UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:
"Monitoreo del Deslizamiento de la comunidad de Pircapamba como Medida de Reducción de Riesgo"

AUTOR(A) (ES):

Chimbolema Amangandi Noemi Mishell

Guaquipana Duran Silvia Jessica

DIRECTOR(A)

Ing. Numa Inain Gaibor Velasco

PARES ACADÉMICOS

Dr. Jose Abelardo Paucar Camacho

Ing. Johana Fernanda Dueñas Duran

GUARANDA – ECUADOR
2025

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía, mi fuerza y mi refugio en cada paso de este camino sin su bendición, nada de esto hubiera sido posible.

Agradezco a mis padres por su amor incondicional, sus sacrificios y por creer en mí incluso cuando yo no lo hacía. Ustedes son el fundamento de todo lo que soy.

Agradezco a mi hijo, mi mayor motivación y alegría constante este logro también es tuyo, porque eres el motivo por el que siempre busco ser mejor.

Agradezco a mis hermanos por ser mis cómplices, defensores y amigos desde el principio.

Agradezco a mi compañero de vida por estar a mi lado en las noches de estudio, por escuchar mis preocupaciones y por llenar mi vida de apoyo y ternura.

Agradezco muy especialmente a mi tutor de investigación Ing. Numa Gaibor por su paciencia, conocimientos, consejos valiosos y por acompañarnos en el proceso más desafiante de mi carrera.

Y un inmenso agradecimiento a todas las personas que formaron parte de este trayecto universitario; familia, profesores y amig@s gracias por compartir sus conocimientos, su compañía y por hacer de este viaje un camino de aprendizaje y recuerdos inolvidables.Todo esto es fruto de todo el amor y apoyo que recibí de ustedes. ¡Muchísimas gracias a todos!

Noemi Mishell Chimbolema Amangandi

AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar, especialmente a la carrera de ingeniería en Riesgos de Desastres, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente. De manera especial, agradezco a todos los docentes que, con su vocación y compromiso, compartieron sus conocimientos teóricos y prácticos, contribuyendo significativamente a nuestra formación integral y al fortalecimiento de valores como la honestidad, el respeto y la responsabilidad, los cuales nos orientaran en nuestro desempeño profesional.

Finalmente, manifiesto mi mas sincero agradecimiento a nuestro tutor de investigación, Ing. Numa Gaibor, cuyo acompañamiento, dedicación y amplio conocimiento fueron fundamental para el desarrollo de este trabajo y mi conocimiento académico. Gracias por su constante apoyo, orientación depositada en mi durante cada etapa de este proceso.

Silvia Jessica Guaquipana Duran

DEDICATORIA

Primeramente, doy gracias a Dios, por ser mi refugio y fortaleza en cada etapa de este camino, por iluminar mi mente, fortalecer mi espíritu y no permitirme rendir cuando las dificultades parecían mayores. Su presencia ha sido fundamental para alcanzar este logro académico.

A mis padres, Luis Chimbolema y Gloria Amangandi a quienes debo gran parte de lo que soy. Gracias por su amor incondicional, su esfuerzo constante, sus consejos y su apoyo inquebrantable. Cada sacrificio realizado y cada palabra de aliento fueron el motor que me impulsó a seguir adelante y a no desistir de mis sueños.

A mi hijo, Joab Arévalo mi mayor bendición y motivación. Tú eres la razón por la cual lucho cada día por ser mejor persona y profesional. Este logro también es tuyo, porque con tu sola existencia me enseñaste el verdadero significado de la perseverancia y el amor incondicional.

A mis hermanos, Kenia y Dilan por su apoyo sincero, su compañía y por estar presentes en cada etapa importante de mi vida, brindándome ánimo y confianza cuando más lo necesité.

A mi compañero de vida, Jhon Arévalo por su paciencia, comprensión y amor. Gracias por acompañarme en los momentos de cansancio y duda, por creer en mí y por ser un apoyo fundamental para alcanzar esta meta tan anhelada.

Finalmente, dedico este logro a todas las personas que formaron parte de mi vida universitaria. Este logro es para todos ustedes, que han hecho de mi vida un lugar mas hermoso y significativo.

Noemi Mishell Chimbolema Amangandi

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación, con el corazón lleno de alegría y gratitud, dedico este logro a ti, Dios creador de todo, tú que eres fuente sabiduría y fortaleza, por acompañarme y guiarme a lo largo de este camino académico. Su presencia constante me permitió superar cada dificultad mantener la fe y alcanzar con perseverancia este objetivo tan anhelado.

A la Virgen de Santa Rosa, por su protección y su intercesión durante este proceso. Su amparo fue un pilar en los momentos de incertidumbre y un motivo de esperanza que fortaleció mi compromiso hasta la culminación de este trabajo.

De manera especial, este logro está dedicado a mi madre, María Jesus Duran, por su apoyo incondicional, su entrega y su ejemplo de responsabilidad y amor. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la humildad y la grandeza de la perseverancia. Este logro es también te pertenece porque cada logro lleva tu esfuerzo y tu amor.

A mis hermanos y hermanas, Beatriz, Teresa, Elsa, Marcia, Daniel, Xavier, Gladys y Sofia, por su apoyo incondicional, su compañía, comprensión por impulsarme cuando dudaba de mi mismo, por las palabras de aliento, paciencia y confianza que en cada momento me han brindado. Este logro les pertenece a ustedes también porque son parte importante de mi proceso.

Silvia Jessica Guaquipana Duran

CERTIFICACION DEL DIRECTOR

UEB UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR Y PAR ACADEMICO

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

Guaranda, 29 de septiembre del 2025

El suscrito Ingeniero Numa Gaibor Velasco, tutor de trabajo de titulación de grado de la carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar.

CERTIFICA:

Que, el proyecto de investigación titulado **"MONITOREO DEL DESLIZAMIENTO DE LA COMUNIDAD DE PIRCAPAMBA COMO MEDIDA DE REDUCCIÓN DE RIESGO. PERIODO ENERO-MAYO 2025"** realizado por Chimbolema Amangandi Noemí Mishell y Guaquipana Duran Silvia Jessica, ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación correspondiente, de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.



Ing. Numa Gaibor

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PREGRADO

DERECHOS DE AUTOR

UEB UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

BIBLIOTECA GENERAL

DERECHOS DE AUTOR

Yo/nosotros, **Chimbolema Amangandi Noemi Mishell** y **Guaquipana Duran Silvia Jessica**, portador/res de la Cédula de Identidad Nº **0202337358** y **0250104494**
en calidad de autor/res y titular/es de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: **MONITOREO DE DESLIZAMIENTO EN LA COMUNIDAD DE PIRCAPAMBA COMO MEDIDA DE REDUCCIÓN DE RIESGO. PERIODO ENERO – MAYO 2025**, modalidad **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a mi/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

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

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

Nombre del Autor 1	Nombre del Autor 2
NOEMI MISHELL CHIMBOLEMA AMANGANDI	SILVIA JESSICA GUAQUIPANA DURAN
.....	.....

Dirección: Av. Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira
Guaranda-Ecuador
Teléfono: (593) 3220 6059
www.ueb.edu.ec

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO ii

AGRADECIMIENTO iii

DEDICATORIA iv

DEDICATORIA v

CERTIFICACION DEL DIRECTOR vi

DERECHOS DE AUTOR vii

ÍNDICE DE FIGURAS xiii

RESUMEN xvi

ABSTRACTRO xvii

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 3

1.1. Planteamiento del Problema 3

1.2. Formulación del Problema 4

1.3. Preguntas de Investigación 4

1.4. Justificación 4

1.5. Objetivos: 6

1.5.1. Objetivo General 6

1.6. Variables (Operacionalización) 7

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 10

2.1. Referencial o Georreferencial 10
2.2. Antecedentes 12
2.3. Científico 15
2.3.1. Deslizamiento 15
2.3.2. Monitoreo 15
2.3.3. Tipos de deslizamientos 16
2.3.4. Tipos de Deslizamiento por rotura 17
2.3.5. Causas de los deslizamientos 17
2.3.6. Consecuencias de los deslizamientos 19
2.3.7. Partes de un deslizamiento 19
2.3.8. Reducción del Riesgo 21
2.4. Marco Legal 21
2.5. Conceptual (glosario de términos) 25
CAPITULO III. METODOLOGÍA 28
3.1. Tipo de Investigación 28
3.1.1. Descriptiva 28
3.2. Enfoque de la investigación 28
3.2.1. Cuantitativo 28
3.3. Métodos de Investigación 29
3.3.1. . Método Deductivo 29

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos 29

3.4.1. Técnicas 29

3.4.2. Herramientas 30

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 35

4.1. Resultados del Objetivo 1: Caracterizar las condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrográficas en la zona afectada por el deslizamiento en la comunidad Pircapamba. 35

Resultados del objetivo 2: Determinar el desplazamiento mediante el monitoreo del deslizamiento en la comunidad de Pircapamba 56

Objetivo 3: Proponer medidas de reducción de riesgo por deslizamiento en la comunidad Pircapamba 97

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 102

5.1. Conclusiones 102

5.2. Recomendaciones 102

BIBLIOGRAFÍA 104

ANEXOS 108

Anexo 1. Ficha de campo para recolección de datos de desplazamiento en viviendas en la comunidad de Pircapamba 108

Anexo 2. Memoria fotográfica de trabajo de campo en la comunidad de Pircapamba 109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Tabla de variables*..... 8

Tabla 2 *Clasificación de los usos de suelo* 33

Tabla 3 *Resultados del método geomorphons*..... 40

Tabla 4 *Parámetros morfométricos principales de la cuenca de Pircapamba* 45

Tabla 5 *Índice de Humedad Topográfico TWI*..... 46

Tabla 6 *Resultados del Periodo 1: T2 - T1 49 días* 63

Tabla 7 *Resultados Acumulados: T3 - T1 97 días* 64

Tabla 8 *Resultados de la clasificación de los usos de suelo para el año 2013 y 2025*.... 69

Tabla 9 *Ficha 1 de inspección – Vivienda Afectada*..... 70

Tabla 10 *Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa 1* 71

Tabla 11 *Ficha 2 de inspección – Vivienda Afectada*..... 74

Tabla 12 *Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa 2*..... 74

Tabla 13 *Ficha 3 de inspección – Vivienda Afectada*..... 77

Tabla 14 *Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa 3*..... 77

Tabla 15 *Ficha 4 de inspección – Vivienda Afectada*..... 80

Tabla 16 *Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa 4*..... 80

Tabla 17 *Ficha 5 de inspección – Vivienda Afectada*..... 83

Tabla 18 *Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa 5*..... 83

Tabla 19 *Ficha 6 de inspección – Vivienda Afectada*..... 86

Tabla 20 *Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa 6*..... 86

Tabla 21 *Ficha 7 de inspección – Vivienda Afectada*..... 89

Tabla 22 *Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa 7*..... 89

Tabla 23 *Ficha 8 de inspección – Vivienda Afectada*..... 92

Tabla 24 *Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa 8*..... 92

Tabla 25 *Registro de Desplazamiento de Viviendas Afectadas* 96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Mapa de ubicación del deslizamiento de la comunidad de Pircapamba* 11

Figura 2 *Mapa geológico* 36

Figura 3 *Mapa Geomorfológico* 39

Figura 4 *Mapa Hidrográfico del Ecuador* 42

Figura 5 *Unidad Hidrográfica* 43

Figura 6 *Mapa hidrográfico de la comunidad de Pircapamba* 44

Figura 7 *Ciclo Anual de Precipitación Media (Ene-Dic)* 47

Figura 8 *Promedio anual de precipitación* 48

Figura 9 *Promedio anual de precipitación corregida suma mm-día* 48

Figura 10 *Humedad del Suelo* 49

Figura 11 *Promedio anual de humedad* 50

Figura 12 *Promedio anual de humedad de suelo en la zona radicular* 51

Figura 13 *Promedio anual de humedad del suelo del perfil* 52

Figura 14 *Anomalías de Precipitación (1981–2025)* 53

Figura 15 *Resultados del Aforo de Caudales* 55

Figura 16 *Diferencia MDETn-1* 58

Figura 17 *Diferencia MDETn-2* 59

Figura 18 *Líneas de ruptura* 60

Figura 19 *Mapa de puntos de control* 62

Figura 20 *Análisis de Deformación* 65

Figura 21 *Mapa de susceptibilidad a deslizamiento* 67

Figura 22 *Uso de suelo para el año 2012 y 2025* 68

Figura 23 *Clasificación supervisada de los usos de suelo para el año 2012 y 2025* 69

Figura 24 *Vivienda 1* 71

Figura 25 *Vivienda 1* 73

Figura 26 *Vivienda 2* 75

Figura 27 *Viviendas #2* 76

Figura 28 *Vivienda 2* 78

Figura 29 *Viviendas #3* 79

Figura 30 *Vivienda 4* 81

Figura 31 *Viviendas #4* 82

Figura 32 *Vivienda 5* 84

Figura 33 *Viviendas #5* 85

Figura 34 *Vivienda 6* 87

Figura 35 *Viviendas #6* 88

Figura 36 *Viviendas 7* 90

Figura 37 *Viviendas #7* 91

Figura 38 *Viviendas 8* 93

Figura 39 *Viviendas #8* 94

RESUMEN

La investigación se desarrolló con el objetivo de monitorear el deslizamiento en la Comunidad de Pircapamba perteneciente al Cantón Guaranda, debido a lo cual se aplicó un tipo de investigación descriptiva con un enfoque cuantitativo, de campo y documental, para ello, se utilizó una ficha técnica de observación a una muestra intencional a 5 viviendas que son las más afectadas, además, se aplicó técnicas documentales, bibliográfica, levantamiento cartográfico y fotointerpretación, registro fotográfico y observación de campo.

Los resultados permitieron identificar zonas críticas con condiciones naturales predisponentes a los deslizamientos, cuyo monitoreo evidenció un desplazamiento progresivo del terreno en sectores específicos, donde se confirmó, registro a través de medios fotográficos y medidas los impactos en las viviendas, esto permite confirmar la dinámica activa de fenómeno y la necesidad de implementar sistemas de alerta temprana y vigilancia permanente, ya que es una amenaza inminente y puede poner en peligro la vida de las personas, además, de medidas de mitigación que contribuyeron en la capacidad de respuesta y la organización comunitaria en el mediano y largo plazo.

Palabras Claves: Deslizamientos, monitoreo, medidas de mitigación, mapas de riesgos, gestión de riesgos.

ABSTRACTRO

The research was developed with the objective of monitoring the landslide in the Community of Pircapamba, for which a type of descriptive research was applied with a quantitative, field and documentary approach, applying a technical observation sheet to an intentional sample of 5 homes that are the most affected, where documentary, bibliographic, cartographic survey and photointerpretation techniques, photographic record and field observation were also applied.

The results identified critical areas with natural conditions conducive to landslides. Monitoring revealed progressive ground displacement in specific sectors. The impacts on homes were recorded and photographed, confirming the active dynamics of the phenomenon and the need to implement early warning systems and ongoing monitoring, as it poses an imminent threat that could endanger lives. Mitigation measures were also implemented to strengthen response capacity and strengthen community organization in the medium and long term.

Keywords: Landslides, monitoring, mitigation measures, risk maps, risk management.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, los fenómenos naturales constituyen un riesgo permanente para la seguridad física, el tejido social y la estabilidad económica de las poblaciones, en especial de aquellas asentadas en sectores rurales y con mayor nivel de vulnerabilidad. Entre estos, los deslizamientos de tierra, catalogados como procesos geodinámicos que se producen por la combinación de elementos naturales como lluvias intensas, inclinación del relieve y características del subsuelo, además de la influencia de actividades humanas derivadas de un manejo inadecuado del territorio (Suárez, 1998)

En el contexto ecuatoriano, la frecuencia de los deslizamientos de tierra ha provocado efectos notables en la infraestructura, en las actividades que sostienen la economía local y en la protección de las personas. Estas situaciones repercuten con mayor fuerza en las comunidades rurales, donde la falta de recursos limita su capacidad de respuesta y recuperación frente a eventos de este tipo (JICA-IIGE-MDMQ, 2024) .

La comunidad de Pircapamba, situada en la parroquia Gabriel Ignacio Veintimilla del cantón Guaranda, en la provincia de Bolívar, experimenta de manera recurrente deslizamientos que ponen en riesgo tanto las construcciones como la integridad de quienes residen allí. La problemática se intensifica en la época de lluvias, cuando la acumulación de agua en el suelo disminuye su estabilidad y eleva la probabilidad de movimientos masivos de tierra.

Por lo tanto, frente a este escenario, se vuelve indispensable establecer mecanismos de monitoreo que faciliten la detección temprana de posibles eventos y permitan activar acciones de prevención y mitigación.

Este estudio se enfoca en el monitoreo del deslizamiento en la comunidad de Pircapamba, reconociéndolo como una acción esencial para disminuir los riesgos existentes. Su finalidad es analizar las características geológicas, geomorfológicas e hidrográficas del área afectada, registrar los movimientos mediante el monitoreo y plantear propuestas encaminadas a la reducción del peligro, del mismo modo, se espera que los resultados se conviertan en un aporte de carácter técnico y social, que apoye la toma de decisiones de las autoridades y promueva una participación más activa por parte de la comunidad.

En ese sentido, el estudio se estructura en varios capítulos con el fin de lograr los objetivos, los cuales se describen a continuación:

El Capítulo I aborda el planteamiento y la formulación del problema, lo que permitió realizar una descripción detallada de la situación objeto de estudio, además de presentar los objetivos y la justificación de la investigación. En el Capítulo II se desarrolla el marco teórico, la fundamentación teórica científica de la investigación. El Capítulo III corresponde al marco metodológico, en el cual se precisan los tipos de investigación empleados como la descriptiva, de campo y documental, así como las técnicas e instrumentos de recolección de información utilizados en función de cada uno de los objetivos. En el Capítulo IV se muestran los resultados obtenidos en la relación con los objetivos propuestos. El Capítulo V está dedicado a la exposición de las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio. Finalmente, se incorporan las referencias bibliográficas y los anexos correspondientes.

CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1.Planteamiento del Problema

Los desastres se generan cuando un acontecimiento adverso impacta de forma directa a una población en condiciones de vulnerabilidad, lo que trae consigo la pérdida de vidas humanas, el deterioro de infraestructuras y la suspensión de servicios fundamentales.

Ecuador se encuentra expuesto a diferentes fenómenos naturales, entre los que se destacan los sismos, las fallas geológicas, los tsunamis, la actividad volcánica, los deslizamientos y las inundaciones. Su posición dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico lo coloca en un escenario de riesgo constante frente a movimientos sísmicos, cuya magnitud depende del desplazamiento de las placas tectónicas (Coronel Pérez & Buñay Cantos, 2018)

La ciudad de Guaranda se localiza en un territorio montañoso caracterizado por pendientes pronunciadas, lo que intensifica factores como la composición geológica, la humedad del terreno, las lluvias constantes, así como los procesos de deforestación y erosión, siendo estos elementos los que originan en gran medida los deslizamientos de tierra que afectan a la zona.

La comunidad de Pircapamba, perteneciente al cantón Guaranda, enfrenta un deslizamiento de gran magnitud que permanece activo, evidenciado en los perjuicios ocasionados a viviendas, infraestructuras y diversos servicios de la localidad.

Así mismo, esta comunidad presenta afectaciones en sus suelos y viviendas a causa de la degradación del terreno, la acumulación de aguas residuales, de riego y pluviales. Esta situación se ve intensificada por la carencia de un sistema de alcantarillado, lo que genera inestabilidad en las laderas del sector y eleva el riesgo de que ocurra un deslizamiento de gran magnitud en la zona comprometida.

Para (Macías et al., 2025) la presencia excesiva de agua en el terreno reduce la capacidad de resistencia del material, lo que favorece el desplazamiento de masas y pone en peligro tanto las construcciones existentes como la integridad de los pobladores de la comunidad

En consecuencia, los deslizamientos se han presentado con mayor recurrencia, provocando inestabilidad en el terreno y poniendo en riesgo la seguridad de la población. En donde, la ausencia de un monitoreo constante y de estrategias de mitigación efectivas ha hecho que la comunidad continúe vulnerable frente a estos fenómenos, sin contar con mecanismos que permitan prevenirlos o enfrentarlos de manera oportuna.

1.2.Formulación del Problema

El deslizamiento de la comunidad de Pircapamba de ha identificado como una amenaza para la infraestructura y los medios de vida, la falta de herramientas tecnológicas impide la generación de insumos para la gestión adecuada de los riesgos en territorio.

1.3.Preguntas de Investigación

- ¿De qué manera el monitoreo del deslizamiento puede contribuir a la reducción de riesgos para la población y los medios de vida de la comunidad de Pircapamba?

1.4.Justificación

La comunidad de Pircapamba se encuentra expuesta de manera continua al riesgo de deslizamientos, originados por factores geológicos, condiciones climáticas e intervención antrópica. Del mismo modo, la carencia de información sistemática y actualizada sobre el comportamiento del terreno limita la capacidad de generar respuestas oportunas frente a estos eventos, por ello, resulta fundamental llevar a cabo un estudio que permita vigilar el

desplazamiento de masas, reconocer variaciones en el terreno y establecer estrategias preventivas que disminuyan la vulnerabilidad de la población.

La relevancia de esta investigación radica en que proporciona insumos confiables que fortalecen la gestión del riesgo en Pircapamba, a la vez que respaldan la toma de decisiones de autoridades locales y equipos técnicos. De igual manera, promueve una cultura de prevención dentro de la comunidad y contribuye a resguardar vidas humanas, bienes materiales e infraestructura frente a los fenómenos naturales que amenazan la zona.

El proyecto se considera viable, ya que se dispone de recursos tecnológicos como sistemas de información geográfica, GPS e imágenes satelitales para el monitoreo, además del apoyo de instituciones locales y la disposición de la propia comunidad para participar en el proceso investigativo. Asimismo, tanto el tiempo estimado como los recursos disponibles hacen posible la puesta en marcha de medidas de mitigación.

El aporte de esta investigación se refleja en la mejora de la gestión del riesgo a través del establecimiento de un sistema de monitoreo permanente, la identificación de áreas de mayor peligro y la generación de alertas tempranas. Estos resultados permiten diseñar medidas de mitigación más efectivas y reducir significativamente la exposición de la población ante posibles deslizamientos.

El estudio tiene un aporte teórico, ya que ampliará el conocimiento existente sobre deslizamientos en áreas rurales, integrando enfoques de geología, hidrográficas y gestión del riesgo. Además, posee un aporte práctico, debido a que generará información aplicable para la planificación territorial, la ejecución de obras de mitigación y la elaboración de protocolos de emergencia comunitarios, finalmente, posee un aporte metodológico, puesto que, validará y

pondrá en práctica técnicas de monitoreo del terreno que podrán replicarse en otras comunidades con condiciones similares, consolidando la investigación aplicada en gestión de riesgos.

Los actores directos involucrados en el estudio incluyen a la población de Pircapamba, las autoridades locales y los técnicos en gestión de riesgos, quienes contarán con información precisa para disminuir su vulnerabilidad. Mientras que, los beneficiarios indirectos serán las comunidades cercanas, instituciones académicas y organismos de gestión del riesgo, que podrán utilizar los resultados como referencia en proyectos semejantes, impulsando la prevención y la resiliencia a nivel regional.

1.5.Objetivos:

1.5.1. Objetivo General

- Monitorear el deslizamiento en la Comunidad Pircapamba como medidas de reducción de riesgos.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar las condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrográficas en la zona afectada por el deslizamiento en la Comunidad Pircapamba
- Determinar el desplazamiento mediante el monitoreo del deslizamiento en la Comunidad de Pircapamba
- Proponer medidas de reducción de riesgo por deslizamiento en la Comunidad Pircapamba

1.6.Variables (Operacionalización)

Dependiente: Medida de reducción de riesgos.

Independiente: Monitoreo del deslizamiento.

Tabla 1

Tabla de variables

Nombre	Definición	Dimensiones	Indicadores	Escala	Instrumento
Medidas de reducción de riesgos	Las acciones orientadas a la reducción de riesgos comprenden un conjunto de estrategias, políticas y mecanismos diseñados para disminuir la vulnerabilidad de la población, los bienes, la infraestructura y el entorno natural frente a amenazas tanto de origen natural como antrópico. En este sentido, dichas medidas persiguen la prevención y mitigación de los efectos negativos de los desastres a través de procesos de planificación, preparación adecuada, control del uso del suelo, fortalecimiento institucional y el incremento de la	Prevención	Número de obras de contención	Si No No existe	Registros de obras, simulacros de emergencia (Para conocer las acciones preventivas implementadas)
		Mitigación	Capacitaciones realizadas	Si o No	
		Respuesta	Sistemas de alerta temprana implementados	Si o No	

	capacidad de respuesta de las comunidades.				
Monitoreo del deslizamiento	El sistema de monitoreo es el conjunto de procesos, herramientas tecnológicas y personal técnico destinados al seguimiento continuo del comportamiento del terreno, con el objetivo de detectar variaciones que puedan originar deslizamientos, alertar a tiempo y prevenir desastres. Involucra la recopilación periódica de datos, el análisis de factores desencadenantes y la evaluación del impacto en infraestructuras.	Velocidad de desplazamiento	Variación en la posición del terreno	Mediciones periódicas del terreno mediante modelos digitales	Dron, Salida de Campo, Flexómetro, Nivel (Para registrar grietas, medir desplazamientos y levantar imágenes del terreno)
		Factores desencadenantes	Cantidad de precipitación acumulada	mm/mensual mm/anual	
		Impacto en infraestructuras	Fisuras o grietas detectadas	cm / cada 15 días	

Nota. En esta tabla se detalla los diferentes datos que van a hacer necesarios para el monitoreo del deslizamiento.

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1.Referencial o Georreferencial

El cantón Guaranda, ubicado en la región central del Ecuador dentro de la provincia de Bolívar, abarca una extensión aproximada de 1 897,8 km². Sus límites territoriales colindan al norte con la provincia de Cotopaxi; al sur, con los cantones Chimbo y San Miguel; al este, con Chimborazo y Tungurahua; y al oeste, con Las Naves, Caluma y Echeandía. Según los datos del censo poblacional de 2022, en este territorio habitan 98 130 personas (Gad Cantón Guaranda, 2012).

Su cabecera cantonal, la ciudad de Guaranda, está asentada en un valle interandino a una altitud cercana a los 2 668 m, con una población de 30 755 habitantes. Desde el punto de vista geográfico, se localiza en las coordenadas 1° 36′ 11,99″ S y 79° 0′ 6,60″ W. En cuanto al clima, presenta una notable diversidad que varía desde los páramos fríos con temperaturas entre 4 °C y 7 °C, hasta zonas subtropicales cálidas que oscilan entre 18 °C y 24 °C, alcanzando una media anual cercana a los 13 °C. No obstante, la presencia de terrenos empinados y suelos poco estables, sumados a sistemas de drenaje inadecuados, incrementa de manera considerable la vulnerabilidad a deslizamientos (Coloma Romero, 2021).

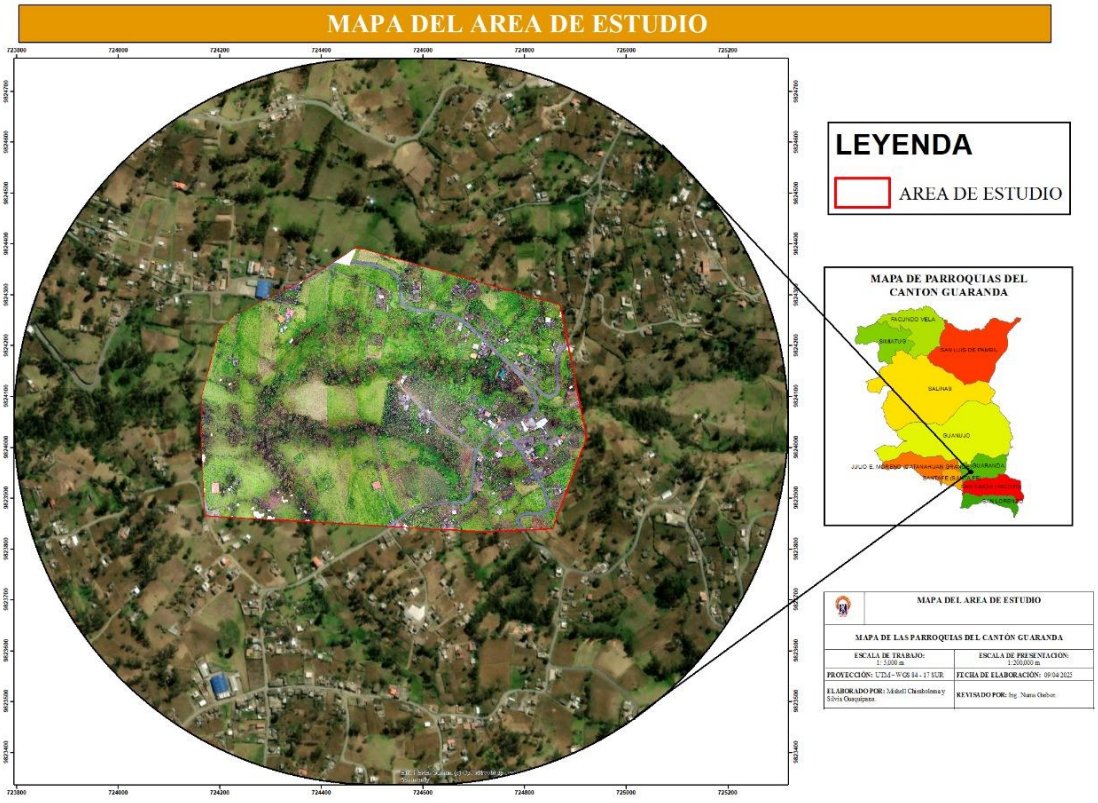
El espacio cantonal está conformado por la parroquia urbana de Guaranda y ocho rurales: Facundo Vela, Julio Moreno, Salinas, San Lorenzo, San Luis de Pambil, San Simón, Santa Fe y Simiátug. Dentro de la parroquia Gabriel Ignacio Veintimilla se encuentra la comunidad de Pircapamba, con una población aproximada de 520 habitantes.

Esta localidad se asienta en un entorno caracterizado por pendientes pronunciadas y suelos de baja cohesión, lo que la convierte en un sector altamente propenso a deslizamientos,

sobre todo durante la época lluviosa. Asimismo, la ausencia de un sistema de alcantarillado eficiente provoca acumulación de agua, lo que incrementa la saturación del terreno y, en consecuencia, eleva el nivel de riesgo frente a estos eventos.

Figura 1

Mapa de ubicación del deslizamiento de la comunidad de Pircapamba



Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

2.2.Antecedentes

Diversas fuentes bibliográficas han aportado información valiosa respecto al monitoreo de deslizamientos y los factores que inciden en su ocurrencia.

Entre estos estudios destaca el trabajo titulado “Observaciones sobre el deslizamiento del 26 de marzo de 2023 en Alausí, elaborado por (Instituto Geofísico, 2023) cuyo objetivo principal consistió en medir el deslizamiento en términos de superficie y volumen, para lo cual se emplearon Modelos Digitales de Terreno (MDT) generados por el IGM, para el análisis comparativo se recurrió a un MDE previo al evento, correspondiente a 2019, y a otro posterior, obtenido en 2023, con resoluciones de 3 y 0,5 metros respectivamente. Los resultados revelaron que la zona de erosión alcanzó los 66 mil m², con una pérdida estimada de 124,7 mil m³ de material, mientras que la zona de depósito abarcó 166 mil m², con una acumulación de alrededor de 115 mil m³. Cabe resaltar que la mayor concentración de sedimentos se produjo a unos 600 metros de la corona, afectando principalmente al estadio y a las viviendas circundantes.

El análisis que efectuaron dichos autores constituye un referente metodológico clave para el seguimiento de deslizamientos, ya que el uso de MDE pre y post evento permite cuantificar de forma precisa los cambios topográficos. Por tanto, esta aproximación resulta aplicable al estudio en la comunidad de Pircapamba, pues facilita identificar zonas con mayor susceptibilidad y evaluar la evolución del terreno con el paso del tiempo.

Por otra parte, el estudio titulado “Uso de drones y sensores remotos para el monitoreo de laderas: una revisión”, desarrollado por (CHAVES PABON, 2021), resalta la importancia de implementar nuevas tecnologías para la vigilancia de laderas en riesgo, en particular, enfatiza el papel de la fotogrametría, el geoposicionamiento y los drones, como herramientas que fortalecen

la prevención y mitigación de deslizamientos. Asimismo, se señala que estos fenómenos tienen un fuerte impacto a nivel mundial, tanto en términos económicos como en la pérdida de vidas humanas, y que su origen responde a factores naturales y actividades humanas, además, e autor subraya también la necesidad de generar mapas de susceptibilidad que permitan ubicar zonas críticas y anticipar escenarios de riesgo.

En este sentido, el aporte de Chaves resulta de gran utilidad para el caso de Pircapamba, ya que el uso de drones posibilita recopilar información detallada en poco tiempo, lo que, a su vez, facilita la elaboración de mapas de prevención y planificación territorial.

Por otro lado, la investigación denominada “Establecimiento de una red de monitoreo GPS diferencial para el monitoreo de movimiento de tierras”, realizada por (Rodas, Pacheco, Bravo, & Delgado, 2022), se centra en la aplicación de sistemas de posicionamiento satelital para el estudio de deslizamientos, en particular, el GPS diferencial (DGPS) se ha consolidado como un método confiable, ya que permite obtener coordenadas con alta precisión a partir del registro de ondas electromagnéticas emitidas por satélites. Esta técnica se basó en la instalación de redes de puntos de control que son medidos de manera periódica, lo que permitió detectar incluso desplazamientos milimétricos.

La implementación de esta herramienta tecnológica en Pircapamba contribuiría a obtener coordenadas exactas en las áreas afectadas, posibilitando así la identificación de desplazamientos y la delimitación de zonas de riesgo con un alto grado de fiabilidad.

Con respecto, el estudio “Análisis de riesgo por movimientos en masa, mediante vehículos aéreos no tripulados (drones) y GPS de precisión, en el sector del río Monjas al nororiente del Distrito Metropolitano de Quito” elaborado por (Ortega, 2022) examina la utilidad

de la tecnología en la prevención de riesgos asociados a movimientos en masa. Esta investigación contempló vuelos con drones que capturaron alrededor de 80 fotografías por sesión, así como el empleo de GPS diferencial con ocho puntos de control y una estación base para asegurar la calidad de los datos. Posteriormente, la información fue procesada para generar un Modelo Digital de Superficie y un modelo de velocidades que permitió analizar el comportamiento del terreno. A partir de los resultados, se enfatizó la importancia de contar con medidas preventivas en zonas cercanas a laderas y quebradas, respaldadas por estudios técnicos que proporcionen información confiable tanto a las autoridades como a la población.

Aplicar esta experiencia en la comunidad de Pircapamba representa una oportunidad para fortalecer la vigilancia del terreno, ya que el uso de drones facilita la obtención de imágenes aéreas de alta resolución que permiten detectar grietas, desplazamientos o alteraciones en la superficie. Además, la realización de vuelos periódicos haría posible un monitoreo constante y actualizado, clave para anticipar escenarios de riesgo.

Finalmente, el informe “Sistema de monitoreo y alerta ante deslizamientos y deslaves en la comunidad de Jucó de Orosí” elaborado por (Chaves, Hernández, & Hernández, 2011)aporta un ejemplo de gestión comunitaria frente a fenómenos de este tipo, lo cual se determinó que la comunidad, situada en el Valle de Orosí, constituye una zona de alta vulnerabilidad, de acuerdo con los registros históricos y la valoración de especialistas. Ante ello, se diseñó un sistema de monitoreo y alerta temprana basado en sensores que recopilan información de variables como la humedad del suelo y la inclinación del terreno, dichos datos se transmiten a través de una red inalámbrica hacia una unidad de control ubicada en un sitio seguro, desde donde se emiten alertas a la población expuesta.

Este caso evidencia la relevancia de establecer sistemas comunitarios de vigilancia que integren tecnologías adecuadas para recolectar y transmitir información en tiempo real. En el caso de Pircapamba, la implementación de un sistema similar resultaría fundamental, ya que permitiría advertir oportunamente sobre posibles deslizamientos, fomentando la adopción de medidas preventivas y garantizando así una mayor seguridad para la población.

2.3.Científico

2.3.1. Deslizamiento

Los materiales que conforman una ladera como suelos, fragmentos rocosos o escombros tienden a desplazarse gradualmente hacia abajo bajo el efecto de la gravedad, generando un bloque que se mueve de manera conjunta. Este tipo de procesos suele estar asociado al incremento de las aguas subterráneas, lo cual ocurre tras periodos de lluvia intensa, movimientos sísmicos o actividad volcánica (Rodas et al., 2022).

Cuando se presentan deslizamientos de gran magnitud, es posible que afecten seriamente a edificaciones, infraestructuras y servicios localizados en la parte inferior de la pendiente. No obstante, el riesgo directo para la vida humana tiende a ser reducido, ya que la velocidad de movimiento es lenta y, en la mayoría de los casos, existe la posibilidad de anticiparse a su ocurrencia (JICA-IIGE-MDMQ, 2024).

2.3.2. Monitoreo

El monitoreo puede definirse como un proceso sistemático de recopilación de datos e información, llevado a cabo en un periodo de tiempo previamente establecido y que se ejecuta de forma periódica y continua. Esta práctica no solo permite registrar y analizar cambios en las condiciones de un entorno específico, sino que también facilita la identificación temprana de

riesgos potenciales y la evaluación de la efectividad de las medidas implementadas (Van de Velde, 2009).

En el ámbito de la gestión de riesgos naturales, por ejemplo, el monitoreo resulta esencial para comprender la evolución de fenómenos como deslizamientos, inundaciones o movimientos sísmicos, generando insumos confiables que orientan la toma de decisiones y la planificación preventiva.

2.3.3. Tipos de deslizamientos

2.3.3.1.Deslizamiento rotacional

En un deslizamiento de tipo rotacional, la superficie de falla se caracteriza por tener una forma curva, cuyo centro de giro se ubica por encima del centro de gravedad del material desplazado, cuyo movimiento genera que la masa afectada se desplace en bloques que rotan de manera conjunta, provocando una serie de escalonamientos o hundimientos visibles en la parte superior de la ladera y levantamientos en la zona inferior (Oñate Valdivieso, 2012).

Debido a estas particularidades, los deslizamientos rotacionales suelen asociarse a terrenos compuestos por materiales homogéneos, como suelos arcillosos o depósitos poco consolidados, donde la saturación de agua y la pendiente influyen directamente en la estabilidad del talud.

2.3.3.2.Deslizamiento traslacional

En el deslizamiento de tipo traslacional, la masa de suelo o roca se desplaza principalmente hacia abajo o hacia afuera, siguiendo una superficie que suele ser plana o con ondulaciones poco marcadas, y en la cual prácticamente no se observa movimiento de rotación ni volteo. Este fenómeno se caracteriza por la pérdida de estabilidad a lo largo de planos de

debilidad, como estratificaciones, fracturas o contactos entre diferentes materiales, lo que facilita el deslizamiento (Oñate Valdivieso, 2012).

Debido a la naturaleza de su movimiento, los deslizamientos traslacionales suelen avanzar con mayor rapidez que los rotacionales y, en consecuencia, pueden ocasionar daños significativos en infraestructuras y asentamientos humanos situados en la trayectoria del flujo.

2.3.4. Tipos de Deslizamiento por rotura

2.3.4.1. Deslizamiento por rotuna en cuña

La rotura en cuña corresponde a un tipo de deslizamiento traslacional que se encuentra condicionado por la interacción de dos o más discontinuidades, tales como estratificación, esquistosidad, diaclasas o fallas. Este proceso suele presentarse en macizos rocosos de gran resistencia, donde las discontinuidades se encuentran claramente definidas y favorecen la pérdida de estabilidad (Laín, 2004).

2.3.5. Causas de los deslizamientos

Comprender las causas que dan origen a los deslizamientos resulta esencial, ya que permite evaluar el nivel de amenaza y plantear medidas adecuadas de prevención y respuesta.

2.3.5.1. Factores naturales

Para (Portillo, 2023) los factores naturales son los siguientes:

a) **Condiciones del suelo y la roca:** La existencia de suelos saturados de agua, materiales poco consolidados o rocas fracturadas contribuye significativamente a la generación de deslizamientos.

b) **Topografía:** La inclinación de las pendientes es determinante en estos procesos, pues a mayor pendiente aumenta de manera proporcional el riesgo de inestabilidad.

c) **Precipitación:** Tanto la intensidad como la duración de las lluvias influyen en la capacidad de las laderas para mantenerse estables.

d) **Sismicidad:** Los movimientos telúricos producen vibraciones que alteran el equilibrio natural de las laderas, y mientras mayor sea su magnitud, duración y frecuencia, más elevado será el peligro de deslizamiento.

e) **Actividad volcánica y meteorización hidrotermal:** Los procesos volcánicos, tanto durante como después de una erupción, suelen acompañarse de deslizamientos en las laderas o en los depósitos de ceniza.

f) **Deforestación:** La pérdida de cobertura vegetal facilita la erosión del suelo, incrementando la probabilidad de movimientos en masa.

2.3.5.2.Actividad humana

De acuerdo con (Portillo, 2023) las causas de un deslizamiento causado por la actividad humana son las siguientes:

2. Excavaciones: Los trabajos de construcción de viviendas, carreteras, puentes o edificaciones debilitan el terreno y pueden inducir deslizamientos.
3. Explosiones: La utilización de explosivos en obras civiles o actividades mineras genera vibraciones semejantes a pequeños sismos, provocando fracturas y debilitamiento en la roca.
4. Sobrecargas: El incremento del peso debido a construcciones, rellenos, acumulación de agua o materiales añade presión sobre el suelo, lo que eleva la inestabilidad.

5. Minería a cielo abierto: La extracción de recursos, especialmente en canteras, modifica la resistencia del terreno y puede dar lugar a colapsos.

2.3.6. Consecuencias de los deslizamientos

Según (Figueroa, 2025) las repercusiones de los deslizamientos son múltiples y afectan tanto a las personas como al entorno. Entre ellas destacan:

- Pérdida de vidas humanas y aparición de heridos.
- Deterioro o destrucción de infraestructuras vulnerables.
- Daños al patrimonio de comunidades expuestas.
- Reducción en la producción agrícola y ganadera.
- Interrupción de servicios básicos como agua, electricidad, gas y de vías de comunicación.

2.3.7. Partes de un deslizamiento

De acuerdo a (Toral, 2025) las partes de un deslizamiento son las siguientes:

2.3.7.1.Corona

Material que apenas se desplaza y se ubica junto a las zonas más altas del escarpe principal.

2.3.7.2.Escarpe principal

Corte casi vertical en el borde superior del deslizamiento, originado por el movimiento hacia abajo de los materiales.

2.3.7.3.Escarpe Secundaria

Superficie inclinada que surge por desplazamientos diferenciales dentro de la masa movilizada.

2.3.7.4.Cabeza

Parte superior del material que se desliza en contacto con el escarpe principal.

2.3.7.5.Superficie de falla

Límite inferior que marca la separación del material desplazado respecto al terreno natural.

2.3.7.6.Zona de acumulación

Sector donde se deposita el material desprendido.

2.3.7.7.Superficie de falla

Línea que conecta la base de la superficie de rotura con el terreno natural.

2.3.7.8.Pie de la superficie de falla

Área ocupada por el material que se mueve en la parte inferior de la superficie de falla.

2.3.7.9.Base

El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.

2.3.7.10. Punta o uña

Extremo de la base que se encuentra más distante de la cima.

2.3.7.11. Costado o flanco

Lado lateral del deslizamiento.

2.3.7.12. Superficie original del terreno

Área existente antes del movimiento

2.3.7.13. Derecha e izquierda

Se describen en función de la vista desde la corona hacia el pie del deslizamiento.

2.3.7.14. Escarpe menor

Cortes casi verticales que aparecen dentro del material desplazado debido a movimientos internos.

2.3.7.15. Cuerpo principal

Parte del material movilizado que se ubica dentro del área del deslizamiento.

2.3.7.16. Acumulación

Volumen de material que queda depositado sobre el terreno original.

2.3.8. Reducción del Riesgo

La reducción del riesgo constituye un proceso orientado a minimizar o modificar las condiciones de amenaza existentes, así como a evitar la aparición de nuevas vulnerabilidades en el territorio. Esto se consigue mediante la aplicación de medidas de mitigación y prevención anticipadas, con el propósito de disminuir la exposición de la población, proteger los medios de vida, conservar la infraestructura y garantizar la seguridad de los recursos naturales (ONU, 2009).

2.4. Marco Legal

El marco legal ecuatoriano en el área de gestión de riesgo tiene leyes y normativas relacionado con la prevención, preparación, respuesta y recuperación ante los posibles eventos adversos, con ello garantizan que las acciones frente a amenazas naturales o antrópicas se realicen de manera organizada, legal y efectiva, salvaguardando la vida, los bienes y el medio ambiente.

2.4.1. Instrumentos Legal Nacional

2.4.1.1.Constitución de la República del Ecuador

El artículo 389 de la Constitución establece que el Estado tiene la responsabilidad de proteger a las personas, a las comunidades y a la naturaleza frente a los efectos adversos ocasionados por desastres, ya sean de origen natural o provocados por la acción humana. Para ello, debe implementar medidas orientadas a la prevención, la reducción de riesgos, la mitigación de impactos y la recuperación de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el propósito de disminuir los niveles de vulnerabilidad (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008).

De igual manera, el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos está conformado por las unidades respectivas de instituciones públicas y privadas en los distintos niveles: local, regional y nacional. La conducción del sistema recae en el Estado, a través del organismo técnico designado por la ley, el cual debe cumplir con varias funciones esenciales, tales como:

- Reconocer los riesgos presentes y potenciales, tanto internos como externos, que puedan afectar el territorio nacional.
- Producir, democratizar y difundir información oportuna y suficiente para garantizar una adecuada gestión del riesgo.
- Asegurar que todas las entidades públicas y privadas incorporen, de forma obligatoria y transversal, la gestión de riesgos en sus planes y procesos.

- Desarrollar capacidades en la ciudadanía y en las instituciones para identificar riesgos vinculados a sus áreas de acción, reportarlos e implementar medidas que contribuyan a su reducción.
- Coordinar la articulación institucional con el fin de prevenir, mitigar y enfrentar emergencias, así como también recuperar y mejorar las condiciones previas a un evento adverso.
- Planificar y ejecutar las acciones requeridas para reducir vulnerabilidades, prevenir y atender los impactos de desastres o emergencias dentro del país.
- Garantizar recursos financieros suficientes y gestionar la cooperación internacional destinada a fortalecer la gestión de riesgos.

Por su parte, el artículo 390 dispone que la gestión de riesgos debe regirse bajo el principio de descentralización subsidiaria. Esto significa que cada institución tiene la responsabilidad directa dentro de su territorio, pero en caso de no contar con las capacidades técnicas o financieras necesarias, recibirán apoyo de instancias de mayor alcance, sin que ello implique que sean eximidas de sus obligaciones (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008).

2.4.2. Ley de Seguridad Pública y del Estado

El artículo 11 de esta normativa determina que los órganos ejecutores del Sistema de Seguridad Pública y del Estado tienen a su cargo acciones relacionadas con la defensa, el orden público, la prevención y la gestión de riesgos. En lo referente a esta última, las labores de prevención, reducción y mitigación de riesgos de origen natural o antrópico, así como la disminución de la vulnerabilidad, corresponden tanto a entidades públicas como privadas, en los

niveles nacional, regional y local. La rectoría de estas funciones se asigna al Estado, a través de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (Asamblea Nacional, 2009).

2.4.3. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)

De acuerdo con el artículo 140 del COOTAD, la competencia de gestión de riesgos incluye acciones preventivas, de respuesta, mitigación, reconstrucción y transferencia. Todas estas deben ejecutarse de manera concurrente y articulada con las políticas y planes emitidos por el organismo nacional responsable, en consonancia con la Constitución y la normativa vigente (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2010).

2.4.4. El Plan de Uso y Gestión de Suelo - PUGS del cantón Guaranda

En virtud de la ordenanza N° 011-CM-GADCG-2020, se establece que el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda (GADCG), en lo relacionado con los Polígonos de Intervención Territorial (PIT), debe considerar la regulación específica del uso de suelo urbano, conforme a lo dispuesto en los artículos 4, 15, 16 y 42 de la LOOTUGS (2016).

En este marco, el PIT 4 se orienta al mejoramiento integral de áreas urbanas consolidadas que cuentan con edificaciones, infraestructuras y servicios, pero que se ubican en zonas de alta amenaza, como terremotos, deslizamientos e inundaciones. Por otro lado, el PIT 6 se designa a la protección y al riesgo ecológico, abarcando taludes inestables con alta amenaza sísmica, derrumbes y áreas influenciadas por el río Guaranda en la zona urbana.

Asimismo, el Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS) de Guaranda (2020) definió una visión de modelo territorial con las siguientes características:

- Consolidación de estructuras territoriales y fomento de una ciudad policéntrica, con servicios básicos descentralizados, interconectados y accesibles.
- Conservación de los recursos naturales, garantizando un desarrollo sostenible, mayor soberanía alimentaria y acciones frente al cambio climático.
- Fortalecimiento de los servicios y la accesibilidad en los asentamientos rurales, como apoyo al desarrollo agro productivo.
- Optimización del uso del suelo en el área cantonal y en las parroquias rurales, asignando espacios para actividades comerciales, industriales y de vivienda.
- Construcción, ampliación y mejoramiento de la red vial urbana.
- Regulación del crecimiento urbano, evaluando y rehabilitando la funcionalidad de la ciudad, promoviendo un modelo de urbanización consolidado y un sistema de centralidades.

2.5.Conceptual (glosario de términos)

2.5.1. **Amenaza:** Se entiende como un proceso, fenómeno o actividad originada por la naturaleza o por la acción humana, capaz de generar pérdidas de vidas, lesiones, afectaciones en la salud, daños materiales, alteraciones sociales o incluso impactos negativos en el medio ambiente (López, 2002).

2.5.2. **Degradación del suelo:** Este concepto hace referencia al deterioro progresivo de la calidad del suelo, lo que conlleva a una disminución o pérdida de su capacidad productiva y energética (López, 2002).

2.5.3. **Deslizamiento:** Se trata de un conjunto diverso de procesos caracterizados por el desplazamiento descendente y hacia el exterior de materiales que conforman una

pendiente, los cuales pueden ser roca, suelo, rellenos artificiales o una combinación de estos. Generalmente, esta amenaza se intensifica durante las temporadas de lluvia (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2018).

2.5.4. **Gestión de riesgo de desastres:** Hace alusión a la puesta en práctica de políticas, planes y estrategias que buscan, en primer lugar, prevenir la generación de nuevos riesgos; en segundo lugar, reducir los ya existentes; y, finalmente, administrar los riesgos residuales. Con ello se contribuye al fortalecimiento de la resiliencia comunitaria y a la disminución de las pérdidas ocasionadas por los desastres (Comunidad Andina, 2018)

2.5.5. **Grietas:** Son manifestaciones anómalas dentro de un proceso constructivo o natural, conocidas también como fisuras. Estas pueden presentarse en edificaciones y deben clasificarse de acuerdo con su naturaleza, magnitud y posibles repercusiones, ya que no todas poseen el mismo nivel de riesgo o trascendencia (Villarroel, 2016).

2.5.6. **Mitigación:** Comprende un conjunto de medidas y acciones, tanto estructurales como no estructurales, orientadas a disminuir la vulnerabilidad o reducir la exposición de las comunidades y su infraestructura frente a distintas amenazas (OMS, 2005).

2.5.7. **Monitoreo:** Es un proceso sistemático que permite recolectar datos y producir información relacionada con el comportamiento de fenómenos peligrosos, los niveles de vulnerabilidad y la evolución de las condiciones de riesgo en un determinado territorio (NIST, 2023).

2.5.8. **Pendiente:** El término hace referencia a la inclinación del terreno, que puede variar desde los 15° hasta más de 45°. Este factor es fundamental para describir y analizar la ocurrencia de deslizamientos (Medina & Astudillo, 2013).

2.5.9. **Riesgos de desastres:** Se entienden como el resultado de un proceso que permite identificar, analizar y cuantificar las probabilidades de pérdidas, así como los impactos secundarios derivados de los desastres. A partir de ello, se plantean medidas preventivas, correctivas y de reducción que buscan minimizar sus consecuencias (Servicio Nacional de Gestion de Riesgos y Emergencia, 2019).

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1.Tipo de Investigación

3.1.1. Descriptiva

La investigación de tipo descriptivo constituye un procedimiento metodológico que se emplea en la ciencia para detallar las características de un fenómeno, sujeto o población determinada. A diferencia del enfoque analítico, este método no busca explicar las razones del fenómeno, sino que se limita a observar y documentar lo que ocurre (Martinez, 2018).

En este caso, se trata de un estudio de carácter descriptivo cuyo propósito es examinar y caracterizar el fenómeno del deslizamiento progresivo en la comunidad de Pircapamba. La investigación estará orientada a detallar la evolución de las grietas en el terreno y la extensión de la zona impactada. Para la recolección de datos se utilizarán técnicas de observación directa, registros fotográficos y fichas de campo, herramientas que permitirán organizar mejor la información recopilada, además presentar resultados concretos sobre la investigación.

3.2.Enfoque de la investigación

3.2.1. Cuantitativo

El enfoque cuantitativo se utiliza cuando se requiere obtener datos medibles como promedios o frecuencias, comprender relaciones de causa y efecto y confirmar hipótesis a través del análisis estadístico. Sus resultados suelen representarse mediante gráficos o cifras, y la recolección de datos se apoya principalmente en la observación (Calixto, 2023).

Bajo este enfoque, la investigación busca recopilar y analizar información que permita comprender el comportamiento del deslizamiento en la zona de estudio. Se utilizó herramientas

como fichas técnicas, mediciones de campo, análisis de pendientes y de humedad del suelo, lo que facilitó establecer patrones, definir niveles de riesgo y plantear medidas de prevención adecuadas para la comunidad de Pircapamba.

3.3.Métodos de Investigación

3.3.1. . Método Deductivo

Este método parte de principios, teorías, leyes o postulados de validez universal y los aplica a situaciones particulares (Rodríguez Cruz, 2017).

En la investigación se emplea para analizar cómo conceptos geotécnicos generales, como la inclinación del terreno, el uso del suelo y la humedad del mismo inciden en la estabilidad de los taludes. Esto permitirá identificar áreas críticas y plantear medidas de prevención.

3.4.Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

3.4.1. Técnicas

- Búsqueda bibliográfica: Ayuda a contextualizar el problema y sustentar teóricamente el estudio, revisando antecedentes de deslizamientos similares.
- Levantamiento cartográfico: Se recopila información geográfica como pendientes, uso de suelo, vegetación y drenajes, lo que facilita la caracterización de la zona.
- Fotografías aéreas: Capturadas con drones, permiten obtener imágenes panorámicas que evidencian grietas, movimientos de masa y cambios en la cobertura del suelo.

- Observación directa del terreno: Consiste en examinar in situ inclinaciones, cortes inestables, erosiones y acumulación de materiales, contrastando la información con los datos obtenidos por otros medios.

3.4.2. Herramientas

- Dron: Se utiliza para capturar imágenes y videos aéreos de alta resolución.
- Cámara (celular): Registra evidencias visuales de fisuras, movimientos de tierra y estructuras dañadas.
- GPS: Permite obtener coordenadas precisas de puntos de interés, esenciales para el análisis espacial.
- Flexómetro: Se emplea para medir dimensiones pequeñas, como la longitud de grietas, aportando datos cuantitativos.
- Correntómetro: es un instrumento para medir la velocidad del agua en ríos, canales y mares

3.5.Técnicas de análisis y procesamiento de la Información

Objetivo 1. Caracterizar las condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrográficas.

Para el cumplimiento del objetivo 1 se desarrolló un análisis basado en herramientas de Sistemas de Información Geográfica SIG y análisis multicriterio. Este proceso se realizó con la finalidad de identificar las zonas de mayor susceptibilidad ante posibles deslizamientos en la comunidad de Pircapamba.

En primer lugar, se procedió a la creación del Modelo Digital de Elevación a partir de las fotografías aéreas capturadas por el dron. La planificación del vuelo se realizó utilizando la aplicación DroneDeploy, lo cual permitió definir rutas automatizadas del vuelo y garantizar una

cobertura adecuada del área de estudio. Las fotografías obtenidas fueron procesadas en el software Agisoft Metashape, donde se realizó el flujo de trabajo que incluyó la alineación de fotografías, creando así nube de puntos, el modelo digital de elevaciones y finalmente la ortofoto. Todos los datos fueron georreferenciados bajo el sistema de coordenadas WGS 84 / UTM zona 17S.

Posteriormente, en el software ArcGIS dentro del ArcMap, se generó la variable pendiente a partir del Modelo Digital de Elevación (DEM), lo cual permitió identificar zonas con inclinaciones del terreno, directamente relacionadas con la inestabilidad de laderas. Además, se elaboró el mapa de sombras (hillshade) que permitió observar la morfología del relieve.

La variable de precipitación y la variable ríos y vías, son elementos clave en el proceso de saturación del suelo y aumento de la inestabilidad. Estas variables fueron normalizadas para integrarse en el análisis de susceptibilidad.

Las distancias a ríos y vías fueron calculadas mediante las herramientas, y todas las variables fueron normalizadas usando funciones según su proporcionalidad con respecto a la susceptibilidad.

Mediante la variable del uso y cobertura del suelo, se evaluaron coberturas como áreas en proceso de urbanización, pasto cultivado, misceláneo de maíz y vegetación forestal (eucalipto). A cada tipo de cobertura se le asignó un valor (1 a 4).

Este resultado permite evidenciar la interacción entre las condiciones geomorfológicas (pendiente), hidrográficas (precipitación) el uso del suelo, vías y ríos factores determinantes en la susceptibilidad a deslizamientos en la comunidad de Pircapamba.

Objetivo 2. Determinar el desplazamiento mediante monitoreo.

Se procede a obtener el índice de humedad topográfico a través del modelo digital de elevación, el cual fue preprocesado para obtener de curvas de nivel, a este nivel de obtuvo capas como la dirección del flujo, la zona de acumulación de flujo, pendientes, finalmente, el índice de humedad topográfico (TWI por sus siglas en inglés.), como se muestra a continuación:

1. Obtención de la dirección de flujo en ArcMap, caja de herramientas de análisis espacial (Fill), seguidamente la dirección del flujo, acumulación del flujo y pendientes (Slope).
2. Obtenido estos datos se calculan la tangente de la pendiente con la siguiente fórmula en la opción algebra de mapas:

$$ST = Con(SR) > 0, Tan(SR) * 0{,}001$$

3. El siguiente cálculo para definir la contribución de aguas arriba:

$$UCA = (Acumulación) + 1 * Tamaño\ de\ pixel\ del\ DEM$$

4. Finalmente, el cálculo del TWI (índice de Humedad Topográfico:

$$TWI = Ln(UCA\ /\ ST)$$

Posterior a esto se realizó una clasificación supervisada del uso de suelo a través de 2 imágenes ráster, la primera imagen del año 2012 y la segunda imagen tomada con el dron, con la finalidad de identificar el cambio de uso de suelo de la zona, para lo cual se defino las siguientes categorías:

Tabla 2

Clasificación de los usos de suelo

Color de píxel	Valor	Descripción
Verde	1	Vegetación
Gris	2	Asentamientos humanos
Blanco	3	Vías
Café	4	Zona agrícola

Con las categorías antes descritas se procede hacer un análisis multivariado de la imagen con la herramienta Create Signatures, donde se asignan las firmas espectrales según los valores, seguido de esto hacemos uso de la herramienta Maximun Likelihood classification, esto se aplica para ambas ortofotos.

La clasificación del uso de suelo, se elaboran mapas temáticos donde se verifica la ocupación de los asentamientos humanos, de esta forma se establece en base a las fichas de campo el desplazamiento, su dirección y distancia de aberturas, para las 8 viviendas afectadas.

Objetivo3. Proponer medidas de reducción de riesgo.

Con base en los resultados, se plantean medidas de prevención y mitigación ajustadas a la realidad de Pircapamba. Estas acciones estarán orientadas a estabilizar los taludes, reducir el riesgo de deslizamiento y salvaguardar tanto a la población como al entorno natural

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del Objetivo 1: Caracterizar las condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrográficas en la zona afectada por el deslizamiento en la comunidad Pircapamba.

La caracterización integral de las condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrográficas en la comunidad Pircapamba, permitió identificar los factores naturales que inciden en la inestabilidad del terreno y en la ocurrencia del deslizamiento registrado en la zona de estudio.

- **Condiciones Geológicas**

El análisis geológico, basado en el mapa geológico del Ecuador (Instituto Geográfico Militar, 1975), CHIMBORAZO_PSAD56_Z17S trabajo con una escala de 1:100.000, muestra que la zona se encuentra conformada por rocas volcánicas de origen andesítico, tobas, agregados piroclásticos y depósitos aluviales recientes.

De acuerdo con el mapa geológico CHIMBORAZO_PSAD56_Z17S, las principales unidades geológicas presentes en el área son:

- Tobas (h): Depósitos piroclásticos finos, de baja competencia, fácilmente erosionables y susceptibles a la saturación hídrica.

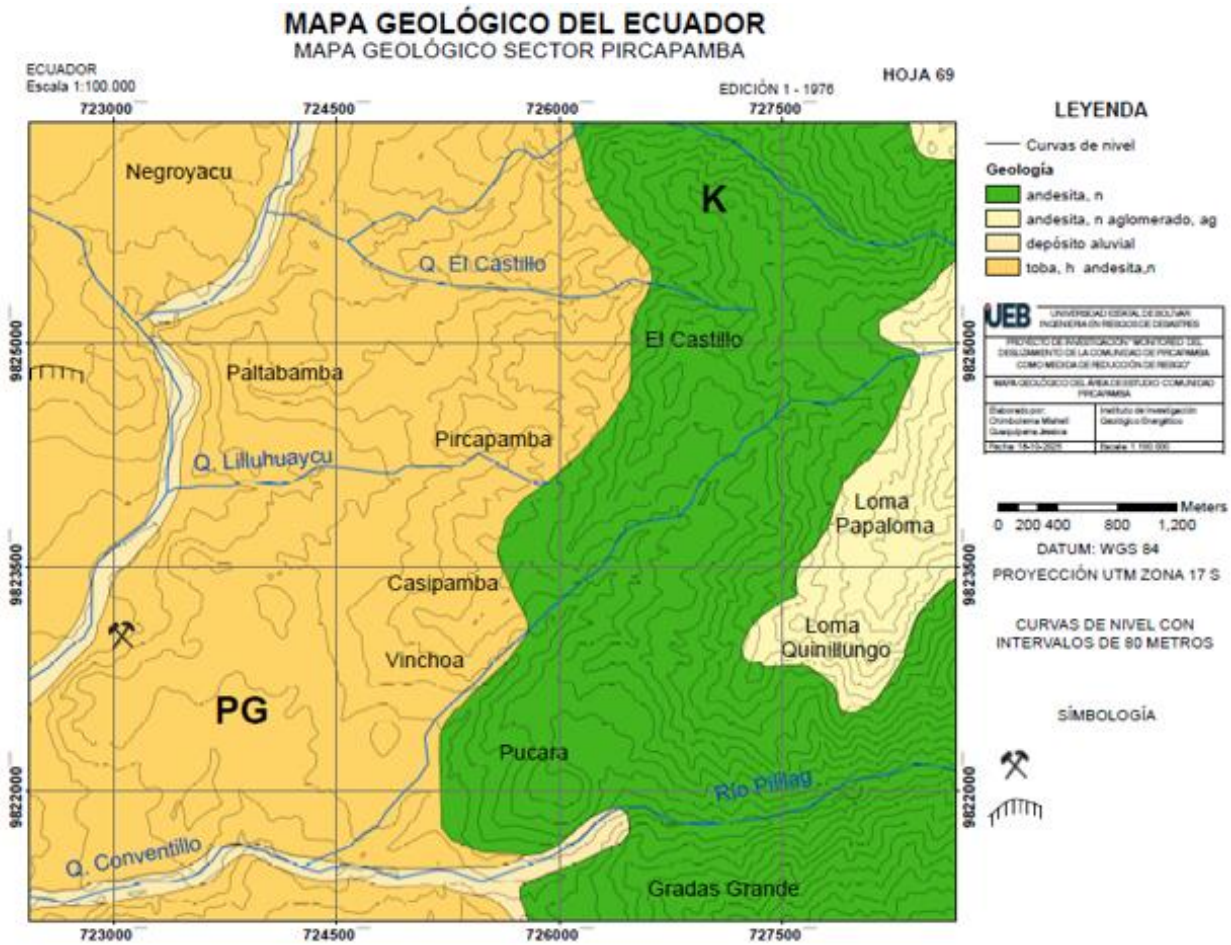
Volcánicos Guaranda (Pleistoceno). Dentro de la depresión Guaranda existe una serie de tobas andesíticas de grano fino, de color café a amarillo claro que contienen andesitas porfiríticas, interestratificadas, meso a leucocráticas, de grano fino. Es probable que las tobas procedan del Chimborazo. Los flujos andesíticos procederían a su vez, ya sea de fisuras o de

centros locales pequeños ocultados subsecuentemente debajo de las tobas. En una cantera, la andesita es piroxénica y muestra fracturamiento columnar.

- Andesitas (n): Rocas volcánicas de composición intermedia, compactas, con fracturación moderada a alta. Corresponden a flujos lávicos de edad terciaria-cuaternaria.

Figura 2

Mapa geológico



Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

En muchos casos las andesitas fracturadas y meteorizado sirven como superficie basal del deslizamiento, mientras que los materiales piroclásticos y aluviales conforman los estratos superficiales inestables. El área presenta alta permeabilidad y baja cohesión en los depósitos

superficiales, favoreciendo la infiltración de agua de lluvia. El aumento de la presión intersticial y la saturación del terreno durante la época lluviosa contribuyen directamente a la activación de movimientos de masa.

El deslizamiento en Pircapamba responde a un proceso complejo de remoción en masa asociado a la litología heterogénea, la fuerte pendiente del terreno, la fracturación tectónica preexistente y la infiltración de agua superficial procedente de escorrentías o lluvias intensas. Estas condiciones indican una zona de alta susceptibilidad geológica, donde predominan los mecanismos de flujo de detritos y deslizamientos rotacionales.

La comunidad de Pircapamba se asienta sobre un terreno constituido por rocas volcánicas andesíticas y depósitos piroclásticos alterados, intercalados con materiales sueltos aluviales. La combinación de pendientes elevadas, litología de baja competencia y alta infiltración convierte la zona en altamente vulnerable a deslizamientos, especialmente bajo condiciones de saturación o sismos.

- Condiciones Geomorfológicas

La morfología del terreno en Pircapamba es un factor determinante en la inestabilidad de la ladera, reflejando el control que ejercen la tectónica compresional andina y los procesos erosivos cuaternarios sobre el sustrato geológico subyacente.

La zona de estudio se enmarca en la franja occidental de la Cordillera Occidental de los Andes. El área exhibe un relieve abrupto y fuertemente disectado. Las curvas de nivel con intervalos de 80 metros indican gradientes topográficos elevados, especialmente en las áreas de Loma Papaloma y Loma Quinillungo. La energía del relieve es alta, lo que se traduce en altas pendientes.

La comunidad de Pircapamba se asienta sobre una ladera que exhibe una morfología compleja de tipo convexa-cóncava en la cabecera, típica de zonas de movimientos en masa activos.

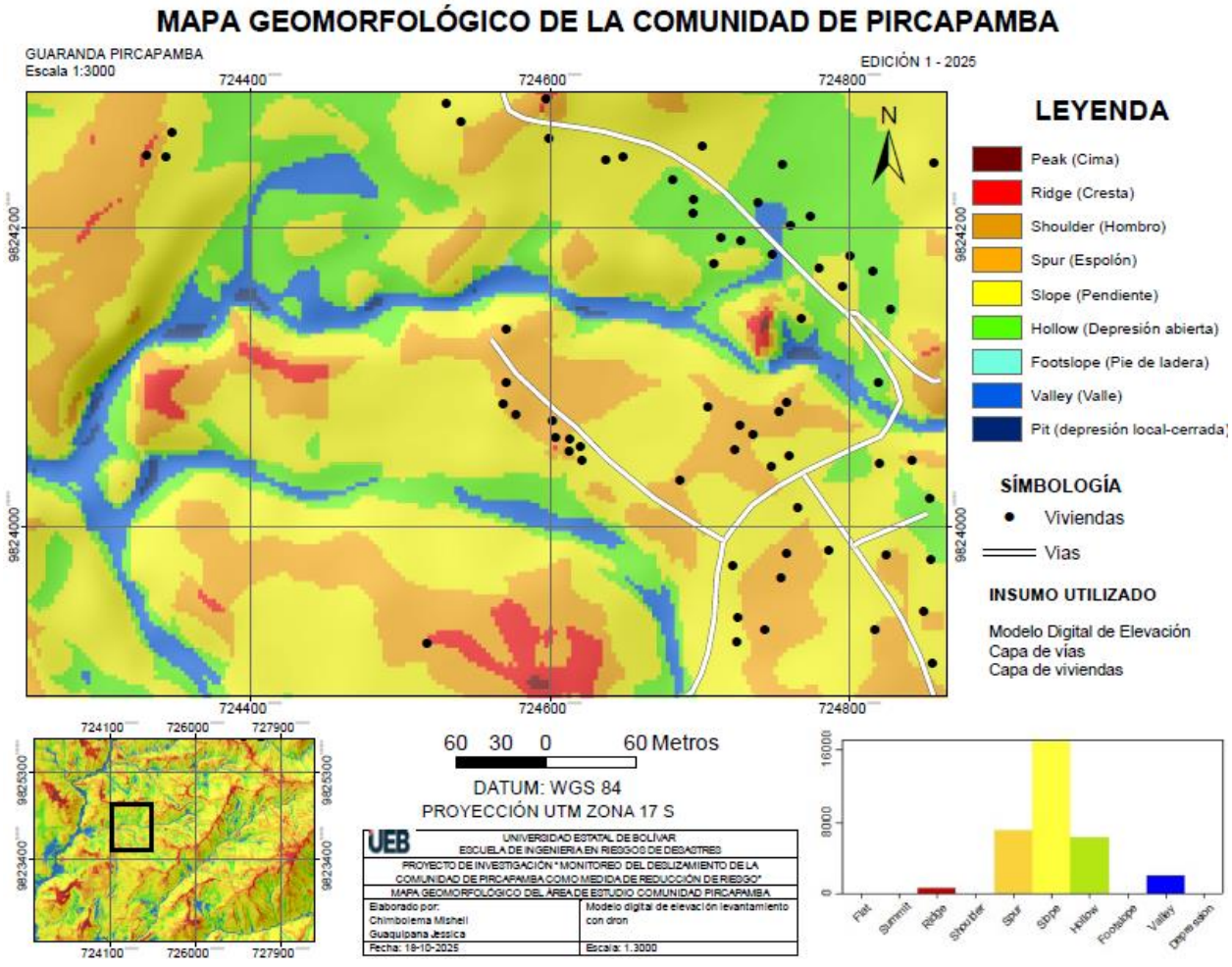
La caracterización geomorfológica realizado mediante el método geomórfico propuesto por (Jasiewics y Stepinski, 2013), implementado en el módulo Geomorphons del software SAGA GIS, permitió identificar y clasificar automáticamente las formas del terreno basando en las diferencias locales de elevación y la visibilidad relativa entre celdas del modelo, determinando patrones de relieve y su posición geomorfológica.

El algoritmo analiza la relación angular entre la celda central y su entorno en ocho direcciones y compara las pendientes locales con un ángulo umbral y un radio de búsqueda, clasificando el relieve en diez tipos básicos de formas: Flat, Peak, Ridge, Shoulder, Spur, Slope, Hollow, Footslope, Valley y Pit.

Cada clase corresponde a un rasgo morfológico que refleja la dinámica de erosión, transporte o acumulación del terreno.

Figura 3

Mapa Geomorfológico



Los resultados del modelo indican una marcada predominancia de formas inclinadas Slope y formas cóncavas Hollow, Valley y Footslope, que reflejan una morfología montañosa y fuertemente disectada, característica de los relieves volcánicos andinos.

El histograma de clases generado muestra la siguiente distribución:

Tabla 3

Resultados del método geomorphons

Clase	Tipo de forma del terreno	Área (unidades del ráster)	Porcentaje (%)
1	Flat	0	0
2	Summit / Peak	153	0,05
3	Ridge	5 823	1,93
4	Shoulder	72	0,02
5	Spur	65 070	21,51
6	Slope	154 476	51,07
7	Hollow	57 330	18,95
8	Footslope	207	0,07
9	Valley	18 333	6,06
10	**Pit / Depresión**	**1 026**	**0,34**

El 51 % del área analizada corresponde a pendientes continuas (Slope), lo que indica que la zona está dominada por laderas activas de transporte con inclinaciones pronunciadas y potencial inestabilidad.

El 21.5 % corresponde a espolones o promontorios (Spur), que representan zonas de relieve convexo, generalmente más estables pero sujetas a erosión superficial.

Por su parte, las formas cóncavas (Hollow y Valley) ocupan aproximadamente el 25 % del área total, indicando zonas de acumulación y concentración de agua — condiciones favorables para la saturación de suelos.

Las clases Flat, Footslope y Pit representan una proporción mínima del terreno, restringiéndose a pequeñas depresiones o sectores planos de depósito.

Geomorfológicamente, el terreno de Pircapamba presenta una secuencia típica de ladera de montaña: zonas convexas en la parte alta (Spur y Shoulder), pendientes activas en el centro (Slope), y sectores cóncavos o de acumulación en la parte baja (Hollow y Valley).

Esta disposición morfológica coincide espacialmente con la zona de deslizamiento identificada, donde el material se moviliza desde los tramos medios de la ladera hacia los sectores inferiores del valle.

El predominio de formas cóncavas e inclinadas en la parte central y baja del terreno evidencia una alta susceptibilidad geomorfológica a movimientos de masa.

Las concavidades funcionan como áreas colectoras de escorrentía y saturación hídrica, lo que incrementa la presión intersticial y disminuye la resistencia del suelo.

Las pendientes prolongadas constituyen las rutas de transporte del material movilizado, mientras que los valles y depresiones actúan como zonas de acumulación y depósito.

De esta manera, la morfología identificada mediante el método geomórfico confirma que el deslizamiento en Pircapamba está condicionado por la combinación de topografía inclinada, relieves cóncavos y acumulación de agua, características típicas de laderas volcánicas inestables.

- Condiciones Hidrográfica

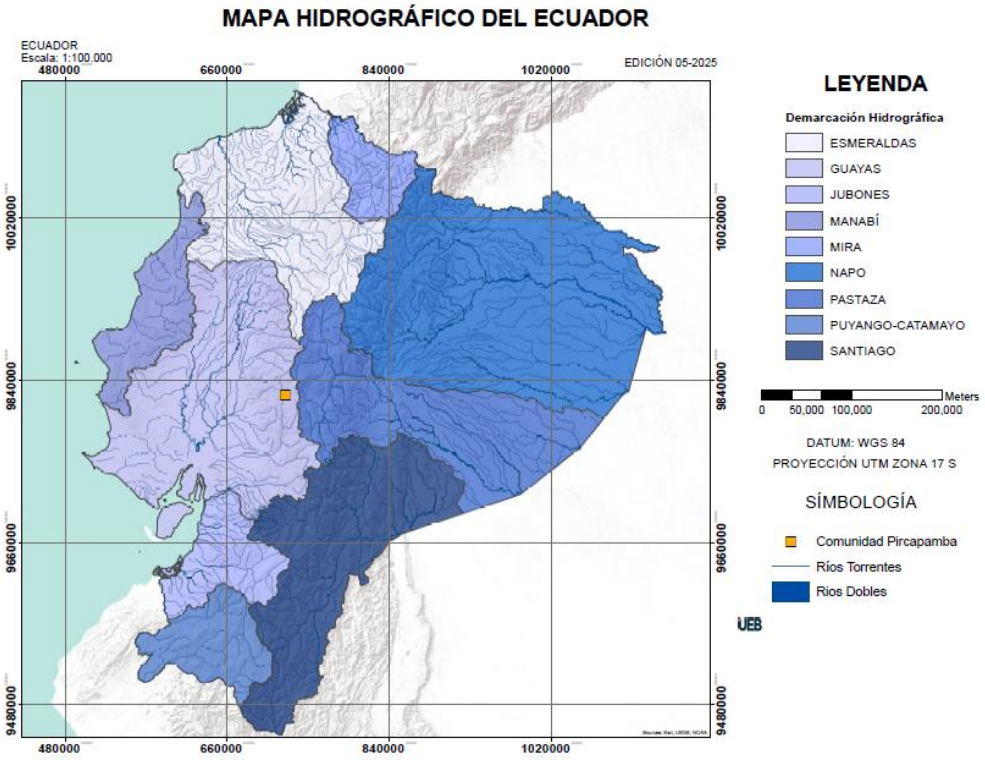
Contextualización Hidrográfica General

La comunidad de Pircapamba se localiza geográficamente en la provincia de Bolívar, en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes ecuatorianos. De acuerdo con la Demarcación Hidrográfica Nacional, el área de estudio se

inscribe dentro de la Unidad Hidrográfica Guayas (Ministerio de Ambiente y Energia , 2025).

Figura 4

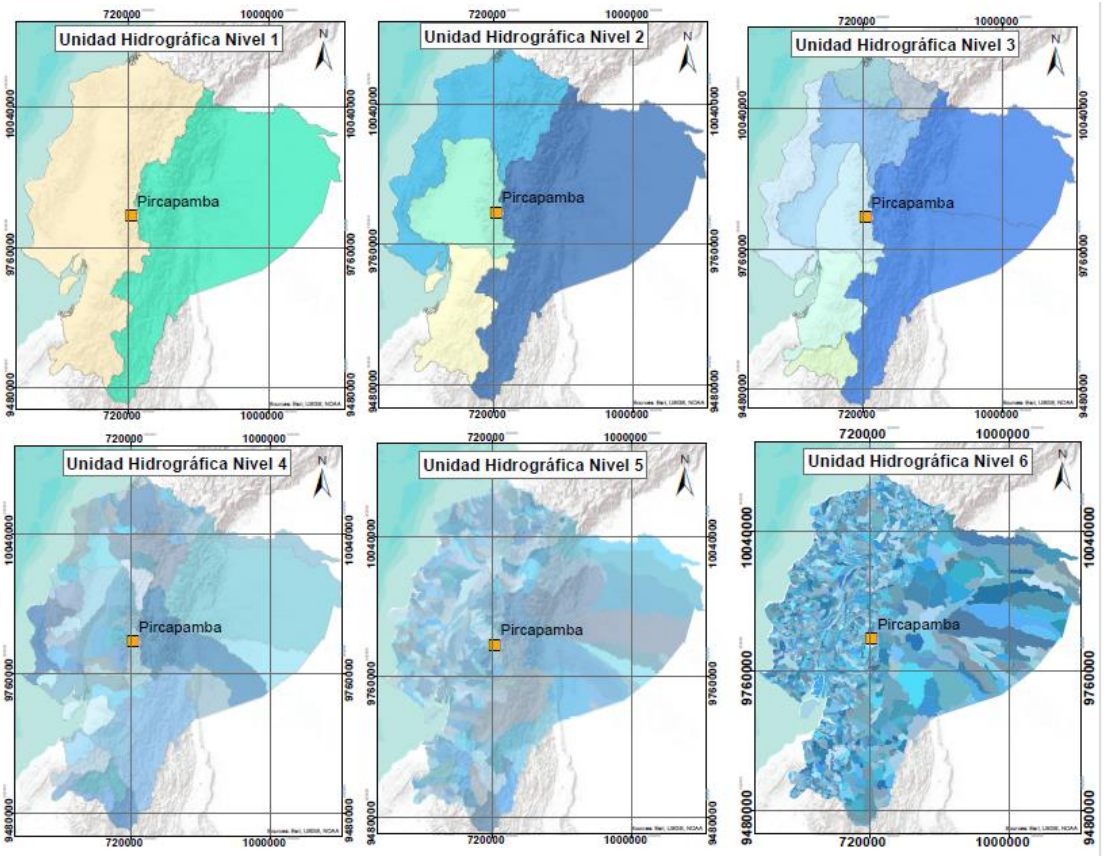
Mapa Hidrográfico del Ecuador



Esta ubicación es determinante, ya que la Unidad Hidrográfica Guayas se caracteriza por drenar las laderas altas y húmedas de la Sierra Central hacia la Costa. Este patrón de drenaje implica que la cuenca recibe importantes aportes hídricos derivados de la precipitación orográfica, y su dinámica de escorrentía contribuye al flujo de ríos torrentosos que fluyen hacia el occidente, tal como se identifican los cauces internos de la microcuenca.

Figura 5

Unidad Hidrográfica



La determinación precisa de la unidad de análisis hidrológico se establece mediante el sistema de Jerarquización de Unidades Hidrográficas por Nivel (Nivel 1 al Nivel 6) utilizado por la Ministerio del Ambiente y Energía. Este análisis permite delimitar, de manera progresiva, la microcuenca de Pircapamba a partir de las grandes cuencas del país, de nivel 1 la vertiente del Pacífico, nivel 2 Guayas, nivel 3 Babahoyo, nivel 4 Yaguachi, nivel 5 Chimbo, nivel 6 río Guaranda.

El área de estudio corresponde a una microcuenca de 3.36 km², con un índice hipsométrico de 0.242, lo que la clasifica dentro de una cuenca madura a senil, caracterizada por relieves suavizados, pendientes medias y predominio de procesos de acumulación de agua.

Estas condiciones geomorfológicas condicionan la dinámica hidrológica local, la capacidad de infiltración del terreno y la acumulación de humedad en el subsuelo generan zonas saturadas en el contacto toba–andesita, que actúan como planos de debilidad y superficies de deslizamiento.

Por tanto, la interacción entre la litología volcánica, las pendientes y el régimen de lluvias intensas provoca que se convierta en un escenario altamente susceptible a movimientos en masa de tipo rotacional y flujo de detritos.

Figura 6

Mapa hidrográfico de la comunidad de Pircapamba



La red hidrográfica de Pircapamba está constituida por cauces intermitentes de orden 4 según Strahler, que drenan principalmente hacia la parte baja de Pircapamba.

El patrón de drenaje es subdendrítico, determinado por la alternancia entre materiales de diferente permeabilidad tobas y depósitos coluviales.

El cauce principal está determinado por la quebrada Lilluhuaycu, la cual concentran los flujos pluviales durante la temporada lluviosa, generando erosión lateral, socavación y transporte de sedimentos finos.

La densidad de drenaje estimada 2.5 km/km² refleja una alta eficiencia de escurrimiento, lo que implica una respuesta rápida de la cuenca frente a las precipitaciones intensas.

El relieve consolidado y las pendientes entre 25° y 40° contribuyen a la generación de caudales concentrados en períodos cortos de tiempo.

Tabla 4

Parámetros morfométricos principales de la cuenca de Pircapamba

Parámetro	**Valor estimado**	**Interpretación hidrológica**
Área de la cuenca	3.36 km²	Cuenca pequeña, respuesta rápida ante lluvias intensas
Densidad de drenaje	2.5 km/km²	Alta conectividad superficial y erosión activa
Orden máximo de cauce	4	Red madura, estructuralmente controlada
Relación de bifurcación (Rb)	3.1	Control estructural por fracturas en andesitas
Índice hipsométrico (HI)	0.242	Cuenca senil con predominio de acumulación hídrica

Índice de Humedad Topográfico TWI

El Índice de Humedad Topográfico calculado para la cuenca presenta valores entre 0 y 18, con predominio de intervalos intermedios y altos (6–12), lo que evidencia un comportamiento mixto de escorrentía y acumulación.

Las zonas con TWI > 10,9 se concentran principalmente en los pies de ladera y fondos de valle, coincidiendo con los sectores de mayor desplazamiento del terreno.

El análisis espacial del TWI permitió diferenciar cinco clases hidrográficas:

Tabla 5

Índice de Humedad Topográfico TWI

Rango TWI	Condición hidrológica	Comportamiento del terreno
0 – 3,95	Escorrentía rápida	Sectores altos con drenaje eficiente y baja retención
3,96 – 6,0	Drenaje bueno	Transición; infiltración hacia fracturas de andesita
6,01 – 7,97	Escurrimiento lento	Acumulación moderada en laderas medias
7,98 – 10,94	Acumulación temporal	Inicio del deslizamiento, saturación parcial
10,95 – 18,0	**Saturación o anegamiento**	**Zonas críticas en el pie de ladera y fondo de valle**

Nota: Los valores más altos del TWI reflejan acumulación hídrica persistente, asociada a infiltraciones en profundidad y a una deficiente evacuación del agua subterránea.

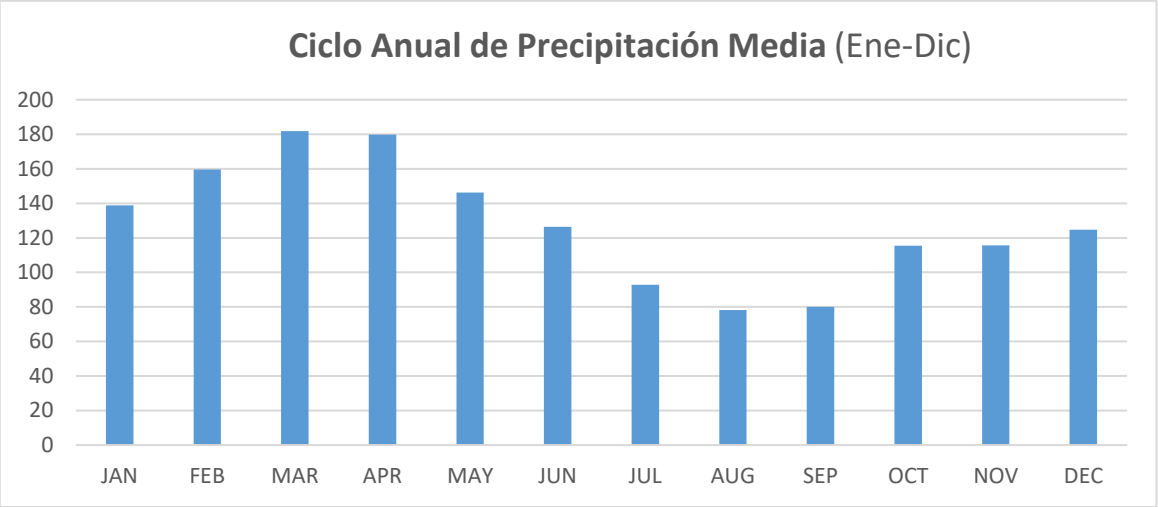
Esta saturación puede incidir en la resistencia efectiva del suelo, favoreciendo la formación de planos de falla activos en las tobas alteradas.

Régimen de precipitación

El análisis climático de la base de datos NASA POWER VIEW DATA ACCES (1981–2025) muestra un promedio anual de precipitación de 1531,91 mm, con picos mensuales de 181,85 a 179,85 mm durante los meses de marzo y abril.

Figura 7

Ciclo Anual de Precipitación Media (Ene-Dic)



El 65 % de la lluvia total anual se concentra entre enero y mayo, período que coincide con los mayores desplazamientos registrados en el terreno.

Durante este periodo, la ocurrencia de eventos de precipitación intensa (≥4,24 mm/día), es el principal factor que genera una rápida saturación del suelo, resultando en un incremento de la presión de poros que desencadena la reactivación del deslizamiento principal.

Figura 8

Promedio anual de precipitación

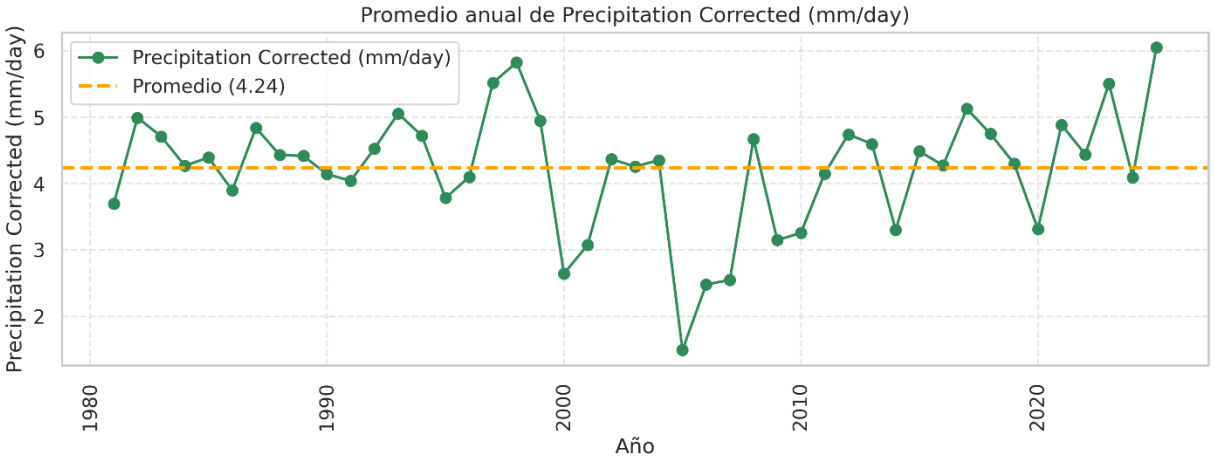
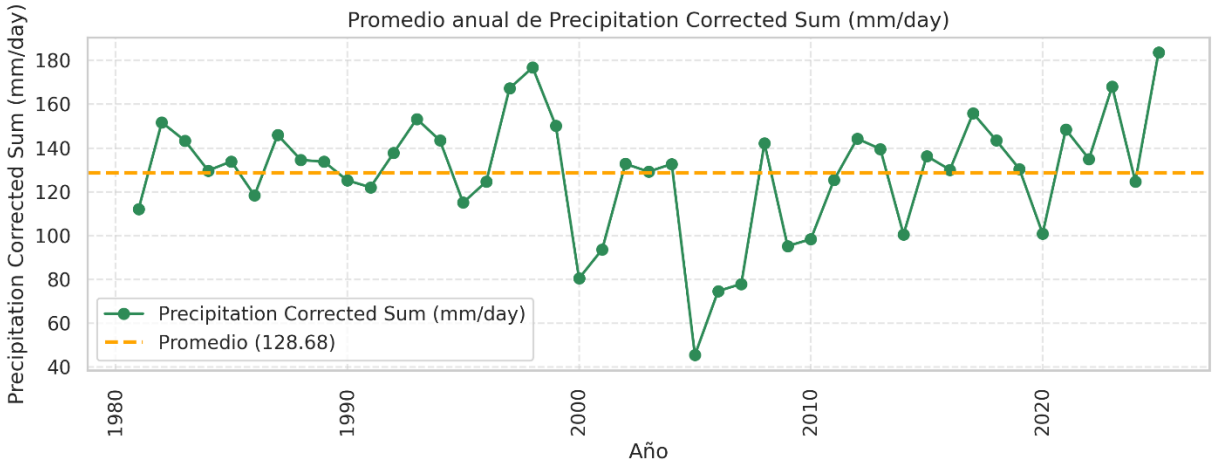


Figura 9

Promedio anual de precipitación corregida suma mm-día



En los meses secos junio–noviembre, aunque la precipitación disminuye significativamente, el terreno conserva niveles de humedad elevados en profundidad, impidiendo la recuperación completa de la resistencia al corte.

Humedad del Suelo

Los valores medios de humedad del suelo registrados para la zona de Pircapamba son los siguientes:

Figura 10

Humedad del Suelo

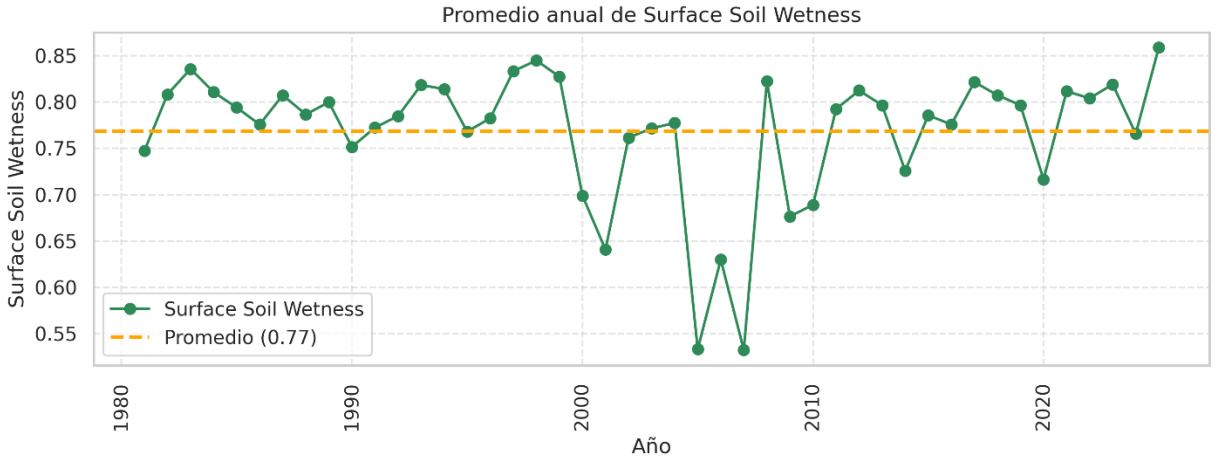
Tipo de humedad	Profundidad (cm)	Valor medio (%)	Comportamiento Surface Humedad del suelo
Humedad de la superficie del suelo	0 – 5	32 – 38	Saturación rápida tras lluvia; pérdida de succión matricial
Humedad en la Zona Radicular	0 – 100	35 – 42	Retención prolongada; infiltración hacia fracturas de andesita
Perfil de Humedad del Suelo	0 – Base	43 – 47	Humedad permanente; presión de poros elevada

La humedad profunda sostenida indica la existencia de una capa freática somera o semiconfinada en el contacto toba–andesita.

En las tobas, esta condición genera colapso estructural y disminución de la cohesión; en las andesitas fracturadas, favorece el deslizamiento planar a lo largo de las discontinuidades.

Figura 11

Promedio anual de humedad



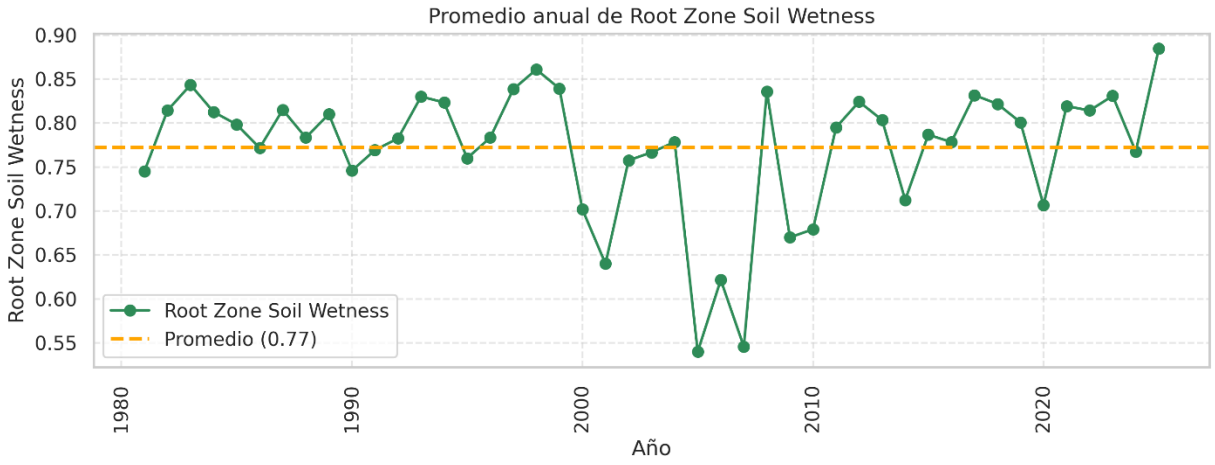
La serie de tiempo representado en la figura 7 (a) valida la condición hidrológica de Pircapamba, el promedio histórico de 0,77 confirma que la capa superficial del suelo 0 – 5 cm posee una humedad intrínsicamente alta, lo que facilita la saturación y rápida pérdida de succión matricial tras eventos de precipitación. Se observa una alta variabilidad inter-anual (rango entre 0,54 y > 0,85), lo que indica que el suelo superficial es altamente sensible a las variaciones climáticas anuales (años secos vs. años lluviosos).

Los picos de humedad, como los registrados cerca de 1999 y post-2020 (valores ≥ 0,82), representan años con saturación superficial máxima. Estos periodos incrementan el riesgo de desencadenamiento de los movimientos en masa, ya que la rápida saturación superficial actúa como factor desencadenante sobre el perfil profundo ya condicionado por la humedad permanente.

Si bien los valles mínimos, como en 2005 al 2007 reflejan periodos secos, la base de datos de humedad profunda sugiere que la saturación persistente en el contacto toba-andesita no se revierte significativamente, manteniendo activo el factor condicionante de la inestabilidad.

Figura 12

Promedio anual de humedad de suelo en la zona radicular



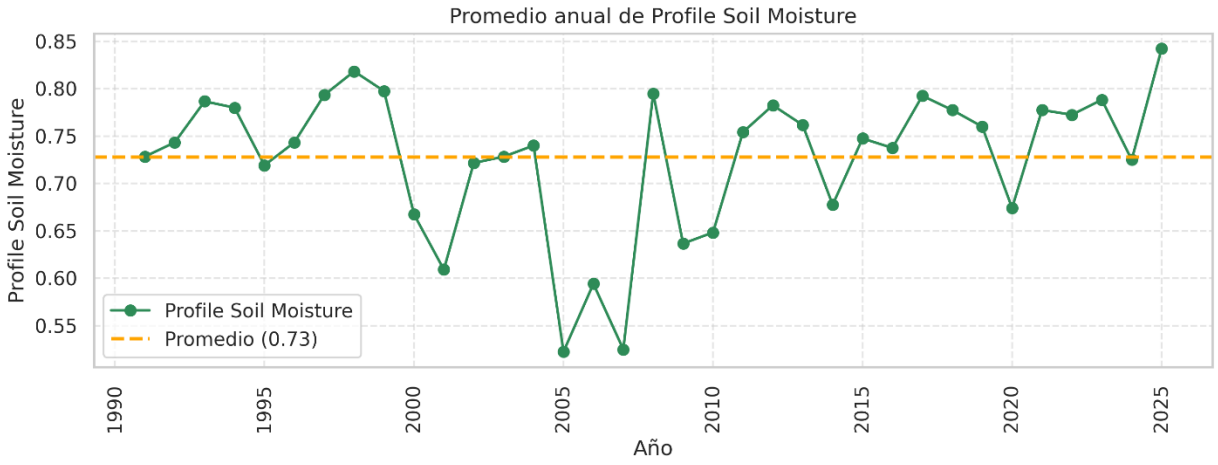
El promedio histórico del índice se sitúa en 0,77. Este valor es idéntico al promedio superficial y confirma que la zona radicular de Pircapamba mantiene una alta saturación hídrica a profundidad. Esta condición apoya el hallazgo de que existe una retención prolongada de agua, facilitando la infiltración continua hacia las fracturas de la andesita. Los mínimos extremos se observan alrededor de 2005 cerca de 0,55 al 2007 ligeramente por debajo de 0,55. Estos valles son más pronunciados que los mínimos superficiales y sugieren que las sequías prolongadas pueden agotar significativamente las reservas hídricas a esta profundidad, aunque la recuperación es lenta.

Los años picos y el máximo absoluto en 2023 cerca de 0,89. Son años que confirman que, en años con exceso de precipitación, la zona radicular puede alcanzar niveles de saturación

crítica. La alta humedad promedio y la lenta recuperación tras periodos secos como el valle de 2005 indican que la zona radicular actúa como un almacén de agua temporal y persistente. Esta retención es clave estudiar ya que mantiene la presión de poros en la capa media y garantiza el aporte continuo de agua hacia el contacto toba-andesita, incluso cuando la superficie está seca, manteniendo así activo el factor condicionante de la inestabilidad.

Figura 13

Promedio anual de humedad del suelo del perfil



Aunque ligeramente inferior al de las capas superiores (0.77), un valor de 0.73 es extremadamente alto para el perfil total. Esto corrobora el hallazgo de que la humedad es permanente y persistente en las tobas adyacentes al contacto con la andesita. Los valores mínimos se observan en 2005–2007 (cerca de 0.52). Este periodo de baja humedad coincide con los mínimos extremos observados en el *Root Zone Wetness* (alrededor de 2005).

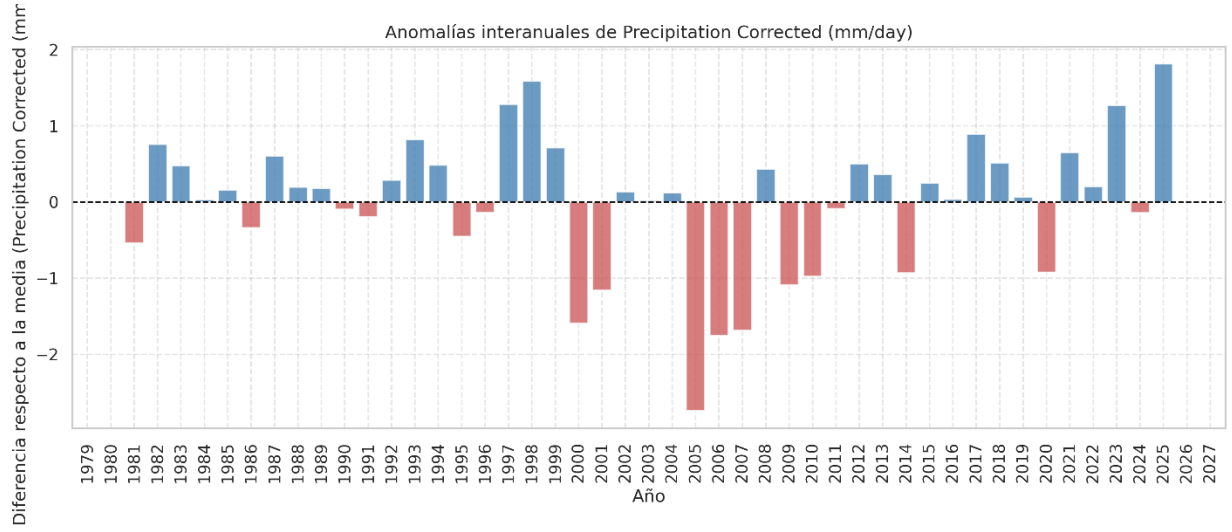
Se observan picos importantes cerca de 1998 y el máximo absoluto en 2025 (cerca de 0.85). Estos valores representan momentos en que el perfil completo del suelo está en su máxima saturación, generando la máxima presión de poros en el contacto toba-andesita. La persistencia

de valores por encima del promedio (0.73) a lo largo de la serie histórica significa que el factor condicionante la alta presión de poros y la baja resistencia del suelo está activo de forma casi continua, independientemente de las fluctuaciones menores en la superficie.

La persistencia de la humedad incluso en periodos secos explica la reactivación progresiva del movimiento en masa, sin necesidad de lluvias recientes.

Figura 14

Anomalías de Precipitación (1981–2025)



Los años con las anomalías positivas más altas representan un riesgo hídrico máximo, ya que el exceso de precipitación es el principal factor desencadenante de los deslizamientos.

- **Periodo 1997–1999:** Muestra un exceso muy marcado, especialmente el año 1998, que presenta una de las anomalías más altas cerca de 1.6 mm/día. Este evento coincide probablemente con la influencia de un fenómeno El Niño intenso, que históricamente aumenta la precipitación en la región andina.
- **Periodo Reciente (2023–2026):** Se observan las anomalías positivas más altas de la serie, destacando el año 2025 cerca de 1.8 mm/día. Si estas proyecciones

se confirman, este período representaría el máximo riesgo de reactivación de deslizamientos por sobrecarga hídrica en el perfil del suelo.

- **Implicación:** Los valores por encima de + 0.7 mm/día como en 1982, 1993, 2017 indican condiciones que garantizan la rápida saturación superficial y la recarga intensa del perfil profundo, elevando la presión de poros.

Años Secos Extremos (Déficit)

Los años con anomalías negativas severas representan periodos de sequía que permiten la recuperación, aunque lenta de la resistencia del suelo superficial, aunque no siempre afectan el factor condicionante profundo.

- **Periodo 2005–2008:** Este es el periodo más crítico de déficit de precipitación, siendo el año **2006** el de la anomalía negativa más profunda (cerca de **-2.6 mm/día**. Esto se relaciona con los mínimos históricos de humedad observados en el gráfico de *Profile Soil Moisture,* confirmando que las sequías prolongadas son el único mecanismo capaz de reducir significativamente la saturación profunda.
- **Otros Déficits Notables:** Los años 1987, 1997, 2000, y 2020 también muestran déficits, pero ninguno es comparable al evento de 2005–2008.

Caudales Superficiales Medidos en Campo

El análisis hidrográfico fue complementado con la medición directa del caudal en varios puntos de la red de drenaje de Pircapamba, utilizando la técnica de aforo para cauces pequeños.

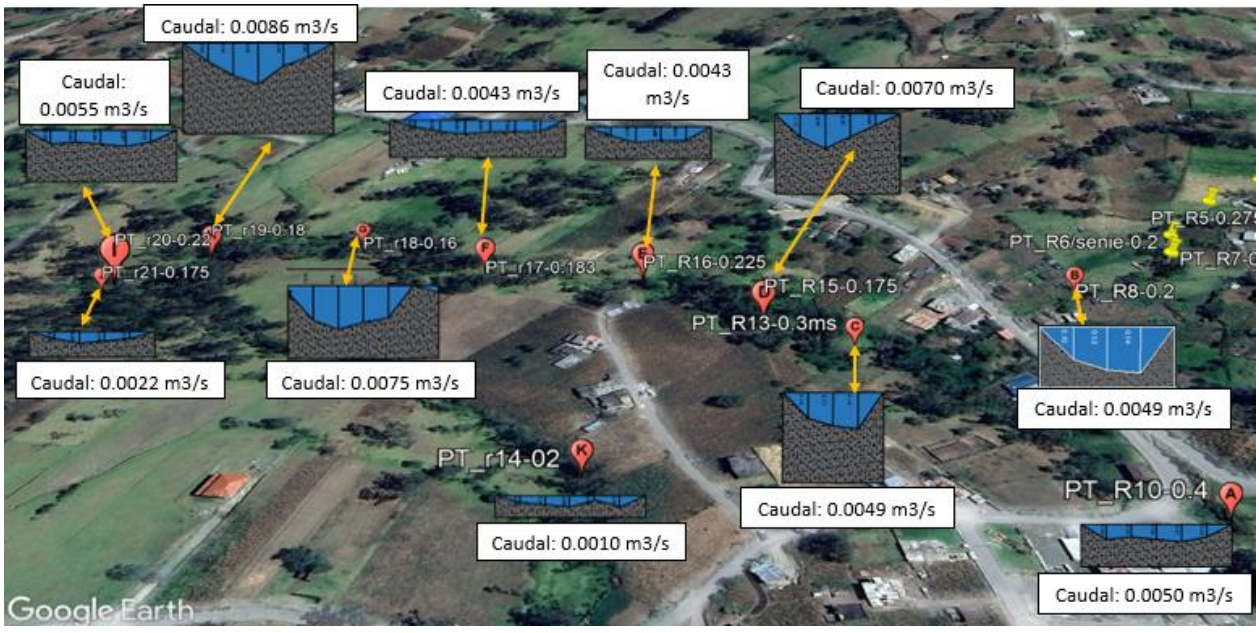
La medición de caudal se realizó in situ mediante el método de sección-velocidad, empleando un correntómetro de hélice en los cauces de las quebradas Lilluhuaycu. Este método implica:

1. La medición geométrica precisa del perfil transversal del cauce en cada punto (perfiles que se muestran en el diagrama).
2. La determinación de la velocidad media en cada subsección de la vertical.
3. El cálculo del caudal (Q) como el producto del área mojada (A) y la velocidad media (V):

$$Q = A * V$$

Figura 15

Resultados del Aforo de Caudales



Los caudales medidos en el periodo de estudio confirman la naturaleza de la red hidrográfica como cauces intermitentes o de bajo caudal, típico de microcuencas que son

controladas por el régimen de precipitación. El análisis de los caudales medidos revela dos implicaciones críticas para la inestabilidad de Pircapamba:

- **Bajo Caudal Base y Alta Infiltración:** Todos los caudales se encuentran en el rango de 10^{-3} m^3. Esto confirma que, en condiciones de no-tormenta, el volumen de agua en el cauce es bajo. Sin embargo, la variabilidad entre puntos, especialmente el marcado descenso en **PT_R14** 0.0010 m^3, sugiere la existencia de zonas localizadas de alta capacidad de infiltración donde el agua superficial se pierde rápidamente hacia el subsuelo.
- **Contribución Directa al Factor Condicionante:** Estos caudales, aunque bajos, representan el volumen de agua que está continuamente alimentando el sistema de flujo subterráneo. Al infiltrarse a través de las fracturas de andesita y las tobas porosas, esta agua es la que mantiene el perfil de humedad del suelo en niveles críticos mayores a 43%, sosteniendo la presión de poros elevada y el factor condicionante de la inestabilidad del deslizamiento.

Resultados del objetivo 2: Determinar el desplazamiento mediante el monitoreo del deslizamiento en la comunidad de Pircapamba

La determinación del desplazamiento del movimiento en masa se llevó a cabo mediante la integración de técnicas de monitoreo multitemporal de alta precisión, combinando la fotogrametría aérea, la geodésica satelital y la interferometría radar.

En la presente investigación se determinó el desplazamiento tomando en cuenta como primer paso el monitoreo geométrico de alta resolución, seguido de monitoreo geodésico, para

luego analizar la deformación por sensores remotos y finalmente la correlación y modelación de la vulnerabilidad.

Monitoreo Geométrico de Alta Resolución

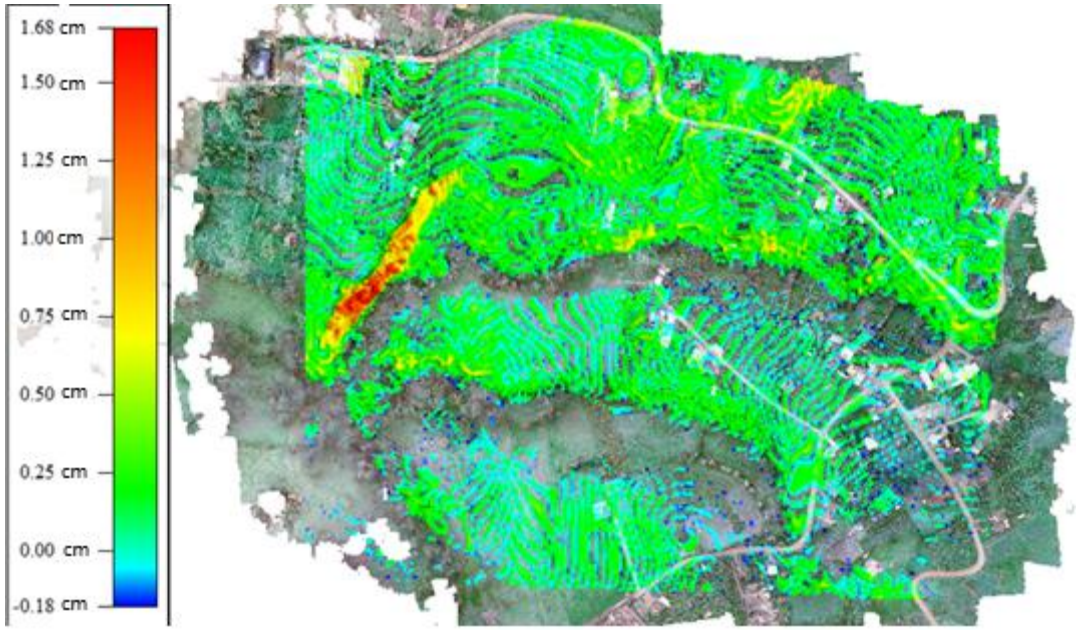
Para determinar el desplazamiento y cuantificar el material movilizado, se realizaron tres vuelos con dron en fechas secuenciales (febrero, marzo y junio). Con esta información se generaron ortofotos y modelos digitales de elevación (MDE) para cada periodo. Posteriormente, se aplicó el método de Diferencia de MDE, que consiste en restar el modelo más reciente al modelo anterior ($MDE_{tn} – MDE_{tn-1}$).

Esta comparación permitió identificar dos tipos de cambios en el terreno:

- Zonas de acumulación (Uplift/Extrusión): representadas por valores positivos (+m), donde el material se ha depositado o ha experimentado levantamiento.
- Zonas de subsidencia (Erosión/Pérdida): representadas por valores negativos (–m), donde el material ha sido removido o se ha perdido.

Figura 16

Diferencia MDETn-1



La Figura 16 muestra el primer resultado del análisis de diferencia, revelando la magnitud de la deformación vertical entre dos períodos de medición: se identifica una zona de acumulación crítica de forma alargada. Los valores en esta zona colores amarillo a rojo intenso alcanzan un máximo de hasta 1,68 cm. Esta magnitud confirma un desplazamiento vertical significativo de tipo superficial, característico del pie de un deslizamiento rotacional activo. Gran parte del resto de la cuenca que se presenta de color verde muestra valores cercanos a 0,0 cm, lo que indica estabilidad o movimientos inferiores al umbral de detección del análisis. Las áreas en amarillo +0,50 cm a +0,75 cm sugieren movimientos moderados en el cuerpo principal del deslizamiento.

Figura 17

Diferencia MDETn-2



La Figura 17 representa un análisis de diferencia de fecha posterior, en este análisis se confirma la persistencia y ampliación del deslizamiento al registrar cambios verticales desde una subsidencia/erosión máxima de -1,8 cm azul claro hasta una acumulación máxima de +2,0 cm verde oscuro. Este rango evidencia un ciclo completo de movimiento tracción/subsidencia en la corona y compresión/acumulación en el pie.

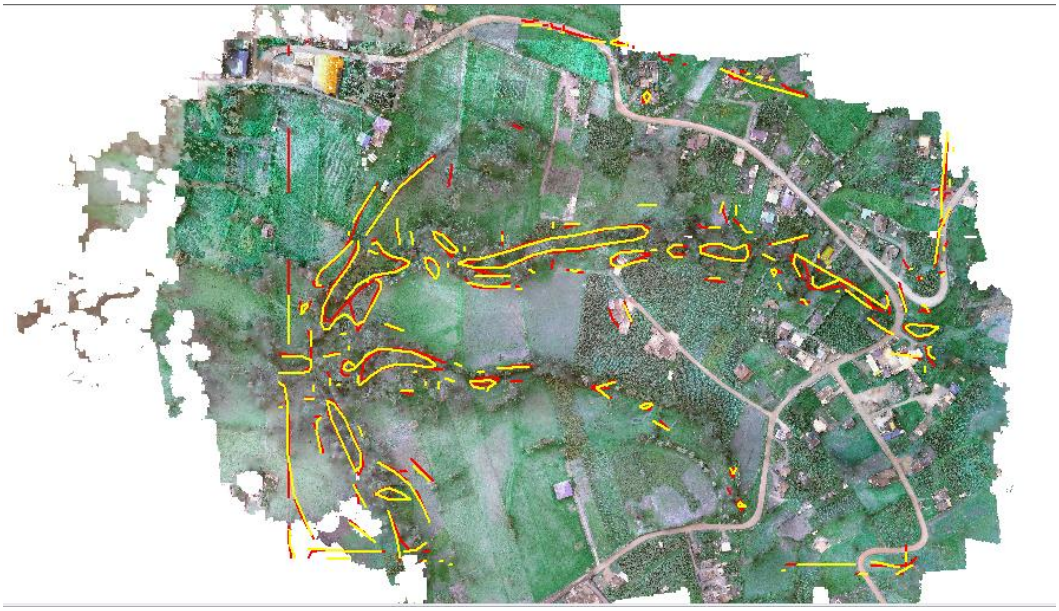
Las viviendas, muchas de ellas situadas en zonas de deformación positiva > +0,5 cm, indicando un alto riesgo estructural.

Análisis de la Evolución Temporal de las Zonas de Rotura

El análisis de diferencia de MDE se complementa con el mapeo de los escarpes zonas de rotura o tracción que definen la corona y los flancos del deslizamiento. Este análisis de cambio, reflejado en la Figura 18, es fundamental para entender la expansión temporal del movimiento.

Figura 18

Líneas de ruptura



Las líneas de ruptura rojas y amarillas se concentran en una forma arciforme en la parte alta y central de la zona inestable, patrón típico de las cabezas de deslizamiento coronas y sus escarpes laterales.

La superposición de los escarpes de dos momentos diferentes proporciona la evidencia de la actividad cinemática del movimiento, las líneas amarillas representan las zonas de rotura definidas en el primer análisis MDE T_1 – MDE T_2. Mientras que las líneas rojas representan las zonas de rotura definidas en el análisis MDE posterior T_2 – T_3.

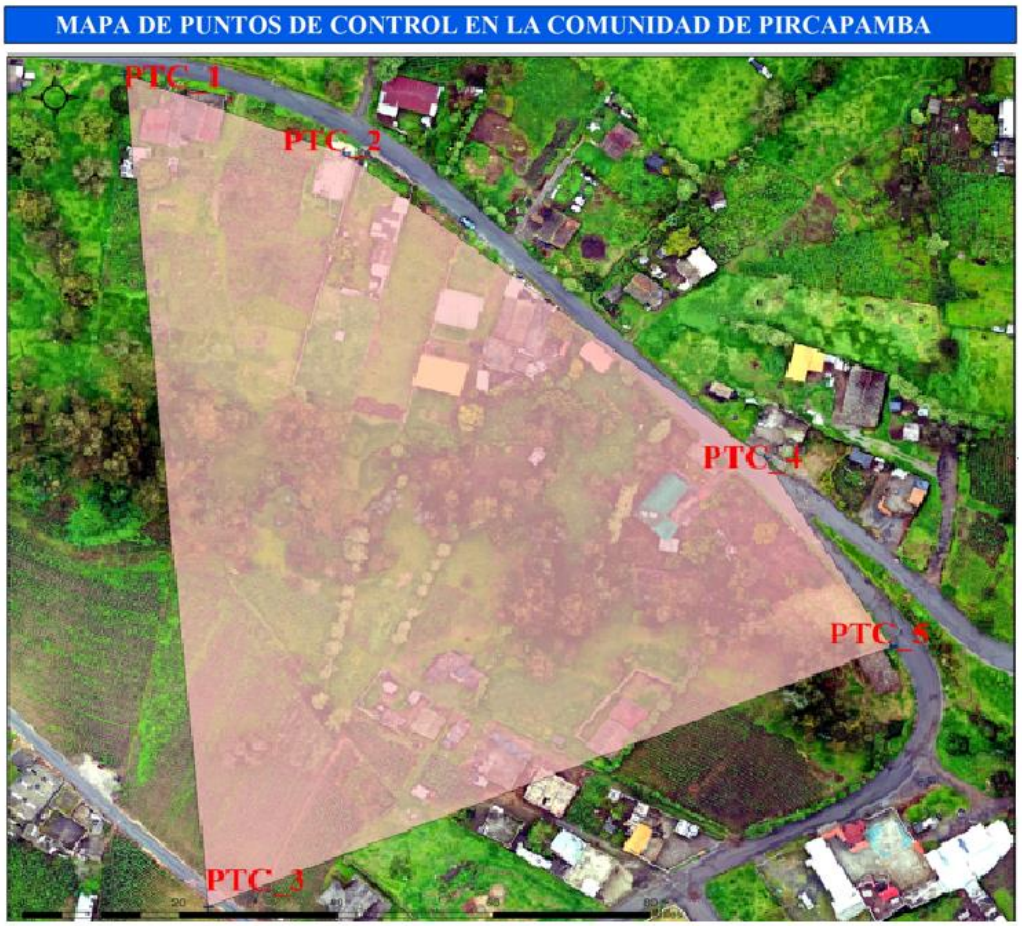
La aparición de nuevas líneas rojas en los flancos o en el cuerpo principal confirma la propagación lateral y la aparición de escarpes secundarios. El terreno no solo se desplaza, sino que también incrementa su área de influencia en el periodo de monitoreo, afectando progresivamente nuevo terreno en la corona.

Monitoreo Geodésico de Precisión

Se determinó varios puntos de control GNSS para determinar el vector de desplazamiento magnitud y dirección con exactitud. Se instaló una red de puntos de control, cuyos movimientos fueron medidos en cuatro épocas diferentes (mayo, julio, octubre y noviembre) T1, T2 , T3, T4 utilizando equipos GNSS de doble frecuencia de alta precisión.

Figura 19

Mapa de puntos de control



***Elaborado**:* Chimbolema M. y Guaquipana S.

Cálculo de la Velocidad de Desplazamiento

El desplazamiento total y la velocidad media fueron calculados para dos intervalos de tiempo:

Periodo 1 T2 – T1: Medición inicial de 49 días.

Periodo 2 T3 - T1: Desplazamiento acumulado total de 97 días.

La velocidad diaria se obtiene de la relación:

$$V_{mm/día} = \frac{Desplazamiento\ total\ mm}{Diferencia\ de\ dias}$$

Tabla 6

Resultados del Periodo 1: T2 - T1 49 días

PUNTO	Desplazamiento	DIAS	Velocidad cm\días
1	0,7	49	0,014
2	1,48	49	0,030
3	1,91	49	0,039
4	4,2	49	0,086
5	**18,86**	**49**	**0,385**

Los resultados del primer periodo de monitoreo muestran desplazamientos acumulados que varían entre 0,7 cm y 4,2 cm en los puntos evaluados. El valor más alto corresponde al Punto 5 con un promedio de 0,385 cm/día**,** lo cual indica una zona con mayor deformación activa dentro del área de estudio, lo que sugiere un deslizamiento lento pero continuo. Este comportamiento confirma que la ladera mantiene una actividad progresiva, especialmente durante periodos de condiciones climáticas favorables para la infiltración, lo que constituye un indicador de inestabilidad persistente.

Tabla 7

Resultados Acumulados: T3 - T1 97 días

PUNTO	Desplazamiento	DIAS	Velocidad cm\días
1	5.48	97	0.056
2	4.18	97	0.043
3	4.15	97	0.043
4	0.00	97	0.000
5	**40.26**	**97**	**0.415**

Los puntos 1 a 4 representan el movimiento del cuerpo principal del deslizamiento con una velocidad media representativa, dado que los valores obtenidos aproximadamente 0,043 a 0,056 mm/día corresponden a una velocidad de reptación.

Según la clasificación de Cruden y Varnes, esta velocidad entra en el rango de "Extremadamente Lento" menos de 16 mm/día, indicando un movimiento progresivo, constante y difícil de percibir visualmente, típico de un fenómeno condicionado por la humedad profunda permanente.

La baja dispersión de velocidad entre estos puntos 0,043 a 0,056 mm/día confirma que el cuerpo principal del deslizamiento se está moviendo de manera uniforme.

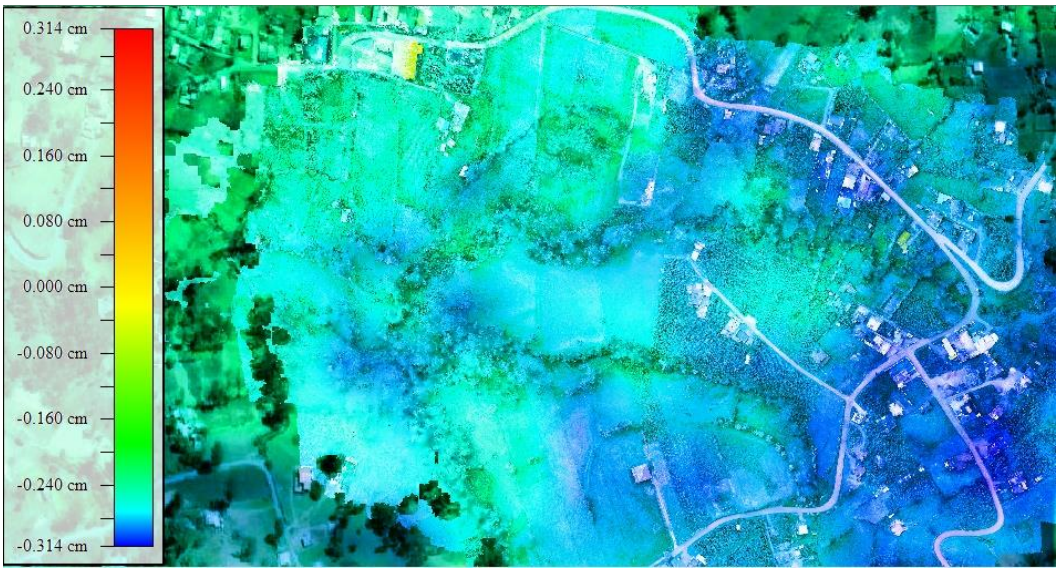
El Punto 5 muestra un desplazamiento acumulado de 40,26 mm en 97 días, resultando en una velocidad de 0,415 mm/día, casi diez veces superior a la del cuerpo principal, la diferencia de velocidad se clasifica como un Outlier que pudo deberse al error en la adquisición. Su velocidad no es representativa del movimiento general de reptación y no será tomando en cuenta en la modelación de velocidad media, pero su magnitud sirve como indicador de la máxima inestabilidad local cerca de la zona de compresión.

Análisis de Deformación por Sensores Remotos

El monitoreo fue complementado mediante la aplicación de la Interferometría Diferencial de Radar de Apertura Sintética (DInSAR). Esta técnica utiliza imágenes satelitales (SAR) adquiridas en diferentes momentos para medir la diferencia de fase de la señal, lo que permite detectar y cuantificar movimientos de la superficie del terreno a lo largo de la línea de visión del satélite.

Figura 20

Análisis de Deformación



La Figura 20 muestra el mapa de desplazamiento acumulado del terreno obtenido mediante el procesamiento DInSAR, los valores positivos rojo/amarillo representan movimientos con respecto al levantamiento del terreno, mientras que los valores negativos azul/verde representan desplazamiento como subsidencia o movimiento pendiente abajo.

La mayor parte del área de estudio se encuentra en el rango de cambio nulo o muy bajo colores verdes claro a amarillo, cercanos a 0,0 cm, lo cual es consistente con la velocidad lenta de reptación medida por GNSS, donde el movimiento es < 1 cm/día.

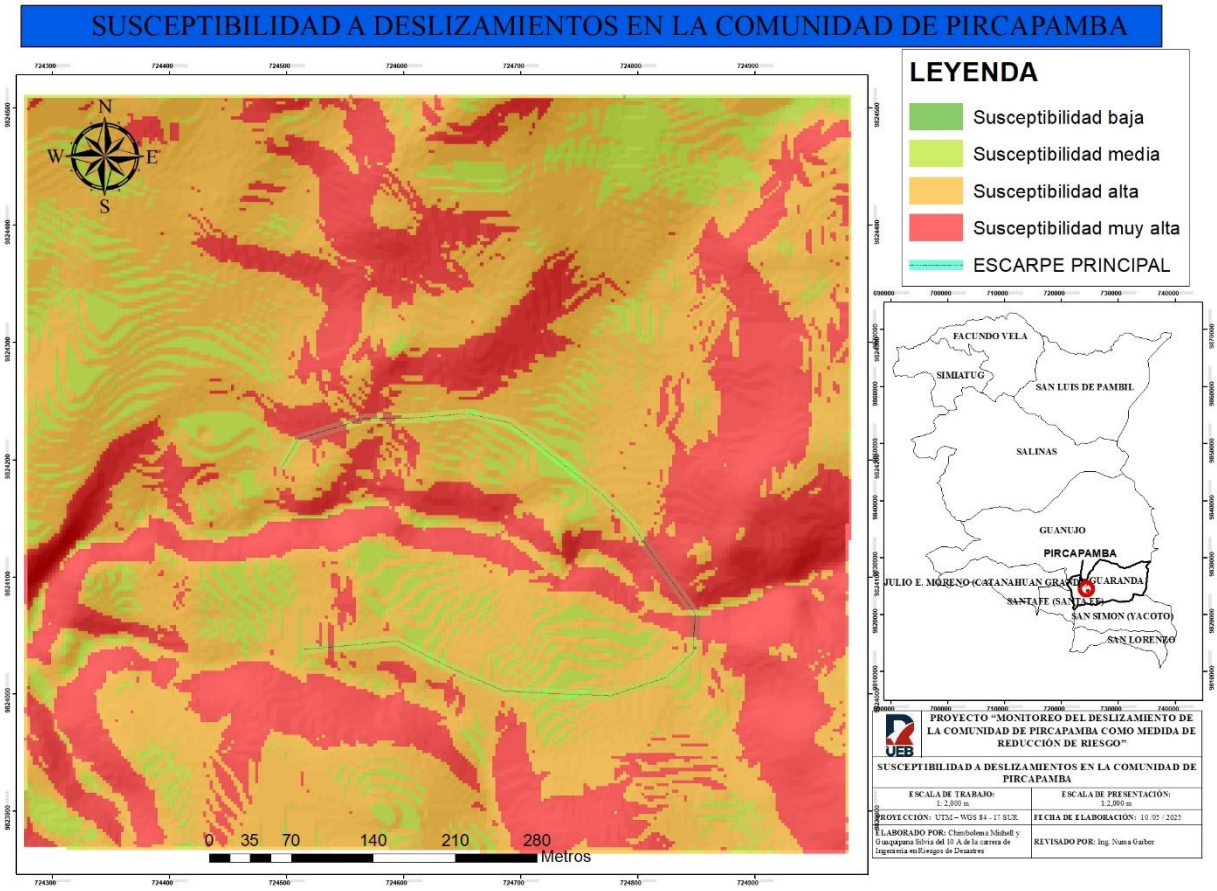
Las concentraciones de color azul a azul oscuro con valores de hasta -0,314 cm pone en evidencia el cuerpo principal del deslizamiento, indicando un movimiento significativo en la dirección de la pendiente. Esta zona de subsidencia valida el movimiento lateral y vertical detectado por el GNSS y la diferencia de Modelos Digitales de Elevación realizados en pasos anteriores.

Análisis de Correlación Geográfica y Vulnerabilidad

Se superpusieron los vectores de desplazamiento medidos con GNSS y las áreas de deformación detectadas por diferencia de MDE y las imágenes DInSAR sobre el mapa de susceptibilidad a deslizamientos. Proceso necesario para confirmar que los movimientos más intensos se concentran en las zonas predichas como de riesgo alto o muy alto

Figura 21

Mapa de susceptibilidad a deslizamiento



Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

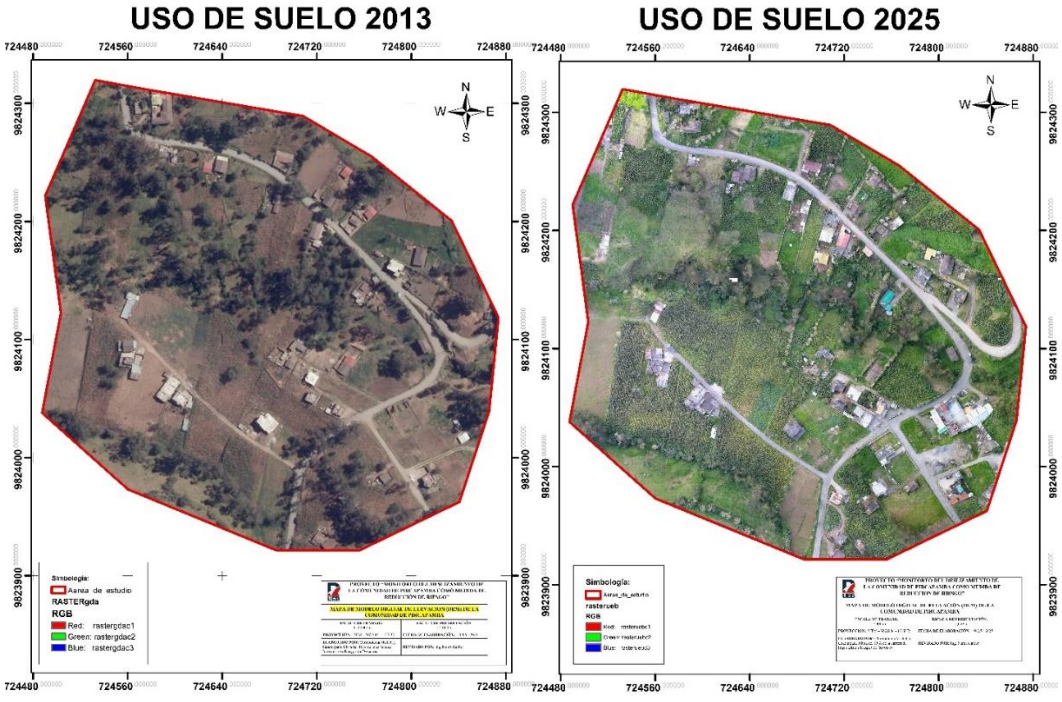
El modelamiento de susceptibilidad a deslizamientos evidencia que el área donde se localiza el escarpe principal presenta una clasificación de susceptibilidad muy alta, lo que confirma la inestabilidad estructural del terreno. Esta condición se relaciona con la pendiente pronunciada. Asimismo, el escarpe funciona como una zona de ruptura que delimita el desplazamiento del material hacia las áreas de mayor acumulación, incrementando el riesgo para las viviendas ubicadas en las laderas medias e inferiores.

Análisis Multitemporal de Uso de Suelo y Vulnerabilidad

La comparación de los mapas de Uso de Suelo de 2013 y 2025 se empleó para realizar una detección de cambios y analizar cómo la expansión de ciertos tipos de uso de suelo ha avanzado hacia áreas propensas a deslizamientos; además, permitió evaluar la vulnerabilidad espacial, identificando qué infraestructura se encuentra actualmente ubicada en zonas de alta susceptibilidad y alto desplazamiento.

Figura 22

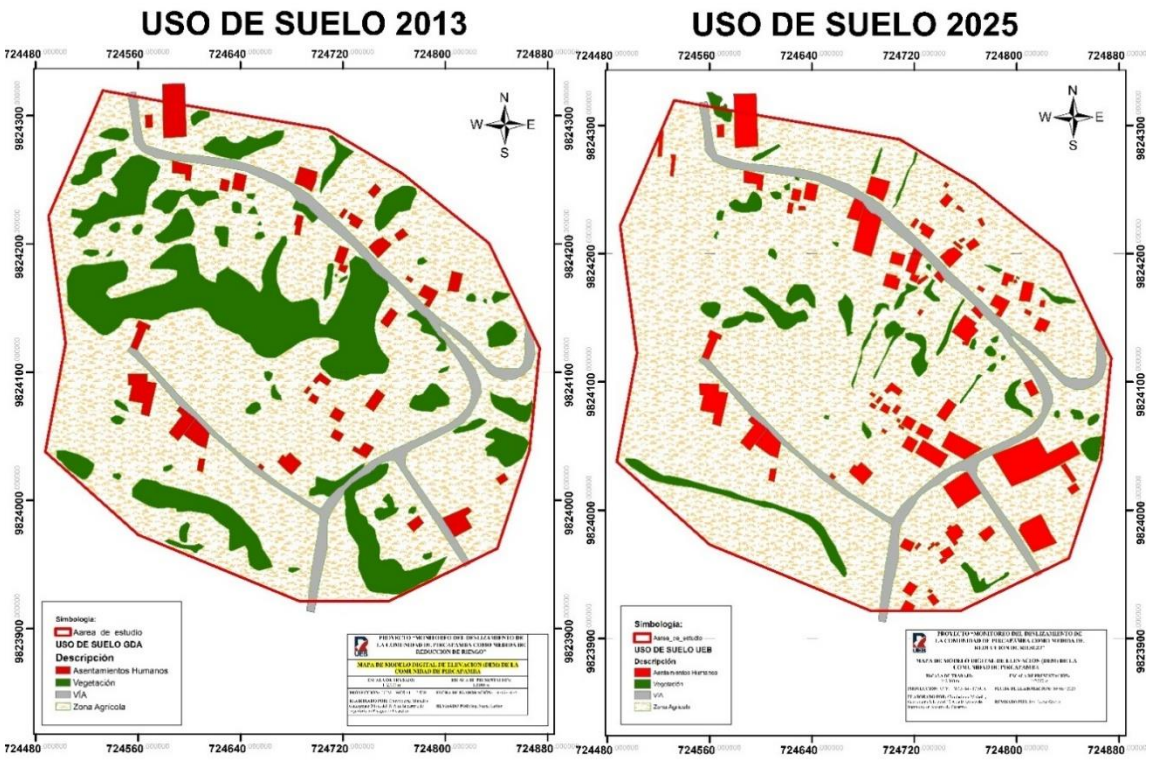
Uso de suelo para el año 2013 y 2025



Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Figura 23

Clasificación supervisada de los usos de suelo para el año 2013 y 2025



Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Tabla 8

Resultados de la clasificación de los usos de suelo para el año 2013 y 2025

Ponderación	Descripción	Uso de suelo 2013	%	Uso de suelo 2025	%
1	Vegetación	31987	25,77	5662,21	4,80
2	Asentamientos humanos	4724	3,81	9868,24	8,36
3	Vías	6228	5,02	6228	5,28
4	Zona agrícola	81189	65,41	96271,1	81,57

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

La tabla 8 indica de manera significativa una disminución de la vegetación, para el 2013 representaba el 25,77% al 2025 bajo a un 4,80%, lo que significa menos evapotranspiración y

más concentración de humedad en la tierra, seguido de las zonas agrícolas en cambio un aumento significativo de 65,41% para el 2013 en comparación con el 81,57% para el 2025, si bien es cierto que los cultivos de igual forma contribuyen a la evapotranspiración hay que tomar en consideración que los cultivos en la zona no son permanentes sino más bien temporales y que en su mayoría dependen del riego para su desarrollo, lo que implica que la humedad del suelo no sea aprovechada por los cultivos, los asentamientos humanos igualmente presentan un aumento de 3,81% para el 2013 a 8,36% para el 2025, las vías se puede manifestar que se ha mantenido constante.

Vulnerabilidad Estructural

Este tipo de estudio cartográfico no solo permite visualizar y delimitar las zonas más afectadas, sino que también constituye una herramienta fundamental para establecer prioridades en acciones de mitigación y evacuación, garantizando una mejor gestión del riesgo para los habitantes de la comunidad. Para determinar el desplazamiento del terreno en la comunidad de Pircapamba se realizó la visita de campo al lugar para medir las grietas y fisuras en el lugar donde se puede evidenciar en los lugares más afectados o visibles afectación.

Tabla 9

Ficha 1 de inspección – Vivienda Afectada

Ficha	Datos
N.º de Ficha	1
Zona	17 M
Dirección	Comunidad Pircapamba, sector Llulluguayco
Coordenadas	724606,22 E / 9824051,92 S (Monitoreo)
N.º de pisos	2

Propietario	Sr. José Hinojosa
Descripción de la inspección	- Inspección realizada por el exterior de la vivienda. - Grietas en la pared. - Separación y fracturas en baldosas del piso.
Conclusión general	El suelo experimenta asentamientos irregulares, lo que resulta en la aparición de grietas y grietas visibles en la zona.

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Tabla 10

Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa 1

Fecha	Ancho pared	Profundidad
12/03/2025	1,8 cm	15 cm
09/04/2025	2,0 cm	17 cm
29/05/2025	2,0 cm	19 cm
19/06/2025	2,2 cm	19 cm
17/07/2025	**2,5 cm**	**19 cm**

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Figura 24

Vivienda 1

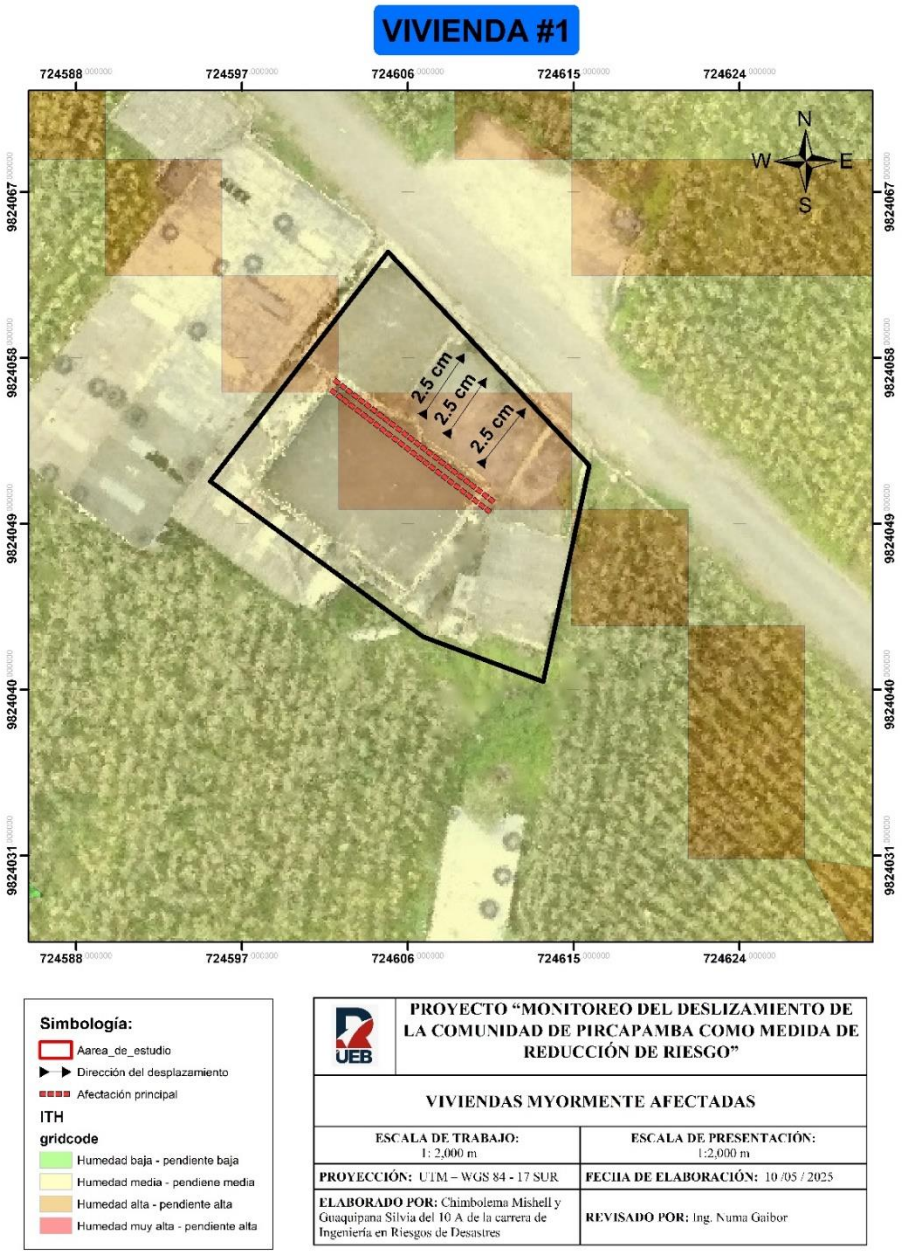
Las imágenes muestran el estado estructural de la vivienda antes y después del avance del deslizamiento en la Comunidad Pircapamba. En la primera imagen (antes) se observa una estructura que, aunque presentaba fisuras iniciales, aún conservaba estabilidad. En la segunda imagen (después) se evidencia un deterioro severo: los pilares están fracturados, el revestimiento se ha desprendido y la deformación del piso y paredes refleja un desplazamiento progresivo del terreno.

Antes	Después
	

Se puede evidenciar los datos recabados en campo el ancho y la profundidad de cómo se va desplazando el deslizamiento y se evidencia cambios por cada una de la fecha de visita al campo, como en la primera visita al lugar se evidencia en 1,8 cm de ancho y de profundidad 15 cm y con la última visita de campo que se realizó se puede visualizar un cambio significativo en los datos donde en el ancho es de 2,5cm y de profundidad se evidencia con 19 cm.

Figura 25

Vivienda 1



Elaborado: Chimbolema M, Guaquipana S.

Tabla 11

Ficha 2 de inspección – Vivienda Afectada

Ficha	Datos
N.º de Ficha	2
Zona	17 M
Dirección	Comunidad Pircapamba, sector Llulluguayco
Coordenadas	724741.19 E / 9824040.85 S (Monitoreo)
N.º de pisos	2
Propietario	Sr. Segundo Tualombo
Descripción de la inspección	- Inspección realizada por el exterior de la vivienda. - Grietas en la pared.
Conclusión general	La evaluación visual realizada a cabo desde el exterior de la casa facilitó la detección de fisuras en las paredes, lo que evidencia posibles daños estructurales relacionados con el desplazamiento del terreno.

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Tabla 12

Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa 2

Fecha	Ancho pared	Profundidad
12/03/2025	1,9 cm	N/A
09/04/2025	2,0cm	N/A
29/05/2025	2,5 cm	N/A
19/06/2025	2,9 cm	N/A
17/07/2025	**3,0 cm**	**N/A**

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Figura 26

Vivienda 2

En la imagen de antes, se observan fisuras iniciales en el muro exterior de la vivienda, evidenciando una pérdida temprana de estabilidad causada por el deslizamiento. En la imagen después, las grietas evolucionan a fracturas más profundas y aperturas mayores, acompañadas del desprendimiento del revestimiento y la deformación de la base del muro, lo que confirma el avance progresivo del deslizamiento.

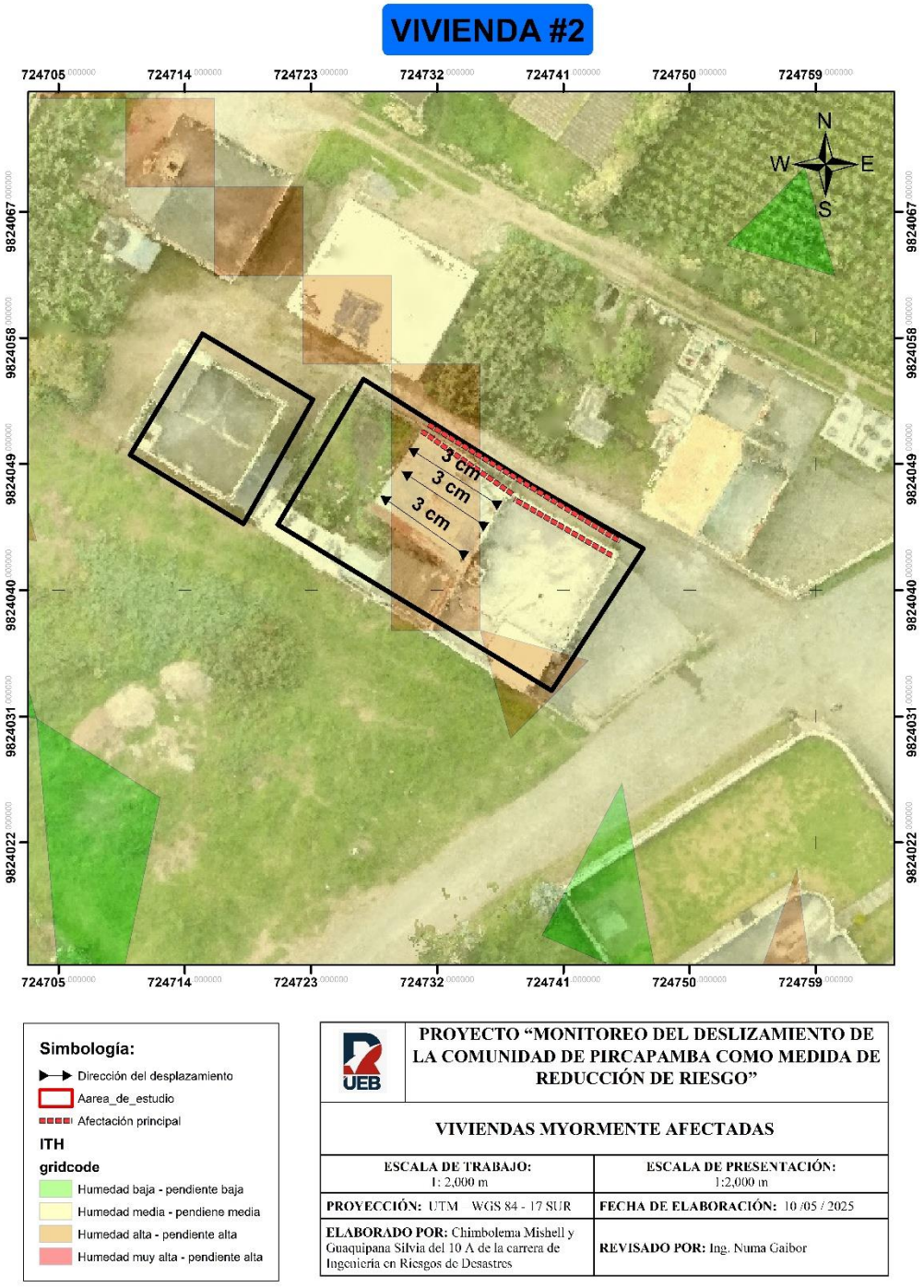
Antes	**Después**
	

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Se puede evidenciar los datos recabados en campo el ancho de la grieta de 1,9 cm en la pared de la vivienda y la profundidad no se visualiza en el suelo y el último dato que se recabo el ancho de la grieta es de 3 cm donde se visualiza que, si hay cambio, pero no se evidencia a gran escala la apertura de las grietas.

Figura 27

Viviendas #2



Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Tabla 13

Ficha 3 de inspección – Vivienda Afectada

Ficha	**Datos**
N.º de Ficha	3
Zona	17 M
Dirección	Comunidad Pircapamba, sector Llulluguayco
Coordenadas	724716.90 E / 9824052.81 S (Monitoreo)
N.º de pisos	2
Propietario	Sra. Yolanda Zaruma
Descripción de la inspección	- Inspección realizada por el exterior de la vivienda. - Grietas en la pared.
Conclusión general	La evaluación visual realizada a cabo desde el exterior de la casa facilitó la detección de fisuras en las paredes, lo que evidencia posibles daños estructurales relacionados con el desplazamiento del terreno.

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Tabla 14

Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa 3

Fecha	**Ancho pared**	**Profundidad**
12/03/2025	2,0 cm	N/A
09/04/2025	2,0 cm	N/A
29/05/2025	2,1 cm	N/A
19/06/2025	2,7 cm	N/A
17/07/2025	**3,0 cm**	**N/A**

Elaborado: Chimbolema M, Guaquipana S.

Figura 28

Vivienda 3

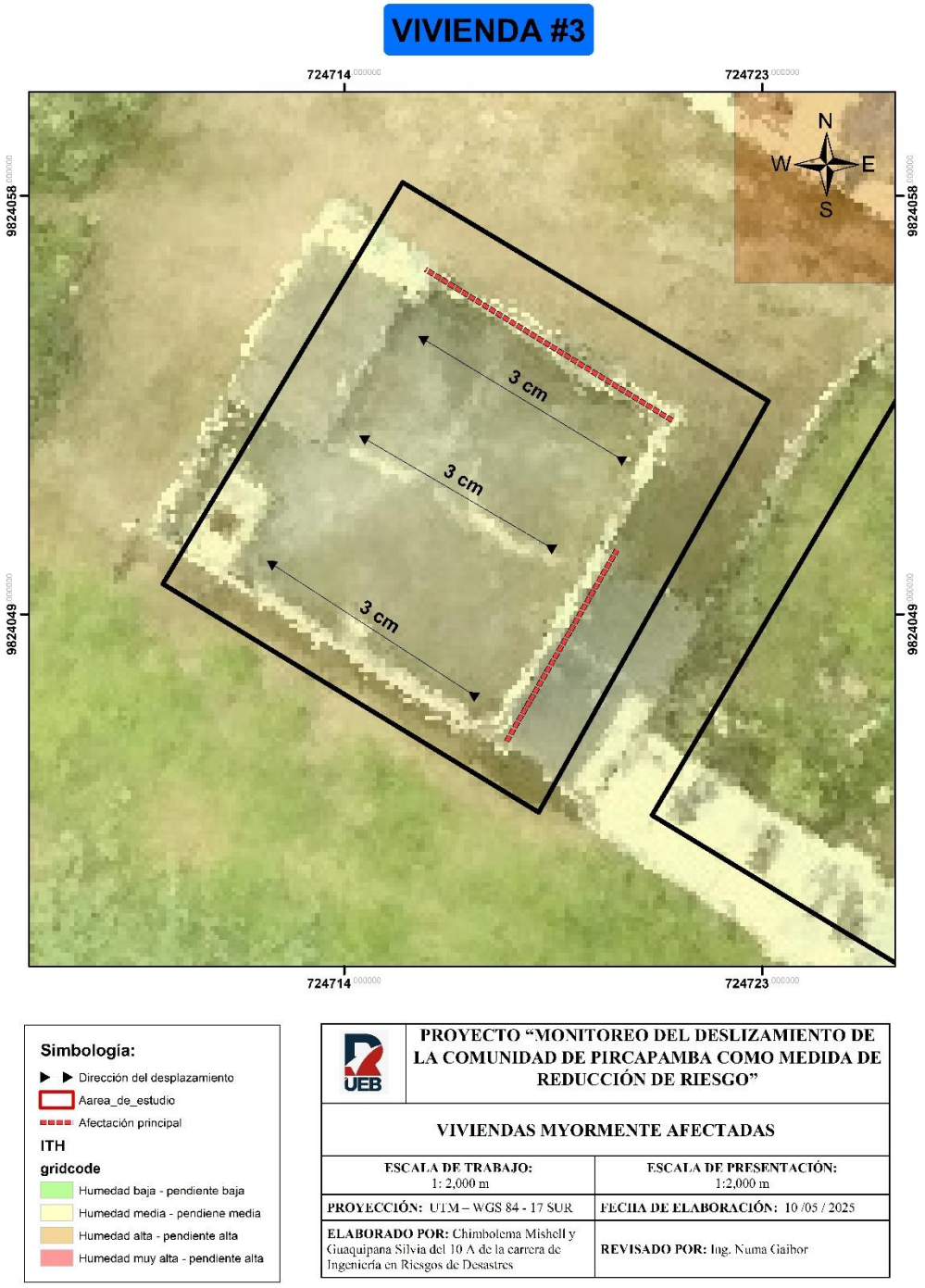
Antes	**Después**
	

Elaborado: Chimbolema M, Guaquipana S.

Se puede evidenciar los datos recabados en campo el ancho de la grieta de 2 cm en la pared de la vivienda y la profundidad no se visualiza en el suelo y el último dato que se recabo el ancho de la grieta es de 3 cm donde se visualiza que, si hay cambio, pero no se evidencia a gran escala los cambios.

Figura 29

Viviendas #3



Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Tabla 15

Ficha 4 de inspección – Vivienda Afectada

Ficha	**Datos**
N.º de Ficha	4
Zona	17 M
Dirección	Comunidad Pircapamba, sector Llulluguayco
Coordenadas	724787.77 E / 9824163.43 S (Monitoreo)
N.º de pisos	2
Propietario	Sr. Raúl Toalombo
Descripción de la inspección	- Inspección realizada por el exterior de la vivienda. - Grietas en la pared. - Grietas en el piso
Conclusión general	Vivienda presenta fisura y grietas en su planta baja. Se constata ventanas de vidrio que presentan fracturas en la frontal de la vivienda.

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Tabla 16

Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa 4

Fecha	**Ancho pared**	**Profundidad**
12/03/2025	20,0 cm	91,1 cm
09/04/2025	20,0 cm	91,5 cm
29/05/2025	20,7 cm	92,5 cm
19/06/2025	22,0 cm	92,9 cm
17/07/2025	**22,0 cm**	**94,5 cm**

Elaborado: Chimbolema M, Guaquipana S.

Figura 30

Vivienda 4

Antes	**Después**
	

Se puede evidenciar los datos recabados en campo el ancho y la profundidad de cómo se va desplazando el deslizamiento y se evidencia cambios por cada una de la fecha de visita al campo, como en la primera visita se evidencia en 20 cm de ancho y de profundidad 91,1 cm y con la última visita de campo que se realizó se puede visualizar un cambio significativo en los datos donde en el ancho es de 22 cm y de profundidad se evidencia con 94,5 cm.

Figura 31

Viviendas #4



Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Tabla 17

Ficha 5 de inspección – Vivienda Afectada

Ficha	Datos
N.º de Ficha	5
Zona	17 M
Dirección	Comunidad Pircapamba, sector Llulluguayco
Coordenadas	724724.45 E / 9824217.24 S (Monitoreo)
N.º de pisos	1
Propietario	Sr. Enrique Naranjo
Descripción de la inspección	- Inspección realizada por el exterior de la vivienda. - Grietas en la pared.
Conclusión general	La vivienda se evidencia fisura y grieta provocado por el asentamiento.

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Tabla 18

Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa 5

Fecha	Ancho pared	Profundidad
12/03/2025	1,9 cm	N/A
09/04/2025	2,0 cm	N/A
29/05/2025	2,4 cm	N/A
19/06/2025	2,9 cm	N/A
17/07/2025	**3,5 cm**	**N/A**

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Figura 32

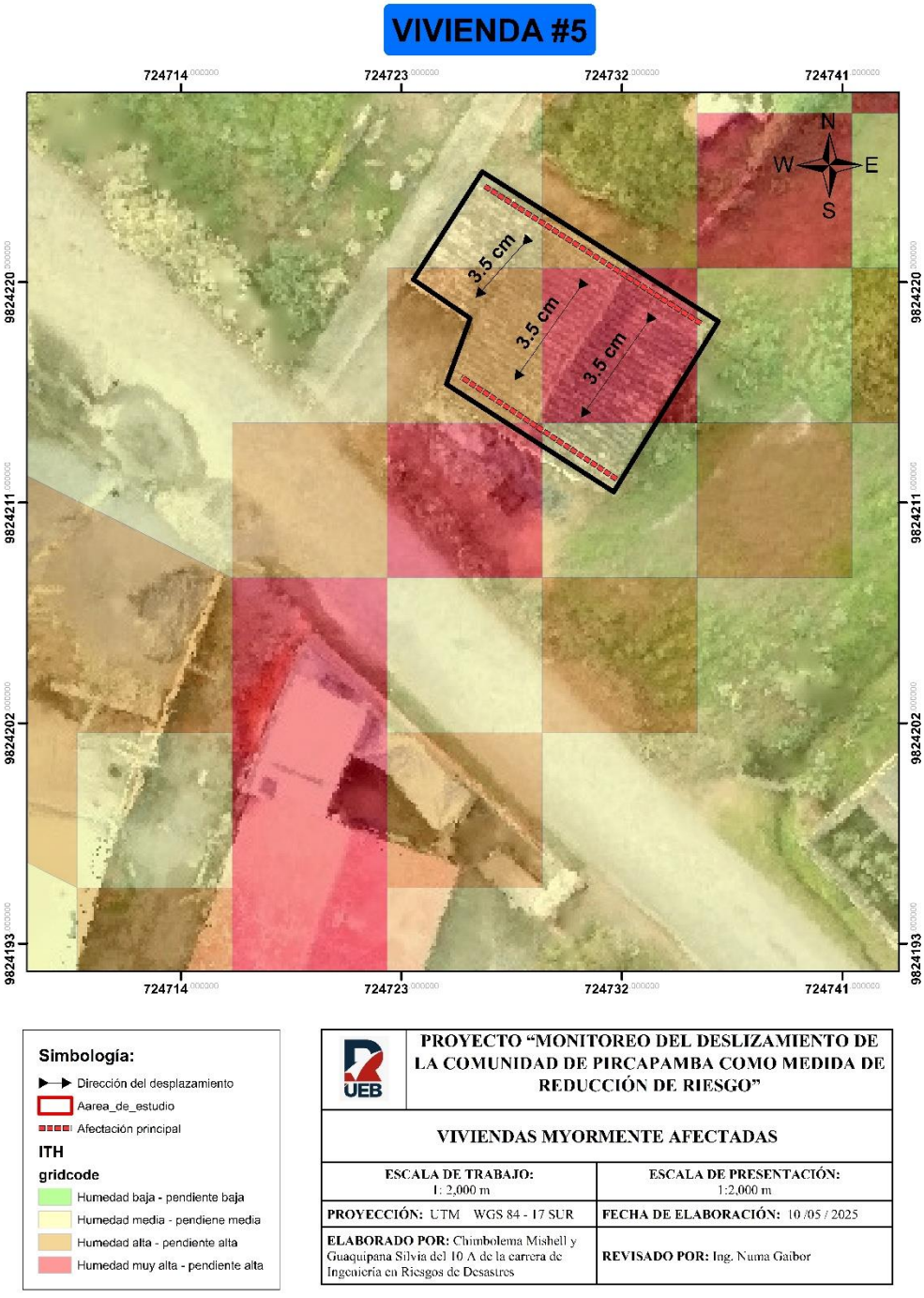
Vivienda 5

Antes	**Después**
	

Se puede evidenciar los datos recabados en campo el ancho de la grieta de l,9 cm en la pared de la vivienda y no se evidencia la profundidad porque no se visualiza en el suelo y el último dato que se recabo el ancho de la grieta es de 3,5 cm donde se visualiza que si hay cambio.

Figura 33

Viviendas #5



Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Tabla 19

Ficha 6 de inspección – Vivienda Afectada

Ficha	Datos
N.º de Ficha	6
Zona	17 M
Dirección	Comunidad Pircapamba, sector Llulluguayco
Coordenadas	724687.85 E / 9824223.57 S (Monitoreo)
N.º de pisos	1
Propietario	Sr. Eduardo Naranjo
Descripción de la inspección	- Inspección realizada por el exterior de la vivienda. - Grietas en la pared y en el suelo.
Conclusión general	Se observaron grietas en el suelo y las paredes durante la inspección exterior. Estas pueden indicar problemas de asentamiento o inestabilidad.

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Tabla 20

Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa 6

Fecha	Ancho pared	Profundidad
12/03/2025	40,5 cm	76,1 cm
09/04/2025	41,0 cm	82,1 cm
29/05/2025	41,7 cm	85,1 cm
19/06/2025	42,3 cm	84,1 cm
17/07/2025	**43,0 cm**	**89,0 cm**

Elaborado: Chimbolema M, y Guaquipana S.

Figura 34

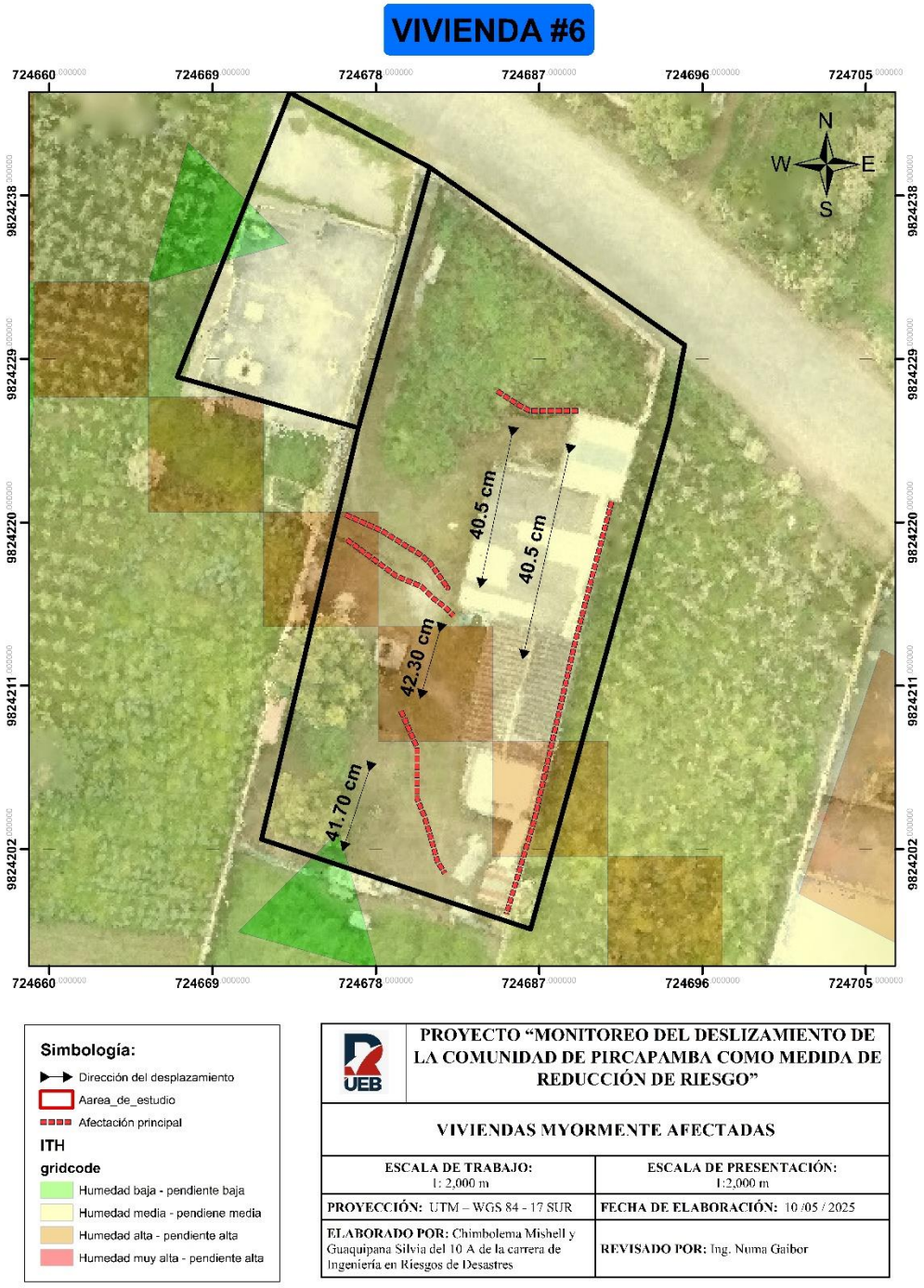
Vivienda 6

Antes	**Después**
	

Se puede evidenciar los datos recabados en campo el ancho y la profundidad de cómo se va desplazando el deslizamiento y se evidencia cambios por cada una de la fecha de visita al campo, como en la primera visita se evidencia en 40,5 cm de ancho y de profundidad 76,1 cm y con la última visita de campo que se realizó se puede visualizar un cambio significativo en los datos donde en el ancho es de 43 cm y de profundidad se evidencia en 1 metro con 89 cm.

Figura 35

Viviendas #6



Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Tabla 21

Ficha 7 de inspección – Vivienda Afectada

Ficha	Datos
N.º de Ficha	7
Zona	17 M
Dirección	Comunidad Pircapamba, sector Llulluguayco
Coordenadas	724672.91 E / 9824245.16 S (Monitoreo)
N.º de pisos	1
Propietario	Sr. Byron Llumiguano
Descripción de la inspección	- Inspección realizada por el exterior de la vivienda. - Grietas en la pared y fisura en el suelo.
Conclusión general	Se observaron grietas en el suelo y las paredes durante la inspección exterior. Estas pueden indicar problemas de asentamiento o inestabilidad.

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Tabla 22

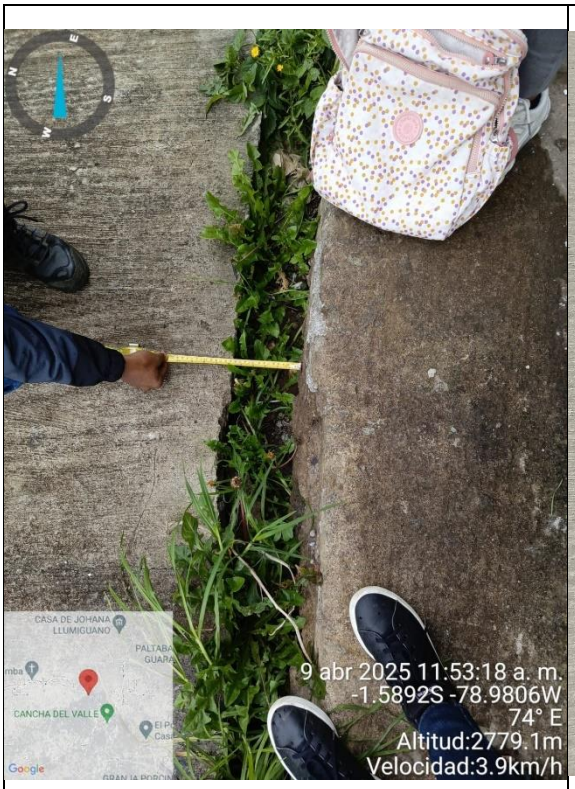
Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa 7

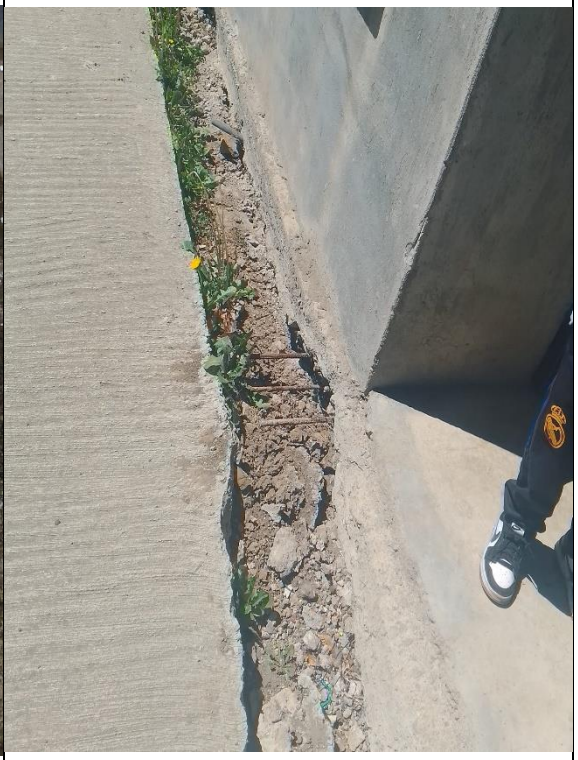
Fecha	Ancho	Profundidad
12/03/2025	18,3 cm	76,6 cm
09/04/2025	18,9 cm	82,1 cm
29/05/2025	20,0 cm	85,0 cm
19/06/2025	23,2 cm	87,3 cm
17/07/2025	**26,0 cm**	**91,0 cm**

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Figura 36

Viviendas 7





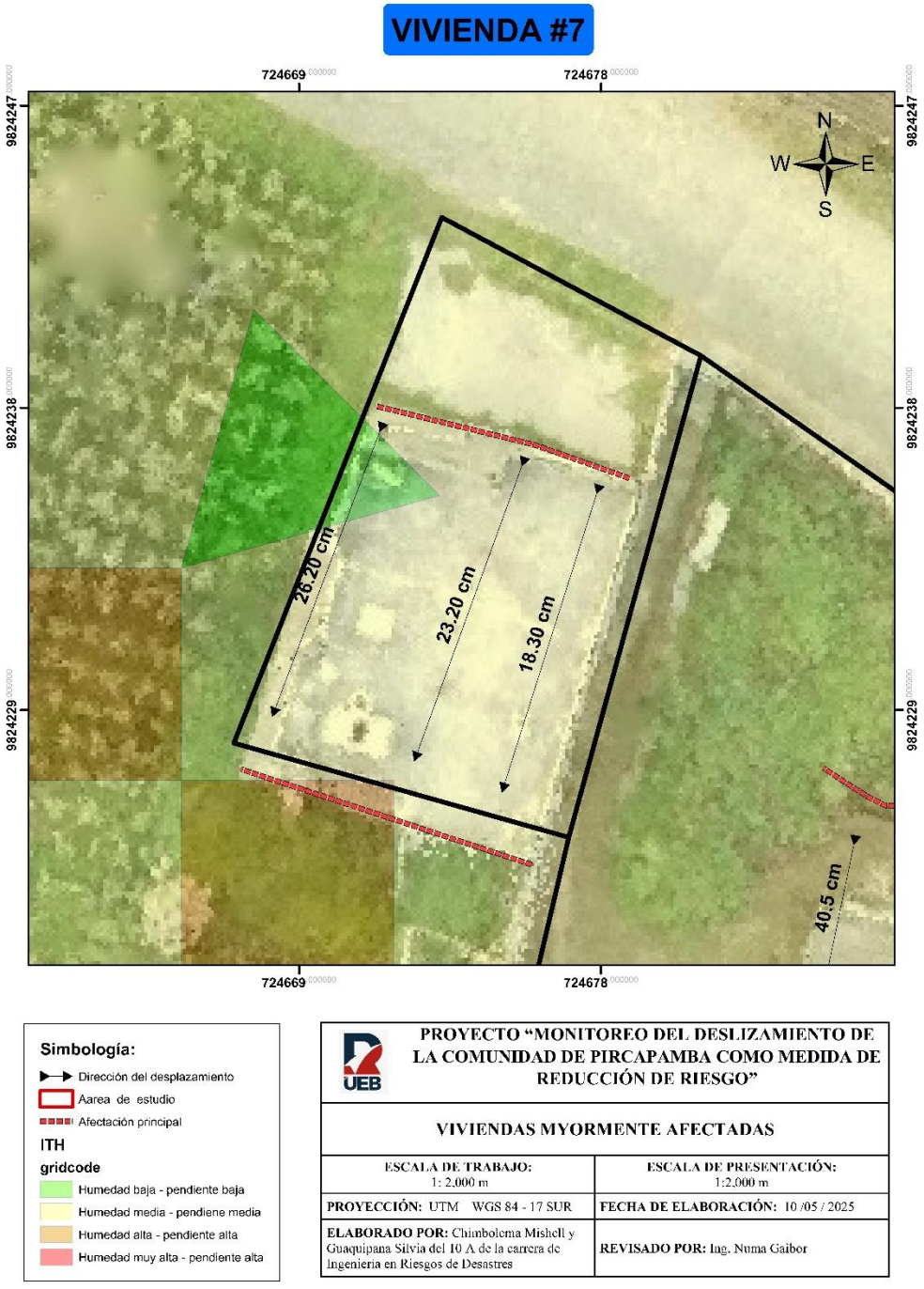
Antes **Después**

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Se puede evidenciar los datos recabados en campo el ancho y la profundidad de cómo se va desplazando el deslizamiento y se evidencia cambios por cada una de la fecha de visita al campo, como en la primera visita se evidencia en 18,9 cm de ancho y de profundidad 82,1 cm y con la última visita de campo que se realizó se puede visualizar un cambio significativo en los datos donde en el ancho es de 26 cm y de profundidad se evidencia con 91 cm.

Figura 37

Viviendas #7



Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Tabla 23

Ficha 8 de inspección – Vivienda Afectada

Ficha	Datos
N.º de Ficha	8
Zona	17 M
Dirección	Comunidad Pircapamba, sector Llulluguayco
Coordenadas	724621.70 E / 9824232.87 S (Monitoreo)
N.º de pisos	1
Propietario	Sra. Jessica Barragán
Descripción de la inspección	- Inspección realizada en el terreno que se evidencia grietas en el suelo.
Conclusión general	Se observaron grietas en el suelo. Estas pueden indicar problemas de asentamiento o inestabilidad del terreno.

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Tabla 24

Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa 8

Fecha	Ancho	Profundidad
12/03/2025	12,0 cm	98,0 cm
09/04/2025	18,0 cm	201,0 cm
29/05/2025	53,2 cm	201,0 cm
19/06/2025	85,0 cm	150,0 cm
17/07/2025	**91,0 cm**	**180,0 cm**

Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Figura 38

Viviendas 8





Antes **Después**

A partir de los datos recolectados en campo, se puede observar cómo el deslizamiento ha ido modificando tanto su ancho como su profundidad, mostrando variaciones en cada una de las visitas realizadas. Por ejemplo, durante la primera salida al sitio, se registró un ancho de 18 cm y una profundidad de 98 cm, mientras que en la última visita se constató un aumento significativo, alcanzando un ancho de 91 cm y una profundidad de 1 metro con 80 cm.

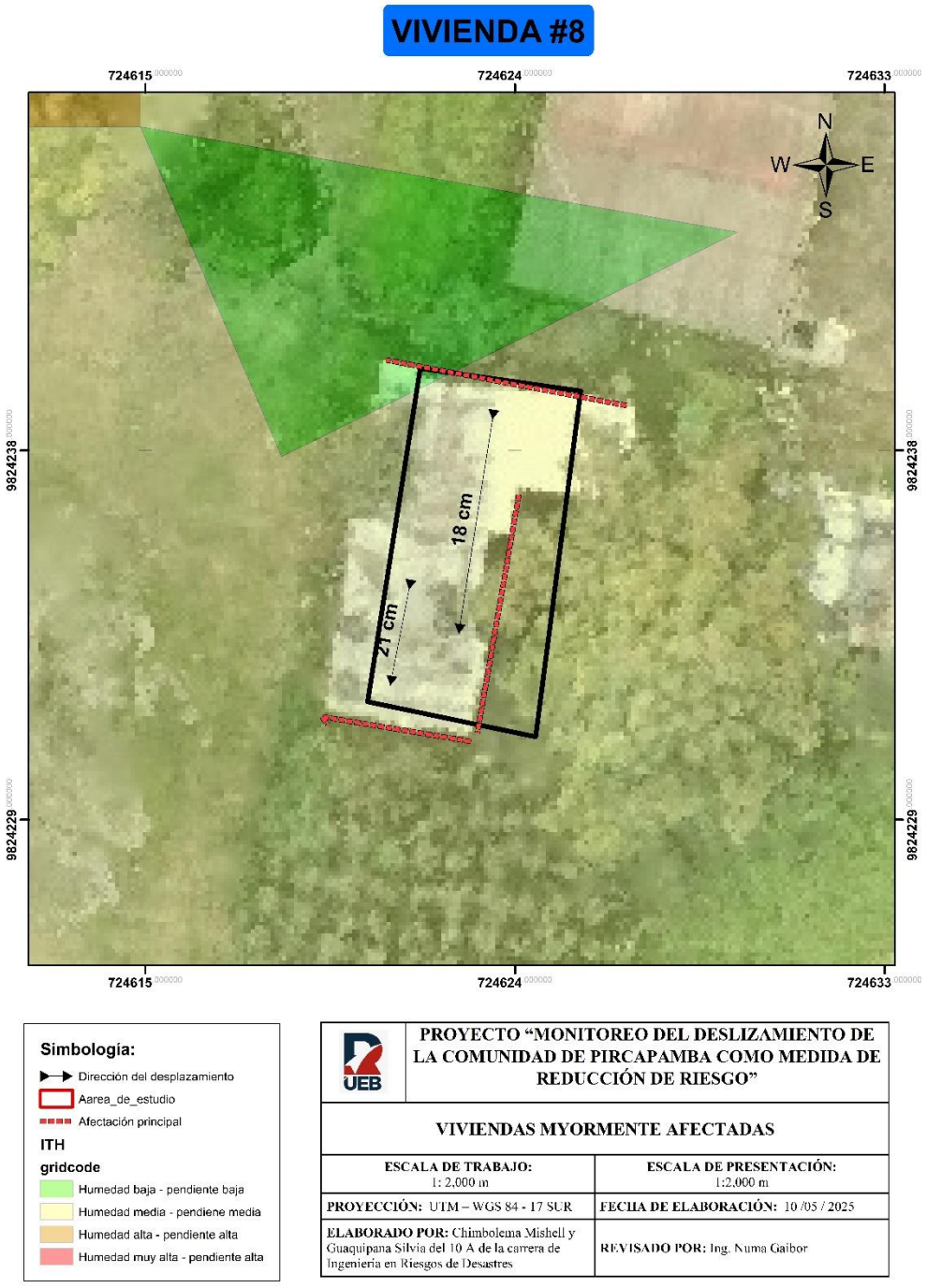
Asimismo, mediante la inspección directa del terreno, se evidenció claramente que existe un desplazamiento del suelo, el cual se ha reflejado especialmente en las viviendas que presentan grietas. Estos cambios se han monitoreado de manera recurrente, permitiendo medir con

precisión la evolución del terreno desde el inicio del levantamiento de información hasta la última toma de datos.

Además, se ha determinado que las lluvias constituyen el principal factor que condiciona el movimiento, siendo más pronunciado durante los meses de mayor precipitación. Cabe destacar que, en la última visita, se identificaron nuevas grietas en zonas donde previamente no se habían detectado, lo que resalta la dinámica y progresión del deslizamiento.

Figura 39

Viviendas #8



Elaborado: Chimbolema M. y Guaquipana S.

Registro de Desplazamiento de Viviendas Afectadas

Se evidencia el total las 8 viviendas afectadas

Tabla 25

Registro de Desplazamiento de Viviendas Afectadas

Nro. de viviendas afectadas	Desplazamiento de viviendas (cm)	Unidades
1	2,10	Cm
2	2,46	Cm
3	2,36	Cm
4	20,94	cm
5	2,74	cm
6	41,70	cm
7	21,28	cm
8	51,18	cm
Promedio	**18,18**	**Cm**

En la table 25 muestra el número de viviendas afectadas y el desplazamiento registrado con un total de **18,18** cm en las edificaciones y en otras en el terreno. En las viviendas 4,6,7,8 reflejan valores con mayor incidencia del desplazamiento provocado por el deslizamiento en la comunidad de Pircapamba.

Objetivo 3: Proponer medidas de reducción de riesgo por deslizamiento en la comunidad Pircapamba

La definición de estrategias apropiadas para prevenir y mitigar los deslizamientos se convierte en un aspecto esencial dentro de los procesos de gestión del riesgo en zonas rurales. En el caso particular de la comunidad de Pircapamba, la construcción de una matriz de medidas constituye un recurso que permite organizar de forma clara y ordenada las diferentes alternativas de intervención destinadas a reducir la vulnerabilidad tanto de la población como del entorno natural que la rodea.

Dicha matriz contempla iniciativas de tipo estructural, ambiental, organizativo, educativo y normativo, orientadas no solo a enfrentar los impactos inmediatos de los deslizamientos, sino también a fomentar la sostenibilidad en el tiempo mediante la articulación entre las instituciones y la participación activa de los habitantes. Asimismo, se incorporan elementos clave como los responsables directos de cada acción, los recursos requeridos, los plazos de ejecución y los mecanismos de verificación, lo que facilita su puesta en marcha y posterior control (García, 2021).

De esta manera, la tabla que se expone a continuación se configura como un instrumento práctico para planificar y priorizar medidas, asegurando un abordaje integral y participativo en la reducción del riesgo de deslizamientos en la comunidad de Pircapamba.

Tabla 26

Medidas de Reducción de Riesgo por Deslizamiento en la Comunidad Pircapamba

Acción preventiva	Tipo de medida	Explicación de la medida	Responsables principales	Plazo estimado de ejecución	Recursos requeridos	Forma de verificación
Reforestación con especies nativas en zonas de mayor vulnerabilidad	Ambiental Estructural	Se plantea incrementar la vegetación con plantas propias de la zona para reforzar la estabilidad de los suelos y disminuir los procesos de erosión.	GAD Cantón Guaranda, Ministerio del Ambiente y comunidad local	Mediano plazo (1 a 3 años)	Plantones nativos, herramientas agrícolas y participación de los habitantes	Informes técnicos, registros de siembra y evidencias fotográficas
Construcción de sistemas de drenaje superficial y subterráneo	Estructural	La medida busca encauzar el agua de escorrentía a través de drenajes adecuados, reduciendo así la saturación del terreno y evitando filtraciones que debiliten los taludes.	Municipio de Guaranda, Gobierno Provincial, MIES	Corto plazo (6 meses a 1 año)	Maquinaria, materiales de construcción, personal técnico	Supervisiones de obra, actas de entrega y comprobación en temporada de lluvias
Instalación de muros de contención en sectores críticos	Estructural	Consiste en levantar estructuras de soporte que ayuden a estabilizar las laderas más inestables y disminuyan el riesgo de deslizamientos.	Municipio de Guaranda, MTOP, GAD Provincial	Mediano plazo (1 a 2 años)	Material pétreo, cemento, mano de obra especializada	Inspecciones técnicas, fotografías y reportes de obra

Acción preventiva	Tipo de medida	Explicación de la medida	Responsables principales	Plazo estimado de ejecución	Recursos requeridos	Forma de verificación
Organización de un sistema comunitario de vigilancia del deslizamiento	Organizativa No estructural	Se propone establecer puntos de observación y capacitar a la población para identificar y reportar signos de movimiento del terreno.	Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos - SNGR y dirigentes comunitarios	Corto plazo (0 a 1 año)	Programas de capacitación, equipos básicos (GPS, cintas métricas)	Registros de monitoreo, actas de talleres y reportes periódicos
Ejecución de talleres y simulacros de evacuación	Educativa No estructural	Pretende sensibilizar y preparar a los habitantes sobre las rutas de evacuación y protocolos de seguridad frente a una emergencia por deslizamiento.	SNGR, Cruz Roja, centros educativos	Corto plazo (cada 6 meses)	Material didáctico, espacios comunales, apoyo logístico	Actas de simulacros, listas de asistencia y encuestas de evaluación
Regulación del uso del suelo en zonas de riesgo alto	Normativa Preventiva	La medida consiste en restringir nuevas construcciones en áreas con alta susceptibilidad, priorizando la seguridad de la población.	Municipio de Guaranda, GAD Provincial, SGR	Largo plazo (más de 3 años)	Estudios técnicos, ordenanzas municipales, personal jurídico	Ordenanzas aprobadas, inspecciones y sanciones en caso de incumplimiento
Reubicación progresiva de familias en sectores inestables	Social Preventiva	Busca trasladar de manera planificada a las familias que residen en áreas críticas hacia espacios seguros, con acompañamiento institucional.	Municipio, MIDUVI, GAD Provincial	Largo plazo (3 a 5 años)	Plan habitacional, financiamiento y apoyo social	Actas de reasentamiento, informes técnicos y viviendas entregadas

Acción preventiva	Tipo de medida	Explicación de la medida	Responsables principales	Plazo estimado de ejecución	Recursos requeridos	Forma de verificación
Mantenimiento constante de caminos y senderos rurales	Preventiva Estructural	Incluye labores periódicas como limpieza de cunetas y mejoramiento de drenajes para evitar acumulación de agua y erosión en las vías.	MTOP, GAD Provincial, comunidad	Corto plazo (cada 6 meses)	Herramientas de trabajo, maquinaria y personal de mantenimiento	Informes de mantenimiento, registros fotográficos y actas de intervención
Fortalecimiento de brigadas locales de emergencia	Organizativa	Se orienta a la conformación de grupos comunitarios preparados para actuar en prevención, primeros auxilios y vigilancia de riesgos.	Líderes comunitarios, SGR, ONGs	Corto – mediano plazo (1 a 2 años)	Manuales, capacitación y equipos básicos	Actas de conformación, reportes de actividades y participación en simulacros
Colocación de señalización preventiva en áreas vulnerables	Educativa Informativa	Instalar letreros de advertencia y orientación en sectores de riesgo con el fin de alertar a los pobladores y visitantes.	Municipio, GAD Parroquial, comunidad	Corto plazo (0 a 6 meses)	Señales, postes, material reflectante	Inspecciones de campo, fotografías y actas de colocación
Fomento de prácticas agrícolas sostenibles	Ambiental /Productiva	Se recomienda promover técnicas de cultivo como terrazas, barreras vivas y rotación de cultivos para reducir la erosión del suelo.	MAG, organizaciones agrícolas y comunidad	Mediano plazo (1 a 3 años)	Insumos agrícolas, asistencia técnica y capacitación	Registros de capacitación, inspecciones de cultivos y reportes técnicos

Acción preventiva	Tipo de medida	Explicación de la medida	Responsables principales	Plazo estimado de ejecución	Recursos requeridos	Forma de verificación
Elaboración participativa de planes comunitarios de emergencia	Organizativa Planificación	Implica diseñar de manera conjunta protocolos de actuación ante deslizamientos, con la participación activa de los habitantes.	SGR, líderes comunitarios, población local	Corto plazo (1 año)	Asesoría técnica, talleres, material impreso	Documento del plan, actas de validación comunitaria y simulacros

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La estabilidad de la ladera en Pircapamba está fuertemente condicionada por las características hidrográficas y la morfometría de la microcuenca, las cuales evidencian una alta eficiencia de drenaje y una respuesta hidrológica rápida frente a eventos de precipitación intensa. Estos factores, sumados a la pendiente pronunciada y a la naturaleza del material geológico, favorecen la activación y reactivación de deslizamientos en el sector.

El monitoreo realizado mediante dron, MDE, TWI y fichas de campo permitió identificar desplazamientos progresivos, presencia de grietas activas y deformaciones estructurales en varias viviendas. El análisis de los puntos monitoreados evidencia un promedio de desplazamiento de 18,18 cm/mes lo cual demuestra que el movimiento del terreno continúa activo y tiende a incrementarse durante periodos de mayor precipitación. Esta situación representa una amenaza inmediata para las viviendas asentadas en la zona crítica.

Los resultados indican que la comunidad carece de obras de mitigación, sistemas adecuados de drenaje y un sistema de alerta temprana que permita reducir la exposición de la población. Ante la permanencia del proceso de inestabilidad y el riesgo elevado que representa, se determina la necesidad de implementar de manera urgente medidas de control, monitoreo permanente y estrategias de gestión del riesgo acordes a las condiciones de la ladera.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda ejecutar de manera prioritaria obras de mitigación que contribuyan a reducir la saturación del suelo y controlar la inestabilidad de la ladera. Entre estas medidas se

incluyen la instalación de drenajes superficiales y subterráneos, cunetas revestidas, canales de desviación para encauzar adecuadamente los escurrimientos, así como muros de contención livianos en puntos críticos donde exista riesgo para viviendas o infraestructura. Además, la revegetación con especies nativas de raíces profundas ayudará a mejorar la cohesión del suelo y disminuir la erosión superficial, favoreciendo la recuperación gradual de la estabilidad del terreno. Estas acciones deben ser diseñadas técnicamente y ejecutadas en coordinación con el GAD Municipal y la SNGRE.

Dado que el fenómeno presenta desplazamientos activos y progresivos, es imprescindible implementar un sistema de vigilancia continua que permita registrar la evolución del movimiento y anticipar escenarios de riesgo. Este sistema debe incorporar mediciones periódicas de grietas, levantamientos geotécnicos, análisis con MDE y TWI, además de vuelos con dron cada 30 a 90 días para detectar variaciones en el terreno. Asimismo, se debe mantener un registro sistemático de datos pluviométricos, ya que la precipitación constituye un factor detonante clave en la reactivación del deslizamiento. Con esta información, las autoridades podrán emitir alertas tempranas y tomar decisiones oportunas de evacuación o intervención.

Se recomienda socializar ampliamente los resultados del estudio con las autoridades locales, instituciones competentes y la población de Pircapamba, con el fin de promover la toma de decisiones informada. Es necesario elaborar y actualizar planes de emergencia, realizar capacitaciones constantes sobre rutas de evacuación y preparación ante eventos de deslizamiento, e involucrar a la comunidad en actividades de prevención y vigilancia participativa. Además, se sugiere gestionar con el GAD Municipal del cantón Guaranda y la SNGRE la reubicación temporal o definitiva de las viviendas con mayor afectación estructural. Finalmente, se plantea incorporar la zona inestable dentro de los instrumentos de ordenamiento territorial, evitando

nuevas construcciones en áreas clasificadas como de alto riesgo y asegurando una planificación responsable y sostenible del territorio.

BIBLIOGRAFÍA

Arias, J. (2021). Diseño y metología de la investigación. In *Enfoques Consulting Eirl* (Issue 1).

Asamblea Nacional. (2009). Ley de Seguridad Pública del Estado. *Registro Oficial Suplemento 35 de 28-Sep.-2009*, 1–16.

Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2010). Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización COOTAD. *Registro Oficial Suplemento 303 de 19-Oct-2010*, *2*, 174.

Calixto, C. (2023). *Conceptos y enfoques de METODOLOGÍA de la*.

Carbajal, R. V. (2020). *Metodologia De La Investigación Investigación Bibliográfica /Documental*. 1–47.

Chaves, J., Hernández, N., & Hernández, M. (2011). *Repositoriotec*. Obtenido de Sistema de monitoreo y alerta ante deslizamientos y deslaves en la comunidad de Jucó de Orosi.: https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/4059

CHAVES PABON, S. B. (2021). Uso de drones y sensores remotos para el monitoreo de laderas: una revisión. *Ingenierías USBMed*, *12*(2), 65–73. https://doi.org/10.21500/20275846.5158

Coloma Romero, V. (2021). *Gobierno Autónomo descentralizado de la Provincia de Bolívar*. 1–686.

Comunidad Andina. (18 de Mayo de 2018). *Glosario de términos y conceptos de la Gestión de Riesgos de Desastres para los paises miembros de la comunidad Andina*. Obtenido de https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/2018619133838GlosarioGestionDeRiesgoSGCA.pdf

Constitución de la Republica del Ecuador. (2008). Constitucion del Ecuador (análisis) | Análisis de la Constitución de la República del Ecuador. *Iusrectusecart*, *449*, 1–219.

Coronel Pérez, V., & Buñay Cantos, J. (2018). Gestión de los seguros ante desastres naturales en el Ecuador. Universidad y Sociedad, 10(4), 199-206. Recuperado de http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus RESUMEN. (2018). 199–206.

Gad Cantón Guaranda. (2012). Obtenido de https://www.guaranda.gob.ec/newsiteCMT/el-canton/

Instituto Geofísico. (17 de Abril de 2023). *Instituto geofísico*. Obtenido de Observaciones sobre el deslizamiento del 26 de marzo de 2023 en Alausí: https://www.igepn.edu.ec/portal/informes/otros/deslizamiento_alausi.pdf

Jasiewics y Stepinski. (2013). Obtenido de https://baharmon.github.io/geomorphometry-in-grass

Ministerio de Ambiente y Energia . (Marzo de 2025). Obtenido de http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/

JICA-IIGE-MDMQ. (2024). *Manual de la actividad 1 del Proyecto de Desarrollo de Capacidades para la Reducción del Riesgo de Desastres en Laderas a Nivel Técnico y Territorial en Ecuador*.

Laín, R. (2004). Rotura plana y Rotura en cuña. *Rotura Plana Y Rotura En Cuña*, 286–290.

López, R. (2002). Degradación del suelo: causas, procesos, evaluación e investigación. In *Centro interamericano de desarrollo e investigacion ambiental y territorial universidad de los andes*.

Macías, L., Bonifaz, H., Toulkeridis, T., & Pastor, J. L. (2025). Geotechnical and geophysical evaluation of the remarkable Chunchi landslide of 2021 in the Andean Ecuador. *Natural Hazards*, *121*(9), 10905–10927. https://doi.org/10.1007/s11069-025-07219-x

Martinez, C. (2018). Investigación Descriptiva: Tipos y Características. *Lifeder.Com*, 7.

Medina, C., & Astudillo, J. (2013). Ubicación E Identificación De Los Principales Deslizamientos

De La Vía Macará-Sabiango De La Provincia De Loja. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *53*(9), 1689–1699.

Ministerio de Ambiente y Energia . (Marzo de 2025). Obtenido de http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/

NIST. (2023). *Monitoreo de riesgos*. 1–12.

OMS/ONUSIDA. (2005). Hoja informativa. *Onusida; Oms*, *301*, 21–22.

Oñate Valdivieso, F. R. (2012). Proyecto: "Generación De Geoinformación Para La Gestión Del Territorio a Nivel Nacional Escala 1: 25 000." *Memoria Técnica*, 26.

ONU. (2009). *Integrating Disaster Risk Reduction*.

Ortega, A. P. (2022). *Ingeniería Ambiental*. Obtenido de Analisís de Riesgo por movimiento en masa, mediante vehículosaéreos no tripulados (drones)y GPS de presición, en el sector del Metropolitano de Quito: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23415/1/UPS%20-%20TTS1004.pdf

Portillo, G. (04 de Octubre de 2023). *Ecología Verde*. Obtenido de Deslizamientos de tierra: causas, consecuencias y cómo prevenirlos: https://ecologiaverde.elperiodico.com/deslizamientos-de-tierra-causas-consecuencias-y-como-prevenirlos-4622.html

Riesgos, S. de G. de. (n.d.). *GLOSARIO DE TÉRMINOS DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES GUÍA DE CONSULTA Juntos*.

Rodas, R., Sellers, C., Pacheco-Prado, D., Bravo-López, P., & Delgado, O. (2022). Establecimiento de una red de monitoréo de GPS diferencial para el monitoreo de movimiento de tierras. *Revista Geoespacial*, *19*(1), 1–11.

Rodríguez Cruz, F. (2017). Generalidades acerca de las técnicas de investigación cuantitativa.

Paradigmas: Una Revista Disciplinar de Investigación, *2*(1), 9–39.

SERVICIO NACIONAL DE GESTION DE RIESGOS Y EMERGENCIAS. (2019). Lineamientos p ara incluir la gestión del riesgo de desastres. *Servicio De Gestion De Riesgos Y Emergencias*, 80.

Suárez, J. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes. *Publicaciones UIS*, *1*, 540.

Sur, A., Loma, C., Calvario, E., Bartola, S., & Moreno, J. (n.d.). *Escudo y Bandera del cantón Guaranda*.

Toral, R. A. R. (2025). *Análisis de susceptibilidad a deslizamientos aplicado a grupos socioeconómicos vulnerables, mediante Máxima entropía (MaxEnt), en las parroquias: Cuenca, Nulti, Paccha, El Valle y Turi, del cantón Cuenca*.

Van de Velde, H. (2009). Sistemas de Evaluación, Monitoreo, Seguimiento y Evaluación de Proyectos Sociales-Texto de referencia y consulta. In *Cuadernos del desarrollo comunitario* (Vol. 4, Issue 4).

Vasconez, F., Pacheco, D., Viracucha, C., Toro, M., Córdova, A., Saqui, D., & Ruiz, M. (2023). *Observaciones sobre el deslizamiento del 26 de marzo de 2023 en Alausí (provincia de Chimborazo)*. *2*, 1–24.

Vázquez, J. (2017). UNIVERSIDAD ANÁHUAC Facultad de Comunicación Licenciatura en Dirección de Empresas de Entretenimiento. *UNIVERSIDAD ANÁHUAC Facultad de Comunicación Licenciatura En Dirección de Empresas de Entretenimiento*, 4.

Villarroel, L. (2016). Fisuras y grietas. *Propiedades Del Asfalto*, 1.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de campo para recolección de datos de desplazamiento en viviendas en la comunidad de Pircapamba

Ficha de inspección – Vivienda Afectada

Ficha	Datos
N.º de Ficha	
Zona	
Dirección	
Coordenadas	
N.º de pisos	
Propietario	
Descripción de la inspección	
Conclusión general	

Seguimiento de grietas (Monitoreo) casa N°

Fecha	Ancho pared	Profundidad pared

Anexo 2. Memoria fotográfica de trabajo de campo en la comunidad de Pircapamba














APPLES









