotacional activo en el que Jara (2013) menciona que cubre una superficie de 2 hectáreas aproximadamente el cual es producto de precipitaciones intensas, fugas de agua por tuberías antiguas, cargas de edificaciones, etc. Por

lo cual el terreno que tiene características geológicas sedimentarias, al estar expuesto a estos factores desencadenantes es modificado en su estructura provocando su fallamiento.

La seguridad de una vivienda digna brinda todas las oportunidades para un futuro promisorio, se genera una estabilidad tanto económica como social, y se puede planificar nuevos proyectos para conseguir las metas propuestas. Si bien es cierto, las características geológicas no dependen del estilo de vida de sus habitantes, gracias a la investigación, se puede formular estrategias técnicas para estudiar las características geológicas y así evitar desbordamientos, que desencadenen en los movimientos en masa.

Objetivos:

Objetivo general

Caracterizar los aspectos geológicos que condicionan los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto.

Objetivos específicos

- Generar las pendientes a partir de la topografía del barrio La Banda Alto a escala 1:2000.
- Evaluar las características geológicas presentes en el barrio La Banda Alto.
- Determinar las zonas susceptibles a movimientos en masa en el barrio la banda alto.

Preguntas de investigación

¿Cuáles son las pendientes predominantes en el barrio La Banda Alto calculados a partir del levantamiento topográfico?

¿Cuáles son las condiciones geológicas presentes en el barrio La Banda Alto según el levantamiento de campo realizado?

¿Qué variables se puede considerar para determinar la susceptibilidad a movimientos en masa en el barrio la Banda Alto?

4. Marco teórico

4.1. Geología

La Geología se percibe como una ciencia que se realiza en el exterior, lo cual es correcto. Una gran parte de la Geología se basa en observaciones y experimentos llevados a cabo en el campo. Pero la Geología también se realiza en el laboratorio donde, por ejemplo, el estudio de varios materiales terrestres permite comprender muchos procesos básicos. Con frecuencia, la Geología requiere una comprensión y una aplicación del conocimiento y los principios de la Física, la Química y la Biología. La Geología es una ciencia que pretende ampliar nuestro conocimiento del mundo natural y del lugar que ocupamos en él (Tarbuck et al., 2005).

4.1.1. Rocas Sedimentarias

Los productos de la meteorización mecánica y química constituyen la materia prima para las rocas sedimentarias. La palabra sedimentaria indica la naturaleza de esas rocas, pues deriva de la palabra latina *sedimentum*, que hace referencia al material sólido que se deposita a partir de un fluido (agua o aire). La mayor parte del sedimento, pero no todo, se deposita de esta manera. Los restos meteorizados son barridos constantemente desde el lecho de roca, transportados y por fin depositados en los lagos, los valles de los ríos, los mares y un sinnúmero de otros lugares (Tarbuck et al., 2005)..

Los granos de una duna de arena del desierto, el lodo del fondo de un pantano, la grava del lecho de un río e incluso el polvo de las casas son ejemplos de este proceso interminable. Dado que la meteorización del lecho de roca, el transporte y el depósito de los productos de meteorización son continuos, se encuentran sedimentos en casi cualquier parte. Conforme se acumulan las pilas de sedimentos, los materiales próximos al fondo se compactan. Durante largos períodos, la materia mineral depositada en los espacios que quedan entre las partículas cementa estos sedimentos, formando una roca sólida (Tarbuck et al., 2005).

4.1.2. Meteorización

Conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que conducen a la destrucción y/o descomposición de las rocas “in situ”. Las rocas generadas en el interior de la corteza terrestre (ígneas y metamórficas), se forman en condiciones de Presión y Temperatura muy distintas a las del medio exógeno por lo tanto cuando esas rocas afloran en la superficie, se encuentran en desequilibrio físico-químico con el ambiente que las rodea. Los minerales que componen a estas rocas experimentan una desintegración físico-química lenta. Las condiciones

fisicoquímicas de la superficie de la corteza terrestre son muy variables y complejas y conducen a los minerales antes mencionados a descomponerse (alterarse) en otros nuevos que son más estables en las nuevas condiciones (la meteorización es indispensable para la vida pues gracias a ella se forman los nutrientes de la base trófica y el suelo vegetal (Spikermann, 2010).

a) **Meteorización mecánica**

Una roca se desmenuza en bloques por efecto de las diaclasas, se separa también por desagregación cristalina o granular. Intervienen las variaciones de T° (termoclastía); heladas (crioclastía) como también las acciones combinadas de la penetración de aguas y la cristalización de sales (energía reticular). La acción biológica interviene también mecánicamente (raíces de vegetales, efecto palanca del tallo y/o copa por empuje del viento; también una raíz de 10 cm de diámetro y 1 metro de longitud puede mover un bloque de 10 Tm en su crecimiento) pero engendra principalmente productos químicos activos como compuestos húmicos, NH_3 (amoníaco), CO_2 , NO_3H (ácido nítrico), $PO_4 =$ y $SO_4 =$. La termoclastía en ambientes secos no es muy importante. La crioclastía es muy efectiva, pero no para rocas poco porosas. El agua al congelarse aumenta su volumen más que la roca y la quiebra (Spikermann, 2010).

b) **Meteorización química**

La desintegración química se debe principalmente al efecto de las aguas superficiales que han tomado oxígeno con desprendimiento de H^+ y CO_2 del aire y ácidos orgánicos de la tierra. Las operaciones, lentas pero inexorables de disolución, oxidación, carbonatación e hidratación, actúan constantemente, junto a las acciones mecánicas, todo lo cual conduce a la formación de una película meteorizada sobre la roca. Parte del material transformado se desplaza y parte se puede quedar dando lugar a materiales residuales (arcillas residuales; lateritas ricas en hidróxidos de Fe, bauxitas ricas en hidróxidos de Al, o el suelo vegetal). Los suelos lateríticos indican condiciones de meteorización extremas. La fragmentación de una roca aumenta la superficie de la misma a los agentes químicos facilitando su descomposición o meteorización (Spikermann, 2010).

4.2. Movimientos en Masa

Según Varnes (1978) menciona que, los movimientos de masa, son movimientos hacia abajo y/o hacia fuera, de materiales que forman una ladera o talud, debido a la influencia de la

gravedad a partir de un factor que sirve de detonante o fuerza natural desencadenante como son, los sísmicos, volcánicos, presión de gases y exceso de humedad. (p. 8).

Sharpe (1938), citado en Montero (2017) “geólogo canadiense, desarrolló la primera clasificación sistemática de los movimientos en masa conocida en América, considerada como una de las más completas y con un alto sentido genético, dado el perfil profesional de su autor” (pág. 21).

Este autor hace en principio la distinción entre movimientos con una cara libre en el sentido de inclinación de las laderas y movimientos confinados sin cara libre en sentido descendente vertical, los cuales denomina grupos mayores. En el primer caso considera los flujos lentos a rápidos y los deslizamientos (lentos a muy rápidos), y en el segundo, la subsidencia. A partir de los grupos mayores reconoce 16 tipos de movimientos (tabla 1), (Montero, 2017).

Montero (2017) afirma que Varnes en 1958, desarrolló la primera clasificación sistemática de los movimientos de masas, reconocida en el mundo occidental, basada en la definición de criterios para los mecanismos de falla y los tipos de materiales involucrados, que luego completó con una valiosa contribución a los conceptos de impacto en 1978, para luego afianzar el trabajo conjunto con Cruden en 1996.

La Clasificación de Varnes en 1958 se refiere a cinco tipos de movimiento que ocurren en roca, regolito o suelo: caída, deslizamiento de tierra, propagación lateral, flujo y avalancha. Además, se destacan las características de este tipo de movimiento, sobre todo la velocidad y humedad, que se relacionan con el impacto y posibles daños. Luego, en 1978, definió los cinco tipos básicos de movimiento que se reconocen hoy en día: caída, volcamiento, deslizamiento, propagación lateral y flujo, considerando las propiedades cinemáticas de estos procesos o se consideran en relación con el potencial de prevenirlos o mitigarlos. Por otro lado, clasifica el material desplazado como roca o suelo según su tamaño promedio antes de ser desplazado, masas sólidas o fragmentos de diversos tamaños de dicho material, y luego clasifica el suelo como tierra o escombros. El tamaño "tierra" corresponde al material en el que el 80% o más de las partículas son menores de 2 mm (límite superior del tamaño de la arena), mientras que el tamaño "escombros" contiene una proporción significativa de material grueso. 20 a 80 – Partículas mayores de 2 mm, resto más pequeñas (Montero, 2017).

Teniendo en cuenta el tipo de movimiento y el tipo de material, utiliza términos compuestos como caída de rocas o flujo de detritos, por ejemplo. Como factores categóricos adicionales, utiliza la rapidez de movimiento y el contenido de agua, aire o hielo. Este autor

fue el primero en fijarse en los movimientos complejos, refiriéndose a combinaciones de movimientos elementales (Montero, 2017).

4.1.3. Clasificación de los movimientos en masa.

Para la clasificación de los movimientos en masa se presenta el sistema propuesto originalmente por Varnes en 1978, el cual tipifica los principales tipos de movimiento y basa fundamentalmente en el mecanismo de rotura y propagación del movimiento utilizando criterios morfológicos (Montero, 2017).

Los deslizamientos o movimientos de masa no son iguales en todos los casos, y para poder evitarlos o mitigarlos es indispensable saber las causas y la forma como se originan. Estas son algunas de las formas más frecuentes según Suárez (1998):

a) Caída.

Una caída se inicia con el desprendimiento de suelo o roca en una ladera muy inclinada. El material desciende principalmente a través del aire por caída, rebotando o rodando. Ocurre en forma rápida sin dar tiempo a eludirlas. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido y puede o no, ser precedido de movimientos menores que conduzcan a la separación progresiva o inclinación del bloque o masa de material (Suárez, 1998, p.12).

- **Inclinación o volteo:** Este tipo de movimiento consiste en una rotación hacia adelante de una unidad o unidades de material térreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad y generalmente, ocurren en las formaciones rocosas. Dependiendo de las características geométricas y de estructura geológica, la inclinación puede o no terminar en caídos o en derrumbes. Las inclinaciones pueden variar de extremadamente lentas a extremadamente rápidas. Las características de la estructura de la formación geológica determinan la forma de ocurrencia de la inclinación.
- **Reptación:** La reptación consiste en movimientos muy lentos a extremadamente lentos del suelo subsuperficial sin una superficie de falla definida. Generalmente, el movimiento es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno. Se les atribuye a las alteraciones climáticas relacionadas con los procesos de humedecimiento y secado en suelos, usualmente, muy blandos o alterados. La reptación puede preceder a movimientos más rápidos como los flujos o deslizamientos (p.12 – 16).

b) Deslizamientos

Los deslizamientos consisten en un descenso masivo y relativamente rápido, a veces de carácter catastrófico, de materiales, a lo largo de una pendiente. Es el movimiento, hacia abajo de una ladera, de una masa de suelo o roca el cual ocurre principalmente sobre una superficie de ruptura o falla (debilidad del terreno) y se puede presentar de dos formas deslizamientos rotacionales y traslacionales o planares. Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y estabilización emplearse, aquello afirma Suárez Díaz (1998). Sobre la tipología de los deslizamientos, el autor sostiene lo siguiente:

- **Deslizamiento Rotacional:** En un deslizamiento rotacional la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento. El movimiento, aunque es curvilíneo no es necesariamente circular, lo cual es común en materiales residuales donde la resistencia al corte de los materiales aumenta con la profundidad. En la cabeza del movimiento, el desplazamiento es aparentemente semi-vertical y tiene muy poca rotación, sin embargo se puede observar que generalmente, la superficie original del terreno gira en dirección de la corona del talud, aunque otros bloques giren en la dirección opuesta. Los deslizamientos rotacionales en suelos generalmente tienen una relación D_r/L_r entre 0.15 y 0.33.
- **Deslizamiento Traslacional:** En el deslizamiento de traslación el movimiento de la masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo. Los movimientos traslacionales tienen generalmente, una relación D_r/L_r de menos de 0.1. La diferencia importante entre los movimientos de rotación y traslación está principalmente, en la aplicabilidad o no de los diversos sistemas de estabilización (p.16 – 18).

c) Esparcimiento lateral

En los esparcimientos laterales el modo de movimiento dominante es la extensión lateral acomodada por fracturas de corte y tensión. El mecanismo de falla puede incluir elementos no solo de rotación y traslación sino también de flujo. Generalmente, los movimientos son complejos y difíciles de caracterizar. La rata de movimiento es por lo general extremadamente lenta. Los esparcimientos laterales pueden ocurrir en masas de roca sobre suelos plásticos y también se forman en suelos finos, tales como arcillas y limos sensitivos que pierden gran parte de su resistencia al remodelarse (Suárez, 1998).

d) Flujo

En un flujo existen movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla. Los flujos pueden ser lentos o rápidos, así como secos o húmedos y los puede haber de roca, de residuos o de suelo o tierra. La ocurrencia de flujos está generalmente, relacionada con la saturación de los materiales subsuperficiales. Algunos suelos absorben agua muy fácilmente cuando son alterados, fracturados o agrietados por un deslizamiento inicial y esta saturación conduce a la formación de un flujo (Suárez, 1998).


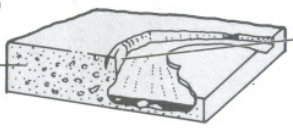


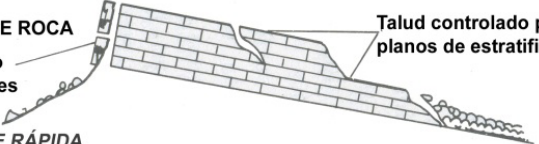



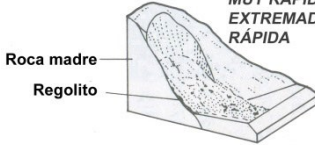



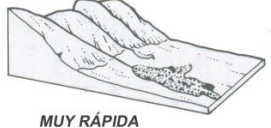
e) Avalanchas

En las avalanchas la falla progresiva es muy rápida y el flujo desciende formando una especie de “ríos de roca y suelo”. Estos flujos comúnmente se relacionan con lluvias ocasionales de índices pluviométricos excepcionales muy altos, deshielo de nevados o movimientos sísmicos en zonas de alta montaña y la ausencia de vegetación, aunque es un factor influyente, no es un prerrequisito para que ocurran. Las avalanchas son generadas a partir de un gran aporte de materiales de uno o varios deslizamientos o flujos combinados con un volumen importante de agua, los cuales forman una masa de comportamiento de líquido viscoso que puede lograr velocidades muy altas con un gran poder destructivo y que corresponden generalmente, a fenómenos regionales dentro de una cuenca de drenaje. Las avalanchas pueden alcanzar velocidades de más de 50 metros por segundo en algunos casos (Suárez, 1998).

f) Movimientos complejos

Con mucha frecuencia los movimientos de un talud incluyen una combinación de dos o más de los principales tipos de desplazamiento descritos anteriormente, este tipo de movimientos se les denomina como “Complejo”. Adicionalmente, un tipo de proceso activo puede convertirse en otro a medida que progresa el fenómeno de desintegración; es así como una inclinación puede terminar en caído o un deslizamiento en flujo (Suárez Díaz, 1998)

Tabla 1. Clasificación de deslizamientos (Varnes, 1958)

		Roca madre		Regolito (material suelto o relajado de cualquier origen que cubre la roca firme)																						
CAÍDAS		a CAÍDA DE ROCAS Diaclasas abiertas, ej.: presión hidrostática o cuñas de gelifracción  Eliminación de soporte, ej.: erosión o actividades humanas EXTREMADAMENTE RÁPIDA		e CAÍDA DE SUELO Mezcla de sedimentos  Socavación por corrientes MUY RÁPIDA																						
DESPLAZAMIENTOS	Pequeñas deformaciones	b HUNDIMIENTO ROTACIONAL  EXTREMADAMENTE LENTA A RÁPIDA Superficie de ruptura	c DESLIZAMIENTO PLANAR DE BLOQUES  Falla a lo largo de discontinuidades MODERADA	f DESLIZAMIENTOS Hundimiento Flujo de tierras Arcilla firme Arcilla blanda con material más grueso húmedo Grava arcillosa firme (i) Rotacional (ii) Planar Loes Arcilla glacial (iii) Propagación lateral Movimiento lateral general de Arcillas blandas (iv) Deslizamiento de detritos MUY RÁPIDA MUY LENTA A RÁPIDA																						
	Grandes deformaciones	d DESLIZAMIENTO DE ROCA Escarpe controlado por discontinuidades MUY LENTA A EXTREMADAMENTE RÁPIDA  Talud controlado por planos de estratificación																								
Materiales no consolidados																										
Incremento en el contenido de Agua		Principales fragmentos grandes de roca		Arena o limo sorteados no plásticos	Mezclas de roca y suelo	Predominantemente plástico																				
	Seco	g FLUJO DE FRAGMENTOS DE ROCA  EXTREMADAMENTE RÁPIDA	h CORRIMIENTO DE ARENA  Arena RÁPIDA A MUY RÁPIDA Limo firme Arena seca	k FLUJO LENTO DE TIERRAS  Roca lodosa meteorizada Roca lodosa	j AVALANCHA DE DETRITOS  MUY RÁPIDA A EXTREMADAMENTE RÁPIDA Roca madre Regolito	k FLUJO LENTO DE TIERRAS  Roca lodosa meteorizada Roca lodosa																				
Húmedo	m FLUJO DE ARENA O LIMO  Arena RÁPIDA A MUY RÁPIDA	l FLUJO RÁPIDO DE TIERRAS  MUY RÁPIDA	n FLUJO DE DETRITOS  MUY RÁPIDA	TASA APROXIMADA DE MOVIMIENTO <table border="1"> <tr> <td>10²</td> <td>3 m/seg</td> <td>Extremadamente rápida</td> </tr> <tr> <td>10¹</td> <td>0.3 m/min</td> <td>Muy rápida</td> </tr> <tr> <td>10⁰</td> <td></td> <td>Rápida</td> </tr> <tr> <td>10⁻¹</td> <td>1.5 m/día</td> <td>Moderada rápida</td> </tr> <tr> <td>10⁻²</td> <td>1.5 m/mes</td> <td>Muy lenta</td> </tr> <tr> <td>10⁻³</td> <td>1.5 m/año</td> <td>Extremadamente lenta</td> </tr> <tr> <td>10⁻⁴</td> <td>0.3 m/5 años</td> <td></td> </tr> </table>		10 ²	3 m/seg	Extremadamente rápida	10 ¹	0.3 m/min	Muy rápida	10 ⁰		Rápida	10 ⁻¹	1.5 m/día	Moderada rápida	10 ⁻²	1.5 m/mes	Muy lenta	10 ⁻³	1.5 m/año	Extremadamente lenta	10 ⁻⁴	0.3 m/5 años	
10 ²	3 m/seg	Extremadamente rápida																								
10 ¹	0.3 m/min	Muy rápida																								
10 ⁰		Rápida																								
10 ⁻¹	1.5 m/día	Moderada rápida																								
10 ⁻²	1.5 m/mes	Muy lenta																								
10 ⁻³	1.5 m/año	Extremadamente lenta																								
10 ⁻⁴	0.3 m/5 años																									

Nota. Traducido de (Bell, 1993 pág. 62) citado en (Montero Olarte, 2017, pág. 26).

4.1.4. Factores condicionantes y desencadenantes del deslizamiento

La gravedad puede mover la materia de la tierra si puede vencer la resistencia de la materia que la retiene. Por lo tanto, cualquier factor que reduzca esta resistencia hasta el punto donde la gravedad pueda intervenir, contribuye al movimiento de masa. Dependiendo de cómo actúan, los factores se clasifican en condicionantes y desencadenantes. Los primeros, también conocidos como pasivos o intrínsecos, son aquellos que dependen de la naturaleza, estructura y forma del terreno, mientras que los segundos, también llamados activos o externos, son factores que actúan desde fuera del medio que se estudia, provocando o desencadenando un deslizamiento (Sambrano, 2017).

Según Sambrano (2017) los factores condicionantes se establecen de acuerdo a:

a) Factores condicionantes:

- **Litología:** La litología de los materiales aflorantes y su grado de alteración condicionará sus características físico-mecánicas y, por tanto, su estabilidad potencial, por lo que el comportamiento variará de unos materiales a otros aun cuando actúen sobre ellos con igual intensidad los mismos factores. Los parámetros resistivos dependerán de la composición mineralógica y de la textura, compactación, tamaño, forma y cementación de las partículas que forman la roca o sedimento. Por tanto, materiales poco cementados, con tamaños de grano fino (limo-arcilla o arenas limo-arcillosas), o de un amplio rango granulométrico son litologías más propensas al deslizamiento.
- **Pendiente:** La pendiente topográfica y la altura de las laderas son factores que condicionan el desarrollo de procesos de deslizamiento por su contribución a la inestabilidad de los materiales; tanto es así que son parámetros utilizados sistemáticamente en la mayoría de los métodos de cálculo de estabilidad de taludes. En terrenos homogéneos, cada tipo de material tendrá una altura crítica y un ángulo máximo, a partir de los cuales se producirá un desequilibrio gravitacional siendo posible la rotura.

Al aumentar la pendiente, generalmente se aumentan las fuerzas que tratan de desestabilizar el talud y disminuyen los factores de seguridad al deslizamiento. Los taludes de alta pendiente son muy susceptibles a la ocurrencia de inclinaciones, caídos y flujos de residuos. Además de la pendiente, es muy importante la curvatura de la superficie (p.16-41).

En relación a los factores desencadenantes, Suarez (2019) afirma:

b) Factores desencadenantes

- **Condición Hidrometeorológica:** La elaboración del modelo hidrogeológico conceptual es muy importante para analizar la estabilidad de un talud. Este modelo debe tener en cuenta las zonas de infiltración en la parte superior de los taludes, incluyendo la infiltración a muchos kilómetros de distancia (siempre y cuando esta agua pueda afectar los niveles freáticos y corrientes de agua). Otros factores para considerar son la conductividad hidráulica (mejor conocida como permeabilidad) y la porosidad de los materiales del talud. La conductividad facilita la llegada de corrientes de agua y la porosidad afecta la capacidad de almacenamiento del agua en el talud. Se deben identificar, además, las fuentes, la localización y las características de los niveles freáticos, las corrientes subterráneas y sus fluctuaciones.
- **Cobertura vegetal:** La vegetación cumple efectos protectores importantes, en la mayoría de los taludes protege contra la erosión y afecta los procesos de evapotranspiración y de infiltración de agua. Las condiciones hidrológicas de un talud son afectadas directamente por la vegetación. La vegetación también cumple un efecto de estabilización por el refuerzo del suelo (la acción de las raíces) y por la producción de materia orgánica, la cual puede ayudar a cementar las partículas del suelo. En general, todo el proceso ecológico (flora, fauna, microfauna, uso del suelo, etc.) debe considerarse como un modelo conceptual por su influencia sobre el comportamiento del talud. (p,42 – 43).

A continuación, en la Tabla 2 se presentan los factores que influyen en los movimientos de masa:

Tabla 2. Factores que influyen en los movimientos de masa

Tipo de material	
Parámetros	Pendiente
	Condiciones hidrológicas
	Procesos morfológicos
	Parámetros externos
Procesos	Resecamiento del suelo
	Saturación del material con agua
	Modificaciones por erosión
	Composición y fábrica textural
Factores	Estado de alteración
	Disposición (orientación) de los materiales
	Degradabilidad de la roca
	Factores antrópicos
	Factores climáticos

Nota. Duque (2001) citado en Sarango (2016, p. 12)

4.2.1. Zonificación de Susceptibilidad a Movimientos en Masa.

La zonificación permite evaluar, parcialmente, la susceptibilidad y es una herramienta muy útil para la toma de decisiones, especialmente, en las primeras etapas de planeación de un proyecto. Según Suárez (2009), la zonificación consiste en la división del terreno en áreas homogéneas y la calificación de cada una de estas áreas de acuerdo con el grado real o potencial de susceptibilidad.

El mapeo puede realizarse sobre un área donde se tiene información de la ocurrencia de deslizamientos o se tiene un inventario de estos acontecimientos, o sobre los territorios en los cuales no se tiene conocimiento de estos eventos en el pasado, pero se requiere predecir la posibilidad de amenaza hacia el futuro. En el primer caso, se trabaja con una metodología de mapeo directo con base en la experiencia y en el segundo, una de mapeo indirecto con base en los factores que contribuyen a su ocurrencia (Suárez, 2009).

4.3. Clasificación del ángulo de pendiente

Para la clasificación del ángulo de pendiente se siguieron los criterios establecidos por el Ministerio de Desarrollo Urbano de Vivienda (2018), el cual agrupa las pendientes en 5 categorías como se indica a continuación:

Tabla 3: Categorización de pendientes

Término de la pendiente	Porcentaje %
Muy baja	0 – 0.5
Baja	5 – 10
Media	10 – 20
Alta	20 – 30
Muy Alta	>30

Nota: (Ministerio de Desarrollo Urbano de Vivienda, 2018)

4.4. Mapeo por afloramientos o mapeo de todos los afloramientos

Echeveste (2017), menciona en el Manual de levantamiento geológico que el mapeo de afloramientos es la base de gran parte de la cartografía geológica detallada a escala 1:10.000 y más grande. Es el estilo de mapa más común en la exploración minera. Muchos terrenos están compuestos de exposiciones de rocas más o menos dispersas separadas por zonas cubiertas por depósitos superficiales, vegetación, hielo, agua, etcétera. En este método, el geólogo debe examinar tantas exposiciones como sea posible. La extensión de cada afloramiento, o el grupo de afloramientos, se indica en el mapa de campo con el lápiz de color apropiado para ese tipo de roca o formación.

Ahora en la mayoría de las áreas, “el mapeo de afloramiento se hace mucho más rápidamente e incluso con mayor precisión que hace unos años atrás gracias a la tecnología GPS y la disponibilidad de imágenes de satélite de alta resolución” (p. 172).

a) Estudio de suelos

Un estudio de suelos permite dar a conocer las características físicas mecánicas del suelo, es decir la composición de los elementos en las capas de profundidad.

Tabla 4: Ensayos de mecánica de suelos

Ensayos de mecánica de suelos	Norma MTC
Análisis Granulométrico por tamizado	ASTM D 421-58
Contenido de Humedad	ASTM D 2216-98
Límites de consistencia	ASTM D 423-66
	ASTM D 424-59
Ensayo de Corte Directo	ASTM D-3080

Nota: (Sambrano Goicochea , 2017, p. 17)

b) Contenido de Humedad

Se define como humedad al contenido de agua presente en una masa de suelo o de roca. Es expresado en porcentaje, cuando la muestra ensayada es inalterada se conoce como humedad natural (Hoyos como se citó en Sambrano Goicochea , 2017).

c) Análisis Granulométrico

Es el proceso para determinar la proporción en que participan los granos del suelo, en función de sus tamaños, lo que llamamos gradación de suelos (Hoyos como se citó en Sambrano Goicochea, 2017).

d) Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se utilizaron para caracterizar el comportamiento de los suelos finos en función de su humedad.

- **Límite Líquido (LL).** - Es el contenido de agua expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, que delimita la transición entre el estado líquido y plástico de un suelo.
- **Límite Plástico (LP).** - Es el contenido de agua expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, donde el suelo cambia de estado plástico a semi-sólido.

e) Clasificación de Suelos

Los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan en forma concisa las características generales de los suelos que son infinitamente variadas. Actualmente, dos sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos son usados comúnmente por los ingenieros de suelos, estos son: El sistema American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) (Hoyos como se citó en Sambrano Goicochea , 2017)

a) Corte directo

La resistencia al esfuerzo cortante de los suelos, viene a ser la resistencia interna por área unitaria que la masa del suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él.

Por lo tanto, se puede definir la resistencia de corte de un suelo como “la tensión de corte en el plano de falla, en el momento de la falla” (Goicochea, 2017)

Para efectos de este trabajo de investigación solo se ha considerado la cohesión (C) y el ángulo de fricción interno (ϕ). Donde la cohesión es la atracción entre partículas originada por las fuerzas moleculares y las películas de agua (por lo tanto, varía según su humedad) y la fricción interna, es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción entre la superficie de contacto de las partículas (depende de la granulometría, forma de las partículas y la densidad del material) (Sambrano, 2017).

Tabla 5. Valoración de susceptibilidad litológica SI Caso Suelos

Clasificación	Susceptibilidad	Ángulo de Fricción Efectiva (°)	Cohesión Efectiva (KPa)
Muy Alto	5	0 - 15	0 - 10
Alto	4	15 - 20	10 - 15
Moderado	3	20 - 25	15 - 20
Bajo	2	25 - 30	20 - 25
Muy Bajo	1	> 30	> 25

Nota. (Sambrano, 2017, pág. 20)

4.1.5. Método de Saturación de suelo - Sinmap

SINMAP es un modelo de predicción de estabilidad que combina los mapas de susceptibilidad a deslizamientos, los modelos de estabilidad de taludes por el método de equilibrio límite y los modelos hidrológicos para diferentes escenarios de lluvias (Hermenejildo, 2015).

Este software como se menciona en el anterior párrafo sirve para la predicción de estabilidad de taludes, pero para este estudio se lo utilizó para determinar el grado de saturación ya que posee herramientas para ingresar parámetros geotécnicos, tales como la presión de poro a la humedad, ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo, con los algoritmos que trabaja el programa nos proporciona un modelamiento de saturación de suelo que se lo tomará como un factor detonante para este estudio para luego aplicarlo en el cruce de mapas con el método de multicriterio descrito en el siguiente párrafo.

No se toma en cuenta el método de estabilidad con este software debido a que según Alvarez et al. (2018). “el modelo SINMAP no es adecuado para analizar la susceptibilidad como única herramienta ya que no se dispone de información para realizar las calibraciones pertinentes para obtener resultados más fiables”.

4.1.6. Método de Evaluación Multicriterio

En este método se integran factores condicionantes y desencadenantes de la inestabilidad, así como técnicas de evaluación Multicriterio basados en jerarquías analíticas y sumas lineales ponderadas de pesos de factores y clases.

Permite evaluar cuantitativamente la consistencia en la asignación de pesos con lo que se reduce la subjetividad inherente a esta, que es típica de los métodos de indexación. Este método requiere la creación de una base de datos mediante la selección y el cartografiado de los factores del terreno condicionantes de la inestabilidad (Sarango, 2016).

Barredo (1996), indica que en la “aplicación de las técnicas de evaluación multicriterio se combinan y valoran simultáneamente criterios” (base para la toma de decisión).

Según Cabrera (2021) Estos se componen de factores, aspectos que fortalecen o debilitan los criterios, a través del manejo de sus atributos (variables) dentro de unas determinadas reglas de decisión y valoración.

Para dar forma a una estructura a partir de los métodos de evaluación multicriterio es necesario desarrollar un laborioso proceso que parte de acotar el objetivo de la evaluación. Seguidamente, el trabajo se centra en establecer qué criterios son relevantes para este objetivo, y qué importancia relativa tiene cada uno de ellos para proceder a su medida y efectuar su valoración. En este orden de cosas, habrá que establecer cuáles son las variables del territorio indicativas de cada factor, y por derivación de cada criterio, y cuál es la forma adecuada para su medida. Tales decisiones, denominadas en la terminología de estas técnicas “reglas de decisión” o “juicios de valor” son parte esencial de la evaluación y presuponen un conocimiento preciso del objeto con relación al cual se pretende establecer la evaluación y de las alternativas entre las que elegir. Una indagación de este estilo ha de realizarse con relación a objetivos concretos (Cabrera, 2021).

Las ventajas de utilizar las técnicas de evaluación Multicriterio combinadamente con SIG se sitúan en poder resolver con todo rigor la interrelación de las diversas variables del territorio. Un atributo cualquiera contenido en cada una de las capas de información de un SIG, pueden ser dentro de él, ponderados como un factor positivo o negativo para un determinado objetivo. Y puede igualmente ser valorado en conjunción con otros y en función de ello contrarrestado, potenciado o anulado (Cabrera, 2021).

5. Metodología

5.1. Descripción general del área de estudio

En la investigación realizada por Jara (2013), en el Sector La Florida perteneciente al barrio La Banda Alto demuestra lo siguiente:

Existen cinco litologías: coluvios, arcillas, limos, conglomerados y areniscas de grano fino y grueso, correspondientes a la formación Trigal en la que solo abarca un área de 2 hectáreas de terreno estudiado (p.50).

Los resultados obtenidos mediante el método de monitoreo con estación diferencial realizados, evidencian que el deslizamiento que se presenta en esta zona es rotacional activo, tiene una dirección N-E y su velocidad es menor a 10 cm al año que se considera como movimiento lento, de acuerdo a la escala de velocidad de movimientos de ladera. Este proceso fue realizado en un lapso de 108 días en total desde la primera y última medición (p.61).

Así mismo, concluyó que el movimiento de ladera en el Sector La Florida se clasifica como deslizamiento de tipo rotacional activo, cubriendo una superficie de 2 hectáreas con un volumen de masa inestable de 40000 m³ (p.77).

Dentro de esta investigación también se menciona que los factores desencadenantes que provocan el movimiento en masa como: las precipitaciones y aportes antrópicos de agua, los cuales influyen en la saturación de los suelos, modificando las presiones intersticiales de los materiales; esto sumado a la aplicación de carga estática de viviendas construidas en el sector (p.77).

Por último, gracias a los perfiles geo eléctricos y características geotécnicas de los materiales presentes en este sector, se ha realizado una correlación junto con el mapa geológico y de acuerdo a eso se ha determinado que la inestabilidad se produce a 35 m de profundidad en un estrato de arcillas saturadas de 15 m de potencia sobre la que se depositan materiales coluviales de matriz limosa con comportamiento anisótropo que alcanza los 20 m de profundidad (p.77).

En otro estudio realizado por Vásquez (2014), el sistema de distribución de Agua Potable de la zona presenta problemas, principalmente en el mantenimiento que se les da y en el estado físico que se encuentra, en los cuales se evidencia fugas continuas del recurso y por ello representan condiciones detonantes frente a la ocurrencia de deslizamientos y pérdida en el servicio del líquido vital a la comunidad. Vásquez (2014) confirmó la presencia de una vulnerabilidad física – estructural alta del sistema local de vías del barrio La Banda Alto, lo

cual se debe al escaso mantenimiento, que, además se trata de vías de tercer y cuarto orden. Asimismo, Vázquez (2014) hace alusión a los siguiente:

Con respecto a la vulnerabilidad físico estructural de las edificaciones se pudo verificar que los principales factores que condicionan altas probabilidades de colapso de las viviendas frente a la ocurrencia de deslizamientos en el barrio La Banda Alto son: el asentamiento de las edificaciones en terrenos irregulares, el frágil material de las paredes y el sistema estructural que, por sus condiciones y características físicas no tienen la mejor predisposición para enfrentar movimientos en masa, es decir las edificaciones con estas condiciones son más susceptibles a sufrir daños (p. 109).

También se refiere a las características demográficas de la zona, haciendo alusión a que en la comunidad habita un considerable número de habitantes en edad de dependencia (personas de la tercera edad y menores a 15 años), lo que sugiere una mayor capacidad de intervención humana para socorrer y desplazar a sitios seguros, debido a la presencia de los deslizamientos (p.110).

El autor también menciona que la información creada en los distintos de departamentos gubernamentales del Catón Loja, no se genera con lineamientos afines para ser utilizada en estudios relacionados con la prevención de riesgo de desastres, lo que implica considerables limitaciones para la obtención de resultados eficientes y ejecución de proyectos de esta índole (p.111).

5.1.1. Ubicación geográfica y política

La ciudad de Loja perteneciente a la provincia de Loja, se ubica entre las latitudes Sur: 03°19'49" y 04°45'00". Posee una superficie aproximada de 10.790 km² equivalente al 4% de la superficie del país. El 45% del territorio lojano es de topografía accidentada conformada por rocas, peñones y terrenos muchas veces de difícil acceso (PDOT Loja, 2019).

a) Límites

La ciudad de Loja se encuentra limitada de la siguiente forma; Al Norte: Cantón Saraguro, Al Sur y Este: Prov. De Zamora Chinchipe, y Al Oeste: Prov. Del Oro y los Cantones Catamayo, Gonzanamá.

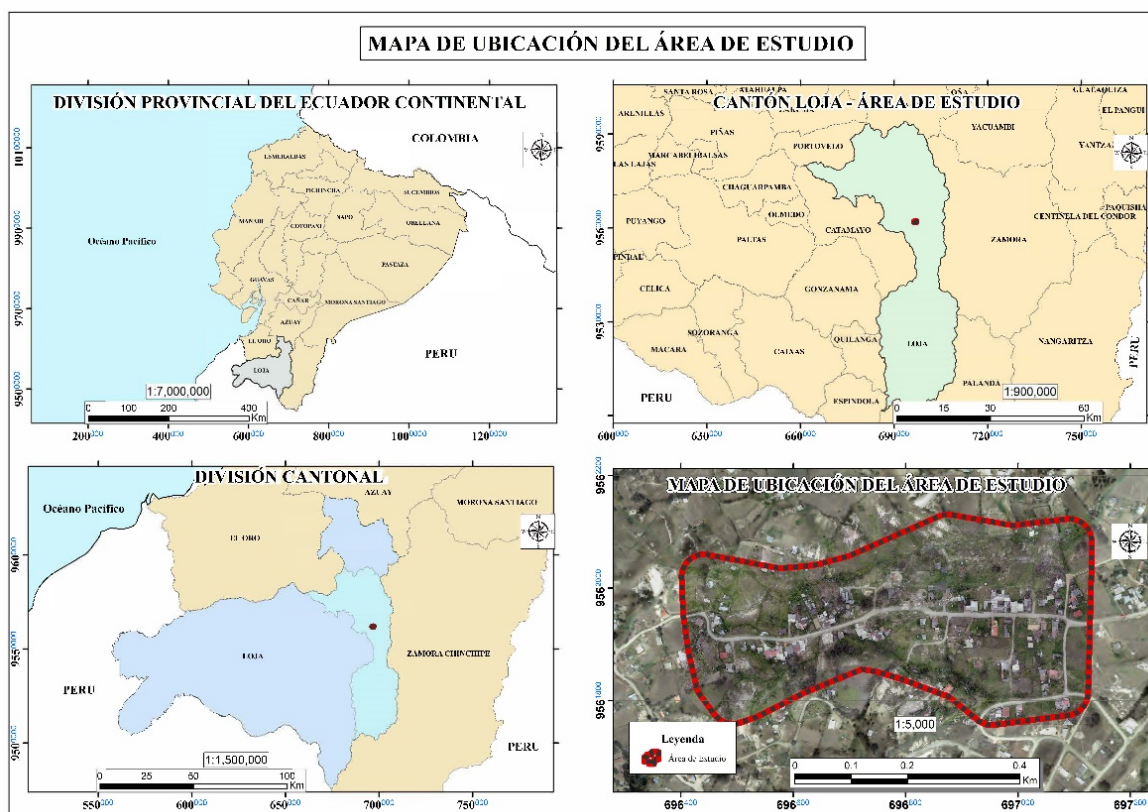


Figura 1. Mapa de ubicación del Área de estudio

El área de estudio cubre una superficie de 20.5 hectáreas, y el acceso se lo realiza desde el centro la ciudad de Loja dirigiéndose hacia el norte de la urbe por la Av. 8 de diciembre hasta llegar al zoológico municipal, luego se ingresa a la ciudadela La Banda, para tomar la vía que conduce a la parte alta del barrio la banda alto sector La Florida.

Tabla 6: Coordenadas del área de estudio; Barrio La Banda Alto; referenciados en el datum UTM WGS-84 Zona 17S.

Nro.	X	Y	Z
P1	697113	9561782	2080 msnm
P2	697108	9562120	2057 msnm
P3	696420	9562054	2115msnm
P4	696485	9561756	2126 msnm

5.2. Aspectos generales

5.2.1. *Relieve E Hidrografía*

El valle de Loja en el periodo terciario fue una zona lacustre, conformada por un pequeño lago, el cual se abrió cerca de Salapa para dar nacimiento al actual río Zamora. Alrededor de este río y sus varios afluentes, se ha conformado el actual valle, largo y angosto (20 km x 4 km), con declive no muy pronunciado hacia al sector Norte, relieve colinado y abierto hacia el Oeste y cerrado y abrupto hacia el Este (GAD Municipal de Loja, 2014). La topografía relativamente plana del valle se sitúa al centro y llega hasta el barrio Motupe con

una longitud de 10 Km, justo donde se asienta la actual ciudad y sus barrios suburbanos. (Kernnely, 1982)

Este valle se encuentra encerrado por ramales de la cordillera central de los Andes ecuatorianos, donde no supera los 3.800 m.s.n.m. (Deflexión de Huancabamba), el extremo sur de la cuenca, lo conforma el nudo de Cajanuma (pequeña cordillera transversal que se constituye también en divisoria de aguas hacia los océanos Pacífico y Atlántico), y los ramales orientales (eje central de la cordillera Real) y el occidental del cerro del Villonaco (PNUMA et al.,2007)

La cuenca superior del río Zamora u hoya de Loja donde se asienta la ciudad del mismo nombre, es parte del gran sistema del río Santiago, afluente del Marañón–Amazonas.

Del nudo de Cajanuma nace el sistema hídrico del valle a través de los ríos Malacatos y Zamora Huayco. Estos ríos se unen al norte de la ciudad de Loja, dando origen al río Zamora, el cual va aumentando su caudal recibiendo varios afluentes. El afluente más importante del río Zamora, aguas abajo de la unión con el Malacatos, es el río Jipiro, que se une al caudal principal desde el este (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente et al., 2007).

El GAD Municipal de Loja (2014), en su Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Loja menciona que:

Río Malacatos. - Constituye el eje principal de la cuenca. Su curso en la parte baja del valle tiene una pendiente de 1,2 % y una longitud de 14 km hasta la unión con el Zamora Huayco .

Río Zamora Huayco. - Aporta con más del 55 % del caudal de agua cruda para la ciudad. Recorre aproximadamente 10 km hasta la unión con el Malacatos, con una pendiente media de 1,35 % en la parte baja.

Río Jipiro. - Tiene un curso de montaña y pendiente media de 1,5 %, hasta la unión con el Zamora.

Río Zamora. - Toma su nombre luego de la unión de los ríos Malacatos y Zamora Huayco. Su caudal es importante porque al recibir el aporte de varios afluentes, entre ellos el Jipiro, en época de lluvias torrenciales desborda en la llanura al norte de la ciudad provocando daños a las áreas contiguas.

5.2.2. Geomorfología

El valle de Loja presenta un paisaje peculiar, con una forma alargada en sentido nortesur y una anchura de aproximadamente 14 km, medida entre las cordilleras que lo rodean

(Kennerley, 2073). La cordillera Oriental de los Andes se extiende hacia el este, con picos que se elevan por encima de los 3.200 metros sobre el nivel del mar y valles estrechos y empinados. Al oeste, el cerro "El Villonaco", perteneciente a la cadena montañosa de los Andes, marca el límite del valle, alcanzando una altura de 2.667 metros sobre el nivel del mar. Estas formaciones geológicas y materiales han desempeñado un papel fundamental en la configuración del paisaje único que caracteriza a la cuenca de Loja (GAD Municipal de Loja, 2014, p.22).

Las cordilleras mencionadas surgieron a raíz de procesos orogénicos que ocurrieron en la era paleozoica, durante la cual las rocas metamórficas se elevaron y dieron forma a estas imponentes formaciones montañosas (Hungerbühler et al. 2002).

En el fondo del valle, situado a una elevación cercana a los 2.100 metros sobre el nivel del mar y con una extensión de unos 7 kilómetros de ancho, se extiende un paisaje caracterizado por colinas bajas que presentan una topografía tipo cuesta. La conformación de este paisaje está influenciada por las capas de sedimentos ligeramente inclinadas y plegadas que llenan la cuenca de Loja. En la zona noroeste, encontramos depósitos coluviales conocidos localmente como "denudativos", cuyo origen es objeto de debate. Estos depósitos provienen de la erosión de las rocas metamórficas presentes en las zonas más altas de la región (GAD Municipal de Loja, 2014, p.22).

5.2.3. Geología Regional

La ciudad de Loja se encuentra ubicada sobre una cuenca sedimentaria de origen lacustre de edad Miocénica (26 millones de años) (Kennerley, 1973); las rocas más antiguas de época Paleozoica (560 millones de años), están constituyendo el basamento de la cuenca (Litherland et al. 1994). Toda la serie terciaria, incluso los depósitos cuaternarios más recientes de este valle han sido afectados por movimientos de compresión, que han originado levantamientos o hundimientos. Así, han aparecido pliegues más suaves en el lado occidental de la hoya y con pronunciada pendiente en la parte oriental (Kennerley, 1973). La descripción estratigráfica de basamento a techo se describe a continuación.

- **Unidad Chiguinda** (*Paleozoico*)

Predomina en la parte sur de la Cordillera Real, forma parte del basamento de las Cuencas de Loja y Malacatos-Vilcabamba. Su litología comprende cuarcitas impuras de grano fino a medio, filitas negras, pizarras y esquistos (algunos grafíticos). El espesor es desconocido, pero se estima que puede ser de algunos kilómetros (Litherland et al. 1994).

- **Formación Trigal** (*Mioceno Medio*).

Esta aparece en el río Trigal, a lo largo de la carretera principal desde Loja a Catamayo. La formación está en un área relativamente pequeña, a lo largo del margen nor-occidental de la cuenca (Izquierdo, 1991). Consiste en estratos de arenisca de grano grueso con finas capas de limolitas y conglomerados. Estos conglomerados están compuestos por pequeños clastos volcánicos (>1 cm). Las areniscas presentan estratificación horizontal, estratificación cruzada y, además, contienen pequeños fragmentos de carbón. Su espesor varía desde 50 m en el oeste a 150 m en el este, aproximadamente. La base de la formación es un límite discordante con las rocas metamórficas paleozoicas y está sobrepuesta concordantemente por la formación La Banda (Hungerbühler et al. 2002). Se interpreta que esta formación rocosa se depositó originalmente en un medio fluvial (Hungerbühler et al. 2002).

- **Formación La Banda** (*Mioceno Medio Tardío*).

Aflora en la parte nor-occidental de la cuenca, atravesando la carretera principal desde Loja a Cuenca cerca de la Quebrada La Banda y la carretera Loja Catamayo en el sector “El Plateado”, aflora al nor-oeste de la cuenca, donde forma un intervalo muy persistente. Litológicamente está constituida por estratos gruesos de calizas masivas, lutitas carbonatadas, capas finas de cherts (sílices) y areniscas amarillas de textura fina. Existe presencia de yeso secundario en las fracturas. El espesor varía de 10 a 20 m. Tiene un origen lacustre con incursiones marinas (Hungerbühler et al. 2002). Esta formación sobreyace a la formación Trigal, con un contacto local concordante, y es sobrepuesta concordantemente por la Formación Belén (Hungerbühler et al. 2002).

- **Formación Belén** (*Mioceno Medio Tardío*)

Yace cerca del pueblo de Belén en la Cuenca de Loja. Aflora sólo al oeste del Río Zamora en la parte nor-occidental de la cuenca. Compuesta por capas de areniscas gruesas y finas, con intercalaciones de conglomerados y en menor cantidad capas de lutitas. Además, se distinguen pliegues de slump y laminación convolucionada de diferentes escalas (Hungerbühler et al. 2002). El máximo espesor es 300 m. Su origen indica una transición de un ambiente lagunal (Fm. La Banda) a un entorno fluvial deltaico de carga mixta. La formación Belén descansa concordantemente sobre la formación La Banda (Hungerbühler et al. 2002).

- **Formación San Cayetano** (*Mioceno tardío a último*).

Esta formación solo está presente al este del Río Zamora, cerca del barrio de San Cayetano. Se compone de areniscas de grano fino, lutitas calcáreas (margas) y silíceas, diatomitas, carbón tipo lignito e intercalaciones de conglomerados. La formación se puede dividir en tres miembros con límites transicionales (Hungerbühler et al, 2002). *Miembro Arenisca Inferior*.- contiene areniscas de color marrón, algunas pequeñas capas de conglomerados y lutitas, dentro de las lutitas hay varias capas de carbón, que fueron estudiadas por Putzer (1968). Los conglomerados son canalizados y contienen exclusivamente clastos metamórficos. Las lutitas contienen gasterópodos y una rica macroflora. *Miembro Limolitas*.- este abarca lutitas de color marrón, gris y blanco, abundantes capas de diatomita y algunos piroclásticos horizontales (Tobas). Este fino material aparece horizontalmente estratificado y capas laminadas de 1 a 2 cm de espesor (Hungerbühler et al. 2002). *Miembro Arenisca Superior*.- está dominado por areniscas de grano fino, arcillas de color gris intercalado con lentes de conglomerado de clastos metamórficos y matriz areno-arcillosa, a más de capas de limolitas. Tiene un espesor aproximado de 800 m. El ambiente de formación inicia con un sistema lagunar de agua dulce y un posterior aporte fluvial de carga mixta. Aparece discordante sobre la Unidad Metamórfica Chiguinda (Hungerbühler et al. 2002).

- **Formación Quillollaco**

La unidad estratigráfica se extiende por toda la cuenca sedimentaria, salvo en el extremo noroeste. Se compone de conglomerados con matriz arenosa y niveles intercalados de arenisca. Los clastos son de origen metamórfico, redondeados por la erosión, y presentan una gran variedad de tipos: filitas, cuarcitas, venas de cuarzo y esquistos, con un tamaño máximo de 50 cm. El espesor de esta unidad varía según la zona: en el sur alcanza los 600 m, en el centro los 100 m y en el borde este los 500 m. Su génesis se relaciona con un ambiente de abanico aluvial dominado por flujos de detritos procedentes de áreas metamórficas (Hungerbühler et al. 2002). Corresponde a un ambiente de formación de abanico aluvial, los sedimentos provienen de rocas metamórficas que se erosionan y se depositan en capas. La base de la formación es un límite discordante con las formaciones más antiguas (Trigal, Belén y San Cayetano) (Hungerbühler et al. 2002).

5.3. Métodos

5.3.1. Esquematización del proceso de estudio

En la figura 2 se puede apreciar el esquema utilizado para el proceso del presente estudio.

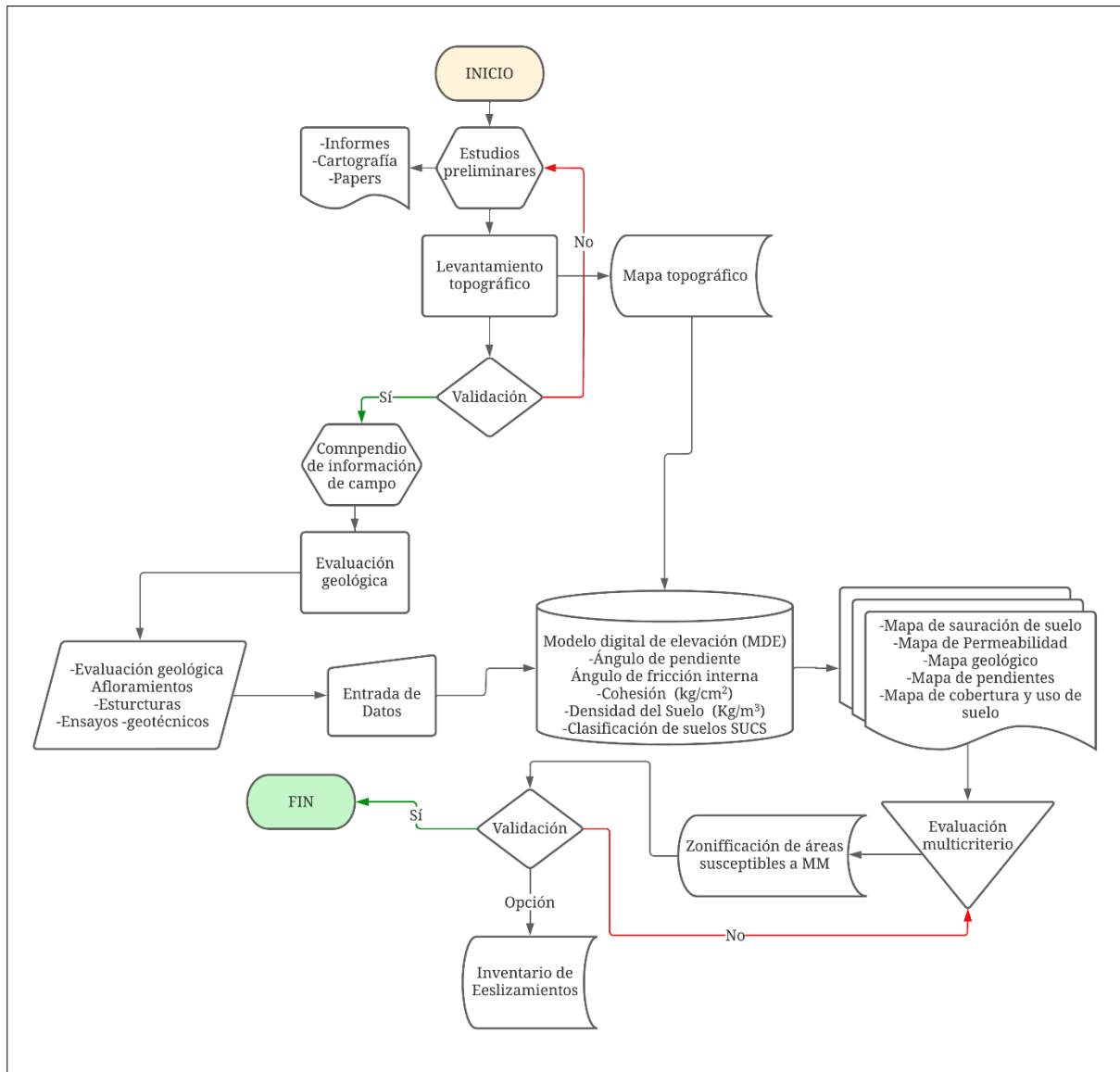


Figura 2. Flujograma del proceso metodológico

En el presente estudio, se recopiló la información principal de la zona de estudio como es la ubicación, factores meteorológicos, geología, entre otros. Posterior a ello, se realizó el levantamiento topográfico para poder generar un MDT (modelo digital de elevación), el cual, contribuyó en la generación de todos los mapas temáticos necesarios. A continuación, se llevó a cabo el levantamiento geológico para la evaluación de los geomateriales in-situ a través de los ensayos de laboratorio (clasificación de suelos, corte directo, límites de Atterberg y análisis granulométrico).

La geología local se determinó mediante la descripción de afloramientos en las cuales se obtuvieron datos de las estructuras geológicas, obteniendo como resultado el mapa geológico. Una vez obtenidos los datos de las muestras tomadas para los ensayos de laboratorio, se procedió a realizar el mapa de saturación, ya que éste ocupa datos geotécnicos como son: el contenido de humedad de las muestras, ángulo de fricción interna y cohesión.

Finalmente, se hizo una ponderación de las variables de estudio de acuerdo al criterio del autor según su experiencia, añadiendo un peso a cada una, este peso se encuentra en un rango de 1 como valor mínimo y 5 como el valor más alto. Por último, se realizó el cruce o superposición de mapas temáticos con su ponderación y peso respectivo, para así, obtener las zonas propensas a movimientos en masa, basadas en las condiciones geológicas que se encuentra el territorio.

a) Materiales

Tabla 7: Materiales y Equipos Utilizados.

Materiales de campo	Equipos de oficina	Software a emplearse	EPP
b) GPS de mano			
c) GPS Diferencial			
d) Brújula tipo Brunton			
e) Martillo geológico			
f) Navaja de campo			
g) Ácido clorhídrico			
h) Cinta métrica			
i) Cámara fotográfica			
j) Libreta de campo		u) Microsoft Word	
k) Ficha de toma de datos	r) Computadora de séptima generación	v) Microsoft Excel	• chaleco reflectivo
l) Hoja geológica de la Hoya de Loja	s) Flash Memory	w) ArcGIS 10.5	• Zapatos de campo
m) Carta topográfica de Loja	t) Impresora	x) Sinmap	
n) Fundas plásticas		y) AutoCAD 2018	
o) Dron marca DJI Phantom 4 PRO V2.0, con todos sus accesorios y dos baterías extras.		z) <u>Google Earth</u>	
p) Un trípode.		aa) <u>Pix4Dmapper</u>	
q) Un bastón.			

5.3.2. Levantamiento topográfico con Dron por medio de la fotogrametría

a) Trabajo de Campo

Se partió de un análisis y reconocimiento del área establecida, a partir de, la observación directa con el dron, para hacer una evaluación preliminar del sector. Luego para la realización

del levantamiento topográfico, se realizó la toma de 7 puntos de control o GCP en el área de estudio y para ello se siguieron los siguientes pasos.

- Se instaló un GPS diferencial a utilizar como receptor base, éste permanecerá fijo, correctamente centrado y nivelado en el punto de coordenadas conocidas.
- El receptor móvil se instala en un bastón con burbuja de nivelación, sin embargo, para trabajos que requieren mayores precisiones se recomienda utilizar el sistema trípode-bastón. El móvil se coloca en cada uno de los puntos a levantar.
- Se debe configurar el equipo en dos partes, se configura el Receptor BASE en el colector con todos los parámetros relevantes; como la altura de la antena, la máscara de elevación y el tipo de conexión entre colector y receptor.



Figura 3. GPS diferencial (base fija)

- Se configuraron los parámetros del equipo que funcionó como Rover (Móvil), y la comunicación entre el receptor y colector, para la técnica RTK se recomienda que sea mediante bluetooth. Seleccionar el equipo correspondiente al Rover. Nota: El colector y el Rover deben permanecer a una distancia no mayor a tres metros entre sí.
- Una vez configurada la Base y el Rover, se inicia con el levantamiento de los 7 puntos GCP o de control, se sitúa el Rover sobre cada punto de interés tomando como consideración que el nivel del bastón esté correctamente centrado y que los parámetros satelitales para realizar la medición sean aceptables.



Figura 4. GPS diferencial (base colectora de puntos GSP)

Para el vuelo del dron se siguieron los siguientes pasos:

- Verificación y preparación del equipo, se prepara el dron colocando sus baterías y las palas de rotor.
- Colocar el dron en el punto donde se iniciará el vuelo y sincronizar con el computador vía wifi, el cual permite un alcance de hasta 800.00 m.
- Delimitar el área de vuelo para que el dron pueda generar su cuadrícula y cubrir toda el área en estudio, el Streaming llega directamente desde DJ Phantom 4 al Smartphone.



Figura 5. Streaming directamente del dron al Smartphone

Al final se obtuvo el mapa topográfico a escala 1:2000, con el Datum WGS84, Zona 17 Sur, la que nos sirvió como base para la ejecución del proyecto.

b) Trabajo de Oficina

Las curvas de nivel se generaron con la herramienta Contour, a un intervalo definido por el autor de 1 m, para tener así una mejor visualización de toda la zona de estudio.

Posteriormente se suavizaron las curvas de nivel y se procedió a digitalizar: red vial, infraestructura, red hídrica y demás aspectos con la ayuda de ortofotos a escala 1:2000 obtenidas con el vuelo del dron.

5.3.3. Pendientes del terreno.

Para realizar el mapa de pendientes se utilizó el software Arcgis 10.5, en el cual se procedió a crear un Modelo TIN (Triangle Regular Network o Red de Triangulación Regular), al cual se añade las curvas de nivel obtenidas en el levantamiento topográfico y se genera un TIN. Se transformó el TIN generado a un modelo ráster, utilizando herramientas de 3D análisis, con la herramienta de análisis espacial se procedió a crear el modelo de pendientes. Posterior a ello se reclasificó el resultado obtenido mediante la herramienta Spatial Analyst Tools Reclassify, para ello se siguieron los criterios establecidos Ministerio de Desarrollo Urbano de Vivienda (2018) ver **tabla 8**, el cual agrupa las pendientes en 5 categorías como se indica a continuación:

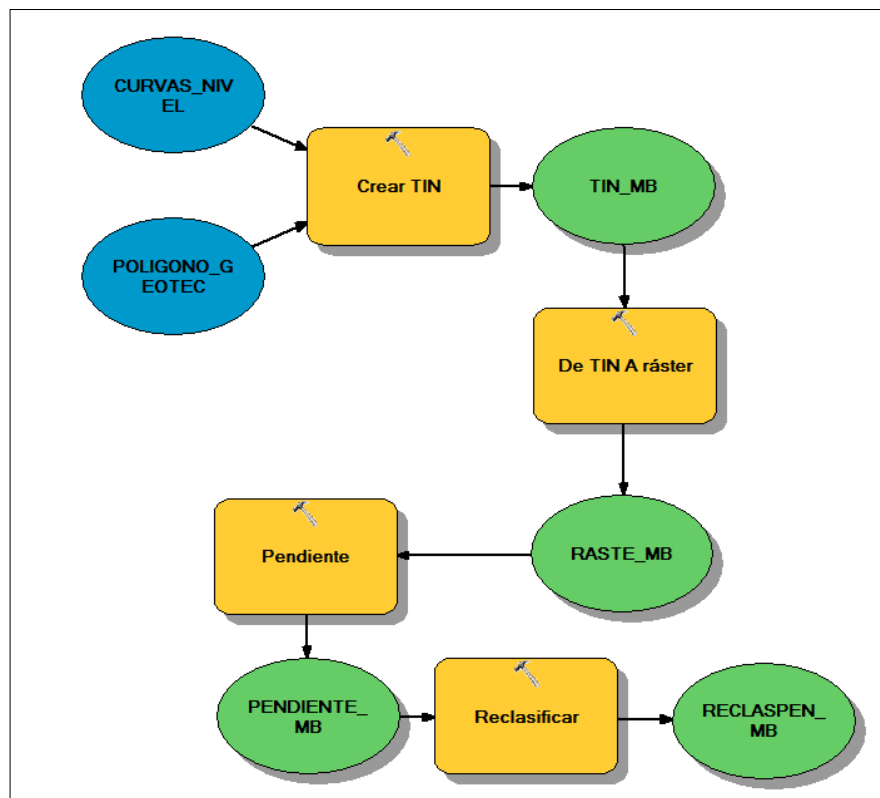


Figura 6. Model builder de obtención de pendientes
Nota. ArcGis 10.5

Para la generación del mapa de pendientes se basó en la clasificación de la normativa del Ministerio de Desarrollo Urbano de Vivienda (2018), en la cual muestra algunos lineamientos mínimos para la construcción de viviendas, y por ello se consideró su clasificación

de pendientes en el presente estudio, ya que en el área de estudio existe hasta la actualidad (2023) viviendas.

Tabla 8. Clasificación de Pendientes

Término de la pendiente	Porcentaje %
Muy baja	0 – 0.5
Baja	5 – 10
Media	10 – 20
Alta	20 – 30
Muy Alta	>30

Nota. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda , 2018)

5.3.4. Levantamiento Geológico

a) Fase de oficina

En esta etapa se realizó la investigación bibliográfica acerca de la zona de estudio, tomando como referencia la carta geológica de Loja a escala 1:100.000 NVI-F hoja 56 y el trabajo de investigación de Jara Guamán (2013), las cuales brindaron información de las principales estructuras geológicas y litologías presentes en el área de estudio.

Además, se elaboró una ficha de descripción de afloramientos **ver tabla 9** para resguardar toda la información relevante y de interés de los afloramientos en el ámbito geológico.

De igual manera se realizó un análisis mediante la ortofoto generada anteriormente, delimitando así principales afloramientos dentro del área de estudio. La ortofoto brindo información importante acerca de zonas erosionadas, las cuales fueron identificadas debido al cambio de textura, lo cual fue corroborado en la etapa de campo.

Tabla 9. Ficha para la descripción de afloramientos

Universidad Nacional de Loja Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial				
Ficha para la descripción de afloramientos	Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO			
	Provincia:		Parroquia:	
	Cantón:		Barrio:	
	Fecha:	Responsable:	Afloramiento N°:	
	Tipo de Afloramiento:	Natural () Antrópico ()		
	Coordenadas UTM	X:	Y:	Z:
	Estado de Alteración:		Datos Estructurales:	
			Rumbo:	Buzamiento:
	Litología y Características del afloramiento			
	Formación:			
	Estructura:	Altura de Talud:	Humedad:	
	Longitud de talud:	Vegetación:	Tipo de Roca o Material Aflorante:	
	Descripción Litológica :			
	Registro Fotográfico:			

Para la elaboración del mapa geológico local se tomó como referencia los “Estándares de Nomenclatura Estratigráfica, Simbolización y Abreviaturas para la Cartografía Geológica 2.0” del IIGE (2019).

Se procesó la información obtenida en campo, ubicando los puntos de afloramientos sobre la base del mapa topográfico, esto se lo realizó en el software ArcMap 10.5; mismo que permitió realizar la delimitación de las litologías.

Los valores índices establecida por la Subsecretaría de Gestión de la Información y Análisis de Riesgos (2019) que se visualizan en la Tabla 10, sirvieron como base para la posterior valoración establecida según criterios del autor en dependencia de la observación, interpretación y análisis de los materiales encontrados en campo.

Tabla 10. Asignación de Pesos por litología.

Litología	Peso
Conglomerado con intercalaciones de areniscas	4
Coluvial (sedimentos bien sorteados con cantos angulares, específicamente esquistos micáceos)	5
Areniscas gruesas	4
Limolitas	4
Arcillolitas	4
Deslizamientos (Detritos mal sorteados con arcillas y limos)	5

Nota. (INIGEMM-SNGRE, 2015)

b) Fase de campo

Consistió en un levantamiento in-situ en el campo y sobre la base topográfica previamente levantada del sector de estudio a escala 1: 2 000. Para ello se basó en criterios metodológicos según los autores Manuel P. Rodríguez, Javier G. Yélamos y Jorge G. Robles en su libro “*Geología Practica: Introducción Al Reconocimiento De Materiales Y Análisis De Mapas*”.

Esta etapa se llevó a cabo mediante la comprobación y rectificación de los aspectos geológicos que anteriormente fueron investigados. En el desarrollo del levantamiento, fue de suma importancia la descripción visual de afloramientos y taludes de corte; además de la toma de muestras de mano pertenecientes representativas en dependencia de las formaciones y litologías existentes en la zona, para así identificar de manera correcta la conformación de geomateriales, los cuales permitieron el reconocimiento macroscópico preliminar.

Los afloramientos fueron referenciados mediante GPS, también se realizó un análisis estructural como la toma de datos estructurales (Rumbo y Buzamiento), tonalidad, grado de meteorización, tamaño de grano, espesor del estrato, posibles contactos litológicos y solubilidad de las rocas presentes en la zona de estudio.

5.3.5. Descripción macroscópica

La descripción macroscópica se la realizó en el Laboratorio de Petrografía y Mineralogía de la Universidad Nacional de Loja, con el análisis y descripción de las muestras de rocas se determinó el color, textura, composición mineralógica y alteración de los minerales si existiese, como se detalla en la Tabla 11.

Tabla 11. Procedimiento para Describir Macroscópicamente las Muestras de Roca

Parámetro	Procedimiento
Color	Atiende al color de la roca matriz, sin capas de alteración, está relacionada con la mineralogía y el grado de meteorización. Su determinación se realizó por observación visual.
Textura	Los parámetros que se tomaron en cuenta para su determinación son: tamaño, la forma y ubicación de los minerales, y las cavidades, además de la razón minerales/vidrio.
Composición mineralógica	Se estableció las proporciones entre los minerales de acuerdo a la técnica de estimación visual.
Alteración	observación visual del mineral más abundante y más obvio <u>en la roca alterada.</u>

Nota. (Fernández, 2022)

Por medio del levantamiento geológico realizado se pudo evidenciar la presencia de cuatro litologías siendo estas: arcillolitas con presencia de yeso, coluvios, limolitas y areniscas de granulometría variada.

5.3.6. Evaluación geológica con ensayos geotécnicos

5.3.6.1. Ensayo de densidad y peso específico.

La densidad (ρ) y el peso específico (γ) de las muestras de rocas se calcularon por medio de las siguientes expresiones matemáticas simples:

$$\rho = \frac{m_s}{V_s}; \frac{g}{cm^3}; \gamma_s = \frac{P_s}{V_s}, \frac{kN}{m^3}$$

Dónde:

γ_s = peso específico de la roca.

P_s = peso de la roca.

5.3.6.2. Muestreo de Suelos

a) Trabajo de Campo

La finalidad de este proceso es conocer las propiedades físicas del suelo que se realizará mediante ensayos tales como: contenido de humedad, granulometría y plasticidad, donde se recolectan muestras en los diferentes sectores de interés para realizar la evaluación geológica de la zona de estudio utilizando el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

El proceso de recolección de muestras que se encuentran alteradas se ejecuta considerando la geometría del terreno, litología existente, entre otras cualidades que presente la zona.

Los muestreos que se realizaron (ver Figura 7) suman un total de 17, haciendo referencia que 10 de las muestras se toma como dato del estudio realizado por Jara (2013). Luego de eso, se recoge el material en fundas plásticas para que no exista perdidas del material, ni sus condiciones de humedad natural y que por último sean transportadas al laboratorio de suelos de la UNL y la compañía DICONS CIA. LTDA. para realizar los ensayos previamente mencionados.



Figura 7. Toma de muestra para la clasificación de suelos

Tabla 12. Coordenadas de la ubicación de muestras para clasificación de suelos

N° Muestras	Coordenadas		
	Norte (Y)	Este (X)	Cota (Z)
MLB-1	9561678	696767	2095
MLB-2	9562093	696709	2088
MLB-3	9562013	696345	2123
MLB-4	9561788	696333	2135
MLB-5	9562003	697150	2041
MLB-6	9561951	696757	2078
MLB-7	9562003	696414	2103

a) Trabajos de Gabinete y Laboratorio

Estos ensayos se los realiza con el objeto de conocer las características y parámetros geotécnicos que son necesarios para la caracterización de los suelos.

5.3.6.3. Contenido de Humedad. Norma (ASTM D 2216-98).

El presente ensayo tiene como finalidad determinar la cantidad de agua existente en el suelo, teniendo una relación entre la cantidad de agua y la cantidad de suelo en la muestra, la misma que se encuentra expresada como porcentaje, que se la determina con la siguiente formula:

$$M_w$$

$$W = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde

W = contenido de humedad del suelo (%)

M_w = cantidad de agua en la muestra de suelo

M_s = Cantidad Total de la muestra

- **Análisis Granulométrico. (Norma ASTM D 421-58):** Con la realización del ensayo granulométrico se podrá gradar las partículas presentes, es decir, clasificar las partículas de suelo según los tamices por vía seca y húmeda. Primero se fraccionó la muestra total empezando por la fina que se la realiza por vía húmeda mediante una serie de tamices cuya secuencia es la siguiente: #4, #10, #20, #40, #60, #100, #200, y el fondo. La fracción gruesa se la realizó por vía seca, igualmente por una serie de tamices, pero en este caso la secuencia es la siguiente: 2 ½ pulg., 2 pulg., 1 ½ pulg., 1 pulg., ¾ pulg., ½ pulg., 3/8 pulg., #4. En todas las muestras recolectadas se realizó el mismo proceso utilizando las dos fracciones de tamices.



Figura 8. Proceso Análisis granulométrico

- **Límites de Atterberg. (Norma ASTM D 423-66 y 424-59):** Este ensayo se lo realizó con la finalidad de conocer las características de permeabilidad, posibles ocurrencias de expansión de las arcillas etc. Es decir que en cada muestra se puede conocer el contenido de agua en el punto de transición de estado semisólido a plástico con ello encontrar el límite plástico y de estado plástico a líquido y determinar el límite líquido. Para este ensayo se preparó las muestras y se sequen al ambiente, para después triturarlas o chancarlas con el maso de goma de hule y finalmente el material pasar por la malla o

tamiz #40 y luego proceder a realizar el ensayo propiamente. Para determinar el límite líquido de las muestras se debe realizar por medio de la copa de Casagrande, calculando el contenido de humedad de la muestra con el cual está se cierra una ranura de 12.7 mm, en el lapso de 25 golpes.

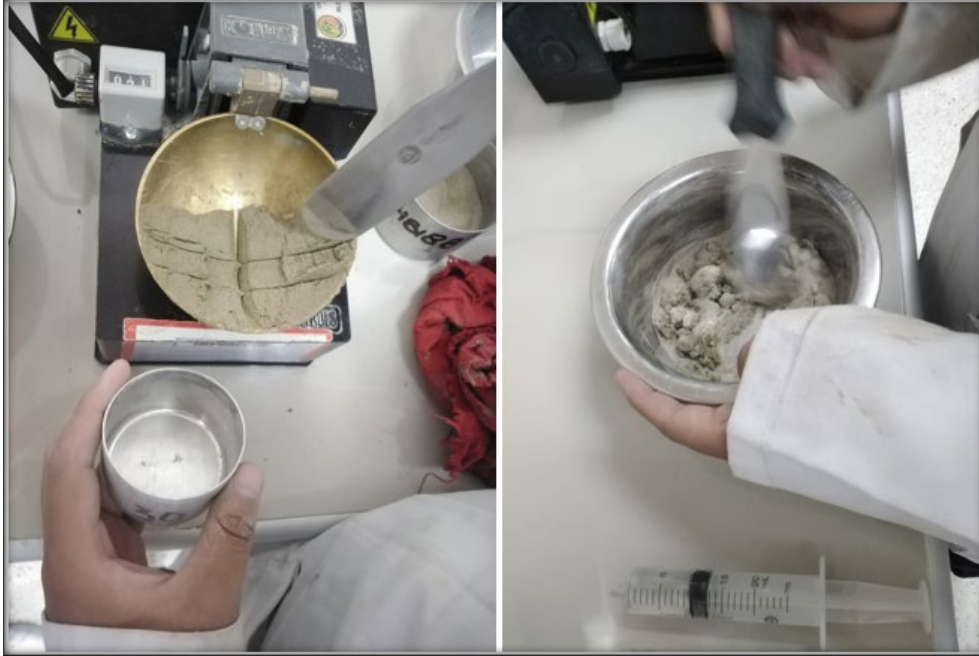


Figura 9. Proceso del ensayo de límite líquido

En el apartado del límite plástico se lo realiza encontrando el contenido de agua en porcentaje, con el cual el suelo se agrieta al formarse un rodillo de 3.2 mm de diámetro.



Figura 10. Ensayo de Límite Plástico

Finalmente se hacen los respectivos cálculos y se obtiene el índice de plasticidad restando el límite plástico del límite líquido ($IP = LL - LP$).

5.3.6.4. Ensayo de corte directo.

Este ensayo consiste en colocar el espécimen en una caja de corte directo (CD), aplicando un esfuerzo normal determinado, drenando o no drenado el espécimen de ensayo, o ambas cosas, consolidando el espécimen bajo el esfuerzo normal, soltando los marcos que contiene la muestra y desplazado un marco horizontalmente respecto al otro a una velocidad constante de deformación y medir la fuerza de corte y los desplazamientos horizontales a medida que la muestra es llevada a la fallar.

Este método es desarrollado para la determinación de la resistencia al corte de un suelo. Esta prueba se realizó mediante la deformación de un espécimen en un rango de deformación controlada. Generalmente se realizan un mínimo de 3 pruebas, cada una bajo una diferente carga normal para determinar el efecto sobre la resistencia y desplazamiento y las propiedades resistentes, en este caso las cargas fueron 0.5kg, 1kg y 2 kg.

En este ensayo se tomó 3 muestras representativas de la zona de estudio, las cuales se muestran en la **tabla 13**.

Tabla 13. Ubicación de muestras para ensayo de corte directo

Nº Muestras	Coordenadas		
	Norte (Y)	Este (X)	Cota (Z)
MLB-5	9562003	697150	2041
MLB-6	9561951	696757	2078
MLB-7	9562003	696414	2103

Para el ensayo de corte directo no drenado se basó según la norma I I.N.V. E –154-7 misma que fue realizada en el laboratorio de mecánica de rocas de la UNL. En donde, se describieron los procedimientos para determinar la cohesión y el Angulo de fricción interno que sufre la muestra de suelo ensayada.

Para este ensayo se requiere de los siguientes materiales y equipos:

Tabla 14. Equipos y materiales para ensayos de corte directo

Equipos y Materiales
Equipo de corte directo
Caja de corte.
Deformímetros de carátula con lectura de 0.01mm de precisión ó 0.0001”.
Equipo de cargas.
Cronómetro (dependiendo del tipo de ensayo).
Equipo necesario o disponible para moldeo o corte de la muestra.
Balanza de sensibilidad 0.1 g.
Cinta métrica

Para la preparación de la muestra se toma la muestra con el anillo cortante, rellenando los vacíos que suelen quedar en las esquinas del anillo para que sea una muestra uniforme.

Se ajusta adecuadamente la caja de corte, verificando que tanto la parte superior como la inferior estén alineadas la una con la otra, y asegurándolas con los tornillos para que no se pueda mover ninguna de estas dos partes se coloca la tapa superior, percatándose que las ranuras estén perpendiculares a la dirección del corte.

Posterior a esto se pesa la caja de corte para luego pesarla junto con la muestra de suelo en este caso las muestras obtenidas en campo ya que por ser sedimentarias se pudo realizar el ensayo en esta máquina de corte.

Después de haber preparado la muestra se introduce y ajusta la caja de corte dentro del tazón con agua.

Seguidamente se verificó que al colocar la carga normal el contrapeso esté bien calibrado para que pueda cumplir su función correctamente, dicho esto se procede a ubicar la carga normal en este caso la primera carga que es de 0.5kg.

Luego de ello se ajusta el transductor digital vertical y horizontal, el cual mide el desplazamiento de corte.

Verificar que todos los componentes del sistema estén alineados para poder retirar los tornillos de la caja de corte para seguidamente verificar si el “SWITCHER correr” está en posición de alto y seleccionar el nivel de velocidad, en este caso fue 0.5 mm/min.

Por último, se sincroniza el programa que controla el equipo y se inicia con la toma de datos.



Figura 11. Proceso de preparación de la muestra

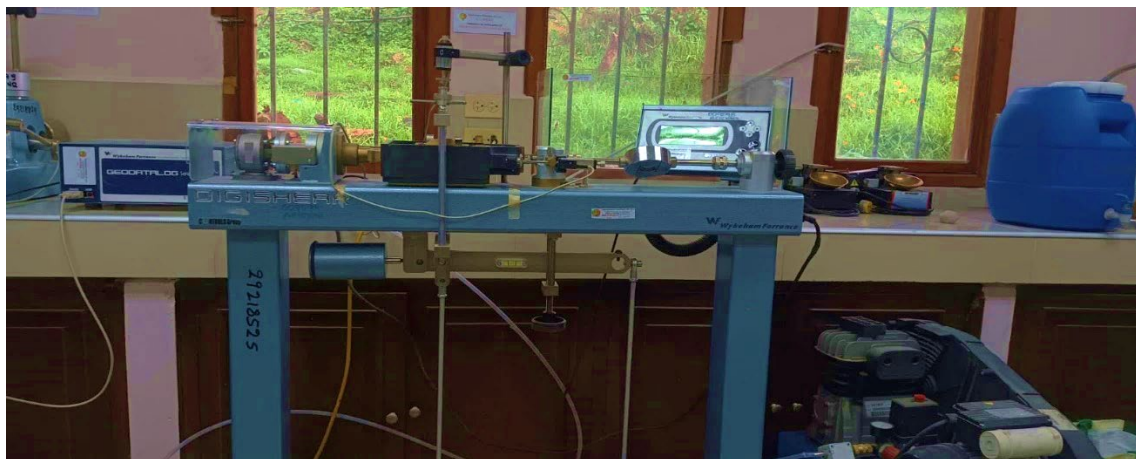


Figura 12. Equipo de corte

5.3.7. Clasificación de suelos SUCS

Mediante los ensayos de suelos realizados en el laboratorio de mecánica de rocas de la UNL, en la compañía Dicons LTDA. y Jara (2013), con la clasificación de suelos (SUCS) se determinó las características de los suelos con una distribución de 5 niveles de en el área de estudio. A cada uno de los niveles se le asigno pesos de 1 a 5, siendo el nivel 1 para suelos con muy baja humedad y baja plasticidad, hasta 5 correspondiente a suelos con muy alto contenido de humedad y alta plasticidad **ver tabla 15**.

Tabla 15. Clasificación de suelos según SUCS

Tipología de los Suelos	Clasificación SUCS	Peso
GW: Grava Bien Graduada	GW, GP, SW, SP	1
GP: Grava Pobremente graduada		
SW: Arena Bien Graduada		
SP: Arena Pobremente Graduada		
GM: Grava limosa	GM, SM, ML, MH, Pt	2
SM: Arena limosa		
ML: Limos Baja Plasticidad		
MH: Limos Alta Plasticidad		
Pt: Turbas		
OL: Suelos Orgánicos Baja Plasticidad	OL	3
GC: Gravatas Arcillosas	GC, SC	4
SC: Arenas Arcillosas		
CL: Arcilla Baja Plasticidad	CL, CH, OH	5
CH: Arcilla Alta Plasticidad		
OH: Suelo Orgánico Alta Plasticidad		

Nota. Luis Bolaños Blázquez citado en (Benavides Rojas, 2019, p. 23)

5.3.8. Saturación del suelo

Como factor desencadenante en este trabajo se utilizó la saturación del suelo, empleando un sistema de información geográfica donde se obtiene las zonas de saturación, el umbral de saturación, zonas parcialmente húmedas y zonas de baja humedad como se indica en la **tabla 16**. Los rangos de saturación se clasificaron en el software ArcGIS 10.5 con la extensión SINMAP, pero adicionalmente se dividió a la zona de muy baja humedad en dos partes obteniendo una clasificación de menor rango denominada como “muy baja humedad”, definiendo cinco clases.

Para el estudio en cuestión se empleó el software ArcGIS 10.5, el cual ofrece un entorno adecuado para la inserción, edición, manipulación y análisis de mapas. Además, dentro de su estructura, se encuentra disponible una interfaz que permite ejecutar el modelo SINMAP mediante el módulo SINMAP 2.0 para ArcGIS. De esta forma, el software logra integrar las

diversas informaciones, modelos y tratamientos requeridos para llevar a cabo el estudio de manera eficiente.

El módulo SINMAP 2.0 es gratuito y se puede descargar desde la página web de la Universidad. del Estado de Utah (<http://hydrology.usu.edu/sinmap2/>). A través de este módulo fue posible trabajar con el modelo SINMAP en entorno GIS. Por lo tanto, permite que el modelo funcione el MDE: modelo de elevación digital, donde se obtienen variables topográficas, pendiente y otras variables de información referente al modelo, además, permite la inserción de los parámetros necesarios para calibración y validación de modelos. La calidad de esta información depende de la escala del mapeo básico utilizado. El índice de estabilidad (IE) se calcula para cada celda (píxel) por separado, en este caso la densidad de pixel es de 0.16 x 0.16.

La **Figura 13** muestra el diagrama de flujo de trabajo del módulo SINMAP 2.0. Para la operacionalización del módulo, es necesario insertar los parámetros del área de estudio que se levantó previamente. Dichos datos se dividen en: Topográficos (Modelo de Elevación Digital y el ángulo de la pendiente), y propiedades físicas del suelo (relación entre Transmisividad y recarga efectiva T/R, Cohesión, ángulo de fricción interna y Densidad). Después de este paso, el módulo de procesamiento de datos y compilación de mapas se obtendrá: Mapa de Estabilidad de Taludes y Mapa de Saturación hídrica.

Para el cálculo del valor de conductividad hidráulica (T/R) se utilizó la Curvas de Breddin Fig. 14

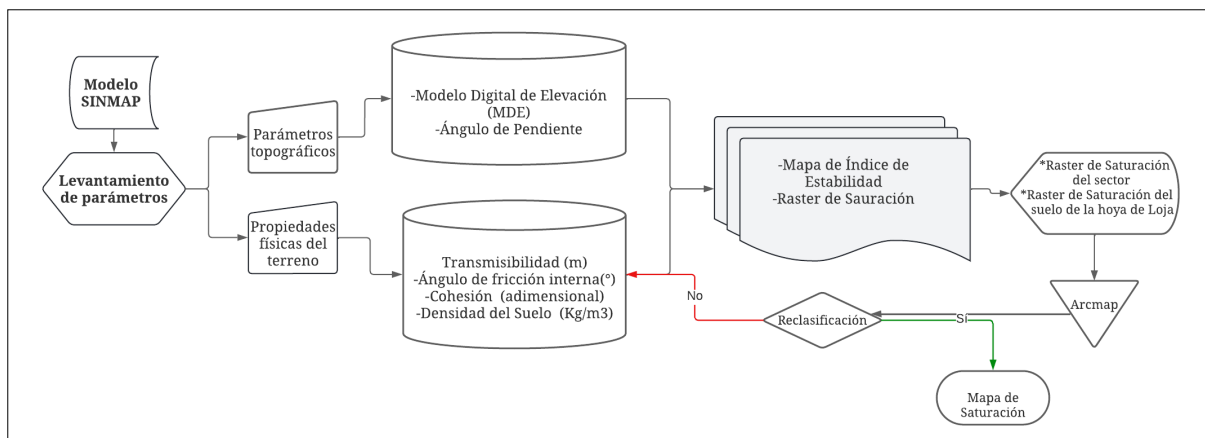


Figura 13. Flujograma de Funcionamiento para el Módulo SINMAP 2.0 adaptado por el Autor
Nota: Tavares Zaidan y Menon Júnior, (2016, p. 130)

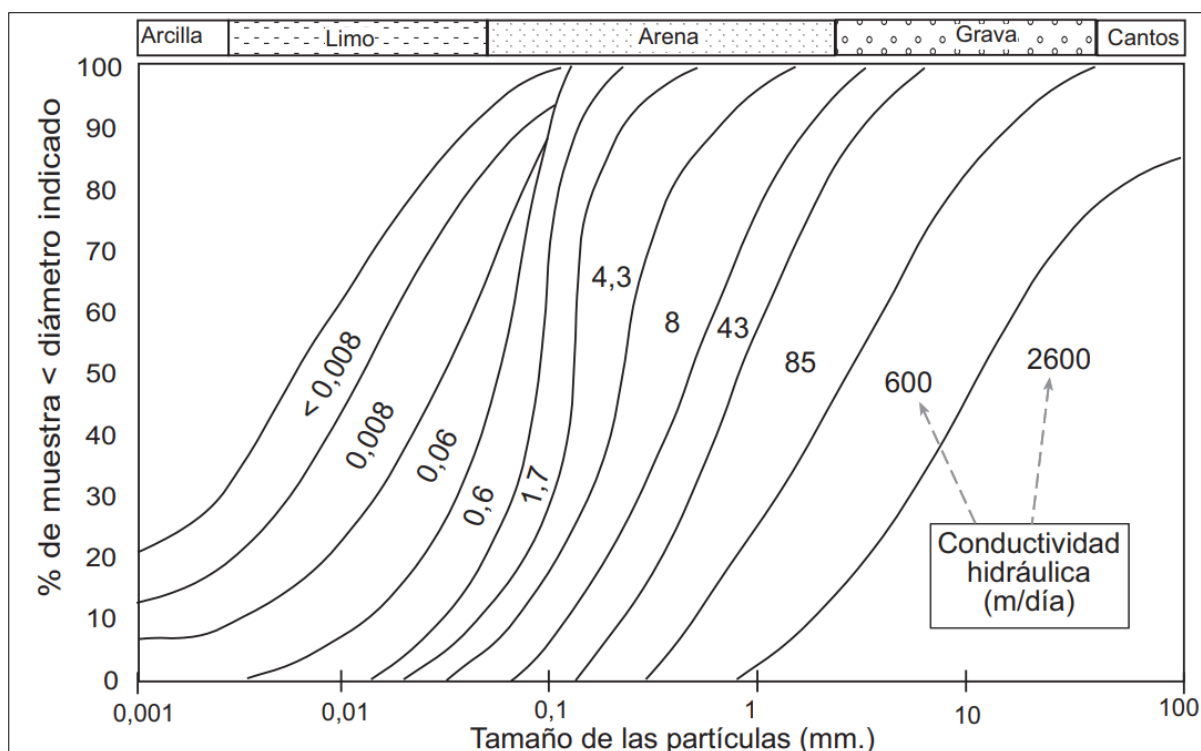


Figura 14. Curvas de Breddin para estimación de la permeabilidad en materiales granulares no consolidados, superponiendo la curva granulométrica
Nota. (Sánchez, 2022, p.14)

Tabla 16. Clasificación de Zonas de Saturación.

Rango	Clase	Peso
0 - 0.01	Muy baja humedad	1
0.01 - 0.1	Baja humedad	2
0.1 - 1.1	Parcialmente húmedo	3
1.1 - 2.1	Umbral de saturación	4
2.1 - 3.1	Zona de Saturación	5

Nota. (Benavides, 2019, pág. 18)

5.3.9. Mapa de cobertura vegetal y uso de suelo

Para la obtención del mapa de cobertura y uso de suelos la metodología empleada partió de la digitalización directa, mediante polígonos en el software ArcGIS 10.5 de los distintos usos de suelo en dependencia de los rasgos y características del suelo observados en la ortofoto de la zona de estudio a escala 1:2000 y su posterior correlación con el "Proyecto de Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio Nacional a escala 1:25000" realizado por el IGM.

A partir de la tabla de atributos obtenida de la digitalización de los polígonos en los distintos usos de suelo, se procedieron a añadir campos de: categoría, cobertura y uso de suelo.

La referencia que se utilizó para este apartado fue la tabla de valores índice establecida por la Secretaría de Gestión de Riesgos, (2014). Susceptibilidad por movimientos en masa. Escenarios mensuales, la cual sirvió como base para la posterior valoración establecida según criterios del autor.

La **tabla 17** hace referencia a los pesos criterio de la variable Cobertura y uso de suelo, aquello dirigido a bosques, vegetación, cultivos, mosaico, entre otros.

Tabla 17. Pesos criterio de la variable Cobertura y uso de suelo

Descripción	Peso
Bosque Nativo	1
Vegetación arbustiva	
Vegetación herbácea	2
Páramos	
Pasto cultivado	3
Plantación forestal	
Cultivos anuales	
Cultivos permanentes	
Cultivos semipermanentes	4
Mosaico agropecuario	
Área sin cobertura vegetal	
Artificial	
Glaciares	
Infraestructura	5
Natural	
Zonas pobladas	

Nota. (SNGR, 2014)

Los valores están agrupados acorde al rango de susceptibilidad, siendo la valoración 1 la de menor grado de susceptibilidad y la valoración 5 la de mayor grado.

5.3.10. Zonificación de susceptibilidad a movimientos en Masa.

Para la realización del mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, se utilizó el Método de Evaluación Multicriterio de Suma de Rangos, coadyuvado con el método heurístico, el cual considera los factores que influyen en la inestabilidad mediante asignación de pesos por su jerarquía o grado de importancia.

Para obtener el valor de porcentaje de influencia en cada variable se utilizó el método de Saaty (1980), el cual consiste en optimizar la toma de decisiones gerenciales de acuerdo a la realidad de la zona de estudio.

Saaty desarrolló el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) en 1980 para resolver problemas de criterios múltiples. AHP es responsable de realizar una jerarquía de prioridades que muestre las preferencias globales para cada alternativa. Tomar decisiones directamente relacionadas con el orden de importancia, preferencia o probabilidad y pares de prioridad basándose en criterios o atributos comunes de pares de elementos representados en la jerarquía de decisiones.

AHP propone asignar un vector de pesos $w = [w_1, w_2, w_n]$ a los criterios de un problema de decisión multicriterio dado. Para ello, se compara cada criterio (i) con cada criterio (j), dando como resultado valores (a_{ij}) que pueden agruparse en una matriz cuadrada de tamaño (n), denominada matriz de comparación por pares, $A = [a_{ij}]$, esto significa que el número de filas y columnas está determinado por el número de criterios a ponderar, formando una matriz de comparación de importancia de cada criterio con otros (tomándolos por pares) para luego determinar el vector básico que determina los pesos "Wj", que a su vez proporciona una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor de los pares de criterios de la métrica.

El procedimiento utilizado determina primero la importancia relativa del criterio de cada fila con respecto al criterio de la columna correspondiente, por lo que se debe llenar toda la matriz ingresando los valores del triángulo rectángulo superior, los valores del triángulo inferior. La esquina izquierda es la inversa de las celdas correspondientes. Luego debe sumar cada columna para obtener el valor del margen de la columna y luego crear una nueva matriz dividiendo cada celda por el margen de esa columna. Finalmente, calcule el promedio de los pesos de cada fila.

Tabla 18. Esquema del método de jerarquías analíticas para la asignación de pesos
Matriz de comparación por pares

Variables	A	B	C	D	Vector principal
A	XAA	XAB	XAC	XAD	WA
B	XBA	XBB	XBC	XBD	WB
C	XCA	XCB	XCC	XCD	WC
D	XDA	XDB	XDC	XDD	WD

Nota. Thomas Saaty (1980)

La comparación por pares de los criterios facilita la evaluación conjunta de todos ellos por el experto (autor). En los estudios de Saaty (1980 y 1994), Saaty y Vargas (2001) prueban

varias escalas de medida y proponen la siguiente escala para estimar los coeficientes a_{ij} . La tabla 9 presenta la escala de medida para estimar los coeficientes a_{ij} .

Tabla 19. Escala de Saaty para determinar el valor de x_{ij}

Nivel de importancia	Definición	Descripción del criterio i, al compararse con j
1	Igual preferencia	Los dos criterios (i,j) contribuyen de igual manera al proceso de deslizamiento
2	Moderada preferencia	Pasadas experiencias favorecen ligeramente al criterio (i) sobre otro (j)
3	Fuerte preferencia	Prácticamente la dominancia del criterio (i) sobre el otro (J) está demostrada
4	Absoluta preferencia	Existe evidencia que determina la supremacía del criterio (i)

Nota. Thomas Saaty (1980)

Después de construir la matriz de comparaciones pareadas, se hace la síntesis, donde se asigna la prioridad de cada elemento que se compara. El proceso matemático implica el cálculo de los valores y vectores característicos ver tabla.

Para definir la calidad de la decisión final, se designó la consistencia del juicio del experto. De esta manera, el AHP permite medir el grado de consistencia entre las opiniones pareadas proporcionadas por el experto, en este caso se evaluará la ponderación del porcentaje de influencia de las variables utilizadas en la investigación las cuales son:

- Geología
- Saturación del suelo
- Pendientes del terreno
- Clasificación del suelo (SUCS)
- Cobertura y uso de suelo

Para la zonificación de susceptibilidad a movimientos en masa se usaron los criterios emitidos por Suarez (2009) (como se visualiza en la tabla 20), los cuales consisten en el análisis e interrelación de los distintos factores analizados.

Tabla 20. Criterios para determinar la susceptibilidad a los movimientos en masa

Grado de Susceptibilidad	Criterio
Muy alta	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas, y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe alta posibilidad de que ocurran
Alta	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
Moderada	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran.
Baja	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
Muy Baja	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.

Nota. A partir de Suarez. J, Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales, pág., 359.

5.3.11. Inventario de movimientos en masa

El inventario de movimientos en masa se realizó dentro de la zona establecida para el presente estudio, el mismo que se encaminó en relacionar los factores geológicos condicionantes y su influencia con la inestabilidad de los materiales en el terreno.

El procedimiento llevado a cabo para la realización del inventario fue en base a la metodología sugerida por el Proyecto Multinacional Andino Geociencias para las Comunidades Andínd6as (PMA –GCA) (2007), utilizando las fichas de campo normalizadas y adaptadas para la zona de estudio (ver anexo 9).

Con el objetivo de correlacionar los resultados de susceptibilidad se realizó un inventario de movimientos en masa en base al trabajo de campo, en el sector de estudio se identificó 4 movimientos en estado activo, a los cuales se les asignó un código para su caracterización con fechas correspondientes del 03 de marzo – 08 de octubre del año 2022.

6. Resultados

Los resultados presentados se desarrollaron en base a la caracterización geológica del barrio La Banda Alto, centrándose en los factores que condicionan los movimientos en masa en esta área. Enfocándose en la influencia de la pendiente del terreno, la evaluación geológica y la identificación de las zonas susceptibles a movimientos en masa.

5.4. Topografía del barrio La Banda Alto

En la figura 15 se muestra la topografía realizada en la zona de estudio, la cual presenta un desnivel entre curvas de 81 m en toda el área.

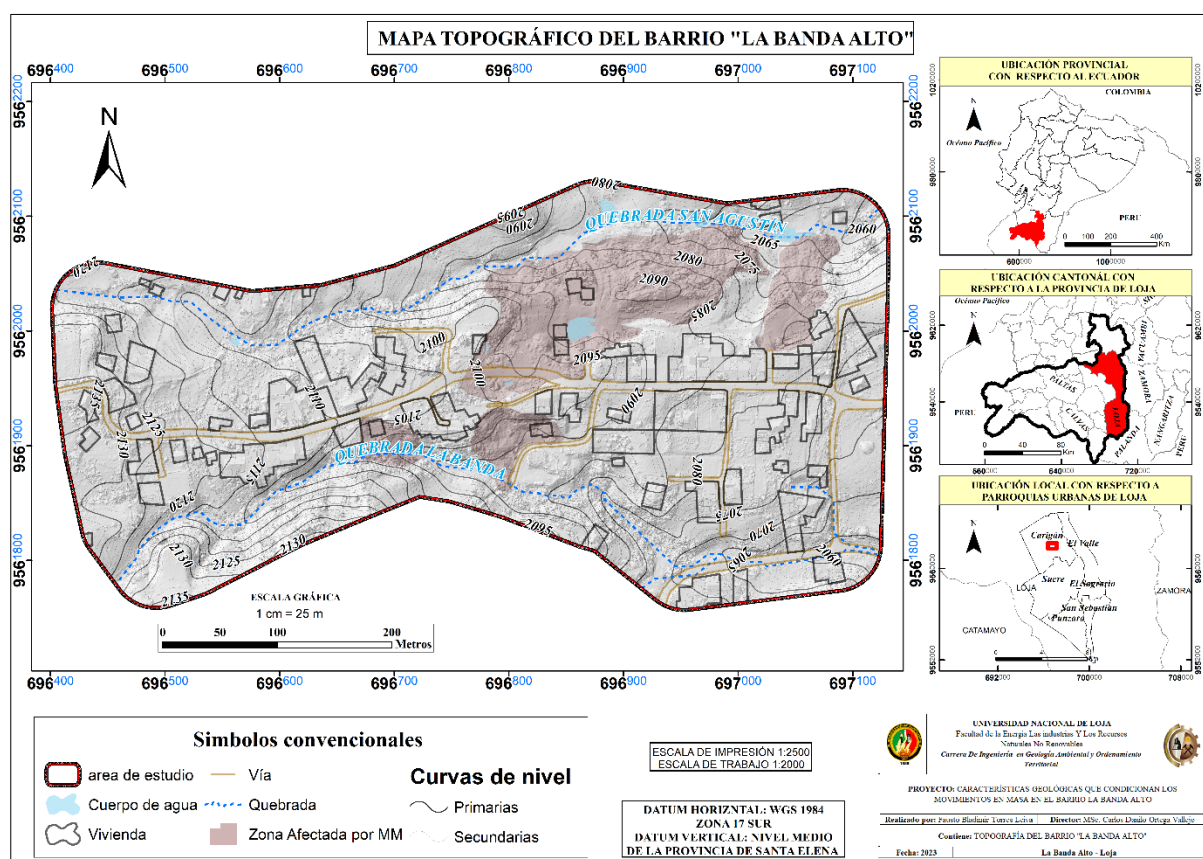


Figura 15. Mapa topográfico del barrio La Banda Alto

5.5. Pendientes predominantes en el barrio "La Banda Alto"

En la figura 16, se presenta el mapa de las pendientes predominantes del Barrio La Banda alto, las cuales van en categorías de muy bajas a muy altas.

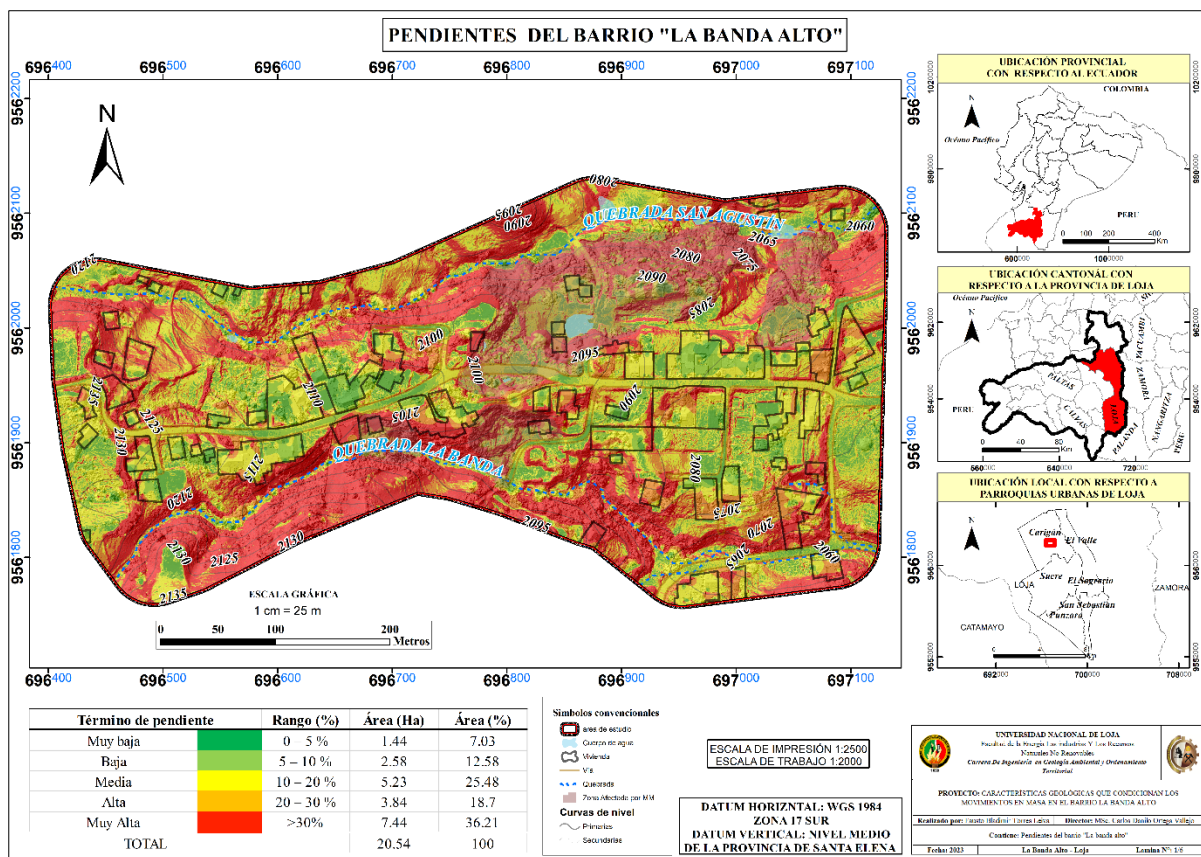


Figura 16. Mapa de Pendientes del barrio La Banda Alto

La categoría "Muy baja" abarca pendientes que van desde el 0% al 5%, representando un área de 1.44 hectáreas, lo que equivale al 7.03% del área total. Por otro lado, el término "Baja" engloba pendientes que van desde el 5% al 10%, con un área de 2.58 hectáreas, representando el 12.58% del área total. La categoría "Media" abarca pendientes que van desde el 10% al 20%, representando un área de 5.23 hectáreas, lo que corresponde al 25.48% del área total. Asimismo, la categoría "Alta" incluye pendientes que van desde el 20% al 30%, con un área de 3.84 hectáreas, representando el 18.70% del área total. Por último, la categoría "Muy Alta" se refiere a pendientes mayores al 30%, con un área de 7.44 hectáreas, lo que representa el 36.21% del área total, como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21. Resultados de la pendiente predominante en el área de estudio

Término de pendiente	Rango (%)	Área (Ha)	Área (%)	Peso
Muy baja	0 - 5 %	1.44	7.03	1
Baja	5 - 10 %	2.58	12.58	2
Media	10 - 20 %	5.23	25.48	3
Alta	20 - 30 %	3.84	18.70	4
Muy Alta	>30%	7.44	36.21	5
TOTAL		20.54	100	

La figura 17 muestra que la pendiente muy alta representa la mayor área del territorio con el 36.21%, por otro lado, las pendientes muy bajas representan el menor porcentaje del área con el 7.03%.

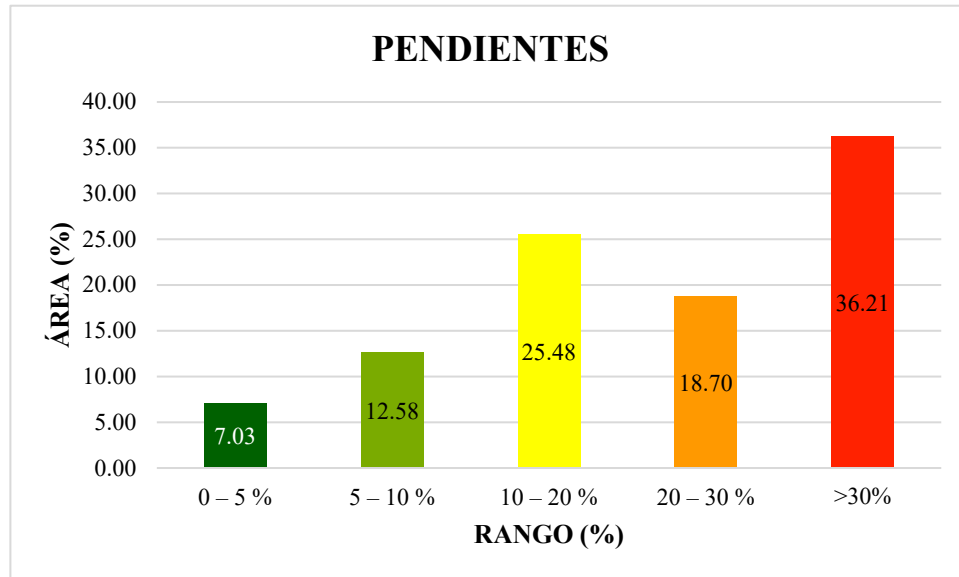


Figura 17. Porcentaje que ocupan las pendientes en la zona de estudio

5.6. Evaluación Geológica en el barrio La Banda Alto

5.6.1. Interpretación de Ensayos Geotécnicos

En la zona de estudio se identificó dos unidades geológicas-geotécnicas que se describen a continuación:

- **Depósitos Cuaternarios (Coluvios)**

Los depósitos identificadores en esta zona presentaron clastos de tamaño variable, con dimensiones que oscilaban entre 1 y 20 centímetros, y en algunos casos, se observaron bloques de rocas metamórficas, específicamente de esquisto micáceo **ver figura 18**. En cuanto a la matriz, esta estuvo compuesta por materiales arcillosos, limos arcillosos y se presentaron transiciones hacia arcillolitas. Cabe destacar que la densidad de estos depósitos superó los 2,5 gr/cm³, lo que indica una alta compactación. No obstante, su permeabilidad se mantuvo elevada debido a la presencia de drenaje preferente intergranular en los poros de los clastos.



Figura 18. Depósitos coluviales

- **Mioceno Medio: Arcillolitas, Limolitas, Areniscas.**

El área de estudio presentó 3 geomateriales litológicos: basamento de areniscas de la formación Trigal, arcillolitas y limolitas intercaladas en superficie.

La tabla 22 y 23 se muestra las principales características geotécnicas de las muestras recogidas. Los resultados de los límites de Atterberg, reflejan que la mayoría de los materiales son suelos de plasticidad media a alta.

El análisis de los resultados de estas muestras indica que hay una variedad de suelos presentes en el área de estudio, que van desde arcillas altamente plásticas (CH) hasta gravas bien graduadas (GP-GC) y arenas limosas (SM). La presencia de finos (partículas con un tamaño inferior a 0.075 mm) varía entre el 7% y el 100%. El contenido de humedad también varía, desde el 6,89% hasta el 25,09%, lo que indica que algunos suelos están cerca de su límite de plasticidad y son más susceptibles a los movimientos en masa en condiciones de alta humedad.

El análisis de los límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico) indica que la mayoría de las muestras son clasificadas como suelos de alta plasticidad (CH) o suelos de baja plasticidad (SC).

En cuanto a los resultados específicos de las muestras, se puede observar que la MLB-3 tiene un contenido de humedad bajo (7,22 %) y un índice de plasticidad relativamente bajo (30,16 %). Sin embargo, la MLB-2 tiene un límite líquido muy alto (81,98 %) y un índice de plasticidad elevado (57,83 %).

Tabla 22. Resumen de los ensayos granulométricos y clasificación de suelo

Muestra	Prof	Contenido de humedad	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIFIC.	
Nro.	m	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASHTO
MLB-1	1	23.56	57.00	16.46	40.85	0	16	84	CH	A-7-6
MLB-2	0.5	25.09	81.98	24.15	57.83	0.00	11.00	89.00	CH	A-7-6
MLB-3	1	7.22	57.65	27.49	30.16	0.00	49.00	51.00	CH	A-7-6
MLB-4	0.5	18.58	30.22	16.86	13.36	10.00	44.00	46.00	SC	A-6
MLB-5	0.5	25.09	36.25	38.52	-2.27	0	0	100	ML	A-4
MLB-6	0.5	6.89	36.25	11.18	25.07	56	38	7	GP- GC	A-2-6
MLB-7	0.5	8.63	36.25	25.13	11.12	19	34	47	SM	A-6

En la tabla 23, se indican que la MLB-6 tiene una alta cohesión (2 Kg/cm²) y un ángulo de fricción elevado (30°-50°) relacionados con la presencia de limos en los materiales involucrados. En cambio, la MLB-5 tiene una cohesión baja (0,67 Kg/cm²) y un ángulo de fricción bajo relativamente (16,5°) asociados a materiales que tienen un alto contenido de arcilla.

De las 3 muestras obtenidas en campo para obtener la densidad de las mismas están entre 2.31 a 2.53 gr/cm³, siendo la muestra 2 perteneciente a un material coluvial la de mayor densidad, mientras que el peso específico está en el rango de 22.77 a 24.81 kN/m³.

Tabla 23. Ensayos de corte directo

Muestra	Tipo de roca	Cohesión Kg/cm ²	Fi	Densidad gr/cm ³	Peso específico (kN/m ³)
MLB-5	Arcillolita	0,67	16.5°	2.32	22.75
MLB-6	Coluvial	2	30°-50°	2.53	24.81
MLB-7	Limolita	0.82	20°	2.37	23.24

El mapa geológico revela una estructura dominante de basamento constituido por arenisca que abarca la totalidad del área de estudio, presentando una configuración subyacente a una capa suprayacente de arcillolita. En la región noroeste, se identifica la presencia de un bloque distintivo de limolita, el cual exhibe características geológicas y propiedades que difieren de manera significativa de las formaciones adyacentes de arenisca y arcillolita. Por otro lado, en la parte central superior del área en cuestión, se destaca un depósito coluvial que se compone mayormente de esquistos micáceos, rocas metamórficas que se caracterizan por su estructura laminar y su abundante contenido de mica (ver anexo 9).

5.6.2. Levantamiento geológico

La arenisca, ocupa el basamento de la zona de estudio. Las areniscas de grano grueso presentaron algunos clastos como cuarzo y feldspatos, con diámetros que no sobrepasan los 2 cm. Teniendo en la mayoría de los afloramientos levantados una matriz limo-arcillosa, también,

existe la presencia de carbonatos en la mayor parte de los afloramientos observados. Las areniscas que afloran en la parte norte son de grano fino, pero igualmente presentan matriz limo-arcillosa, aquello se puede observar en la **Figura 20**.

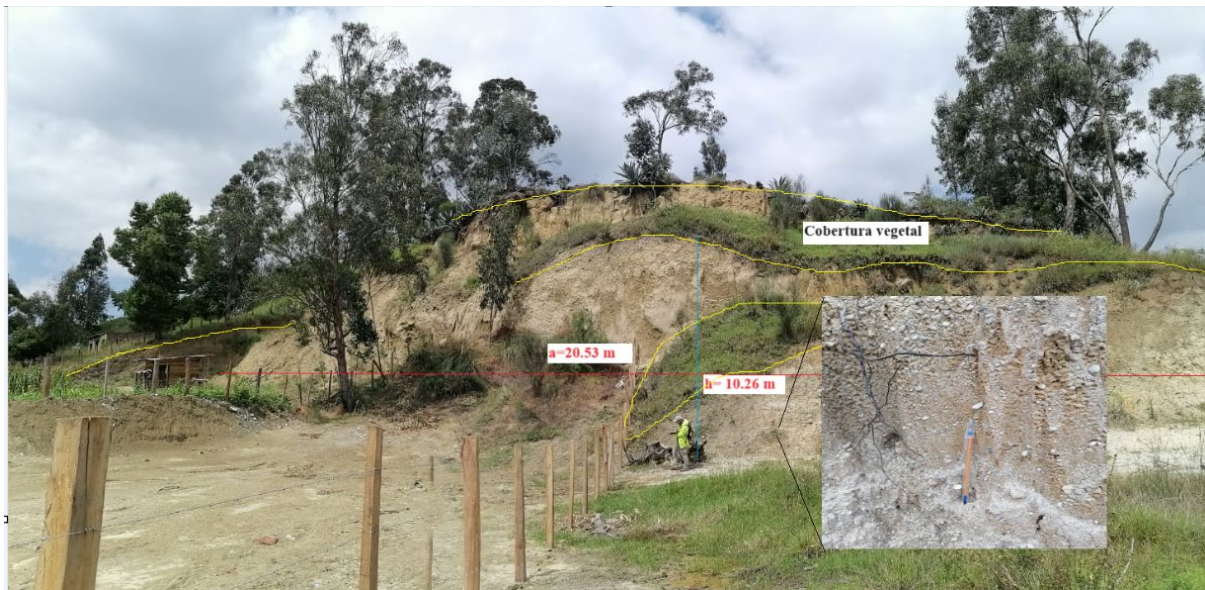


Figura 19. Afloramiento de arenisca de grado medio a fino

En la figura 20 se observa la presencia de arcillolita de color gris claro, que se encuentra por encima del basamento compuesto por arenisca. La arcillolita muestra grietas de aproximadamente 1 a 2 cm de ancho.

Estas unidades están compuestas principalmente por arcillas y, ocasionalmente, presentan ciertos componentes limosos. Son altamente plásticas y se clasifican como CH y CL según los informes de ensayos de suelos (consulte la tabla 22). Su origen suele estar relacionado con la meteorización de lutitas previas, mientras que en algunas áreas también puede deberse a la erosión de capas de conglomerados que las cubrieron anteriormente.

Las grietas en la arcillolita evidencian los ciclos de expansión y contracción que han ocurrido en respuesta a las fluctuaciones en las condiciones climáticas y la humedad.

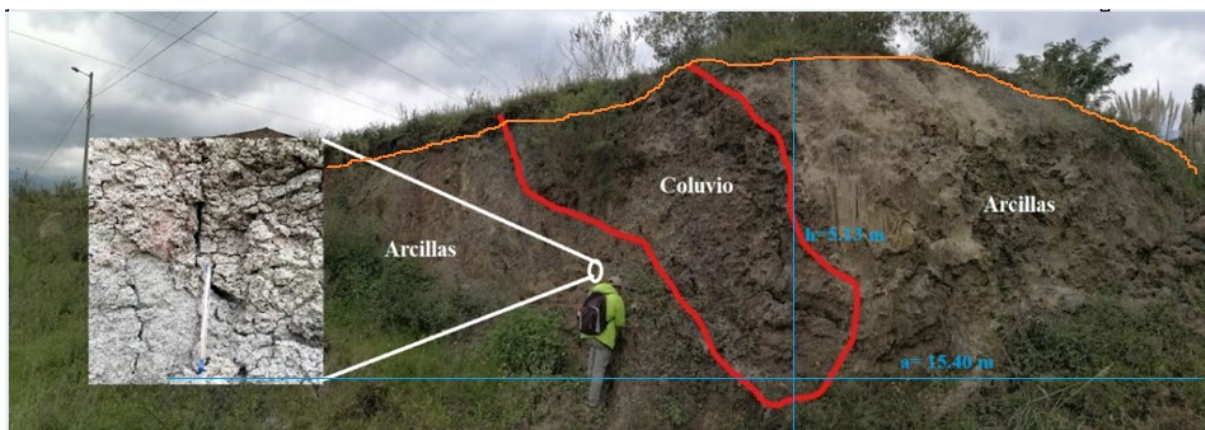


Figura 20. Afloramiento de Arcillolita meteorizada con una capa de coluvio

En la figura 21 se muestra el depósito coluvial el cual está compuesto por esquistos micáceos, el cual se identificó mediante el análisis petrográfico (ver anexo 9), su origen se remonta a los materiales metamórficos que se desprenden debido a la gravedad y la acción del agua ya que esta área se encuentra en un rango de pendiente $>30\%$ (ver tabla 22) y junto con los análisis de contenido de humedad se comprueba que los geomateriales en su mayoría arcillas se encuentran parcialmente saturados de agua con un porcentaje mayor al 15% (consulte tabla 22).

Estos materiales clásticos se caracterizan por una estructura completamente caótica, donde la matriz está compuesta por fragmentos más pequeños y carecen de coherencia y consistencia. Debido a su composición, presenta una alta permeabilidad, lo que los convierte en propicios para la generación de procesos erosivos, particularmente en forma de surcos. De forma in situ se identificó que presenta una matriz limosa, cemento calcáreo, presencia de óxidos y clastos angulosos de tamaño variado.



Figura 21. Afloramiento de coluvio con clastos angulosos mal graduados

En el sector nor-este del área de estudio, se observa un afloramiento antrópico (ver figura 23) compuesto principalmente por intercalaciones de arcillolita y óxidos altamente meteorizados, con matriz limo arenosa, lo que le confiere una cohesión limitada. Este afloramiento exhibe características que son típicas de un entorno lacustre con una corriente de agua de baja intensidad.

Sus dimensiones son notables, con una altura de 6 metros y una anchura de 10.5 metros. En términos de su orientación estructural, el afloramiento muestra una dirección de N20E/33.



Figura 22. Afloramiento de arcillolita compacta

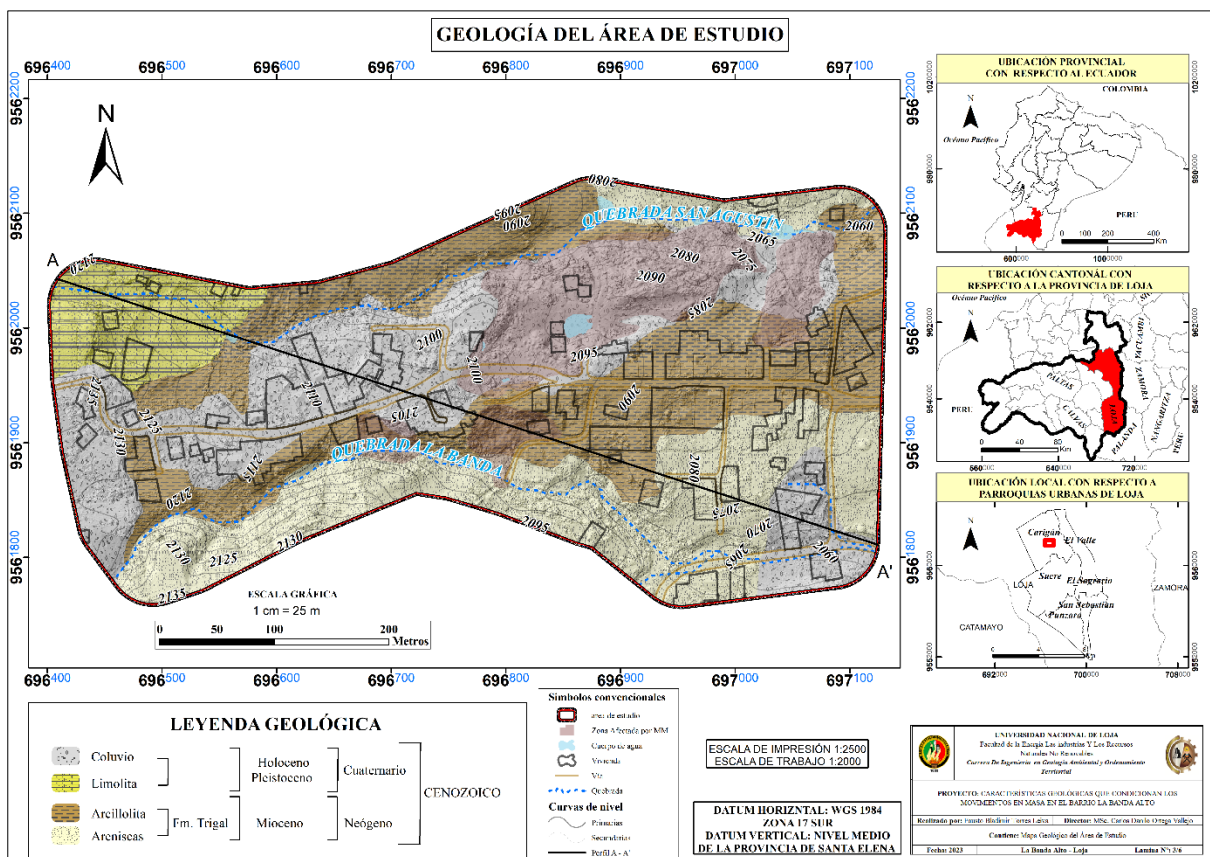


Figura 23. Mapa geológico de la zona de estudio

El basamento de la zona está compuesto por areniscas, seguido de la capa de arcillolitas con intercalaciones de limolita y en la parte superficial el material coluvial, el barrio La Banda Alto está situado en una microcuenca de drenaje indiferenciada, lo cual resulta en una alta

humedad del suelo y condiciones propicias para la saturación de la capa de arcillolitas. Las potencias de los materiales fueron tomadas como referencia de tomografías eléctricas realizadas cerca de la zona de estudio por Jara (2013).

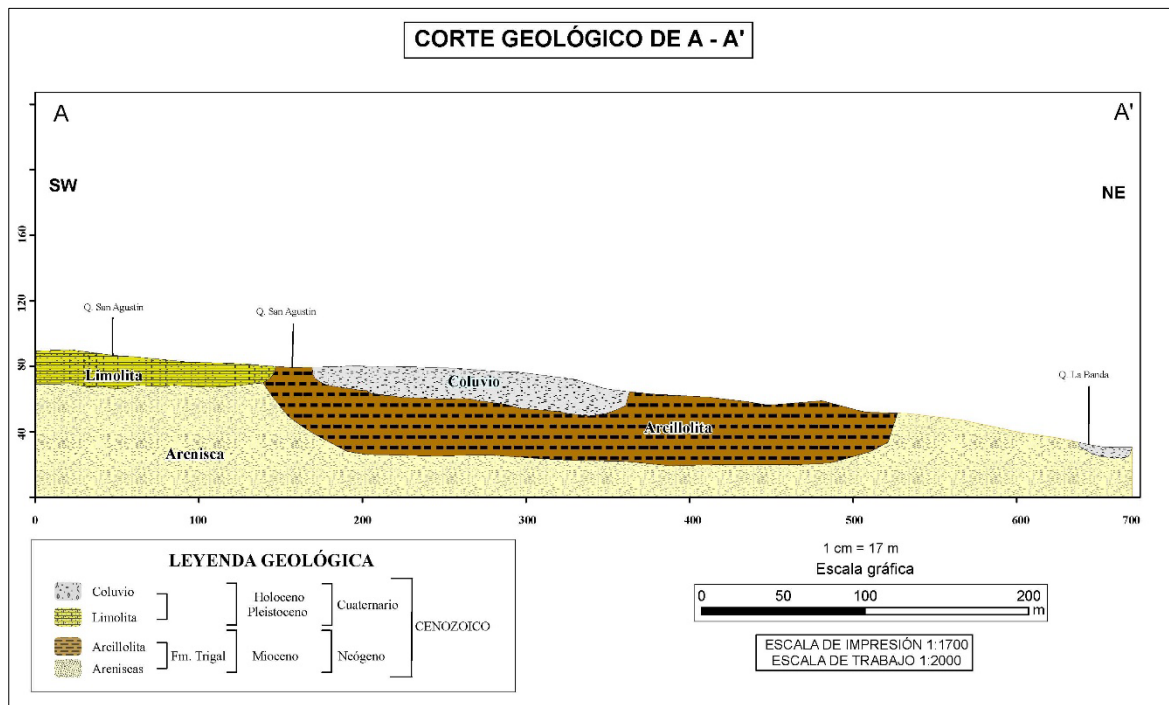


Figura 24. Corte geológico del barrio La Banda Alto

En el área de estudio se identificó diferentes litologías y se determinó su distribución en términos de área y porcentaje con respecto al área total. La litología de "Coluvio" abarca una extensión de 7.18 hectáreas, representando el 34.94% del área total. Por su parte, la litología de "Arcillolita" ocupa un área de 6.37 hectáreas, lo que equivale al 31.01% del área total. La litología de "Limolita" se encuentra en un área de 1.46 hectáreas, representando el 7.13% del área total, mientras que las "Areniscas" cubren una superficie de 5.53 hectáreas, correspondiendo al 26.92% del área total, ver tabla 24.

Tabla 24. Distribución geológica en el área de estudio

Litología	Área (ha)	Área (%)	Peso
Coluvio	7.18	34.94	4
Arcillolita	6.37	31.01	5
Limolita	1.46	7.13	5
Areniscas	5.53	26.92	5
Total	20.54	100.00	

hectáreas, siendo el 23.33% del total. Por último, la "Zona de saturación" abarca 2.4 hectáreas, lo que equivale al 11.67% del área en consideración, ver tabla 26.

Tabla 26. Saturación del suelo del área de estudio

Saturación	Área (ha)	Área (%)	Rango	Peso
Muy baja humedad	1.53	7.43	0 - 0.01	1
Baja Humedad	1.99	9.71	0.01 - 0.1	2
Humedad Media	9.82	47.86	0.1 - 1.1	3
Umbral de saturación	4.79	23.33	1.1 - 2.1	4
Zona de saturación	2.4	11.67	2.1 - 3.1	5
TOTAL	20.54	100.00		

C. Cobertura y uso del suelo

El mapa cobertura y uso del suelo del Barrio La Banda Alta nos muestra 3 usos principales los cuales son: área poblada, vegetación arbustiva y cultivos semipermanentes, ver figura 27.

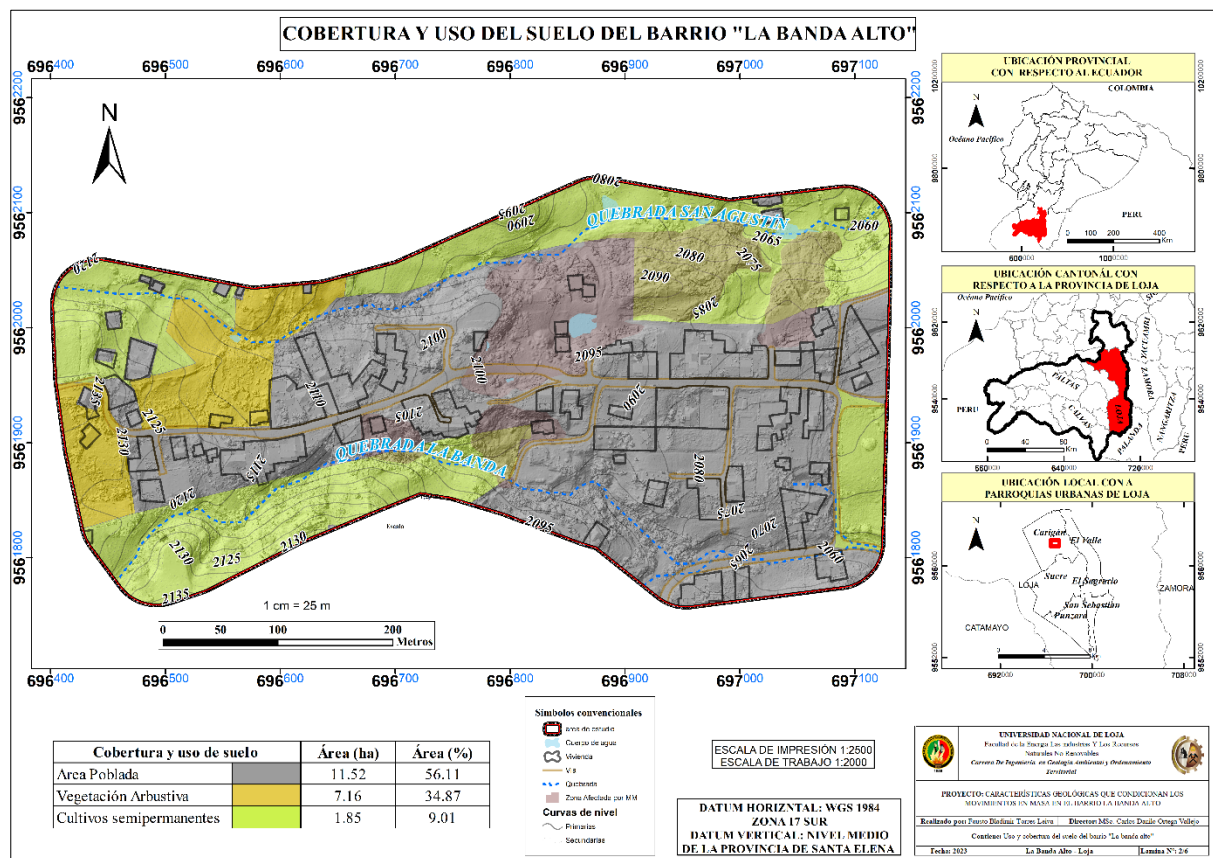


Figura 27. Mapa de Cobertura y uso de suelo del área de estudio

La cobertura predominante correspondió a área poblada, con un porcentaje del 56,11%, seguida por las zonas de vegetación arbustiva con un 34,87%. Por otro lado, los cultivos semipermanentes representaron una menor superficie con un 9,01%.

Tabla 27. Cobertura y uso del suelo del área de estudio

Cobertura y uso de suelo	Área (ha)	Área (%)	Peso
Área Poblada	11.52	56.11	5
Vegetación Arbustiva	7.16	34.87	2
Cultivos semipermanentes	1.85	9.01	4
TOTAL	20.54	100.00	

5.7.1. Susceptibilidad a movimientos en masa

La ponderación de acuerdo a una matriz de ponderación empleada en un análisis multicriterio para la evaluación y el método de jerarquización de Saaty para la toma de decisiones se obtuvo lo siguiente ver tabla 28:

Tabla 28. Ponderación de las variables

VARIABLES	GEOLOGÍA	PENDIENTES	SATURACIÓN	CLASIFICACION DEL SUELO	COBERTURA Y USO DE SUELO	PONDERACIÓN	PESO	% DE INFLUENCIA
GEOLOGÍA	1	2	2	3	2	2	0.33	33
PENDIENTES	0.5	1	1	2	2	1.3	0.214	21.4
SATURACION	0.5	1	1	2	2	1.3	0.214	21.4
CLASIFICACIÓN DEL SUELO	0.333	0.5	0.5	1	2	0.87	0.143	14.3
COBERTURA Y USO DE SUELO	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.6	0.099	9.99
SUMA	2.833	5	5	8.5	9	6.07	1	100

Cada intersección entre filas y columnas representa los pesos asignados para reflejar la importancia relativa de cada criterio en comparación con los demás criterios. La inclusión de la suma final, que totaliza 1, es una práctica común en análisis multicriterio para normalizar los pesos. Los valores ponderados indican la significancia de cada criterio en el proceso de toma de decisiones, donde un mayor peso corresponde a una mayor relevancia.

La asignación de influencia porcentual en cada variable se realizó considerando la naturaleza presente en el área de estudio, dado que cada área de investigación presenta características distintas. Por consiguiente, el factor geológico ostenta la mayor influencia porcentual, debido a la disposición y composición de los materiales, así como a las diversas litologías presentes, las cuales han experimentado movimientos en masa previos en la zona, en esta instancia, la geología es el criterio más influyente, representando aproximadamente el 32,97% de la ponderación total. Pendientes y saturación comparten un peso similar, alrededor del 21,43%, señalando que ambos criterios poseen una influencia equitativa en la decisión., que también poseen una influencia considerable ya que la existencia de infraestructuras en la zona no es ideal dada la pronunciada pendiente del terreno, y la saturación del suelo se ve afectada

por la acumulación de agua, fugas de tuberías dañadas y la agricultura, sin considerar las precipitaciones.

La clasificación del suelo se encuentra en el cuarto lugar en términos de importancia, con un peso de aproximadamente el 14,29%. En contraste, la cobertura y uso del suelo es el criterio menos preponderante, con un peso cercano al 9,89%, indicando su menor relevancia en este contexto de análisis, ya que ambos están interrelacionados. Por ejemplo, el cultivo de cultivos semipermanentes, conlleva a la degradación y debilitamiento del suelo. Además, el mal ordenamiento territorial de las viviendas, construidas en terrenos blandos, contribuye al colapso del suelo debido a su carga.

Los valores asignados a las variables o factores que condicionan los movimientos en masa se basaron en visitas de campo, cartografía temática, la interpretación de ortofotos y modelos digitales de elevación del Barrio La Banda Alto.

$$(Saturación*0.214) + (Pendientes*0.214) + (Cobertura \text{ y uso de suelo } *0.099) + (Geología*0.33) + (Permeabilidad*0.143)$$

Dentro de la jerarquización se realizó cuatro modelos digitales mediante la ponderación de variables con este método (**ver figuras 28 y 29**).

Al realizar la comparativa entre los diferentes modelos, se pueden apreciar tanto similitudes como diferencias.

En cuanto a la categoría de susceptibilidad muy baja, todos los modelos concuerdan en que el área correspondiente es nula.

Al analizar la susceptibilidad baja, los modelos 2, 3 y 4 exhiben valores similares. Por otro lado, el Modelo 1 muestra un valor ligeramente más elevado para esta categoría. Aunque existe una pequeña discrepancia, es evidente que todos los modelos coinciden en que la susceptibilidad baja representa una susceptibilidad mínima en comparación con las demás categorías.

En relación a la susceptibilidad moderada, el Modelo 4 se destaca al presentar los valores más altos. En contraste, los otros modelos muestran valores más bajos, pero bastante cercanos entre sí. Esto sugiere que la susceptibilidad moderada puede variar ligeramente según el modelo utilizado, pero en general, sigue siendo una categoría de susceptibilidad significativa, aunque no tan predominante como otras.

Al considerar la susceptibilidad alta, los modelos 1, 3 y 4 exhiben valores similares, lo que indica una coherencia en sus resultados. Sin embargo, el Modelo 2 muestra un valor más bajo para esta categoría. Esto implica que existe una discrepancia entre los modelos en la

evaluación de la extensión de la susceptibilidad de movimientos en masa en la categoría de susceptibilidad alta.

Por último, en la categoría de susceptibilidad muy alta, los modelos 1 y 3 coinciden en los valores. Por otro lado, los modelos 2 y 4 exhiben valores ligeramente diferentes. Esta variación sugiere que la evaluación de la susceptibilidad en la categoría de susceptibilidad muy alta puede depender de los enfoques o ponderación de las variables utilizadas en cada modelo.

MODELOS DE ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA DE ESTUDIO

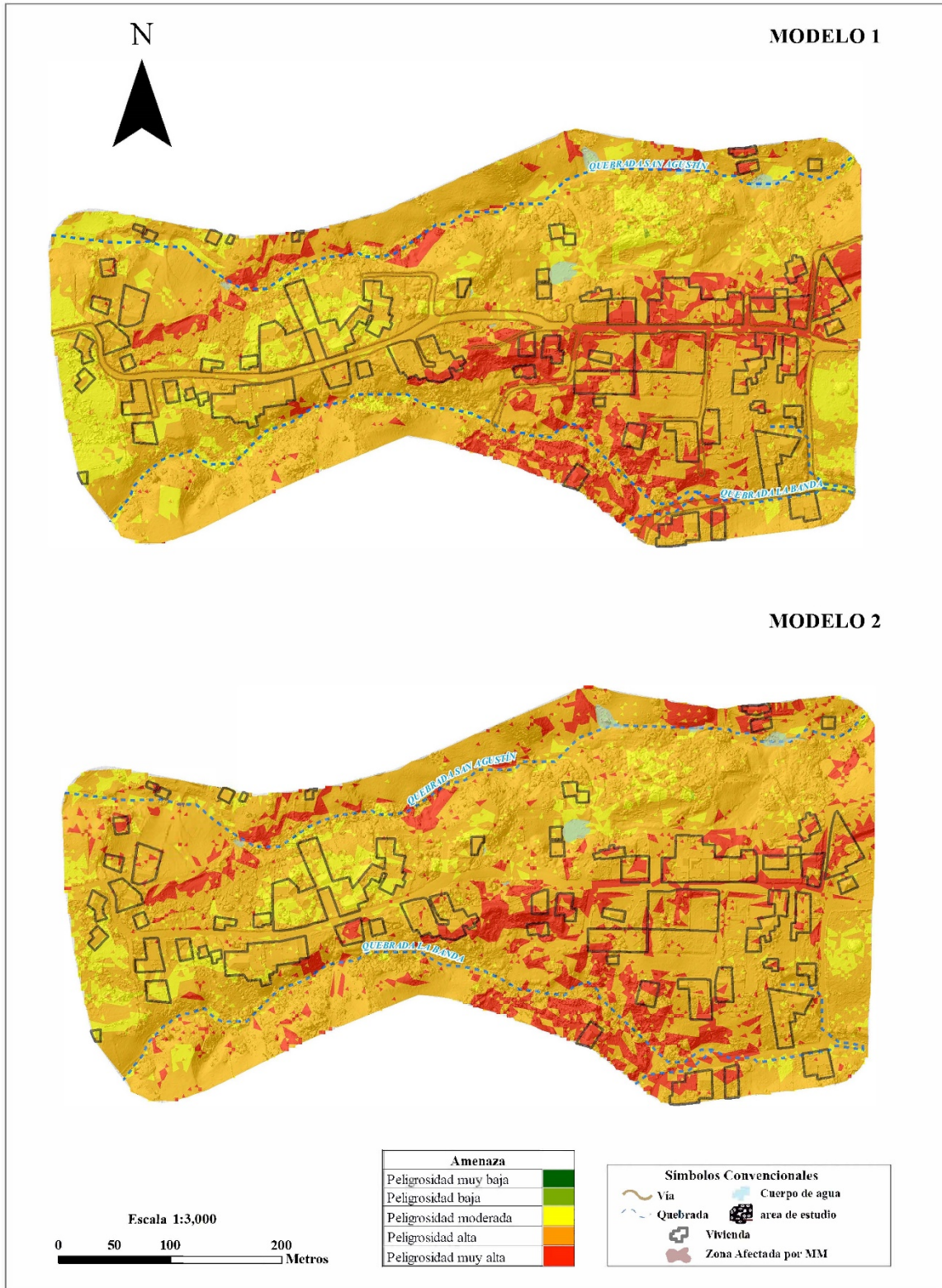


Figura 28. Modelos de zonificación de susceptibilidad a movimientos en masa del área de estudio (modelo 1 y modelo 2)

MODELOS DE ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA DE ESTUDIO

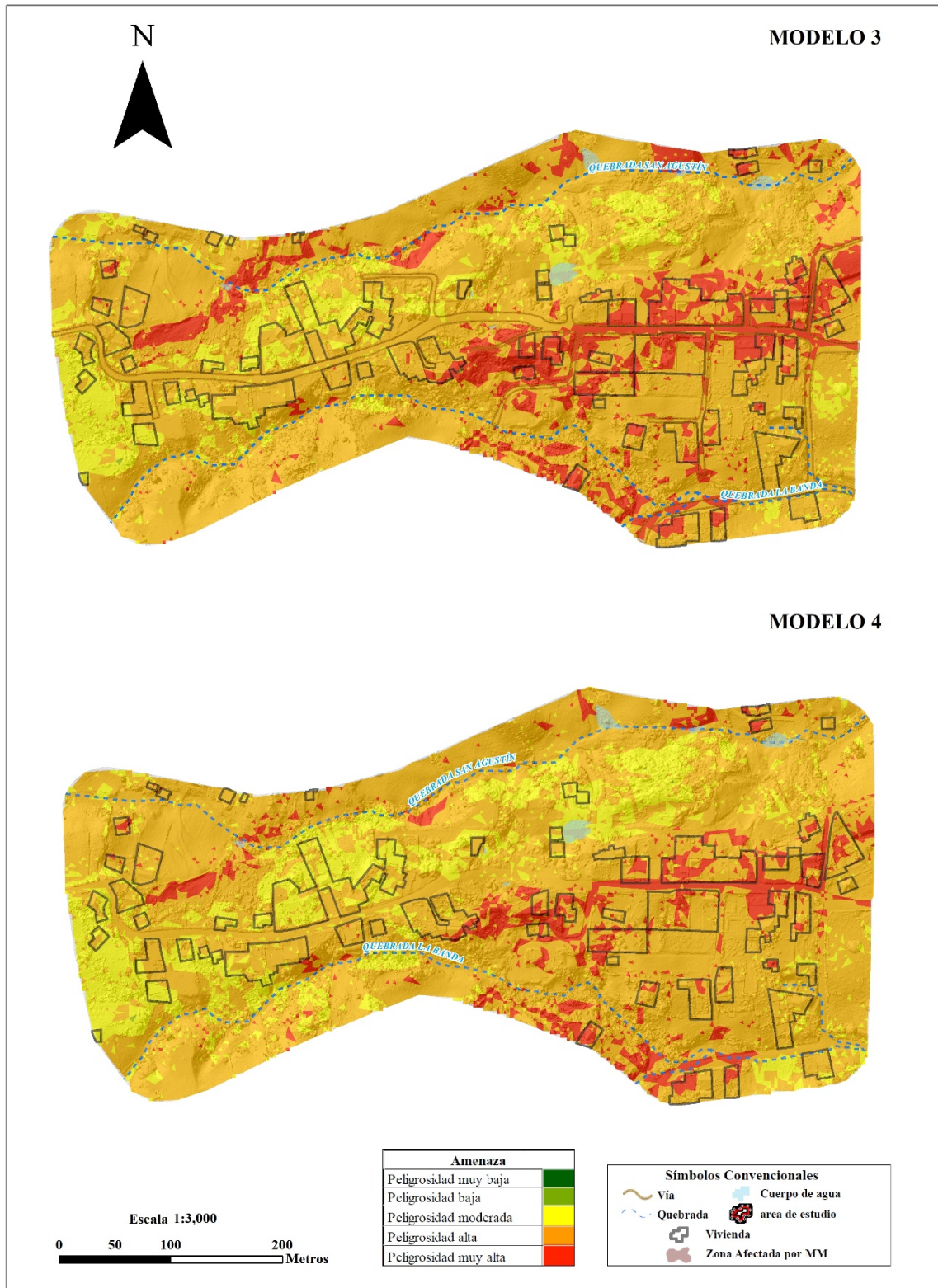


Figura 29. Modelos de zonificación de susceptibilidad a movimientos en masa del área de estudio (modelo 3 y modelo 4)

5.7.2.1. Inventario de deslizamientos

En la tabla 30, se observan los movimientos en masa encontrados en la zona de estudio.

Tabla 30. Ubicación de los movimientos en masa

Cod	Coordenadas			Rumbo	DIRECCIÓN	Volumen m ³
	X	Y	Z	Azimutal (°)	MM	
D-LBA-1	696775	9562002	2109	75	E-NE	31510
D-LBA-2	697092	9562024	2098	41	NE	4006
D-LBA-3	696788	9561933	2096	148	SE	784
D-LBA-4	696695	9561917	2119	139	SE	2495

• Movimiento D-LBA-1

Ubicado en las coordenadas (x: 696755 m y: 9562002 m y z: 2109 m s.n.m). Con un mecanismo de evento complejo y lento, tiene un estado de actividad latente, el estado de la masa desplazada es de material coluvial, arcillolitas, limolitas, desde la corona hasta la base es de ± 280 m y el ancho promedio es de ± 104 m. Dirección del movimiento E-NE con un grado azimutal de 75° .

Ha provocado daños severos en vías e infraestructuras presentes en la zona y no posee ninguna medida de estabilización.

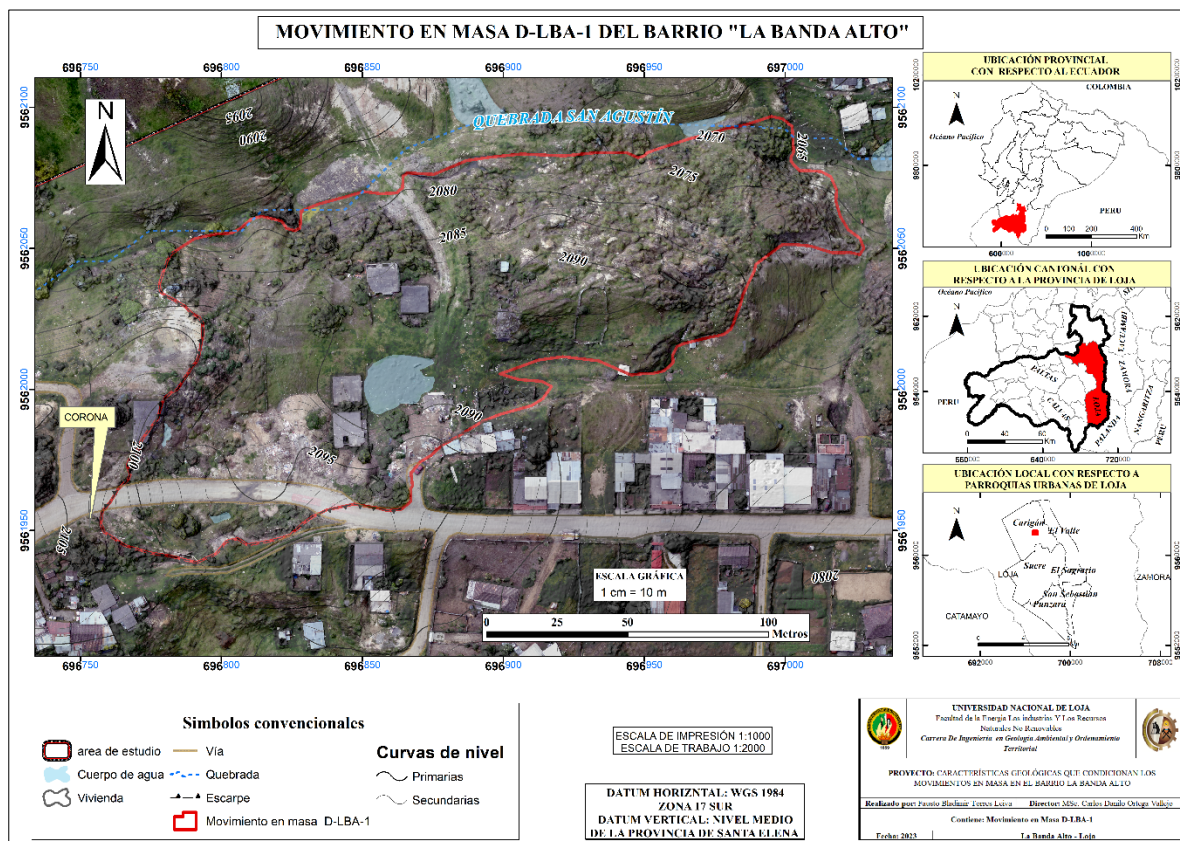


Figura 31. Movimiento en masa D-LBA-1

- **Movimiento D-LBA-2**

Ubicado en las coordenadas (x: 697092 m y: 9562024 m y z: 2098 m s.n.m). Con un mecanismo de evento complejo y lento, tiene un estado de actividad latente, el estado de la masa desplazada es de material mayormente arcilloso, pero también algunos bloques de material coluvial de matriz limo arenosa , desde la corona hasta la base es de ± 110 m y el ancho promedio es de ± 52 m. El azimut preferencial del movimiento es de 41° con dirección NE.

Ha provocado daños severos en vías e infraestructuras presentes en la zona y no posee ninguna medida de estabilización.

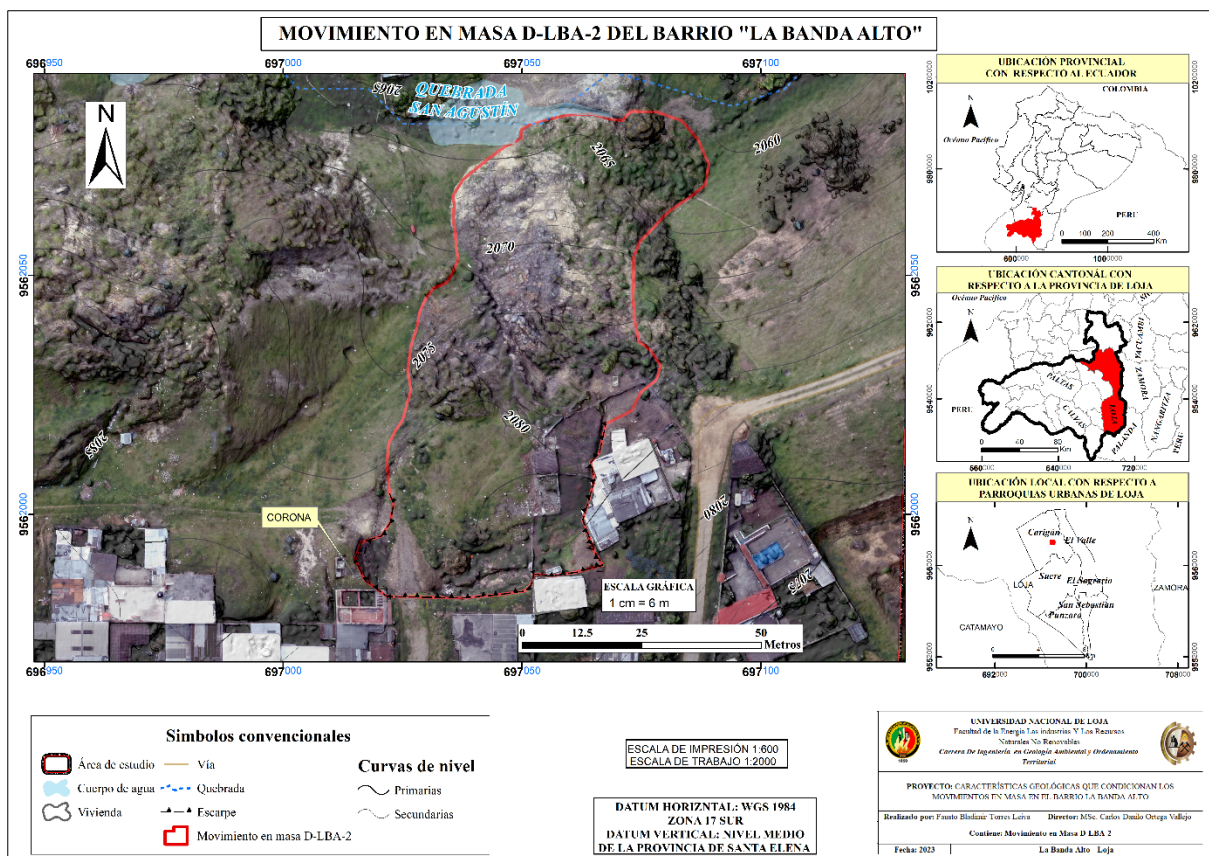


Figura 32. Movimiento en masa D-LBA-2

- **Movimiento D-LBA-3**

Ubicado en las coordenadas (x: 696788 m y: 9561933 m y z: 2096 m s.n.m). Con un mecanismo de evento único, tiene un estado de actividad latente, el estado de la masa desplazada es de material mayormente coluvial con matriz limo arcillosa, desde la corona hasta la base es de ± 54 m y el ancho promedio es de ± 48 m. El azimut preferencial del movimiento es de 139° , lo que indica una dirección hacia el sureste (SE). Este evento ha generado daños significativos en las vías e infraestructuras presentes en la zona.

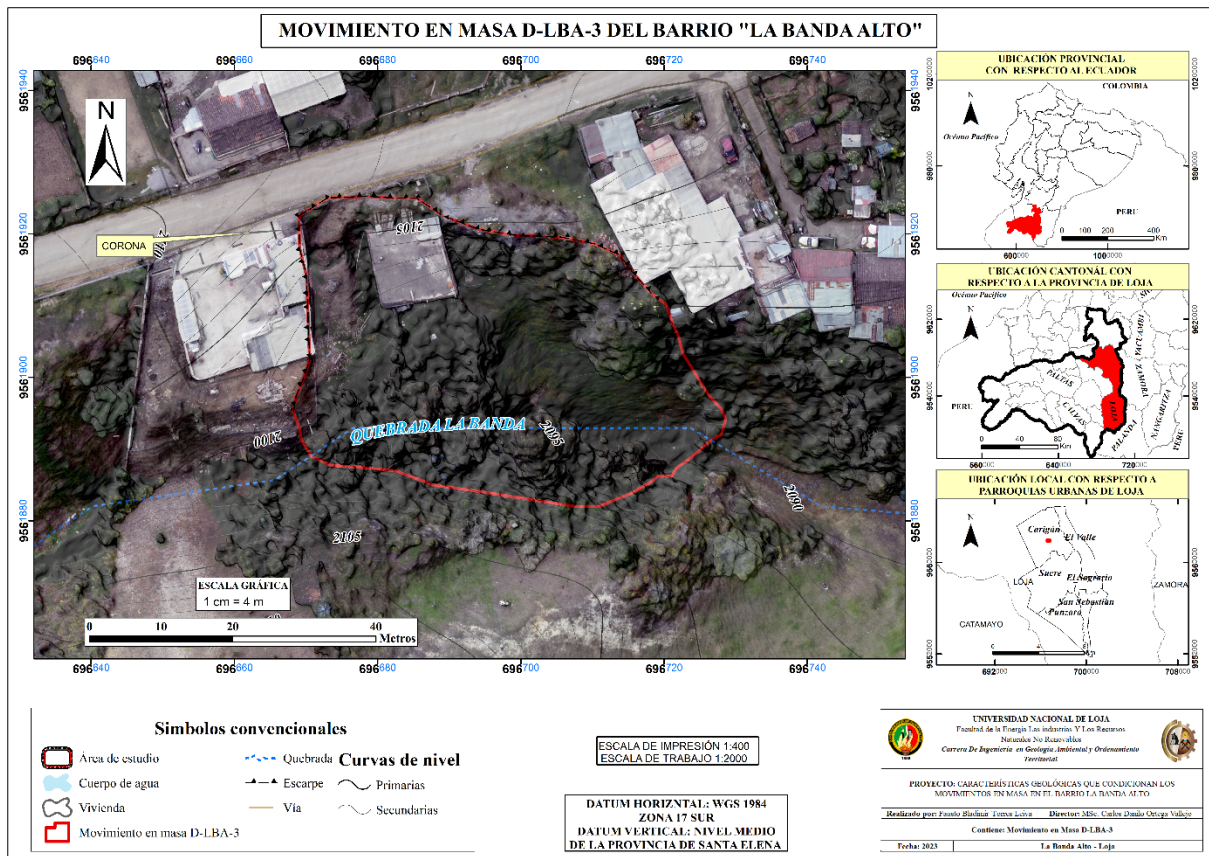


Figura 33. Movimiento en masa D-LBA-3

- **Movimiento D-LBA-4**

Ubicado en las coordenadas (x: 696695 m y: 9561917 m y z: 2119 m s.n.m). Con un mecanismo de evento complejo y lento, tiene un estado de actividad latente, el estado de la masa desplazada es de material arcilloso con una matriz limo arenosa, desde la corona hasta la base es de ± 73 y 60 m ya que dispone de dos flancos de trayectoria de la masa desplazada y el ancho promedio es de ± 62 m. Dirección del movimiento SE con un grado azimutal de 148° .

Ha provocado daños severos en vías e infraestructuras presentes en la zona y no posee ninguna medida de estabilización.

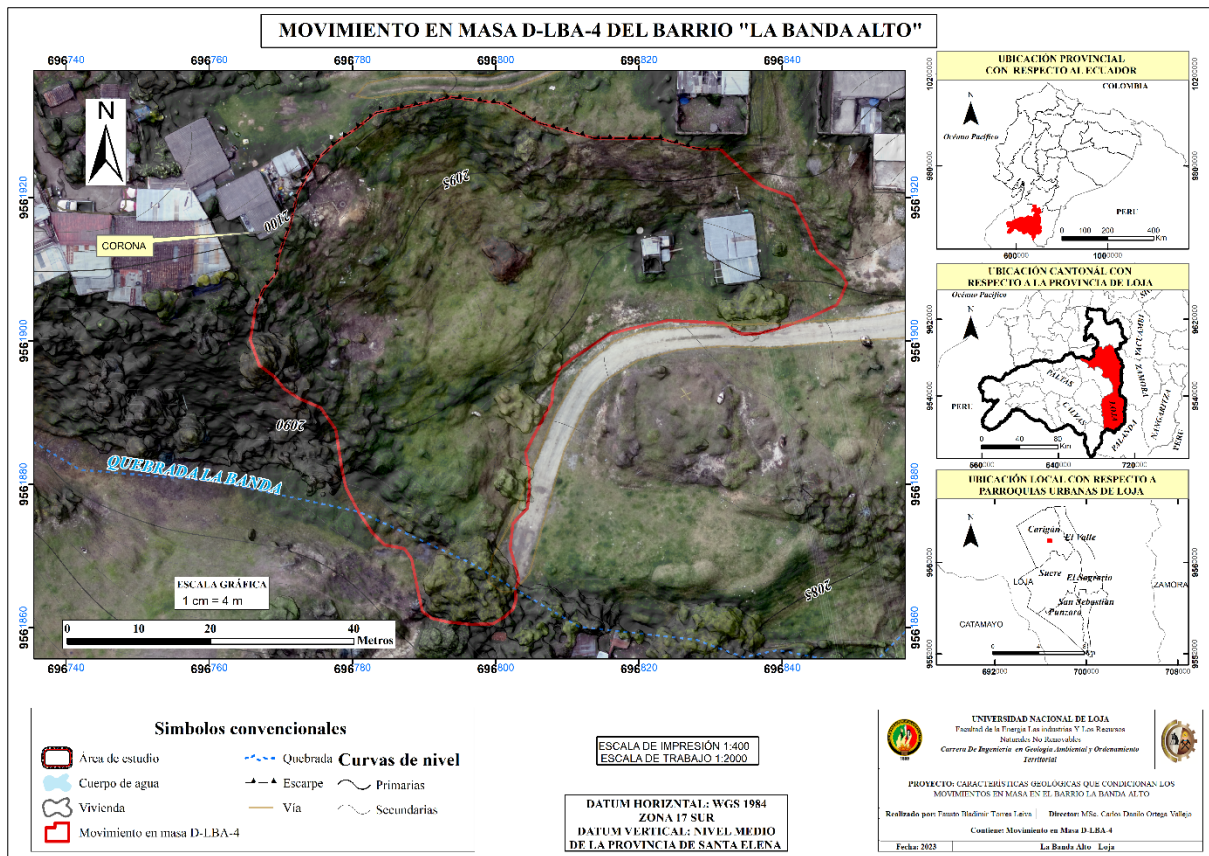


Figura 34. Movimiento en masa D-LBA-4

5.7.2.2. Cálculo de Eficiencia

La evaluación de la eficacia del método utilizado se basó en la clasificación entre el registro de inventario a movimientos en masa y el mapa de susceptibilidad correspondiente a la zona de investigación, como se detalla en el Anexo 10.

En la Tabla 30 se presenta el cálculo de eficiencia del método, obtenido a partir de la relación entre los eventos de movimientos en masa y las áreas catalogadas como de Alta y Muy Alta susceptibilidad en la porción occidental del sector conocido como "La Banda Alto".

En el área de estudio se levantó 4 movimientos en masa, de los cuales se consideran solamente las zonas Alta y Muy Alta Susceptibilidad para el cálculo de eficiencia del método, obteniendo 4 movimientos en masa; 2 en Alta susceptibilidad y 2 en Muy Alta susceptibilidad lo que representa una eficiencia del método del 100%

Tabla 31. Efectividad del método

Clase	MM	Porcentaje (%)	Cálculo de eficiencia:
Susceptibilidad muy baja	0		Alta + Muy Alta: 4
Susceptibilidad baja	0		
Susceptibilidad Media	0		$NE = \frac{4 \times 100\%}{4}$
Susceptibilidad Alta	2	100 %	$NE = 100\%$
Susceptibilidad muy alta	2		
Total		100	

7. Discusión

El barrio La Banda Alto presenta un relieve con un desnivel de 81 m, con pendientes fuertemente inclinadas y ondulaciones dispersas debido a la presencia de deslizamientos. Las cotas oscilan entre 2057 m.s.n.m y 2138 m.s.n.m, también se observa que la mayor cantidad de terreno se encuentra en la categoría de pendiente muy alta, que corresponde a una inclinación >30%, las cuales concuerdan con Jara (2013) y Vasquez (2014), quienes mencionan en su investigación que el lugar de estudio presenta un relieve escarpado mayor al 30%. Sin embargo, también hay una importante cantidad de terreno con pendientes medias y altas que están entre el 10% y 30% respectivamente.

Las pendientes del terreno es una de las condicionantes más importantes en la estabilidad del terreno ya que de acuerdo con Guillen (2018), las pendientes del terreno es una de las características morfológicas principales que condicionan la aparición de deslizamientos.

Soto (2018), menciona que en “La Florida”, sector que se encuentra dentro del área de estudio las ratios de desplazamiento son de hasta m/año con gradientes bajas (10° - 15°).

En la zona de estudio, se encontró depósitos del Cuaternario y rocas del Mioceno medio, pertenecientes a la Formación Trigal. Estos depósitos se componen de arcillolitas, conglomerados, areniscas de grano grueso, limolitas y coluvios con clastos de diferentes tamaños compuestos por esquistos micáceos, filitas y pizarras. Estos resultados son similares a lo reportado por Hungerbühler (1997), Kemnely (1973), Jara (2013), Vásquez (2014), Ambuludí (2015), Soto (2018), Guillen (2019) y Benavides (2019) quienes en su mayoría mencionan que el barrio La banda este compuesto por este tipo de litología. El coluvio el cual presenta por clastos de filitas y esquistos micáceos, debido a su estructura laminar y composición mineralógica, son susceptibles a la formación de cáscaras, láminas y procesos erosivos esto, combinado de factores climáticos y la acción del agua contribuye a su desgaste gradual y a la creación de características geomorfológicas distintivas en el paisaje (Suarez, 1998).

El basamento de la zona está compuesto por areniscas, seguido de la capa de arcillolitas con intercalaciones de limolita y en la parte superficial el material coluvial, el barrio La Banda Alto está situado en una microcuenca de drenaje indiferenciada, lo cual resulta en una alta humedad del suelo y condiciones propicias para la saturación de la capa de arcillolitas. Esta afirmación se respalda con los resultados obtenidos de las pruebas de tomografías eléctricas realizadas por Jara (2013) y Soto (2018). En dichos estudios se menciona la existencia de una capa subyacente al coluvio, con una potencia de 20 metros y resistividades menores a 6Ω.m. Estos valores se asocian a las capas de arcillolitas que se encuentran saturadas; Y la zona

superior, de 20 m de espesor, muestra valores de resistividad en el rango de 6 a $80\Omega.m$ que corresponde a depósitos coluviales que contienen bloques de rocas metamórficas en una matriz limo-arcillosa; En cuanto al bloque de roca metamórfica que el coluvio presenta Jara (2015) se refiere a esquistos grafitosos. No obstante, en la identificación petrográfica realizada en el laboratorio petrográfico de la UNL, se determinó que el estudio de coluvio en cuestión presenta en realidad un esquistos micáceo, lo cual concuerda con Guarnizo (2015), quien menciona que en la ciudad de Loja se encuentran arcillas de tipo esquistoso y compacto, las cuales son el material rocoso predominante. Estas arcillas son más comunes en el flanco occidental de la ciudad. La identificación de estas arcillas como esquistos micáceo podría ser relevante, ya que, al reconocerlas con esta denominación, se podría fortalecer el análisis petrográfico llevado a cabo en este estudio. De esta manera, se establecería una posible relación entre estas arcillas y el material estudiado. Por último los materiales con valores más altos ($>22\Omega.m$) se interpretan como zonas consolidadas de areniscas.

En cuanto a los movimientos en masa presentes en el área de estudio se los relacionó con las arcillolitas de alta plasticidad, las cuales al estar saturadas produce el fallamiento por la presión del agua, como lo menciona Soto (2018) en su investigación quien reporta que este tipo de arcillas contiene altas concentraciones de minerales arcillosos de tipo esmectita, Por lo tanto, las arcillas con una fuerte componente esmectita pueden contener importantes cantidades de agua que son críticas para la estabilidad de la pendiente.

De acuerdo con la zonificación de susceptibilidad a movimientos en masa de la zona de estudio a escala 1:2000, se contrasta con los resultados obtenidos de Benavides (2019), el cuál menciona que, las formaciones de San Cayetano, Belén y Trigal; son asociadas a la generación de movimientos en masa, debido a que, son zonas donde existe la mayor concentración de este tipo de arcillolitas. A su vez, se puede evidenciar la confiabilidad del método aplicado, ya que, al correlacionar los rangos de susceptibilidad obtenidos con el inventario de movimientos en masa de un total de 4, se identifican 2 en la zona de susceptibilidad muy alta y 2 en zona de susceptibilidad alta, los cuales conforman un total de 3.40 ha de superficie en el área de estudio del total que son 20.4ha del área total. Estos resultados concuerdan con (Guillen (2019); Soto (2018) y Benavides (2019) quienes en sus trabajos de investigación la zona de estudio se encuentra en la clasificación de “susceptibilidad alta”. Sin embargo, es importante destacar que la diferencia radica en la escala de estudio y variables utilizadas, ya que abordan el tema a una escala más reducida y en todo el casco urbano de la ciudad de Loja es decir de forma más general.

Las condicionantes geológicas presentes en este modelo de susceptibilidad, tales como saturación de suelo, clasificación del suelo SUCS, uso y cobertura de suelo, geología y pendientes del terreno son variables directas que se deben tener presentes en todo tipo de estudios referentes a movimientos en masa, ya que como Soto (2018), menciona en su investigación, que los modelos de predicción pueden mejorar, mejorando la información acerca de estas variables.

El uso y la cobertura del suelo emergen como factores de relevancia en el proceso de degradación del suelo, desempeñando un papel mediano en la generación de movimientos en masa.

La práctica constante de pastoreo y la continua actividad agrícola en la zona de estudio han conducido a su exposición desprovista de protección. En consonancia con las observaciones de Guillén (2018), el pastoreo ha ejercido un impacto significativo en la generación de una compresión progresiva en la estructura del suelo. Como resultado de estas prácticas, durante los períodos de precipitación, el suelo experimenta una saturación acelerada debido a la escorrentía superficial que se desencadena.

Por otro lado, se excluyó la variable de precipitaciones debido a la inviabilidad que representaba para el estudio en cuestión, por el hecho de que los datos existentes en las bases del INAMI son un tanto generales y no discriminan diferencia en el casco urbano de Loja. En otras palabras, los datos son puntuales y la saturación del suelo no sería la misma en diferentes puntos de lluvia en el cantón. En este sentido, se requiere una alternativa para obtener información precisa y confiable sobre las precipitaciones en la zona de estudio.

Según Soto (2019) se debe generar una ampliación en el análisis de los umbrales de lluvia, mediante la inclusión de un mayor conjunto de movimientos fechados. El objetivo es investigar la relación existente entre la lluvia, la infiltración del agua en el suelo y el grado de saturación, como factores desencadenantes de los movimientos en masa.

Guillen (2019) también menciona que los datos pluviométricos, tanto mensuales como diarios son incompletos, por la insuficiencia de estaciones meteorológicas y deficiencias en el registro, lo que ha sido una limitante que imposibilita obtener datos confiables de intensidad de lluvia en la hoya de Loja.

La saturación, el uso de suelo y la geología marcan los fenómenos de movimientos en masa para el caso de la ciudad de Loja según el estudio realizado por Benavides (2019). Sin embargo, el análisis en esta zona que se encuentra al Nor-occidente de la Hoya de Loja, las pendientes del terreno también es una de las principales factores que influye y condicionan los movimientos en masa en el sector de estudio.

8. Conclusiones

- El área de estudio está estrechamente relacionada con la pendiente del terreno, siendo mucho más significativa en zonas con pendientes medias y muy altas.
- La mayor extensión, con un 36,21%, presenta una pendiente muy alta, superando el 30% de la pendiente. Le sigue en importancia el área con pendiente media, que abarca el 25,48% de la superficie, seguida por la de pendiente baja, que comprende el 12,58%. La menor área se encuentra en la pendiente muy baja, con un 7,03% solamente. Cabe destacar que la superficie analizada en su totalidad es de 20,54 hectáreas.
- En cuanto a las características geológicas, se han identificado dos unidades geológicas en la zona de estudio: depósitos cuaternarios (coluvios) y Mioceno Medio (arcillolitas, limolitas y areniscas). La litología predominante es el coluvio con un 34,94% del área, seguida por la arcillolita con el 31,01%. También se identificó la presencia de areniscas con un 26,92%, mientras que la limolita es la menos representada con un 7,13%. En total, se analizó una superficie de 20,54 hectáreas.
- La evaluación geológica reveló que la presencia de arcillolitas de alta plasticidad, saturadas de agua, debajo de la capa de coluvión es la condicionante para que se produzca los movimientos en masa y por otro lado, los materiales coluviales al ser compuestos por una mezcla de diferentes tamaños de partículas pueden tener ángulos de fricción y cohesiones variables (30°-50°).
- Se identificó que las zonas con materiales más blandos y permeables, pendientes pronunciadas y suelos saturados presentan una mayor susceptibilidad. El modelo que mejor se ajusta según la metodología de multicriterio y de acuerdo a la presente investigación que se enfoca en variables condicionantes, es aquel que otorga mayor importancia a la geología seguido de las pendientes del terreno y la saturación del suelo, y finalmente con la clasificación de suelos según SUCS y la cobertura y uso del suelo.
- En cuanto a la distribución de la susceptibilidad a movimientos en masa, la “Susceptibilidad Alta” es la que abarca la mayor área con 14.25 ha lo que representa el 69.86% del área total de estudio, es decir, que más del 50% de la superficie del área de estudio puede presentar futuros movimientos en masa.

9. Recomendaciones

- Es importante considerar que el esquisto Micáceo es un tipo específico de esquisto con características particulares que podrían estar presentes en estas arcillas, lo que agregaría información valiosa al estudio y su interpretación.
- Implementación de sistemas de drenaje adecuados y el diseño estructural que tenga en cuenta las características geotécnicas del suelo y las pendientes, también se recomienda contar con los datos de una estación meteorológica cerca del sector.
- Actualizar de manera periódica la cobertura y uso de suelo ya que sus características cambian constantemente.
- Mejorar el análisis de umbrales de lluvia o aumentando las estaciones meteorológicas para una mejor interpolación de los datos y sean más puntuales en los diferentes sectores de la ciudad, ya que los aportes de agua son los principales detonantes en los movimientos en masa en la ciudad de Loja.
- Considerar el análisis mineralógico de los geomateriales en las zonas con probabilidad de ocurrencia a movimientos en masa.

10. Biografía

- Alfaro, R., y Espinosa, A. (2021). Caracterización geotécnica de suelos mediante ensayos de laboratorios. *Researchgate*, 5.
- Alfaro, R., & Espinosa, A. (2021). Caracterización geotécnica de suelos mediante ensayos de laboratorios. *Researchgate*, 5.
- Alvarez, M. A., Mastrantonio, L., & Moreiras, S. M. (2018). Análisis de susceptibilidad de flujos de detritos en el Parque Provincial Aconcagua, Mendoza, Argentina. *FCA UNCUYO*, 177 - 191.
- Ambuludi Arcentales, H. R. (2015). *Estudio Geológico-Estructural e inventario de deslizamientos del área 3 de la cuenca de Loja*. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Benavides Rojas, M. F. (2019). *Propuesta metodológica para la zonificación de susceptibilidad por movimientos en masa en cuencas intramontanas: caso ciudad de Loja*. Quito: Instituto de Altos Estudios Nacionales La universidad De Posgrado del Estado.
- Cabrera Malla, E. M. (2021). *Susceptibilidad a deslizamientos mediante el uso de SIG, a escala 1:10000, del tramo vial comprendido desde: El redondel del barrio El Plateado hasta el antiguo peaje del cantón Catamayo, provincia de Loja*. Loja : Universidad Nacional de Loja.
- Echeveste, H. (2017). *Manual de levantamiento geológico: una introducción a la geología de campo*. La Plata: EDULP.
- Fernández Macas., A. A. (2022). *Caracterización geomecánica de la galería principal de la Mina Numinec*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- GAD Municipal de Loja. (2019). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la ciudad de Loja*. Loja: GAD Municipal de Loja.
- García Puga, J. L. (2000). *Geomorfología e hidrología superficial entre Puertecitos y San Luis Gonzaga, Baja California, apoyados en sensores remotos y modelos digitales de elevación*. Ensenada: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- Guarnizo Valdívieso, R. V. (2015). *Identificación de las fallas estructurales más comunes en viviendas de interés social empleadas en los barrios periféricos de la ciudad de Loja afectadas por el invierno del 2012 para su estudio y evaluación*. Loja: Universidad Nacional de Loja.

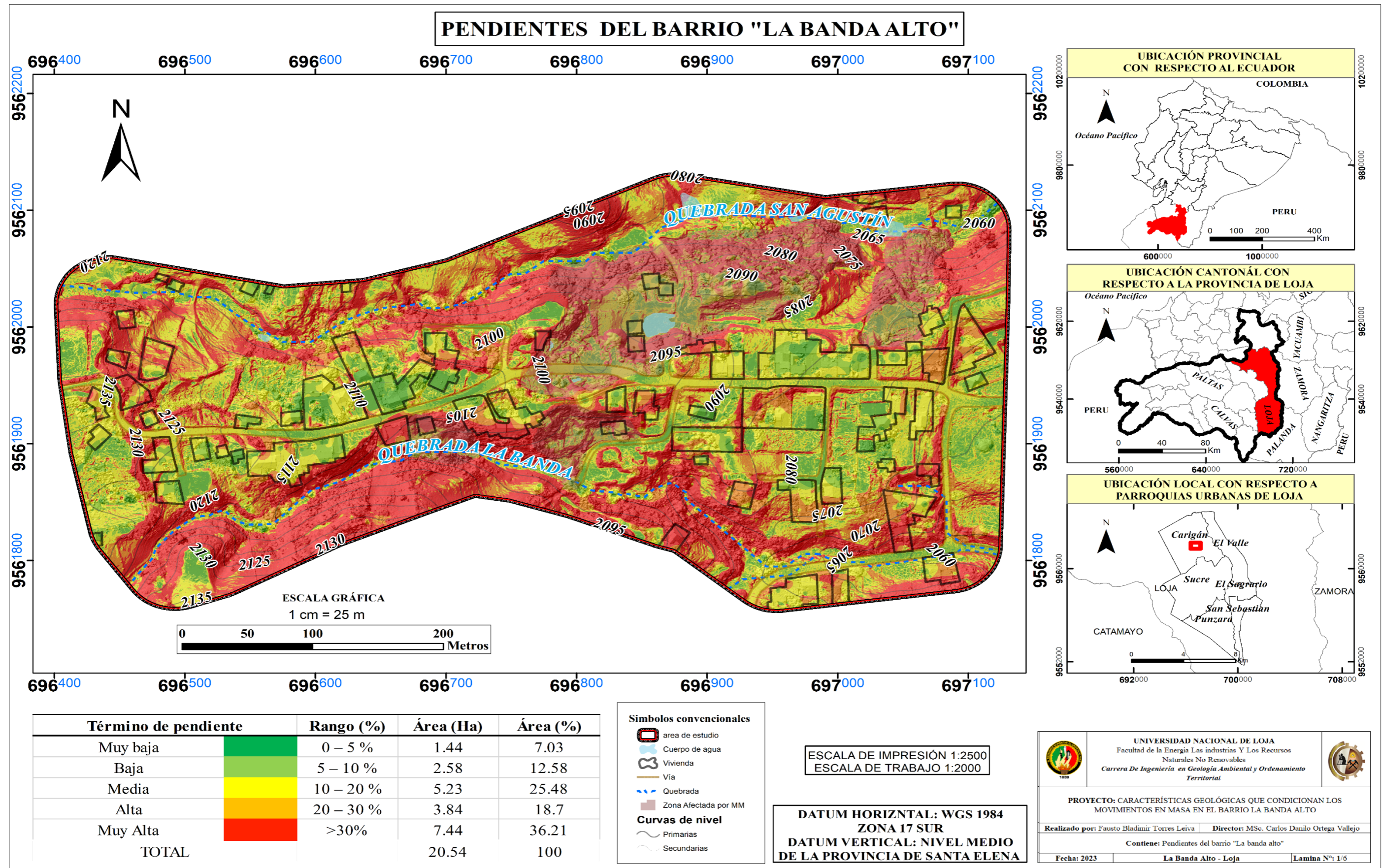
- Guillen Cevallos , M. G. (2019). *Análisis de amenaza por deslizamientos en la ciudad de Loja (Ecuador)*. Loja: University of Saizburg .
- Hermenejildo de la A, A. V. (2015). *Modelo de Amenaza por Inundación en el manejo de Microcuencas de Drenajes a escala 1:25.000: Caso para el sector de Monte Sinai-Ecuador*. Quito: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ.
- Hungerbühler, D. (1997). *Tertiary basins in the Andes of Southern Ecuador (3°00' -4°20'): sedimentary evolution, deformation and regional tectonic implications*. Zürich, Switzerland: Institute of Geology ETH.
- Hungerbühler, D., Steinmann, M., Winkler, W., Sowards, D., Egüez, A., Peterson, D. E., . . . Hammer, C. (2002). Neogene stratigraphy and Andean geodynamics of southern Ecuador. *Earth-Science Rev*(57), 75-124. doi:10.1016/S0012-8252(01)00071-X
- Intituto de investigación geológico y energético. (2019). *Estándares de nomenclatura estratigráfica, simbolización y abreviaturas para la cartografía geológica versión 2.0*. Quito: IIGE.
- Janssen, & Van Herwijnen . (1994). *PESOS DE CRITERIOS USANDO EL MÉTODO DE SUMA DE RANGO*.
- Kennerley , J. B. (1973). *Geology of Loja Province, southern Ecuador*. London: Institute of Geological Sciences (Overseas Division).
- Litherland, M., Aspden, J., & Jemielita , R. (1994). *LOS CINTURONES METAMORFICOS DEL ECUADOR* (11 ed.). (S. Paucar, Trad.) Overseas memoir of the British Geological Survey.
- Mejía, L., & Troya, J. (2021). Evaluación de la susceptibilidad a movimientos de masas por deslizamientos mediante los índices de vegetación NDVI y SBI del cantón Alausí, provincia de Chimborazo. 14.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda . (2018). *Programa casa para todos* . MIDUVI.
- Montero Olarte, J. (2017). *Clasificación de movimientos en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- Pozo Rodríguez, M., González Yélamos, J., & Giner Robles, J. (2005). *Geología Práctica: Introducción al reconocimiento de materiales y análisis de mapas*. Madrid: Reimp.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambi; Oficina Regional para América Latina y el Caribe; Municipalidad de Loja; Naturaleza y Cultura Internacional;. (2007). *Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: Geo Loja*. (M. Jaramillo, Ed.) Loja, Ecuador: PNUMA.

- Putzer, H. (1968). Tertiäre Lignite im interandinen Graben von Ecuador als Beispiel für synorogene Kohlenbildung in intermontanen Becken. *Geologisches Jahrbuch Hannover*(85), 461-488.
- Rivera Miles , M. M. (2014). *Susceptibilidad a deslizamientos en la vía de integración barrial, desde el sector la Argelia hasta Punzara chico de la ciudad de Loja - Ecuador*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Sambrano Goicochea , A. (2017). *Evaluación del peligro de deslizamientos de suelos de la residencia Magisterial de la ciudad de Chachapoyas*. Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Sarango Chalán , J. L. (2016). *Evaluación de riesgo por deslizamiento en los sectores de Gunudel-Gualagpamba pertenecientes a la parroquia y cantón Saraguro. provincia de Loja*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Sarkar, & Kanungo. (2004). *Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos, Cuadro tomado de la Zonificación de Susceptibilidad Amenaza y Riesgo*.
- Soto Luzuriaga , J. (2018). *Análisis de la susceptibilidad frente a los movimientos de ladera de la Cuenca de Loja (Ecuador)*. Loja: Universidad de Granada .
- Saaty, T. L. (1980). "The analytic hierarchy process". New York: McGraw-hill
- Spikermann, J. P. (2010). *Elementos de Geología General* . Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara; Universidad Maimónides.
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- Suárez Díaz, J. (2009). *Deslizamientos (Volumen I Análisis geotécnico)*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Subsecretaria de Gestión de la Información y Análisis de Riesgos. (2019). *Análisis De Amenaza Ante Movimientos En Masa: Propuesta metodológica para el análisis de amenaza ante movimientos en masa en Ecuador Continental*. Secretaria Nacional De Gestión De Riesgos Y Emergencias .
- Tarback, E. J., Lutgens, F. K., & Tasa, D. (2005). *Ciencias de la Tierra: una introducción a la geología física*. Madrid: Pearson Educación S. A.
- Tavares Zaidan, R., & Menon Júnior, W. (2016). MAPEAMENTO DE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO YUNG (JUIZ DE FORA-MG. *Revista de Geografia PPGeo-UFJF*, 6(2), 125-143.

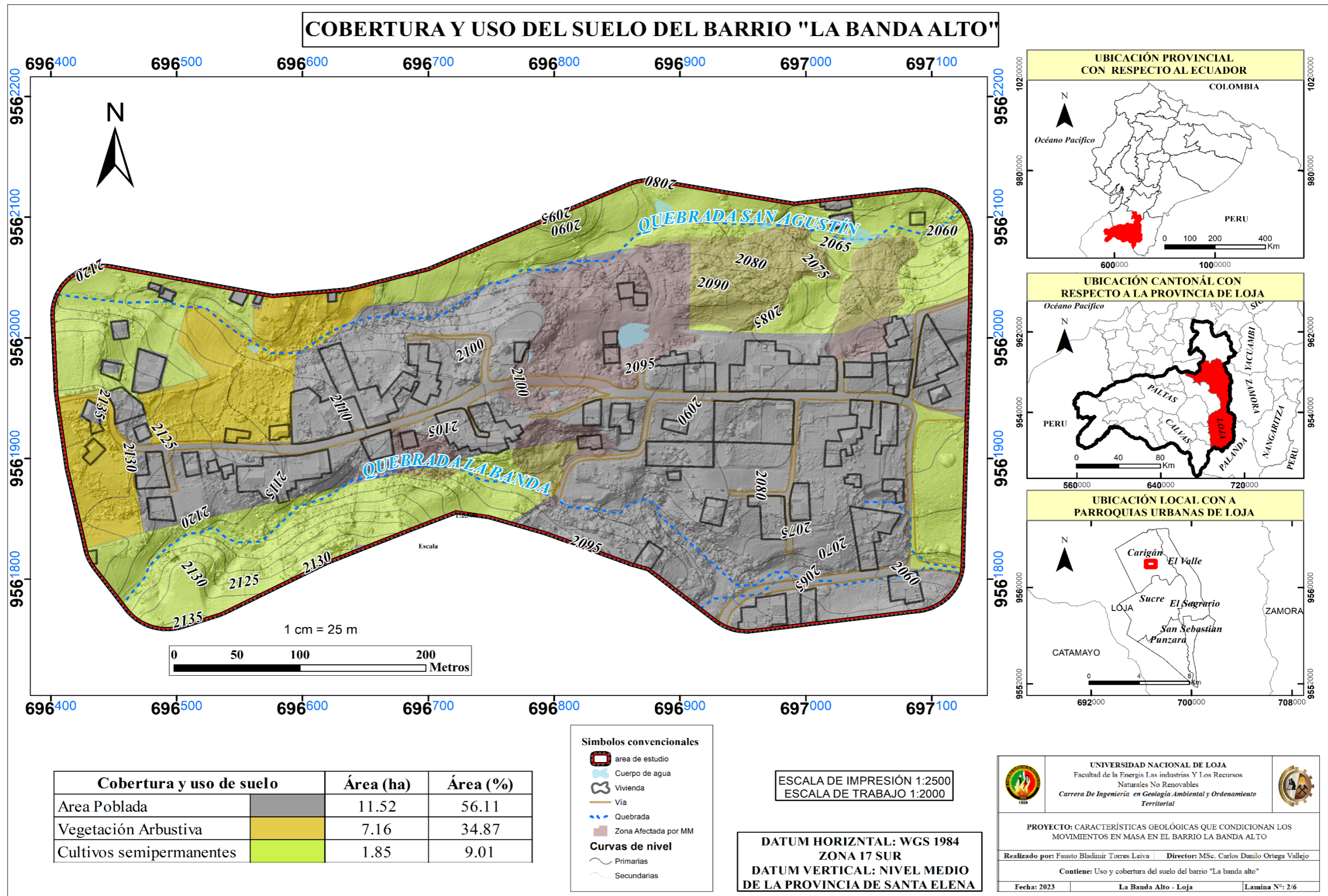
Vargas, R. (2001). "Evaluación de Susceptibilidad a Deslizamientos". Cuba- Habana Obtenido de:
http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2013_Almaguer_GEO10-O3.pdf

11. Anexos

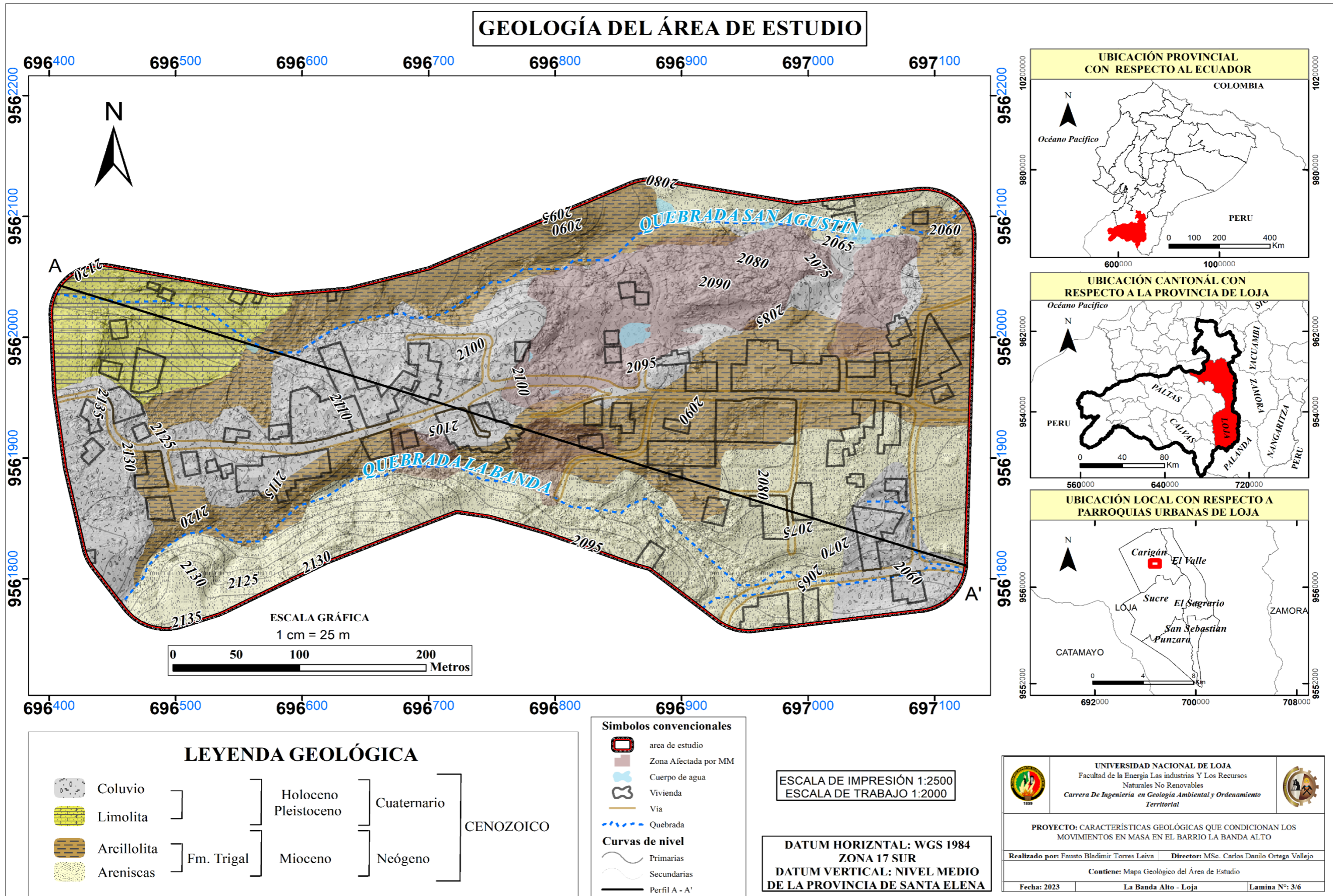
Anexo 1. Mapa de Pendientes del área de estudio (Barrio La Banda Alto)



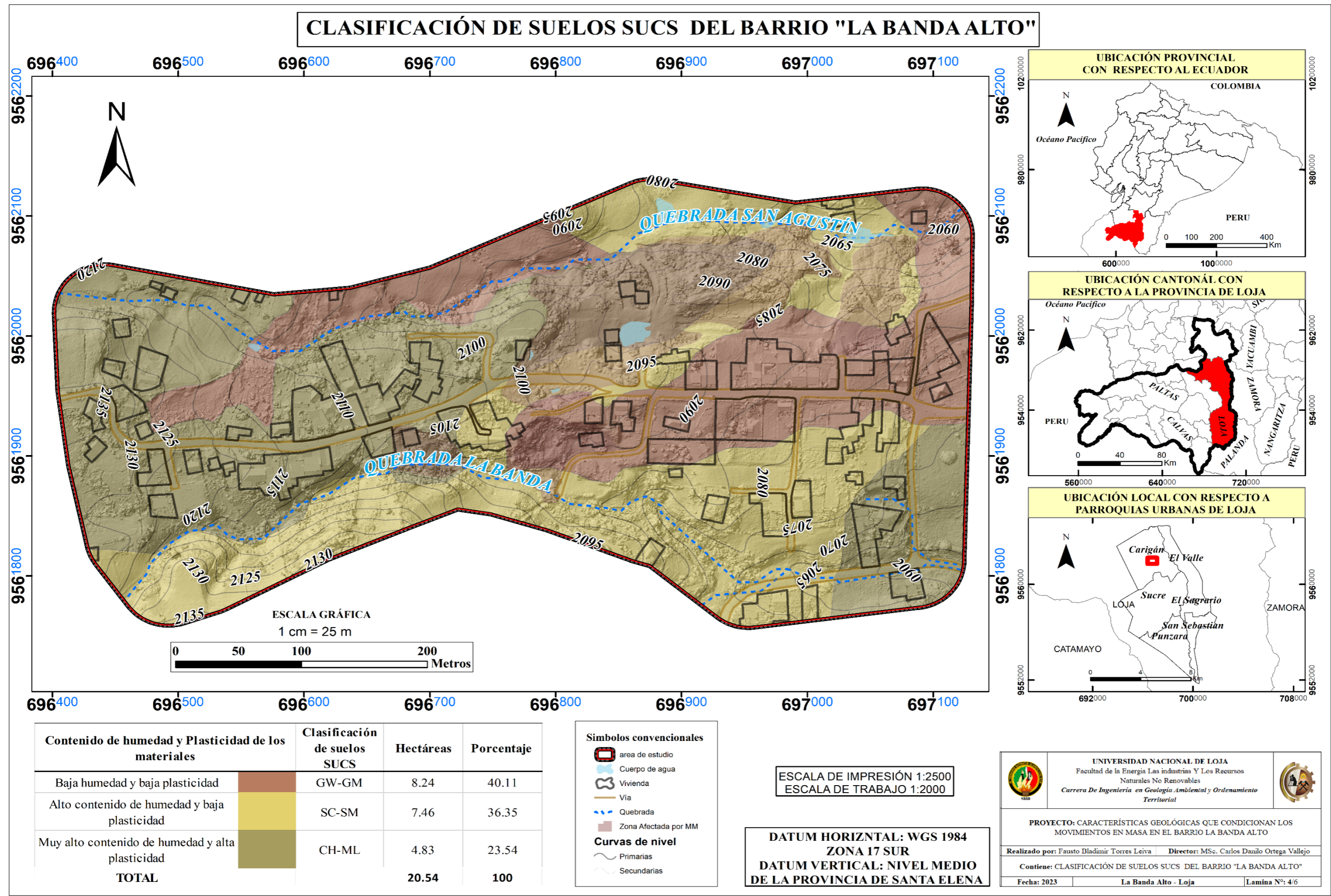
Anexo 2. Mapa de cobertura y uso de suelo del área de estudio (Barrio La Banda Alto)



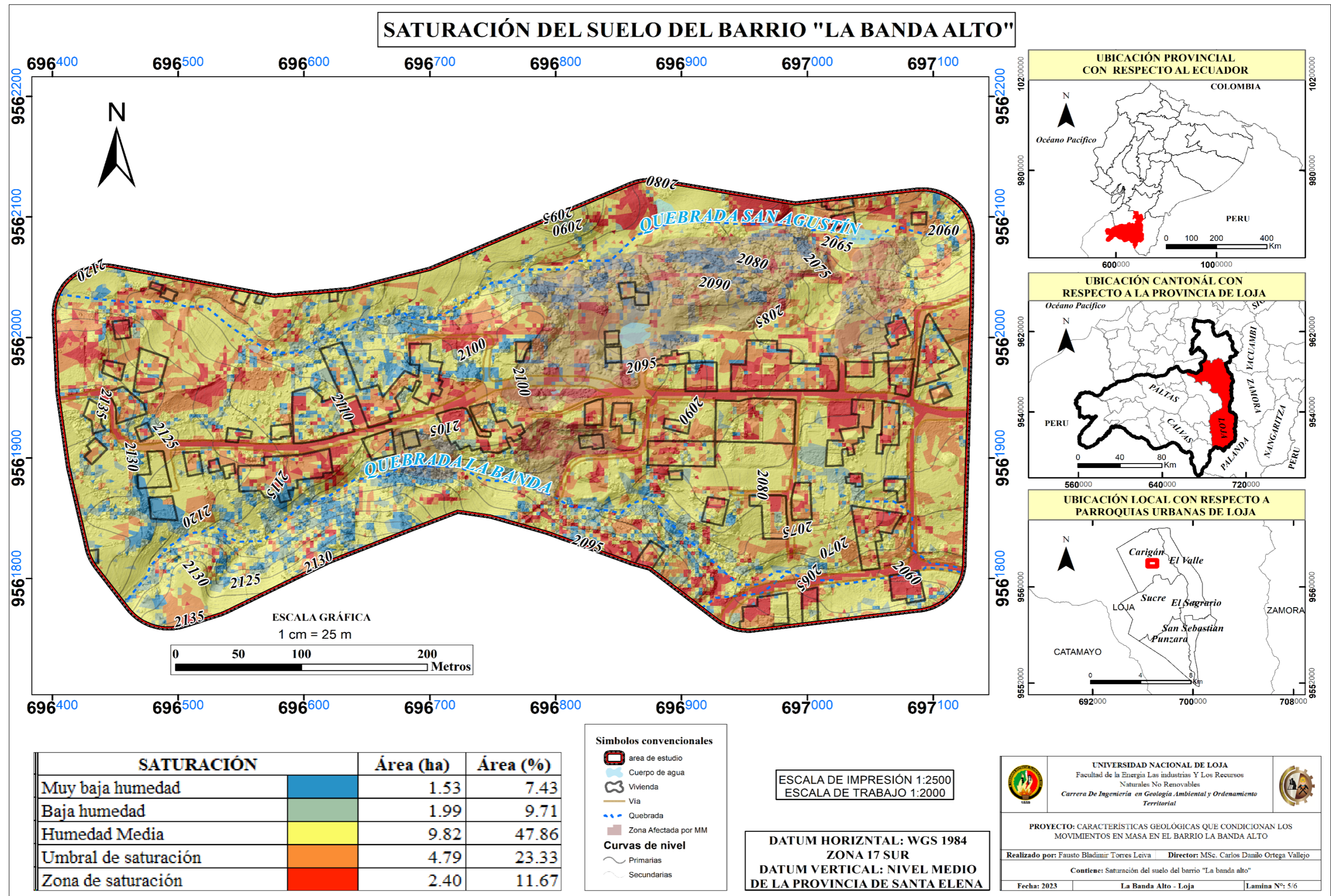
Anexo 3. Mapa geológico del área de estudio (Barrio La Banda Alto)



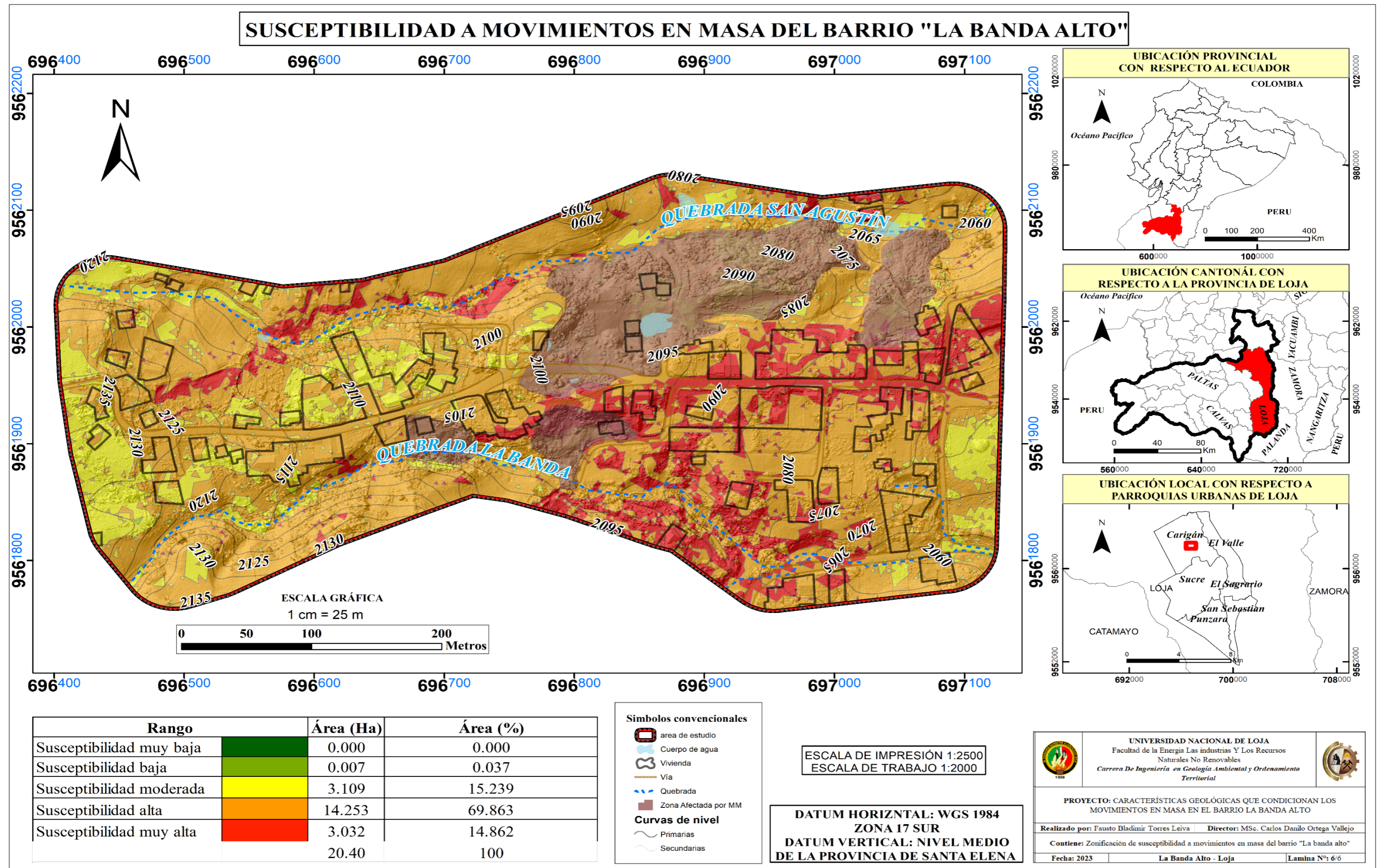
Anexo 4. Mapa de permeabilidad del área de estudio (Barrio La Banda Alto)



Anexo 5. Mapa de saturación del suelo del área de estudio (Barrio La Banda Alto)



Anexo 6. Mapa de zonificación a movimientos en masa del área de estudio (Barrio La Banda Alto)



Anexo 7. Descripción de afloramientos del área de estudio

Universidad Nacional de Loja Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO			
Fecha: 21-08-2022	Responsable: Fausto Torres	Afloramiento N°: 1	
Tipo de Afloramiento:	Natural ()	Antrópico (x)	
Coordenadas UTM	X: 697026	Y: 9561854	Z:
Estado de Alteración: Alteración media, presencia de óxidos de hierro		Datos Estructurales:	
		Rumbo:	Buzamiento:
Litología y Características del afloramiento			
Formación: Trigal			
Muestra:	Altura de Talud: 2.50 m	Potencia de capa vegetal: 40cm	
Longitud de talud: 3m	Vegetación: poca vegetación	Tipo de Roca o Material Aflorante: <u>COLUVIAL</u>	
Descripción:			
Material Coluvial, presencia de clastos subangulosos a angulosos mal clasificados de tamaños entre 5 y 10 mm de diámetro, matriz arenosa y presencia de óxidos, presenta una meteorización baja. Los clastos que conforman en la matriz de este coluvión son de carácter metamórfico, conformado por esquistos débilmente alterados.			
Registro Fotográfico:			

Ficha para la descripción de afloramientos

Universidad Nacional de Loja
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO

Fecha: 21-08-2022	Responsable: Fausto Torres	Afloramiento N°: 2
--------------------------	-----------------------------------	---------------------------

Tipo de Afloramiento:	Natural ()	Antrópico (x)
------------------------------	-------------	-----------------

Coordenadas UTM	X: 696832	Y: 9562086 Z: 2094
------------------------	-----------	-------------------------

Estado de Alteración: Meteorización Baja	Datos Estructurales:	
	Rumbo: 320°	Buzamiento:

Litología y Características del afloramiento

Formación:
Trigal

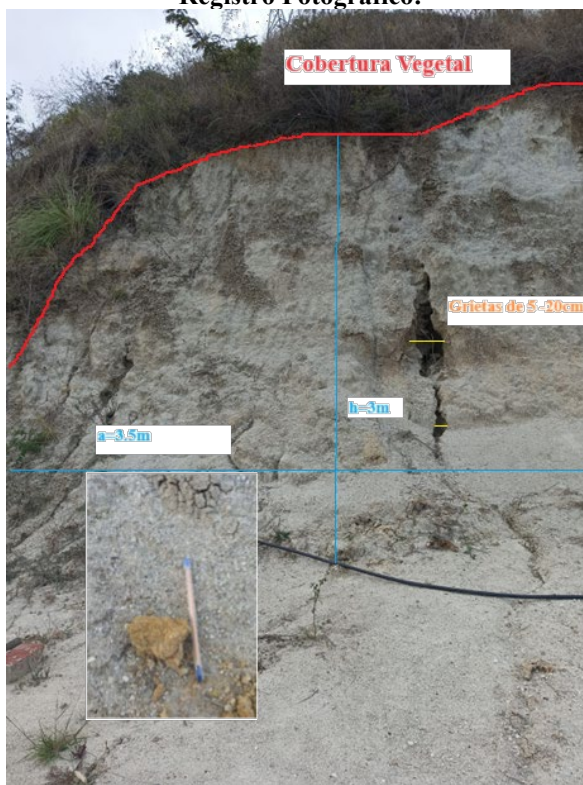
Muestra:	Altura de Talud: 3 m	Potencia de capa vegetal: 50cm
-----------------	--------------------------------	--

Longitud de talud: 3.5m	Vegetación: poca vegetación	Tipo de Roca o Material Aflorante: <u>Arenisca con matriz limo arcillosa</u>
--------------------------------	------------------------------------	--

Descripción:

Afloramiento sedimentario natural, en la superficie del afloramiento se puede evidenciar una cobertura vegetal que cubre gran parte del afloramiento. El afloramiento presenta una meteorización media a alta, con presencia de humedad. Se puede evidenciar facies o depositaciones intercaladas entre la arenisca y la arcillolita. La arenisca es de grano fino en tamaños < 1mm alterado por agentes hidrológicos.

Registro Fotográfico:



Ficha para la descripción de afloramientos

Universidad Nacional de Loja
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO

Fecha: 21-08-2022	Responsable: Fausto Torres	Afloramiento N°: 3
--------------------------	-----------------------------------	---------------------------

Tipo de Afloramiento:	Natural ()	Antrópico (x)
------------------------------	-------------	-----------------

Coordenadas UTM	X: 696811	Y: 9561741 Z:
------------------------	-----------	------------------

Estado de Alteración: Meteorización Baja	Datos Estructurales:	
	Rumbo:	Buzamiento:

Litología y Características del afloramiento

Formación:
Trigal

Muestra:	Altura de Talud: 10 m	Potencia de capa vegetal: 20cm
-----------------	---------------------------------	--

Longitud de talud: 3m	Vegetación: poca vegetación	Tipo de Roca o Material Aflorante: <u>Arenisca</u>
------------------------------	------------------------------------	--

Descripción:

Arenisca. Afloramiento de forma antrópica, parcialmente con cobertura vegetal a lo largo del afloramiento. El afloramiento presenta erosión a causa de la meteorización exógena. Tiene una matriz con clastos soportado, con granulometría bien clasificada de grano fino a medio, textura masiva con clastos redondeados a sub redondeados.

Registro Fotográfico:



Ficha para la descripción de afloramientos

Universidad Nacional de Loja
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO

Fecha: 21-08-2022	Responsable: Fausto Torres	Afloramiento N°: 4
Tipo de Afloramiento:	Natural ()	Antrópico (x)
Coordenadas UTM	X: 696713	Y: 9561755 Z:
Estado de Alteración: levemente meteorizado	Datos Estructurales:	
	Rumbo:	Buzamiento:

Litología y Características del afloramiento

Formación: Trigal		
Muestra:	Altura de Talud: 4 m	Potencia de capa vegetal: 20cm
Longitud de talud: 4m	Vegetación: poca vegetación	Tipo de Roca o Material Aflorante: <u>Arenisca Tobacea</u>

Descripción:

Afloramiento de tipo antrópico por apertura de la vía, con cobertura vegetal en su superficie. Está conformado principalmente de arenisca de granulometría gruesa a fina, se evidencia de una meteorización alta.

Registro Fotográfico:



Ficha para la descripción de afloramientos

Universidad Nacional de Loja
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO

Fecha: 21-08-2022	Responsable: Fausto Torres	Afloramiento N°: 5
--------------------------	-----------------------------------	---------------------------

Tipo de Afloramiento:	Natural ()	Antrópico (x)
------------------------------	-------------	-----------------

Coordenadas UTM	X: 696753	Y: 9561870 Z:
------------------------	-----------	------------------

Estado de Alteración: Meteorización Baja	Datos Estructurales:	
	Rumbo:	Buzamiento:

Litología y Características del afloramiento

Formación:
Trigal

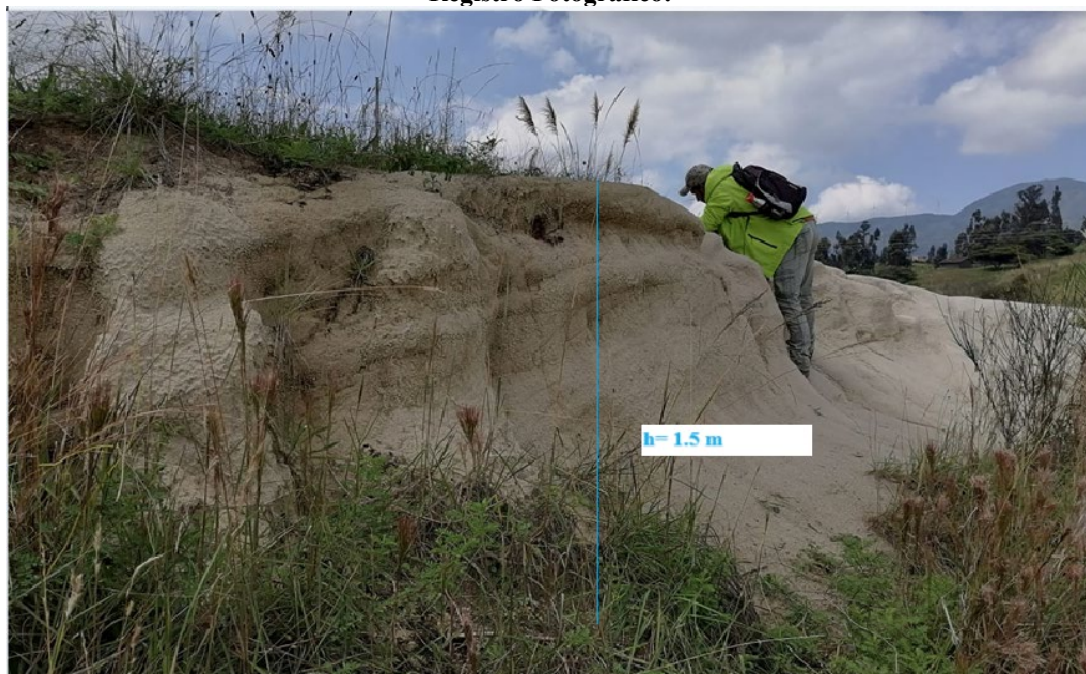
Muestra:	Altura de Talud: 1.5cm	Potencia de capa vegetal: 20cm
-----------------	----------------------------------	--

Longitud de talud:	Vegetación: poca vegetación	Tipo de Roca o Material Aflorante: <u>Arenisca</u>
---------------------------	------------------------------------	--

Descripción:

Afloramiento artificial con poca cobertura vegetal en su talud y superficie. Presenta una meteorización media y una granulometría de gruesa a fina con presencia de material limoso. Esta arenisca se puede apreciar algunos minerales como cuarzo y micas a simple vista. Presenta una textura masiva.

Registro Fotográfico:



Ficha para la descripción de afloramientos

Universidad Nacional de Loja
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO

Fecha: 21-08-2022	Responsable: Fausto Torres	Afloramiento N°: 6
--------------------------	-----------------------------------	---------------------------

Tipo de Afloramiento:	Natural ()	Antrópico (x)
------------------------------	-------------	-----------------

Coordenadas UTM	X: 696798	Y: 9561983 Z:
------------------------	-----------	---------------

Estado de Alteración: Meteorización media	Datos Estructurales:	
	Rumbo:	Buzamiento:

Litología y Características del afloramiento

Formación:
Trigal

Muestra:	Altura de Talud: 4m	Potencia de capa vegetal: 20cm
-----------------	-------------------------------	--

Longitud de talud: 3m	Vegetación: poca vegetación	Tipo de Roca o Material Aflorante: <u>COLUVIAL</u>
------------------------------	------------------------------------	--

Descripción:

Afloramiento compuesto principalmente por un coluvial que presenta en su matriz clastos metamórficos de tipo esquistosa y en forma de bloques, el afloramiento se encuentra en una zona de movimiento en masa. La clasificación de la granulometría va desde anguloso a subanguloso y su matriz es limo arcillosa con presencia de arcillolita saturada.

Registro Fotográfico:



Ficha para la descripción de afloramientos

Universidad Nacional de Loja
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO

Fecha: 21-02-2023	Responsable: Fausto Torres	Afloramiento N°: 7
--------------------------	-----------------------------------	---------------------------

Tipo de Afloramiento:	Natural (x)	Antrópico ()
------------------------------	-------------	---------------

Coordenadas UTM	X: 697144	Y: 9562026 Z:
------------------------	-----------	---------------

Estado de Alteración: Meteorización media	Datos Estructurales:	
	Rumbo: 98	Buzamiento: 18

Litología y Características del afloramiento

Formación:
Trigal

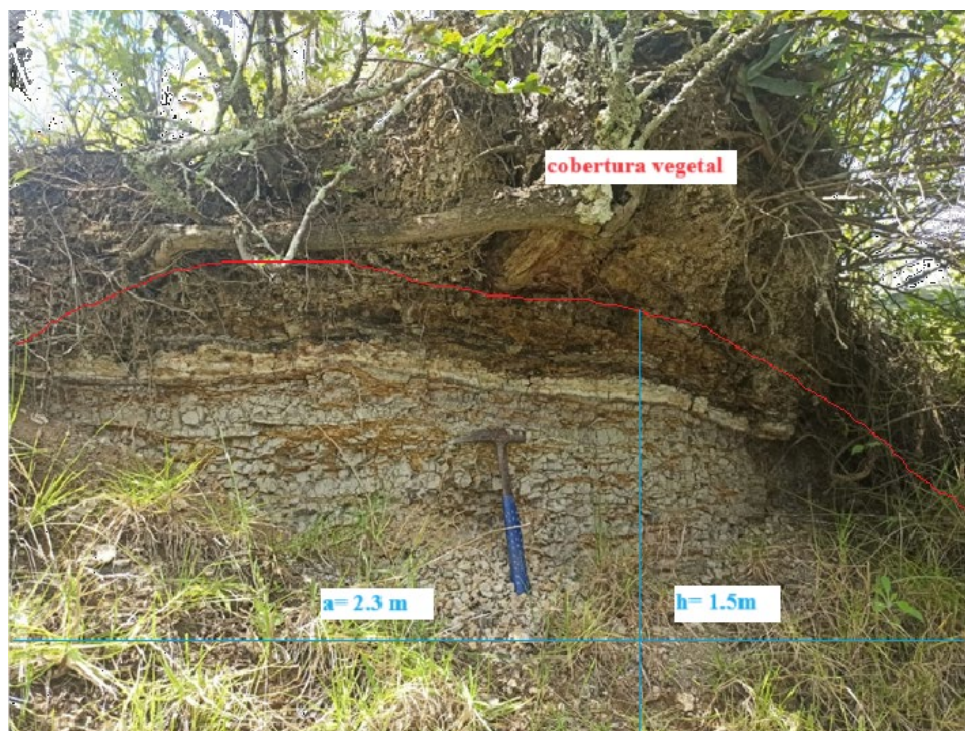
Muestra:	Altura de Talud: 1.5 m	Potencia de capa vegetal: 20cm
-----------------	----------------------------------	--

Longitud de talud: 2.3m	Vegetación: poca vegetación	Tipo de Roca o Material Aflorante: <u>Arcillolita compacta</u>
--------------------------------	------------------------------------	--

Descripción:

Afloramiento natural, compuesto por arcillolita de grano fino, tiene cobertura vegetal con una pequeña capa de suelo orgánico, también se puede apreciar óxidos de hierro entre las grietas o fracturas de este afloramiento, ya que presenta una alta meteorización.

Registro Fotográfico:



Ficha para la descripción de afloramientos

Universidad Nacional de Loja
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO

Fecha: 21-02-2023	Responsable: Fausto Torres	Afloramiento N°: 8
Tipo de Afloramiento:	Natural ()	Antrópico (x)
Coordenadas UTM	X: 696961	Y: 9561733 Z:2110
Estado de Alteración: Meteorización baja		Datos Estructurales:
		Rumbo: 165°
		Buzamiento:

Litología y Características del afloramiento

Formación: Trigal		
Muestra:	Altura de Talud: 8.55 m	Potencia de capa vegetal:
Longitud de talud: 8m	Vegetación: muy poca	Tipo de Roca o Material Aflorante: <u>Arcillolita compacta</u>

Descripción:

Afloramiento artificial de tipo sedimentario, el afloramiento está compuesto principalmente por Arcillolita compacta con matriz limo arenosa, con presencia de óxidos, parcialmente meteorizada y se encuentra como base en los cimientos de una vivienda

Registro Fotográfico:



Ficha para la descripción de afloramientos

Universidad Nacional de Loja
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO

Fecha: 21-02-2023	Responsable: Fausto Torres	Afloramiento N°: 9
Tipo de Afloramiento:	Natural ()	Antrópico (x)
Coordenadas UTM	X: 697138	Y: 95620006 Z: 2075
Estado de Alteración: Meteorización baja	Datos Estructurales:	
	Rumbo: 20	Buzamiento: 33

Litología y Características del afloramiento

Formación: Trigal		
Muestra:	Altura de Talud: 6 m	Potencia de capa vegetal: 70cm
Longitud de talud: 3m	Vegetación: abundante en su superficie	Tipo de Roca o Material Aflorante: <u>Arcillolita</u>

Descripción:

Afloramiento antrópico, compuesto por arcillolita de grano fino con matriz limo arenosa, tiene cobertura vegetal con una pequeña capa de suelo orgánico, también se puede apreciar óxidos de hierro entre las grietas de este afloramiento, ya que presenta una alta meteorización.

Registro Fotográfico:



Ficha para la descripción de afloramientos

Universidad Nacional de Loja
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO

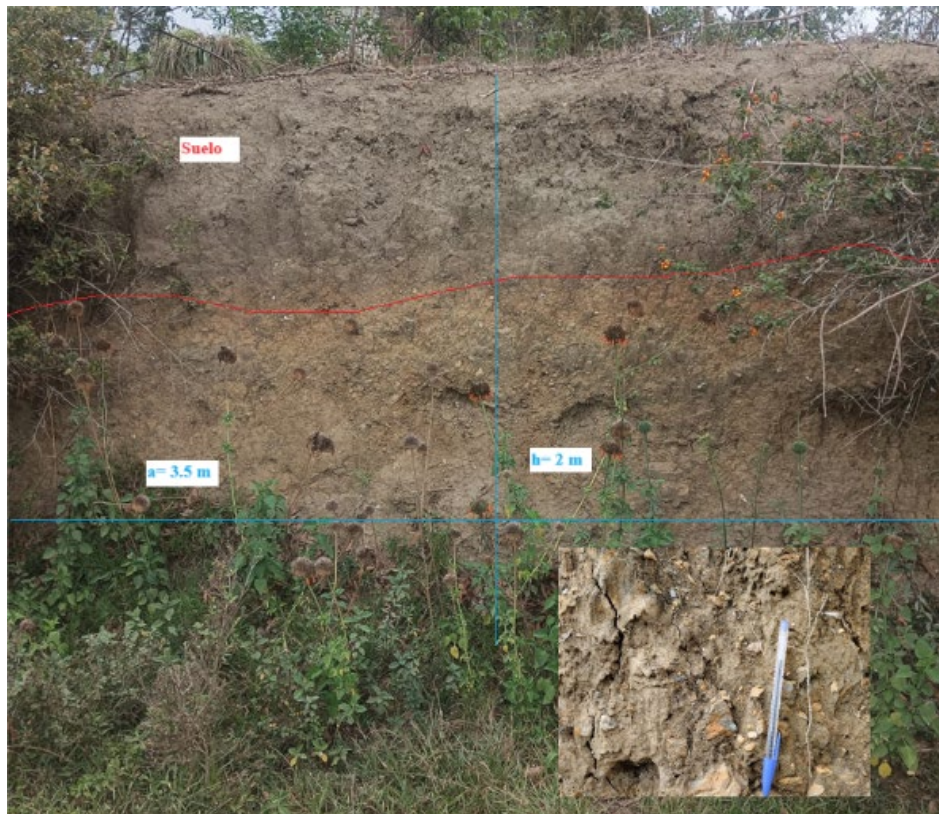
Fecha: 21-02-2023	Responsable: Fausto Torres	Afloramiento N°: 10
Tipo de Afloramiento:	Natural ()	Antrópico (x)
Coordenadas UTM	X: 697048	Y: 9562129 Z: 2120m
Estado de Alteración: Meteorización baja		Datos Estructurales:
		Rumbo:
		Buzamiento:

Litología y Características del afloramiento

Formación: Trigal		
Muestra:	Altura de Talud: 2 m	Potencia de capa vegetal: 60cm
Longitud de talud: 3,5m	Vegetación: abundante en su superficie	Tipo de Roca o Material Aflorante: <u>COLUVIAL</u>

Descripción:
 Coluvial con clastos metamórficos mal clasificados. Este afloramiento se encuentra en la zona SE de del la Banda Alto, sus clastos son de forma angular a subangular. Presenta una alteración media, matriz limo arcillosa.

Registro Fotográfico:



Ficha para la descripción de afloramientos

Universidad Nacional de Loja
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO

Fecha: 21-02-2023	Responsable: Fausto Torres	Afloramiento N°: 11
--------------------------	-----------------------------------	----------------------------

Tipo de Afloramiento:	Natural ()	Antrópico (x)
------------------------------	-------------	-----------------

Coordenadas UTM	X: 696683	Y: 9562267 Z:
------------------------	-----------	---------------

Estado de Alteración: Meteorización media	Datos Estructurales:	
	Rumbo: 8N	Buzamiento: 95 - 37

Litología y Características del afloramiento

Formación:
Trigal

Muestra:	Altura de Talud: 2 m	Potencia de capa vegetal: 20cm
-----------------	--------------------------------	--

Longitud de talud: 2 m	Vegetación: poca vegetación	Tipo de Roca o Material Aflorante: <u>CONTACTO arenisca - conglomerado</u>
-------------------------------	------------------------------------	--

Descripción:

Contacto de micro conglomerado y arenisca, este afloramiento se encuentra fuera de la zona de estudio pero es relevante para relacionar el origen de la Arenisca, arenisca de grano grueso a fino con alteración alta y el conglomerado presenta clastos sub redondeados no mayores a 2 cm.

Registro Fotográfico:



Ficha para la descripción de afloramientos

Universidad Nacional de Loja
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO

Fecha: 21-02-2023

Responsable: Fausto Torres

Afloramiento N°: 12

Tipo de Afloramiento:

Natural (x)

Antrópico ()

Coordenadas UTM

X: 696318

Y: 9562068

Z: 2120m

Estado de Alteración: Meteorización Alta

Datos Estructurales:

Rumbo: 101°

Buzamiento:

Litología y Características del afloramiento

Formación:

Trigal

Muestra:

Altura de Talud:

6.6 m

Potencia de capa vegetal:

50cm

Longitud de talud: 8m

Vegetación: abundante en su superficie

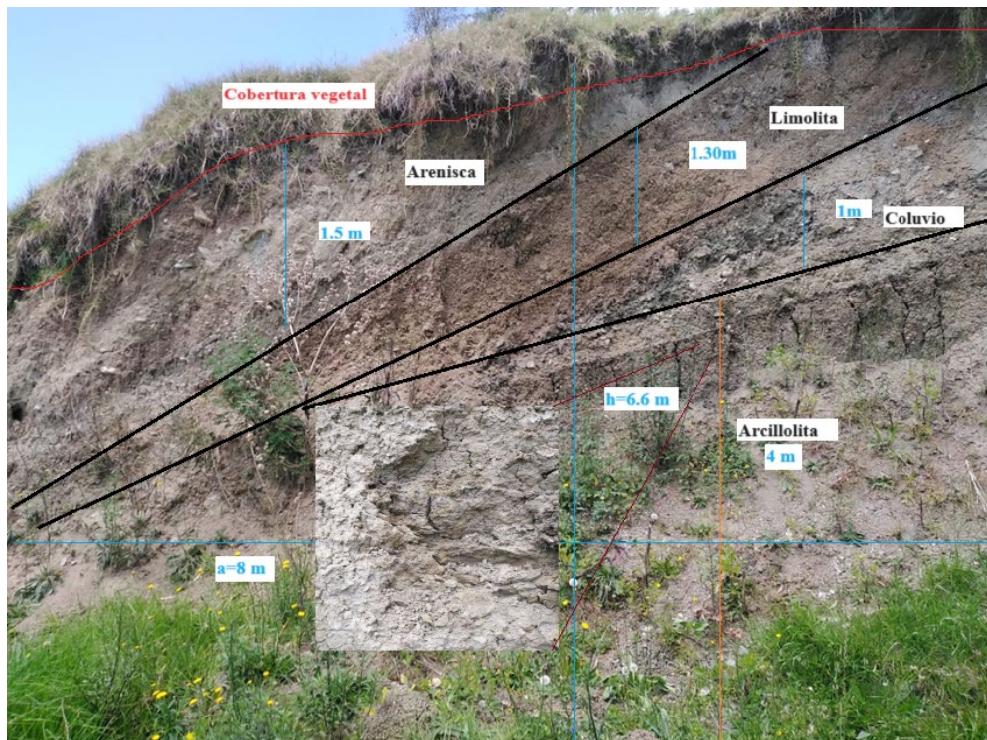
Tipo de Roca o Material Aflorante:

Coluvio

Descripción:

Afloramiento Natural, material altamente meteorizado, en la parte superior existe una transición de limolita y arenisca, seguido de una fina capa de material coluvial con clastos de material metamórfico de 2 cm a 10 cm, y en la parte del basamento en este caso se encuentra arcillolita.

Registro Fotográfico:



Ficha para la descripción de afloramientos

Universidad Nacional de Loja
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO

Fecha: 21-02-2023	Responsable: Fausto Torres	Afloramiento N°: 13
--------------------------	-----------------------------------	----------------------------

Tipo de Afloramiento:	Natural ()	Antrópico (x)
------------------------------	-------------	----------------

Coordenadas UTM	X: 696625	Y: 9561798 Z:
------------------------	-----------	---------------

Estado de Alteración: Meteorización media

Datos Estructurales:

Rumbo:	Buzamiento:
---------------	--------------------

Litología y Características del afloramiento

Formación:

Trigal

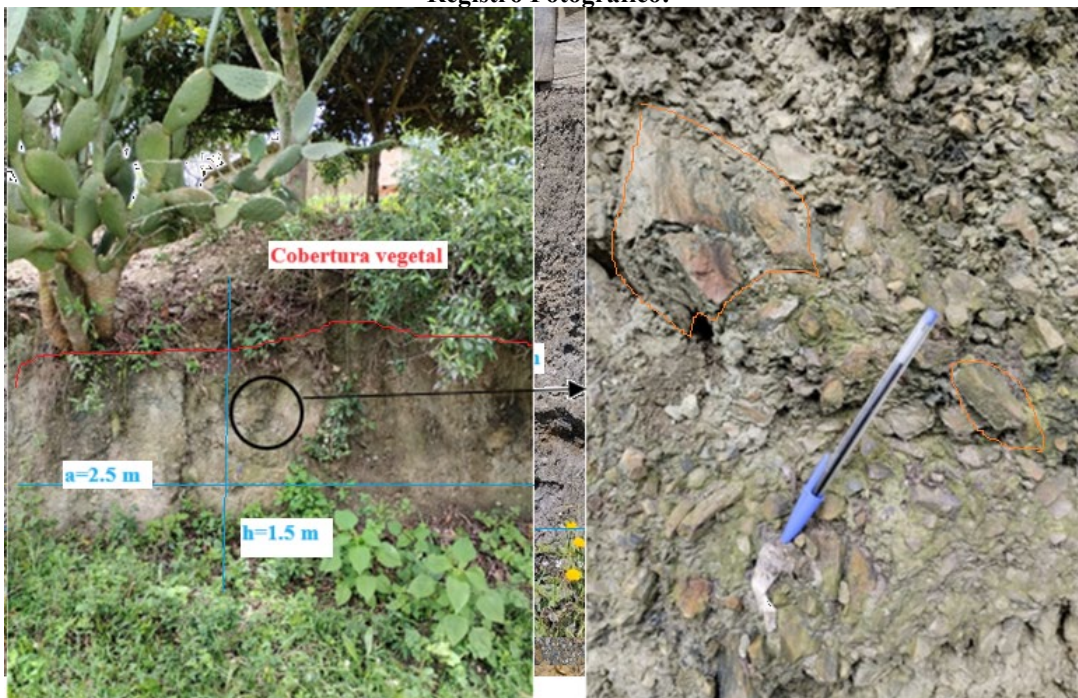
Muestra:	Altura de Talud: 1.5 m	Potencia de capa vegetal: 0.50m
-----------------	----------------------------------	---

Longitud de talud: 2.5m	Vegetación: coonsiderable	Tipo de Roca o Material Aflorante: <u>COLUVIAL</u>
--------------------------------	----------------------------------	--

Descripción:

Afloramiento de manera artificial, ubicado a un costado de la vía, presenta una cobertura vegetal en su superficie, una baja meteorización, presenta una granulometría de grado grueso, con clastos que van de angulosos a sub angulosos mal clasificados, matriz limo arcillosa.

Registro Fotográfico:



Ficha para la descripción de afloramientos

Universidad Nacional de Loja
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Ficha para la descripción de afloramientos

Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO

Fecha: 21-02-2023	Responsable: Fausto Torres	Afloramiento N°: 14
--------------------------	-----------------------------------	----------------------------

Tipo de Afloramiento:	Natural ()	Antrópico (x)
------------------------------	-------------	---------------

Coordenadas UTM	X: 696829	Y: 9562151 Z: 2101m
------------------------	-----------	---------------------

Estado de Alteración: Meteorización baja

Datos Estructurales:

Rumbo:	Buzamiento:
---------------	--------------------

Litología y Características del afloramiento

Formación:

Trigal

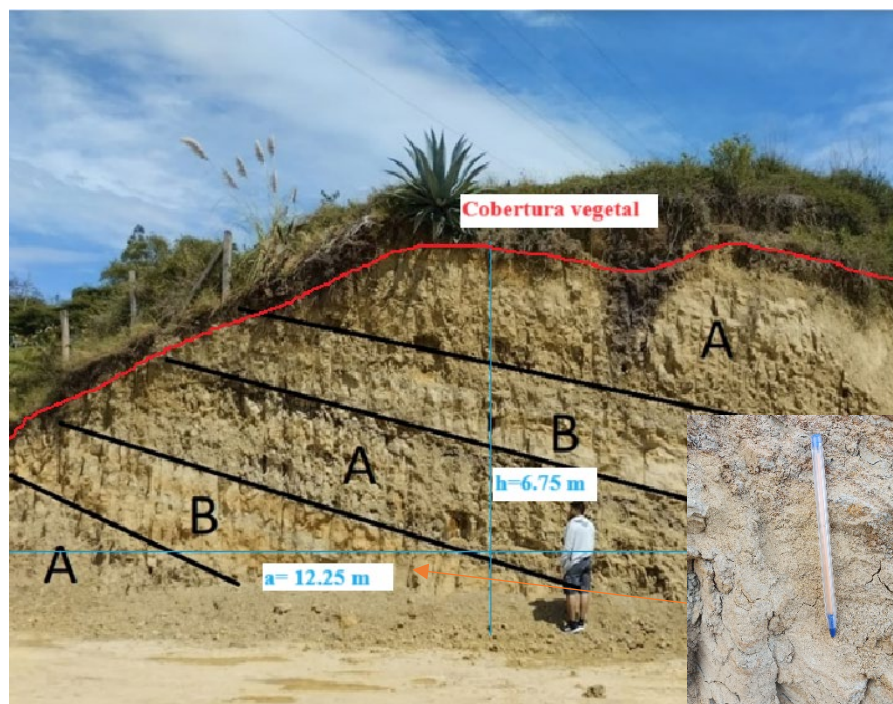
Muestra:	Altura de Talud: 8.5 m	Potencia de capa vegetal: 50cm
-----------------	----------------------------------	--

Longitud de talud: 12,2m	Vegetación: abundante en su superficie	Tipo de Roca o Material Aflorante: <u>Intercalaciones de arcillolitas y limolita</u>
---------------------------------	---	--

Descripción:

Afloramiento Antrópico que presenta diferentes características litológicas. Se puede apreciar que hay una estratificación de materiales sedimentarios, así como una cobertura vegetal en la superficie del afloramiento. El material identificado con la letra A está compuesto por arcillolita, mientras que el material identificado con la letra B está compuesto por limolita de grano fino a medio.

Registro Fotográfico:



Universidad Nacional de Loja
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO

Fecha: 21-02-2023	Responsable: Fausto Torres	Afloramiento N°: 15
Tipo de Afloramiento:	Natural ()	Antrópico (x)
Coordenadas UTM	X: 696830	Y: 9562008 Z: 2095m
Estado de Alteración: Meteorización media		Datos Estructurales:
		Rumbo:
		Buzamiento:

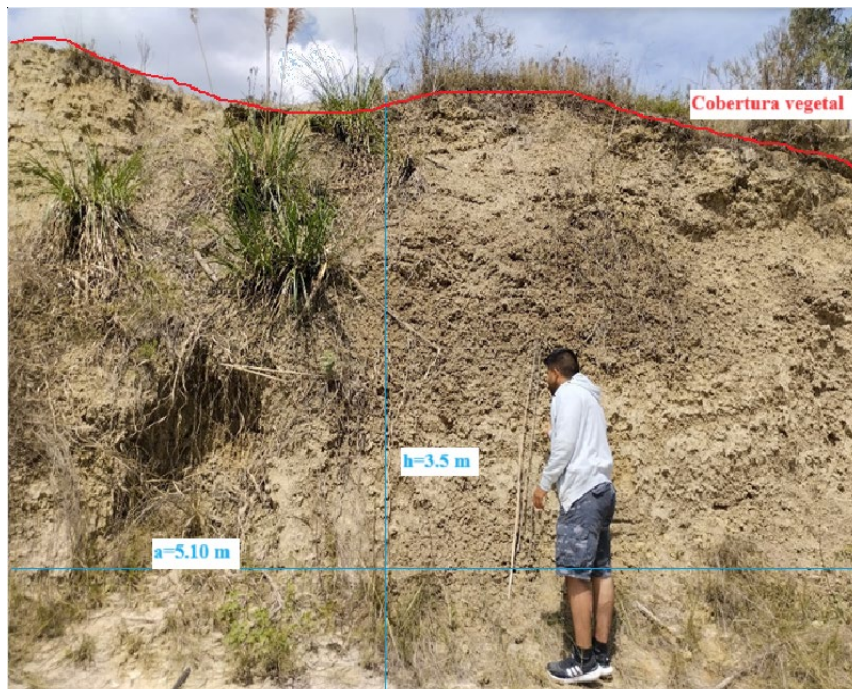
Litología y Características del afloramiento

Formación: Trigal		
Muestra:	Altura de Talud: 3,5 m	Potencia de capa vegetal: 50cm
Longitud de talud: 5.1m	Vegetación: abundante en su superficie	Tipo de Roca o Material Aflorante: <u>Arenisca</u>

Descripción:

Afloramiento natural, compuesto principalmente por Arenisca de grano fino. En su superficie presenta una pequeña capa de cobertura vegetal. Este afloramiento se encuentra cerca de la zona de deslizamiento importante que existe en este perímetro.

Registro Fotográfico:



Ficha para la descripción de afloramientos

Universidad Nacional de Loja
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO

Fecha: 21-02-2023	Responsable: Fausto Torres	Afloramiento N°: 16
Tipo de Afloramiento:	Natural ()	Antrópico (x)
Coordenadas UTM	X: 696338	Y: 9561781 Z: 2051m
Estado de Alteración: Meteorización media		Datos Estructurales:
		Rumbo:
		Buzamiento:

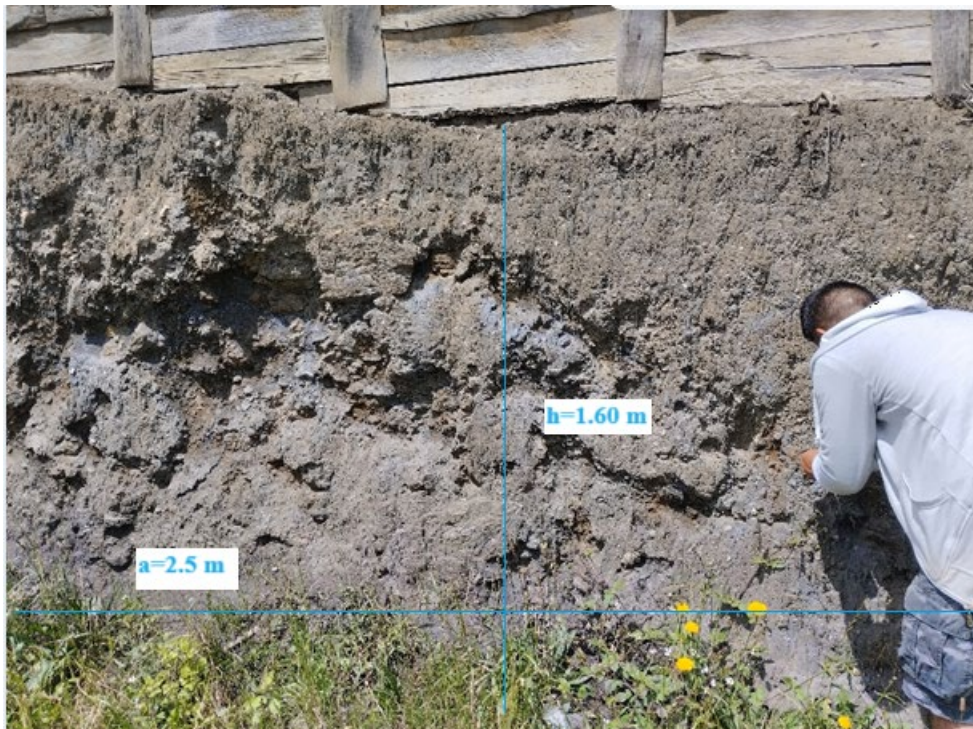
Litología y Características del afloramiento

Formación: Trigal		
Muestra:	Altura de Talud: 2m	Potencia de capa vegetal: 50cm
Longitud de talud: 10m	Vegetación: baja cobertura vegetal	Tipo de Roca o Material Aflorante: <u>COLUVIAL</u>

Descripción:

Afloramiento antrópico, que se encuentra dentro de una vivienda al costado de la vía. El afloramiento presenta una meteorización media, es de clasto soportado, tamaño de grano va desde pequeño a grande, con una forma angular a subangular, los clastos son de tipo metamórfico que presentan una leve alteración en su sistema.

Registro Fotográfico:



Ficha para la descripción de afloramientos

Proyecto: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO

Fecha: 21-02-2023	Responsable: Fausto Torres	Afloramiento N°: 17	
Tipo de Afloramiento:	Natural (x)	Antrópico ()	
Coordenadas UTM	X: 696441	Y: 9561911	Z: 2138m
Estado de Alteración: Meteorización media		Datos Estructurales:	
		Rumbo:	Buzamiento:

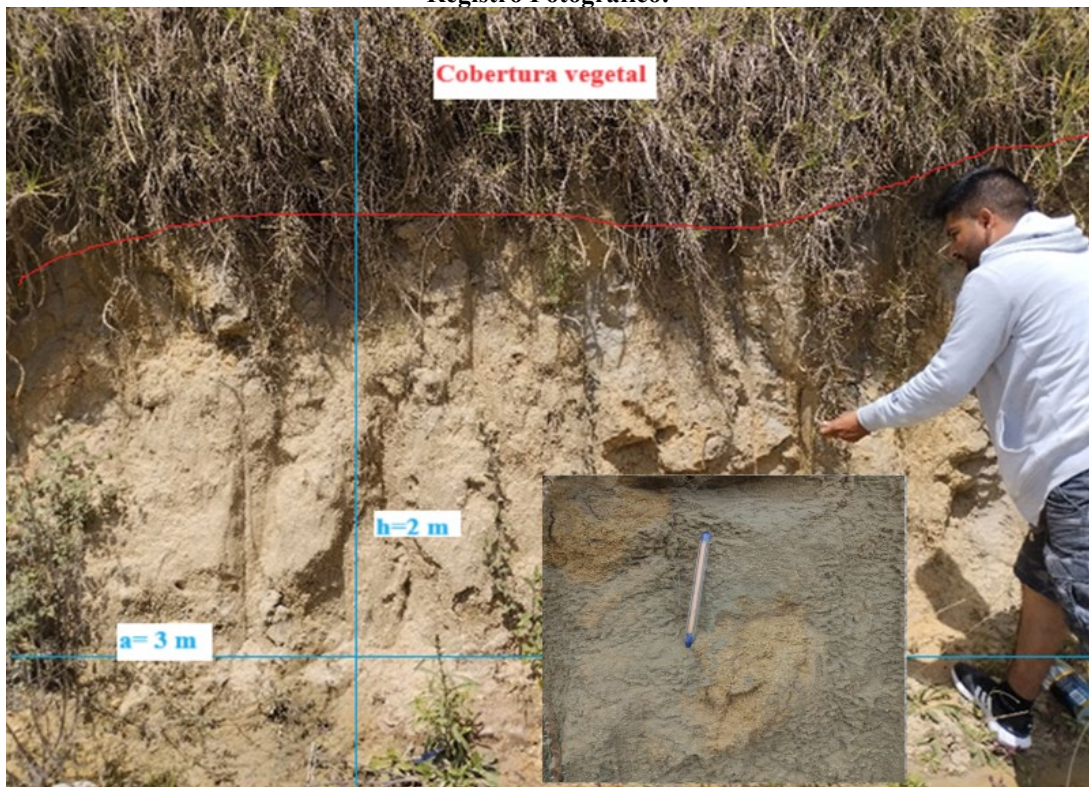
Litología y Características del afloramiento

Formación: Trigal		
Muestra:	Altura de Talud: 3 m	Potencia de capa vegetal: 50cm
Longitud de talud: 3m	Vegetación: abundante en su superficie	Tipo de Roca o Material Aflorante: <u>Arenisca</u>

Descripción:







Afloramiento natural, compuesto principalmente por arenisca de grano fino. Tiene una potencia de 2 m con una longitud de 7m. presenta una cobertura vegetal en gran parte de su afloramiento, tiene una textura masiva. Cabe mencionar que este afloramiento se encuentra cerca del coluvial por lo que podría tratar de un contacto inferido, no se pudo precisar este contacto por la cobertura vegetal y por una construcción de vía.

Registro Fotográfico:



Ficha para la descripción de afloramientos

Anexo 8. Ficha de Análisis petrográfico

 UNL UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		Facultad de la Energía, Las Industrias y Recursos Naturales No Renovables Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
Responsable: Fausto Torres		Ficha N°: 001		Código de Afloramiento: 2	
Tipo de Muestra: Afloramiento		Tipo de Afloramiento: Natural		Formación Geológica: Formación el Trigal	
Datos de Ubicación		Ubicación Geográfica: Loja/La Banda Alto		Altura: 4 m	
		Acceso al Lugar: Vía el Macará-Zapotillo		Datos Estructurales	
Información de Coordenadas UTM Sistema de Proyección WGS 84		Longitud: 696414 Latitud: 9562003 Altura: 2103 msnm		 	
				Código de Muestra: MLB-2	
Descripción Petrográfica					
<p style="text-align: right;"><u><i>Características de los Componentes</i></u></p> Color: Verde pardo Textura: Foliado Estructura: Esquistosa Tamaño de Cristales: Medio Forma de Cristales: Alargados % Fenocristales: No % Matriz: No					
<p style="text-align: right;"><u><i>Contenido de Minerales</i></u></p> Minerales Micas, Moscovita, Biotita, Cuarzo Grado de Meteorización: Medio Tipo de Alteración: Ninguno					
Lámina Delgada: No		Nombre de la Roca: <i>Esquisto Micaceo</i>			
Observaciones: Calcita medianamente, minerales laminare, Grano medio, Roca Meteorizada					

Anexo 9. Ficha de inventario de movimientos en masa

FICHA DE INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA							
PROYECTO		CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO					
DATOS GENERALES		COORDENADAS DATUM: UTM WGS84			CÓDIGO	D-LBA-1	
Cantón	LOJA	Este/Long.		697092			
Parroquia	CARIGÁN	Norte/Lat.		9562024			
Sector	LA BANDA ALTO	Altura (m.s.n.m.):		2098			
TIPO DE MOVIMIENTO		ESTADO		HUMEDAD		ESTILO	
	Caída	x	Activo		Seco	x	Compuesto
	Deslizamiento traslacional		Reactivado		Lig. Húmedo		Único
	Deslizamiento rotacional		Antiguo	X	Húmedo	x	Complejo
	Flujo		Estabilizado		Muy húmedo		Sucesivo
x	Reptación		Latente		Mojado		Múltiple
DISTRIBUCIÓN		DEFORMACIÓN DEL TERRENO			COBERTURA VEGETAL		
	Retrogresivo		MODO	SEVERIDAD	x	Cultivos	
X	Progresivo		Ondulación		Leve	Bosque/Selva	
	Ensanchándose		Escalonamiento		Media	X	Matorrales
	Confinado	x	Otro	X	Severa	X	Construcciones
	Enjambre						Sin cobertura
MATERIAL		MORFOMETRÍA					
	Roca	GENERAL			DIMENSIONES		
X	Detritos	280	Diferencia de altura corona a punta (m)		73	Ancho de la masa desplazada Wd (m)	
	Suelo	104	Longitud horizontal escarpe principal (m)		234	Longitud de masa desplazada Ld (m)	
PENDIENTE		15°	Pendiente de ladera (°)			Longitud de la línea central Lcl (m)	
x	Natural		Dirección de pendiente			Longitud total, L (m)	
	Artificial						
ORIGEN DEL SUELO							
	Residual						
X	Coluvial						
	Volcánico						
REGISTRO FOTOGRÁFICO							
							

FICHA DE INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA								
PROYECTO		CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO						
DATOS GENERALES		COORDENADAS DATUM: UTM WGS84			CÓDIGO	D-LBA-2		
Cantón	LOJA	Este/Long.		697092				
Parroquia	CARIGÁN	Norte/Lat.		9562024				
Sector	LA BANDA ALTO	Altura (m.s.n.m.)		2098				
TIPO DE MOVIMIENTO		ESTADO		HUMEDAD		ESTILO		
	Caida		Activo		Seco	x	Compuesto	
	Deslizamiento traslacional		Reactivado		Lig. Húmedo		Único	
	Deslizamiento rotacional		Antiguo	X	Húmedo		Complejo	
x	Flujo		Estabilizado		Muy húmedo		Sucesivo	
x	Reptación	X	Latente		Mojado		Múltiple	
DISTRIBUCIÓN		DEFORMACIÓN DEL TERRENO			COBERTURA VEGETAL			
	Retrogresivo		MODO		SEVERIDAD		x	Cultivos
X	Progresivo		Ondulación			Leve		Bosque/Selva
	Ensanchándose	X	Escalonamiento			Media	X	Matorrales
	Confinado		Otro		X	Severa	X	Construcciones
	Enjambre							Sin cobertura
MATERIAL		MORFOMETRÍA						
	Roca	GENERAL			DIMENSIONES			
X	Detritos		Diferencia de altura corona a punta (m)		50.2	Ancho de la masa desplazada Wd (m)		
	Suelo		Longitud horizontal escarpe principal (m)		108	Longitud de masa desplazada Ld (m)		
PENDIENTE			Pendiente de ladera (°)			Longitud de la línea central Lcl (m)		
x	Natural		Dirección de pendiente			Longitud total, L (m)		
	Artificial							
ORIGEN DEL SUELO								
		Residual						
X		Coluvial						
		Volcánico						
REGISTRO FOTOGRÁFICO								
								

FICHA DE INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA						
PROYECTO		CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO				
DATOS GENERALES		COORDENADAS DATUM: UTM WGS84			CÓDIGO	D-LBA-3
Cantón	LOJA	Este/Long.		696788		
Parroquia	CARIGÁN	Norte/Lat.		9561933		
Sector	LA BANDA ALTO	Altura (m.s.n.m.)		2096		
TIPO DE MOVIMIENTO		ESTADO		HUMEDAD		ESTILO
	Caída		Activo		Seco	Compuesto
	Deslizamiento traslacional		Reactivado		Lig. Húmedo	X Único
X	Deslizamiento rotacional		Antiguo	X	Húmedo	Complejo
	Flujo		Estabilizado		Muy húmedo	Sucesivo
	Reptación	X	Latente		Mojado	Múltiple
DISTRIBUCIÓN		DEFORMACIÓN DEL TERRENO			COBERTURA VEGETAL	
	Retrogresivo		MODO	SEVERIDAD		Cultivos
X	Progresivo		Ondulación		Leve	Bosque/Selva
	Ensanchándose		Escalonamiento		Media	Matorrales
	Confinado	X	Otro	X	Severa	X Construcciones
	Enjambre					Sin cobertura
MATERIAL		MORFOMETRÍA				
	Roca	GENERAL			DIMENSIONES	
X	Detritos	36	Diferencia de altura corona a punta (m)		50	Ancho de la masa desplazada Wd (m)
	Suelo	50	Longitud horizontal escarpe principal (m)		36	Longitud de masa desplazada Ld (m)
PENDIENTE			Pendiente de ladera (°)			Longitud de la línea central Lcl (m)
	Natural	SE	Dirección de pendiente			Longitud total, L (m)
	Artificial					
ORIGEN DEL SUELO						
		Residual				
X		Coluvial				
		Volcánico				
REGISTRO FOTOGRÁFICO						
						

FICHA DE INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA							
PROYECTO		CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO					
DATOS GENERALES		COORDENADAS DATUM: UTM WGS84			CÓDIGO	D-LBA-4	
Cantón	LOJA	Este/Long.		696695			
Parroquia	CARIGÁN	Norte/Lat.		9561917			
Sector	LA BANDA ALTO	Altura (m.s.n.m.)		2119			
TIPO DE MOVIMIENTO		ESTADO		HUMEDAD		ESTILO	
	Caída	X	Activo		Seco	X	Compuesto
	Deslizamiento traslacional		Reactivado	X	Lig. Húmedo		Único
X	Deslizamiento rotacional		Antiguo		Húmedo		Complejo
	Flujo		Estabilizado		Muy húmedo		Sucesivo
	Reptación		Latente		Mojado		Múltiple
DISTRIBUCIÓN		DEFORMACIÓN DEL TERRENO			COBERTURA VEGETAL		
	Retrogresivo		MODO	SEVERIDAD	X	Cultivos	
X	Progresivo		Ondulación	Leve		Bosque/Selva	
X	Ensanchándose	X	Escalonamiento	X	Media	X	Matorrales
	Confinado		Otro	Severa		Construcciones	
	Enjambre					Sin cobertura	
MATERIAL		MORFOMETRÍA					
	Roca	GENERAL			DIMENSIONES		
X	Detritos	66	Diferencia de altura corona a punta (m)		55	Ancho de la masa desplazada Wd (m)	
X	Suelo	32	Longitud horizontal escarpe principal (m)		66	Longitud de masa desplazada Ld (m)	
PENDIENTE			Pendiente de ladera (°)			Longitud de la línea central Lcl (m)	
X	Natural	SE	Dirección de pendiente			Longitud total, L (m)	
	Artificial						
ORIGEN DEL SUELO							
	Residual						
X	Coluvial						
	Volcánico						
REGISTRO FOTOGRÁFICO							
							

Proyecto: "Características geológicas que condicionan los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto"
Provincia: Loja **Cantón:** Loja
Ubicación: La Banda Alto
Solicitante: Sr. Fausto Torres **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 9/3/2021

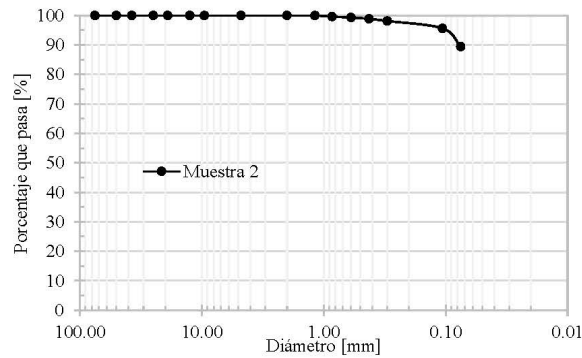
Datos

MUESTRA 2

$W_{seco\ inicial} =$ 237.30 **Ubicación:** N= 9562093
 $W_{seco\ lavado} =$ 25.100 0.1 g **E=** 696709
 $\Sigma W_{seco\ retenido} =$ 25.00 0.4 % **Cota:** 2088

Tamiz	Peso retenido parcial [g]	Peso retenido corregido [g]	Peso acumulado [g]	% Retenido	% Que Pasa	Especificación
3"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº10	0.02	0.02	0.02	0.01	99.99	
Nº 16	0.03	0.03	0.05	0.02	99.98	
Nº 20	0.95	0.95	1.00	0.42	99.58	
Nº 30	0.70	0.70	1.71	0.72	99.28	
Nº 40	1.10	1.10	2.81	1.18	98.82	
Nº 50	1.70	1.71	4.52	1.90	98.10	
Nº 100	5.90	5.92	10.44	4.40	95.60	
Nº 200	14.60	14.66	25.10	10.58	89.42	
Pasa # 200	212.30	212.20	237.30	100.00	0.00	
Total=		237.30				

D60: mm % Grava 0 Cu
D30: mm % Arena 11 Cc
D10: mm % Finos 89



Proyecto: "Características geológicas que condicionan los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto"
Provincia: Loja Cantón: Loja
Ubicación: La Banda Alto
Solicitante: Sr. Fausto Torres Elabora: DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 9/3/2021

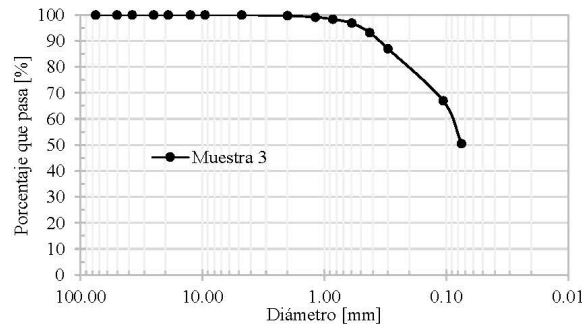
Datos

MUESTRA 3

$W_{seco\ inicial} =$ 446.37 Ubicación: N= 9562013
 $W_{seco\ lavado} =$ 220.930 0.7 g E= 696345
 $\Sigma W_{seco\ retenido} =$ 220.23 0.3 % Cota: 2123

Tamiz	Peso retenido parcial [g]	Peso retenido corregido [g]	Peso acumulado [g]	% Retenido	% Que Pasa	Especificación
3"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº10	1.33	1.33	1.33	0.30	99.70	
Nº 16	2.45	2.45	3.78	0.85	99.15	
Nº 20	3.63	3.65	7.43	1.66	98.34	
Nº 30	6.62	6.64	14.07	3.15	96.85	
Nº 40	16.20	16.25	30.32	6.79	93.21	
Nº 50	27.52	27.61	57.93	12.98	87.02	
Nº 100	89.21	89.50	147.43	33.03	66.97	
Nº 200	73.27	73.50	220.93	49.49	50.51	
Pasa # 200	226.14	225.44	446.37	100.00	0.00	
Total=		446.37				

D60: 0.09 mm % Grava 0 Cu
D30: mm % Arena 49 Cc
D10: mm % Finos 51



Proyecto:	"Características geológicas que condicionan los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto"				
Provincia:	Loja	Cantón:	Loja		
Ubicación:	La Banda Alto				
Solicitante:	Sr. Fausto Torres	Elabora:	DiconsGeotécnico Cia. Ltda.		
Fecha:	9/3/2021				

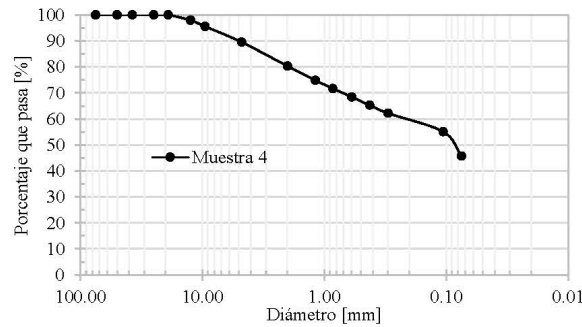
Datos

MUESTRA 4

$W_{seco\ inicial} =$	364.99	Ubicación:	N= 9561788
$W_{seco\ lavado} =$	198.210		E= 696333
$\Sigma W_{seco\ retenido} =$	197.51		Cota: 2135

Tamiz	Peso retenido parcial [g]	Peso retenido corregido [g]	Peso acumulado [g]	% Retenido	% Que Pasa	Especificación
3"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	7.48	7.51	7.51	2.06	97.94	
3/8"	8.54	8.57	16.08	4.40	95.60	
Nº 4	22.14	22.22	38.30	10.49	89.51	
Nº10	33.42	33.54	71.84	19.68	80.32	
Nº 16	19.91	19.98	91.82	25.16	74.84	
Nº 20	11.48	11.52	103.34	28.31	71.69	
Nº 30	11.85	11.89	115.24	31.57	68.43	
Nº 40	11.53	11.57	126.81	34.74	65.26	
Nº 50	11.18	11.22	138.02	37.82	62.18	
Nº 100	25.84	25.94	163.96	44.92	55.08	
Nº 200	34.13	34.25	198.21	54.31	45.69	
Pasa # 200	167.48	166.78	364.99	100.00	0.00	
Total=		364.99				

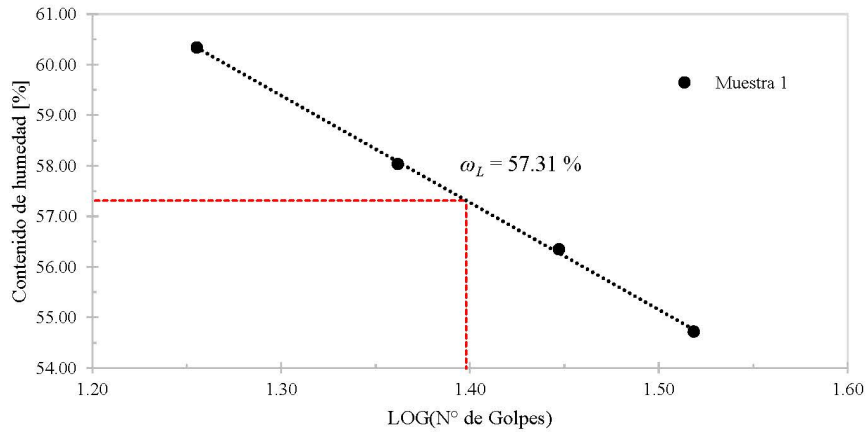
D60:	0.24	mm	% Grava	10	Cu
D30:		mm	% Arena	44	Cc
D10:		mm	% Finos	46	



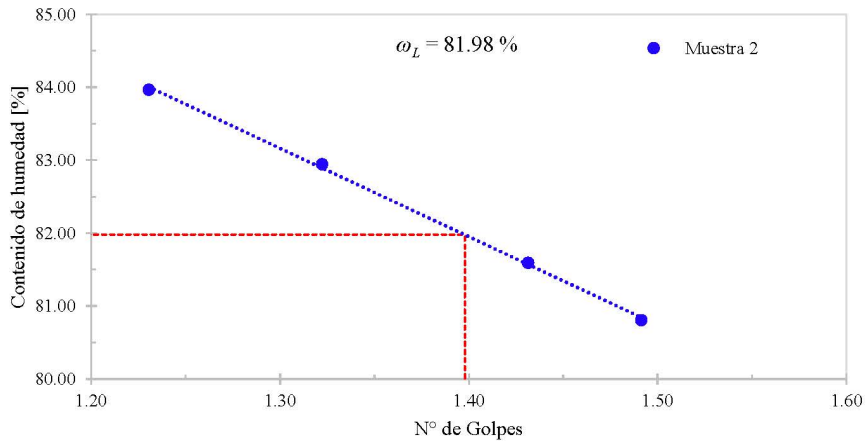
Proyecto:	"Características geológicas que condicionan los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto"		
Provincia:	Loja	Cantón:	Loja
Ubicación:	La Banda Alto		
Solicitante:	Sr. Fausto Torres	Elabora:	DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha:	9/3/2021		

LÍMITE LÍQUIDO (AASHTO T 89)

MUESTRA 1



MUESTRA 2



Proyecto:	"Características geológicas que condicionan los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto"		
Provincia:	Loja	Cantón:	Loja
Ubicación:	La Banda Alto		
Solicitante:	Sr. Fausto Torres	Elabora:	DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha:	9/3/2021		

LÍMITE PLÁSTICO (AASHTO T 90)

<i>Profundidad</i>	Muestra 1		Muestra 2	
	T1	T2	T1	T2
Nº de recipiente	8.503	8.371	4.299	4.279
Peso de recipiente (g)	8.791	8.542	4.543	4.554
Peso de suelo húmedo + recipiente (g)	8.750	8.518	4.496	4.500
Peso de suelo seco + recipiente (g)	0.247	0.147	0.197	0.221
Peso de agua (g)	0.041	0.024	0.047	0.054
Contenido de humedad (g)	16.599	16.327	23.858	24.434
Límite Plástico ω_p (%) =	16.463		24.146	

Parámetros obtenidos

Ítem	Símbolo	Muestra 1	Muestra 2
Límite Líquido	ω_L	57.31	81.98
Límite Plástico	ω_P	16.46	24.15
Índice de Plasticidad	IP	40.85	57.83

.....
 Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.
Especialista Geotécnico

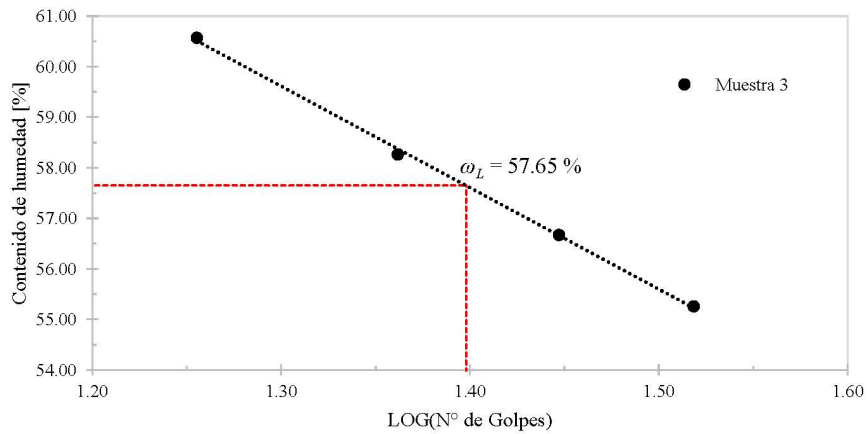
Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) Nº 811-16
 Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479

Pag.6/11

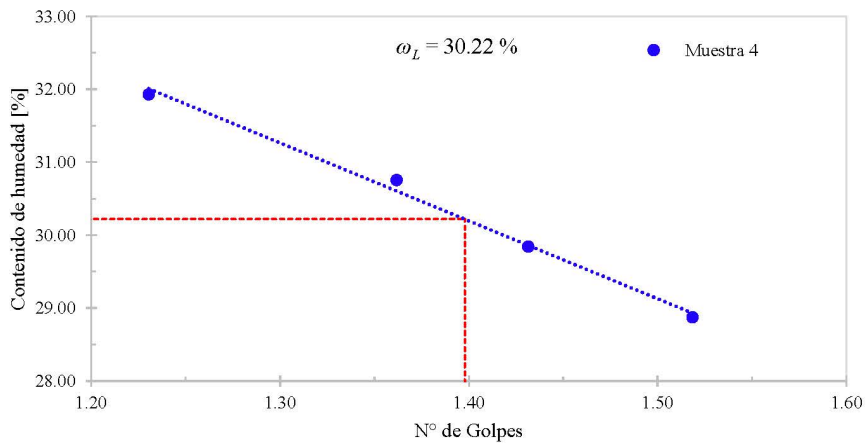
Proyecto:	"Características geológicas que condicionan los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto"		
Provincia:	Loja	Cantón:	Loja
Ubicación:	La Banda Alto		
Solicitante:	Sr. Fausto Torres	Elabora:	DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha:	9/3/2021		

LÍMITE LÍQUIDO (AASHTO T 89)

MUESTRA 3



MUESTRA 4



Proyecto:	"Características geológicas que condicionan los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto"		
Provincia:	Loja	Cantón:	Loja
Ubicación:	La Banda Alto		
Solicitante:	Sr. Fausto Torres	Elabora:	DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha:	9/3/2021		

LÍMITE PLÁSTICO (AASHTO T 90)

<i>Profundidad</i>	Muestra 3		Muestra 4	
	T1	T2	T1	T2
Nº de recipiente				
Peso de recipiente (g)	4.286	4.258	4.299	8.465
Peso de suelo húmedo + recipiente (g)	4.741	4.758	4.633	8.976
Peso de suelo seco + recipiente (g)	4.644	4.649	4.585	8.902
Peso de suelo seco (g)	0.358	0.391	0.286	0.437
Peso de agua (g)	0.097	0.109	0.048	0.074
Contenido de humedad (g)	27.095	27.877	16.783	16.934
Límite Plástico ω_p (%) =	27.486		16.858	

Parámetros obtenidos

Ítem	Símbolo	Muestra 3	Muestra 4
Límite Líquido	ω_L	57.65	30.22
Límite Plástico	ω_P	27.49	16.86
Índice de Plasticidad	IP	30.16	13.36

.....
 Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.
Especialista Geotécnico

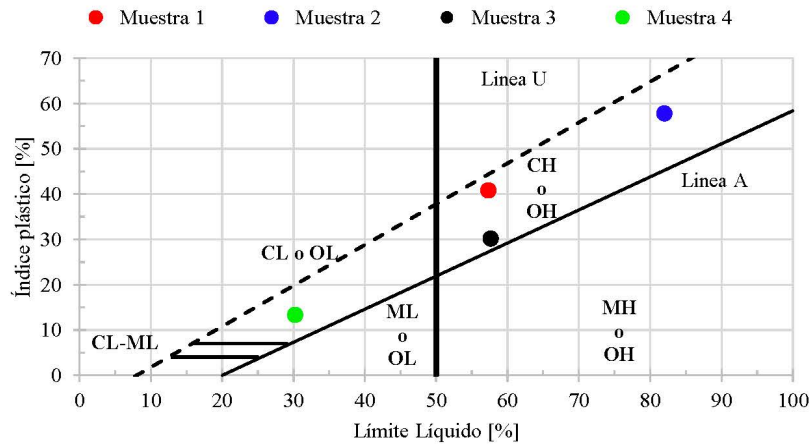
Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) Nº 811-16
 Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479

Pag. 8/11

Proyecto: "Características geológicas que condicionan los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto"	
Provincia: Loja	Cantón: Loja
Ubicación: La Banda Alto	
Solicitante: Sr. Fausto Torres	Elabora: DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 9/3/2021	

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS

Parámetros \ Prof.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Límite líquido ω_L (%)	57.31	81.98	57.65	30.22
Límite Plástico ω_P (%)	16.46	24.15	27.49	16.86
Índice de plasticidad IP (%)	40.85	57.83	30.16	13.36
Pasa tamiz N° 4 (5mm)	99.78	100.00	100.00	89.51
Pasa tamiz N° 40 (0.425 mm)	91.83	98.82	93.21	65.26
Pasa tamiz N° 200 (0.075 mm)	84.14	89.42	50.51	45.69
% Grava =	0.22	0.00	0.00	10.49
% Arena =	15.64	10.58	49.49	43.82
% Finos =	84.14	89.42	50.51	45.69
C_u				
C_c				



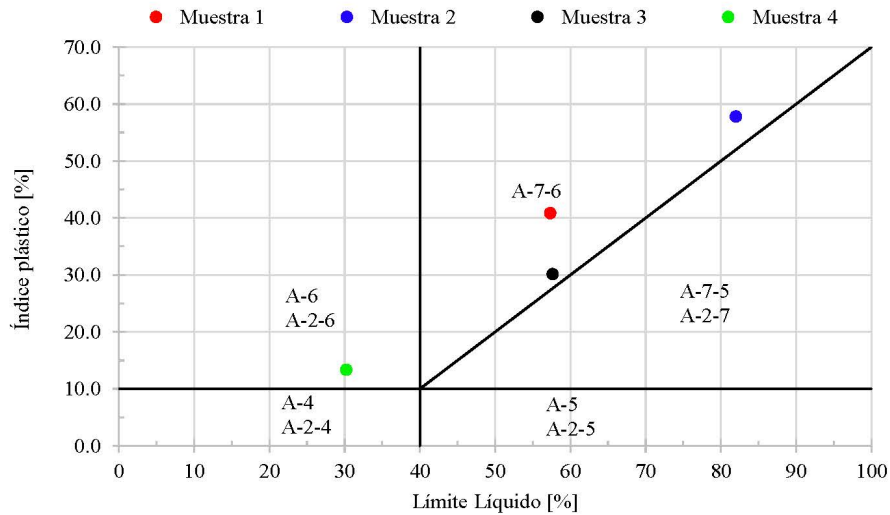
Clasificación

- Muestra 1** CH, Arcilla alta plasticidad
- Muestra 2** CH, Arcilla alta plasticidad
- Muestra 3** CH, Arcilla alta plasticidad arenosa
- Muestra 4** SC, Arena arcillosa con grava

Proyecto: "Características geológicas que condicionan los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto"
Provincia: Loja **Cantón:** Loja
Ubicación: La Banda Alto
Solicitante: Sr. Fausto Torres **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 9/3/2021

Clasificación AASHTO

Parámetros \ Prof.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Límite líquido ω_L (%)	57.31	81.98	57.65	30.22
Índice de plasticidad IP (%)	40.85	57.83	30.16	13.36
Pasa tamiz N° 10 (2mm)	98.01	99.99	99.70	80.32
Pasa tamiz N° 40 (0.425 mm)	91.83	98.82	93.21	65.26
Pasa tamiz N° 200 (0.075 mm)	84.14	89.42	50.51	45.69



Clasificación

Muestra 1	A-7-6	Suelo arcilloso
Muestra 2	A-7-6	Suelo arcilloso
Muestra 3	A-7-6	Suelo arcilloso
Muestra 4	A-6	Suelo arcilloso

.....
Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.
Especialista Geotécnico

Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16
Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479

Pag.10/11

Proyecto:	"Características geológicas que condicionan los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto"						
Provincia:	Loja	Cantón:	Loja				
Ubicación:	La Banda Alto						
Solicitante:	Sr. Fausto Torres			Elabora:	DiconsGeotécnico Cia. Ltda.		
Fecha:	9/3/2021		Fecha de muestreo:	7/2/2021			

<i>Prof.</i>	<i>Nro.</i> Recipiente	<i>W_{rec.}</i> [g]	<i>W_{rec}</i> <i>+M_{humeda}</i> [g]	<i>W_{rec}</i> <i>+M_{seca}</i> [g]	<i>W_{agua}</i> [g]	<i>W_{suelo}</i> [g]	<i>Contenido de</i> <i>agua</i> [%]
Muestra 1	M1	54.336	121.204	108.616	12.588	54.280	23.19
	M2	54.017	103.971	94.324	9.647	40.307	23.93
Promedio=							23.56
Muestra 2	M3	52.500	179.400	154.039	25.361	101.539	24.98
	M4	50.700	168.800	145.038	23.762	94.338	25.19
Promedio=							25.09
Muestra 3	M5	51.017	136.081	130.415	5.666	79.398	7.14
	M6	51.204	116.218	111.799	4.419	60.595	7.29
Promedio=							7.22
Muestra 4	M7	56.000	189.300	168.219	21.081	112.219	18.79
	M8	50.800	141.500	127.421	14.079	76.621	18.37
Promedio=							18.58

.....
 Ing. MSc. Vinicio F. Guahizaca C.
 Especialista Geotécnico

Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16
 Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479

Pag.11/11



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

La Banda Alto "MLB - 5" PROF= 1m.

PROYECTO:	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO		
PROCEDENCIA:	La Banda Alto "MLB - 5" PROF= 1 m.		
SOLICITADO:	Fausto Torres		
FECHA:	18/8/2022	ENSAYO:	Laboratorio UNL

Tabla 1 Contenido de Humedad de las muestras ensayadas.

Nº de muestra	W recip.	W recip + muestra húmeda	W recip + muestra seca	W Muestra húmeda (W ₁)	W muestra seca (W ₂)	W (%)	Resultado
1	27,17	41,8	38,88	1,54	1,43	24,94	25,09
2	27,29	45,9	42,17	1,68	1,55	25,07	
3	23,44	42,43	38,6	1,81	1,65	25,26	

Tabla 2. Dimensiones de la muestra 5

Peso anillo (gr)	59,60	Altura muestra inicial (cm)	2
Peso anillo + muestra (gr)	189,48	Altura muestra final (cm)	1,9
Peso muestra inicial (gr)	129,88	Lado (cm)	6
		Área (cm ²)	36

Tabla 3. Cálculo del esfuerzo cortante del primer ensayo de corte directo: 0.5 kg/cm²

C.H (%)	25,09	Carga (Kg)	1,75	Esfuerzo normal aplicado (kg/cm ²)	0,486
Ensayo Nº	1	Profundidad (m)	1		

Tabla 4. Datos de la Muestra ensayada 5 (0.5 kg)

Tiempo (min)	Lec. Def. vertical	Lec. Def. horizontal	Def. unitaria		Deformación (%)		Carga App (N)	Esf. Cortante (Kg/cm ²)
	mm	mm	V	H	V	H		
0,0800	0,0030	0,0100	0,0002	0,0002	0,0150	0,0167	7,4000	0,0210
0,5680	0,0060	0,2980	0,0003	0,0050	0,0300	0,4967	34,6000	0,0980
0,1410	0,0030	0,0350	0,0002	0,0006	0,0150	0,0583	18,3000	0,0518
0,2690	0,0040	0,0820	0,0002	0,0014	0,0200	0,1367	29,6000	0,0838
0,3560	0,0060	0,1160	0,0003	0,0019	0,0300	0,1933	32,6000	0,0923
0,5390	0,0060	0,2780	0,0003	0,0046	0,0300	0,4633	33,6000	0,0951
0,8650	0,0070	0,5260	0,0004	0,0088	0,0350	0,8767	47,7000	0,1351
1,9970	0,0150	1,1150	0,0008	0,0186	0,0750	1,8583	167,8000	0,4751
2,4350	0,0150	1,3010	0,0008	0,0217	0,0750	2,1683	213,3000	0,6040
3,3340	-0,0460	1,7090	-0,0023	0,0285	0,2300	2,8483	285,5000	0,8084
4,4340	-0,1820	2,2550	-0,0091	0,0376	0,9100	3,7583	290,8000	0,8234
6,4360	-0,4090	3,2460	-0,0205	0,0541	2,0450	5,4100	246,3000	0,6974
7,8910	-0,5830	3,9720	-0,0292	0,0662	2,9150	6,6200	222,5000	0,6300
8,4570	-0,6460	4,2570	-0,0323	0,0710	3,2300	7,0950	214,9000	0,6085
9,4110	-0,7470	4,7390	-0,0374	0,0790	3,7350	7,8983	188,1000	0,5326
10,6950	-0,8560	5,3620	-0,0428	0,0894	4,2800	8,9367	175,8000	0,4978
13,0570	-1,0170	6,5490	-0,0509	0,1092	5,0850	10,9150	151,3000	0,4284
14,4310	-1,0640	7,2010	-0,0532	0,1200	5,3200	12,0017	140,7000	0,3984
16,3400	-1,1480	8,1200	-0,0574	0,1353	5,7400	13,5333	134,3000	0,3803



Tabla 5. Dimensiones de la muestra 5

Peso anillo (gr)	59,60	Altura muestra inicial (cm)	2		
Peso anillo + muestra (gr)	194,88	Altura muestra final (cm)	1,9		
Peso muestra inicial (gr)	135,28	Lado (cm)	6	Área (cm ²)	36

Cálculo del esfuerzo cortante del primer ensayo de corte directo: 1 kg/cm²

C.H (%)	25,09	Carga (Kg)	3,5	Esfuerzo normal aplicado (kg/cm ²)	0,972
Ensayo N°	2	Profundidad (m)	1		

Tabla 6. Datos de la Muestra ensayada 5 (1 kg)

Tiempo (min)	Lec. Def. vertical (mm)	Lec. Def. horizontal (mm)	Def. unitaria		Deformación (%)		Carga App (N)	Esf. Cortante (Kg/cm ²)
			V	H	V	H		
0,0230	0,0370	0,0000	0,0019	0,0000	0,1850	0,0000	-1,2000	-0,0034
0,1530	0,0480	0,0420	0,0024	0,0007	0,2400	0,0700	31,7000	0,0898
0,4860	0,0690	0,1440	0,0035	0,0024	0,3450	0,2400	99,2000	0,2809
0,5980	0,0730	0,1920	0,0037	0,0032	0,3650	0,3200	119,2000	0,3375
0,8700	0,0820	0,3090	0,0041	0,0052	0,4100	0,5150	161,9000	0,4584
0,9430	0,0880	0,3360	0,0044	0,0056	0,4400	0,5600	171,1000	0,4845
1,4540	0,0940	0,5760	0,0047	0,0096	0,4700	0,9600	226,9000	0,6425
3,5620	0,0990	1,5550	0,0050	0,0259	0,4950	2,5917	308,0000	0,8721
4,4860	0,0980	2,0070	0,0049	0,0335	0,4900	3,3450	323,2000	0,9152
5,6040	0,0910	2,5590	0,0046	0,0427	0,4550	4,2650	335,0000	0,9486
6,1280	0,0750	2,8170	0,0038	0,0470	0,3750	4,6950	329,8000	0,9339
7,2470	0,0650	3,3790	0,0033	0,0563	0,3250	5,6317	335,5000	0,9500
8,4190	0,0520	3,9590	0,0026	0,0660	0,2600	6,5983	340,9000	0,9653
9,1480	0,0350	4,3070	0,0018	0,0718	0,1750	7,1783	338,3000	0,9579
11,0660	-0,0150	5,2450	-0,0008	0,0874	-0,0750	8,7417	333,8000	0,9452
13,8440	-0,0450	6,5710	-0,0023	0,1095	-0,2250	10,9517	316,0000	0,8948
15,3280	-0,0510	7,2920	-0,0026	0,1215	-0,2550	12,1533	314,2000	0,8897
17,1300	-0,0600	8,1640	-0,0030	0,1361	-0,3000	13,6067	323,1000	0,9149
19,1540	-0,0600	9,1560	-0,0030	0,1526	-0,3000	15,2600	309,0000	0,8750

Tabla 7. Dimensiones de la muestra 5

Peso anillo (gr)	59,60	Altura muestra inicial (cm)	2		
Peso anillo + muestra (gr)	193,01	Altura muestra final (cm)	1,9		
Peso muestra inicial (gr)	133,41	Lado (cm)	6	Área (cm ²)	36

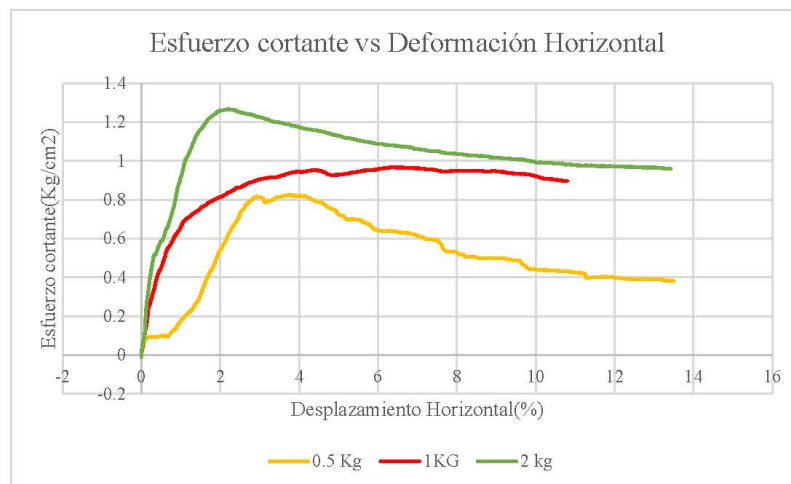
Cálculo del esfuerzo cortante del primer ensayo de corte directo: 2 kg/cm²

C.H (%)	25,09	Carga (Kg)	7	Esfuerzo normal aplicado (kg/cm ²)	1,944
Ensayo N°	3	Profundidad (m)	1		



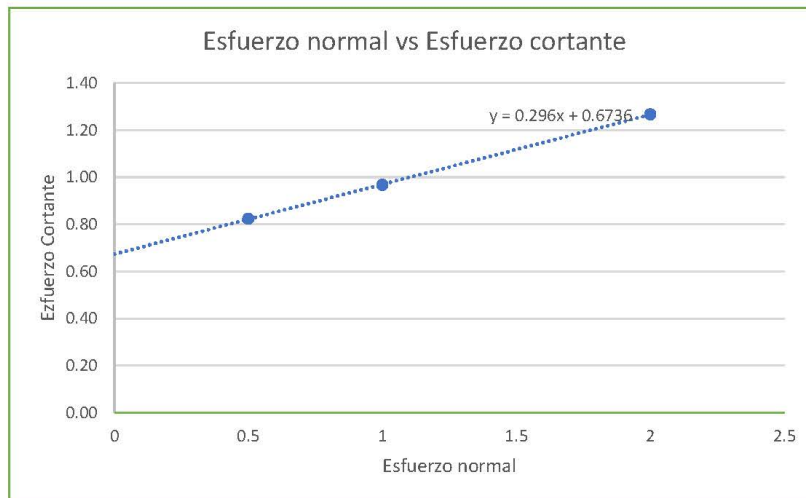
Tabla 8. Datos de la Muestra ensayada 5 (2 kg)

Tiempo (min)	Lec. Def. vertical mm	Lec. Def. horizontal mm	Def. unitaria		Deformación (%)		Carga App N	Esf. Cortante (Kg/cm2)
			V	H	V	H		
0,2540	0,0220	0,0320	0,0011	0,0005	0,1100	0,0533	27,2000	0,0770
0,9980	0,0670	0,2840	0,0034	0,0047	0,3350	0,4733	204,2000	0,5782
3,3560	0,1570	1,3250	0,0079	0,0221	0,7850	2,2083	447,3000	1,2666
4,0980	0,1610	1,6970	0,0081	0,0283	0,8050	2,8283	436,4000	1,2357
5,7260	0,1610	2,4990	0,0081	0,0417	0,8050	4,1650	411,6000	1,1655
7,0600	0,1590	3,1690	0,0080	0,0528	0,7950	5,2817	394,4000	1,1168
9,8820	0,1500	4,5660	0,0075	0,0761	0,7500	7,6100	368,7000	1,0440
11,2420	0,1420	5,2370	0,0071	0,0873	0,7100	8,7283	361,2000	1,0228
13,2360	0,1340	6,2430	0,0067	0,1041	0,6700	10,4050	349,3000	0,9891
14,9580	0,1150	7,0930	0,0058	0,1182	0,5750	11,8217	343,4000	0,9724
15,5450	0,1150	7,3830	0,0058	0,1231	0,5750	12,3050	342,5000	0,9698
16,1620	0,1150	7,6900	0,0058	0,1282	0,5750	12,8167	340,5000	0,9642
16,4010	0,1140	7,8090	0,0057	0,1302	0,5700	13,0150	340,7000	0,9647
16,5350	0,1140	7,8790	0,0057	0,1313	0,5700	13,1317	340,4000	0,9639
16,8890	0,1140	8,0450	0,0057	0,1341	0,5700	13,4083	338,7000	0,9591
16,9000	0,1140	8,0480	0,0057	0,1341	0,5700	13,4133	338,7000	0,9591
16,9060	0,1140	8,0500	0,0057	0,1342	0,5700	13,4167	338,7000	0,9591
16,9120	0,1140	8,0530	0,0057	0,1342	0,5700	13,4217	338,7000	0,9591
16,8890	0,1140	8,0450	0,0057	0,1341	0,5700	13,4083	338,7000	0,9591





#	E.normal (kg/cm ²)	E. cortante (kg/cm ²)	Fi φ	C (kg/cm ²)
1	0,5	0,82342281	16,49	0,6736
2	1	0,9669838		
3	2	1,26656473		





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

La Banda Alto "MLB - 7" PROF= 1m.

PROYECTO:	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO LA BANDA ALTO		
PROCEDENCIA:	La Banda Alto "MLB - 7" PROF= 1 m.		
SOLICITADO:	Fausto Torres		
FECHA:	18/8/2022	ENSAYO:	Laboratorio UNL

Tabla 5 Contenido de Humedad de las muestras ensayadas.

Nº de muestra	W recip.	W recip + muestra húmeda	W recip + muestra seca	W Muestra húmeda (W ₁)	W muestra seca (W ₂)	W (%)	Resultado
1	30,91	77,97	74,53	2,52	2,41	7,26	8,63
2	29,88	63,97	60,705	2,14	2,03	9,77	
3	29,74	65,03	61,65	2,19	2,07	8,85	

Tabla 6. Dimensiones de la muestra 7

Peso anillo (gr)	59,60	Altura muestra inicial (cm)	2	
Peso anillo + muestra (gr)	191,62	Altura muestra final (cm)	1,9	
Peso muestra inicial (gr)	132,02	Lado (cm)	6	Área (cm ²)
				36

Cálculo del esfuerzo cortante del primer ensayo de corte directo: 0.5 kg/cm²

C.H (%)	8,63	Carga (Kg)	1,75	Esfuerzo normal aplicado (kg/cm ²)	1,944
Ensayo Nº	1	Profundidad (m)	1		

Tabla 7 Datos de la Muestra ensayada 7 (0.5 kg)

Tiempo (min)	Lec. Def. vertical (mm)	Lec. Def. horizontal (mm)	Def. unitaria		Deformación (%)		Carga App (N)	Esf. Cortante (Kg/cm ²)
			V	H	V	H		
0,0630	0,0040	0,5080	-0,0002	0,0085	-0,0200	0,8467	19,8000	0,0561
1,1320	0,0490	1,0030	-0,0025	0,0167	-0,2450	1,6717	146,1000	0,4137
2,4390	0,1190	1,6220	-0,0060	0,0270	-0,5950	2,7033	237,8000	0,6733
3,1680	0,1660	1,9400	-0,0083	0,0323	-0,8300	3,2333	280,6000	0,7945
4,2800	0,2730	2,4700	-0,0137	0,0412	-1,3650	4,1167	324,4000	0,9186
5,0190	0,3560	2,8380	-0,0178	0,0473	-1,7800	4,7300	337,1000	0,9545
6,0010	0,4660	3,3000	-0,0233	0,0550	-2,3300	5,5000	347,4000	0,9837
7,2580	0,6410	3,9670	-0,0321	0,0661	-3,2050	6,6117	270,0000	0,7645
8,4180	0,7820	4,5820	-0,0391	0,0764	-3,9100	7,6367	242,3000	0,6861
9,1830	0,8940	4,9590	-0,0447	0,0827	-4,4700	8,2650	232,0000	0,6569
10,4910	1,0900	5,6310	-0,0545	0,0939	-5,4500	9,3850	213,6000	0,6048
11,9930	1,3130	6,4020	-0,0657	0,1067	-6,5650	10,6700	188,7000	0,5343
12,2850	1,3500	6,5610	-0,0675	0,1094	-6,7500	10,9350	185,9000	0,5264
14,7080	1,6910	7,7860	-0,0846	0,1298	-8,4550	12,9767	171,8000	0,4865
15,4920	1,8220	8,1700	-0,0911	0,1362	-9,1100	13,6167	169,8000	0,4808
16,8840	2,0020	8,8560	-0,1001	0,1476	-10,0100	14,7600	160,5000	0,4545
17,9950	2,1830	9,3970	-0,1092	0,1566	-10,9150	15,6617	154,5000	0,4375
18,0140	2,1840	9,4010	-0,1092	0,1567	-0,9200	15,6683	154,5000	0,4375
18,1620	-2,2060	9,4560	-0,1103	0,1576	-11,0300	15,7600	153,6000	0,4349



Tabla 5. Dimensiones de la muestra 7

Peso anillo (gr)	59,60	Altura muestra inicial (cm)	2		
Peso anillo + muestra (gr)	201,83	Altura muestra final (cm)	1,9		
Peso muestra inicial (gr)	142,23	Lado (cm)	6	Área (cm ²)	36

Cálculo del esfuerzo cortante del segundo ensayo de corte directo: 1 kg/cm²

C.H (%)	8,63	Carga (Kg)	3,5	Esfuerzo normal aplicado (kg/cm ²)	1,944
Ensayo N°	2	Profundidad (m)	1		

Tabla 6. Datos de la Muestra ensayada 7 (1 kg)

Tiempo (min)	Lec. Def. vertical (mm)	Lec. Def. horizontal (mm)	Def. unitaria		Deformación (%)		Carga App (N)	Esf. Cortante (Kg/cm ²)
			V	H	V	H		
0,0210	0,0070	0,0010	0,0004	0,0000	0,0350	0,0017	-0,2000	-0,0006
0,2820	0,0260	0,0210	0,0013	0,0004	0,1300	0,0350	36,6000	0,1036
0,6650	0,0360	0,1750	0,0018	0,0029	0,1800	0,2917	89,7000	0,2540
0,9130	0,0380	0,2850	0,0019	0,0048	0,1900	0,4750	98,6000	0,2792
1,2430	0,0390	0,4380	0,0020	0,0073	0,1950	0,7300	118,2000	0,3347
2,5420	0,0390	1,0700	0,0020	0,0178	0,1950	1,7833	126,4000	0,3579
3,6770	0,0380	1,6180	0,0019	0,0270	0,1900	2,6967	139,9000	0,3961
4,5580	0,0380	2,0430	0,0019	0,0341	0,1900	3,4050	163,2000	0,4621
5,9400	0,0280	2,6990	0,0014	0,0450	0,1400	4,4983	202,0000	0,5720
6,5810	0,0270	2,9970	0,0014	0,0500	0,1350	4,9950	222,5000	0,6300
7,6520	0,0110	3,5180	0,0006	0,0586	0,0550	5,8633	260,1000	0,7365
10,6900	-0,0740	4,9760	-0,0037	0,0829	-0,3700	8,2933	359,3000	1,0174
11,8830	-0,0980	5,5570	-0,0049	0,0926	-0,4900	9,2617	389,4000	1,1026
14,5230	-0,1880	6,8570	-0,0094	0,1143	-0,9400	11,4283	432,2000	1,2238
16,2750	-0,2450	7,7170	-0,0123	0,1286	-1,2250	12,8617	457,2000	1,2946
17,6740	-0,2860	8,4110	-0,0143	0,1402	-1,4300	14,0183	465,1000	1,3170
20,3450	-0,3560	9,7370	-0,0178	0,1623	-1,7800	16,2283	443,5000	1,2558
21,0010	-0,3620	10,0800	-0,0181	0,1680	-1,8100	16,8000	438,4000	1,2414
23,0130	-0,4060	11,0710	-0,0203	0,1845	-2,0300	18,4517	423,8000	1,2000

Tabla 7. Dimensiones de la muestra 7

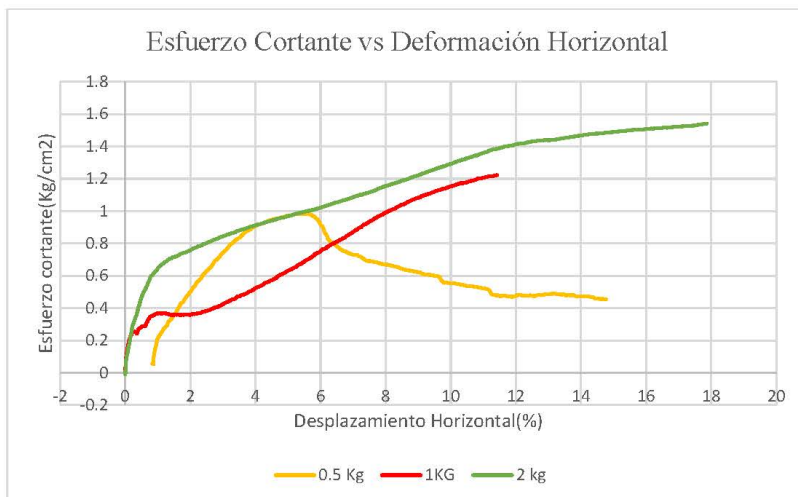
Peso anillo (gr)	59,60	Altura muestra inicial (cm)	2		
Peso anillo + muestra (gr)	195,63	Altura muestra final (cm)	1,9		
Peso muestra inicial (gr)	136,03	Lado (cm)	6	Área (cm ²)	36

Cálculo del esfuerzo cortante del tercer ensayo de corte directo: 2 kg/cm²

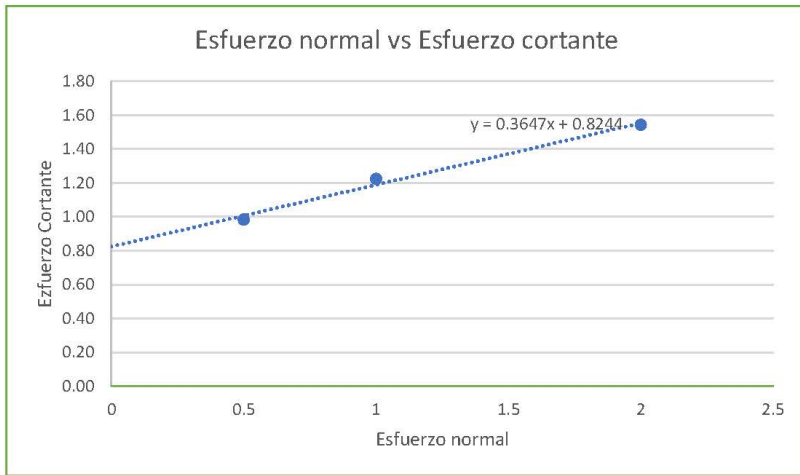
C.H (%)	8,63	Carga (Kg)	7	Esfuerzo normal aplicado (kg/cm ²)	0,5
Ensayo N°	3	Profundidad (m)	1		

Tabla 8. Datos de la Muestra ensayada 7 (2 kg)

Tiempo (min)	Lec. Def. vertical mm	Lec. Def. horizontal mm	Def. unitaria		Deformación (%)		Carga App N	Esf. Cortante (Kg/cm ²)
			V	H	V	H		
0,0280	0,0150	0,0020	0,0008	0,0000	0,0750	0,0033	-3,0000	-0,0085
0,8750	0,0780	0,3020	0,0039	0,0050	0,3900	0,5033	164,7000	0,4664
1,9650	0,1330	0,8000	0,0067	0,0133	0,6650	1,3333	247,2000	0,7000
3,2360	0,1590	1,4150	0,0080	0,0236	0,7950	2,3583	278,6000	0,7889
4,6620	0,1690	2,0820	0,0085	0,0347	0,8450	3,4700	310,5000	0,8792
5,6510	0,1790	2,5630	0,0090	0,0427	0,8950	4,2717	327,9000	0,9285
7,4440	0,1830	3,4600	0,0092	0,0577	0,9150	5,7667	356,0000	1,0080
9,8900	0,2150	4,6270	0,0108	0,0771	1,0750	7,7117	399,5000	1,1312
10,9260	0,2180	5,1240	0,0109	0,0854	1,0900	8,5400	420,8000	1,1915
12,3920	0,2180	5,8250	0,0109	0,0971	1,0900	9,7083	449,7000	1,2734
13,5730	0,2190	6,3830	0,0110	0,1064	1,0950	10,6383	471,8000	1,3359
14,8440	0,2190	6,9910	0,0110	0,1165	1,0950	11,6517	494,0000	1,3988
17,7830	0,2600	8,4250	0,0130	0,1404	1,3000	14,0417	518,8000	1,4690
18,9810	0,2850	8,9930	0,0143	0,1499	1,4250	14,9883	525,9000	1,4891
20,2180	0,3190	9,6020	0,0160	0,1600	1,5950	16,0033	532,6000	1,5081
21,8050	0,3690	10,3710	0,0185	0,1729	1,8450	17,2850	539,5000	1,5276
22,5570	0,3840	10,7240	0,0192	0,1787	1,9200	17,8733	544,7000	1,5424
23,3050	0,4030	11,0940	0,0202	0,1849	2,0150	18,4900	547,5000	1,5503
25,5730	0,4800	12,1950	0,0240	0,2033	2,4000	20,3250	541,3000	1,5327



#	E. normal (kg/cm ²)	E. cortante (kg/cm ²)	Fi φ	C (kg/cm ²)
1	0,5	0,9837	20,04	0,8244
2	1	1,2238		
3	2	1,5424		



Anexo 11. Certificado de traducción de resumen

Loja, 09 de noviembre de 2023

Yo Cinthya Julisa Infante Requenes., con número de cédula de identidad 0706650108
Licenciada en Ciencias de la Educación en la Especialidad de Idioma Inglés.

CERTIFICO:

Que, he realizado la traducción al idioma inglés del resumen del Trabajo de Titulación denominado: **Características geológicas que condicionan los movimientos en masa en el barrio La Banda Alto**, elaborado por el Sr. Fausto Bladimir Torres Leiva con número de cédula de identidad 1104116866, egresado de la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional de Loja.

Certifico en honor a la verdad, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

Atentamente:



Lic. Cinthya Julisa Infante Requenes

REGISTRO SENESCYT:1008-2016-1752476