



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO**

**CARRERA INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

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

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA DE LAS EDIFICACIONES UBICADAS EN  
LA COLINA "SAN BARTOLO" DEL CANTÓN GUARANDA FRENTE A LA  
OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTO, EN EL PERIODO SEPTIEMBRE - DICIEMBRE  
2024.

**AUTORES:**

AMANGANDI TOALOMBO MIRIAN ELIZABETH

BAYAS CHACHA JESSICA ANABEL

**DIRECTOR:**

ING. DANIEL SANTIAGO PAREDES GAIBOR

**Guaranda - Ecuador**

**2024**

**TEMA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA DE LAS EDIFICACIONES  
UBICADAS EN LA COLINA "SAN BARTOLO" DEL CANTÓN GUARANDA FRENTE A  
LA OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS, EN EL PERIODO SEPTIEMBRE - DICIEMBRE  
2024.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios por permitirme culminar esta etapa muy bonita de mi vida; a mi familia que siempre me ha brindado su apoyo incondicional en todo momento; a las personas que he conocido en el transcurso de mi carrera (Amigos/as, compañeros/as y a mi novio). También agradezco profundamente a mi tutor de tesis por toda la ayuda brindada en este proceso.

A todos ustedes, les expreso mi más profundo agradecimiento por ser parte de mi vida y por ayudarme a llegar hasta aquí.

**Mirian Elizabeth Amangandi Toalombo**

Agradezco primeramente a Dios y a mis padres por permitir ser parte de este mundo, a mi familia por el apoyo incondicional; de igual forma, quiero agradecer a la Universidad Estatal de Bolívar por brindarme la oportunidad de formarme en la carrera de ingeniería de Riesgos de Desastre, de manera muy especial a los docentes que impartieron sus enseñanzas y conocimientos teóricos y prácticos en cada una de sus áreas, por inculcarnos los valores de Honestidad y Respeto que nos ayudaran en la vida profesional.

Asimismo, expreso mi gratitud al Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Guaranda y además al presidente del barrio San Bartolo por las facilidades brindadas para acceder a la información para desarrollo del presente trabajo.

Finalmente, Quiero expresar un profundo agradecimiento a mi Tutor de tesis Ing. Daniel Santiago Paredes Gaibor por su paciencia, su dedicación, su guía, apoyo permanente y su calidad humana que han sido el soporte fundamental para llevar a cabo y poder culminar exitosamente este trabajo.

**Jessica Anabel Bayas Chacha**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis principalmente a mi madre, Beatriz Toalombo, quien ha sido padre y madre para mí, demostrándome que su ardua dedicación ha sido la fuerza que me ha impulsado a seguir adelante en aquellos momentos más difíciles de mi vida.

A mis abuelos, Ángela y Alfonso, quienes han sido una fuente constante de sabiduría, cariño y apoyo, inculcando en mí aquellos valores que han guiado mi camino.

A mis hermanos, Michelle, Maykel y Aylén, por ser mis compañeros de vida, quienes me inspiran a seguir preparándome y ser un gran ejemplo a seguir.

A mi tía Sofía, quien ha sido el pilar fundamental en este proceso, brindándome todo su apoyo incondicional, motivándome y orientándome en cada paso recorrido.

Y, finalmente, a mi novio Danilo, quien ha estado a mi lado en el transcurso de mi vida universitaria, ofreciéndome su apoyo incondicional y su gran amor en aquellos momentos buenos y malos, lo cual me ha permitido superar todos los desafíos y alcanzar esta meta con plena confianza.

**Mirian Elizabeth Amangandi Toalombo**

Principalmente mi trabajo de investigación se la dedico a Dios por brindarme salud y vida, además con todo mi amor a mis hijos Matias y Eithan, por los momentos que no pudimos estar juntos, ya que ellos han sido mi fortaleza en los momentos más difíciles y por ser la fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día y así poder luchar para que la vida nos destine un mejor porvenir.

Con mucho amor y cariño a las personas más importantes del mundo, mis padres: Antonio Bayas y Concepción Chacha, por darme la vida, que con esfuerzo y sacrificio supieron guiarme por un buen camino del bien y tener la dicha de tenerlos aún con vida a mi lado.

A mis hermanos Lucita, Angel, Darwin., a mis sobrinos Fabian y Paul quienes con sus palabras de aliento nunca dejaron que decayera para que pudiera seguir adelante por estar siempre a mi lado dándome consejos y sobre todo por el apoyo incondicional que me dan así para culminar con esta formación académica y profesional.

A mi amiga Marjorie por el apoyo condicional que me ha brindado sin esperanza alguna, al apoyarme al cuidado protección de mis hijos.

A mi compañera de tesis, Mirian quien sin esperar nada a cambio compartió sus conocimientos, alegrías y tristezas, que en poco tiempo me brindo su sincera amistad, y a pesar de las dificultades de la vida estuvimos pendientes en todo momento para poder culminar y juntas logramos que este sueño se haga realidad.

Gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

**Jessica Anabel Bayas Chacha**

**CERTIFICADO DEL DIRECTOR Y PAR ACADÉMICO****CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO  
INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR.****Guaranda, 31 de enero de 2025.**

El suscrito Ingeniero Daniel Santiago Paredes Gaibor, Director de Trabajo de Titulación de Pre Grado de la carrera Ingeniería de Riesgo de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

**CERTIFICA:**

Que el proyecto de investigación titulado: "ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA DE LAS edificaciones UBICADAS EN LA COLINA "SAN BARTOLO" DEL CANTÓN GUARANDA FRENTE A LA OCURRENCIA DESLIZAMIENTOS, EN EL PERIODO SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 2024."; realizado por las señoritas **Mirian Elizabeth Amangandi Toalombo y Jessica Anabel Bayas Chacha**, ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo con el reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.

**ING. DANIEL SANTIAGO PAREDES GAIBOR.****DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO**

## DERECHOS DE AUTORÍA

BIBLIOTECA  
GENERAL

## DERECHOS DE AUTOR

Nosotras **Mirian Elizabeth Amangandi Toalombo**, portadora de la cédula **0250279668** y **Jessica Anabel Bayas Chacha**, portadora de la cédula **0250122090**, en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación:

**“ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA DE LAS EDIFICACIONES UBICADAS EN LA COLINA “SAN BARTOLO” DEL CANTÓN GUARANDA FRENTE A LA OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTO, EN EL PERIODO SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 2024”**, modalidad de 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 nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, 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.

Los autores declaran 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.

.....  
**MIRIAN ELIZABETH  
AMANGANDI TOALOMBO**  
0250279668

.....  
**JESSICA ANABEL BAYAS  
CHACHA**  
0250122090

## INDICE DE CONTENIDO

TEMA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
DEDICATORIA.....	IV
CERTIFICADO DEL DIRECTOR Y PAR ACADÉMICO.....	VI
DERECHOS DE AUTORÍA .....	VII
INDICE DE CONTENIDO.....	VIII
INDICE DE FIGURAS .....	XI
INDICE DE TABLAS .....	XII
INTRODUCCIÓN .....	14
RESUMEN.....	16
ABSTRACT .....	18
CAPÍTULO I: FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Formulación del Problema .....	2
1.3. Preguntas de investigación .....	2
1.4. Justificación de la Investigación .....	2
1.5. Objetivos .....	4
Objetivo General .....	4
Objetivos Específicos .....	4
1.6. Hipótesis.....	4
1.7. Variables (Operacionalización).....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	12

2.1 Marco Referencial .....	12
2.1.1 Características del área de estudio.....	12
2.2. Antecedentes .....	15
2.3 Bases Teóricas.....	19
2.3.1 Movimiento de masa .....	19
2.3.2 Deslizamientos .....	28
2.3.3 Modelo de deslizamiento en función de la ley de Mohr-Coulomb .....	30
2.3.4 Modelo de SHALSTAB .....	31
2.3.5 Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y gestión de riesgo .....	32
2.3.6 Vulnerabilidad .....	33
2.4 Marco Legal .....	34
2.4.1 Constitución de la República del Ecuador.....	34
2.4.2 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).....	35
2.4.3 Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (COPYFP).....	37
2.4.4 Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial Uso y Gestión del Suelo. (LOOTUGS).....	37
2.4.5 Ley Orgánica para la Gestión Integral de Riesgos de Desastres.....	37
2.4.6 Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).....	38
2.5 Glosario de Términos .....	38
CAPITULO III. METODOLOGÍA.....	44
3.1. Tipo de Investigación .....	44
3.2. Enfoque de la Investigación .....	44
3.3. Métodos de Investigación.....	44
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	45
3.4.1 Técnicas de recolección de Información por objetivo .....	45
3.5. Población y Muestra.....	46
3.6. Técnicas de análisis y procesamiento de la Información .....	47

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
4.1. RESULTADOS OBTENIDOS DEL PRIMER OBJETIVO.....	57
4.1.1. Delimitación de la zona de estudio.....	57
4.1.2. Obtención del Modelo Digital de Elevación (DEM).....	58
4.1.3. Análisis de Laboratorio del Suelo.....	59
4.1.4. Curvas de Nivel.....	60
4.1.5. Pendiente.....	60
4.1.6. Zonas de acumulación.....	62
4.1.7. Modelo q/T de Zonas estables e inestables.....	63
4.1.8. Zonas Susceptibles a deslizamientos.....	69
4.1.9. Zonas susceptibles a deslizamientos en 3D.....	71
4.1.10. Validación de Datos.....	72
4.2. RESULTADOS OBTENIDOS DEL SEGUNDO OBJETIVO.....	85
4.3. RESULTADOS OBTENIDOS DEL TERCER OBJETIVO.....	92
5. Comprobación de hipótesis.....	102
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
5.1. CONCLUSIONES.....	103
5.2. RECOMENDACIONES.....	104
BIBLIOGRAFÍA.....	104
ANEXOS.....	111
CRONOGRAMA DE ELABORACION DEL PROYECTO.....	111
PRESUPUESTO EJECUTADO.....	113
INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS.....	114
• Resultados de análisis de laboratorio de suelos.....	114
• Trabajo en campo.....	116
• Evaluación estructural de cada edificación.....	117

- Levantamiento de información fotográfica..... 150

**INDICE DE FIGURAS**

**Figura 1** *Vista General de la Colina San Bartolo* ..... 13

**Figura 2** *Mapa de ubicación de la Colina San Bartolo* ..... 14

**Figura 3** *Desprendimientos o caídas* ..... 20

**Figura 4** *Volcamiento* ..... 21

**Figura 5** *Deslizamiento* ..... 22

**Figura 6** *Flujo*..... 23

**Figura 7** *Propagación laterales* ..... 24

**Figura 8** *Elementos de un movimiento de masa* ..... 27

**Figura 9** *Mapa de zonificación sísmica del Ecuador* ..... 55

**Figura 10** *Zona de estudio “Colina San Bartolo”* ..... 57

**Figura 11** *DEM de la colina San Bartolo*..... 58

**Figura 12** *(DEM) MODULO SHALSTAB de la Colina San Bartolo* ..... 59

**Figura 13** *Curvas de Nivel de la Colina San Bartolo*..... 60

**Figura 14** *Mapa de pendiente de la colina San Bartolo*..... 61

**Figura 15** *Zonas de acumulación* ..... 62

**Figura 16** *Modulo Shalstab zonas q/T estables e inestables* ..... 66

**Figura 17** *Mapa de zonas de estabilidad e inestabilidad de la Colina San Bartolo* ..... 67

**Figura 18** *Mapa de estabilidad e inestabilidad de la Colina San Bartolo* ..... 67

**Figura 19** *Mapa de zonas susceptibles a deslizamientos* ..... 70

**Figura 20** *Zonas de susceptibilidad a deslizamientos - 3D*..... 71

**Figura 21** *Mapa de pendiente de la colina San Bartolo*..... 73

<b>Figura 22</b> <i>Mapa de litología y geología</i> .....	74
<b>Figura 23</b> <i>Mapa de Geomorfología</i> .....	75
<b>Figura 24</b> <i>Mapa de textura del suelo</i> .....	76
<b>Figura 25</b> <i>Mapa de cobertura vegetal</i> .....	77
<b>Figura 26</b> <i>Mapa de falla geológica</i> .....	78
<b>Figura 27</b> <i>Mapa de isoyetas de la colina San Bartolo</i> .....	79
<b>Figura 28</b> <i>Fórmula para el resultado final del mapa de susceptibilidad de deslizamiento</i> .....	80
<b>Figura 29</b> <i>Mapa de susceptibilidad de la colina San Bartolo de acuerdo con la SGR</i> .....	83
<b>Figura 30</b> <i>Mapa de edificaciones ubicadas en la colina San Bartolo</i> .....	85
<b>Figura 31</b> <i>Mapa de edificaciones vulnerables ante la amenaza de deslizamientos en la colina San Bartolo</i> .....	91

### INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Variables a utilizar en el proyecto de investigación</i> .....	5
<b>Tabla 2</b> <i>Vías de acceso a la colina San Bartolo</i> .....	13
<b>Tabla 3</b> <i>Tipos y subtipos de movimientos en masa</i> .....	25
<b>Tabla 4</b> <i>Pendiente y porcentaje de inclinación</i> .....	48
<b>Tabla 5</b> <i>Zonas de acumulación con valores en mm</i> .....	49
<b>Tabla 6</b> <i>Textura y densidad real del suelo</i> .....	49
<b>Tabla 7</b> <i>Densidad relativa y ángulo de fricción en suelos sin cohesión</i> .....	50
<b>Tabla 8</b> <i>Índice de q/T de las zonas estables e inestables</i> .....	50
<b>Tabla 9</b> <i>Criterios de clasificación de Zonas estables e inestables</i> .....	51
<b>Tabla 10</b> <i>Índice de susceptibilidad a deslizamientos</i> .....	51
<b>Tabla 11</b> <i>Puntaje de los Niveles de vulnerabilidad</i> .....	52

<b>Tabla 12</b> <i>Matriz del Programa de las Naciones Unidas (PNUD)</i> .....	52
<b>Tabla 13</b> <i>Valores del factor z en función de las zonas sísmicas</i> .....	55
<b>Tabla 14</b> <i>Componentes y fracciones del suelo</i> .....	63
<b>Tabla 15</b> <i>Angulo de Fricción</i> .....	64
<b>Tabla 16</b> <i>Denominación según la compacidad</i> .....	65
<b>Tabla 17</b> <i>Angulo de fricción y densidad real del suelo</i> .....	65
<b>Tabla 18</b> <i>Zonas de suelos estables e inestables de la Colina San Bartolo</i> .....	66
<b>Tabla 19</b> <i>Área de zonas susceptibles a deslizamientos</i> .....	69
<b>Tabla 20</b> <i>Peso de ponderación para la pendiente</i> .....	72
<b>Tabla 21</b> <i>Peso de ponderación para la litología y geología</i> .....	73
<b>Tabla 22</b> <i>Peso de ponderación para la geomorfología</i> .....	75
<b>Tabla 23</b> <i>Peso de ponderación para la textura del suelo</i> .....	76
<b>Tabla 24</b> <i>Peso de ponderación para la cobertura vegetal</i> .....	77
<b>Tabla 25</b> <i>Peso de ponderación para la Falla geológica</i> .....	78
<b>Tabla 26</b> <i>Peso de ponderación de Isoyetas</i> .....	79
<b>Tabla 27</b> <i>Niveles de susceptibilidad a deslizamientos</i> .....	80
<b>Tabla 28</b> <i>Ponderación de zonas susceptibles a deslizamientos</i> .....	82
<b>Tabla 29</b> <i>Evaluación de las edificaciones.</i> .....	87
<b>Tabla 30</b> <i>Medidas de reducción, mitigación y estrategias efectivas frente a la amenaza de deslizamientos</i> .....	93
<b>Tabla 31</b> <i>Propuesta integral para la reducción de la vulnerabilidad física</i> .....	96

## INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos de tierra representan uno de los fenómenos geológicos más devastadores y perjudiciales para la humanidad, causando anualmente importantes pérdidas humanas y económicas (Naranjo Gaibor, 2023). Además, el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Guaranda (2020) menciona que, debido a su posición y particularidades geográficas, Ecuador es extremadamente propenso a este tipo de sucesos, particularmente durante el periodo lluvioso, lo que impacta a varias regiones, entre ellas la Sierra, donde se ubica la ciudad de Guaranda. Esta ciudad rodeada por colinas muestra una elevada vulnerabilidad hacia la población, tal como lo demuestra su Plan de Desarrollo Territorial, que cataloga al cantón con un índice de susceptibilidad de 0,85 en una escala de 0 hasta 1 (PDOT de Guaranda, 2020).

La Colina "San Bartolo", situada en el cantón Guaranda, es una de las zonas más susceptibles a deslizamientos, a causa de elementos como pendientes marcadas, terrenos de baja cohesión y la frecuencia de lluvias fuertes (PDOT de Guaranda, 2020). Por otro lado, Arévalo Bayes (2023) indica que estos factores, unidos a la actividad humana y al crecimiento urbano, aumentan la vulnerabilidad de los edificios y amenazan la seguridad de los habitantes. Además, pese a la relevancia de este asunto, no hay un análisis completo que examine de forma holística la fragilidad física de los edificios en esta área (GAD de Guaranda, 2020).

Esta investigación tiene como propósito evaluar la vulnerabilidad física de las edificaciones situadas en la Colina "San Bartolo", a través de un enfoque combinado que fusiona técnicas cualitativas y cuantitativas. El estudio abarca el uso del modelo SHALSTAB para identificar zonas propensas a cambios graduales, además de la modificación de la matriz PNUD para el análisis de la vulnerabilidad estructural. Este estudio tiene como objetivo no solo detectar

las zonas de mayor riesgo, sino también sugerir estrategias de mitigación que ayuden a disminuir el riesgo de desastre y potenciar la resistencia de la comunidad local.

## RESUMEN

El proyecto de investigación titulado “Estudio de la vulnerabilidad física de las edificaciones ubicadas en la Colina “San Bartolo” del cantón Guaranda frente a la ocurrencia de deslizamientos, en el periodo septiembre - diciembre 2024”, se fundamentó en metodologías cualitativas y cuantitativas, adoptando un enfoque transversal, mixto, descriptivo y de campo, su objetivo principal es evaluar la vulnerabilidad física de las edificaciones ante la amenaza de deslizamientos.

Para analizar la susceptibilidad a deslizamiento se destacó la importancia de aplicar la metodología del Modelo SHALSTAB, basada en la ley de Mohr-Coulomb, en el que fue fundamental considerar factores como las curvas de nivel, la pendiente, las zonas de acumulación y el  $q/T$  de las zonas estables e inestables para el desarrollo del mapa de susceptibilidad a deslizamientos, de las 30 hectáreas de la colina San Bartolo se obtuvo como resultado que el 57% es zona estable, mientras que el 20% (es decir 7 hectáreas) está categorizado como una zona muy alta susceptibilidad a deslizamiento, esto indica que la población se encuentra en áreas altamente susceptibles a deslizamientos.

Para determinar el nivel de vulnerabilidad física de las edificaciones, se utilizó la metodología del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el cual se tuvo como referencia las viviendas expuestas a zonas susceptibles a deslizamientos es decir aproximadamente de 19 viviendas, obteniendo como resultados de 17 viviendas con un nivel de vulnerabilidad alto y 2 viviendas con vulnerabilidad muy alto, esto podrían deberse a que la mayoría de estas construcciones se encuentran en áreas de riesgo de deslizamiento, así corroborando la información obtenida.

A partir de estos hallazgos se diseñaron medidas de reducción mitigación tanto estructurales como no estructurales, con el fin de reducir el riesgo, estas acciones están dirigidas a

las autoridades competentes, permitiéndoles tomar decisiones rápidas basadas en principios de desarrollo sostenible, estabilización de taludes y construcción de edificaciones resilientes, con el propósito de minimizar daños materiales, económicos y en los peores casos, la pérdida de vidas humanas.

En conclusión, al existir zonas con muy alto nivel de susceptibilidad de deslizamientos sumando las condiciones de las edificaciones, hace que las viviendas sean muy vulnerables frente a esta amenaza. Por lo tanto, es fundamental poner en práctica las medidas de reducción para facilitar una respuesta rápida y coordinada por parte de las autoridades competentes, priorizando la integridad de esta comunidad.

**Palabras clave:** Deslizamientos, Zonas susceptibles, Modulo SHALSTAB, ley Morth Coulomb, Vulnerabilidad física, PNUD.

## **ABSTRACT**

The research project entitled “Study of the physical vulnerability of the buildings located in the ‘San Bartolo’ hill of Guaranda canton to the occurrence of landslides, in the period September - December 2024”, was based on qualitative and quantitative methodologies, adopting a cross-sectional, mixed, descriptive and field approach, its main objective is to assess the physical vulnerability of buildings to landslide hazards.

In order to analyze landslide susceptibility, the importance of applying the SHALSTAB Module methodology, based on Mohr-Coulomb's law, was emphasized, in which it was fundamental to consider factors such as contour lines, slope, accumulation zones and the q/T of stable and unstable zones for the development of the landslide susceptibility map, Of the 30 hectares of the San Bartolo hill, 57% is a stable zone, while 20% (i.e. 7 hectares) is categorized as a very high landslide susceptibility zone, indicating that the population is located in areas that are highly susceptible to landslides.

To determine the level of physical vulnerability of the buildings, the methodology of the United Nations Development Program (UNDP) was used, which had as reference the houses exposed to areas susceptible to landslides, that is, approximately 19 houses, obtaining as results 17 houses with a high vulnerability level and 2 houses with very high vulnerability, this could be due to the fact that most of these buildings are located in landslide risk areas, thus corroborating the information obtained.

Based on these findings, mitigation measures were designed, both structural and non-structural, in order to reduce the risk. These actions are aimed at the competent authorities, allowing them to make quick decisions based on principles of sustainable development, slope stabilization and construction of resilient buildings, in order to minimize material and economic damage and, in the worst cases, the loss of human lives.

In conclusion, the existence of areas with a very high level of landslide susceptibility, together with the condition of the buildings, makes the houses very vulnerable to this hazard. Therefore, it is essential to implement mitigation measures to facilitate a rapid and coordinated response by the competent authorities, prioritizing the integrity of this community.

**Key words:** Landslides, Susceptible zones, SHALSTAB module, Morth Coulomb law, Physical vulnerability, UNDP.

## **CAPÍTULO I: FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

### **1.1.Planteamiento del Problema**

Los deslizamientos de tierra se encuentran entre los fenómenos geológicos más destructivos y peligrosos para la humanidad, a nivel global, estos eventos causan miles de muertes anualmente, además su origen suele estar relacionado con diversos factores, como la fuerza gravitacional, aumento de la presión del agua subterránea, intensas precipitaciones, inestabilidad de las laderas, procesos de erosión y la deforestación, de igual manera la velocidad y el volumen del material desplazado, los deslizamientos pueden representar un alto riesgo para las áreas circundantes, poniendo en peligro tanto a la población como a las infraestructuras. (Prieto et al., 2020).

(Burgos et al., 2019) señala que Ecuador debido a su compleja topografía, condiciones geológicas, características hidrológicas y cobertura vegetal, se presenta una alta susceptibilidad a deslizamientos de tierra en todas sus regiones: Costa, Sierra y Amazonía. Por esta razón estos eventos son especialmente frecuentes durante la temporada de lluvias, cuando el suelo se satura de agua y se localiza en zonas de pendientes pronunciadas, lo que incrementa significativamente el riesgo de deslizamientos

La provincia de Bolívar se caracteriza geomorfológicamente por la presencia de cerros de mediana altura con pendientes pronunciadas, las formaciones rocosas de la región exhiben un comportamiento mecánico moderado, lo que, sumado a factores como la deforestación, la inclinación del terreno y los eventos meteorológicos extremos que afectan la zona constituye la principal causa de los deslizamientos de tierra (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia Bolívar, 2021)

La ciudad de Guaranda, debido a su ubicación rodeada de colinas, presenta una alta vulnerabilidad a deslizamientos de tierra. Según el Plan de Ordenamiento Territorial y Desarrollo

Urbano (PDOT) de Guaranda para el período 2020-2025, el cantón ha sido clasificado como una zona de alto riesgo, con un índice de susceptibilidad de 0,85 en una escala de 0 a 1 (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda, 2020)

Como afirma el GAD Guaranda (2020), la unidad morfológica de la Colina "San Bartolo" ubicada en el cantón Guaranda, presenta condiciones geológicas y topográficas que aumentan la probabilidad de deslizamientos, tales como: pendientes pronunciadas, suelos con baja cohesión y precipitaciones intensas, al combinar este fenómeno natural con la actividad humana y el desarrollo urbano, aumentan la vulnerabilidad de las edificaciones poniendo en riesgo la seguridad de la población y la integridad habitacional en la zona.

### **1.2. Formulación del Problema**

¿Qué grado de vulnerabilidad física presentan las edificaciones ubicadas en la colina "San Bartolo" pertenecientes al cantón Guaranda ante la ocurrencia de deslizamientos?

### **1.3. Preguntas de investigación**

¿Cuáles son las zonas susceptibles a deslizamientos de la colina San Bartolo?

¿Cuál el nivel de vulnerabilidad física de las edificaciones expuestas ante la amenaza de deslizamientos?

### **1.4. Justificación de la Investigación**

En el PDOT de Bolívar (2021), menciona que la unidad morfológica de la colina San Bartolo presenta la existencia de deslizamientos, lo cual genera un riesgo a la población cercana, en este caso la comunidad misma perteneciente a la colina, haciéndolas vulnerables ante esta amenaza, además de que en esta área se encuentra ubicados los talleres municipales que se mantiene en constante movilidad por parte de los trabajadores que circulan con maquinarias, entonces un deslizamiento en esta zona conlleva futuras repercusiones en términos de pérdida de vidas humanas, deterioro a la infraestructura, la degradación del entorno urbano y pérdidas

económicas, ya que el reemplazo de la maquinaria y la reconstrucción de la infraestructura podría tener costos muy elevados.

El siguiente proyecto contribuye con el Eje 1 del Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024-2025, denominado “Eje Social”. Específicamente, se alinea con el objetivo 3- Política 3.10, la cual menciona que es esencial la protección a la población, sus propiedades y el medio ambiente urbano. Al estudiar la vulnerabilidad física de las edificaciones en la colina San Bartolo del cantón de Guaranda frente a deslizamientos de tierra, se identifican los factores críticos que incrementan la susceptibilidad de la infraestructura y se fomenta la adopción de medidas preventivas para minimizar daños futuros (PDN, 2024).

Dado que el cantón Guaranda se encuentra en una región montañosa, donde los deslizamientos son fenómenos recurrentes, conocer el nivel de vulnerabilidad física de las edificaciones permitirá no solo identificar las áreas más afectadas, sino también desarrollar estrategias de prevención y mitigación de riesgos, es decir esta información es fundamental para la toma de decisiones de autoridades locales y organismos encargados de la planificación territorial y la administración de riesgos (PDOT Guaranda, 2020).

Particularmente en la Colina "San Bartolo", no se dispone de un estudio exhaustivo que cubra todos los aspectos necesarios para comprender y abordar adecuadamente los riesgos ante esta amenaza, esto sugiere la necesidad de realizar un estudio de la vulnerabilidad física de las edificaciones y de aquellas zonas más susceptibles a producir deslizamientos, mediante la obtención de datos y procesamiento de la información, por lo tanto, este estudio beneficiará a las autoridades, permitiendo toma de decisiones, la planificación urbana y la implementación de medidas de reducción, mitigación y estrategias que fomenten la protección y el bienestar de la población, tendrán la oportunidad de utilizar los datos de estudio para promover prácticas de urbanización más seguras y resilientes en la zona.

Además, la identificación de edificaciones vulnerables puede guiar la implementación de medidas correctivas, como reforzamientos estructurales o reubicaciones estratégicas, con el objetivo de reducir el impacto de futuros desastres naturales y proteger tanto a la población como su infraestructura. En consecuencia, el estudio no solo tiene relevancia técnica, sino también social y económica, debido a que aspira a elevar el nivel de vida de los residentes de la colina San Bartolo mediante la reducción de su exposición a riesgos naturales.

## **1.5.Objetivos**

### ***Objetivo General***

Evaluar la vulnerabilidad física de las edificaciones ubicadas en Colina “San Bartolo” del Cantón Guaranda ante la amenaza de deslizamientos, con el fin de proponer medidas de reducción de riesgos.

### ***Objetivos Específicos***

- Identificar las zonas susceptibles a deslizamientos que ponen en peligro las edificaciones pertenecientes a la unidad morfológica de la colina San Bartolo.
- Determinar el nivel de vulnerabilidad física de las edificaciones expuestas frente a la amenaza de deslizamientos.
- Proponer medidas de reducción, mitigación y estrategias efectivas frente a la amenaza de deslizamientos que pone en riesgos las edificaciones más vulnerables de la colina San Bartolo.

## **1.6.Hipótesis**

H0: Las edificaciones ubicadas en la colina “San Bartolo” perteneciente al cantón Guaranda, no presenta vulnerabilidad física ante la ocurrencia de deslizamientos.

H1: Las edificaciones ubicadas en la colina “San Bartolo” perteneciente al cantón Guaranda, presenta vulnerabilidad física ante la ocurrencia de deslizamientos.

### **1.7. Variables (Operacionalización)**

**Variable dependiente:** Vulnerabilidad Física de las Edificaciones

**Variable independiente:** Amenaza de Deslizamiento

#### **Tabla 1**

*Variables a utilizar en el proyecto de investigación*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala	Instrumentos	
Independiente:  Amenaza de Deslizamiento	La amenaza de deslizamientos está determinada por factores permanentes del entorno, como las características del material geológico y la topografía del terreno. Por su parte, el riesgo asociado a estos eventos depende de factores desencadenantes, como las precipitaciones intensas o los sismos, que pueden activar el deslizamiento (Cabrera, 2021).	Factor condicionante	Topografía	Modelo Digital de Elevación (DEM) y Ortofoto	Utilización de un Dron y el software Agisoft Metashape	
				Pendientes	0 - 10%	Modelo de SHALSTAB en ArcView GIS
					10 - 20%	
					20 - 41%	
					41 - 60%	
					60 - 70%	
					70 - 80%	
					80 - 100%	
					más de 100%	
				Curvas de nivel	0 a 10 m	
11 a 20 m						
21 a 30 m						
Mas de 30 m						
Geología	Tipo de suelo (Textura)	Arena	Análisis geotécnicos del suelo en el laboratorio "WIDCAF"			
		Grava				
		Roca				
Geotecnia	Angulo de	Densidad real en suelo seco	Parámetros			
		<30				

		fricción	30 - 35	establecidos según Lambe & Whitman (mecánica de suelos)
			35 - 40	
			40 - 45	
			>45	
			Menos de 25 mm	Modelo de SHALSTAB en ArcView GIS
			25 - 50 mm	
		Zonas de máxima acumulación hídrica (modelo a/b)	50 - 100 mm	
			100 - 200 mm	
			200 - 500 mm	
			500 - 1000 mm	
			1000 - 2000 mm	
			2000 - 4000 mm	
			Mas de 4000 mm	
			Crónica inestabilidad	
Factor desencadenante	Dinámica del suelo	Zonas estables e inestables (Índice q/T)	$q/T < -3.1$	Modelo de SHALSTAB en ArcView GIS
			$-3.1 < q/T < -2.8$	
			$-2.8 < q/T < -2.5$	
			$-2.5 < q/T < -2.2$	
			$q/T > -2.2$	
			Estable	
Evento peligroso	Sismos	Baja	Parámetros establecidos por la (NEC-SE-DS)	
		Media		
		Alta		
		Muy alta		

<p>Dependiente:</p> <p>Vulnerabilidad Física de las Edificaciones</p>	<p>Se refiere a la vulnerabilidad de una edificación frente a posibles daños, tanto estructurales como no estructurales, los cuales pueden cuantificarse en términos de su alcance, severidad o costo de reparación, como consecuencia del evento (De Mora-Gaibor et al., 2022).</p>	<p>Medidas de reducción, mitigación y estrategias efectivas</p>	<p>Medidas estructurales</p>	Sistema estructural	Hormigón armado	<p>Matriz del PNUD adaptada y modificada a las necesidades. Visita a campo, inspección técnica, fotografías y documentación visual.</p>
				Estructura metálica		
				Estructura de madera		
				Estructura de caña		
				Estructura de pared portante		
				Mixta madera-hormigón		
				Mixta metálica-hormigón		
				Pared de ladrillo		
				Pared de bloque		
				Pared de piedra		
				Pared de adobe		
				Pared de tapial-bahareque-madera		
				Tipo de cubierta	Cubierta metálica	
				Loza de hormigón armado		
Vigas de madera y zinc						
Caña, zinc, Eternit						
Vigas de madera y Teja						
Sistema de entrepisos	Loza de hormigón armado					

---

	Vigas y entramada de madera
	Entramado madera- caña
	Entramado metálico
	Entramado hormigón-metálica
Número de pisos	1 piso
	2 pisos
	3 pisos
	4 pisos
	5 pisos o más
Año de construcción	Antes de 1970
	Entre 1971 y 1980
	Entre 1981 y 1990
	Entre 1991 y 2010
	2011 en adelante
Estado de conservación	Bueno
	Aceptable
	Regular
	Malo
Características del suelo bajo la edificación	Firme, Seco
	Inundable
	Ciénega
	Húmedo-blando- relleno
	A nivel, terreno

---

---

	Topografía del sitio	plano Bajo nivel calzada Sobre nivel calzada Escarpe positivo o negativo
	Forma de la construcción	Regular Irregular Irregularidad severa
	Susceptibilidad a deslizamientos	Muy baja susceptibilidad Baja susceptibilidad Moderada susceptibilidad Media susceptibilidad Alta susceptibilidad Crítica susceptibilidad
Medidas no estructurales	Reducción	Mapas de riesgos y zonificación. sistema de monitoreo y alerta temprana Planes de evacuación y simulacros capacitación a la población

---

---

Mitigación	Técnicas de reforestación y control de erosión
	Conservación y gestión ambiental
	Agricultura y construcciones sostenibles
	información de áreas inestables
	Impacto ambiental
Estrategias	Prohibición de pastoreo
	Reubicación en zonas seguras
	Concienciación de autoridades
	Regulaciones de construcción
	Uso de suelo y Planes de ordenamiento territorial
	fortalecimiento de las capacidades de respuesta
	Mecanismos de respuesta efectiva

---

*Nota.* Se presenta las variables a utilizar en la investigación en este caso en la colina San Bartolo. Fuente. (Elaboración propia, 2024).

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco Referencial

El cantón Guaranda, situado en la provincia de Bolívar, se encuentra en la Sierra Centro del Ecuador, específicamente en la hoya del Chimbo, su altitud alcanza los 2.668 msnm en la ciudad de Guaranda. Este cantón cuenta con tres parroquias urbanas y ocho rurales. La ciudad está rodeada por emblemáticas colinas, como San Bartolo, San Jacinto, Loma de Guaranda, Tililag, Cruzloma, Talalag y El Calvario, lo que le ha valido el seudónimo de la “Ciudad de las Siete Colinas”(Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda, 2020).

#### 2.1.1 Características del área de estudio

La colina San Bartolomé, nombrada en honor al apóstol homónimo, fue un lugar sagrado para los pueblos indígenas, quienes consideraban las montañas y cerros como espacios de profundo significado espiritual. Además, cuenta con un mirador natural, siendo una de las colinas más grandes del cantón Guaranda, su cima es accesible mediante un sendero, ideal para caminatas o recorridos en bicicleta, y es un destino popular para actividades al aire libre como campamentos o picnics (Trujillo, 2022).

La colina de San Bartolo, también conocida como San Bartolomé, es una de las más grandes y visibles desde varios puntos de la ciudad de Guaranda, su composición incluye materiales volcánicos Cuaternarios, conocidos como Volcánicos de Guaranda, que forman suelos inestables y propensos a deslizamientos. Estos problemas se agravan por la pérdida de cobertura vegetal, la pendiente variable y los impactos de actividades humanas, como la cimentación de calzadas. Por otro lado, la colina es accesible en vehículo o a pie y ofrece vistas panorámicas de Guaranda, siendo un mirador natural (Caiza & Quinatoa, 2023). En la **Tabla 2** se determina las vías de acceso para dicha colina.

**Tabla 2***Vías de acceso a la colina San Bartolo*

<b>Estado de la vía</b>	<b>Kilómetros</b>
Vía de primer orden	1,22
Vía de segundo orden	1,05
Vía de tercer orden	0,23
<b>Total</b>	<b>2,50</b>

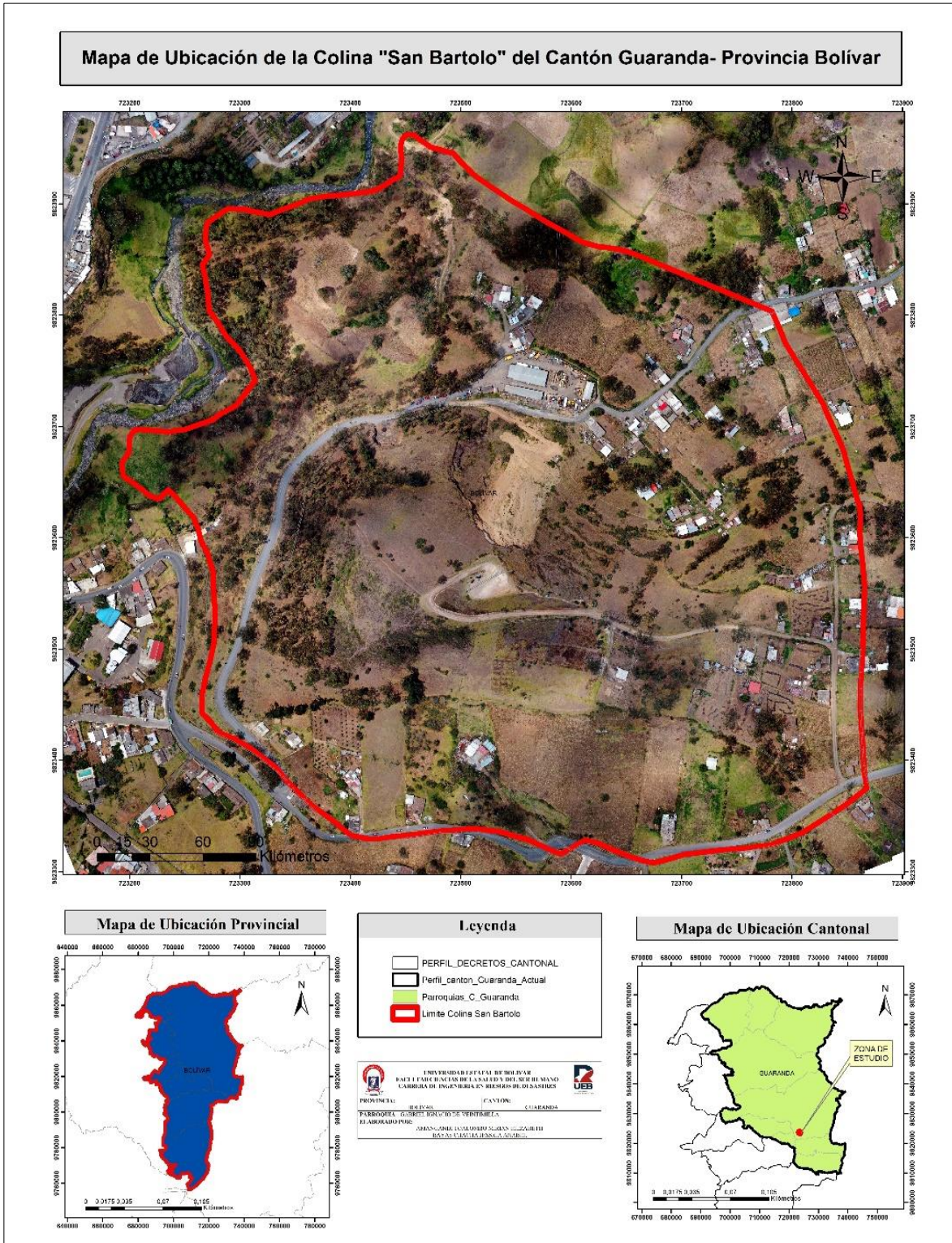
*Nota.* Se presenta las rutas de acceso disponibles en el sitio para ascender a la colina San Bartolo.

**Figura 1***Vista General de la Colina San Bartolo*

*Nota.* Se presenta la ubicación Colina San Bartolo del cantón Guaranda. Fuente. (Google Earth, 2024).

**Figura 2**

*Mapa de ubicación de la Colina San Bartolo*



*Nota.* Se presenta el mapa de la zona de estudio con un área de 30 hectáreas aproximadamente

## 2.2. Antecedentes

Se presenta información relevante al tema de estudio, recopilada a partir de base de datos de revistas indexadas.

El artículo de González & Flórez (2022) tuvo como objetivo analizar las vulnerabilidades físicas en viviendas periférica en Manizales, Colombia. La metodología fue de enfoque descriptivo y evaluó las condiciones de las viviendas y sus habitantes frente a amenazas específicas en el entorno. Los resultados revelaron que la vulnerabilidad física de las viviendas se correlaciona con niveles altos y muy altos de amenaza por deslizamientos. Además, el tipo de construcción juega un papel clave, ya que las estructuras presentan alta susceptibilidad a factores externos como deslizamientos e inundaciones. Se concluyó que los habitantes no perciben adecuadamente el riesgo ni las posibles consecuencias humanas y socioeconómicas derivadas de estas amenazas.

El artículo de Reyes et al. (2023) realizado en Perú tuvo como objetivo evaluar la vulnerabilidad socioambiental ante deslizamientos en el sector Rampac Grande, además de identificar y plantear acciones para atenuar los riesgos asociados. La investigación utilizó un diseño transversal descriptivo, que incluyó encuestas y fichas técnicas aplicadas en viviendas, para el análisis se empleó el software ArcGIS 10.8 y fotografías para actualizar mapas, caracterizar peligros y realizar un análisis de vulnerabilidad. Los resultados revelaron que una parte significativa de la población está altamente expuesta a deslizamientos, con factores de vulnerabilidad social relacionados con la pobreza, limitado acceso a servicios básicos, bajos niveles educativos y ausencia de capacitación para enfrentar situaciones de riesgo. Se concluye que, los primordiales componentes que tienen influencia en la vulnerabilidad son la inestabilidad física, social y la escasa resiliencia; el sector Rampac Grande presenta una marcada vulnerabilidad socioambiental de tipo físico-natural.

El artículo de Reyna et al. (2020) efectuada en Portoviejo – Ecuador, tuvo como objetivo identificar los establecimientos humanos en áreas de riesgo de inundación y deslizamiento, así como aquellos ubicados dentro de áreas protegidas. Para ello, utilizando una metodología sistemática, se digitalizó la mancha urbana utilizando imágenes satelitales del año 2017, combinadas con cartografía temática de riesgos y análisis mediante sistemas de información geográfica. Este enfoque permitió mapear los asentamientos más vulnerables frente a posibles desastres. Los resultados mostraron que, en 2017, los asentamientos humanos abarcaban un área total de 3,150 hectáreas, de las cuales 15.35 hectáreas se encontraban en áreas protegidas. Se concluye que, 427.69 hectáreas estaban expuestas a alta amenaza de inundación, mientras que 2 hectáreas se ubicaban en zonas con amenaza media de deslizamientos.

El artículo de Pincay (2023) elaborado en Manabí – Ecuador tuvo como objetivo evaluar el riesgo de deslizamientos en parroquia Noboa, 24 de mayo. Se utilizó una metodología descriptiva basada en el análisis bibliográfico-teórico y la observación, aplicando el Manual Básico para la Estimación de Riesgos, donde se evaluaron diversas vulnerabilidades: ambiental, social – cultural, educativa, física, económica y política. Los resultados indicaron una vulnerabilidad general del 58,57%, clasificada como alta; el peligro, calculado a partir de información recopilada y reconocimiento del área, alcanzó un 63%, también considerado alto; el riesgo, evaluado mediante una matriz de peligro y vulnerabilidad, arrojó un 66%, categorizado como riesgo alto. Se concluye que es crucial implementar capacitaciones, establecer ordenanzas de control y llevar a cabo un monitoreo constante en las distintas zonas de la parroquia Noboa.

Seguidamente, se expone información selecta para este estudio, recopilada a partir de una revisión de la literatura de tesis.

La investigación de Hamón (2021) en Medellín - Colombia tuvo como objetivo evaluar la vulnerabilidad física de estructuras afectadas por deslizamientos de ladera, como metodología se

usó un modelo experimental a escala de laboratorio, se reconstruyeron parámetros geométricos de la ladera y se evaluó la resistencia estructural para estimar la vulnerabilidad. El modelo integró el gradiente modificado Z, para medir la intensidad del deslizamiento, y otra metodología para calcular la resistencia estructural mediante el modelo T. El estudio se basó en datos de deslizamientos ocurridos en Nova Friburgo, Brasil y Corea del Sur. Los resultados mostraron que la vulnerabilidad aumenta con un mayor gradiente modificado y disminuye a medida que el foco de gravedad de la estructura se aleja del deslizamiento, generando curvas de vulnerabilidad física que relacionan estos factores.

El estudio de Corro (2023) realizado en Guaranda – Ecuador tuvo como objetivo efectuar un estudio de vulnerabilidad física estructural frente a una amenaza de deslizamiento en la comunidad Apahua. Mediante una metodología transversal, descriptiva y de enfoque mixto, se analizaron 90 viviendas utilizando fichas técnicas para monitoreo estructural y patológico. Los resultados revelaron que el 53% de las viviendas se encuentran en zonas de amenaza baja, mientras que el 47% están en áreas de alta amenaza, además, el 60% de las estructuras presentan alta vulnerabilidad, en contraste con el 40% que tienen baja vulnerabilidad. Se concluyó que muchas edificaciones están ubicadas en zonas propensas a deslizamientos, según un mapa de amenaza elaborado durante el estudio.

La investigación de Pasto & Simaliza (2023) realizada igualmente en Guaranda – Ecuador tuvo como objetivo establecer los factores de incidencia en amenazas de deslizamientos y compendios expuestos en la colina Loma de Guaranda. La metodología empleada fue descriptiva de tipo no experimental; se evaluó la estabilidad del talud mediante la guía de clasificación geomecánica y el programa DIPS. Con el software RocData y el criterio de Mohr-Coulomb, se obtuvieron valores de cohesión entre 0,9727 y 2,6425, y ángulos de fricción de 6 a 14,18°. El análisis con RocPlane mostró que 37 tramos de los 48 tramos eran inestables, mientras que el

método Bishop aplicado con GEO5 determinó que los taludes son estables bajo condiciones sísmicas y no sísmicas. La georreferenciación de elementos expuestos indicó que las edificaciones públicas son las más afectadas en un 47,27%, mientras que, en la infraestructura esencial, las vías de comunicación registran el mayor impacto, un 72,15%. Como medida de mitigación, se diseñó una matriz de estrategias para reducir el riesgo asociado a los elementos expuestos en la colina de estudio.

Es estudio de Caiza & Quinatoa (2023) efectuado en Guaranda – Ecuador tuvo como objetivo identificar los factores técnicos que influyen en la susceptibilidad a deslizamientos en la colina San Bartolo. Aplicaron una metodología descriptiva y no experimental, analizando la estabilidad del talud mediante el software GEO5 y el método Bishop, utilizó herramientas como Excel, Google Earth, Global Mapper y AutoCAD para digitalizar taludes, confirmando su inestabilidad. Como resultados se establecieron medidas preventivas para mitigar riesgos, enfocándose en áreas vulnerables, además se identificaron factores condicionantes y detonantes. Se concluye que, el área de estudio presentó pendientes altas (41-70%) en 37,5% del terreno, predominio de tobas andesíticas de origen volcánico, y vegetación mayoritariamente de pastos en un 39,8% y la intensidad sísmica alcanzó nivel VII, representando un riesgo significativo para la estabilidad del terreno y la ocurrencia de deslizamientos

## 2.3 Bases Teóricas

### 2.3.1 Movimiento de masa

Los movimientos en masa son fenómenos que resultan de la interacción entre la gravedad y un cuerpo con masa determinada, desencadenados por eventos naturales o antrópicos que alteran su equilibrio sistemático. Entre los factores que pueden iniciar estos eventos se encuentran lluvias intensas, sobrecarga del terreno para construcciones, sismos, y el corte de taludes para abrir vías. Estos movimientos representan un problema significativo al causar pérdidas humanas, daños sociales y económicos, con los mayores impactos en comunidades ubicadas en laderas montañosas, riberas de ríos o áreas cercanas a vías principales (Consejo Nacional de la República del Ecuador, 2024).

El movimiento de masa es el proceso mediante el cual materiales como rocas, detritos, suelos y escombros se desplazan hacia abajo debido a la gravedad, estos fenómenos abarcan deslizamientos, derrumbes, remociones en masa y fallas en taludes y laderas (Ninabanda & Manobanda, 2022). Dichos movimientos se producen cuando la resistencia del terreno al esfuerzo cortante es superada por las fuerzas actuantes, esto ocurre cuando las fuerzas que cohesionan el terreno y lo ayudan a resistir fuerzas externas pierden eficacia (Corporación Autónoma Regional de Boyacá, 2020), las razones pueden ser cuando:

- **Reducción de la resistencia al esfuerzo cortante:** causada por un acrecentamiento del contenido de agua en el suelo, deforestación de laderas, o excavaciones y cortes sin estudios geotécnicos.
- **Aumento de las fuerzas externas:** debido a vibraciones o incremento de cargas externas (Corporación Autónoma Regional de Boyacá, 2020).

En Ecuador los movimientos en masa están vinculados principalmente a eventos geomecánicas, como sismos por actividad tectónica o volcánica, y a factores

hidrometeorológicos, como intensas lluvias y fenómenos climáticos como El Niño. Según el Mapa de Multi amenazas del Ecuador Continental, cantones como El Pan, Sevilla del Oro, Guachapala, Atahualpa, Sozoranga, y Pallatanga, tienen más del 90% de su territorio susceptible a deslizamientos, derrumbes y otros fenómenos similares. A nivel provincial, Bolívar, Chimborazo, Guayas y Los Ríos son las provincias con mayor cantidad de personas afectadas, principalmente por incendios forestales, inundaciones, movimientos de masa y colapsos estructurales(Consejo Nacional de la República del Ecuador, 2024).

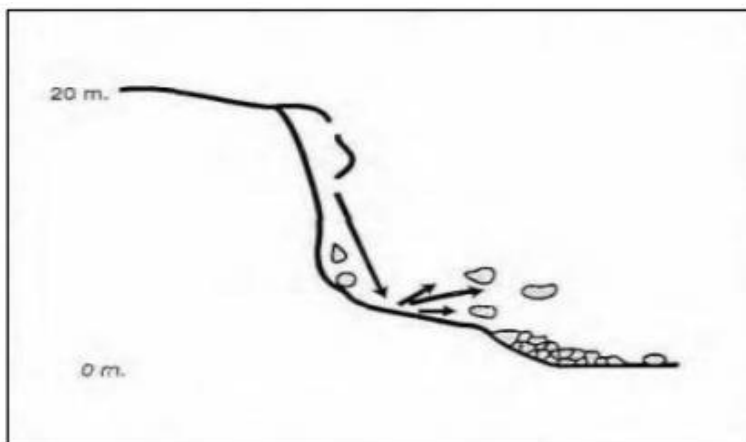
### **2.3.3.1 Clasificación de un movimiento de masa**

#### **Desprendimientos o caídas**

Se caracterizan por el movimiento en caída libre de diversos materiales como rocas, detritos y suelos, que se desprenden de una superficie inclinada como se observa en la figura 3, este proceso no incluye las pequeñas partículas generadas por el intemperismo. Se clasifican principalmente en caídas o desprendimientos de rocas, cuya velocidad puede variar entre rápida y extremadamente rápida. En algunos casos, estos eventos son precedidos por procesos como el socavamiento o la incisión, los cuales generan vuelcos o deslizamientos que separan el material de la masa intacta; generalmente, ocurren en laderas inclinadas, ya sean naturales o artificiales, donde la estabilidad del terreno es comprometida (Corro, 2023).

#### **Figura 3**

*Desprendimientos o caídas*



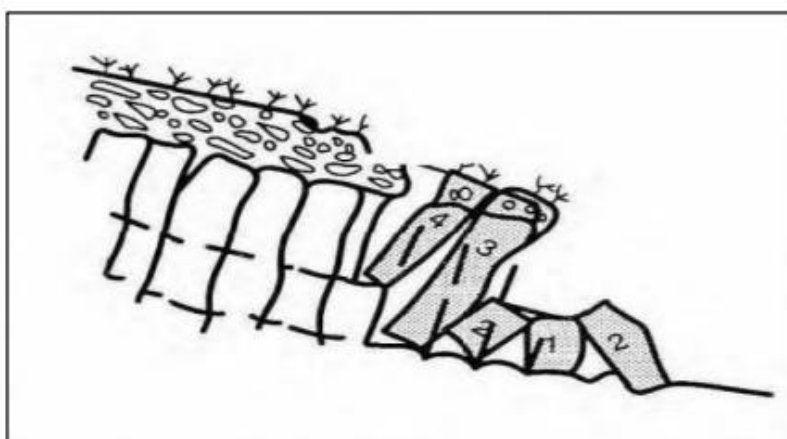
*Nota.* Se presenta la imagen de un desprendimiento o caída. Fuente. (Corro, 2023).

### **Volcamiento**

El volcamiento se define como el movimiento rotacional de una masa de roca o suelo alrededor de un punto de pivote, identificado por su centro de gravedad, este desplazamiento ocurre hacia el exterior y hacia adelante como se visualiza en la figura 4, generando un inclinamiento que no necesariamente implica un colapso completo. Este fenómeno es común en materiales con sistemas de discontinuidades, los cuales pueden manifestarse en forma de vuelcos o desplomes de rocas (Corro, 2023).

### **Figura 4**

*Volcamiento*



*Nota.* Se presenta la imagen de un volcamiento. Fuente. (Corro, 2023).

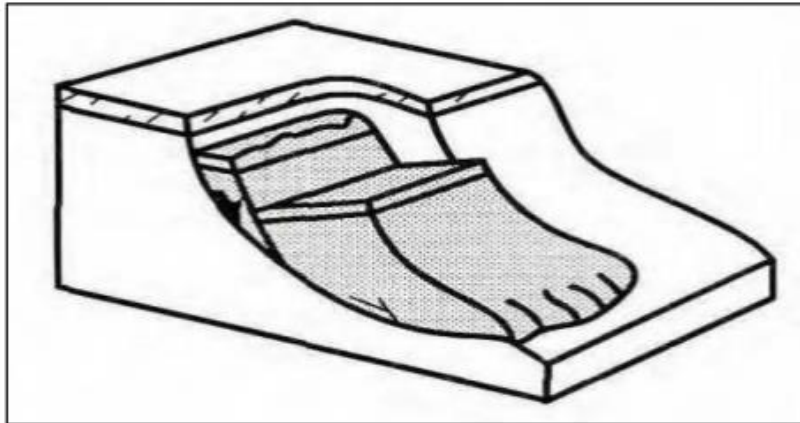
## **Deslizamientos**

Son movimientos de tierra y roca que ocurren ladera abajo sobre una superficie fracturada o debilitada; la primera señal de estos fenómenos se manifiesta mediante grietas transversales ubicadas en la zona del escarpe principal, características de los deslizamientos rotacionales, por otro lado, las rupturas onduladas o semiplanas están asociadas con movimientos traslacionales, así mismo en los deslizamientos rotacionales, los bloques afectados se ladean hacia atrás mientras el escarpe primordial adopta una forma vertical como se observa en la figura 5, así mismo aunque la deformación principal es limitada, la masa tiende a acumularse en la base de la ladera; la velocidad y el tipo de movimiento en estos deslizamientos pueden ser altamente variables, pero, los deslizamientos traslacionales son más superficiales y se caracterizan por un movimiento paralelo controlado por los materiales que componen la superficie afectada (Corro, 2023).

Los movimientos rotacionales se clasifican como simples, sucesivos o múltiples, dependiendo de su naturaleza, también están influenciados por el tipo de material involucrado, como roca rotacional e individual, que a su vez pueden subdividirse en movimientos de roca en bloque, derrubios en bloque y deslizamientos traslacionales de suelos, por su parte, los movimientos planos se categorizan según el tipo de material involucrado, aunque los principales tipos de deslizamientos incluyen movimientos de rocas, coladas de barro y derrubios (Corro, 2023).

### **Figura 5**

*Deslizamiento*



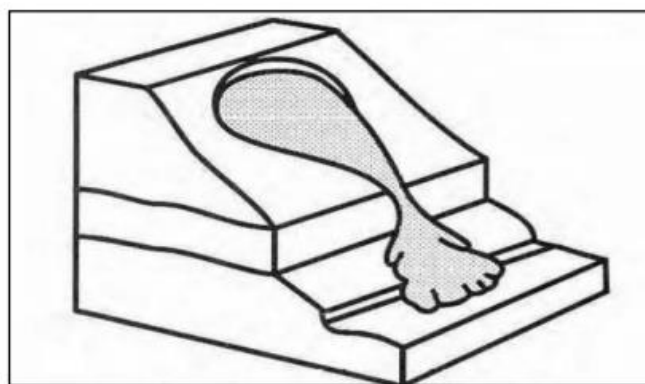
*Nota.* Se presenta la imagen de un deslizamiento. Fuente. (Corro, 2023).

### **Flujos**

De acuerdo con la figura 6 los flujos son movimientos incessantes que presentan zonas de cizalla muy colindantes y de corta duración, lo que dificulta su observación, se comportan de manera similar a fluidos viscosos, lo que implica una distribución no uniforme de las velocidades dentro del flujo, este comportamiento genera lóbulos a partir del movimiento intergranular de los materiales involucrado (Corro, 2023).

### **Figura 6**

*Flujo*



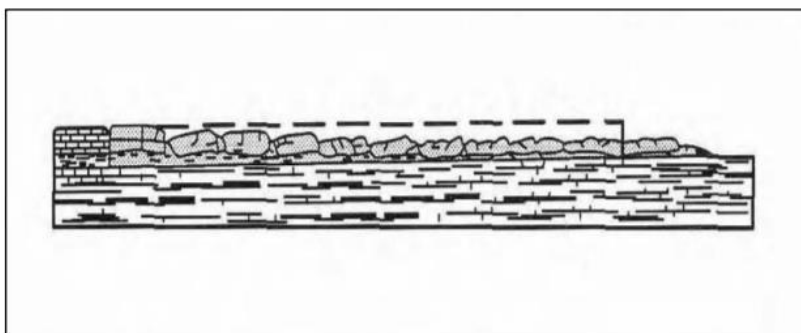
*Nota.* Se presenta la imagen de un flujo. Fuente. (Corro, 2023).

### **Preparación lateral**

Ocurre debido a fracturas y desplazamientos de suelos o masas de roca compactas, generalmente provocados por la licuefacción de los materiales subyacentes tal como se muestra en la figura 7, que suelen estar compuestos por finos de arcilla, por lo tanto este fenómeno no presenta una superficie de cizalla bien definida y se caracteriza por movimientos rápidos y progresivos que pueden extenderse durante varios minutos, incluso es más común en ambientes lacustres y marinos, especialmente en los márgenes de antiguos casquetes glaciares en regiones como Canadá, Alaska y Noruega, también estas expansiones laterales suelen ser desencadenadas por eventos sísmicos y movimientos rotacionales, y pueden clasificarse en derrubios, suelos y expansiones laterales de roca (Corro, 2023).

### **Figura 7**

#### *Propagación laterales*



*Nota.* Se presenta la imagen de una propagación lateral. Fuente. (Corro, 2023).

### **Movimientos complejos**

Sucedan cuando un tipo inicial de desplazamiento se transmuta en otro mientras avanza ladera abajo, entre los más comunes están los aludes, las avalanchas de rocas, flujos deslizantes; estos fenómenos implican la movilización de grandes masas de detritos y rocas a altas velocidades. Los flujos deslizantes, en particular, se caracterizan por un colapso repentino y de gran extensión, con un fuerte impacto en el entorno. Este tipo de desplazamiento se origina en materiales metaestables con alta porosidad y estructuras sueltas. Durante el proceso, los fluidos

en los poros son comprimidos por la carga del terreno, lo que incrementa su presión y disminuye la resistencia del material, dando lugar al flujo deslizante (Corro, 2023).

### **Reptación**

Es un movimiento pausado y casi imperceptible que afecta principalmente a materiales poco consolidados en la superficie del suelo, este fenómeno no genera cambios morfológicos evidentes, por lo que suele identificarse mediante cortes transversales o señales indirectas como la inclinación de árboles y postes, deformación de carreteras y vías férreas, o la aparición de grietas. Se considera un movimiento cíclico descendente, grano a grano, que afecta materiales con cohesión media a baja en pendientes de 20 grados o más. Las velocidades de desplazamiento son mínimas, oscilando entre unos pocos milímetros y un centímetro por año, y disminuyen con la profundidad (Corro, 2023).

Además, existe un subtipo de clasificación de los movimientos de masa, el cual se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 3**

*Tipos y subtipos de movimientos en masa*

<b>Tabla 3 Tipo</b>	<b>Subtipo</b>
Caída	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque) Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento	Deslizamiento rotacional Deslizamiento traslacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta Propagación lateral por licuación (rápida)

---

	Flujo de detritos
	Crecida de detritos
	Flujo de lodo
	Flujo de tierra
	Flujo de turba
	Avalancha de detritos
	Avalancha de rocas
	Reptación de suelos
Reptación	Soliflucción, geliflucción (en permafrost)

---

*Nota.* Se presenta los subtipos de movimientos de masa. Fuente. (Caviedes & Chaparro, 2021),

### 2.3.3.2 Geomorfología de un movimiento de masa

Según Caviedes & Chaparro (2021), un movimiento de masa puede describirse por las características geomorfológicas de la masa que se traslada y del terrenal que lo envuelve tal como se muestra en la figura 8:

- **Corona:** corresponde a la parte superior del deslizamiento y actúa como una línea divisoria entre el terreno fallado (escarpe principal) y el terreno intacto, generalmente presenta una forma semicircular o semi-rectangular. En su parte posterior, es común la aparición de grietas o fisuras conocidas como fisuras de corona o de tensión (Caviedes & Chaparro, 2021).
- **Escarpe principal:** también denominado grada o cicatriz de arranque principal, el escarpe principal es la superficie empinada o casi vertical que marca el punto más alto del deslizamiento. Esta característica evidencia el desplazamiento vertical generado por el movimiento del terreno (Caviedes & Chaparro, 2021).
- **Superficie de ruptura principal:** conocida también como superficie de falla, esta zona presenta un componente de movimiento horizontal. En terrenos arcillosos, la superficie adquiere un aspecto pulido (espejo) con ranuras paralelas a la dirección del deslizamiento (Caviedes & Chaparro, 2021).

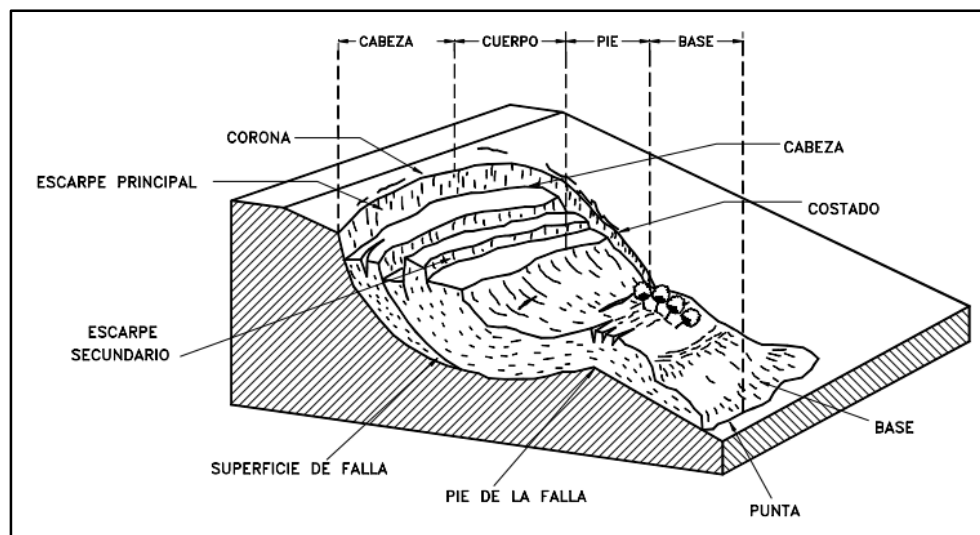
- **Flancos:** constituyen los límites laterales del deslizamiento, identificados como derecho e izquierdo al observar desde la corona hacia abajo. En algunos casos, estos bordes están formados por escarpes que pueden contener movimientos secundarios más pequeños (Caviedes & Chaparro, 2021).

Mientras que, las zonas morfológicas son:

- **Cuerpo principal:** la parte superior del cuerpo principal, conocida como la cabeza, suele presentar una depresión acompañada de pequeñas terrazas escalonadas delimitadas por escarpes y contraescarpes secundarios. En contraste, la sección inferior, denominada cuerpo, se caracteriza por una superficie más uniforme y ondulada, que en ocasiones incluye zonas pantanosas como lagunas o charcos (Caviedes & Chaparro, 2021).
- **Pie:** es la zona más estrecha del movimiento, con una morfología elevada o abombada que exhibe fisuras o grietas transversales y radiales alineadas con la dirección del fenómeno. Esta área marca la intersección entre la superficie de falla y el terreno intacto (Caviedes & Chaparro, 2021).
- **Frente:** corresponde a la parte inferior de la masa deslizada que descansa sobre el terreno original, suele tener una consistencia viscosa y una forma aplanada, típicamente adoptando una apariencia de lengua o abanico (Caviedes & Chaparro, 2021)

## **Figura 8**

*Elementos de un movimiento de masa*



*Nota.* Se presenta la imagen de los elementos de un movimiento de masa. Fuente. (Vargas, 2000)

## 2.3.2 Deslizamientos

### 2.3.2.1 Causas y consecuencias

Los deslizamientos son fenómenos geológicos impulsados por diversos factores internos y externos, entre las causas naturales destacan la inclinación de las superficies, la morfología del terreno, altas precipitaciones, la presencia de agua subterránea y eventos sísmicos. Además, procesos como movimientos tectónicos, actividad volcánica y la alternancia entre períodos de humedad y sequía también pueden desestabilizar las laderas. A estas condiciones naturales se suman factores provocados por actividades humanas, como la deforestación, la sobrecarga del terreno debido a construcciones, y vibraciones por explosiones mineras o urbanísticas.

Internamente, las características del suelo y del subsuelo, como la litología, la textura y los parámetros estructurales, también juegan un papel determinante en la estabilidad del terreno (García et al., 2021).

Los deslizamientos generan graves impactos tanto en el ambiente natural como en las poblaciones humanas, estos eventos no solo representan un riesgo geológico, sino también un desastre socioeconómico debido a la falta de estrategias de mitigación efectivas. Las

consecuencias incluyen la pérdida de seres humanos, pérdida de viviendas e infraestructuras, paralización de servicios básicos y daño ambiental significativo. Además, los deslizamientos suelen ser parte de una cadena de eventos catastróficos, amplificando los efectos destructivos en las áreas afectadas; la clave para reducir estos impactos radica en implementar medidas de prevención, como la tipificación y evaluación cartográfica de riesgos, particularmente en zonas montañosas, y la aplicación de estrategias de mitigación adecuadas (García et al., 2021).

### **2.3.2.2 Peligro de deslizamientos**

La peligrosidad de un deslizamiento se refiere a la probabilidad de que un determinado nivel de movimiento del terreno sea superado debido a una acción sísmica o a cambios en los factores desencadenantes dentro de un periodo específico. Este concepto implica que la peligrosidad potencial evalúa tanto el nivel de movimiento como la intensidad con la que podría ocurrir, permitiendo prever los posibles impactos futuros del deslizamiento (Ruiz, 2020).

Los factores que determinan la peligrosidad en una zona se analizan a través de estudios de microzonificación, los cuales consideran la frecuencia del movimiento y la velocidad máxima alcanzada, reflejada en el espectro de respuesta del deslizamiento. Estos estudios suelen incluir análisis de atenuación del movimiento en función de aspectos litológicos, como los tipos de suelo y el contenido de humedad en el área (Ruiz, 2020).

### **2.3.2.3 Principales factores**

Según la metodología Mora y Vahrson en 1994 se catalogan estos factores como condicionantes y desencadenes, los cuales se describen a continuación:

**Factores condicionantes (C):** Son elementos relacionados con las características intrínsecas del área y el comportamiento del medio, que interactúan para generar condiciones favorables para que ocurra un deslizamiento (Ruiz, 2020).

- Cobertura Vegetal (C1): este factor es crucial para evaluar la estabilidad de los taludes, la vegetación cumple dos funciones principales: la absorción de agua superficial y el refuerzo estructural del terreno a través del entramado de raíces, que proporciona consistencia y estabilidad al talud (Ruiz, 2020).
- Pendientes (C2): la inclinación del terreno influye directamente en el equilibrio de la ladera. Factores como la altura, la amplitud y el tipo de suelo, junto con la presencia de fallas, pliegues o fracturas, pueden contribuir a la inestabilidad y facilitar los movimientos de masas (Ruiz, 2020).
- Taxonomía de suelo (C3): los diferentes tipos de suelos afectan las condiciones de los deslizamientos debido a sus características específicas, como el grado de meteorización, erosión, capacidad de drenaje y su manejo según el uso del suelo, estas propiedades determinan la susceptibilidad del terreno bajo estudio (Ruiz, 2020).

**Factores detonantes (D):** Son agentes externos que desencadenan de manera activa los deslizamientos, estos factores están relacionados con la intensidad y magnitud del fenómeno (Ruiz, 2020).

- Precipitaciones (D1): la lluvia es uno de los vitales indicadores de riesgo de deslizamientos, cuando las precipitaciones son intensas y prolongadas (por ejemplo, durante 24 horas), el suelo puede saturarse de agua, perdiendo su cohesión y consistencia, lo que favorece el movimiento de masas (Ruiz, 2020).

### ***2.3.3 Modelo de deslizamiento en función de la ley de Mohr-Coulomb***

La ley de Mohr-Coulomb instituye que la quiebra del terreno es por cizallamiento (o falla) del suelo. Cuando el terreno disipa su capacidad resistente no estalla en mil piezas, sino que aparece un área sobre la que escurre el suelo (Meléndez & Toalombo, 2022).

Este modelo describe el comportamiento no lineal del suelo, combinando elasticidad y plasticidad. Es útil para suelos granulares o finos normalmente consolidados y se basa en la ley de Hooke y el criterio de falla de Mohr-Coulomb. El modelo diferencia entre el comportamiento elástico (reversible) y plástico (irreversible) mediante funciones de fluencia, y amplía la ley de fricción de Coulomb a un estado general de esfuerzos utilizando seis funciones en términos de esfuerzos principales (Meléndez & Toalombo, 2022).

#### **2.3.4 Modelo de SHALSTAB**

SHALSTAB está basado en una forma de pendiente infinita de la ley de falla de Mohr-Coulomb; el modelo de Mohr-Coulomb describe la falla del terreno como un proceso de cizallamiento que genera una superficie de deslizamiento en el suelo cuando este pierde su capacidad resistente, sin fracturarse en múltiples fragmentos (Meléndez & Toalombo, 2022).

Este modelo fue desarrollado en 1994 por Montgomery y Dietrich en la Universidad de California en Berkeley, integrando Sistemas de Información Geográfica mediante el uso de celdas ráster. SHALSTAB evalúa la susceptibilidad a movimientos en masa bajo el supuesto de una ladera infinita con un estrato superficial de bajo espesor. El análisis del estado límite se realiza utilizando la ley de Mohr-Coulomb, asumiendo despreciable la cohesión del suelo o compensándola con un mayor valor del ángulo de fricción interna (Meléndez & Toalombo, 2022).

$$\frac{h}{z} = \frac{\rho_s}{\rho} \left( 1 - \frac{\tan \theta}{\tan \phi} \right)$$

El modelo determina el grado de saturación interna ( $h/z$ ) requerido para desestabilizar la ladera, donde:  $h$  es la altura del nivel freático sobre la superficie de deslizamiento,  $z$  es la profundidad del suelo,  $\rho_s$  y  $\rho$  son las densidades del suelo y del agua, respectivamente,  $\tan \theta$

representa la pendiente de la ladera, y  $\phi$  es el ángulo de fricción interna, que mide la cohesión del suelo (Meléndez & Toalombo, 2022).

### ***2.3.5 Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y gestión de riesgo***

El PNUD tiene como objetivo primordial favorecer a la reducción del riesgo de desastres mediante la implementación de medidas de gestión estratégica basadas en el Marco de Acción de Hyogo. Este marco prioriza, la construcción de resiliencia, abordando aspectos clave como prevenir, prepararse, dar respuesta y recuperación ante desastres (PNUD, 2021). En este contexto, el PNUD focaliza sus esfuerzos en las siguientes áreas:

- **Prevención:** implica la gestión del riesgo de desastres a través de la adopción de medidas proactivas que buscan evitar la ocurrencia de desastres o, al menos, mitigar sus impactos. Esto requiere que las decisiones y acciones se ejecuten antes de que se manifiesten fenómenos naturales adversos, promoviendo una planificación anticipada y eficaz (PNUD, 2021).
- **Género:** el PNUD incorpora la perspectiva de género en la gestión del riesgo de desastres, reconociendo que niños, jóvenes, mujeres, ancianos y otros grupos vulnerables suelen ser desproporcionadamente afectados. Según el informe del PNUD denominado Protección del Desarrollo contra los Desastres, las mujeres, en particular, enfrentan condiciones agravadas de pobreza, limitado acceso a la educación y exigua participación en la toma de decisiones tanto políticas como domésticas en situaciones de desastre (PNUD, 2021).
- **Recuperación:** este proceso engloba la planificación, preparación e implementación de acciones destinadas a reactivar las dinámicas sociales, económicas, institucionales y ambientales tras un desastre. La recuperación también representa una oportunidad

para transformar los procesos de desarrollo, promoviendo modelos más sostenibles y resilientes (PNUD, 2021).

### **2.3.6 Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad se define como la susceptibilidad de una población o estructura física a soportar daños ocasionados por un peligro, esta condición varía según factores como la capacidad de afrontamiento, la variedad social, el género, la edad y la exposición a amenazas y se deriva de características físicas, sociales, económicas y culturales que determinan el nivel de afectación frente a un evento adverso (Reyes et al., 2023).

La vulnerabilidad de una población es dinámica y cambia constantemente debido a fluctuaciones en la población, así como a la construcción de residencias, calzadas y otras infraestructuras, este concepto puede expresarse en términos probabilísticos y clasificarse en niveles: bajo, medio, alto y muy alto. En particular, la vulnerabilidad socioambiental está influida por las características inherentes de la población y su entorno, las cuales incluyen factores como la salud, la accesibilidad, la pobreza y aspectos ambientales. Estos elementos definen el grado de fragilidad del territorio y su capacidad para sostenerse frente a desafíos (Reyes et al., 2023).

Las dimensiones de la vulnerabilidad según Pazmiño & Serrano (2022) son:

- **Física:** relacionada con las características físicas de las infraestructuras y su ubicación geográfica, las cuales pueden estar expuestas a eventos peligrosos y sufrir sus efectos.
- **Social:** vinculada al comportamiento, las creencias, la cultura y la organización social de las comunidades, determinando su capacidad de respuesta ante amenazas
- **Ambiental:** referente al uso no sostenible del entorno, que debilita los ecosistemas y aumenta la susceptibilidad a los efectos de eventos adversos

- **Económica:** asociada a la carencia de recursos económicos y al manejo inadecuado de los mismos frente a situaciones de riesgo (Pazmiño & Serrano, 2022).

### **2.3.6.1 Vulnerabilidad física**

Esta dimensión se refiere a la susceptibilidad de las infraestructuras a sufrir daños ante amenazas naturales o humanas. Las amenazas pueden ser fenómenos naturales como sismos, desbordes de ríos, erupciones volcánicas, precipitaciones intensas o fallas geológicas, así como problemas relacionados con defectos de construcción, materiales de baja calidad y mano de obra deficiente. La vulnerabilidad física está estrechamente ligada a factores detonantes que pueden desencadenar eventos perjudiciales (Pazmiño & Serrano, 2022).

### **2.3.6.2 Vulnerabilidad estructural**

La vulnerabilidad estructural abarca las debilidades específicas de las edificaciones, como cimientos, columnas, vigas, losas y muros portantes. Estas estructuras están diseñadas para soportar fuerzas horizontales y verticales, pero pueden deteriorarse con el tiempo o ante eventos adversos, lo que compromete la estabilidad de la construcción (Pazmiño & Serrano, 2022).

Aunque los deslizamientos de tierra no pueden evitarse, es posible reducir sus consecuencias mediante la implementación de planes de prevención y mitigación de desastres. En este contexto, el cumplimiento de las normas de construcción desempeña un papel crucial para garantizar la integridad y operatividad de las edificaciones antes, durante y después del evento, minimizando así los daños estructurales y asegurando la seguridad de las personas (De Mora-Gaibor et al., 2022).

## **2.4 Marco Legal**

### ***2.4.1 Constitución de la República del Ecuador***

**Art. 389.-** El Estado garantiza la protección de las personas, las comunidades y la naturaleza frente a los impactos negativos de desastres, ya sean de origen natural o

humano. Para ello, se implementarán acciones orientadas a la prevención de riesgos, mitigación de desastres, recuperación y mejora de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el propósito de reducir la vulnerabilidad existente. (Constitución de La República Del Ecuador, 2008, p. 118)

**Art. 390.-** La gestión de riesgos se realizará bajo el principio de descentralización subsidiaria, lo que implica que cada institución será directamente responsable de la gestión del riesgo dentro de su jurisdicción geográfica. En caso de que las capacidades locales sean insuficientes, las instancias con mayor alcance territorial, capacidad técnica y recursos financieros ofrecerán el apoyo necesario, respetando la autoridad local sin eximirla de su responsabilidad. (Constitución de La República Del Ecuador, 2008, p. 118)

#### ***2.4.2 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización***

##### ***(COOTAD)***

**Art 7.-** Facultad normativa. - Los consejos regionales, provinciales, concejos metropolitanos y municipales están facultados para ejercer plenamente sus competencias, así como las atribuciones concurrentes que puedan asumir. Esto incluye la capacidad de emitir normativas de carácter general mediante ordenanzas, acuerdos y resoluciones, aplicables dentro de su jurisdicción territorial. (Código Orgánico de Organización Territorial, 2019, pp. 9)

**Art 54.-** Funciones. - Entre las funciones asignadas al gobierno autónomo descentralizado municipal se encuentra: c) establecer el régimen de uso del suelo y planificación urbanística. Para ello, deberán definir las condiciones de urbanización, parcelación, lotización, división u otras formas de fraccionamiento, conforme a la planificación cantonal, garantizando áreas destinadas a zonas verdes y espacios comunales. (Código Orgánico de Organización Territorial, 2019, pp. 27)

**Art. 55.-** Los gobiernos municipales tienen competencias exclusivas, sin perjuicio de otras establecidas por la ley, entre las cuales destacan:

- a) La planificación del territorio y su desarrollo.
- b) El manejo del uso y ocupación del suelo.
- c) La provisión de infraestructura vial.
- d) La prestación de servicios públicos como agua potable, alcantarillado y gestión de

residuos sólidos. (Código Orgánico de Organización Territorial, 2019, pp. 28)

**Art 57.-** Atribuciones del concejo municipal. - El concejo municipal tiene la responsabilidad de: x) Regular y controlar el uso del suelo en el territorio del cantón mediante normativas cantonales, conforme a las leyes aplicables, y definir el régimen urbanístico del suelo. (Código Orgánico de Organización Territorial, 2019, pp. 28)

**Art. 140.-** Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos. - La gestión de riesgos, que abarca acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia para enfrentar amenazas de origen natural o humano, debe ser realizada de forma coordinada y concurrente por todos los niveles de gobierno. Estas acciones deberán alinearse con las políticas y planes emitidos por el organismo nacional correspondiente, respetando lo establecido en la Constitución y la ley. (Código Orgánico de Organización Territorial, 2019, pp. 61)

**Art 466.-** Atribuciones en el ordenamiento territorial. - La regulación del uso y ocupación del suelo dentro del cantón es una atribución exclusiva de los gobiernos municipales y metropolitanos. Los planes y políticas de ordenamiento territorial a este nivel deben orientar las intervenciones de todos los gobiernos autónomos descentralizados dentro del territorio, asegurando una gestión racional y sostenible. (Código Orgánico de Organización Territorial, 2019, pp. 130)

### ***2.4.3 Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (COPYFP)***

**Art. 64.** Prioridad de la producción nacional e inclusión de enfoques ambientales y de gestión del riesgo: En la formulación y ejecución de programas y proyectos de inversión pública, se fomentará la integración de medidas que favorezcan el ecosistema, la mitigación y adaptación al cambio climático, así como la gestión de vulnerabilidades y riesgos tanto de origen humano como natural. (Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas, 2011, p. 50)

### ***2.4.4 Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial Uso y Gestión del Suelo. (LOOTUGS)***

**Art. 11.-** Alcance del componente de ordenamiento territorial: Además de lo dispuesto en el Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas y otras normativas, los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) deberán aplicar los siguientes criterios en su planificación territorial:

3. GAD Municipales y Metropolitanos: Clasificarán el suelo en áreas urbanas y rurales, determinarán su uso y gestión, identificarán los riesgos naturales y antrópicos, promoverán la calidad ambiental y la seguridad, y asegurarán la movilidad y el acceso a servicios básicos y espacios públicos. (Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial Uso y Gestión Del Suelo, 2016, p. 7)

### ***2.4.5 Ley Orgánica para la Gestión Integral de Riesgos de Desastres***

**Art. 21.-**Gestión integral del riesgo de desastres a nivel local.- La gestión integral del riesgo de desastres a nivel local, de conformidad con la Constitución de la República, se realizará en reconocimiento de: 2. La autonomía de los gobiernos autónomos descentralizados y regímenes especiales y su responsabilidad directa en la regulación,

coordinación, dirección y gestión integral de riesgos en su ámbito territorial de conformidad con la presente Ley, su reglamento general de aplicación y las disposiciones de la entidad rectora de la gestión integral del riesgo de desastre. (Ley Orgánica Para La Gestión Integral de Riesgos de Desastres, 2024, p. 20)

**Art 22.-** Comités territoriales para la gestión integral del riesgo de desastres: Con el objetivo de coordinar y ejecutar acciones que permitan comprender, prevenir y mitigar el riesgo, así como estar preparados para responder y reducir las posibles pérdidas humanas y económicas, y tener la capacidad de recuperarse de los efectos de los desastres, las autoridades de los gobiernos autónomos descentralizados a nivel provincial, cantonal, metropolitano y en regímenes especiales deberán conformar un comité para la gestión integral del riesgo de desastres a nivel provincial, cantonal, metropolitano o de régimen especial. Las juntas parroquiales rurales podrán establecer comités locales de acuerdo con las necesidades, capacidades y riesgos específicos de su territorio. (Ley Orgánica Para La Gestión Integral de Riesgos de Desastres, 2024, p. 21)

#### ***2.4.6 Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)***

Creado por el Ministerio de Vivienda, estableció normas para edificaciones sismorresistentes, en 2011, se elaboró la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) con la participación de diversos sectores, y fue oficializada en 2014. Posteriormente, se actualizó en 2015 y 2018. La NEC busca mejorar la calidad y seguridad de las edificaciones, proteger a los ciudadanos y fomentar un desarrollo urbano sostenible (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018).

## **2.5 Glosario de Términos**

**Amenaza:** Se entiende como un proceso, fenómeno o acción humana capaz de causar muertes, contusiones u otros impactos negativos en la salud, dañar bienes, interrumpir la

estabilidad social y económica, o provocar daños al medio ambiente (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2019).

**Amenaza natural:** Son fenómenos que ocurren en la biósfera y pueden resultar en eventos destructivos que afectan el desarrollo normal de un territorio, deteriorando a su vez el entorno natural (Corro, 2023).

**Amenaza socio natural:** Se refiere a los eventos causados por la interacción del ser humano con la naturaleza, tales como aludes, inundaciones y sequías, que ocurren como resultado de esa relación (Corro, 2023).

**Colina:** Son elevaciones del terreno de pequeña magnitud, generalmente no superiores a 100 metros de altura, usualmente tienen forma redondeada y cimas suaves, en contraste con las montañas, pueden originarse por procesos geológicos, erosivos o sedimentarios, dependiendo del territorio y el tipo de colina (Caiza & Quinatoa, 2023).

**Desastre** Se entiende como una grave alteración en el funcionamiento de una población, originada por la interacción de sucesos peligrosos con factores de vulnerabilidad y exposición. Este evento provoca pérdidas o impactos en los ámbitos humano, material, ambiental y económico, lo que requiere la intervención del Estado central (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2019).

**Evento:** Es un fenómeno, ya sea este socio natural, natural o tecnológico, que procede como el detonante de efectos hostiles sobre la vida humana, la salud, las bases económicas, sociales y ambientales de una zona determinada (Caiza & Quinatoa, 2023).

**Gestión de Riesgos:** Es el conjunto de políticas y estrategias diseñadas para la prevención de nuevos riesgos, comprimir los existentes y tratar el riesgo residual, con la finalidad de endurecer la resiliencia y menguar las pérdidas ocasionadas por desastres (Salazar, 2023).

**Geomorfología:** Es la disciplina científica que estudia la génesis, la evolución y la configuración existente del relieve terrestre, sus hallazgos son fundamentales, ya que tienen aplicaciones prácticas en la planificación y ordenamiento del territorio, lo que permite una mejor explotación de los recursos naturales y una relación armónica entre los seres humanos y el medio geofísico en el que realizan diversas actividades, ya sean habitacionales, económicas, sociales, culturales o geopolíticas (Salazar, 2023).

**Geología:** Es la ciencia que estudia el planeta Tierra en su totalidad, se orienta en el análisis de los materiales que lo componen y los procesos que ocurren tanto internamente como en su superficie y su estructura interna. Esto contiene el estudio de minerales, fósiles, rocas, fenómenos volcánicos y sísmicos, océanos, montañas, suelos, erosión, paisajes y sedimentación (Salazar, 2023).

**Mitigación:** Son acciones destinadas a reducir el impacto o daño que un agente perturbador pueda causar sobre un objetivo vulnerable, para conseguirlo, es crucial erigir una visión de municipio resiliente en colaboración con la población, y financiar estudios, adiestramientos, medidas preventivas y obras para disminuir riesgos (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2022)

**Montaña:** Una montaña es una formación terrestre elevada de manera natural, que generalmente se caracteriza por estar coronada por uno o más picos. Este es el rasgo que diferencia a las montañas de las colinas (Caiza & Quinatoa, 2023).

**Movimientos en masa:** Se producen cuando la gravedad actúa sobre una masa específica, interactuando con eventos desencadenantes, ya sean naturales o causados por actividades humanas, que alteran el equilibrio del terreno (Consejo Nacional de Planificación, 2024).

**Pendiente:** Hace referencia a la inclinación o declive de una superficie en relación con el plano horizontal. Los procesos que modelan las laderas dependen de su grado de inclinación,

existiendo un ángulo límite (aproximadamente 45 grados, aunque este puede variar según el tipo de roca) a partir del cual se activan dichos procesos de modelado.

**Remoción en masa:** También conocida como movimiento de inclinación, es el proceso geomorfológico mediante el cual el suelo y el regolito se desplazan debido a la acción de la gravedad (Corro, 2023).

**Riesgo:** El riesgo hace referencia a la probabilidad de que una comunidad sufra daños sociales, ambientales y económicos a lo largo de un período de tiempo determinado, dependiendo de su vulnerabilidad y del tipo de amenaza. Una adecuada gestión del riesgo ayuda a reducir los impactos potenciales al intervenir de manera efectiva antes, durante y después de un desastre (UNDP, 2020).

**Susceptibilidad:** La susceptibilidad se entiende como la propensión de una zona para ser afectada por un proceso específico, en este caso, un movimiento de masas (Caviedes & Chaparro, 2021).

**Susceptibilidad a deslizamientos:** Es la propensión del terreno a soportar un deslizamiento, en función de sus circunstancias topográficas, geológicas y de humedad (Caiza & Quinatoa, 2023).

**Vulnerabilidad:** Son las condiciones inherentes a factores o procesos sociales, económicos, físicos y ambientales que acrecientan la susceptibilidad de individuos, poblaciones, bienes o sistemas a los efectos de las amenazas (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2019).

**Zonificación:** La zonificación consiste en la delimitación de un área geográfica en la que sucede un fenómeno determinado, los estudios de zonificación de la susceptibilidad de un área a deslizamientos permiten la identificación de zonas de laderas que, debido a la interacción de

factores condicionantes de inestabilidad, son más proclives a sufrir deslizamientos de tierra (Caviedes & Chaparro, 2021).

**Meteorización:** Procesos de desintegración física y descomposición química que afectan a las rocas ubicadas en la superficie terrestre o en zonas próximas a ella.

**Licuefacción:** “Es la transición de un material sólido a un estado líquido provocada por un aumento de presión en los poros del material” (Pastor, 2017).

**Erosión:** Llamamos "erosión" a una serie de procesos naturales físicos químicos que desgastan y destruyen los suelos y rocas de la corteza de un planeta, en este caso, de la Tierra. (UNDDR, 2022)

**Humedad:** Es una de las características más importantes, ya que tiene una relación directa con la productividad de los sistemas agrícolas y forestales. (Andrade, 2008)

**Vulnerabilidad Física:** La propensión de las estructuras e infraestructuras a padecer daños a causa de amenazas naturales, particularmente en zonas susceptibles a sucesos como deslizamientos o sismos. (Cardona, 2001).

### **Modelo Digital para Elevación (DEM).**

"Es un conjunto de datos numéricos que muestra la distribución espacial de la altitud de la superficie del suelo" (Felicísimo, 2011).

### **Mitigación de Riesgos.**

Implementación de estrategias y medidas orientadas a disminuir el efecto de amenazas naturales en la población e infraestructura. (Smith & Petley, 2009).

**Precipitación.**

La cantidad de agua que se precipita sobre la superficie de la Tierra en forma de lluvia, nieve u otros, es un elemento crucial en la saturación del terreno. (Dingman, 2015).

**Manejo de Riesgos.**

Conjunto de acciones destinadas a detectar, valorar y minimizar el efecto de amenazas naturales en las comunidades. (Kaplan & Mikes, 2012).

**Saturación del Suelo.**

Estado en el que el terreno está totalmente revestido de agua, lo que reduce su cohesión y eleva la probabilidad de deslizarse. (E. M., 2015).

**Vulnerabilidad Estructural.**

Nivel al que una estructura está expuesta a sufrir daños ante amenazas naturales. O. D. Cardona (2001).

**Geotecnia.**

Sector de la ingeniería que analiza la conducta de los materiales rocosos y del suelo para usos en la edificación y evaluación de su estabilidad. (E. M., 2015).

## **CAPITULO III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo de Investigación**

Con relación a una investigación descriptiva (Hernández et al., 2017), el propósito es analizar y detallar las características fundamentales relacionadas con el objeto de estudio. En este contexto, se examina la gestión del riesgo utilizando criterios sistemáticos que permiten comprender la estructura y el comportamiento del deslizamiento en la colina San Bartolo, proporcionando información detallada que facilita un análisis comparativo y preciso, por lo tanto se utilizará la investigación descriptiva ayudando a recolectar y describir datos mediante el análisis de información histórica, revisión de documentos, entrevistas y observación directa en campo, facilitando a identificar y evaluar las condiciones de vulnerabilidad frente a la amenaza de deslizamientos en la colina San Bartolo.

### **3.2. Enfoque de la Investigación**

La metodología empleada en el estudio es de enfoque mixto, integrando tanto análisis cualitativos como cuantitativos, de acuerdo con la propuesta de Hernández et al. (2017), lo que permite combinar datos cuantitativos sobre la frecuencia, magnitud y probabilidad de eventos de riesgo con una descripción detallada de las condiciones ambientales y de vulnerabilidad de la zona, por consiguiente se realizara la recolección de datos en campo se realizó mediante fichas técnicas para evaluar la estabilidad del talud, mientras que la matriz PNUD será utilizada para analizar la fragilidad física y estructural de las edificaciones. Esta combinación de datos permitió determinar los niveles de riesgo y vulnerabilidad presentes en el área de estudio.

### **3.3. Métodos de Investigación**

El método deductivo se basa en principios o teorías generalmente aceptadas y se utilizan en situaciones específicas para obtener conclusiones concretas, lo que permite al estudio realizar mediante la observación directa de los factores involucrados, recolectando de esta forma datos

pertinentes a la investigación, se identificarán los factores de vulnerabilidad y susceptibilidad de las edificaciones ante deslizamientos, obteniendo conclusiones específicas sobre el grado de riesgo al que se exponen las estructuras analizadas. Hernández et al. (2017).

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

El desarrollo de la investigación, la recopilación de la información se efectuó a través de fuentes primarias, lo que brindó datos reales y específicos sobre el tema que se investiga y se fundamentó en varias fuentes secundarias, la cual brindó información general del tema ya procesada y analizada, permitiendo tener una visión general del tema de investigación.

**Observación directa:** La realización de una visita de campo permite recopilar información sobre la zona de estudio así mismo se buscó identificar características propias del territorio, como la textura y densidad del suelo, la topografía irregular del terreno (ángulo de inclinación de las pendientes), además de las zonas de máxima acumulación y las áreas inestables del mismo. Con base en estos insumos, se pudo determinar las áreas susceptibles a deslizamientos en la Colina San Bartolo.

**Revisión bibliográfica:** Para obtener una mejor perspectiva sobre el tema de estudio, se realizó una revisión de la bibliografía y documentación relacionada. Además, a través de la búsqueda de información secundaria, se recopilaron datos de documentos bibliográficos que contribuyeron a mejorar las metodologías propuestas para esta investigación, aclarando dudas y añadiendo otros métodos significativos para el cumplimiento de los objetivos específicos.

**Guía de observación de campo:** Los datos e información recolectados del área de estudio se registraron en un documento en Excel previamente diseñado. En la cual se determinó la granulometría del suelo, la densidad del suelo y la densidad de la roca.

#### ***3.4.1 Técnicas de recolección de Información por objetivo***

##### **Objetivo 1:**

Para alcanzar este objetivo, se creó un Modelo Digital de Elevación (DEM) utilizando un dron, el cual fue procesado en el software Agisoft Metashape. También fue necesario realizar un análisis de laboratorio del suelo para determinar su tipo y la densidad real del mismo, información esencial para aplicar adecuadamente la metodología de SHALSTAB. Con el DEM ya generado y los datos del análisis de suelo, se puede empezar a trabajar en el mapa de inestabilidad y zonas susceptibles a deslizamientos de la unidad morfológica de la colina "San Bartolo".

### **Objetivo 2:**

Para determinar el nivel de vulnerabilidad física de las edificaciones ante la amenaza de deslizamientos, se utilizará una matriz del PNUD, modificada y adaptada a las necesidades específicas, la cual será esencial para identificar las viviendas más vulnerables. La información necesaria para el llenado de la matriz se obtendrá a través de una salida de campo, donde se recopilarán todos los datos requeridos para las variables a considerar en el análisis, asegurando así una evaluación precisa y efectiva de la vulnerabilidad.

### **Objetivo 3:**

Para fortalecer el proyecto investigativo, se desarrollarán medidas de reducción de riesgos frente a la vulnerabilidad física de las edificaciones con el fin de minimizar los efectos secundarios ante la ocurrencia de deslizamientos en las zonas expuestas.

## **3.5. Población y Muestra**

Dentro del trabajo investigativo, se identificaron el objeto de estudio denominado el área de la colina San Bartolo, que abarca aproximadamente 30 hectáreas, por lo tanto, las viviendas situadas dentro de la zona de estudio es un total de 64 viviendas, entonces se consideró una muestra que incluye de 19 viviendas que se encuentran en zonas susceptibles a deslizamientos,

con la finalidad de evaluar su vulnerabilidad y las condiciones estructurales de estas edificaciones.

### **3.6. Técnicas de análisis y procesamiento de la Información**

**Objetivo Especifico N°1:** Identificar las áreas susceptibles a deslizamientos que ponen en peligro las edificaciones ubicadas en la unidad morfológica de la colina San Bartolo.

Como primer paso para identificar las zonas susceptibles a deslizamientos en la Colina San Bartolo, se llevó a cabo una visita de campo para realizar el análisis en el laboratorio de suelos, información necesaria para trabajar con la metodología propuesta. La zona de estudio se definió utilizando el Google Earth y el programa ArcGIS 10.5, basado en un Modelo Digital de Elevación (DEM) generado mediante un dron y procesado con el software Agisoft Metashape. Luego de haber delimitada la zona de estudio, se importarán los datos en ArcView 3.2 y se complementarán con información real de la zona, como la densidad del suelo y el ángulo de fricción, siguiendo el procedimiento del modelo SHALSTAB, se obtendrán insumos esenciales, como curvas de nivel, pendientes, zonas de máxima acumulación y áreas inestables, para aplicar el criterio de la ley de Mohr-Coulomb. Finalmente, se ingresarán los datos en ArcScene, para su análisis, lo que permitirá generar un mapa de zonas susceptibles a deslizamientos en la Colina San Bartolo.

#### ***Metodología empleada para la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos***

Para identificar las zonas susceptibles a deslizamientos en la colina San Bartolo, fue necesario recopilar varios insumos que se detallan a continuación:

#### **Modelo Digital de Elevación (DEM)**

Se generó el Modelo Digital de Elevación (DEM) utilizando el programa Agisoft, con una resolución de 1 metro, con el fin de obtener un nivel de detalle más preciso de la zona de estudio.

#### **Delimitación de la zona de estudio**

Se consideraron los límites de la colina San Bartolo, utilizando Google Earth para posteriormente trasladar esta información al programa ArcGIS 10.5 en el que se obtuvo un shapefile delimitando la zona de estudio con un aproximado de 30 hectáreas.

### **Curvas de Nivel**

Se genera utilizando el modelo SHALSTAB del software ArcView 3.2, donde se importará el DEM previamente delimitadas con la zona de estudio. A través de la herramienta SHAL\_special - Create Contours, se generan automáticamente las curvas de nivel con un intervalo de 5 metros.

### **Mapa de Pendiente**

Se debe realizar una selección de los datos previamente obtenidos. A través de la herramienta SHALTopo, utilizando la opción "Slope", se generará como resultado preliminar un mapa de pendientes que incluirá el porcentaje de inclinación correspondiente.

### **Tabla 4**

*Pendiente y porcentaje de inclinación*

<b>Porcentaje de Inclinación</b>
0 - 10%
10 - 20%
20 - 41%
41 - 60%
60 - 70%
70 - 80%
80 - 100%
más de 100%

*Nota.* Se presenta los porcentajes de Inclinación de la pendiente. Fuente ArcView Gis 3.2,

### **Modelo a/b zonas de acumulación**

Para la elaboración del mapa de zonas de máxima acumulación, se utilizó el Modelo SHALSTAB, seleccionando la herramienta SHALTAB TOPO y optando por la opción

"Contribuid área". Este proceso generó las zonas de acumulación junto con sus valores correspondientes.

**Tabla 5**

*Zonas de acumulación con valores en mm*

<b>Valores de acumulación (mm)</b>
Menos de 25 mm
25 - 50 mm
50 - 100 mm
100 - 200 mm
200 - 500 mm
500 - 1000 mm
1000 - 2000 mm
2000 - 4000 mm
Mas de 4000 mm

*Nota.* Fuente: ArcView Gis 3.2.

### **Modelo q/T de zonas estables e inestables**

En este proceso, es fundamental contar con datos sobre el análisis del suelo de la colina San Bartolo, incluyendo datos como la textura del suelo, densidad real del mismo en suelo seco y el ángulo de fricción.

**Tabla 6**

*Textura y densidad real del suelo*

<b>Simbología</b>	<b>Tipo de suelo</b>	<b>Subgrupo (Textura)</b>	<b>Densidad Real del suelo seco</b>
SW	Arena	Arenas bien Graduadas	1605 kg/m <sup>3</sup>
GW	Grava	Gravas bien Graduadas	2811 kg/m <sup>3</sup>
R	Roca	Andesitas basálticas meteorizadas	2594 kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* Se muestra las características de la textura y densidad del suelo. Elaborado por: Amangandi M & Bayas J, 2024.

**Tabla 7***Densidad relativa y ángulo de fricción en suelos sin cohesión*

<b>Estado de empaquetamiento</b>	<b>Densidad relativa (%)</b>	<b>Angulo de Fricción <math>\phi'</math> (°)</b>
Muy suelto	<20	<30
suelto	20 - 40	30 - 35
Compacto	40 - 60	35 - 40
Denso	60 - 80	40 - 45
Muy denso	>80	>45

*Nota.* Se describe la densidad relativa y el ángulo de fricción de suelo.

Utilizando la herramienta SHALTAB –  $q/T$  from slope área grids, se genera el modelo  $q/T$ , el cual permite calcular el índice ponderado de las áreas que se consideran incondicionalmente estables e incondicionalmente inestables. Estos resultados serán analizados en el programa Global Mapper 24.0, donde se realizará una clasificación adecuada facilitando un análisis más exhaustivo.

**Tabla 8***Índice de  $q/T$  de las zonas estables e inestables*

<b>Índice <math>q/T</math></b>
Crónica inestabilidad
$q/T < -3.1$
$-3.1 < q/T < -2.8$
$-2.8 < q/T < -2.5$
$-2.5 < q/T < -2.2$
$q/T > -2.2$
Estable

*Nota.* Fuente: ArcView Gis 3.2.

Con los resultados obtenidos del modelo  $q/T$ , se utilizará el programa ArcScene una extensión de ArcGIS, para crear un mapa que ilustre la estabilidad e inestabilidad de la Unidad Morfológica de la Colina San Bartolo. En este mapa, las áreas clasificadas como estables se

presentan de color verde valores positivos entre 0 y 10.00 m, mientras que las áreas inestables se mostraran de color rojo con valores negativos que oscilan entre 0 y -10.00.

**Tabla 9**

*Criterios de clasificación de Zonas estables e inestables*

Clasificación	Simbología	Índice ponderado del q/T
Estable		0.0 a 10.0 m
Inestable		< 0.0 a - 10.0 m

*Nota. Elaborado por: Amangandi M & Bayas J, 2024.*

### **Zonas de susceptibilidad a deslizamientos**

Para finalizar el procedimiento, se elabora un mapa de áreas propensas a deslizamientos en la Colina San Bartolo, basado en el índice ponderado del modelo q/T para las zonas estables e inestables, incluyendo una clasificación adecuada, simbología específica y un índice de susceptibilidad correspondiente.

**Tabla 10**

*Índice de susceptibilidad a deslizamientos*

Clasificación	Simbología	Índice de susceptibilidad
Muy Ata susceptibilidad		- 10.0 a -3.1
Ata susceptibilidad		-3.1 a -2.8
Media susceptibilidad		-2.8 a -2.5
Moderada susceptibilidad		-2.5 a -2.2
Baja susceptibilidad		-2.2 a 0.0
Muy baja susceptibilidad		> 0.0 a 10.00

*Nota. Elaborado por: Amangandi M & Bayas J, 2024.*

**Objetivo Especifico N°2:** Determinar el nivel de vulnerabilidad física de las edificaciones frente a la amenaza de deslizamientos.

Mediante la información recopilada durante la visita de campo y la matriz existente desarrollada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), se consideró la implementación de varias variables incluidas en la matriz, así como algunas modificaciones

sugeridas por expertos. Se procedió a ingresar los datos en una hoja de cálculo que permite identificar variables relevantes en relación con el deslizamiento.

Para obtener el índice de vulnerabilidad física, se multiplica el valor del indicador por el peso de ponderación, lo que resulta en un valor máximo. La sumatoria de estos valores máximos proporciona el índice final, con cada indicador clasificado de la siguiente manera:

**Tabla 11**

*Puntaje de los Niveles de vulnerabilidad*

<b>Puntajes de los niveles de vulnerabilidad</b>	
<b>Nivel de Vulnerabilidad</b>	<b>Puntaje (Rango)</b>
Baja	1 a 25 puntos
Media	26 a 50 puntos
Alta	51 a 75 puntos
Muy alta	76 a 100 puntos

*Nota:* Esta tabla muestra el nivel de vulnerabilidad de acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Secretaría de Gestión de Riesgos.

La mencionada metodología considera evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones a través de las siguientes variables: sistema estructural, tipo de material en paredes, tipo de cubierta, sistema de entresijos, número de pisos, año de construcción, estado de conservación, características del suelo bajo la edificación, topografía del sitio, forma de la construcción y zona susceptible a deslizamiento. Para el presente estudio las variables antes mencionadas se considerarán como subvariables que son parte de la variable vulnerabilidad de edificaciones (SNGR-PNUD, 2012).

**Tabla 12**

*Matriz del Programa de las Naciones Unidas (PNUD)*

<b>Variables de</b>		<b>Vulnerabilidad la Amenaza de Deslizamiento</b>
---------------------	--	---

<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Valor Indicador</b>	<b>Peso ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Sistema estructural</b>	Hormigón armado	1.0	0.6	6.0
	Estructura metálica	5.0		
	Estructura de madera	10.0		
	Estructura de caña	10.0		
	Estructura de pared portante	10.0		
	Mixta madera-hormigón	10.0		
	Mixta metálica-hormigón	10.0		
<b>Tipo de material en paredes</b>	Pared de ladrillo	1.0	0.6	6.0
	Pared de bloque	5.0		
	Pared de piedra	10.0		
	Pared de adobe	10.0		
	Pared de tapial-bahareque-madera	10.0		
<b>Tipo de cubierta</b>	Cubierta metálica	NA	0.0	0.0
	Loza de hormigón armado	NA		
	Vigas de madera y zinc	NA		
	Caña, zinc, eternit	NA		
	Vigas de madera y Teja	NA		
<b>Sistema de entrepisos</b>	Loza de hormigón armado	NA	0.0	0.0
	Vigas y entramada de madera	NA		
	Entramado madera-caña	NA		
	Entramado metálico	NA		
	Entramado hormigón-metálica	NA		
<b>Número de pisos</b>	1 piso	10.0	0.6	6.0
	2 pisos	5.0		
	3 pisos	1.0		
	4 pisos	1.0		
	5 pisos o más	1.0		

<b>Año de Construcción</b>	Antes de 1970	10.0	0.8	8.0
	Entre 1971 y 1980	5.0		
	Entre 1981 y 1990	1.0		
	Entre 1991 y 2010	1.0		
	2011 en adelante	1.0		
<b>Estado de conservación</b>	Bueno	1.0	0.6	6.0
	Aceptable	1.0		
	Regular	5.0		
	Malo	10.0		
<b>Características del suelo bajo la edificación</b>	Firme, Seco	1.0	2.0	20.0
	Inundable	10.0		
	Ciénega	10.0		
	Húmedo-blando-relleno	5.0		
<b>Topografía del sitio</b>	A nivel, terreno plano	1.0	4.0	40.0
	Bajo nivel calzada	10.0		
	Sobre nivel calzada	5.0		
	Escarpe positivo o negativo	10.0		
<b>Forma de la construcción</b>	Regular	NA	0.0	0.0
	Irregular	NA		
	Irregularidad severa	NA		
<b>Zona susceptibilidad a deslizamientos</b>	Muy baja susceptibilidad	1.0	0.8	8.0
	Baja susceptibilidad	5.0		
	Moderada susceptibilidad	5.0		
	Media susceptibilidad	10.0		
	Alta susceptibilidad	10.0		
	Crítica susceptibilidad	10.0		
<b>Total</b>			<b>10.0</b>	<b>100.0</b>

Nota. Fuente: PNUD & SGR.

Los resultados se representarán en mapas temáticos de vulnerabilidad de las edificaciones a deslizamientos. Los mapas serán elaborados en ArcGIS 10.5 y contendrán las bases de datos

con información de las variables, subvariables, indicadores, pesos de ponderación, valores máximos, índice y niveles de vulnerabilidad.

*Nota:* En la metodología de SNGR-PNUD (2012) se asigna el valor 0 (cero) para infraestructuras de hormigón (tipo de estructura, paredes, entrepisos, otros), sin embargo, la ciudad de Guaranda está localizada en una zona de alta intensidad sísmica es por ello que se ha considerado dar un valor de 1,0 como mínimo.

**Tabla 13**

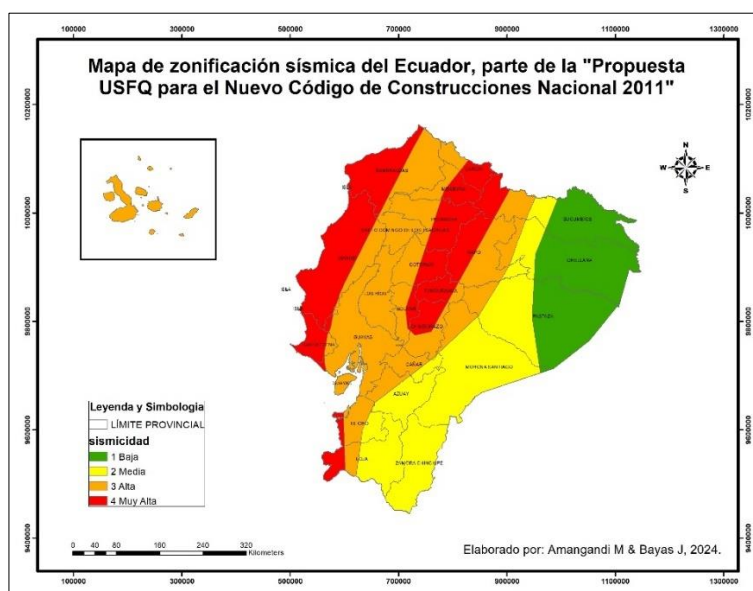
*Valores del factor z en función de las zonas sísmicas*

Zona sísmica	I	II	III	IV
Valor factor Z	0.10	0.25	0.35	0.45
Caracterización del peligro sísmico	Baja	Media	Alta	Muy Alta

*Nota.* Fuente: Peligro Sísmico (NEC-SE-DS). Elaborado por: Amangandi M & Bayas J, 2024.

**Figura 9**

*Mapa de zonificación sísmica del Ecuador*



*Nota.* Se presenta el mapa de peligro sísmico del Ecuador. Elaborado por: Amangandi M & Bayas J, 2024.

**Objetivo Especifico N°3:** Proponer medidas de reducción, mitigación y estrategias de adaptación efectivas frente a la vulnerabilidad física de las edificaciones.

Para alcanzar este objetivo, se tomarán se va tener en cuenta los resultados del objetivo 1 y del objetivo 2, incorporando medidas tanto estructurales como no estructurales para abordar la vulnerabilidad de las edificaciones ante la amenaza de deslizamientos. Estas medidas se realizarán a partir de las observaciones realizadas en campo, revisiones bibliográficas y consultas con expertos en ingeniería civil con el propósito de implementar estrategias que minimicen el riesgo de deslizamientos y eviten daños potenciales en las edificaciones, especialmente en aquellas viviendas más vulnerables y susceptibles a deslizamientos, lo que podría resultar en pérdidas económicas, daños a la infraestructura y, en el peor de los casos, la pérdida de vidas. Estas medidas están diseñadas para proteger la integridad física de los habitantes que residen en la unidad morfológica de la colina San Bartolo.

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS OBTENIDOS DEL PRIMER OBJETIVO

Identificar las áreas susceptibles a deslizamientos que ponen en peligro las edificaciones ubicadas en la unidad morfológica de la colina San Bartolo.

Para lograr este objetivo, se usó la metodología de SHALSTAB aplicando la ley de Morth Coulomb, en él se observa los resultados de las zonas susceptibles ante la amenaza de deslizamientos en la colina San bartolo, estos resultados se validaron con otra metodología que es de la secretaria de Gestión de Riesgos mediante el cual se utilizó la: pendiente, geología, geomorfología, textura del suelo, cobertura vegetal, fallas geológicas e isoyetas.

A continuación, se detalla el paso a paso para poder lograr dicho resultado:

#### 4.1.1. Delimitación de la zona de estudio

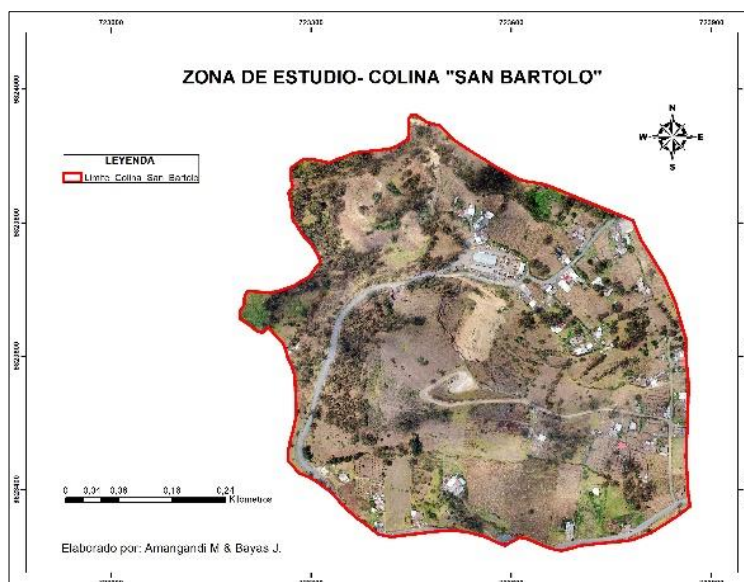
Comenzó por delimitar la zona de estudio que está centrada principalmente en la unidad morfológica de la colina San Bartolo, junto con una pequeña población perteneciente a la misma. La delimitación se realizó mediante Google Earth que abarca un área de aproximadamente 30 hectáreas.

#### Figura 10

*Zona de estudio “Colina San Bartolo”*



Nota. Fuente: Google Earth Pro (Vargas, 2000).

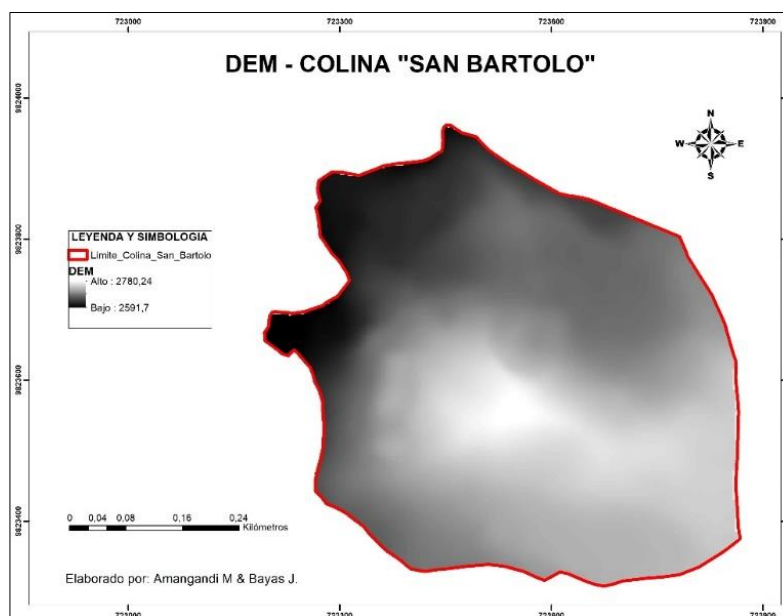


#### 4.1.2. Obtención del Modelo Digital de Elevación (DEM)

Con la ayuda de un dron se logró capturar imágenes satelitales del área de estudio para posterior procesarlas utilizando el software Agisoft Metashape obteniendo el Modelo Digital de Elevación (DEM) requerido para el proyecto de investigación.

#### Figura 11

*DEM de la colina San Bartolo*



*Nota. Se observa la elaboración del DEM. Fuente: ArcView Gis 3.2.*

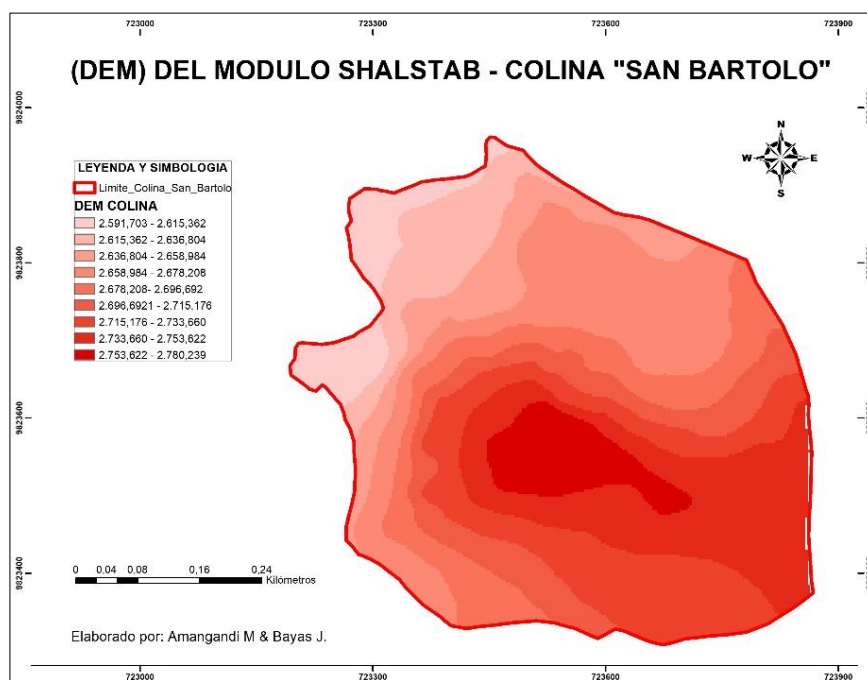
### 4.1.3. Análisis de Laboratorio del Suelo

En este paso fue fundamental realizar un análisis de laboratorio del suelo, permitiendo identificar los tipos de suelo predominantes en la colina. Se evidenció la presencia de gravas y arenas, así como de rocas tipo andesitas basálticas meteorizadas, con la obtención de estos datos se determinó la densidad real del suelo y el ángulo de fricción. Toda la información se obtuvo en el laboratorio de suelos "WIDCAF".

Una vez que se obtuvo todos los datos necesarios se aplicó la metodología del modelo SHALSTAB, utilizando el software ArcView GIS 3.2, misma que ayudo en la obtención de las curvas de nivel, la pendiente, las zonas de acumulación y el q/T de las zonas estables e inestables del lugar, un elemento esencial para el desarrollo del mapa de susceptibilidad a deslizamientos.

### Figura 12

(DEM) MODELO SHALSTAB de la Colina San Bartolo



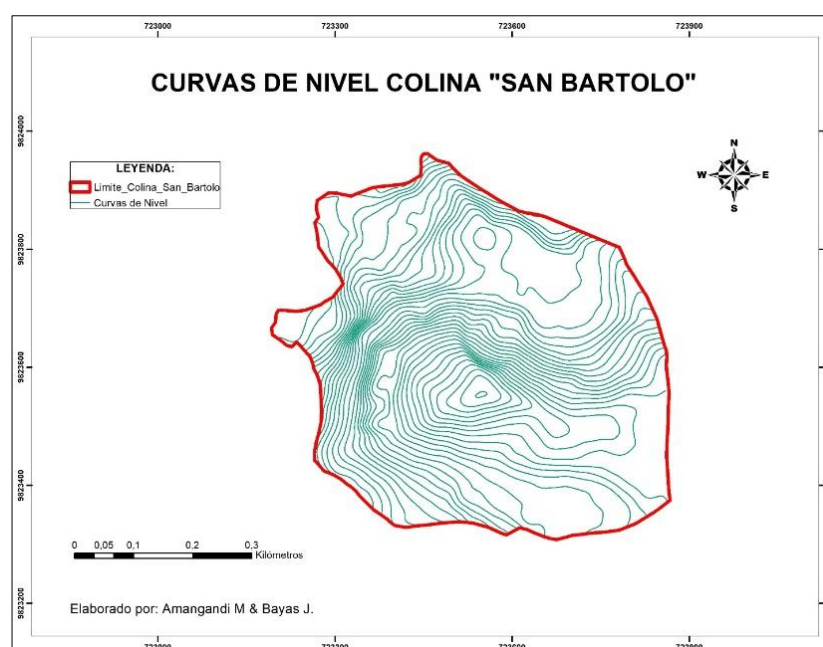
Nota. Se observa la elaboración del MODELO en ArcView Gis 3.2.

#### 4.1.4. Curvas de Nivel

Utilizando la herramienta SHALSTAB SPACIAL - Create Contours y considerando los diferentes tipos de suelo, como arenas, gravas y rocas, se generan automáticamente las curvas de nivel con un intervalo de 5 metros. El mapa de curvas de nivel indica que la zona de estudio se caracteriza por una diversidad de rangos de inclinación y elevación, factores que afectan la susceptibilidad a deslizamientos.

### Figura 13

*Curvas de Nivel de la Colina San Bartolo*



*Nota. Se observa la elaboración de las curvas de nivel en ArcView Gis 3.2.*

#### 4.1.5. Pendiente

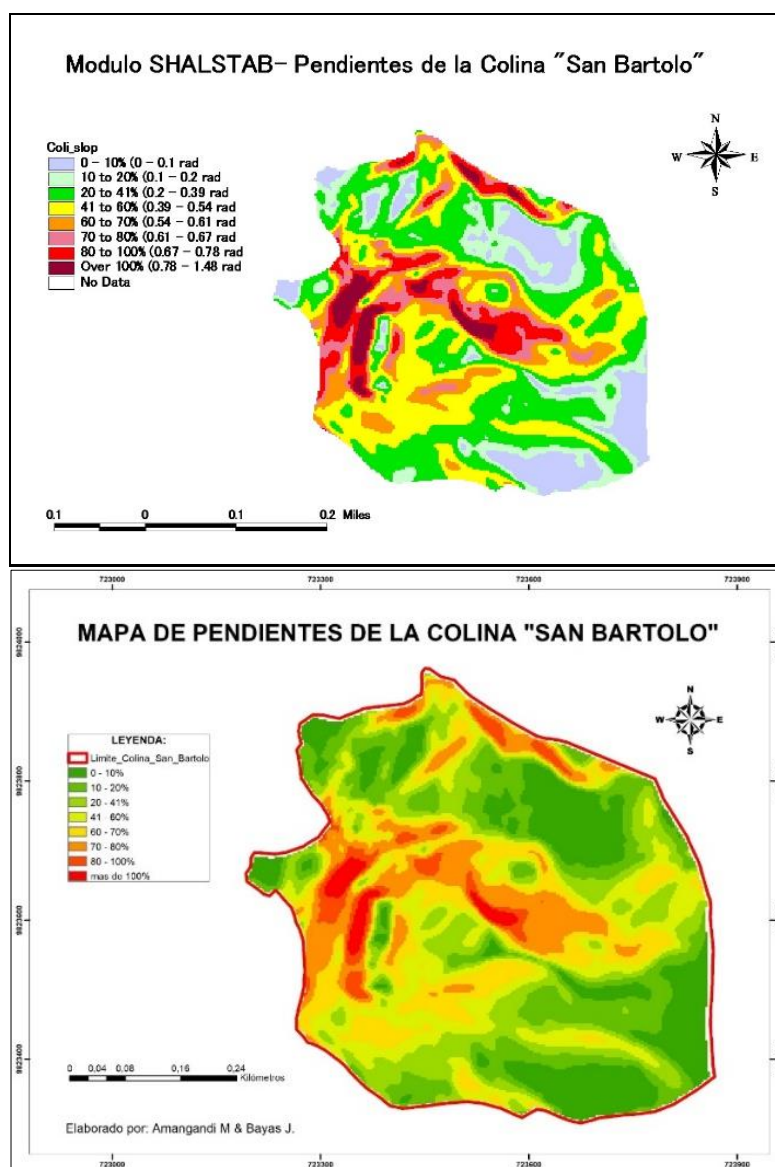
A partir de las curvas de nivel, se genera la pendiente utilizando el Modelo SHALSTAB. En este proceso se identifican las diferentes clases de pendientes y los porcentajes de inclinación asociados. Se puede observar que la colina se encuentra en un terreno que abarca diversas clases de pendientes con porcentajes de inclinación que varían de la siguiente manera: 0-10% para la

clase Plana, 20-41% para la clase Media, 41-60% para la clase Media a Fuerte, 60-70% para la clase Fuerte, 70-80% para la clase Muy Fuerte, y 80-100% para la clase Escarpada.

Según la representación gráfica, en la colina San Bartolo, la clase de pendiente predominante es Media, con un porcentaje de inclinación que oscila entre el 20 al 41%.

### Figura 14

*Mapa de pendiente de la colina San Bartolo*

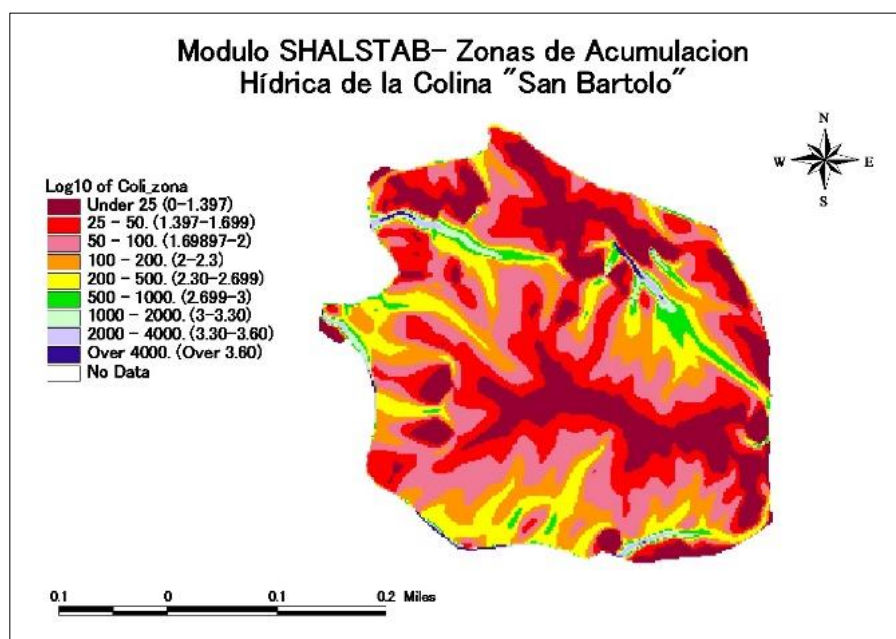


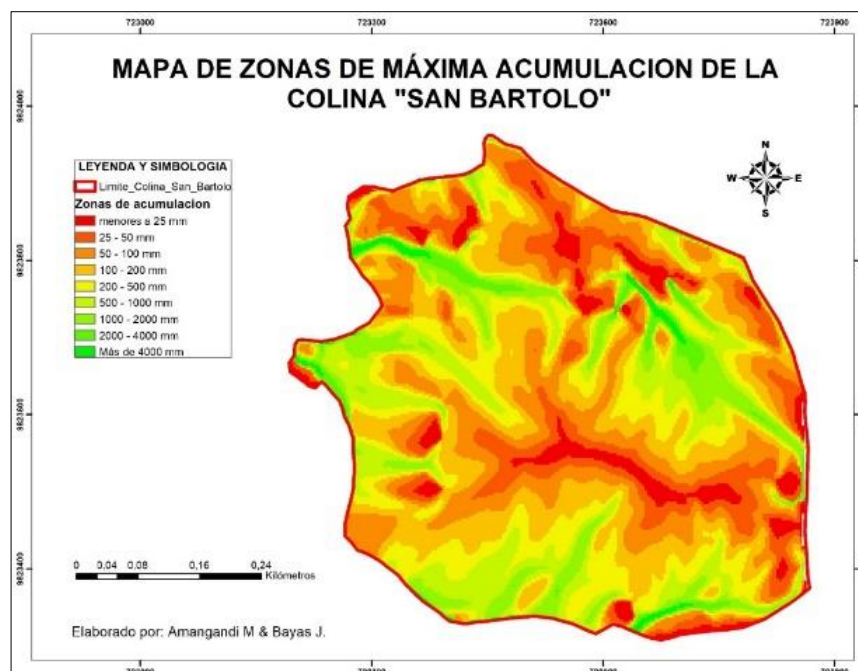
*Nota. Se observa la elaboración del mapa de pendiente tanto en ArcView Gis 3.2 como en ArcGIS 10.5, Elaborado por: Amangandi M & Bayas J, 2024.*

#### 4.1.6. Zonas de acumulación

De acuerdo con el modelo de SHALSTAB, las zonas de acumulación son áreas donde el agua se concentra debido a la topografía y características del suelo, lo que puede influir en la estabilidad del terreno. En este contexto, se puede observar una distribución heterogénea de la acumulación de agua, con una zona de baja acumulación (25-50 mm) en las partes altas y bajas de la colina, mientras que en la sección media se presenta una zona de alta acumulación (50-200 mm), incluyendo puntos específicos con acumulaciones de 100 a 2000 mm e incluso superiores a 4000 mm, lo que indica que la zona de máxima acumulación se localiza en la parte media de la elevación.

**Figura 15**  
*Zonas de acumulación*





*Nota. Se observa la elaboración del mapa de zonas de acumulación tanto en ArcView Gis 3.2 como en ArcGIS 10.5.*

#### 4.1.7. Modelo $q/T$ de Zonas estables e inestables

Una vez que se obtuvo las zonas las curvas de nivel, pendientes, zonas de máxima acumulación, ángulo de fricción interna y densidad real del suelo, se realiza el cálculo del índice final  $q/T$  en el que nos indica las áreas clasificadas como incondicionalmente estables e incondicionalmente inestables.

Cabe mencionar que el ángulo de fricción interna se determina considerando el tipo de suelo predominante, en este caso arenas y gravas, además se hizo uso de una tabla de ángulos de fricción según Lambe & Whitman el cual facilitó la obtención de los datos para luego aplicar la ley de Mohr- Coulomb. Por otro lado, la densidad del suelo se obtuvo transformando los valores de  $g/cm^3$  a  $kg/m^3$ , basándose en el análisis de suelo realizado en el Laboratorio WIDCAF.

**Tabla 14**

*Componentes y fracciones del suelo*

Suelo	Fracción del suelo	Símbolo	Granulometría y descripción	Definición de las propiedades
-------	--------------------	---------	-----------------------------	-------------------------------

Fracciones Gruesas	Grava	G	Redondeada a angulosa, procedente de rocas duras; pasa por el tamiz de 3" (76.2 mm) y es retenida por el tamiz No. 4 (4.76 mm)	La grava y la arena tienen esencialmente las mismas propiedades ingenieriles, aunque en grados diferentes. El tamiz No. 4 es una división arbitraria y no corresponde a un cambio apreciable de propiedades. Son fáciles de compactar, resultan poco afectadas por la humedad y no están sujetas a la acción del flujo de agua y más resistentes a la erosión y a la lubricación que las arenas. Las gravas suelen ser más estables frente al flujo de agua y más resistentes a la erosión y a la lubricación que aquellas deficientemente graduadas (granulometría uniforme). La irregularidad de las partículas hace aumentar ligeramente la estabilidad. La arena fina uniforme tiene características próximas a un limo: es decir, disminuye su permeabilidad y reduce su estabilidad al aumentar la humedad.	
		Gruesa			Entre los tamices 3" a 3/4" (76.2 mm a 19 mm)
		Fina			Entre los tamices 3/4" a 3/4" (19 mm a 4.76 mm)
		Arena	S		Redondeada a angulosa, procedente de rocas duras; pasa por el tamiz No. 4 (4.76 mm) y es retenida por el tamiz No. 200 (0.074 mm)
		Gruesa			Tamices No. 4 a 10
		Media			Tamices No. 10 a 40
		Fina			Tamices No. 40 a 200

Nota. Se describe la granulometría y fracciones del suelo. Fuente: BRAJA M.DAS, 2015.

**Tabla 15**

*Angulo de Fricción*

Clasificación	Angulo de Fricción							
	Angulo de Talud		Para la resistencia residual		Para la resistencia máxima			
					Compacidad media		Compacta	
	t(°)	Talud (vert.a hor.)	$\phi$ co(°)	tg $\phi$ cy	$\phi$ (°)	tg $\phi$	$\phi$ (°)	tg $\phi$
Limo (no plástico)	26 a	1:02	26 a	0.488	28 a	0.532	30 a	0.577
	30	1:1.75	30	0.577	32	0.625	34	0.675
Arena uniforme fina a media	26 a	1:1.2	26 a	0.488	30 a	0.577	32 a	0.675
	30	1:1.75	30	0.577	34	0.675	36	0.726
Arena bien graduada	30 a	1:1.75	30 a	0.577	34 a	0.675	38 a	0.839
	34	1:1.50	34	0.675	40	0.839	46	1.030
		1:1.60			0.625		0.726	

Arena y grava	32 a 36	1:1.40	32 a 36	0.726	36 a 42	0.900	40 a 48	1.110
------------------	------------	--------	------------	-------	------------	-------	------------	-------

*Nota. Se describe como se obtiene el ángulo de fricción de acuerdo a la clasificación del suelo. Fuente: BRAJA M.DAS, 2015.*

**Tabla 16**

*Denominación según la compacidad*




Compacidad relativa (%)	Denominación
0 -15	Muy suelta
15- 35	suelta
35- 65	Media
65- 85	compacta
85- 100	muy compacta

*Nota:* Se indican las denominaciones de los suelos granulares a partir de la compacidad relativa. Fuente: Lambe & whitman (1957). Mecánica de suelos.

Con base en las tablas anteriores, se presenta porcentajes de 23% arenas, 40% gravas y un 37% en rocas. Dado que el suelo predominante son las gravas con un porcentaje mayor del 40%, utilizaremos esta información como base para el cálculo de las zonas q/T. Con este enfoque, se establece un ángulo de fricción de 35° y una densidad de 2811 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 17**

*Angulo de fricción y densidad real del suelo*

Granulometría	Cantidad de arena, grava y roca	Angulo de Fricción	Densidad real del Suelo
 SW	Arena 23%	35°	1605 kg/m <sup>3</sup>
 GW	Grava 40%		2812 kg/m <sup>3</sup>
 R	Andesitas basálticas meteorizadas 37%		2594 kg/m <sup>3</sup>

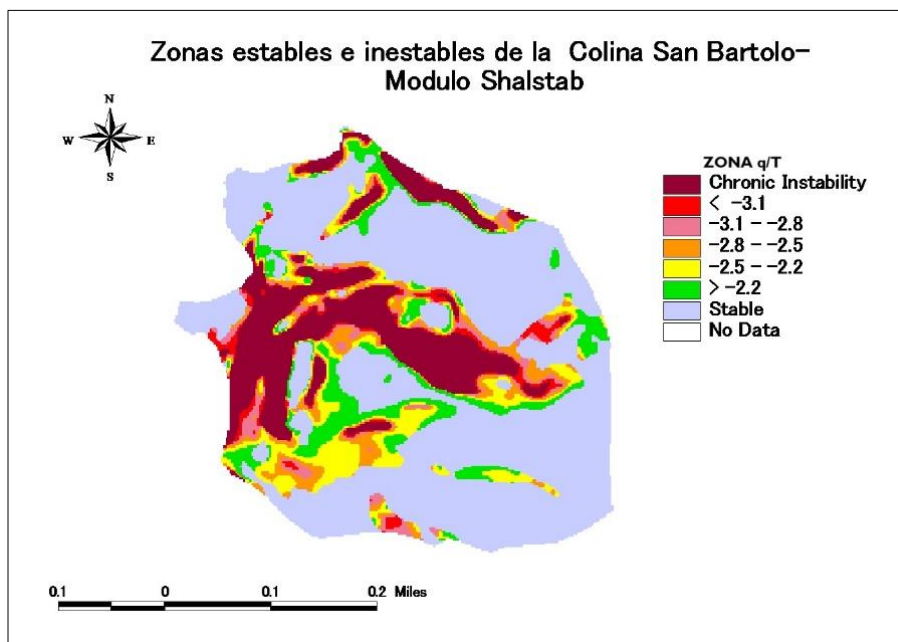
*Nota. Se describe ángulo de fricción y la densidad del suelo de acuerdo a la granulometría que se encuentra en el sitio de estudio.*

A partir del modelo q/T generado, se observa que la colina "San Bartolo" presenta una mayor extensión de zonas inestables en comparación con las áreas estables. Del total de hectáreas que comprende la colina (30 ha), la mayor parte se encuentra en áreas de crónica inestabilidad,

con un índice q/T inferior a -3.1 m, mientras que las zonas clasificadas como incondicionalmente estables, tienen un índice q/T superior a 0.0 m que ocupan una menor proporción.

**Figura 16**

*Modelo Shalstab zonas q/T estables e inestables*



*Nota. Se observa la elaboración del mapa de zonas estables e inestables elaborado en ArcView Gis 3.2 con el modelo Shalstab, Elaborado por: Amangandi M & Bayas J, 2024.*

Según los resultados del modelo q/T de SHALSTAB, la colina "San Bartolo" se presenta la siguiente distribución de zonas estables e inestables:

**Tabla 18**

*Zonas de suelos estables e inestables de la Colina San Bartolo*

Clasificación	Índice q/T	Área en Hectáreas (Ha)	Porcentaje (%)	Área en m <sup>2</sup>
Incondicionalmente Estable	0.0 a 10.0 m	17	57	170,000
Incondicionalmente Inestable	< 0.0 a - 10.0 m	13	43	130,000
<b>Total</b>		<b>30</b>	<b>100</b>	<b>300,000</b>

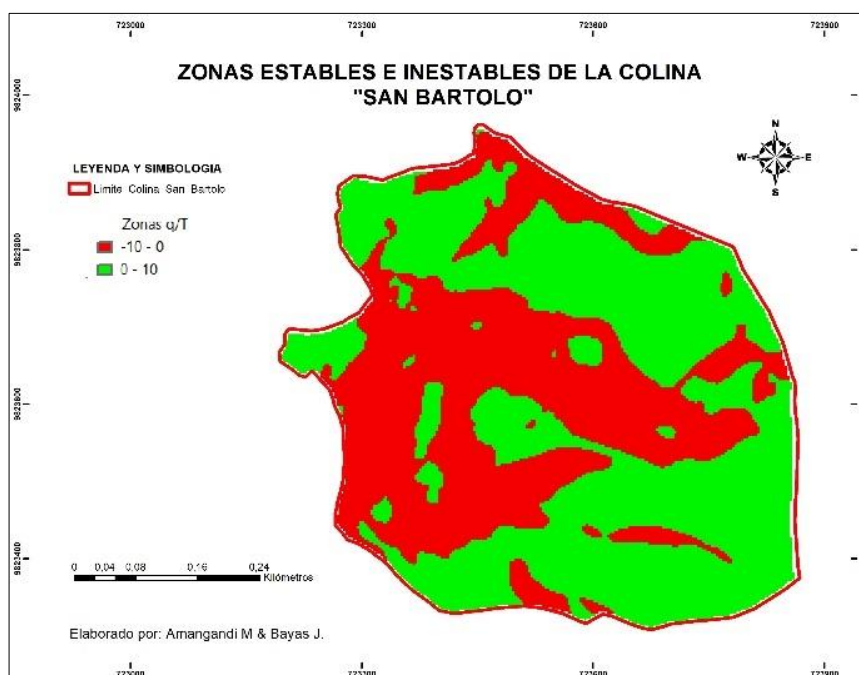
*Nota. La zona estable del sitio de estudio representa el 57%, mientras que la zona de inestabilidad representa el 43%, lo que resulta en un total del 100%. Elaborado por: Amangandi M & Bayas J, 2024.*

Las zonas incondicionalmente estables, que abarcan el 57% (17 hectáreas) del área total, se caracterizan por presentar pendientes poco pronunciadas, zonas de acumulación de agua con valores inferiores a 1,000 mm y un índice q/T superior a 0.0 m.

Por otro lado, las zonas incondicionalmente inestables, que representan el 43% (13 hectáreas) del área, se encuentran en pendientes fuertes a muy escarpadas, con zonas de máxima acumulación de agua superiores a 1,000 mm y un índice q/T inferior a 0.0 a -10.0 m. Esto indica un riesgo potencial de inestabilidad en casi la mitad de la colina, es importante considerar que incluso las áreas clasificadas como "Incondicionalmente Estables" pueden presentar cierto grado de riesgo y requerir la implementación de medidas de mitigación adecuadas para garantizar la seguridad de la población.

### Figura 17

*Mapa de zonas de estabilidad e inestabilidad de la Colina San Bartolo*



*Nota. Se observa la elaboración del mapa de zonas estables e inestables elaborado en ArcGIS 10.5.*

### Figura 18

*Mapa de estabilidad e inestabilidad de la Colina San Bartolo*



#### 4.1.8. Zonas Susceptibles a deslizamientos

Según el análisis del modelo q/T, la colina "San Bartolo" presenta una distribución heterogénea de las zonas con diferentes niveles de susceptibilidad a deslizamientos. El 57% (17 hectáreas) de la superficie se clasifica como de "Muy baja susceptibilidad", con un índice q/T superior a 0.0 m, lo que indica condiciones relativamente estables. Sin embargo, el 20% (6 hectáreas) se encuentra en estado de "Muy alta susceptibilidad", con un índice q/T inferior a -3.1 m, lo que representa una crónica inestabilidad en esta fracción de la colina. Adicionalmente, el 7% (2 hectáreas) y el 3% (1 hectárea) se catalogan como de "Media" y "Alta susceptibilidad", respectivamente, con índices q/T entre -2.8 y -2.5 m, y -3.1 y -2.8 m, respectivamente.

**Tabla 19**

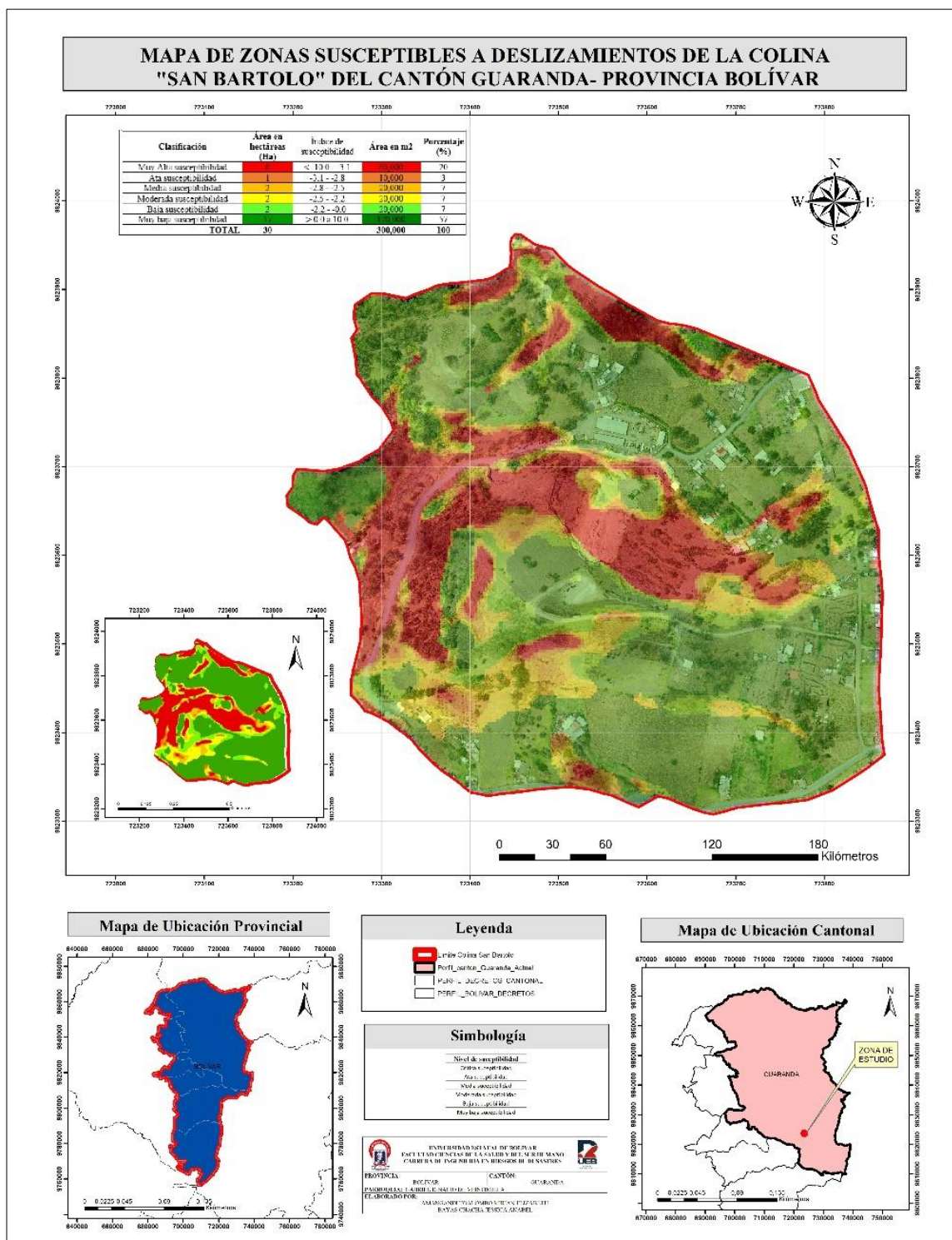
*Área de zonas susceptibles a deslizamientos*

Clasificación	Área en hectáreas (Ha)	Índice de susceptibilidad	Área en m <sup>2</sup>	Porcentaje (%)
Muy Alta susceptibilidad	6	< -10.0 - -3.1	60,000	20
Alta susceptibilidad	1	-3.1 - -2.8	10,000	3
Media susceptibilidad	2	-2.8 - -2.5	20,000	7
Moderada susceptibilidad	2	-2.5 - -2.2	20,000	7
Baja susceptibilidad	2	-2.2 - -0.0	20,000	7
Muy baja susceptibilidad	17	> 0.0 a 10.0	170,000	57
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>		<b>300,000</b>	<b>100</b>

*Nota. Se detalla la clasificación y ponderación empleada para las áreas susceptibles a deslizamientos.*

**Figura 19**

*Mapa de zonas susceptibles a deslizamientos*



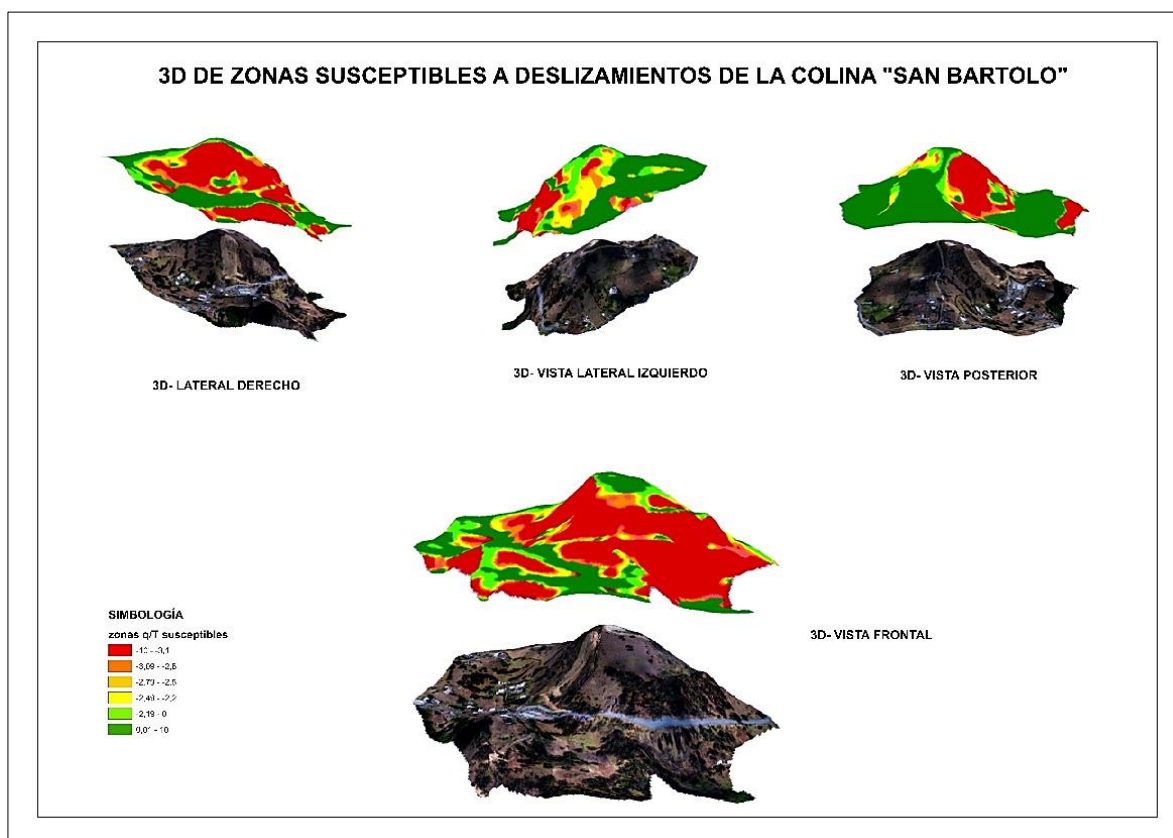
*Nota. Se observa la elaboración del mapa general de las zonas a susceptibilidad a deslizamientos en ArcGIS 10.5. Elaborado por: Amangandi M & Bayas J, 2024.*

#### 4.1.9. Zonas susceptibles a deslizamientos en 3D

Se presentan cuatro vistas diferentes de la colina: vista lateral derecha, vista lateral izquierda, vista posterior y vista frontal. Cada vista está acompañada de una leyenda que indica los niveles de susceptibilidad a deslizamientos, representados por una escala de colores que va desde el verde (baja susceptibilidad) hasta el rojo (alta susceptibilidad), permitiendo identificar las áreas más propensas a sufrir movimientos de tierra o roca. Esta información es fundamental para la planificación y gestión del territorio, así como para la implementación de reducción y de mitigación en las zonas más vulnerables.

**Figura 20**

*Zonas de susceptibilidad a deslizamientos - 3D*



*Nota. Se detalla la elaboración del mapa de zonas susceptibles a deslizamientos a deslizamientos en ArcGIS 10.5.*

#### 4.1.10. Validación de Datos

Para validar los resultados obtenidos con la metodología de SHALSTAB fue necesario emplear otra metodología, en este caso el de la Secretaría de Gestión de Riesgos, junto con los Shapefile (shp) proporcionados por dicha entidad.

Para iniciar la elaboración del Mapa de susceptibilidad a deslizamiento se requieren las siguientes variables: Pendiente, Litología – Geología, Geomorfología, Textura del suelo, Cobertura Vegetal, Falla Geológica, Precipitación.

##### **Pendiente.**

Se define como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal. Su valor se expresa en grados de 0° a 90° o en porcentaje. En este caso se emplea la pendiente medida en porcentaje, tiene 5 clases en función del incremento porcentual de la pendiente, en la **Tabla 20** se observa que el valor de 1 indica que la pendiente presenta las condiciones menos favorables, mientras que el valor de 5 indica las condiciones más favorables para que se produzcan movimientos en masa.

**Tabla 20**

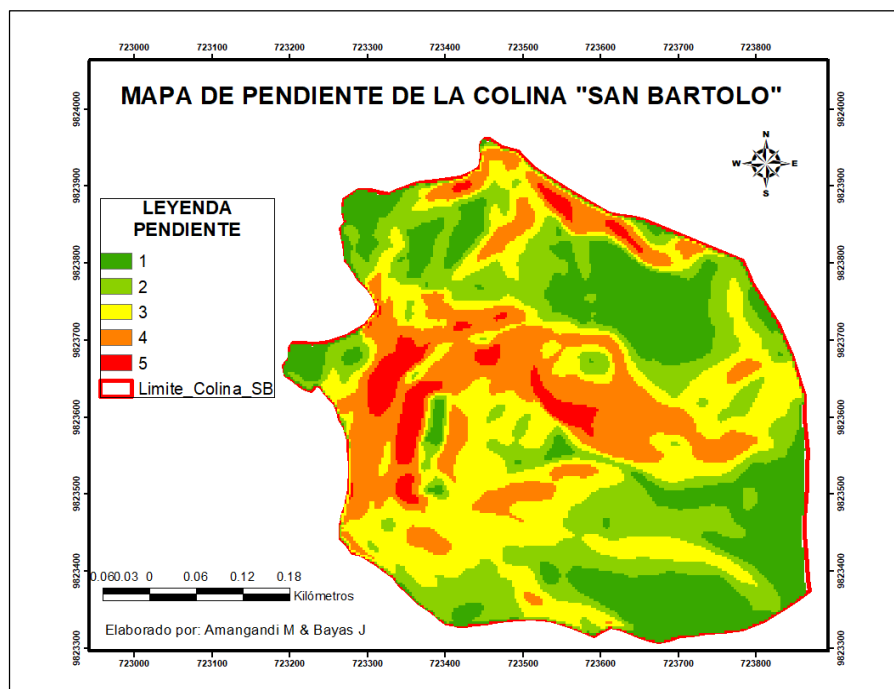
*Peso de ponderación para la pendiente*

VALUE	RANGO	CLASE	PESOS	DESCRIPCIÓN
1	0 - 5	MUY BAJA	1	Plano a casi plano
2	6-12	BAJA	2	Ligeramente ondulado a ligeramente inclinado
3	13 - 25	MEDIA	3	Moderado a fuertemente ondulado/ inclinado
4	26 - 40	ALTA	4	Empinado
5	> 40	MUY ALTA	5	Escarpado a muy escarpado

*Nota. La tabla permite reconocer la categorización de pesos según su descripción que se ha logrado identificar.*

**Figura 21**

*Mapa de pendiente de la colina San Bartolo*



*Nota. Se observa la elaboración del mapa de pendiente de acuerdo con la SGR. Fuente. ArcGIS 10.5.*

### **Litología – Geología.**

Cada una de las formaciones geológicas presentes, se consideran las características de los diferentes tipos de roca comprendidos en su respectivo ambiente geológico (ígneo, sedimentario y metamórfico), así como sus características texturales y sus propiedades geomecánicas. En lo que respecta a depósitos, se considera su comportamiento en taludes y laderas y su susceptibilidad frente a movimientos en masa.

A cada litología se le asignó un valor, entre 1 y 5, en la figura se consideró la condición natural de la roca, así como también el grado de meteorización y fracturamiento.

**Tabla 21**

*Peso de ponderación para la litología y geología*

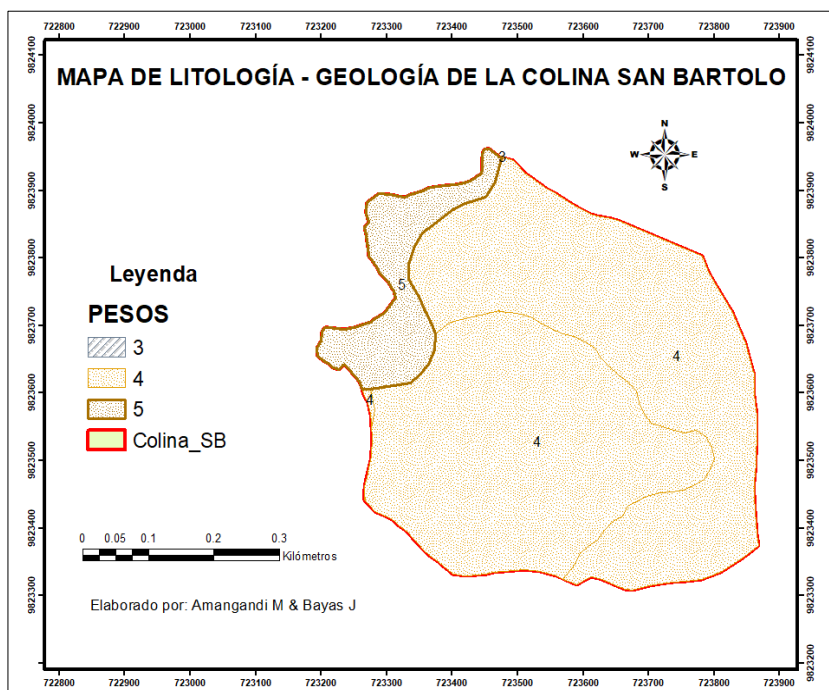
Región	Formación	Litología	PESOS
Sierra	Volcánicos Guaranda	Tobas andesíticas de grano fino, de color pardo a amarillo, con andesitas porfíricas interestratificadas	4

Sierra	Depósitos coluvio aluviales	Limos, arcillas, arenas, gravas y bloques	3
Sierra	Depósitos aluviales	Arenas, limos, arcillas y conglomerados	5

*Nota. La tabla detalla que en la colina predominan las tobas andesíticas de grano fino, de tonalidad parda a amarilla, acompañadas de andesitas porfiríticas interestratificadas, según los datos suministrados por la SGR.*

## Figura 22

### Mapa de litología y geología



*Nota. Se observa la elaboración del mapa de litología y geología de acuerdo con la SGR. Fuente. ArcGIS 10.5.*

## Geomorfología.

Para la asignación de los pesos para este factor se utiliza información disponible a mayor escala. Cada unidad es valorada en una escala de 1 a 5 de acuerdo con su potencial, para generar movimientos en masa, para lo cual se considera su unidad genética, unidad ambiental y sus características morfológicas.

**Tabla 22**

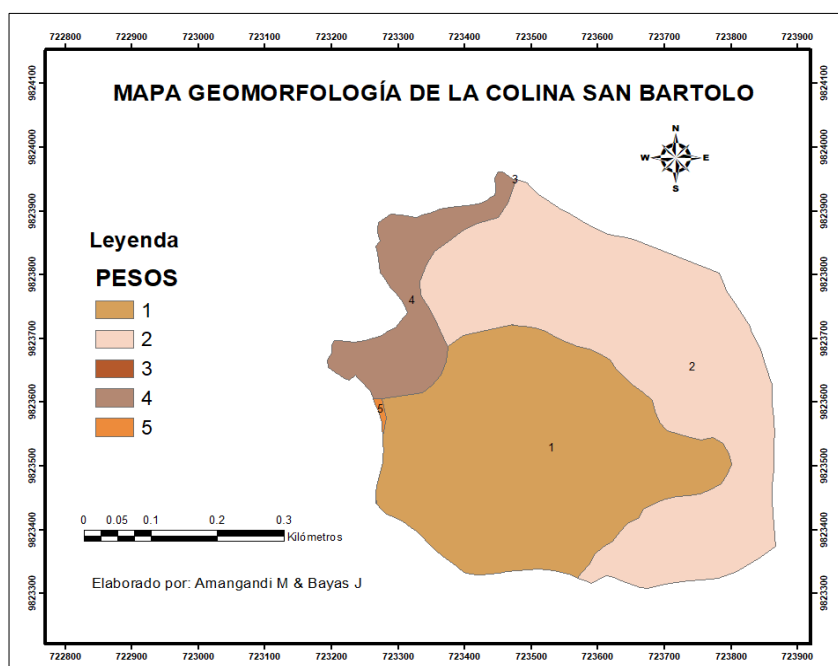
*Peso de ponderación para la geomorfología*

OBJECTID	Unidad Ambiental	U_morfológica	PESOS
1	Vertientes Andinas Occidentales De La Sierra Sur	Relieve Volcánico Colinado Muy Alto	1
2	Vertientes Andinas Occidentales De La Sierra Norte	Superficie Inclinada Disectada	2
3	Vertientes Andinas Occidentales De La Sierra Norte	Coluvio Aluvial Antiguo	3
4	Vertientes Andinas Occidentales De La Sierra Sur	Superficie Volcánica Ondulada	5
5	Medio Aluvial De Sierra	Valle Fluvial	4

*Nota. En esta ocasión la morfología de la colina esta predominando la superficie inclinada disectada, según los datos suministrados por la SGR.*

**Figura 23**

*Mapa de Geomorfología*



*Nota. Se observa la elaboración del mapa de geomorfología de acuerdo con la SGR. Fuente. ArcGIS 10.5.*

### **Textura del suelo.**

Los mapas de suelos proporcionan información sobre distribución espacial, características morfológicas, físicas y químicas de los diferentes tipos de suelos. Del mapa de suelos se obtiene la variable de textura (granulometría) del suelo. La asignación de pesos se realiza asignando

valores con rangos de 1 al 5 en función de textura, tabla donde las texturas más gruesas representan mayor probabilidad de ocurrencia de MM.

**Tabla 23**

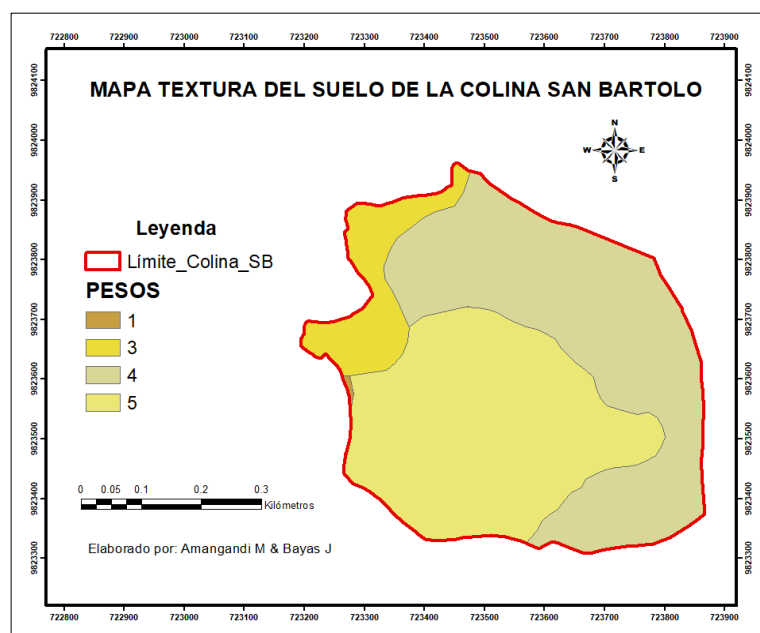
*Peso de ponderación para la textura del suelo*

TexP	Característica	Textura Suelo	PESOS
FRANCO ARENOSO	Suelos franco-arenosos, bien drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC medio, SB alta	FRANCO ARENOSO	4
FRANCO	Suelos francos, bien drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC medio, SB alta	FRANCO	3
ARENO FRANCOSO	Suelos francos, bien drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC medio, SB alta	FRANCO	5
ARCILLOSO	Suelos francos, bien drenados, profundos, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC medio, SB alta	FRANCO	1
FRANCO	Suelos francos, bien drenados, profundos, pH medianamente ácido, MO media, CIC medio, SB alta	FRANCO	3

*Nota. En esta ocasión la textura del suelo de la, según los datos suministrados por la SGR.*

**Figura 24**

*Mapa de textura del suelo*



*Nota. Se observa la elaboración del mapa de textura de suelo de acuerdo con la SGR. Fuente. ArcGIS 10.5.*

## Cobertura Vegetal.

La cobertura vegetal tiene un efecto importante en la generación de movimientos en masa, Tabla cierto tipo de cobertura brinda estabilidad mientras que en otros casos la combinación con espesor del suelo y pendiente puede favorecer a la ocurrencia de Movimiento de Masa.

**Tabla 24**

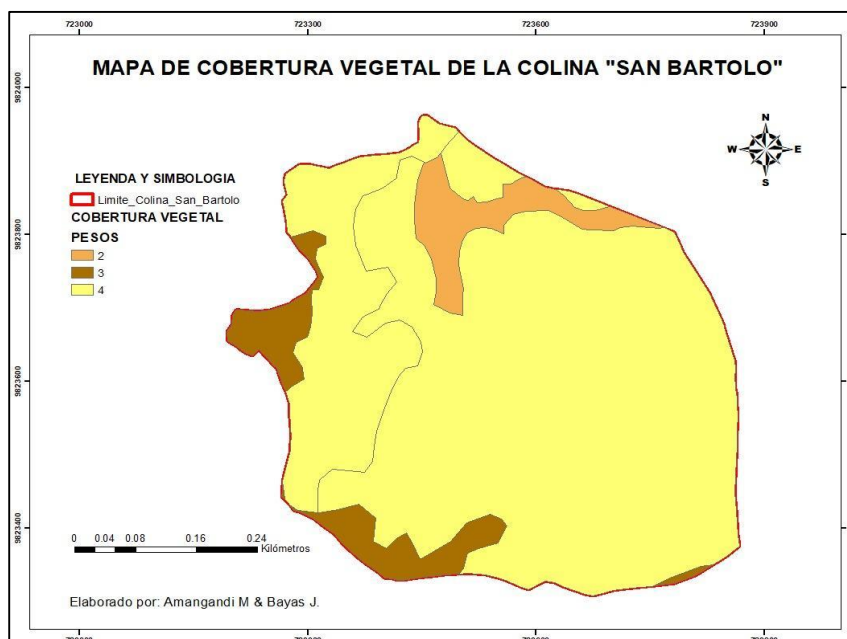
*Peso de ponderación para la cobertura vegetal*

Cobertura	PESOS
Urbano	3
Área en Proceso de Urbanización	3
Misceláneo de Maíz y Pasto Cultivado	4
Misceláneo de Maíz y Pasto Cultivado	4
Pasto Cultivado	3
Matorral Húmedo Medianamente Alterado	4
Eucalipto	2

*Nota. En esta ocasión se detalla la cobertura vegetal de la zona de suelo, según los datos suministrados por la SGR.*

**Figura 25**

*Mapa de cobertura vegetal*



*Nota. Se observa la elaboración del mapa de textura de suelo de acuerdo con la SGR. Fuente. ArcGIS 10.5.*

## Falla Geológica.

Las estructuras (fallas geológicas, discontinuidades, entre otras) son importantes en las condiciones de estabilidad de un talud, estas influyen más en los macizos rocosos, sin embargo, también los suelos pueden verse afectados por fallas o estratificaciones. La información estructural puede ser extraída de las hojas Geológicas o identificada a partir del procesamiento de imágenes satelitales, ya que se trata de un insumo de “líneas”, para lo cual es necesario que se genere un archivo ráster de densidad, este ráster consiste en un cálculo de magnitud de los lineamientos por unidad de área con un radio de influencia alrededor de cada uno, donde el resultado se reclasifica a 5 clases por “Natural Beaks”.

**Tabla 25**

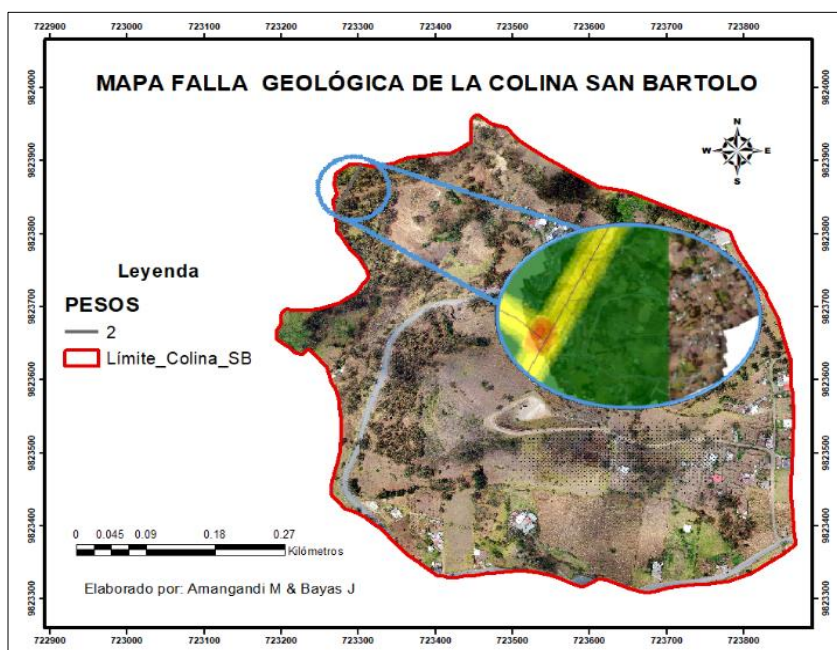
*Peso de ponderación para la Falla geológica*

FALLAS	DESCRIPCIÓN	PESOS
0	FALLA DEFINIDA (ESTRUCTURAL)	2

*Nota. En esta ocasión se detalla la falla geológica que pasa cerca a la colina San Bartolo, según los datos suministrados por la SGR.*

**Figura 26**

*Mapa de falla geológica*



*Nota. Se observa que es un porcentaje reducido que pasa las fallas geológicas, pero no es tan relevante que sea un detonante para producir un deslizamiento de acuerdo con la SGR. Fuente. ArcGIS 10.5.*

## Isoyetas

Para el análisis de las precipitaciones, como un factor desencadenante se requiere información de las precipitaciones máximas mensuales de estaciones meteorológicas distribuidas a nivel nacional. Se utilizan isoyetas suministrados por la Secretaría de Gestión de Riesgos, los cuales fueron recortados en ArcGIS 10.5 exclusivamente solo para el área de estudio.

### Tabla 26

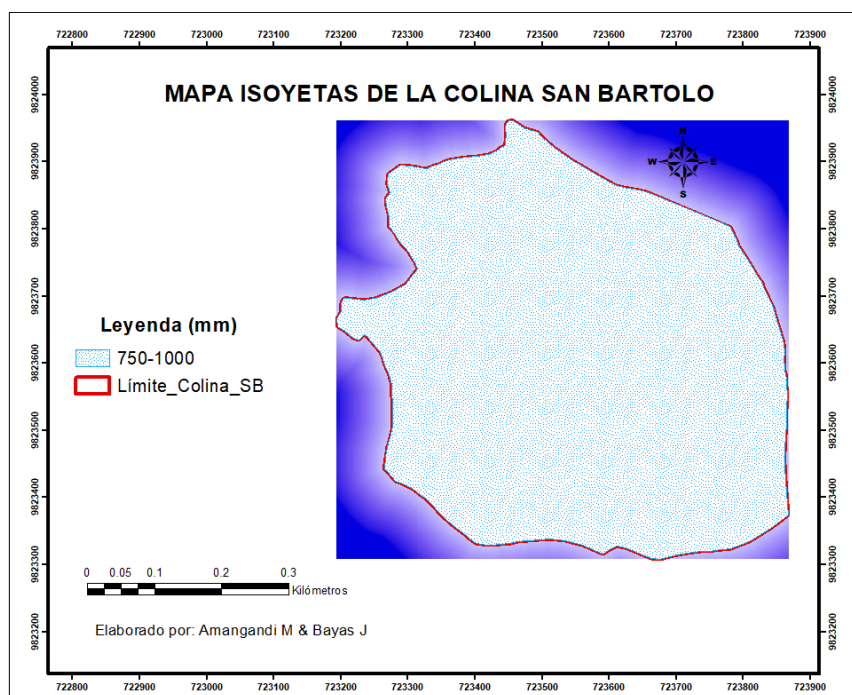
*Peso de ponderación de Isoyetas*

ISOYETAS	CODPRECI	PESOS
750-1000	3	3

*Nota. Se puede notar que las lluvias oscilan entre 750 y 1000mm, según los datos suministrados por la SGR.*

### Figura 27

*Mapa de isoyetas de la colina San Bartolo*



*Nota. Se observa la elaboración del mapa Isoyetas de acuerdo con la SGR. Fuente. ArcGIS 10.5,*

### Normalización de las variables.

Todas las variables consideradas en el presente estudio, luego del procesamiento correspondiente deben ser formato ráster y ubicadas en modo flotante (valores máximos y valores mínimos), situación que constituirá la base fundamental en el proceso de normalización de cada factor.

Para efectos del presente estudio, la normalización de las variables se realizará utilizando el modo denominado “con cambio de magnitud a escala fija”, es decir transformando datos a una escala adimensional acotada entre valores [0,1] aplicando la siguiente fórmula:

### Figura 28

*Fórmula para el resultado final del mapa de susceptibilidad de deslizamiento*

eigenv_normalizado
0,47
0,18
0,10
0,09
0,10
0,06

$$S_{mm} = 0,47(F_1) + 0,18(F_2) + 0,10(F_3) + 0,09(F_4) + 0,10(F_5) + 0,06(F_6)$$

**Donde:**

F <sub>1</sub> : Factor pendiente	F <sub>4</sub> : Factor cobertura vegetal
F <sub>2</sub> : Factor litología	F <sub>5</sub> : Factor geomorfología
F <sub>3</sub> : Factor suelos/textura	F <sub>6</sub> : Factor densidad estructural

*Nota. Formula de Metodología para susceptibilidad de deslizamiento de la Secretaría de Gestión de Riesgos.*

Es necesario establecer los niveles de amenaza para una adecuada categorización, por ello se propone 5 niveles de clasificación, así: MUY BAJA, BAJA, MEDIA, ALTA, MUY ALTA.

### Tabla 27

*Niveles de susceptibilidad a deslizamientos*

Nivel de susceptibilidad a deslizamiento	
<b>Muy Baja</b>	Comprende áreas estables con probabilidades muy bajas para que ocurran movimientos en masa. Se caracterizan por presentar pendientes del terreno planas a suaves, no mayores al 5 %.

Baja	Estas áreas se caracterizan por presentar pendientes muy suaves a suaves, es decir no mayores al 12 %, y superficies de terreno con condiciones geológicamente estables aún ante la presencia de fenómenos intensos y extensos como las precipitaciones. En estas zonas puede producirse soliflucción del material.
Media	Estas superficies se caracterizan por presentar pendientes de terreno media a media a fuerte, es decir no mayores al 40%. Corresponden a materiales muy poco fracturados, medianamente meteorizados. Se evidencian procesos erosivos de baja intensidad; predominan procesos de reptación. El material se desestabiliza tras actuaciones naturales muy intensas y/o extensas, así como a la acción de las precipitaciones en la zona.
Alta	Corresponde a zonas en donde las condiciones del terreno se caracterizan por la presencia de rocas meteorizadas, fracturadas, en donde existe escasa cobertura vegetal. Estas superficies presentan suelos poco cohesivos, poco compactos. La zona está marcada por procesos erosivos causados especialmente por acción hídrica; además existe evidencia de la influencia tectónica local y regional. Comprenden zonas con pendientes media a fuerte hasta fuerte, es decir no supera el 70 %.
Muy alta	Se caracterizan por la presencia de rocas muy meteorizadas, muy fracturadas, no existe cobertura vegetal, se evidencian cambios en el uso del suelo (actividad entrópica), estas superficies presentan suelos poco cohesivos, poco compactos. La zona está marcada por procesos erosivos causados especialmente por acción hídrica y la influencia tectónica local y regional. Comprenden zonas con pendientes muy fuertes a escarpadas, es decir supera el 100%.

*Nota. Niveles de ponderación utilizada de Metodología para susceptibilidad de deslizamiento de la Secretaría de Gestión de Riesgos.*

Se utilizó el Shp de Isoyetas como un factor detonante para generar deslizamiento, por lo que se procedió a emplear la siguiente fórmula para generar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos en la colina San Bartolo.

$$A_{mm} = S_{mm} + \textit{Precipitación}$$

Según el mapa adquirido mediante la metodología de la Secretaría de Gestión de Riesgos, existen zonas de alta susceptibilidad que se convierten en zonas propensas a provocar un

deslizamiento. Como se puede observar en el mapa, se muestran zonas de alta y muy alta susceptibilidad, lo que pone en riesgo a la población de los alrededores de la colina San Bartolo.

Los elementos que influyen en los distintos deslizamientos son la pendiente y el tipo de terreno, la textura del suelo, la geomorfología, la litología y factores detonantes como las fallas geológicas cercanas a la zona de análisis y las elevadas precipitaciones que se producen durante las temporadas invernales.

La mayor parte del área (30%) tiene una susceptibilidad media, indicando un nivel intermedio de riesgo, mientras que un 23% presenta baja susceptibilidad, lo que sugiere un riesgo reducido. Un 20% del territorio tiene alta susceptibilidad, representando una preocupación moderada, y solo el 7% está en la categoría de muy alta susceptibilidad, lo que implica un riesgo extremo, pero en una fracción pequeña del área. Finalmente, otro 20% del territorio tiene muy baja susceptibilidad, siendo la zona menos vulnerable.

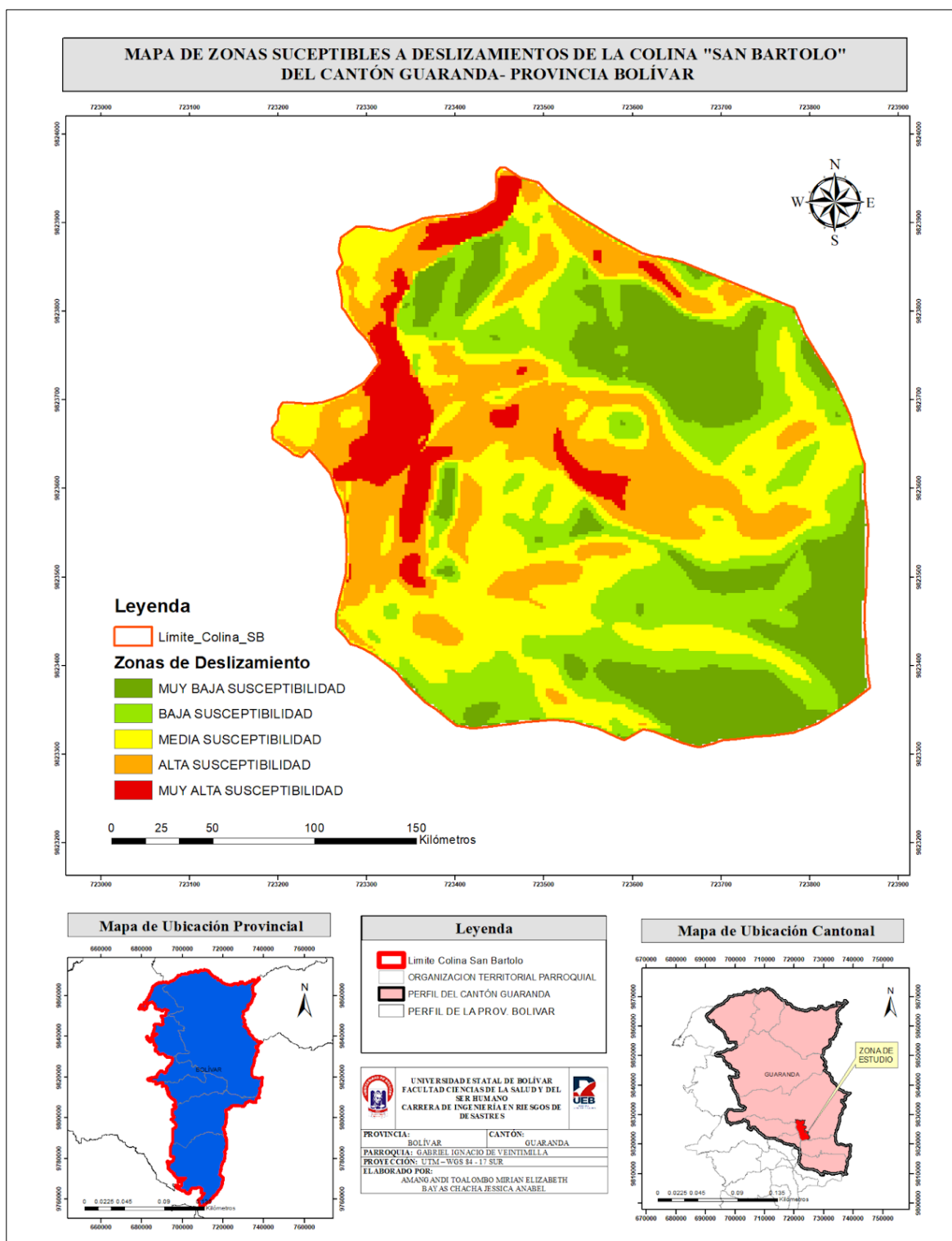
**Tabla 28**

Ponderación de zonas susceptibles a deslizamientos

Clasificación	Área en hectáreas (Ha)	Índice de susceptibilidad	Área en m <sup>2</sup>	Porcentaje (%)
Muy Alta susceptibilidad	2	>100%	20,000	7
Alta susceptibilidad	6	40.1 a 70%	60,000	20
Media susceptibilidad	9	12.1 a 40%	90,000	30
Baja susceptibilidad	7	5.1 a 12%	70,000	23
Muy baja susceptibilidad	6	<5 %	60,000	20
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>		<b>300,000</b>	<b>100</b>

Figura 29

Mapa de susceptibilidad de la colina San Bartolo de acuerdo con la SGR



Nota. Se observa la elaboración del mapa de susceptibilidad a deslizamiento con la metodología de la SGR. Fuente. ArcGIS 10.5.

### **Comparación de resultados**

De acuerdo a los resultados obtenidos con respecto a las áreas o zonas susceptibles a deslizamientos con respecto a la metodología del modelo SHALSTAB, basada en la ley de Mohr-Coulomb, en el que fue fundamental considerar factores como las curvas de nivel, la pendiente, las zonas de acumulación y el  $q/T$  de las zonas estables e inestables para el desarrollo del mapa de susceptibilidad a deslizamientos, de las 30 hectáreas de la colina San Bartolo se obtuvo como resultado que el 57% en zona de susceptibilidad Muy baja, mientras que el 20% (es decir 7 ha) esta categorizado como una zona de Muy alta susceptibilidad a deslizamientos, aunque el porcentaje es bajo no se descarta la posibilidad de llegar a tener pérdidas económicas y humanas; mientras que en la metodología de la Secretaria de Gestión de Riesgos (SGR), que hace uso de la geología, geomorfología, pendientes, precipitaciones, cobertura vegetal y fallas geológicas, dio como resultado que el 30% del área tiene una susceptibilidad media, el 23% baja susceptibilidad, el 20% alta susceptibilidad y solo el 7% muy alta susceptibilidad, con un 20% en muy baja susceptibilidad con que cuenta con un parentesco similar a la metodología anterior logrando validar los resultados de la metodología propuesta en el proyecto de investigación.

Este estudio comparativo muestra que ambos mapas están de acuerdo en reconocer las mismas áreas con gran propensión a deslizamientos, corroborando así la validez de los hallazgos. Para este tipo de análisis, también se avala la exactitud de los datos suministrados por la Secretaría, estas metodologías no solo fortalecen la seguridad en la detección de las zonas susceptibles a deslizamientos, sino también ofrece un fundamento robusto para la toma de decisiones y la organización de acciones de mitigación por parte de las autoridades competentes.

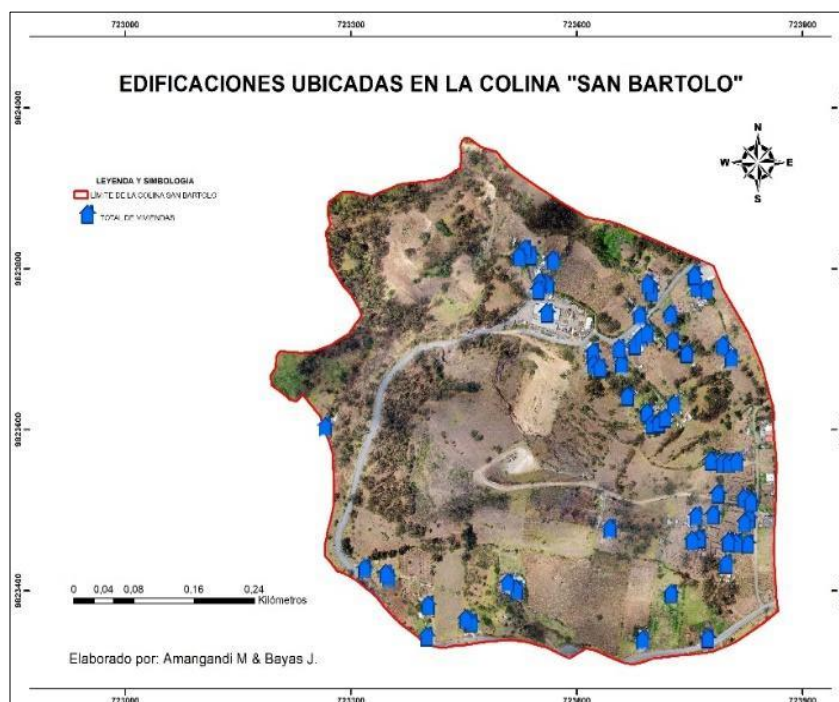
## 4.2. RESULTADOS OBTENIDOS DEL SEGUNDO OBJETIVO

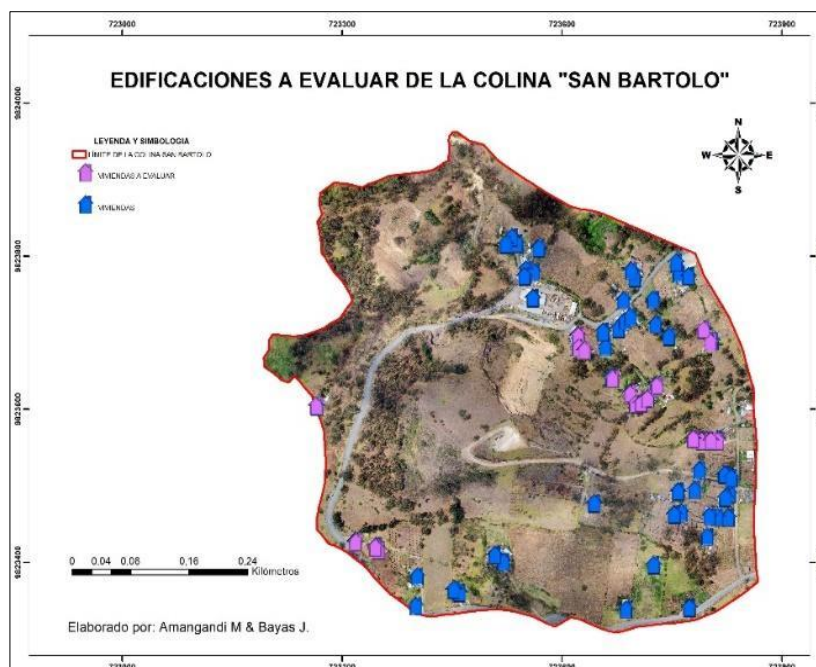
Determinar el nivel de vulnerabilidad física de las edificaciones expuestas frente a la amenaza de deslizamientos.

Para el desarrollo de este objetivo, se tomaron en cuenta como objeto de estudio las edificaciones ubicadas en la colina San Bartolo con un total de 64 viviendas pertenecientes a la misma, mediante el cual se consideraron solamente 19 viviendas prioritarias debido a los resultados obtenidos del objetivo 1 que muestran las zonas susceptibles a deslizamientos, una de las variables incluidas en nuestra matriz a utilizar.

### Figura 30

*Mapa de edificaciones ubicadas en la colina San bartolo*





*Nota. Se observa la elaboración del mapa de las edificaciones ubicadas en la zona de estudio. Fuente. ArcGIS 10.5.*

En la siguiente tabla se evidencian los resultados obtenidos de acuerdo a la evaluación realizada en la salida a campo que permitió la visualización estructural de cada vivienda, aplicando la matriz del PNUD, que cuenta con diversos indicadores como: sistema estructural, tipo de material en paredes, tipo de cubierta, sistema de entrepisos, número de pisos, año de construcción, estado de conservación, características del suelo bajo la edificación, topografía del sitio, forma de la construcción, como un valor adicional y no menos relevante, se tomó en cuenta la variable de zonas susceptibilidad a deslizamientos.

**Tabla 29***Evaluación de las edificaciones.*

DATOS GENERALES		CONDICIONES GENERALES DE LA EDIFICACIÓN											VULNERABILIDAD FÍSICA	
ID	Propietario	Sistema estructural	Tipo de material en paredes	Tipo de cubierta	Sistema de entresijos	Número de pisos	Año de Construcción	Estado de conservación	Características del suelo bajo la edificación	Topografía del sitio	Forma de la construcción	Susceptibilidad a deslizamientos	Índice de Vulnerabilidad	Nivel de Vulnerabilidad
1	TOALOMBO REA ROLANDO	Hormigón armado	Pared de ladrillo	Loza de hormigón armado	Loza de hormigón armado	1 piso	2011 en adelante	Bueno	Firme, Seco	Bajo nivel calzada	Regular	Moderada susceptibilidad	55	Alta
2	HINOJOZA CORDERO GILBERTO MARCIAL	Hormigón armado	Pared de ladrillo	Loza de hormigón armado	Loza de hormigón armado	1 piso	2011 en adelante	Bueno	Húmedo-blando-relleno	Bajo nivel calzada	Regular	Moderada susceptibilidad	63	Alta
3	HINOJOZA CORDERO GILBERTO MARCIAL	Estructura de madera	Pared de adobe	Vigas de madera y Teja	Vigas y entramada de madera	2 pisos	2011 en adelante	Bueno	Húmedo-blando-relleno	Bajo nivel calzada	Irregularidad severa	Crítica susceptibilidad	74	Alta
4	HEREDEROS LLACAN CONCEPCIÓN	Hormigón armado	Pared de bloque	Loza de hormigón armado	Loza de hormigón armado	2 pisos	2011 en adelante	Bueno	Húmedo-blando-relleno	Bajo nivel calzada	Regular	Moderada susceptibilidad	62	Alta

5	TARIS MENDOZA MARCO VINICIO	Estructura de madera	Pared de tapial- bahareque -madera	Caña, zinc, Eternit	Vigas y entramada de madera	2 pisos	Entre 1981 y 1990	Bueno	Húmedo- blando-relleno	Bajo nivel calzada	Irregular	Media susceptibilidad	74	Alta
6	CAGUANO PACHALA MARIA ROSA	Hormigón armado	Pared de ladrillo	Loza de hormigón armado	Loza de hormigón armado	1 piso	2011 en adelante	Bueno	Húmedo- blando-relleno	Bajo nivel calzada	Regular	Media susceptibilidad	67	Alta
7	PACHALA MARIA AURORA	Hormigón armado	Pared de bloque	Cubierta metálica	Loza de hormigón armado	2 pisos	Entre 1981 y 1990	Bueno	Húmedo- blando-relleno	Bajo nivel calzada	Irregular	Crítica susceptibilidad	66	Alta
8	DURAN PACHALA VILMA AIDE	Hormigón armado	Pared de bloque	Cubierta metálica	Loza de hormigón armado	1 piso	Entre 1991 y 2010	Bueno	Húmedo- blando-relleno	Bajo nivel calzada	Irregular	Media susceptibilidad	69	Alta
9	DURAN PACHALA MILTON VINICIO	Hormigón armado	Pared de bloque	Cubierta metálica	Loza de hormigón armado	1 piso	Entre 1981 y 1990	Malo	Húmedo- blando-relleno	Bajo nivel calzada	Irregular	Media susceptibilidad	74	Alta
10	CAGUANO PACHALA GEOMAYRA DEL ROCIO	Estructura de madera	Pared de bloque	Cubierta metálica	Loza de hormigón armado	2 pisos	2011 en adelante	Bueno	Húmedo- blando-relleno	Bajo nivel calzada	Regular	Ata susceptibilidad	71	Alta
11	GAVILANEZ ZARUMA DAYRA PUALETH	Hormigón armado	Pared de bloque	Vigas de madera y Teja	Entramad o hormigón- metálica	2 pisos	Entre 1991 y 2010	Bueno	Húmedo- blando-relleno	Bajo nivel calzada	Regular	Baja susceptibilidad	62	Alta
12	TORRES OLEAS ABEL	Hormigón armado	Pared de bloque	Loza de hormigón armado	Loza de hormigón armado	1 piso	Entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, Seco	Bajo nivel calzada	Regular	Crítica susceptibilidad	61	Alta

	IGNACIO HEREDEROS													
13	DURAN PACHALA MILTON VINICIO	Mixta madera- hormigón	Pared de adobe	Vigas de madera y Teja	Vigas y entramada de madera	2 pisos	Entre 1991 y 2010	Malo	Húmedo- blando-relleno	Bajo nivel calzada	Irregularidad severa	Muy baja susceptibilidad	73	Alta
14	NARANJO POZO LUIS ENRIQUE	Estructura de madera	Pared de adobe	Vigas de madera y Teja	Vigas y entramada de madera	1 piso	Entre 1991 y 2010	Regular	Húmedo- blando-relleno	Bajo nivel calzada	Irregular	Moderada susceptibilidad	76	Muy Alto
15	NARANJO POZO LUIS ENRIQUE	Hormigón armado	Pared de bloque	Loza de hormigón armado	Loza de hormigón armado	2 pisos	2011 en adelante	Regular	Húmedo- blando-relleno	Bajo nivel calzada	Regular	Baja susceptibilidad	64	Alta
16	NARANJO POZO LUIS ENRIQUE	Estructura de madera	Pared de bloque	Caña, zinc, Eternit	Vigas y entramada de madera	2 pisos	Entre 1991 y 2010	Regular	Húmedo- blando-relleno	Bajo nivel calzada	Irregular	Baja susceptibilidad	70	Alta
17	NARANJO POZO LUIS ENRIQUE	Estructura de madera	Pared de adobe	Vigas de madera y Teja	Vigas y entramada de madera	1 piso	Entre 1991 y 2010	Regular	Húmedo- blando-relleno	Bajo nivel calzada	Irregular	Ata susceptibilidad	80	Muy Alto
18	QUILLE JOSE IGNACIO	Hormigón armado	Pared de bloque	Loza de hormigón armado	Loza de hormigón armado	1 piso	2011 en adelante	Bueno	Húmedo- blando-relleno	Bajo nivel calzada	Regular	Moderada susceptibilidad	65	Alta
19	QUILLE JOSE IGNACIO	Hormigón armado	Pared de bloque	Cubierta metálica	Vigas y entramada de madera	2 pisos	2011 en adelante	Bueno	Húmedo- blando-relleno	Bajo nivel calzada	Regular	Moderada susceptibilidad	62	Alta

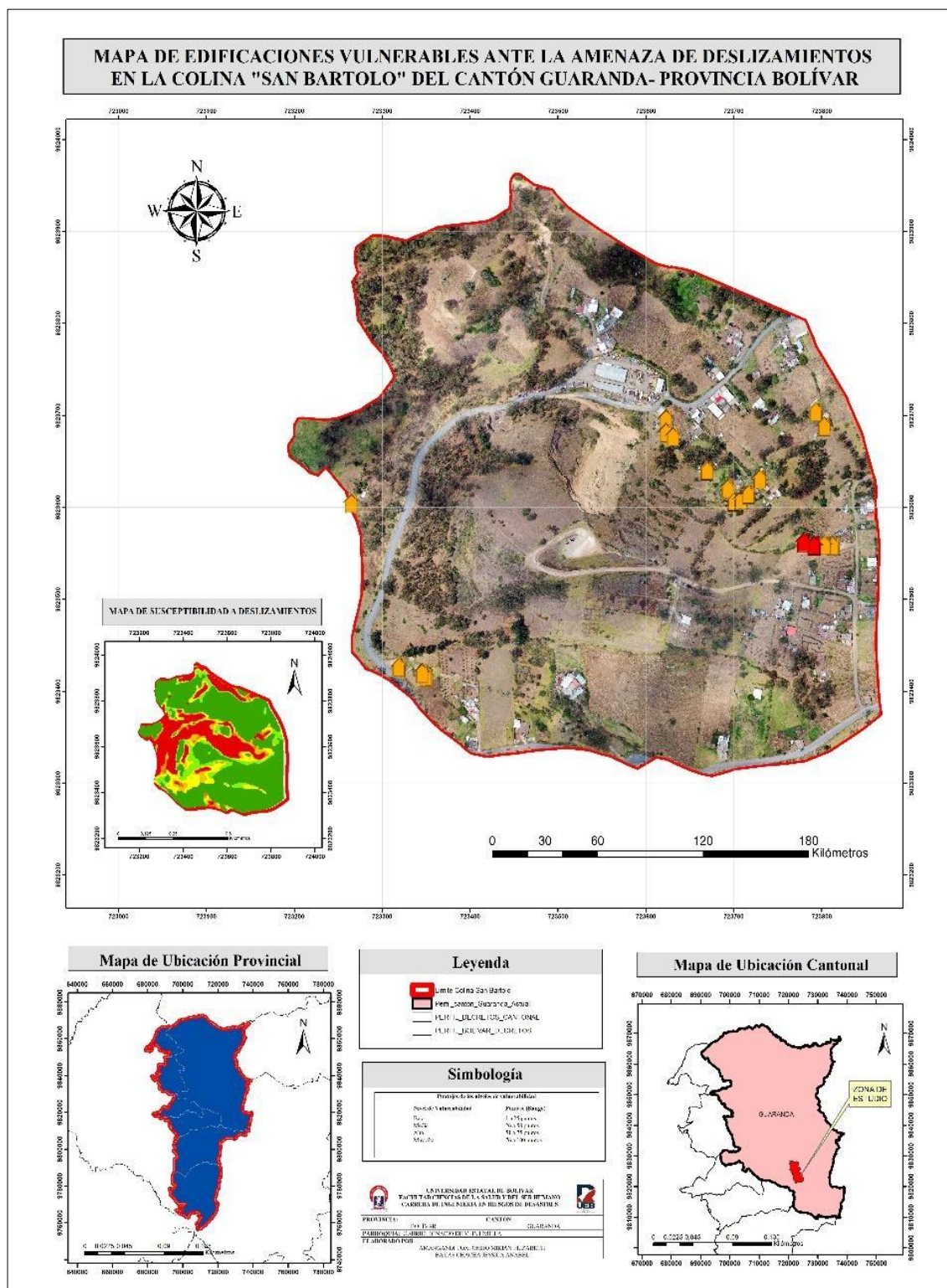
*Nota. Se detalla la evaluación visual realizada a las viviendas que se encuentran en las zonas susceptibles a deslizamiento.*

**Análisis de resultados:**

Los resultados indican que la mayoría de las construcciones presentan índices y niveles de vulnerabilidad Alta y Muy Alta, esto debido a que las construcciones son antiguas y se encuentran en zonas de pendientes muy pronunciadas como es el caso de la vivienda del señor: Naranjo Pozo Luis Enrique, Bloque 1 y Bloque 2, viviendas que se encuentran con un nivel de vulnerabilidad Muy Alto, lo que las hace extremadamente vulnerables a esta amenaza. También es importante tener en cuenta que estas edificaciones están construidas sin ninguna restricción y sin respetar la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC); una por la falta de interés por parte de las autoridades competentes, el desconocimiento de la población, la pobreza, o simplemente por hacer un caso omiso a las leyes y reglamentos impuestos por las autoridades, sin darse cuenta de los peligros a los que están expuestos en estas zonas.

**Figura 31**

*Mapa de edificaciones vulnerables ante la amenaza de deslizamientos en la colina San Bartolo*



*Nota. Se observa la elaboración del mapa edificaciones vulnerables ante la amenaza de deslizamientos en la colina San Bartolo. Fuente. ArcGIS 10.5.*

### **4.3. RESULTADOS OBTENIDOS DEL TERCER OBJETIVO**

Proponer medidas de reducción, mitigación y estrategias efectivas frente a la amenaza de deslizamientos que pone en riesgo las edificaciones más vulnerables de la colina San Bartolo.

Para el desarrollo de este objetivo se va a tener en cuenta los resultados del objetivo 1 y del objetivo 2, incorporando medidas de reducción, mitigación y estrategias, en el que se evidencian medidas estructurales y no estructurales con respecto a la vulnerabilidad de la población cercana a la colina San Bartolo, facilitando una respuesta rápida y coordinada por parte de las autoridades competentes ante la amenaza de deslizamientos.

Además, se implementó un Plan de Acción que cuenta con actividades propuestas a desarrollar en el que tendrá un responsable a cargo, así como la duración de cada actividad y los recursos necesarios para poner en marcha todas las medidas correctivas ante este evento peligroso.

Tabla 30

*Medidas de reducción, mitigación y estrategias efectivas frente a la amenaza de deslizamientos*

<b>MEDIDAS DE REDUCCIÓN, MITIGACIÓN Y ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN EFECTIVAS</b>				
<b>Tipo de medidas</b>	<b>Medidas Estructurales</b>	<b>Medidas no Estructurales</b>	<b>Responsable</b>	<b>Plazo de ejecución</b>
<b>Reducción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Construcción de sistemas de drenaje profundo y superficial como canales, cunetas y tuberías para la evacuación de aguas lluvias y freáticas.</li> <li>● Instalación de sistemas de coronación y estabilización de taludes mediante estructuras de retención.</li> <li>● Reforzamiento de cimentaciones mediante micropilotes, anclajes y muros de contención.</li> <li>● Mantenimiento periódico de los sistemas de drenaje como cunetas, canales y alcantarillas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Elaboración de mapas de riesgos y zonificación de áreas vulnerables.</li> <li>● Implementación de un sistema de monitoreo y alerta temprana de movimientos de masa.</li> <li>● Elaboración de planes de evacuación ante deslizamientos a través de simulacros y señalética</li> <li>● Capacitación a la población sobre técnicas de mantenimiento y reparación de los sistemas de drenaje.</li> </ul>	<p><i>GAD-Guaranda</i></p> <p><i>Secretaria de Gestión de Riesgos (SGR)</i></p>	<i>5 años</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Obras de estabilización de taludes, como terraceo y revegetación.</li> <li>● Implementar un sistema de alcantarillado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacitación a la población cercana sobre técnicas de reforestación y control de la erosión.</li> <li>● Evitar el pastoreo en laderas</li> </ul>	<i>GAD-Guaranda</i>	<i>5 años</i>

<p><i>Mitigación</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Construcción de zanjas de infiltración y humedales artificiales.</li> <li>● Construcción de bermas para desviar el flujo de agua y reducir la erosión.</li> <li>● Técnicas alternativas para el cultivo de la tierra.</li> <li>● Implementar un sistema de pastoreo rotativo.</li> <li>● Protección de suelos y subsuelos en zonas susceptibles a deslizamientos.</li> <li>● Programas de reforestación con especies nativas apropiadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Actividades de conservación y gestión ambiental.</li> <li>● Fomentar la agricultura y construcciones sostenibles.</li> <li>● evaluaciones de impacto ambiental antes de cualquier proyecto de construcción.</li> <li>● Estudios e información básica sobre áreas geológicamente inestables.</li> </ul>	<p><i>Secretaria de Gestión de Riesgos (SGR)</i></p> <p><i>Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MATTE)</i></p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reforzamientos de las edificaciones en zonas de mayor riesgo</li> <li>● Mejoramiento de la calidad de los materiales y sistemas de construcción.</li> <li>● Mejoramiento de las conexiones entre elementos estructurales, como vigas y columnas.</li> <li>● Inspecciones técnicas periódicas de las edificaciones más vulnerables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reubicación de edificaciones ubicadas en zonas de alto riesgo.</li> <li>● Concienciación por parte de las autoridades sobre el riesgo de permanecer en zonas vulnerables.</li> <li>● Regulaciones que impidan el desarrollo de nuevas edificaciones en áreas identificadas como de muy alta susceptibilidad.</li> </ul>	<p><i>GAD-Guaranda</i></p> <p><i>Secretaria de Gestión de Riesgos (SGR)</i></p> <p><i>Ministerio de Desarrollo Urbano</i></p>	<p><i>5 años</i></p>

<i>Estrategias efectivas</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Apoyo en la construcción de nuevas viviendas o en la adaptación de las existentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Desarrollo de planes de ordenamiento territorial y uso de suelos.</li> <li>● Capacitación y fortalecimiento de las capacidades de respuesta por parte de las autoridades.</li> <li>● Establecimiento de mecanismos de coordinación y respuesta interinstitucional.</li> <li>● Capacitación y sensibilización a la comunidad en temas de gestión de riesgos y medidas de autoprotección.</li> </ul>	y Vivienda (MIDUVI)	
------------------------------	--	---	---------------------	--

*Nota. Se detalla las medidas de reducción, mitigación y estrategias efectivas frente a la amenaza de deslizamiento.*

**Tabla 31**

*Propuesta integral para la reducción de la vulnerabilidad física*

<b>Plan de Acción para la Reducción de la Vulnerabilidad Física de las Edificaciones ubicadas en la Colina “San Bartolo” del Cantón Guaranda Frente a la Ocurrencia de Deslizamientos.</b>	
<b>Objetivo:</b>	<p>Evaluar y reducir la vulnerabilidad física de las edificaciones ubicadas alrededor de la Colina San Bartolo, identificada como una zona de alta susceptibilidad a deslizamientos, según estudios de SHALSTAB y la Secretaría de Gestión de Riesgos.</p> <p>Se plantean medidas correctivas, preventivas y de mitigación para estabilizar el terreno, reforzar las estructuras expuestas y reubicar viviendas en zonas de muy alto riesgo.</p>
<b>Acciones:</b>	<p>Reforestación y control de erosión.</p> <p>Reubicación de viviendas en áreas críticas.</p> <p>Desarrollo de un sistema de alerta temprana y capacitación comunitaria.</p>
<b>Introducción</b>	<p>La Colina San Bartolo, ubicada en el Cantón Guaranda, presenta una alta susceptibilidad a deslizamientos debido a sus características geológicas, morfológicas y climáticas. La falta de planificación urbana y las construcciones no técnicas incrementan la vulnerabilidad física de las edificaciones asentadas en esta área.</p>

<b>Diagnóstico de la Situación Actual</b>	<p>Según los mapas de susceptibilidad de SHALSTAB y la Secretaría de Gestión de Riesgos, la Colina San Bartolo presenta zonas con alta y muy alta susceptibilidad a deslizamientos, principalmente en las áreas noroeste y centro-oeste.</p> <p>Aproximadamente 19 han sido construidas sin estudios técnicos en pendientes inestables, utilizando materiales no adecuados (adobe, mampostería débil).</p> <p>Las principales razones por encontrarse en terrenos inestables y con una pendiente elevada, así como por la ausencia de drenaje y acumulación de agua durante las temporadas de invierno. Las construcciones son vulnerables debido a que se ubican en áreas de susceptibilidad y carecen de permisos para su construcción. Además, son edificaciones que no cumplen con las normas de construcción, lo que incrementa la vulnerabilidad de los habitantes de esta comunidad.</p>			
<b>Objetivos</b>	<p><b>Objetivos General:</b></p> <p>Reducir impacto hacia las edificaciones ubicadas alrededor de la Colina San Bartolo mediante acciones correctivas, preventivas y de mitigación frente a los deslizamientos.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>Reforzar estructuralmente las edificaciones expuestas.</p> <p>Promover la reubicación segura de viviendas ubicadas en zonas críticas.</p> <p>Implementar medidas preventivas como reforestación y control de drenaje.</p> <p>Desarrollar programas de capacitación y sistemas de alerta temprana.</p>			
<b>Estrategias y Acciones Propuestas</b>		<b>Medidas correctivas</b>		
<b>Nº Acciones</b>	<b>Acciones Propuesta</b>	<b>Responsables</b>	<b>Duración</b>	<b>Recursos Necesario</b>
<b>1</b>	Construcción de muros de contención (gaviones, concreto armado).	GAD Guaranda	6 meses	Gaviones, concreto, mano de obra.

2	Refuerzo estructural de viviendas vulnerables.	Técnicos del GAD Guaranda Propietarios de las edificaciones.	12 meses	Materiales de construcción.
3	Mejoramiento de sistemas de drenaje (zanjas, tuberías).	Ingenieros del GAD Guaranda.	6 meses	Materiales de drenaje, maquinaria.
<b>Medidas preventivas</b>				
1	Reforestación con especies nativas de raíces profundas.	MAE, Comunidad	8 meses	Plantas, herramientas agrícolas.
2	Control de erosión mediante mallas geotécnicas y geomantos	Técnicos, MAG	6 meses	Mallas geotécnicas, geomantos.
3	Desarrollo de un sistema de alerta temprana (sensores de movimiento).	Especialistas, Municipio	6 meses	Sensores, software de monitoreo.
<b>Medidas de Mitigación</b>				

<b>1</b>	Talleres sobre construcción segura y conservación de suelos.	GAD Guaranda SGR Guaranda MIDUVI	Permanente	Materiales didácticos, capacitadores.
<b>2</b>	Simulacros y preparación frente a emergencias.	SGR Guaranda	Permanente	Espacios comunitarios, logística.
<b>Cronograma de actividades</b>	<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>		<b>Tiempo estimado</b>
	Construcción de muros de contención (gaviones, concreto armado).	GAD Guaranda		6 meses
	Refuerzo estructural de viviendas vulnerables.	Técnicos del GAD Guaranda Propietarios de las edificaciones.		12 meses
	Mejoramiento de sistemas de drenaje (zanjas, tuberías).	Ingenieros del GAD Guaranda.		6 meses
	Reforestación con especies nativas de raíces profundas.	MAE, Comunidad		8 meses
	Control de erosión mediante mallas geotécnicas y geomantos	Técnicos, MAE		6 meses

	Desarrollo de un sistema de alerta temprana (sensores de movimiento).	Especialistas, Municipio	6 meses
	Talleres sobre construcción segura y conservación de suelos.	GAD Guaranda SGR Guaranda MIDUVI	Permanente
	Simulacros y preparación frente a emergencias.	SGR Guaranda	Permanente
<b>Recursos necesarios:</b>	<b>Recursos</b>	<b>Descripción</b>	
	Económicos	Fondos municipales, Cooperación nacional.	
	Materiales	Gaviones, concreto, tuberías, plantas nativas, mallas geotécnicas.	
	Personal	Ingenieros técnicos, voluntarios, comunidad San Bartolo	
<b>Evaluación y Seguimiento</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Descripción</b>	
	Indicadores de Avance	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de muros construidos.</li> <li>- Viviendas reforzadas.</li> <li>- Áreas reforestadas.</li> </ul>	

	Metodología de Monitoreo	Informes semestrales y reuniones comunitarias para evaluar el progreso.
	<b>Seguimiento Técnico</b>	Uso de sensores de movimiento para verificar la estabilidad del terreno.
	<b>Comité Comunitario</b>	Formación de un comité para supervisar las acciones implementadas.
<b>Resultados Esperado</b>	Resultado Esperado	Descripción
	Seguridad Habitacional	Reducción del riesgo de deslizamientos en las viviendas reforzadas.
	Entorno Estable	Zonas estabilizadas mediante muros de contención y reforestación.
	Conciencia Comunitaria	Mayor conocimiento y preparación frente a riesgos por parte de la población.
<b>Conclusiones</b>	<p>La ejecución de esta propuesta permitirá reducir significativamente la vulnerabilidad física de las edificaciones en la Colina San Bartolo, garantizando la seguridad de las familias y promoviendo el uso sostenible del territorio.</p> <p>La combinación de acciones correctivas, preventivas y de reubicación, junto con la participación activa de la comunidad, será clave para lograr un entorno más seguro y resiliente.</p>	

<b>Recomendaciones</b>	<p>Continuar con la capacitación técnica a los habitantes sobre construcción segura.</p> <p>Garantizar el mantenimiento periódico de las infraestructuras de contención y drenaje.</p> <p>Implementar un plan de ordenamiento territorial que prohíba construcciones en zonas de riesgo extremo.</p>
------------------------	--

*Nota. Se detalla la propuesta con respecto a los resultados objetivos en los objetivos.*

## **5. Comprobación de hipótesis**

Con base en el objetivo que es identificar zonas susceptibles a deslizamientos en la colina San Bartolo, se pudo comprobar la existencia de viviendas que presentan niveles de Alta y Muy Alta vulnerabilidad física ante la ocurrencia de deslizamientos, esto debido a las características Geológicas del terreno, las condiciones estructurales de las construcciones, construcciones en zonas de alto riesgos (Pendientes muy pronunciadas), factores ambientales y antropogénicas como: degradación del suelo por la actividad agrícola y ganadera del sector, deforestación de la cobertura vegetal propia del terreno que ponen en riesgo a la población aledaña así como también los servicios básicos del lugar.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- El modelo SHALSTAB, ha permitido identificar áreas críticas dentro de la zona de estudio, donde, el 57% (17 ha) está clasificada como de “Muy baja susceptibilidad”, indicando condiciones relativamente estables, mientras que el 20% (6 ha) se encuentra en “Muy alta susceptibilidad”, lo que representa un riesgo significativo de deslizamientos. Además, el 7% (2 ha) está clasificado como “Media susceptibilidad” y el 3% (1 ha) como “Alta susceptibilidad”. Es importante señalar que el 43% del área total (13 ha) se identifica como incondicionalmente inestables, donde las características topográficas, como pendientes pronunciadas y zonas de gran acumulación de agua, aumenta el riesgo a deslizamientos.
- La evaluación del nivel de vulnerabilidad física de las edificaciones expuestas a la amenaza de deslizamientos, basándose en la metodología de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y el PNUD, se ha determinado que la mayoría de las viviendas analizadas presentan índices de vulnerabilidad “Alto” a “Muy Alto” lo que indica un elevado riesgo ante la amenaza de este evento peligroso. Esto se debe principalmente a la ubicación de las edificaciones en zonas de riesgo, donde factores como el tipo de material utilizado, el sistema estructural y las características del suelo contribuyen significativamente a su inestabilidad.
- Las medidas de reducción, mitigación y estrategias de adaptación efectivas están diseñadas para abordar la vulnerabilidad de las edificaciones más afectadas y facilitar una respuesta rápida y coordinada por parte de las autoridades competentes. En las medidas de reducción se enfatizó la estabilidad del talud, en las medidas de mitigación se priorizaron acciones de control del suelo y en las estrategias de adaptación efectivas, se puso un

mayor énfasis en la seguridad de la población frente a la vulnerabilidad de las edificaciones ante la amenaza de deslizamientos.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda implementar un plan de gestión de riesgos que contemple la vigilancia y monitoreo continuo de las áreas identificadas como de "Alta" y "Muy alta susceptibilidad" en la colina San Bartolo, así como la realización de estudios geotécnicos detallados para evaluar las condiciones del suelo y la estabilidad de las pendientes. Es fundamental desarrollar estrategias de mitigación, como la reforestación de zonas críticas, la construcción de drenajes adecuados para reducir la acumulación de agua y la instalación de barreras físicas que contengan posibles deslizamientos.
- Implementar un programa integral de evaluación y reforzamiento de las edificaciones identificadas con "Alta" y "Muy Alta" vulnerabilidad física ante deslizamientos, priorizando aquellas situadas en áreas de mayor riesgo. Este programa debe contemplar la realización de estudios geotécnicos detallados para comprender las condiciones del suelo y su impacto en la estabilidad estructural. Además, es esencial fomentar la colaboración entre las autoridades locales y la comunidad para asegurar la protección de los habitantes en estas zonas vulnerables.
- Se han pospuesto un conjunto de medidas tanto estructurales como no estructurales, para lo cual se recomienda a las autoridades competentes como el GAD-Guaranda, la Secretaría de Gestión de Riesgos y otras instituciones, a implementar de manera urgente las medidas de reducción, mitigación y estrategias propuestas garantizando una respuesta coordinada y efectiva que no solo protegerá a las edificaciones más vulnerables, sino que también salvaguardará la vida y el bienestar de los habitantes de la zona.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Álvarez, J., & Málaga, K. (2021). *Análisis del riesgo por flujo de detritos del distrito de Haquira provincia de Cotabambas departamento de Apurímac* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/094810d7-832a-4db3-be32-d2dd0f9a1f0b>
- Arévalo Bayes, J. O. (2023). *Evaluación de la amenaza de inundación ante los asentamientos irregulares en el barrio Lucha de los pobres perteneciente al cantón Echeandía, provincia Bolívar en el periodo junio a diciembre 2022.*
- Burgos, B., Cartaya, S., & Mero del Valle, D. (2019). Análisis de la vulnerabilidad a inundaciones de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga, provincia de Manabí, Ecuador. *Investigaciones Geográficas*, 5(98), 1–12. <https://doi.org/10.14350/rig.59767>
- Cabrera, E. (2021). *Susceptibilidad a deslizamientos mediante el uso de SIG, a escala 1: 10 000, del tramo vial comprendido desde: el redondel del barrio el plateado hasta el antiguo peaje del cantón Catamayo, provincia de Loja* [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24356/1/EdgarMauricio-CabreraMalla.pdf>
- Caiza, E., & Quinatoa, C. (2023). *Zona susceptible a deslizamiento en la colina San Bartolo de la ciudad de Guaranda Provincia de Bolívar* [Universidad Estatal de Bolívar]. <https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e5b14df4-49b1-42dd-a9a7-0ff5b1cd2f58/content>
- Caviedes, L., & Chaparro, F. (2021). *Zonificación de susceptibilidad a movimientos en masa en el área urbana del sector este de la UPZ Verbenal, Bogotá D.C* [Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A.]. <chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.udca.edu.co/server/api/core/bitstreams/b8d34b5a-004f-4dd6-97c1-42156277f213/content>
- Código Orgánico de Organización Territorial, Registro Oficial Suplemento 303 (2019).

Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas, Ministerio de Finanzas del Ecuador (2011).

[http://www.geograficomilitar.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/06/base\\_legal/Codigo\\_Organico\\_de\\_Planificacion\\_y\\_Finanzas\\_Publicas.pdf](http://www.geograficomilitar.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/06/base_legal/Codigo_Organico_de_Planificacion_y_Finanzas_Publicas.pdf)

Consejo Nacional de la República del Ecuador. (2024). *Plan de Desarrollo para el nuevo Ecuador*

*2024 - 2025 Eje Gestión de Riesgos*. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.planificacion.gob.ec/wp-](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/05/PND24-25Eje5.pdf)

[content/uploads/2024/05/PND24-25Eje5.pdf](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/05/PND24-25Eje5.pdf)

Consejo Nacional de Planificación. (2024). *Plan de Desarrollo para el nuevo Ecuador 2024-2025 Eje*

*de Gestión de Riesgos*. Consejo Nacional de Planificación República Del Ecuador.

<https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/05/PND24-25Eje5.pdf>

Constitución de La República Del Ecuador, Pub. L. No. Decreto Legislativo 0 Registro Oficial 449

(2008). [https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)

Corporación Autónoma Regional de Boyacá. (2020). *ABC Lo que debes saber sobre los movimientos*

*en masa*. Corpoboyacá. <https://www.corpoboyaca.gov.co/noticias/abc-lo-que-debes-saber-sobre-los-movimientos-en-masa/>

Corro, H. (2023). *Análisis de vulnerabilidad física – estructural ante la amenaza de deslizamiento en*

*la comunidad de Apahua, parroquia rural Salinas, cantón Guaranda, período mayo-septiembre 2023* [Universidad Estatal de Bolívar].

[https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1affb8fd-556c-472c-a252-](https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1affb8fd-556c-472c-a252-55dfe7bc0ba1/content)

[55dfe7bc0ba1/content](https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1affb8fd-556c-472c-a252-55dfe7bc0ba1/content)

De Mora-Gaibor, M., Vallejo-Ilijama, M., & Pazmiño-Zabala, C. (2022). Vulnerabilidad física

estructural de Unidades Educativas ante la amenaza de sismos. *Sociedad & Tecnología*, 6(1), 1–

16. <https://doi.org/10.51247/st.v6i1.321>

- García, W., Delfín, M., Ledezma, M., & Arévalo, B. (2021). Integrando métodos de evaluación de riesgos de deslizamientos e inundaciones en cuencas del Tunari y zona de Alto Cochabamba. *Acta Nova*, 10(1), 61–94. <https://adaptacionandes.org/wp-content/uploads/2022/08/Integrando-metodos-de-evaluacion-de-riesgos-de-deslizamientos-e-inundaciones-Bol.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia Bolívar. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2021 - 2025*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2020-2025*.
- González, C., & Flórez, G. (2022). Vulnerabilidad física en viviendas de la periferia en Manizales, Colombia. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 37(3), 935–976. <https://doi.org/10.24201/edu.v37i3.2022>
- Hamón, G. (2021). *Evaluación de la vulnerabilidad física de estructuras impactadas por deslizamientos de ladera* [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80800/1017234269.2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2017). *Metodología de la Investigación* (7th ed.). MCGRAW-HILL.
- Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial Uso y Gestión Del Suelo, Pub. L. No. Oficio No. SAN-2016-1196 (2016). <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Ley-Organica-de-Ordenamiento-Territorial-Uso-y-Gestion-de-Suelo1.pdf>
- Ley Orgánica Para La Gestión Integral de Riesgos de Desastres, Pub. L. No. Ley 0 Registro Oficial Suplemento 488 (2024). <https://procuraduria.utpl.edu.ec/NormativaExterna/LEY%20ORG%20C3%81NICA%20PARA%20LA%20GESTI%C3%93N%20INTEGRAL%20DEL%20RIESGO%20DE%20DESASTRES.pdf>

- Meléndez, G., & Toalombo, M. (2022). *Estudio de los factores de riesgo que influyen en el deslizamiento del cerro Cuchicahua del cantón Chillanes, provincia Bolívar* [Universidad Estatal de Bolívar]. <https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/021682e9-207a-4dde-994e-b3400dfb8c2b/content>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2018). *NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-HS-EE-Final.pdf>
- Naranjo Gaibor, L. F. (2023). *Aplicación de un modelo para la zonificación de áreas susceptibles a deslizamiento uso de Sistemas de Información Geográfica y Análisis de la estabilidad de Taludes en 2 Zonas críticas en la vía Zumbahua-Macuchi*. ESPOL. FICT.
- Ninabanda, J., & Manobanda, M. (2022). *Evaluación de la vulnerabilidad físico estructural ante el riesgo de remoción en masa en la comunidad de el castillo alto perteneciente a la parroquia Veintimilla cantón Guaranda año 2021* [Universidad Estatal de Bolívar]. <https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/095fa370-fecc-45e1-8e69-0ad02e76c8fd/content>
- Pasto, J., & Simaliza, 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*. [Universidad Estatal de Bolívar]. <https://dspace.ueb.edu.ec/items/b0b4f869-7a62-48ab-b559-e641b462a4b3>
- Pazmiño, A., & Serrano, I. (2022). *Evaluación de vulnerabilidad física - estructural de la casona histórica universitaria ubicada en la ciudad de Guaranda, periodo 2022* [Universidad Estatal de Bolívar]. <https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/65b536cd-637f-4e45-99f7-3d36edfd0609/content>

- Pincay, M. A. (2023). Estimación de riesgo por deslizamiento en la parroquia Noboa, 24 de mayo, Manabí. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria.* , 7(1), 103–118.  
<https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v7.n1.2023.708>
- PNUD. (2021). *Gestión de Riesgos de Desastres ¿Qué hace el PNUD en Gestión del Riesgo de Desastres en América Latina y el Caribe?* Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Prieto, A., Cantor, L., & Rodríguez, C. (2020). Modelo de bloque deslizando para analizar el comportamiento cinemático de deslizamientos en suelos a partir de las fuerzas resultantes de un modelo de equilibrio límite. *Obras y Proyectos*, 5(27), 64–77. <https://doi.org/10.4067/S0718-28132020000100064>
- Reyes, H., Rodríguez, R., Ocaña, C., & Silva, M. (2023). Vulnerabilidad socioambiental por el peligro deslizamiento en el Sector Rampac Grande, distrito y provincia de Carhuaz, 2018. *Revista Científica Pakamuros*, 10(3), 14–29. <https://doi.org/10.37787/5k8xh581>
- Reyna, A., Moreira, D., Bonilla, A., Pisco, J., & Macías, C. (2020). Asentamientos humanos en zonas susceptibles a riesgos por inundación y deslizamiento de la ciudad de Portoviejo. *Revista San Gregorio*, 43(1), 1–10. [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2528-79072020000400109](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2528-79072020000400109)
- Ruiz, J. (2020). *Susceptibilidad a deslizamientos en el valle de Joa* [Universidad Estatal del Sur de Manabí].  
<https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2563/1/PROYECTO%20DE%20TITULACION%20POOL.pdf>
- Salazar, U. (2023). Inclusión del componente “Gestión de riesgos” dentro de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) a nivel cantonal. *Revista de La Superintendencia de Ordenamiento Territorial INFOSOT*, 25(1), 7–9. [https://www.sot.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/REVISTA\\_DICIEMBRE.pdf](https://www.sot.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/REVISTA_DICIEMBRE.pdf)

Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2019). *Lineamientos para incluir la gestión del riesgo de desastres en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT)* (1st ed., Vol. 1). <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/10/Lineamientos-para-incluir-la-gesti%C3%B3n-del-riesgo-de-desastres-en-el-Plan-de-Desarrollo-y-Ordenamiento-Territorial-PDOT.pdf>

Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2022, January). *Lineamientos para la Gobernanza de la Gestión del Riesgo de Desastres en los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos*. SNGRE. [https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/LineamientosGobernanzaGAD\\_24012022.pdf](https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/LineamientosGobernanzaGAD_24012022.pdf)

Trujillo, F. (2022). *Modelo y procedimiento de promoción para potenciar las estrategias y desarrollo del sector turístico* [Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ambato]. <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a788df7c-3ab7-4f42-9f99-73e03d5d97af/content>

UNDP. (2020). *Desarrollo con Perspectiva de Riesgos: Una herramienta estratégica para la incorporación de la Reducción del Riesgo de Desastres y la Adaptación al Cambio Climático en el Desarrollo*. United Nations Development Programme. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-09/UNDP-Risk-Informed-Development-Strategy-Tool-for-Integrating-DRR-and-CC-Adaptation-into-Development-ES.pdf>

Vargas, G. (2000). Criterios para la clasificación y descripción de movimientos en masa. *Boletín de Geología*, 22(37), 39–67. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/view/3965>

## ANEXOS

## CRONOGRAMA DE ELABORACION DEL PROYECTO

Cronograma de Actividades	2024															
	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Planificación del Proyecto																
Selección de tema investigación																
Elaboración del primer Capítulo con los siguientes ítems.																
Planteamiento del Problema																
Formulación del Problema																
Objetivos General																
Objetivos Específicos																
Justificación de la Investigación																
Limitaciones																
Operacionalización de Variables																
Elaboración del MARCO TEÓRICO con los siguientes ítems																
Referencial y Georreferencial																
Antecedentes (académicos y artículos de investigación)																
Científico (bases teóricas en la que fundamenta la investigación)																
Legal																
Conceptual																





# INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS

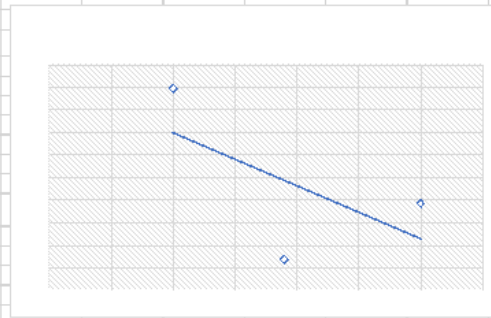
## ● Resultados de análisis de laboratorio de suelos

ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS				LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
Normas:	ASTM: D 421-98 Y D422-63 AASHTO: T -87 -7D Y T 88-7D	Fecha:	2/10/2024	1	2	3	4	1	2
PROYECTO:	Análisis de suelos			16,34	16,33	16,67		7,81	8,63
CONTRATISTA:	Ing. Adrian Flores			32,99	33,35	34,11		9,88	10,77
REALIZADOR:	Ing. Paul Flores			27,79	27,86	28,41		9,27	10,39
UBICACIÓN:	Guaranda			5,2	5,49	5,7		0,31	0,38
ORDEN No.:				11,45	11,53	11,74		9,27	10,39
				45,41	47,61	48,55		3,34	3,66
				32	27	22		3,50	
Gravas	G	Bien Graduado	W						
Arenas	S	Pobremente Graduado	P						
Arcillas	C	Limoso	M						
Limos	M	Arcilloso	C						
Orgánicos	O	Baja Plasticidad	L						
		Alta Plasticidad	H						
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	D,09	9,70%	90,30%					
3/4"	19,05	D,052	5,60%	84,70%					
1/2"	12,70	D,044	4,74%	79,96%					
3/8"	9,53	D,03	3,23%	76,72%					
N 4	4,75	D,018	1,94%	74,78%					
PASA N 4				74,78%					
N 10	2,00	D,224	24,14%	50,65%					
N 20	0,84	D,186	20,04%	30,60%					
N 30	0,60	D,068	7,33%	23,28%					
N 40	0,43	D,044	4,74%	18,53%					
N 60	0,25	D,072	7,76%	10,78%					
N 100	0,15	D,044	4,74%	6,03%					
N 200	0,08	D,044	4,74%	1,29%					
PASA N 200				1,29%					
FONDO		D,012	1,29%	D,00%					
TOTAL		0,928		D,00%					
Peso ant. Lavado	Peso cuarteo antes del lavado								
Peso des. Lavado	Peso cuarteo después de lavado								
Total diferencia	diferencia o pasa a el tamiz N 200								
1)									
SUELO GRUESO	SI	SUELO FINO	NO						
ARENAS									
2) SI PREDOMINA LAS ARENAS O GRAVAS Y EN EL PORCENTAJE DE FINOS ES <5%, TENEMOS ARENAS O GRAVAS MALO BIEN GRADADAS.									
3) Límites de Atterberg									
								LÍMITE LÍQUIDO	47,6
								LÍMITE PLÁSTICO	3,5
								Límite Líquido LL	44,1
								Límite Plástico LP	
								IP=LL-LP	
<b>1. Granulometría</b> Cu= 11,20 D10 0,25 SW : Cu > 6 ; 1 ≤ Cc ≤ 3 Cc= 1,03 D30 0,85 GW: Cu > 4 ; 1 ≤ Cc ≤ 3 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ ; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$ D60 2,8 Clasificación según tabla <b>ES CO GER</b>									
VER EN LA GRARCA									

ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRIA DE LOS SUELOS					
Normas:	ASTM: D 421-58 Y D422-63	Fecha:	2/10/2024		
	AASHTO: T-87-70 Y T88-70				
POYECTO:	Análisis de suelos				
CONTRATISTA:	Ing. Adrian Flores				
FISCALIZADOR:	Ing. Paul Flores				
UBICACIÓN:	Guaranda				
ORDEN NO.:					
	Sinología	SUBGRUPO	Sinología		
Gravas	G	Bien Graduado	W		
Arenas	S	Pobremente Graduado	P		
Arcillas	C	Limoso	M		
Limos	M	Arcilloso	C		
Organicos	O	Baja Plasticidad	L		
		Alta Plasticidad	H		
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		0,00%	100,00%	
3/4"	19,05	0,086	3,99%	96,01%	
1/2"	12,70	0,076	3,61%	92,40%	
3/8"	9,53	0,094	4,36%	88,04%	
N #	4,75	0,022	1,02%	87,03%	
PASA N #				87,03%	
N 10	2,00	0,356	16,50%	70,53%	
N 20	0,84	0,478	22,15%	48,38%	
N 30	0,60	0,204	9,49%	38,89%	
N 40	0,43	0,154	7,14%	31,75%	
N 60	0,25	0,276	12,88%	18,87%	
N 100	0,15	0,128	5,93%	12,94%	
N 200	0,08	0,208	9,64%	3,30%	
PASA N 200				3,34%	
FONDO		0,072	3,34%	0,00%	
TOTAL		2,158			
Peso ant. Lavado	Peso cuarteo antes del lavado				
Peso des. Lavado	Peso cuarteo después de lavado				
Total diferencia	diferencia o pasa el tamiz N 200				

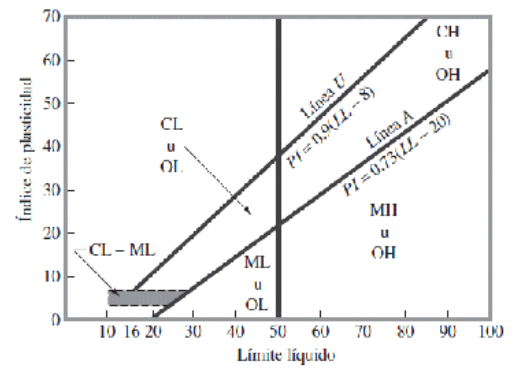
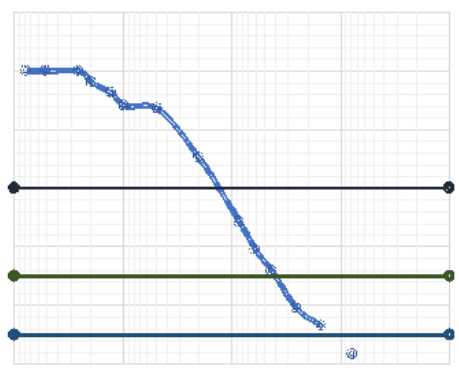
LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
1	2	3	4	1	2
16,34	16,33	16,67		7,81	8,63
33,44	28,12	39,8		9,58	10,77
31,38	24,67	32,75		9,27	10,39
7,26	3,45	7,05		0,31	0,38
14,84	8,34	16,08		9,27	10,39
48,92	41,37	43,84		3,34	3,66
10	19	60		3,50	
10	48,92	18329			
19	41,36	69065			
30	43,84	32836			

3) Limites de Atterberg	LIMITE LIQUIDO	45
Índice plástico IP	LIMITE PLASTICO	3,66
Limite Líquido LL		41,34
Limite Plástico LP	IP=LL-LP	



1)	SUELO GRUESO	SI	SUELO FINO	NO
	ARENAS			

2) SI PREDOMINA LAS ARENAS O GRAVAS Y EN EL PORCENTAJE DE FINOS ES <5%, TENEMOS ARENAS O GRAVAS MAL O BIEN GRADADAS.



<b>1. Granulometría</b>	Cu =	9,33	D10	0,15
SW : Cu > 6 ; 1 < Cc < 3	Cc =	0,88	D30	0,43
GW : Cu > 4 ; 1 < Cc < 3	$C_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$		D60	1,4
	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$			
Clasificaciones según tabla	ESCOGER			

VER EN LA GRAFICA

- *Trabajo en campo*

ID	COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS EDIFICACIONES QUE SE ENCUENTRAN EN ZONAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTOS		
	PROPIETARIOS	LATITUD	LONGITUD
1	QUILLE PUNINA NORMA MARCIA	773325	9823422
2	TORRES OLEAS ABEL IGNACIO HEREDEROS	723279	9823588
3	HINOJOZA CORDERO GILBERTO MARCIAL	723635	9823706
4	HINOJOZA CORDERO GILBERTO MARCIAL	723649	9823696
5	HEREDEROS LLACAN CONCEPCION	723666	9823685
6	TARIS MENDOZA MARCO VINICIO	723698	9823649
7	CAGUANO PACHALA MARIA ROSA	723771	9823628
8	PACHALA MARIA AURORA	723727	9823604
9	DURAN PACHALA VILMA AIDE	723735	9823606

<b>10</b>	DURAN PACHALA MILTON VINICIO	723741	9823625
<b>11</b>	CAGUANO PACHALA GEOMAYRA DEL ROCIO	723744	9823630
<b>12</b>	GAVILANEZ ZARUMA DAYRA PUALETH	723821	9823702
<b>13</b>	DURAN PACHALA MILTON VINICIO	723832	9823686
<b>14</b>	NARANJO POZO LUIS ENRIQUE	723807	9823559
<b>15</b>	NARANJO POZO LUIS ENRIQUE	723823	9823557
<b>16</b>	NARANJO POZO LUIS ENRIQUE	723831	9823556
<b>17</b>	NARANJO POZO LUIS ENRIQUE	723841	9823557
<b>18</b>	QUILLE JOSE IGNACIO	723377	9823412
<b>19</b>	QUILLE JOSE IGNACIO	723372	9823417

- *Evaluación estructural de cada edificación*

**Evaluación Estructural**

<b>Nombre de la Edificación:</b>		<b>QUILLE PUNINA NORMA MARCIA</b>		
<b>Tipo de uso:</b>	<b>VIVIENDA</b>			
<b>ID: 1</b>	<b>Norte:</b>	9823422	<b>Este:</b>	773325
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N°: 1</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>Variables</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Hormigón armado	<b>1</b>	0.6	0.6
Tipo de material en paredes	Pared de ladrillo	<b>1</b>	0.6	0.6
Tipo de cubierta	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	1 Piso	<b>10</b>	0.6	6.0
Año de construcción	2011 en adelante	<b>1</b>	0.8	0.8

Estado de conservación	Bueno	<b>1</b>	0.6	0.6
Características del suelo bajo la edificación	Firme, Seco	<b>1</b>	2.0	2.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Regular	<b>0</b>	0.0	0.0
Susceptibilidad a deslizamientos	Moderada susceptibilidad	<b>5</b>	0.8	4.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>55</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Alta</b>

<b>Evaluación Estructural</b>				
<b>Nombre de la Edificación:</b>		<b>TORRES OLEAS ABEL IGNACIO HEREDEROS</b>		
<b>Tipo de uso:</b>	<b>VIVIENDA</b>			
<b>ID: 2</b>	<b>Norte:</b>	9823588	<b>Este:</b>	723279
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N°: 2</b>				

<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>Variables</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Hormigón armado	<b>1</b>	0.6	0.6
Tipo de material en paredes	Pared de bloque	<b>5</b>	0.6	3.0
Tipo de cubierta	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	1 Piso	<b>10</b>	0.6	6.0
Año de construcción	Entre 1991 y 2010	<b>1</b>	0.8	0.8
Estado de conservación	Bueno	<b>1</b>	0.6	0.6
Características del suelo bajo la edificación	Firme, Seco	<b>1</b>	2.0	2.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Regular	<b>0</b>	0.0	0.0

Susceptibilidad a deslizamientos	Crítica susceptibilidad	10	0.8	8.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>61</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Alta</b>

<b>Evaluación Estructural</b>				
<b>Nombre de la Edificación:</b>		HINOJOZA CORDERO GILBERTO MARCIAL		
<b>Tipo de uso:</b>	VIVIENDA			
<b>ID: 3</b>	<b>Norte:</b>	9823706	<b>Este:</b>	723635
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N°: 3</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>Variables</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Hormigón armado	1	0.6	0.6
Tipo de material en paredes	Pared de ladrillo	1	0.6	0.6

Tipo de cubierta	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	1 piso	<b>10</b>	0.6	6.0
Año de construcción	2011 en adelante	<b>1</b>	0.8	0.8
Estado de conservación	Bueno	<b>1</b>	0.6	0.6
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando-relleno	<b>5</b>	2.0	10.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Regular	<b>0</b>	0.0	0.0
Susceptibilidad a deslizamientos	Moderada susceptibilidad	<b>5</b>	0.8	4.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>63</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Alta</b>

<b>Evaluación Estructural</b>				
<b>Nombre de la Edificación:</b>		HINOJOZA CORDERO GILBERTO MARCIAL		
<b>Tipo de uso:</b>	VIVIENDA			
<b>ID: 4</b>	<b>Norte:</b>	9823696	<b>Este:</b>	723649
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N°: 4</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>Variables</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Estructura de madera	<b>10</b>	0.6	6.0
Tipo de material en paredes	Pared de adobe	<b>10</b>	0.6	6.0
Tipo de cubierta	Vigas de madera y Teja	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Vigas y entramada de madera	<b>0</b>	0.0	0.0

Número de pisos	2 pisos	<b>5</b>	0.6	3.0
Año de construcción	2011 en adelante	<b>1</b>	0.8	0.8
Estado de conservación	Bueno	<b>1</b>	0.6	0.6
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando-relleno	<b>5</b>	2.0	10.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Irregularidad severa	<b>0</b>	0.0	0.0
Susceptibilidad a deslizamientos	<b>Crítica</b> susceptibilidad	<b>10</b>	0.8	8.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>74</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Alta</b>

<b>Evaluación Estructural</b>				
<b>Nombre de la Edificación:</b>		HEREDEROS LLACAN CONCEPCION		
<b>Tipo de uso:</b>	<b>VIVIENDA</b>			
<b>ID: 5</b>	<b>Norte:</b>	9823696	<b>Este:</b>	723666

<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N°: 5</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>Variables</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Hormigón armado	<b>1</b>	0.6	0.6
Tipo de material en paredes	Pared de bloque	<b>5</b>	0.6	3.0
Tipo de cubierta	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	2 Pisos	<b>5</b>	0.6	3.0
Año de construcción	2011 en adelante	<b>1</b>	0.8	0.8
Estado de conservación	Bueno	<b>1</b>	0.6	0.6
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando-relleno	<b>5</b>	2.0	10.0

Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Regular	<b>0</b>	0.0	0.0
Susceptibilidad a deslizamientos	Moderada susceptibilidad	<b>5</b>	0.8	4.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>62</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Alta</b>

<b>Evaluación Estructural</b>				
<b>Nombre de la Edificación:</b>		TARIS MENDOZA MARCO VINICIO		
<b>Tipo de uso:</b>	VIVIENDA			
<b>ID: 6</b>	<b>Norte:</b>	9823649	<b>Este:</b>	723698
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N°: 6</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>Variables</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>

Sistema estructural	Estructura de madera	<b>10</b>	0.6	6.0
Tipo de material en paredes	Pared de tapial-bahareque-madera	<b>10</b>	0.6	6.0
Tipo de cubierta	Caña, zinc, Eternit	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Vigas y entramada de madera	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	2 pisos	<b>5</b>	0.6	3.0
Año de construcción	Entre 1981 y 1990	<b>1</b>	0.8	0.8
Estado de conservación	Bueno	<b>1</b>	0.6	0.6
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando-relleno	<b>5</b>	2.0	10.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Irregular	<b>0</b>	0.0	0.0
Susceptibilidad a deslizamientos	Media susceptibilidad	<b>10</b>	0.8	8.0

<b>Índice de Vulnerabilidad</b>	<b>10.0</b>	<b>74</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>		<b>Alta</b>

<b>Evaluación Estructural</b>				
<b>Nombre de la Edificación:</b>		CAGUANO PACHALA MARIA ROSA		
<b>Tipo de uso:</b>	VIVIENDA			
<b>ID: 7</b>	<b>Norte:</b>	9823628	<b>Este:</b>	723771
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N°: 7</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>Variables</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Hormigón armado	<b>1</b>	0.6	0.6
Tipo de material en paredes	Pared de ladrillo	<b>1</b>	0.6	0.6
Tipo de cubierta	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0

Sistema de entrepisos	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	1 Piso	<b>10</b>	0.6	6.0
Año de construcción	2011 en adelante	<b>1</b>	0.8	0.8
Estado de conservación	Bueno	<b>1</b>	0.6	0.6
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando-relleno	<b>5</b>	2.0	10.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Regular	<b>0</b>	0.0	0.0
Susceptibilidad a deslizamientos	Media susceptibilidad	<b>10</b>	0.8	8.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>67</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Alta</b>

**Evaluación Estructural**

<b>Nombre de la Edificación:</b>		<b>PACHALA MARIA AURORA</b>		
<b>Tipo de uso:</b>	VIVIENDA			
<b>ID:8</b>	<b>Norte:</b>	9823604	<b>Este:</b>	723727
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N°: 8</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>Variables</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Hormigón armado	<b>1</b>	0.6	0.6
Tipo de material en paredes	Pared de bloque	<b>5</b>	0.6	3.0
Tipo de cubierta	Cubierta metálica	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	2 pisos	<b>5</b>	0.6	3.0
Año de construcción	Entre 1981 y 1990	<b>1</b>	0.8	0.8

Estado de conservación	Bueno	<b>1</b>	0.6	0.6
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando- relleno	<b>5</b>	2.0	10.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Irregular	<b>0</b>	0.0	0.0
Susceptibilidad a deslizamientos	<b>Crítica susceptibilidad</b>	<b>10</b>	0.8	8.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>66</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Alta</b>

<b>Evaluación Estructural</b>				
<b>Nombre de la Edificación:</b>		<b>DURAN PACHALA VILMA AIDE</b>		
<b>Tipo de uso:</b>	VIVIENDA			
<b>ID: 9</b>	<b>Norte:</b>	9823606	<b>Este:</b>	723735
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N°: 9</b>				

<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>Variables</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Hormigón armado	<b>1</b>	0.6	0.6
Tipo de material en paredes	Pared de bloque	<b>5</b>	0.6	3.0
Tipo de cubierta	Cubierta metálica	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	1 piso	<b>10</b>	0.6	6.0
Año de construcción	Entre 1991 y 2010	<b>1</b>	0.8	0.8
Estado de conservación	Bueno	<b>1</b>	0.6	0.6
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando-relleno	<b>5</b>	2.0	10.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Irregular	<b>0</b>	0.0	0.0

Susceptibilidad a deslizamientos	Media susceptibilidad	<b>10</b>	0.8	8.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>69</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Alta</b>

<b>Evaluación Estructural</b>				
<b>Nombre de la Edificación:</b>		<b>DURAN PACHALA MILTON VINICIO</b>		
<b>Tipo de uso:</b>	<b>VIVIENDA</b>			
<b>ID: 10</b>	<b>Norte:</b>	9823625	<b>Este:</b>	723741
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N: 10</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>Variables</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Hormigón armado	<b>1</b>	0.6	0.6

Tipo de material en paredes	Pared de bloque	<b>5</b>	0.6	3.0
Tipo de cubierta	Cubierta metálica	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	1 piso	<b>10</b>	0.6	6.0
Año de construcción	Entre 1981 y 1990	<b>1</b>	0.8	0.8
Estado de conservación	Malo	<b>10</b>	0.6	6.0
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando-relleno	<b>5</b>	2.0	10.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Irregular	<b>0</b>	0.0	0.0
Susceptibilidad a deslizamientos	Media susceptibilidad	<b>10</b>	0.8	8.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>74</b>

<b>Nivel de vulnerabilidad</b>		<b>Alta</b>
--------------------------------	--	-------------

<b>Evaluación Estructural</b>				
<b>Nombre de la Edificación:</b>		<b>CAGUANO PACHALA GEOMAYRA DEL ROCIO</b>		
<b>Tipo de uso:</b>	<b>VIVIENDA</b>			
<b>ID: 11</b>	<b>Norte:</b>	9823630	<b>Este:</b>	723744
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N°: 11</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>Variables</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Estructura de madera	<b>10</b>	0.6	6.0
Tipo de material en paredes	Pared de bloque	<b>5</b>	0.6	3.0

Tipo de cubierta	Cubierta metálica	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	2 pisos	<b>5</b>	0.6	3.0
Año de construcción	2011 en adelante	<b>1</b>	0.8	0.8
Estado de conservación	Bueno	<b>1</b>	0.6	0.6
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando-relleno	<b>5</b>	2.0	10.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Regular	<b>0</b>	0.0	0.0
Susceptibilidad a deslizamientos	Ata susceptibilidad	<b>10</b>	0.8	8.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>71</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Alta</b>

**Evaluación Estructural**

<b>Nombre de la Edificación:</b>		GAVILANEZ ZARUMA DAYRA PUALETH		
<b>Tipo de uso:</b>	VIVIENDA			
<b>ID: 12</b>	<b>Norte:</b>	9823702	<b>Este:</b>	723821
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N° 12</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>VARIABLES</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Hormigón armado	1	0.6	0.6
Tipo de material en paredes	Pared de bloque	5	0.6	3.0
Tipo de cubierta	Vigas de madera y Teja	0	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Entramado hormigón-metálica	0	0.0	0.0
Número de pisos	2 pisos	5	0.6	3.0

Año de construcción	Entre 1991 y 2010	1	0.8	0.8
Estado de conservación	Bueno	1	0.6	0.6
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando-relleno	5	2.0	10.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	10	4.0	40.0
Forma de la construcción	Regular	0	0.0	0.0
Susceptibilidad a deslizamientos	Baja susceptibilidad	5	0.8	4.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>62.0</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Alta</b>

<b>Evaluación Estructural</b>	
<b>Nombre de la Edificación:</b>	DURAN PACHALA MILTON VINICIO
<b>Tipo de uso:</b>	VIVIENDA

<b>ID: 13</b>	<b>Norte:</b>	9823686	<b>Este:</b>	723832
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N° 13</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>VARIABLES</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Mixta madera-hormigón	<b>10</b>	0.6	6.0
Tipo de material en paredes	Pared de adobe	<b>10</b>	0.6	6.0
Tipo de cubierta	Vigas de madera y Teja	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Vigas y entramada de madera	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	2 pisos	<b>5</b>	0.6	3.0
Año de construcción	Entre 1991 y 2010	<b>1</b>	0.8	0.8
Estado de conservación	Malo	<b>10</b>	0.6	6.0

Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando- relleno	<b>5</b>	2.0	10.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Irregularidad severa	<b>0</b>	0.0	0.0
Susceptibilidad a deslizamientos	Muy baja susceptibilidad	<b>1</b>	0.8	0.8
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>73</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Alta</b>

<b>Evaluación Estructural</b>				
<b>Nombre de la Edificación:</b>		<b>NARANJO POZO LUIS ENRIQUE</b>		
<b>Tipo de uso:</b>	<b>VIVIENDA</b>			
<b>ID: 14</b>	<b>Norte:</b>	9823559	<b>Este:</b>	723807
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N°: 14</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				

<b>Variables</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Estructura de madera	<b>10</b>	0.6	6.0
Tipo de material en paredes	Pared de adobe	<b>10</b>	0.6	6.0
Tipo de cubierta	Vigas de madera y Teja	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Vigas y entramada de madera	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	1 Piso	<b>10</b>	0.6	6.0
Año de construcción	Entre 1991 y 2010	<b>1</b>	0.8	0.8
Estado de conservación	Regular	<b>5</b>	0.6	3.0
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando-relleno	<b>5</b>	2.0	10.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Irregular	<b>0</b>	0.0	0.0

Susceptibilidad a deslizamientos	Moderada susceptibilidad	5	0.8	4.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10</b>	<b>76</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Muy Alto</b>

<b>Evaluación Estructural</b>				
<b>Nombre de la Edificación:</b>		<b>NARANJO POZO LUIS ENRIQUE</b>		
<b>Tipo de uso:</b>	<b>VIVIENDA</b>			
<b>ID: 15</b>	<b>Norte:</b>	9823557	<b>Este:</b>	723823
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N°: 15</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>Variables</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Hormigón armado	1	0.6	0.6
Tipo de material en paredes	Pared de bloque	5	0.6	3.0

Tipo de cubierta	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	2 pisos	<b>5</b>	0.6	3.0
Año de construcción	2011 en adelante	<b>1</b>	0.8	0.8
Estado de conservación	Regular	<b>5</b>	0.6	3.0
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando-relleno	<b>5</b>	2.0	10.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Regular	<b>0</b>	0.0	0.0
Susceptibilidad a deslizamientos	Baja susceptibilidad	<b>5</b>	0.8	4.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>64</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Alta</b>

**Evaluación Estructural**

<b>Nombre de la Edificación:</b>		<b>NARANJO POZO LUIS ENRIQUE</b>		
<b>Tipo de uso:</b>	<b>VIVIENDA</b>			
<b>ID: 16</b>	<b>Norte:</b>	9823556	<b>Este:</b>	723831
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N°: 16</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>VARIABLES</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Estructura de madera	<b>10</b>	0.6	6.0
Tipo de material en paredes	Pared de bloque	<b>5</b>	0.6	3.0
Tipo de cubierta	Caña, zinc, Eternit	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Vigas y entramada de madera	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	2 pisos	<b>5</b>	0.6	3.0
Año de construcción	Entre 1991 y 2010	<b>1</b>	0.8	0.8

Estado de conservación	Regular	<b>5</b>	0.6	3.0
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando-relleno	<b>5</b>	2.0	10.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Irregular	<b>0</b>	0.0	0.0
Susceptibilidad a deslizamientos	Baja susceptibilidad	<b>5</b>	0.8	4.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>70</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Alta</b>

<b>Evaluación Estructural</b>				
<b>Nombre de la Edificación:</b>		<b>NARANJO POZO LUIS ENRIQUE</b>		
<b>Tipo de uso:</b>	<b>VIVIENDA</b>			
<b>ID: 17</b>	<b>Norte:</b>	9823557	<b>Este:</b>	723841
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N°: 17</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				

<b>Variables</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Estructura de madera	<b>10</b>	0.6	6.0
Tipo de material en paredes	Pared de adobe	<b>10</b>	0.6	6.0
Tipo de cubierta	Vigas de madera y Teja	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Vigas y entramada de madera	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	1 piso	<b>10</b>	0.6	6.0
Año de construcción	Entre 1991 y 2010	<b>1</b>	0.8	0.8
Estado de conservación	Regular	<b>5</b>	0.6	3.0
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando-relleno	<b>5</b>	2.0	10.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Irregular	<b>0</b>	0.0	0.0

Susceptibilidad a deslizamientos	Ata susceptibilidad	10	0.8	8.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>80</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Muy Alto</b>

<b>Evaluación Estructural</b>				
<b>Nombre de la Edificación:</b>		<b>QUILLE JOSE IGNACIO</b>		
<b>Tipo de uso:</b>	<b>VIVIENDA</b>			
<b>ID: 18</b>	<b>Norte:</b>	9823412	<b>Este:</b>	723377
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N°: 18</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>Variables</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Hormigón armado	1	0.6	0.6
Tipo de material en paredes	Pared de bloque	5	0.6	3.0

Tipo de cubierta	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Loza de hormigón armado	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	1 piso	<b>10</b>	0.6	6.0
Año de construcción	2011 en adelante	<b>1</b>	0.8	0.8
Estado de conservación	Bueno	<b>1</b>	0.6	0.6
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando-relleno	<b>5</b>	2.0	10.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Regular	<b>0</b>	0.0	0.0
Susceptibilidad a deslizamientos	Moderada susceptibilidad	<b>5</b>	0.8	4.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>65</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Alta</b>

**Evaluación Estructural**

<b>Nombre de la Edificación:</b>		<b>QUILLE JOSE IGNACIO</b>		
<b>Tipo de uso:</b>	<b>VIVIENDA</b>			
<b>ID: 19</b>	<b>Norte:</b>	9823417	<b>Este:</b>	723372
<b>Evaluación Visual</b>				
<b>Ficha N°: 19</b>				
<b>Índice de vulnerabilidad de la edificación ante la amenaza de inundación</b>				
<b>Variables</b>	<b>Condición de la edificación</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>Peso de Ponderación</b>	<b>Valor máximo</b>
Sistema estructural	Hormigón armado	<b>1</b>	0.6	0.6
Tipo de material en paredes	Pared de bloque	<b>5</b>	0.6	3.0
Tipo de cubierta	Cubierta metálica	<b>0</b>	0.0	0.0
Sistema de entrepisos	Vigas y entramada de madera	<b>0</b>	0.0	0.0
Número de pisos	2 pisos	<b>5</b>	0.6	3.0
Año de construcción	2011 en adelante	<b>1</b>	0.8	0.8
Estado de conservación	Bueno	<b>1</b>	0.6	0.6

Características del suelo bajo la edificación	Húmedo-blando- relleno	<b>5</b>	2.0	10.0
Topografía del sitio	Bajo nivel calzada	<b>10</b>	4.0	40.0
Forma de la construcción	Regular	<b>0</b>	0.0	0.0
Susceptibilidad a deslizamientos	Moderada susceptibilidad	<b>5</b>	0.8	4.0
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>			<b>10.0</b>	<b>62</b>
<b>Nivel de vulnerabilidad</b>				<b>Alta</b>

- *Levantamiento de información fotográfica*



**Recolección de información al dirigente de la comunidad aledaña para la delimitación de la Colina San Bartolo**



**Recolección de muestras de suelo para el análisis en el laboratorio**





**Recolección de información a los propietarios de las edificaciones mas vulnerables a deslizamientos**

