



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO  
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL  
RIESGO

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

**TEMA:**

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICA – ESTRUCTURAL ANTE LA AMENAZA  
DE DESLIZAMIENTO EN LA COMUNIDAD DE APAHUA, PARROQUIA RURAL  
SALINAS, CANTÓN GUARANDA. PERÍODO MAYO-SEPTIEMBRE 2023.

**AUTOR:**

HAMINTON ALFONSO CORRO CAIZA

**TUTOR:**

MSc. Juan Chiriboga

GUARANDA – ECUADOR

2023

# 1 CERTIFICACIÓN DEL TUTORÍA

CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO,  
EMITIDO POR EL TUTOR

Guaranda 24 de agosto del 2023

El suscrito ingeniero Juan Alfredo Chiriboga MSc., Director de Proyecto de investigación, de Pre Grado de la carrera de Administración para Desastres y Gestión del Riesgo de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente-Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: ANALISIS DE VULNERABILIDAD FISICA ESTRUCTURAL ANTE LA AMANEZA DE DESLIZAMIENTO EN LA COMUNIDAD DE APAHUA, PARROQUIA RURAL SALINAS, CANTON GUARANDA. PERIODO MAYO-SEPTIEMBRE 2023 .Realizado por el señor: Haminton Alfonso Corro Caiza, ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías, en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad

0909900524 JUAN ALFREDO CHIRIBOGA PINOS  
Firmado digitalmente por  
0909900524 JUAN ALFREDO CHIRIBOGA PINOS  
Fecha: 2023.08.24 16:36:10  
-05'00'

**DERECHOS DE AUTOR**

Yo, HAMINTON ALFONSO CORRO CAIZA portador de la Cédula de Identidad No0202476776 en calidad de autor/res y titular de los derechos morales y patrimoniales

del Trabajo de Titulación:

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICA – ESTRUCTURAL ANTE LA AMENAZA**

**DE DESLIZAMIENTO EN LA COMUNIDAD DE APAHUA, PARROQUIA RURAL SALINAS, CANTÓN GUARANDA. PERÍODO MAYO-SEPTIEMBRE 2023.**, modalidad presencial, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a mi/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

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

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



HAMINTON ALFONSO CORRO CAIZA  
C.I.-0202476776

Nombre del Autor 1

## 2 AUTORÍA

Yo, HAMINTON ALFONSO CORRO CAIZA, portador de la cédula No. 0202476776, egresado de la carrera de Ingeniero En Administración Para Desastres y Gestión Del Riesgo de la Universidad Estatal de Bolívar, bajo juramento DECLARO de forma libre y voluntaria que el presente trabajo de investigación, con el tema "ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICA - ESTRUCTURAL ANTE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTO EN LA COMUNIDAD DE APAHUA, PARROQUIA RURAL SALINAS, CANTÓN GUARANDA. PERÍODO MAYO-SEPTIEMBRE 2023", ha sido realizado por mi persona con la dirección del ingeniero Juan Alfredo Chiriboga MSc, docente de la Facultad de Ciencias de la Salud y del ser humano; por tanto, es de mi autoría.

En tal sentido, debo dejar constancia que las expresiones vertidas en el desarrollo de este documento se han elaborado en base a la recopilación bibliográfica tanto de libros, revistas, medios de comunicación, publicaciones y demás, necesarias para la producción de esta investigación.

Atentamente,



**HAMINTON ALFONSO CORRO CAIZA**

**AUTOR**

### 3 DEDICATORIA

Lleno de regocijo de amor y esperanza, agradezco primero a dios y a mi niño Jesús que nunca me desampararon en los momentos más difíciles que tuve que pasar en el transcurso de mi vida a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido un pilar para seguir adelante.

Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellas, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado.

A mi madre abuela Sara López que con tanto esfuerzo y amor me enseñó que la vida es de retos y que tenemos que superarnos para seguir adelante, le agradezco infinitamente por ser una de mis mejores personas que tengo en mi vida, desde lo más profundo de mi corazón esta tesis te la dedico a ti que estas en el cielo gracias por el Gran Legado.

A mi madre Judith Caiza por tener el mejor corazón del mundo y ser padre y madre para guiarme por el mejor camino de la vida te agradezco por toda mi vida MAMA.

A mi esposa Evelin Ramírez por ser mi compañera de vida y por formar parte de este gran capítulo de mi vida por ser la que me soporto mis momentos más difíciles por las que pasamos juntos te digo gracias.

A mi hija y vida entera Doménica Corro con mucho amor y cariño esta tesis es para ti para que algún día te sientas orgullosa de tu papa TE AMO.

## Tabla de Contenidos

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | CERTIFICACIÓN DEL TUTORÍA .....                 | 3  |
| 2     | AUTORÍA.....                                    | 4  |
| 3     | DEDICATORIA.....                                | 5  |
| 3.1   | ÍNDICE DE ANEXOS .....                          | 11 |
| I.    | TEMA .....                                      | 12 |
| II.   | RESUMEN.....                                    | 13 |
| III.  | ABSTRACT .....                                  | 14 |
| IV.   | INTRODUCCIÓN .....                              | 15 |
| 1     | CAPÍTULO I: EL PROBLEMA .....                   | 17 |
| 1.1   | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                 | 17 |
| 1.2   | FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....                  | 18 |
| 1.3   | OBJETIVOS .....                                 | 18 |
| 1.3.1 | Objetivo general .....                          | 18 |
| 1.3.2 | Objetivos Específicos .....                     | 18 |
| 1.4   | JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....         | 18 |
| 1.5   | LIMITACIONES .....                              | 19 |
| 2     | CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....                  | 20 |
| 2.1   | Antecedentes.....                               | 20 |
| 2.1.1 | Amenazas y riesgos naturales y antrópicos. .... | 21 |
| 2.1.2 | Amenazas más recurrentes. ....                  | 21 |
| 2.1.3 | Limites.....                                    | 23 |
| 2.1.4 | Población .....                                 | 23 |
| 2.1.5 | Clima .....                                     | 23 |

|   |        |  |    |
|---|--------|--|----|
|   | 2.1.6  | Relieve Montañoso .....  | 23 |
|   | 2.1.7  | Pisos Latitudinales .....  | 23 |
|   | 2.1.8  | Estructura geomorfológica.....   | 23 |
|   | 2.1.9  | Actividades económicas / sectores productivos agricultura .....  | 24 |
|   | 2.1.10 | Clasificación de los movimientos en masa.....  | 30 |
|   | 2.2    | MARCO CONCEPTUAL .....   | 35 |
|   | 2.3    | MARCO LEGAL .....  | 36 |
|   | 2.4    | Hipótesis .....  | 38 |
| 3 |        | Capítulo III: MARCO METODOLOGICO .....   | 41 |
|   | 3.1    | Tipo y diseño de la investigación .....  | 41 |
|   | 3.1.1  | Nivel de investigación .....   | 41 |
|   | 3.2    | Población y muestra .....  | 41 |
|   | 3.3    | Métodos de la investigación .....  | 42 |
|   | 3.4    | Caracterización de viviendas .....   | 43 |
|   | 3.5    | Sistema estructural.....   | 43 |
|   | b.     | Daño estructural .....   | 45 |
| 4 |        | Capítulo IV: RESULTADOS ALCANZADOS SEGÚN OBJETIVOS<br>PLANTEADOS.....  | 52 |
|   | 4.1    | Resultados del objetivo 1.- Identificar los factores e índices de susceptibilidad<br>física estructural ante la amenaza de deslizamientos..... | 52 |
|   | 4.2    | Resultado del objetivo 2.- Determinar el nivel de exposición y vulnerabilidad<br>física estructural ante la amenaza de deslizamiento .....     | 68 |
|   | 4.3    | Resultado del objetivo 3.- Establecer acciones de reducción de la<br>vulnerabilidad física ante la amenaza de deslizamiento. ....              | 72 |
| 5 |        | Capítulo V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....   | 80 |
|   | 5.1    | Conclusiones.....  | 80 |
|   | 5.2    | Recomendaciones .....  | 80 |

REFERENCIAS ..... 82

4. ANEXOS ..... 85

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabla 1.</b> Variable Independiente: La vulnerabilidad física estructural en las viviendas.....                                    | 39        |
| <b>Tabla 2.</b> Variable dependiente: Riesgos de remoción en masa .....   | 40        |
| <b>Tabla 3.</b> Factores estudiados para la zonificación ante la amenaza de deslizamiento.....  | 42        |
| <b>Tabla 4. Componentes litológicos de la comunidad de Apahua.....</b>  | <b>53</b> |
| <b>Tabla 5. Componentes de cobertura y uso del suelo .....</b>  | <b>54</b> |
| <b>Tabla 6. Componentes de geomorfología .....</b>  | <b>56</b> |
| <b>Tabla 7.</b> Componentes de la pendiente.....  | 59        |
| <b>Tabla 8.</b> Precipitación anual del Ecuador .....   | 60        |
| <b>Tabla 9.</b> Sismicidad de la comunidad del Ecuador.....   | 62        |
| <b>Tabla 10.</b> Nivel de amenaza a deslizamiento de la comunidad de Apahua.....  | 66        |
| <b>Tabla 11.</b> Estrato nivel de riesgo por deslizamiento.....   | 67        |
| <b>Tabla 12.</b> Clasificación de viviendas FOPAE.....  | 68        |
| <b>Tabla 13.</b> Condición de Columnas de las infraestructuras de la comunidad de Apahua.....   | 47        |
| <b>Tabla 14.</b> Muros Portantes.....   | 48        |
| <b>Tabla 15.</b> Criterios del sistema de entepiso.....   | 49        |
| <b>Tabla 16.</b> Criterios para ponderación de las escaleras.....   | 49        |
| <b>Tabla 17.</b> Criterios para la cubierta .....   | 50        |
| <b>Tabla 18.</b> Estrato nivel de vulnerabilidad ante deslizamiento .....   | 71        |
| <b>Tabla 19.</b> Medidas para disminuir la vulnerabilidad estructural ante la amenaza de deslizamiento en la comunidad de Apahua..... | 77        |

## INDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Mapa de la ubicación del área de estudio. ....                        | 22 |
| <b>Figura 2.</b> Actividades que desarrollan la población de la parroquia Salinas..... | 25 |
| <b>Figura 3.</b> Partes de un Deslizamiento.....                                       | 29 |
| <b>Figura 4 .</b> Desprendimiento o caídas.....  | 31 |
| <b>Figura 5.</b> Vuelcos o desplomes .....   | 31 |
| <b>Figura 6.</b> Deslizamientos .....  | 32 |
| <b>Figura 7.</b> Flujos .....  | 33 |
| <b>Figura 8.</b> Expansiones laterales.....  | 33 |
| <b>Figura 9.</b> Mapa Litológico de la comunidad de Apahua.....                        | 53 |
| <b>Figura 10.</b> Mapa de y uso y cobertura de suelo de Apahua .....                   | 55 |
| <b>Figura 11.</b> Mapa de geomorfología de Apahua.....                                 | 58 |
| <b>Figura 12.</b> Mapa de pendiente de Apahua.....                                     | 59 |
| <b>Figura 13.</b> Mapa de precipitación.....   | 61 |
| <b>Figura 14.</b> Mapa de amenaza sísmica de la comunidad de Apahua.....               | 62 |
| <b>Figura 15.</b> Mapa de Factores condicionantes de la comunidad de Apahua .....      | 63 |
| <b>Figura 16.</b> Mapa de amenaza sísmica de la comunidad de Apahua.....               | 64 |
| <b>Figura 17.</b> Mapa de amenaza de deslizamiento de la comunidad de Apahua.....      | 66 |
| <b>Figura 18.</b> Clasificación de viviendas FOPAE .....                               | 69 |
| <b>Figura 19.</b> Vulnerabilidad de las Edificaciones (Algebra de mapas).....          | 70 |
| <b>Figura 20.</b> Abanico Aluvial.....   | 72 |
| <b>Figura 21.</b> Diagrama de bloque de un deslizamiento. ....                         | 73 |

### 3.1 ÍNDICE DE ANEXOS

|   |    |
|---|----|
| <b>Anexo 1.</b> Formato de la encuesta. ....  | 85 |
| <b>Anexo 2.</b> Memorias Fotográficas. ....   | 85 |
| <b>Anexo 3.</b> Geomorfología de la comunidad de Apahua.....                        | 86 |
| <b>Anexo 4.</b> Grado de inclinación (pendiente) .....                              | 87 |
| <b>Anexo 5.</b> Sistema estructural de la comunidad de Apahua.....                  | 88 |
| <b>Anexo 6.</b> infraestructuras vulnerables ante amenaza de inundación.....        | 90 |
| <b>Anexo 7.</b> Actividades que realizan pobladores de la comunidad de Apahua ..... | 91 |

## **I. TEMA**

“ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICA – ESTRUCTURAL ANTE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTO EN LA COMUNIDAD DE APAHUA, PARROQUIA RURAL SALINAS, CANTÓN GUARANDA.PERÍODO MAYO-SEPTIEMBRE 2023”.

## II. RESUMEN

El presente proyecto investigativo denominado “Análisis de vulnerabilidad física estructural ante la amenaza de deslizamiento en la comunidad de Apahua, parroquia rural, Salinas del cantón Guaranda, tuvo la finalidad de identificar las zonas susceptibles a deslizamientos que afectan al sistema vial, para plantear medidas y acciones de mitigación ante la ocurrencia de los deslizamientos

Para la investigación, se determinó la variable independiente Física-estructural dentro de ella se evalúa las patologías del sistema estructural, para lo cual se utilizó la metodología para el monitoreo estructural y patológico deviviendas afectadas por deslizamientos, mediante una Ficha Técnica de evaluación.

La metodología de Mora Vahrson permitió identificar las zonas susceptibles a deslizamientos, para ello fue necesario utilizar los sistemas de información geográfica (ArcMap), ponderando los factores detonantes y condicionantes.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se pudo determinar que las zonas susceptibles poseen un nivel alto, cuya correlación se estableció entre el nivel de amenaza y vulnerabilidad.

**Palabras Claves:** Algebra de Mapas, Deslizamientos, Patología y Sistema Estructural.

### **III. ABSTRACT**

The present research project called “Analysis of structural physical vulnerability to the threat of landslides in the community of Apahua, rural parish, Salinas, Guaranda canton, had the purpose of identifying the areas susceptible to landslides that affect the road system, to propose measures and mitigation actions against the occurrence of landslides

For the investigation, the independent variable Physical-structural was determined, within which the pathologies of the structural system were evaluated, for which the methodology for structural and pathological monitoring of homes affected by landslides was used, through a Technical Evaluation Sheet.

Mora Vahrson's methodology made it possible to identify areas susceptible to landslides; for this it was necessary to use geographic information systems (ArcMap), weighing the triggering and conditioning factors.

According to the results obtained, it was determined that the susceptible areas have a high level, whose correlation was established between the level of threat and vulnerability.

**Key Words:** Algebra of Maps, Landslides, Pathology and Structural System.

## IV. INTRODUCCIÓN

La ubicación geográfica del Ecuador dentro del cinturón de fuego del pacífico, le hace ser un país vulnerable ante distintas amenazas, entre la que predomina la amenaza de deslizamientos, esto por las condiciones geomorfológicas del país, adicional a esto la intervención antrópica ha ido generando el apareamiento de nuevos escenarios de riesgo, que han afectado a la infraestructura vial, viviendas, medios de vida y en casos mayores la vida humana.

La comunidad de Apahua se localiza en una hondonada y está rodeada por montañas de grandes proporciones, condiciones naturales que debido a la actividad agropecuaria se ha ido desprotegiendo las colinas, además de los cortes de taludes por motivo de apertura de caminos, han ido generando una condición de vulnerabilidad para la comunidad de Apahua.

Ecuador se sitúa dentro del cinturón de fuego del pacífico, por lo tanto, se encuentra vulnerable a todo tipo de amenazas de origen natural y antrópico, cuyo impacto es complejo de predecir. En este sentido, la comunidad de Apahua se ha visto afectada por dicho evento, es por ello que surge la necesidad de plantear la metodología Mora Vahrson, de esta manera se podrá evitar que las viviendas sean construidas en zonas vulnerables a deslizamientos de masa.

La presente investigación sirve como base para contribuir en el análisis e interpretación de los deslizamientos de masa, además servirá para el monitoreo estructural de las edificaciones afectadas por los deslizamientos (Valbuena P. & García-Ubaque, 2017). Para ello será necesario el uso del software ArcGis, lo cual permitirá generar el mapa de amenazas a deslizamientos y la vulnerabilidad de las viviendas.

El presente proyecto de investigación se construyó de la siguiente manera:

Capítulo 1. El Problema contiene el problema a estudiar, y el motivo de estudio donde se realiza el Análisis de vulnerabilidad física – estructural ante la amenaza de deslizamiento en la comunidad de Apahua, objetivos para solucionar el problema, justificación, descripción y limitaciones presentadas en el trabajo investigativo.

Capítulo 2. Marco referencial: En este capítulo se fundamenta el marco teórico en la cual se citó la información necesaria y a su vez recalco el marco conceptual en la que se delimito la terminología que va ser utilizada dentro del proyecto, la base legal en la que está sustentada la investigación y se realiza la operacionalización de las variables la cual sustenta la información.

Capítulo 3. Marco Metodológico: Comprende el diseño metodológico, mediante métodos cualitativos y cuantitativos, la población y muestra del trabajo investigativo es de 90 viviendas, en esta investigación se trabajará con la población total, además contiene las técnicas e instrumentos de recolección de datos se utilizó las encuestas aplicadas, observación directa, metodología para el monitoreo estructural y patológico de viviendas afectadas por deslizamientos establecida por (Valbuena P. & García-Ubaque, 2017) , la metodología de Mora y Vahrson y el uso de del software ArcGis ( Algebra de mapas).

Capítulo 4. Presentación de resultados: Se describe los resultados o logros alcanzados según los objetivos planteados en el trabajo de investigación, conjuntamente con el establecimiento de medidas y acciones de reducción de riesgos.

Además, se basa en la Propuesta: Se detalla la propuesta de la investigación para dar solución al problema.

Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones: Se determina las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó mediante la elaboración del presente proyecto de acuerdo a los objetivos planteados previamente, así como las recomendaciones que podrían ser tomadas a futuro.

# 1 CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ubicación geográfica del país presenta características geomorfológicas y geológicas muy variadas que van desde las zonas altas montañas con pendientes muy pronunciadas a zonas bajas, por lo tanto, las épocas de lluvia ocasionan deslizamientos ya su vez destrucción de viviendas, colapso de servicios básicos, sistemas eléctricos y alcantarillado, afectando el desarrollo normal de la comunidad (Moreno, Identificación de tipos de deslizamientos en la zona de acantilados entre Ancón y Anconcito, Santa Elena, Ecuador, 2022).

La presencia de altiplanos de mediana altura con pendientes pronunciadas conforma las características geomorfológicas de la comunidad Apahua, con un comportamiento mecánico corriente de las rocas y en relación con diversos factores, tales como; la deforestación, pendiente pronunciada y fenómenos meteorológicos que afectan a la comunidad (Chacha, 2018).

Los deslizamientos se han convertidos en uno de los fenómenos más recurrentes de la comunidad de Apahua, especialmente en épocas invernales que son provocadas por la sobresaturación del terreno y la actividad sísmica.

Por lo general los deslizamientos se han suscitado por presentar un suelo inestable, lo que hace que la comunidad sea vulnerable a sufrir deslizamientos, que provoca afectaciones a la vía, siendo esta la vía principal que conecta con la Parroquia Salinas y el cantón Guaranda (Gobierno Parroquial de Salinas, 2018).

La construcción de nuevas carreteras han sido una de las principales causas en la desestabilización de la superficie natural del terreno, ocasionando cortes que son denominadas como superficies artificiales, provocando a su vez inestabilidad del talud, sumado a esto las vibraciones constantes del paso vehicular, por ende, el terreno se torna frágil ocasionando los deslizamientos de tierra (Becerra, 2019).

Las características topográficas y el relieve irregular que presenta la comunidad Apahua, ocasiona una alta exposición a diversas amenazas antrópicas y naturales, entre ellas, los movimientos de remoción en masa debido a la acumulación de agua y exceso de precipitaciones especialmente en épocas de lluvia, sumado a esto la expansión agrícola que influyen negativamente en el desarrollo de la amenaza.

Actualmente la comunidad de Apahua no cuenta con un análisis de vulnerabilidad física – estructural ante la amenaza de deslizamiento.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Qué factores influyen en la amenaza de deslizamiento y la vulnerabilidad física estructural en la comunidad de Apahua?

## **1.3 OBJETIVOS**

### *1.3.1 Objetivo general*

- Desarrollar un estudio de vulnerabilidad física estructural ante la amenaza de deslizamiento en la comunidad de Apahua

### *1.3.2 Objetivos Específicos*

- Identificar los factores condicionantes y desencadenantes de los deslizamientos en la comunidad de Apahua
- Determinar el nivel de exposición y vulnerabilidad física estructural ante la amenaza de deslizamiento
- Establecer acciones de reducción de la vulnerabilidad física ante la amenaza de deslizamiento.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La alteración del terreno se debe a los problemas de deslizamiento que afectan a su vez el entorno paisajístico de la parroquia, lo cual han ocasionado varias pérdidas materiales, cultivos y vidas en todo el territorio de la provincia Bolívar. La topografía irregular de la comunidad y los factores meteorológicos han afectado la vialidad e infraestructura de la zona de Apahua.

Mediante la evaluación de infraestructuras vulnerables a deslizamientos se podrá fortalecer las capacidades para que las autoridades competentes puedan tomar decisiones y determinar los factores detonantes y condicionantes que inciden en el desarrollo de dicha amenaza.

La presente investigación sirve de base para estudios futuros de riesgos que se presenten en la comunidad, además de convertirse en una guía para identificar y estudiar los deslizamientos para estudiantes de la escuela de gestión de riesgos de la UEB.

## 1.5 LIMITACIONES

Las principales limitantes en nuestro estudio de investigación fueron:

- Desconocimiento de las consecuencias de los deslizamientos por parte de los pobladores
- Información no actualizada, de la comunidad.
- La distancia del sitio de estudio y la frecuencia del transporte.
- Las condiciones meteorológicas, ya para la tarde había nubes

## 2 CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

A nivel internacional, González y Gallardo (2018) realizaron un estudio en México con la finalidad de evaluar el riesgo de deslizamiento de una ladera en la ciudad de Tijuana, para ello aplicaron un método probabilístico y determinístico para evaluar el riesgo de deslizamiento, considerando los tipos de edificaciones, distribución espacial y el volumen de la masa del terreno. Los resultados demostraron que el riesgo por deslizamiento de la ladera es alto debido a la elevada probabilidad de ocurrencia, se concluye que la ladera presenta una inestabilidad considerable, por tanto, se requiere de medidas urgentes de mitigación.

Por otra parte, Zelaya (2021) efectuó un estudio en Perú con el objetivo de evaluar los factores físicos que intervienen en el modelo de susceptibilidad a deslizamientos de masa en el Distrito de Sillapata, para ello aplicó un método descriptivo y correlacional, para la recopilación de información realizó un inventario de puntos a través de la fotointerpretación satelital que sirvieron para el mapeo de factores físicos del terreno. Los resultados demostraron que, el sector presenta una susceptibilidad baja con el 33,41%, media con el 33,92%, alta con el 23,4% y muy alta con el 9,27%. Se concluye que, los factores que intervinieron en el modelo de susceptibilidad fueron el índice de humedad, índice diferencial de vegetación, distancia ríos y curvatura de perfil del terreno.

A nivel nacional, Segarra y Montalván (2022) realizaron un estudio en la parroquia Bulán del cantón Paute con el propósito de determinar por medio de sistemas de información geográfica la susceptibilidad a deslizamientos, en la cual utilizaron la metodología Mora Vahrson, clasificando la susceptibilidad a deslizamientos en seis variables; litología, pendiente, sismicidad, geomorfología, lluvias y cobertura vegetal. Los resultados demostraron que la zonificación más ampliamente distribuida es de muy alta con 35,43%, mientras que el método multicriterio fue “moderada” con 32,55%. Se concluye que los deslizamientos que presenta la zona son de susceptibilidad alta debido a las intensas lluvias y pendientes pronunciadas.

Así mismo, Moreno (2022) efectuó un estudio en Santa Elena con la finalidad de identificar los distintos tipos de deslizamientos que se encuentran en las zonas de acantilados de Ancón, para ello utilizaron fotogramétricos realizado en tres vuelos en la zona de estudio. Los resultados demostraron que los tipos de deslizamientos como los rotacionales y traslacionales que se dan debido a la incidencia del oleaje, existiendo diversos socavamientos.

Se concluye que es necesario que se siga realizando monitoreos con más frecuencia, ya que los socavamientos se han convertido en un riesgo inminente para la zona en estudio.

A nivel local, Moncayo y Núñez (2020) efectuaron un estudio en la Parroquia de Guanujo con el objetivo de determinar las zonas inestables frente a deslizamientos en la línea de conducción de agua potable de EP- EMAPAG, para ello utilizaron un estudio transversal de diseño mixto, descriptivo y de campo, cuyas técnicas se basaron en el análisis de laboratorio de sueños. Los resultados demostraron que la vulnerabilidad que presenta la zona es alta, por lo cual fue necesario diseñar medidas de reducción de riesgos para evitar deslizamientos futuros, se concluye que, es necesario implementar taludes y cunetas de coronación para evitar la permeabilidad del agua en el terreno.

### *2.1.1 Amenazas y riesgos naturales y antrópicos.*

Apahua se encuentra expuesta a diferentes amenazas naturales, como son: sísmico, movimientos en masa, eólico, erupciones volcánicas.

### *2.1.2 Amenazas más recurrentes.*

Entre las amenazas más recurrentes que existen en Apahua son: La sequía, los vientos fuertes, las heladas, los deslizamientos de masas en las orillas de las carreteras son las amenazas más habituales que han sido mencionadas por la población, en relación con el cambio climático es un hecho que la población ha comenzado a sentir en estos últimos años. (PDOT, 2021)

La sequía en las épocas de verano (julio a diciembre) es el aspecto que más afecta a los cultivos y pastizales, por ello los habitantes han comenzado a construir tanques reservorios o a adquirir tanques para almacenar agua para sus animales. (PDOT, 2021)

Para los vientos fuertes la parroquia y su población desde más de cuatro décadas ha realizado cortinas rompe vientos en las zonas de pastizales, medida que ha funcionado, pero hoy es preciso volver a implementarlas con plantas nativas. (PDOT, 2021)

Entre otras actividades más realizadas se encuentra el pastoreo extensivo e intensivo y la quema de pajonal o pastizal que son más frecuentes en las zonas altas y a su vez son originadas por el ser humano. (PDOT, 2021)

**a) Pastoreo extensivo e intensivo:** El pastoreo que contribuye al deterioro del suelo proviene principalmente de ovejas y ganado vacuno que, a diferencia de los camélidos, poseen estructuras de patas que dañan a la vegetación nativa y remueve la superficie del suelo. (PDOT, 2021)

b) Quema de pajonal o pastizal: La quema es el mecanismo que las comunidades de altura utilizan para disponer de pasto fresco y tierno para sus animales. El problema es que la quema no es selectiva y con cierta frecuencia tiende a salirse del control de quienes la provocan. El fuego destruye todo y resulta arduo que la biodiversidad del páramo se restituya. (PDOT, 2021)

### Ubicación de la comunidad de Apahua

La comunidad de Apahua se encuentra en la zona baja de la parroquia Salinas, está ubicada a 7 kilómetros de la parroquia Salinas, y a 15 km del centro de la ciudad de Guaranda, al margen izquierdo de la vía Guaranda - Salinas, a una altura de 3550 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 8°C por lo que el clima de la comunidad es frío, la comunidad tiene una extensión de 15 hectáreas. (PDOT, 2021)

**País:** Ecuador

**Provincia:** Bolívar

**Cantón:** Guaranda

**Parroquia:** Salinas

**Sector:** Apahua

**Coordenadas UTM – WGS 84 - 17S:** 717871.34 m E; 9838357.12 m S

*Figura 1. Mapa de la ubicación del área de estudio.*



### 2.1.3 *Limites*

**Norte:** Parroquia Salinas.

**Sur:** Parroquia Guanujo.

**Este:** Parroquia Guanujo.

**Oeste:** Cantón Echeandía.

### 2.1.4 *Población*

La comunidad de Apahua está localizada a una altitud de +-3550m.s.n.m compuesta en la actualidad por 86 familias, con un aproximado de 450 personas que conforman la comunidad, en el cual se hace referencia de que cada familia está compuesta por 4 o 5 integrantes aproximadamente. (PDOT, 2021)

### 2.1.5 *Clima*

La zona estudiada se encuentra ubicada en la comunidad de Apahua, presenta una altitud de tres mil quinientos cincuenta mil metros sobre el nivel del mar la temperatura promedio es de aproximadamente de ocho grados centígrados, dichas temperaturas pueden llegar hasta los seis grados centígrados en épocas invernales. (PDOT, 2021)

### 2.1.6 *Relieve Montañoso*

Se desarrolla sobre lompositas y lutitas de formación yunguilla con andesitas verdes, cuya extensión es de 26.997 hectáreas, representando el 58% de la superficie total de la zona, las pendientes oscilan entre 25%-150% con un desnivel superior a los 300 metros y con gargantas de poca profundidad que forman las vertientes de las corrientes intermitentes (PDOT, 2021).

### 2.1.7 *Pisos Latitudinales*

Montano o zona templada fría: se extiende desde los 3000 a 4000 m.s.n.m con temperaturas de 6° a 12° C, pertenece a este piso la cabecera parroquial de Salinas, Apahua, La Moya, Los Arrayanes, Mercedes de Pumín, Pambabuela, San Vicente de la Plancha, Verdepamba y Yacubiana.

### 2.1.8 *Estructura geomorfológica*

#### **Suelo**

La comunidad Apahua está distribuida en cinco categorías: Área destinada para el uso de actividades agrícolas, pecuarias, área natural o no intervenida, actividades forestales y área destinada para asentamientos humanos. También mencionar dentro de la actividad productiva tenemos el área agropecuaria y páramo. (PDOT, 2021).

### **Aire**

Las comunidades poseen un aire puro, pero también mediante las actividades que se va realizando en territorio, de una u otra manera existe contaminación del aire, la cual se relaciona debido a la crianza de animales (chanchos, ovejas), la misma que va presentando efectos graves hacia la salud de los habitantes, además existe cierta cantidad de presencia de basura. (PDOT, 2021)

### **Sistema hídrico**

En las zonas altas existen vertientes de agua que forman riachuelos, esteros y ríos. Por lo cual poseen fuentes de agua, pero no cuenta con un sistema que permita su utilización adecuada. (PDOT, 2021)

### **Componente Económico**

El componente económico productivo de la parroquia Salinas del Cantón Guaranda, sigue el lineamiento de la economía popular y solidaria. Las principales actividades que generan ingresos a las familias de la zona se encuentran ligadas a las empresas rurales principalmente asociativas que han sido establecidas en las últimas 4 décadas impulsadas por la Congregación Salesiana y otros aliados, y el apoyo gubernamental en fortalecer estas acciones para el desarrollo local, siendo en su mayoría vinculadas a las actividades agrícolas y pecuarias, de las cuales se generan empleos directos e indirectos a la población. (PDOT, 2021).

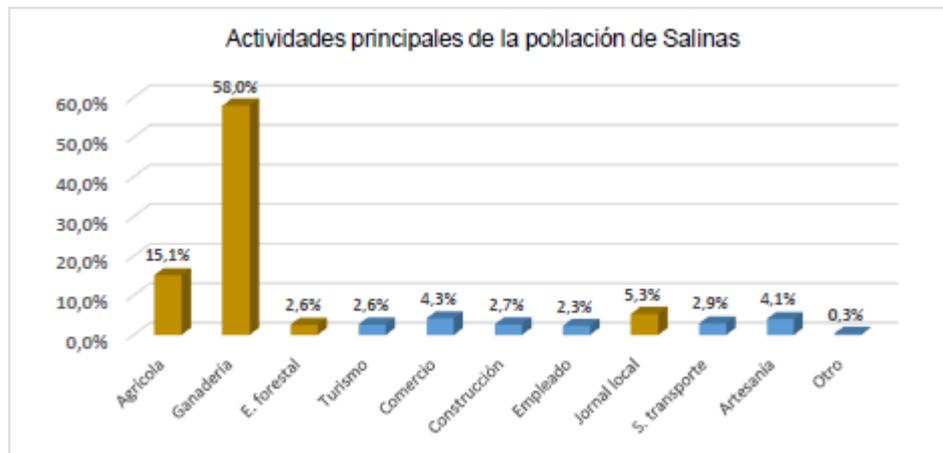
#### *2.1.9 Actividades económicas / sectores productivos agricultura*

### **Agricultura**

Siendo la agricultura el conjunto de actividades y conocimientos desarrollados por las personas que habitan en cada uno de los territorios, destinados a cultivar la tierra y cuya finalidad es obtener productos vegetales (verduras, frutos, tubérculos, granos y pastos) para la alimentación del ser humano y de los animales (bovino, ovino, caprino, porcino, aves, cuyes, conejos, etc.). Tomando en cuenta que la agricultura constituye uno de los medios más importantes para disminuir la pobreza extrema de los sectores rurales, ya que permite generar

ingresos y principalmente de generar alimento para la población, contribuyendo a la seguridad alimentaria. (PDOT, 2021)

**Figura 2.** Actividades que desarrollan la población de la parroquia Salinas



**Fuente:** Diagnóstico actualización PDOT, 2020.

Las actividades agropecuarias representan el 81% (Agrícola 15,1%, ganadería 58%, forestal 2,6% y el trabajo de jornal 5,3%) son la fuente principal de ocupación de la población de Salinas, donde se incluye la generación de valor agregado por medio de los emprendimientos rurales que son el referente de la parroquia a nivel nacional. Mientras las otras actividades como el turismo, comercio y las demás actividades que de una u otra forma se complementan con estas actividades son en su conjunto las acciones que dinamizan la economía local de la parroquia. (PDOT, 2021)

La sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios y prácticas agrícolas resilientes que aumentan la productividad se viene dado en buena medida por las siguientes acciones:

- Estandarizar las actividades productivas en los rubros estratégicos (leche).
- Producir alimentos inocuos e implementar BPA y BPM.
- Innovación de tecnología.
- Conservación de la biodiversidad.
- Fortalecimiento de la asociatividad.
- Manejo de suelos y aguas (principalmente paramos y fuentes).
- Manejo de agroquímicos.
- Gestión empresarial (emprendimientos comunitarios).
- Comercio justo.

Dentro de las actividades económicas de la parroquia Salinas y la fuente principal de ingresos familiares de la mayoría de la población, está la ganadería destacándose la crianza de bovinos doble propósito de acuerdo con el piso agroecológico con el fin de obtener provecho de esta actividad por la venta de los animales y de la leche como derivado. (PDOT, 2021)

**Amenaza de deslizamiento:** A lo largo de las superficies su movimiento se desplaza en forma de corte detectándose fácilmente en una zona relativamente delgada. Cuyo movimiento puede ser progresivo a lo largo de toda la superficie de falla, estos pueden ser de una sola masa o semi masas independientes, dichos procesos pueden ser desestabilización de masas o procesos naturales debido a los efectos de deforestación, rellenos o cortes (Suárez, 1998).

**Causas de los Deslizamientos:** De acuerdo con Hutchinson (2013), “los deslizamientos son fuerzas gravitacionales que se relacionan con la actividad sísmica, cuyo deslizamiento depende de la hidrología, geología, topografía, meteorización y clima

**Causas Internas:** Se relaciona con el corte de la masa del suelo y con la disminución de la resistencia, tales como;

- Acción del agua subterránea: La desestabilización del suelo produce daños ostensibles que forman el talud y produciendo el deslizamiento, así;
- La estabilidad de los taludes se ve afectada por el agua de infiltración, estableciendo su propio patrón de flujo subterráneo, siendo el suelo ejercido por la presión de las partículas.
- Las capas impermeables supra yacentes se ven ejercidas por el agua subterránea
- La cohesión y el coeficiente de fricción se ven afectados por el lavado de partículas de arena fina y cavidades subterráneas y el lavado de cementares solubles.
- Cambios de nivel freático: El subsuelo es ocupada por el agua generando vacíos al disminuir su volumen y que por la acción de las fuerzas externas produce un proceso natural o reacomodación, traduciéndose en movimientos de masa con material inestable (Torres, 2013).
- Licuefacción espontanea: las cargas son desplazadas en arenas saturadas y arcillas sensibles ocasionando en el suelo una licuefacción súbita.

- Cambios estructurales progresivos: la cohesión de las rocas se ve afectada por la meteorización mecánica y química disminuyendo su resistencia por medio de deterioro continuo.
- Cambios de la cobertura vegetal: el régimen del agua se ve afectada por la deforestación de las laderas, por ello es indispensable mantener su cobertura vegetal ya que transmiten estabilidad al talud.
- Ciclos estacionales y cambio en el contenido del suelo: las diaclasas con penetradas por la precipitación del agua, convirtiéndose en presión hidrostática y ocasionando cambios en la disminución de la fricción interna y de cohesión. Así mismo, se ha demostrado que los movimientos de masa son inducidos por el contenido de humedad debido al proceso de electroósmosis, por ende, los suelos arcillosos se contraen cuando se produce épocas secas y ocasionan considerables cambios en su volumen (Torres, 2013).

**Causas Externas:** el corte de suelo se incrementa por lo esfuerzos producidos, los más relevantes son:

- Los esfuerzos de cizalladura y presión de poros son aumentados por la sobrecarga de la conformación de terraplenes y la acción de construcciones, esto a su vez reduce su resistencia.
- Técnicas de construcción: se caracteriza por un empleo adecuado de equipos cuyas aguas subterráneas y superficiales son manejadas de manera óptima, utilizando experiencia idónea del constructor, por lo tanto, se convierte en un factor decisivo en el manejo de taludes (Torres, 2013).
- Las causas antrópicas son la causa principal de los derrumbes y deslizamientos, lo cual generan pérdida de soporte en la base del talud.
- Manejo y uso de la tierra: la degradación y el deterioro del medio ambiente se debe principalmente al uso irracional de los recursos naturales, así como las técnicas inadecuadas de agricultura, destrucción de bosques, asentamientos humanos en zonas inestables. Por ello, es importante efectuar estudios geológicos en la fase preliminar del proyecto y con un control geotécnico adecuado (Torres, 2013).

**Otras Causas:** La inestabilidad del suelo se produce también por otras causas, estas son:

- Flujo de tierra: La parte de la parte vegetal normalmente es arrastrada por los movimientos lentos de los materiales.
- Flujos de lodo: La intensidad y duración de las lluvias generan debilitamiento de la tierra y vegetación.
- Caída: La ladera inclinada se desprende, lo cual ocasiona pérdida de suelo y roca que fluyen por la misma.
- Reptación: Se caracteriza por la deformación que sufre la masa del suelo, debido a los lentos movimientos por la acción de la gravedad, cuya manifestación se da por la inclinación postes, árboles y aparición de grietas.
- Volcamiento: La acción de la gravedad y la presión ejercida por el agua ocasiona que las rocas giren hacia delante.

Los deslizamientos potenciales reciben un reconocimiento geológico con una secuencia y distribución de patrones de drenaje, así como la revisión de drenajes, identificación de zonas vulnerables y conformación de terrazas, sin dejar de lado la estratigrafía y clasificación de suelos, el tratamiento de aguas subterráneas y escurrimientos acordes al recubrimiento vegetal (Torres, 2013).

Las variables que inciden son las siguientes: Clase de roca, tipo de suelo, intensidad de precipitaciones, topografía, actividades naturales y antrópicas, cuyos parámetros son los siguientes:

- Aumento en el esfuerzo de corte, que se determina por los siguientes factores:
- Remoción de base o soporte lateral
- Incremento de carga
- Incremento de presiones laterales
- Movimientos geológicos

**Disminución en la resistencia del material: Inciden los siguientes ítems:**

- El material de resistencia se ve disminuido
- Las fuerzas intergranulares reciben un cambio
- Cambios en la estructura

## Variables

Las variables que influyen en los deslizamientos de masa son los siguientes:

- Actividad sísmica
- Precipitaciones
- Fracturas o grietas
- Erosión por actividad antrópica o humana
- Tipo de suelo y roca

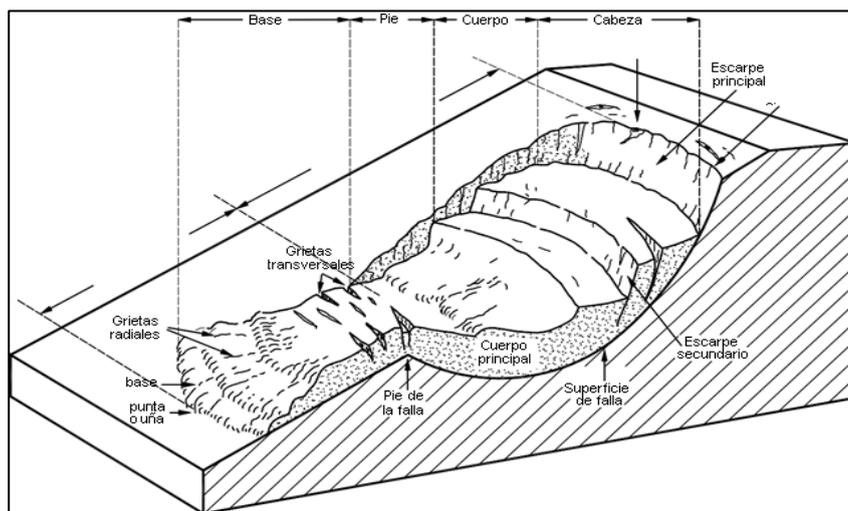
## Elementos

Se caracterizan por ocasionar la inestabilidad de los taludes, geológicamente posee los siguientes elementos:

- Litológicos: Materiales sobresaturados sueltos
- Geomorfológicos: pendiente pronunciada
- Sísmica
- Estructurales: fallas, grietas y diaclasas.
- Condiciones climáticas

## Partes de un Deslizamiento

*Figura 3. Partes de un Deslizamiento*



Fuente: (Díaz, 1998)

**Escarpe principal:** Se caracteriza por la inclinación de la superficie a lo largo de la periferia de la zona en movimiento, producido fuera del terreno original en desplazamiento, denominándose superficie de falla al escarpe (Díaz, 1998).

**Escarpe secundario:** Los desplazamientos diferenciales provocan una superficie muy inclinada dentro de la masa que se mueve.

**Cabeza:** Parte superior del material que se desliza entre el escarpe principal y el material perturbado.

**Cima:** Se denomina al punto más alto entre el escarpe y el material perturbado.

**Corona:** Material inalterado y adyacente que se encuentra en la parte más alta del escarpe.

**Superficie de falla:** Es la parte baja del movimiento que demarca el volumen de material desplazado

**Pie de la superficie de falla:** Es la línea de interceptación entre la superficie original del terreno y la parte inferior de la superficie de la rotura.

**Base:** Es la parte cubierta por el material perturbado por debajo de la superficie de falla.

**Punta o uña:** Es el punto de la base que se sitúa a más distancia de la cima.

**Costado o flanco:** Es el perfil lateral de un movimiento

**Superficie original del terreno:** Se caracteriza por ser la superficie antes que se presente el movimiento.

**Derecha e izquierda:** Se utiliza la orientación geográfica para describir un deslizamiento, utilizando la palabra izquierda y derecha al referirse al deslizamiento.

#### *2.1.10 Clasificación de los movimientos en masa*

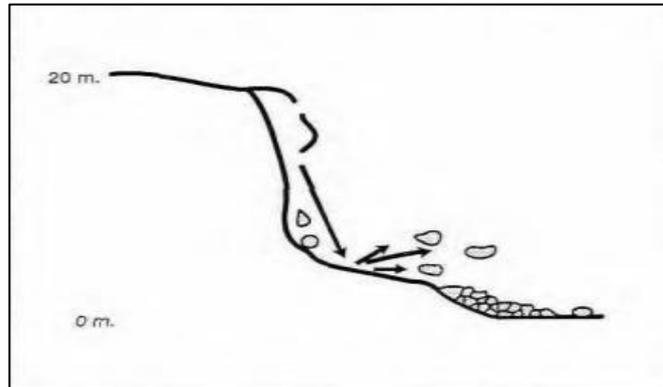
##### **Desprendimientos o caídas**

Se caracteriza por ocasionarse un movimiento en caída libre de diversos materiales; detritos, rocas, suelos, que se ocasiona por el desprendimiento de material de la superficie inclinada. Esta a su vez, no incluye las pequeñas partículas que resulta del intemperismo.

Se clasifican en caídas o desprendimientos de rocas, cuya velocidad puede ser rápida o externadamente rápida, a excepción del socavamiento o incisión, que es precedido por vuelcos o deslizamientos que separan el material de la masa intacta (Cruden y Varnes. 1996

citado en (Ayala, 1999, p.10), por lo general, ocurren en laderas inclinadas de tipo natural o artificial.

**Figura 4 . Desprendimiento o caídas**

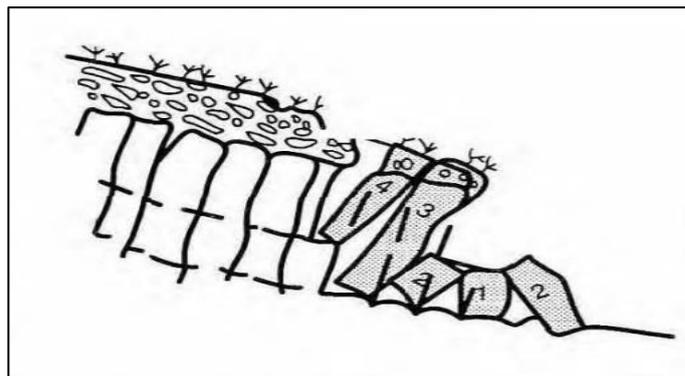


**Fuente:** (Ayala, 1999)

### **Vuelcos o desplomes**

Se caracteriza por la rotación de una masa de suelo e relación al pivote y establecido por el centro de gravedad, cuyo movimiento se produce hacia la parte externa y hacia delante, ocasionando inclinamiento que no implica un colapso como tal. Los materiales con sistemas discontinuados suelen ser con frecuencia los materiales de mayor ocurrencia, estos pueden ser de tipo vuelco o desplome de rocas (Ayala, 1999).

**Figura 5. Vuelcos o desplomes**



**Fuente:** (Ayala, 1999)

### **Deslizamientos**

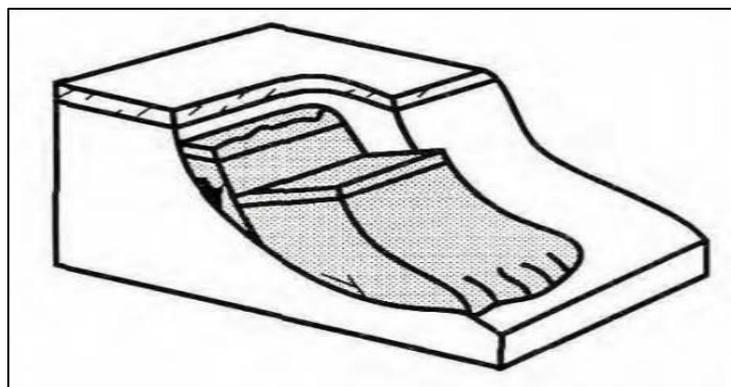
Se caracterizan por ocasionar movimientos de tierra y roca ladera abajo sobre una superficie agrietada o rota, la primera señal se da por las grietas transversales, que se sitúan en

la zona del escarpe principal y son agrupadas por deslizamientos rotacionales, mientras que las rupturas onduladas y semiplanas se relacionan a movimientos traslacionales.

En los movimientos rotacionales son inclinados hacia la parte de atrás los bloques, siendo vertical el escarpe principal, siendo de muy bajo grado su deformación principal y acumulando masa ladera abajo. Es muy variable la velocidad y movimiento de este tipo de movimiento.

En cambio, los deslizamientos traslacionales son poco profundos que incluyen un movimiento superficial paralelo y que es controlado de materiales formadores (Ayala, 1999)

**Figura 6.***Deslizamientos*



**Fuente:** (Ayala, 1999)

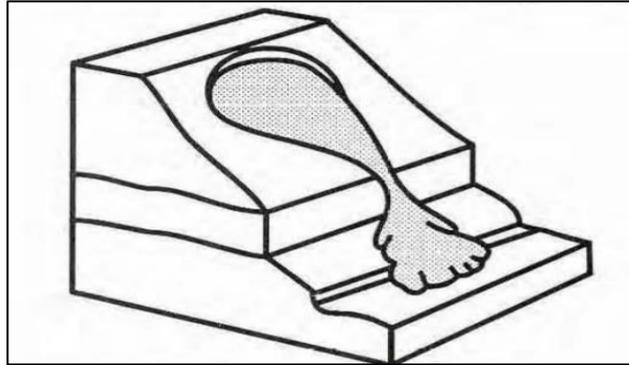
Los movimientos rotacionales se clasifican en múltiples, sucesivos y simples, también tiene que ver con el tipo de material, es decir; movimiento de roca rotacional e individual, estos a su vez se subdividen en movimientos de roca en bloque, movimientos de derrubio en bloque y traslacionales de suelos.

Los movimientos planos se dividen simples términos a partir del material involucrado, por ende, los principales tipos de movimientos son de rocas, coladas de barro y derrubios (Ayala, 1999)

### **Flujos**

Son movimientos continuos con cizallas muy próximas de duración limitada y complejas de observar, cuyos flujos son parecidos a fluidos viscosos, por lo tanto, no es homogénea la distribución de velocidades, formando lóbulos a partir del movimiento intergranular (Ayala, 1999).

**Figura 7. Flujos**



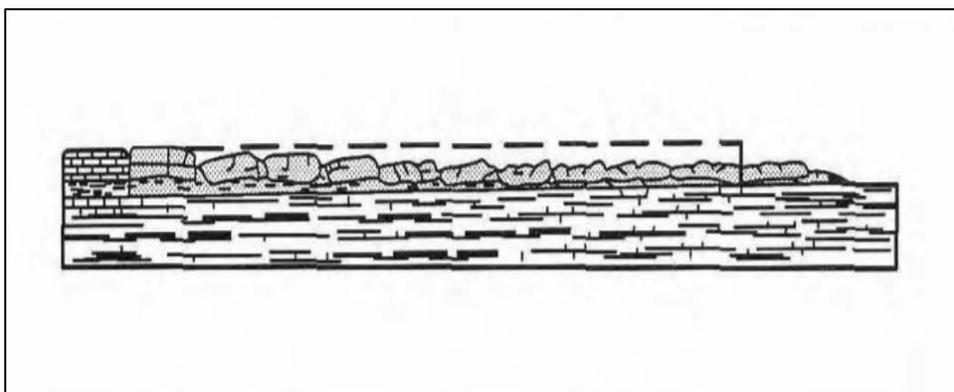
**Fuente:** (Ayala, 1999)

### **Expansiones laterales**

Son fracturas y expansión de suelos o masas de roca compactas producto de la licuefacción del material subyacente, esto se encuentran inmersos en los materiales finos de arcilla. No se definen correctamente la superficie de cizallamiento que se mueven rápido y progresivamente que puede durar varios minutos.

Los ambientes lacustres y marinos son los lugares en donde ocurren este tipo de fenómenos, localizados en los márgenes de los antiguos casquetes de Alaska, Canadá y Noruega, dichos flujos se desencadenan por efectos sísmicos y movimientos rotacionales, que a su vez se dividen en derrubios, suelos y expansiones laterales de roca.

**Figura 8. Expansiones laterales.**



**Fuente:** (Ayala, 1999)

### **Movimientos complejos**

Cuando el movimiento inicial se transforma en otro desplazándose ladera abajo se producen los movimientos complejos, entre los principales se encuentran los aludes,

avalanchas de rocas y flujos deslizantes, estos consisten en la movilización de grandes masas de detritos y rocas que se transportan a grandes velocidades.

El colapso repentino y de gran extensión son el resultado de los flujos deslizantes con un efecto perturbador, cuyo material involucrado es metaestable con estructuras de alta porosidad y sueltas, los fluidos de poros son transferidos por la carga del terreno ocasionando un incremento en la presión de estos últimos, por lo tanto, pierde resistencia provocando un flujo deslizante (Ayala, 1999, p.12).

### **Factores que contribuyen con los deslizamientos de tierra**

Los materiales térreos pueden ser desplazados por medio de la gravedad, siendo capaz de vencer la resistencia del material, contribuyendo al movimiento de masa, de acuerdo a su actuación se pueden clasificar en condicionantes y desencadenantes, los primeros denominados intrínsecos o pasivos que dependen de la naturaleza, forma y estructura, mientras que el segundo se denominan activos o externos que actúan desde fuera del medio que se estudia ocasionando a su vez un deslizamiento (SNET, 2004).

#### **Factores condicionantes**

Según el Servicio Nacional de estudios Territoriales (2004), los factores condicionantes son los siguientes:

**La morfología:** Se considera como el factor más representativo de todos que requiere de cierta pendiente para que se produzca el movimiento de ladera, las regiones montañosas son las más susceptibles a movimientos de laderas, también conocido como factor de geométrico o topográfico.

**Geología:** Es determinante al contribuir con los movimientos en masa, cuya composición está dada por la permeabilidad y porosidad, provocando roturas y deslizamientos en el terreno, también recibe el nombre de factor estratigráfico o litológico

**Agua subterránea:** Influye de manera notable en la resistencia de los materiales, ya que incrementa en peso del terreno, reduce la resistencia del suelo y meteoriza las rocas y subsuelos, dicho factor también recibe el nombre de humedad.

#### **Factores desencadenantes**

Según el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2004), los factores desencadenantes son los siguientes;

Lluvia: Se relacionan con la intensidad, distribución y volumen de las precipitaciones, lo cual es importante considerar la respuesta del terreno hacia las lluvias durante horas, días, meses o años. Cabe mencionar que la lluvia incrementa el nivel del agua subterránea provocando un aumento en las presiones intersticiales y cambios mineralógicos.

### **Susceptibilidad y amenaza**

De acuerdo con Vargas (2004), define la susceptibilidad como la potencialidad que posee un área para que se susciten los fenómenos de remoción en masa influenciado por agentes como; los cortes naturales, precipitaciones y sismos.

Según Soldano (2009), “se refiere a la predisposición de que un evento ocurra sobre un determinado espacio geográfico”

Para Jovans (2011), lo define como “una amenaza natural o antrópica que puede poner en peligro un grupo de personas, medio ambiente y bienes materiales cuando no se toman las debidas precauciones.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

Para comprender y analizar el tema ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICA-ESTRUCTURAL ANTE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTO EN LA COMUNIDAD DE APAHUA, es necesario describir los términos y los conceptos del presente estudio.

**Vulnerabilidad:** Un estudio de vulnerabilidad tiene el fin de poder observar en qué estado se encuentran las diferentes edificaciones de un lugar y basados en estos resultados, tomar decisiones pertinentes que ayuden a conservar recursos del estado y más importante aún vidas humanas (UNISDR, 2016)

**Vulnerabilidad física estructural:** Está directamente relacionada con la capacidad que tiene la estructura para soportar las sollicitaciones a las que está sometida en el momento de un sismo, es decir, la forma con la cual responde ante los desplazamientos y los esfuerzos producidos por las fuerzas inerciales durante toda la vida útil de la edificación.

**Desastre:** Afecta el funcionamiento de una sociedad o comunidad provocando a su vez pérdida de materiales, físicas, ambientales y económicas, incluso ocasionando la muerte de las personas, lo cual supera la capacidad de respuesta de una población, ya que no se puede hacer uso de los recursos disponibles para enfrentar una amenaza (UNISDR, 2016).

**Remoción en masa:** Es también conocido como movimiento de inclinación, desplazamiento de más omovimientos de masa es el proceso geomorfológico por lo cual el suelo, regolito y la también se mueve por la fuerza de la gravedad.

**Amenaza:** Es un fenómeno provocado por el ser humano o por proceso naturales que ponen en riesgo a las personas, su bienes materiales y medio ambiente, cuando no se toma en precaución las capacidades para enfrentar dicho evento.

**Amenaza geológica:** Son los procesos naturales que ocasionan pérdidas de vida o daños materiales, afectando la actividad social y económica de una comunidad o población (EIRD, 2018).

**Amenaza hidrometeorológica:** Son de origen atmosférico, oceanográfico e hidrológico que pueden provocar lesiones, muerte o daños físicos y económicos, afectando la actividad social y económica de una comunidad o población (EIRD, 2018).

**Amenaza natural:** Tienen lugar en la biósfera que pueden resultar en un evento perjudicial para el desarrollo normal de un territorio, degradando a su vez el medio ambiente (EIRD, 2018).

**Amenaza socio natural:** Se refiere a la ocurrencia de eventos relacionados con los aludes, inundaciones, sequias que se producen por la interacción del hombre con la naturaleza (UNISDR, 2016)

**Amenaza sísmica:** Cuantificación de acciones telúricas provocadas por ondas sísmicas que afectan la infraestructura de los territorios, de acuerdo a su intensidad y magnitud puede provocar graves daños en la infraestructura y sistemas de vialidad (IG-EPN, 2021).

## **2.3 MARCO LEGAL**

### **Gestión de Riesgos**

**Art.389.-** El estado protegerá a las, personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación desastres, la recuperación y mejoramiento de lascondiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.

El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgos está compuesto por las unidades de gestión de riesgos de todas las instituciones pública y privadas en los ámbitoslocal, regional y nacional. El estado ejercerá la rectoría a través de los organismos técnicos establecidos en la ley, tendrán como funciones principales, otras:

- Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afectan al territorio ecuatoriano.
- Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.
- Asegurar que todas las instituciones pública y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.
- Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.
- Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastres.
- Realizar y coordinar las acciones efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.
- Garantizar el financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del sistema y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo.

**Art. 390.-** Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implica la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brinda el apoyo necesario con respecto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos a sus responsabilidades (Asamblea Nacional, 2011).

### **Marco de Sendai para la reducción del Riesgo 2015 - 2020**

**Prioridad 3:** Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia.

**Art. 57.-** Se reconoce y garantizará a las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, de conformidad con la Constitución y con los pactos, convenios, declaraciones y demás instrumentos internacionales de derechos humanos, los siguientes derechos colectivos (Asamblea, 2008).

Mantener, desarrollar y fortalecer libremente su identidad, sentido de pertenencia, tradiciones ancestrales y formas de organización social.

No ser objeto de racismo y de ninguna forma de discriminación fundada en su origen, identidad étnica o cultural.

El reconocimiento, reparación y resarcimiento a las colectividades afectadas por racismo, xenofobia y otras formas conexas de intolerancia y discriminación.

Mantener, recuperar, proteger, desarrollar y preservar su patrimonio cultural e histórico como parte indivisible del patrimonio del Ecuador. El Estado proveerá los recursos para el efecto (Asamblea, 2008).

## **Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía Descentralización (COOTAD).**

### **Capítulo III de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales**

**Art. 54.-** Funciones Literal o) Regular y controlar las construcciones en la circunscripción cantonal, con especial atención a las normas de control y prevención de riesgos y desastres.

**Artículo 140.-** Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos. - La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afectan al cantón se gestionarán de manera concurrente y de forma articulada con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley. Los gobiernos autónomos descentralizados municipales adoptarán obligatoriamente normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos sísmicos con el propósito de proteger las personas, colectividades y la naturaleza.

## **2.4 Hipótesis**

En la comunidad de Apahua los elementos que influyen en vulnerabilidad físico estructural de las viviendas incrementan el nivel de riesgo ante la amenaza de deslizamientos.

### **Sistematización de variable**

#### **Variable independiente**

- La vulnerabilidad física estructural en las viviendas.

#### **Variable dependiente**

- Amenaza de deslizamiento

**Tabla 1.** Variable Independiente: La vulnerabilidad física estructural en las viviendas.

| Variable                      | Definición  | Dimensión               | Indicador                         | Escala  | Instrumento   |
|-------------------------------|---|-------------------------|-----------------------------------|---|---|
| Físico estructural            | Se define como su predisposición intrínseca a sufrir daños ante la ocurrencia de un movimiento y está asociado directamente con sus características físicas y estructurales de diseño | Sistema estructural     | Sistema de pórticos               |   | Metodología para el monitoreo estructural y patológico de viviendas afectadas por deslizamientos, adaptada de: Fondo para la Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE) |
|                               |   |                         | Mampostería estructural           | Buena= 1  |   |
|                               |   |                         | Mampostería confinada             | Regular= 1,05   |   |
|                               |   |                         | Mampostería no reforzada          | Mala= 1,1   |   |
|                               |   | Calidad de construcción | Prefabricado                      |   |   |
|                               |   |                         | Técnicas mínimas de construcción  | Si existe daño= 1<br>Si el daño el leve= 2<br>Si el daño es moderado= 3 |   |
|                               |   |                         | Número de niveles presentes       | Si el daño es fuerte= 4<br>Si el daño es severo= 6                      |   |
|                               |   | Altura de edificación   | Identificación de la vivienda     |   |   |
|                               |   |                         | Índice de daño de la vivienda     | ID < 1 muy bajo<br>1 ≥ ID < 2 baja                                      |   |
|                               |   |                         | Condición o estado de la vivienda | 2 ≥ ID < 3 media<br>3 ≥ ID < 4 alta                                     |   |
| Evaluación del índice de daño |   | 4 ≥ ID < 5 muy alta     |                                   |   |   |

**Elaborado por:** Corro H,2023.

*Tabla 2.* Variable dependiente: Riesgos de remoción en masa

| <b>Variable</b>      | <b>Definición</b>  | <b>Dimensión</b>      | <b>Indicador</b>           | <b>Escala</b>   | <b>Instrumento</b> |
|----------------------|--|-----------------------|----------------------------|-----------------|--------------------|
| <b>Deslizamiento</b> | Estos fenómenos son desplazamientos de masas de tierra o rocas por una pendiente en forma súbita o lenta. Si bien la gravedad que actúa sobre las laderas es la principal causa de un deslizamiento. | <b>Factores</b>       | Litología                  | Características | Mora Vahrson       |
|                      |  | <b>condicionantes</b> | Pendientes Geomorfológicas |                 | Algebra de mapas   |
|                      |  |                       | Uso de suelo               | Grados          |                    |
|                      |  | <b>Factores</b>       | Sismo                      |                 |                    |
|                      | <b>detonantes</b>  | Precipitaciones       |                            |                 |                    |

*Elaborado por: Corro H,2023.*

## 3 Capítulo III: MARCO METODOLOGICO

### 3.1 Tipo y diseño de la investigación

#### 3.1.1 Nivel de investigación

El estudio de investigación realizado en la comunidad de Apahua presenta los enfoques cualitativo y cuantitativo, mismos que están orientados a atender a cada uno de los objetivos planteados para efectuar el análisis de vulnerabilidad correspondiente en el área de estudio, para la cual se planteó o se asignó pesos para su ponderación; cualitativo que va desde **Muy Alto, Alto, Media y Baja**.

Cabe mencionar que el presente estudio tiene característica transversal de acuerdo con el tiempo determinado, la información recolectada a partir de fuentes secundarias.

**Investigación descriptiva:** se analizó las características esenciales de la zona de estudio donde se clasificó las viviendas por su tipo de construcción, uso, con los cuales se procedió a definir el nivel de vulnerabilidad mediante la medida de posición en cuanto a la ponderación de cada una de las variables.

#### **Diseño transversal**

El presente trabajo de investigación es de carácter transversal ya que se analizó los datos de las variables recopiladas en un tiempo determinado en la zona de estudio.

### 3.2 Población y muestra

La población en estudio representa un total de 90 viviendas, ya que debido a su ubicación geográfica se encuentran vulnerables a deslizamientos, por lo tanto, no se aplicó ningún tipo de muestra y se toma en consideración todas las edificaciones, puesto que serán evaluadas a través de la Metodología para el monitoreo estructural y patológico de viviendas afectadas por deslizamientos, propuesta por el **Fondo para la Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE) de Colombia**.

### 3.3 Métodos de la investigación

#### Metodología Objetivo 1

Para elaborar e identificar los factores e índices de susceptibilidad física estructural y la caracterización del nivel de vulnerabilidad de las viviendas frente a la amenaza de deslizamientos en la comunidad de Apahua se utilizó un equipo Gps Test para obtener los puntos de ubicación de las viviendas de la zona de estudio, georreferenciando estas en Google Earth, procediéndose a la delimitación de la zona de trabajo en un polígono y se definió la calidad de los materiales de las edificaciones.

#### Método de evaluación Mora & Vahrson

Permite identificar los factores detonantes y condicionantes de las zonas susceptibles a deslizamientos de masa, a través de fuentes primarias, se procedió a efectuar el mapa de amenaza a movimientos en masa utilizando el software ArcGis.

**Tabla 3.** Factores estudiados para la zonificación ante la amenaza de deslizamiento.

| Factores Estudiados | Variables     | Fuente              |
|---------------------|---------------|---------------------|
| Condicionantes      | Geomorfología |                     |
|                     | Litología     | (IG-EPN, 2008)      |
|                     | Uso del suelo | (SIG Tierras, 2021) |
|                     | Pendiente     |                     |
| Detonantes          | Sismos        | (NEC, 2015)         |
|                     | Precipitación | INAMHI              |

**Fuente:** (IG-EPN, 2008), (SIG Tierras, 2021), (NEC, 2015), *INAMHI*.

**Elaborado por:** Corro H, 2023.

## **Metodología Objetivo 2**

Para determinar el nivel de exposición de vulnerabilidad físico estructural se utilizó la Metodología para el monitoreo estructural y patológico de viviendas afectadas por deslizamientos establecida por (Valbuena P. & García-Ubaque, 2017), mediante una encuesta realizada a 90 viviendas, de las cuales 23 viviendas presentan un nivel de vulnerabilidad Alta debido a su ubicación.

Para determinar el nivel de exposición de vulnerabilidad físico estructural se utilizó la Metodología para el monitoreo estructural y patológico de viviendas afectadas por deslizamientos establecida por (Valbuena P. & García-Ubaque, 2017), mediante una encuesta realizada a 90 viviendas, de las cuales 23 viviendas presentan un nivel de vulnerabilidad Alta debido a su ubicación.

### **3.4 Caracterización de viviendas**

Con el fin de facilitar la clasificación de las viviendas presentes en la zona de estudio, se recopiló la siguiente información:

- Información general de la construcción: dirección y localización, el código CHIP y algunos datos de los residentes.
- Características de la edificación, de acuerdo con las siguientes variables:

### **3.5 Sistema estructural**

- Sistema de pórticos.
- Mampostería estructural.
- Mampostería confinada.
- Mampostería no reforzada.
- Prefabricado.
- Materiales no convencionales: cualquier tipo de sistema que emplee materiales y configuraciones que no se encuentre dentro de los anteriores.

**Calidad de la construcción:** se refiere al nivel de cumplimiento de las especificaciones técnicas mínimas de construcción: buena, regular, mala.

**Altura de la edificación:** número de niveles presentes.

## **Evaluación del índice de daño (ID)**

Las viviendas seleccionadas fueron inspeccionadas visualmente en Apahua. Para facilitar la recolección y el registro de los datos obtenidos, se estructuró el “Formato de evaluación del índice de daño de viviendas”, el cual se utilizó para evaluar de forma rutinaria y progresiva el estado en que se encontraban las viviendas mediante la observación detallada, con prolongaciones de tiempo mensuales durante un periodo de cuatro meses.

### **Este formato incluye tres bloques de información:**

- **Identificación de la vivienda y generalidades:** información necesaria para identificar a qué vivienda pertenece el formato y facilitar su búsqueda.
- **Índice de daño de la vivienda:** para el cálculo del índice de daño se recurre al método heurístico, que permite combinar lo cualitativo con lo cuantitativo. De este modo, se definieron las siguientes variables para calcular la vulnerabilidad estructural de las viviendas:
  - a. **Condición o estado de la edificación:** en la inspección visual se califica de manera cualitativa la condición en la que se encuentran cuatro elementos de las edificaciones: la cimentación, los muros, el entrepiso y la cubierta. Esta calificación se debe hacer según los criterios presentados en la tabla 1, en una escala de bueno, regular y malo. A esta apreciación se le asigna un valor numérico definido según su incidencia en la edificación.

**Tabla 4. Criterios de evaluación del primer factor**

**CONDICIÓN INICIALPRIMER FACTOR (F1)**

|         |      |
|---------|------|
| Buena   | 1    |
| Regular | 1,05 |
| Mala    | 1,1  |

*Elaborado por: Corro H,2023.*

En caso de que el elemento no pueda ser evaluado, se califica como N/A (no aplica) y como valor de ponderación de 1,1.

**b. Daño estructural**

Se califica el daño presente en los elementos estructurales evaluados anteriormente, utilizando igualmente una calificación cualitativa, asociada a un criterio y a una ponderación, como se presenta en la tabla 2.

**Tabla 5. Criterios para estimar la magnitud del daño**

**MAGNITUD DEL DAÑO**

**MAGNITUD DEL  
DAÑO (D)**

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| <b>Si no existe daño</b>      | <b>1</b> |
| <b>Si el daño es leve</b>     | <b>2</b> |
| <b>Si el daño es moderado</b> | <b>3</b> |
| <b>Si el daño es fuerte</b>   | <b>4</b> |
| <b>Si el daño es severo</b>   | <b>6</b> |

*Elaborado por: Corro H,2023.*

Como elementos de control y medición se realizó la colocación de testigos (portaobjetos) en las grietas de alguna de las viviendas, con el fin de medir el avance de estas, y la dirección de movimiento en términos de agrietamiento e incrementos, y dirección de estos.

**Registro fotográfico:** con el fin de llevar un registro visual del estado de las viviendas, se llevó un recuento fotográfico detallado y concordante de cada una durante las cuatro visitas.

### **Calculó del índice de daño (ID)**

El ID se obtiene a partir de los de los ponderados de las calificaciones de los daños, afectados por el factor de mayor acción de la condición de cada elemento, mediante el siguiente procedimiento:

Se define un primer factor (F1), que es igual al valor numérico asociado a la evaluación dela condición de cada elemento estructural (tabla 1).

Se calcula un segundo factor para la cimentación (Fc2), los muros (Fm2), el entrepiso (Fe2), la cubierta (Fcu2) (ecuación (1)).

$$\mathbf{F2 = F1 \times D}$$

Se calcula un tercer factor (F3), de acuerdo con la cantidad de pisos que tiene la vivienda.

- a. Si el número de pisos es mayor que 1 (ecuación (2)).

$$\mathbf{F3 = (0,6 \times Fe2) + (0,4 \times Fcu). \quad (2)}$$

- b. Si el número de pisos es 1 (ecuación (3)).

$$\mathbf{F3 = (Fcu2). \quad (3)}$$

- c. Se calcula el ID que presenta la vivienda usando la siguiente fórmula (ecuación (4)).

$$\mathbf{ID = (0,1 \times Fc2) + (0,5 \times FN2) + (0,4 \times F3) \quad (4)}$$

Por último, se determina dentro de cuál de los siguientes rangos de la tabla 6 se encuentra el ID y obtener un valor cualitativo de la vulnerabilidad de cada vivienda.

**Tabla 6. Rango del índice de daño (ID)**

| RANGO<br>INDICE DE<br>DANO | VULNERABILIDAD  |
|----------------------------|-----------------|
| <b>ID &lt; 1</b>           | <b>Muy baja</b> |
| <b>1 ≥ ID &lt; 2</b>       | <b>Baja</b>     |
| <b>2 ≥ ID &lt; 3</b>       | <b>Media</b>    |
| <b>3 ≥ ID &lt; 4</b>       | <b>Alta</b>     |
| <b>4 ≥ ID &lt; 5</b>       | <b>Muy alta</b> |

*Elaborado por: Corro H, 2023*

### Condición de los elementos

#### Columnas

**Tabla 4.** Condición de Columnas de las infraestructuras de la comunidad de Apahua

| COLUMNAS   |             |
|--|-------------|
| CRITERIO   | PONDERACIÓN |
| Las columnas parten desde la cimentación hasta el piso superior de la infraestructura. | N<br>BUENO  |

|   |         |
|---|---------|
| Algunas columnas de importancia menor en la resistencia de la edificación no son continuas desde la cimentación, nacen en placas intermedias o se interrumpen y continúan otros sistemas estructurales. | REGULAR |
| La mayoría de las columnas no son continuas desde la cimentación, nacen en placas intermedias o se interrumpen y continúan otros sistemas estructurales.  | MALO    |

*Elaborado por: Corro H,2023.*

## Muros Portantes

**Tabla 5.** Muros Portantes

### MUROS PORTANTES

| CRITERIO   | PONDERACIÓN |
|--|-------------|
| Existen muros en las dos direcciones principales de la edificación.                            | BUENO       |
| Los muros se concentran en una dirección, aunque existen algunos o varios en la otra dirección | REGULAR     |
| La mayoría de los muros se concentran en una sola dirección                                    | MALO        |

*Elaborado por: Corro H,2023.*

## Entrepiso

**Tabla 6.** Criterios del sistema de entrepiso

### SISTEMA ENTREPISO

| CRITERIO  | PONDERACIÓN    |
|---|----------------|
| El entrepiso está conformado por placas de concreto que funcionan de manera monolítica.   |                |
| La placa de entrepiso se apoya de manera adecuada proporcionando continuidad.   | <i>BUENO</i>   |
| La placa de entrepiso no cumple con alguna de las anteriores consideraciones.   | <i>REGULAR</i> |
| Los entrepisos están conformados por combinaciones de materiales (madera, guadua, etc.), que no proporcionan continuidad y amarre deseados. | <i>MALO</i>    |

*Elaborado por: Corro H, 2023.*

## Escaleras

**Tabla 7.** Criterios para ponderación de las escaleras

### ESCALERA

| CRITERIO  | PONDERACIÓN  |
|---|--------------|
| Las escaleras no presentan deflexiones apreciables y se encuentran construidas monolíticamente con sus apoyos o conectados adecuadamente a estos. |              |
| Las escaleras se apoyan sobre vigas rígidas y conectadas al sistema estructural principal.  | <i>BUENO</i> |

Las escaleras presentan deflexiones y vibraciones apreciables.

*REGULAR*

Las escaleras presentan deflexiones apreciables y vibraciones, no se encuentran construidas monolíticamente con el apoyo, ni están conectadas adecuadamente a este.

*MALO*

*Elaborado por: Corro H,2023.*

### **Sistema de Cubierta**

**Tabla 8.** Criterios para la cubierta

#### ***SISTEMA DE CUBIERTA***

| <b>CRITERIO</b>   | <b>PONDERACIÓN</b> |
|---|--------------------|
| Existe una buena condición de amarre y apoyo entre la estructura de la cubierta y muros.          |                    |
| Hay rozamiento de las vigas.  | <b>BUENO</b>       |
| La cubierta es liviana y está debidamente amarrada a su estructura.                               |                    |
| La mayoría de los anteriores requisitos se cumplen  | <b>REGULAR</b>     |
| No se cumplen los requisitos anteriores y/o presenta condiciones contrarias (ej. Cubierta pesada) | <b>MALO</b>        |

*Elaborado por: Corro H,2023.*

Las ponderaciones realizadas han sido establecidas de acuerdo con los criterios descritos y mediante la evaluación directa de la infraestructura inspeccionada.

### **Metodología Objetivo 3**

Se procede a establecer medidas de reducción de riesgos en la zona de estudio, haciendo hincapié en los documentos de antecedentes históricos, con la finalidad de plantear las medidas de reducción de riesgos.

#### **Procesamiento de información**

**Nivel I.-** Está determinado por la infraestructura que se encuentra dentro del área de estudio, mismos no cuenta con las normas de construcción establecidas por el NEC, en la comunidad de Apahua existe alrededor de 90 viviendas de las cuales 23 viviendas presentan un nivel de vulnerabilidad Alta debido a su ubicación (Riesgo Alto), se encuentra a una distancia de 1 a 10 metros del área de influencia del peligro (cerro Apahua).

**Nivel II.-** está determinado por las infraestructuras que se encuentran dentro del área de estudio, con una distancia considerable de 10 a 30 metros del área de influencia del peligro (cerro Apahua), del total de viviendas existentes 16 presentan este tipo de vulnerabilidad.

**Nivel III.-** Este nivel está determinado por las infraestructuras que se encuentran dentro del área de estudio, con una distancia moderable de 30 a 40 metros del área de influencia del peligro (cerro Apahua), del total de viviendas existentes 15 presentan este tipo de vulnerabilidad.

**Nivel IV.-** Este nivel está determinado por las infraestructuras que se encuentran dentro del área de estudio, con una distancia aceptable, es decir mayor a 40 metros del área de influencia del peligro (cerro Apahua), del total de viviendas existentes 33 presentan este tipo de vulnerabilidad.

## **4 Capítulo IV: RESULTADOS ALCANZADOS SEGÚN OBJETIVOS PLANTEADOS**

### **4.1 Resultados del objetivo 1.- Identificar los factores e índices de susceptibilidad física estructural ante la amenaza de deslizamientos.**

Se procede a determinar las variables de estudio; factores condicionantes (geomorfología, litología, pendiente y cobertura vegetal). Factores detonantes (sismicidad y precipitación), a continuación, se describen cada uno de los factores:

#### **Factores condicionantes.**

Se hace énfasis los siguientes para el análisis de los factores condicionantes:

- Litología
- Cobertura vegetal
- Geomorfología
- Pendiente

#### **Litología**

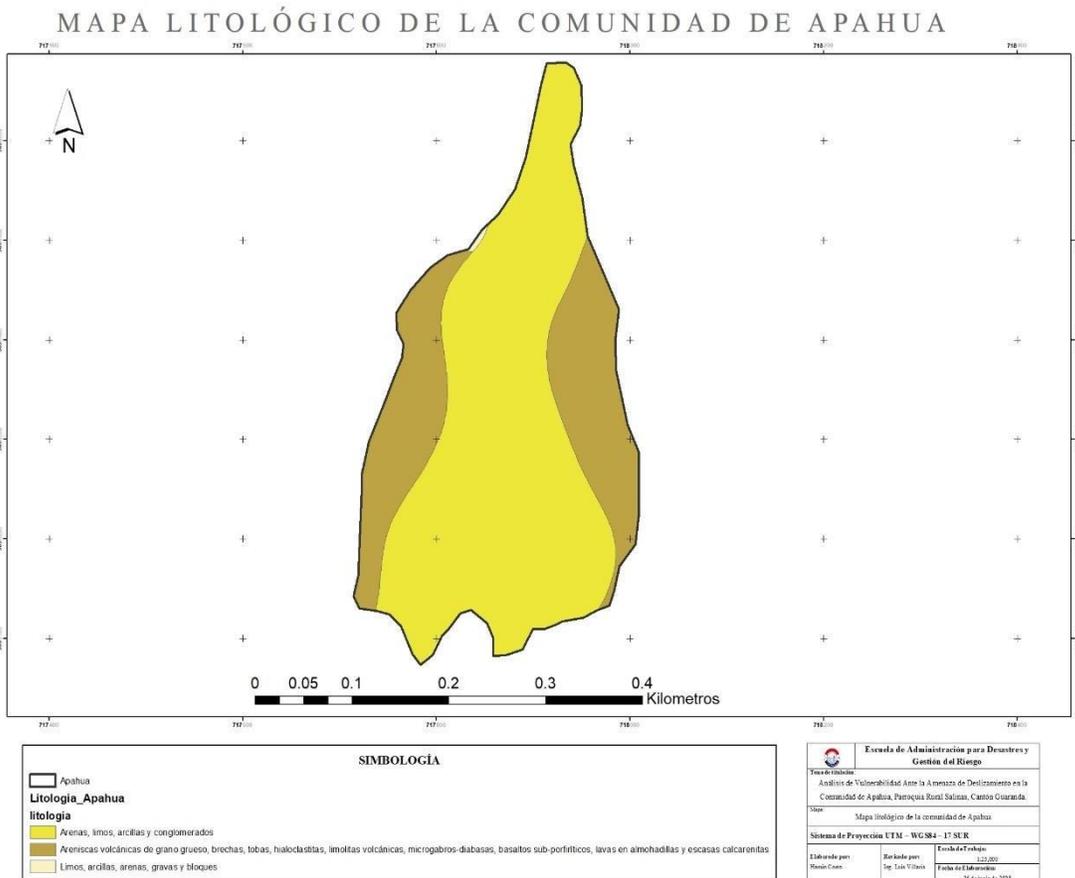
Los materiales tales como; arenas, limos, arcillas, tobas, brechas, limolitas, micrograbados, calcarenitas y escasas son los materiales que mayor predominan en la comunidad de Apahua, estas a su vez inciden en el desarrollo de la amenaza de deslizamiento.

**Tabla 9. Componentes litológicos de la comunidad de Apahua**

| <i>Litología</i>   | <i>Área<br/>km<sup>2</sup></i> | <i>Peso<br/>ponderado</i> |
|--|--------------------------------|---------------------------|
| Tobas, limolitas, areniscas volcánicas, diabasas, micrograbos, lavas almohadillas y subporfiríticos. | 0.033                          | 1                         |
| Arenas, limos, arcillas y conglomerados  | 0.074                          | 4                         |
| Limos, arcillas, arenas, gravas y bloques  | 0.00016                        | 4                         |

*Elaborado por: Corro H, 2023.*

**Figura 9. Mapa Litológico de la comunidad de Apahua.**



*Elaborado por: Corro H, 2023.*

## Cobertura y Uso de Suelo

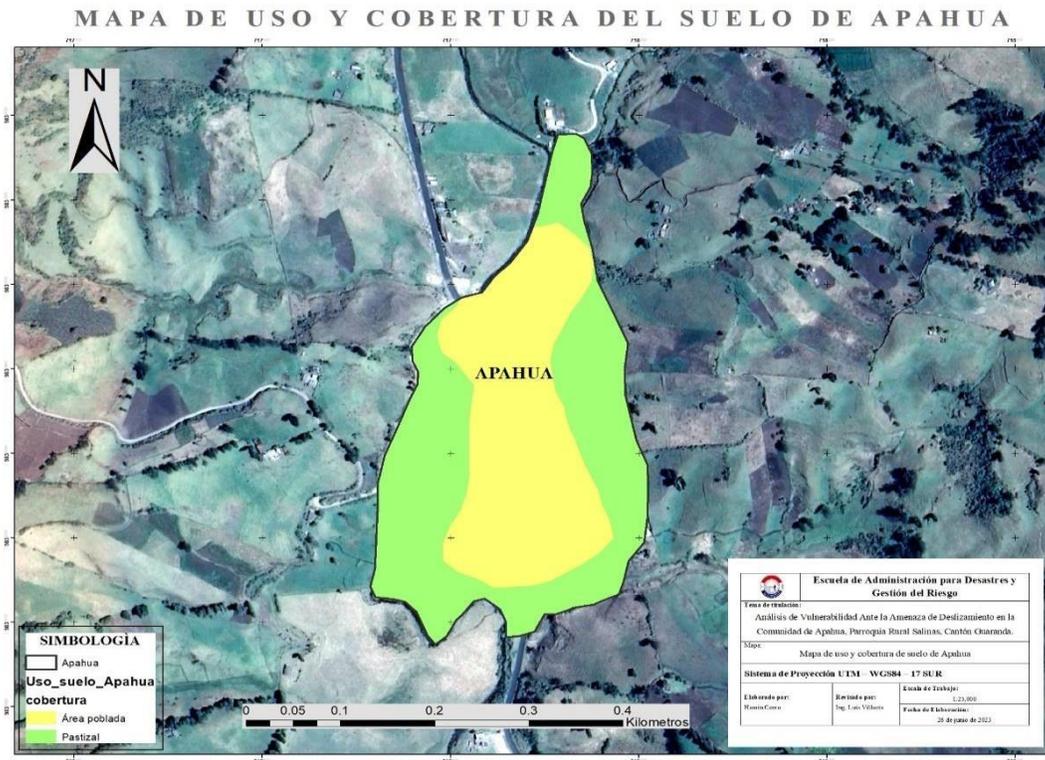
Según la información del MAPAGP, la comunidad de Apahua se caracteriza por la presencia de pastizales. A través de la observación directa se puede observar un incremento de la frontera agrícola, convirtiéndose en un factor preocupante por la infiltración de agua, especialmente las épocas invernales, cuya consecuencia se ve reflejada en los deslizamientos

**Tabla 10. Componentes de cobertura y uso del suelo**

| <i>Cobertura</i>            | <i>Ponderación del Índice</i> |
|-----------------------------|-------------------------------|
| <i>Población del área</i>   | 5                             |
| <i>Bosque nativo</i>        | 2                             |
| <i>Cuerpo agua</i>          | 1                             |
| <i>Cultivo</i>              | 3                             |
| <i>Erial</i>                | 5                             |
| <i>Paramo</i>               | 2                             |
| <i>Pastizal</i>             | 4                             |
| <i>Plantación forestal</i>  | 2                             |
| <i>Vegetación arbustiva</i> | 3                             |
| <i>Vegetación herbácea</i>  | 3                             |

*Elaborado por: Corro H, 2023.*

Figura 10. Mapa de uso y cobertura de suelo de Apahua.



*Elaborado por: Corro H, 2023.*

## Geomorfología

La geomorfología es uno de los factores más importantes en el análisis de deslizamientos de la Comunidad de Apahua, los componentes que más predominantes de acuerdo al área en Km<sup>2</sup> son las Cimas frías de las cordilleras occidental y real, seguido por Medio aluvial de sierra, siendo la actividad antrópica la que han influenciado en el desencadenamiento de los deslizamientos.

**Tabla 11. Componentes de geomorfología**

| GEOMORFOLOGÍA                               | PONDERACIÓN |
|---|-------------|
| Barranco                                    | 5           |
| Antiguo coluvio aluvial                     | 5           |
| Reciente coluvio aluvial                    | 5           |
| Antiguo Coluvi3n                            | 5           |
| Deslizamiento de escarpe                    | 5           |
| Deyecci3n de superficie de cono             | 5           |
| Rocosos afloramientos                       | 4           |
| Ambiente periglaciario en ambientes rocosos | 4           |
| Valle en V                                  | 4           |
| Glaciar circo                               | 3           |
| Masa deslizada                              | 3           |
| Cimas estrechas de interfluvio              | 3           |
| Cimas redondeadas de interfluvio            | 3           |
| Alto colinado relieve                       | 3           |
| Medio colinado relieve                      | 3           |
| Muy alto relieve colinado                   | 3           |
| Relieve volcánico colinado alto             | 3           |
| Relieve volcánico colinado medio            | 3           |

|  |   |
|--|---|
| Relieve volcánico colinado muy alto                  | 3 |
| Montañosos relieve volcánico                         | 3 |
| Superficie pronunciada                               | 3 |
| Disectada superficie inclinada                       | 3 |
| Abrupta vertiente                                    | 3 |
| Vertiente de valle glaciar                           | 3 |
| Heterogénea vertiente                                | 3 |
| Fuerte disección de vertiente heterogénea            | 3 |
| Fuerte disección de vertiente abrupta                | 2 |
| Fuerte disección con vertiente rectilínea            | 2 |
| Salientes rocosos con vertiente rectilínea           | 2 |
| Cubeta glaciar                                       | 1 |
| Modelado deposito glaciar por acción fluvial         | 1 |
| Depresión lagunar                                    | 1 |
| Fondo de valle glaciar                               | 1 |
| Origen glaciar-peri glaciar de hondonadas pantanosas | 1 |
| Glaciar laguna                                       | 1 |
| Morrena de fondo                                     | 1 |
| Superficie horizontal                                | 1 |

Superficie volcánica ondulada

1

Valle glaciario colgado

1

Rectilínea vertiente

1

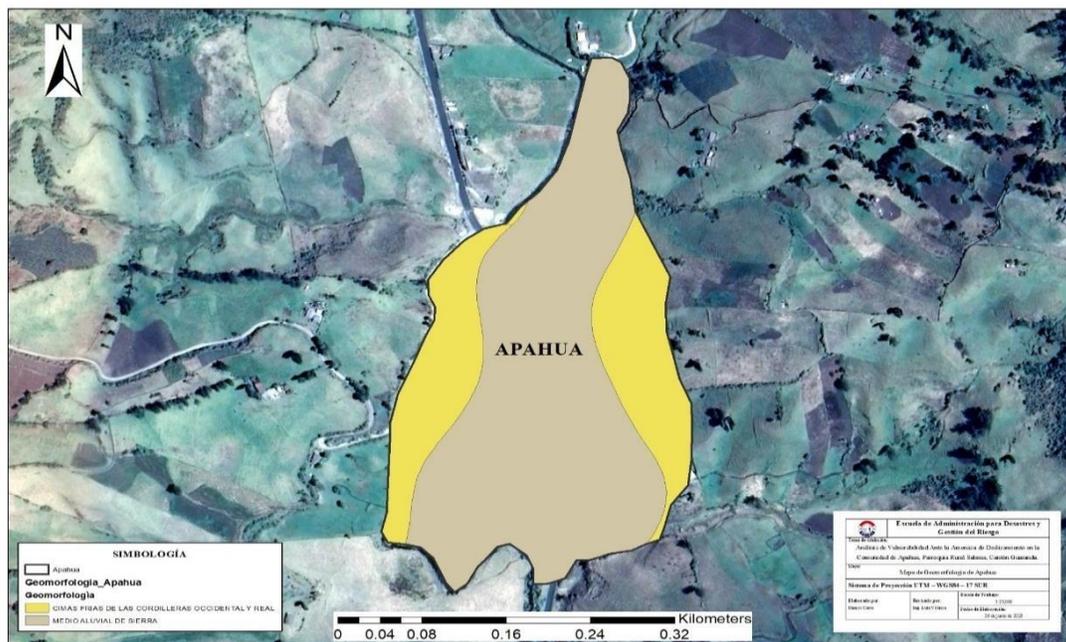
Rocosa vertiente

1

*Elaborado por: Corro H, 2023.*

*Figura 11. Mapa de geomorfología de Apahua*

### MAPA DE GEOMORFOLOGÍA DE APAHUA



*Elaborado por: Corro H, 2023*

## Pendiente

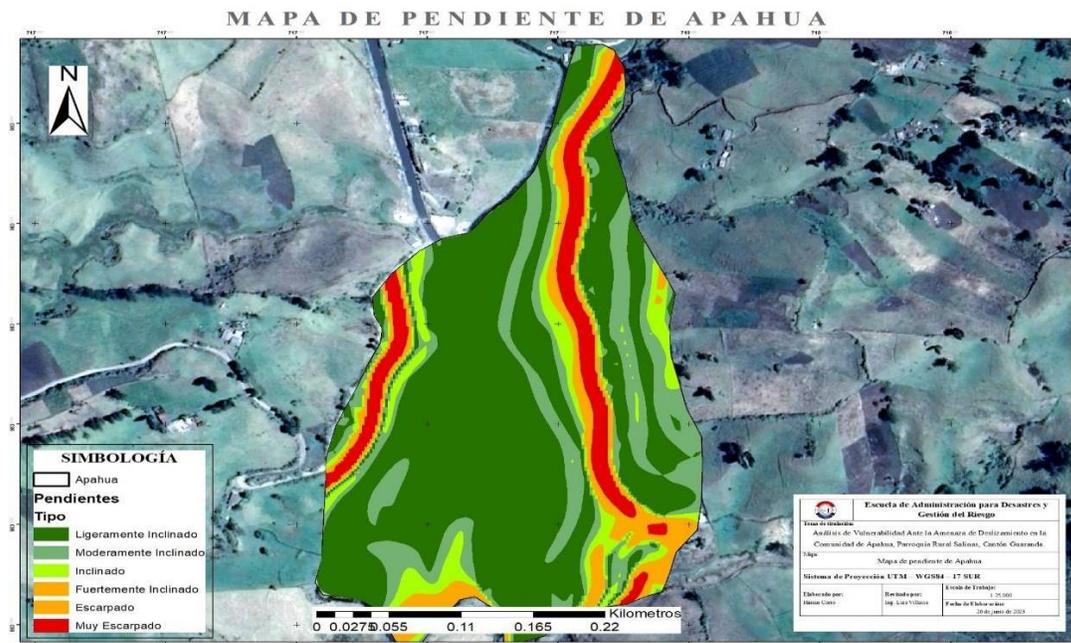
La comunidad de Apahua presenta los siguientes tipos de pendientes que van desde los 0° hasta los 45°.

**Tabla 12.** Componentes de la pendiente

| <i>Indicadores</i> | <i>Área Km<sup>2</sup></i> | <i>Peso</i> | <i>Tipo</i>             |
|--------------------|----------------------------|-------------|-------------------------|
| 0 a 5              | 0.240744                   | 1           | Ligeramente Inclinado   |
| 5 a 15             | 0.143171                   | 2           | Moderadamente Inclinado |
| 15 a 25            | 0.064813                   | 3           | Inclinado               |
| 25 a 35            | 0.036424                   | 4           | Fuertemente Inclinado   |
| 35 a 45            | 0.021655                   | 5           | Escarpado               |
| > a 45             | 0.019289                   | 6           | Muy Escarpado           |

*Elaborado por: Corro H,2023.*

**Figura 12.** Mapa de pendiente de Apahua



*Elaborado por: Corro H,2023.*

## Factores Detonantes

### Precipitación

La comunidad de Apahua presenta precipitaciones anuales que oscilan entre 1000 mm a 1250 mm, lo cual constituyen diversos pisos climáticos, siendo el factor más influyente en la amenaza.

**Tabla 13.** Precipitación anual del Ecuador

| <b>PRECIPITACIÓN ANUAL (MM)</b> | <b>TIPO</b>             | <b>PONDERACIÓN</b> |
|---------------------------------|-------------------------|--------------------|
| <i>0-250</i>                    | Escasamente Lluvioso    | 2                  |
| <i>250-500</i>                  | Escasamente Lluvioso    | 2                  |
| <i>500-750</i>                  | Escasamente Lluvioso    | 2                  |
| <i>750-1000</i>                 | Escasamente Lluvioso    | 2                  |
| <i>1000-1250</i>                | Lluvioso                | 3                  |
| <i>1250-1500</i>                | Lluvioso                | 3                  |
| <i>1500-1750</i>                | Lluvioso                | 3                  |
| <i>1750-2000</i>                | Lluvioso                | 3                  |
| <i>2000-2500</i>                | Lluvioso                | 3                  |
| <i>2500-3000</i>                | Muy Lluvioso            | 4                  |
| <i>3000-3500</i>                | Muy Lluvioso            | 4                  |
| <i>3500-4000</i>                | Muy Lluvioso            | 4                  |
| <i>4000-4500</i>                | Muy Lluvioso            | 4                  |
| <i>4500-5000</i>                | Muy Lluvioso            | 4                  |
| <i>5000-5500</i>                | Extremadamente Lluvioso | 5                  |
| <i>5000-6000</i>                | Extremadamente Lluvioso | 5                  |
| <i>5500-6000</i>                | Extremadamente Lluvioso | 5                  |
| <i>6000-6500</i>                | Extremadamente Lluvioso | 5                  |

6000-7000

Extremadamente Lluvioso

5

7000-7500

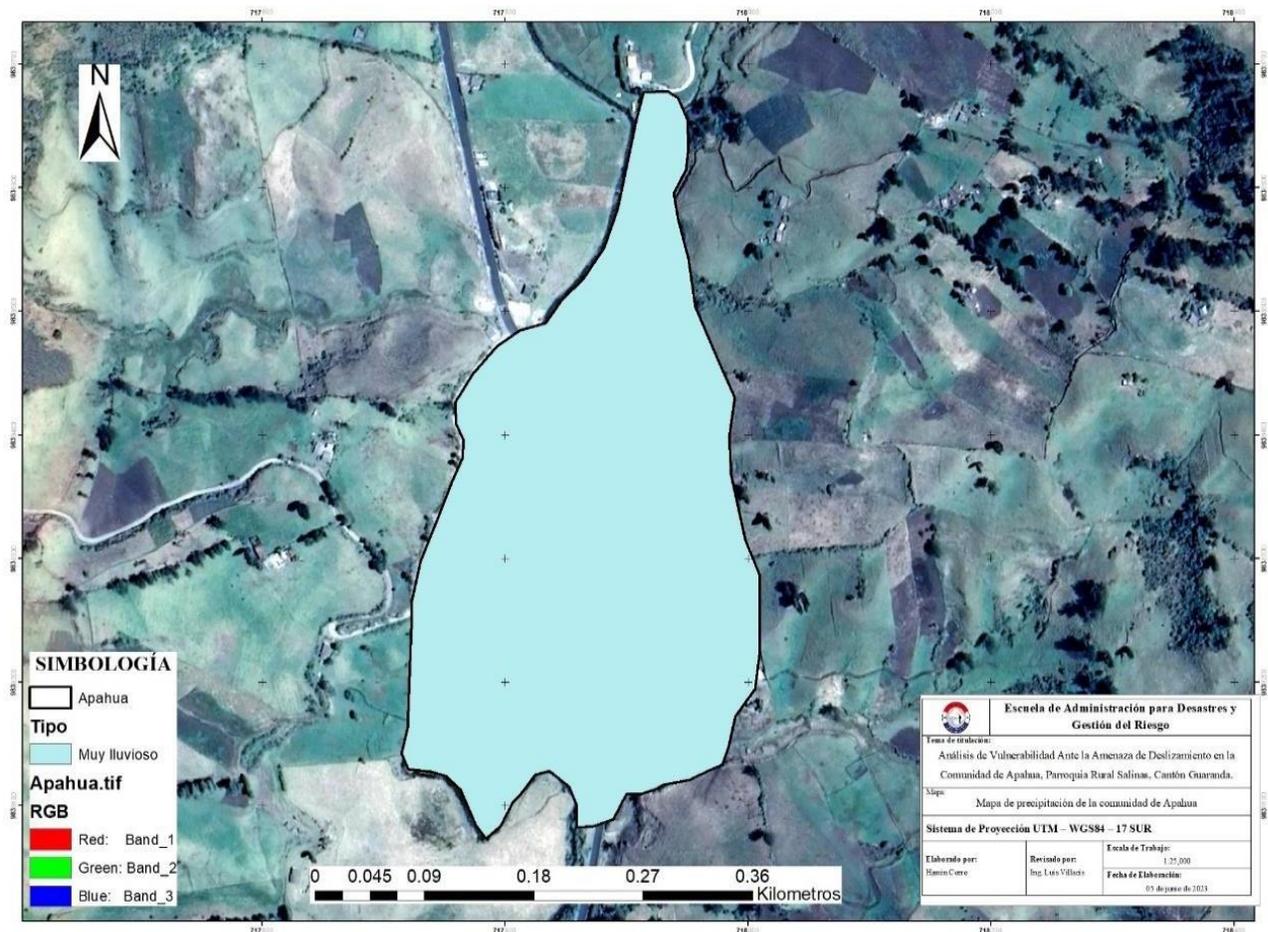
Extremadamente Lluvioso

5

*Elaborado por: Corro H,2023.*

*Figura 13. Mapa de precipitación.*

## MAPA DE PRECIPITACIÓN DE LA COMUNIDAD DE APAHUA



*Elaborado por: Corro H,2023.*

### Sismo

Según la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC), la comunidad de Apahua presenta un nivel sísmico alto con una aceleración de 0,30 g de amenaza sísmica, lo cual tiende a aumentar los deslizamientos debido a las precipitaciones

**Tabla 14.** Sismicidad de la comunidad del Ecuador

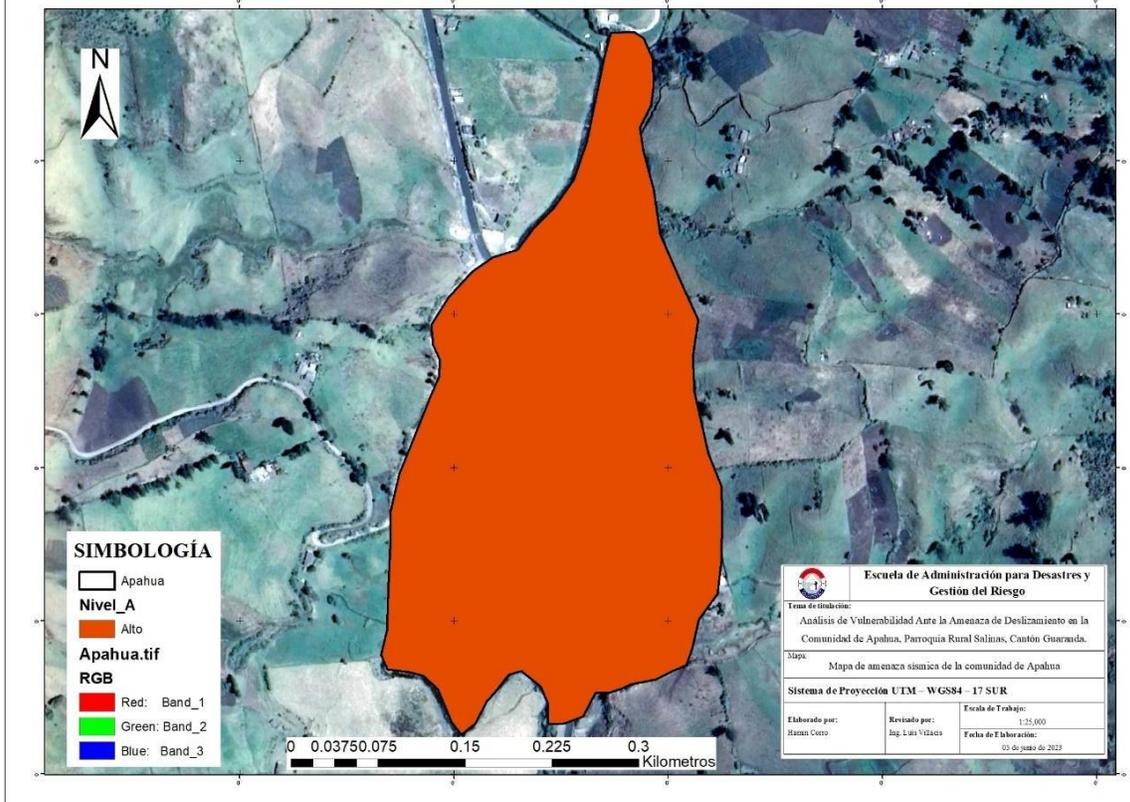
| <b>ZONA SÍSMICA ECUADOR</b> | <b>ACELERACIÓN</b> | <b>NIVEL DE PELIGRO</b> |
|-----------------------------|--------------------|-------------------------|
| Zona I                      | 0.15 g             | Medio                   |
| Zona II                     | 0.25 g             | Alto                    |
| Zona II                     | 0.25 g             | Alto                    |
| Zona III                    | 0.30 g             | Alto                    |
| Zona III                    | 0.30 g             | Alto                    |
| Zona IV                     | 0.35 g             | Alto                    |
| Zona IV                     | 0.35 g             | Alto                    |
| Zona V                      | 0.40 g             | Alto                    |
| Zona VI                     | > 0.50 g.          | Muy Alto                |

*Fuente:* (NEC, 2015)

*Elaborado por:* Corro H,2023.

**Figura 14.** Mapa de amenaza sísmica de la comunidad de Apahua.

## MAPA DE AMENAZA SÍSMICA DE LA COMUNIDAD DE APAHUA



*Elaborado por: Corro H, 2023.*

### Amenaza a Deslizamientos de la Parroquia Apahua

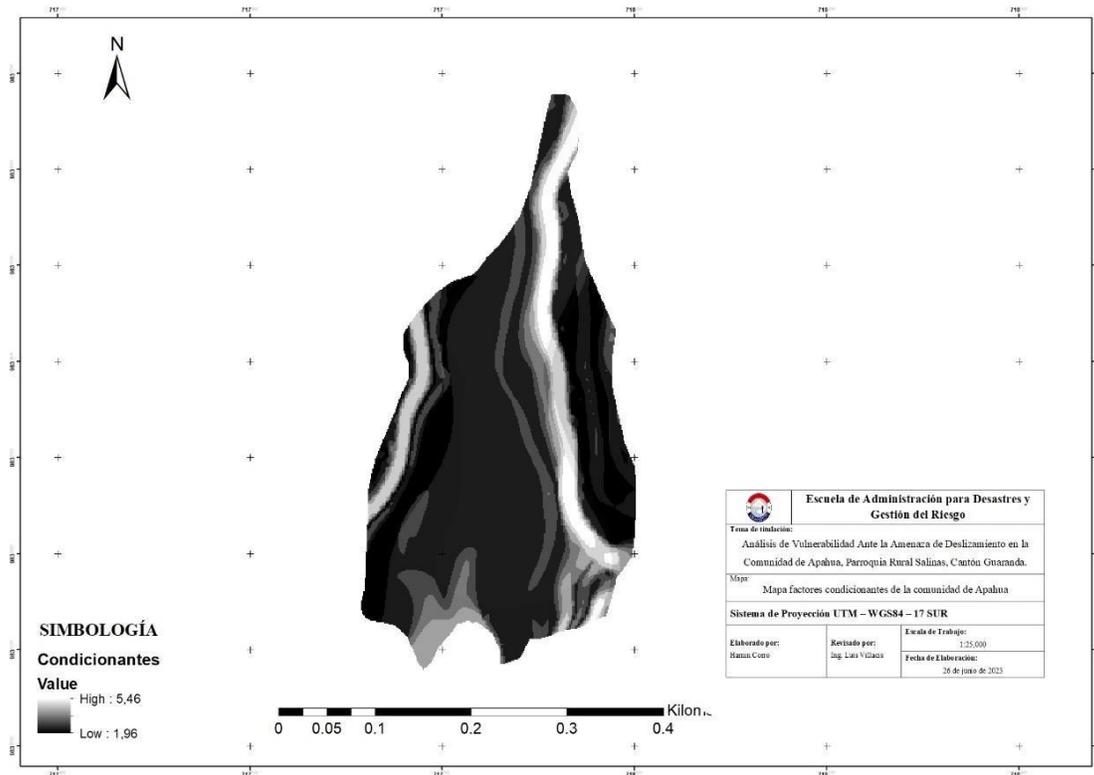
#### Factores condicionantes

Mediante la metodología de Mora Vahrson se asignó los pesos según la intervención de los factores estudiados, con la finalidad de determinar su importancia:

$$\begin{aligned} & \text{"Pendiente"} * 0.57 + \text{"Geomorfología"} * 0.28 + \text{"Litología"} * 0.11 \\ & + \text{"Cobertura"} * 0.04 \end{aligned}$$

*Figura 15. Mapa de Factores condicionantes de la comunidad de Apahua.*

## MAPA DE FACTORES CONDICIONANTES DE LA COMUNIDAD DE APAHUA



*Elaborado por: Corro H, 2023.*

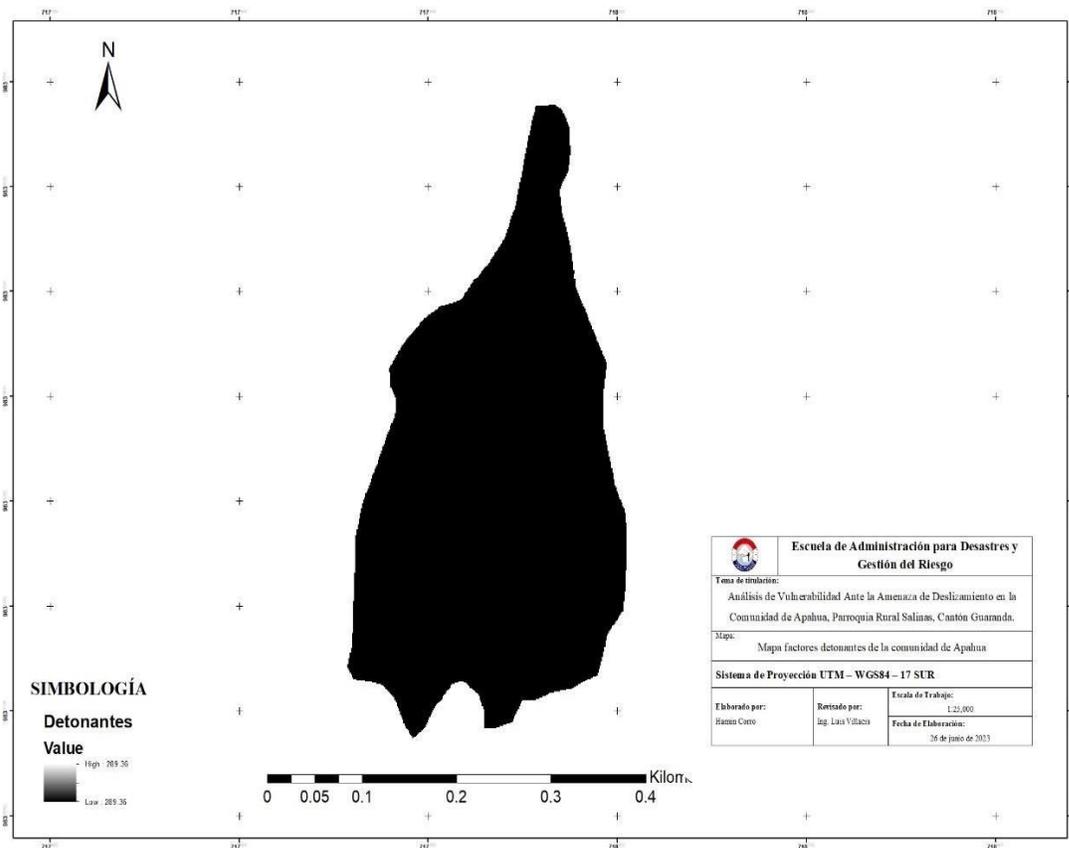
### Factores detonantes

Mediante los criterios similares a los factores condicionantes se procede a calcular los factores detonantes:

$$\text{"Precipitación"} * 0.87 + \text{"Sismos"} * 0.13$$

*Figura 16. Mapa de amenaza sísmica de la comunidad de Apahua.*

## MAPA DE FACTORES DETONANTES DE LA COMUNIDAD DE APAHUA



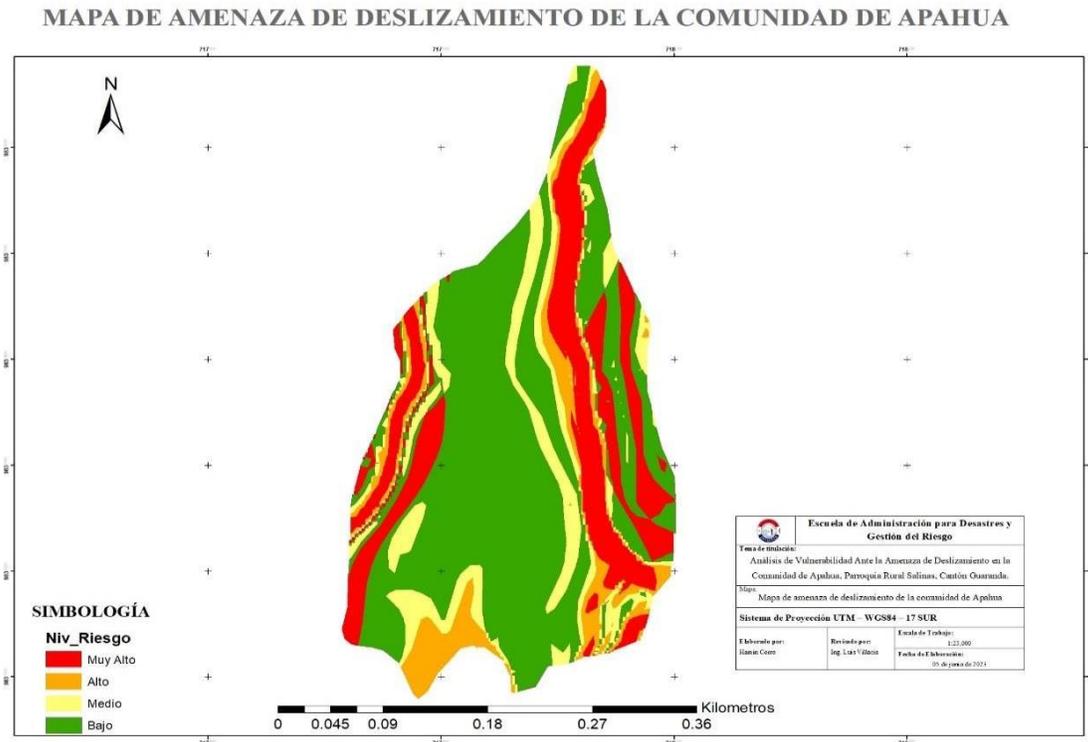
*Elaborado por: Corro H, 2023.*

### **Cálculo de la amenaza a deslizamientos comunidad de Apahua.**

De acuerdo a la siguiente ecuación se procedió a efectuar el cálculo:

$$\text{Condicionantes} * \text{Detonantes}$$

**Figura 17.** Mapa de amenaza de deslizamiento de la comunidad de Apahua.



*Elaborado por: Corro H, 2023.*

**Tabla 15.** Nivel de amenaza a deslizamiento de la comunidad de Apahua

| Nivel           | Área (ha) | Peso | Porcentaje |
|-----------------|-----------|------|------------|
| <b>Bajo</b>     | 5.30      | 1    | 53%        |
| <b>Medio</b>    | 1.40      | 2    | 14%        |
| <b>Alto</b>     | 1.00      | 3    | 10%        |
| <b>Muy Alto</b> | 2.30      | 4    | 23%        |

*Elaborado por: Corro H, 2023.*

El 53% de la comunidad presenta un nivel bajo, seguido del 23% con un riesgo muy alto frente a los deslizamientos, por último, el 14% presenta una susceptibilidad media.

## Estrato nivel de riesgo por deslizamiento

Tabla 16. Estrato nivel de riesgo por deslizamiento

| NIVELES DE PELIGRO | DESCRIPCION   |
|--------------------|---|
| MUY ALTA           | Este nivel está determinado por una población que recurre o transita por el área de estudio, mismos no cuenta con un sistema adecuado de alerta, señalización y no cuenta con protocolos de acción frente a las amenazas de deslizamiento y otras que pueden desarrollarse dentro de la comunidad, en cuanto a las infraestructuras se ha evidenciado que la mayor parte de las construcciones no están construidas bajo las normativas, materiales de construcción inapropiados, el área de estudio se encuentra a una distancia menores a 10 metros del área de influencia del peligro (cerro Apahua), no cuenta con obras complementarias de protección y no cuenta con protocolos de seguridad ni realiza mantenimiento. Respecto al medio ambiente impacta a especies endémicas, dispone los residuos sólidos en cauces o del río salinas. |
| ALTA               | Este nivel está determinado por una población que recurre o transita por el área de estudio, residen a 30 metros del área de influencia del peligro (cerro Apahua), no cuenta con obras complementarias de protección, minimiza el impacto ambiental de forma errónea, desconoce de normativas de medio ambiente y cultura.   |
| MEDIA              | Este nivel está determinado por una población que recurre o transita por el área de estudio, residen a 50 metros del área de influencia del peligro (cerro Apahua), Conoce superficialmente, en cuanto al medio ambiente impacta regularmente, buscan asesoramiento sobre reducción de impacto ambiental y fomentar la cultura de prevención de riesgos y cumple parcialmente las normativas sobre medio ambiente y cultura.  |
| BAJA               | Este nivel está determinado por una población que recurre o transita por el área de estudio, residen a mayo a 70 metros del área de influencia del peligro (cerro Apahua), Conoce superficialmente, en cuanto al medio ambiente impacta regularmente, buscan asesoramiento sobre reducción de impacto ambiental y fomentar la cultura de prevención de riesgos y cumple parcialmente las normativas sobre medio ambiente y cultura.   |

*Elaborado por: Corro H, 2023.*

#### 4.2 Resultado del objetivo 2.- Determinar el nivel de exposición y vulnerabilidad física estructural ante la amenaza de deslizamiento

De acuerdo al Código Ecuatoriano de la Construcción (Ministerio de Vivienda, 2002), hace mención que el cantón Guaranda presenta dos zonas de amenaza sísmica, mismas que son: Zona IV (Muy Alta), en aproximadamente el 79% del área del cantón y Zona III (Alta) en el resto del territorio (aproximadamente el 21%), lo que demuestra que la región y el sector objeto de la investigación, está sometido a una fuerte actividad sísmica, por ende, la comunidad de Apahua no es la excepción, mediante el mapa de amenaza sísmica se determinó que la comunidad se encuentra en la Zona III de sismicidad.

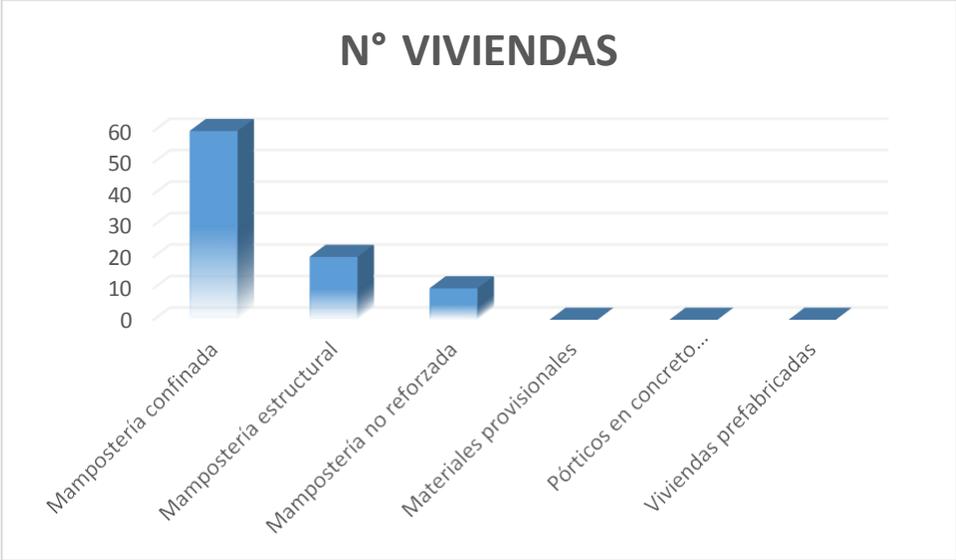
Una vez establecida el sector en estudio, se procedió a la aplicación de la Metodología para el monitoreo estructural y patológico de viviendas afectadas por deslizamientos, propuesta por el **Fondo para la Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE) de Colombia**, la misma consiste en clasificar las viviendas de acuerdo con su sistema estructural en **seis grupos** como se muestra a continuación:

**Tabla 17.** Clasificación de viviendas FOPAE

|                | <b>Clasificación FOPAE</b>     | <b>N° viviendas</b> |
|----------------|--------------------------------|---------------------|
| <b>Grupo A</b> | Mampostería confinada          | 60                  |
| <b>Grupo B</b> | Mampostería estructural        | 20                  |
| <b>Grupo C</b> | Mampostería no reforzada       | 10                  |
| <b>Grupo D</b> | Materiales provisionales       | 0                   |
| <b>Grupo E</b> | Pórticos en concreto reforzado | 0                   |
| <b>Grupo F</b> | Viviendas prefabricadas        | 0                   |

*Elaborado por: Corro H, 2023.*

**Figura 18.** Clasificación de viviendas FOPAE

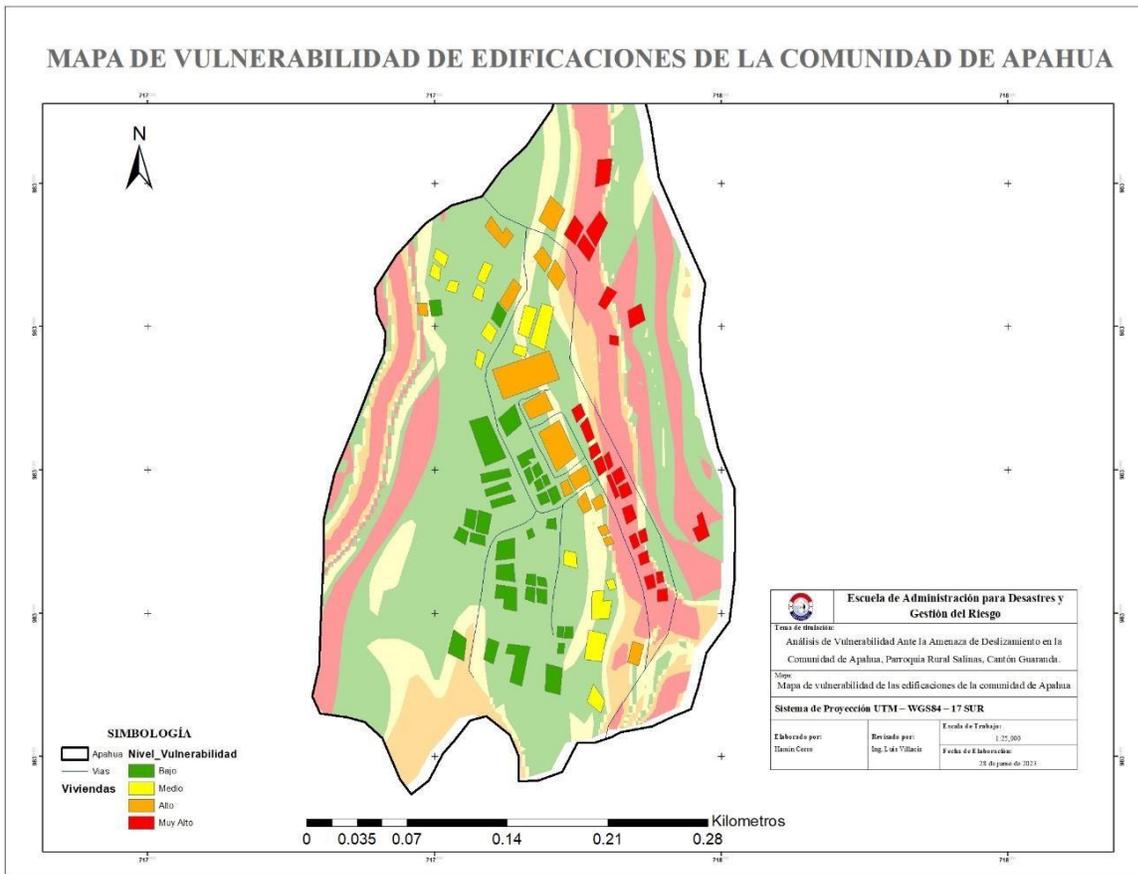


*Elaborado por: Corro H,2023.*

**Análisis**

Mediante el grafico de histograma se llegó a la conclusión que el 67 % del sistema estructural utilizado está representado por mampostería confinada, seguido de un 22 % perteneciente a la mampostería estructural, mientras que el 11% restantes utilizan mampostería no reforzada y en el sector no existen viviendas con materiales provisionales y viviendas prefabricadas ni con pórticos de concreto. Es importante señalar que todas estas edificaciones fueron construidas sin cumplir con ninguna normativa.

Figura 19. Vulnerabilidad de las Edificaciones (Algebra de mapas)



Elaborado por: Corro H, 2023.

## Estrato nivel de vulnerabilidad ante deslizamiento.

**Tabla 18.** Estrato nivel de vulnerabilidad ante deslizamiento

| <b>NIVELES DE VULNERABILIDAD</b> | <b>DESCRIPCION</b>  |
|----------------------------------|---|
| <b>MUY ALTA</b>                  | Este nivel está determinado por la infraestructura que se encuentra dentro del área de estudio, mismos no cuenta con las normas de construcción establecidas por el NEC, en la comunidad de Apuahua existe alrededor de 90 viviendas de las cuales 23 viviendas presentan un nivel de vulnerabilidad Alta debido a su ubicación (Riesgo Alto), se encuentra a una distancia de 1 a 10 metros del área de influencia del peligro (cerro Apahua). |
| <b>ALTA</b>                      | Este nivel está determinado por las infraestructuras que se encuentran dentro del área de estudio, con una distancia considerable de 10 a 30 metros del área de influencia del peligro (cerro Apahua), del total de viviendas existentes 16 presentan este tipo de vulnerabilidad.  |
| <b>MEDIA</b>                     | Este nivel está determinado por las infraestructuras que se encuentran dentro del área de estudio, con una distancia moderable de 30 a 40 metros del área de influencia del peligro (cerro Apahua), del total de viviendas existentes 15 presentan este tipo de vulnerabilidad.   |
| <b>BAJA</b>                      | Este nivel está determinado por las infraestructuras que se encuentran dentro del área de estudio, con una distancia aceptable, es decir mayor a 40 metros del área de influencia del peligro (cerro Apahua), del total de viviendas existentes 33 presentan este tipo de vulnerabilidad.   |

*Elaborado por: Corro H,2023.*

### **Análisis**

El 38% de las edificaciones presentan una vulnerabilidad baja, seguido del 26% con un nivel muy alto, ya que se pudo constatar que las construcciones en su gran mayoría no cumplen con las normas de construcción, cuyo incremento en la vulnerabilidad se debe también a la geomorfología que presenta la zona

### 4.3 Resultado del objetivo 3.- Establecer acciones de reducción de la vulnerabilidad física ante la amenaza de deslizamiento.

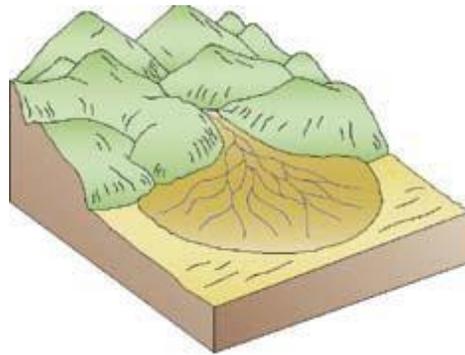
#### Tema

Acciones de reducción de la vulnerabilidad física ante la amenaza de deslizamiento.

#### Fundamentación

**Abanico:** Deposito de sedimentos en forma de abanico que normalmente se forma al pie de una ladera en la zona donde una corriente de agua emerge de un frente montañoso. Esta forma suele obedecer al cambio de pendiente entre la superficie lo largo de la cual se desplaza el material y la del terreno en la que se deposita, o al cambio donde un valle confinado se ensancha.

*Figura 20. Abanico Aluvial.*



*Fuente:* (Valerie Baumann, Calderón, Quenta, & Ibadango, 2007)

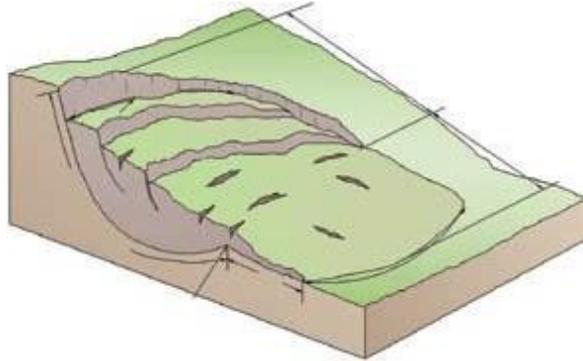
**Abandonado:** Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la causa de la inestabilidad del movimiento ha dejado de actuar.

**Acantilado:** Laderas rocosas empinadas que se forman a lo largo de las costas debido a la continua socavación (o erosión progresiva) del oleaje marino, o por levantamientos de origen tectónico.

**Activo:** Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

**Acumulación:** Volumen de material desplazado que se encuentra sobre la superficie original del terreno.

**Figura 21.** Diagrama de bloque de un deslizamiento.



**Fuente:** (Valerie Baumann, Calderón, Quenta, & Ibadango, 2007)

**Alud:** Por su origen idiomático se refiere a un gran movimiento en masa de nieve. Sin embargo, en ocasiones se utiliza como sinónimo de avalancha. (Valerie Baumann, Calderón, Quenta, & Ibadango, 2007)

**Aluvial:** Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua. (Valerie Baumann, Calderón, Quenta, & Ibadango, 2007)

**Aluvión:** Materiales con fragmentos subredondeados a redondeados, depositados por una corriente natural de agua o por un movimiento tipo flujo canalizado. En Argentina y Chile se denomina así a los movimientos en masa tipo flujo originados ya sea por el colapso de un lago glacial o del rompimiento de un dique natural. (Valerie Baumann, Calderón, Quenta, & Ibadango, 2007)

**Derrumbe:** Término común para referirse a diversos tipos de movimientos en masa, particularmente caídas y deslizamientos. En Perú se utiliza este término para diferenciar un tipo de caída. (Valerie Baumann, Calderón, Quenta, & Ibadango, 2007)

**Deslizamiento:** Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante. (Valerie Baumann, Calderón, Quenta, & Ibadango, 2007)

**Deslizamiento rotacional:** Deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. La cabeza del movimiento puede moverse hacia abajo dejando un escarpe casi vertical, mientras que la superficie superior inclinarse hacia atrás en

dirección al escarpe. Estos movimientos ocurren frecuentemente en masas de material relativamente homogéneo, pero también pueden estar controlados parcialmente por superficies de discontinuidad preexistentes. (Valerie Baumann, Calderón, Quenta, & Ibadango, 2007)

**Deslizamiento traslacional:** Suelen ser más superficiales que ocurren a lo largo de discontinuidades como diaclasas, fallas y planos de estratificación (Valerie Baumann, Calderón, Quenta, & Ibadango, 2007).

### **Tipo de suelo**

Clasificación del suelo sobre el que se desplanta el inmueble a evaluar, partiendo de los materiales de que esté conformado puede estar dentro de los cinco tipos que a continuación se enlistan. (Aragón Cárdenas, Flores Corona, & López Bátiz, 2011)

**Arcilla muy blanda:** suelos finos no consolidados formados por el depósito de los materiales producto del desgaste y descomposición de los minerales de rocas y que son transportados por los ríos o el viento (son agregados de silicatos de aluminio hidratados). Algunos depósitos de arcillas con gran contenido de agua presentan grandes deformaciones por el proceso de consolidación bajo cargas sostenidas. (Aragón Cárdenas, Flores Corona, & López Bátiz, 2011)

**Limos o arcillas:** suelo fino conformado por material con tamaño de partículas menores que la arena fina (0.074 mm); es un sedimento formado por diferentes materiales, transportado en suspensión por los ríos y/o por el viento. Descripciones coloquiales de este tipo de material son el lodo, barro, restos vegetales, polvo de rocas, entre otros. (Aragón Cárdenas, Flores Corona, & López Bátiz, 2011)

**Granular suelto:** suelo de tamaño grueso desde 0.074 mm hasta 6 cm, formados por arenas y gravas sueltas sin consolidar, siendo la fricción la única fuerza de interacción entre ellas. (Aragón Cárdenas, Flores Corona, & López Bátiz, 2011)

**Granular compacto:** suelos de tamaño grueso, arenas y gravas, compactadas ya sea de forma natural o por la acción del hombre. (Aragón Cárdenas, Flores Corona, & López Bátiz, 2011)

**Roca:** estrato de suelo duro formado por mezclas heterogéneas de minerales y otros materiales, y que son resultado de diversos procesos geológicos. En estos casos se identifica la roca que sobresale del suelo (“aflora”) o bien en cortes hechos al terreno. (Aragón Cárdenas, Flores Corona, & López Bátiz, 2011)

### **Suelo**

Esta clasificación es de especial importancia para la determinación de las acciones sísmicas en la estructura y se maneja en reglamentos de construcción y manuales como son el del D.F. o el de CFE. Se debe marcar una de las tres opciones siguientes, dependiendo del suelo predominante:

**Suelo blando:** grandes depósitos de suelos compresibles o sueltos cuyo espesor puede ser superior a 50 m. Se puede considerar como tal al que tiene un número de golpes menor a 15 en la prueba de penetración estándar. (Aragón Cárdenas, Flores Corona, & López Bátiz, 2011)

**Suelo de transición:** en el que los depósitos de terreno firme se encuentran a 20 m de profundidad, o menos. Número de golpes menor entre 15 y 50 en la prueba de penetración estándar. (Aragón Cárdenas, Flores Corona, & López Bátiz, 2011)

**Suelo firme:** formado por rocas o suelos muy compactados. Pueden existir oquedades en roca, cavernas o túneles excavados. Número de golpes mayor que 50 en la prueba de penetración estándar o presencia de roca. (Aragón Cárdenas, Flores Corona, & López Bátiz, 2011)

### **Justificación**

En la comunidad de Apahua, mediante el análisis de los factores condicionantes y detonantes y el análisis de vulnerabilidad estructural, se llegó a determinar que la susceptibilidad ante la amenaza de deslizamiento es alta, de esta manera la población y las infraestructuras se ven vulnerables ante este tipo de evento.

Para el análisis de las infraestructuras se tomó en consideración las patologías cada uno con sus respectivos parámetros, otros de los factores que contribuye en esta vulnerabilidad es la falta aplicación de normativas de construcción, la falta de una ordenanza municipal para la

construcción de las viviendas, a más de esto si la vía principal se ve afectada por esta amenaza tanta la comunidad de Apahua, Salinas, Simiatug, Facundo vela y sus alrededores quedarían incomunicadas.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Establecer acciones de reducción de la vulnerabilidad estructural ante la amenaza de deslizamiento.

### **Objetivos Específicos**

Proponer medidas para disminuir la vulnerabilidad estructural ante la amenaza de deslizamiento de la comunidad de Apahua.

Elaborar un plan de acción con las autoridades de la comunidad de Apahua frente a la amenaza de deslizamiento.

**Acciones de reducción de la vulnerabilidad estructural ante la amenaza de deslizamiento.**

A continuación, se establecer las medidas de reducción de riesgo ante la amenaza de deslizamiento:

**Tabla 19. Medidas para disminuir la vulnerabilidad estructural ante la amenaza de deslizamiento en la comunidad de Apahua.**

| Indicador            | Descripción   | Medidas de Reducción  | Acción   | Responsables                                |
|----------------------|---|---|--|---|
| <b>Edificaciones</b> | 90 edificaciones se encuentran asentadas en la comunidad de Apahua, entre ellas una institución pública y una iglesia, lo cual presentan una vulnerabilidad muy alta. | Es necesario readecuar y fortalecer la infraestructura de educación, ya que es una institución de primera necesidad.                | Se debe evitar construcciones en lugares de mayor susceptibilidad, así como la realización de estudios previos de construcción para tomar decisiones según las normas NEC. | MIDUVI<br>GAD Cantonal<br>GAD<br>Parroquial |
|                      | Las edificaciones que se sitúan en pendientes pronunciadas, son las que presentan mayor vulnerabilidad, influyendo además la forma de construcción y limitada         | Se debe aplicar las normas de construcción, además es necesario que se aplique y se cumpla con el Plan de Ordenamiento Territorial, | Se debe coordinar entre las autoridades competentes la aplicación y ejecución del Plan de Ordenamiento   | MIDUVI<br>GAD Cantonal<br>GAD<br>Parroquial |

|                          |   |   |  |  |
|--------------------------|---|---|--|--|
|                          | aplicación de las normas de construcción.   | para evitar construcciones en zonas de riesgo.  | Territorial, y las normas de construcción.   |  |
| <b>Sistema de Agua</b>   | El tanque de distribución de agua se encuentra en zonas susceptibles a deslizamientos de tierras, por lo tanto, presenta una vulnerabilidad alta.       | Proveer de tanques de reserva de agua en caso de que algún deslizamiento llegue afectar las tuberías. | Efectuar inspecciones del sistema de agua potable, al igual que el control de la calidad del agua. | Administrador de agua potable de la comunidad<br>Ministerio de Salud |
| <b>Sistema Eléctrico</b> | Varios elementos del sistema eléctrico se ubican en zonas vulnerables a deslizamientos de masa, por lo tanto, presenta un nivel de vulnerabilidad alta. | Ejecutar un plan de mantenimiento del sistema eléctrico   | Implementar estudios previos para disminuir la vulnerabilidad del sistema eléctrico.               | Corporación Nacional de Electricidad (CNEL)<br>GAD Parroquial        |

---

|             |   |   |   |  |
|-------------|---|---|---|--|
| <b>Vías</b> | El sistema vial de la comunidad de Apahua está constituida por 4 kilómetros, los cuales posee lastre y asfalto. | Ejecutar un plan de mantenimiento del sistema vial. | Para realizar mejoras en el sistema vial de la comunidad se debe establecer convenios con el MTOP, así como proyectos de estabilización de taludes. | Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP)<br>GAD Parroquial |
|-------------|---|---|---|--|

---

*Elaborado por: Corro H,2023.*

## **Monitoreo, Seguimiento y Evaluación**

Las autoridades pertinentes de la comunidad Apahua y la Parroquia Salinas realizarán el estudio de monitoreo sobre las medidas de reducción de riesgos, con el objetivo de disminuir la vulnerabilidad de deslizamientos que presenta la zona, así mismo, para el seguimiento y evaluación lo llevará a cabo la Secretaría de Gestión de Riesgos, en conjunto con las autoridades de la ciudad de Guaranda, enfocados en temas de gestión de riesgos para mejorar y adecuar los planes y proyectos a futuro.

## **5 Capítulo V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

- Luego de identificar y analizar los factores que influyen en el desarrollo de la amenaza de deslizamiento en la parroquia Apahua, en el 25 km vía Guaranda., donde se obtuvo el mapa de amenaza de deslizamiento, en el cual se llegó a determinar que el 53% de la comunidad 90 viviendas presentan un nivel de amenaza bajo mientras que el 47% presenta un nivel de amenaza alto de deslizamiento.
- Luego de haber identificado las variables del sistema estructural se puntualiza que el 60% (23 viviendas) del sistema estructural, presenta vulnerabilidad alta ante la amenaza, mientras que el 40% de las infraestructuras presentan vulnerabilidad baja. cabe recalcar que la mayor parte de las infraestructuras se encuentran construidas en zonas vulnerables a deslizamiento.
- Para reducir los efectos de la amenaza de deslizamientos se planteó medidas y acciones que se deben considerarse en las edificaciones, adicionalmente se pudo determinar que varias viviendas se encuentran construidas en zonas susceptibles a deslizamientos y no existe normativa de ordenamiento territorial para las construcciones.

### **5.2 Recomendaciones**

- Las edificaciones que presenten una susceptibilidad alta y muy alta, deben ser consideradas para efectuar estudios de sistema estructural con el objetivo de precautelar los bienes materiales y el bienestar de la población de Apahua.

- Tomar en consideración las Normas Ecuatorianas de Construcción (NEC), especialmente a los encargados del MIDUVI, GAD Parroquial y comunidad de Apahua, controlando el permiso de la construcción de edificaciones en zonas de alto riesgo a deslizamientos de masa.
- Los estudios de riesgos pertinentes deben ser efectuado por el Gad Parroquial de Apahua para que de esta manera se pueda otorgar los permisos necesarios para la construcción de zonas peligrosas.
- El mantenimiento de las vías aledañas debe ser aplicadas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, especialmente aquellas que hayan sido afectadas por deslizamientos y que conecten directamente con la comunidad de Apahua.
- Las autoridades de la parroquia de Apahua en conjunto con los directivos de la comunidad deben tomar en consideración las normas mínimas de construcción para fortalecer y mejorar las infraestructuras.
- Es indispensable que se realicen planes de comunicación de riesgos, especialmente las autoridades del Gad Parroquial, con la finalidad de disminuir la incertidumbre ante eventos peligrosos que se pueden ocasionar dentro de su territorio.

## REFERENCIAS

- Aragón Cárdenas, J., Flores Corona, L., & López Bátiz, Ó. (2011). *SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES*. Perú.
- Ayala, I. A. (9 de Julio de 1999). *scielo*. Fonte: <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n41/n41a2.pdf?fbclid=IwAR0OrZyEv3S895WLUjux8UFkGOuwQVqp-pa2wk3rubE5kjODYIMc3eJV6-Q>
- Becerra, H. (2019). Riesgos naturales y antrópicos de las zonas rurales del cantón Guaranda . *Revista Universitaria Geográfica*, 34.
- Chacha, K. (2018). *Estudio de vulnerabilidades ante la amenaza sísmica de la parroquia rural de Salinas, de la ciudad de Guaranda periodo 2017*. Fonte: <https://es.slideshare.net/GaboBba/estudio-de-vulnerabilidades-ante-la-amenaza-ssmica-de-la-parroquia-rural-de-salinas-de-la-ciudad-de-guaranda-periodo-2017>
- Díaz, J. S. (julio de 1998). *Usac*. Acceso em 2 de Julio de 2021, disponível em [desastres.usac.edu.gt](http://desastres.usac.edu.gt): <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101-parte01.pdf>
- Gobierno Parroquial de Salinas. (2018). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Salinas*.
- González y Gallardo. (2018). Evaluación del riesgo por deslizamiento de una ladera en la ciudad de Tijuana, México. *Revista Tecnura*, 22(55). Fonte: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-921X2018000100034&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-921X2018000100034&script=sci_abstract&tlng=es)
- IG-EPN. (2008). Fonte: <https://www.igepn.edu.ec/>
- Jovans, N. (14 de Mayo de 2011). *slideshare*. Fonte: <https://es.slideshare.net/josovas/qu-es-amenaza>
- Moncayo y Núñez. (2020). *ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE LA EP-EMAPAG, EN LA PARROQUIA GUANUJO, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR EN EL PERÍODO NOVIEMBRE2022- FEBRERO 2023*. Fonte: TESIS DE GRADO. UNIVERSIDAD

ESTATAL

DE

BOLÍVAR:

[https://www.dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/5223/3/MONCAYO%20%26%20N%c3%9a%c3%91EZ\\_revision\\_final.pdf](https://www.dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/5223/3/MONCAYO%20%26%20N%c3%9a%c3%91EZ_revision_final.pdf)

Mora, S., & Vahrson, W. (1994). Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination. 49-58.

Moreno, L. (2022). Identificación de tipos de deslizamientos en la zona de acantilados entre Ancón y Anconcito, Santa Elena, Ecuador. *Revista Manglar*, 19(3), 248. Fuente: <http://www.scielo.org.pe/pdf/mang/v19n3/2414-1046-mang-19-03-247.pdf>

Moreno, L. (2022). Identificación de tipos de deslizamientos en la zona de acantilados entre Ancón y Anconcito, Santa Elena, Ecuador. *Revista Manglar*, 3, 247-255. Fuente: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2414-10462022000300247](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2414-10462022000300247)

NEC. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Fuente: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

PDOT. (2021). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Salinas*. Guaranda .

Segarra y Montalván. (2022). *Zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos por medio de sistemas de información geográfica en la parroquia de Julan del cantón Paute*. Fuente: Tesis de grado. Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca : <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21610/1/UPS-CT009501.pdf>

SIG Tierras. (2021). Fuente: Geoportal del Agro Ecuatoriano: <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>

SNET. (Mayo de 2004). *Servicio Nacional de Estudios Territoriales*. Fuente: <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/Amb-21.pdf>

Soldano, A. (20 de Marzo de 2009). *CONAE*. Fuente: <http://www.rimd.org/advf/documentos/4921a360071e58.79575639.pdf>

Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda.

- Torres, B. (14 de Enero de 2013). *UNILIBRE*. Acceso em 1 de Julio de 2021, disponível em <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/71116/AriasTorresBenjamin2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- UNISDR. (2016). *Asamblea general, Naciones Unidas*. Fonte: Indicadores y Terminología relacionados con la reducción de riesgos de desastres.
- Valbuena P., S., & García-Ubaque, C. y. (15 de 02 de 2017). *Puerta de la investigación*. Fonte: [https://www.researchgate.net/publication/326548736\\_Metodologia\\_para\\_el\\_monitoreo\\_e\\_structural\\_y\\_patologico\\_de\\_viviendas\\_afectadas\\_por\\_deslizamientos](https://www.researchgate.net/publication/326548736_Metodologia_para_el_monitoreo_e_structural_y_patologico_de_viviendas_afectadas_por_deslizamientos)
- Valerie Baumann, L. F., Calderón, Y., Quenta, G., & Ibadango, E. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas*. Canadá: landslides.
- Zelaya, A. (2021). *FACTORES FÍSICOS PARA UN MODELO ESTADÍSTICO DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE MASAS EN EL DISTRITO DE SILLAPATA EL AÑO 2021*. Fonte: TESIS DE GRADO. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/8603620.pdf>

#### 4. ANEXOS

##### Anexo 1. Formato de la encuesta.

| A. IDENTIFICACIÓN DE LA VIVIENDA Y GENERALIDADES                                    |                 |             |   |                       |           |                   |
|---|-----------------|-------------|---|-----------------------|-----------|-------------------|
| DIRECCIÓN:  | CII 64 D 76C 26 |             |   | No y Fecha Evaluación | 2/07/2014 | No: 2             |
| LOCALIDAD:  | CIUDAD BOLIVAR  | BARRIO      | ESPINO I  | MZ: 65                | PD: 2     | CHIP: AAA0171PFMR |
| B. INDICE DE DAÑO DE LA VIVIENDA (metodología Consorcio Altos de la Estancia 2009)  |                 |             |   |                       |           |                   |
| Evaluación de la Amenaza  |                 |             | Evaluación Condición Estructural  |                       |           |                   |
| Criterios   | Nivel           | Criterios   | Condición   | Daño                  |           |                   |
| Levantamientos y/o Hundimientos   | 2 Leve          | Cimentación | Buena   | 1 Ninguno             |           |                   |
| Presencia de agua en alrededores  | 2 Leve          | Muros       | Regular   | 2 Leve                |           |                   |
| Fisuras o separación terreno - Cimentación  | 1 Ninguno       | Entrepiso   | N/A   | N/A                   |           |                   |
| Fisuras o grietas en andén en el entorno  | 1 Ninguno       | Cubierta    | Regular   | 2 Leve                |           |                   |
| INDICE DE DAÑO DE LA VIVIENDA   |                 |             |   | 1,99                  | Media     | 1,99              |
| C. REGISTRO FOTOGRAFICO   |                 |             |   |                       |           |                   |
|   |                 |             |                  |                       |           |                   |
| FOTO DE LA FACHADA DE LA VIVIENDA   |                 |             | El piso (contra piso) hecho en tablones donde se logra ver parte del sótano.                        |                       |           |                   |
|  |                 |             |                 |                       |           |                   |
| Bajada y/o entrada al sótano.   |                 |             | Se observa la cimentación de la vivienda, (captada desde la vivienda vecina). Se ve en buen estado. |                       |           |                   |
| D. EVALUADOR :  |                 |             | nlicfuentes@correo.udistrital.edu.co  |                       |           |                   |

##### Anexo 2. Memorias Fotográficas.



Anexo 3. Geomorfología de la comunidad de Apahua.



*Fotografía tomada por: Corro H, 2023.*

Anexo 4. Grado de inclinación (pendiente)



*Fotografía tomada por: Corro H, 2023.*



*Fotografía tomada por: Corro H, 2023.*

Anexo 5. Sistema estructural de la comunidad de Apahua.



*Fotografía tomada por: Corro H, 2023.*



*Fotografía tomada por: Corro H, 2023.*



*Fotografía tomada por: Corro H, 2023.*



*Fotografía tomada por: Corro H,2023.*

Anexo 6. infraestructuras vulnerables ante amenaza de inundación.



*Fotografía tomada por: Corro H,2023.*

Anexo 7. Actividades que realizan pobladores de la comunidad de Apahua.



*Fotografía tomada por: Corro H, 2023.*