



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 ALA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN RIESGOS DE
DESASTRES
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

“ANÁLISIS ANTE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTO Y SU EXPOSICIÓN EN
LAS EDIFICACIONES DE LA COLINA CRUZ LOMA DEL CANTÓN GUARANDA
PROVINCIA BOLÍVAR EN EL PERÍODO ENERO-MAYO 2025.”

AUTORAS:

JANNETH MARIBEL PATIN PATIN

MARYCED GRIMANEZA VASCONEZ ROSERO

DIRECTOR(A):

Dr. José Abelardo Paucar Camacho

PARES ACADÉMICOS:

Ing. Grey Irene Barragán Aroca

Ing. Johanna Fernanda Dueñas Durán

GUARANDA-ECUADOR

TEMA:

“ANÁLISIS ANTE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTO Y SU EXPOSICIÓN EN
LAS EDIFICACIONES DE LA COLINA CRUZ LOMA DEL CANTÓN GUARANDA
PROVINCIA BOLÍVAR EN EL PERÍODO ENERO-MAYO 2025.”

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme dado la vida, salud y la sabiduría necesaria para culminar con éxito esta etapa tan importante de mi formación. A mis padres, María Patin y Ángel Patin, les agradezco profundamente por su amor incondicional, por estar presentes en cada momento de mi vida, brindándome su apoyo en las alegrías y en las dificultades. A mis hermanos, por sus palabras de aliento, sus consejos sinceros y por ser una fuente constante de inspiración y fortaleza. Agradezco sinceramente al Ingeniero Abelardo Paucar por su valiosa guía, por brindarme su tiempo, conocimientos y por acompañarme con paciencia en cada etapa de este proyecto de investigación.

De la misma manera agradezco a la Universidad Estatal de Bolívar por abrirme las puertas, en especial a la Carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres, por proporcionarme una formación académica de calidad, basada en principios y valores. A todos los docentes que compartieron sus conocimientos con dedicación y compromiso.

Janneth Maribel Patin Patin

AGRADECIMIENTO 2

Primeramente, agradezco a Dios por brindarme la vida, salud, sabiduría y permitirme culminar esta etapa y siempre ha sido el quien me ha dado fuerzas para salir adelante y no rendirme.

De manera especial agradezco infinitamente a mis padres Viterio Vasconez y Grimaneza Rosero, a mi hija Aitana Ocampo, por ser los pilares fundamentales que me impulsan día a día y por brindarme su apoyo incondicional. También, expreso mi agradecimiento a mis hermanos, quienes supieron brindarme su apoyo, sus consejos y experiencia.

De la misma manera agradezco a esta noble institución Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano, carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres, quienes me han brindado la oportunidad de formarme y sobre todo brindarme conocimientos durante toda la carrera universitaria; a su vez agradezco al Ingeniero Abelardo Paucar, tutor del trabajo titulación quien me brindo su tiempo, conocimiento, comprensión, paciencia y me dirigió de la mejor manera para llevar a cabo esta investigación. También un agradecimiento en general a todos los docentes que han dedicado su tiempo para compartir sus conocimientos, mis más sinceros agradecimientos.

Maryced Grimaneza Vasconez Rosero

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a Dios, por haber sido mi guía y fortaleza en cada etapa de este proceso, dándome la salud, la sabiduría y la perseverancia necesarias para no rendirme ante las dificultades. A mis padres, María Patín y Ángel Patín, por su amor incondicional, su sacrificio silencioso y su apoyo constante, quienes con su ejemplo me enseñaron el valor del esfuerzo y la dedicación. A mis hermanos, por estar siempre presentes, por su compañía, por sus palabras de aliento en los momentos más difíciles y por celebrar conmigo cada logro alcanzado; su apoyo ha sido fundamental para no rendirme. A mi familia en general, por acompañarme con cariño y comprensión a lo largo de este camino. A mis docentes, por haber compartido sus conocimientos con paciencia y compromiso, y por haber sido parte esencial en mi formación profesional. Y a todas aquellas personas que, de una u otra manera, me acompañaron en este proceso

Janneth Maribel Patín Patín

DEDICATORIA 2

Dedico este trabajo de investigación de manera especial a Dios que ha sido fuente de mi fortaleza y guía en cada paso de este camino, por darme sabiduría y fuerza para superar cada desafío. A mi hija Aitana Ocampo, que es mi pilar fundamental, mi mayor inspiración y la razón de todo mi esfuerzo, cada paso que doy es por ti para asegurarte un futuro lleno de amor, oportunidades y esperanza. Les dedico a mis padres Viterio Vasconez y Grimaneza Rosero, y a mis hermanos, que me han brindado su amor, tiempo y paciencia, por depositar en mí su enorme sacrificio y por acompañarme en cada etapa de este recorrido, por último, a mis docentes por haberme sembrado en mis las herramientas necesarias para enfrentar los desafíos en mi crecimiento profesional.

Maryced Grimaneza Vasconez Rosero

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR Y PARACADÉMICO

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

Guaranda, 02 de septiembre de 2025.

El suscrito Ing. José Abelardo Paucar Camacho, Ph.D, Tutor de Titulación de Grado de la carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: “ANÁLISIS ANTE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTO Y SU EXPOSICIÓN EN LAS EDIFICACIONES DE LA COLINA CRUZ LOMA DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA BOLÍVAR EN EL PERÍODO ENERO-MAYO 2025”; realizado por las señoritas: **Janneth Maribel Patin Patin, Maryced Grimaneza Vasconez Rosero** 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. JOSÉ ABELARDO PAUCAR CAMACHO, PH.D

TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO

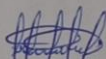
DERECHOS DE AUTORÍA NOTARIZADA**DERECHOS DE AUTOR**

Yo/nosotros Patin Patin Janneth Maribel y Vasconez Rosero Maryced Grimaneza portador/res de la Cédula de Identidad No 025029069-9 y 020255080-2 en calidad de autor/res y titula/res de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: TEMA: "ANÁLISIS ANTE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTO Y SU EXPOSICIÓN EN LAS EDIFICACIONES DE LA COLINA CRUZ LOMA DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA BOLÍVAR EN EL PERÍODO ENERO-MAYO 2025.", modalidad proyecto 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.

Atentamente:


Patin Patin

Janneth Maribel



Vasconez Rosero

Maryced Grimaneza

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. CAPÍTULO I: PROBLEMA.....	20
1.1. Planteamiento del problema	20
1.2. Formulación del Problema	21
1.3. Justificación	21
1.4. Objetivos.....	22
1.4.1. Objetivo General.....	22
1.4.2. Objetivos Específicos	22
1.5. Hipótesis	23
1.6. Variable de la Investigación	23
1.6.1. Variable independiente	23
1.6.2. Variable dependiente	23
Variable (Operalización)	24
2. CAPITULO II MARCO TEÓRICO	26
2.1. Marco Referencial	26
2.2. Antecedentes de la investigación.....	29
2.3. Bases Teóricas	32
2.3.1. Fundamentos de la amenaza de deslizamiento	32
2.3.1.1. Definiciones generales.....	32

	10
Amenaza.....	32
Amenaza Natural.....	32
Susceptibilidad a deslizamientos.....	32
Saturación de los suelos.....	33
Peso unitario del suelo.....	33
Deslizamientos.....	33
2.3.1.2. Tipos de Deslizamientos.....	34
2.3.1.3. Partes de un deslizamiento.....	35
2.3.1.4. Causas de los deslizamientos.....	37
Factores que generan un deslizamiento.....	38
2.3.1.5. Consecuencias de los deslizamientos de tierra.....	39
Formas de Evaluar deslizamientos.....	40
Zonificación y mapeo de la susceptibilidad del terreno.....	40
2.3.1.7. Técnicas de mitigación ante riesgo de deslizamientos en laderas.....	42
Medidas de prevención.....	42
2.3.10.2 Medidas de control.....	43
2.3.2. Fundamentación de la exposición de las edificaciones ante deslizamientos....	43
2.3.2.3. Daños Potenciales y Criterios de Evaluación.....	44
Infraestructura esencial.....	44
2.3.2.3. Tipos y usos de las edificaciones.....	45

	11
Tipo de edificaciones.....	45
Tipos de daños.....	46
Edificaciones Indispensables.....	46
2.3.2.4. Medidas de reducción para edificaciones expuestas a deslizamientos.....	47
2.4 Marco Legal	48
2.4.1. Normativa Nacional	48
2.4.1.1. Constitución, 2008.....	48
2.4.1.2. NEC.....	49
2.4.2. Normativa legal.....	50
2.4.2. Ordenanza del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón Guaranda.....	51
2.4.1.5. Ordenanza del Plan de Uso y Gestión de Suelo (PUGS) del cantón Guaranda	51
2.5 Glosario de Términos	52
3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	54
3.1 Tipo de Investigación	54
3.2 Enfoque de la investigación.....	54
3.3 Métodos de Investigación.....	54
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos	55
3.5 Universo población y muestra.....	57
3.5.1 Población	57

	12
3.6 Técnicas de análisis y procesamientos de la información	57
4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	62
4.1. Resultados del objetivo 1: Evaluar el nivel de la estabilidad de la colina Cruz Loma de la ciudad de Guaranda, aplicando el software Geo5, el mismo que es especializado en el análisis de estabilidad de taludes	62
4.1.1. Caracterización de los factores de estabilidad de taludes	62
Método de Bishop “corte circular	71
4.1.2. Análisis de perfiles: con coeficiente sismo y sin coeficiente sísmico	71
4.1.3. Resumen de análisis: perfiles, tablas, mapa con sismo y sin sismo	85
4.2. Resultados del objetivo 2: Identificar las edificaciones expuestas a la amenaza de deslizamiento en el área de estudio.	88
4.3 Resultado del objetivo 3: Proponer medidas de mitigación que reduzcan el riesgo de deslizamientos en la Colina Cruz Loma.....	92
4.3.1 Medidas estructurales	92
4.3.2 Medidas estructurales	94
4.4. Hipótesis	101
4.4.1 Hipótesis Nula	101
4.4.2 Hipótesis Alterna.....	101
4.4.3 Comprobación de la hipótesis	101
5. CAPÍTULO V.....	103
5.1. CONCLUSIONES.....	103

	13
5.2. RECOMENDACIONES.....	104
BIBLIOGRAFÍA.....	105
6. Bibliografía.....	105
ANEXOS.....	110
Anexos 1: Vuelo del Dron.....	110
Anexos 2: Muestreo de suelo de la colina Cruz Loma.....	111
Anexo 3: registro fotográfico	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: . Variable independiente: Amenaza de deslizamiento (estabilidad del talud).....	24
Tabla 2: Variable Dependiente: Exposición en las edificaciones.....	25
Tabla 3: Resultados de peso de suelo por tamizaje	63
Tabla 4: Resultados de peso de suelo por tamizaje	66
Tabla 5: Resultados de peso de suelo por tamizaje	67
Tabla 6: Resultados de peso de suelo por tamizaje	68
Tabla 7: Resultados de los perfiles con acción sísmica y perfiles sin acción sísmica.....	86
Tabla 8: Número y tipo de edificaciones ubicados en los niveles de amenaza Estable e Inestable	90
Tabla 9: Medidas estructurales	95
Tabla 10: Medidas no estructurales	98

ÍNDICE DE FIGURAS/IMÁGENES/GRAFICOS

Ilustración 1: Mapa de Ubicación.....	27
Ilustración 2: : Deslizamiento rotacional.....	34
Ilustración 3: Deslizamiento traslacional	34
Ilustración 4: Nube de puntos densa.....	59
Ilustración 5: Modelo digital de elevación (DEM).....	60
Ilustración 6: Perfil 1 sin coeficiente sísmico.....	64
Ilustración 7: Perfil 1 con coeficiente sísmico	65
Ilustración 8: Mapa para diseño sísmico	69
Ilustración 9: Análisis del Perfil 1 sin coeficiente	72
Ilustración 10: Análisis del Perfil 1 con coeficiente.....	73
Ilustración 11: Análisis del Perfil 2 sin coeficiente	74
Ilustración 12: Análisis del Perfil 2 con coeficiente.....	75
Ilustración 13: Análisis del Perfil 3 sin coeficiente.....	76
Ilustración 14: Análisis del Perfil 3 con coeficiente.....	76
Ilustración 15: Análisis del Perfil 4 sin coeficiente.....	78
Ilustración 16: Análisis del Perfil 4 con coeficiente.....	78
Ilustración 17: Análisis del Perfil 5 sin coeficiente.....	80
Ilustración 18: Análisis del Perfil 5 con coeficiente.....	80
Ilustración 19: Análisis del Perfil 6 sin coeficiente.....	82
Ilustración 20: Análisis del Perfil 6 con coeficiente.....	82
Ilustración 21: Análisis del Perfil 7 sin coeficiente.....	84
Ilustración 22: Análisis del Perfil 7 con coeficiente.....	84

Ilustración 23: Mapa de estabilidad de perfiles de taludes de Colina Cruz Loma	87
Ilustración 24: Mapa de exposición de las Edificaciones a los Taludes(Perfiles) de Colina Cruz Loma.....	89
Ilustración 25: Mapa de exposición de las Edificaciones a los Taludes (Perfiles), Polígonos de Intervención Territorial (PIT) y Tratamientos Urbanos en la colina Cruz loma.....	93

INTRODUCCIÓN

Esta investigación se direcciona al análisis de la amenaza de deslizamiento y su exposición en las edificaciones de la colina Cruz Loma, situada en el cantón Guaranda; misma que cuenta con una geología variada y erosión por flujo de agua, lo cual incide en el riesgo de las edificaciones, por ende, en el bienestar de la población. Por ello, es de vital importancia evaluar las condiciones de los taludes para implementar estrategias enfocadas a minimizar el impacto del riesgo latente.

Para obtener este estudio se utilizó una metodología de investigación empírico, la cual permite evidenciar directamente las situaciones con el fin de validar o verificar datos mediante la observación de las causas y efectos que puedan ocasionar un fenómeno. También, se considera descriptiva por que detalla cada una de las observaciones del fenómeno con la finalidad de verificar los datos.

También, se evaluó la amenaza de deslizamiento de los taludes mediante el programa geotécnico y el método de estabilidad de taludes (Bishop). Para la obtención de las mismas se consideró factores como: tipo de suelo, ángulo de fricción y cohesión, conjuntamente con un factor de seguridad de 1,50, de igual manera un coeficiente sísmico horizontal de 0,024 gals. El software también permite analizar los factores de seguridad bajo distintos escenarios, abarcando taludes naturales y artificiales, configuraciones de suelos, niveles freáticos y variaciones de pendiente.

Los resultados obtenidos en este estudio permitirán determinar las condiciones actuales de los taludes; al identificar las causas de la inestabilidad, facilita plantear medidas de mitigación. De la misma manera, esto no solo busca dar una buena seguridad y durabilidad de las

obras civiles, sino que también velan por la protección de las personas, incluyendo las pérdidas materiales.

En el capítulo uno se identificó el área de estudio utilizando mapas temáticos y salidas de observación (campo), tomando en cuenta las problemáticas que se planteó en el problema, y posterior a eso se estableció el objetivo general, los objetivos específicos, la hipótesis y las variables. Dentro del capítulo dos se desarrolló el marco teórico, la cual cuenta con una estructura para obtener datos con el fin de analizar. Por consiguiente, el capítulo tres describe la metodología, donde se detallan los métodos y técnicas para poder recopilar y analizar la información. De la misma manera el capítulo cuatro muestra resultados, discusión, derivados de la recopilación del análisis de los datos. El capítulo cinco hace mención a conclusiones y recomendaciones, donde se resume lo más importante del estudio basados en los resultados logrados. Bibliografía, es donde presenta la lista de referencias de referencias citadas en el texto, la cual incluye información detallada sobre las fuentes consultadas y tomadas en consideración. Finalmente, los anexos, que sirven como evidencia del trabajo realizado tanto en oficina como en campo.

RESUMEN

El presente estudio de investigación se centra en el análisis de la amenaza de deslizamiento y la exposición en las edificaciones de la colina Cruz Loma, ubicada a cinco minutos del centro del cantón Guaranda, la colina forma parte de un conjunto denominado siete colinas. El objetivo principal del estudio es analizar las áreas con mayor amenaza de deslizamientos e identificar las edificaciones que estén expuestas a este riesgo, con el fin de proponer medidas preventivas y correctivas.

En este trabajo se implementó la metodología de investigación analítica, la cual busca comprender las causas, explicaciones y relaciones entre fenómenos o situaciones de factores como la estabilidad de talud, que influye en los deslizamientos. Así mismo, se aplicó la metodología descriptiva, ya que explica y analiza las características, prioridades y fenómenos que se ven relacionados con la reducción de riesgos de desastres.

Para el análisis de los taludes en la colina Cruz Loma, se utilizó el software GEO 5 con el método de Bishop. Además, se introdujeron datos como, el tipo de suelo, el ángulo de fricción, la cohesión, el factor de seguridad de 1,50 y un coeficiente sísmico horizontal de 0,024 gals.

Con los resultados obtenidos se pudo identificar las áreas con mayor amenaza de deslizamiento. Sin embargo, se determinó la exposición de las edificaciones utilizadas para diferentes usos y de las redes de servicio. En conclusión, se estableció que la colina Cruz Loma presenta un alto riesgo de inestabilidad frente a deslizamientos. Los resultados obtenidos permiten priorizar las zonas en las que deben intervenir las autoridades competentes.

Palabras claves: Amenaza, Deslizamientos, estabilidad de taludes, inestabilidad.

ABSTRACT

This research study focuses on analyzing the threat of landslides and exposure in buildings on Cruz Loma hill, located five minutes from the center of Guaranda canton. The hill is part of a group known as the Seven Hills. The main objective of the study is to analyze the areas most at risk of landslides and identify the buildings exposed to this risk, in order to propose preventive and corrective measures.

This study used analytical research methodology, which seeks to understand the causes, explanations, and relationships between phenomena or situations involving factors such as slope stability, which influences landslides. Descriptive methodology was also applied, as it explains and analyzes the characteristics, priorities, and phenomena related to disaster risk reduction.

For the analysis of the slopes on Cruz Loma hill, Geo 5 software was used with the Bishop method. In addition, data such as soil type, friction angle, cohesion, a safety factor of 1.50, and a horizontal seismic coefficient of 0,024 gals were entered.

The results obtained made it possible to identify the areas most at risk of landslides. However, the exposure of buildings used for different purposes and service networks was also determined. In conclusion, it was established that Cruz Loma Hill presents a high risk of instability in relation to landslides. The results obtained allow for the prioritization of areas where the competent authorities should intervene.

Key words: Hazards, landslides, slope stability, instability.

1. CAPÍTULO I: PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Guaranda es propensa a experimentar desastres de origen natural, como son los deslizamientos provocados por la acumulación de las fuertes lluvias. La irregularidad en la topografía, los suelos volcánicos que son pocos consolidados, hace que se produzcan movimientos de masa en la colina, por estas razones son más propensas a riesgos de deslizamientos de tierra, la cual aumenta en el periodo de invierno.

Cruz Loma se enfrenta a problemas relacionados con los deslizamientos, lo cual resulta preocupante para la seguridad de la población que habitan, al ser una colina que se encuentra en una pendiente pronunciada, lo que significa que el terreno es muy inclinado. Debido a estas inclinaciones, el suelo es más propenso a deslizamientos, especialmente en épocas lluviosas. Por lo tanto, es primordial prestar atención a este tipo de riesgos para proteger a la comunidad y evitar accidentes.

También, las principales causas del riesgo se deben a la falta de drenaje eficientes para que el agua de lluvia se desvíe; poca ausencia de estructuras de contención adecuadas en las zonas más vulnerables, lo que contribuye significativamente al aumento del riesgo de deslizamientos.

El colapso de estructuras como viviendas, restaurantes y otras edificaciones en general es una de las posibles afectaciones más graves que puedan producirse en un deslizamiento en la Cruz Loma. Además, estos deslizamientos podrían dejar sectores incomunicados, ya sea por la obstrucción de vías lo que agravaría la situación para los habitantes.

El almacenamiento del agua por lluvias intensas, falta de desagüe adecuado contribuyen al riesgo, lo que pone en peligro tanto las edificaciones como el bienestar de las personas.

Al suscitarse un deslizamiento, es esencial realizar un análisis que evalúe esta amenaza de deslizamientos y determine el nivel de riesgo en las edificaciones. Este estudio permitirá identificar los puntos críticos y formular estrategias para reducir el riesgo, las mismas que contribuyan a la protección de la población.

1.2. Formulación del Problema

¿De qué manera afecta la amenaza de deslizamiento en la exposición de las edificaciones en la colina Cruz Loma?

1.3. Justificación

Esta investigación busca analizar la amenaza de deslizamientos en la colina Cruz Loma, situada en el cantón Guaranda. Esta área no solo posee un valor cultural y turístico debido al monumento Indio Guaranga, sino que también es clave para la economía local. Sin embargo, la topografía y los suelos frágiles convierten a la colina en una zona altamente vulnerable a los deslizamientos especialmente en temporada de lluvias, cuando la saturación del suelo es mayor.

Mediante este análisis se determinarán cuáles son las zonas más vulnerables y los puntos críticos donde las infraestructuras corren mayor riesgo de colapso. A través del uso de herramientas especializadas, como el software Geo5, se realizará un análisis exhaustivo del nivel de estabilidad del terreno, con el fin de evaluar de manera precisa el impacto que los deslizamientos podrían tener sobre las construcciones de la zona de investigación. Este tipo de información será fundamental para desarrollar estrategias de mitigación que permitirá contrarrestar los efectos de esta problemática.

Además, se considera de gran importancia realizar un análisis de la viabilidad económica de la zona de estudio porque es considerado un atractivo turístico y su vínculo con el desarrollo

local, las actividades turísticas, como la visita al Monumento Indio Guaranga, generan ingresos importantes para la ciudad de Guaranda.

Sin embargo, los deslizamientos podrían poner en peligro estas actividades, afectando tanto la seguridad de los visitantes, como el flujo económico que depende de ellas. Además, las infraestructuras locales como: restaurantes, caminos y viviendas, corren el riesgo de sufrir daños considerables que incrementarían los costos de reparación y generarían pérdidas económicas significativas para la comunidad.

La investigación es esencial para brindar soluciones concretas que protejan a la comunidad y su infraestructura, así como también para proporcionar a las autoridades locales información pertinente de la situación, adaptando estrategias para la planificación urbana así mismo para la reducción de desastres. Al proporcionar una comprensión clara de la situación, permitirá establecer mecanismos que garanticen la protección de la ciudadanía, edificaciones encaminados a la prevención de futuros desastres naturales.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Analizar la amenaza de deslizamiento y su exposición en las edificaciones de la colina Cruz Loma del cantón Guaranda, provincia Bolívar en el período 2024-2025.

1.4.2. Objetivos Específicos

- 1.** Evaluar el nivel de la estabilidad de la colina Cruz Loma de la ciudad de Guaranda, aplicando el software Geo5.
- 2.** Identificar las edificaciones expuestas a la amenaza de deslizamiento en el área de estudio.

3. Proponer medidas de mitigación que reduzcan el riesgo de deslizamientos en la colina Cruz Loma.

1.5. Hipótesis

Se plantea la siguiente hipótesis de trabajo de tipo descriptiva:

El nivel de amenaza de deslizamiento (estabilidad del talud) influye en la exposición de las edificaciones en la colina Cruz Loma, cantón Guaranda, provincia Bolívar.

1.6. Variable de la Investigación

1.6.1. *Variable independiente*

Amenaza de deslizamiento (estabilidad del talud)

1.6.2. *Variable dependiente*

Exposición en las edificaciones

Variable (Operalización)

Tabla 1: . Variable independiente: Amenaza de deslizamiento (estabilidad del talud)

Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Escala	Instrumento
Amenaza de deslizamiento (estabilidad del talud)	La amenaza de deslizamiento se refiere a la probabilidad de que ocurra un deslizamiento de tierra en un talud, influenciada por factores como la inclinación del terreno, la saturación del suelo y la presencia de fallas geológicas. La estabilidad del talud depende de la interacción de estos factores, los cuales pueden generar movimientos de tierra o rocas.	Geología y tipo de suelos	Composición del suelo “tipo y práctica de tamizaje”	Categórica	Revisión de información secundaria y pruebas de laboratorio.
			Saturación del suelo(kPa)	Cuantitativa	Pruebas en laboratorio
			Peso unitario del suelo		
			Angulo de fricción		
		Cohesión del suelo			
Geomorfológica	Topografía del terreno: Analiza la forma y altura del talud para entender su estabilidad.	Cuantitativa (metros)	DRON y SIG: Para levantamiento topográfico y análisis geomorfológico del terreno.		
Índice de estabilidad del talud	Resultado $\geq 1,5$ ESTABLE; Resultado $< 1,5$ INESTABLE	Cuantitativa	Software GEO 5.		

Nota: Operalización de la variable independiente, Patin, J. y Vasconez, M., 2025

Tabla 2: Variable Dependiente: Exposición en las edificaciones

Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Escala	Instrumento
Exposición en las edificaciones	Grado de vulnerabilidad de las edificaciones frente a deslizamientos.	Infraestructura esencial	Red de agua potable.	Longitud en (Km)	Mapas temáticos y matrices
			Red de colectores de alcantarillado.		
		Edificaciones expuestas	Número, tipo y uso de edificaciones	Casa-vivienda	
				Comercio	
				Edificaciones públicas	
				Equipamiento	
				Servicios	
				Recreativo	
				Otros	
				Sin uso	
Vacías y nulas					

Nota: Operalización de la variable dependiente, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

2. CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Referencial

La colina Cruz Loma está ubicada al norte del cantón Guaranda, la misma que se resalta por su belleza natural y su importancia cultural que refleja la historia de la región convirtiéndose en un lugar acogedor para propios y extraños (Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Guaranda, 2024).

Cruz Loma no solo es un punto turístico, sino también un lugar significativo para la cultura local, albergando monumentos y centros culturales que reflejan la historia de la región.

La ciudad de Guaranda se sitúa en la cuenca del río Chimbo, en la zona centro del Ecuador, limitada al norte por la provincia Cotopaxi; al sur, por los cantones Chimbo y San Miguel; al este, por las provincias de Chimborazo y Tungurahua; y al oeste, con los cantones Las Naves, Caluma y Echeandía. Geológicamente, la Fosa o Graben de Guaranda, localizada al norte de la provincia Bolívar, presenta un ancho de 10 Km, se dirige en sentido n – s, está formada en su mayoría, por rocas volcánicas de composición andesítica, como el material piroclástico, las tobas o canchaguas, mantos de lava, la arena, polvo y cenizas volcánicas, se extiende desde el arenal de las faldas del Chimborazo, hasta la Cordillera de Chimbo, y al sur, por el cañón del mismo nombre. Desde el punto de vista de su geomorfología, representa la consecuencia de un volcanismo moderno, activo por cerca de 2 millones de años (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda, 2020).

Aspectos físicos

Guaranda tiene una Altitud de 2.668 msnm y una temperatura promedio de 13,5° C. Existe una variación de 2° C en el páramo y 24° C en el subtrópico (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda, 2020).

El relieve del cantón Guaranda es bastante desigual en su zona interandina, debido a la presencia de la Cordillera Occidental de los Andes y el ramal de la Cordillera de Chimbo. Presenta pequeños valles en Guanujo, Guaranda y San Simón (meseta interandina), así como en valles mayores de San Luis de Pambil (área subtropical). Su relieve oscila entre los 4.100 metros en el Arenal (sierra), y 180 metros en San Luis de Pambil (subtrópico) (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda, 2020).

Aspecto demográfico

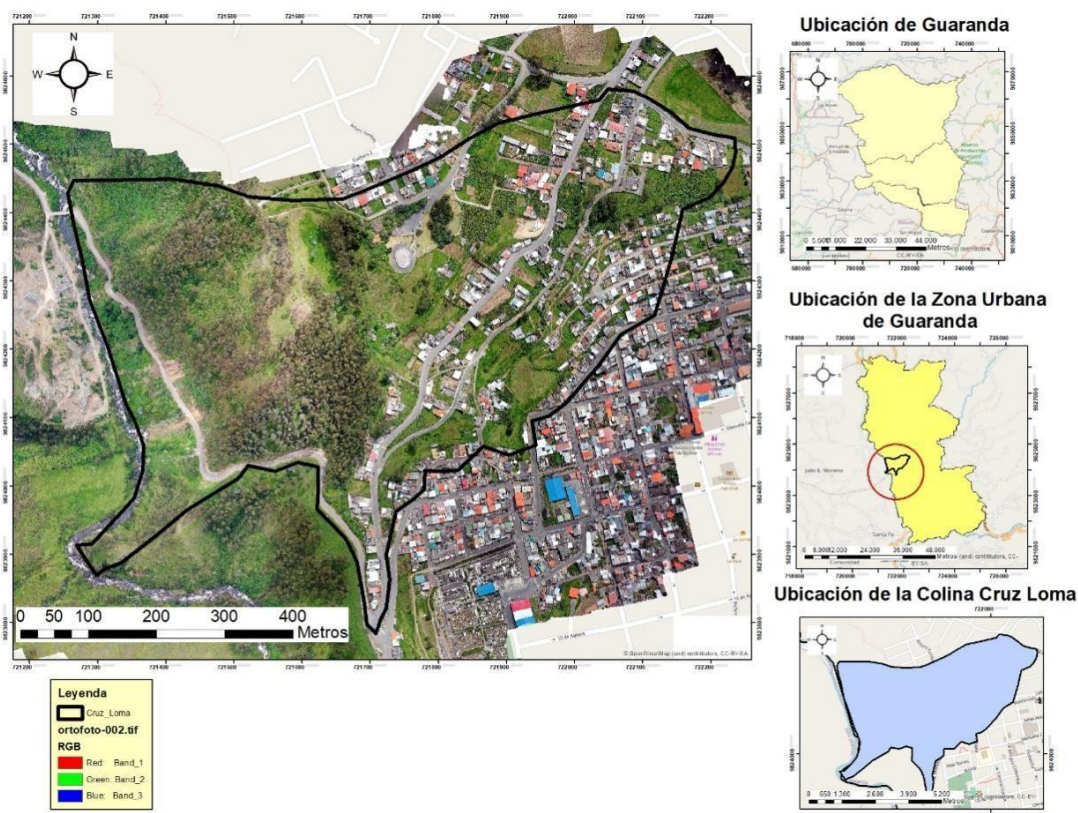
El INEC declaró en el año 2022 que Guaranda cuenta con un total de 98.138 personas, en la cual el 46.659 son hombres y 51.471 son mujeres. En las áreas urbanas el total de la población es de 30.755 habitantes, de los mismos el 14.508 son hombres y el 16.247 son mujeres (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2022).

Ilustración 1: Mapa de Ubicación

Análisis

Mediante este mapa se muestra que la Colina Cruz Loma se encuentra en el cantón Guaranda, delimitada por calles y barrios consolidados. La zona presenta una combinación de cobertura vegetal y áreas urbanizadas, lo que evidencia la interacción entre el entorno natural y la expansión urbana. Las imágenes satelitales y la delimitación permiten identificar las vías de acceso principales y la extensión del área, proporcionando información clave para planificación territorial, gestión ambiental y posibles intervenciones dentro de la zona de investigación.

MAPA DE UBICACIÓN DE LA COLINA CRUZ LOMA



Nota: Localización del área de estudio, Patin, J. y Vasconez, M., 2025, elaborado en base a: GAD Guaranda, 2016, CONALI, 2023 Y GAD Guaranda, 2021.

El análisis se enfocará en dos aspectos principales:

Exposición en las edificaciones: Se identificarán las edificaciones situadas en áreas vulnerables, considerando su ubicación, el tipo de construcción y el nivel de riesgo. Este análisis permitirá determinar el grado de afectación y proponer estrategias de mitigación.

Deslizamientos: Evaluará cuan probable es que ocurran deslizamientos en esta área, esto incluye estudiar la inclinación del terreno y la vegetación presente que puede influir en la estabilidad del suelo.

2.2. Antecedentes de la investigación

Este trabajo de investigación realizado por (Oliva & Gallardo, 2018), evaluó la amenaza de remoción de masa en grandes cantidades de tierra en una pendiente urbana de Tijuana aplicando una metodología que considere la correlación entre el riesgo y la debilidad física en la zona de investigación. Para ello, se llevaron a cabo recolecciones de datos a través de métodos aleatorios y análisis de riesgos, así como también el método cualitativo con factores de evaluación ponderados para entender su efecto sobre la estabilidad de la ladera. Además, se realizaron sondeos mecánicos para analizar las propiedades geotécnicas del terreno (Oliva & Gallardo, 2018).

El objetivo principal fue realizar una evaluación del riesgo de deslizamiento en la ladera, considerando tanto los factores naturales como los humanos los que podrían afectar esta inestabilidad. Este estudio busca proporcionar herramientas efectivas para la mitigación y prevención de catástrofes en comunidades vulnerables (Oliva & Gallardo, 2018).

Los componentes de seguridad del análisis en la estabilidad se situaron por debajo de los niveles aceptables, indicando una alta inestabilidad de la ladera y la necesidad de la atención urgente. Así mismo, se establecieron niveles de vulnerabilidad física de las estructuras expuestas, se hace hincapié implementar medidas de atención y prevención en esta zona para poder mitigar el riesgo de desastres relacionados con los deslizamientos (Oliva & Gallardo, 2018).

El trabajo de investigación realizado por (Valvuela, Garcia-Ubaque, & Granados, 2017), en este estudio se realizó un enfoque que monitoreo la patología y la estructura de las viviendas afectadas por deslizamientos en Bogotá, con el fin de valorar la progresión mensual del índice de daño (ID) durante el periodo de 4 meses. Las viviendas se clasificaron en seis grupos según su sistema estructural, y se aplicó una metodología de evaluación que concluyó inspecciones

visuales y el uso de un formato estructurado para poder registrar el estado de las edificaciones (Valvuela, Garcia-Ubaque, & Granados, 2017).

Tubo como fin establecer y evaluar el aumento mensual del índice de daño en un conjunto de viviendas ubicadas en laderas en el sector Altos de la estancia, a lo largo de un periodo de cuatro meses (Valvuela, Garcia-Ubaque, & Granados, 2017).

Los resultados indicaron un aumento constante en el índice de daño en todos los grupos de las viviendas. No obstante, el grupo de mampostería no reforzada (grupo c) mostró los valores más altos en el último muestreo, con un 2,6% infraestructura en esta categoría clasificadas con un ID alto y un 0,87% con un ID muy alto. Los demás grupos presentaron índices de daño menores y no se localizaron residencias con registros catalogados como altos. Esto sugiere que las viviendas de mampostería no reforzada son más vulnerables al daño durante ciertos intervalos de tiempo en periodos cortos de tiempo en contraste con otras estructuras (Valvuela, Garcia-Ubaque, & Granados, 2017).

El trabajo de investigación hecho (Hernández Rodríguez, 2012), sobre deslizamientos de tierra en Colombia, identificó que la saturación del suelo, junto con el aumento de la presión de poros, son las principales causas de estos eventos, lo que disminuye su resistencia. Se evidenció que los enfoques metodológicos canadienses presentan mayor profundidad y precisión, lo que sugiere una necesidad urgente de mejorar las prácticas de investigación en Colombia. Este trabajo realizó un estudio de observación de los deslizamientos de tierra ocurridos en Colombia desde 1970, determinando causas, consecuencias y las medidas reformativas implementadas. Además, se evidenció que las metodologías utilizadas en Canadá ofrecen una mayor profundidad y precisión, lo que subraya la necesidad de mejorar las prácticas de investigación en Colombia y

establecer una entidad única para gestionar y sistematizar estos estudios, promoviendo un enfoque preventivo en la gestión de riesgos geotécnicos (Hernández Rodríguez, 2012).

Este trabajo de investigación de (Moreno Alcivar, 2022), estudia tipos de deslizamientos en la zona de acantilados entre Ancón y Anconcito, Santa Elena. Se realizaron vuelos fotogramétricos utilizando tecnología UAV para poder identificar diferentes tipos de deslizamientos en los acantilados. Se registran deslizamientos de masas y de rocas, que analiza su relación con la erosión costera y otros factores ambientales (Moreno Alcivar, 2022).

Como fin del estudio hubo los diferentes tipos de deslizamientos en los acantilados de Ancón y Anconcito, así como evaluar su relación con la erosión costera. Además, buscó resaltar la susceptibilidad de estas áreas a movimientos de tierra y rocas (Moreno Alcivar, 2022).

La investigación reveló algunos tipos de deslizamientos en las áreas de trabajo incluyendo los flujos de escombros, barrancos de erosión y deslizamientos rotatorios en Ancón, así como flujos de tierra. Las caídas de rocas, incluyen caídas de bloques y socavamientos. Además, se percibió que la erosión costera causada por el oleaje contribuye significativamente a la inestabilidad en estas zonas. Esta investigación subraya la necesidad de monitoreos continuos para mitigar los riesgos asociados a estos (Moreno Alcivar, 2022).

El trabajo de titulación de (Cargua Quishpe, 2021), abordó como utilizar el enfoque jerárquico analítico en sistemas de información geográfica (SIG). En el tramo vial Puyo- Tena, identificaron y jerarquizaron seis variables geológicas y ambientales utilizando el proceso de jerárquica analítica SIG. Se generó un mapa de susceptibilidad que clasifica el área en cinco niveles, destacando que el 22% de la vía presenta alto riesgo de deslizamiento (Cargua Quishpe, 2021).

Los resultados mostraron que el 16,53% del área estudiada presenta un riesgo alto a deslizamientos de tierra , lo que representa aproximadamente 17 y 80 km de la vía Puyo-Tena. Se determinaron 15 tramos de regiones con litología porosa. Asimismo, se validó que las variables más influyentes en la susceptibilidad son las pendientes, formaciones geológicas y redes de drenaje (Cargua Quishpe, 2021).

2.3. Bases Teóricas

2.3.1. Fundamentos de la amenaza de deslizamiento

2.3.1.1. Definiciones generales

Amenaza

Se refiere a una situación, ocurrencia que puede provocar muertes, daños o impactos adversos en la salud, y la destrucción en las propiedades (Caiza & Quinatoa, 2023).

Amenaza Natural

Riesgo inminente que está relacionado con la aparición de fenómeno físico, presente en los procesos naturales del cambio, la variación del ambiente y la tierra (Caiza & Quinatoa, 2023).

Susceptibilidad a deslizamientos

Hace referencia a la característica de un terreno que señala cuán conveniente son las condiciones.

Mediante el mapa de susceptibilidad indica las áreas donde pueden o no existir condiciones propicias para la ocurrencia de un deslizamiento condiciones para que se produzca un deslizamiento. No se toma en cuenta la posibilidad de que ocurra un factor desencadenante, como la lluvia o un sismo, en un análisis de susceptibilidad (Caiza & Quinatoa, 2023).

Saturación de los suelos

Son terrenos que han absorbido agua de las lluvias y ya no pueden retenerlas más la humedad, esto sucede cuando el agua de las lluvias supera la capacidad de infiltración de los suelos, llenando todos los poros y los espacios del terreno.

Peso unitario del suelo

Es un índice de condición del suelo que la utilizamos comúnmente en todos los tipos de suelo. Es una de las relaciones del peso más útiles para resolver problemas de mecánica del suelo.

Deslizamientos

Este concepto se refiere a un movimiento de suelo, roca o su combinación. Los movimientos de masa se clasifican en tres tipos principales las cuales son: desprendimiento, deslizamientos y los flujos. El desprendimiento es provocado por la ocurrencia de caída libre de fragmentos sueltos de cualquier tamaño y es común en las pendientes muy empinadas donde el material suelto no puede mantenerse junto a la superficie. En cambio, el deslizamiento es ocasionado por el movimiento de los materiales unidos a lo largo de la superficie, mientras que el flujo es provocado cuando el material, está repleto de agua, desplazándose de la ladera abajo en forma de un fluido pegajoso (Caiza & Quinatoa, 2023).

La (SNGR) indica que “la naturaleza de una u otra manera da señales previas a la ocurrencia de un deslizamiento. Los más comunes son las deformaciones o grietas en la tierra, la inclinación de los árboles; también, los caminos de herradura se desvían de su trazado original, al igual que las cercas” (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2020).

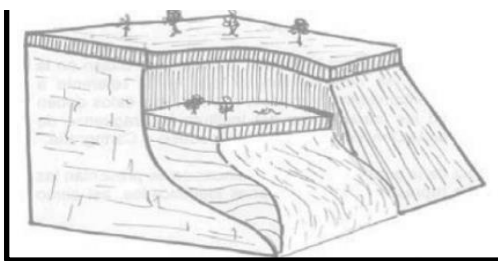
2.3.1.2. Tipos de Deslizamientos

Deslizamientos Rotacional o Circular

Son movimientos parcialmente lentos de una masa del suelo o roca, a lo extenso de una superficie de ruptura en forma circular, en la que se mueve una masa. En su fase inicial, existe menos distorsión en los materiales (Caiza & Quinatoa, 2023).

Estos movimientos se pueden relacionarse a volúmenes pequeños como los volúmenes grandes de material, las velocidades del desplazamiento de la masa pueden variar.

Ilustración 2: : Deslizamiento rotacional

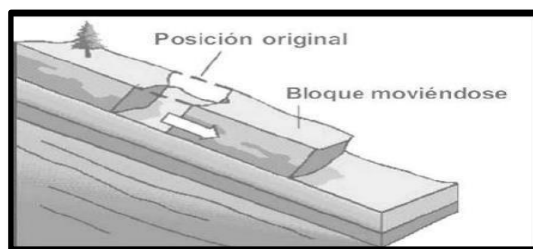


Nota: Deslizamiento rotacional (Caiza & Quinatoa, 2023).

Deslizamiento Traslacional

Se trata de un desplazamiento, ya sea rápido o lento, de un bloque de tierra o de una roca a lo largo de la superficie de un deslizamiento planar (Caiza & Quinatoa, 2023).

Ilustración 3: Deslizamiento traslacional



Nota: Deslizamiento traslacional (Caiza & Quinatoa, 2023).

Flujos de lodo

Los flujos consisten en grandes acumulaciones de material saturado que descienden por el canal y se depositan finalmente en abanicos de distritos. Además, El flujo puede variar desde rápido hasta muy rápido. (Caiza & Quinatoa, 2023).

2.3.1.3. Partes de un deslizamiento

Escarpa principal:

Se refiere a una superficie que esta inclinada de forma pronunciada que esta cerca del área de deslizamiento, resultado del material que ha sido desplazado (Caiza & Quinatoa, 2023).

Escarpa secundaria:

Es el área con un fuerte relieve encima del material desplazado, que se origina por los movimientos diferenciales de la maza deslizante.

Cabeza: Es una sección superior de los materiales de desprendimiento de tierra, que está situada entre los materiales desplazados el escarpe principal.

Cima: Menciona que es el nivel máximo de conexión entre el material movido y la escarpa principal.

El pie de la superficie de la ruptura: se determina como la intersección entre la parte inferior de la superficie de la ruptura y el terreno (Caiza & Quinatoa, 2023).

Los deslizamientos son acumulaciones de lahares compuestas por diversos materiales, como tierra y rocas que agrupan en depósitos inestables y están influenciados directamente por las condiciones climáticas. Por tal motivo, durante las temporadas de lluvias intensas, puede ocasionar deslizamientos de gran alcance, lo que resulta pérdida económica y social (Caiza & Quinatoa, 2023).

Punta del pie: Es un borde de material que se ha desplazado más lejos del escarpe principal.

Puntera: Indica que es la parte más distante del margen de la cumbre del deslizamiento.

Pie: material desplazado que queda pendiente abajo del margen de la superficie de la ruptura.

Cuerpo principal: es la parte del material que ha sido desplazado y que está situado en la superficie de ruptura, abarcando el área entre el pie, el escarpe principal, y la base de dicha superficie (Caiza & Quinatoa, 2023).

Flanco: Lado de deslizamientos de tierra.

Corona: componentes que se mantienen en el mismo sitio, es decir, no se desplaza y se encuentra junto en la cima de la escarpa principal (Caiza & Quinatoa, 2023).

Superficie original del terreno: laderas que existían mucho antes de que ocurriera el movimiento considerando.

Izquierda y derecha: las brújulas son recomendables para caracterizar a las pendientes; sin embargo, si se utilizan de derecha e izquierda, se refieren a los deslizamientos observados a partir de la corona (Caiza & Quinatoa, 2023).

Superficie de separación: se distingue del material movido del material que permanece estable, a pesar de que no se considera que haya sido una superficie que colapsó.

Material desplazado: es un desplazamiento del material de su posición original sobre la pendiente, el cual puede estar en un estado regular o irregular.

Zona de agotamiento: lugar donde el material movido queda abajo del área original del suelo.

Zona de acumulación: zona donde el material desplazado queda sobre la superficie original del suelo. Los deslizamientos y movimiento de más vigentes en el área de investigación abarcan; deslizamientos rotacionales, traslacionales, flujo de lodo-escombros y caídas de rocas (Caiza & Quinatoa, 2023).

2.3.1.4. Causas de los deslizamientos

Las causas principales del desprendimiento de tierra incluyen la congestión de tierra, esto es debido a las lluvias intensas, filtración de agua en el suelo. Provocando que la cohesión se debilite entre las partículas de la tierra y disminuye el roce entre ellas, lo cual ayuda a ocasionar deslizamientos (Ecología verde, 2024).

La inclinación del terreno es un elemento fundamental, las pendientes pronunciadas tienen mayor probabilidad de sufrir deslizamientos de tierra, debido a que la gravedad puede superar la capacidad de suelo para permanecer estable. Además, incluso una inclinación moderada puede ser riesgosa si el suelo se encuentra saturada o debilitado (Ecología verde, 2024).

La composición del suelo y el tipo de rocas en el área de estudio juega un papel crucial en la propensión a los deslizamientos. Además, estos suelos con baja cohesión, como limos y arcillas, tienden a ser más susceptibles a deslizamientos en comparación con los suelos más compactos o rocosos. Por otra parte, la presencia de capas geológicas inestables puede aumentar el riesgo de movimientos de tierra, facilitando el desprendimiento de tierra (Ecología verde, 2024).

Las fuertes lluvias, sobre todo cuando ocurre en un breve lapso de tiempo, puede rápidamente empapar el suelo y elevar la presión del agua en las capas superiores. Este

fenómeno disminuye la fricción entre las partículas del suelo, lo que debilita y provoca deslizamientos (Ecología verde, 2024).

Es muy importante considerar que los sismos pueden ocasionar deslizamientos de tierra al alterar la estabilidad del terreno. Los movimientos generan que las capas del terreno se separen o se deslicen, provocado el deslizamiento (Ecología verde, 2024).

Uno de los aspectos más importantes a considerar también es la intervención del ser humano. La evolución del entorno, provocado por las actividades como la construcción, la minería, la deforestación o la excavación, puede comprometer la estabilidad del suelo y elevar las probabilidades de deslizamiento (Ecología verde, 2024).

Factores que generan un deslizamiento

Los deslizamientos pueden ser de un fenómeno natural o provocados por el ser humano.

Factores naturales:

- Condiciones de suelo y roca: son tierras impregnados de agua, de escombros y rocas fracturadas, siendo uno de los factores que genere un desprendimiento de tierra (Escobar Carranza, 2020).
- Topografía: es la inclinación que tiene un terreno, es decir mientras más grande sea la pendiente mayor es el riesgo de deslizamientos (Escobar Carranza, 2020).
- Lluvia: la intensidad y duración de la lluvia registran la estabilidad de una ladera. (Alazate Buitrago, 2017)
- Actividad Sísmica: es cuando ocurre un sismo donde se generan vibraciones que afectan a las laderas y por ende dando paso a deslizarse la tierra,

cuanto más sea la duración e intensidad mayor es la amenaza (Escobar Carranza, 2020).

- Deforestación: son áreas que han perdido la cobertura vegetal siendo favorable para el desgaste y facilitan la ocurrencia de deslizamientos.

Actividades humanas

- Las excavaciones para la construcción de viviendas y vías.
- Estallidos en la minería y al construir carreteras. Las vibraciones que producen esto son como unos pequeños sismos donde se va debilitando y fracturando a las rocas (Escobar Carranza, 2020).
- Sobrecargas es el peso sobre el suelo, esto se produce debido a los diferentes tipos de construcciones que se hace en el suelo como son los rellenos, el agua y la acumulación de materiales. (Escobar Carranza, 2020).
- Minería donde sacan materiales en túneles o a cielo abierto (Escobar Carranza, 2020).

2.3.1.5. Consecuencias de los deslizamientos de tierra

Los deslizamientos de tierra causan daños e incluso la destrucción total de las estructuras, causando pérdidas materiales y económicas (Ecología verde, 2024).

La recuperación suele ser costosa y a un corto, mediano y largo plazo, incluyendo la restauración y limpieza de las zonas afectadas. En ocasiones la población se ve obligada a abandonar sus hogares debido a la inseguridad, esto puede tener consecuencias negativas en la vida de las personas y colectividades (Ecología verde, 2024).

2.3.1.6. Métodos para la evaluación de la amenaza de deslizamiento

Formas de Evaluar deslizamientos

Las formas de evaluar se centran en estimar la susceptibilidad del área mediante la identificación de factores clave como la geomorfología, la geología y la topografía. Aunque no se puede predecir con precisión que tan probable es que pueda suceder un deslizamiento, se utilizan los principios como la constancia de las condiciones pasadas, el entendimiento de los procesos subyacentes y la capacidad de medir la contribución de cada factor para evaluar el peligro. Estos factores permiten identificar las áreas más vulnerables y se cartografían para facilitar su análisis (Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado, 1993).

El peligro de zonificación de deslizamiento, es una técnica útil en la organización para evaluar los riesgos en las áreas de desarrollo. Los procedimientos de evaluación incluyen los factores como el tipo de roca, calidad de la pendiente en algunos casos el componente hidrológico (Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado, 1993).

Estos factores se representan de forma cuantitativa o semi cuantitativa y se combinan para la realización de mapas de peligro, facilitando información clave para la toma de decisiones y la gestión de riesgos en áreas propensas a deslizamientos (Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado, 1993).

Zonificación y mapeo de la susceptibilidad del terreno

Es donde los estudios de susceptibilidad del terreno permiten delimitar un espacio en donde se produce o evidencia un acontecimiento natural. Los estudios de susceptibilidad del terreno a los deslizamientos nos permiten identificar las zonas con pendientes críticas, resultado

de la interacción entre los factores que regulan la inestabilidad del terreno (Caiza & Quinatoa, 2023).

Dentro de los SIG, los terrenos vulnerables a deslizamientos se representan mediante la interpretación de ortofotos la cual nos brinda un análisis de deslizamientos ocurridos en el pasado y los factores que influyen en la inestabilidad del suelo, con ello se puede realizar estrategias encaminadas a la reducción de los daños de posibles eventos que se puedan desencadenar (Caiza & Quinatoa, 2023).

Software Geo5

El programa Geo5 consiste en una serie de aplicaciones geotécnicas que son diseñadas para el análisis y la planificación de estructuras geotécnicas, como son las cimentaciones, muro de contención es un conjunto de programas geotécnicos que se los utilizan para el diseño y análisis de las estructuras, como las cimentaciones, los muros de contención, estabilidad de taludes y pilotes, etc. Para el proceso de cálculo, se toman en cuenta diversos aspectos específicos de la ingeniería geotécnico, que abarcan las siguientes características (Pasto & Sisalema, 2023).

Slope Stability: Facilita la evaluación de la estabilidad y la seguridad de los taludes, ya sean de aspecto natural y artificial. Añadiendo datos geotécnicos, incluyendo las condiciones de carga y la geometría de los taludes, para llevar a cabo el análisis de la estabilidad y calcular los factores de seguridad. Permite evaluar la firmeza y seguridad de taludes, tanto naturales como artificiales. Se introduce datos geotécnicos, como las condiciones de carga y la geometría del talud para realizar análisis de estabilidad y determinar los factores de seguridad. Por otra parte, se considera la interacción entre el suelo y el agua, Se toma en cuenta la interacción suelo, agua, brindando resultados detallados sobre la seguridad de los taludes (Pasto & Sisalema, 2023).

Stability Analysis: está diseñada justamente para el análisis de la seguridad de los taludes y los deslizamientos. Facilita la capacidad de llevar a cabo cálculos complejos usando diversos métodos analíticos, incluyendo el método de equilibrio límite y el método de Fellenius, entre otros. Por otra parte, se puede presentar distintos tipos de fuerzas y condiciones de carga, y el software se encargará de calcular los factores de seguridad y proporcionando gráficos y resultados detallados (Pasto & Sisalema, 2023).

Earth Pressures: Si bien es cierto el programa se centra principalmente en el diseño de muros de contención, como también cuenta con una aplicación en la evaluación de movimientos de masa. Además, permite el cálculo de la presión del suelo que actúa sobre los muros de contención, lo cual es de suma importancia para determinar las estabilidades del terreno. Esta capacidad es particularmente útil para identificar las causas subyacentes de los deslizamientos y supervisar su posibilidad (Pasto & Sisalema, 2023).

En definitiva, este software es una de las herramientas más valiosas para la evaluación de deslizamientos y determinar la seguridad de los taludes, según las características y factores específicos del área de estudio.

2.3.1.7. Técnicas de mitigación ante riesgo de deslizamientos en laderas

Medidas de prevención

Se trata de implementar estrategias y acciones que permita reducir o prevenir la aparición de nuevos desastres en el país. Esta iniciativa implica coordinar los planes de ordenamiento territorial, estableciendo medidas para fomentar la concientización y participación ciudadana, contar con organismos que garanticen el cumplimiento de las normativas de control y prevención de desastres, exigir a las entidades ya sea públicas o privadas para la realización de estudios de riesgo en las áreas a intervenir, y de esa

manera llevar a cabo las evaluaciones regulares en las zonas con alto riesgo (Baena et al., 2019).

2.3.10.2 Medidas de control

Se basa principalmente en elaborar estructuras al pie de la ladera, junto a la carretera. Esto se hace para poder evitar que los escombros de la montaña lleguen a la carretera y sus alrededores, evitando así las pérdidas y daños a las infraestructuras viales mencionados anteriormente. Las estructuras que comúnmente se utilizan para estas medidas son las bermas, cubiertas protectoras, estructuras de contención y zanjas. realizar estructuras en la parte baja de la ladera, alado de la vía, con el fin de cerrar el paso de material de la montaña a la vía y zonas del alrededor, evitando las pérdidas que anteriormente se nombraron y daños en la infraestructura vial. Para afrontar el problema de fragmentos más grandes, como rocas, se sugiere utilizar mallas y barreras en la base del talud, ya que proporcionan una contención eficaz (Baena et al., 2019).

2.3.2. Fundamentación de la exposición de las edificaciones ante deslizamientos

2.3.2.1. Definición General

Exposición

Hace mención que las personas, propiedades, sistemas y otros componentes ubicados en áreas de riesgo hacen más vulnerables a las pérdidas potenciales. Para medir la exposición, se puede considerar la cantidad de individuos o la variedad de activos dentro del área determinada. Además, esta información se puede combinar con la vulnerabilidad específica de los componentes que está en riesgo ante un peligro en particular, lo que permite estimar los riesgos cuantitativos relacionados con el peligro en la zona de interés (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación., 2024).

Exposición de edificaciones

Se refiere al grado de vulnerabilidad de una construcción frente a fenómenos como deslizamientos de tierra, terremotos o inundaciones. Este concepto evalúa la probabilidad y el potencial impacto de que una edificación se vea afectada por dichos eventos, considerando factores como la ubicación geográfica, las características y condiciones estructurales.

Edificaciones

Son diseñadas para ser ocupadas o empleadas, abarcando categorías como residenciales, comerciales, industriales, gubernamentales o institucionales. En otras palabras, se trata de construcciones duraderas, diseñadas para perdurar a lo largo del tiempo, donde puede tener una o múltiples plantas (Ingenium, 2023).

2.3.2.3. Daños Potenciales y Criterios de Evaluación

Daños Estructurales

Como lo explica Safina Melone Salvador, el deterioro estructural se determina por el comportamiento de los componentes del sistema portante, como las cuales son, viga, columna, muros, forjados, etc. Estos daños están relacionados con los materiales utilizados, su disposición y ensamblaje, el tipo de sistema portante y la naturaleza de las fuerzas que actúan sobre él. Al evaluar esto índices en parte o en toda la estructura, puede establecer los denominados índices de daño global (Alazate Buitrago, 2017).

Infraestructura esencial

Hace referencia a todo tipo de instalación, ya sea de estructura, servicio o sistema, o de propiedad pública y privada, cuya pérdida, daño o manipulación pueda interferir con la prestación o distribución de un servicio básico al público.

2.3.2.3. Tipos y usos de las edificaciones

Tipo de edificaciones

Edificaciones con reforzamiento especial

Son construcciones con materiales de concreto, acero que están elaboradas y edificadas con exigencias superiores (Castaño & Grajales, 2021).

Edificaciones reforzadas

Son construcciones en las cuales se utilizan una combinación de concreto y acero en la estructura.

Mampostería reforzada

Son aquellas construcciones que cuentan con un sistema estructural de mampostería, complementado con elementos de refuerzo como barras, laminas, pernos y platinas. De la misma manera se consideran dentro de esta categoría las edificaciones de mampostería confinada (Castaño & Grajales, 2021).

Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas

Estructuras que presentan muros de carga, pero carecen de un confinamiento apropiado como es la mampostería sin refuerzo

Estructuras ligeras

Edificadas utilizando materiales habituales o de menor calidad, estas edificaciones muestran un sistema estructural basados en muros de carga. Dentro de esta clasificación se incluyen las construcciones realizadas con materiales como el adobe, bahareque, madera sin tratar, tapia pisada y elementos prefabricados (Castaño & Grajales, 2021).

Construcciones simples

Son construcciones carentes de una estructura clara, de naturaleza espontanea, que suelen estar creadas de materiales impropias o reciclados (Castaño & Grajales, 2021).

Tipos de daños

De acuerdo con Carreño, Cardona y Barbat, los posibles efectos de los sismos están determinados por diversos factores, incluyendo el origen del sismo, su magnitud, la distancia al epicentro y las propiedades del suelo en el área de afectación (Alazate Buitrago, 2017).

Los tipos de daños que pueden ocasionarse se clasifican en las siguientes categorías:

- Colapso total de las edificaciones.
- Daños estructurales es técnica y económicamente irreparables, lo que conlleva a la necesidad de demoler la estructura.
- Daños tanto estructurales y como no estructurales (muros, instalaciones hidráulicas y sanitarias, ascensores, entre otros) que impiden el uso del edificio (Alazate Buitrago, 2017).

Edificaciones Indispensables

Se enfoca en identificar las construcciones que contiene instalaciones y áreas cuya operatividad en situaciones de emergencia provocadas por un sismo, es crítica y vital para afrontar las consecuencias inherentes de desastre natural. Estas edificaciones son esenciales para responder a la crisis y garantizar la salud, seguridad y bienestar de la población tras un sismo (Alazate Buitrago, 2017).

2.3.2.4. Medidas de reducción para edificaciones expuestas a deslizamientos

Medidas de prevención

Encuentre un sitio seguro para establecer su hogar. Si está considerando la compra de un terreno, tenga en cuenta que las pendientes pronunciadas y las áreas que han experimentado deslizamientos en el pasado son especialmente riesgosas. Siendo estos lugares propensos a futuros deslizamientos poniendo en peligro a las viviendas (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2015).

Las habitantes que viven en las laderas deben adoptar ciertas medidas de precaución para así poder mitigar el riesgo de deslizamiento:

Es importante prevenir la infiltración de agua en el suelo, lo que se puede lograr mediante la creación de canales y su mantenimiento en condiciones ópticas, permitiendo así que tanto la lluvia como el agua utilizada en el hogar. Así mismo la vegetación desempeña un papel fundamental en la protección del suelo frente a estos deslizamientos, ya que cumple tres funciones esenciales: las raíces de las plantas anclan la tierra, regulan la humedad del suelo para evitar que se vuelva inestable y previenen que el agua forme flujos de lodo (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2015).

2.4 Marco Legal

2.4.1. Normativa Nacional

2.4.1.1. Constitución, 2008

El artículo hace mención que el gobierno ecuatoriano tiene una responsabilidad de gestionar los riesgos a nivel nacional y designa un organismo principal para coordinar el Sistema Nacional Centralizado. Esta medida refuerza las leyes y procedimientos necesarios para una respuesta eficaz ante situaciones adversas, de la misma manera que reconoce a la naturaleza como un sujeto de derechos y establece la obligación del Estado de salvaguardarla. Asimismo, habido avances significativos en la defensa de los derechos humanos, la disminución de la pobreza y la promoción del desarrollo (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Según el artículo 389.- establece que el marco legal protege a las personas y al medio ambiente frente a los desastres. El Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgo está compuesto por unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones tanto públicas como privadas, en el ámbito local, regional y nacional. Además, se define un sistema descentralizado que establece las funciones del organismo técnico determinado por la ley (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Donde se identifican las principales funciones:

1. Reconocer los peligros existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.
2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.
3. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, la gestión de riesgo en su planificación y administración.

4. Fortalecer las capacidades de la ciudadanía y de las entidades públicas y privadas para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e implementar acciones que lo reduzcan .

5. Articular las instituciones para que coordinen acciones con el fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.

6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

El artículo 390. Es un pilar fundamental para la reducción de riesgos en el Ecuador, ya que, al establecer un enfoque descentralizado y participativo, permitirá una respuesta efectiva, adecuada y sostenible ante los eventos adversos.

La implementación efectiva del principio de descentralización subsidiaria en la gestión de riesgos, como lo establece el artículo 390, es crucial para construir un Ecuador más resiliente y preparado para así enfrentar los desafíos que presentan los eventos adversos (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.4.1.2. NEC

Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC - 2015), geotecnia y cimentaciones: Estudio de estabilidad de laderas y taludes

El estudio de la estabilidad de laderas y taludes favorece a la protección de la vida, la integridad física de las personas y la preservación de los bienes materiales, minimizando los riesgos asociados a eventos adversos que involucran la inestabilidad del terreno. El estudio de estabilidad de la ladera y talud, tal como lo exige la NEC 2015, es una práctica esencial en la

geotecnia y en las cimentaciones para la reducción de riesgos ante eventos adversos (NEC-GS-y-Cimentaciones, 2015).

Contribuye a la construcción de infraestructuras seguras, resilientes y sostenibles, donde los gobiernos autónomos descentralizados adoptaran de manera obligatoria las normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos sísmicos con el propósito de proteger las personas, colectivas y naturales (NEC-GS-y-Cimentaciones, 2015).

El artículo 140 de la COOTAD señala que la gestión de riesgos incluye acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia y así poder enfrentar las amenazas ya sea de origen natural y antrópico que afectan al territorio.

Además, los gobiernos autónomos descentralizados municipales adoptaran obligatoriamente las normativas técnicas para la reducción y la gestión de riesgos con el fin de proteger a las personas, colectividades y la naturaleza (Código Orgánico de Organización Territorial , COOTAD, 2010).

2.4.2. Normativa legal

Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres:

Establece que los GAD son responsables de identificar zonas de riesgo no mitigable y prohibir la habilitación de suelo para usos residenciales, comerciales, industriales, agrícolas o de equipamiento en estas áreas. Además, se enfatiza la necesidad de incluir medidas específicas para reducir la exposición a amenazas como deslizamientos en los planes de uso y gestión de suelo (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2023).

Reglamento para la Construcción y Obras Públicas:

Obliga a diseñadores y planificadores a aplicar normas preventivas desde la fase de diseño, en estricto apego a la normativa legal vigente, para garantizar la seguridad y estabilidad

de las edificaciones, especialmente en zonas susceptibles a deslizamientos (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 2008)

Plan Nacional de Desarrollo 2024-2025 – Eje de Gestión de Riesgos:

Destaca la necesidad de socializar la Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres a nivel nacional y fortalecer la capacidad de los GAD para poder implementar medidas de prevención y mitigación de riesgos, incluyendo la identificación y gestión de zonas susceptibles a deslizamientos (Plan del Desarrollo para el nuevo Ecuador, 2024).

2.4.2. Ordenanza del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón Guaranda

La Ordenanza Municipal N° 007 CM-GADCG-2021 del cantón Guaranda aprueba el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) 2020-2025, fundamental para la planificación y gestión del territorio, especialmente en áreas susceptibles a riesgos naturales como deslizamientos (Ordenanza Municipal 007 CM-GADCG-2021 cantón Guaranda: aprobación del PDOT 2020 - 2025, 2022).

2.4.1.5. Ordenanza del Plan de Uso y Gestión de Suelo (PUGS) del cantón Guaranda

Plan de Uso y Gestión de Suelo (PUGS)

Ordenanza N°006 CM-GADCG-2021 que regula el Plan de Uso y Gestión del Suelo, fraccionamientos y construcciones; del cantón Guaranda.

Que, el artículo 11 de la ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo, dispone en su acápite 3: “Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, de acuerdo con lo determinado en esta ley clasificarán todo el suelo cantonal, en urbano y rural y definirán el uso y la gestión del suelo. Además, identificarán los riesgos naturales y antrópicos del ámbito cantonal, fomentar la calidad ambiental, la seguridad, la cohesión social y la

accesibilidad del medio urbano y rural, y establecerá las debidas garantías para la movilidad y el acceso a los servicios básicos a los espacios públicos de toda la población (Registro Oficial, 2022).

PIT-6 Tratamiento Mejoramiento Integral

Las condiciones desfavorables para los ámbitos constructivos en el cantón Guaranda se presentan en sectores con altos niveles de riesgo, principalmente debido a la amenaza de sismos y deslizamientos. Estas zonas incluyen las laderas de colinas como San Barolo, Tililac, Talalac, Cresta Tami, San Jacinto, Cruz Loma y Loma de Guaranda, así como áreas con cobertura vegetal en las riberas de los ríos Guaranda, Salinas y Conventillo. Además, se identifican como zonas de riesgo las quebradas de Negro yacú y Surhuayco, donde la inestabilidad del terreno representa un peligro significativo para la construcción y el desarrollo urbano (Registro Oficial, 2022).

2.5 Glosario de Términos

Amenaza: Se trata de un proceso, evento o acción humana que puede producir pérdidas humanas, lesiones u otros efectos en la salud, así como también daños materiales, sociales y económicas (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2018).

Desastre: Se refiere a una interrupción significativa en el funcionamiento de la zona, provocado por la interacción de los acontecimientos peligrosos con condiciones de exposición y de vulnerabilidad que resulta en pérdidas humanas, materiales, económicas y ambientales (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2018).

Exposición: Hace referencia a la condición de individuos, infraestructuras, domicilios, capacidades productivas y otros activos humanos concretos que hallan en áreas expuestas a diversas amenazas (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2018).

Software Geo5

Se trata de un conjunto de software geotécnicos que es empleado para el análisis y diseño de diversas estructuras, incluyendo cimentaciones, muros de contención, seguridad de los taludes, entre otros (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018).

Mitigación: Se refiere a la minimización o la reducción al mínimo de las consecuencias negativas derivadas de un evento riesgoso (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018).

Medidas estructurales: Implica todo el proceso de construcción, materiales o la implementación de técnicas de ingeniería, orientadas a minimizar o prevenir posibles efectos potenciales de las amenazas, mejorando así la resistencia y resiliencia de las estructuras o sistemas (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018).

Pendiente: Inclinación del terreno, en relación con la horizontal de una ladera. Los procesos que modelan estas laderas están influenciados por la pendiente de estas zonas y un ángulo límite que generalmente es de 45° aunque se puede variar según el tipo de roca que está presente (Caiza & Quinatoa, 2023).

Riesgo de desastres: Probabilidad de que se produzca muertes o daños en una sociedad o una comunidad durante un periodo determinado, que está determinado por factores como la amenaza, la vulnerabilidad y la capacidad de respuesta (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018).

Vulnerabilidad: Son circunstancias influenciadas por componentes o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que incrementan la vulnerabilidad de individuo, una comunidad, sus recursos o sistemas frente a estas consecuencias de las diferentes amenazas (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018).

3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

El estudio de tipo no experimental, se realizó dado que los científicos prefieren la observación y análisis de las condiciones del terreno y las edificaciones en su entorno real sin intervenir ni modificar ninguna de las variables presentes.

En esta investigación se empleó el trabajo de campo, el objetivo es observar y analizar su entorno natural y los elementos que ponen en peligro de deslizamiento, así como, la exposición en las edificaciones de Cruz Loma.

3.2 Enfoque de la investigación

En este trabajo de investigación se aplicó un enfoque mixto, que integra los métodos cuantitativos y cualitativos los cuales ayudan a tener una comprensión más completa del suceso estudiado. El componente cuantitativo, recolectó y analizó datos numéricos relacionados con la estabilidad del terreno y las características geotécnicas, mediante el Geo5, se hizo el cálculo del índice de estabilidad de taludes en la colina Cruz Loma. En el componente cualitativo, a través del uso de diversos instrumentos y técnicas de campo se recopiló información relevante que facilitó el estudio cualitativo de la amenaza de deslizamiento y la exposición en las edificaciones en la colina Cruz Loma.

3.3 Métodos de Investigación

Se realizó los siguientes métodos

Método analítico

Esto ayuda a la comprensión de los efectos, ilustraciones y las relaciones entre fenómenos, en este aspecto, se analizó el índice de estabilidad del talud (terreno), el peligro de deslizarse la tierra y la exposición de las edificaciones.

Método descriptivo

En la investigación se implementó el método descriptivo para abordar la amenaza de deslizamiento y su exposición en las edificaciones de la colina Cruz Loma, cantón Guaranda. Nos permitirá caracterizar detalladamente los fenómenos asociados a deslizamientos, identificando propiedades y comportamientos de factores que influyen en el riesgo. Además, el trabajo en campo e investigación de datos históricos, generaron un panorama claro de la problemática y sus manifestaciones específicas en la zona.

3.4 Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

Es fundamental en el desarrollo de cualquier investigación y sobre todo en la obtención de información importante. Los métodos que se empleó en la investigación (colina Cruz Loma) son:

Para el objetivo uno se desarrolló el siguiente proceso metodológico que incluyen las siguientes técnicas:

Estudio Geotécnico

Se realizó el vuelo de Dron para obtener imágenes aéreas de alta resolución de la Colina Cruz Loma. Ya que estas imágenes serán fundamentales para realizar un análisis topográfico detallado de la zona y detectar posibles señales de movimientos de masa en la zona de trabajo.

Instrumentos

Dron

DroneDeploy

Agisoft metashape

ArcGis 10,5

AutoCAD y el software Geo5.

También se realizó investigaciones en el terreno y pruebas de laboratorio de esa forma obtener datos como las propiedades del suelo, cohesión, ángulo de fricción, densidad, entre otros.

Instrumentos

Equipos de laboratorio para análisis de suelo, pruebas de granulometría.

Para el **segundo objetivo** se realizó inspecciones de campo donde se realizó una inspección visual en las edificaciones y terreno para así poder identificar la zona de inestabilidad, como grietas y deslizamientos previos.

Instrumentos

Cámaras fotográficas o dispositivos móviles

Sistema de GPS para geolocalización de edificaciones.

Para el análisis de Cartografía y Planos Urbanísticos, se realizó revisión de los planos de la ciudad para identificar las edificaciones que están cercanas a las áreas de deslizamiento obtenidas de departamento de catastros del GAD de Guaranda de febrero 20-24

Instrumentos

Planos georreferenciados del área de estudio.

Software SIG es superponer capas de información sobre planos.

Para el **objetivo tres**, se realizaron revisión de información secundaria, así como, las observaciones directas si existen zonas con grietas, taludes inclinados o acumulación de agua.

Instrumentos

Libreta y celular para fotos.

3.5 Universo población y muestra

3.5.1 Población

Dentro de nuestra investigación la ciudadanía que se encuentra en la colina Cruz Loma, está compuesta por 4640 habitantes, que están distribuidos en distintos sectores de la colina, la misma que se constituye desde la avenida la prensa, hasta la vía Julio Moreno el troje siendo la parte sur, también, se intercepta con el río Salinas.

En la presente investigación no se trabajó con la muestra, ya que se evaluó el índice de la estabilidad del talud que influye en la amenaza de deslizamiento en toda el área de estudio de la colina Cruz Loma; de igual manera, se trabajó con el universo total de 1.217 edificaciones ubicadas en la colina, información proporcionada por el Departamento de Catastros del GAD Municipal del Cantón Guaranda del año 2024.

3.6 Técnicas de análisis y procesamientos de la información

Objetivo 1: Evaluar el nivel de la estabilidad de la colina Cruz Loma de la ciudad de Guaranda, aplicando el software Geo5, que es especializado en analizar la estabilidad de taludes. La recopilación de datos geotécnicos fundamentales, como las características del suelo y condiciones hidrogeológicas a través de estudios previos, levantamiento de campo. Con esta información, se elaborará un modelo digital del terreno utilizando datos topográficos detallados obtenidos de planos existentes, permitiendo la definición precisa de los perfiles de talud a analizar en el software.

Posteriormente, se ingresarán estos datos al software Geo5 para simular escenarios de estabilidad bajo diferentes condiciones: natural, saturada y con carga sísmica. Los resultados incluirán factores de seguridad que permitirán identificar las áreas con mayor riesgo de

deslizamiento. Los resultados serán complementados con observaciones de campo, como grietas, deslizamientos menores o zonas erosionadas, para validar las simulaciones. Esta metodología facilita la mitigación del riesgo y la priorización de intervenciones en la colina.

En el Geo5, aquí se insertan puntos de medición en longitud y altitud, estableciendo los rangos entre 20 a 35 metros máximos de distancia dependiendo del talud, para la obtención de los puntos en las curvas de nivel primero hay que trazar líneas a lo largo de las curvas y luego comparar las mediciones reales y las que se realizaron en campo para así poder digitalizar los taludes.

Para analizar en el software Geo5 la Colina Cruz Loma se manejaron varios parámetros para poder identificar la inestabilidad del terreno uno de ellos es el tipo de suelo.

Procesamiento de imágenes

En el primer objetivo se ejecutó un plan de vuelo en la zona de estudio, la cual consta de 97 hectáreas, a una altura de 80 metros, luego se tomaron 308 fotos con las cuales se realiza el modelo digital de elevación (DEM), se procesaron las imágenes tomadas por el dron, todo este proceso se lo realizó en el Agisoft Metashape, donde se hizo la combinación de datos, para tener la nube de puntos densa la misma que nos ayuda a representar la superficie del terreno. A través de la georreferenciación se creó un polígono de polilíneas, y así poder identificar la zona, posteriormente se realizó la nube de puntos la misma que nos ayuda a la representación de la superficie externa del terreno.

La imagen muestra un modelo tridimensional de la colina cruz loma, la cual está generada a partir de imágenes aéreas. Permite observar con detalle la cobertura vegetal y la distribución de edificaciones, facilitando el análisis espacial y el diseño de intervenciones urbanas en el área urbana.

Ilustración 4: Nube de puntos densa

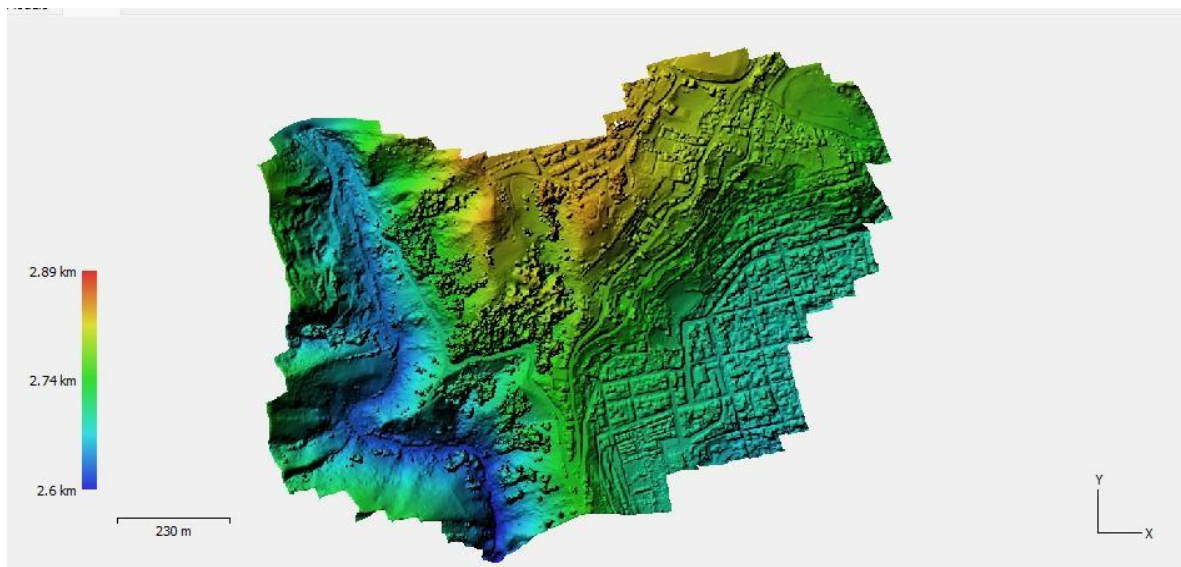


Nota: La nube de puntos nos ayuda a poder representar la superficie externa del terreno, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Creación del DEM

La ilustración muestra un modelo digital de elevación (DEM) de la Colina Cruz Loma, donde los colores representan las variaciones de altura del terreno. Este modelo permite identificar relieves, pendientes y depresiones, de esta manera facilita el estudio de estabilidad de taludes, drenaje u riesgos geotécnicos para la planificación de obras e intervenciones urbanas.

Ilustración 5: Modelo digital de elevación (DEM)



Nota: El DEM permite identificar los perfiles para determinar el peligro, Patin, J., y Vasconez, M., 2025.

Para el objetivo 2: Identificar las edificaciones expuestas a la amenaza de deslizamiento en el área de estudio.

En este trabajo, se priorizó inicialmente la exposición en las edificaciones, considerando los diferentes usos de las edificaciones: casa/vivienda, comercio e industria, equipamiento, servicios, recreación, otros, sin uso y vacías/nulas. Estos usos fueron evaluados debido a que concentran la presencia de personas y representan distintos niveles de vulnerabilidad.

Se propone una metodología que combine herramientas geoespaciales y trabajo de campo. Realizar un análisis de deslizamiento mediante la superposición de los mapas temáticos realizados en (SIG). Estos mapas incluirán variables como la inclinación de la propiedad, tipo de textura del suelo y uso del suelo. Mediante el índice de amenaza a deslizamientos, se determinarán las áreas más afectadas a este fenómeno. Las edificaciones dentro de estas áreas

serán georreferenciadas utilizando imágenes satelitales de alta resolución y con una ortofoto reciente.

Finalmente, se desarrollará el trabajo de campo con el objetivo de determinar el estado físico de las edificaciones asentadas en la colina. Este proceso incluye la identificación y evaluación de los materiales de construcción, y las posibles afectaciones visibles relacionadas con movimientos de masa, grietas, inclinaciones, o deformaciones en los cimientos y muros.

Para el objetivo 3: Proponer medidas de mitigación que reduzcan el riesgo de deslizamientos en la Colina Cruz Loma.

Primero, se realizará una evaluación comparativa de los productos alcanzados mediante los modelos de firmeza (Geo5) las observaciones de campo, identificando las áreas críticas donde los factores de seguridad sean más bajos o que se evidencien condiciones físicas de alta vulnerabilidad. Esta información será complementada con un análisis del entorno, considerando el uso del suelo, la densidad de edificaciones, y los sistemas de drenaje existentes.

Con esta base, se diseñarán estrategias de reducción de ingeniería civil tales como estructurales y no estructurales. Donde se consideren soluciones como: la instalación de muros de contención, redes de drenaje. En cuanto a las medidas no estructurales, se incluirá la reforestación en las áreas de protección, la zonificación y restricción en áreas de riesgo, el monitoreo constante en áreas críticas, sensibilización y capacitación a los habitantes de la zona.

4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del objetivo 1: Evaluar el nivel de la estabilidad de la colina Cruz Loma de la ciudad de Guaranda, aplicando el software Geo5, el mismo que es especializado en el análisis de estabilidad de taludes

4.1.1. *Caracterización de los factores de estabilidad de taludes*

Mecánica de suelos

Para desarrollar el tipo de suelo se realizó un trabajo de campo en donde se identificó una estructura estratificada, la variación de las múltiples texturas y tonalidades. Se recomienda la participación e interpretación de los diferentes tipos de suelo que existen dentro de la zona de estudio de tal razón se procedió a la toma de diferentes estratos del suelo en puntos estratégicos, los cuales se desarrollaron de acuerdo al criterio de investigación.

Muestra 1 en las coordenadas: 721302,486 E, 9824331,351 N

Muestra 2 en las coordenadas: 721394,537 E, 9824168,651 N

Muestra 3 en las coordenadas: 721997,667 E, 9824382,363 N

Muestra 4 en las coordenadas: 722108,85 E, 9824559,128 N

Dentro de la categorización del tipo de suelo se manejó la herramienta del Sistema Unificado de la Clasificación de Suelos (SUCS), dentro de la textura debe ser clasificado a través de un procedimiento de tamizado, los mismos los suelos deben ser clasificados primeramente mediante un proceso de tamizado en el análisis granulométrico, donde serán clasificados como:

Suelo Grueso: Retenido en el tamiz #200, incluye gravas y arenas.

Suelo Fino: Pasa a través del tamiz #200, compuesto por arcillas, limos y materia orgánica.

Resultado Muestra 1

La tabla indica la proporción de la muestra y el tamaño de la abertura de los tamices utilizados para separar las partículas de suelo, los tamices se identifican por su número o por el tamaño de la abertura en milímetros (mm). El peso retenido es la cantidad de material (en gramos) que queda retenido en cada tamiz después de la práctica de tamizaje; Se cuenta con un 0,59006 kg de muestra de suelo, en el cual mediante el proceso de tamizaje se utilizaron 8 tamices, desde el 4 hasta el número 200, y el fondo. El porcentaje de suelo que paso del tamiz N 4 es de 99,88%, el porcentaje de suelo del tamiz N 200 es de 10,46%.

Tabla 3: Resultados de peso de suelo por tamizaje.

Tamiz	Abertura (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA	% PASA ACUMULADO
3''	76,20	0	0,00%	100,00%	0,00%
2''	50,80	0	0,00%	100,00%	0,00%
1''	25,40	0	0,00%	100,00%	0,00%
3/4''	19,05	0	0,00%	100,00%	0,00%
1/2''	12,70	0	0,00%	100,00%	0,00%
3/8''	9,53	0	0,00%	100,00%	0,00%
N 4	4,75	0,00073	0,12%	99,88%	0,00%
PASA N 4				99,88%	0,00%
N 10	2,00	0,013	2,20%	97,67%	0,00%
N 20	0,84	0,064	10,84%	86,83%	0,00%
N 30	0,60	0,080	13,50%	73,33%	0,00%
N 40	0,43	0,114	19,30%	54,03%	0,00%
N 60	0,25	0,150	25,36%	28,67%	0,00%
N 100	0,15	0,059	10,00%	18,68%	0,00%
N 200	0,08	0,048	8,22%	10,46%	0,00%
PASA N 200				10,46%	0,00%
FONDO		0,062	10,46%	0,00%	0,00%
TOTAL		0,59006			0,00%

Nota: Se cuenta con 0,59006 kg de muestra de suelo, en el cual mediante el proceso de tamizaje se utilizaron 8 tamices, desde el 4 hasta el número 200, y el fondo. El porcentaje de

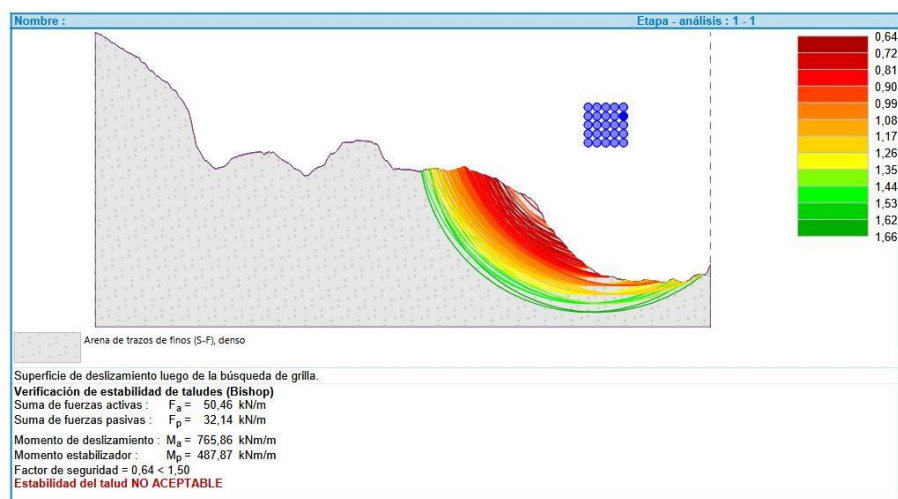
suelo que paso del tamiz N 4 es de 99,88%, el porcentaje de suelo del tamiz N 200 es de 10,46%,

Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Según la información de la granulometría, del estudio (SUCS), este suelo se clasifica como una mezcla de arena con trazos finos densa (S-F). En donde la grava tiene 0,12%, la arena tiene 95,027 y los finos un 0,048.

Con estos porcentajes el software GEO 5, nos muestra que, el peso unitario es de 17,50 KN/m³, con un ángulo de fricción de 31,50 ° y una cohesión del suelo de 0 KN/m³.

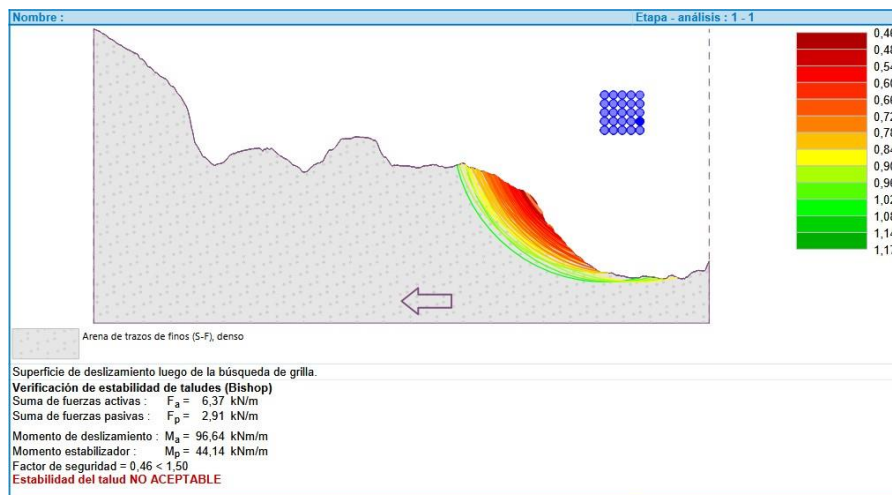
Ilustración 6: Perfil 1 sin coeficiente sísmico



Nota: Perfil 1 sin coeficiente sísmico, con un factor de seguridad de 0,64 no aceptable,

Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Ilustración 7: Perfil 1 con coeficiente sísmico



Nota: Perfil 1 con coeficiente sísmico, con un factor de seguridad de 0,46 no aceptable,

Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Resultado de la muestra 2

La situación predominante es el comportamiento del agregado grueso, es decir, las arenas con trazas de finos densa (S-F), que representa la fracción más abundante, con un 89,63% de arena, 5,46% de grava y 4,91% de finos.

Tabla 4: Resultados de peso de suelo por tamizaje

Tamiz	Abertura (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA	% PASA ACUMULADO
3''	76,20		0,00%	100,00%	
2''	50,80		0,00%	100,00%	
1''	25,40	0	0,00%	100,00%	
3/4''	19,05	0	0,00%	100,00%	
1/2''	12,70	0	0,00%	100,00%	
3/8''	9,53	0	0,00%	100,00%	
N 4	4,75	0,0178	5,46%	94,54%	
PASA N 4			5,46%	94,54%	
N 10	2,00	0,122	37,45%	57,09%	
N 20	0,84	0,082	25,17%	31,92%	
N 30	0,60	0,018	5,52%	26,40%	
N 40	0,43	0,014	4,30%	22,10%	
N 60	0,25	0,018	5,52%	16,57%	
N 100	0,15	0,014	4,30%	12,28%	
N 200	0,08	0,016	4,91%	7,37%	ARENAS
PASA N 200			87,17%	7,37%	
FONDO		0,024	7,37%	0,00%	LIMOS,
TOTAL		0,3258			ARCILLAS

Nota: Se cuenta con 0.3258 kg de muestra de suelo, en el cual mediante el proceso de tamizaje se utilizaron 8 tamices, desde el 4 hasta el número 200, y el fondo. El porcentaje de suelo que paso del tamiz N 4 es de 94,54%, el porcentaje de suelo del tamiz N 200 es de 7,37%,

Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Con estos porcentajes el software GEO 5, nos indica que, peso unitario de 18,50 KN/m³, con un ángulo de fricción de 35,50 °, cohesión del suelo 0 KN/m³.

Resultado de la muestra 3

La característica principal es el comportamiento del agregado grueso, específicamente la arena arcillosa (SC), la cual constituye la fracción más significativa, con un 81,15% de arena, 0% de grava y 18,85% de partículas finas.

Con estos porcentajes el software GEO 5, nos indica que, peso unitario de 18,50 KN/m³, con un ángulo de fricción de 27,00 °, cohesión del suelo 8,00 KN/m³.

Tabla 5: Resultados de peso de suelo por tamizaje

Tamiz	Abertura (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA	% PASA ACUMULADO
3''	76,20	0	0,00%	100,00%	0,00%
2''	50,80	0	0,00%	100,00%	0,00%
1''	25,40	0	0,00%	100,00%	0,00%
3/4''	19,05	0	0,00%	100,00%	0,00%
1/2''	12,70	0	0,00%	100,00%	0,00%
3/8''	9,53	0	0,00%	100,00%	0,00%
N 4	4,75	0	0,00%	100,00%	0,00%
PASA N 4			0,00%	100,00%	0,00%
N 10	2,00	0,048	6,88%	93,12%	0,00%
N 20	0,84	0,085	12,30%	80,82%	0,00%
N 30	0,60	0,035	4,99%	75,83%	0,00%
N 40	0,43	0,031	4,51%	71,32%	0,00%
N 60	0,25	0,087	12,50%	58,82%	0,00%
N 100	0,15	0,124	17,85%	40,96%	0,00%
N 200	0,08	0,131	18,85%	22,11%	0,00%
PASA N 200			77,89%	22,11%	0,00%
FONDO		0,153	22,11%	0,00%	0,00%
TOTAL		0,694			0,00%

Nota: Se cuenta con 0,694 kg de muestra de suelo, en el cual mediante el proceso de tamizaje se utilizaron 8 tamices, desde el 4 hasta el número 200, y el fondo. El porcentaje de

suelo que paso del tamiz N 4 es de 100,00 %, el porcentaje de suelo del tamiz N 200 es de 22,11%, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Resultado de la muestra 4

El comportamiento es el principal del agregado grueso, específicamente la arena arcillosa (SC), que forma la fracción más significativa, con un 91,66% de arena, 0,12% de grava y 8,22% de partículas finas.

Con estos porcentajes el software GEO 5, nos indica que, peso unitario de 17,50 KN/m³, con un ángulo de fricción de 31,50 °, cohesión del suelo 0,00 KN/m³.

Tabla 6: Resultados de peso de suelo por tamizaje

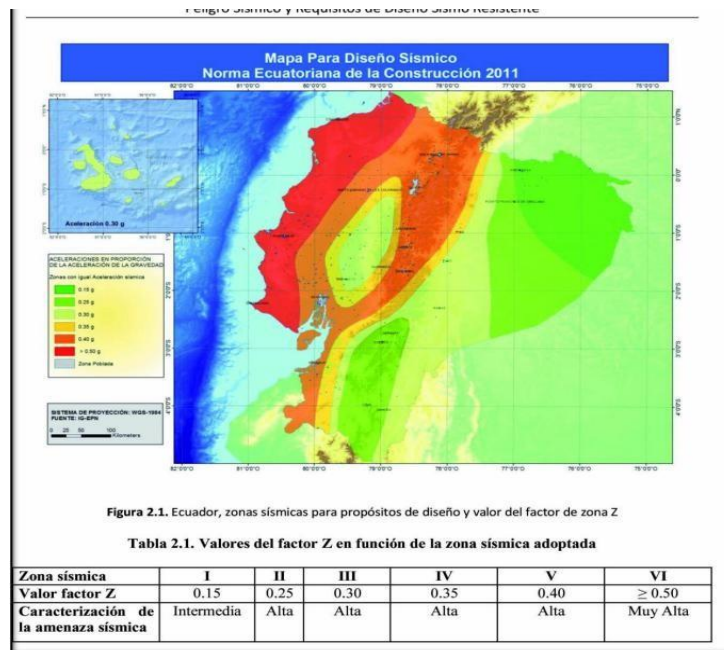
Tamiz	Abertura (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA	% PASA ACUMULADO
3''	76,20	0	0,00%	100,00%	0,00%
2''	50,80	0	0,00%	100,00%	0,00%
1''	25,40	0	0,00%	100,00%	0,00%
3/4''	19,05	0	0,00%	100,00%	0,00%
1/2''	12,70	0	0,00%	100,00%	0,00%
3/8''	9,53	0	0,00%	100,00%	0,00%
N 4	4,75	0,00073	0,12%	99,88%	0,00%
PASA N 4			0,12%	99,88%	0,00%
N 10	2,00	0,013	2,20%	97,67%	0,00%
N 20	0,84	0,064	10,84%	86,83%	0,00%
N 30	0,60	0,080	13,50%	73,33%	0,00%
N 40	0,43	0,114	19,30%	54,03%	0,00%
N 60	0,25	0,150	25,36%	28,67%	0,00%
N 100	0,15	0,059	10,00%	18,68%	0,00%
N 200	0,08	0,048	8,22%	10,46%	0,00%
PASA N 200			89,42%	10,46%	0,00%
FONDO		0,062	10,46%	0,00%	0,00%
TOTAL		0,590			0,00%

Nota: Se cuenta con 0,590 kg de muestra de suelo, en el cual mediante el proceso de tamizaje se utilizaron 8 tamices, desde el 4 hasta el número 200, y el fondo. El porcentaje de suelo que paso del tamiz N 4 es de 99,88%, el porcentaje de suelo del tamiz N 200 es de 10,46%, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Coefficiente sísmico horizontal

Tomando en cuenta la alta amenaza a deslizamientos de la colina Cruz Loma se decidió evaluar su estabilidad frente a los eventos sísmicos. Así que el parámetro principal es el coeficiente sísmico horizontal. Este coeficiente, se determinó conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), que representa las condiciones sísmicas del lugar y permite modelar un escenario crítico.

Ilustración 8: Mapa para diseño sísmico



Nota: Mapa y tabla de valores del factor z, (NEC-GS-y-Cimentaciones, 2015)

Por lo que se tiene la siguiente formula:

$$kh = 0,6 \frac{amax}{g}$$

$$amax = Z \cdot Fa$$

Donde:

kh= coeficiente sísmico horizontal

amax = aceleración máxima horizontal

Z = factor de zona

Fa= factor de amplificación o reducción dinámica asociado a cada tipo de suelo.

Datos:

Z= 0,35

Fa= 1,1

g= 9,8

Remplazando datos en la fórmula se obtiene el siguiente resultado:

$$amax = Z * Fa$$

$$amax = 0,35 * 1$$

$$amax = 0,3$$

$$kh = \frac{0,6 * amax}{g}$$

$$kh = \frac{0,6 * 0,35}{9,8}$$

$$kh = \frac{0,231}{9,8}$$

$$kh = 0,024$$

Se considera el valor de 0,024 coeficiente sísmico horizontal (kh).

Método de Bishop “corte circular”

Se utilizó el método de simplificación de Bishop, en el software GEO 5, el cual se basa en un corte para un deslizamiento de falla circular. Este método se clasifica dentro de los llamados métodos de un equilibrio límite, y su primordial función es evaluar el factor de seguridad de un talud, que es un indicador de su estabilidad frente a deslizamientos.

Este método fue planteado por A.W. Bishop en 1995 y se basa en dividir el talud en una serie de fajas o de segmentos (o también llamados bloques o rebanas) de tierra, y luego aplicar un análisis de equilibrio estático a cada una de estas rebanadas. El objetivo es determinar el factor de seguridad el cual se define como la relación entre las fuerzas resistentes (fuerzas de corte que evitan el deslizamiento) y las fuerzas actuantes o desestabilizadoras (fuerzas que tienden a causar un deslizamiento).

Los resultados se van a presentar con mapas temáticos elaborados en el software de sistemas de información geográfica ArcGIS, en el cual se indican los principales mapas de la ubicación de la arena de estudio, los polígonos de taludes de alta amenaza; las tablas realizadas en Excel, las que contienen resultados de los mapas mencionados y cálculos de datos obtenidos.

4.1.2. Análisis de perfiles: con coeficiente sísmico y sin coeficiente sísmico

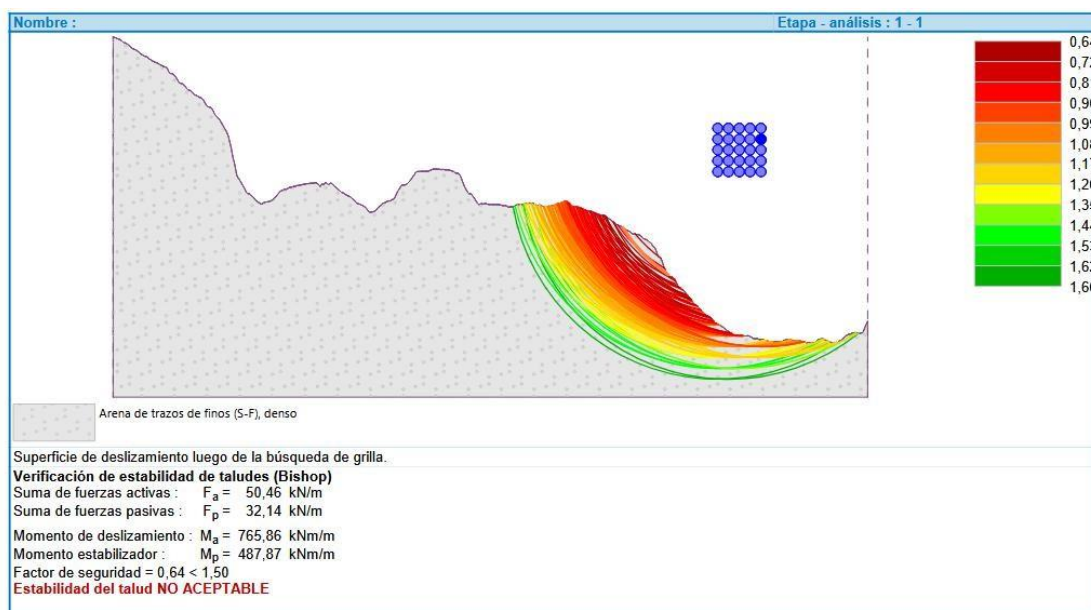
Al añadir una interfaz en el software Geo5 para la caracterización del suelo, se toman en cuenta los porcentajes de arenas, finos y gravas obtenidos a partir del análisis granulométrico mediante tamizado en el laboratorio. Con esta información, el propio software clasifica automáticamente el suelo y le asigna propiedades geotécnicas fundamentales, como el ángulo de fricción interno, peso unitario, la cohesión y la saturación.

En el análisis de susceptibilidad del talud, se debe seleccionar el método más adecuado para evaluar la superficie de falla circular. En este caso, se emplea el método de Bishop, que es

ampliamente utilizado debido a su precisión en el cálculo del factor de seguridad, especialmente en taludes con condiciones homogéneas y materiales cohesivos. El análisis se realiza en malla o tipo "grillado", lo que permite evaluar la estabilidad de manera detallada. Finalmente, el software Geo5 calcula de manera automática el índice de estabilidad del talud.

Para el perfil 1 se trabajó con el tipo de suelo (S-F muestra 1), tipo de suelo con propiedades de arena de trazos finos, con un peso por unidad de volumen del suelo (18,50 kN/m³) y un ángulo de fricción interna (31,50 °).

Ilustración 9: Análisis del Perfil 1 sin coeficiente

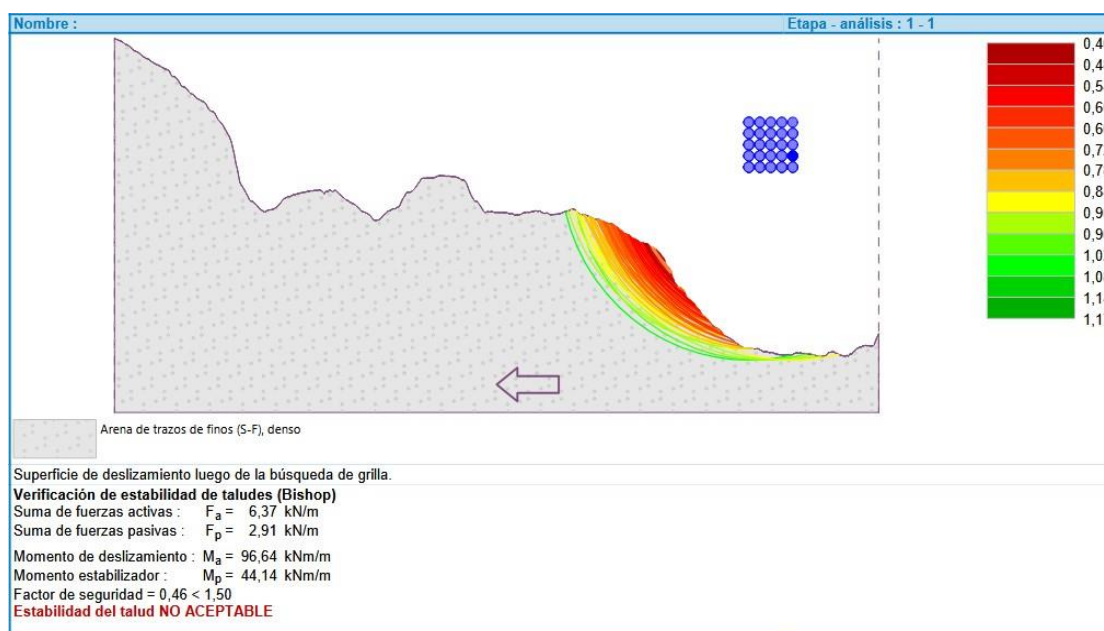


Nota: Perfil 1 sin coeficiente sísmico, factor de seguridad 0,64 no aceptable, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Perfil 1, hecho sin coeficiente sísmico, el resultado muestra una sección transversal del talud, incluyendo el terreno, la superficie de falla potencial, el factor de seguridad y los colores rojos indican las áreas con menor factor de seguridad es decir más inestables, los verdes muestran zonas seguras, además prevalece los colores rojos y naranjas, revelando la

inestabilidad. El factor de seguridad calculado por método de Bishop es de 0,64, donde el valor es inferior al aceptable que es de 1,50. Como resultado este talud es **inestable** y por ende el riesgo de falla es alto.

Ilustración 10: Análisis del Perfil 1 con coeficiente



Nota: Perfil 1 con coeficiente sísmico, factor de seguridad 0,46 no aceptable, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Perfil 1, está hecho en base al coeficiente sísmico horizontal que es de 0,024 gals, el resultado muestra una sección transversal del talud, incluyendo el terreno, la superficie de falla potencial, el factor de seguridad y los colores rojos indican las áreas con menor factor de seguridad es decir más inestables, los verdes muestran zonas seguras, además prevalece los colores rojos y naranjas, revelando la inestabilidad. El factor de seguridad calculado por método de Bishop es de 0,46, donde el valor es inferior al aceptable que es de 1,50. Como resultado este talud es **inestable** y por ende el riesgo de falla es alto.

Ilustración 11: Análisis del Perfil 2 sin coeficiente



Nota: Perfil 2 sin coeficiente sísmico, factor de seguridad 2,60 aceptable, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Perfil 2, está hecho en base al coeficiente sísmico, el resultado muestra una sección transversal del talud, incluyendo el terreno, la superficie de falla potencial, el factor de seguridad, y los colores rojos indican las áreas con menor factor de seguridad es decir más inestables, los verdes muestran zonas seguras, además prevalece los colores rojos y naranjas, revelando la inestabilidad. El factor de seguridad calculado por método de Bishop es de 2,60, donde el valor es superior al aceptable que es de 1,50. Como resultado este talud es **estable** y el riesgo de falla es bajo.

Ilustración 12: Análisis del Perfil 2 con coeficiente



Nota: Perfil 2 con coeficiente sísmico, factor de seguridad 1,75 aceptable, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

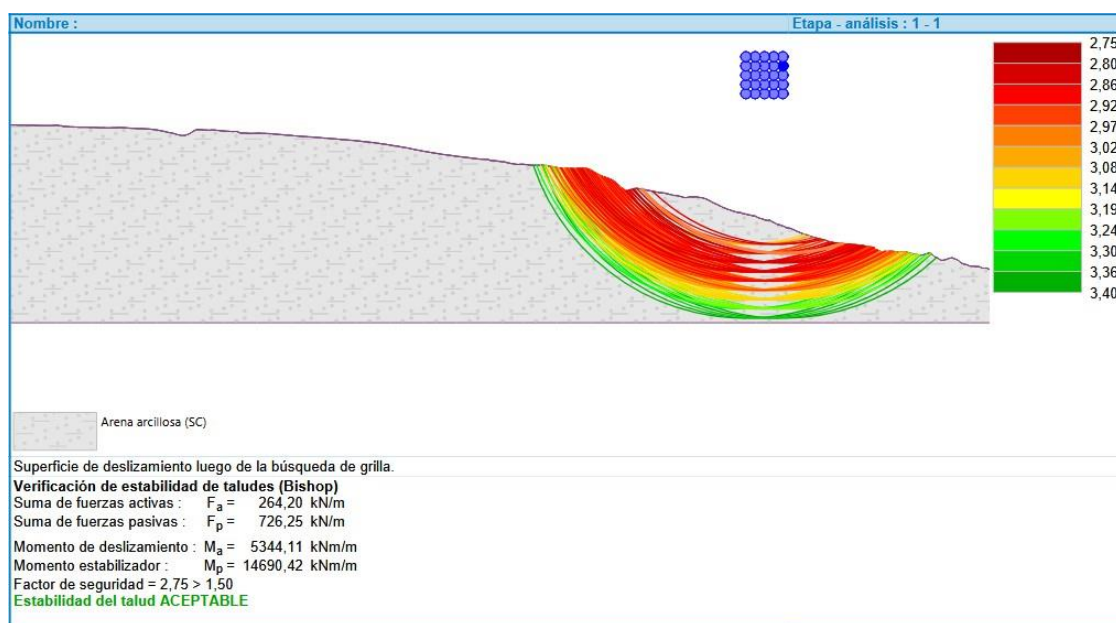
El perfil 2, está hecho en base al coeficiente sísmico horizontal que es de 0,024 gals, el resultado muestra una sección transversal del talud, incluyendo el terreno, la superficie de falla potencial, el factor de seguridad y los colores rojos indican las áreas con menor factor de seguridad es decir más inestables, los verdes muestran zonas seguras, además prevalece los colores rojos y naranjas, revelando la inestabilidad. El factor de seguridad calculado por método de Bishop es de 1,75, donde el valor es superior al aceptable que es de 1,50. Como resultado este talud es **estable** y el riesgo de falla es bajo.

Perfiles 3 y 5

En la muestra 3 y 5 se trabajó con los mismos datos porque tienen las mismas propiedades del suelo según el Geo 5, se hizo con el tipo de suelo (S-C), esto nos indica que es una arena arcillosa, peso unitario de $18,50 \text{ KN}/\text{m}^3$ y un ángulo de fricción interna $27,50^\circ$, lo que muestra que tan resistente es el terreno.

Para los perfiles 3 y 5 se trabajó con la muestra 3

Ilustración 13: Análisis del Perfil 3 sin coeficiente

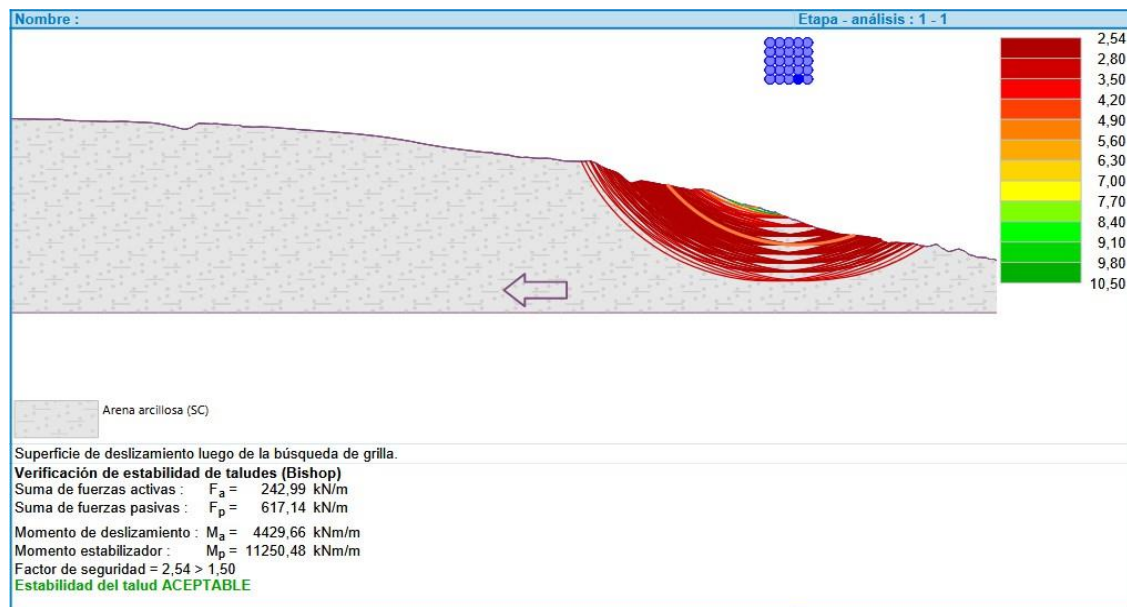


Nota: Perfil 3 sin coeficiente sísmico, factor de seguridad 2,75 aceptable, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Perfil 3, está hecho en base al coeficiente sísmico, el resultado muestra una sección transversal del talud, incluyendo el terreno, la superficie de falla potencial, el factor de seguridad, y los colores rojos indican las áreas con menor factor de seguridad es decir más inestables, los verdes muestran zonas seguras, además prevalece los colores rojos y naranjas, revelando la inestabilidad. El factor de seguridad calculado por método de Bishop es de 2,75, donde el valor

es superior al aceptable que es de 1,50. Como resultado este talud es **estable** y hay un bajo riesgo de falla.

Ilustración 14: Análisis del Perfil 3 con coeficiente



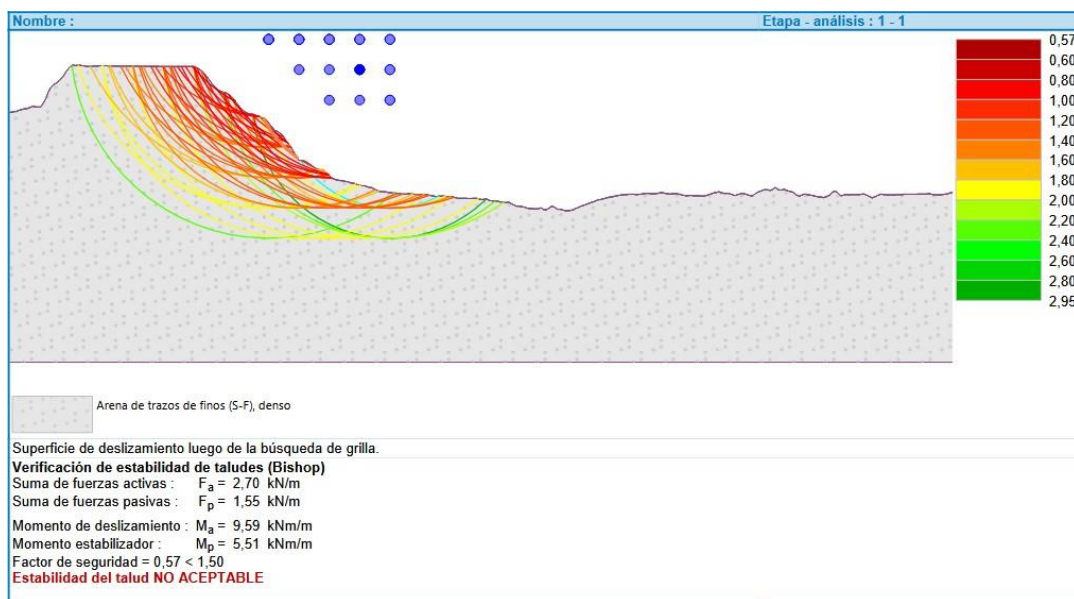
Nota: Perfil 3 con coeficiente sísmico, factor de seguridad 2,54 aceptable, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

El perfil 3, está hecho en base al coeficiente sísmico horizontal que es de 0,024 gals, el resultado muestra una sección transversal del talud, incluyendo el terreno, la superficie de falla potencial, el factor de seguridad y los colores rojos indican las áreas con menor factor de seguridad es decir más inestables, los verdes muestran zonas seguras, además prevalece los colores rojos y naranjas, revelando la inestabilidad. El factor de seguridad calculado por método de Bishop es de 2,54, donde el valor es superior al aceptable que es de 1,50. Como resultado este talud es **estable** y existe un bajo riesgo de falla.

Perfiles 4,6 y 7

La muestra 4,6 y 7 tienen las mismas propiedades del suelo según el software Geo 5, por ende, se trabajó con el tipo de suelo (S-F), esto indica que es una arena de trazos finos, con un peso unitario de volumen del suelo $17,50 \text{ KN/m}^3$ y el ángulo de fricción interna $31,50^\circ$, indicando la resistencia del suelo.

Ilustración 15: Análisis del Perfil 4 sin coeficiente

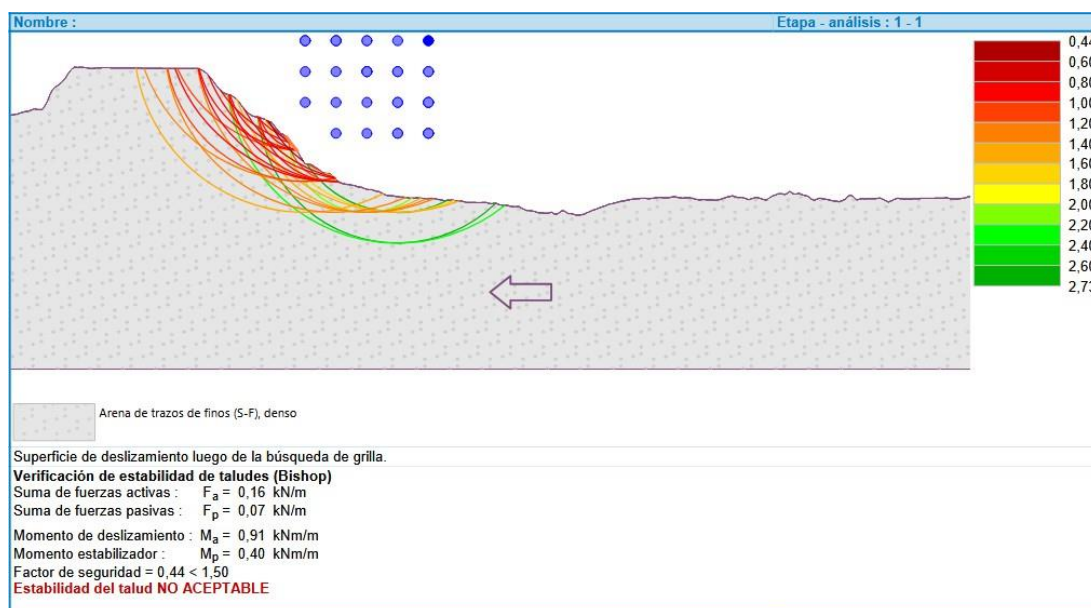


Nota: Perfil 4 con datos de la muestra 4 sin coeficiente sísmico, factor de seguridad 0,57 no aceptable, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Perfil 4, está hecho en base al coeficiente sísmico, el resultado muestra una sección transversal del talud, incluyendo el terreno, la superficie de falla potencial, el factor de seguridad, y los colores rojos indican las áreas con menor factor de seguridad es decir más inestables, los verdes muestran zonas seguras, además prevalece los colores rojos y naranjas, revelando la inestabilidad. El factor de seguridad calculado por método de Bishop es de 0,57, donde el valor

es inferior al aceptable que es de 1,50. Como resultado este talud es **inestable** y hay un alto riesgo de falla.

Ilustración 16: Análisis del Perfil 4 con coeficiente

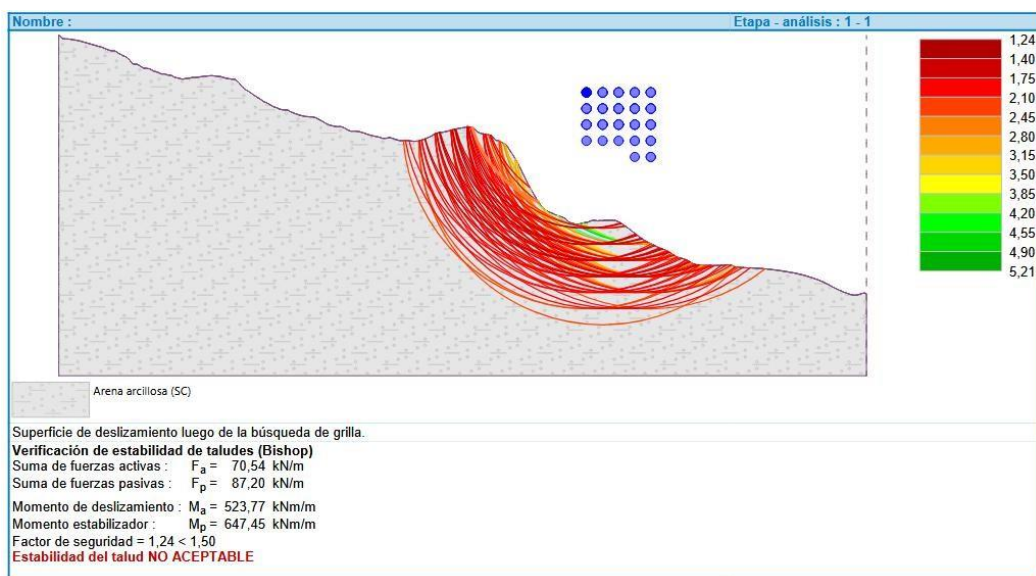


Nota: Perfil 4 con datos de la muestra 4 con coeficiente sísmico, factor de seguridad 0,44 no aceptable, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

El perfil 4, está hecho en base al coeficiente sísmico horizontal que es de 0,024 gals, el resultado muestra una sección transversal del talud, incluyendo el terreno, la superficie de falla potencial, el factor de seguridad y los colores rojos indican las áreas con menor factor de seguridad es decir más inestables, los verdes muestran zonas seguras, además prevalece los colores rojos y naranjas, revelando la inestabilidad. El factor de seguridad calculado por método de Bishop es de 0,44, donde el valor es inferior al aceptable que es de 1,50. Como resultado este talud es **inestable** y existe un alto riesgo de falla.

Perfil 5 con datos de la muestra 3

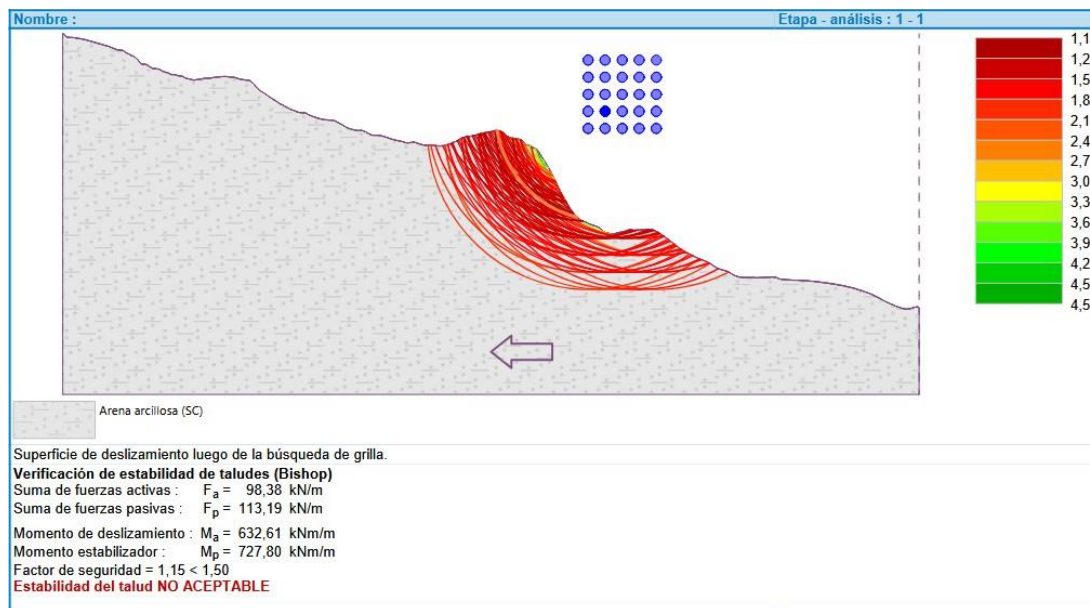
Ilustración 17: Análisis del Perfil 5 sin coeficiente



Nota: Perfil 5 con datos de la muestra 3 sin coeficiente sísmico, factor de seguridad 1,24 no aceptable, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Perfil 5, está hecho en base al coeficiente sísmico, el resultado muestra una sección transversal del talud, incluyendo el terreno, la superficie de falla potencial, el factor de seguridad, y los colores rojos indican las áreas con menor factor de seguridad es decir más inestables, los verdes muestran zonas seguras, además prevalece los colores rojos y naranjas, revelando la inestabilidad. El factor de seguridad calculado por método de Bishop es de 1,24, donde el valor es inferior al aceptable que es de 1,50. Como resultado este talud es **inestable** y hay un alto riesgo de falla.

Ilustración 18: Análisis del Perfil 5 con coeficiente



Nota: Perfil 5 con datos de la muestra 3 con coeficiente sísmico, factor de seguridad 1,15 no aceptable, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

El perfil 5, está hecho en base al coeficiente sísmico horizontal que es de 0,024 gals, el resultado muestra una sección transversal del talud, incluyendo el terreno, la superficie de falla potencial, el factor de seguridad y los colores rojos indican las áreas con menor factor de seguridad es decir más inestables, los verdes muestran zonas seguras, además prevalece los colores rojos y naranjas, revelando la inestabilidad. El factor de seguridad calculado por método de Bishop es de 1,15, donde el valor es inferior al aceptable que es de 1,50. Como resultado este talud es **inestable** y existe un alto peligro de falla.

Perfil 6 con datos de la muestra 4 sin coeficiente sísmico

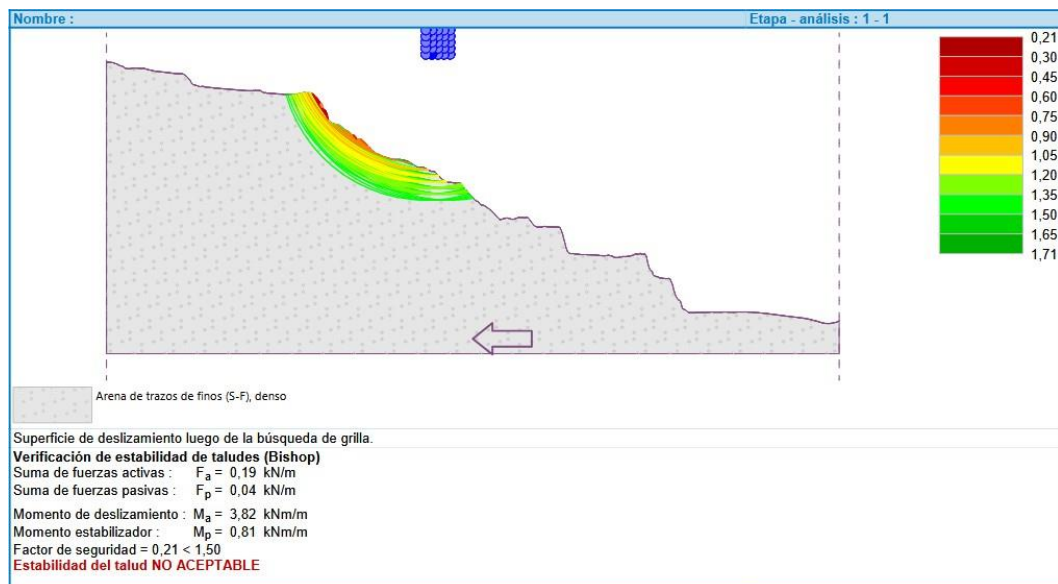
Ilustración 19: Análisis del Perfil 6 sin coeficiente



Nota: Perfil 6 con datos de la muestra 4 sin coeficiente sísmico, factor de seguridad 0,36 no aceptable, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Perfil 6, está hecho en base al coeficiente sísmico, el resultado muestra una sección transversal del talud, incluyendo el terreno, la superficie de falla potencial, el factor de seguridad, y los colores rojos indican las áreas con menor factor de seguridad es decir más inestables, los verdes muestran zonas seguras, además prevalece los colores rojos y naranjas, revelando la inestabilidad. El factor de seguridad calculado por método de Bishop es de 0,36 , donde el valor es inferior al aceptable que es de 1,50. Como resultado este talud es **inestable** y hay un alto peligro de falla.

Ilustración 20: Análisis del Perfil 6 con coeficiente

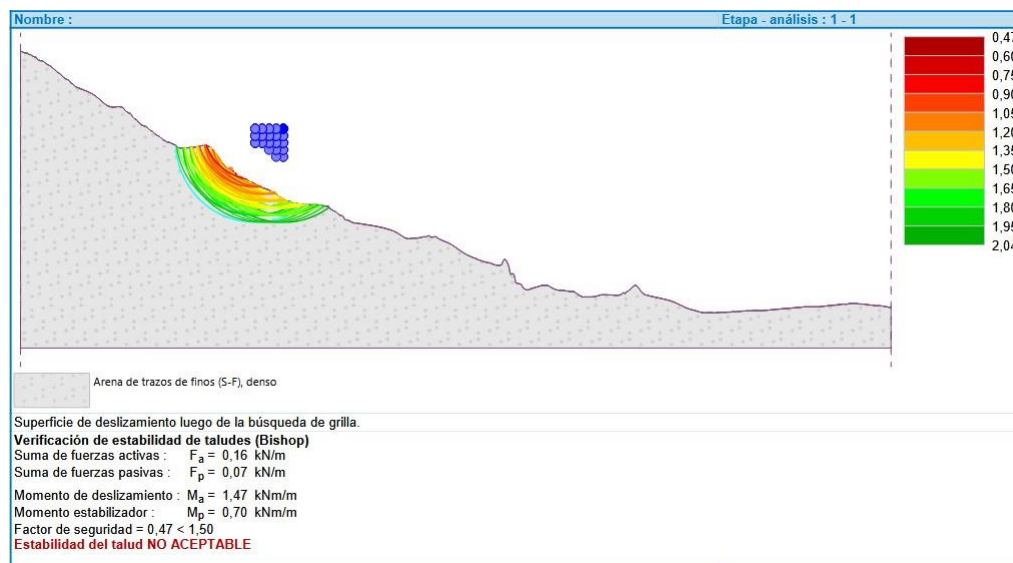


Nota: Perfil 6 con datos de la muestra 4 con coeficiente sísmico, factor de seguridad 0,21 no aceptable, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

El Perfil 6, se ha realizado en base al coeficiente sísmico horizontal que es de 0,024 gals valor que se obtiene representando la formula, resultado que muestra una sección transversal del talud, donde se puede apreciar la superficie del terreno y la superficie de falla potencial (línea roja curva), representa el factor de seguridad en cada punto del talud y los colores rojos muestran zonas con menor factor de seguridad (más inestables), mientras que, los verdes indican zonas más seguras. El factor de seguridad calculado por el método de Bishop es de 0,21, lo cual es inferior al valor aceptable de 1,50. Esto representa que el talud es **inestable** y existe un alto riesgo de falla.

Perfil 7 con datos de la muestra 4 sin coeficiente sísmico

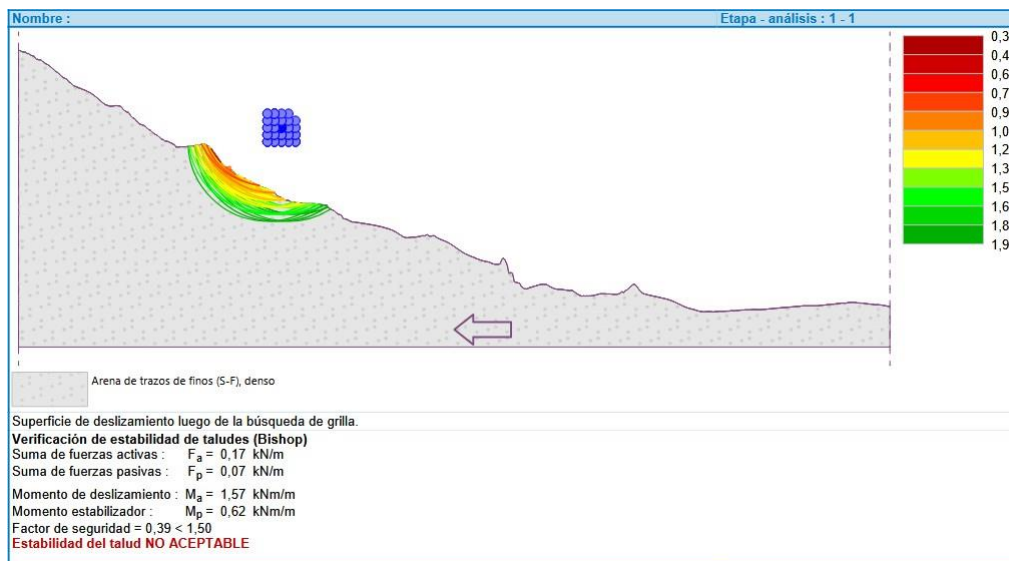
Ilustración 21: Análisis del Perfil 7 sin coeficiente



Nota: Perfil 7 con datos de la muestra 4 sin coeficiente sísmico, factor de seguridad 0,47 no aceptable, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

El perfil 7, está hecho en base al coeficiente sísmico horizontal que es de 0,024 gals, el resultado muestra una sección transversal del talud, incluyendo el terreno, la superficie de falla potencial, el factor de seguridad y los colores rojos indican las áreas con menor factor de seguridad es decir más inestables, los verdes muestran zonas seguras, además prevalece los colores rojos y naranjas, revelando la inestabilidad. El factor de seguridad calculado por método de Bishop es de 0,47 , donde el valor es inferior al aceptable que es de 1,50. Como resultado este talud es **inestable** y existe un alto peligro de falla.

Ilustración 22: Análisis del Perfil 7 con coeficiente



Nota: Perfil 7 con datos de la muestra 4 sin coeficiente sísmico, factor de seguridad 0,39 no aceptable, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

El Perfil 7, se ha realizado en base al coeficiente sísmico horizontal que es de 0,024 gals valor que se obtiene representando la formula, resultado que muestra una sección transversal del talud, donde se puede apreciar la superficie del terreno y la superficie de falla potencial (línea roja curva), representa el factor de seguridad en cada punto del talud y los colores rojos muestran zonas con menor factor de seguridad (más inestables), mientras que, los verdes indican zonas más seguras. El factor de seguridad calculado por el método de Bishop es de 0,39, lo cual es inferior al valor aceptable de 1,50. Esto representa que el talud es **inestable** y existe un alto riesgo de falla.

4.1.3. Resumen de análisis: perfiles, tablas, mapa con sismo y sin sismo

Esta tabla presenta el análisis de la estabilidad de los diferentes taludes, tanto considerando la acción sísmica (es decir; bajo condiciones de potencial sísmico) como sin considerarla. El objetivo principal es indicar, si estos taludes son aceptables o no aceptables, en

donde, dos de los perfiles que se consideró la acción sísmica son aceptables los cuales están pintados de color verde siendo los perfiles 2 y 3, y sin considerar la acción sísmica cinco perfiles no son aceptables, siendo estos: perfiles 1,4,5,6 y 7, los de color rojo son perfiles no aceptables.

Tabla 7: Resultados de los perfiles con acción sísmica y perfiles sin acción sísmica

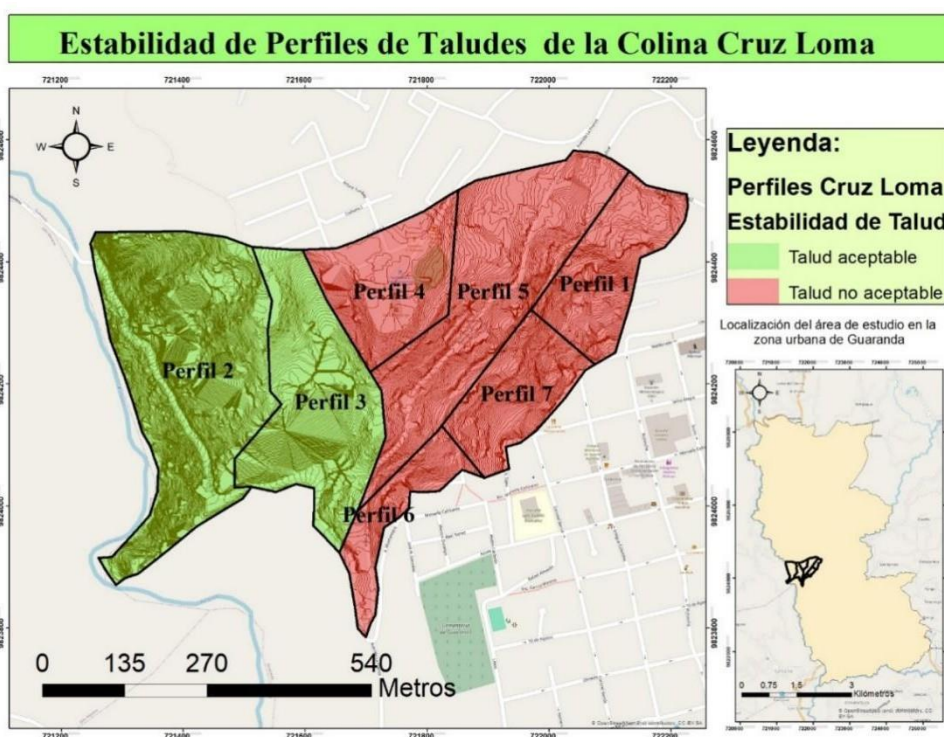
PERFILES CON ACCIÓN SÍSMICA				PERFILES SIN ACCIÓN SÍSMICA		
Perfiles	Factor de seguridad (con Coef. Sísmico)	Indicador	Estado del talud	Factor de seguridad (sin Coef. Sísmico)	Indicador	Estado del talud
Perfil 1	0,46	< 1,5	Talud no aceptable	0,64	< 1,5	Talud no aceptable
Perfil 2	1,75	> 1,5	Talud aceptable	2,60	> 1,5	Talud aceptable
Perfil 3	2,54	> 1,5	Talud aceptable	2,75	> 1,5	Talud aceptable
Perfil 4	0,44	< 1,5	Talud no aceptable	0,57	< 1,5	Talud no aceptable
Perfil 5	1,15	< 1,5	Talud no aceptable	1,24	< 1,5	Talud no aceptable
Perfil 6	0,21	< 1,5	Talud no aceptable	0,36	< 1,5	Talud no aceptable
Perfil 7	0,39	< 1,5	Talud no aceptable	0,47	< 1,5	Talud no aceptable

Nota: Tabla resumen de estabilidad de taludes con y sin coeficiente sísmico, Patin, J. y

Vasconez, M., 2025.

En el mapa de estabilidad de perfiles de los taludes, se observa que los perfiles 2 y 3 se consideran aceptables (estables). Esto se debe a que, aunque se encuentran en zonas de alta pendiente, el terreno está conformado por material rocoso. Según el análisis realizado en el software Geo5, estos perfiles presentan factores de seguridad aceptables tanto bajo condiciones sin acción sísmica y con acción sísmica. Se muestra que los perfiles 1, 4, 5, 6 y 7 se consideran inestables. Esto se debe porque se ubica en pendientes pronunciadas, y según el análisis realizado con el software Geo5, presentan factores de seguridad no aceptables tanto en condiciones sin y con acción sísmica.

Ilustración 23: Mapa de estabilidad de perfiles de taludes de Colina Cruz Loma



Nota: Mapa de estabilidad de los perfiles de taludes de la colina Cruz Loma, los polígonos 2 y 3 los taludes son estables y en los polígonos 1, 4, 5, 6 y 7 los taludes son inestables, con los datos proporcionados del (GAD cantón Guaranda, 2016) shapefile de curvas, ortofoto, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

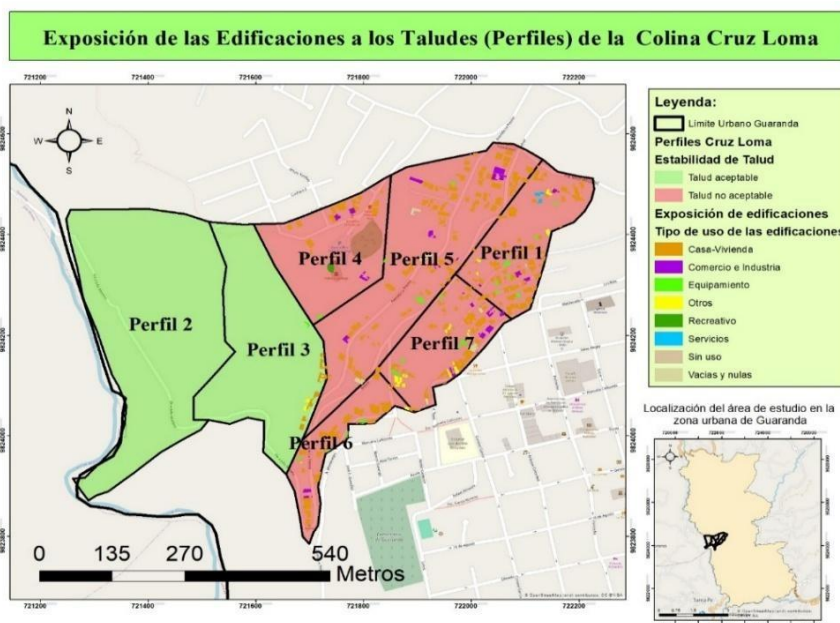
4.2. Resultados del objetivo 2: Identificar las edificaciones expuestas a la amenaza de deslizamiento en el área de estudio.

El mapa muestra la relación entre la estabilidad de los taludes y la distribución del uso de las viviendas en el área urbana. Se identificaron 7 perfiles, de los cuales los perfiles 2 y 3 se encuentran en zonas aceptables, es decir, presentan condiciones de estabilidad favorables, lo cual coincide con la presencia de material rocoso resistente. A diferencia de los perfiles 1, 4, 5, 6 y 7, que están dentro de zonas no aceptables, en la cual se determinó el factor de seguridad con condiciones estáticas o sísmicas. Las edificaciones expuestas en áreas con riesgo de inestabilidad representan un escenario crítico en términos de gestión del riesgo, ya que concentra población, infraestructura y valor económico en sectores propensos a deslizamientos. Además, se identifican edificaciones sin uso o vacías, las cuales, aunque no implican exposición humana directa, sí representan elementos que podrían agravar el impacto en caso de colapso estructural. El mapa permite visualizar claramente las relaciones y sirve como base fundamental para priorizar intervenciones de mitigación en los perfiles más expuestos.

Se identificaron 32 viviendas en zonas estables, lo que equivale a un 2,63% total de las edificaciones. Estas casas estarían siendo las menos afectadas, la distribución de estas edificaciones son las siguientes 29 para casa-vivienda, 1 equipamiento y 2 para otros. De la misma manera se identificaron 1185 viviendas en zonas inestables, lo que equivale a un 97,37% de las edificaciones, estas viviendas serían las más afectadas, la distribución de estas edificaciones son las siguientes 914 para casa-vivienda, 97 comercio e industria, 80 equipamiento, 6 servicios, 1 recreativo, 62 para otros, 4 sin uso y 53 para vacías/nulas.

A consideración se determinó que la zona de investigación inicia desde el barrio Indio Guaranga , Fausto Bazantes, Juan XXIII, Cruz Roja y termina en la vía Julio Moreno el Troje, los mismos que están dentro de perfiles inestables como se referencia en la siguiente ilustración,

Ilustración 24: Mapa de exposición de las Edificaciones a los Taludes(Perfiles) de Colina Cruz Loma



Nota: El mapa muestra la exposición de las edificaciones a los taludes(perfiles) en el área de estudio, obtenida de la base de datos del Departamento de Catastros del (GAD cantón Guaranda, 2024), Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Tabla 8: Número y tipo de construcciones ubicados en los niveles de amenaza estable e inestable.

Tipo de uso de edificación	Estable (Aceptable)			Inestable (Inestable)			Total		
	Número de edificaciones	Porcentaje de edificaciones	Costo aproximado (USD)	Número de edificaciones	Porcentaje de edificaciones	Costo aproximado (USD)	Número de edificaciones	Porcentaje de edificaciones	Costo aproximado(USD)
Casa-Vivienda	29	3,17%	138.283,16	885	96,83%	6.166.092,19	914	100,00	6.304.375,3
Comercio e Industria	0	0,00%	0	97	100,00%	319.247,36	97	100,00	319.247,36
Edificaciones públicas	0	0,00%	0	0	0,00%	0	0	0,00	0
Equipamiento	1	1,25%	123,07	79	98,75%	38.831,26	80	100,00	38.954,33
Servicios	0	0,00%	0	6	100,00%	51089,16	6	100,00	51.089,16
Recreativo	0	0,00%		1	100,00%	37.612,19	1	100,00	37.612,19
Otros	2	3,23%	2.798,92	60	96,77%	36.287,72	62	100,00	39.086,64
Sin uso	0	0,00%	0	4	100,00%	18.978,56	4	100,00	18.978,56
Vacías y nulas	0	0,00%	0	53	100,00%	0	53	100,00	0
Total	32	2,63%	141.205,15	1.185	97,37%	6.668.138,44	1.217	100,00	6.809.343,6

Nota: El análisis se basa en información sobre las edificaciones de la base de datos del Departamento de Catastros del (GAD cantón Guaranda, 2024) y los resultados de la presente investigación de la evaluación de la estabilidad de taludes de la colina Cruz Loma.

Exposición de edificaciones por sectores urbanos

Como se observa en la tabla 9 la mayor parte de edificaciones de sectores urbanos localizados en la colina Cruz Loma están expuestas a taludes (perfiles) inestables, cabe mencionar que, los barrios Cruz Roja, Fausto Bazantes y Juan XXIII, son los que presentan mayor exposición; sin embargo, 32 edificaciones del barrio Indio Guaranga están en la zona de taludes (perfiles) estables.

Tabla 9: Número de edificaciones expuestas en los niveles de amenaza de taludes (perfiles) estable e inestable por sectores urbanos de Guaranda.

Sectores Urbanos	Estable		Inestable		Total	
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
Cruz Roja	0	0,0	3	100,0	3	100,0
Fausto Bazantes	0	0,0	689	100,0	689	100,0
Indio Guaranga	32	9,2	315	90,8	347	100,0
Juan XXIII	0	0,0	178	100,0	178	100,0
Total	32	2,6	1185	97,4	1217	100,0

Nota: El análisis se basa en información sobre las edificaciones de la base de datos del Departamento de Catastros del (GAD cantón Guaranda, 2024) y los sectores urbanos del Plan Regulador y de Ordenamiento Territorial Urbano de Guaranda- PROTUG del (GAD cantón Guaranda, 2014).

4.3 Resultado del objetivo 3: Proponer medidas de mitigación que reduzcan el riesgo de deslizamientos en la Colina Cruz Loma

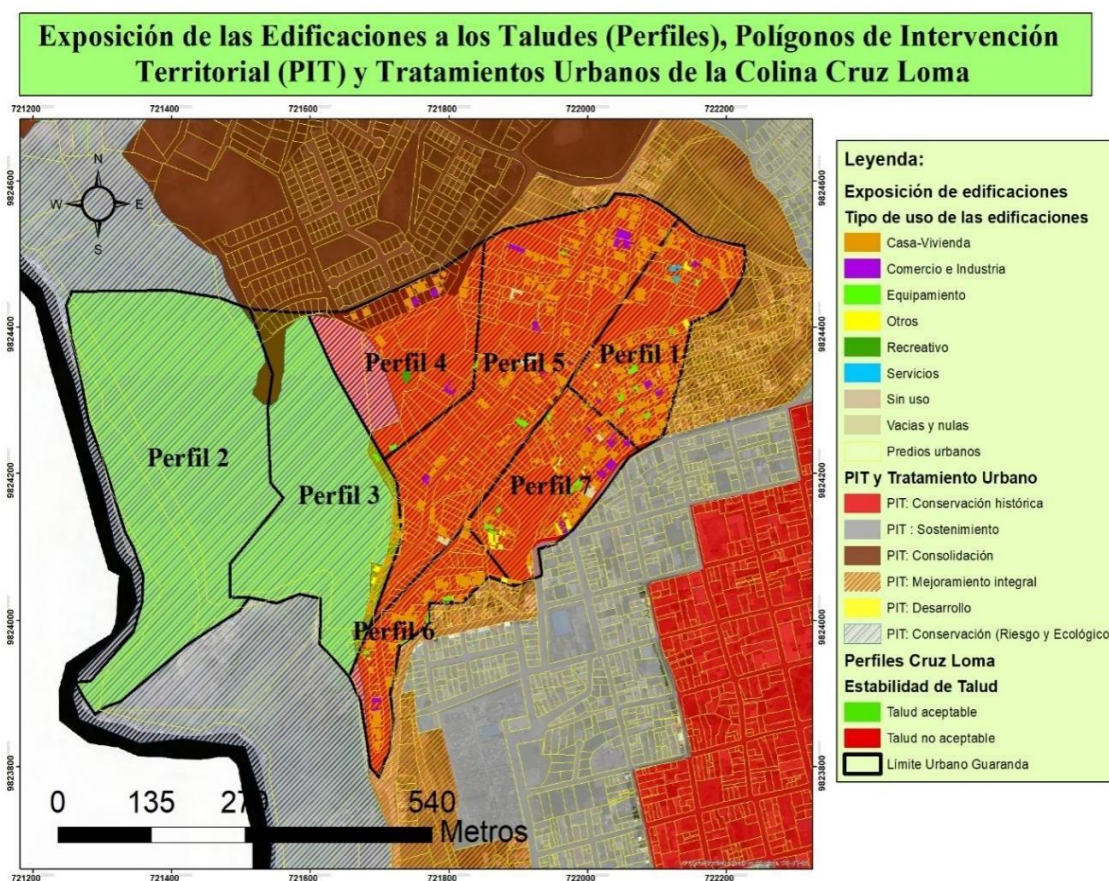
4.3.1 Medidas estructurales

Zonificación y uso de suelo

Mediante el mapa de la exposición de las edificaciones a los taludes (perfiles), polígonos de intervención territorial (PIT) y métodos urbanos en la colina Cruz Loma, se visualizan 7 perfiles territoriales con diversos tipos de uso de suelo, como vivienda, comercio, equipamiento, servicios, entre otros. En este análisis, el Perfil 1, realizado con un coeficiente sísmico horizontal de 0,024 gals, muestra que el color rojo representa zonas inestables con menor factor de seguridad y los de color verde son las áreas más estables.

El factor de seguridad obtenido mediante el método de Bishop es de 0,46, es un valor muy por debajo del mínimo aceptable que es 1,50, dando como resultado que el talud es inestable y el peligro de falla es alto. De igual manera, los perfiles 4, 5, 6 y 7 se encuentran en zonas no aceptables, implicando un alto riesgo para las edificaciones debido a su inestabilidad. Por otro lado, los perfiles 2 y 3 están ubicados en una zona de riesgo, pero, al contener un material rocoso es lo que le aporta mayor resistencia y estabilidad al terreno, por ende se consideran aceptables (estables). Asimismo, se identificaron distintos polígonos de intervención territorial (PIT) del PUGS, elaborado por el GAD Guaranda en 2021, como la consolidación, el sostenimiento, el mejoramiento integral y la conservación ecológica, permitiendo definir estrategias diferenciadas de planificación urbana según el nivel de riesgo y el tipo de uso de suelo.

Ilustración 25: Mapa de exposición de las Edificaciones a los Taludes (Perfiles), Polígonos de Intervención Territorial (PIT) y Tratamientos Urbanos Cruz Loma



Nota: Resultado de la exposición de las edificaciones a los taludes (perfiles), polígonos de intervención Territorial y Tratamientos Urbanos de la colina Cruz loma, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

4.3.2 Medidas estructurales

Análisis

Se evidencia que la colina Cruz Loma presenta una alta vulnerabilidad a deslizamientos, debido a los factores como son la pendiente pronunciada, suelos volcánicos pocos consolidados y la saturación por lluvias, según el análisis realizado en el Geo 5. Se identificaron 885 viviendas y otras edificaciones en zonas de alta amenaza lo que requiere de la aplicación de medidas como son los muros de contención, cumplimiento de ordenanzas y planes de contingencia. Además, existen áreas de asentamiento en zonas de riesgo con suelos frágiles y pendientes, por lo que se recomienda el reforzamiento estructural de los predios urbanos y una adecuada zonificación, la falta de drenaje adecuado agrava el riesgo, por lo que se recomienda el mantenimiento preventivo. Además, las vías de acceso cruzan áreas inestables, es necesario señalar y preparar rutas de evacuación; la intervención debe ser coordinada entre el GAD cantón Guaranda, EMAPAG, MIDUVI y el GAD provincia Bolívar.

Tabla 9: Medidas estructurales.

Elemento expuesto	Condición de talud / riesgo	Medidas estructurales	Responsable /colaboradores
Estabilidad de taludes	Los taludes de la colina Cruz Loma presentan inestabilidad debido a su pendiente pronunciada, suelos volcánicos poco consolidados y alta saturación por lluvias, lo cual incrementa el riesgo de deslizamientos, según el análisis geotécnico con el software Geo5.	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción de muros de contención de concreto armado - Sensibilización y capacitación a los habitantes del área de estudio. 	<p>GAD Municipal de Guaranda</p> <p>Dirección de Obras Públicas.</p>
Edificaciones expuestas	Se determinó 885 casa- vivienda, 97comercio e industria, 79 equipamiento, 6 servicios, 1 recreativo, 60 otros, 4 sin uso y 53 vacías-nulos ubicadas en la zona de alta amenaza a deslizamientos.	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplimiento de la ordenanza municipal para el cumplimiento de la aprobación de las construcciones en áreas de riesgo naturales como deslizamientos. -Planes de contingencia ante deslizamientos. - Preparación preventiva 	<p>GAD Municipal de Guaranda/Dirección de Planificación MIDUVI</p>

Sistema de drenaje	La acumulación de agua por lluvias intensas, sumado a la falta de infraestructura hidráulica adecuada, incrementa la presión en los taludes y provoca deslizamientos.	<ul style="list-style-type: none"> -Realizar mantenimiento preventivo en tuberías - Planes de contingencia para el abastecimiento de agua para las personas afectadas y para la ciudad. - Plan de contingencia EMAPAG	GAD Municipal de Guaranda EMAPAG
Vías de acceso	Las vías del ingreso a la colina Cruz Loma atraviesan zonas inestables, siendo susceptibles a la obstrucción por deslizamientos, afectando la movilidad y evacuación de emergencia.	<ul style="list-style-type: none"> - Señalización de emergencia - Plan de contingencia 	GAD Municipal de Guaranda. GAD Provincial de Bolívar
Predios urbanos	Áreas de asentamiento en zonas de riesgo, con suelos frágiles y pendientes.	<ul style="list-style-type: none"> - Reforzamiento de áreas vulnerables. -Zonificación 	GAD Municipal de Guaranda.

Nota: La tabla representa las medidas estructurales frente a la amenaza de deslizamientos, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Medidas no estructurales

Análisis

La colina Cruz Loma presenta alta vulnerabilidad de deslizamientos por pendientes pronunciadas, suelos inestables y saturación por lluvias. Se identifican numerosas edificaciones en riesgo, muchas en deterioro, vacías o mal ubicadas. Las medidas o estructurales propuestas incluyen reforestación, capacitación comunitaria y la zonificación restrictiva y control del uso del suelo según la ordenanza municipal vigente. Además, se requiere mejorar el drenaje, señalización de vías de acceso y aplicar estrictamente el plan de ordenamiento territorial, todo esto debe ser coordinado por el Gad Municipal y sus instituciones técnicas.

Tabla 10: Medidas no estructurales

Elemento expuesto	Condición de talud / riesgo	Medidas no estructurales	Responsable /colaboradores
Estabilidad de taludes	Taludes con alta pendiente, suelos volcánicos poco consolidados y saturación por lluvias, identificados como críticos mediante el análisis con el software Geo5 y observaciones de campo.	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilización y capacitación a la población. - Replantear en las áreas de protección. 	GAD Municipal de Guaranda
Edificaciones	Se determinó 885 casa- vivienda, 97comercio e industria, 79 equipamiento, 6 servicios, 1 recreativo, 60 otros, 4 sin uso y 53 vacías-nulos situadas en el sector de mayor amenaza a deslizamientos.	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplimiento de la ordenanza para permisos adecuados y una construcción segura. - Plan de contingencia ante deslizamientos. - Capacitación preventiva. 	GAD Municipal de Guaranda/Dirección de Planificación MIDUVI

<p>Sistema de drenaje</p>	<p>El sistema de drenaje en la colina Cruz Loma es deficiente, favoreciendo la acumulación de aguas de lluvias, lo que incrementa la inestabilidad del terreno.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de un plan de mantenimiento de sistemas de drenaje - Planes de contingencia para el abastecimiento de agua para la población afectada. - Plan de contingencia EMAPAG 	<p>GAD de Guaranda EMAPAG</p>
<p>Vías de acceso</p>	<p>Vías que conectan a la colina Cruz Loma cruzan zonas de alta pendiente, susceptibles a bloqueos por deslizamientos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Señalética de emergencia. - Plan de contingencia. 	<p>GAD Municipal de Guaranda GAD Provincial de Bolívar</p>
<p>Ordenamiento territorial</p>	<p>El crecimiento urbano no planificado en zonas de riesgo ha incrementado la exposición. La normativa local (Ordenanza N.º 006 CM-GADCG-2021) exige regulación estricta en la ocupación del suelo.</p>	<p>-Aplicación de la ordenanza N° 006 CM-GADCG -2021, esta reglamenta el Plan de Uso y Gestión del Suelo, fraccionamientos y construcciones; del cantón Guaranda especialmente en áreas donde hay mayor</p>	<p>GAD Municipal de Guaranda/Dirección de Planificación</p>

		<p>probabilidad a sufrir un deslizamiento.</p> <p>-Control del GAD Cantonal sobre el crecimiento en altura de las viviendas que hay en zonas de peligro.</p> <p>-Aplicación estricta del PUGS y PDOT</p> <p>- Fiscalización del uso del suelo en zonas de alta amenaza.</p>	
<p>Predios urbanos</p>	<p>Áreas vulnerables con edificaciones en zonas con riesgo de deslizamiento y en estado de deterioro de las edificaciones.</p>	<p>- Zonificación u restricción de nuevas construcciones en zonas de alta amenaza.</p> <p>- Programas para capacitación en construcción segura y manejo de recursos.</p>	<p>GAD Guaranda/Dirección de Planificación</p>

Nota: La tabla muestra las medidas no estructurales frente a la amenaza de deslizamientos, Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

4.4. Hipótesis

4.4.1 Hipótesis Nula

El nivel de amenaza de deslizamiento (estabilidad del talud), no influye en la exposición de las edificaciones en la colina Cruz Loma, cantón Guaranda, provincia Bolívar.

4.4.2 Hipótesis Alterna

El nivel de amenaza de deslizamiento (estabilidad del talud), si influye en la exposición de las edificaciones en la colina Cruz Loma, cantón Guaranda, provincia Bolívar.

4.4.3 Comprobación de la hipótesis

La comprobación de la hipótesis de esta investigación se realizó en función de los resultados obtenidos.

Con respecto a la variable independiente: amenaza de deslizamiento (estabilidad de talud), los resultados del análisis del suelo (granulometría, ángulo de fricción, cohesión del suelo) procesadas en el software Geo5, que permitió evaluar índice de estabildades de 7 perfiles con coeficiente sísmico y sin coeficiente sísmico, de los cuales se evidencio que 5 perfiles presentan valores menores a 1,5 que equivale a talud no aceptable (inestable), mientras que, 2 perfiles registraron valores superiores a 1,5 que equivale talud aceptable (estable); por consiguiente, se determinó que la mayor parte de la colina Cruz Loma presenta perfiles (taludes) inestables que incrementaría la amenaza de deslizamiento.

Con referencia a la variable dependiente: exposición en las edificaciones, al superponer las capas o mapas de perfiles (taludes) con zonas estables e inestables y las edificaciones, se evidenciaron que la mayor parte de las edificaciones de la colina Cruz Loma se encuentra en una

zona expuesta a los deslizamientos (perfiles o taludes inestables), cuyo detalle por barrios urbanos son los siguientes:

- Cruz Roja: 3 edificaciones
- Fausto Bazantes: 689 edificaciones
- Indio Guaranga: 315 edificaciones
- Juan XXIII: 178 edificaciones

No obstante, se determinó que 32 edificaciones del barrio Indio Guaranga se ubican en una zona considerada estable.

Con base en ello, se acepta la hipótesis alterna, la cual establece que el nivel de amenaza por deslizamiento (estabilidad del talud) sí influye en la exposición de las edificaciones ubicadas en la colina Cruz Loma, cantón Guaranda, provincia de Bolívar.

5. CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES

1. La evaluación de la estabilidad de la colina Cruz Loma, con la ayuda del Geo5 y el método de Bishop, determinó que 5 de los 7 taludes del área de estudio son inestable ya que se encuentra por debajo del mínimo aceptable de 1,5. Esto evidencia que los taludes presentan una alta inestabilidad y susceptibilidad a deslizamientos, especialmente bajo condiciones de cargas sísmicas; el resultado confirma la necesidad de priorizar acciones inmediatas de estabilización, reduciendo el riesgo de colapso.
2. El análisis de exposición permitió identificar un total de 1217 edificaciones en las zonas de estudio, entre las cuales se encuentran viviendas, comercios, industrias, equipamientos, servicios y predios sin uso; dentro de este grupo, las viviendas y locales comerciales son los más representativos y que en su mayoría están ubicadas en taludes inestables, lo que implica mayor exposición a un evento de deslizamiento que generaría un impacto directo en las edificaciones, población y en la actividad económica local; se concluye que el nivel de exposición es elevado lo que incrementa el riesgo en la colina Cruz Loma.
3. Se ha elaborado una propuesta que incluye las medidas preventivas y correctivas, como estructurales y no estructurales, que contribuyan a la firmeza del talud y precautelando a las construcciones en el área de trabajo; estas acciones incluyen la estabilización del talud y la protección de las edificaciones; la responsabilidad de su implementación recae principalmente del GAD Municipal de Guaranda, con el apoyo del MOP, la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda (EMAP-G), y otras instituciones.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Es pertinente que las autoridades competentes implementen un plan integral de estabilización del talud, priorizando la ejecución de obras de contención, el mejoramiento del drenaje pluvial y la reforestación con especies apropiadas. Asimismo, resulta necesario establecer un sistema de monitoreo geotécnico que permita anticipar posibles movimientos de masa y activar mecanismos de alerta temprana, contribuyendo así a la reducción efectiva del riesgo en la colina Cruz Loma.
2. Se recomienda realizar un plan de gestión territorial que incluya el reforzamiento progresivo de las edificaciones más expuestas y la implementación de normativas urbanísticas que restrinjan nuevas construcciones en áreas de peligro. Así mismo, se sugiere promover campañas de educación comunitaria de cómo actuar ante una amenaza, permitiendo a la población estar más experimentada ante emergencias y conozca los protocolos de evacuación.
3. Se recomienda que el GAD de Guaranda, Ministerio de Obras Públicas, y la EMAP-G elaboren e implementen un plan integral de intervención con cronogramas definidos, presupuestos asignados y mecanismos de control y seguimiento. De igual manera, se plantea fortalecer la coordinación interinstitucional, garantizando una gestión más eficiente y efectiva para la mitigación del riesgo.

BIBLIOGRAFÍA

6. Bibliografía

- (16 de 06 de 2022). Obtenido de Ordenanza Municipal 007 CM-GADCG-2021 cantón Guaranda: aprobación del PDOT 2020 - 2025: <https://vlex.ec/vid/007-cm-gadcg-2021-906423761>
- Alazate Buitrago. (2017). Evaluación de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones indispensables del sector tres de Santa Rosa de Cabal.
- Baena et al. (13 de 09 de 2019). Reducción del riesgo y amenaza de deslizamientos en vías principales de Colombia. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI*. Recuperado el 11 de 3 de 2025, de <file:///C:/Users/MARYCED%20VASCONEZ/Downloads/biteca,+3224-3922-1-PB.pdf>
- Caiza, C. E., & Quinatoa, M. C. (2023). Zona Susceptible a Deslizamientos en la colina San Bartolo. (*Proyecto de investigación de ingenieros en Administración para Desastres y Gestión del Riesgo*). Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda.
- Cargua Quishpe, C. J. (2021). *Análisis de susceptibilidad al deslizamiento utilizando el proceso de jerarquía analítica (ahp) en sig en el tramo vial Puyo – Tena*. Recuperado el 9 de 5 de 2025, de <file:///C:/Users/MARYCED%20VASCONEZ/Downloads/TT-G-IKIAM-000004.pdf>
- Castaño, A. C., & Grajales, N. L. (2021). *Caracterización de los elementos expuestos en los sectores camino a la estancia y vereda ceballos del municipio de Manizales – Caldas*. Recuperado el 10 de 04 de 2025, de file:///C:/Users/MARYCED%20VASCONEZ/Downloads/Caracterizaci%C3%B3n_elem

entos_expuestos_sectores_camino_estancia_vereda_Ceballos_municipio_Manizales_Caldas.pdf

Código Orgánico de Organización Territorial, COOTAD. (2010). Recuperado el 18 de 04 de 2025, de file:///C:/Users/MARYCED%20VASCONEZ/Downloads/cootad.pdf

Constitución de la República del Ecuador. (2008). Recuperado el 18 de 04 de 2025, de file:///C:/Users/MARYCED%20VASCONEZ/Downloads/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

Ecología verde. (2024). Recuperado el 18 de 4 de 2025, de

<https://www.ecologiaverde.com/deslizamientos-de-tierra-causas-consecuencias-y-como-prevenirlos-4622.html>

Escobar Carranza, B. G. (30 de 09 de 2020). *repositorio.unesum*. Recuperado el 18 de 03 de 2025, de

<https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2567/1/TESIS%20BRAYAN%20ESCOBAR%20CARRANZA.pdf>

GAD cantón Guaranda. (2014). *Plan Regulador y de Ordenamiento Territorial Urbano de Guaranda-PROTUG*. Guaranda: GAD cantón Guaranda.

GAD cantón Guaranda. (2016). *Shapefile Curvas de nivel, ortofoto escala 1:5000*. Guaranda: GAD canton Guaranda.

GAD cantón Guaranda. (2024). *Shapefile de edificaciones del área Urbana de Guaranda*. Guaranda: Departamento de Catastros del GAD cantón Guaranda.

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. GAD Municipal del cantón Guaranda, Guaranda, Ecuador. Recuperado el 5 de 5 de 2025, de

file:///C:/Users/MARYCED%20VASCONEZ/Downloads/578604947-PDOT-GAD-Municipal-Guaranda-2020-2025%20(1).pdf

Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Guaranda. (2024). Obtenido de

<https://www.guaranda.gob.ec/newsiteCMT/la-ciudad/>

Hernández Rodríguez, J. E. (2012). *Deslizamientos de tierra en Colombia*. Recuperado el 8 de 5

de 2025, de file:///C:/Users/MARYCED%20VASCONEZ/Desktop/hernandez.pdf

Ingenium. (11 de 04 de 2023). Recuperado el 18 de 04 de 2025, de

<https://ingenium.edu.pe/blog/construccion/que-son-las-edificaciones/>

Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. (2008). *Reglamento de Seguridad y Salud para la*

construcción y obras públicas. Recuperado el 19 de 04 de 2025, de

file:///C:/Users/MARYCED%20VASCONEZ/Downloads/Reglamento-para-la-

Construccion-y-Obras-P%3%BAblicas.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). *Censo de Población y Vivienda 2022:*

Estructura poblacional. INEC. Quito, Ecuador. Recuperado el 5 de 5 de 2025, de

[https://www.censoecuador.gob.ec/wp-](https://www.censoecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2023/12/01_2022_CPV_Estructura_poblacional.xlsx)

[content/uploads/2023/12/01_2022_CPV_Estructura_poblacional.xlsx](https://www.censoecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2023/12/01_2022_CPV_Estructura_poblacional.xlsx)

Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. (2024). Obtenido de

<https://inee.org/es/eie-glossary/exposición>

(1993). *Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo*

Regional Integrado. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría

Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales Organización de Estados Americanos,

Casma, Perú. Obtenido de

<https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea65s/begin.htm#Contents>

Moreno Alcivar, L. C. (2022). Identificación de tipos de deslizamientos en la zona de acantilados entre Ancón y Anconcito, Santa Elena, Ecuador. *Manglar*, 247-255.

doi:<https://doi.org/10.17268/manglar.2022.031>

NEC-GS-y-Cimentaciones. (2015). Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/7.-NEC-SE-GC-Geotecnia-y-Cimentaciones.pdf>

Oliva, G. A., & Gallardo, A. R. (2018). Evaluación del riesgo por deslizamiento de una ladera en la ciudad de Tijuana, México. *Tecnura*, 22-(55), 34-50 .

doi:<https://doi.org/10.14483/22487638.12063>

Pasto, P. J., & Sisalema, R. A. (2023). *Evaluación de la Amenaza de Deslizamientos y Elementos Expuestos en la unidad morfológica de la colina Loma de Guaranda en la ciudad de Guaranda. Periodo mayo - septiembre 2023*. Recuperado el 8 de 3 de 2025, de

file:///C:/Users/MARYCED%20VASCONEZ/Downloads/Disco_tesis.pdf

Paucar Camacho, J. A. (22 de 07 de 2016). *Modelo para la articulación de la Gestión del Riesgo en el proceso de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Guaranda / Ecuador*.

Universidad de València. Recuperado el 13 de 03 de 2025, de

<https://roderic.uv.es/items/0f79b51c-6969-4bc9-b14c-363982784ebd>

Plan del Desarrollo para el nuevo Ecuador. (2024). *Eje de Gestión de Riesgos*.

doi:file:///C:/Users/MARYCED%20VASCONEZ/Downloads/Plan%20de%20desarrollo.pdf

Registro Oficial. (29 de 06 de 2022). Obtenido de

https://esacc.corteconstitucional.gob.ec/storage/api/v1/10_DWL_FL/eyJjYXJwZXRhIjoiYm8iLCJ1dWlkIjoiOWEwZGFINDiZjY5Ni00MTY4LWFiZDEtNTEyZGIzMWRkOTI0LnBkZiJ9

Secretaría de Gestión de Riesgos. (2018). *Glosario de términos de Gestión de Riesgos de Desastres Guía de consulta.*

doi:file:///C:/Users/MARYCED%20VASCONEZ/Downloads/glosario-de-terminos-de-gestion-de-riesgos-de-desastres-guia-de-consulta.pdf

Secretaría de Gestión de Riesgos. (2023). 149-200. Recuperado el 18 de 04 de 2025, de

file:///C:/Users/MARYCED%20VASCONEZ/Downloads/Resol.SGR-045-2023.pdf

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2015). Recuperado el 19 de 03 de 2025, de

Deslaves: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/deslaves/>

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2020). Recuperado el 10 de 5 de 2025, de

<https://www.gestionderiesgos.gob.ec/deslaves/#>

Valvuela, P. S., García-Ubaque, C. A., & Granados, S. M. (2017). Metodología para el

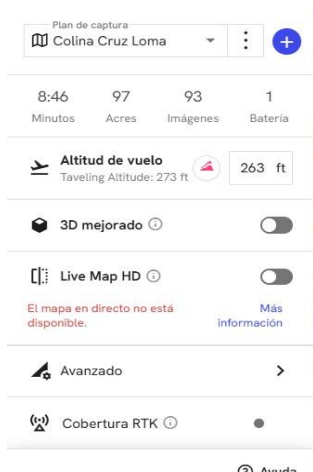
monitoreo estructural y patológico de viviendas afectadas por deslizamientos. *Tecnura*,

21-52, 79-87. doi:<http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.2.a06>

ANEXOS

Anexos 1: Vuelo del Dron

Plan de vuelo realizado en el celular con la aplicación DroneDeploy



Fecha: 28/05/2025

Autores: Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Identificación del área de estudio con DroneDeploy, en la computadora.



Fecha: 29/05/2025

Autores: Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

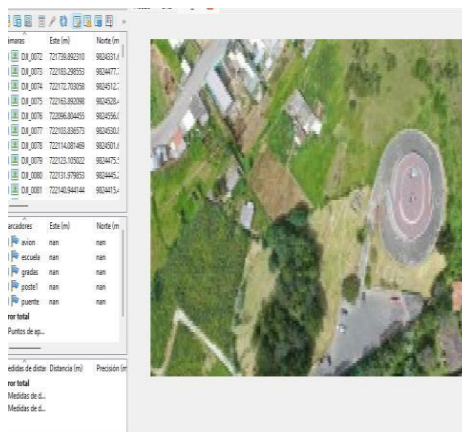
Aterrizaje del dron en el monumento Indio Guaranga



Fecha: 29/05/2025

Autores: Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Imágenes captadas por el Dron en el monumento Indio Guaranga



Fecha: 30/05/2025.

Autores: Patin, J. y Vasconez, M., 2025.

Anexos 2: Muestreo de suelo de la colina Cruz Loma

<p>Toma de muestra 1 Vía al Troje</p>  <p>Fecha: 14/05/2025</p> <p>Autores: Patin, J. y Vasconez, M., . 2025.</p>	<p>Toma de la muestra 2 vía al Troje</p>  <p>Fecha: 14/05/2025.</p> <p>Autores: Patin, J. y Vasconez, M., . 2025.</p>
<p>Toma de la muestra 3 en la Av la prensa baja.</p>  <p>Fecha: 14/05/2025</p> <p>Autores: Patin, J. y Vasconez, M., 2025</p>	<p>Toma de la muestra 4 en la Av la prensa baja.</p>  <p>Fecha: 14/05/2025</p> <p>Autores: Patin, J. y Vasconez;M., 2025</p>

Separación de las muestras en el laboratorio



Fecha: 19/05/2025.

Autores: Patin, J. y Vasconez, M., 2025.





Proceso de tamizaje en el laboratorio



Fecha: 19/05/2025.

Autores: Patin, J. y Vasconez, M., 2025

Anexo 3: registro fotográfico

<p>Inicio de la colina un pequeño corte en Indio Guaranga</p>  <p>Fecha: 9/05/2025</p> <p>Autores: Patin, J. y Vasconez, M ., 2025</p>	<p>Identificación visual de viviendas en zona de peligro en caso de suscitarse un deslizamiento, en el Indio Guaranga</p>  <p>Fecha: 9/05/2025.</p> <p>Autores: Patin, J. y Vasconez, M ., 2025</p>
<p>Pendiente de la colina que contiene material rocoso vía Julio Moreno el Troje</p>  <p>Fecha: 9/05/2025</p> <p>Autores: Patin, J. y Vasconez, M ., 2025</p>	<p>Deslizamiento en la parte de la vía a Julio Moreno</p>  <p>Fecha: 9/05/2025</p> <p>Autores: Patin, J. y Vasconez, M ., 2025</p>