



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y EL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN RIESGOS DE
DESASTRES**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**“ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN DE LA ESCUELA REMIGIO ROMERO Y
CORDERO ANTE LA OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS EN EL RECINTO
CAPILLUCO, PARROQUIA GUANUJO”**

AUTOR(A) (ES):

Dino Alexander Andy Santi

Danilo José Zurita Agualongo

DIRECTOR(A)

ING. Numa Inain Gaibor Velasco

PARES ACADÉMICOS

ING. Johanna Fernanda Dueñas

Duran

ING. Gloria Piedad Iñiguez

GUARANDA – ECUADOR

2026

TEMA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Análisis de la exposición de la Escuela Remigio Romero y Cordero ante la ocurrencia de deslizamientos en el recinto Capilluco, parroquia Guanujo.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por concederme salud, fortaleza, sabiduría y perseverancia para culminar esta importante etapa de mi formación profesional.

A mis padres, María Santi y Ricardo Félix Andy, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante. Gracias por ser mi inspiración y por brindarme las herramientas necesarias para superar los desafíos que se presentaron a lo largo de este camino académico.

Mi agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar y a la Carrera de Riesgos de Desastres, por permitirme adquirir los conocimientos y competencias que han contribuido a mi crecimiento personal y profesional.

De manera especial, agradezco a mi tutor de tesis y a los docentes que formaron parte de mi proceso académico, por su orientación, enseñanzas y valiosos aportes durante el desarrollo de esta investigación.

Asimismo, agradezco a la comunidad educativa de la Escuela de Educación Básica “Remigio Romero y Cordero”, por la colaboración y apertura brindadas para la realización del presente estudio.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron con su apoyo, consejos y palabras de aliento para hacer posible la culminación de este trabajo de titulación.

Dino Alexander Andy Santi

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por permitirme culminar con éxito esta etapa de mi formación profesional y por brindarme la fortaleza, sabiduría y perseverancia necesarias para superar cada desafío.

A mis padres, Milton Zurita y Jenny Agualongo, por su amor incondicional, sacrificio, apoyo constante y confianza en cada paso de mi vida. Gracias por ser mi ejemplo de esfuerzo y dedicación, y por impulsarme siempre a alcanzar mis metas. Este logro también es de ustedes.

A mi novia, Miriam Amangandi, por su compañía, comprensión y apoyo durante este proceso. Gracias por motivarme en los momentos difíciles, por creer en mis capacidades y por acompañarme con cariño y paciencia en el camino hacia la culminación de esta importante etapa.

A mis docentes de la carrera de Ingeniería en Riesgos y Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, por compartir sus conocimientos, experiencias y enseñanzas, contribuyendo significativamente a mi formación académica y profesional.

Finalmente, agradezco a todas las personas que de una u otra manera colaboraron y me brindaron su apoyo durante el desarrollo de esta investigación. Su ayuda y motivación fueron fundamentales para alcanzar este objetivo.

Gracias a todos por ser parte de este logro.

Danilo José Zurita Agualongo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a Dios, por ser mi guía y fortaleza durante cada etapa de mi vida, y por brindarme la oportunidad de culminar con éxito mi formación profesional.

A mis queridos padres, María Santi y Ricardo Félix Andy, quienes con su amor, esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional han sido el pilar fundamental para alcanzar esta meta. Gracias por creer siempre en mí, por sus consejos, valores y enseñanzas, y por motivarme a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles.

A mi familia, por acompañarme y brindarme su apoyo durante este proceso académico. Este logro no es solo mío, sino también de todas las personas que confiaron en mí y me impulsaron a cumplir este importante objetivo profesional

Dino Alexander Andy Santi

Dedico este trabajo de investigación, en primer lugar, a Dios, por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para superar cada desafío presentado a lo largo de mi formación académica.

A mis queridos padres, **Milton Zurita** y **Jenny Agualongo**, quienes han sido mi mayor apoyo y motivación. Gracias por su amor incondicional, sus consejos, sacrificios y esfuerzos constantes para ayudarme a alcanzar mis metas. Este logro también les pertenece a ustedes, porque con su ejemplo de trabajo, responsabilidad y perseverancia me enseñaron a nunca rendirme ante las dificultades.

A mi familia y a todas las personas que me acompañaron durante este camino, brindándome su apoyo y confianza para seguir adelante hasta culminar esta importante etapa de mi vida.

Danilo José Zurita Agualongo

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR Y PAR ACADÉMICO

CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR.

Guaranda, 18 de junio de 2026.

El suscrito Ingeniero Numa Inain Gaibor Velasco., Director del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: “ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN DE LA ESCUELA REMIGIO ROMERO Y CORDERO ANTE LA OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS EN EL RECINTO CAPILLUCO, PARROQUIA GUANUJO”; realizado por los señores: **Dino Alexander Andy Santi y Danilo José Zurita Agualongo** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.


ING. NUMA INAIN GAIBOR VELASCO

TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

DERECHOS DE AUTORÍA NOTARIZADA**BIBLIOTECA
GENERAL****DERECHOS DE AUTOR**

Yo/nosotros Dino Alexander Andy Santi y Danilo José Zurita Agualongo, portador/res de la Cédula de Identidad No 1600805319 y 0202519633 en calidad de autor/res y titular / es de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: "ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN DE LA ESCUELA REMIGIO ROMERO Y CORDERO ANTE LA OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS EN EL RECINTO CAPILLUCO", PARROQUIA GUANUJO" modalidad trabajo de investigación, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a mi/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo/autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El (los) autor (es) declara (n) que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Dino Alexander Andy Santi

Danilo José Zurita Agualongo

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Dino Alexander'.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Danilo Zurita'.

Dino Alexander Andy Santi
Cédula: 1600805319Danilo Zurita
Cédula: 0202519633

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	3
DEDICATORIA	5
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR Y PAR ACADÉMICO	7
DERECHOS DE AUTORÍA NOTARIZADA.....	8
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	14
ABSTRACT	15
1 CAPÍTULO 1. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	16
1.1 Planteamiento del Problema	16
1.2 Formulación del Problema.....	17
1.3 Preguntas de Investigación	17
1.4 Justificación de la investigación	17
1.5 Objetivos	19
1.6 Variables (Operacionalización).....	19
2 CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	23
2.1 Marco referencial	23
2.1.1 Características del área de estudio	23
2.2 Antecedentes	26
2.3 Bases teóricas.....	30
2.3.1 Movimientos de masa	30
2.3.2 Tipos de deslizamientos	31
2.4 Marco legal	57
2.4.1 Nivel fundamental.....	57
2.4.2 Nivel legal	58

	10
2.4.3 Nivel base e instrumentos de planificación	59
2.5 Marco conceptual	59
3 CAPITULO 3 METODOLOGÍA	65
3.1 Tipo de Investigación	65
3.2 Métodos de análisis de estabilidad de taludes.....	66
3.2.1 Método simplificado de Bishop	66
3.3 Enfoque de la investigación.....	69
3.4 Métodos de Investigación.....	69
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos	70
3.6 Universo, Población y Muestra.....	72
4 CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	72
4.1 Resultado 1	74
4.2 Resultado 2.....	110
4.2.1 Elementos expuestos ante la ocurrencia de deslizamientos.....	114
4.2.2 Análisis de los elementos expuestos de la escuela Remigio Romero y Cordero ante la ocurrencia de deslizamientos.	116
4.3 Resultado 3.....	118
5 CAPITULO Y RECOMENDACIONES.....	130
5.1 CONCLUSIONES	130
5.2 RECOMENDACIONES	131
6 BIBLIOGRAFIA.....	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables	19
Tabla 2: Causas que favorecen los Deslizamientos	41
Tabla 3: Área en metros cuadrados	93
Tabla 4: Muestra de suelo 1	94
Tabla 5: Resultados de la Muestra	95
Tabla 6: Muestra de suelo 2	96
Tabla 7: Resultados de Muestra	97
Tabla 8: Datos Iniciales del Estudio de Suelo Corte Directo	99
Tabla 9: Resultados del Corte Directo	105
Tabla 10: Ficha de Evaluación	111
Tabla 11: Infraestructura en metros cuadrados.....	116
Tabla 12: Medidas Preventivas.....	1264
Tabla 13: Medidas de Mitigación.....	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista General de la escuela Remigio Romero y Cordero	25
Figura 2: Mapa de ubicación de la escuela Remigio Romero y Cordero.....	26
Figura 3: Deslizamiento Rotacional	32
Figura 4: Deslizamiento Traslacional	33
Figura 5: Tipos de Deslizamientos.....	33
Figura 6: Movimientos de Flujo.....	35
Figura 7: Talud Natural.....	36
Figura 8: Talud Artificial.....	36
Figura 9: Ejemplo de Caídas	38
Figura 10: Desprendimientos.....	38
Figura 11: Tipos de vuelcos.....	39
Figura 12: Equilibrio de Fuerzas Bishop	67
Figura 13: Mapa de Delimitación.....	76
Figura 14: Modelo Digital de Terreno	77
Figura 15: Mapa de Pendientes.....	79

Figura 16: Mapa Geológico.....	82
Figura 17: Mapa Geomorfológico	84
Figura 18: Mapa de Cobertura Vegeta.....	86
Figura 19: Mapa de precipitación	87
Figura 20: Susceptibilidad a deslizamiento de la parroquia Guanujo.....	90
Figura 21: Mapa de susceptibilidad de la escuela Remigio Romero y Cordero	92
Figura 22: Aparato del Corte Directo	98
Figura 23: Perfil del Talud	106
Figura 24: Índice de Seguridad Geo 5.....	107
Figura 25: Índice de Seguridad Slid6.0	109
Figura 26: Infraestructura expuesta a deslizamiento	115

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Curva Granulométrica	95
Gráfico 2: Curva granulométrica.....	97
Gráfico 3: Esfuerzo y deformación de la muestra en el laboratorio de suelo	104
Gráfico 4: Gráfico de la carga normal vs carga de corte	105

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad analizar la exposición de la Escuela Remigio Romero y Cordero frente a la ocurrencia de deslizamientos en el recinto Capilluco, parroquia Guanujo. Este sector presenta condiciones características de la región andina, donde factores como la pendiente del terreno, el tipo de suelo y las precipitaciones influyen en la generación de movimientos en masa.

Para el desarrollo del estudio, se empleó un enfoque integral que combina herramientas de Sistemas de Información Geográfica, el análisis de estabilidad de taludes mediante el software Geo5 y la recopilación de información en campo. Durante las visitas realizadas, se pudo observar directamente el estado del terreno y las condiciones en las que se encuentra la infraestructura educativa.

Los resultados evidencian que el área presenta susceptibilidad a deslizamientos, asociada principalmente a las características del relieve y a la influencia de factores climáticos. De igual manera, el análisis de estabilidad permitió identificar condiciones que podrían generar inestabilidad en el terreno, lo cual coincide con lo observado durante el trabajo de campo.

En relación con la Escuela Remigio Romero y Cordero, se determinó que su ubicación la sitúa en una zona expuesta a esta amenaza, debido a su cercanía a taludes y a la limitada presencia de medidas de mitigación. Esta situación representa un riesgo potencial para la comunidad educativa ante la posible ocurrencia de un deslizamiento.

En conclusión, el estudio permite establecer la necesidad de implementar acciones orientadas a la prevención, monitoreo y mitigación, con el fin de reducir el nivel de exposición y mejorar las condiciones de seguridad en el sector.

INTRODUCCIÓN

En las zonas andinas del Ecuador, los deslizamientos de tierra constituyen una de las amenazas naturales más recurrentes, debido a la interacción de factores geomorfológicos, geológicos y climáticos. Esta problemática adquiere mayor relevancia cuando existen infraestructuras sensibles, como instituciones educativas, ubicadas en áreas con condiciones de inestabilidad del terreno, lo que incrementa el riesgo para la población.

El recinto Capilluco, perteneciente a la parroquia Guanujo del cantón Guaranda, presenta características propias de un entorno montañoso, con pendientes pronunciadas, suelos susceptibles y una fuerte influencia de las precipitaciones. Estas condiciones favorecen la ocurrencia de movimientos en masa, representando una amenaza latente para los habitantes y las infraestructuras del sector.

Dentro de este contexto se encuentra la Escuela Remigio Romero y Cordero, cuya ubicación en proximidad a un talud natural la expone a posibles eventos de deslizamiento. Esta situación hace necesario evaluar técnicamente su nivel de exposición con el fin de proponer medidas adecuadas de prevención y mitigación.

En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo analizar la exposición de la Escuela Remigio Romero y Cordero frente a la ocurrencia de deslizamientos en el recinto Capilluco, mediante la aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), análisis geotécnico y modelamiento de estabilidad de taludes con el software Geo5.

Los resultados obtenidos permitirán generar información técnica relevante que contribuya a la toma de decisiones en gestión de riesgos, orientadas a la protección de la comunidad educativa y a la reducción de vulnerabilidades en el sector.

ABSTRACT

This research aims to analyze the exposure of the Remigio Romero y Cordero School to landslides in the Capilluco area, Guanujo parish. This sector exhibits conditions characteristic of the Andean region, where factors such as slope, soil type, and rainfall influence the generation of mass movements.

For the development of the study, an integrated approach was used, combining Geographic Information System (GIS) tools, slope stability analysis using Geo5 software, and field data collection. During site visits, the condition of the terrain and the educational infrastructure were directly observed.

The results show that the area is susceptible to landslides, primarily due to the topographical characteristics and the influence of climatic factors. Similarly, the stability analysis identified conditions that could generate instability in the terrain, which coincides with the observations made during fieldwork. Regarding the Remigio Romero y Cordero School, it was determined that its location places it in an area exposed to this threat due to its proximity to slopes and the limited presence of mitigation measures. This situation represents a potential risk to the school community in the event of a landslide.

In conclusion, the study establishes the need to implement actions focused on prevention, monitoring, and mitigation in order to reduce the level of exposure and improve safety conditions in the area.

1 CAPÍTULO 1. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1 Planteamiento del Problema

Ecuador, por su ubicación geográfica y condiciones topográficas, presenta una alta susceptibilidad a fenómenos naturales, como son los deslizamientos de tierra. En los sectores como la Costa, Sierra y en la región Oriental ocurren deslizamientos, porque Ecuador es un país que se encuentra en su mayoría en zonas montañosas. (SNGR, s.f.)

Las expansiones de la frontera urbanas y agrícolas a zonas de los páramos y bosques no aptos e inadecuados para la habitualidad incrementan, en gran medida, la exposición a estos eventos peligrosos, aumentando el riesgo a estas poblaciones, familias y personas a sufrir sus consecuencias, principalmente en la provincia de Bolívar.

Este tipo de amenaza geodinámica afecta principalmente a zonas rurales y de ladera, donde la combinación de suelos inestables, fuertes precipitaciones y ocupación humana desordenada incrementa significativamente el riesgo para las personas, la infraestructura y los medios de vida. (Avilés L., 2017)

En particular, el recinto Capilluco se distingue por su carácter rural predominante, con una topografía caracterizada por pendientes pronunciadas, una geología predispuesta a movimientos, una expansión urbana y agrícola progresiva, frecuentemente carente de una planificación adecuada. Estas condiciones hacen que la población y los elementos físicos en la zona estén cada vez más expuestos a deslizamientos, cuyas consecuencias pueden ser graves en términos de pérdidas humanas, económicas y ambientales.

Uno de los retos más significativos en la administración del riesgo en estas áreas es la carencia de datos técnicos actualizados y geoespacialmente exactos acerca de los elementos en

riesgo. La falta de análisis exhaustivos reduce la habilidad de los responsables de la toma de decisiones para formular estrategias efectivas de prevención, mitigación y respuesta.

En este escenario, la utilización de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se torna esencial. Estas tecnologías permiten integrar, visualizar y analizar datos espaciales relacionados con el terreno, el uso del suelo, la densidad poblacional y otros factores críticos, facilitando la identificación de zonas vulnerables y la priorización de acciones.

Esta carencia dificulta el diseño de estrategias eficaces para reducir la exposición y fortalecer la resiliencia en el recinto Capilluco frente a estos eventos.

1.2 Formulación del Problema

¿Cuál es el nivel de exposición de la Escuela Remigio Romero y Cordero ante la ocurrencia de deslizamientos en el recinto Capilluco, parroquia Guanujo?

1.3 Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es el nivel de estabilidad del talud de la Escuela Remigio Romero y Cordero según el análisis realizado con el software Geo5?

1.4 Justificación de la investigación

En la SNGR (Secretaría Nacional de Gestión del Riesgo), aborda la exposición de una infraestructura educativa como un origen geodinámico. El evaluar la exposición ante la ocurrencia de deslizamientos en la Escuela Remigio Romero y Cordero resulta fundamental, ya que la población escolar constituye un grupo prioritario dentro de las políticas nacionales de protección y resiliencia. A pesar de la evidente susceptibilidad del recinto Capilluco a movimientos en masa, no se dispone de estudios técnicos específicos que permitan identificar el nivel real de amenaza ni establecer medidas preventivas adecuadas.

El presente proyecto se centra en el eje “Institucional” del Plan de Desarrollo para el nuevo Ecuador 2024-2025, específicamente en el objetivo 10, siendo su eje la gestión de riesgos, el cual prioriza la promoción de ciudades y comunidades resilientes mediante acciones de prevención y mitigación frente a amenazas naturales. (PND, 2024 - 2025)

El conocimiento detallado sobre las amenazas naturales y los elementos expuestos es esencial para una planificación territorial eficaz y una gestión de riesgos adecuada. La identificación precisa de las áreas susceptibles a deslizamientos nos permitirá optimizar la toma de decisiones, priorizar intervenciones, reducir pérdidas humanas y materiales ante posibles deslizamientos. La combinación de todos estos factores incrementa la susceptibilidad a deslizamientos en el recinto Capilluco. Es crucial disponer de herramientas técnicas que nos permitan evaluar esta exposición de forma precisa y puntual.

El objetivo de esta investigación es utilizar el software Geo5 como la herramienta principal, lo cual facilita la modelación de la estabilidad de taludes y el cálculo de factores de seguridad, apoyando así la toma de decisiones tanto preventivas como correctivas.

Asimismo, los hallazgos de este estudio podrán respaldar la creación de políticas públicas dirigidas a la disminución del riesgo, facilitar la elaboración de planes de emergencia, y servir como fundamento técnico para la implementación de estrategias de reubicación o protección de infraestructuras. También contribuirán a fortalecer la capacidad institucional para monitorear amenazas geodinámicas a través de tecnologías geoespaciales, mejorando así la toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo.

Este proyecto no solo aportará beneficios a las autoridades locales y organismos de gestión de riesgos, sino también a la comunidad de Capilluco, al elevar la conciencia sobre los

riesgos, promover una cultura de prevención y establecer acciones concretas que protejan vidas, bienes y ecosistemas frente a la constante amenaza de deslizamientos.

1.5 Objetivos

Objetivo general

Analizar la exposición de la Escuela Remigio Romero y Cordero ante la ocurrencia deslizamientos en el recinto Capilluco, parroquia Guanujo

Objetivos específicos

- Evaluar la estabilidad del talud cercano a la Escuela Remigio Romero y Cordero, mediante modelamiento geotécnico con el programa Geo5.
- Análisis visual de la infraestructura mediante una ficha de campo ante la exposición a deslizamientos
- Proponer medidas de prevención y mitigación orientadas a reducir la exposición de la escuela ante deslizamientos

1.6 Variables (Operacionalización)

Variable Dependiente:

Variable Independiente:

Tabla 1: Variables

Variables a utilizar en el proyecto de Investigación

Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Escala	Instrumentos
Deslizamientos	Potencial de ocurrencia de deslizamientos en un lugar específico, considerando factores geológicos, hidrológicos, geomorfológicos y sísmicos.	Susceptibilidad a deslizamientos	Modelo Digital de terreno Pendientes Geología Geomorfología Cobertura vegetal Precipitaciones	Muy baja, baja, media, alta y muy alta	Herramientas SIG: ArcGIS versión 10.4 y ArcGIS Desktop 10.8.2
		Estabilidad del talud	Ensayos granulométricos	1.50 estable =1.50 indiferente	Software Geo5 y Slide 6.0

			Cohesión Ángulo de fricción	<1.50 inestable Grados	
Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Escala	Instrumentos
Exposición	Grado de afectación de la escuela: sus características generales de la estructura, condiciones de terreno y su vulnerabilidad	Características Generales de la estructura	Tipo estructural • Número de pisos • Sistema resistente • Cimentación visible • Estado general de muros y columnas • Estado de la cubierta • Presencia de inclinaciones o separación en la estructura • Material predominante en muros	Descriptiva	Ficha de Evaluación visual,
		Condiciones del terreno y entorno	• Ubicación respecto al talud • Distancia de la estructura al borde del talud • Pendiente del terreno • Tipo de suelo	Muy baja, Baja, Moderado, Alto, Muy alto	Ficha de Evaluación visual,

Datos y evidencias de la inestabilidad	• Cobertura vegetal • Drenaje pluvial del entorno • Presencia de muros de contención • Evidencia de erosión o saturación • Tipo de daño • Grietas en muros o pisos • Desplazamientos de muros o columnas • Asentamientos diferenciales • Daños en muros de contención • Deformaciones estructurales • Filtraciones o humedad visible	Muy baja, Baja, Moderado, Alto, Muy alto	Ficha de Evaluación visual,
Evaluación	Bajo, medio y alto	Descriptiva	

2 CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1 Marco referencial

El recinto Capilluco está situado en la parroquia rural de Guanujo, cantón Guaranda, en la provincia de Bolívar, dentro de la región Sierra Centro de Ecuador. El sector en cuestión tiene características del tipo rural, propias de ser una zona andina, en particular, pues es una zona con predominancia de laderas, por lo que se ha demostrado una condición de pendientes variables que afecta el uso del suelo y la forma de ocupación del territorio, resultando en una superficie en la que dependen actividades agrícolas y ganaderas, que contribuyen con la principal fuente de ingreso y sustento de la población, siendo la mora su fruto de preferencia.

2.1.1 Características del área de estudio

El recinto Capilluco fue fundado en 1849, se encuentra en las faldas de las montañas, vía principal del cantón Echandía, provincia de Bolívar. Su nombre deriva de (capilla en el hueco) reflejando su origen histórico, su ubicación tan particular y su geografía.

Debido a su proximidad a la vía Echandía, el recinto Capilluco presenta una gran cantidad de laderas y taludes naturales que, debido a determinadas condiciones climáticas, especialmente en épocas de lluvias, como son (febrero - mayo), pueden experimentar procesos de inestabilidad. Las viviendas que se encuentran en el recinto Capilluco, están distribuidas de forma dispersa, presentando en su mayoría un tipo de estructura que es mixta, y un pequeño porcentaje aún tiene sus viviendas tradicionales con forma de caña y madera.

Dentro de este contexto se ubica la Escuela Remigio Romero y Cordero, una infraestructura educativa de gran importancia para la comunidad, su nivel educativo es educación básica, su régimen escolar es (Costa), con una modalidad presencial y una jornada matutina.

Estudiantes y docentes de la Escuela Remigio Romero y Cordero

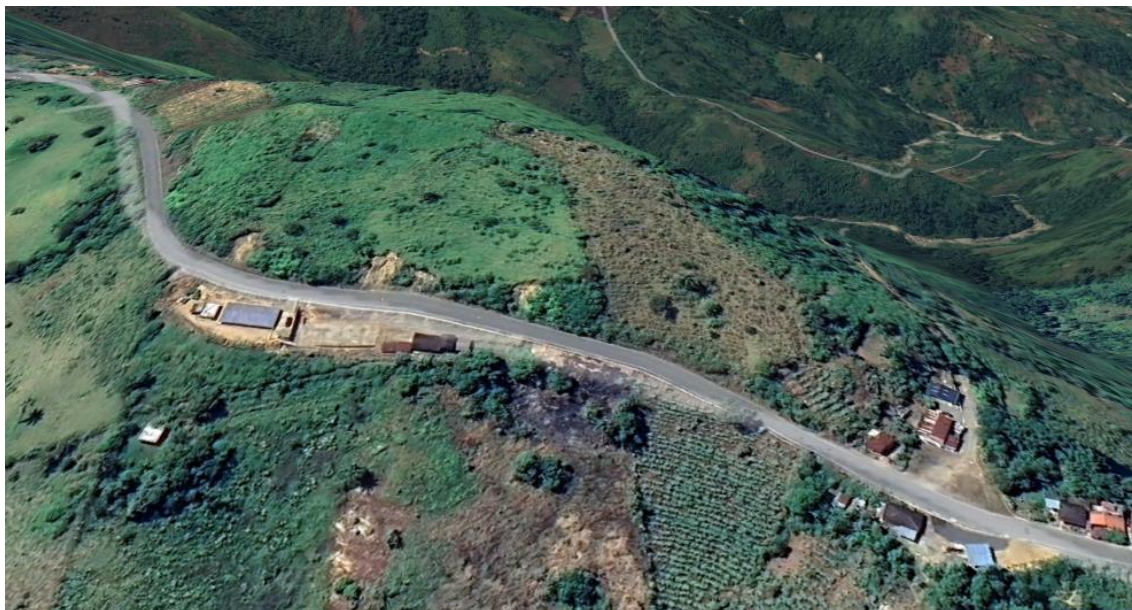
- El número total de docentes es 2
- El número total de estudiantes femeninos es 21
- El número total de estudiantes masculinos es 25
- Y el total de estudiantes en el establecimiento es 46

Estudiantes por curso:

- Niñas de primer año de Educación Básica: 5
- Niños de primer año de Educación Básica: 4
- Niñas de segundo año de Básica: 5
- Niños de segundo año de Básica: 2
- Niñas de tercer año de Educación Básica: 1
- Niños de tercer año de Educación Básica: 2
- Niñas de cuarto año de Educación Básica: 3
- Niños de cuarto año de Educación Básica: 4
- Niñas de quinto año de Educación Básica: 4
- Niños de quinto año de Educación Básica: 9
- Niñas de sexto año de Educación Básica: 2
- Niños de sexto año de Educación Básica: 5
- Niñas de séptimo año de Educación Básica: 2
- Alumnos de séptimo año de Educación Básica: 5

(InfoEscuelas, 2026)

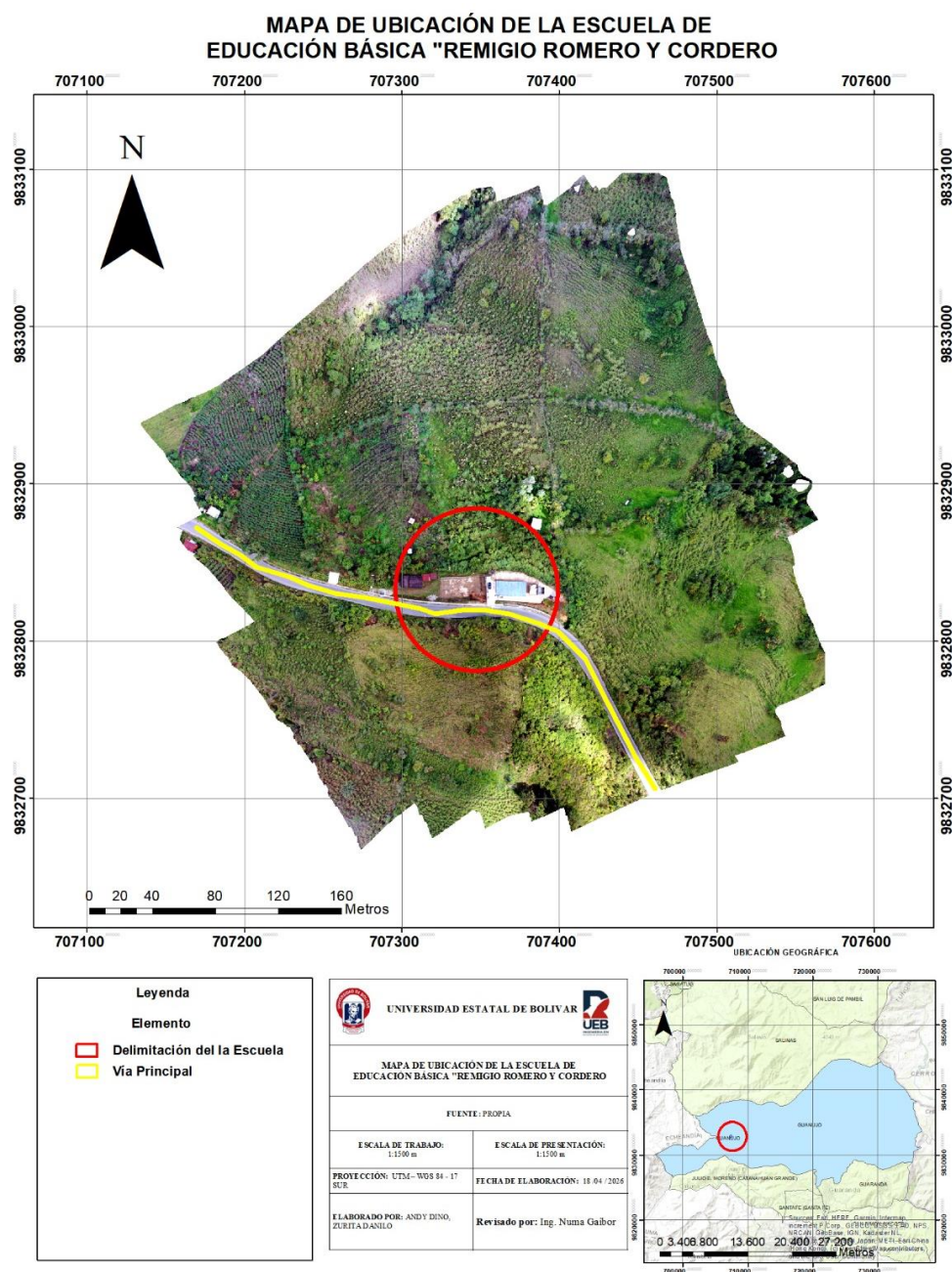
Figura 1: *Vista General* de la escuela Remigio Romero y Cordero



Nota: Se representa la ubicación de la escuela Remigio Romero y Cordero fuente:

Google Earth

Figura 2: Mapa de ubicación de la escuela Remigio Romero y Cordero



Nota. El mapa muestra la localización del área de estudio, elaborado mediante un Sistema de Información Geográfica. Fuente: Elaboración propia (2025).

2.2 Antecedentes

Para el desarrollo de la presente investigación se revisaron diversos estudios relacionados con la susceptibilidad a deslizamientos, la estabilidad de taludes y la identificación de elementos expuestos en zonas susceptibles a movimientos en masa. Estas

investigaciones permiten comprender los factores que influyen en la ocurrencia de deslizamientos, así como las metodologías empleadas para su análisis mediante herramientas geotécnicas y Sistemas de Información Geográfica (SIG). La revisión de estos antecedentes proporciona una base teórica y metodológica que sustenta el análisis del sector Capilluco, parroquia Guanujo, y permite contextualizar la evaluación de la exposición de infraestructuras cercanas, como la Escuela Remigio Romero y Cordero.

Uno de los estudios relevantes en el ámbito internacional es el desarrollado por (Napoli, 2021), quienes evaluaron la susceptibilidad a deslizamientos superficiales inducidos por lluvias intensas mediante una metodología combinada que considera tanto el desprendimiento inicial como el tránsito y el alcance del material desplazado. La investigación fue aplicada en el Parque Nacional Cinque Terre, Italia, donde se integraron técnicas de Machine Learning, como redes neuronales y modelos de entropía máxima, junto con herramientas de Sistemas de Información Geográfica basadas en el método geométrico del ángulo de alcance, con el fin de predecir las zonas de invasión del material movilizado. Los hallazgos demostraron que la combinación de estos modelos facilitó la detección de zonas susceptibles a deslizamientos y áreas que usualmente se consideraban de baja vulnerabilidad en mapas tradicionales. Se observó que un considerable porcentaje de los deslizamientos registrados se alineó con las regiones catalogadas como de alta y muy alta vulnerabilidad. Este análisis subraya la relevancia de evaluar no solo el lugar donde se origina el deslizamiento, sino también la posible extensión del material que ha sido desplazado.

En el contexto latinoamericano, (Pinho & Filho, 2022) evaluaron la eficacia de diferentes modelos de estabilidad de taludes para la predicción de deslizamientos inducidos por lluvias intensas en la región de Serra do Mar, Brasil. El estudio analizó un evento de precipitación extrema ocurrido en enero de 2014, el cual generó numerosos movimientos en

masa en la zona. Para el análisis se integraron en un entorno de Sistemas de Información Geográfica datos relacionados con la profundidad del suelo, el nivel freático y la intensidad de lluvia, registrándose aproximadamente 210 mm en un periodo de dos horas. Con base en esta información, se realizó una comparación entre varios modelos de estabilidad de taludes, incluyendo el modelo de talud infinito, SHALSTAB, SINMAP y TRIGRS, con la finalidad de determinar cuál de ellos reflejaba de forma más adecuada las condiciones de saturación y falla del terreno. Los hallazgos demostraron que el modelo TRIGRS facilitó la creación de mapas de susceptibilidad más fiables en situaciones críticas de lluvias intensas, identificando de manera más precisa las áreas donde tuvieron lugar los deslizamientos.

A nivel nacional, (Bravo López, 2023) evaluaron la susceptibilidad a deslizamientos rotacionales en los alrededores de la ciudad de Cuenca, Ecuador, mediante el uso de algoritmos de aprendizaje automático. Para el desarrollo de la investigación se emplearon modelos como Random Forest y XGBoost con el propósito de identificar los factores condicionantes más influyentes en la ocurrencia de deslizamientos. En total, se consideraron quince variables, entre ellas factores topográficos, de cobertura terrestre, hidrológicos y geológicos. Los hallazgos indicaron que el modelo XGBoost logró un grado elevado de exactitud en la identificación de regiones propensas, evidenciando una correlación notable con deslizamientos reales situados en sectores catalogados con alta y muy alta susceptibilidad. Este análisis subraya la relevancia de disponer de modelos digitales de elevación con alta resolución para optimizar la precisión de los estudios de susceptibilidad en áreas montañosas en el contexto andino de Ecuador.

Un estudio significativo, llevado a cabo en Ecuador, es el que realizaron (Carrión-Mero, 2021), en el que examinaron la estabilidad de los taludes en el cerro Las Cabras, situado en la ciudad de Durán, con la intención de proporcionar información técnica que apoye la planificación urbana. La investigación combinó análisis geológicos y geotécnicos en

el terreno con evaluaciones de la susceptibilidad del suelo y cálculos del factor de seguridad utilizando el método de Bishop, lo que facilitó la determinación de las condiciones de estabilidad de los taludes en la zona de estudio. Los resultados permitieron identificar sectores con potencial inestabilidad que podrían representar un riesgo para las infraestructuras cercanas.

En el contexto local, (Rodríguez Gaibor y Helder Daniel, 2023) analizaron la susceptibilidad ante fenómenos de remoción en masa en los taludes localizados en el tramo vial Chachisagua – Vinchoa Grande, en el cantón Guaranda, provincia de Bolívar. Para el desarrollo del estudio se integró el análisis de imágenes satelitales con levantamientos geológicos, geomecánicos y estructurales realizados en campo. Asimismo, se determinó la valoración geomecánica de los afloramientos rocosos mediante el índice RMR de Bieniawski y se identificaron los tipos de rotura a través de análisis estructural utilizando el software DIPS. Posteriormente, se elaboraron mapas temáticos en un entorno de Sistemas de Información Geográfica, considerando variables como pendiente, cobertura vegetal, geología y precipitación, cuyos datos fueron ponderados mediante el método multicriterio para la generación del mapa de susceptibilidad.

Finalmente, (Cadena y Gavilanes, 2024), analizaron la susceptibilidad a deslizamientos y los elementos expuestos en la quebrada Negroyacu, desde el sector Alpachaca hasta el barrio La Primavera, en la ciudad de Guaranda (Cadena y Gavilanes, 2024). Para el desarrollo de la investigación se aplicó una metodología que incluyó el uso de fotogrametría mediante dron para la generación de un modelo digital de elevación, así como ensayos de laboratorio para la caracterización del suelo mediante granulometría y clasificación SUCS. Asimismo, se evaluó la estabilidad de taludes utilizando el software GEO5 mediante el método de Bishop. Los resultados evidenciaron que el sector presenta un

alto grado de susceptibilidad a deslizamientos, identificándose edificaciones y redes de servicios básicos ubicadas en zonas clasificadas como de amenaza alta.

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Movimientos de masa

Los movimientos en masa constituyen procesos geológicos caracterizados por el desplazamiento de materiales como suelo, roca o detritos a lo largo de una pendiente, bajo la influencia directa de la gravedad (Highland & Bobrowsky, 2008). Estos fenómenos, también denominados deslizamientos o fallas de talud, ocurren cuando las fuerzas impulsoras como el peso del material y la presencia de agua superan la resistencia interna de los materiales que conforman la ladera (Highland y Bobrowsky, 2008)

La magnitud y velocidad de estos procesos pueden variar considerablemente, desde desplazamientos lentos de carácter milimétrico hasta colapsos repentinos y de gran magnitud que generan modificaciones importantes en el relieve y pueden representar un riesgo para la infraestructura y la población cercana (UNGRD, 2020).

2.3.1.1 Clasificación de los movimientos en masa

La literatura especializada clasifica los movimientos en masa según el tipo de desplazamiento y el material involucrado, como roca, suelo o detritos, (UNGRD, 2020).

Entre los principales tipos se encuentran los siguientes:

Deslizamientos

Los deslizamientos corresponden a movimientos que ocurren a lo largo de superficies de ruptura claramente definidas dentro del terreno (UNGRD,2020) .

Caídas

Las caídas corresponden a desprendimientos abruptos de fragmentos de roca o suelo desde pendientes empinadas o acantilados (Geological Survey, 2008). En este tipo de

movimiento, el material desciende principalmente mediante caída libre, rebotes o rodadura a lo largo de la pendiente.

Flujos de detritos

Los flujos de detritos constituyen movimientos rápidos en los cuales el suelo suelto, las rocas y el agua se combinan formando una mezcla viscosa que fluye por canales o laderas (Geological Survey, 2008). Estos procesos presentan una elevada capacidad destructiva debido a su velocidad de desplazamiento y al volumen de material movilizado.

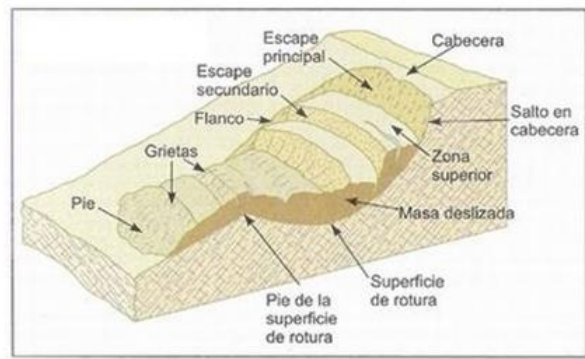
Reptación

La reptación corresponde a un movimiento extremadamente lento del suelo superficial que ocurre de forma progresiva a lo largo del tiempo (Geological Survey, 2008). Aunque este fenómeno suele ser imperceptible a corto plazo, puede evidenciarse mediante la inclinación gradual de árboles, postes o estructuras ubicadas sobre la pendiente.

2.3.2 Tipos de deslizamientos

Deslizamiento rotacional: Se denomina circular o múltiple. Es un tipo de deslizamiento que predomina más en la superficie en forma de golpe de cuchara. Ocurre continuamente en suelos homogéneos de un gran espesor y rocas muy fracturadas. Presenta una superficie de ruptura curva y un movimiento rotacional de la masa. Es frecuente en taludes donde se desarrolla una falla con geometría circular y donde el material conserva cierta coherencia durante el movimiento (Highland, 2008).

Figura 3: Deslizamiento Rotacional



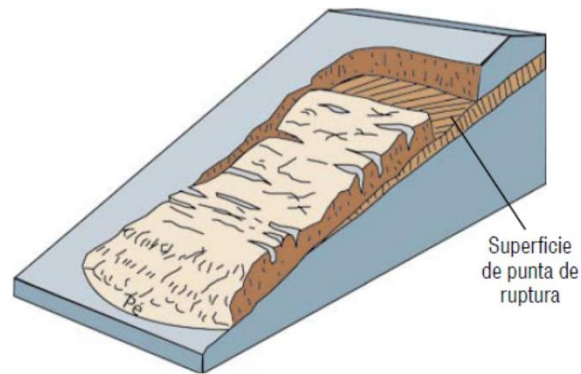
Nota: Deslizamiento rotacional y sus partes (Vallejo, 2002)

Deslizamiento traslacional: También conocido como deslizamiento planar, ocurre sobre superficies relativamente planas y suele asociarse a discontinuidades o contactos. Puede recorrer distancias mayores si se mantienen la inclinación y la continuidad del plano de ruptura (Highland y Bobrowsky, 2008).

Entre los tipos de deslizamiento traslacional, tenemos:

- **Resbalamiento o deslizamientos planos:** Son deslizamiento de fragmentos de suelo o piedra casi sin descomponerse, sobre superficies homogéneas en formaciones rocosas. Cuando la superficie de fallo se compone de dos planos que permiten que la masa rocosa encerrada se mueva a lo largo de la línea de intersección, se genera un deslizamiento en cuña.
- **Corrimientos:** Ocurre cuando la masa desplazada se trocea en su movimiento descendente y resulta una acumulación caótica de bloques al pie de la ladera.
- **Deslizamientos de derrubios:** Ocurre cuando la rotura por cizalla tiene lugar en suelos no cohesivos constituidos por partículas gruesas.

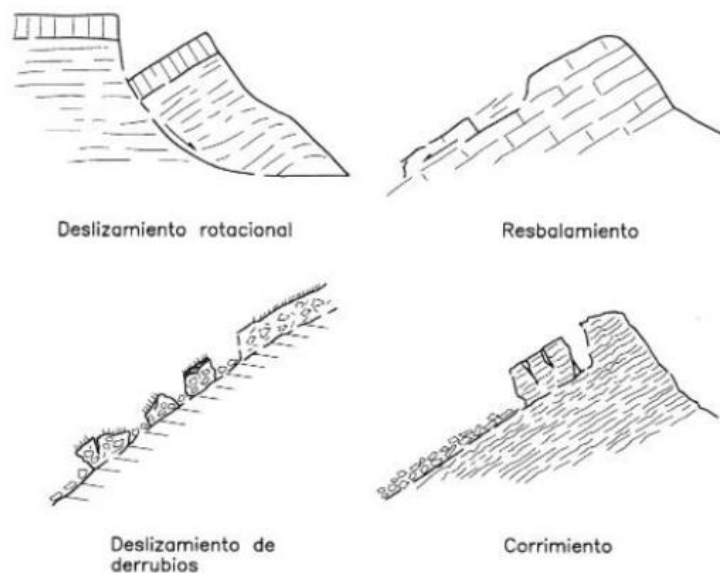
Figura 4: Deslizamiento Traslacional



Nota: Deslizamiento Traslacional **Geo** talud 2022

Deslizamiento mixto: Son movimientos de masa que presentan una superficie de rotura con una geometría mixta y son llamados también deslizamientos compuestos debido a la heterogeneidad del talud y a las discontinuidades con bajas resistencias.

Figura 5: Tipos de Deslizamientos



Nota: Tipos de deslizamientos. Fuente: García Yagüe y Corominas.

Flujos

La principal característica de este tipo es su similitud al movimiento de un fluido viscoso, en el que su velocidad dependerá del contenido de agua, la inclinación de la ladera o su drenaje. Pueden

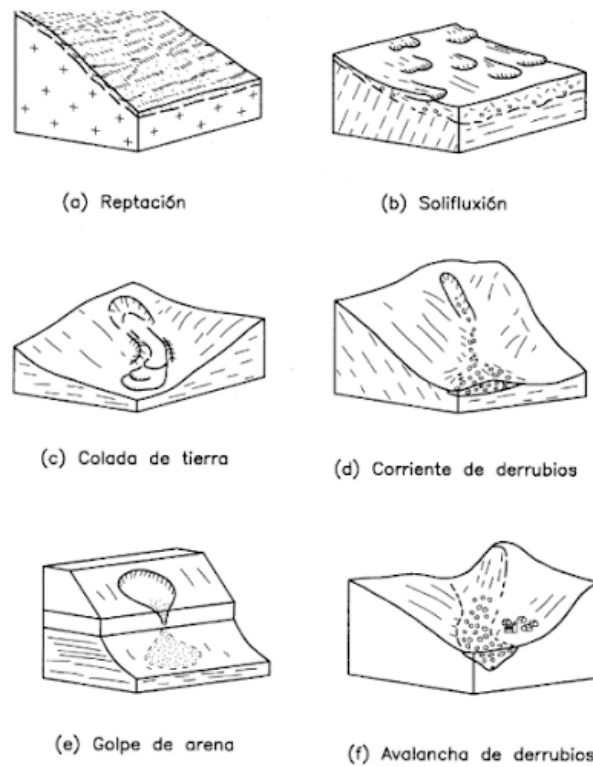
llegar a ser muy peligrosos si se dan ciertas condiciones, llegando a producir grandes avalanchas. (Structuralia, 2024).

Flujos de escombros (detritos): Son movimientos rápidos donde el material se comporta como una mezcla con alta movilidad, generalmente por saturación y pérdida de resistencia, siendo peligrosos por su velocidad y alcance (Highland y Bobrowsky, 2008).

A continuación, se representan los diferentes tipos de flujos que se pueden producir:

- **Reptación:** Movimiento muy lento en superficies sin corte, solo apreciable con su estudio en largos periodos de tiempo.
- **Coladas de tierra:** Flujo lento de tierras o rocas en laderas de inclinación moderada.
- **Solifluxión:** Desplazamientos de pequeñas dimensiones que aparecen en suelos cohesivos y de poco espesor.
- **Corriente de derrubios:** Movimientos rápidos de material detrítico de grandes dimensiones, como arenas o gravas con gran contenido de agua.
- **Golpes de arena y limo:** Se producen en este tipo de materiales por colapso estructural.
- **Avalanchas:** Movimientos de grandes volúmenes de tierras o rocas a alta velocidad.

Figura 6: Movimientos de Flujo



Nota: Movimientos de flujo. Fuente: García Yagüe y Corominas.

Taludes

Se denomina talud a una superficie inclinada de suelo o de macizo rocoso que puede presentar significativos cambios en la altura. Los taludes que permanecieron relativamente estables durante un tiempo determinado pueden llegar a fallar de forma imprevista, ya sea por variaciones topográficas, la sismicidad, la filtración de agua o la meteorización.

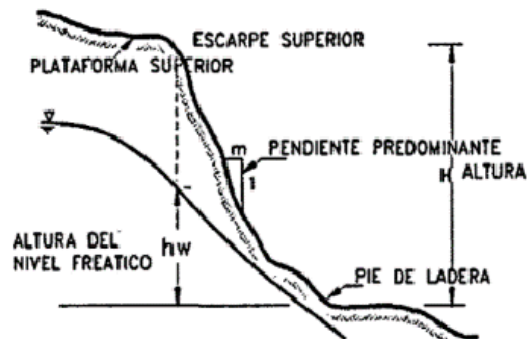
Tipos de Talud

Los taludes pueden ser de carácter natural, como son las laderas, o de manera artificial, como los cortes y terraplenes. En el último caso, depende de la ejecución de la obra y de las etapas de construcción y operación críticas.

Talud Natural o Ladera

Se forma de manera natural, es una masa de tierra o roca con una pendiente formada sin la participación del ser humano, formada a partir de la sedimentación, meteorización y por la acción de la gravedad.

Figura 7: Talud Natural

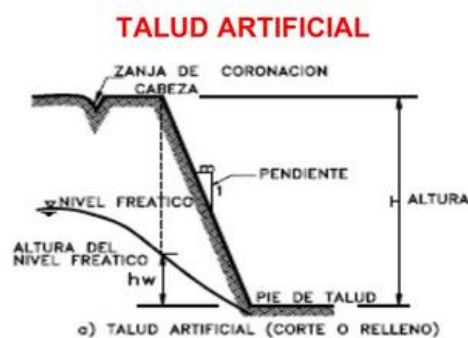


Nota: Estabilidad de taludes (Gerscovich, 2015)

Talud construido o artificial

Son taludes creados a partir de la intervención del ser humano, ya sea por medio de obras, por cortes de laderas y construcción de terraplenes. Una característica fundamental de este tipo de talud es que debe garantizar la estabilidad de la obra según su proceso y dirección.

Figura 8: Talud Artificial



Nota. Se representa en la imagen el talud artificial (Geotechnical consulting, 2026)

Elementos de un Talud

- **Altura:** Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.
- **Pie:** Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.
- **Cabeza o escarpe:** Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.
- **Altura de nivel freático:** Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medido debajo de la cabeza.
- **Pendiente:** Es el grado de inclinación del talud, cuya nominación es representada en grados o porcentaje, y en relación horizontal: vertical; es decir, $45^\circ \approx 100\% \approx 1H: 1V$, respectivamente (CARRION, 2019).

Clasificación de los movimientos de masa

Existen dos tipos de clasificación del movimiento en masa. La primera está en función de la velocidad del deslizamiento del volumen desprendido, y la segunda, con base en la profundidad de la superficie de rotura.

Subsistencia

Remoción de masa cuyo desplazamiento se realiza verticalmente, siendo continuo o instantáneo; es decir, consiste en el colapso de la superficie del talud. Este movimiento se clasifica como complejo debido al arreglo de las partículas del terreno, por caída o desprendimiento vertical finito de un volumen del terreno, o de formación continua como es el caso de los hundimientos (Carrion & SEGUNDO , 2020).

Caída

Son deslizamientos de bloques rocosos respecto al plano inclinado o en caída libre, a alta velocidad, provocados por la meteorización en las fracturas, vibraciones, presión hidrostática, filtraciones de agua, y fallas en la litología de un talud. Otros factores que inciden en la caída de bloques son la rugosidad, juntas, persistencia, estratificación, bandeamiento, esquistosidad, abertura y relleno (Internet Geography, 2025).

Figura 9: Ejemplo de Caídas



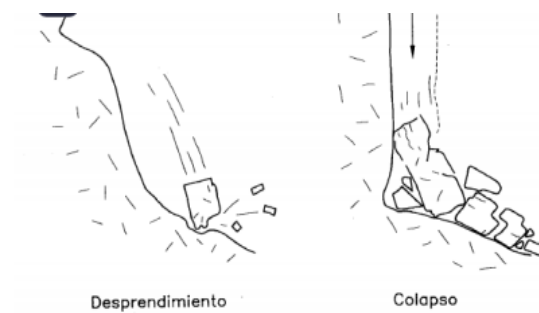
Nota. Un ejemplo de la caída en un movimiento de masa (Portillo, 2023)

Desprendimientos

Se puede caracterizar el desprendimiento como la separación de una porción de un talud de un desmonte a través de una superficie de corte, que usualmente es reducida, y cuyo descenso ocurre, en gran parte por la acción del aire.

Por lo general, los desprendimientos impactan áreas aisladas; aunque, en ciertas ocasiones, puede ocurrir el desplome de una masa significativa, lo que resulta altamente riesgoso y ocasiona severos daños en la infraestructura.

Figura 10: Desprendimientos



Nota. Desprendimiento y colapso Fuente: García Yagüe y Corominas.

Las zonas donde se puede producir este tipo de inestabilidades presentan una geología que alterna capas resistentes y débiles, produciéndose la meteorización de las capas blandas, que concentra las presiones en el borde, causando la rotura por flexotracción.

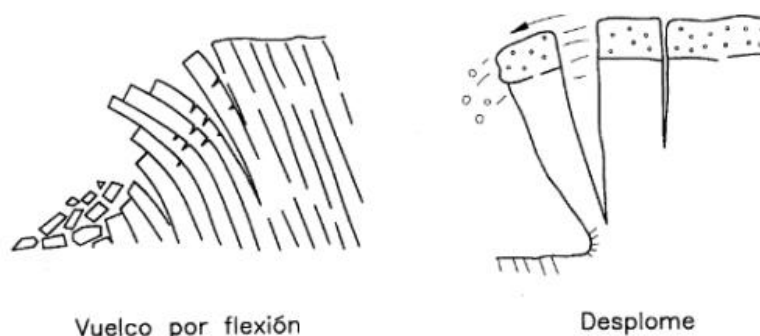
Vuelcos

Este tipo de inestabilidad solo se presenta en medios rocosos e implica la rotación de una masa en forma de columna o bloque sobre una base, bajo la acción de la gravedad y otras fuerzas, como la presión que ejerce el agua presente en las discontinuidades.

Dentro de los vuelcos podemos diferenciar dos procesos:

Aparece en rocas con un sistema de discontinuidades que forman vigas en voladizo, “que se doblan hacia delante” rompiendo por flexión. Este movimiento es característico en filitas, o en pizarras finamente estratificadas. La masa desprendida produce un movimiento de giro brusco, provocando la rotación en su base externa. Se producen normalmente en bordes en acantilados rocosos (Structuralia, 2024).

Figura 11: Tipos de vuelcos



Nota. Tipos de vuelcos. Fuente: García Yagüe y Corominas.

Causas de los deslizamientos

Los deslizamientos de tierra son el resultado de la interacción entre factores naturales y antrópicos que alteran el equilibrio de las laderas, generando condiciones de inestabilidad del terreno. En zonas andinas, como el sector Capilluco, estos procesos se ven intensificados por la presencia de pendientes pronunciadas, variaciones en las propiedades geotécnicas del suelo y la influencia de factores climáticos, principalmente las precipitaciones.

Uno de los aspectos más significativos que puede desencadenar este tipo de eventos es la saturación del terreno, resultado de lluvias intensas o duraderas, lo cual incrementa la carga del material y disminuye su capacidad de resistencia al corte. Este fenómeno conduce a una disminución en la cohesión, así como en el ángulo de fricción interna del suelo, lo que facilita el surgimiento de superficies de fallo en pendientes tanto naturales como construidas (González de Vallejo, 2008).

La inclinación del terreno representa un componente crucial, dado que, a medida que aumenta la inclinación, se incrementa la componente de la fuerza gravitacional que impacta sobre la masa del suelo. En el área de análisis, la existencia de laderas con diferentes pendientes eleva el riesgo de deslizamientos, particularmente cuando se presentan junto a materiales poco consolidados o de naturaleza heterogénea.

Desde una perspectiva geológica, la composición litológica y la configuración del terreno afectan de manera directa la estabilidad de las pendientes. La existencia de materiales

erosionados, capas vulnerables, discontinuidades en la estructura y la interacción entre diversos tipos de suelo o roca pueden crear superficies propensas al fallo, favoreciendo la ocurrencia de deslizamientos que pueden ser rotacionales o traslacionales. (Ayala et al., 1988).

Asimismo, los factores antrópicos desempeñan un papel importante en la generación de inestabilidad. Actividades como la remoción de cobertura vegetal, excavaciones para viviendas o infraestructura, modificación de taludes y ausencia de sistemas adecuados de drenaje superficial contribuyen a alterar las condiciones naturales del terreno, incrementando el riesgo de deslizamientos en zonas rurales.

Tabla 2: Causas que favorecen los Deslizamientos

Principales causas que favorecen la ocurrencia de deslizamientos, clasificadas según su origen.

Causas de origen geológico	Causas por procesos físicos	Causas morfológicas	Causas de origen antrópico
Materiales débiles o poco consolidados	Precipitaciones intensas o prolongadas	Pendientes pronunciadas	Remoción de cobertura vegetal
Materiales intemperizados	Saturación del suelo	Erosión al pie de laderas	Excavación de taludes
Presencia de discontinuidades (fallas, diaclasas)	Actividad sísmica	Socavación fluvial	Construcción sin criterios técnicos
Contraste de materiales	Variación del contenido de humedad	Cambios en la geometría de la ladera	Falta de sistemas de drenaje

Nota. La tabla resume las principales causas que influyen en la generación de deslizamientos de tierra. Fuente: Adaptado de Ayala et al. (1988) y González de Vallejo (2008).

2.3.2.1 Factores condicionantes

La inestabilidad de las pendientes es el resultado de la interacción entre factores intrínsecos del terreno y factores externos que pueden actuar como detonantes del movimiento (Agboola., 2024).

Geología

Las propiedades del suelo o roca constituyen uno de los principales factores que condicionan la estabilidad de una ladera. Aspectos como la litología, la porosidad, el grado de meteorización y la presencia de discontinuidades estructurales, como fallas o diaclasas, influyen directamente en la resistencia del terreno (Afrizal y Sari, 2023).

Pendiente

La pendiente representa el principal factor topográfico que controla la estabilidad del terreno. A medida que aumenta la inclinación de la ladera, también se incrementa la componente de la fuerza gravitacional que impulsa el material pendiente abajo (Agboola et al., 2024). Aunque las pendientes pronunciadas suelen ser más susceptibles a fallas, los deslizamientos también pueden ocurrir en pendientes moderadas bajo condiciones de saturación o debilitamiento del suelo.

Precipitación

La precipitación es considerada uno de los principales factores desencadenantes de los movimientos en masa (Damián Napoli., 2021). La infiltración del agua en el suelo aumenta la presión de poros y reduce la resistencia al corte del material, lo que facilita el inicio del desplazamiento.

Cobertura vegetal

La vegetación actúa como un mecanismo natural de protección del suelo. Las raíces contribuyen al refuerzo mecánico del terreno al aumentar su cohesión, mientras que la cobertura vegetal reduce el impacto directo de la lluvia y favorece la infiltración controlada

del agua (Afrizal y Sari, 2023). La eliminación de esta cobertura mediante procesos de deforestación puede incrementar significativamente la susceptibilidad a deslizamientos.

Actividad humana

Las intervenciones humanas también pueden alterar la estabilidad natural de las laderas. Actividades como excavaciones para la construcción de viviendas o carreteras, la deforestación para uso agrícola, prácticas inadecuadas de urbanización y fugas en redes de agua o alcantarillado pueden generar condiciones que favorezcan la ocurrencia de movimientos en masa (Quevedo, 2023)

2.3.2.2 Estabilidad de taludes

La estabilidad de taludes se define como el equilibrio dinámico existente entre las fuerzas impulsoras que actúan sobre una pendiente, principalmente asociadas al esfuerzo cortante, y la capacidad de resistencia del material que compone la ladera (Arriola, 2025). Esta condición representa una propiedad física del sistema suelo-talud que permite a la masa de material mantenerse en equilibrio o recuperar su estado inicial después de experimentar una perturbación externa (Arriola., 2025).

En entornos urbanizados, la construcción de edificaciones e infraestructura puede alterar significativamente el equilibrio natural del terreno. Por esta razón, los análisis de estabilidad deben considerar tanto factores estáticos, como el peso propio del suelo y las características geológicas del terreno, como factores dinámicos relacionados con eventos sísmicos o la precipitación intensa, los cuales pueden modificar las condiciones de estabilidad del talud (Bojorque, 2016).

El análisis de estabilidad de taludes tiene como objetivo determinar si los suelos poseen suficiente resistencia para soportar los esfuerzos de cizallamiento que pueden provocar una falla o deslizamiento de la masa de terreno (Arriola et al., 2025; Bravo-Zapata, 2022)

Diversos estudios han demostrado que los atributos geométricos del talud constituyen algunos de los factores más influyentes en su estabilidad. En particular, el ángulo de inclinación del talud (β) y la altura del mismo (H) presentan una influencia significativa en el valor del Factor de Seguridad, incluso mayor que algunas propiedades geomecánicas del suelo (Bravo-Zapata, 2022).

Asimismo, la estabilidad del talud está condicionada por la interacción entre cargas externas y procesos ambientales. Entre estos factores, la infiltración de agua de lluvia juega un papel importante, ya que incrementa la presión de poros dentro del suelo y reduce la cohesión efectiva del material, favoreciendo el desarrollo de superficies de falla (Arriola, 2025; Rabie, 2014).

2.3.2.3 Resistencia al corte del suelo

La resistencia al corte del suelo (τ) corresponde a la capacidad máxima de una masa de suelo para resistir deformaciones internas cuando está sometida a esfuerzos aplicados (Ouagni., 2021; Owusu-Yeboah, 2022). Este comportamiento es comúnmente descrito mediante el criterio de falla de Mohr-Coulomb, el cual establece una relación entre el esfuerzo normal efectivo (σ') y la resistencia al corte del material (Bravo-Zapata, 2022; Rabie, 2014).

La saturación del suelo constituye uno de los factores más críticos que influyen en este comportamiento. La presencia de agua dentro del suelo reduce la capilaridad y disminuye la denominada cohesión aparente, lo que provoca una reducción en la fricción efectiva entre las partículas y facilita la formación de superficies potenciales de deslizamiento (Afrizal y Sari, 2023).

2.3.2.4 Parámetros geotécnicos del suelo

La caracterización mecánica del suelo se fundamenta en la determinación de diversas propiedades físicas y mecánicas que permiten evaluar su comportamiento frente a esfuerzos

aplicados (Bojorque, 2016; Owusu-Yeboah et al, 2022). De acuerdo con el criterio de falla de Mohr-Coulomb, los parámetros fundamentales para el análisis de estabilidad de taludes son la cohesión y el ángulo de fricción interna del suelo (Ouagni, 2021; Owusu -Yeboah., 2022).

Cohesión (c)

La cohesión corresponde a la fuerza de unión interna entre las partículas del suelo, la cual se genera por efectos de adherencia o cementación entre los materiales que componen el terreno (Ouagní, 2021; Stockton, 2019). En algunos tipos de suelos residuales, los valores de cohesión pueden presentarse en rangos relativamente bajos y su magnitud suele depender del grado de meteorización del material. Aunque constituye un parámetro relevante en el análisis geotécnico, diversos estudios indican que su influencia en la estabilidad del talud puede ser menor en comparación con factores geométricos como la pendiente o la altura del talud (Bravo-Zapata, 2022).

Ángulo de fricción interna (ϕ)

El ángulo de fricción interna representa la resistencia generada por el entrelazamiento y el contacto entre las partículas del suelo cuando estas se encuentran sometidas a esfuerzos de corte (Ouagni, 2021; Owusu -Yeboah, 2022). Investigaciones geotécnicas han demostrado que, a medida que el valor del ángulo de fricción aumenta, los desplazamientos verticales en el talud tienden a disminuir, lo que contribuye a mejorar la estabilidad global del sistema (Bojorque, 2016). En suelos granulares, como arenas limosas, este parámetro puede tener una influencia más significativa en el Factor de Seguridad que la cohesión (Bravo-Zapata, 2022; Xiong, 2025).

Parámetros complementarios

Además de los parámetros principales, existen otras propiedades geotécnicas que pueden influir en el comportamiento del talud bajo determinadas condiciones. Entre ellas se encuentran el peso unitario del suelo (γ), el módulo de elasticidad o módulo de Young (E),

que describe la rigidez del material, y el coeficiente de Poisson (ν), que representa la relación entre deformaciones laterales y longitudinales del suelo (Arriola, 2025; Bojorque, 2016). Estos parámetros adquieren mayor relevancia en análisis dinámicos, ya que influyen en la respuesta del terreno frente a vibraciones sísmicas y en la frecuencia natural del sitio (Bojorque, 2016).

Factor de seguridad (FS)

El Factor de Seguridad (FS), también denominado Factor of Safety (FoS), es un indicador numérico adimensional utilizado en ingeniería geotécnica para cuantificar el margen de estabilidad de un talud (Arriola, 2025; Lynn M. Highland y Peter Bobrowsky, 2008). Este parámetro se define como la relación entre las fuerzas resistentes del material y las fuerzas que tienden a generar el desplazamiento o la falla del talud (Afrizal y Sari, 2023).

La interpretación del Factor de Seguridad se basa generalmente en los siguientes criterios:

$FS > 1.5$

Indica que el talud se encuentra en condiciones de estabilidad bajo las condiciones analizadas.

$FS \leq 1.5$

Representa una condición de inestabilidad, en la cual las fuerzas impulsoras superan la resistencia del material, generando una falla potencial o inminente (Acharya et al., 2024; Lynn M. Highland y Peter Bobrowsky, 2008).

En proyectos de ingeniería relacionados con la protección de infraestructura crítica, como centros educativos o edificaciones públicas, la práctica profesional recomienda que el Factor de Seguridad, en condiciones estáticas, sea igual o superior a 1.50, con el objetivo de incorporar un margen adicional que compense las incertidumbres asociadas a los parámetros del suelo y a los métodos de cálculo (Arriola et al., 2025).

En escenarios seudoestáticos, como aquellos que consideran efectos sísmicos, el umbral de aceptabilidad suele reducirse, pudiendo considerarse valores cercanos a $FS \geq 1.05$, debido a que las fuerzas dinámicas pueden disminuir significativamente la estabilidad del talud, especialmente en pendientes superiores al 15 % (Arriola., 2025).

En la actualidad, la evaluación del Factor de Seguridad se realiza comúnmente mediante métodos de equilibrio límite, como los métodos de Bishop o Spencer, los cuales analizan la masa potencialmente inestable dividiéndola en múltiples segmentos o fajas (Arriola, 2025; Rabie, 2014). Alternativamente, pueden emplearse métodos numéricos como el **Método de Elementos Finitos**, el cual permite calcular el Factor de Seguridad mediante la reducción progresiva de la resistencia al corte del material sin necesidad de asumir previamente una superficie de falla (Bravo-Zapata, 2022; Rabie, 2014).

2.3.2.5 Ensayos geotécnicos del suelo

La caracterización geotécnica del terreno constituye un aspecto fundamental para comprender el comportamiento de una ladera frente a diferentes condiciones de carga y factores ambientales. Para ello, es necesario analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo mediante ensayos de laboratorio, los cuales permiten determinar parámetros que influyen directamente en la estabilidad del terreno. Estos estudios proporcionan información esencial para evaluar la resistencia del suelo y su respuesta frente a esfuerzos externos, así como para estimar su comportamiento ante procesos de saturación o deformación (Ouagni, 2022).

Análisis granulométrico

La granulometría corresponde al análisis de la distribución del tamaño de las partículas que conforman un suelo o material granular. Este ensayo representa uno de los procedimientos iniciales en cualquier investigación geotécnica, ya que la distribución de

tamaños influye significativamente en las propiedades físicas y en el comportamiento mecánico del suelo (Afrazi y Yazdani, 2021; Al-Hashem., 2021).

Distribución de partículas

Para determinar la distribución de tamaños de las partículas, se emplea un procedimiento de separación mecánica conocido como tamizaje. Este proceso consiste en ordenar una serie de tamices con aberturas de malla decrecientes, desde la mayor hasta la menor, a través de los cuales se hace pasar la muestra de suelo mediante vibración mecánica. Durante este proceso, las partículas quedan retenidas en los tamices correspondientes según su tamaño, permitiendo calcular el porcentaje de material presente en cada fracción granulométrica (Hashemi, 2021; Li, 2025).

En el caso de materiales gruesos, con partículas mayores a 75 μm , el método de tamizado es el procedimiento estándar. Por otro lado, cuando se trata de fracciones finas del suelo, se aplican métodos de sedimentación basados en la ley de Stokes, los cuales permiten determinar el tamaño de partículas muy pequeñas que no pueden ser separadas adecuadamente mediante tamices (Hashemi, 2025).

Clasificación del suelo

Los resultados obtenidos a partir del análisis granulométrico permiten clasificar el suelo mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Este sistema divide los suelos principalmente en dos grandes grupos, según el tamaño predominante de las partículas (Hashemi, 2021; Ouagni, 2021).

El primer grupo corresponde a los suelos gruesos, los cuales están constituidos por partículas que quedan retenidas en el tamiz #200, incluyendo principalmente gravas y arenas. El segundo grupo corresponde a los suelos finos, que están formados por materiales que pasan a través del tamiz #200, tales como limos y arcillas (Hashemi, 2021; Bravo-Zapata, 2022).

Ensayo de corte directo

El ensayo de corte directo es uno de los métodos más utilizados para determinar la resistencia al corte de los suelos debido a su relativa simplicidad y bajo costo de ejecución. Este ensayo permite establecer la máxima resistencia al esfuerzo cortante que un suelo puede soportar antes de producirse la falla, lo cual es fundamental para el análisis de estabilidad de taludes y otras aplicaciones geotécnicas (Owusu Yeboah, 2022).

Procedimiento del ensayo

Durante el ensayo, la muestra de suelo se coloca dentro de una caja de corte metálica, generalmente conocida como caja de Casagrande, la cual se encuentra dividida horizontalmente en dos secciones rígidas. Inicialmente, se aplica una carga normal constante sobre la muestra con el objetivo de simular las condiciones de confinamiento presentes en el terreno natural (Ouagni, 2022).

Posteriormente, se aplica una fuerza de corte horizontal mediante un mecanismo de desplazamiento controlado que actúa a una velocidad constante y relativamente baja, generalmente de 0,5 mm/min o 1,0 mm/min, hasta provocar la falla del material a lo largo de un plano de corte predeterminado dentro de la muestra (Ouagni, 2021; Owusu Yeboah, 2022).

Parámetros obtenidos

A partir de los resultados obtenidos bajo diferentes cargas normales, se construye una gráfica que permite determinar la envolvente de falla del criterio de Mohr-Coulomb. Esta relación permite obtener los principales parámetros de resistencia del suelo, los cuales son fundamentales para el análisis geotécnico (Bravo-Zapata, 2022; Owusu-Yeboah, 2022).

El primero de estos parámetros es la cohesión (c), que representa la fuerza de atracción interna existente entre las partículas del suelo. En materiales granulares, como las arenas limpias o suelos no cohesivos, este valor suele ser cercano a cero; sin embargo, en

suelos arcillosos o materiales cementados puede alcanzar valores superiores a 10 kg/cm^2 (Bravo-Zapata et al., 2022).

El segundo criterio a considerar es el ángulo de fricción interna (ϕ), que indica la resistencia producida por el contacto y la interconexión entre las partículas del terreno. Este parámetro está altamente influenciado por la distribución del tamaño de las partículas del material, dado que los suelos compuestos por partículas grandes y con formas angulares tienden a exhibir ángulos de fricción más altos, en comparación con los que están formados por partículas más pequeñas o con formas redondeadas. Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta tecnológica fundamental en el análisis espacial y en la gestión de riesgos naturales. Estos sistemas permiten integrar grandes volúmenes de información geográfica y datos tabulares, facilitando el estudio de fenómenos complejos que ocurren en la superficie terrestre y apoyando la toma de decisiones en procesos de planificación territorial y gestión del riesgo.

En el ámbito de la ingeniería y las ciencias de la Tierra, los SIG permiten analizar de manera conjunta diferentes variables geográficas, como la topografía, la geología, la hidrología o el uso del suelo, lo que contribuye a comprender mejor los factores que influyen en la ocurrencia de fenómenos como los movimientos en masa (Sarría, 2020).

Concepto de SIG

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) se define como un conjunto integrado de herramientas informáticas, bases de datos y métodos de análisis que permiten capturar, almacenar, procesar, manipular y visualizar información geográfica georreferenciada. Estas herramientas facilitan la gestión y el análisis de datos espaciales mediante el uso de coordenadas geográficas que permiten ubicar cada elemento dentro del espacio terrestre (Lynn M. Highland y Peter Bobrowsky, 2008).

Una de las principales características de los SIG es la organización de la información en capas temáticas o niveles de información. Cada capa representa un tipo específico de entidad geográfica, como, por ejemplo, la topografía, la geología, la red hidrográfica o la infraestructura urbana. Esta estructura permite superponer diferentes tipos de información espacial y analizar su relación dentro de un mismo sistema de referencia geográfica (Lynn M. Highland y Peter Bobrowsky, 2008).

Gracias a esta capacidad de integración de datos, los SIG se han convertido en una herramienta esencial para el análisis territorial y la evaluación de fenómenos naturales que presentan una fuerte componente espacial (Di Napoli, 2021).

Aplicación de SIG en estudios de deslizamientos

En el campo de la ingeniería geotécnica y la gestión de riesgos, los Sistemas de Información Geográfica se utilizan principalmente para el análisis de la susceptibilidad a movimientos en masa, así como para la evaluación de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo asociados a estos fenómenos (Conforti, Ietto, 2021).

Los SIG permiten realizar análisis multicriterio, en los cuales se integran diferentes factores que influyen en la ocurrencia de deslizamientos. Entre estos factores se encuentran los factores condicionantes, como la pendiente del terreno, la litología o la cobertura vegetal, así como los factores detonantes, como las precipitaciones intensas o los eventos sísmicos (Agboola, 2024).

Mediante la superposición y el análisis conjunto de estas variables, los SIG funcionan como herramientas de cartografía predictiva, permitiendo identificar zonas con mayor probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa. Este tipo de análisis facilita la identificación de sectores críticos dentro de un territorio y contribuye a orientar medidas de prevención y mitigación del riesgo (Conforti, Ietto, 2021).

Asimismo, los SIG permiten realizar análisis de alcance o runout, los cuales permiten estimar la posible trayectoria y distancia de desplazamiento de los materiales durante un evento de deslizamiento. Este tipo de análisis resulta especialmente importante para identificar las áreas que podrían verse afectadas por el impacto de los materiales movilizados, incluyendo infraestructuras y asentamientos humanos cercanos (Di Napoli, 2021).

Elaboración de mapas temáticos

La elaboración de mapas temáticos constituye uno de los principales procesos dentro del análisis espacial mediante Sistemas de Información Geográfica. Este proceso consiste en transformar la información obtenida en campo y gabinete en representaciones cartográficas digitales que permiten analizar y visualizar las características del territorio (Lynn M. 2008).

En estudios relacionados con movimientos en masa, la elaboración de cartografía temática suele incluir diversos tipos de mapas que representan variables relevantes para el análisis del terreno.

Mapa de pendientes

El mapa de pendientes se genera a partir del procesamiento de Modelos Digitales de Elevación (DEM) mediante herramientas de análisis espacial disponibles en los SIG. Entre estas herramientas destacan funciones como Slope, que permite calcular el grado de inclinación del terreno, y Reclassify, que permite clasificar los valores de pendiente en diferentes categorías de susceptibilidad (Agboola, 2024; Peter Bobrowsky, 2008).

Mapa geológico

El mapa geológico se elabora mediante la recopilación de información proveniente de cartas geológicas regionales y su posterior digitalización dentro del sistema SIG. Este proceso puede complementarse con verificaciones de campo que permitan identificar contactos litológicos y estructuras geológicas que influyen en la resistencia del terreno (Agboola, 2024; Hallal, 2024).

Mapa de coberturas

El mapa de cobertura del suelo se genera mediante el análisis y clasificación de imágenes satelitales, como las proporcionadas por el satélite Sentinel-2. En este proceso se aplican técnicas de clasificación supervisada, donde algoritmos como el de máxima verosimilitud permiten identificar diferentes tipos de cobertura, tales como vegetación, zonas urbanizadas o áreas de suelo (Mokadem et al., 2024).

Mapa de precipitaciones

El mapa de precipitaciones se elabora mediante la interpolación de datos meteorológicos provenientes de estaciones climáticas. Una técnica comúnmente utilizada es el método de Interpolación por Distancia Inversa (IDW), el cual permite generar superficies continuas que representan la distribución espacial de la precipitación en la zona de estudio (Hallal et al., 2024; Pinho y Filho, 2022).

Finalmente, los diferentes mapas temáticos se integran mediante herramientas de álgebra de mapas, como Raster Calculator, lo que permite combinar matemáticamente las distintas variables espaciales. Este proceso facilita la generación de mapas sintéticos, como los mapas de susceptibilidad a movimientos en masa, que representan la interacción de múltiples factores dentro del territorio analizado (Agboola et al., 2024; Di Napoli et al., 2021; Mokadem et al., 2024).

Fotogrametría con drones

La fotogrametría mediante Vehículos Aéreos No Tripulados (UAV), comúnmente conocidos como drones, se ha consolidado en los últimos años como una herramienta eficaz para el levantamiento topográfico y el modelado tridimensional de terrenos. Esta tecnología permite obtener información espacial detallada de áreas específicas, facilitando la identificación de deslizamientos y el análisis de condiciones geomorfológicas asociadas a la gestión del riesgo (Casagli et al., 2017; Zaragoza et al., 2025).

El uso de drones en estudios geotécnicos y geográficos ofrece ventajas significativas frente a métodos tradicionales de levantamiento topográfico, ya que permite obtener datos de alta resolución espacial con menores costos operativos y en tiempos reducidos. Además, esta tecnología permite acceder a zonas de difícil acceso o potencialmente peligrosas, lo que mejora la seguridad durante las actividades de campo (Yu et al., 2023).

Fotogrametría aérea

La fotogrametría aérea mediante drones se basa en la captura sistemática de imágenes digitales de alta resolución con un alto grado de solapamiento entre fotografías consecutivas. Este solapamiento es fundamental para permitir el procesamiento posterior de las imágenes y la reconstrucción tridimensional del terreno (Yu et al., 2023).

El principio técnico utilizado en los sistemas modernos de fotogrametría se basa en algoritmos de Estructura a partir del Movimiento (Structure from Motion SfM). Este método combina principios clásicos de la fotogrametría con técnicas avanzadas de procesamiento computacional para reconstruir modelos tridimensionales a partir de múltiples imágenes bidimensionales tomadas desde diferentes posiciones (Yu et al., 2023).

La aplicación de este método resulta especialmente útil en áreas donde el acceso terrestre es limitado o peligroso, así como en zonas afectadas por fenómenos naturales como deslizamientos, donde la rapidez en la obtención de información topográfica es fundamental para el análisis del terreno y la evaluación de riesgos (Casagli et, 2017; Yu al., 2023).

Modelos digitales del terreno (DEM)

Un Modelo Digital de Elevación (DEM) corresponde a una representación digital de la superficie terrestre que contiene información sobre la elevación del terreno en diferentes puntos geográficos organizados en una estructura de datos regular (Lynn M. Highland y Peter Bobrowsky, 2008).

Mediante el uso de fotogrametría con drones es posible generar diferentes tipos de modelos digitales, entre los que se destacan:

- Modelo Digital de Superficie (DSM)
- Modelo Digital del Terreno (DTM)

Estos modelos pueden alcanzar precisiones centimétricas en función de la resolución de las imágenes capturadas y de las condiciones del levantamiento fotogramétrico, llegando en algunos casos a resoluciones aproximadas de 2.3 cm por píxel (Zaragozí et al., 2025). La información obtenida a partir de los DEM permite identificar con precisión perfiles topográficos del terreno, calcular volúmenes de material desplazado y analizar las condiciones geomorfológicas de las laderas. Estos modelos resultan especialmente útiles en estudios de estabilidad de taludes y análisis de deslizamientos, ya que proporcionan una representación detallada del relieve del área de estudio (Yu et al., 2023; Zaragozí et al., 2025).

Generación de Ortomosaico

El ortomosaico es uno de los principales productos derivados del procesamiento fotogramétrico. Este consiste en una imagen aérea compuesta por múltiples fotografías individuales que han sido corregidas geométricamente para eliminar las distorsiones causadas por la perspectiva de la cámara y las variaciones del relieve del terreno (Yu et al., 2023).

A diferencia de las fotografías aéreas convencionales, los ortomosaicos presentan una escala uniforme y están georreferenciados, lo que permite realizar mediciones precisas de distancias, áreas y posiciones directamente sobre la imagen (Zaragozí et al., 2025).

En estudios de gestión del riesgo y análisis geotécnico, los ortomosaicos resultan especialmente útiles para la inspección visual detallada del terreno, permitiendo identificar elementos expuestos como edificaciones, infraestructuras y áreas afectadas por movimientos en masa. Asimismo, estos productos cartográficos facilitan la digitalización de inventarios de

deslizamientos y la integración de información dentro de plataformas de Sistemas de Información Geográfica (**SIG**) (Casagli, Zaragoza, 2025).

Procesamiento fotogramétrico con Agisoft

El procesamiento de las imágenes capturadas mediante drones se realiza generalmente con software especializado de fotogrametría digital, como Agisoft Metashape, anteriormente conocido como Agisoft Photoscan (Lisbeth Johnson, 2025).

Este software permite transformar las imágenes capturadas en productos cartográficos y modelos tridimensionales mediante un flujo de trabajo automatizado que incluye varias etapas de procesamiento.

Alineación de fotografías

En la primera etapa del procesamiento, el software identifica puntos comunes o puntos de coincidencia entre las diferentes imágenes capturadas. A partir de estos puntos, el sistema calcula la posición y orientación de cada cámara, permitiendo reconstruir la geometría inicial del levantamiento fotogramétrico.

Generación de nube de puntos densa

Posteriormente, se genera una nube de puntos densa, que corresponde a una representación tridimensional de la superficie del terreno compuesta por millones de puntos espaciales. Este proceso se realiza mediante técnicas de triangulación que permiten calcular la posición tridimensional de cada punto observado en las imágenes (Karantanellis, 2020).

Construcción del modelo 3D y Ortomosaico

A partir de la nube de puntos generada, el software crea una malla tridimensional que representa la superficie del terreno. Sobre esta malla se proyectan las texturas obtenidas de las imágenes originales, lo que permite generar productos finales como el Modelo Digital de Elevación (DEM) y el ortomosaico georreferenciado (Zaragoz, 2025).

Estos productos constituyen una fuente de información topográfica de alta precisión que puede ser utilizada posteriormente en análisis geotécnicos y en el modelamiento de estabilidad de taludes mediante software especializado como GEO5, facilitando la integración de datos espaciales en estudios de ingeniería y gestión del riesgo (Padhy et al., 2024).

2.4 Marco legal

2.4.1 Nivel fundamental

La Constitución de la República del Ecuador constituye el marco jurídico superior que orienta la gestión del riesgo y la protección de la población frente a amenazas naturales y antrópicas. En este sentido, el artículo 389 establece que es deber del Estado proteger a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres, mediante acciones de prevención, mitigación, respuesta, recuperación y mantenimiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad.

El artículo 340.- establece que el sistema nacional de inclusión y equidad social comprende, entre otros sectores, la administración de riesgos, la educación, el entorno y la vivienda, resaltando la relevancia de asegurar condiciones seguras para la población, particularmente para colectivos vulnerables como los niños y las niñas que concurren a instituciones educativas.

El artículo 375. - establece que el Estado debe asegurar el derecho a un hábitat adecuado y a una vivienda digna, lo que implica la necesidad de tener en cuenta los riesgos naturales durante los procesos de planificación del territorio y en la ubicación de las infraestructuras públicas.

En el contexto ambiental, **los artículos 397 y 398. -** imponen a las autoridades la responsabilidad de implementar acciones preventivas ante peligros ambientales y asegurar la inclusión de la comunidad en las deliberaciones que puedan influir en el entorno. Estas

normativas son relevantes para investigaciones que examinan riesgos geológicos, tales como los deslizamientos, y su posible repercusión en comunidades rurales y en infraestructuras clave. (Guarín Alfonso, 2012).

2.4.2 Nivel legal

La Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres establece el marco normativo para la planificación, organización y articulación de políticas públicas orientadas a la prevención, mitigación y reducción de vulnerabilidades frente a desastres en el Ecuador. Esta ley promueve un enfoque de gestión integral del riesgo, basado en principios de corresponsabilidad, descentralización y participación, e incorpora herramientas técnicas como mapas de riesgo y estudios de vulnerabilidad para fortalecer la toma de decisiones (Asamblea Nacional del Ecuador, 2024).

La normativa sobre Seguridad Pública y del Estado considera la administración de riesgos como un componente clave para la protección integral, subrayando la importancia de la colaboración entre los distintos niveles gubernamentales y el involucramiento de la comunidad en la mitigación del riesgo de desastres (Asamblea Nacional del Ecuador, 2009).

Por otro lado, el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) otorga a las municipalidades con autonomía descentralizada la tarea de regular y supervisar las construcciones, además de establecer normas técnicas dirigidas a la prevención y manejo de riesgos en sus respectivas áreas. El artículo 54 y el artículo 140 destacan la obligación de integrar la gestión de riesgos en los procesos de ordenamiento territorial, con el fin de proteger a la población y a la infraestructura frente a amenazas de origen natural o antrópico (Asamblea Nacional del Ecuador, 2010).

De igual manera, el Código Orgánico del Ambiente, **en su artículo 57**, promueve la conservación de áreas de alto riesgo mediante acciones de prevención y mitigación,

ordenando que los factores ambientales y de riesgo sean considerados en los procesos de planificación territorial (Asamblea Nacional del Ecuador, 2019).

Finalmente, la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo, en su artículo 67, establece la importancia de los planes de gestión territorial con énfasis en la identificación y mitigación de riesgos naturales, regulando el uso del suelo en zonas propensas a amenazas como los deslizamientos de tierra (Asamblea Nacional, 2016).

2.4.3 Nivel base e instrumentos de planificación

El Plan Nacional de Gestión de Riesgos y Reducción de Desastres (2021–2025) orienta las acciones del Estado hacia la reducción de la vulnerabilidad comunitaria y el fortalecimiento de capacidades locales, promoviendo programas de capacitación, prevención y preparación ante desastres, con especial énfasis en la protección de poblaciones expuestas (Plan Nacional de Gestión del Riesgo, 2021).

De igual manera, el Plan Nacional de Desarrollo para el período 2025–2029, dentro de su eje de riesgos, establece como Objetivo 9 el refuerzo de la capacidad de respuesta y la resiliencia de las ciudades y comunidades ante amenazas, tanto naturales como provocadas por el ser humano. Las políticas vinculadas a este objetivo fomentan el fortalecimiento de las capacidades institucionales, la resiliencia de la infraestructura clave y la sostenibilidad ambiental en las fases de prevención y recuperación tras un desastre (Secretaría Nacional de Planificación, 2025).

2.5 Marco conceptual

Amenaza: Es un peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como

también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento. (Gov.co, 2022).

Vulnerabilidad: Es la “susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. (Gov.co, 2022).

Susceptibilidad: Nivel de tendencia de un territorio a experimentar un fenómeno peligroso específico, basado en elementos condicionantes como la geología, la inclinación del terreno, la utilización de la tierra y el sistema de drenaje. La susceptibilidad no toma en cuenta la probabilidad temporal del suceso; sin embargo, facilita la identificación de áreas que tienen una mayor tendencia a sufrir deslizamientos (Segura, Badilla, & Obando, 2011).

Exposición: Situación que define la existencia de individuos, activos materiales y estructuras en áreas propensas a la ocurrencia de sucesos perjudiciales. Una alta exposición incrementa las posibles consecuencias negativas de los deslizamientos, aun cuando la amenaza no sea extrema (Villena, 2019).

Evaluación del riesgo: Es un proceso utilizado para identificar los riesgos potenciales y analizar lo que podría ocurrir si se produjera un desastre o un riesgo. (Ready.gov, 2025).

Mapa de Riesgo: Un mapa de riesgos es una herramienta, basada en los distintos sistemas de información, que pretende identificar las actividades o procesos sujetos a riesgo, cuantificar la probabilidad de estos eventos y medir el daño potencial asociado a su ocurrencia (Rodríguez, Piñeiro, & Llano Monelos, 2013).

Zonas de riesgo: Una zona de riesgo es un área vulnerable a desastres naturales o provocados por humanos, como terremotos, inundaciones o incendios. (Pelcastre, 2012).

Análisis de riesgo: Proceso técnico mediante el cual se evalúa la probabilidad de ocurrencia de un evento peligroso y sus posibles consecuencias sobre los elementos

expuestos. El análisis de riesgo integra el estudio de la amenaza, la vulnerabilidad y la exposición, permitiendo proponer medidas de prevención y mitigación adecuadas (Lavell, 1996).

Amenaza de origen natural: Son aquellas generadas por procesos propios de la dinámica natural del territorio, como lluvias intensas, sismos o movimientos de masa. Estas amenazas no pueden ser evitadas, pero sí analizadas y gestionadas mediante estudios técnicos que permitan reducir sus impactos sobre la población y la infraestructura expuesta (Villena, 2019).

Talud: Área del terreno, ya sea natural o creado por el hombre, que exhibe una inclinación y puede mostrar diferentes niveles de estabilidad. La evaluación de taludes es crucial en investigaciones sobre deslizamientos, pues facilita la determinación de la seguridad del terreno ante eventuales colapsos (Suárez, 2017).

Movimiento de masa: Es un término geológico que engloba el rápido movimiento ladera abajo de rocas y partículas más finas gracias a la fuerza de la gravedad. Uno de los tipos más comunes de movimientos en masa que ocurren en la Tierra son los deslizamientos, pero también existen otros, como caídas de rocas, flujo de derrubios, reptación y avalanchas. (Frank y Alfred, s.f.).

Flujo de tierra: Los flujos de tierra tienen una forma característica de "reloj de arena". El material de la ladera se licua y escurre, formando un cuenco o depresión en la cabecera. (USGS, 2023).

Derrumbes o deslaves: Es la caída de rocas o tierra desde una ladera, en forma lenta o rápida, que se produce en épocas de lluvia o a causa de un sismo. Dependiendo de la magnitud, destruye todo lo que se encuentra a su paso (Riesgos, s.f.).

Saturación del suelo: Es el estado en el que los poros del suelo (los espacios entre las partículas) están completamente llenos de agua. Imaginemos una esponja: cuando ya no

puede absorber más líquido, está saturada. La saturación del suelo es análoga a esto, pero a una escala mucho mayor y más compleja en los ecosistemas terrestres. (Pollution Sustainability Directory, 2025).

Meteorización: Es el desgaste o la rotura de las rocas mientras se encuentran en un lugar. La meteorización puede ser biológica, química o física. (British Geological Survey, 2024).

Riesgo Geológico: Son fenómenos naturales que pueden ocasionar graves daños a las personas, infraestructuras y al medio ambiente. (EGC, 2024).

Capacidad: Conjunto de fortalezas, recursos, conocimientos y habilidades disponibles en una comunidad o institución para anticiparse, resistir y responder ante la ocurrencia de eventos adversos. Una mayor capacidad contribuye a reducir los efectos negativos de los deslizamientos sobre la población (Villena, 2019).

Cohesión del suelo: Propiedad mecánica del suelo que representa la fuerza de unión entre sus partículas, influyendo directamente en la resistencia al corte. La cohesión es un parámetro fundamental en los análisis de estabilidad de taludes, ya que su disminución incrementa la probabilidad de fallas del terreno (alemán, 2017).

Deslizamiento: Desplazamiento ladera abajo de una masa de tierra, escombros o roca, que se produce a lo largo de una superficie de fallo específica, cuando las fuerzas involucradas exceden la cohesión del material. Los deslizamientos son uno de los procesos de transporte en masa más comunes en áreas con relieve irregular y pendientes acentuadas (Alcántara, 2000).

Elemento vulnerable: Individuos, infraestructuras, construcciones, servicios fundamentales y actividades económicas ubicadas en zonas propensas a la manifestación de riesgos. En el contexto de este estudio, la Escuela Remigio Romero y Cordero se clasifica

como un elemento expuesto de alta prioridad por la alta densidad de población infantil y su papel social crucial.

Erosión del suelo: Es un fenómeno que puede ser tanto natural como generado por acciones humanas, que se caracteriza por la disminución continua de la capa superficial del suelo, particularmente en áreas inclinadas. Este proceso provoca la fragilización del terreno y propicia la inestabilidad de las pendientes, lo que aumenta el riesgo de deslizamientos (Tarakanov, 2024).

Valoración de riesgos: Proceso técnico que facilita la identificación, análisis y apreciación de los peligros existentes en un área determinada, teniendo en cuenta las particularidades del suelo, la amenaza actual y la susceptibilidad de los elementos en riesgo. Esta valoración se erige como un recurso fundamental para la toma de decisiones en la administración del riesgo (CENEPRED, 2014).

Gestión del riesgo de desastres: Conjunto de políticas, estrategias y acciones orientadas a prevenir nuevos riesgos, reducir los riesgos existentes y gestionar el riesgo residual. La gestión del riesgo busca fortalecer la resiliencia de las comunidades y disminuir las pérdidas humanas y materiales ocasionadas por desastres (Villena, 2019).

Geomorfología: Rama de la ciencia que investiga las configuraciones del relieve de la Tierra, su génesis y desarrollo, además de los mecanismos que las modifican. La evaluación geomorfológica facilita la detección de pendientes, escarpes y configuraciones del terreno que pueden ser afectadas por procesos de inestabilidad (González Díaz & Di Tommaso).

Pendiente: La inclinación del suelo en relación con la horizontal, normalmente expresada en grados o como un porcentaje. La pendiente constituye uno de los elementos determinantes más significativos en la aparición de deslizamientos, dado que afecta de

manera directa la influencia de la gravedad sobre los componentes del terreno. (Blaya, Flores, Santiesteban, & Sigarreta, 2020).

Saturación de terrenos: Situación en la que el terreno ha asimilado un volumen de agua suficiente para que todos sus espacios porosos estén colmados, lo que disminuye notablemente su capacidad de resistencia al corte. Este fenómeno de saturación generalmente ocurre en momentos de precipitaciones fuertes y actúa como un desencadenante de deslizamientos (Promallas, 2024).

Sistema de Información Geoespacial (SIG): Software que facilita la recolección, almacenamiento, análisis y visualización de datos con referencia geográfica. En el presente estudio, los SIG son empleados para examinar variables territoriales, crear mapas temáticos y asistir en la detección de áreas propensas a deslizamientos (Ordóñez & Jhandry, 2024).

Gestión de Riesgos: Componente del sistema social, constituido por un proceso eficiente de planificación, organización, dirección y control, dirigido al análisis de riesgos, la reducción de riesgos, el manejo de desastres y la recuperación ante eventos adversos ya ocurridos (SNGR, 2011).

Reducción del Riesgo: (RRD) busca reducir los daños ocasionados por las amenazas naturales, tales como terremotos, sequías, inundaciones y ciclones, a través de una ética de prevención. Los desastres 'naturales' no existen. Sólo existen las amenazas naturales (UNDRR, 2020).

Respuesta a emergencias: Es una respuesta inmediata y sistemática ante un suceso inesperado o peligroso. El objetivo de un procedimiento de respuesta de emergencia es mitigar el impacto del evento en las personas, los bienes y el medio ambiente (Mishra, 2025).

Medidas de mitigación: Se refiere a las acciones correctivas o remediales tomadas para reducir el nivel de riesgo hasta que esté dentro de la tolerancia al riesgo de la organización.

Alerta temprana: Es una herramienta que permite crear condiciones de alerta para la comunidad para que tomen las medidas de protección con suficiente tiempo y de manera oportuna (SNGR, Gob.ec, s.f.).

3 CAPITULO 3 METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

El presente trabajo, según el diseño de investigación, se caracteriza por ser descriptivo según (Nieto, 2018). Es una investigación de segundo nivel, inicial, cuyo objetivo principal es recopilar datos e informaciones sobre las características, propiedades, aspectos o dimensiones de las personas, agentes e instituciones de los procesos sociales. Se centra en la recolección de datos para probar hipótesis o responde a preguntas basadas en la situación y sujetos de estudio.

La investigación exploratoria, (Morales, 2015), consiste en proveer una referencia general de la temática, a menudo desconocida, presente en la investigación a realizar. Entre sus propósitos podemos citar la posibilidad de formular el problema de investigación, para extraer datos y términos que nos permitan generar las preguntas necesarias. Asimismo, proporciona la formulación de hipótesis sobre el tema a explorar, sirviendo de apoyo a la investigación descriptiva.

Basados en las siguientes premisas, se emplea la observación detallada y documental, con base en la recolección de información de fuentes confiables referentes a deslizamientos.

La cantidad de elementos expuestos y las condiciones del terreno en el recinto Capilluco nos permiten conocer y comprender el “qué” sucede en el área de estudio, lo que resulta fundamental para identificar las zonas más vulnerables y los bienes en riesgo. El método exploratorio se utiliza para profundizar en la comprensión del problema, con las variables relacionadas con la susceptibilidad y vulnerabilidad. Este tipo de investigación

facilita la identificación de patrones, tendencias y posibles hipótesis que servirán como base para estudios posteriores. Asimismo, se persigue una investigación de tipo aplicada, puesto a que se aplican los conocimientos descritos en la fase teórica, necesaria para determinar si existe algún caso de inestabilidad o probabilidad de deslizamiento y, así, llevar a cabo alternativas de solución que contribuyan a la estabilidad del talud.

3.2 Métodos de análisis de estabilidad de taludes

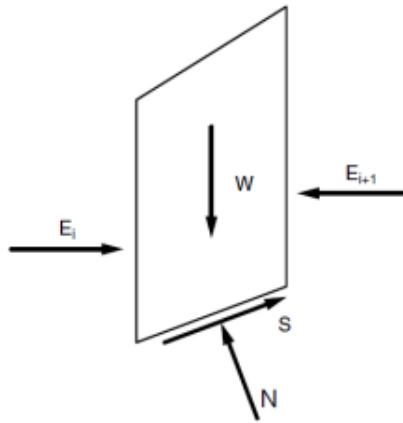
El análisis de estabilidad de taludes comprende un conjunto de métodos utilizados en la ingeniería geotécnica para evaluar la capacidad de una ladera de resistir movimientos o deslizamientos del material que la compone. Estos estudios resultan fundamentales en la planificación territorial y en el diseño de infraestructuras, ya que permiten identificar zonas potencialmente inestables y estimar el nivel de riesgo asociado a la ocurrencia de fallas del terreno (Agboola et al., 2024; Arriola et al., 2025).

Los métodos de análisis pueden variar desde evaluaciones preliminares basadas en observaciones directas en campo hasta modelos matemáticos y computacionales más complejos que permiten simular diferentes condiciones ambientales, como la infiltración de agua por precipitaciones intensas o la acción de fuerzas sísmicas sobre el terreno (Agboola et al., 2024; Di Napoli et al., 2021).

3.2.1 Método simplificado de Bishop

El método simplificado de Bishop es uno de los procedimientos más utilizados para el análisis de estabilidad en taludes con superficies de falla circulares. Este método satisface el equilibrio de momentos y el equilibrio de fuerzas verticales, proporcionando resultados más precisos que el método de Fellenius. No obstante, mantiene la suposición de que las fuerzas de corte entre las fajas son nulas, lo que simplifica el proceso de cálculo (GEO5, 2008; Rabie, 2014).

Figura 12: Equilibrio de Fuerzas Bishop



Nota: Equilibrio de Fuerzas Bishop simplificado

El método simplificado de Bishop (1955) calcula el factor de seguridad mediante la siguiente ecuación:

$$F = \frac{\sum \left(\frac{-b \pm c' \Delta l \cos \alpha + (W - u \Delta l \cos \alpha) \tan \phi' \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi')/F} \right)}{\sum W \sin \alpha}$$

Donde:

- W: Peso de la dovela
- u: presión de poros –
- F: Factor de Seguridad
- c': cohesión efectiva
- ϕ' : ángulo de fricción efectivo
- α : ángulo entre la tangente de la base de la dovela y la horizontal
- b: ancho de la dovela
- h: altura de la dovela
- Δl : longitud de la base de la dovela

3.2.1.1 Cálculo del factor de seguridad en taludes

El **Factor de Seguridad (FS)** es un parámetro adimensional utilizado para evaluar el estado de estabilidad de un talud. Este indicador se define como la relación entre las fuerzas resistentes del suelo y las fuerzas que tienden a provocar el deslizamiento del material (Arriola et, 2025; Lynn M. Highland & Peter Bobrowsky, 2008).

Matemáticamente, el factor de seguridad puede expresarse como:

$$Fs = \frac{\text{Fuerzas Resistentes}}{\text{Fuerzas Actuantes}}$$

o, de forma equivalente,

$$Fs = \frac{\text{Momento Resistente}}{\text{Momento Actuante}}$$

La interpretación del valor del factor de seguridad permite determinar el grado de estabilidad de una pendiente bajo determinadas condiciones geotécnicas y ambientales.

En términos generales, se consideran los siguientes criterios de interpretación (Arriola et, 2025; Chmielewski et al., 2024).

- **FS > 1.5:** el talud se considera estable bajo las condiciones analizadas.
- **FS ≤ 1.5:** el talud presenta una condición de inestabilidad o una falla inminente.

En la práctica profesional de la ingeniería geotécnica, se utilizan rangos más conservadores para el diseño de obras permanentes. Generalmente, valores del factor de seguridad entre 1.0 y 1.5 se consideran condiciones que requieren atención o medidas de mitigación, mientras que valores superiores a 1.5 indican un nivel de estabilidad adecuado para estructuras permanentes (Chen et al., 2025; Chmielewski et al., 2024).

En lo que respecta a infraestructuras esenciales, como instituciones educativas o edificaciones gubernamentales, la evaluación del coeficiente de seguridad debe incluir

condiciones dinámicas, tales como la actividad sísmica. Con este fin, se emplea un coeficiente sísmico horizontal (k) en análisis pseudoestáticos, el cual refleja el impacto de las fuerzas sísmicas en la masa de la ladera. La adición de este elemento puede disminuir de manera notable el valor del coeficiente de seguridad, particularmente en pendientes empinadas o en terrenos con escasa resistencia al corte (Arriola., 2025; Lidia., 2025).

3.3 Enfoque de la investigación

El enfoque adoptado en esta investigación es mixto, integrando métodos cualitativos y cuantitativos para ofrecer un análisis más completo y robusto. La componente cuantitativa está basada en modelamiento geotécnico con Geo5, lo que permite la elaboración de mapas temáticos, la zonificación de la susceptibilidad y la identificación precisa de los elementos expuestos en el recinto Capilluco. Esta dimensión numérica y espacial contribuye a obtener resultados objetivos y replicables, esenciales para la planificación y gestión del riesgo.

En contraposición, el paradigma cualitativo se dedica a analizar y situar en contexto los elementos sociales, ambientales e institucionales que afectan la vulnerabilidad de la población y las infraestructuras locales. A través de la recopilación de documentos, la realización de entrevistas y la observación directa, se recolectan las percepciones, vivencias y circunstancias específicas de la comunidad, factores que son esenciales para entender el efecto real y la capacidad de reacción ante los deslizamientos (Lisboa, 2018).

La combinación de ambos enfoques permite no solo medir y visualizar el riesgo, sino también entender su complejidad desde una perspectiva integral, lo que fortalece la toma de decisiones estratégicas y la formulación de políticas públicas orientadas a la prevención y mitigación de desastres.

3.4 Métodos de Investigación

En el presente estudio se emplean los métodos inductivo y deductivo.

Método inductivo: Este procedimiento se basa en la observación y evaluación de situaciones específicas, tales como las características particulares del terreno, los atributos de la población y los incidentes de deslizamientos que han tenido lugar en la región de estudio. A través de esta información concreta, se pueden reconocer patrones y regularidades que permiten formular conclusiones generales acerca de la susceptibilidad y vulnerabilidad del área en cuestión. A pesar de que sus conclusiones son de naturaleza probabilística y dependen de la calidad y cantidad de la información reunida, el enfoque inductivo es esencial para generar conocimiento fundamentado en la realidad observada, especialmente durante la fase exploratoria de la investigación (Abreu, 2014).

Método deductivo: Complementariamente, se aplica el método deductivo para verificar teorías generales relacionadas con los factores que influyen en los deslizamientos, tales como la pendiente, el tipo de suelo y la cobertura vegetal. Partiendo de principios y leyes establecidas en la literatura científica y la normativa vigente, se examina si estas condiciones se cumplen en el recinto Capilluco y cómo afectan a los elementos expuestos. Este razonamiento de lo general a lo particular ofrece un marco riguroso para interpretar los resultados y validar las conclusiones del estudio. (Dávila Newman, 2024).

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

Para el desarrollo práctico del proyecto de investigación, la recolección de información fue esencial para obtener una visión integral y precisa de la vulnerabilidad y exposición ante deslizamientos en el recinto Capilluco, Para ello se emplearon diversas técnicas e instrumentos dirigidos a diferentes actores y realizamos actividades, combinando métodos cuantitativos, cualitativos y tecnológicos.

Observación Directa: Realizamos una visita de campo, lo cual nos permitió recopilar información sobre nuestra zona de estudio, su ubicación, la topografía, su densidad

poblacional, detectamos los factores desencadenantes de riesgo a los que está expuesta la población que conforma la Escuela Remigio Romero y Cordero.

Entrevistas semiestructuradas: Nos dirigidos a profesores y niños de la comunidad educativa con el fin de priorizar aspectos relacionados con la percepción del riesgo frente a los deslizamientos, el conocimiento que poseen sobre esta amenaza y las propuestas que puedan plantear para fortalecer la prevención y la respuesta en el ámbito escolar y comunitario.

Fichas técnicas de campo: Creamos una ficha de campo basada en el principal peligro que sufre la escuela Remigio Romero y Cordero, Gracias a esto, pudimos registrar características físicas del terreno, como pendientes, tipo de suelo, cobertura vegetal y uso del suelo, así como la ubicación precisa de zonas susceptibles a deslizamientos, facilitando el análisis espacial.

Dispositivo GPS: Para georreferenciar puntos críticos, elementos expuestos y zonas de riesgo durante el trabajo de campo, integrando esta información en el Sistema de Información Geográfica (SIG).

Ensayos de laboratorio: Se llevarán a cabo pruebas en condiciones controladas para analizar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos presentes en la zona de estudio.

Estos factores, como la humedad, la cohesión, la permeabilidad y la resistencia al corte, se analizarán con el fin de comprender mejor el comportamiento del terreno ante eventos de deslizamientos y aportar datos técnicos para la gestión de riesgos.

Ensayo de corte directo: Permite determinar los parámetros de resistencia al corte del suelo, como la cohesión (c) y el ángulo de fricción interna (ϕ), fundamentales para calcular el factor de seguridad en los taludes.

Determinación del nivel de humedad natural: Es esencial para analizar la situación actual del suelo y su posible condición de saturación, aspecto que afecta de manera directa su estabilidad.

Densidad del suelo (seco y húmedo): Es necesaria para establecer las cargas inherentes al suelo que impactan en el talud. Evaluación del nivel de humedad natural, límites de Atterberg y densidad en estado seco. Con medidas más precisas, se optimiza la planificación y la toma de decisiones en la gestión de riesgos.

Revisión documental: Análisis de fuentes secundarias, como planes de gestión de riesgos, estudios técnicos, normativa vigente y antecedentes de deslizamientos, para contextualizar y complementar la información recopilada en campo.

3.6 Universo, Población y Muestra

El universo de estudio corresponde al sector Capilluco, parroquia Guanujo, cantón Guaranda, provincia de Bolívar.

La población de estudio está conformada por la comunidad educativa Remigio Romero y Cordero, con un total de 46 estudiantes y 2 docentes, en un área de 2027,65 metros cuadrados. Debido a que la investigación se desarrolló mediante análisis espacial, trabajo de campo y aplicación de fichas de observación, no fue necesario aplicar un procedimiento de muestreo estadístico. Por lo tanto, se trabajó con la totalidad de los elementos identificados dentro del área de estudio.

4 CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados

Los resultados del análisis multicriterio facilitaron la identificación de diferentes niveles de vulnerabilidad a deslizamientos en el área de Capilluco, considerando factores

como la pendiente del terreno, la geomorfología, la geología, la cobertura vegetal y la precipitación. Mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica, se logró una representación espacial de las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia de movimiento en masa en la región estudiada.

Los hallazgos son congruentes con la investigación realizada por (Di, 2021), quien sostiene que la combinación de variables físicas del terreno junto con herramientas SIG permite identificar de manera más precisa las áreas propensas a deslizamientos. Ambos estudios subrayan la relevancia de examinar conjuntamente los factores condicionantes para mejorar la identificación de zonas en riesgo.

Asimismo, los descubrimientos coinciden con lo mencionado por (Pinho y Filho 2022), quienes establecieron que la precipitación es uno de los principales desencadenantes de deslizamientos, sobre todo en áreas con condiciones geológicas y geomorfológicas desfavorables. En la presente investigación, la precipitación se incorporó como una variable de análisis debido a su impacto en la estabilidad del terreno.

Los resultados también se relacionan con lo reportado por (Bravo López, 2023) quien concluyó que el uso de variables topográficas, geológicas, hidrológicas y de cobertura terrestre permite crear mapas de susceptibilidad con un alto grado de precisión. En el sector de Capilluco, se observó que la combinación de estos factores facilitó la identificación de áreas con distintos niveles de susceptibilidad.

Por otra parte, el análisis geotécnico realizado con el software GEO5 complementó la evaluación espacial de la susceptibilidad, aportando información sobre las condiciones de estabilidad del terreno. Estos resultados coinciden con lo señalado por Carrión-Mero (2021), quien resalta la importancia de los análisis geotécnicos y del factor de seguridad en la identificación de sectores potencialmente inestables.

Finalmente, la identificación de los elementos expuestos en el área de influencia de la Escuela de Educación Básica Remigio Romero y Cordero evidenció la presencia de población e infraestructura vulnerable ante posibles deslizamientos. Este hallazgo es similar al obtenido por Cadena y Gavilanes (2024), quienes identificaron edificaciones y servicios situados en zonas de alta susceptibilidad, destacando la necesidad de fortalecer las acciones de prevención y gestión del riesgo.

En resumen, los resultados confirmaron la efectividad de los Sistemas de Información Geográfica como una herramienta fundamental para el análisis de susceptibilidad a deslizamientos y la identificación de elementos expuestos, constituyendo un aporte técnico significativo para la gestión del riesgo en el sector de Capilluco y la protección de la comunidad educativa de la Escuela Remigio Romero y Cordero.

4.1 Resultado 1

Evaluar la estabilidad del talud cercano a la Escuela Remigio Romero y Cordero, mediante modelamiento geotécnico con el programa Geo5.

Evaluar la estabilidad del talud cercano a la Escuela Remigio Romero y Cordero, mediante modelamiento geotécnico con el programa Geo5.

Para el cumplimiento de este objetivo se emplearon dos programas, Geo5 y Slid6.0 aplicando el análisis de la estabilidad de taludes con el método Bishop.

El método simplificado de Bishop es uno de los procedimientos más utilizados para el análisis de estabilidad en taludes con superficies de falla circulares. Este método satisface el equilibrio de momentos y el equilibrio de fuerzas verticales, proporcionando resultados más precisos. No obstante, mantiene la suposición de que las fuerzas de corte entre las fajas son nulas, lo que simplifica el proceso de cálculo (GEO5, 2008; Rabie, 2014).

Previamente se realizó la identificación, recolección y validación de los parámetros geotécnicos del talud mediante un ensayo de laboratorio de suelos, con el propósito de

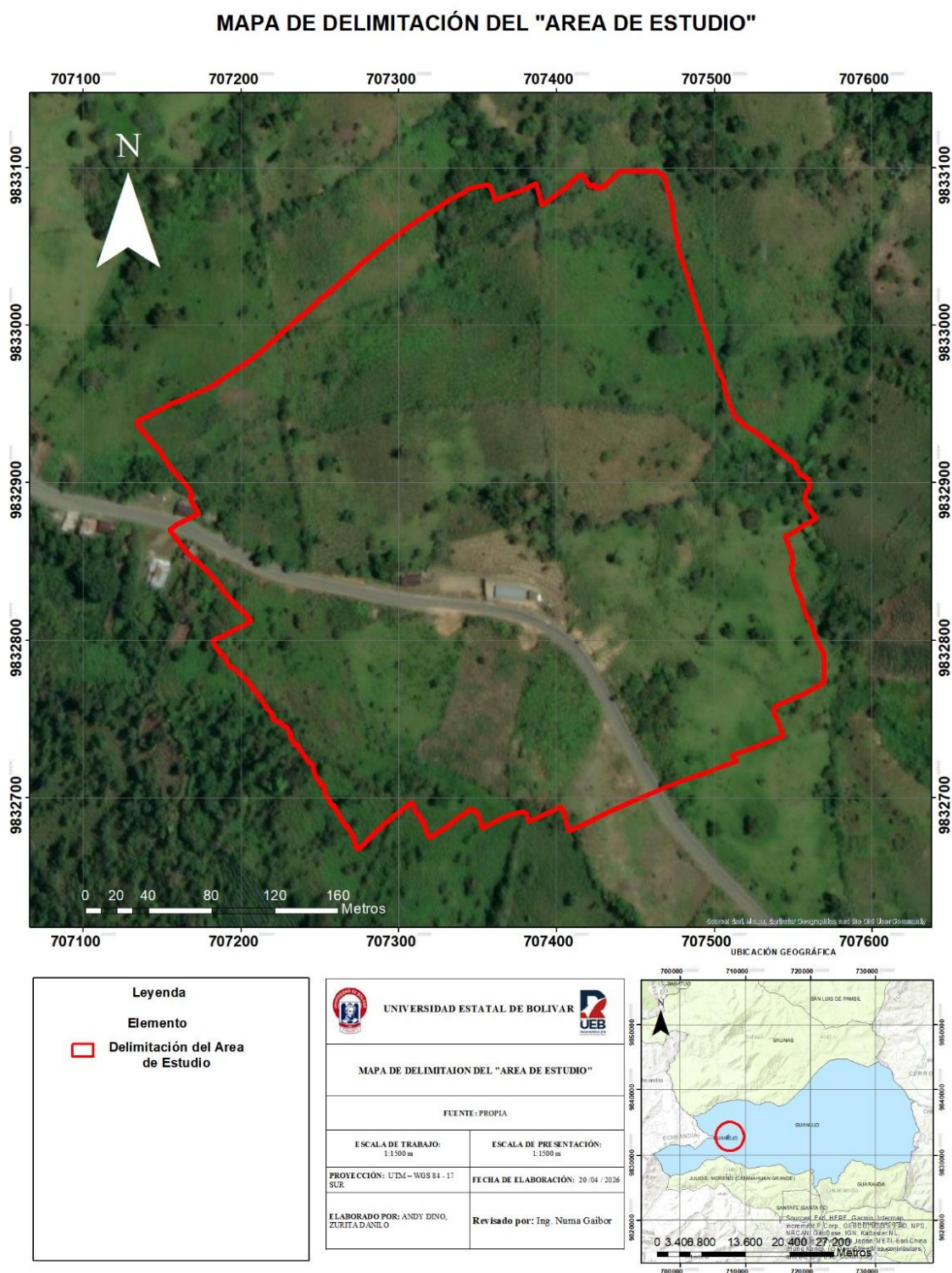
determinar el tipo de suelo y obtener con mayor precisión los parámetros de peso unitario, cohesión y Angulo de fricción.

A continuación, vamos a detallar paso a paso para la obtención de este resultado.

4.1.1.1 Delimitación de la zona de estudio

Delimitamos nuestra zona de estudio la Escuela Remigio Romero y Cordero, ubicada en la vía Echandía, en el kilómetro 25, en el recinto Capilluco. Para la elaboración de este mapa se utilizó el software (Google Earth Pro).

Figura 13: Mapa de Delimitación

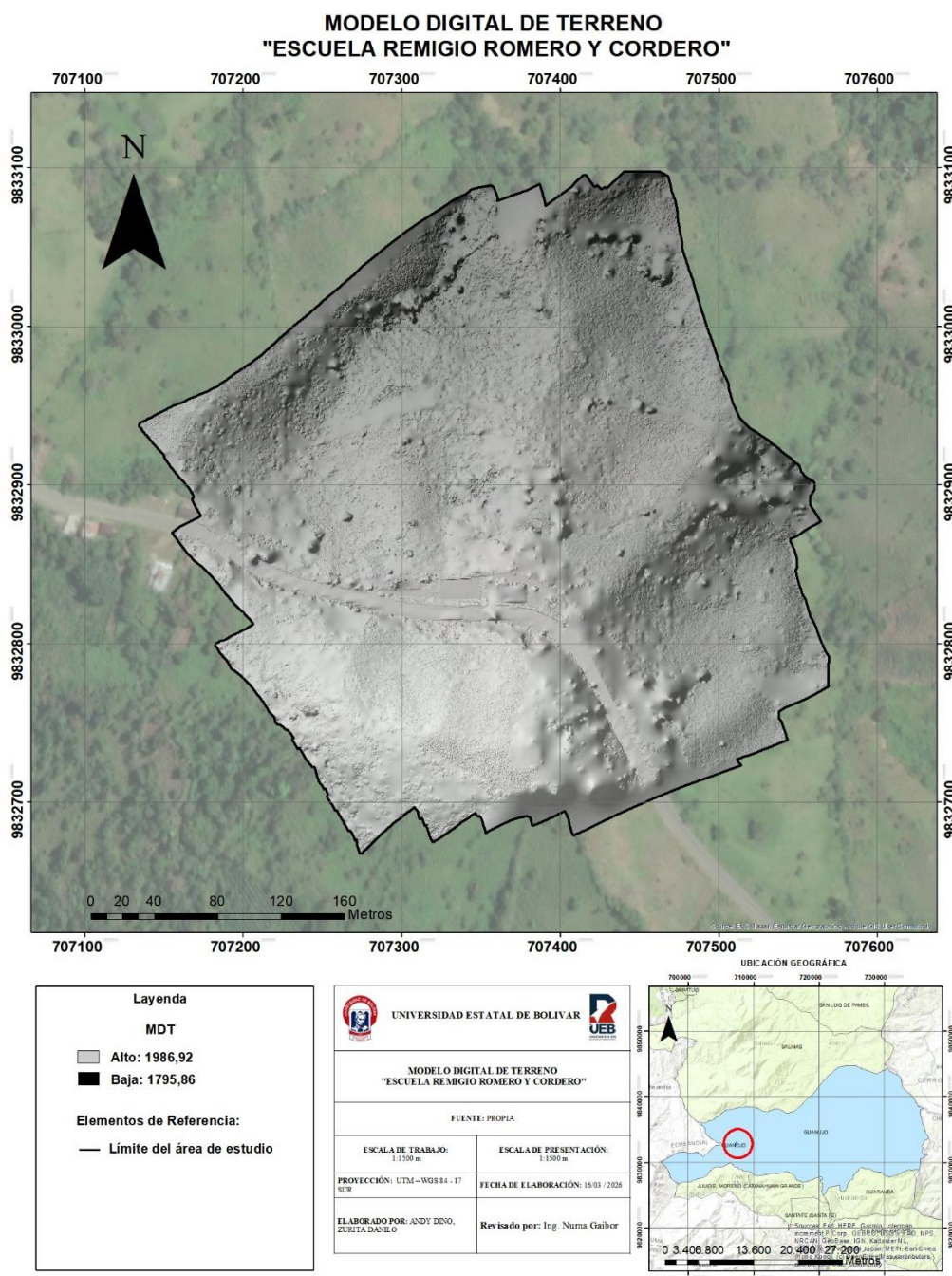


Nota; Elaboración propia Dino Alexander y Danilo Zurita

4.1.1.2 Modelos Digital de Terreno (MDT)

Para la obtención de este modelo, se realizó una visita in situ con ayuda de un dron, logramos capturar una imagen de nuestra área de estudio y después lo procesamos en el software Argisoft Metashape obteniendo así nuestro modelo digital de terreno.

Figura 14: Modelo Digital de Terreno



Nota: Observamos el (DEM) Elaboración propia Dino Alexander y Danilo Zurita

4.1.1.3 Mapa de pendientes

A partir del DEM y las curvas de nivel se obtuvo el mapa de pendientes, el cual nos permitió identificar las áreas con mayor inclinación dentro de nuestra área de estudio. Las pendientes forman parte de los factores geomorfológicos que influyen en la estabilidad del terreno. Estas características forman parte para la influencia de los movimientos de masa.

El estudio de las inclinaciones muestra que predominan áreas con pendientes moderadas a muy fuertes (15° a más de 45°), lo cual indica que las condiciones no son nemos favorables para estabilidad del suelo. Hay pocas zonas que son planas o menos inclinadas, y se encuentran en lugares específicos, posiblemente vinculadas a carreteras o lugares modificados.

Muy baja (0–5): Corresponde a zonas con pendientes planas o casi planas.

Definidas por suelos firmes y una baja predisposición a deslizamientos.

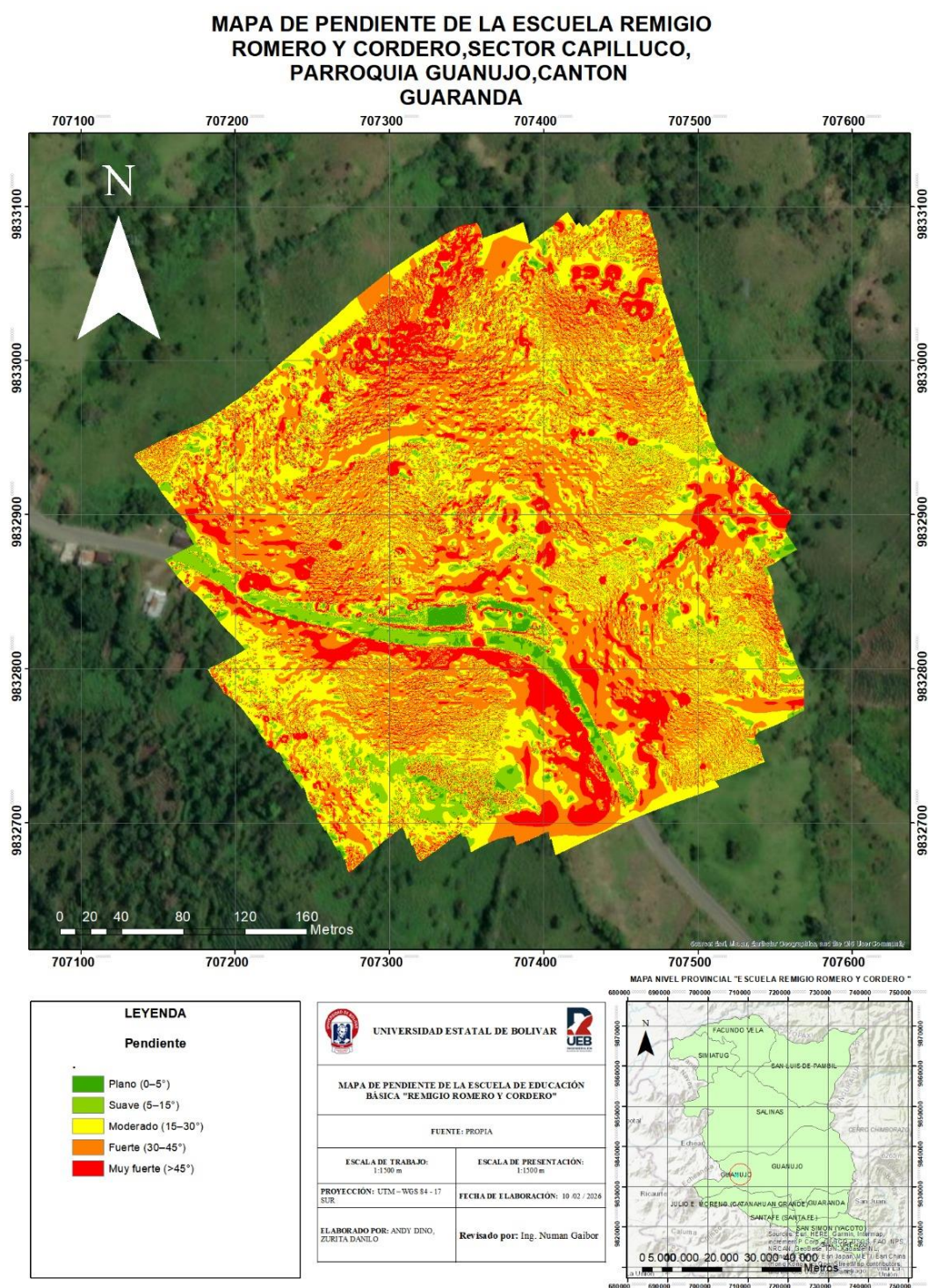
Baja (6–12): Regiones con inclinaciones ligeramente onduladas a suavemente inclinadas, presentando un bajo grado de inestabilidad.

Media (13–25): Inclinaciones moderadas a marcadamente onduladas/inclinadas en las que pueden influir factores complementarios tales como el uso del suelo o la vegetación.

Alta (26–40): Terrenos abruptos con una inestabilidad notable y una alta probabilidad de que se produzcan deslizamientos.

Muy alta (>40): Pendientes escarpadas o muy escarpadas, con un nivel muy alto de susceptibilidad y riesgo significativo de deslizamiento.

Figura 15: Mapa de Pendientes



Nota: Elaboración propia: Dino Alexander y Danilo Zurita

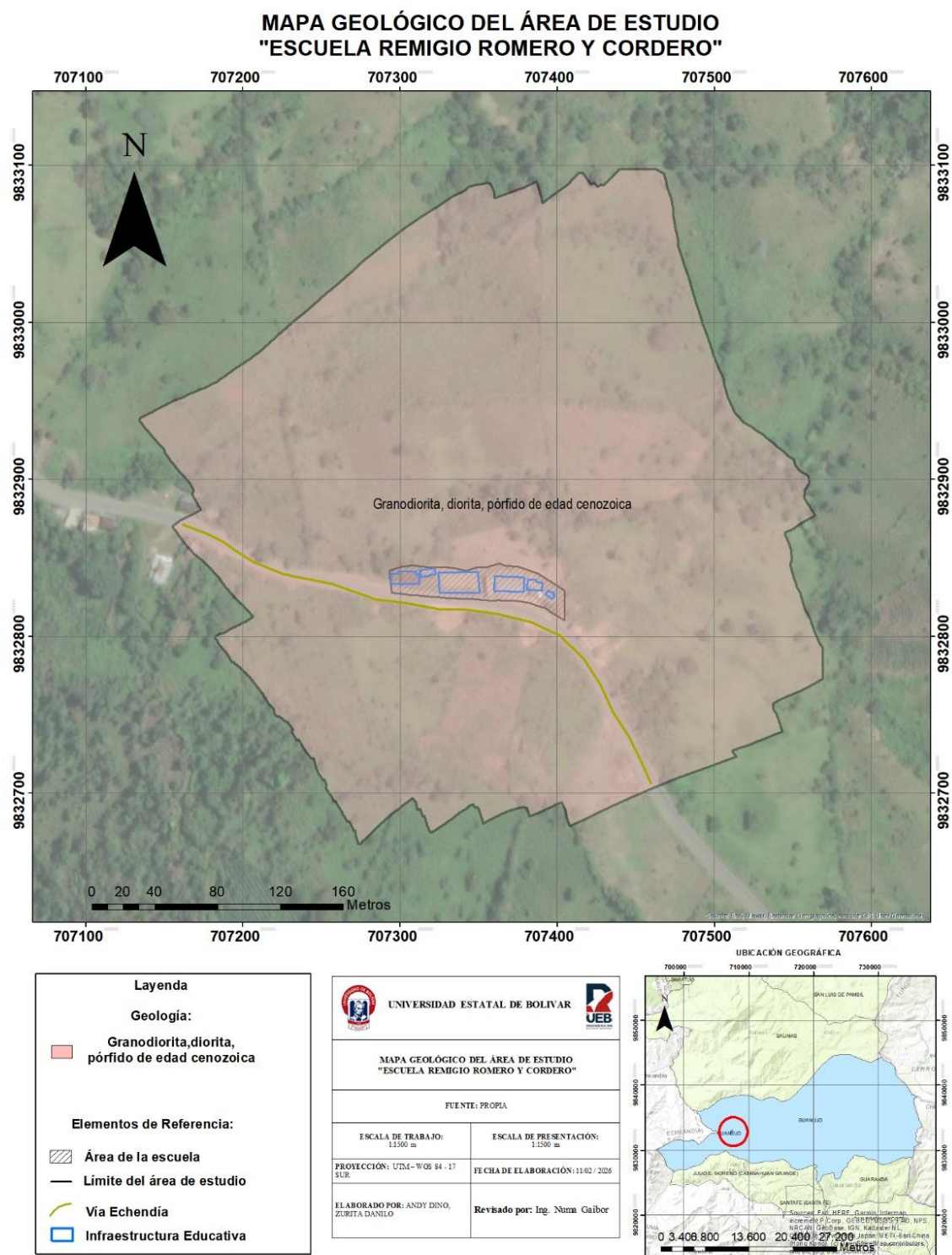
4.1.1.4 Mapa Geológico

A partir de la información recolectada en los geoportales se asignó una capa para la creación del mapa geológico, la cual muestra sobre una única unidad geológica compuesta por: granodiorita, diorita y pórfido de edad cenozoica. La granodiorita es una roca ígnea intrusiva de grano grueso que se caracteriza por su alta dureza y resistencia. La diorita también es una roca ígnea intrusiva con buena resistencia mecánica, mientras que el pórfido corresponde a una roca de origen ígneo con cristales de mayor tamaño inmersos en una matriz de grano fino, la cual puede presentar diferentes grados de alteración.

En condiciones de roca sana estos materiales presentan una resistencia considerable; sin embargo, con los procesos de motorización y fractura miento pueden alterar sus materiales generando una mayor cohesión y resistencia. Los materiales derivados de la meteorización

Estas rocas presentan una alta resistencia, su meteorización puede originar materiales con menor cohesión, favoreciendo la pérdida de estabilidad del terreno

Figura 16: Mapa Geológico



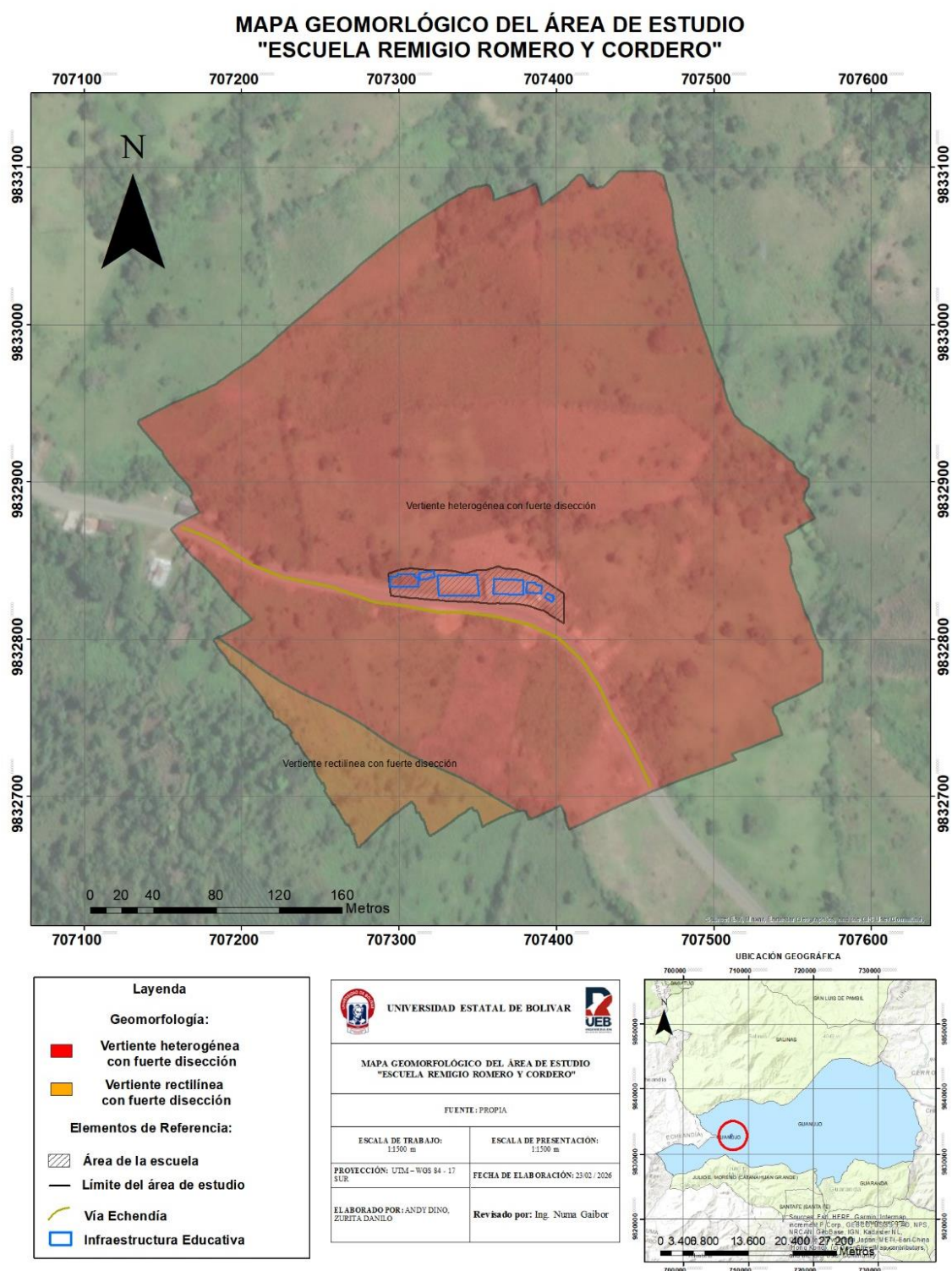
Nota: Elaboración Propio Dino Alexander y Danilo Zurita

4.1.1.5 Mapa Geomorfológico

El mapa geomorfológico identifica dos unidades de relieve: vertiente heterogénea con fuerte disección y vertiente rectilínea con fuerte disección. La vertiente heterogénea con fuerte disección corresponde a un relieve con formas irregulares que ha sido intensamente modelado por la erosión, originando laderas con diferentes inclinaciones y una red de drenaje bien desarrollada. Por su parte, la vertiente rectilínea con fuerte disección presenta laderas de formas más uniformes, aunque igualmente afectadas por procesos erosivos que modifican continuamente el terreno.

Estas formas del relieve reflejan un terreno con intensa erosión y pendientes irregulares, condiciones que favorecen el escurrimiento superficial y disminuyen la estabilidad del suelo.

Figura 17: Mapa Geomorfológico

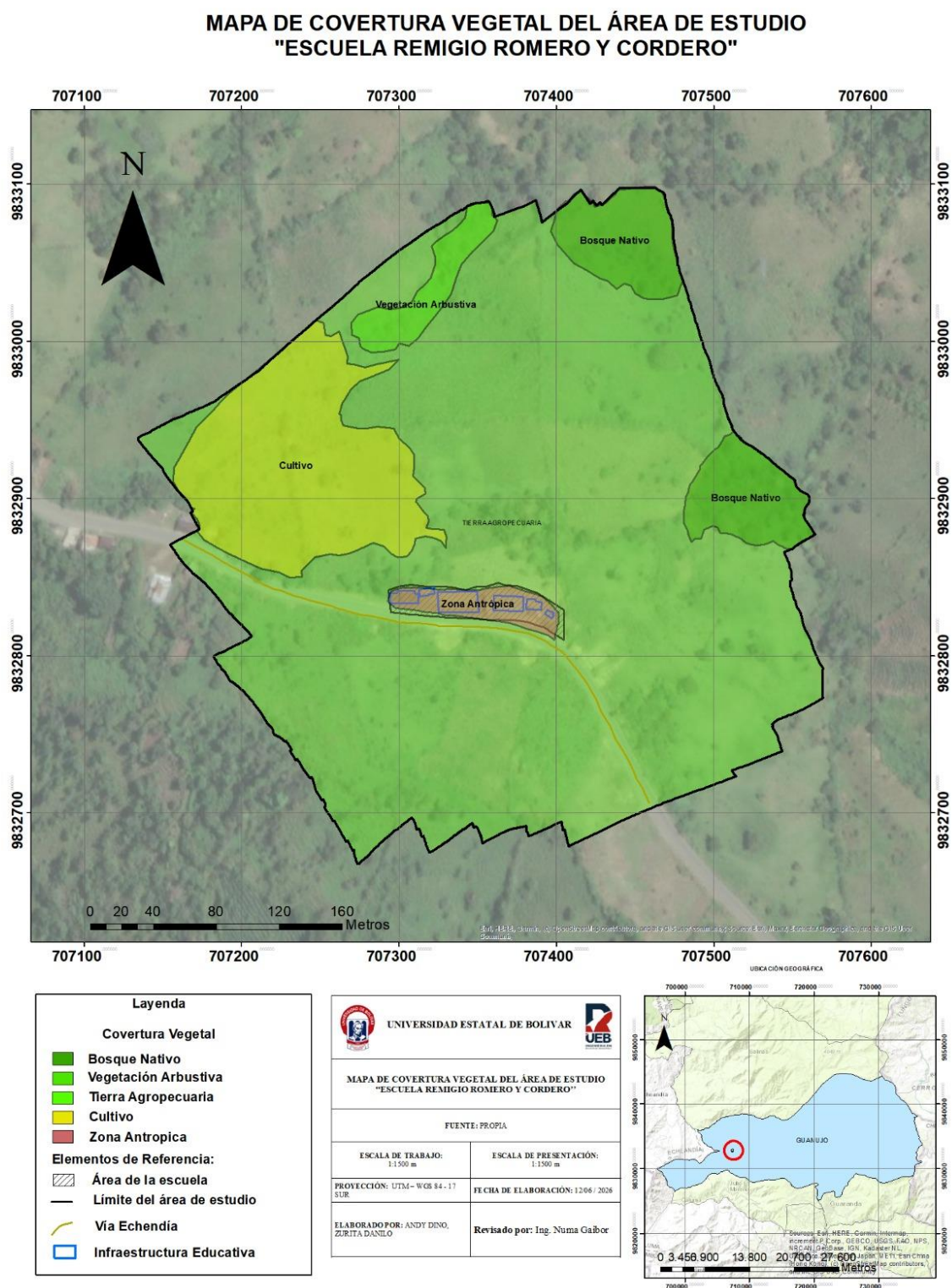


Nota: Elaboración Propio Dino Alexander y Danilo Zurita

4.1.1.6 Mapa de cobertura Vegetal

La cobertura vegetal juega un papel muy importante para la generación de mapas de deslizamientos. La cobertura vegetal nos muestra que toda la región se presenta como un mosaico de uso agrícola, mostrando una intensa actividad humana. Este tipo de superficie incluye la existencia de cultivos, praderas y vegetación esparcida, sin una cobertura forestal densa. Esta situación disminuye la capacidad del suelo para, mantener la humedad de manera controlada y prevenir la erosión.

Figura 18: Mapa de Cobertura Vegetal

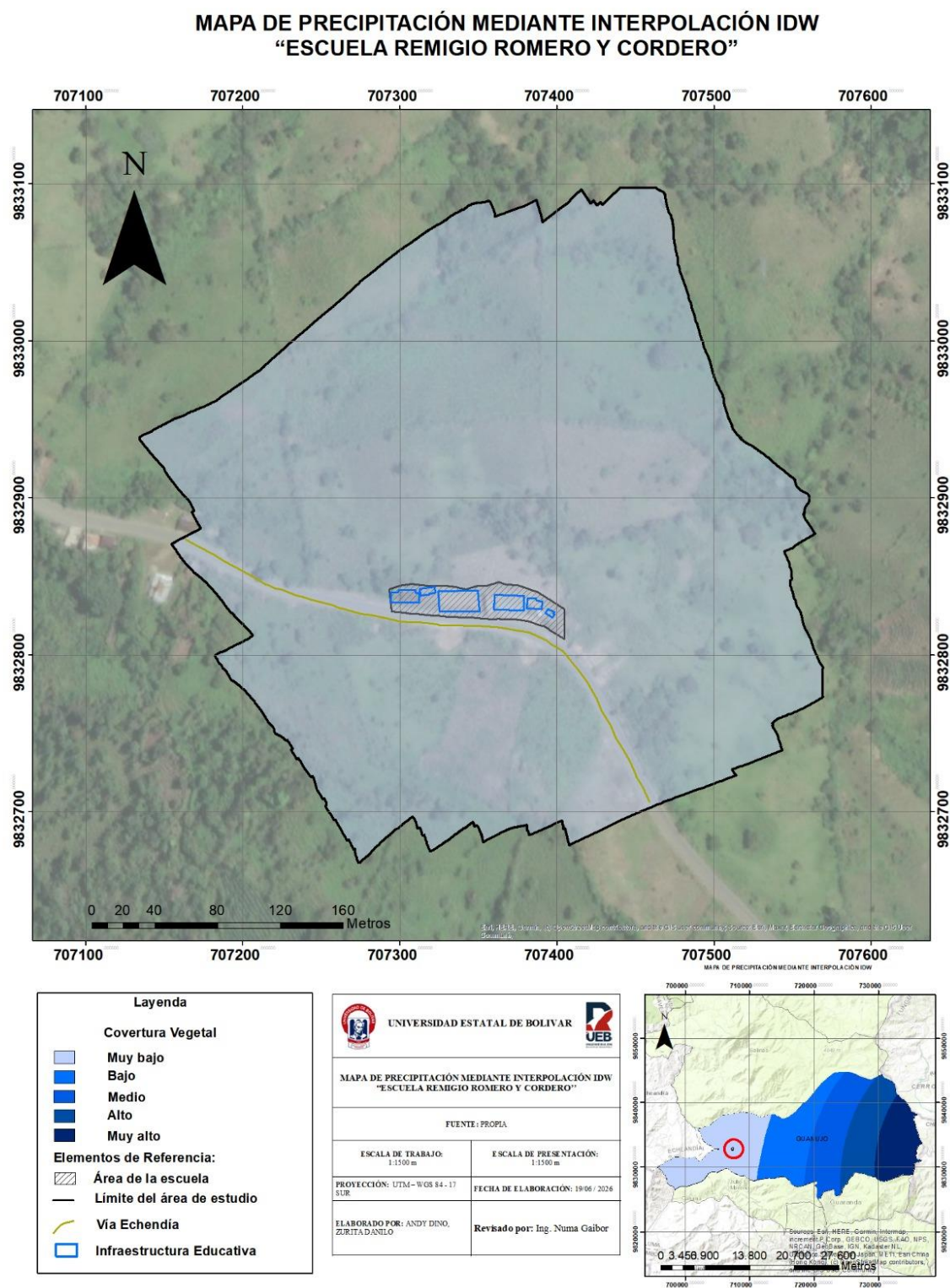


Nota: Elaboración Propio Dino Alexander y Danilo Zurita

4.1.1.7 Mapa de precipitación

Para la obtención de la precipitación se generó mediante la interpolación IDW, la cual facilitó la identificación de la distribución espacial de las precipitaciones en la región de la Escuela Remigio Romero y Cordero. Se evidenció que las áreas con mayores índices de precipitación se ubican en su mayoría en el sector oriental, mientras que en la zona occidental los valores son más reducidos. Este análisis resultó fundamental para establecer la conexión entre las precipitaciones y la potencial aparición de deslizamientos en la zona evaluada.

Figura 19: Mapa de precipitación

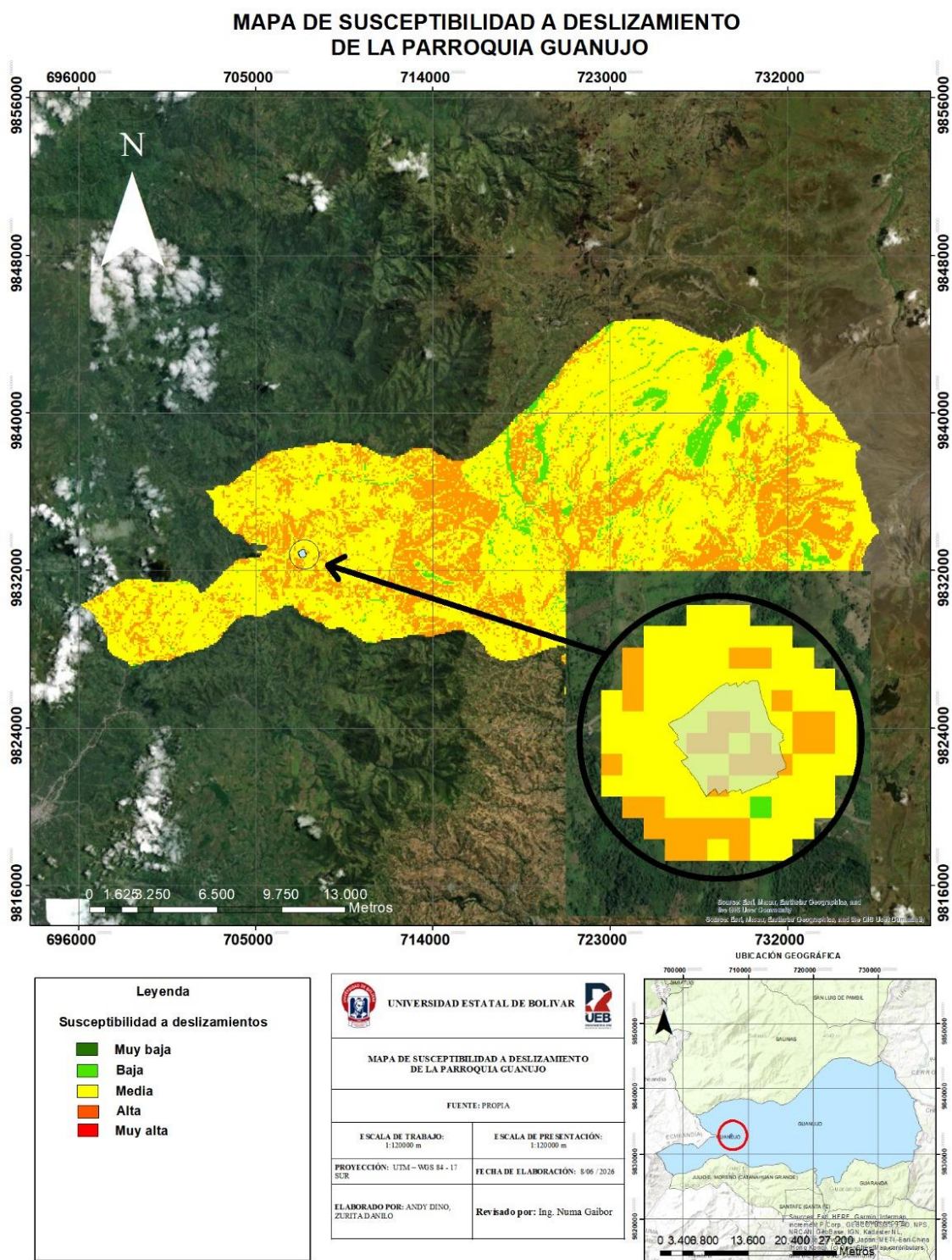


Nota: Elaboración Propio Dino Alexander y Danilo Zurita

4.1.1.8 Mapa de susceptibilidad a deslizamiento

El uso de la herramienta Weighted Overlay en ArcGIS permitió integrar y analizar de manera conjunta las variables pendientes, precipitación, cobertura vegetal, geología y geomorfología para la generación del mapa de susceptibilidad a deslizamiento de tierra de la parroquia Guanujo. Previamente, cada variable fue reclasificada de acuerdo a su influencia en la ocurrencia de deslizamientos, asignándole valores de susceptibilidad. Posteriormente, mediante la ponderación y combinación de estos factores, se obtuvo una representación espacial del área de estudio. Como resultado, el territorio fue reclasificado en cinco niveles: Muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto, lo que permitió identificar las zonas más susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos y proporcionar información útil para la planificación territorial y la gestión del riesgo.

Figura 20: Susceptibilidad a deslizamiento de la parroquia Guanujo



Nota: En la imagen se muestra el mapa de susceptibilidad por deslizamientos en la parroquia Guanujo mediante el programa ArcGIS. Elaboración: Dino Alexander y Danilo Zurita

Análisis:

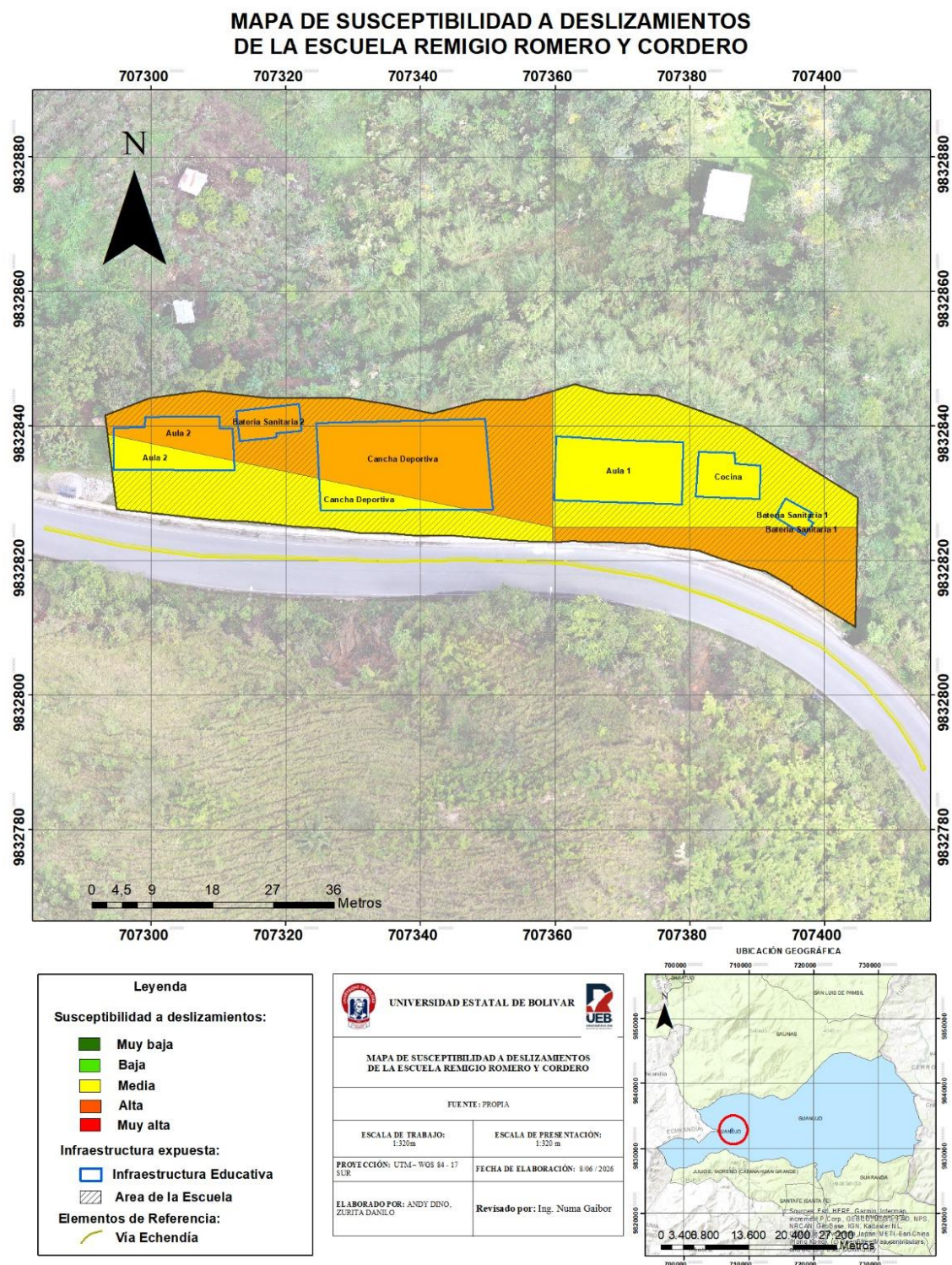
El análisis multicriterio permitió integrar factores como la pendiente, precipitación, cobertura vegetal y características del terreno para determinar los niveles de susceptibilidad a deslizamientos en la parroquia Guanujo. A partir de esta evaluación, predominan las zonas con susceptibilidad moderada y alta; una gran parte de este territorio presenta condiciones favorables para la ocurrencia de deslizamientos.

Dentro de la zona de estudio se encuentra localizada la Escuela Remigio Romero y Cordero, donde podemos evidenciar un nivel de susceptibilidad moderada y alta. Evidenciamos que la institución presenta un nivel importante de exposición frente a deslizamientos, lo que afecta la seguridad de la comunidad educativa.

4.1.1.9 Mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la escuela Remigio Romero y Cordero.

Después de obtener el mapa de susceptibilidad, se realizó un acercamiento al área de estudio para identificar la exposición de la Escuela Remigio Romero y Cordero. En el mapa se observa la superficie total de la institución, donde predominan las zonas de susceptibilidad media (amarillo) y alta (naranja). Además, se puede apreciar la ubicación de la infraestructura escolar dentro de estas áreas, permitiendo evaluar su nivel de exposición ante posibles deslizamientos.

Figura 21: Mapa de susceptibilidad de la escuela Remigio Romero y Cordero



Nota: Se muestra el área total de la escuela combinado con la susceptibilidad.

Elaboración Dino Alexander y Danilo Zurita

Tabla 3: Área en metros cuadrados

Nivel de susceptibilidad	Área metros cuadrados
Media	77,95 m ²
Alta	45,47 m ²
Total	123,43 m ²

Notas: Elaboración Dino Alexander y Danilo Zurita

Análisis:

El mapa de susceptibilidad a deslizamientos muestra que el área de la escuela Remigio Romero y Cordero se encuentra distribuida entre niveles medio y alto. La susceptibilidad media ocupa un 77,95 m² (63.2%) mientras que la susceptibilidad alta abarca un 45,47 m² (36.8%). Estos resultados indican que la mayor parte del área presenta condiciones favorables para la ocurrencia de deslizamientos.

4.1.1.10 Ensayos de Laboratorio

Mediante la observación directa y la entrevista a la comunidad educativa realizada en campo, se identificó uno de los taludes más destacados y sensibles de la zona debido a su alto nivel de vulnerabilidad; este talud ha experimentado deslizamientos en el pasado, los cuales han generado afectaciones directas a la comunidad educativa y a las personas que transitan por esta carretera.

Este talud se encuentra ubicado en la vía principal Guaranda-Echandía precisamente en el kilómetro 25 al frente de la Escuela Remigio Romero y Cordero. Ha presentado afectaciones en años anteriores, siendo sus factores condicionantes las lluvias intensas y su tipo de suelo, A pesar de que este fenómeno ya ocurrió y dejó una huella significativa en su talud, aún se presentan desprendimientos de tierra.

Por lo dicho anteriormente se consideró necesario realizar un análisis de estabilidad del talud bajo las condiciones in situ, utilizando el software Geo5 y Slid6.0, lo cuales se

utilizarán para la comparación de los resultados. Este tipo de análisis no solo nos permite conocer el estado actual del talud, sino también evaluar su estabilidad residual, es decir, la capacidad de mantenerse en equilibrio luego del evento principal de deslizamiento, y anticipar futuros comportamientos ante condiciones similares o agravadas (Evelyn Paguay, 2025).

4.1.1.11 Ensayo Granulométrico

La granulometría es el proceso para determinar el tamaño y la distribución de las partículas del suelo, lo que permite identificar cuál es su tipo y estimar sus propiedades. El método que empleamos es por medio del tamizado (Tamiz N4-Tamiz N200), el cual utiliza mallas con aberturas normalizadas mediante un proceso de agitación, una medida para dividir y clasificar los suelos en finos y gruesos.

Para realizar la gradación por tamizado se basa en las normas **ASTM D 421, ASTM, D 422, y AASHTO T 88**.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System), es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras. (Ochoa, 2019).

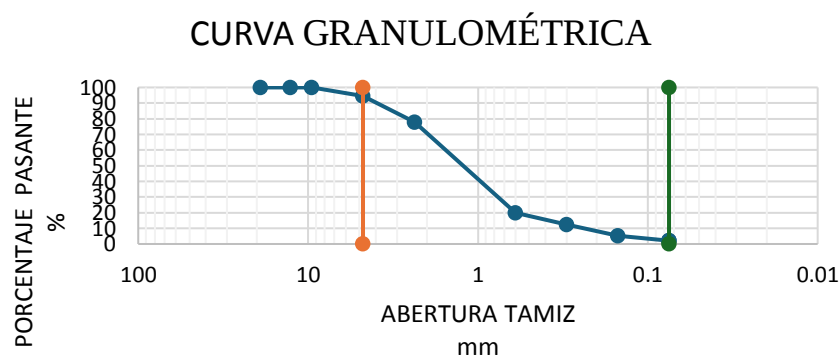
Tabla 4: Muestra de suelo 1

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR		
LABORATORIO DE ROCAS Y SUELOS		
ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO		
NOMATIVA		
TAMAÑO PARTÍCULA	Peso Húmedo:	Peso seco:

ABERTURA DEL TAMIZ		Peso Retenido gr	Porcentaje retenido %	Porcentaje retenido acumulado %	Porcentaje pasante %
(Pulg)	(mm)				
3/4"	19	0	0	0	100.0
1/2"	12.7	0	0	0	100.0
3/8"	9.53	0	0	0	100.0
N°4	4.75	14.1	2.3	2.3	97.7
N°8	2.36	84.8	13.8	16.1	83.9
N°30	0.6	241.8	39.3	55.4	44.6
N°50	0.3	101.8	16.6	72.0	28.0
N°100	0.15	88.5	14.4	86.4	13.6
N°200	0.075	42.1	6.8	93.2	6.8
FONDO	0	41.5	6.8	100.0	0.0
TOTAL		614.6	100		

Nota: Elaboración Dino Alexander y Danilo Zurita

Gráfico 1: Curva Granulométrica



Nota: Curva granulométrica elaborado por Dino Alexander y Danilo Zurita

Tabla 5: Resultados de la Muestra

RESULTADOS			
Tipo de Suelo	ARENA	Cu	Bien gradada
Suelo Grueso	SI	Cc	Mal gradada
Suelo Fino	NO	Cu	9.86
		Cc	0.99

Clasificación SUC	S	P
----------------------	---	---

Nota: Resultados del ensayo elaborado por Dino Alexandre y Danilo Zurita

Análisis de resultados.

La curva granulométrica muestra una distribución uniforme de tamaños de grano, obteniéndose valores de $C_u = 9.86$ y $C_c = 0.99$, los cuales no cumplen los criterios de gradación adecuada según SUCS, por lo que el suelo se clasifica como arena mal gradada (SP), caracterizada por una mayor cantidad de vacíos y mayor susceptibilidad a la inestabilidad bajo condiciones de saturación.

Este tipo de suelo presenta mayor cantidad de vacíos, menor capacidad de acomodo entre partículas y una resistencia al corte que depende exclusivamente de la fricción interna. En condiciones de saturación, el suelo incrementa su susceptibilidad a procesos de erosión, pérdida de estabilidad y deslizamientos superficiales, especialmente en taludes naturales o cortes de ladera.

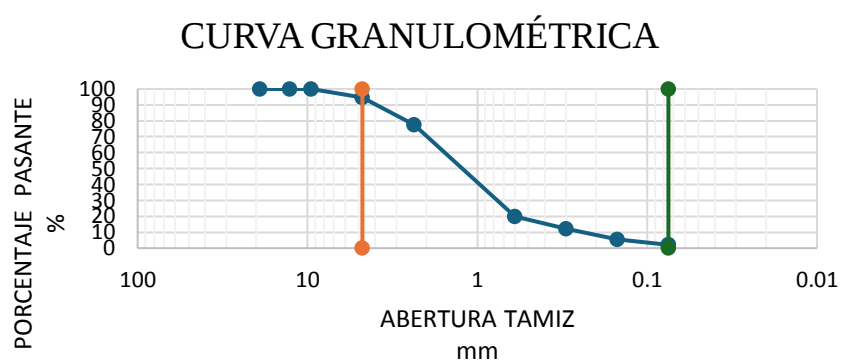
Tabla 6: Muestra de suelo 2

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR				
LABORATORIO DE ROCAS Y SUELOS				
ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO				
NOMATIVA				
TAMAÑO PARTÍCULA	Peso Húmedo:	Peso seco:		
ABERTURA DEL TAMIZ	Peso Retenido gr	Porcentaje retenido %	Porcentaje retenido acumulado %	Porcentaje pasante %
(Pulg) (mm)				
3/4"	19	0	0	100.0
1/2"	12.7	0	0	100.0
3/8"	9.53	0	0	100.0
Nº4	4.75	87.6	5.5	94.5
Nº8	2.36	270	22.3	77.7

N°30	0.6	927.9	57.9	80.2	19.8
N°50	0.3	120.8	7.5	87.7	12.3
N°100	0.15	111.5	7.0	94.7	5.3
N°200	0.075	51.7	3.2	97.9	2.1
FONDO	0	33.9	2.1	100.0	0.0
TOTAL		1603.4	100		

Nota: Matriz de muestra por tamizado elaboración Dino Alexander y Danilo Zurita

Gráfico 2: Curva granulométrica



Nota: La curva granulométrica elaborado por Dino Alexander y Danilo Zurita

Tabla 7: Resultados de Muestra

RESULTADOS			
Tipo de Suelo	ARENA	Cu	Bien gradada
Suelo Grueso	SI	Cc	Bien gradada
Suelo Fino	NO	Cu	6.50
		Cc	1.57
Clasificación SUC	S	W	

Nota: Resultados del ensayo elaborado por Dino Alexandre y Danilo Zurita

Análisis de resultados

La curva granulométrica presenta una distribución continua y progresiva de tamaños de grano, lo que permitió obtener valores de $C_u = 6.50$ y $C_c = 1.57$, cumpliendo los criterios del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) para una arena bien gradada (SW),

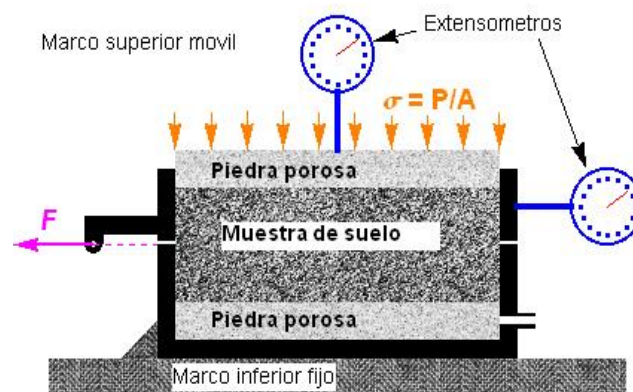
la cual presenta buenas condiciones de drenaje y un comportamiento geotécnico relativamente estable.

El análisis granulométrico de la muestra presenta una excelente distribución de tamaños de grano, un interbloqueo óptimo entre las partículas y una elevada permeabilidad, lo que favorece el drenaje natural del suelo. La resistencia al corte está influenciada principalmente por la fricción interna, presentando un comportamiento relativamente constante en situaciones secas; sin embargo, en el caso de pendientes abruptas y de saturación debido a lluvias fuertes, su estabilidad superficial puede verse comprometida.

4.1.1.12 Ensayo de corte directo

El ensayo de corte directo es un procedimiento que se realiza con el fin de definir las propiedades de resistencia de los materiales bajo el efecto de cargas combinadas, donde la fuerza de corte se genera a lo largo de una superficie horizontal determinada. Este ensayo se puede aplicar en muestras inalteradas, compactadas o remoldeadas. El procedimiento consiste en inducir la falla a través de un plano determinado sobre el que actúan dos esfuerzos: normal y cortante. Al finalizarlo, se obtienen los valores de cohesión (c) y del ángulo de rozamiento interno (ϕ). (Juan, 2022)

Figura 22: Aparato del Corte Directo



Nota: Esquema del aparato utilizado para realizar el ensayo de corte directo. Fuente: (Eduardo)

4.1.1.13 Ensayo de corte directo con la muestra extraída del deslizamiento

Tabla 8: Datos Iniciales del Estudio de Suelo Corte Directo

DESCRIPCION DEL APARATO
NEUMATIC DIRECT/SHEAR RESIDUAL APARATUS
110 / 220 VAC 50-60 HZ HM-2560A.3F

DATOS INICIALES

MUESTRA Guaranda UEB

	#1		#2		#3				
HUMEDAD DESPUES DEL ENSAYO									
Recipiente	J19		A10	P12	2	K11	I0		
Peso cápsula (gr)	13.58 gr	gr	11.40	12.08 gr	gr	14.50	13.20 gr	gr	15.30
Peso cáp+s.húmedo (gr)	35.45 gr	gr	31.09	36.20 gr	gr	36.30	33.10 gr	gr	37.60
Peso cáp+s.seco (gr)	19.34 gr	gr	16.60	19.29 gr	gr	21.00	18.70 gr	gr	21.45
Contenido de humedad (%)	279.7 %	%	278.7	234.5 %	%	235.4	261.8 %	%	262.6
Humedad promedio (%)	279.2 %			235.0 %			262.2 %		
Presión confinamiento	50 KPa			100 KPa			150 KPa		

Medidas

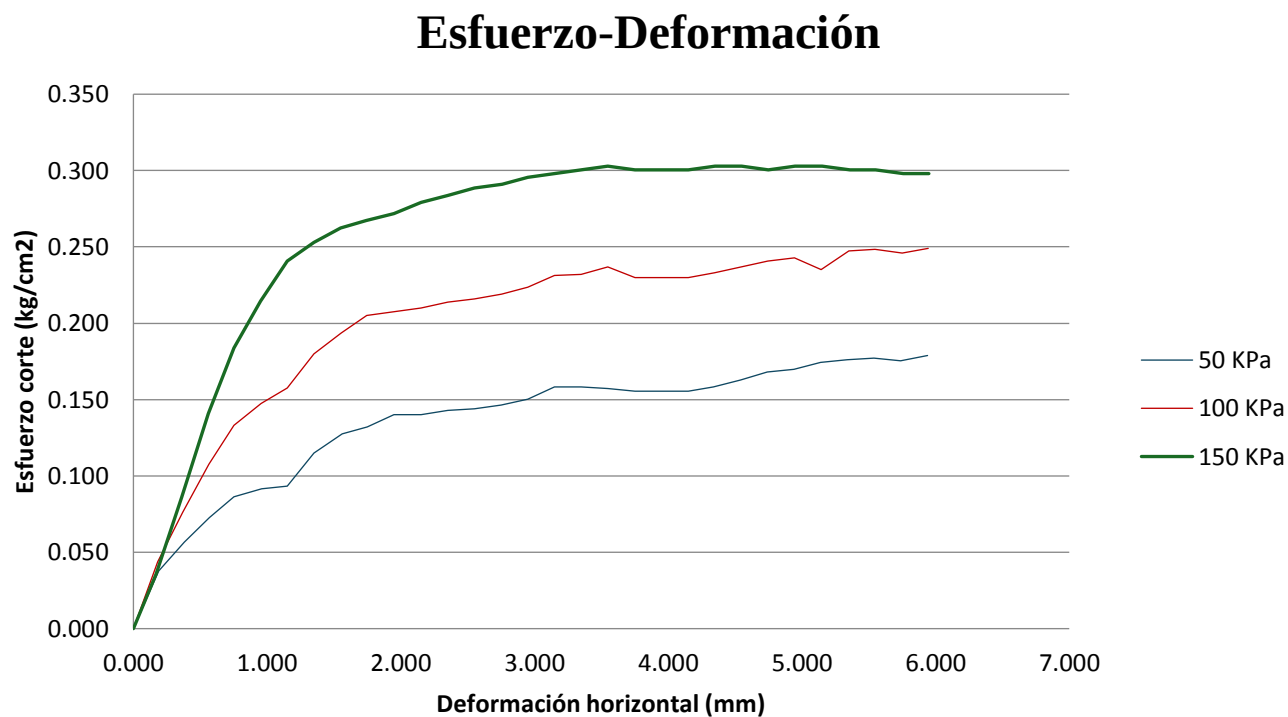
Base [cm]	5.00	5.00	5.00
Altura [cm]	2.50	2.50	2.50
Área [cm2]	25.00	25.00	25.00

Volume n [cm3]	62.50	62.50	62.50						
Peso molde+muestra [g]	1128.50	1126.23	1126.70						
Peso molde [g]	1043.80	1043.28	1044.40						
Peso muestra [g]	84.70	82.95	82.30						
g	1.355 gr	1.327 gr	1.317 gr						
Nº	Car ga (kN)	Ho rz (mm)	Esfue rzo corte (kg/cm2)	Car ga (kN)	Ho rz (mm)	Esfue rzo corte (kg/cm2)	Car ga (kN)	Ho rz (mm)	Esfue rzo corte (kg/cm2)
0	00	00	0.000	00	00	0.000	00	00	0.000
1	09	90	0.038	11	80	0.044	09	70	0.036
2	14	80	0.057	19	70	0.076	21	60	0.086
3	18	70	0.073	26	65	0.108	34	60	0.141
4	21	50	0.086	33	50	0.133	45	50	0.184
5	22	60	0.092	36	55	0.148	53	50	0.215
6	23	50	0.093	39	50	0.158	59	50	0.241
7	28	50	0.115	44	50	0.180	62	50	0.253
8	31	60	0.128	47	55	0.194	64	50	0.262

9	32	0.0	50	1.7	0.132	50	0.0	45	1.7	0.205	65	0.0	40	1.7	0.267
10	34	0.0	50	1.9	0.140	51	0.0	50	1.9	0.208	67	0.0	50	1.9	0.272
11	34	0.0	50	2.1	0.140	51	0.0	50	2.1	0.210	68	0.0	50	2.1	0.279
12	35	0.0	50	2.3	0.143	52	0.0	50	2.3	0.214	70	0.0	50	2.3	0.284
13	35	0.0	50	2.5	0.144	53	0.0	50	2.5	0.216	71	0.0	50	2.5	0.289
14	36	0.0	50	2.7	0.147	54	0.0	55	2.7	0.219	71	0.0	60	2.7	0.291
15	37	0.0	50	2.9	0.150	55	0.0	50	2.9	0.224	73	0.0	50	2.9	0.296
16	39	0.0	50	3.1	0.158	57	0.0	50	3.1	0.231	73	0.0	50	3.1	0.298
17	39	0.0	50	3.3	0.158	57	0.0	50	3.3	0.232	74	0.0	50	3.3	0.300
18	39	0.0	50	3.5	0.157	58	0.0	50	3.5	0.237	74	0.0	50	3.5	0.303
19	38	0.0	50	3.7	0.155	56	0.0	50	3.7	0.230	74	0.0	50	3.7	0.300
20	38	0.0	50	3.9	0.155	56	0.0	50	3.9	0.230	74	0.0	50	3.9	0.300
21	38	0.0	50	4.1	0.155	56	0.0	50	4.1	0.230	74	0.0	50	4.1	0.300
22	39	0.0	40	4.3	0.158	57	0.0	45	4.3	0.233	74	0.0	50	4.3	0.303
23	40	0.0	40	4.5	0.163	58	0.0	45	4.5	0.237	74	0.0	50	4.5	0.303
24	41	0.0	40	4.7	0.168	59	0.0	45	4.7	0.241	74	0.0	50	4.7	0.300

25	42	0.0	40	4.9	0.170	60	0.0	45	4.9	0.243	74	0.0	50	4.9	0.303
26	43	0.0	40	5.1	0.174	58	0.0	45	5.1	0.235	74	0.0	50	5.1	0.303
27	43	0.0	40	5.3	0.176	61	0.0	50	5.3	0.248	74	0.0	60	5.3	0.300
28	43	0.0	40	5.5	0.177	61	0.0	45	5.5	0.248	74	0.0	50	5.5	0.300
29	43	0.0	40	5.7	0.175	60	0.0	50	5.7	0.246	73	0.0	60	5.7	0.298
30	44	0.0	40	5.9	0.179	61	0.0	45	5.9	0.249	73	0.0	50	5.9	0.298
Máx					0.158					0.237					0.303

Gráfico 3: Esfuerzo y deformación de la muestra en el laboratorio de suelo

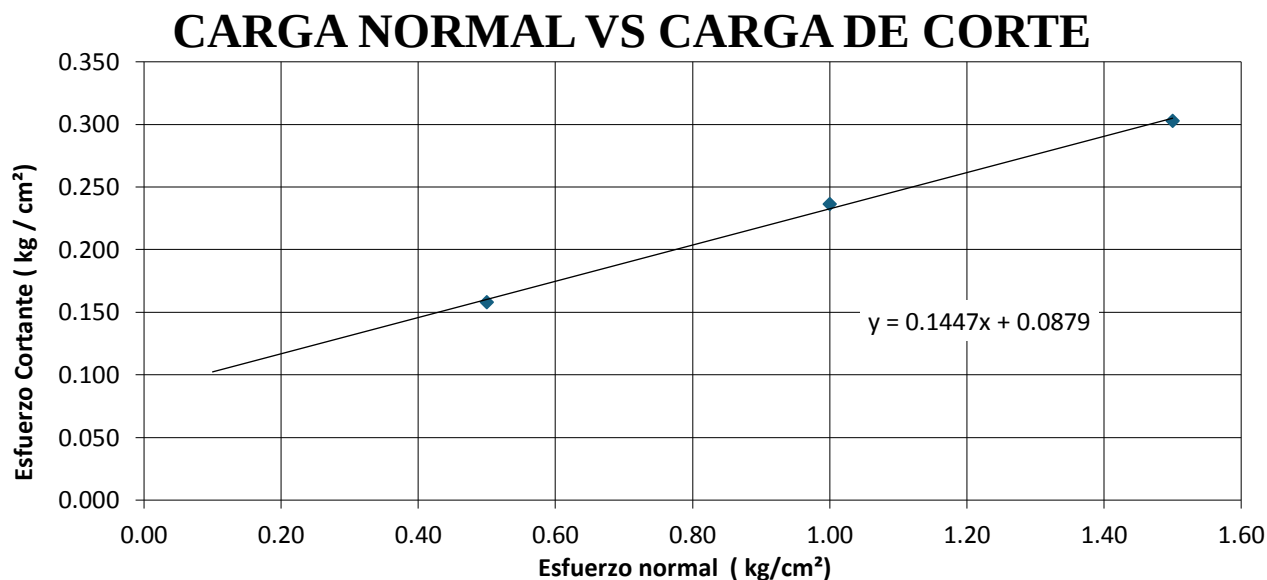


Nota: Los resultados corresponden a un ensayo de corte directo realizado bajo esfuerzos normales.

Elaboración Dino Alexander y Danilo Zurita

Análisis:

En la gráfica esfuerzo-deformación se observa que la muestra fue expuesta a tres cargas aplicadas (50, 100 y 150), el esfuerzo cortante aumenta progresivamente con la deformación horizontal hasta alcanzar un valor máximo.

Gráfico 4: Gráfico de la carga normal vs carga de corte

Nota: Relación entre el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante Elaboración Dino Alexander y Danilo Zurita

Análisis:

En la gráfica se observa una relación lineal entre el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante lo cual nos indica que el suelo sigue un criterio de falla de Mohr Coulomb.

A medida que aumenta la carga normal, también incrementa la resistencia al corte lo cual es un comportamiento típico del suelo. Los valores obtenidos evidencian que el material desarrolla mayor resistencia conforme está más confinado.

Tabla 9: Resultados del Corte Directo

Resultados del ensayo de corte directo	
Ángulo de fricción:	8.23 °
Cohesión:	0.09 kg/cm2

Nota: Resultados del esfuerzo normal y el esfuerzo de corte. Elaboración Dino Alexander y Danilo Zurita

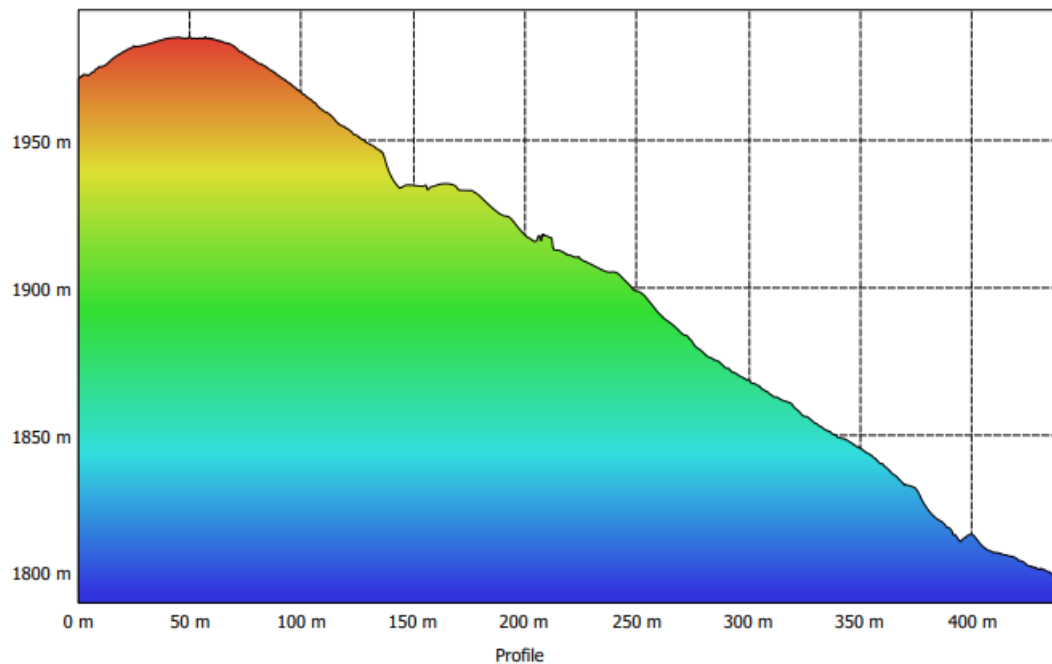
Análisis:

Los resultados muestran que el suelo presenta una resistencia al corte moderado influenciada tanto por la cohesión y la fricción interna. El bajo Angulo de fricción (8.23°) indica una limitada resistencia al deslizamiento entre las partículas.

Este comportamiento sugiere que el suelo presenta condiciones de humedad lo que reduce su capacidad resistente. En consecuencia, el material puede volverse inestable ante incrementos de carga o en condiciones de saturación, siendo un factor importante a considerar en análisis de estabilidad.

4.1.1.14 Resultado del software Geo 5 y Slid6.0

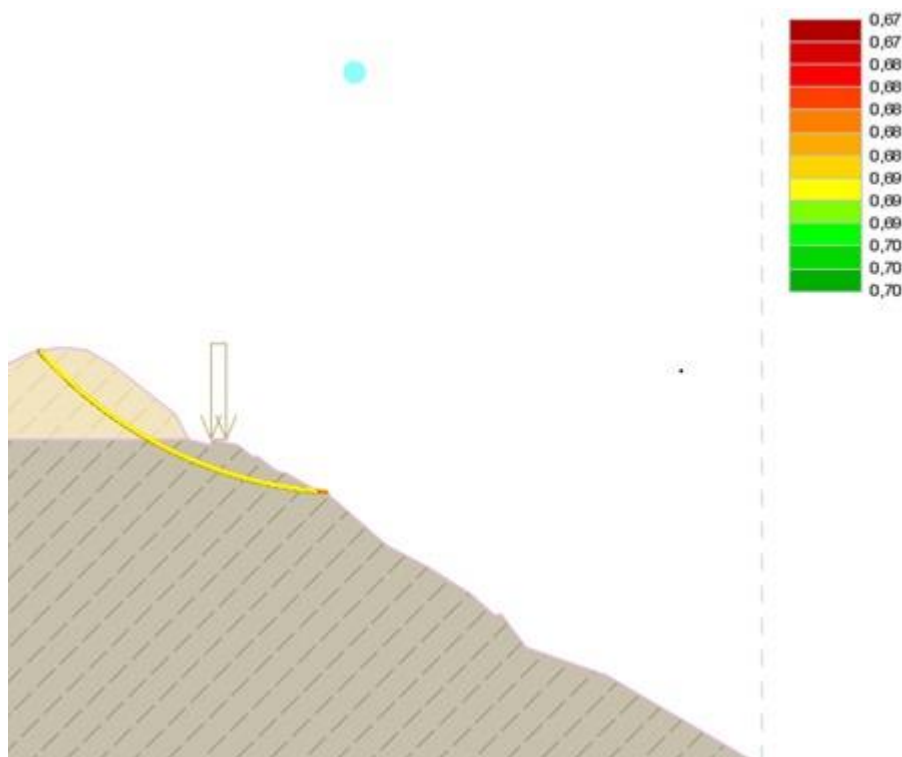
Figura 23: Perfil del Talud



Nota: Vista del perfil del talud software Argisoft Metashape. Elaboración Dino Alexander y Danilo Zurita

4.1.1.15 Geo 5 Método Bishop

Figura 24: Índice de Seguridad Geo 5



Nota: Esta imagen muestra el índice de seguridad del resultado con la herramienta del Geo5, El factor de seguridad = $0,67 < 1,50$

Los resultados obtenidos del análisis de estabilidad de taludes mediante el software Geo5 muestran que el Factor de Seguridad es de 0,67, lo que indica que el talud se encuentra en condiciones inestables, evidenciando un alto nivel de riesgo para la infraestructura educativa, especialmente ante condiciones de saturación del suelo.

Análisis:

El análisis realizado en el sector Capilluco, parroquia Guanujo, evidencia que la zona donde se ubica la escuela Remigio Romero y Cordero presenta condiciones geotécnicas

desfavorables. La modelación en Geo5 determinó un factor de seguridad de 0.67, lo que nos indica un estado de estabilidad crítica del talud y una alta probabilidad de deslizamiento.

Las características del terreno, como sus pendientes pronunciadas y sus tipos de suelos **SP** y **SW** con su baja resistencia, incrementan la susceptibilidad a movimientos de masa, especialmente en presencia de lluvias. En este contexto, la ubicación de la infraestructura educativa juega un papel importante por su alta exposición física a este tipo de eventos.

Matriz

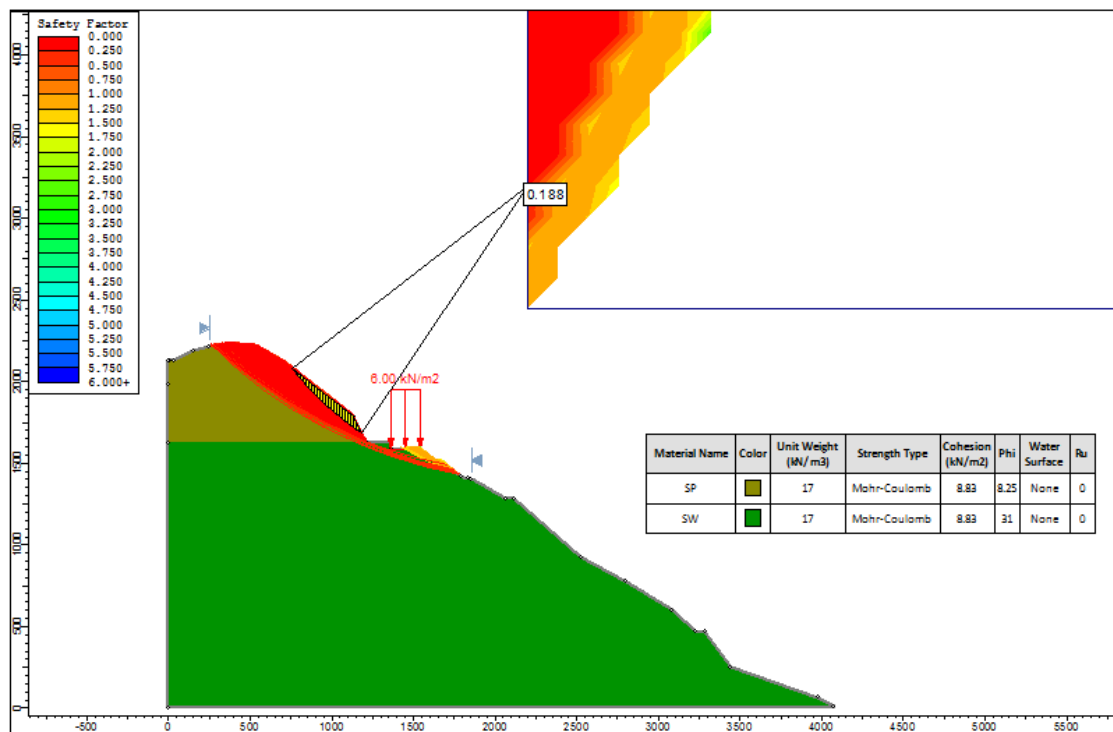
Factor de Seguridad	
FS > 1.5	Estable (condición segura)
FS $\approx$ 1.5	Equilibrio límite
FS < 1.5	Inestable (ocurre falla)

Nota: Interpretación del factor de Seguridad (FS). Elaboración Dino Alexander y Danilo Zurita

- Factor de seguridad = $0,67 < 1,50$
- Estabilidad de taludes NO ACEPTABLE

4.1.1.16 Slide6.0 Método Bishop Simplificado

Figura 25: Índice de Seguridad Slid6.0



Nota: En la imagen se muestra el factor o índice de seguridad del programa Slid6.0. Elaboración: Dino

Alexander y Danilo Zurita

Matriz

Factor de Seguridad	
FS > 1.5	Estable (condición segura)
FS ≈ 1.5	Equilibrio límite
FS < 1.5	Inestable (ocurre falla)

Nota: Interpretación del factor de Seguridad (FS). Elaboración Dino Alexander y Danilo Zurita.

- Factor de seguridad = $0,188 < 1,50$
- Estabilidad de taludes NO ACEPTABLE

Análisis:

El análisis del talud realizado en el software slide6.0 determinó un factor de seguridad (FS) mínimo de 0.188, un valor menor que 1,5 lo que indica que el talud se encuentra en una condición (inestable) esto nos indica que el talud posee una alta probabilidad de deslizamientos ya que las fuerzas desestabilizadoras superan ampliamente a las fuerzas resistentes.

La superficie crítica de falla presenta un comportamiento rotacional, concentrándose en la parte superior del talud, donde predomina el material tipo SP, el cual posee baja resistencia al corte debido a su reducido ángulo de fricción interna. Además, la presencia de una carga de 8 kN/m² en la corona incrementa los esfuerzos, favoreciendo la inestabilidad.

4.2 Resultado 2

Análisis visual de la infraestructura mediante una ficha de campo ante la exposición a deslizamientos.

Con el fin de cumplir con el objetivo número dos de la presente investigación, se elaboró una ficha de evaluación visual de la vulnerabilidad estructural ante deslizamientos, diseñada específicamente para el análisis de la exposición de la infraestructura educativa a este tipo de amenaza.

Esta ficha constituye una herramienta de campo que permite recopilar información técnica relevante sobre la institución evaluada, facilitando una caracterización preliminar del entorno físico y de las condiciones estructurales que pueden influir en su nivel de exposición ante la ocurrencia de deslizamientos, Para su elaboración, se adaptó metodología de evolución visual propuesta en el FEMA P-154, incorporando criterios específicos relacionados con este tipo de amenaza y ajustándolos al contexto de instituciones educativas.

Para nuestro primer apartado se registraron los datos generales de la institución educativa evaluada, entre ellos el nombre de la unidad educativa, su ubicación, (parroquia, cantón y provincia), las coordenadas geográficas, la altitud, la fecha de inspección, nombres de los evaluadores y las condiciones climáticas presentes en el momento de realizar la evaluación de campo.

El levantamiento de esta información permite identificar y ubicar con precisión la infraestructura dentro del área de estudio, facilitando su relación con las características físicas y territoriales del sector. Este apartado constituye un punto inicial para el análisis de la exposición ya que proporciona el contexto necesario para comprender el entorno, donde se localiza la institución educativa, así reconocer antecedentes de afectaciones y los cambios que ha experimentado la infraestructura a lo largo del tiempo, elementos fundamentales para la evaluación.

Tabla 10: Ficha de Evaluación

Ficha de evaluación visual de vulnerabilidad estructura ante deslizamientos		
Datos Generales		
Nombre del establecimiento Educativo	Unidad Educativa Remigio Romero y Cordero	
Parroquia/ Cantón/ Provincia	Guanujo/Guaranda/Bolívar	
Coordenadas Geográficas	Este: 707372.45 m E Latitud: -1511667 Norte:9832826.37 m S Longitud: -79.136095	
Altitud		
Fecha de la inspección	11/18/2025	
Nombre del evaluador o evaluadores	Andy Dino	Danilo Zurita
Condiciones climáticas durante el día de la inspección	(X) Soleado ☐ Nublado ☐ Lluvioso	

Características Generales de la estructura

Tipo de Estructura	(X)Hormigón armado ☐ Mampostería ☐ Mixta ☐ Ligera
Numero de piso	X 1 ☐ 2 ☐ 3 o más
Cimentación Visible	☐ Buena X Regular ☐ Mala
Estado General de muros y columnas	☐ Sin daños (X)Grietas leves ☐ Grietas profundas ☐ Deformaciones
Estado de la Cubierta	X Bueno ☐ Regular ☐ Dañado
presencia de inclinaciones o separaciones en la estructura	X Sí No (Una leve inclinación)
Material predominante en los muros	X Bloque ☐ Ladrillo ☐ Adobe ☐ Otro

Condiciones del terreno y estado Inmediato

Ubicación respecto al Talud	☐ Parte alta X Media ☐ Baja ☐ Terreno plano
Distancia de la estructura al borde del talud	☐ < 5 m ☐ 5–15 m X > 15 m
Pendiente del terreno	☐ Baja (<10%) X Media (10–30%) ☐ Alta (>30%)
Tipo de Suelo	☐ Rocoso X Arcilloso ☐ Arenoso ☐ Coluvial
Cobertura Vegetal	X Alta ☐ Media ☐ Baja / Nula
Drenaje Pluvial del Entorno	☐ Adecuado ☐ Deficiente X Inexistente
Presencia de muros de contención	X Sí ☐ No ☐ Dañado
Evidencia de erosión o saturación	X Sí ☐ No

Daños o evidencias de inestabilidad

Tipo de Daño	Grietas, terreno inestable
Grietas en muros y Pisos	No se evidencio
Desplazamientos de muros o columnas	No se evidencio
Asentamientos diferenciales	No se evidencio
Daños en Muros de contención	No se evidencio

Deformaciones Estructurales

No se evidencio

Filtraciones de humedad visibles

Filtración de Agua y humedad visible

Evaluación cualitativa de vulnerabilidad

Alto	Estructura estable, sin daños visibles, terreno con buena pendiente y drenaje adecuado.
Medio	Estructura con daños menores, drenaje deficiente o erosión leve.
Bajo	Daños estructurales importantes o cimentación afectada.

Nota: Ficha técnica de evolución visual ante la exposición a deslizamientos Elaborado por Dino

Alexander y Danilo Zurita

Análisis:

La Unidad Educativa Remigio y Cordero es una edificación de hormigón armado de un piso, con una cimentación regular y muros hechos de bloque. Presenta aspectos positivos que favorecen su desempeño estructural, aunque durante la inspección se identificaron varias grietas leves en muros y columnas, así como una leve inclinación debido a afectaciones en el pasado debido a fuertes lluvias, la inestabilidad del suelo y su ubicación.

En lo referente a la inestabilidad del entorno, se detectaron muros de contención improvisados con llantas y tierra, implementados como medidas temporales ante la amenaza de un deslizamiento, además de infiltraciones de humedad visibles asociadas a la reconstrucción realizada hace un año y la ausencia de sistemas de drenaje adecuados.

Con base a estos hallazgos, la institución fue clasificada con nivel de vulnerabilidad media, fundamentado en daños menores, drenajes deficientes y erosión leve. Sin embargo, aunque no haya daños estructurales severos ni afectaciones a la cimentación, las condiciones observadas incrementan la exposición a deslizamientos, por lo que se requieren medidas

preventivas prioritarias orientadas a la mejora del sistema de drenaje y al control de la erosión del terreno.

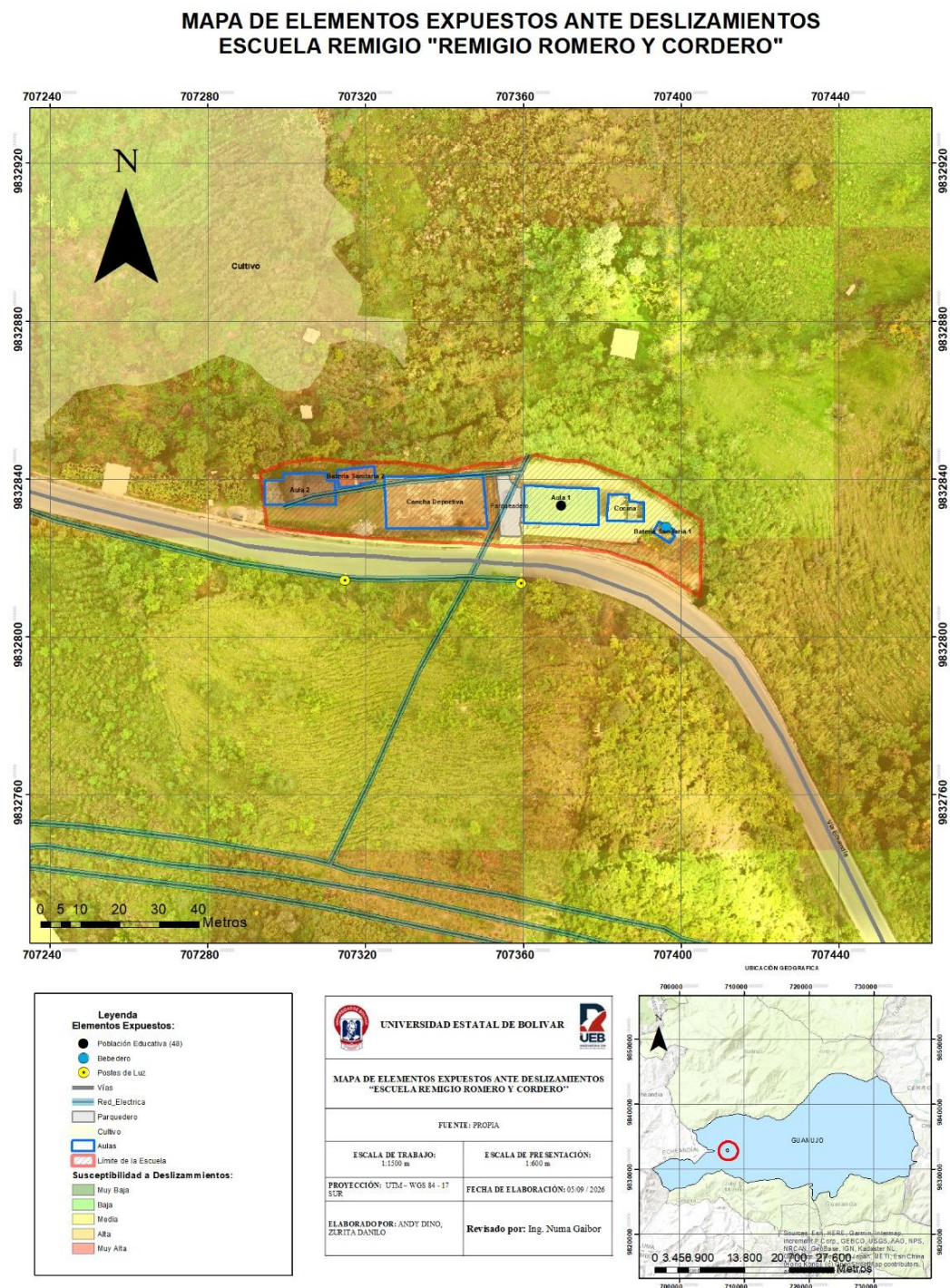
4.2.1 Elementos expuestos ante la ocurrencia de deslizamientos

A partir del análisis espacial realizado, se identificaron los principales elementos expuestos de la Escuela de Educación Básica Remigio Romero y Cordero ante la ocurrencia de deslizamientos. Para ello, se relacionó la zona susceptible a deslizamientos con la ubicación de la infraestructura educativa, permitiendo determinar los elementos físicos que se encuentran dentro del área de influencia del fenómeno. Los elementos físicos identificados corresponden al Aula 1, dos bloques correspondientes al Aula 2, dos canchas deportivas, la cocina y dos baterías sanitarias. Estos elementos presentan diferentes superficies expuestas, cuyos valores fueron determinados mediante el análisis espacial y se presentan posteriormente en la Tabla 11.

Además de la infraestructura física, se identificó como elemento expuesto la comunidad educativa, servicios básicos, elementos de movilidad y acceso y elementos ambientales ante la ocurrencia de un deslizamiento.

Su identificación permite complementar el análisis de susceptibilidad, estableciendo qué bienes y personas se encuentran ubicados dentro del área de influencia de las zonas susceptibles y que, por tanto, podrían verse afectados ante la ocurrencia de un deslizamiento.

Figura 26: Elementos expuestos ante la ocurrencia de deslizamientos



Nota: Se muestran los elementos expuestos ante deslizamientos de la escuela Remigio

Romero y Cordero. Elaboración Dino Alexander y Danilo Zurita

Tabla 11: Infraestructura en metros cuadrados

Infraestructura	Estado	Área metros cuadrados	Porcentaje de exposición
Aula 1	Operativo	177,05 m ²	23%
Aula 2	Sin uso	57,76 m ²	8%
Aula 2	Sin uso	72,63 m ²	10%
Cancha deportiva 1	Recreativo	52,74 m ²	7%
Cancha deportiva 2	Recreativo	284,53 m ²	38%
Cocina	Operativo	56,24 m ²	7%
Batería Sanitaria 1	Operativo	16,18 m ²	2%
Batería Sanitaria 2	Operativo	40,19 m ²	5%

Nota: Elaboración Dino Alexander y Danilo Zurita

4.2.2 Análisis de los elementos expuestos de la escuela Remigio Romero y Cordero ante la ocurrencia de deslizamientos.

Para determinar la exposición de la Escuela Remigio Romero y Cordero frente a la ocurrencia de deslizamientos se desarrolló partir de diferentes etapas de investigación. Se tomo como base el mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia Guanujo el cual nos permitió identificar las zonas con mayor predisposición a la ocurrencia de movimientos en masa.

A partir de estos resultados se realizó un acercamiento a la zona de estudio evidenciando la presencia de áreas con susceptibilidad media y alta la categoría media ocupa aproximadamente 1152,75 m², mientras que la categoría alta abarca 1044,20 m², lo que demuestra que la parte de la unidad educativa se encuentra localizada en zonas con condiciones favorables para la ocurrencia de deslizamientos.

Con el fin de verificar las condiciones de estabilidad del terreno, se realizó un análisis del talud mediante el software Geo5, obteniéndose un factor de seguridad de 0,67. Posteriormente, para corroborar los resultados, se empleó el software Slide6.0, obteniéndose un factor de seguridad de 0,188. Ambos valores son inferiores a 1, lo que indica que el talud presenta

condiciones de inestabilidad y una alta probabilidad de falla. La similitud en los resultados obtenidos mediante ambos programas permitió validar la existencia de una superficie potencial de deslizamiento que podría afectar directamente a la Escuela Remigio Romero y Cordero.

Una vez identificada el área potencial de afectación, se realizó la intersección espacial entre la zona susceptible al deslizamiento y la infraestructura de la escuela, permitiendo cuantificar los elementos expuestos. Los resultados muestran que varias edificaciones y áreas funcionales se encuentran dentro de la zona de influencia del fenómeno.

La infraestructura expuesta está conformada por el Aula 1, actualmente operativa, con un área expuesta de 177,05 m² equivalente al 23%; dos bloques de Aula 2 que se encuentran sin uso, con áreas de 57,76 m² (8%) y 72,63 m² (10%); la cocina con 56,24 m² (7%); la batería sanitaria 1 con 16,18 m² (2%); la batería sanitaria 2 con 40,19 m² (5%); la cancha deportiva 1 con 52,74 m² (7%); y la cancha deportiva 2 con 284,53 m² (38%), siendo esta última el elemento con mayor porcentaje de exposición dentro de la institución.

En relación con la población expuesta, se identificó que la escuela cuenta con 46 estudiantes y 2 docentes que desarrollan sus actividades de forma permanente dentro de las instalaciones, alcanzando un total de 48 personas potencialmente expuestas ante la ocurrencia de un deslizamiento.

Entre los elementos de infraestructura y servicios básicos se identificaron los bebederos, postes de luz y la red eléctrica, los cuales son necesarios para el funcionamiento de la institución. Se ubica dentro del área de estudio lo que implica una posible afectación en caso de producirse un deslizamiento, generando daños físicos o interrupciones en los servicios básicos.

También se identificó la vía principal Echandía ubicada junto al límite de la institución, cuya exposición es relevante siendo la principal fuente de movilidad y transporte de la zona, en conjunto con un parqueadero propio de la institución si ocurriese un deslizamiento podría generar acumulación de material, obstrucción o dificultades para el acceso y movilidad de la población escolar.

En los alrededores de la institución se identificaron áreas destinadas a cultivo, las cuales representan elementos productivos expuestos ante posibles procesos de deslizamiento y erosión. La ocurrencia de estos fenómenos podría provocar pérdida de suelo y afectar las actividades agrícolas desarrolladas en el sector.

Los resultados obtenidos permiten concluir que la Escuela Remigio Romero y Cordero presenta un nivel considerable de exposición debido a que gran parte de su infraestructura y la totalidad de su población escolar se encuentran dentro del área de influencia del deslizamiento identificado. La combinación de los resultados del mapa de susceptibilidad, el factor de seguridad obtenido en Geo5 y la validación realizada mediante Slide6.0 evidencian la necesidad de implementar medidas de reducción del riesgo orientadas a proteger tanto la infraestructura educativa como a la comunidad estudiantil.

4.3 Resultado 3

Proponer medidas de prevención y mitigación orientadas a reducir la exposición de la escuela ante deslizamientos.

Medidas de Prevención

Capacitación y simulacros: Esta medida tiene como finalidad fortalecer los conocimientos de estudiantes, docentes y personal administrativo sobre las acciones que deben ejecutarse antes, durante y después de un deslizamiento.

Problema

Durante el desarrollo de la investigación se evidenció que la comunidad educativa no dispone de conocimientos suficientes sobre la gestión de deslizamientos, las rutas de evacuación y los procedimientos de actuación. Esta situación puede dificultar una respuesta organizada en caso de presentarse un evento.

Estrategia propuesta

Se propone implementar un programa permanente de capacitación y simulacros, orientado a fortalecer la preparación de la comunidad educativa mediante actividades teóricas y prácticas relacionadas con la actuación frente a deslizamientos.

Actividades a realizar

1. Planificar capacitaciones periódicas.
2. Realizar simulacros de evacuación.
3. Difundir información sobre medidas de autoprotección.
4. Evaluar los resultados de cada simulacro

Instituciones y responsables

La propuesta podrá ser coordinada por el Ministerio de Educación, el Distrito de Educación y la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, con la participación de las autoridades de la institución, docentes y líderes comunitarios.

Implementación de rutas de evacuación y puntos seguros: Se propone implementar rutas de evacuación y señalar puntos seguros dentro de la institución para orientar a la comunidad educativa durante la ocurrencia de un deslizamiento.

Problema identificado

La escuela no dispone de rutas de evacuación ni de puntos seguros claramente identificados.

Estrategia propuesta

Diseñar y señalizar recorridos de evacuación de acuerdo con las condiciones de la institución y socializarlos con la comunidad educativa.

Actividades

- Identificar las rutas de evacuación.
- Señalizar los recorridos y puntos seguros.
- Socializar las rutas con estudiantes, docentes y personal administrativo.
- Verificar periódicamente el estado de la señalización.

Instituciones responsables

Ministerio de Educación, Distrito de Educación, Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y autoridades de la institución educativa.

Observaciones

Esta medida facilitaría una evacuación organizada y contribuiría a disminuir la exposición de la comunidad educativa durante un deslizamiento.

Conformación de brigadas escolares: Se propone conformar brigadas escolares integradas por docentes y estudiantes para apoyar las acciones de prevención y evacuación dentro de la institución.

Problema identificado

La institución no cuenta con grupos organizados que apoyen la ejecución de actividades relacionadas con la prevención de deslizamientos.

Estrategia propuesta

Organizar brigadas con funciones definidas para colaborar durante capacitaciones, simulacros y evacuaciones.

Actividades

- Seleccionar a los integrantes.
- Asignar funciones.
- Capacitar a las brigadas.
- Participar en simulacros y actividades preventivas.

Instituciones responsables

Ministerio de Educación, Distrito de Educación, Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y autoridades de la institución.

Observaciones

La conformación de brigadas fortalecería la participación de la comunidad educativa y favorecería una mejor organización.

Monitoreo comunitario y alerta temprana: Se propone implementar un sistema de monitoreo comunitario que permita identificar cambios en el terreno y comunicar oportunamente cualquier novedad.

Problema identificado

No existe un mecanismo de seguimiento que permita detectar oportunamente cambios en el talud o en el terreno.

Estrategia propuesta

Promover la participación de la comunidad y líderes del sector en la observación periódica del entorno.

Actividades

- Realizar inspecciones visuales del talud.
- Reportar grietas o desprendimientos.
- Mantener comunicación con las instituciones competentes.
- Registrar las observaciones realizadas.

Instituciones responsables

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, líderes comunitarios, autoridades educativas y comunidad.

Observaciones

La participación comunitaria permitiría identificar oportunamente cambios en el terreno y facilitar la comunicación con las entidades responsables.

Medidas de mitigación

Implementación de drenajes superficiales: Se propone implementar drenajes superficiales para controlar y conducir adecuadamente las aguas lluvias, evitando su acumulación en el interior y alrededor de la institución educativa.

Problema identificado

Durante las visitas de campo se observó acumulación de agua en diferentes sectores de la escuela durante la época lluviosa.

Estrategia propuesta

Diseñar e implementar un sistema de drenaje que facilite la evacuación de las aguas superficiales.

Actividades

- Identificar los sectores con mayor acumulación de agua.
- Diseñar el sistema de drenaje.

- Construir y dar mantenimiento periódico a los drenajes.
- Verificar el correcto funcionamiento durante la temporada de lluvias.

Instituciones responsables

Prefectura de Bolívar, Ministerio de Educación, Distrito de Educación y autoridades de la institución.

Observaciones

La implementación de drenajes contribuiría a disminuir la acumulación de agua y favorecería mejores condiciones del terreno alrededor de la escuela.

Reforzamiento de la infraestructura escolar: Se propone realizar evaluaciones técnicas y el reforzamiento de la infraestructura que presenta deterioro, con el fin de mejorar sus condiciones de funcionamiento.

Problema identificado

Durante la inspección se identificaron grietas en muros y aulas debido a la antigüedad de la infraestructura.

Estrategia propuesta

Realizar inspecciones técnicas y ejecutar trabajos de rehabilitación o reforzamiento en las áreas que lo requieran.

Actividades

- Evaluar el estado de la infraestructura.
- Identificar los elementos que requieren intervención.
- Ejecutar las obras de reforzamiento.
- Realizar inspecciones periódicas.

Instituciones responsables

Ministerio de Educación, Distrito de Educación y profesionales del área de infraestructura.

Observaciones

Las intervenciones deberán priorizar las áreas que presenten mayor deterioro para garantizar mejores condiciones de funcionamiento de la institución.

Revegetación de áreas susceptibles: Se propone desarrollar actividades de revegetación en los sectores cercanos al talud utilizando especies nativas que favorezcan la protección del suelo.

Problema identificado

La cobertura vegetal es limitada en algunos sectores próximos al área donde ocurrió el deslizamiento.

Estrategia propuesta

Promover la siembra de especies vegetales apropiadas para mejorar las condiciones del terreno.

Actividades

- Identificar las áreas prioritarias.
- Seleccionar especies nativas.
- Realizar jornadas de siembra.
- Ejecutar actividades de mantenimiento de la vegetación.

Instituciones responsables

Prefectura de Bolívar, Ministerio del Ambiente, comunidad educativa y líderes comunitarios.

Observaciones

La revegetación constituye una alternativa ambiental que puede complementarse con otras acciones para mejorar las condiciones del terreno.

Restricción del pastoreo en zonas inestables: Se propone restringir el ingreso de ganado en las áreas cercanas al talud mediante la delimitación y señalización de los sectores con mayor susceptibilidad.

Problema identificado

Durante el trabajo de campo se observó la presencia de ganado en las proximidades del sitio donde ocurrió el deslizamiento.

Estrategia propuesta

Delimitar las zonas cercanas al talud y coordinar con los propietarios del ganado para evitar el pastoreo en estos sectores.

Actividades

- Delimitar las áreas de restricción.
- Instalar señalización preventiva.
- Socializar la medida con los propietarios.
- Realizar inspecciones periódicas para verificar su cumplimiento.

Instituciones responsables

Prefectura de Bolívar, líderes comunitarios, propietarios del ganado y comunidad educativa.

Observaciones

Esta propuesta contribuiría a conservar la cobertura vegetal existente y a disminuir la alteración del suelo ocasionada por el tránsito constante del ganado.

Tabla 12: Medidas Preventivas

Medida	Problema identificado	Estrategia	Institución	Responsable	Observaciones
Capacitación y simulacros ante deslizamientos	Desconocimiento de la comunidad educativa sobre cómo actuar ante un deslizamiento.	Realizar capacitaciones y simulacros periódicos sobre evacuación y respuesta ante emergencias.	Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, Ministerio de Educación y Distrito de Educación.	Autoridades educativas, docentes y técnicos de Gestión de Riesgos.	Permite fortalecer la preparación y respuesta de estudiantes y docentes.
Implementación de rutas de evacuación y puntos seguros	Ausencia de rutas de evacuación claramente identificadas.	Diseñar, señalar y socializar rutas de evacuación y zonas seguras	Ministerio de Educación, Distrito de Educación y Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.	Directivos de la institución y personal técnico.	Facilita una evacuación rápida y ordenada durante una emergencia.
Conformación de brigadas escolares de gestión de riesgos	Escasa participación de la comunidad educativa en actividades preventivas.	Organizar brigadas estudiantiles y docentes encargadas de apoyar acciones de prevención y evacuación.	Escuela Remigio Romero y Cordero, Ministerio de Educación y Distrito de Educación.	Docentes, estudiantes y autoridades educativas.	Fortalece la cultura de prevención dentro de la institución.

Monitoreo comunitario y alerta temprana	Falta de seguimiento a cambios en el terreno y condiciones climáticas.	Establecer mecanismos comunitarios para reportar grietas, movimientos del terreno o lluvias intensas	Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, líderes comunitarios y comunidad educativa.	Líderes comunitarios, docentes y padres de familia.	Permite identificar señales de peligro de manera oportuna.
---	--	--	--	---	--

Tabla 13: Medidas de Mitigación

Medida	Problema identificado	Estrategia	Institución	Responsable	Observaciones
Implementación de drenajes superficiales	Acumulación de agua en el suelo de la institución durante épocas lluviosas.	Construir y mantener drenajes que permitan evacuar adecuadamente las aguas lluvias.	Prefectura de Bolívar, Ministerio de Educación y Distrito de Educación.	Técnicos de obras públicas y autoridades educativas.	Reduce la infiltración de agua y la inestabilidad del terreno.
Reforzamiento de la infraestructura escolar	Presencia de grietas en muros y aulas debido a la antigüedad de la infraestructura.	Realizar evaluaciones técnicas y reforzar los elementos estructurales afectados	Ministerio de Educación y Distrito de Educación.	Técnicos geotécnicos y autoridades competentes.	Los análisis realizados mediante GEO5 y Slide evidenciaron condiciones de inestabilidad.

Revegetación de áreas susceptibles	Cobertura vegetal limitada en sectores cercanos al área afectada por el deslizamiento.	Implementar programas de revegetación y reforestación con especies adecuadas	Prefectura de Bolívar, comunidad educativa y líderes comunitarios.	Técnicos ambientales, docentes y estudiantes.	Favorece la estabilidad del suelo y disminuye los procesos erosivos.
Restricción del pastoreo en zonas inestables	Se evidenció la presencia de ganado en las cercanías del talud, lo que puede afectar la cobertura vegetal y alterar las condiciones superficiales del terreno.	Delimitar las zonas cercanas al talud mediante cercado y señalización, promoviendo acuerdos con los propietarios para evitar el pastoreo en estas áreas.	Prefectura de Bolívar, GAD Parroquial de Guanujo, líderes comunitarios y comunidad educativa.	Líderes comunitarios, propietarios del ganado y autoridades locales	Esta medida contribuiría a conservar la cobertura vegetal y reducir la alteración del suelo ocasionada por el tránsito constante del ganado.

Análisis:

Las medidas planteadas buscan reducir la exposición de la institución educativa frente a deslizamientos mediante acciones preventivas de bajo costo y medidas de mitigación más técnicas. Estas estrategias buscan disminuir el riesgo y mejorar la seguridad de la comunidad educativa, Con la ayuda de las autoridades y la comunidad Sin embargo a su bajo factor de seguridad no se garantiza la estabilidad total del talud.

5 CAPITULO Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La investigación permitió analizar la exposición de la Escuela Remigio Romero y Cordero frente a la ocurrencia de deslizamientos en el recinto Capilluco, determinando que la institución se encuentra ubicada en un sector con condiciones favorables para la ocurrencia de deslizamientos. La integración de herramientas geotécnicas, Sistemas de Información Geográfica y la evaluación visual adaptada del FEMA P-154 permitió obtener un diagnóstico técnico integral que evidencia la necesidad de implementar acciones orientadas a la reducción del riesgo por deslizamientos.

El análisis de estabilidad de taludes realizado mediante el método simplificado de Bishop en el software Geo5 determinó un Factor de Seguridad de 0,67, valor inferior al mínimo recomendado para condiciones estables. Este resultado confirma que el talud presenta condiciones críticas de estabilidad. Asimismo, los ensayos geotécnicos identificaron suelos tipo SP y SW, un ángulo de fricción interna de $8,23^\circ$ y una cohesión de $0,09 \text{ kg/cm}^2$, parámetros que

reflejan una baja resistencia al corte y una mayor susceptibilidad ante procesos de saturación por precipitaciones.

El análisis espacial permitió identificar que aproximadamente 2.196,93 m² de la institución educativa se encuentran dentro de zonas de susceptibilidad media y alta a deslizamientos, correspondiendo 1152,73 m² susceptibilidad media y 1044,20 m² a susceptibilidad alta. Además, se determinó que la cancha deportiva constituye el elemento con mayor porcentaje de exposición, seguida por las aulas, la cocina y las baterías sanitarias. La evaluación visual adaptada del FEMA P-154 clasificó a la infraestructura con un nivel de vulnerabilidad medio, debido principalmente a deficiencias en el drenaje, presencia de erosión superficial y daños menores observados durante la inspección.

La propuesta de medidas preventivas y de mitigación constituye una alternativa técnicamente viable para disminuir el nivel de exposición de la institución educativa frente a futuros deslizamientos. Acciones como la implementación de sistemas de drenaje, la revegetación de áreas susceptibles, la conformación de brigadas escolares de gestión de riesgos y el monitoreo permanente del talud contribuirán a fortalecer la seguridad de la comunidad educativa y servirán como base para la planificación de intervenciones por parte de las autoridades competentes.

5.2 RECOMENDACIONES

Implementar de manera prioritaria las medidas de prevención y mitigación propuestas en esta investigación, especialmente aquellas relacionadas con el mejoramiento del sistema de drenaje, el control de la erosión superficial y la revegetación de las áreas susceptibles, con el propósito de incrementar la estabilidad del terreno y reducir la probabilidad de deslizamientos.

Realizar un monitoreo periódico del talud y de la infraestructura educativa, principalmente durante las temporadas de mayor precipitación, con el fin de identificar oportunamente la aparición de grietas, asentamientos, procesos erosivos o cualquier otra evidencia que indique un posible incremento de la inestabilidad del terreno.

Fortalecer la gestión del riesgo dentro de la institución mediante la conformación de brigadas escolares, la actualización del plan institucional de gestión de riesgos, la realización de simulacros y la capacitación continua de docentes, estudiantes y personal administrativo sobre procedimientos de preparación y respuesta ante deslizamientos.

Promover que el Gobierno Autónomo Descentralizado, la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y las entidades competentes utilicen los resultados obtenidos en esta investigación como insumo técnico para priorizar intervenciones de estabilización del talud, obras de drenaje y acciones de reducción del riesgo en el sector Capilluco.

Se recomienda que futuras investigaciones incorporen estudios geotécnicos complementarios, instrumentación para el monitoreo del talud y modelaciones bajo diferentes escenarios de precipitación y sismicidad, con el propósito de fortalecer el conocimiento del comportamiento del terreno y optimizar las estrategias de gestión del riesgo.

6 BIBLIOGRAFIA

Abreu, J. L. (2014). *El Método de la Investigación*. Obtenido de [http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf)

Avilés L., C. M. (2 de 9 de 2017). *Dialnet*. Obtenido de Dialnet: <file:///C:/Users/MILTON/Downloads/Dialnet-IdentificacionDeAmenazaPorDeslizamientosDeTierraMe-6163765.pdf>

British Geological Survey. (7 de 6 de 2024). Obtenido de British Geological Survey:
<https://www.bgs.ac.uk/discovering-geology/geological-processes/weathering/>

CARRION, S. A. (2019). *ESTUDIO DE DESLIZAMIENTO DEL TALUD DE LA I.E.VIRGEN DE LAS MERCEDES N° 10084, CON FINES DEPOSIBILIDADES DE CONSTRUCCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA DE DOS NIVELES*.

CARRION, S. A. (2020). *ESTUDIO DE DESLIZAMIENTO DEL TALUD DE LA I.E.VIRGEN DE LAS MERCEDES N° 10084*,. UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, Chiclayo. Obtenido de
file:///C:/Users/MILTON/Desktop/TESIS/guia/9.11.%20CRONOGRAMA%20DE%20OBRA/TL_ChupillonCarrionSegundo.pdf

Eduardo. (s.f.). “*Esquema del aparato de resistencia al esfuerzo cortante directo*”. Obtenido de
https://es.wikipedia.org/wiki/Mec%C3%A1nica_de_suelos#/media/Archivo:PruebaDirectaCortanteSuelos.png

EGC. (5 de 10 de 2024). *EGC Consulting*. Obtenido de EGC Consulting:
<https://egcconsulting.net/riesgos-geologicos-impacto-causas-y-estrategias-de-mitigacion/>

Evelyn Paguay, A. (2025). “*ESTUDIO DE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTOS Y SU INCIDENCIA SOBRE LA POBLACIÓN EN EL SECTOR EL CALZADO PERTENECIENTE ALCANTÓN SAN MIGUEL DE BOLÍVAR. PERIODO ENERO – MAYO 2025*”. UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR, Guaranda. Obtenido de
file:///C:/Users/MILTON/Downloads/TESIS_Paguay_Realpe.pdf

Frank, C., & Alfred, M. (s.f.). *HIRISE*. Obtenido de HIRISE:
<https://www.uahirise.org/es/temas/mass.php>

Geotechnical consulting. (2026). Obtenido de Geotechnical consulting:
<https://www.mecanicasuelosabcchile.com/talud-natural/>

Gerscovich, D. (2015). Obtenido de
file:///C:/Users/MILTON/Desktop/TESIS/guia/9.11.%20CRONOGRAMA%20DE%20OBRA/TL_ChupillonCarrionSegundo.pdf

Gov.co. (18 de 1 de 2022). Obtenido de Gov.co:
<https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/amenaza-vulnerabilidad-y-riesgo/>

InfoEscuelas. (2026). *InfoEscuelas Ecuador* . Obtenido de InfoEscuelas Ecuador :
<https://www.infoescuelas.com/ecuador/bolivar/eeb-remigio-romero-y-cordero-en-guaranda/>

Internet Geography. (2025). Obtenido de Internet Geography: https://www-internetgeography-net.translate.goog/topics/what-is-mass-movement/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

Juan, P. (2022). *Geotecnia Facil*. Obtenido de Geotecnia Facil:
<https://geotecniafacil.com/ensayo-de-corte-directo/>

Mishra, T. (21 de 8 de 2025). *Safeopedia*. Obtenido de Safeopedia:
<https://www.safeopedia.com/definition/195/emergency-response#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20significa%20respuesta%20de%20emergencia,al%20personal%20de%20primera%20respuesta.>

Morales, N. (2015). *Investigación Exploratoria: Tipos, Metodología y Ejemplos*. Obtenido de
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64537756/Investigaci%C3%B3n_Exploratoria-libre.pdf?1601263412=&response-content-

disposition=inline%3B+filename%3DInvestigacion_Exploratoria_Tipos_Metodol.pdf&Expires=1772410384&Signature=TEOHjIilZTLgxm1sTZt3cTzImIM9xM

Nieto, N. T. (2018). TIPOS DE INVESTIGACIÓN. *TIPOS DE INVESTIGACIÓN*.

Obtenido de file:///C:/Users/MILTON/Downloads/Dialnet-

MetodologiasDeInvestigacionEducativaDescriptivasEx-7591592.pdf

Ochoa, J. (22 de 03 de 2019). *SRIBD*. Obtenido de SRIBD:

<https://es.scribd.com/document/402798025/Sucs#:~:text=Sucs->

,El%20Sistema%20Unificado%20de%20Clasificaci%C3%B3n%20de%20Suelos%20(SUCS)%20clasifica%20los,es%20%C3%BAtil%20para%20la%20ingenier%C3%ADa.

PDN. (2024). Obtenido de [https://www.planificacion.gob.ec/wp-](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/08/RESUMEN-PND-ES.pdf)

[content/uploads/2024/08/RESUMEN-PND-ES.pdf](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/08/RESUMEN-PND-ES.pdf)

Pelcastre, N. (9 de 3 de 2012). *SCRIB*. Obtenido de SCRIB:

<https://es.scribd.com/document/84731364/Que-es-una-zona-de-riesgo>

PND. (2024 - 2025). *Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador* . Obtenido de Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador : <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/08/RESUMEN-PND-ES.pdf>

Pollution Sustainability Directory. (1 de 12 de 2025). Obtenido de Pollution Sustainability Directory: <https://pollution.sustainability-directory.com/term/soil-saturation/>

Portillo, G. (4 de 10 de 2023). *Ecologia Verde*. Obtenido de Ecologia Verde: <https://ecologiaverde.elperiodico.com/deslizamientos-de-tierra-causas-consecuencias-y-como-prevenirlos-4622.html>

Ready.gov. (31 de 10 de 2025). Obtenido de Ready.gov:

<https://www.ready.gov/es/business/planning/risk-assessment>

Riesgos, S. N. (s.f.). *gestionderiesgos.gob.ec*. Obtenido de *gestionderiesgos.gob.ec*:
<https://www.gestionderiesgos.gob.ec/deslaves/>

Rodríguez, M., Piñeiro, C., & Llano Monelos, P. (2013). *Mapa de Riesgos: Identificación y Gestión de Riesgos*. Universidad de A Coruña. Obtenido de
<file:///C:/Users/MILTON/Downloads/Dialnet-MapaDeRiesgos-4744304.pdf>

SNGR. (10 de 2 de 2011). Obtenido de <https://www.inmobiliar.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/11DPRiesgos.pdf>

SNGR. (s.f.). *Gob.ec*. Obtenido de *Gob.ec*:
<https://www.gestionderiesgos.gob.ec/secretaria-de-gestion-de-riesgos-informa-sobre-el-sistema-de-alerta-temprana/>

SNGR. (s.f.). *Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos* . Obtenido de Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos :
<https://www.gestionderiesgos.gob.ec/deslaves/#:~:text=En%20la%20costa%2C%20sierra%20y, presenta%20durante%20las%20estaciones%20lluviosas.>

Structuralia. (12 de 2 de 2024). Obtenido de *Structuralia*:
<https://blog.structuralia.com/inestabilidad-de-taludes-en-carreteras-tipos-de-movimientos-que-se-producen>

UNDRR. (2020). Obtenido de UNDRR: [https://www.eird.org/americas/we/que-es-la-reduccion-del-riesgo-de-desastres.html#:~:text=La%20reducci%C3%B3n%20del%20riesgo%20de%20desastres%20\(RRD\),los%20integrantes%20del%20sector%20privado%20y%20profesional.](https://www.eird.org/americas/we/que-es-la-reduccion-del-riesgo-de-desastres.html#:~:text=La%20reducci%C3%B3n%20del%20riesgo%20de%20desastres%20(RRD),los%20integrantes%20del%20sector%20privado%20y%20profesional.)

USGS. (20 de 7 de 2023). Obtenido de USGS:
<https://www.usgs.gov/media/images/earthflow#:~:text=Los%20flujos%20de%20tierra%20tienen,y%20en%20condiciones%20de%20saturaci%C3%B3n.>

vallejo. (2002). Obtenido de
<https://www.aventurasgeologicas.com/2018/04/deslizamientos-rotacionales-un-caso-de.html>

Acharya, M., Bhandari, K., Dhakal, S., Giri, A., & Kafle, P. (2024). Probabilistic Analysis of Slope Using Finite Element Approach and Limit Equilibrium Approach around Amalpata Landslide of West Central, Nepal. *International Journal of Geosciences*, 15(05), 416-432. <https://doi.org/10.4236/ijg.2024.155022>

Afrazi, M., y Yazdani, M. (2021). Determination of the Effect of Soil Particle Size Distribution on the Shear Behavior of Sand. *Journal of Advanced Engineering and Computation*, 5(2), 125. <https://doi.org/10.25073/jaec.202152.331>

Afrizal, W., y Sari, T. L. (2023). *An Analysis of Slope Reinforcement using the Vegetation Method at Way Sekampung Dam Lampung*. 8(7).

Agboola, G., Beni, L. H., Elbayoumi, T., & Thompson, G. (2024). Optimizing landslide susceptibility mapping using machine learning and geospatial techniques. *Ecological Informatics*, 81, 102583. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102583>

Al-Hashemi, H. M. B., Al-Amoudi, O. S. B., Yamani, Z. H., Mustafa, Y. M., & Ahmed, H.-R. (2021). The validity of laser diffraction system to reproduce hydrometer results for grain size analysis in geotechnical applications. *PLOS ONE*, 16(1), e0245452. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245452>

Arriola, C., Aronés, E., Vega, V., Esenarro, D., Salas, G., Romero, A., & Raymundo, V. (2025). Physical Slope Stability: Factors of Safety Under Static and Pseudo-Static Conditions. *Infrastructures*, 10(3), 53. <https://doi.org/10.3390/infrastructures10030053>

Bojorque, J. (2016). Análisis dinámico de estabilidad de taludes por medio de elementos finitos. *MASKANA*, 7(2), 167-180. <https://doi.org/10.18537/mskn.07.02.12>

Bravo-López, E., Fernández Del Castillo, T., Sellers, C., & Delgado-García, J. (2023). Analysis of Conditioning Factors in Cuenca, Ecuador, for Landslide Susceptibility Maps Generation Employing Machine Learning Methods. *Land*, 12(6), 1135. <https://doi.org/10.3390/land12061135>

Bravo-Zapata, M. F., Muñoz, E., Lapeña-Mañero, P., Montenegro-Cooper, J. M., & King, R. W. (2022). Analysis of the Influence of Geomechanical Parameters and Geometry on Slope Stability in Granitic Residual Soils. *Applied Sciences*, 12(11), 5574. <https://doi.org/10.3390/app12115574>

Carrión-Mero, P., Briones-Bitar, J., Morante-Carballo, F., Stay-Coello, D., Blanco-Torrens, R., & Berrezueta, E. (2021). Evaluation of Slope Stability in an Urban Area as a Basis for Territorial Planning: A Case Study. *Applied Sciences*, 11(11), 5013. <https://doi.org/10.3390/app11115013>

Casagli, N., Frodella, W., Morelli, S., Tofani, V., Ciampalini, A., Intrieri, E., Raspini, F., Rossi, G., Tanteri, L., & Lu, P. (2017). Spaceborne, UAV and ground-based remote sensing techniques for landslide mapping, monitoring and early warning. *Geoenvironmental Disasters*, 4, 1-23. <https://doi.org/10.1186/s40677-017-0073-1>

Chen, Z., Dai, Z.-H., Guo, L., & Fang, W. (2025). Stability Analysis of Recent Failed Red Clay Landslides Influenced by Cracks and Rainfall Based on the XGBoost–PSO–SVR Model. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w17131920>

Chmielewski, R., Bąk, A., Muzolf, P., & Sobczyk, K. (2024). Influence of Calculation Parameters on the Slope Stability of the Historical Rasos Cemetery in Vilnius (Lithuania). *Sustainability*, 16(7), 2891. <https://doi.org/10.3390/su16072891>

Conforti, M., & Ietto, F. (2021). Modeling Shallow Landslide Susceptibility and Assessment of the Relative Importance of Predisposing Factors, through a GIS-Based Statistical Analysis. *Geosciences*. <https://doi.org/10.3390/geosciences11080333>

Deslizamientos. (s. f.). Recuperado 11 de marzo de 2026, de <https://www.snet.gob.sv/Geologia/Deslizamientos/Info-basica/3-generalidades.htm>

Di Napoli, M., Di Martire, D., Bausilio, G., Calcaterra, D., Confuorto, P., Firpo, M., Pepe, G., & Cevasco, A. (2021a). Rainfall-Induced Shallow Landslide Detachment, Transit and Runout Susceptibility Mapping by Integrating Machine Learning Techniques and GIS-Based Approaches. *Water*, 13(4), 488. <https://doi.org/10.3390/w13040488>

Di Napoli, M., Di Martire, D., Bausilio, G., Calcaterra, D., Confuorto, P., Firpo, M., Pepe, G., & Cevasco, A. (2021b). Rainfall-Induced Shallow Landslide Detachment, Transit and Runout Susceptibility Mapping by Integrating Machine Learning Techniques and GIS-Based Approaches. *Water*, 13(4), 488. <https://doi.org/10.3390/w13040488>

GEO5. (2008). En *GEO5*.

Hallal, N., Hamidatou, M., Medjnoun, A., Hamai, L., Lamali, A., Hassan, H., & Fahem, D. (2024). GIS-based statistical and limit equilibrium models in the assessment of slope stability

and landslide susceptibility: The case study of the Aomar Miocene basin, Bouira, Algeria.

Environmental Earth Sciences, 83. <https://doi.org/10.1007/s12665-024-11879-6>

Huang, J., Wu, X., Ling, S., Li, X., Wu, Y., Peng, L., & He, Z. (2022). A bibliometric and content analysis of research trends on GIS-based landslide susceptibility from 2001 to 2020.

Environmental Science and Pollution Research, 29, 86954-86993.

<https://doi.org/10.1007/s11356-022-23732-z>

Karantanellis, E., Marinos, V., Vassilakis, E., & Christaras, B. (2020). Object-Based Analysis Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Site-Specific Landslide Assessment.

Remote. Sens., 12, 1711. <https://doi.org/10.3390/rs12111711>

Li, S., Gao, L., Zhang, B., Liu, Z., Zhang, X., Guan, L., & Tang, H. (2025). Soil Particle Size Estimation via Optical Flow and Potential Function Analysis for Dam Seepage and Building Monitoring. *Buildings*, 15(11), 1800. <https://doi.org/10.3390/buildings15111800>

Lynn M. Highland & Peter Bobrowsky. (2008). *Circular* (Circular) [Circular].

Mokadem, S., Lounis, G. C., Machane, D., & Goumrassa, A. (2024). Integration of multi-criteria decision analysis and statistical models for landslide susceptibility mapping in the western Algiers Province (Algeria) using GIS techniques and remote sensing data. *Applied Geomatics*, 16, 235-280. <https://doi.org/10.1007/s12518-024-00548-9>

Ouagni, M. S. T., Ngapgue, F., Kenmogne, F., Kammogne, A. S. T., & Koumi, S. N. (2021). Mathematical Modeling of Shear Stress and Direct Shear Test for Compressible Soil: Case of Soil Bordering the Wouri River. *World Journal of Engineering and Technology*, 09(03), 385-406. <https://doi.org/10.4236/wjet.2021.93027>

Owusu-Yeboah, Z., Aniculăesi, M., Bejan, F., Teodoru, I.-B., & Lungu, I. (2022). Advanced Experimental Approaches in Conducting Direct Shear Tests for Soil Mechanics.

Bulletin of the Polytechnic Institute of Iași. Construction. Architecture Section, 68(4), 57-68.

<https://doi.org/10.2478/bipca-2022-0031>

Padhy, S., Dash, S., Kumar, N., Dash, Y., & Abraham, A. (2024). A comparative study of slope stability analysis via Geo5 using IoT framework. *International Journal of Hybrid Intelligent Systems*, 21, 127-147. <https://doi.org/10.3233/his-240028>

PDF. (s. f.).

Pinho, T. M. D., & Filho, O. A. (2022). Landslide susceptibility mapping using the infinite slope, SHALSTAB, SINMAP, and TRIGRS models in Serra do Mar, Brazil. *Journal of Mountain Science*, 19, 1018-1036. <https://doi.org/10.1007/s11629-021-7057-z>

Quevedo, R. P., Velástegui-Montoya, A., Montalvan-Burbano, N., Morante-Carballo, F., Korup, O., & Rennó, C. D. (2023). Land use and land cover as a conditioning factor in landslide susceptibility: A literature review. *Landslides*, 20, 967-982. <https://doi.org/10.1007/s10346-022-02020-4>

Rabie, M. (2014). Comparison study between traditional and finite element methods for slopes under heavy rainfall. *HBRC Journal*, 10(2), 160-168. <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2013.10.002>

Riesgo por movimiento en masa. (s. f.).

Rodríguez Gaibor Helder Daniel. (2023). *EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL TRAMO VIAL CHACHISAGUA – VINCHOA GRANDE CANTÓN GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR.*

Soleimani, T., Nouri, T., & Negahdar, A. (2023). Feasibility of using UAV in surveying and 3D modeling of landslides (case study of Ardabil province). *Earth Science Informatics*, 17, 99-116. <https://doi.org/10.1007/s12145-023-01147-9>

Stockton, E., Leshchinsky, B. A., Olsen, M. J., & Evans, T. M. (2019). Influence of both anisotropic friction and cohesion on the formation of tension cracks and stability of slopes.

Engineering Geology, 249, 31-44. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.12.016>

U.S. Geological Survey. (2008). *Circular. Circular*.

Xiong, W., Wang, T., & Xu, G. (2025). Stability Evaluation of Landfill Slopes Using Quantitative Risk Assessment. *Advances in Civil Engineering*.

<https://doi.org/10.1155/adce/9990021>

Yu, H., Pei, W., Zhang, J., & Chen, G. (2023). Landslide Susceptibility Mapping and Driving Mechanisms in a Vulnerable Region Based on Multiple Machine Learning Models.

Remote. Sens., 15, 1886. <https://doi.org/10.3390/rs15071886>

Zaragozí, B., Giménez-Font, P., Cano-Aladid, J., & Marco-Molina, J. A. (2025). A Small Landslide as a Big Lesson: Drones and GIS for Monitoring and Teaching Slope Instability.

Geosciences. <https://doi.org/10.3390/geosciences15100375>

Actividades	Mes	Febrero					Marzo					Abril			Mayo	
	Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Formulación general del anteproyecto																

Tema

Planteamiento del
problema

Formulación del
problema

Objetivos general
y específico

Justificación

Hipótesis (Idea a
defender)

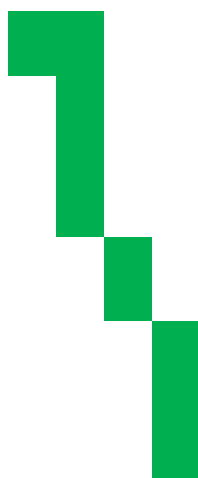
Variables

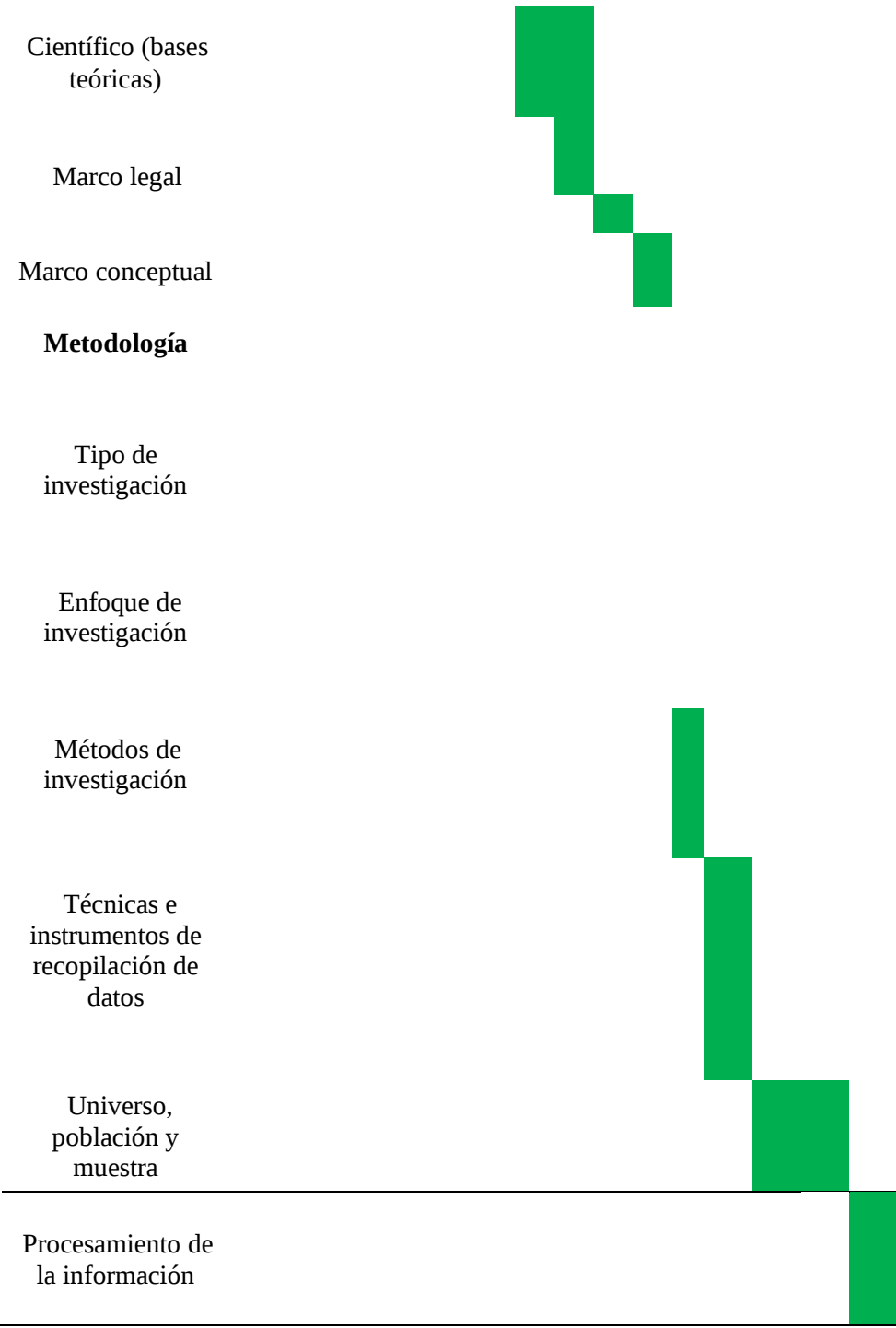
Operacionalización
de variables

Marco teórico

Referencial y
Georeferencial

Antecedentes
(académicos y
artículos de
investigación)





8. PRESUEPUESTO

Rubros	Detalle	Cantidad	Costo (USD)	Unitario Costo (USD)	Total
--------	---------	----------	-------------	----------------------	-------

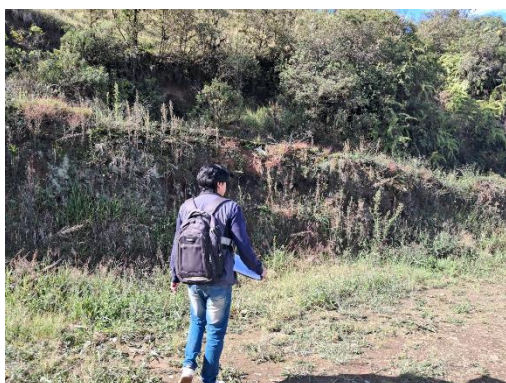
1. Transporte	Desplazamientos al recinto (4 visitas)	6	12.00	48.00
2. Alimentación	Alimentación para trabajo de campo (2 personas x 4 días)	8	10.00	80.00
3. Materiales de oficina	Hojas, carpetas, lapiceros	1	20.00	20.00
4. Fichas e impresiones	Impresión de encuestas y guías de entrevistas	100	0.15	15.00
5. GPS	Acceso al equipo para la toma de coordenadas	1	45.00	45.00
6. Internet y telefonía	Recarga de datos móviles, llamadas, envío de documentos	1	20.00	20.00
7. Elaboración y edición del informe final	Corrección y presentación del informe	1	40.00	40.00
TOTAL, ESTIMADO				328.00

Anexos 1: Llegada a la escuela**Anexo 2: Salida de Campo**

Anexos 3: Recolección de muestras de suelo**Anexo 4: Laboratorio**



Anexos 5: Levantamiento de información (Ficha)



Anexos 6: Escuela Daños estructurales

