UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y EL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

"Análisis de riesgos por deslizamientos del talud y su incidencia en la funcionalidad del canal de riego en el kilómetro 11,31 del sector San Vicente de las Tres Cruces cantón Guaranda, provincia de Bolívar. Período marzo – julio 2026"

AUTORES:

Quinatoa Pantoja David Israel.
Toalombo Manobanda Maritza Johana.

DIRECTOR
Ing. Jorge Javier Analuisa Sánchez MsC.

GUARANDA – ECUADOR
2026

TEMA DEL PROYECTO DE INTEGRACIÓN

Análisis de riesgos por deslizamientos del talud y su incidencia en la funcionalidad del canal de riego en el Kilómetro 11.31 del sector San Vicente de las tres cruces cantón Guaranda, provincia de Bolívar

AGRADECIMINETO

Primeramente, agradezco a Dios por brindarme la fortaleza, sabiduría y salud necesaria para alcanzar esta etapa tan importante de mi vida. Gracias por guiar cada uno de mis pasos y permitirme culminar este proceso lleno de aprendizajes y experiencias.

Expreso mi más profundo agradecimiento a mis padres, quienes han sido mi mayor apoyo durante este camino. Gracias por su amor incondicional sus sacrificios sus consejos y por motivarme a continuar adelante incluso en los momentos más difíciles. Su esfuerzo y confianza en mí han sido fundamentales para alcanzar esta meta.

Agradezco también a mis familiares y a todas ellas aquellas personas que tuvieron presentes durante este proceso, brindándome su apoyo, palabras de ánimo y motivación para no rendirme

De igual manera extiendo mi sincero agradecimiento a los docentes quienes con su dedicación, conocimiento y experiencia contribuyeron a mi formación profesional. Asimismo, agradezco a mi tutor de tesis Ing. Jorge Analuisa Sánchez, MSc. por su orientación, paciencia y acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación.

A todos quienes formaron parte de este camino, mi interna gratitud.

David Israel Quinatoa Pantoja

Con profunda gratitud, agradezco a Dios por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino, por concederme salud, sabiduría y la perseverancia necesaria para finalizar esta importante etapa de mi vida.

De la misma manera, expreso mi más inmenso agradecimiento a mis hermanas y hermanos, por su amor, apoyo incondicional, y palabras de aliento en cada momento, a mi precioso hijo Josué David quién ha sido mi mayor motivación e inspiración para seguir adelante.

Finalmente, agradezco a mi tutor de la investigación por su orientación y valioso acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo académico. Asimismo, extiendo mi gratitud a mis docentes de la carrera Ingeniería en Riesgos de Desastres, quienes compartieron sus valiosos conocimientos.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento por formar parte de este logro.

Maritza Johana Toalombo Manobanda

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por ser mi guía mi fortaleza y por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. Con mucho amor y gratitud, dedico esta tesis a si a mis padres quiénes han sido el pilar fundamental de mi vida. Gracias por su amor, su esfuerzo y su apoyo constante por enseñarme que con perseverancia, responsabilidad y dedicación es posible alcanzar los sueños.

A mi madre. Alba Pantoja por su cariño incondicional, por sus palabras de aliento y por ser esa persona que siempre me impulsó a seguir adelante cuando las dificultades Parecían mayores.

A mi padre, Carlos Quinatoa por sus enseñanzas, sus consejos y por ser una inspiración para luchar por mis objetivos. Cada esfuerzo realizado tiene también un poco de ustedes.

Finalmente, dedico este logro a mi familia y a todas las personas que me acompañaron durante este proceso, quienes con sus palabras, apoyo y confianza hicieron que este camino fuera más llevadero.

Este logro también es de ustedes.

David Israel Quinatoa Pantoja

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios por ser mi guía, mi fortaleza y la luz que iluminó mi camino en los momentos de incertidumbre. A la Santísima Virgen del Cisne, por su protección, su amor y por acompañarme con su bendición en cada paso de este largo camino.

A mi madre por ser mi luz y guía, a mis queridos hermanos y hermanas, quiénes han sido un pilar fundamental en mi vida. Por a pesar de la distancia estar ahí en mis

momentos más difíciles, gracias por su apoyo incondicional, por creer en mí, por su confianza y estar siempre a mi lado motivándome a seguir adelante.

A mi amado hijo, Josué David, quién es el motor de mi vida, mi mayor inspiración y la razón que me impulsa a luchar cada día por ser una mejor persona y construir un futuro lleno de oportunidades. Este logro también es para ti.

Finalmente, me la dedico a mí misma, por no rendirme nunca, por levantarme después de cada caída, por enfrentar con valentía las adversidades y por creer en mis capacidades incluso cuando el camino parecía difícil. Este logro es el reflejo de mi esfuerzo, perseverancia y fortaleza, ahí me recuerda que, con fe y determinación, los sueños sí se pueden hacer realidad.

Maritza Johana Toalombo Manobanda

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

CERTIFICADO DEL TUTOR.

Guaranda, 08 de octubre de 2026.

El suscrito Ingeniero Jorge Javier Analuisa Sánchez MsC., Director del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: "ANÁLISIS DE RIESGOS POR DESLIZAMIENTOS DEL TALUD Y SU INCIDENCIA EN LA FUNCIONALIDAD DEL CANAL DE RIEGO EN EL KILÓMETRO 11.31 DEL SECTOR SAN VICENTE DE LAS TRES CRUCES CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR. PERIODO MARZO - JULIO 2026."; realizado por los señores: **David Israel Quinatoa Pantoja** y **Maritza Johana Toalombo Manobanda** ha sido debidamente revisado y se han cumplido los requisitos académicos y legales establecidos por la Universidad.

Por lo tanto, se encuentra en condiciones de proceder a la publicación correspondiente.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.



ING. JORGE JAVIER ANALUISA SÁNCHEZ.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

DERECHOS DE AUTORÍA NOTARIZADA

UEB | UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

BIBLIOTECA GENERAL

DERECHOS DE AUTOR

Yo/nosotros, **David Israel Quinatoa Pantoja y Maritza Johana Toalombo Manobanda**, portador/res de la Cédula de Identidad N° **1727630434** y **0250106408**
en calidad de autor/res y titular / es de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación:
ANÁLISIS DE RIESGOS POR DESLIZAMIENTOS DEL TALUD Y SU INCIDENCIA EN LA FUNCIONALIDAD DEL CANAL DE RIEGO EN EL KILÓMETRO 11,31 DEL SECTOR SAN VICENTE DE LAS TRES CRUCES CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR. PERÍODO MARZO – JULIO 2026, 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
David Israel Quinatoa Pantoja	Maritza Johana Toalombo Manobanda

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMINETO 1

DEDICATORIA 3

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR 5

DERECHOS DE AUTORÍA NOTARIZADA 6

ÍNDICE DE CONTENIDO 7

ÍNDICE DE TABLAS 9

ÍNDICE DE FIGURAS/GRÁFICAS/IMÁGENES 11

INTRODUCCIÓN 14

RESUMEN 16

ABSTRACT 18

CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 20

1.1. Planteamiento del Problema 20

1.2. Formulación del Problema 23

1.3. Preguntas de Investigación 24

1.4. Objetivos 25

1.5. Justificación 26

1.6. Hipótesis 28

1.7. Variables 28

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 33

2.1. Referencial o Georreferencial 33

2.2. Antecedentes 38

2.3. Científico (Bases Teóricas en la que fundamenta la Investigación) . 41

2.4. Marco Legal 60

2.5. Conceptual (Glosario de Términos) 65

CAPITULO III. METODOLOGÍA 69

3.1. Tipo de Investigación 69

3.2. Enfoque de la Investigación 69

3.3. Métodos de Investigación 70

3.4. Universo, Población y Muestra 73

3.5. Técnicas de Análisis y Procesamiento de la Información 73

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 77

4.1. Resultado Objetivo 1 77

4.2. Resultado Objetivo 2 94

4.3. Comprobación de Hipótesis 149

CAPITULO V. PROPUESTA 155

5.1. Resultado Objetivo 3 155

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 172

6.1. CONCLUSIONES 172

6.2. RECOMENDACIONES 172

BIBLIOGRAFÍA 174

Bibliografía 182

ANEXOS 183

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 29

Tabla 2 30

Tabla 3 94

Tabla 4 95

Tabla 5 111

Tabla 6 116

Tabla 7 117

Tabla 8 119

Tabla 9 119

Tabla 10 131

Tabla 11 133

Tabla 12 134

Tabla 13 135

Tabla 14 136

Tabla 15 138

Tabla 16 139

Tabla 17 140

Tabla 18 142

Tabla 19 143

Tabla 20 144

Tabla 21 146

Tabla 22 147

Tabla 23 150

Tabla 24 151

Tabla 25 151

Tabla 26 165

Tabla 27 165

Tabla 28 167

Tabla 29 168

Tabla 30 169

ÍNDICE DE FIGURAS/GRÁFICAS/IMÁGENES

Ilustración 1 34

Ilustración 2 35

Ilustración 3 42

Ilustración 4 43

Ilustración 5 43

Ilustración 6 44

Ilustración 7 44

Ilustración 8 45

Ilustración 9 58

Ilustración 10 59

Ilustración 11 60

Ilustración 12 79

Ilustración 13 81

Ilustración 14 83

Ilustración 15 85

Ilustración 16 87

Ilustración 17 89

Ilustración 18 91

Ilustración 19 96

Ilustración 20 97

Ilustración 21 97

Ilustración 22 99

Ilustración 23 100

Ilustración 24 100

Ilustración 25 101

Ilustración 26 102

Ilustración 27 102

Ilustración 28 104

Ilustración 29 104

Ilustración 30 105

Ilustración 31 106

Ilustración 32 107

Ilustración 33 107

Ilustración 34 113

Ilustración 35 114

Ilustración 36 115

Ilustración 37 116

Ilustración 38 118

Ilustración 39 118

Ilustración 40 123

Ilustración 41 126

Ilustración 42 129

Ilustración 43 132

Ilustración 44 133

Ilustración 45 134

Ilustración 46 136

Ilustración 47 137

Ilustración 48 138

Ilustración 49 140

Ilustración 50 141

Ilustración 51 142

Ilustración 52 144

Ilustración 53 145

Ilustración 54 146

Ilustración 55 148

Ilustración 56 158

Ilustración 57 162

INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos de tierra representan fenómenos masivos de rocas y escombros que, impulsados por la gravedad detonados por los factores como lluvias intensas o sismos, provocan graves consecuencias sociales y económicas a nivel mundial. En el contexto de Ecuador, la inestabilidad de los taludes es un problema serio debido a la geografía montañosa del país, donde la saturación del suelo dura durante las temporadas invernales y actividades humanas no planificadas, aumentan la frecuencia y la severidad de estos eventos adversos. Estas amenazas naturales interrumpen servicios básicos y afectan directamente a la producción económica, especialmente en zonas rurales vulnerables.

El área de estudio se localiza especialmente en el kilómetro 11.31 del sector San Vicente de las Tres Cruces, en el Cantón Guaranda, donde los movimientos de masa han comprometido la estabilidad de los taludes que rodean un canal de riego vital para la comunidad. Estos desplazamientos de tierra obstaculizan el flujo de agua, disminuyendo la capacidad operativa de la infraestructura hidráulica y generando pérdidas productivas para las familias que dependen del riego para sus cosechas. La zona se caracteriza por un relieve irregular con pendientes elevadas que fortalecen procesos erosivos y la acumulación de segmentos.

Actualmente existe una notable ausencia de estudios técnicos y geotécnicos previos en el sector, lo que limita la capacidad de las autoridades y la Comunidad para toma de decisiones informadas sobre la protección de la infraestructura hídrica. La investigación se justifica por la necesidad de desarrollar un análisis integral del riesgo, que incluye la caracterización física del terreno y la evaluación de factores detonantes, como la filtración de agua del propio canal que debilita el talud. Este estudio busca aportar

datos técnicos para la planificación territorial y el diseño de medidas de mitigación que reduzcan el impacto socioeconómico en los usuarios.

El objetivo central del trabajo es analizar los riesgos por deslizamientos y su incidencia tanto en la funcionalidad del canal como en las condiciones de vida de los habitantes del sector. Se parte de la hipótesis de que la inestabilidad del talud influye constantes del servicio. A través de un enfoque técnico - científico, se pretende identificar las condiciones climáticas críticas y proponer soluciones estructurales que garanticen la sostenibilidad de las actividades agrícolas de la zona.

RESUMEN

La investigación se fundamenta en un marco técnico y legal que define los deslizamientos como procesos de remoción en masa escarbados por la saturación hídrica y la falta de cohesión del suelo. El sustento normativo se basa en la Constitución del Ecuador y COOTAD, los cuales obligan al Estado y a los gobiernos locales a implementar políticas prevención y gestión de riesgos para salvaguardar la infraestructura y la vida de las comunidades. Se analizan conceptos fundamentales de geotécnica como el factor de seguridad y la resistencia al corte, esenciales para evaluar la estabilidad de taludes por obras civiles como los canales de riego. Mediante una metodología de enfoque mixto, se realizaron levantamientos con dron, ensayos de laboratorio y encuestas de a la población para determinar el estado crítico del sector. Los resultados geotécnicos clasificaron que el suelo como predominante arenoso bien gradado (SP) y mal gradado (SW) con alta permeabilidad y baja cohesión, lo que facilita la infiltración y la erosión interna. El análisis mediante el método de Bishop reveló factores de seguridad alarmantes (menores a 1.50), confirmando que el talud se encuentra en una condición de inestabilidad no aceptable que empeore bajo condiciones sísmicas. Las consecuencias confirmaron que el 99.2% de los usuarios han sufrido interrupciones del servicio, los cuales suelen durar más de 3 días, afectando gravemente la producción agrícola. Como respuesta a la problemática, el estudio propone una propuesta de mitigación integral que combina medidas estructurales y no estructurales. La solución principal consiste en la construcción de un muro de contención de hormigón armado En el pie del talud para soportar los empujes del suelo, complementada con la instalación de geomantas biodegradables y la revegetación con especies nativas como (Chilca) para controlar la erosión superficial. Estas condiciones presupuestadas y planificadas cronológicamente se están orientadas a

estabilizar el terreno de forma permanente, garantizando así la funcionalidad del canal de riego y mejorando la resistencia socioeconómica de la comunidad de San Vicente.

Palabras Clave: *Riesgo, Deslizamiento del talud, Canal de riego, Medidas de mitigación, Condiciones socioeconómicas.*

ABSTRACT

The research is grounded in a technical and legal framework that defines landslides as mass-movement processes triggered by water saturation and a lack of soil cohesion. The regulatory basis is founded on the Ecuadorian Constitution and COOTAD, which require the State and local governments to implement risk prevention and management policies to safeguard infrastructure and lives of communities. The study analyzes fundamental geotechnical concepts such as the satefy factor and shear strength, which are essential for evaluating the stability of slopes in civil engineering projects such as irrigation canals. Using a mixed-methods approach, drone surveys, laboratory tests and community surveys were conducted to determine the critical condition of the area. the geotechnical results classified the soil as predominantly well-graded sandy (SP) and poorly graded sandy (SW) with high permeability and low cohesion, which facilitates infiltration and internal erosion. Analysis using the Bishop method revealed alarming satefy factors (less than 1.50) confirming that the slope is in an unacceptable state of instability that worsens under seismic conditions. The findings confirmed that 99.2% of users have experienced service interruptions, which typically last more than 3 days, severely affecting agricultural production. In response to this problem, the study proposes a comprehensive mitigation plan that combines structural and non-structural measures. The primary solution involves constructing a reinforced concrete retaining wall at the base of the slope to withstand soil thrust, supplemented by the installation of biodegradable geomats and revegetation with native species such as Chilca to control surface erosion. These budgeted and chronologically planned measures are aimed at permanently stabilizing the terrain, thereby ensuring the functionality of the irrigation canal and improving the socioeconomic resilience of the San Vicente community.

Keywords: Risk, Slope failure, Irrigation canal, Mitigation measures, Socioeconomic conditions.

CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1. Planteamiento del Problema

Los deslizamientos de tierra constituyen uno de los fenómenos naturales que generan mayores afectaciones a la población, infraestructura y actividades productivas, especialmente en zonas con pendientes pronunciadas y alta influencia de factores climáticos y geológicos. A nivel mundial, estos movimientos de masa se producen por la inestabilidad de los taludes debido a factores naturales como; lluvias intensas, sismos y erosión, así como por actividades antrópicas relacionadas con la deforestación, el uso inadecuado del suelo y las intervenciones sobre las laderas (IFRC, 2026). Los deslizamientos representan una amenaza recurrente en regiones vulnerables, provocando daños materiales, interrupción de servicios básicos y pérdidas económicas significativas.

Por ello, los deslizamientos representan un serio problema que afecta a una gran parte de la producción económica y el desarrollo de los países, provocando una serie de daños irremediables como la pérdida de vidas humanas y afectaciones económicas con graves consecuencias sociales. Los deslizamientos suceden en Ecuador debido a que este es un país montañoso, la mayor parte ocurre durante las temporadas de lluvia. Cuando el suelo se inunda con una gran cantidad de agua, la tierra se vuelve blanda y suelta, generando corrientes de barro que descienden por las pendientes. Cuando la gente realiza excavaciones que alteran las laderas, o cuando construyen con materiales pesados en suelos débiles, contribuye a la ocurrencia de deslizamientos (SNGR, 2026).

Actualmente, en Ecuador la ocurrencia de desastres se ha intensificado como consecuencia de múltiples factores sociales, económicos y ambientales. De la misma manera se ha incrementado la exposición de las poblaciones a amenazas de origen natural y antrópico. El cambio climático, la urbanización no planificada, el crecimiento

demográfico, los desplazamientos poblacionales y otros factores contribuyen al aumento de la frecuencia, severidad y alcance de los eventos adversos (MSP, 2025).

Esto ha impedido que se lleven a cabo acciones y procesos de desarrollo interno del país, que permitan minimizar el efecto negativo de los deslizamientos en las actividades socioeconómicas propuestas por los gobiernos locales.

Según el análisis de amenazas del cantón Guaranda, se determina que los deslizamientos están clasificados con un nivel alto, debido a que el cantón se encuentra ubicada en los flancos externos de la Cordillera Occidental de Los Andes, ya que su relieve es muy irregular y sus características geológicas y estructurales la exponen a sufrir este tipo de amenazas. En este sentido, el 26% que corresponde a 12 eventos de deslizamientos registrados, se produjeron en la ciudad de Guaranda, siendo las principales causas: lluvias excesivas, deforestación de las laderas, erosión del suelo y banqueos (PATIN & ROSERO, 2025).

La dependencia de la comunidad rural de San Vicente de las Tres Cruces respecto al canal de riego convierte la estabilidad del talud en un aspecto determinante para el desarrollo de las actividades agrícolas, debido a que los deslizamientos registrados en el sector han reducido la disponibilidad de agua, afectado la producción y generado repercusiones económicas en los hogares vinculados a esta actividad, mientras la limitada información técnica y geotécnica disponible dificulta comprender el comportamiento del terreno, reconocer los factores que favorecen estos procesos, establecer el nivel real de afectación sobre la infraestructura y sustentar decisiones orientadas a su manejo, razón por la cual resulta necesario desarrollar un análisis integral que incorpore la caracterización física del área, la evaluación de la estabilidad de los taludes, la identificación de los factores condicionantes y desencadenantes de los deslizamientos, así como la valoración de sus efectos socioeconómicos sobre los usuarios del sistema de

riego, con el propósito de disponer de información que respalde la definición de medidas de mitigación y fortalezca la planificación territorial.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo inciden el riesgo por deslizamientos del talud en la funcionalidad del canal de riego y en las condiciones socioeconómicas de los usuarios del sector San Vicente de las Tres Cruces, cantón Guaranda, provincia de Bolívar?

1.3. Preguntas de Investigación

Pregunta General

¿Cómo inciden el riesgo por deslizamientos del talud en la funcionalidad del canal de riego y en las condiciones socioeconómicas de los usuarios del sector San Vicente de las Tres Cruces, cantón Guaranda, provincia de Bolívar?

Preguntas Específicas

- ¿Cuáles son las condiciones geológicas, geomorfológicas y climáticas del área de estudio que influyen en la ocurrencia de deslizamientos?
- ¿Cuál es el nivel de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos que afecta al canal de riego del sector San Vicente de las Tres Cruces mediante factores de estabilidad?
- ¿Qué medidas de mitigación estructurales y no estructurales pueden implementarse para disminuir la incidencia de los deslizamientos y el impacto socioeconómico en los usuarios del canal de riego?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Analizar los riesgos por deslizamiento de taludes mediante la identificación de las condiciones geológicas, geomorfológicas, climáticas y la determinación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo, con el fin de proponer medidas de mitigación que garanticen la funcionalidad del canal de riego y mejore las condiciones socioeconómicas de los usuarios del sector San Vicente de las Tres Cruces, Cantón Guaranda, provincia de Bolívar.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar las condiciones geológicas, geomorfológicas y climáticas del área de estudio que influyen en la ocurrencia de deslizamientos.
- Determinar el nivel de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos que afectan al canal de riego mediante factores de estabilidad.
- Proponer medidas de mitigación estructurales y no estructurales basadas en la evaluación de la incidencia de los deslizamientos del talud orientadas a garantizar la funcionalidad del canal de riego y mejorar las condiciones socioeconómicas de los usuarios.

1.5. Justificación

El presente caso de estudio establece la necesidad de comprender y evaluar los diferentes riesgos por deslizamientos en el sector de la comunidad rural de San Vicente de las Tres Cruces, ubicada en el cantón Guaranda, provincia de Bolívar, donde el canal de riego constituye una estructura indispensable para el desarrollo de las actividades agrícolas, las cuales generan dinamismo económico en el sector. La zona que comprende la comunidad es propensa a los deslizamientos. Estos generan inestabilidad en los taludes, ocasionando procesos de erosión y movimientos de masa, los cuales complican el funcionamiento normal del canal de riego y aumentan la vulnerabilidad de pérdidas relacionadas con las actividades que dependen del suministro de agua.

Además, las precipitaciones intensas registradas durante la época invernal han incrementado la inestabilidad del terreno, provocando daños a la infraestructura hidráulica y afectaciones socioeconómicas en la localidad (Diaz, 2025).

Actualmente, no se han desarrollado estudios técnicos ni geotécnicos en el área de estudio, tales como análisis de estabilidad de taludes, evaluaciones de riesgo por deslizamiento o investigaciones socioeconómicas relacionadas con la afectación del canal de riego. La escasa información existente del sector obstaculiza la identificación precisa de zonas vulnerables, por ende, dificulta la planificación de acciones que beneficien la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial.

El estudio tiene como enfoque contribuir a la gestión de riesgos y a la planificación territorial, ya que la identificación de las zonas susceptibles a deslizamientos, relacionadas con el canal de riego y las áreas agrícolas que este abastece, permitirá establecer medidas de prevención, mitigación y mantenimiento de la infraestructura, las cuales contribuirán a reducir las pérdidas económicas de la población.

El canal de riego presenta afectaciones directas que dificultan el abastecimiento de agua, ocasionando de forma indirecta consecuencias a nivel socioeconómico, tales como la disminución de los ingresos de las familias y la pérdida de cultivos, lo que provoca un deterioro en la calidad de vida de la comunidad.

Como futuros profesionales en Gestión de Riesgos, la realización de este estudio fortalecerá el conocimiento técnico y académico sobre la evaluación de deslizamientos y sus efectos socioeconómicos en el territorio. La investigación aportara información útil para futuras intervenciones, la toma de decisiones y el diseño de medidas de mitigación orientadas a reducir el riesgo y mejorar la planificación territorial en el sector y posteriormente en el cantón.

Limitaciones

Para el desarrollo de este trabajo de estudio investigativo se prevé tener las siguientes limitaciones:

- La ausencia de estudios técnicos, geológicos y geotécnicos anteriores del sector que sirvan como base para la evaluación de la amenaza por deslizamientos.
- La falta de información cartográfica (mapas temáticos) actualizados y de registros históricos sistematizados sobre deslizamientos dificulta la caracterización precisa de las condiciones del terreno.
- Disponibilidad insuficiente de datos para el análisis del riesgo esto restringe el nivel de detalle en la evaluación de amenazas vulnerabilidad y riesgo.
- Limitaciones económicas para estudios especializados, la ejecución de ensayos de suelo geotécnicos avanzados, monitoreo instrumental y otras investigaciones requiere recursos económicos elevados, lo que limita una evaluación con más detalle de la amenaza por deslizamiento y de las posibles alternativas de mitigación.

1.6. Hipótesis

Hipótesis de investigación (H1)

Los riesgos por deslizamientos del talud inciden significativamente en la funcionalidad del canal de riego y en las condiciones socioeconómicas de los usuarios del sector San Vicente de las Tres Cruces, cantón Guaranda, provincia de Bolívar.

Hipótesis nula (H0)

Los riesgos por deslizamientos del talud no inciden significativamente en la funcionalidad del canal de riego ni en las condiciones socioeconómicas de los usuarios del sector San Vicente de las Tres Cruces, cantón Guaranda, provincia de Bolívar.

1.7. Variables

Variable independiente:

Riesgos por deslizamiento del talud.

Variable dependiente:

Funcionamiento del canal y condiciones socioeconómico.

1.7.3. Operacionalización de Variables

Tabla 1

Variable independiente: Riesgos por deslizamiento del talud.

Tipo	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores (cómo medir)	Instrumentos / Fuente de datos	Escala de medición
Variable Independiente: Riesgos por deslizamientos del talud	Probabilidad de ocurrencia de movimientos de masa en el talud y que pueden causar daños a la infraestructura circundante. Para su análisis se considera los factores que condicionan y desencadenan los deslizamientos, así como la exposición y vulnerabilidad de la infraestructura ubicada en el área de estudio.	**Amenaza**	**Factores Condicionantes:** Tipo y características del suelo, litología, pendiente, orientación de la ladera, geomorfología y cobertura del suelo.	Ensayo de suelo (granulometría), observación de campo, información geológica, MDE y procesamiento en ArcGIS.	
			Factores desencadenantes: Precipitación, intensidad de lluvia, periodos de retorno y presencia de agua en el terreno.	Registros de precipitación, datos de NASA POWER, información disponible del INAMHI y observación de campo.	
			Susceptibilidad del talud: Factor de Seguridad (FS), pendiente del talud, cohesión, ángulo de fricción interna y peso unitario del suelo.	Levantamiento topográfico, ensayo de laboratorio y modelación geotécnica mediante Geo5 y método de Bishop.	Bajo Medio Alto
		Exposición	Distancia del canal respecto al talud, longitud del tramo expuesto y elementos de	Levantamiento topográfico, inspección	

		infraestructura ubicados en la zona susceptible a deslizamientos.	de campo, cartografía y ArcGIS.	
	Vulnerabilidad física	Estado de conservación, daños estructurales, presencia o ausencia de obras de protección ante un deslizamiento.	Ficha de observación, registro fotográfico, inspección técnica y encuesta.	Bajo Medio Alto

Nota: *(Propia, 2026)*

Tabla 2

Variable dependiente: Funcionalidad del canal de riego, condiciones socioeconómicas de los usuarios.

Tipo	**Definición conceptual**	**Dimensiones**	**Indicadores (cómo medir)**	**Instrumentos / Fuente de datos**	**Escala de medición**
Variable Dependiente 1: Funcionalidad del canal	Se refiere a la capacidad operativa y estructural del canal para captar, conducir y distribuir el agua de riego de forma continua y eficiente hacia los usuarios.	**Estado del canal**	Nivel de funcionamiento del canal en el tramo evaluado, determinando la afectación por deslizamientos.	Inspección visual en campo.	Bueno Regular Malo
		Continuidad del servicio	Frecuencia y duración de interrupciones del servicio durante el año.	Encuestas a los usuarios y registro de la junta de regantes (GOOGLE FORMULARIO).	Baja Media Alta

		Operatividad	Capacidad del canal para conducir y distribuir el agua para las actividades de riego.	Encuestas a los usuarios e inspección de campo.	
		Producción agrícola	Reducción del rendimiento de los cultivos y superficie o cultivos afectados por falta de riego.	Encuesta socioeconómica a los usuarios	Bajo Medio Alto
		Actividad agrícola	Nivel de activación de las actividades agrícolas.	Encuesta socioeconómica y entrevista estructurada.	
Variable Dependiente 2: Condiciones socioeconómicas de los usuarios	Se relaciona con los efectos que la disponibilidad del agua de riego genera en la producción agrícola y en la situación económica de los usuarios.	**Economía familiar**	Variación de los ingresos provenientes de la actividad agrícola debido a interrupciones del riego.	Encuestas a los usuarios.	Bajo Medio Alto

Nota: *(Propia, 2026).*

La primera variable dependiente denominado la funcionalidad del canal de riego permite valorar las afectaciones que los deslizamientos generan sobre la infraestructura y la continuidad del servicio de riego mientras que la segunda variable permite identificar las repercusiones que dichas afectaciones producen sobre las actividades productivas y económicas de los usuarios.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Referencial o Georreferencial

2.1.1. Ubicación Geográfica del Área de Estudio

El área de estudios se localiza en el sector San Vicente de las Tres Cruces, perteneciente al Cantón Guaranda, en la provincia de Bolívar, ubicada en la región Sierra centro del Ecuador. El sector de interés se caracteriza por presentar un entorno montañoso y rural donde predominan las actividades agrícolas y el aprovechamiento del sistema de riego para la producción local.

La zona de estudio se encuentra asentada sobre laderas con pendientes pronunciadas, condiciones que influyen directamente en la estabilidad del suelo y en la dinámica natural del territorio. El canal de riego atraviesa diferentes sectores agrícolas y constituye una infraestructura importante para el abastecimiento de agua destinada a los cultivos de las familias del sector (Jurado & Quinche, 2023).

Geográficamente el área se ubica con las siguientes coordenadas geográficas; Este 721566 y Norte 9825182, obtenidas mediante el levantamiento de información.

Ilustración 1

Delimitación espacial del área de estudio del sector San Vicente de las Tres Cruces.



Nota: *La figura presenta la delimitación espacial del sector San Vicente de las Tres Cruces mediante el Software (Pro, 2026).* ***Fuente:*** *(Propia, 2026)*

Ilustración 2

Delimitación espacial del área de estudio del sector San Vicente de las Tres Cruces.



Nota: *La figura muestra la delimitación espacial del área específica de estudio ubicada en el sector San Vicente de las Tres Cruces, representada mediante un polígono sobre una imagen satelital mediante el Software* (Pro, 2026)***. Fuente:*** (Propia, 2026).

2.1.2. Características Físicas del Sector

El sector de San Vicente de las Tres Cruces presenta una topografía regular conformada por laderas montañosas y pendientes elevadas, en varios tramos del terreno se observan inclinaciones pronunciadas que favorecen procesos erosivos y afectan la estabilidad de los taludes. De acuerdo, con el análisis topográfico realizado se presentan cinco clases de inclinación como: muy baja (0–5 %), baja (6–12 %), media (13–25 %), alta (26–40 %) y muy alta (>40 %). Por lo tanto, este sector presenta una precipitación clasificada como baja, de acuerdo a la distribución espacial de las lluvias y una elevación de 2.780m sobre el nivel del mar (SNGRE, 2023).

Geomorfológicamente el área está conformada por laderas con evidencias de erosión superficial y acumulación de sedimentos y pequeños desprendimientos observados durante las salidas de campo. La presencia de material coluvial en diferentes sectores evidencia la concurrencia de movimientos de suelo asociados con las condiciones naturales del relieve.

Las condiciones climáticas del sector se caracterizan por presentar temperaturas frías y períodos de precipitación intensa durante la temporada invernal. Según registros meteorológicos y observaciones de campo las lluvias fuertes se presentan principalmente entre los meses de marzo y junio generando saturación del suelo y aumento de humedad en las laderas cercanas al canal de riego.

El uso de suelo predomina las actividades agrícolas, la expansión de cultivos y la disminución de vegetación natural han modificado las condiciones del terreno y los sistemas naturales de drenaje superficial.

2.1.3. Características del Canal de Riego

El canal de riego del sector San Vicente de las Tres Cruces, constituye una infraestructura fundamental para el desarrollo agrícola de la zona, ya que permite el

abastecimiento permanente de agua para los cultivos y actividades productivas de las familias del sector.

El canal atraviesa diferentes áreas agrícolas ubicadas sobre las laderas y zonas con pendientes pronunciadas, recorriendo sectores donde se identifican cambios de relieve y condiciones variables del terreno. Durante las salidas de campo se observaron tramos con presencia de grietas, filtraciones y erosión lateral, especialmente en zonas cercanas a taludes inestables.

La cobertura del sistema de riego beneficia principalmente a los productores agrícolas dedicados al cultivo, contribuyendo a un recurso importante para la economía local y el abastecimiento hídrico de las actividades agropecuarias. La funcionalidad del canal tiene una relación directa con la estabilidad del terreno, debido a que las filtraciones de agua y la acumulación de humedad determinados sectores pueden contribuir al deterioro progresivo de los taludes cercanos.

2.1.4. Problemática Territorial del Sector

San Vicente de las Tres Cruces ha venido presentando problemas de inestabilidad del terreno y afectaciones asociadas a deslizamientos, principalmente en épocas de lluvias intensas. Durante los recorridos de campo se identificaron evidencias de erosión, grietas superficiales, pequeños desprendimientos y acumulación de material en varios tramos cercanos del canal de riego.

Las características geomorfológicas y climáticas del sector incrementan la susceptibilidad frente a movimientos de masa. Además, las actividades agrícolas y las modificaciones realizadas sobre las laderas han alterado parcialmente los drenajes naturales del terreno.

Información difundida por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y reportes de emergencia del ECU 911 evidencian que la provincia Bolívar registra eventos

recurrentes relacionados con deslizamientos y aplicaciones a infraestructura vial y rural durante temporadas lluviosas (ECU911, 2025)

2.2. Antecedentes

2.2.1. Estudios relacionados sobre el Riesgo en la Infraestructura Hidráulica y Canales de Riego

A nivel nacional, varios estudios relacionados con la estructura hidráulica han establecido los sistemas de riego ubicados en los terrenos montañosos son altamente vulnerables al frente de procesos de lanzamiento. La filtración constante de agua y el inadecuado manejo de drenajes alteran la estabilidad natural de los taludes y generan daños estructurales en canales y sistemas de conducción.

En Ecuador, la evaluación de riesgo de sistemas hidráulicos ha sido respaldados mediante investigaciones técnicas orientadas a reducir afectaciones en infraestructuras de abastecimiento de riesgo. Investigación desarrollada por la Universidad Estatal de Bolívar titulada “Evolución de la amenaza desde cemento en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Echeandía, provincia de Bolívar”, analizó los puntos vulnerables de la red hídrica expuesta en movimientos de masa, el estudio determinó que la temporada lluviosa y las características geomorfológicas influyen directamente en la inestabilidad de las laderas cercanas a la infraestructura hidráulica (Vascones, 2020).

Asimismo, la investigación desarrollada por Universidad Estatal de Bolívar denomina “Estudio de los factores de riesgo que influyen en el deslizamiento del cerro Cuchicahua del cantón Chillanes, provincia de Bolívar”, analizó las condiciones geotécnicas y geomorfológicas que generan inestabilidad del terreno. El estudio utilizó modelos de estabilidad y ensayos del laboratorio para determinar niveles de vulnerabilidad y riesgo, concluyendo que la saturación hídrica y características del suelo presentan factores determinantes en la generación de deslizamientos (Melendez, 2022).

A nivel local las investigaciones desarrolladas en sectores de la provincia de Bolívar, evidencian que las zonas rurales ubicadas sobre laderas presentan condiciones similares a las observadas en el sector de San Vicente de las Tres Cruces, donde las pendientes pronunciadas, la humedad del suelo y la precipitación favorece la ocurrencia de movimientos de masa.

2.2.2. Estudios sobre Riesgo en la Infraestructura Hidráulica y Canales de Riego

A nivel internacional, varios estudios relacionados con infraestructura hidráulica han establecido que los sistemas de riego ubicados en terrenos montañosos son altamente vulnerables frente a procesos de erosión y deslizamientos. La infiltración constante de agua, manejo de drenaje, aterra la estabilidad natural de los taludes y generan daños estructurales en canales y sistemas de conducción.

En Ecuador, la evaluación de riesgos en sistemas hidráulicos ha sido abordadas mediante investigaciones técnicas orientadas a reducir afectaciones en infraestructura de abastecimiento de riego. La investigación desarrollada en la Universidad Estatal de Bolívar titulada como “Evaluación de la amenaza de deslizamientos en la red de abastecimiento de agua potable en el Cantón Echeandía, provincia Bolívar”, analizó los puntos vulnerables de la red hídrica expuesta a movimientos de masa. El estudio determinó que la temporada lluviosa y las características geomorfológicas influyen directamente en la estabilidad de los taludes cercanos a las infraestructuras hidráulica (Andrade, 2020).

La investigación publicada en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador denominada “Diseño hidráulico estructural ley costos de obra de las tomas de agua y sistemas de conexión de agua de riego de las comunas Atiacahua, Guarumal y Bola de Oro, Cantón Chillanes, provincia Bolívar”, resalta su importancia de garantizar

estabilidad y sostenibilidad en los sistemas de riego localizados en las zonas rurales andinas. El estudio señala que las condiciones topográficas y la escasez de agua afectan directamente a la productividad agrícola y la seguridad hídrica comunitaria (Garzón, 2022).

En el ámbito local, varios sistemas de riego de la provincia Bolívar atraviesan terrenos montañosos y sectores inestables, situación que incrementa el riesgo de daños estructurales por deslizamientos y erosión, afectando al abastecimiento de agua para actividades agrícolas.

2.2.3. Estudios sobre el Impacto Socioeconómico asociado a Deslizamientos

En el ámbito internacional las investigaciones relacionadas con deslizamientos han demostrado que estos eventos generan pérdidas económicas importantes, afectaciones a la infraestructura y disminución de la productividad agrícola. Además, provocan interrupciones en el acceso al agua y afecta directamente a las condiciones de vida de las comunidades rurales.

En el Ecuador diferentes investigaciones han evitado que los deslizamientos produzcan daños significativos en sistemas comunitarios y servicios básicos. La investigación desarrollada en la Universidad Estatal de Bolívar relacionada con la vulnerabilidad ante riesgos por deslizamientos, señala que el adecuado manejo del recurso hídrico y las actividades humanas generan pérdidas de compactación del suelo y aumentan la ocurrencia de movimiento en masa. El estudio también destaca la importancia que generan cortes en sistemas de agua que afectan directamente a las poblaciones rurales beneficiarias. Así mismo, la investigación denominada “Zonificación de las áreas susceptibles a deslizamientos y en la parroquia Simiatug, cantón de Guaranda, provincia Bolívar” desarrollada en la Universidad Estatal de Bolívar evaluó los elementos expuestos como sistemas de agua, edificaciones y vías, identificando altos

niveles de vulnerabilidad en sectores rurales afectados por movimientos en masa (Yazuma, 2022)

Estas investigaciones evidencian que los deslizamientos no solo generan daños físicos sobre el terreno, sino también consecuencias económicas y sociales que afectan directamente a las comunidades agrícolas, que dependen de sistemas de riesgo y abastecimiento hídrico (Yazuma, 2022).

2.2.4. Estudios con SIG y Evaluación Multicriterio

A nivel nacional, los niveles de información geográfica (SIG) y las metodologías multicriterio han sido ampliamente utilizados para la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos. Estas herramientas permiten integrar variables geológicas, geomorfológicas y climáticas para generar mapas de amenaza y vulnerabilidad territorial.

En Ecuador varias investigaciones han aplicado herramientas (SIG) para el análisis de amenazas naturales y gestión de riesgo. La investigación desarrollada en la Universidad Estatal de Bolívar, denominada “Web mapping para la gestión de riesgos; sismo, deslizamientos e inundaciones”, implementó herramientas cartográficas digitales para visualizar la vulnerabilidad en la ciudad de Guaranda. El estudio destaca la importancia del SIG para apoyar procesos de planificación y toma decisiones en gestión de riesgos (Coloma, 2022).

El estudio desarrollado por la Universidad Estatal de Bolívar sobre el análisis multicriterio aplicado a deslizamientos en Chillanes, utilizó variables como pendientes, precipitación, geología y cobertura vegetal para generar mapas de susceptibilidad mediante herramientas y el método multicriterio (Jibaja, 2020).

2.3. Científico (Bases Teóricas en la que fundamenta la Investigación)

2.3.1 Movimientos en Masa

Tipos de Deslizamientos

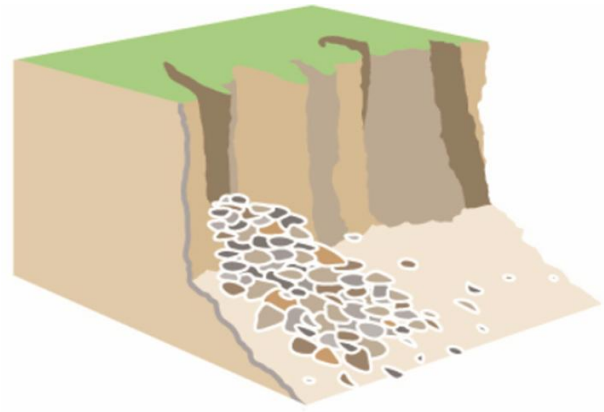
Los movimientos del terreno son comunes en el entorno geológico y están vinculados con la gravedad, la erosión progresiva de los materiales (sobre todo por meteorización) y la influencia de otros fenómenos naturales y ambientales (DGPCyE, 2022). Entre los principales tipos se encuentran las caídas o desprendimientos, vuelcos o desplomes, deslizamientos, expansiones laterales, flujos y movimientos complejos.

Caídas o Desprendimientos

De los acantilados que se amontonan para dar lugar a delantales de la regla o el astrágalo cae, en ocasiones tras largos períodos de tiempo, una única y pequeña roca (NatureScot, 2025). Un deslizamiento de tierra tipo caída provoca la acumulación de roca o escombros cerca de la base de una pendiente.

Ilustración 3

Caídas o desprendimientos



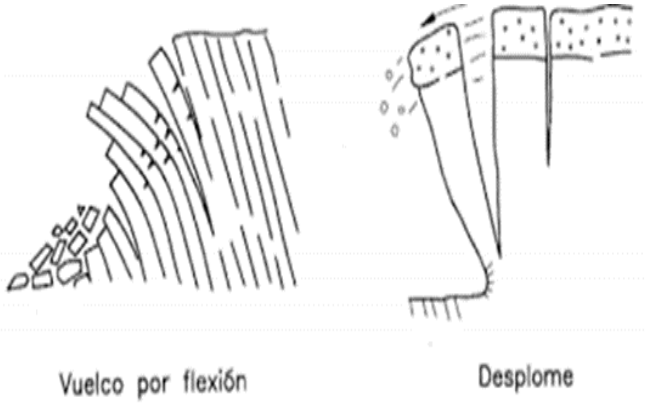
Nota: *Deslizamiento de tierra (Gov.au, s.f.)*

Vuelcos o desplomes

Los vuelcos se producen cuando una masa de suelo o roca experimenta una rotación hacia el exterior de la ladera alrededor de un eje determinado. Este movimiento puede presentarse en materiales rocosos, derrubios o detritos y de suelos (Geotecnia facil, 2020).

Ilustración 4

Vuelcos o desplomes



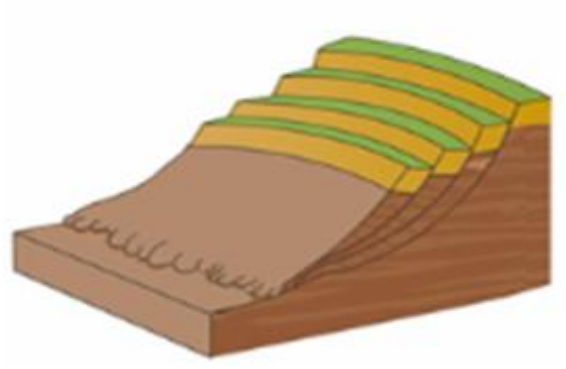
Nota: *Desplome de suelo (De redactores, 2024)*

Deslizamientos

Los deslizamientos corresponden al desplazamiento de una masa de suelo, roca o detritos sobre una superficie de falla. Su ocurrencia suelen originarse por la saturación del terreno, la erosión, los terremotos o las determinadas intervenciones humanas (CGI, 2025).

Ilustración 5

Deslizamientos



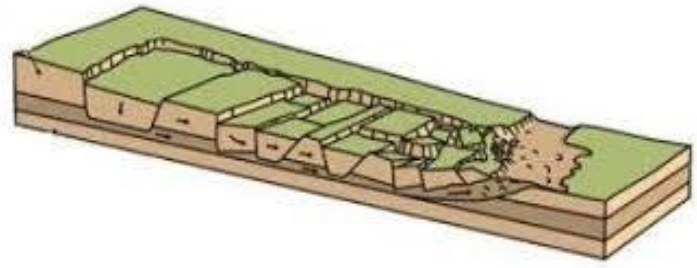
Nota: *Movimientos de tierra. (Hawaii.edu, s.f.)*

Expansiones laterales

Surgen a partir de la fractura y expansión de suelos o bloques de roca compactos, como resultado de la fluidización o licuefacción del material subyacente, cuando se trata de materiales gruesos, como grava o pedacitos de roca. Se encuentran inmersos en una matriz de materiales más finos o incluyen arcillas (Alcántara Ayala, 2000).

Ilustración 6

Expansiones laterales



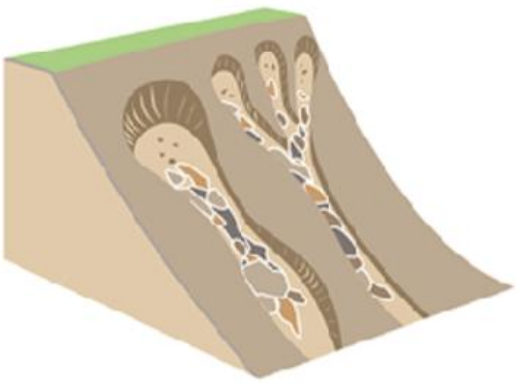
Nota: *fluidización de masa. (Researchgate.net, s.f.)*

Flujos

Los flujos corresponden al desplazamiento de materiales como suelo, lodo, detritos o fragmentos de roca, este comportamiento está influenciado por la presencia de agua. Su movilidad puede generar afectaciones en las zonas ubicadas aguas abajo o en la trayectoria del movimiento (Lees, 2021).

Ilustración 7

Flujos



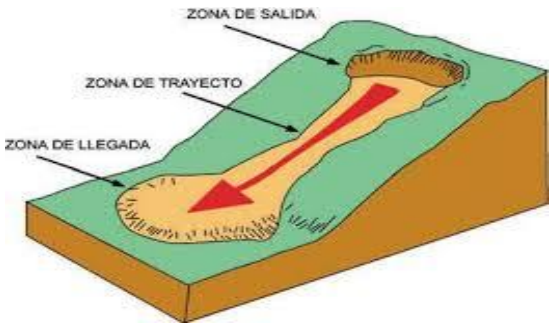
Nota: *Avalancha de rocas. (deslizamientos de tierra, deslizamientos de tierra,: ilustración de stock 1095417296, s.f.)*

Movimientos complejos

Los movimientos complejos combinan dos o más mecanismos de movimiento durante su desarrollo, por lo que sus características pueden variar conforme la masa se desplaza por la ladera (Alcántara Ayala, 2000).

Ilustración 8

Movimientos complejos



Nota: *Avalanchas. (Instituto de Geología - UNAM, s.f.)*

En Ecuador los tipos de deslizamientos según el MM se clasifican en cuatro tipos: colapso, colapso en río, deslizamiento y flujo de detritos.

2.3.2. Factores Condicionantes y Desencadenantes

Factores Condicionantes:

Los factores condicionantes corresponden a las características propias del terreno que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa. Entre ellos se consideran propiedades permanentes del terreno, como la litología, las características geológicas y geomorfológicas, la pendiente, la cobertura vegetal y las condiciones estructurales del terreno (Liu et al., 2025a).

En el análisis del talud, estos factores determinan las condiciones iniciales de estabilidad y permiten reconocer sectores con mayor susceptibilidad a presentar deslizamientos.

Factores Desencadenantes:

Los factores desencadenantes son aquellos que pueden activar un proceso de inestabilidad cuando las condiciones del terreno son susceptibles. Ente los principales se encuentran las lluvias intensas, los sismos, el ascenso del nivel freático y la saturación del terreno por infiltración.

En el caso del área de estudio, la presencia de agua constituye un factor relevante, debido a que la filtración puede incrementar la presión de poros y reducir la resistencia al corte del suelo, favoreciendo la inestabilidad del talud (Kumar et al., 2025).

2.3.3. Taludes

Definición

Los taludes corresponden a superficies inclinadas de terreno que pueden presentar una configuración natural o ser resultado de intervenciones realizadas para la construcción de obras. Entre los principales elementos se encuentran la cresta, ubicada en la parte superior, el pie, situado en la base, además de la altura, el escarpe, el nivel freático y la pendiente, características que permiten describir su comportamiento y sus condiciones de estabilidad (Vestalia, 2026).

Tipos de Taludes:

Para efectos de esta investigación, los taludes pueden clasificarse en naturales y artificiales.

- Talud natural: Surge como resultado de los procesos geológicos y erosivos propios del terreno, por lo que también recibe la denominación de ladera.

- Talud artificial: Su conformación depende de la intervención humana, mediante la modificación de una vertiente para responder a las necesidades de una obra de infraestructura (Vestalia, 2026).

1.1.4. Estabilidad de Taludes

Definición

La estabilidad de un talud depende de la relación entre las fuerzas que tienden a producir movimiento y la resistencia que presenta el suelo frente al corte. Las primeras permiten evaluar el equilibrio del terreno, mientras que los segundos describen su comportamiento. Por lo tanto, en su análisis intervienen características geométricas del talud, las propiedades geotécnicas del suelo y las condiciones de agua presentes en el terreno (FINE, 2023).

Factores que influyen en la Estabilidad de Taludes y Laderas

- Los principales factores que afectan la estabilidad de los taludes son:
- Factores geológicos como la presencia de planos de debilidad
- Factores geométricos como la altura e inclinación del talud,
- Factores hidrogeológicos como la presencia de agua,
- Factores geotécnicos como la resistencia y deformabilidad de las rocas y suelos que componen el talud
- Condiciones de drenaje
- Cargas externas (Guerreo, 2010).

Estos factores permiten establecer las condiciones bajo las cuales puede producirse una falla del talud.

2.3.1. Resistencia al Corte

La resistencia al corte del suelo es la capacidad del terreno para resistir deformaciones bajo esfuerzos cortantes, determinada principalmente por la cohesión y el ángulo de fricción interna. Su caracterización resulta esencial en geotecnia pues todas las estructuras transmiten cargas al suelo; por lo tanto, cuantificar adecuadamente esta resistencia en la fase de diseño es imprescindible para prevenir fallas por corte y garantizar la seguridad y estabilidad de las construcciones (Less, 2024).

Cohesión

Se refiere a la resistencia interna o unión entre las partículas del suelo, que le permite resistir las fuerzas cortantes. Este parámetro es esencial para el diseño de cimentaciones, muros de contención y taludes, porque contribuye a la resistencia al corte además de la fricción intergranular (GUIDE, 2024).

Fricción

Es un elemento clave de la resistencia al corte del suelo es la fricción, para objetos en contacto, la fuerza de fricción a lo largo de un plano varía con la presión que actúa perpendicularmente a dicho plano (conocida como tensión normal). A medida que aumenta la tensión normal, también lo hace la resistencia a la fricción, o tensión cortante (Less, 2024).

Ángulo de Fricción Interna

El ángulo de rozamiento interno o ángulo de fricción es una propiedad de los materiales granulares que está relacionada con el ángulo de reposo o máximo ángulo posible para la pendiente de un conjunto de dicho material granular (Cruz, 2024).

Factor de Seguridad (FS)

El factor de seguridad en el análisis de estabilidad de taludes constituye un parámetro fundamental que permite evaluar el grado de estabilidad de una masa de suelo frente a posibles procesos de fuerzas por deslizamiento, los cuales tienden a provocar el movimiento de masa (Real, 2024).

$$FS = \frac{Resistencia\ de\ corte}{Esfuerzos\ actuales}$$

Esto significa que el FS mide qué tan "seguro" está el talud frente a la falla. Si la falla resistencia del suelo es mayor que las fuerzas desestabilizadoras, el talud se mantiene estable.

De forma general:

- FS > 1 (Talud estable)
- FS = 1 (Equilibrio límite)
- FS < 1 (Falla o deslizamiento)

Para el presente estudio, además de considerar estos criterios generales, se adopta un factor de seguridad mínimo de 1,50 como referencia para la evaluación de la estabilidad del talud. Este valor permite establecer un criterio de seguridad más conservador, considerando las condiciones del terreno y las posibles variaciones que pueden presentarse en sus propiedades y en las condiciones de carga. Por lo tanto, un FS igual o superior a 1,50 se considera como una condición de estabilidad adecuada para el análisis realizado, mientras que valores inferiores a este límite indican que el talud no alcanza el nivel de seguridad establecido y presenta condiciones que requieren ser evaluadas para la aplicación de medidas de estabilización y mitigación del riesgo.

2.3.2. Condiciones de Análisis de Estabilidad

El análisis de estabilidad de talud puede realizarse considerando diferentes condiciones que influyen en su comportamiento. Entre ellas se encuentran las condiciones drenadas y no drenadas, la presión de poros, las cargas externas y la acción sísmica. Estas

condiciones permiten representar diferentes escenarios que pueden modificar la resistencia del suelo y las fuerzas que actúan sobre el talud.

Factor de Seguridad en Condición Drenada

Se presenta cuando el agua contenida en los poros del suelo tiene tiempo suficiente para disiparse durante la aplicación de las cargas. Por lo tanto, la estabilidad del talud se evalúa considerando los parámetros fundamentales de resistencia al corte, principalmente la cohesión efectiva (c') y el ángulo de fricción interna efectivo (φ'). Esta condición es aplicable principalmente a análisis de estabilidad a largo plazo (Molina, 2019) .

Factor de Seguridad en Condición No Drenada

La condición no drenada se aplica cuando el suelo no puede liberar el agua de sus poros, generalmente por cargas rápidas o baja permeabilidad. Este factor se presenta más en suelo arcillosos saturados y permite analizar la estabilidad del talud a corto plazo, principalmente ante lluvias intensas (Aranda, 2010).

Factor de Seguridad considerando Presión de Poros (FS con u)

El factor de seguridad con presión de poros considera el efecto del agua dentro del suelo, la cual reduce el esfuerzo efectivo y la resistencia de cortes según la relación:

$$\sigma^{I} = \sigma - u$$

Con mayor presión de poros, menor resistencia y menor FS, aumentando el riesgo de deslizamiento. Este factor es clave en taludes con presencia de agua, como los asociados a canales de riego (Aranda, 2010).

Factor de Seguridad bajo cargas externas (sobrecarga)

Se considera cargas adicionales sobre el talud, tránsito o acumulación de agua, de estas cargas se incrementan las fuerzas desestabilizadoras y reducen el FS. Su análisis permite representar condiciones reales del terreno y evitar subestimar el riesgo de falla (GEOSTRU, 2025)

Factor de Seguridad bajo Acción Sísmica

Este factor evalúa la estabilidad de talud ante fuerzas generadas por sismos, los cuales aumenta a las fuerzas desestabilizadoras. Se analiza mediante métodos pseudoestáticos que incluyen coeficientes sísmicos, esto es fundamental en zonas como Ecuador, donde los sismos pueden desencadenar deslizamientos (Instituto Geofísico - EPN, 2023).

2.3.3. Método Bishop Simplificado

Fundamentos

El método de Bishop simplificado divide un talud en dovelas circulares y asume que las fuerzas entre ellas únicamente horizontales, las fuerzas cortantes entre dovelas son cero. Se establece el equilibrio de momentos de cada dovela respecto al centro del círculo de falla y requiere un proceso para encontrar una solución indeterminada, este método estima un factor de seguridad (F.S) como índice del nivel de estabilidad en el talud (Matteis, 2003).

Dovelas

El método divide la masa de suelo potencialmente en una serie de dovelas verticales; para cada dovela se consideran variables como el peso del suelo, la resistencia al corte y las condiciones de presión de poro (Anzules, 2018)

Factor de Seguridad mediante el Método Bishop

El método de análisis de estabilidad propuesto por Alan Wilfred Bishop es una de las metodologías más empleadas en geotécnica para la evaluación del factor de seguridad en taludes con superficies de detalle de falla de tipo circular este método pertenece a los denominados métodos de equilibrio límite, los cuales asumen que el suelo se encuentra en el punto de falla y analizan el balance entre fuerzas resistentes y desestabilizadoras (Matteis, 2003).

El método de Bishop, desarrollado por Alan Wilfred Bishop, calcula el FS considerando:

- Peso del suelo.
- Cohesión (c)
- Ángulo de fricción (φ)
- Presión de poros (u)
- Equilibrio de dovelas.

2.3.4. Aplicación en el Análisis de Taludes

El método se aplica en ingeniería para:

Evaluación de estabilidad de taludes: Dentro de este se utiliza para determinar si un talud es estable o no.

Diseño de taludes: Para determinar la altura e inclinación máximas para una seguridad especificada.

Investigación de deslizamientos: analizar causas de deslizamientos y diseñar medidas de estabilización (Rodrigues, 2025).

Obras específicas: terraplenes, presas, carreteras, autopistas, edificios, construcciones lineales.

Ecuador: Se aplicó en la vía Papallacta-Baeza, sector Cuyuja; km 9+000 línea de conducción, el modelamiento del FS se lo realizó en el programa GEO5, tomando como referencia el método de Bishop simplificado (Pozo, 2021).

2.3.5. Riesgo por Deslizamientos

Susceptibilidad

Se entiende como la condición de debilidad endógena que presenta un sistema frente a un peligro determinado, la cual condiciona su nivel de exposición y limita su

capacidad para absorber los impactos derivados de dicho evento (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2022).

Amenaza

Los fenómenos de remoción en masa representan un riesgo para los territorios donde la topografía y las condiciones geológicas y climáticas favorecen su ocurrencia, debido a las consecuencias que pueden generar sobre las actividades económicas, la infraestructura y la población (Buitrago et al., 2022).

Exposición

La localización de viviendas, población, actividades económicas, servicios públicos y otros elementos dentro de áreas susceptibles a deslizamientos determina el nivel de exposición existente en un territorio y permite reconocer aquellos componentes con mayor probabilidad de resultar afectados (Belén et al., 2026)

Vulnerabilidad

Son las condiciones determinadas por factores físicos, sociales, económicos y ambientales que aumenta la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes o los sistemas a los efectos de las amenazas (IGA, 2022).

Riesgo

El riesgo es la probable pérdida de vidas o daños ocurridos en una comunidad en un periodo de tiempo específico, está determinado por la amenaza, vulnerabilidad y capacidad de respuesta. Se expresa mediante la fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad} * \text{Exposición}$$

En el análisis de pendientes y terrenos inestables, este parámetro permite evaluar la magnitud del impacto potencial frente a eventos geodinámicos como los deslizamientos (Cardona O, 2001).

2.3.6. Funcionalidad del Canal de Riego

Infraestructura Hidráulica

Los canales de riego permiten transportar el agua desde la captación hasta las áreas donde será utilizada en los cultivos, por lo que su funcionamiento depende de un mantenimiento permanente que elimine sedimentos, residuos y material vegetal acumulado en su interior. Cuando estas labores no se realizan, las obstrucciones reducen el paso del agua y ocasionan pérdidas tanto del recurso hídrico como de la producción agrícola (Troncoso, 2016).

2.3.7. Afectaciones del Canal

Las zonas presentan afectaciones por el mal uso de las aguas del canal de riego, desde este canal salen aguas entubadas que atraviesan terrenos, por lo tanto, se suma la temporada invernal que satura el suelo produciéndose el deslave, incluso han afectado la vía pública. El impacto favorable del mantenimiento de canales ante el déficit hídrico es mejorar los sistemas de captación y conducción (Troncoso, 2016).

Interrupción del Servicio

En un servicio público como es la dotación del agua para riego se dan muchas contingencias, unas de carácter natural y otras derivadas de proyectos complejos que obligan a suspender el servicio, como sucede cuando se produce un deslave que ocasiona la ruptura de la conducción de agua para la ciudad (Agua, 2025).

Daños Estructurales

La inspección técnica a lo largo del canal de riego, es fundamental, donde se identifican varias patologías estructurales y funcionales, como manifestaciones visibles de deterioro que afectan la eficiencia, seguridad y vida útil del sistema, incluyendo fisuras, grietas, roturas estructurales, erosión de solera y paredes, fallas en juntas, vegetación invasiva y asentamientos (Camayo, 2026).

2.3.8. Impacto Socioeconómico

Afectación Agrícola

La ocurrencia de fenómenos de remoción en masa representa una amenaza especialmente crítica para los hogares cuyo sustento depende exclusivamente de la agricultura, grupo que supera el 70 % de las familias evaluadas y que desarrolla esta actividad con ingresos inferiores al salario básico, además de carecer de seguros u otros mecanismos de protección frente a pérdidas (Santillan Caiza & Patin Chimbo, 2025).

Afectación Económica

El análisis económico derivado de la degradación ambiental genera un impacto multidimensional que desestabiliza tanto la productividad rural como los ingresos familiares, donde principalmente la familia campesina ve afectada su situación económica por un periodo corto, evidenciando fuertemente la vulnerabilidad (Rodriguez, 2017).

Vulnerabilidad Socioeconómica

La vulnerabilidad socioeconómica se entiende como la susceptibilidad diferenciada de una población frente a perturbaciones o amenazas externas, condicionada por la insuficiencia de activos productivos, redes de soporte e ingresos.

Esta carencia de capacidades operativas frena la resiliencia comunitaria y eleva el nivel de exposición ante desastres (Biswas & Nautiyal, 2023).

Resiliencia Comunitaria

La resiliencia comunitaria expresa la capacidad de una comunidad para enfrentar situaciones adversas y responder de manera favorable mediante la cohesión social, el liderazgo local y el aprovechamiento de los recursos disponibles, un proceso que se fortalece con la participación de sus integrantes, el respaldo institucional y la aplicación de estrategias sostenibles (Altamirano et al., 2025).

2.3.9. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Definición

Los SIG son herramientas fundamentales para la zonificación de áreas susceptibles a deslizamiento, permitiendo el análisis espacial de múltiples variables condicionantes y desencadenantes mediante métodos semi-cuantitativos como la evaluación multi-criterio basada en el proceso analítico jerárquico (AHP) (Naranjo, 2023a).

Análisis Espacial

La identificación de patrones, la evaluación de tendencias, el reconocimiento de relaciones espaciales y el desarrollo de predicciones forman parte de las posibilidades que ofrece el análisis espacial para apoyar la toma de decisiones. Su aplicación permite comprender cómo se distribuyen los fenómenos en el territorio y de qué manera interactúan entre sí, aportando una visión geográfica que trasciende la representación cartográfica y facilita la interpretación de las características propias de cada lugar (ArcGIS Pro, 2020).

Mapas de Susceptibilidad

Los mapas de susceptibilidad constituyen una herramienta para reconocer las zonas con mayor probabilidad de presentar movimientos en masa mediante métodos semicuantitativos, como la evaluación multicriterio basada en el proceso analítico jerárquico (AHP) aplicada con sistemas de información geográfica, información que facilita la planificación territorial y la definición de medidas orientadas a reducir los riesgos tanto en áreas urbanas como rurales. Además, tienen en cuenta dónde ocurren los deslizamientos y sus causas (pendiente, tipo de suelo y el impacto del flujo de agua en la zona) (Teke, 2022).

ArcGIS

ArcGIS es el software más utilizado para análisis espacial en geotecnia, permitiendo la creación de mapas de susceptibilidad mediante la superposición de capas temáticas y el cálculo de factores de seguridad para taludes inestables formados por depósitos eólicos y basamento rocoso (Naranjo, 2023b).

2.3.10. Normativa Ecuatoriana para la Estabilidad de Taludes

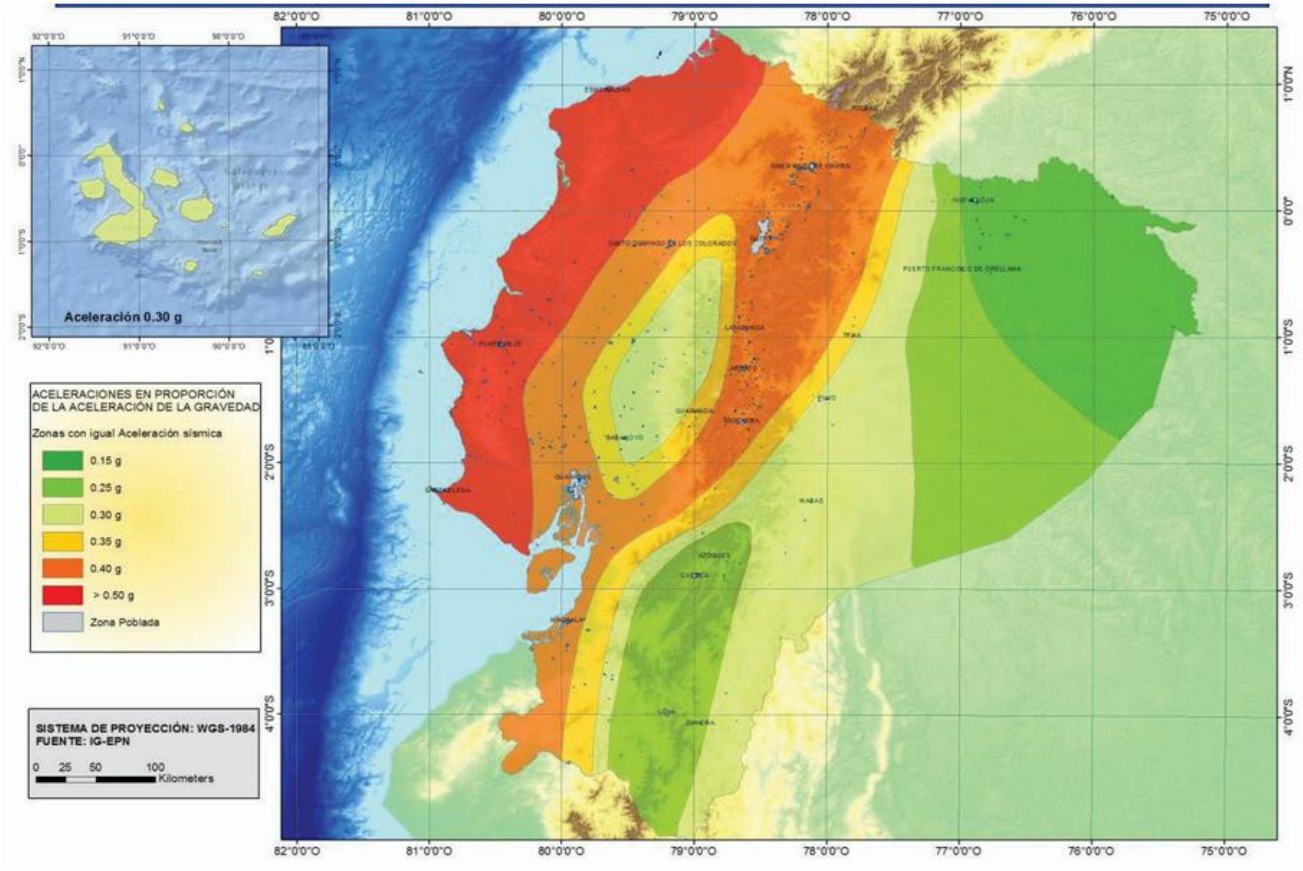
Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)

Zonificación Sísmica y Factor de Seguridad Z

Para el diseño de edificaciones de uso convencional, el factor de zona sísmica (Z) representa la aceleración máxima esperada en roca durante el sismo de diseño, expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad. La ubicación de la estructura permite determinar la zona símica correspondiente dentro de las seis zonas establecidas para el territorio ecuatoriano, cada una caracterizada mediante un valor específico del factor (Z) (Aulestia, 2014).

Ilustración 9

Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de la zona Z.



Nota: *El mapa representa la zonificación sísmica del territorio ecuatoriano y los valores del factor de zona Z establecidos para cada zona sísmica (Gob.ec, s.f.).*

La conificación sísmica utilizada para el diseño se fundamenta en estudios de peligro sísmico realizados para una probabilidad de excedencia del 10% e un periodo de contempla una aceleración sísmica máxima en roca de 0.50 para los valores correspondientes al litoral ecuatoriano, condición asociada con la zona sísmica VI.

Ilustración 10

Valores del factor de zona (Z) según la zonificación sísmica del Ecuador

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Nota: *Presenta los valores del factor de zona sísmica Z correspondientes a las seis zonas establecidas para el territorio ecuatoriano, junto con su indicador de caracterización del peligro sísmico. Para el área de estudio correspondiente la zona IV, con un factor Z = 0.35 y un nivel de peligro sísmico alto (Gov.au, s.f.).*

En función de la zonificación establecida para el territorio ecuatoriano, el área de estudio se encuentra ubicada en la zona sísmica IV, a la cual corresponde un factor de zona (Z = 0.35). Esta zona se caracteriza por presentar un nivel de peligro sísmico alto, se considera la clasificación del perfil de suelo correspondiente al sitio de estudio identificado como tipo D.

La clasificación del sitio como perfil de suelo tipo D se establece de acuerdo con los criterios de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS), considerando las condiciones del subsuelo para determinar su comportamiento frente a la acción sísmica. Esta clasificación permite incorporar el efecto de las características del terreno sobre la respuesta sísmica y definir los factores de amplificación correspondientes a la zona sísmica IV. Por ello, para el área de estudio se adopta el perfil de suelo D como condición de referencia para el análisis sísmico del talud.

De acuerdo con las características de la zona sísmica y del perfil de suelo, se adopta un coeficiente de amplificación del suelo para la zona de periodo corto ($F_a = 1.25$). este factor permite considerar la influencia de las condiciones del suelo sobre la respuesta sísmica del terreno y constituye un parámetro necesario para determinar la aceleración sísmica empleada en el análisis.

Ilustración 11

Factores de amplificación del suelo según la zona sísmica y el tipo de perfil del subsuelo

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Nota: *Presenta los valores del factor de amplificación F_a establecidos en función de la zona sísmica y del tipo de perfil del subsuelo. Para el área de estudio se considera la zona sísmica IV y el perfil de suelo D, con un valor de $F_a = 1.25$ (Gob.ec, s.f.).*

Por lo tanto, para el análisis desarrollado en la presente investigación se toma los parámetros correspondientes a la zona sísmica IV, factor de zona (Z = 0.35), perfil de suelo D y Factor de amplificación ($F_a = 1.25$). Estos valores serán utilizados como referencia para la evaluación de la acción sísmica sobre el talud y para el posterior análisis de estabilidad.

2.4.Marco Legal

En la presente investigación se fundamenta en la normativa ecuatoriana relacionada con la Gestión Integral del Riesgo de Desastres, la gestión de los recursos hídricos, el ordenamiento territorial, la protección ambiental y la planificación nacional.

Estas disposiciones proporcionan el sustento jurídico para analizar los riesgos asociados a los deslizamientos que pueden afectar la estabilidad del talud y la funcionabilidad del canal de riego ubicado en el sector San Vicente de las Tres Cruces, Cantón Guaranda, provincia de Bolívar.

2.4.1. Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador establece los principios fundamentales para la protección de las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos de los desastres, así como las colectividades y la naturaleza frente a los efectos de los desastres, así como las responsabilidades institucionales relacionadas con la gestión del riesgo.

Art. 389: Establece que el Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico, mediante acciones sociales de prevención recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el propósito de reducir la vulnerabilidad. Asimismo, establece que la gestión del riesgo debe incorporarse en la planificación y gestión de las instituciones públicas y privadas.

Art. 390: Señala que los riesgos se gestionan bajo el principio de descentralización subsidiaria, mantiene el cual las instituciones son responsables de la gestión del riesgo dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y capacidad técnica y financiera deberán brindar el apoyo necesario, sin relevar su responsabilidad a la institución correspondiente (Legislativo, 2008).

Estas disposiciones constituyen una base legal importante para la presente investigación, debido a que el estudio del riesgo por deslizamientos en el canal de riego del sector San Vicente de las Tres Cruces está relacionado directamente con la protección

territorial, la prevención de desastres y la reducción de vulnerabilidades en comunidades rurales.

2.4.2. Código Orgánico Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).

El Código Orgánico de la Organización Territorial, Autonomía y Descentralización establecen las competencias y responsabilidades de los Gobiernos autónomos descentralizados en materia de ordenamiento territorial y gestión de riesgos.

Art. 54. Literal o). Establece entre las funciones del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal la regulación y control de las construcciones dentro de su circunscripción territorial, considerando las normas relacionadas con el control y prevención de riesgos y desastres.

Art. 140: Establece que la gestión integral del riesgo de desastres que afecte al territorio será ejecutada por los gobiernos autónomos descentralizados bajo el principio de descentralización subsidiaria, de manera coordinada y concurrente, de acuerdo por el ente rector de la gestión integral del riesgo de desastres. También dispone que los gobiernos autónomos descentralizados municipales adopten normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos dentro de sus territorios.

Estas disposiciones se relacionan con la investigación debido a que el área de estudio se encuentra dentro de la jurisdicción del Cantón Guaranda y presenta una infraestructura de riego expuesta a procesos de inestabilidad de taludes. Por ello, el análisis técnico realizado puede aportar información para la planificación territorial y la reducción del riesgo (Nacional, 2010).

2.4.3. Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres

El marco legal para la planificación, la organización y la coordinación de las políticas y acciones vinculadas con el conocimiento, la prevención, la mitigación, la

respuesta y la recuperación ante emergencias y catástrofes lo establece la Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres.

Art. 1. Determina como objetivo de la Ley regular los procesos vinculados con la previsión, el conocimiento, la prevención, la mitigación, la respuesta y la recuperación frente a catástrofes y emergencias. También incluye el funcionamiento del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Integral del Riesgo de Desastres. La finalidad es disminuir el riesgo y salvaguardar a las personas, las comunidades y el medio ambiente natural.

Art. 19. Define funciones generales para los participantes del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Integral del Riesgo de Desastres, como la evaluación e identificación de riesgos, incluir la gestión del riesgo en la planificación, poner en marcha acciones para disminuir el riesgo y tener en cuenta medidas para reducirlo durante el planeamiento y construcción de infraestructura.

Esta regulación está directamente relacionada con la investigación, ya que el análisis y la identificación de condiciones de amenaza, riesgo y vulnerabilidad vinculadas a los deslizamientos, las cuales pueden poner en peligro la operatividad del canal de riego. Además, posibilita sustentar la creación de medidas tanto estructurales como no estructurales que buscan disminuir el riesgo existente (ECUADOR, 2024).

2.4.4. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua dicta regulaciones que tienen que ver con la administración, preservación, defensa, empleo y utilización de los recursos hídricos. Es relevante su incorporación porque el estudio actual examina la utilidad de un canal dedicado al riego agrícola.

La Ley reconoce el derecho humano al agua, regula su gestión y uso, e incluye la intervención de las juntas de agua potable y riego y los sistemas comunitarios en la

defensa, restauración y conservación de las fuentes acuíferas, así como en la dirección de estos sistemas.

El vínculo con la investigación actual se establece porque los deslizamientos y desplazamientos de material tienen el potencial de causar bloqueos, perjuicios físicos y reducción en la funcionalidad del canal, lo que puede interrumpir el servicio de riego y, por ende, las labores agrícolas de los usuarios (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

2.4.5. Código Orgánico del Ambiente

El Código Orgánico del Ambiente dicta medidas para la adaptación y mitigación ante el cambio climático, así como para la protección del medioambiente.

Art. 257. Se centra en la disminución de la vulnerabilidad y determina las perspectivas para adaptarse y mitigar el cambio climático, teniendo en cuenta la consolidación de las habilidades del país para manejar sus efectos. Asimismo, incluye la priorización de medidas de adaptación en áreas de riesgo elevado o vulnerables, particularmente las que tienen que ver con prevenir desastres.

Esta disposición tiene que ver con la investigación ya que las condiciones climáticas y ambientales tienen el potencial de afectar la solidez de los taludes. En esta línea, las acciones sugeridas para el sector examinado tienen que incluir medidas que ayuden a reducir la vulnerabilidad y evitar potenciales efectos en el canal de riego y su alrededor (Finder, 2019).

1.1.6. Plan Nacional de Desarrollo 2025-2029

La investigación está conectada con el Plan Nacional de Desarrollo 2025-2029 "Ecuador No Se Detiene", una herramienta de planificación nacional que fue creada por la Secretaría Nacional de Planificación. El documento presenta pautas dirigidas a gestionar el territorio, desarrollar de manera sostenible y reforzar las habilidades del país ante diversas amenazas y riesgos (BOJACÁ, 2021).

La conexión con esta investigación se fundamenta en la generación de datos técnicos acerca de las condiciones de riesgo por deslizamientos, que puede ayudar a planificar el territorio, decidir y llevar a cabo acciones para resguardar la infraestructura de riego y disminuir la vulnerabilidad de las poblaciones rurales.

Las regulaciones que se han analizado, en suma, constituyen la base legal de la investigación, ya que determinan los lineamientos y las responsabilidades vinculadas con el manejo integral del riesgo de desastres, la protección de los recursos hídricos, la ordenación territorial y la preservación del medio ambiente. Su utilización hace posible la fundamentación del estudio de los deslizamientos que impactan el talud del canal de riego y el apoyo a la formulación de medidas dirigidas a reducir el riesgo y preservar la funcionalidad de esta infraestructura para los usuarios del área de San Vicente de las Tres Cruces.

2.5. Conceptual (Glosario de Términos)

Deslizamiento

Un desplazamiento corresponde al descenso de masas de suelo, roca o material superficial a lo largo de una ladera por efecto de la gravedad. Su ocurrencia puede asociarse a lluvias intensas, sismos, procesos de erosión o intervenciones humanas sobre el terreno. Estos eventos son frecuentes en zonas montañosas y representan una amenaza para las comunidades y la infraestructura (Matanza, 2019).

Talud

Superficie de terreno con un grado de inclinación significativo (ladera) por donde pasa el canal. El talud es una superficie indicada del terreno cuya estabilidad depende de factores como la cohesión del suelo, el ángulo de fricción interna, la pendiente geométrica y el contenido de humedad, en zonas agrícolas los taludes suelen estar expuestos a

intervenciones humanas como cortes, excavaciones o cercanías a infraestructura hidráulica, lo que incrementa su susceptibilidad (Liu et al., 2025b).

Amenaza

Amenaza por Deslizamientos:

Se refiere al potencial evento físico de origen natural o antrópico (en este caso, un movimiento en masa o deslizamiento) que podría impactar el canal. La amenaza por deslizamientos se refiere a la probabilidad de que ocurra un movimiento en un talud, capaz de detectar la infraestructura del canal de riego, esta amenaza surge cuando la resistencia interna del suelo disminuye hasta un punto en que puede sostenerse las tensiones aplicadas. Los deslizamientos pueden ser de origen natural o incluidos por actividades humanas, y representan uno de los principales geodinámicos en zonas con pendientes pronunciadas, suelos débiles y presencia constante de agua (Lu et al., 2012).

Vulnerabilidad

Vulnerabilidad de la Infraestructura:

La susceptibilidad o propensión del canal y de la comunidad a ser afectados por la amenaza, la vulnerabilidad de la infraestructura se refiere a la susceptibilidad del canal y la comunidad ante la amenaza de deslizamientos, el canal puede resultar afectado si presenta condiciones estructurales deficientes, como falta de revestimiento, erosión interna o materiales de baja resistencia (Gutiérrez, 2019).

Vulnerabilidad Socioeconómica:

Se refiere a la incapacidad de la comunidad y de la Junta de Riego para anticipar, resistir, y recuperarse de la interrupción del servicio de agua. La vulnerabilidad física comprende las debilidades inherentes del canal, como su diseño, antigüedad, tipo de revestimiento y mantenimiento, los canales de tierra sin protección hidráulica son más

propensos a sufrir filtraciones que debilitan la estructura y generan erosión interna (Kumar et al., 2025).

Riesgo

Relación con el Riesgo:

El estudio se centra en el talud de corte o terraplén del canal, donde la presencia del agua (filtración) se convierte en un factor de inestabilidad, reduciendo la resistencia al corte del suelo.

El riesgo se determina por la interacción entre la amenaza de deslizamiento, la vulnerabilidad del canal y la exposición de la comunidad, en este caso, la infiltración del agua del canal actúa directamente sobre el talud, reduciendo la resistencia del suelo y aumentó la probabilidad de falla, si el canal tiene filtraciones y el talud es geotécnicamente débil la funcionalidad del sistema de riego se ven comprometidas (Aro et al., 2024).

Factor de Seguridad

El factor de seguridad es un parámetro geotécnico utilizado para evaluar la estabilidad de un talud, este valor representa la relación entre las fuerzas que resisten el desplazamiento y aquellas que provocan la falla del terreno. Valores menores a uno no indican condiciones de inestabilidad (Geoengineer, 2021).

Canal de Riego:

Es la infraestructura lineal (acequia) diseñada para conducir el agua desde la fuente de captación (río, reservorio) hasta los puntos de distribución o parcelas agrícolas. Un canal de riego es una infraestructura hidráulica lineal que conduce el agua desde su fuente hacia las parcelas agrícolas, su operación depende de condiciones geotécnicas estables y de un diseño adecuado que minimice filtraciones , erosión y pérdidas de agua (Kumar et al., 2025).

Impacto Socioeconómico

El impacto socioeconómico comprende las consecuencias sociales y económicas asociadas por un evento adverso sobre la población y sus actividades productivas. Los deslizamientos pueden generar pérdidas agrícolas, daños en infraestructura y afectaciones económicas en las familias rurales (Xevib, 2026).

Mitigación

La mitigación corresponde al conjunto de medidas y acciones destinadas a reducir los efectos negativos y una amenaza o disminuir el nivel de riesgo existente. Entre estas acciones se incluyen obras estabilización, drenajes reforestación y planificación territorial (UNDRR, 2017).

Resiliencia

La resiliencia es la capacidad que tienen las comunidades o sistemas para resistir, adaptarse y recuperarse frente a eventos adversos como desplazamientos o inundaciones. Una población reciente puede reducir pérdidas y establecer sus actividades a menor tiempo después de una amenaza (UNDRR), 2017).

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

El presente caso de estudio se caracteriza por una investigación descriptiva y analítica, porque permite identificar las características geológicas, geomorfológicas y climáticas del área de estudio, conocimiento orientado a la solución de un problema real relacionado con los riesgos por deslizamientos del talud y su incidencia en la funcionalidad del canal de riego y en las condiciones socioeconómicas de los usuarios del sector San Vicente de las Tres Cruces. Los resultados obtenidos permitirán proponer medidas de mitigación estructurales y no estructurales orientadas a la reducción del riesgo y a la protección de la infraestructura hidráulica.

Finalmente, posee un alcance explicativo debido a que busca analizar la relación existente entre los factores que generan deslizamientos y las afectaciones producidas sobre la funcionalidad del canal de riego y las condiciones socioeconómicas de la población usuaria, permitiendo comprender las causas y efectos asociados al fenómeno estudiado.

3.2. Enfoque de la Investigación

3.2.1. Enfoque Cuantitativo

El enfoque cuantitativo se caracteriza por abordar un problema de investigación previamente delimitado, siguiendo un proceso sistemático, secuencial y riguroso que permite formular objetivos, preguntas de investigación e hipótesis, así como definir y medir las variables involucradas. De acuerdo con Hernández Sampieri y Mendoza, este enfoque se sustenta en la recolección y el análisis de datos cuantitativos mediante procedimientos estandarizados, con el propósito de describir fenómenos, establecer relaciones entre variables y contrastar las hipótesis planteadas. Asimismo, procura mantener la objetividad durante el proceso investigativo y, cuando las características del

diseño y de la muestra lo permiten, generalizar los resultados obtenidos de una muestra hacia la población de estudio. En este sentido, el enfoque cuantitativo contribuye a generar evidencia empírica para explicar determinados fenómenos y poner a prueba teorías o proposiciones previamente establecidas.

En esta investigación se adoptó un enfoque cuantitativo, debido a que se recopilará y analizará información técnica y social que puede expresarse mediante datos numéricos y categorías de respuesta.

En el componente técnico se estudiarán las condiciones físicas, geológicas y morfológicas del área de estudio, así como las características del suelo, la pendiente del terreno, la precipitación y la estabilidad del talud. Para ello, se utilizarán levantamientos de campo ensayos de laboratorio y herramientas informáticas como ArcGIS, global mapper, AutoCAD y Geo5.

3.3.Métodos de Investigación

Método Descriptivo

Se utilizará para identificar y caracterizar las condiciones geológicas, geomorfológicas y climáticas presentes en el área de estudio, así como las características funcionales del canal de riego y las condiciones socioeconómicas de los usuarios. Este método permitirá recopilar información relevante sobre el estado actual del sector y describir las características asociadas a la ocurrencia de deslizamientos.

Método Analítico

Permitirá examinar los factores que influyen en la generación de deslizamientos, mediante el análisis de variables relacionadas con la estabilidad del talud, las condiciones geotécnicas del terreno, la precipitación y los factores condicionantes y detonantes presentes en el área de estudio. Asimismo, facilitará la evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

Método Correlacional

Se aplicará para analizar la relación existente entre los riesgos por deslizamientos del talud y las afectaciones generadas en la funcionalidad del canal de riego y en las condiciones socioeconómicas de los usuarios. Este método permitirá identificar el grado de incidencia del fenómeno estudiado sobre la infraestructura hidráulica y sobre las actividades productivas de la población beneficiaria.

3.3.1. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

Fuentes Primarias

Las fuentes primarias de información para la presente investigación fueron recopiladas directamente en campo mediante diversas técnicas, revisión documental y levantamiento de información socioeconómica utilizando instrumentos y equipos que permitan obtener datos confiables para el análisis de los riesgos por deslizamientos del talud y su incidencia en la funcionalidad del canal de riego y en las condiciones socioeconómicas de los usuarios del sector San Vicente de las Tres Cruces.

Observación Directa

La observación directa permitirá identificar las características físicas del área de estudio, el estado actual del canal de riego, las condiciones geomorfológicas del terreno y las evidencias de inestabilidad presentes en los taludes. Esta técnica facilitará el reconocimiento de zonas críticas y la recopilación de información necesaria para el análisis geotécnico y territorial. Asimismo, se aplicaron encuestas a los beneficiarios, a través de la plataforma digital como ¨GOOGLE FORM¨ con el objetivo de analizar la incidencia de los deslizamientos, afectaciones y condiciones socioeconómicas.

Revisión Documental y Bibliográfica

Se utilizará para recopilar información científica, técnica y cartográfica relacionada con deslizamientos, estabilidad de taludes, gestión de riesgos, infraestructura hidráulica y características del área de estudio.

Instrumentos y Fuentes:

- Artículos científicos.
- Tesis de grado y posgrado.
- Informes técnicos.
- Cartografía temática.
- Información del IGM (Instituto Geográfico Militar)
- Plataformas SIGTIERRAS

Levantamiento Geotécnico y Georreferenciado

Permitirá obtener información relacionada con las condiciones del suelo, características geométricas del talud, pendientes y parámetros necesarios para la evaluación de estabilidad.

Fuentes Secundarias

Mediante el software ArcGIS 10.4.1, Agisoft Metashape Professional para crear Dem, ortofoto y curvas de nivel, Global mapper perfil de terreno e información del mismo, AutoCAD para sacar medidas y ángulo del perfil de terreno y Geo5 versión 2019 para FS estabilidad de taludes, se identificaron cambios en la morfología del terreno y la susceptibilidad de la amenaza de deslizamiento.

3.3.2 Instrumentos de Recolección de Datos:

• **Dron:** Se hizo uso del dron EVO II DUAL para la captura de imágenes aéreas.

• **Encuesta:** Se aplicó a los usuarios del canal de riego con la finalidad de recopilar información relacionada con las afectaciones ocasionadas por los deslizamientos, se realizó cuestionario estructurado de preguntas cerradas y de escala ordinal.

• **Flexómetro digital:** Este fue utilizado para tomar medidas para procesamiento de datos en el Software Geo 5.

• **GPS.:** Fue utilizado para tomar coordenadas del área de estudio.

• **Laboratorio:** Se hizo uso del laboratorio de mecánica de suelos para conocer las propiedades y el tipo de suelo.

3.4. Universo, Población y Muestra

El universo de la investigación corresponde a los usuarios beneficiarios del sistema de riego del sector San Vicente de las Tres Cruces, Cantón Guaranda, provincia de Bolívar.

La población está conformada por 121 usuarios del canal de riego, quienes dependen directa o indirectamente de esta infraestructura para el desarrollo de sus actividades agrícolas y productivas.

Debido a que la población es finita, reducida y accesible, se trabajará con la totalidad de los usuarios registrados. Por lo tanto, no se aplicará fórmula de muestreo, sino un censo poblacional. Esta decisión permitirá obtener información directa de todos los usuarios y mejorar la representatividad de los resultados relacionados con la funcionalidad del canal de riego y las condiciones socioeconómicas de la población beneficiaria.

Universo: usuarios beneficiarios del sistema de riego del sector San Vicente de las Tres Cruces.

Población: 121 usuarios del canal de riego, correspondiente a censo poblacional.

3.5. Técnicas de Análisis y Procesamiento de la Información

Para el procesamiento de información y análisis de datos, se utilizaron diversos Sistemas de Información Geográfica (SIG) que proporcionaron la obtención precisa sobre la amenaza de deslizamiento y su impacto en el sector de estudio.

Para el Objetivo 1: Identificar las condiciones geológicas, geomorfológicas y climáticas del área de estudio que influyen en la ocurrencia de deslizamientos.

Para el cumplimiento del primer objetivo se recabo información de los diferentes Geoportales (IGM) y Gestión de Tierras - SIGTIERRAS. Además, se consideraron variables como el tipo de suelo, uso suelo, geología, geomorfología, Modelo Digital de Elevación (DEM) y las precipitaciones en Power NASA presentes en la zona del sector de San Vicente de las Tres Cruces.

Al haber obtenido los archivos vectoriales y el DEM, esta información se procesó a través del sistema SIG (ArcGIS) para elaborar los mapas correspondientes a cada uno de los factores, mediante la técnica de clip utilizando el polígono del sector. Posteriormente, se transformaron en formato ráster y se asignaron los pesos respectivos. Después, los ráster fueron convertidos a formato flotante y normalizado. Finalmente, se añadió algebra de mapas para generar el mapa de amenazas/susceptibilidad a deslizamientos.

Además, mediante una observación realizada en campo, se identificaron los taludes más representativos y críticos de la zona de estudio, mediante el cual se realizó un ensayo de suelo, que permitió determinar la distribución del tamaño de partículas presentes en las muestras recolectadas. Se analizaron cinco muestras de suelo obtenidas en el área de estudio, las cuales, de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), correspondieron a dos muestras de arena bien gradada (SW) y tres de arena pobremente gradada (SP). Estos resultados permitieron caracterizar las condiciones geotécnicas del talud y aportar criterios para valorar su estabilidad frente a los procesos de deslizamiento.

Para el Objetivo 2: Determinar el nivel de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos que afectan al canal de riego mediante factores de estabilidad.

Para este objetivo, se tomó como un punto de partida el vuelo en la zona de estudio para obtener el DEM, con este insumo se realizó la herramienta Slope para determinar la pendiente la cual se normalizo; las otras variables utilizadas fueron la litología y precipitación la que se obtuvo en formato shape del Geoportal de la IGM, estos se procesaron y se valoraron en el software ArcGIS para su posterior transformación a formato ráster, los cuales se normalizaron de igual manera, estos con el fin de obtener el mapa de riesgo.

Así mismo, para calcular la probable superficie de falla del perfil del terreno, se realizó el respectivo vuelo con el Dron EVO II DUAL, a una altura de 90 metros sobre el talud utilizando instrumental GNSS de precisión, el cual permitió almacenar puntos georreferenciados con gran exactitud, mejorando así la precisión del modelo y finalmente obteniendo 101 imágenes aéreas del sector de estudio. Posteriormente, se procesó el perfil en Agisof Metashape Professional versión 2.00, donde se limpió la imagen, en el Global Mapper se definió las curvas de nivel y finalmente se procesó para la obtención del perfil en AutoCAD. De la misma manera, se analizó en el software Geo5 versión 2019, para conocer la estabilidad del talud, superficie de falla a través de factores de seguridad y método de Bishop, obteniendo como resultado dos perfiles uno estático y el otro no estático.

Para el Objetivo 3: Para el cumplimiento de este objetivo, la información obtenida mediante las encuestas aplicadas a 121 usuarios del canal de riego fue tabulada y analizada en el software IBM SPSS Statistics, donde se realizaron procedimientos de estadística descriptiva mediante tablas de frecuencia y gráficos para identificar la percepción de los usuarios sobre la incidencia de los deslizamientos, afectaciones y la necesidad de medidas de mitigación.

La zona inestable evaluada hizo evidente la necesidad de incorporar un pie de muro de contención y un geomanto de reforestación con plantas nativas como respuesta a los problemas generados por los deslizamientos y a la obstrucción del canal. El software CivilCAD sirvió para modelar y comprobar geométricamente la propuesta, lo que permitió disponer de una alternativa técnica capaz de mantener el funcionamiento del canal y aportar mejores condiciones para la población que depende de este sistema de riego.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultado Objetivo 1

4.1.1. Identificar las condiciones geológicas, geomorfológicas y climáticas del área de estudio.

Para (keck, 2021), los procesos geológicos naturales son esenciales para la formación y transformación del relieve, entre las más importantes están la erosión, la deposición, la formación del suelo, los movimientos sísmicos y los flujos hídricos. Del mismo modo, las actividades de ríos, glaciares, vientos, aguas subterráneas y mareas transforman de manera constante la superficie del planeta. Esta degradación repentinamente debilita la cohesión y la fricción interna de los suelos y rocas facilitando la pérdida de estabilidad del terreno y aumentando la probabilidad de que ocurran un deslizamiento.

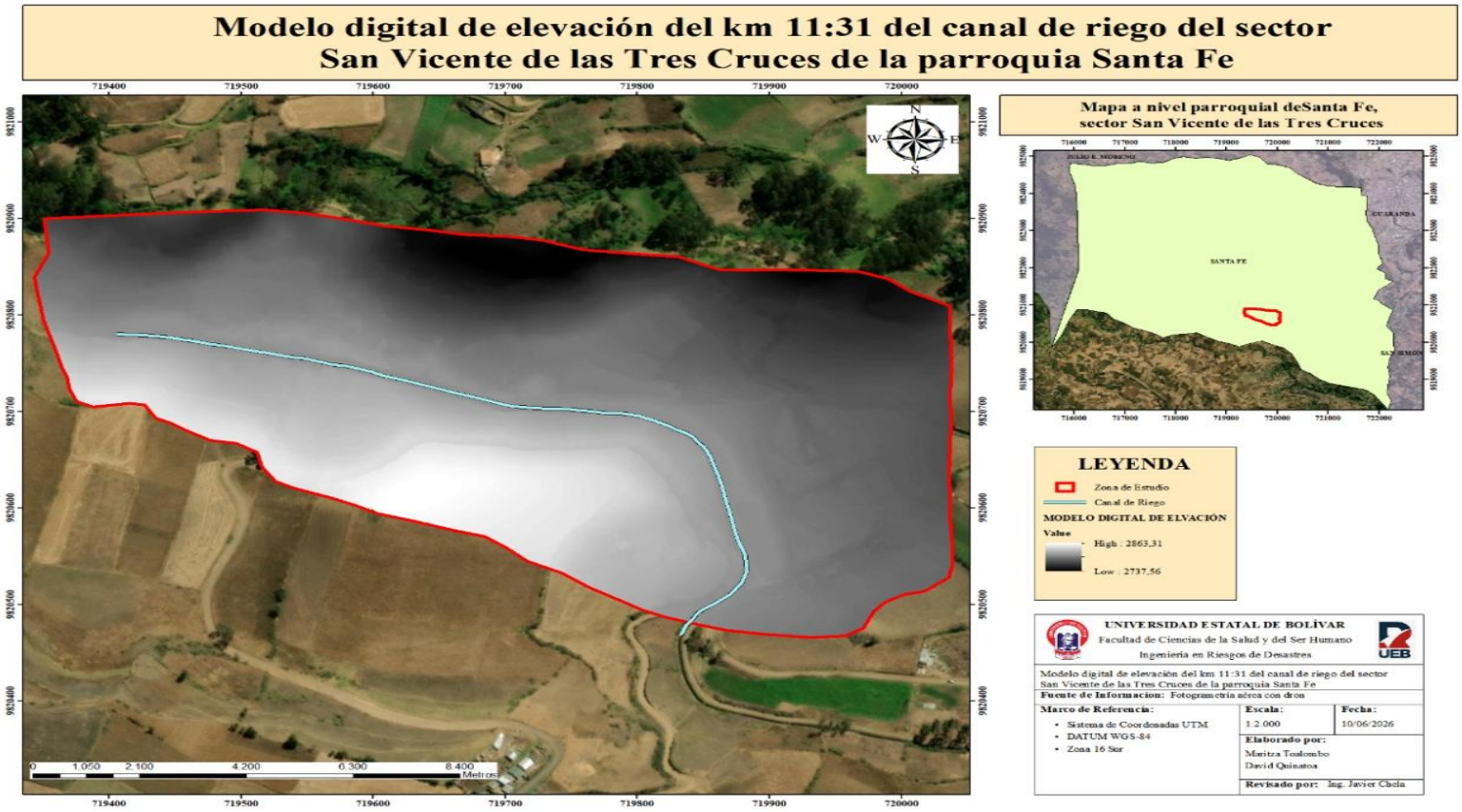
Por otro lado según (StudySmarter, 2024), define que la geomorfología climática investiga de qué manera los diferentes climas influyen en la creación y alteración de paisajes terrestres. El área de estudio examina los procesos como la erosión, la sedimentación y meteorización de diversos climas. Entender estos procesos es fundamental para predecir cambios en el relieve y gestionar adecuadamente los recursos naturales.

Mediante la explicación de características geológicas, geomorfológicas y climáticas que influyen directamente en la ocurrencia de deslizamientos, se trabajó con la metodología de susceptibilidad/amenaza ante movimientos en masa de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), esta nos permitió un análisis detallado para poder determinar la susceptibilidad, con base en la información obtenida y analizada, para la elaboración del modelo cartográfico de susceptibilidad se procedió a jerarquizar las variables según su nivel de influencia dentro del área de estudio. Previamente se

asignaron ponderaciones a cada variable mediante un análisis detallado de sus atributos y características. Cómo paso inicial, se generó el Modelo Digital de Elevación (MDE) de 90m y una resolución de (0,5 0,5) como se muestra en la figura, este producto constituye un insumo esencial para la obtención y análisis de mapa de pendientes necesario para la evaluación de la susceptibilidad del terreno.

Ilustración 12

Mapa del Modelo digital de elevación



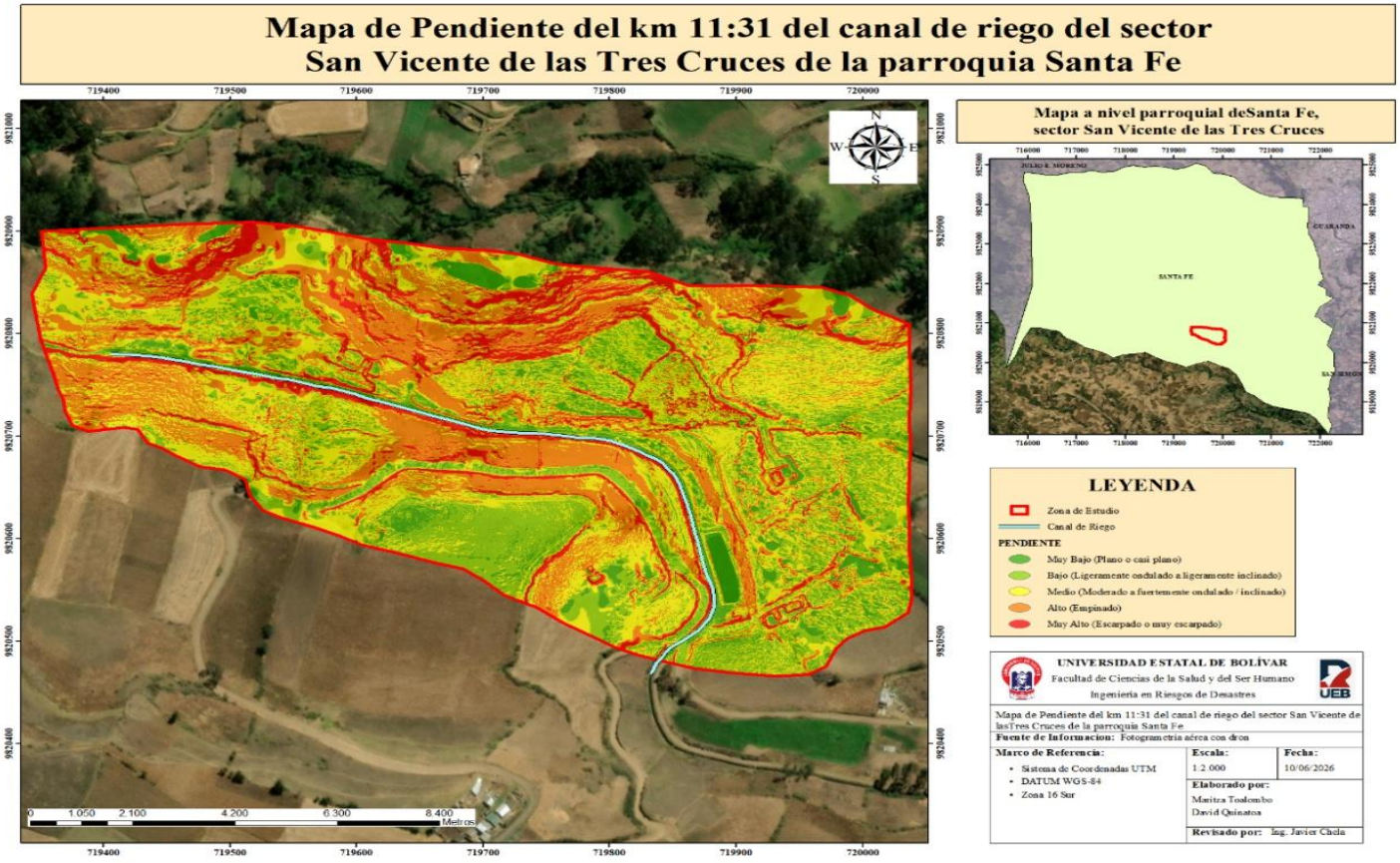
Nota: *La siguiente figura muestra el DEM del sector obtenida partir del vuelo de Dron sobre el área de estudio con una altura de 90m y una resolución de (0,5m). Fuente: (Propia, 2026).*

Mapa de Pendiente

La pendiente constituye uno de los factores con mayor influencia sobre la estabilidad del terreno, por lo que su evaluación permitió diferenciar cinco categorías según el porcentaje de inclinación, representadas mediante una escala de colores para facilitar la interpretación del mapa, donde la categoría muy baja (0–5) corresponde a superficies prácticamente planas con una susceptibilidad mínima a los deslizamientos, la categoría baja (6–12) reúne relieves ligeramente ondulados que conservan condiciones favorables de estabilidad, el nivel medio (13–25) incorpora la influencia conjunta de la pendiente, el uso del suelo y la cobertura vegetal sobre el comportamiento del terreno, la categoría alta (26–40) refleja un incremento de la susceptibilidad asociado al aumento de la inclinación, mientras que la categoría muy alta (>40) comprende laderas escarpadas donde las condiciones de inestabilidad son más marcadas y el riesgo de deslizamientos alcanza su mayor nivel.

Ilustración 13

Mapa de Pendiente



Nota: *La siguiente figura muestra el mapa de pendiente. Fuente: (Propia, 2026).*

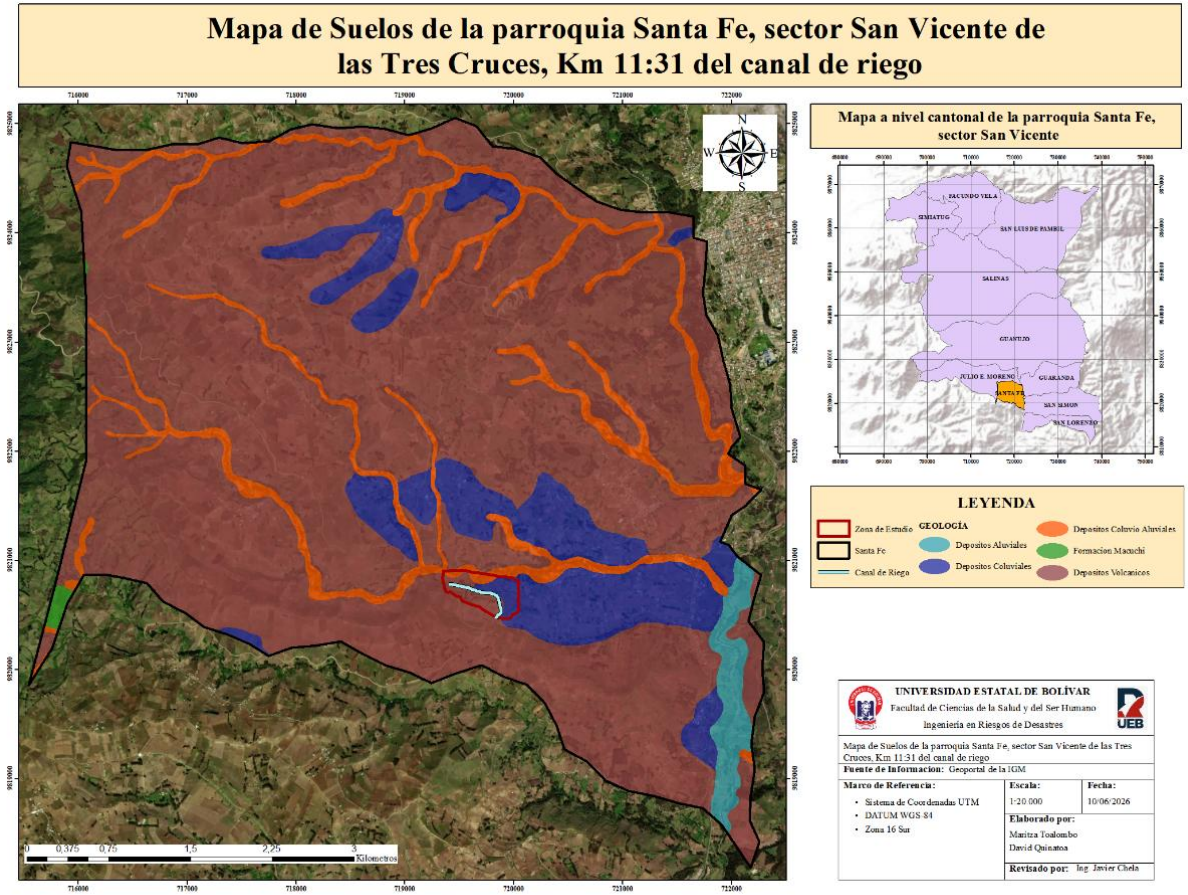
Mapa de Suelos

Para la elaboración de este mapa se utilizó la información del archivo Shape de suelos disponible en el Geo portal del IGM, a partir de la cual se identificaron depósitos volcánicos, coluviales, coluvio-aluviales y aluviales. En la mayor parte del área de estudio predominan los depósitos volcánicos, representados con color marrón, que cubren la mayor extensión del territorio. Sus diferentes grados de alteración y fracturamiento influyen en el comportamiento geotécnico del terreno, mientras que la presencia de discontinuidades y procesos de meteorización favorece la infiltración del agua y disminuye la resistencia de estos materiales durante los periodos de precipitaciones intensas.

Los depósitos coluviales, identificados con color azul, ocupan principalmente la parte central y sur del mapa, espacio donde también se ubica el canal de riego. El transporte por gravedad y la acumulación de estos materiales sobre las laderas les confieren una baja consolidación, circunstancia que incrementa la susceptibilidad a los deslizamientos. En ese entorno coinciden la geología, la humedad y la pendiente del terreno, cuya acción conjunta favorece la inestabilidad de los taludes y afecta la funcionalidad del sistema de riego.

Ilustración 14

Mapa de Suelos



Nota: *La siguiente figura muestra el mapa de Suelos. Fuente: (Propia, 2026).*

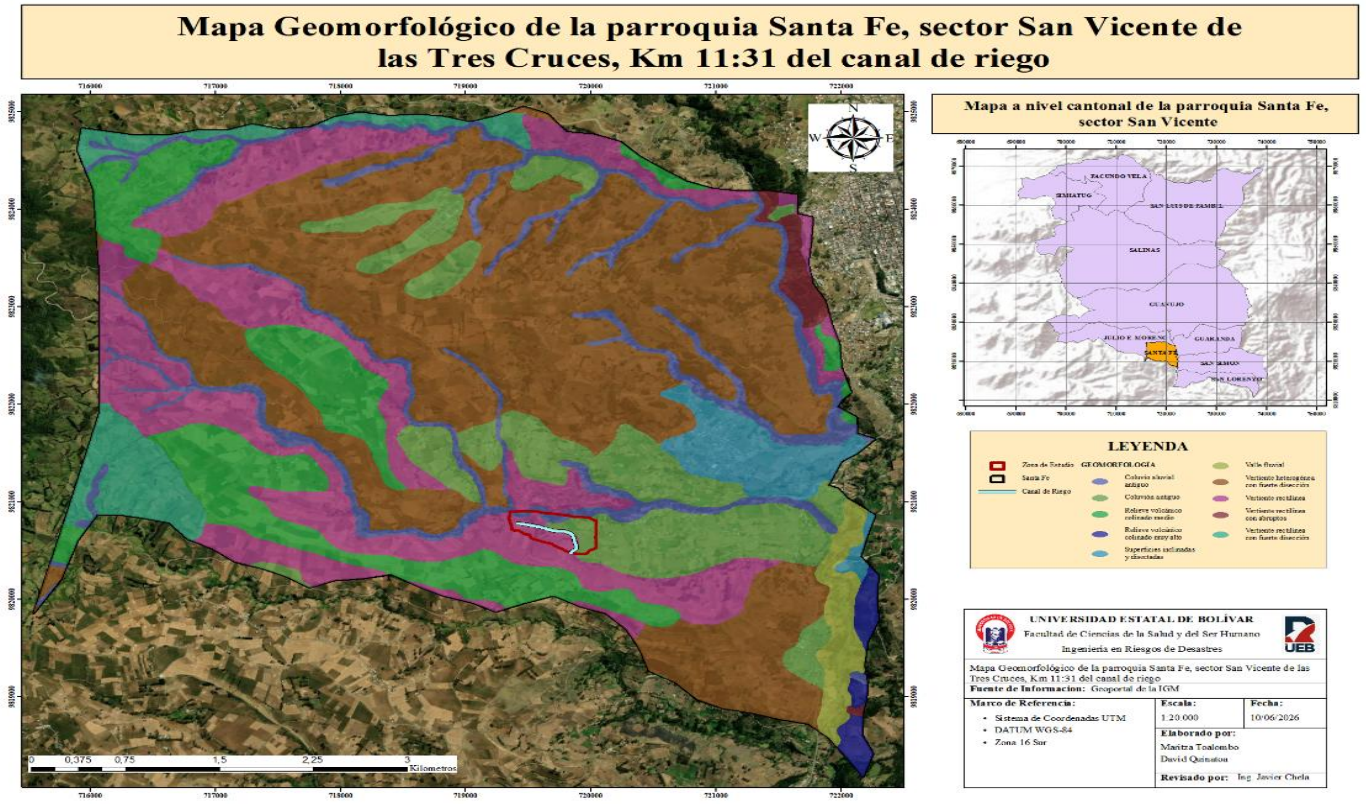
Mapa de Geomorfología

La información obtenida del Geoportal del IGM permitió elaborar el mapa geomorfológico de la parroquia Santa Fe, sector San Vicente de las Tres Cruces, donde se identificaron tres unidades del relieve: vertientes rectilíneas con fuerte disección, relieve volcánico colinado medio y muy alto, y coluvios aluviales antiguos. Esta diferenciación facilitó el análisis de la dinámica del paisaje y la valoración de la susceptibilidad frente a deslizamientos conforme a la metodología establecida por la SNGR.

La dinámica geomorfológica del sector muestra comportamientos diferenciados entre sus unidades de relieve, ya que las vertientes rectilíneas ocupan las zonas de mayor pendiente, donde la erosión ha modificado el terreno próximo al canal y ha favorecido escenarios de menor estabilidad. Un comportamiento distinto presenta el relieve volcánico colinado muy alto, formado por laderas desarrolladas sobre materiales volcánicos antiguos cuya topografía irregular y el menor grado de consolidación del suelo aumentan la susceptibilidad cuando se registran precipitaciones intensas. En cambio, los coluvios aluviales antiguos proceden de depósitos generados por antiguos flujos de agua y procesos gravitacionales, características que les proporcionan una estabilidad relativamente superior frente al resto de las unidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio.

Ilustración 15

Mapa Geomorfológico



Nota: *La siguiente figura muestra el mapa geomorfológico. Fuente: (Propia, 2026).*

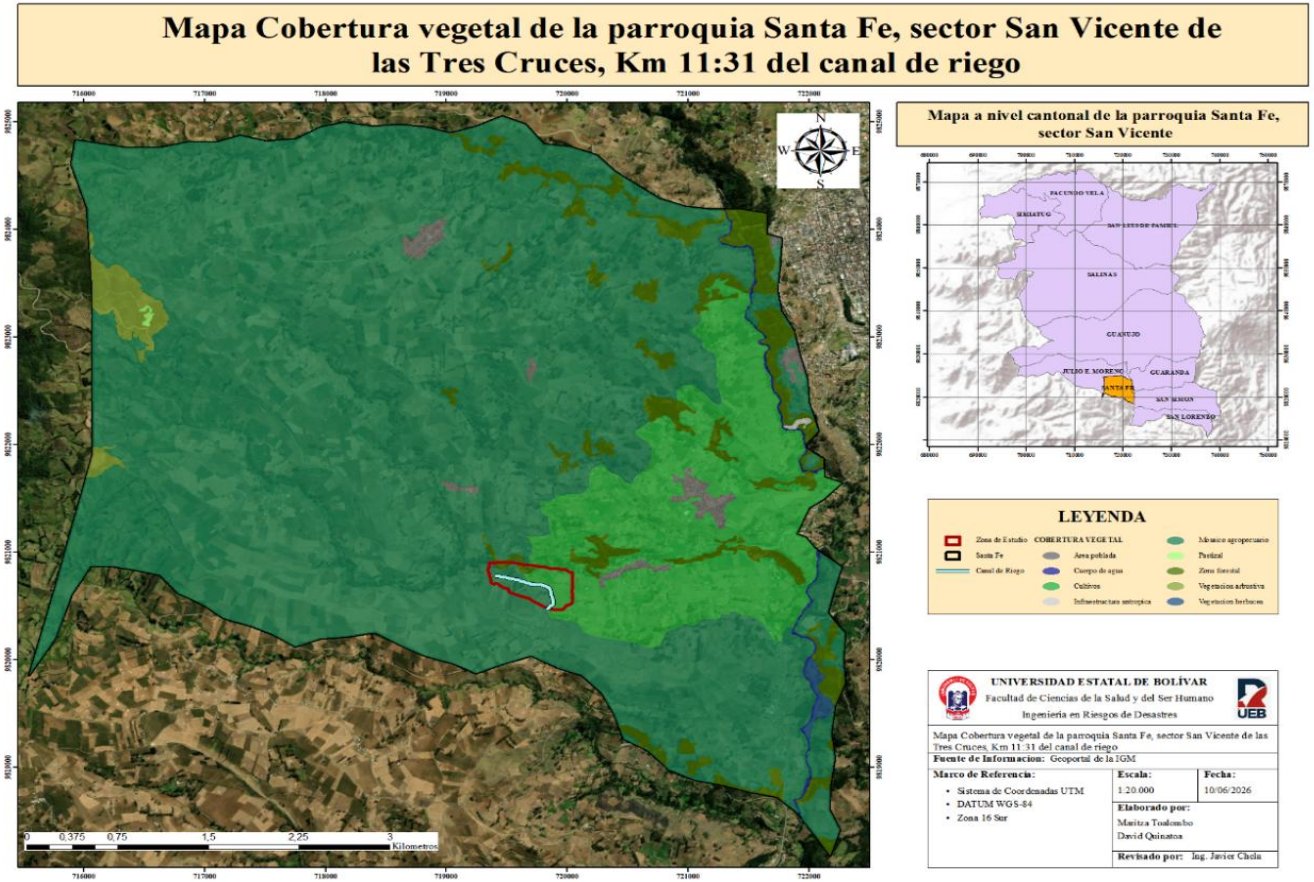
Mapa de Cobertura Vegetal

Se determinó que el área de estudio presenta un predominio de cultivos de ciclo corto y cobertura arbustiva, evidenciando una intervención agrícola significativa del suelo. Esta condición reduce la protección natural frente a la erosión superficial y puede favorecer procesos de inestabilidad en sectores con pendientes pronunciadas, especialmente durante la época lluviosa.

Las áreas de vegetación arbustiva y bosque nativo, aunque menos extensas y dispersas, contribuyen a la retención y estabilización del suelo mediante su sistema radicular. En el sector San Vicente de las Tres Cruces kilómetro 11.31, se localiza el tramo crítico del canal de riego, la cobertura vegetal constituye un factor relevante para el análisis de la susceptibilidad a deslizamientos y sustenta la aplicación de medidas como geomantas y revegetación con especies nativas para mejorar la estabilidad del talud.

Ilustración 16

Mapa de Cobertura Vegetal



Nota: *La siguiente figura muestra el de Cobertura Vegetal. Fuente: (Propia, 2026).*

Mapa de Litología

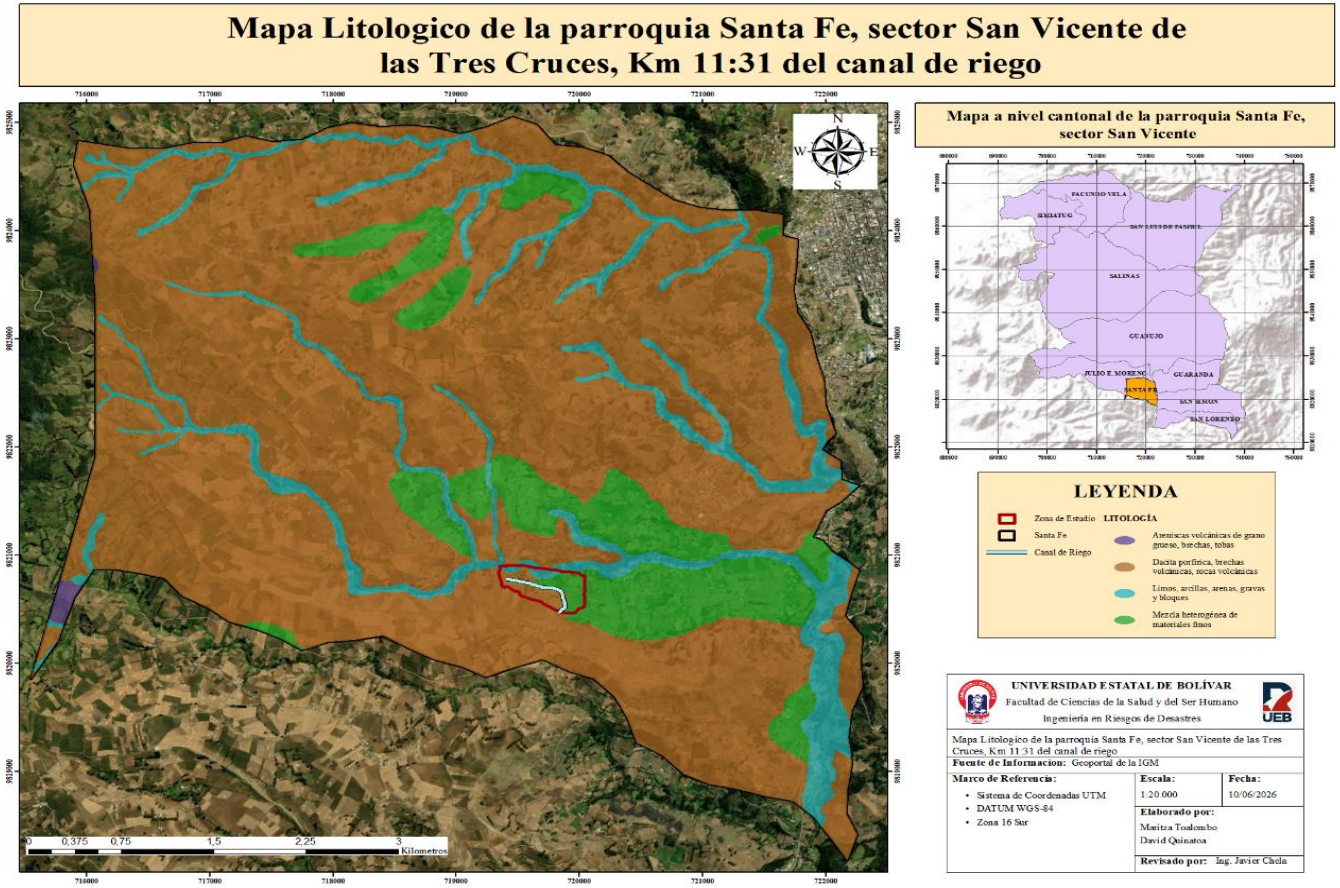
A partir del análisis espacial, se identificaron materiales como: areniscas volcánicas de grano grueso, brechas y tobas, también arcillas, arenas, gravas, bloques y brechas volcánicas. Cabe destacar que esta información litológica fue obtenida y depurada desde el shape de geomorfología, especialmente extrayendo los datos contenidos en el campo de "tipo de roca", con base en la cartografía oficial de SIGTIERRAS.

Mediante lo cual, la zona presenta condiciones litológicas desfavorables para la estabilidad del terreno, debido al marcado predominio de materiales sueltos, fragmentados y de matriz poco consolidada en gran parte del área delimitada.

Por lo tanto, estas condiciones particulares del sustrato rocoso y regolito deben considerarse como carácter prioritario en los planes de prevención ordenamiento territorial y el diseño de obras de mitigación y civil, exigiendo la implementación de sistemas de drenaje adecuados planes de revegetación para la estabilización de taludes y restricciones estrictas en el uso del suelo dentro de las poligonales de mayor susceptibilidad.

Ilustración 17

Mapa Litológico



Nota: *La siguiente figura muestra el mapa Litológico. Fuente: (Propia, 2026).*

Mapa de Precipitación

Para la elaboración de este mapa los datos se obtuvieron de la plataforma NASA POWER Data Access Viewer, donde se descargaron desde el año 1998 al 2025.

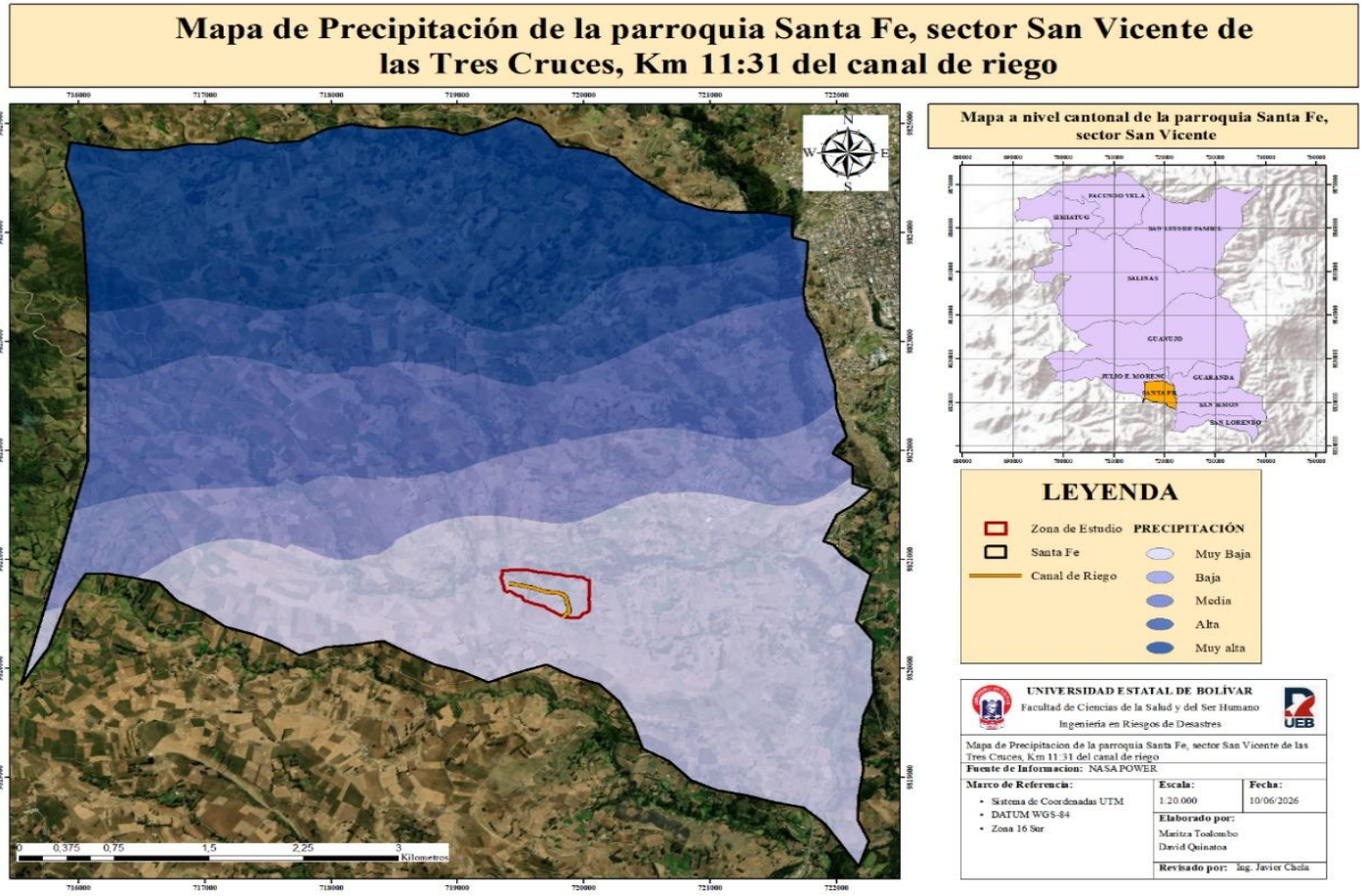
En este mapa de precipitación se evidencia una distribución espacial variable de las lluvias dentro del territorio, se observa que la mayor parte de la zona presenta niveles de precipitación que varían entre bajos y medios, mientras que los valores más altos se concentran hacia la parte norte de la parroquia.

La distribución de la precipitación en el sector San Vicente de las Tres Cruces evidencia un predominio de valores bajos dentro del área de estudio del canal de riego, situación asociada a la influencia conjunta de la altitud, la pendiente y la configuración del relieve sobre el desplazamiento de las masas de aire húmedo, factores que explican las diferencias espaciales en la acumulación de lluvias respecto de otros sectores del territorio.

Aunque el sector de estudio presenta precipitaciones relativamente menores, la ocurrencia de deslizamientos puede verse favorecida por la infiltración del agua, la erosión del suelo y las características geotécnicas del terreno, factores que influyen directamente en la estabilidad de los taludes adyacentes al Canal de riego como se muestra en la siguiente figura.

Ilustración 18

Mapa de precipitación



Nota: *La siguiente figura muestra el mapa de precipitación. Fuente: (Propia, 2026).*

Análisis General

El sector San Vicente de las Tres Cruces, del canal de riego en el kilómetro 11:31 se encuentra en una zona de alta vulnerabilidad debido a factores físicos desfavorables. Aunque los datos climáticos de la NASA indican una precipitación relativamente baja en este sector, el verdadero peligro radica en las características del terreno, el mapa de pendientes muestra inclinaciones críticas que superan el 40%, asentada sobre vertientes propensas de la erosión. A esto se suma la litología inestable, dominada por depósitos volcánicos y coluviales compuestos de materiales sueltos y poco consolidados como brechas y arcillas. En consecuencia, la pérdida de cohesión interna provocada por la infiltración de agua expone al talud a deslizamientos constantes que amenazan directamente a la funcionalidad de la infraestructura hídrica.

Discusión

Condiciones Geológicas, Geomorfológicas y Climáticas del Área de Estudio

La caracterización física en el km 11:31 del canal de riego evidencia que la susceptibilidad del terreno responde a una interacción multivariable, donde la geología y la topografía actúan como factores condicionantes y la precipitación como factor desencadenante.

La presencia de pendientes superiores al 40% en las vertientes rectilíneas adyacentes a la infraestructura hídrica coincide con los umbrales críticos de estabilidad definidos por Highland y Bobrowsky (2008), quienes señalan qué inclinaciones superiores a los 30° incrementan sustancialmente el componente gravitacional, favoreciendo la falla del talud por socavamiento y descomprensión lateral.

Esta condición topográfica se agrava al considerar la litología de la zona, denominada por depósitos volcánicos y coluviales no consolidados que albergan brechas, tobas y matrices arcillosas de alta deformabilidad. Estos hallazgos concuerdan con las

investigaciones desarrolladas por el Instituto Geográfico Militar (2018) y Lara (2021) en la cordillera andina ecuatoriana, dónde se demuestra que la baja cohesión y el elevado grado de alteración de estos materiales reducen la resistencia al corte del suelo, facilitando la formación de planos de falla rotacionales Y traslacionales ante cambios mínimos en el estado de esfuerzos.

En lo relativo al factor climático, los registros obtenidos de la plataforma NASA POWER (1998-2025) reflejan valores de precipitación acumulada catalogados entre bajos y medios en el área directa del canal. Aunque este comportamiento parece contradecir la postura tradicional que atribuye los deslizamientos únicamente a acumulados pluviométricos extremos, se alinean con los postulados teóricos de Rahardjo (2007), quienes sostienen que en formaciones volcánicas alteradas e infiltrables no se requieren volúmenes de lluvia extraordinarios, sino eventos de corta duración o humedecimiento continuo para saturar el regolito, incrementar la presión de poros y gatillar la pérdida de sustentación del terreno.

Asimismo, la predominancia de mosaicos agropecuarios y cultivos de ciclo corto en lugar de cobertura vegetal nativa profunda, contribuye significativamente a la inestabilidad del suelo. Tal como reportan Ochoa-Tocachi (2016) en estudios sobre el uso del suelo en laderas andinas, la remoción de la vegetación natural priva los estratos superficiales del entramado radicular que actúa como refuerzo mecánico, permitiendo una mayor tasa de infiltración directa del agua de lluvia y acelerando los procesos de erosión hídrica que amenazan la funcionalidad del canal de riego.

Alcances y Limitaciones Metodológicas

Entre los principales alcances del estudio destaca la generación del Modelo Digital de Elevación (DEM) con una resolución espacial de 0.5 m, mediante un levantamiento fotogramétrico con dron, insumo que superó con precisión la escala de la

cartografía oficial existente (1: 25,000) al permitir la identificación de micro relieves. Asimismo, la aplicación del esquema de ponderación de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) proporcionó un marco metodológico estandarizado, normado y replicable para la evaluación del territorio.

Respecto a las limitaciones, la caracterización litológica y geomorfológica derivó de la extracción y depuración de bases de datos secundarias regionales (SIGTIERRAS e IGM), por lo que la variabilidad geotécnica puntual del subsuelo deberá validarse en fases posteriores mediante calicatas, sondeos y ensayos de laboratorio in situ. De igual forma, los datos climáticos satelitales procesados presentan una escala espacial regional que puede omitir variaciones microclimáticas u urográficas específicas de la ladera analizada.

4.2. Resultado Objetivo 2

4.2.1. Determinar el nivel de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos que afectan al canal de riego mediante factores de estabilidad.

Tabla 3

Resultados del análisis granulométrico

Muestra 1 (BAJA)		Muestra 2 (BAJA MEDIA)		Muestra 3 (MEDIA)		Muestra 4 (ALTA MEDIA)		Muestra 5 (ALTA)	
Abertura del tamiz (pulg)	Peso Retenido (gr)	Abertura del tamiz (pulg)	Peso Retenido (gr)	Abertura del tamiz (pulg)	Peso Retenido (gr)	Abertura del tamiz (pulg)	Peso Retenido (gr)	Abertura del tamiz (pulg)	Peso Retenido (gr)
4	45,6	4	53,5	4	18,9	4	77,5	4	110,3
8	152,1	8	247,5	8	110,4	8	131,6	8	309,6
30	281,1	30	386,2	30	233,3	30	265,4	30	388,2
50	111,5	50	140,3	50	94,9	50	91,1	50	119,9
100	128,2	100	115,2	100	109,3	100	69,1	100	96,9

200	83,8	200	58,1	200	51,6	200	32	200	45,5
base	84,5	base	41,5	base	46,2	base	20,6	base	16,4

Nota: *El análisis granulométrico fue realizado mediante tamizado, determinando la distribución del tamaño de partículas del suelo, de manera ascendente al talud. Fuente: (Propia, 2026).*

Tabla 4

Clasificación SUCS del suelo

Muestra	Ubicación de las muestras de manera ascendente al talud	Clasificación (SUCS)	Tipo de suelo
M1	Baja	SP	Arena pobremente gradada.
M2	Baja Media	SP	Arena pobremente gradada.
M3	Media	SP	Arena pobremente gradada.
M4	Alta Media	SW	Arena bien gradada.
M5	Alta	SW	Arena bien gradada.

Nota: *La clasificación del suelo se realizó mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) a partir de las muestras obtenidas en el área de estudio.* ***Fuente:*** *(Propia, 2026).*

Ilustración 19

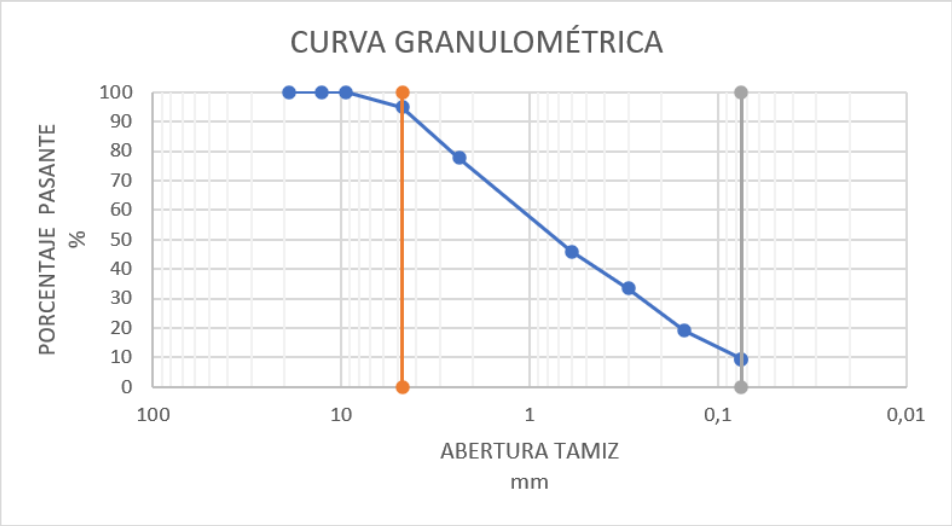
Tabla granulométrica muestra 1

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR					
LABORATORIO DE ROCAS Y SUELOS					
ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO					
NOMATIVA					
TAMAÑO PARTÍCULA		Peso Húmedo:		Peso seco:	
ABERTURA DEL TAMIZ		Peso Retenido gr	Porcentaje retenido %	Porcentaje retenido acumulado %	Porcentaje pasante %
(Pulg)	(mm)				
3/4"	19	0	0	0	100
1/2"	12,7	0	0	0	100
3/8"	9,53	0	0	0	100
N°4	4,75	45,6	5,1	5,1	94,9
N°8	2,36	152,1	17,2	22,3	77,7
N°30	0,6	281,1	31,7	54,0	46,0
N°50	0,3	111,5	12,6	66,6	33,4
N°100	0,15	128,2	14,5	81,0	19,0
N°200	0,075	83,8	9,4	90,5	9,5
FONDO	0	84,5	9,5	100,0	0,0
TOTAL		886,8	100		

Nota: *Presenta la distribución del tamaño de partículas del suelo mediante el porcentaje retenido en cada tamiz. Fuente: (Propia, 2026)*

Ilustración 20

Curva granulométrica muestra 1



Nota: *Representa la distribución granulométrica de la muestra M1 y permite determinar sus parámetros Cu y Cc. Fuente:* (Propia, 2026).

Ilustración 21

Clasificación SUCS muestra 1

DATOS CUANDO PASA MENOS DEL 10% EL TAMIZ 200				
D10	**0,07763845**		Cu	14,15
0,075	9,5		Cc	0,76
0,15	19,0			
D30	**0,3**			
0,15	19,0			
0,3	33,4			
D60	**1,1**			
0,6	46,0			
2,36	77,7			
RESULTADOS				
Tipo de Suelo	ARENA		Cu	Bien gradada
Suelo Grueso	SI		Cc	Mal gradada
Suelo Fino	NO			
Clasificación SUC	S P			

Nota: *La muestra M1 corresponde al grupo SP (arena mal graduada) según los criterios del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Fuente:* (Propia, 2026).

Interpretación

La muestra presenta una predominancia de partículas arenosas, con un porcentaje de material pasante por el tamiz N.° 200 de aproximadamente 9,53 %, lo que indica un bajo contenido de partículas finas.

Los parámetros granulométricos obtenidos corresponden a un coeficiente de uniformidad (Cu) de 8,00 y un coeficiente de curvatura (Cc) de 0,50.

De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), la muestra corresponde al grupo SP (arena pobremente gradada). Esta clasificación indica que las partículas presentan una distribución granulométrica que no cumple con los criterios establecidos para una arena bien gradada.

Ilustración 22

Tabla granulométrica muestra 2

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

LABORATORIO DE ROCAS Y SUELOS

ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO

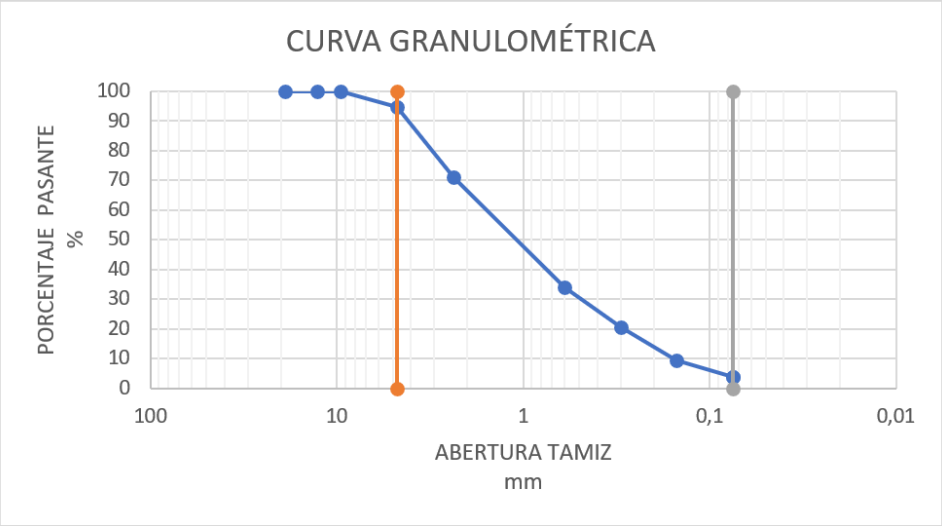
NOMATIVA

TAMAÑO PARTÍCULA		Peso Húmedo:		Peso seco:	
ABERTURA DEL TAMIZ		Peso Retenido gr	Porcentaje retenido %	Porcentaje retenido acumulado %	Porcentaje pasante %
(Pulg)	(mm)				
3/4"	19	0	0	0	100
1/2"	12,7	0	0	0	100
3/8"	9,53	0	0	0	100
N°4	4,75	53,5	5,1	5,1	94,9
N°8	2,36	247,5	23,7	28,9	71,1
N°30	0,6	386,2	37,1	65,9	34,1
N°50	0,3	140,3	13,5	79,4	20,6
N°100	0,15	115,2	11,1	90,4	9,6
N°200	0,075	58,1	5,6	96,0	4,0
FONDO	0	41,5	4,0	100,0	0,0
TOTAL		1042,3	100		

Nota: Muestra la distribución de partículas obtenida mediante el ensayo granulométrico por tamizado. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Ilustración 23

Curva granulométrica muestra 2



Nota: Permite identificar la gradación del suelo mediante la relación entre abertura del tamiz y porcentaje pasante. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Ilustración 24

Clasificación SUCS muestra 2

DATOS CUANDO PASA MENOS DEL 10% EL TAMIZ 200			
D10	**0,15423749**	Cu	10,14
0,15	9,6	Cc	0,98
0,3	20,6		
D30	**0,5**		
0,3	20,6		
0,6	34,1		
D60	**1,6**		
0,6	34,1		
2,36	71,1		

RESULTADOS			
Tipo de Suelo	ARENA	Cu	Bien gradada
Suelo Grueso	SI	Cc	Mal gradada
Suelo Fino	NO		
Clasificación SUC	S P		

Nota: *La muestra M2 se clasifica como SP (arena pobremente gradada) debido al cumplimiento de los parámetros granulométricos. Fuente:* (Propia, 2026).

Interpretación

La muestra presenta una composición predominantemente arenosa, con un porcentaje de material pasante por el tamiz N.° 200 de aproximadamente 3,98 %, correspondiente a un bajo contenido de partículas finas.

Los parámetros granulométricos obtenidos corresponden a un coeficiente de uniformidad (Cu) de 4,00 y un coeficiente de curvatura (Cc) de 1,00.

De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), la muestra pertenece al grupo SP (arena pobremente gradada). Esto indica que la distribución de los tamaños de las partículas no presenta una gradación suficiente para ser considerada una arena bien gradada.

Ilustración 25

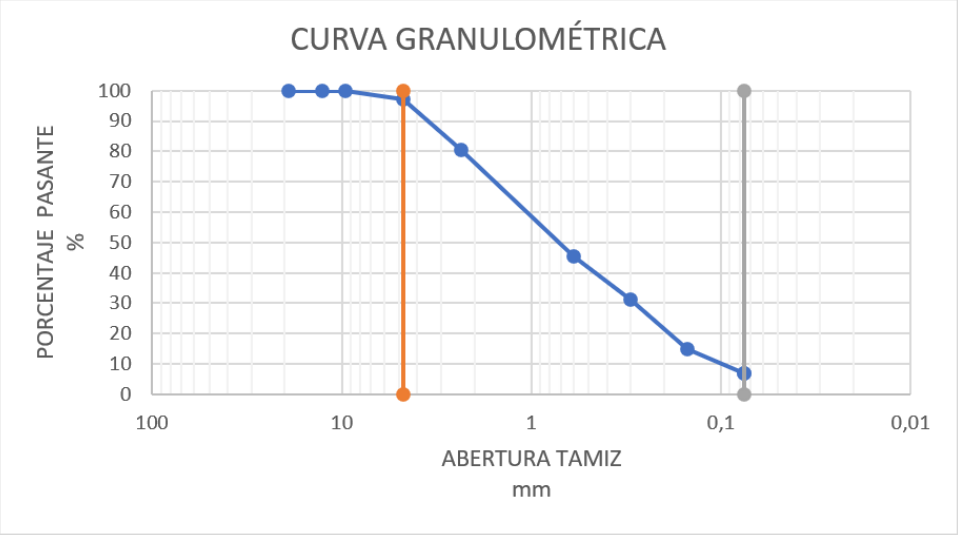
Tabla granulométrica muestra 3

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR					
LABORATORIO DE ROCAS Y SUELOS					
ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO					
NOMATIVA					
TAMAÑO PARTÍCULA		Peso Húmedo:		Peso seco:	
ABERTURA DEL TAMIZ		Peso Retenido gr	Porcentaje retenido %	Porcentaje retenido acumulado %	Porcentaje pasante %
(Pulg)	(mm)				
3/4"	19	0	0	0	100
1/2"	12,7	0	0	0	100
3/8"	9,53	0	0	0	100
N°4	4,75	18,9	2,8	2,8	97,2
N°8	2,36	110,4	16,6	19,5	80,5
N°30	0,6	233,3	35,1	54,6	45,4
N°50	0,3	94,9	14,3	68,8	31,2
N°100	0,15	109,3	16,4	85,3	14,7
N°200	0,075	51,6	7,8	93,0	7,0
FONDO	0	46,2	7,0	100,0	0,0
TOTAL		664,6	100		

Nota: Representa los porcentajes retenidos y pasantes obtenidos en el análisis granulométrico de la muestra M3. Fuente: *(Propia, 2026).*

Ilustración 26

Curva granulométrica muestra 3



Nota: Indica la distribución de tamaños de partículas y el comportamiento granulométrico del suelo analizado. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Ilustración 27

Clasificación SUCS muestra 3

DATOS CUANDO PASA MENOS DEL 10% EL TAMIZ 200				
D10	**0,098459216**		Cu	10,75
0,075	7,0		Cc	0,78
0,15	14,7			
D30	**0,3**			
0,15	14,7			
0,3	31,2			
D60	**1,1**			
0,6	45,4			
2,36	80,5			

RESULTADOS			
Tipo de Suelo	ARENA	Cu	Bien gradada
Suelo Grueso	SI	Cc	Mal gradada
Suelo Fino	NO		
Clasificación SUC	S P		

Nota: *La muestra M3 pertenece al grupo SP (arena pobremente gradada) según la clasificación SUCS. Fuente:* (Propia, 2026).

Interpretación

La muestra presenta una predominancia de partículas arenosas, con un porcentaje de material pasante por el tamiz N.° 200 de aproximadamente 6,95 %, lo que corresponde a un bajo contenido de partículas finas.

Los parámetros granulométricos obtenidos corresponden a un coeficiente de uniformidad (Cu) de 8,00 y un coeficiente de curvatura (Cc) de 0,50.

Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), la muestra corresponde al grupo SP (arena pobremente gradada). Esta clasificación refleja una distribución de tamaños de partículas que no cumple con los criterios granulométricos necesarios para clasificarse como arena bien gradada.

Ilustración 28

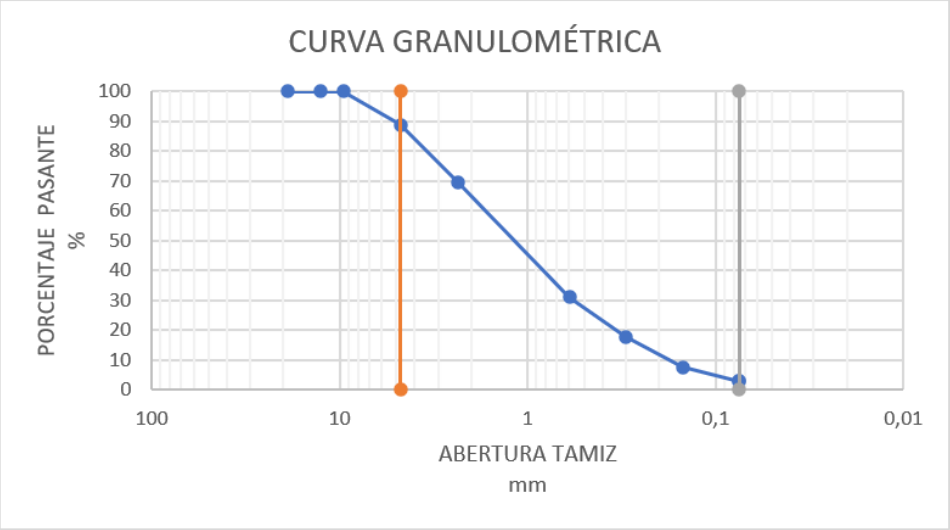
Tabla granulométrica muestra 4

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR					
LABORATORIO DE ROCAS Y SUELOS					
ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO					
NOMATIVA					
TAMAÑO PARTÍCULA		Peso Húmedo:		Peso seco:	
ABERTURA DEL TAMIZ		Peso Retenido gr	Porcentaje retenido %	Porcentaje retenido acumulado %	Porcentaje pasante %
(Pulg)	(mm)				
3/4"	19	0	0	0	100
1/2"	12,7	0	0	0	100
3/8"	9,53	0	0	0	100
N°4	4,75	77,5	11,3	11,3	88,7
N°8	2,36	131,6	19,1	30,4	69,6
N°30	0,6	265,4	38,6	69,0	31,0
N°50	0,3	91,1	13,3	82,3	17,7
N°100	0,15	69,1	10,1	92,3	7,7
N°200	0,075	32	4,7	97,0	3,0
FONDO	0	20,6	3,0	100,0	0,0
TOTAL		687,3	100		

Nota: Presenta los resultados del ensayo granulométrico realizado para determinar la composición del suelo. Fuente: *(Propia, 2026).*

Ilustración 29

Curva granulométrica muestra 4



Nota: Permite evaluar la uniformidad y gradación de las partículas presentes en la muestra M4. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Ilustración 30

Clasificación SUCS muestra 4

DATOS CUANDO PASA MENOS DEL 10% EL TAMIZ 200				
D10	**0,17634398**		Cu	9,53
0,15	7,7		Cc	1,10
0,3	17,7			
D30	**0,6**			
0,3	17,7			
0,6	31,0			
D60	**1,7**			
0,6	31,0			
2,36	69,6			
RESULTADOS				
Tipo de Suelo	ARENA		Cu	Bien gradada
Suelo Grueso	SI		Cc	Bien gradada
Suelo Fino	NO			
Clasificación SUC	S W			

Nota: La muestra M4 corresponde al grupo SW (arena bien gradada) debido a sus parámetros granulométricos. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Interpretación

La muestra presenta una composición predominantemente arenosa, con un porcentaje de material pasante por el tamiz N.° 200 de aproximadamente 3,00 %, evidenciando un bajo contenido de partículas finas.

Los parámetros granulométricos obtenidos corresponden a un coeficiente de uniformidad (Cu) de 4,00 y un coeficiente de curvatura (Cc) de 1,00.

De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), la muestra pertenece al grupo SW (arena bien gradada). Esta clasificación indica que la

distribución de los tamaños de las partículas se encuentra dentro de los criterios establecidos para una arena bien gradada.

Ilustración 31

Tabla granulométrica muestra 5

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

LABORATORIO DE ROCAS Y SUELOS

ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO

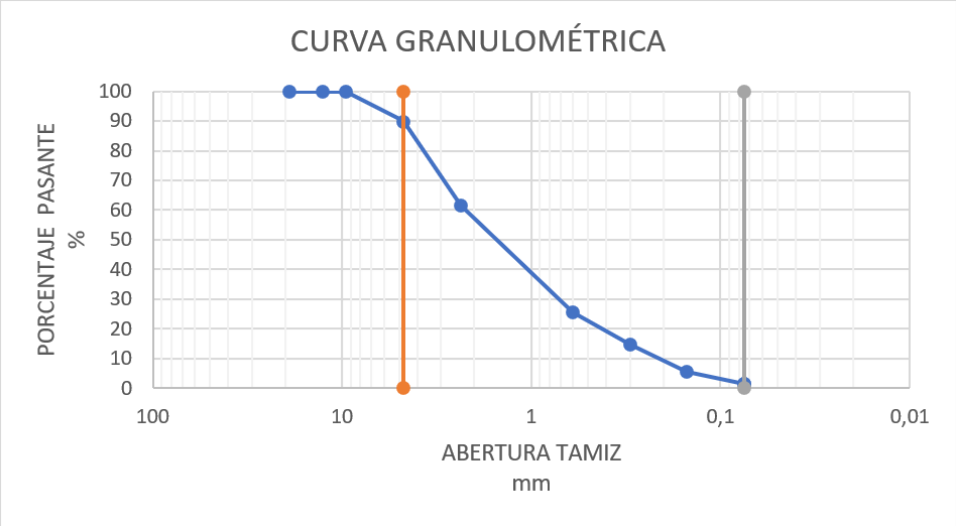
NOMATIVA

TAMAÑO PARTÍCULA		Peso Húmedo:		Peso seco:	
ABERTURA DEL TAMIZ		Peso Retenido gr	Porcentaje retenido %	Porcentaje retenido acumulado %	Porcentaje pasante %
(Pulg)	(mm)				
3/4"	19	0	0	0	100
1/2"	12,7	0	0	0	100
3/8"	9,53	0	0	0	100
N°4	4,75	110,3	10,1	10,1	89,9
N°8	2,36	309,6	28,5	38,6	61,4
N°30	0,6	388,2	35,7	74,4	25,6
N°50	0,3	119,9	11,0	85,4	14,6
N°100	0,15	96,9	8,9	94,3	5,7
N°200	0,075	45,5	4,2	98,5	1,5
FONDO	0	16,4	1,5	100,0	0,0
TOTAL		1086,8	100		

Nota: Muestra la distribución del tamaño de partículas mediante el análisis por tamizado de la muestra M5. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Ilustración 32

Curva granulométrica muestra 5



Nota: Representa la variación del porcentaje pasante respecto a la abertura de los tamices utilizados. Fuente: *(Propia, 2026).*

Ilustración 33

Clasificación SUCS muestra 5

DATOS CUANDO PASA MENOS DEL 10% EL TAMIZ 200			
D10	**0,20961301**	Cu	10,69
0,15	5,7	Cc	1,07
0,3	14,6		
D30	**0,7**		
0,6	25,6		
2,36	61,4		
D60	**2,2**		
0,6	25,6		
2,36	61,4		

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

Nota: La muestra M5 se clasifica como SW (arena bien gradada) de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Fuente: *(Propia, 2026).*

Interpretación

La muestra presenta una composición predominantemente arenosa, con un porcentaje de material pasante por el tamiz N.° 200 de aproximadamente 1,51 %, correspondiente a un contenido muy bajo de partículas finas.

Los parámetros granulométricos obtenidos corresponden a un coeficiente de uniformidad (Cu) de 4,00 y un coeficiente de curvatura (Cc) de 4,00.

De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), la muestra corresponde al grupo SW (arena bien gradada). Esta clasificación indica que existe una distribución de tamaños de partículas que permite clasificar el material como una arena bien gradada.

Discusión General

Los resultados obtenidos del ensayo granulométrico realizado en las 5 muestras del talud del canal de riego permitieron determinar que el material predominante corresponde a suelos arenosos, clasificados mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) como arenas mal gradadas (SP) y arenas bien gradadas (SW).

La composición del talud varía a lo largo del área evaluada, como muestran los resultados granulométricos, condición que explica las diferencias observadas en el comportamiento geotécnico y en la susceptibilidad frente a la infiltración, la erosión y los movimientos en masa. La respuesta está asociada a la presencia de materiales tipo SP, cuya distribución granulométrica menos uniforme facilita el ingreso del agua entre las partículas y favorece una pérdida gradual de resistencia por efecto de la erosión interna.

El comportamiento geotécnico del talud responde principalmente al predominio de materiales granulares con escasa presencia de partículas finas, composición que favorece el drenaje del suelo y, al mismo tiempo, permite una mayor infiltración de agua

hacia su interior. La mecánica no es uniforme entre los materiales identificados, ya que los clasificados como SW desarrollan un contacto más eficiente entre las partículas gracias a una distribución granulométrica más adecuada, circunstancia que contribuye a una mayor resistencia natural.

Limitación y Alcance

La investigación permitió caracterizar las condiciones físicas, geológicas, geomorfológicas y climáticas del área de estudio, identificando los factores que favorecen la ocurrencia de deslizamientos y su relación con la estabilidad del talud del canal de riego. Este análisis se enfocó específicamente en el tramo estudiado del sector San Vicente de las Tres Cruces.

Comparar todas las Muestras

Los resultados de las 5 muestras analizadas muestran que el talud está constituido principalmente por materiales arenosos, presentando diferencias en su distribución granulométrica. De acuerdo con la clasificación SUCS utilizada en el estudio, las muestras M1, M2 Y M3 corresponden al grupo SP (arena pobremente gradada), mientras que las muestras M4 y M5 corresponden al grupo SW (arena bien gradada). Esta variación evidencia condiciones granulométricas diferentes a lo largo del perfil del talud.

Las muestras clasificadas como SP, presentan una distribución menos uniforme de partículas y contenidos de finos. Estas características permiten la circulación del agua dentro del material, por lo que la presencia de filtraciones puede modificar las condiciones de humedad y resistencia del terreno.

Por otra parte, las muestras clasificadas como SW, presentan una distribución más amplia de tamaños de partículas, con contenidos de finos. Bajo esta condición es favorable ante un acomodamiento entre los granos y una estructura granular más estable.

Sin embargo, al tratarse de estos materiales arenosos, también pueden permitir el ingreso del agua hacia el interior del talud.

En si las 5 muestras presentadas evidencia que existen una variación en las características granulometrías del material del talud. Estas diferencias, combinadas con la presencia del agua, pueden influir en los procesos de infiltración, erosión y perdida de estabilidad. Por lo tanto, los resultados granulométricos constituyen un elemento importante para comprender el comportamiento del talud y su relación con la funcionabilidad del canal de riego.

Evaluación de Estabilidad del Talud

Factor de Seguridad

Aceleración Máxima Esperada según en Roca

$$\boldsymbol{Kh = \frac{Z \,.\, a_{max}}{g}}$$

La NEC define:

$$a_{max} = \text{Z. Fa}$$

a_{max} = aceleración máxima esperada en roca

Kh = Coeficiente sísmico horizontal

Z = Factor de zona sísmica

Fa = Factor de amplitud del suelo.

$$a_{max} = \text{Z. Fa}$$

El suelo corresponde a un perfil tipo (D), correspondiente a materiales de suelos limo arenosos, donde:

$$\text{Fa} = 1.25$$

Sustituyendo:

$$a_{max} = 0.35 \text{ x } 1.25$$

$$a_{max} = 0.4375 \approx 0.44 \text{ g}$$

Cálculo del Coeficiente Sísmico Horizontal (Kh)

$$Kh = \frac{a_{max}}{2}$$

$$Kh = \frac{0.44}{2}$$

$$Kh = 0.22$$

Resultados:

Tabla 5

Parámetros sísmicos de diseño del área de estudio

Parámetro	**Valor**
Zona sísmica	IV
Factor de zona (Z)	0.35
Tipo de suelo adoptado	D
Factor de amplificación (Fa)	1.25
Aceleración máxima a_{max}	0.44 g
Coeficiente sísmico horizontal (Kh)	0.22

Nota: Parámetros sísmicos empleados para el análisis de estabilidad del talud según la zona y tipo de suelo. Fuente: *(Propia, 2026).*

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), el cantón Guaranda se ubica dentro de la Zona sísmica IV, correspondiente a un factor de zona sísmica de Z = 0.35, dentro de este también considerando un perfil de suelo tipo D, asociado a materiales arenosos presentes en el área de estudio, se adoptó un coeficiente de amplificación de Fa = 1.25. Mediante la expresión a_{max}= Z. Fa se obtuvo una aceleración máxima esperada en roca de 0.35g. Para el análisis pseudoestático de

estabilidad de talud se consideró un coeficiente sísmico horizontal de Kh = 0.22. El cual representa la fracción de la aceleración gravitacional que actúa en sentido horizontal durante la ocurrencia de un evento sísmico.

Discusión y Análisis General del Factor de Seguridad

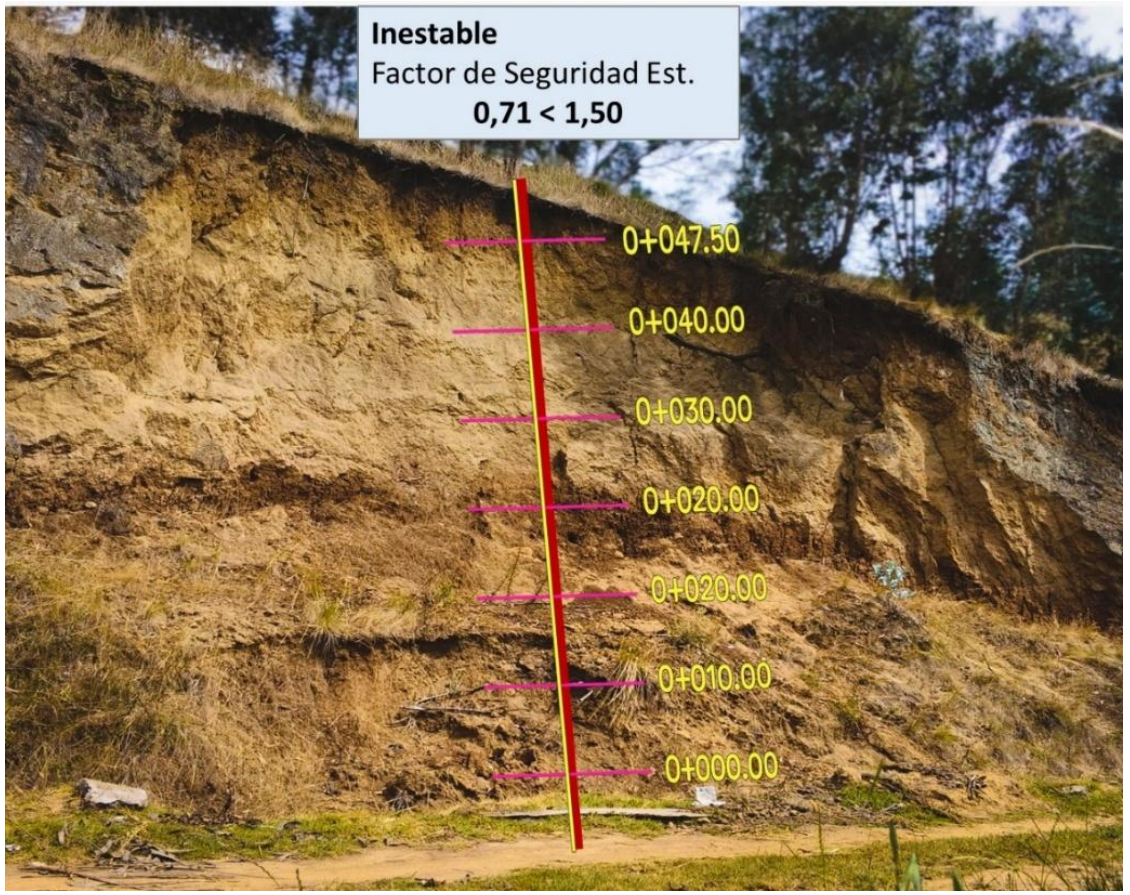
El análisis sísmico del talud en el sector San Vicente de las Tres Cruces, basado en la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), determina que el Cantón Guaranda se encuentra en la Zona sísmica IV con un factor de zona Z = 0.35 y un suelo tipo D (arenoso) con un factor de amplificación $F_a = 1.25$. A partir de estos parámetros se obtuvo una aceleración máxima esperada en roca de 0.44 g, lo que permitió calcular un coeficiente sísmico horizontal $K_h = 0.22$ para el análisis pseudoestático. Este valor representa la influencia de las fuerzas sísmicas sobre el talud y evidencia que, bajo condiciones de sismo se incrementa significativamente la inestabilidad del terreno, reduciendo su capacidad de resistencia y aumentando la probabilidad de falla, lo cual es consistente con los bajos factores de seguridad obtenidos en el análisis geotécnico.

Superficies de Falla

Estático

Ilustración 34

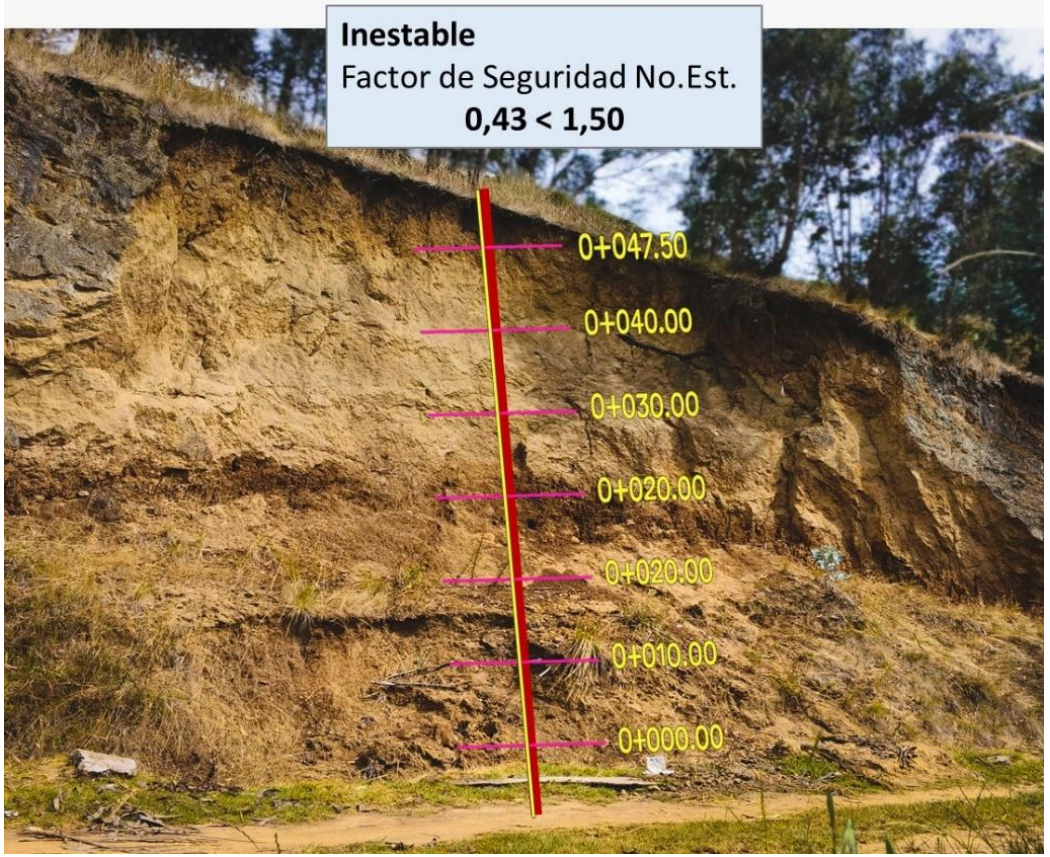
Análisis de estabilidad del talud en condiciones estáticas



Nota: *La figura muestra el talud seleccionado del sector de San Vicente de las Tres Cruces y el perfil que se modelara en el Geo 5. Fuente*: *(Propia, 2026).*

Ilustración 35

Análisis de estabilidad del talud bajo condiciones sísmicas



Nota: *La figura muestra el talud seleccionado del sector de San Vicente de las Tres Cruces y el perfil que se modelara en el Geo 5*. Fuente: *(Propia, 2026).*

Una vez realizado el levantamiento topográfico y procesamiento de la geometría del talud ubicado en el sector San Vicente de las tres cruces, se procedió a la identificación de los perfiles representativos para el análisis de estabilidad. Los perfiles seleccionados fueron modelados en el software Geo 5 (Estabilidad de taludes), donde se ingresaron las características geométricas del terreno y parámetros del suelo, permitiendo evaluar las condiciones actuales de estabilidad y determinar las posibles superficies críticas de falla.

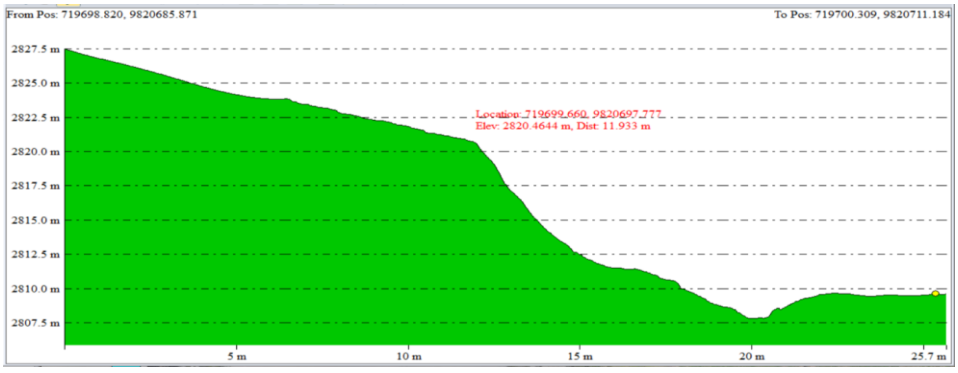
El análisis fue desarrollado mediante el método de equilibrio límite de Bishop, considerando superficies de deslizamiento circulares para identificar las zonas con mayor probabilidad de inestabilidad. Se analizaron las condiciones del talud bajo un escenario estático y bajo condiciones con influencia sísmica mediante la aplicación de un coeficiente sísmico horizontal $K_h = 0.22$.

Los resultados obtenidos muestran que el perfil analizado presenta factores de seguridad inferiores al valor recomendado (FS < 1.50), evidenciando una condición de inestabilidad del terreno. Para la condición estática se obtuvo un factor de seguridad de 0.71, mientras que bajo la condición sísmica del factor de seguridad disminuye a 0.43, indicando que las fuerzas actuantes superan la resistencia disponible del suelo.

Estático

Ilustración 36

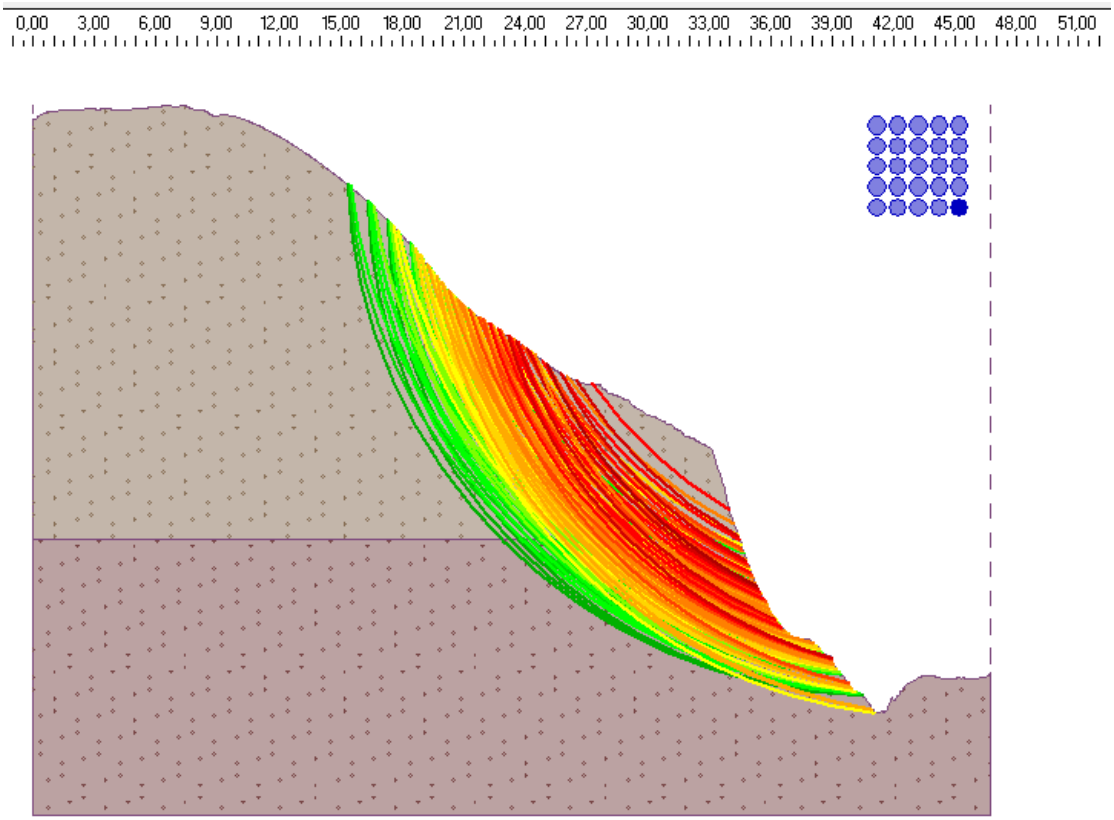
Perfil del terreno realizado en Global Mapper 24.0 64-bit



Nota: *la figura muestra el perfil del talud seleccionado del sector San Vicente de las Tres Cruces. Fuente: (Propia, 2026).*

Ilustración 37

Perfil desarrollado por el método de Bishop_Tipo de análisis de "búsqueda de grilla"



Nota: *La figura muestra la evaluación de la estabilidad del talud mediante el método de Bishop en el software GEO 5 versión 2019, considerando un modelo técnico conformado por dos unidades de suelo (SP y SW). Fuente: (Propia, 2026).*

Tabla 6

Verificación de estabilidad de taludes (BISHOP)

Suma de fuerzas activas	Fa = 560.81 [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	Fp = 399.66 [kN/m]
Momento de deslizamiento	Ma = 12271.22 [kNm/m]
Momento estabilizador	Mp = 8745.09 [kNm/m]

Factor de seguridad = 0.71 < 1.50

Nota: *La tabla muestra el resultado del análisis de estabilidad del perfil de terreno mediante método Bishop. Fuente: (Propia, 2026).*

La superficie de falla de este talud, localizado en el centro de las coordenadas X = 45.17 [m] y Z = 32.73 [m], tiene un radio de R = 21.88 [m].

Este resultado indica que la estabilidad del talud es NO ACEPTABLE, debido a que el factor de seguridad obtenido se encuentra por debajo del valor mínimo requerido (FS < 1.50) para garantizar condiciones adecuadas de estabilidad.

Tabla 7

Parámetros del suelo (Arenoso) del perfil estático

Parámetro	**Suelo SP (arena mal gradada)**	**Suelo SW (arena bien gradada)**
Peso Unitario	$\gamma = 18.00$ [kN/m^3]	$\gamma = 18.00$ [kN/m^3]
Angulo de fricción interna	$\varphi_{ef} = 32.00$ [°]	$\varphi_{ef} = 32.00$ [°]
Cohesión de suelo	$c_{ef} = 0.00$ [kPa]	$c_{ef} = 0.00$ [kPa]
Peso unitario del suelo saturado	$\gamma_{sat} = 18.00$ [kN/m^3]	$\gamma_{sat} = 18.00$ [kN/m^3]

Nota: *La tabla representa los parámetros geotécnicos asignados a las unidades del suelo, clasificados como SP y SW, utilizados en el análisis de estabilidad desarrollado en GEO 5.* ***Fuente:*** *(Propia, 2026).*

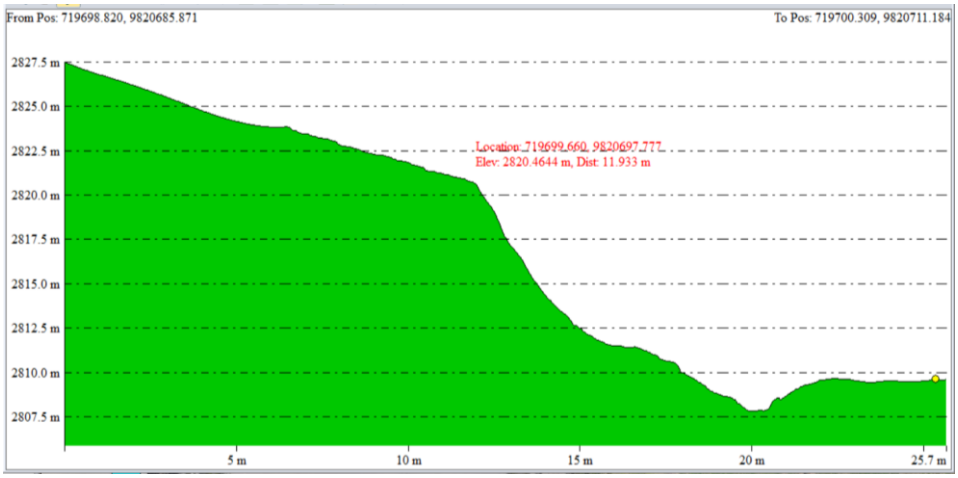
Análisis:

El análisis del perfil bajo condiciones estáticas arrojó un factor de seguridad (FS) de 0.71 < 1.50 valor que corresponde a una condición de inestabilidad del talud. Este resultado evidencia que las fuerzas actuantes generadas superan la resistencia disponible del terreno, produciendo una condición desfavorable para la estabilidad y un alto riesgo de ocurrencia de deslizamientos.

No estático

Ilustración 38

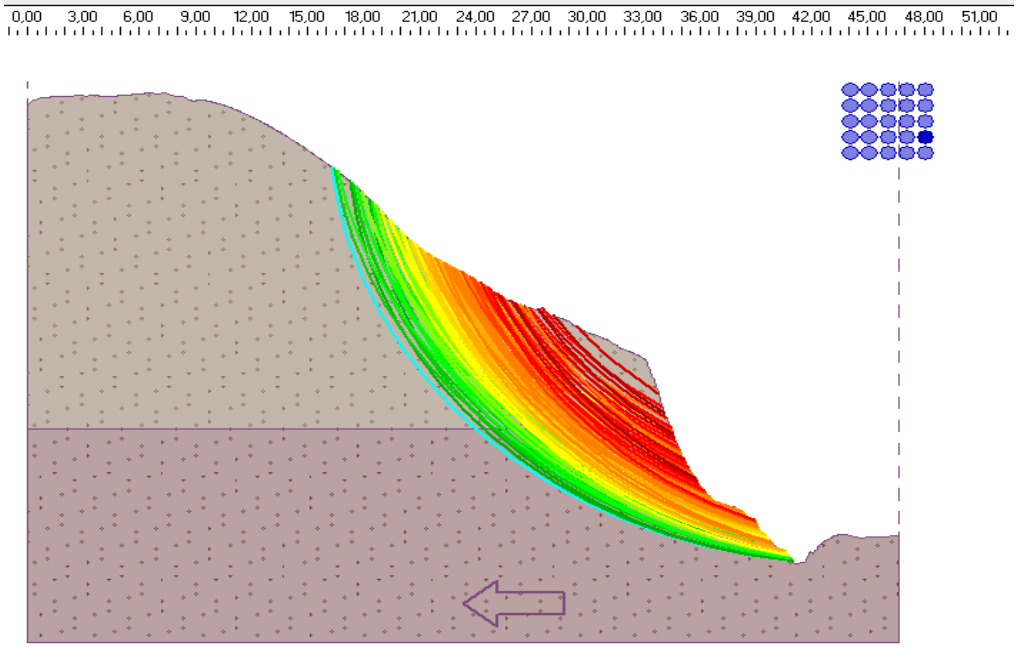
Perfil del terreno realizado en Global Mapper 24.0 64-bit



Nota: *la figura muestra el perfil del talud seleccionado del sector San Vicente de las Tres Cruces.* ***Fuente:*** *(Propia, 2026).*

Ilustración 39

Perfil desarrollado por el método de Bishop_Tipo de análisis de "búsqueda de grilla" con un corriente sísmico horizontal: Kh=0.22.



Nota: *La figura muestra la evaluación de la estabilidad del talud mediante el método de Bishop en el software GEO 5 versión 2019, considerando un modelo geotécnico conformado por dos unidades de suelo (SP y SW), y la acción de un coeficiente sísmico horizontal de. K_h=0.22* ***Fuente:*** *(Propia, 2026).*

Tabla 8

Verificación de estabilidad de taludes (BISHOP)

Suma de fuerzas activas	Fa = 364.02 [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	Fp = 156.99 [kN/m]
Momento de deslizamiento	Ma = 8705.02 [kNm/m]
Momento estabilizador	Mp = 3754.12 [kNm/m]

Factor de seguridad = 0.43 < 1.50

Nota: *La tabla muestra el resultado del análisis de estabilidad del perfil del terreno bajo condiciones sísmicas mediante el método Bishop.* ***Fuente:*** *(Propia, 2026).*

La superficie de falla de este talud, localizado en el centro de las coordenadas X = 48.06 [m] y Z = 34.91 [m], tiene un radio de R = 23.91 [m].

Lo cual indica que la estabilidad del talud es NO ACEPTABLE.

Tabla 9

Parámetros del suelo (Arenoso) del perfil del terreno del sector

Parámetro	**Suelo SP (arena mal gradada)**	**Suelo SW (arena bien gradada)**
Peso Unitario	$\gamma = 18.00$ [kN/m^3]	$\gamma = 18.00$ [kN/m^3]
Angulo de fricción interna	$\varphi_{ef} = 32.00$ [°]	$\varphi_{ef} = 32.00$ [°]
Cohesión de suelo	$c_{ef} = 0.00$ [kPa]	$c_{ef} = 0.00$ [kPa]
Peso unitario del suelo saturado	$\gamma_{sat} = 18.00$ [kN/m^3]	$\gamma_{sat} = 18.00$ [kN/m^3]

Coeficiente horizontal	**sísmico**	$K_h = 0.22$

Nota: *La tabla presentada los parámetros geotécnicos asignados a las unidades de suelo clasificadas como SP y SW, así como el coeficiente sísmico horizontal utilizado en el análisis de estabilidad desarrollado en GEO 5.* ***Fuente:*** *(Propia, 2026).*

Análisis:

El perfil analizado presenta un factor de seguridad (FS) de 0.43 < 1.50 bajo condiciones sísmicas ($K_h = 0.22$), lo que indica una condición Inestable. Este resultado evidencia que las fuerzas actuantes generadas por el peso propio del terreno y la acción sísmica superan la resistencia del terreno, generando una baja capacidad de estabilidad y aumento significativamente el riesgo de ocurrencia de un deslizamiento.

Discusión y Análisis General de los Factores de Seguridad

Los resultados del análisis del talud en el sector San Vicente de las Tres Cruces, obtenidos mediante el software Geo 5 y el método de Bishop, evidencia una condición de alta inestabilidad, ya que los factores de seguridad son significativamente menores al valor recomendado (FS < 1.50), alcanzando 0.71 en condiciones estáticas y 0.43 bajo la influencia sísmica ($K_h = 0.22$). Estos valores indican que las fuerzas actuantes superan ampliamente la resistencia del suelo, favoreciendo la ocurrencia de deslizamientos. Esta condición se relaciona con las características geotécnicas del terreno, principalmente su baja cohesión y naturaleza arenosa, por lo que se concluye que el talud presenta una susceptibilidad elevada a fallas, requiriendo medidas de estabilización como estructuras de contención y control de erosión superficial.

Limitaciones y Alcance

La evaluación permitió determinar espacialmente los niveles de susceptibilidad, vulnerabilidad y riesgo mediante el análisis de variables físicas del terreno y de los

elementos expuestos. Además, el análisis de estabilidad mediante el método de Bishop permitió conocer el comportamiento del talud bajo condiciones estáticas y sísmicas, obteniéndose factores de seguridad de 0,71 y 0,43, respectivamente.

Evaluación de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo

Mapa de Amenaza

Para determinar la amenaza ante deslizamientos en el área de estudio, se consideraron las variables de pendiente, litología, suelos/textura, cobertura vegetal y geomorfología, debido a su influencia en las condiciones que pueden favorecer la ocurrencia de movimientos en masa. Cada variable fue incorporada en formato ráster y reclasificada de acuerdo con las categorías establecidas en la matriz de valoración utilizada en el estudio.

Posteriormente, a cada categoría se le asignó un valor según su grado de influencia y las variables fueron normalizadas y ponderadas mediante sus respectivos pesos, con el propósito de integrar los diferentes factores bajo una misma escala de análisis. Finalmente, mediante la herramienta Álgebra de Mapas, se realizó la combinación de las capas reclasificadas y ponderadas, obteniendo como resultado el mapa de amenaza ante deslizamientos.

La expresión general utilizada para la integración de las variables se representa mediante la siguiente ecuación:

$$S_{mm} = 0.50(F1) + 0.19(F2) + 0.10(F3) + 0.10(F4) + 0.10(F5)$$

Donde:

F1: Factor pendiente

F2: Factor litología

F3: Factor suelos/textura

F4: Factor cobertura vegetal

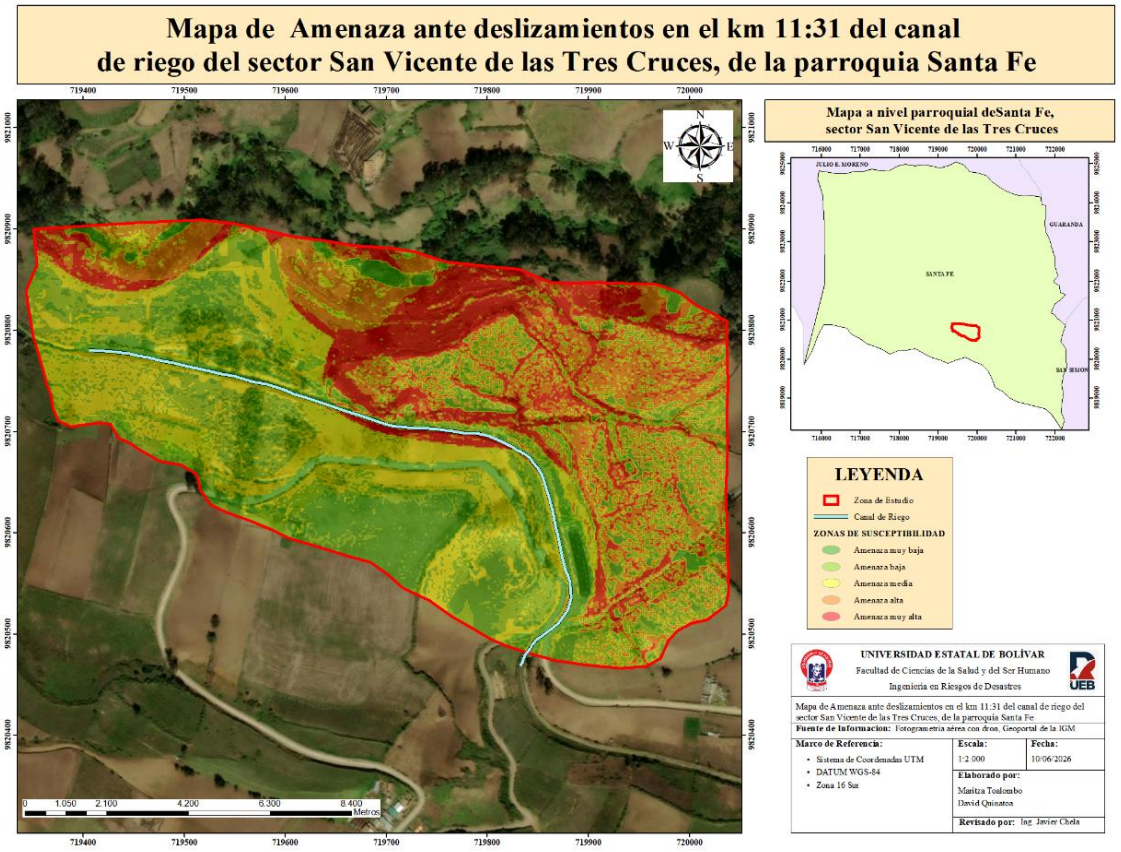
F5: Factor geomorfología

El resultado obtenido fue posteriormente reclasificado en cinco niveles de amenaza: muy baja, baja, media, alta y muy alta, permitiendo representar espacialmente las diferentes condiciones del territorio frente a la posible ocurrencia de deslizamientos.

El mapa de amenaza evidencia una distribución espacial diferenciada dentro del área de estudio. Los niveles de amenaza más altos se presentan en sectores donde convergen condiciones desfavorables de pendiente, litología, características del suelo, cobertura vegetal y geomorfología, generando condiciones que favorecen la ocurrencia de deslizamientos. En contraste, los niveles de amenaza muy baja y baja se localizan en sectores donde la interacción de estos factores presenta condiciones menos favorables para la ocurrencia del fenómeno.

Ilustración 40

Mapa de amenaza ante deslizamientos



Nota: *Representa la distribución espacial de la amenaza del terreno ante movimientos en masa según las condiciones del relieve.* **Fuente:** *(Propia, 2026).*

Mapa de Vulnerabilidad

La vulnerabilidad del área de estudio se determinó considerando las condiciones del canal de riego como elemento principal de análisis y la relación de su funcionamiento con las condiciones socioeconómicas de los usuarios. Para ello, se analizaron las características de la infraestructura y los efectos que los deslizamientos generan sobre la continuidad del servicio de riego, complementando esta información con los resultados obtenidos mediante las encuestas aplicadas a los usuarios del canal.

Para la evaluación de la vulnerabilidad física, se consideraron las condiciones del canal y las afectaciones que pueden comprometer su funcionamiento, principalmente la obstrucción, los daños estructurales y la disminución de la disponibilidad de agua. Los resultados de la encuesta muestran que el 97,5 % de los usuarios considera que los deslizamientos afectan el funcionamiento del canal, mientras que el 78,5 % identifica la obstrucción como la principal afectación.

Para la vulnerabilidad socioeconómica, se consideró la dependencia de los usuarios respecto al recurso hídrico y las afectaciones generadas por la interrupción del servicio sobre sus actividades productivas y familiares. La encuesta evidenció que el 89,3 % de los usuarios utiliza el agua principalmente para actividades agrícolas, lo que demuestra una alta dependencia del canal para el desarrollo de la producción. Asimismo, el 76,9 % manifestó un nivel alto de afectación económica en su actividad productiva, mientras que el 73,6 % señaló un nivel alto de afectación en la economía familiar.

Estos resultados permiten establecer que las interrupciones del servicio de riego no solo afectan la infraestructura hidráulica, sino que también generan consecuencias sobre las actividades productivas y la economía de los usuarios. Esta relación se evidencia en que el 99,2 % de los encuestados reportó interrupciones del servicio debido a

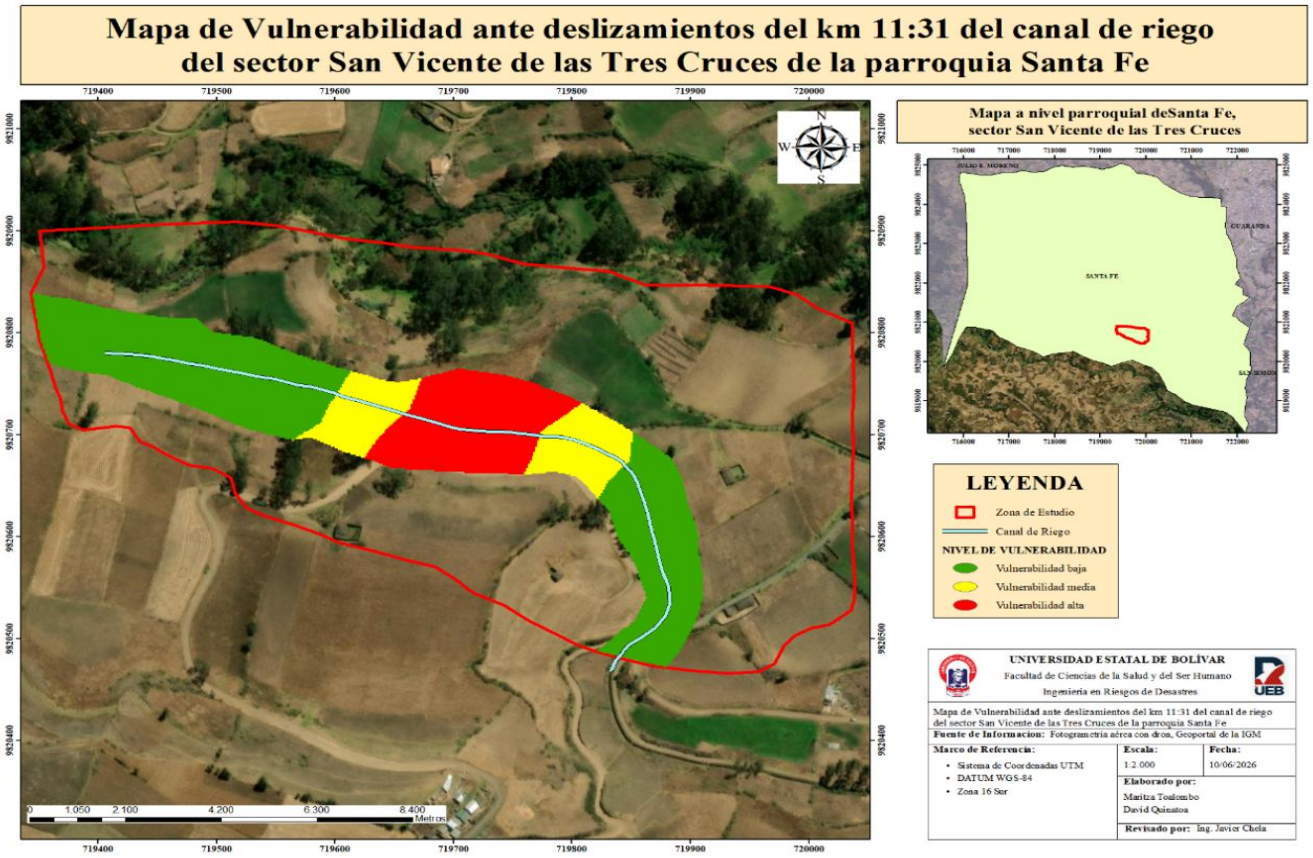
deslizamientos, de las cuales el 85,1 % se prolonga por más de tres días, afectando la continuidad de las actividades asociadas al riego.

A partir de los indicadores considerados, se asignaron valores de acuerdo con la matriz de valoración establecida en el estudio. Posteriormente, los valores fueron normalizados y combinados mediante álgebra de mapas, permitiendo integrar las condiciones físicas y socioeconómicas y obtener una representación espacial de la vulnerabilidad del área de estudio.

El resultado fue clasificado en tres niveles: vulnerabilidad baja, media y alta, representados mediante los colores verde, amarillo y rojo, respectivamente. Los niveles más altos corresponden a los sectores donde las condiciones del canal presentan mayor afectación y donde existe una mayor dependencia socioeconómica del servicio de riego. De esta manera, el mapa permite identificar espacialmente los sectores en los que una afectación del canal podría generar mayores consecuencias sobre su funcionamiento y sobre las actividades productivas de los usuarios.

Ilustración 41

Mapa de Vulnerabilidad Física y Socioeconómica ante Deslizamientos



Nota: Identifica los niveles de vulnerabilidad física y socioeconómica asociados al canal de riego y a las actividades productivas de los usuarios frente a posibles deslizamientos. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Mapa de Riesgo

El riesgo ante deslizamientos en el área de estudio se determinó mediante la integración de los resultados obtenidos en el mapa de amenaza y el mapa de vulnerabilidad, considerando que el riesgo se incrementa en aquellos sectores donde coinciden condiciones de mayor amenaza con niveles elevados de vulnerabilidad. De esta manera, se relacionaron espacialmente las condiciones del territorio con las condiciones físicas y socioeconómicas asociadas al canal de riego.

Para la elaboración del mapa de riesgo se realizó una operación matemática mediante Álgebra de Mapas, utilizando como variables de entrada la amenaza ante deslizamientos y la vulnerabilidad previamente determinada. La integración de ambas variables permitió obtener una valoración espacial del riesgo para cada sector del área de estudio.

La expresión general utilizada para la determinación del riesgo se representa mediante la siguiente relación:

$$R = A \times V$$

Donde:

R: Riesgo ante deslizamientos

A: Amenaza ante deslizamientos

V: Vulnerabilidad

La operación permitió combinar los valores correspondientes a los diferentes niveles de amenaza y vulnerabilidad, identificando las zonas donde la posible ocurrencia de deslizamientos podría generar mayores consecuencias sobre el canal de riego y las actividades productivas relacionadas con su funcionamiento.

El resultado obtenido fue reclasificado en cinco niveles de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, permitiendo representar espacialmente la distribución del riesgo

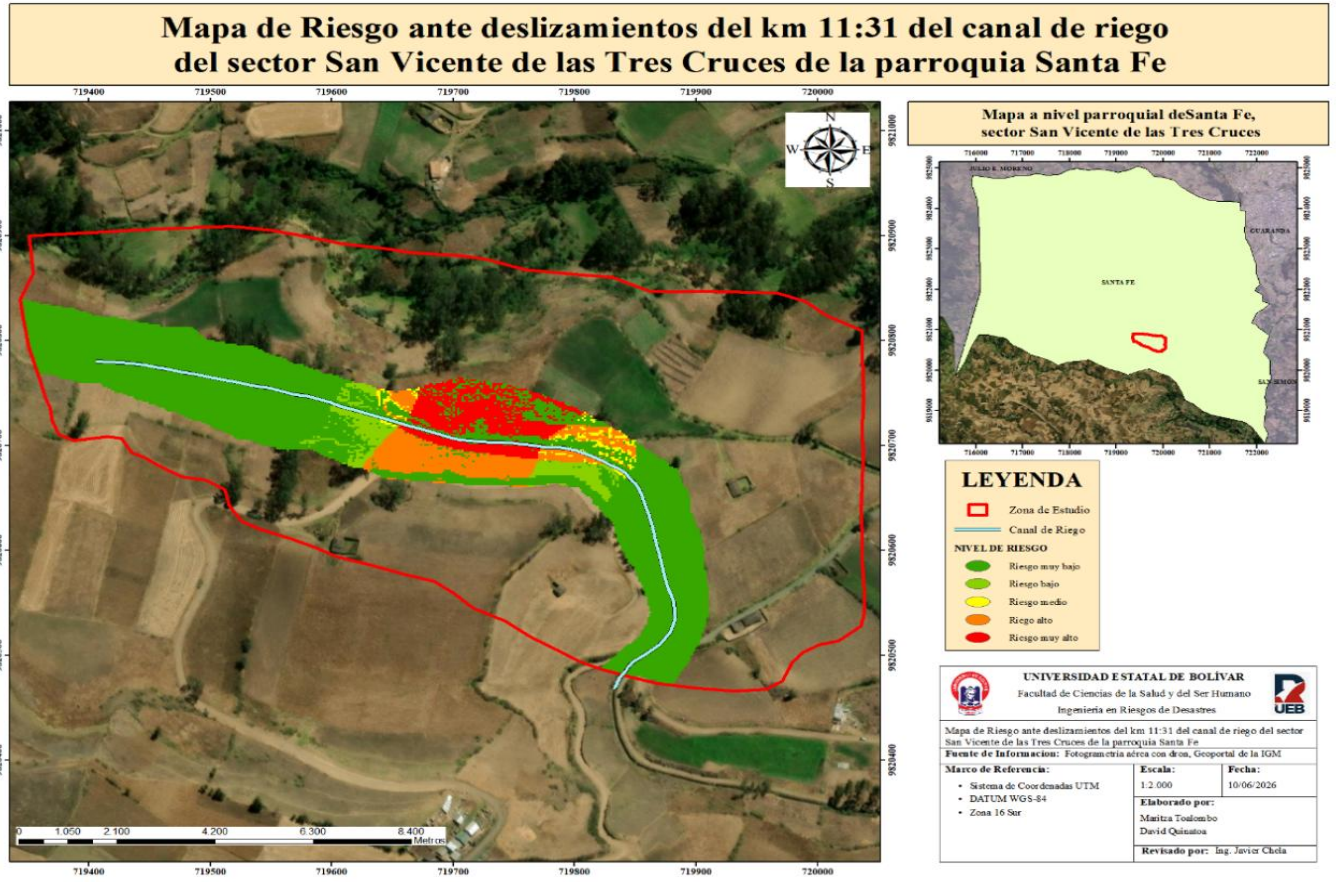
dentro del área de estudio. Los niveles más elevados se concentran en los sectores donde coinciden condiciones de alta o muy alta amenaza con niveles altos de vulnerabilidad, especialmente en las zonas donde una afectación por deslizamientos podría comprometer la infraestructura del canal y generar interrupciones del servicio de riego.

En contraste, los niveles de riesgo muy bajo y bajo corresponden a sectores donde la combinación entre amenaza y vulnerabilidad presenta condiciones menos desfavorables, reduciendo la posibilidad de que un deslizamiento genere consecuencias significativas sobre el funcionamiento del canal y las actividades asociadas.

El mapa de riesgo constituye una herramienta para la priorización de medidas de reducción del riesgo, ya que permite identificar espacialmente los sectores que requieren mayor atención e intervención. En las zonas clasificadas con niveles alto y muy alto, se deben considerar medidas estructurales y no estructurales orientadas a disminuir las condiciones que incrementan el riesgo, como la implementación de sistemas de drenaje, obras de estabilización y contención, control de la escorrentía y revegetación con especies apropiadas. Asimismo, se considera necesario establecer acciones de mantenimiento y monitoreo del canal para reducir la posibilidad de interrupciones y mejorar la continuidad del servicio de riego.

Ilustración 42

Mapa de riesgo ante deslizamientos



Nota: *Muestra la relación entre la amenaza y vulnerabilidad, determinando las zonas con mayor nivel de riesgo. Fuente:* (Propia, 2026).

Discusión de Resultados

Los resultados evidencian que la amenaza ante deslizamientos está condicionada por la interacción de la pendiente, litología, suelos, cobertura vegetal y geomorfología. Los sectores con mayores niveles de amenaza coinciden con condiciones físicas desfavorables que pueden favorecer la ocurrencia de movimientos en masa.

La vulnerabilidad presenta un componente físico y socioeconómico. El 97,5 % de los usuarios reconoce afectaciones al funcionamiento del canal y el 78,5 % identifica la obstrucción como la principal afectación. Además, el 89,3 % depende del agua para actividades agrícolas. Esto demuestra que una afectación del canal puede generar consecuencias tanto sobre su funcionamiento como sobre las actividades productivas y la economía familiar.

La integración de amenaza y vulnerabilidad permitió identificar los sectores con mayores niveles de riesgo. Estos resultados muestran que las zonas con mayor riesgo requieren prioridad para la implementación de medidas de reducción y mitigación orientadas a proteger la estabilidad del talud y la continuidad del servicio de riego.

Análisis General

El análisis permitió establecer una relación directa entre las condiciones físicas del territorio, la vulnerabilidad del canal y las consecuencias socioeconómicas asociadas a su funcionamiento. La combinación de los mapas de amenaza y vulnerabilidad permitió identificar espacialmente los sectores con mayor riesgo ante deslizamientos.

Los resultados evidencian que la afectación del canal puede interrumpir el servicio de riego y generar impactos sobre la producción agrícola y la economía de los usuarios. Por ello, el mapa de riesgo constituye una herramienta para establecer prioridades de intervención y orientar medidas de reducción del riesgo en los sectores más críticos.

Limitación y Alcance

El estudio se desarrolló con información física, espacial y socioeconómica disponible para el área de estudio. La valoración de la vulnerabilidad socioeconómica se basó en la información proporcionada por los usuarios mediante encuestas. Asimismo, el análisis de amenaza y riesgo representa las condiciones identificadas durante el periodo de estudio y puede variar ante cambios en el uso del suelo, cobertura vegetal, condiciones climáticas o estado del canal.

El alcance de la investigación permite identificar espacialmente los sectores con mayor amenaza, vulnerabilidad y riesgo ante deslizamientos. Estos resultados sirven como base para priorizar medidas de prevención, mitigación y monitoreo. Sin embargo, las intervenciones definitivas requieren estudios técnicos específicos de diseño y ejecución.

Resultados de la Encuesta

La encuesta contiene 13 preguntas.

Pregunta 1. ¿Cuántos años utiliza el canal de riego?

Tabla 10

Resultados de la pregunta 1 sobre el uso del canal de riego

¿Cuántos años utiliza el canal de riego?

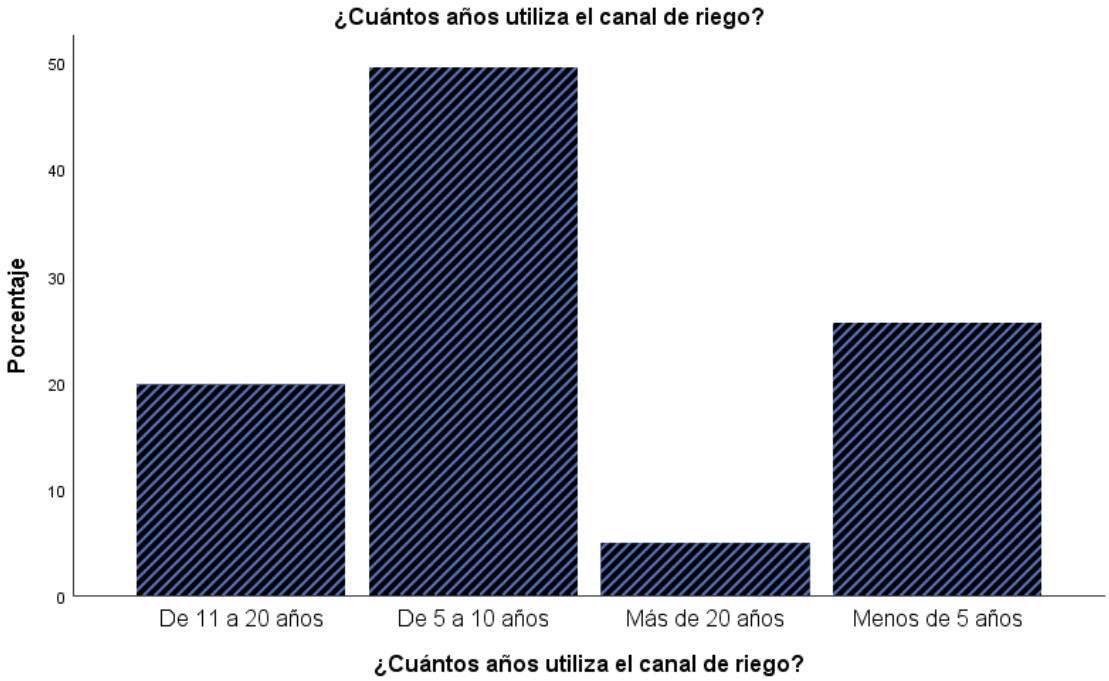
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De 11 a 20 años	24	19,8	19,8	19,8
	De 5 a 10 años	60	49,6	49,6	69,4
	Más de 20 años	6	5,0	5,0	74,4
	Menos de 5 años	31	25,6	25,6	100,0

Total	121	100,0	100,0

Nota: Presenta la frecuencia y porcentaje de años de utilización del canal por parte de los usuarios encuestados. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Ilustración 43

Gráfico de resultados de la pregunta 1 sobre uso del canal de riego



Nota: *Representa la distribución porcentual del tiempo de utilización del canal de riego. Fuente: (Propia, 2026).*

Interpretación

Los resultados muestran que la mayoría de los usuarios (49,6%) utiliza el canal de riego entre 5 y 10 años, seguido por quienes lo han empleado por menos de 5 años (25,6%). Esto evidencia que gran parte de los encuestados posee experiencia suficiente para identificar los problemas asociados al funcionamiento del canal y los efectos ocasionados por los deslizamientos.

Pregunta 2. ¿Cuál es la principal actividad para la que utiliza el agua del canal?

Tabla 11

Resultados de la pregunta 2 sobre uso del recurso hídrico

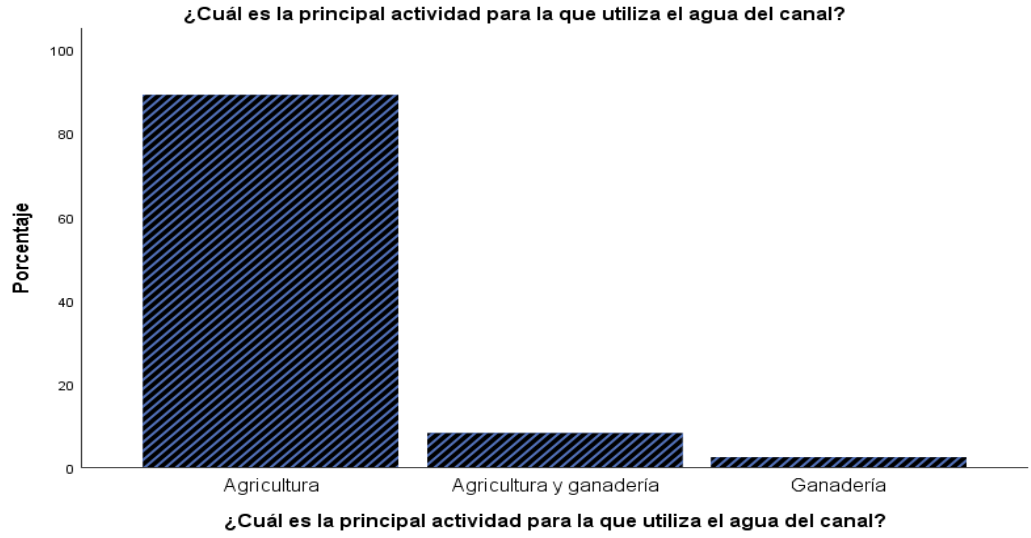
¿Cuál es la principal actividad para la que utiliza el agua del canal?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Agricultura	108	89,3	89,3	89,3
	Agricultura y ganadería	10	8,3	8,3	97,5
	Ganadería	3	2,5	2,5	100,0
	Total	121	100,0	100,0	

Nota: Muestra la frecuencia y porcentaje de las actividades que dependen del agua del canal de riego. Fuente: *(Propia, 2026).*

Ilustración 44

Gráfico de resultados de la pregunta 2 sobre uso del recurso hídrico



Nota: Representa las principales actividades desarrolladas por los usuarios mediante el recurso hídrico. Fuente: *(Propia, 2026).*

Interpretación

Se evidenció que la agricultura constituye la principal actividad desarrollada por los usuarios del canal de riego, representando el 89,3% de las respuestas. Este resultado

confirma la alta dependencia del recurso hídrico para el desarrollo de la producción agrícola en la comunidad.

Pregunta 3. ¿Ha observado deslizamientos cerca del canal de riego?

Tabla 12

Resultados de la pregunta 3 sobre presencia de deslizamientos

¿Ha observado deslizamientos cerca del canal de riego?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	5	4,1	4,1	4,1
	Si	116	95,9	95,9	100,0
	Total	121	100,0	100,0	

Nota: *Presenta la percepción de los usuarios respecto a la ocurrencia de deslizamientos cerca del canal. Fuente:* (Propia, 2026).

Ilustración 45

Gráfico de resultados de la pregunta 3 sobre presencia de deslizamientos



Nota: *Muestra el porcentaje de usuarios que han observado movimientos en masa en el sector. Fuente: (Propia, 2026).*

Interpretación

La observación de deslizamientos en las cercanías del canal de riego fue señalada por el 95,9 % de los encuestados, porcentaje que confirma la presencia recurrente de este fenómeno y la exposición continua de la infraestructura hidráulica a sus efectos.

Pregunta 4. ¿Considera que los deslizamientos afectan el funcionamiento del canal de riego?

Tabla 13

Resultados de la pregunta 4 sobre afectación del canal por deslizamientos

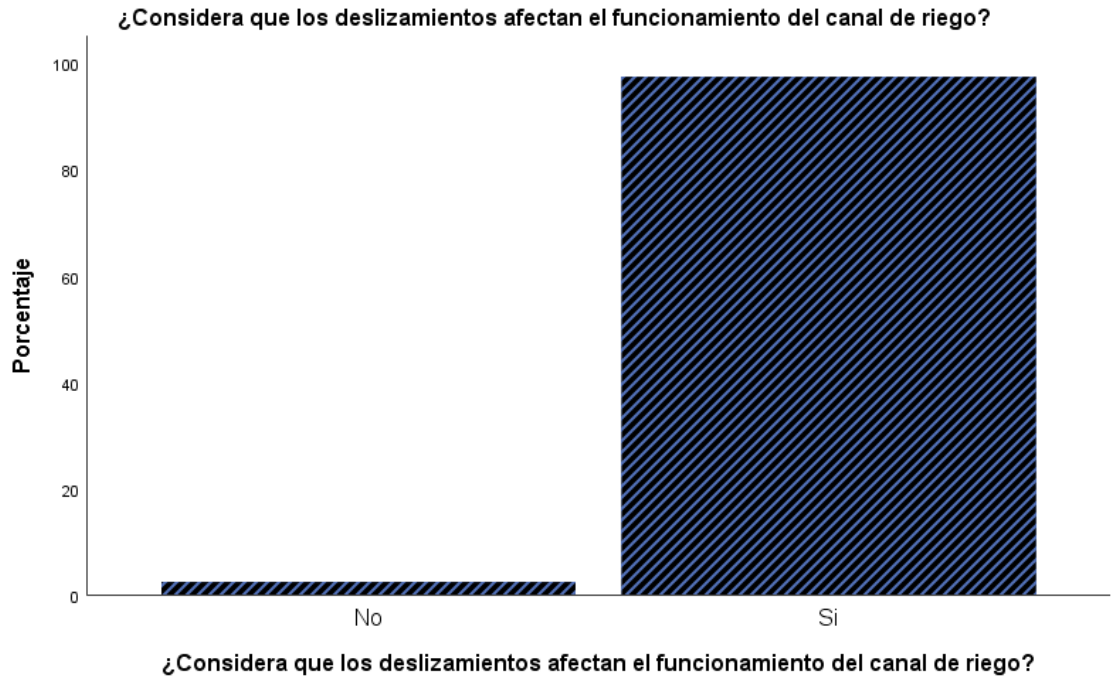
¿Considera que los deslizamientos afectan el funcionamiento del canal de riego?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	3	2,5	2,5	2,5
	Si	118	97,5	97,5	100,0
	Total	121	100,0	100,0	

Nota: *Indica la percepción de los usuarios sobre los efectos de los deslizamientos en el funcionamiento del canal*. *Fuente:* (Propia, 2026).

Ilustración 46

Gráfico de resultados de la pregunta 4 sobre afectación del canal por deslizamientos



Nota: *Representa el porcentaje de usuarios que consideran afectados el sistema de riego. Fuente: (Propia, 2026).*

Interpretación

La incidencia de los deslizamientos sobre el funcionamiento del canal de riego reúne el consenso del 97,5 % de los participantes, quienes atribuyen a estos eventos una afectación directa sobre su operatividad.

Pregunta 5. ¿Se ha interrumpido el servicio de riego debido a deslizamientos?

Tabla de frecuencias

Tabla 14

Resultados de la pregunta 5 sobre interrupción del servicio de riego

¿Se ha interrumpido el servicio de riego debido a deslizamientos?

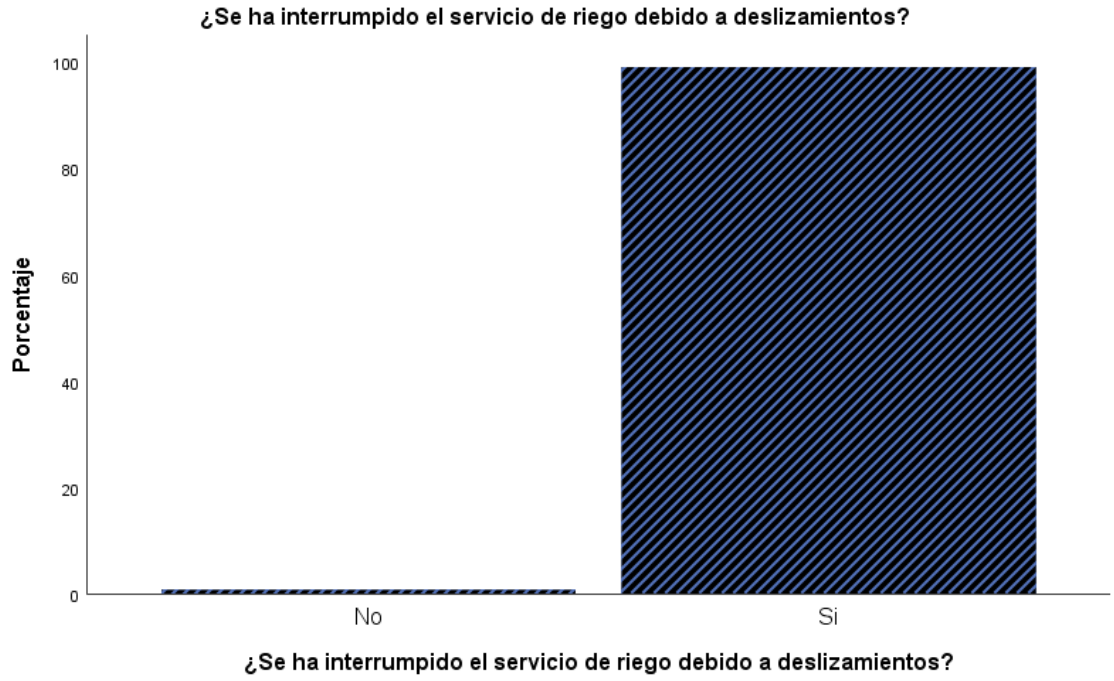
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	1	,8	,8	,8

Si	120	99,2	99,2	100,0
Total	121	100,0	100,0	

Nota: Muestra la frecuencia de usuarios afectados por interrupciones del servicio debido a deslizamientos. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Ilustración 47

Gráfico de resultados de la pregunta 5 sobre interrupción del servicio de riego



Nota: *Representa la incidencia de los deslizamientos en la continuidad del suministro de agua. Fuente: (Propia, 2026).*

Interpretación

Las interrupciones del servicio de riego ocasionadas por los deslizamientos fueron reportadas por el 99,2 % de los usuarios, porcentaje que pone de manifiesto el alcance de las afectaciones sobre el abastecimiento de agua.

Pregunta 6. Cuando ocurre una interrupción del servicio, ¿Cuánto tiempo suele permanecer fuera de funcionamiento el canal?

Tabla 15

Resultados de la pregunta 6 sobre duración de interrupciones del servicio

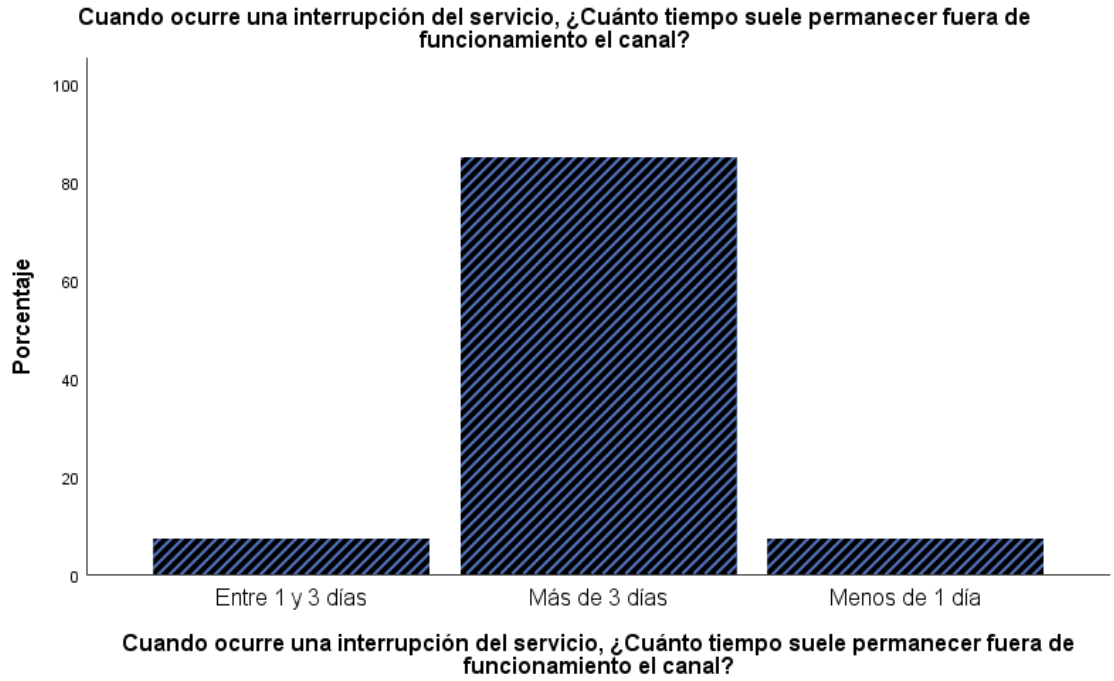
Cuando ocurre una interrupción del servicio, ¿Cuánto tiempo suele permanecer fuera de funcionamiento el canal?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Entre 1 y 3 días	9	7,4	7,4	7,4
	Más de 3 días	103	85,1	85,1	92,6
	Menos de 1 día	9	7,4	7,4	100,0
	Total	121	100,0	100,0	

Nota: Presenta el tiempo de suspensión del canal durante eventos de deslizamiento. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Ilustración 48

Gráfico de resultados de la pregunta 6 sobre duración de interrupciones del servicio



Nota: Muestra la duración de las interrupciones reportadas por los usuarios. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Interpretación

Las afectaciones ocasionadas por los deslizamientos se prolongan por más de tres días para el 85,1 % de los encuestados, situación que dificulta la continuidad de las actividades productivas asociadas al servicio de riego.

Pregunta 7. ¿Cuál es la principal afectación ocasionada por los deslizamientos en el canal de riego?

Tabla 16

Resultados de la pregunta 7 sobre afectaciones en el canal de riego

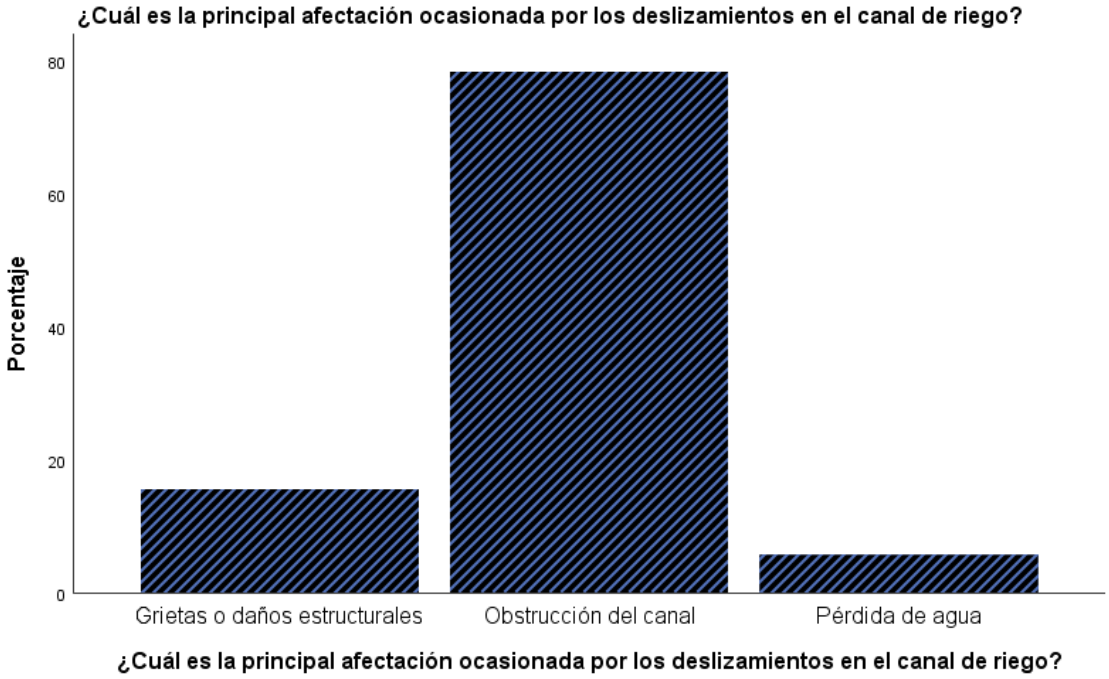
¿Cuál es la principal afectación ocasionada por los deslizamientos en el canal de riego?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Grietas o daños estructurales	19	15,7	15,7	15,7
	Obstrucción del canal	95	785	78,5	94,2
	Pérdida de agua	7	5,8	5,8	100,0
	Total	121	100,0	100,0	

Nota: *Identifica los principales daños ocasionados por los deslizamientos en la infraestructura. Fuente:* (Propia, 2026).

Ilustración 49

Gráfico de resultados de la pregunta 7 sobre afectaciones en el canal de riego



Nota: Representa las afectaciones más frecuentes generadas por movimientos en masa. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Interpretación

La acumulación de material derivada de los movimientos en masa aparece como la causa más frecuente de obstrucción del canal de riego, condición respaldada por el 78,5 % de las respuestas obtenidas.

Pregunta 8. ¿Ha disminuido la disponibilidad de agua para sus actividades agrícolas debido a los deslizamientos?

Tabla 17

Resultados de la pregunta 8 sobre disponibilidad del agua

¿Ha disminuido la disponibilidad de agua para sus actividades agrícolas debido a los deslizamientos?

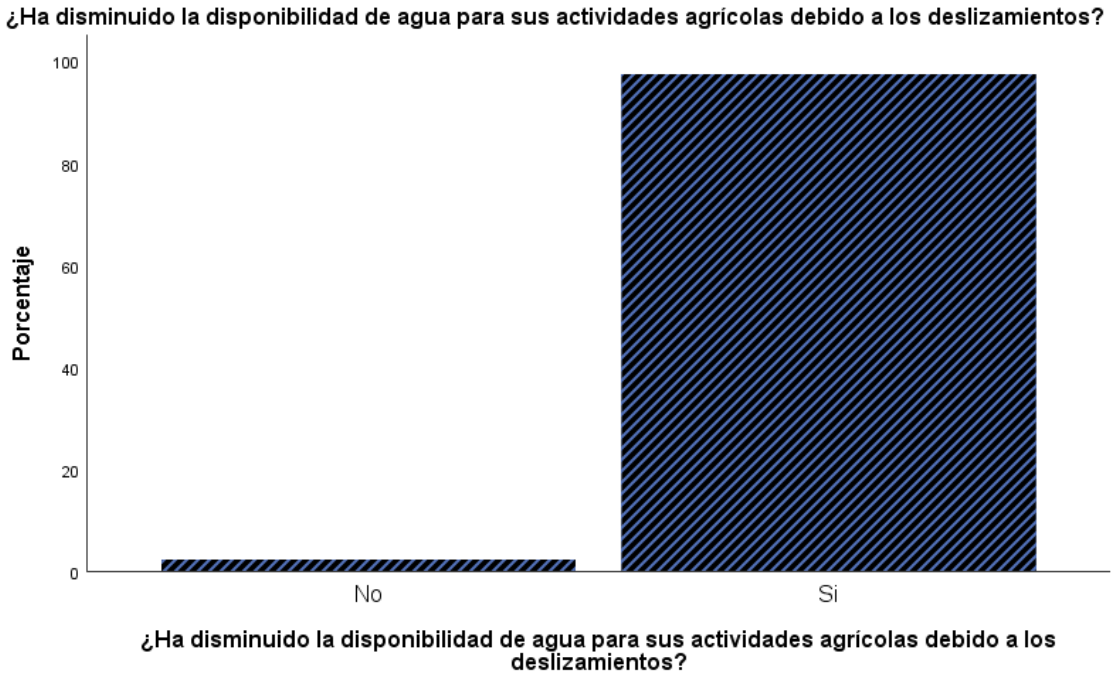
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	3	2,5	2,5	2,5

Si	118	97,5	97,5	100,0
Total	121	100,0	100,0	

Nota: Muestra la percepción de los usuarios sobre la disminución del recurso hídrico por deslizamientos. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Ilustración 50

Gráfico de resultados de la pregunta 8 sobre disponibilidad del agua



Nota: Representa el porcentaje de usuarios afectados por reducción del servicio de agua. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Interpretación

El 97,5% de los usuarios manifestó que la disponibilidad de agua ha disminuido debido a los deslizamientos, evidenciando la relación directa entre estos eventos y la reducción del recurso hídrico necesario para la producción agrícola.

Pregunta 9. ¿Cuál ha sido la principal consecuencia ocasionada por la disminución del servicio de riego?

Tabla 18

Resultados de la pregunta 9 sobre consecuencias en la producción agrícola

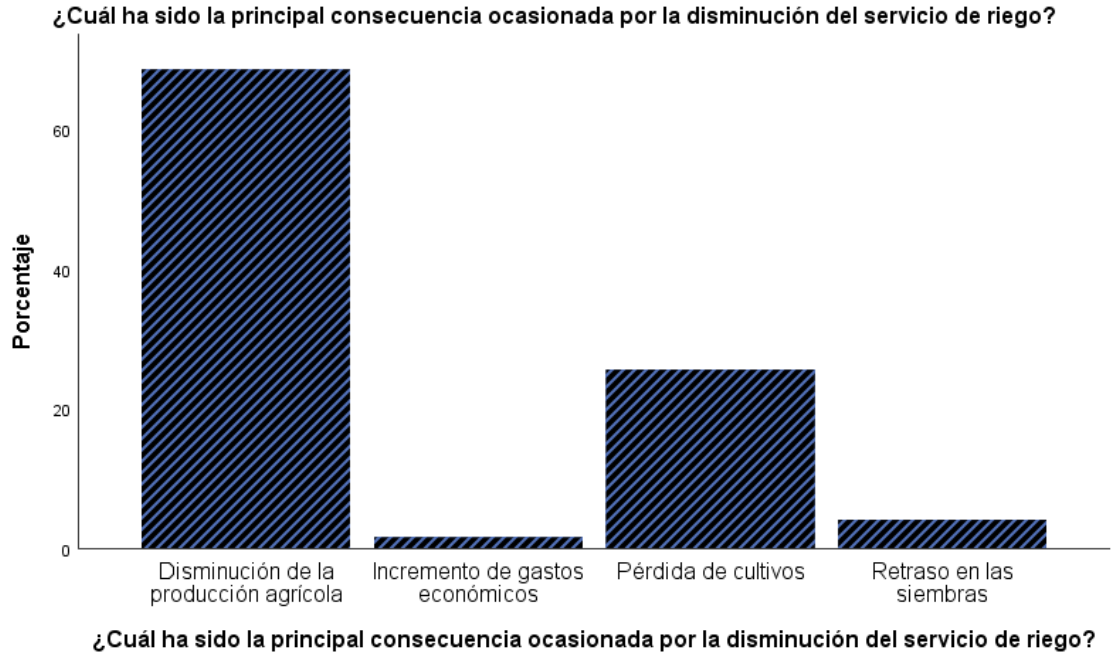
¿Cuál ha sido la principal consecuencia ocasionada por la disminución del servicio de riego?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Grietas o daños estructurales	19	15,7	15,7	15,7
	Obstrucción del canal	95	78,5	78,5	94,2
	Pérdida de agua	7	5,8	5,8	100,0
	Total	121	100,0	100,0	

Nota: Presenta los efectos generados por la interrupción del servicio de riego en la producción. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Ilustración 51

Gráfico de resultados de la pregunta 9 sobre consecuencias en la producción agrícola



Nota: *Muestra las principales pérdidas reportadas por los usuarios. Fuente: (Propia, 2026).*

Interpretación

La principal consecuencia reportada fue la disminución de la obstrucción del canal (78.5%), seguida por la presencia de grietas o daños estructurales (15.7%). Esto demuestra que la disminución del servicio de riego esta principalmente relacionada con afectaciones físicas en el canal que dificultan la circulación adecuada del agua.

Pregunta 10. ¿Qué nivel de afectación económica han generado los deslizamientos en su actividad productiva?

Tabla 19

Resultados de la pregunta 10 sobre afectación económica productiva

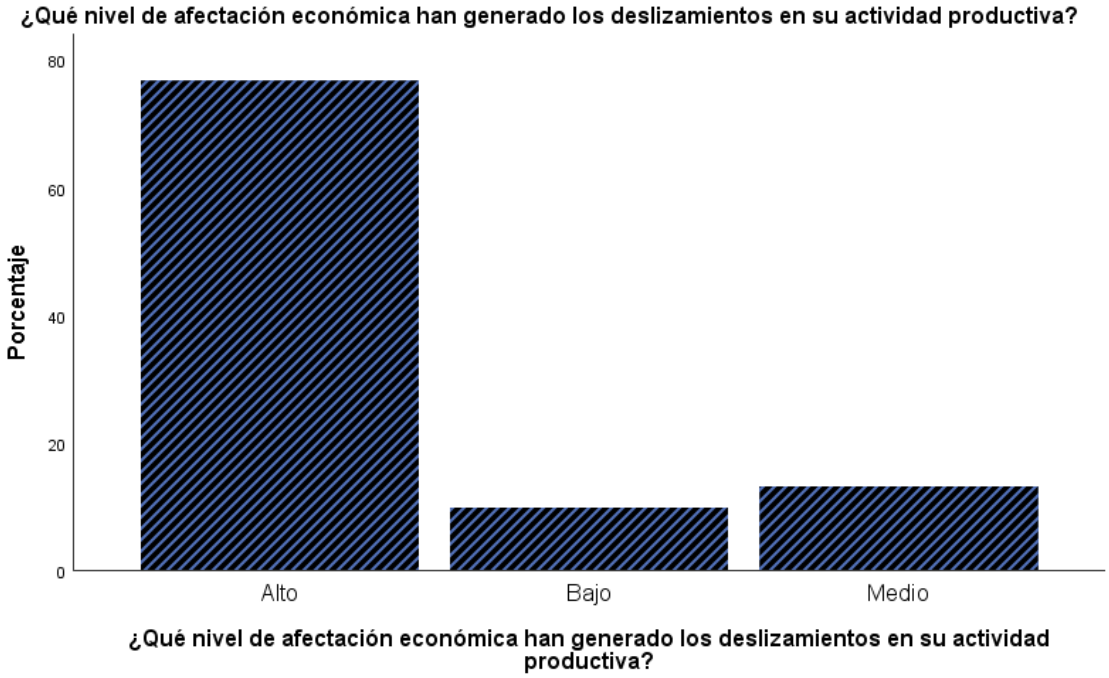
¿Qué nivel de afectación económica han generado los deslizamientos en su actividad productiva?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Alto	93	76,9	76,9	76,9
	Bajo	12	9,9	9,9	86,8
	Medio	16	13,2	13,2	100,0
	Total	121	100,0	100,0	

Nota: Indica el nivel de afectación económica generado por los deslizamientos. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Ilustración 52

Gráfico de resultados de la pregunta 10 sobre afectación económica productiva



Nota: *Representa la percepción del impacto económico en las actividades agrícolas. Fuente: (Propia, 2026).*

Interpretación

La mayoría de los encuestados (76,9%) considera que los deslizamientos han generado un alto nivel de afectación económica en sus actividades productivas, lo que evidencia la magnitud de las pérdidas asociadas a este fenómeno.

Pregunta 11. ¿Qué nivel de afectación han generado los deslizamientos en la economía de su familia?

Tabla 20

Resultados de la pregunta 11 sobre afectación económica familiar

¿Qué nivel de afectación han generado los deslizamientos en la economía de su familia?

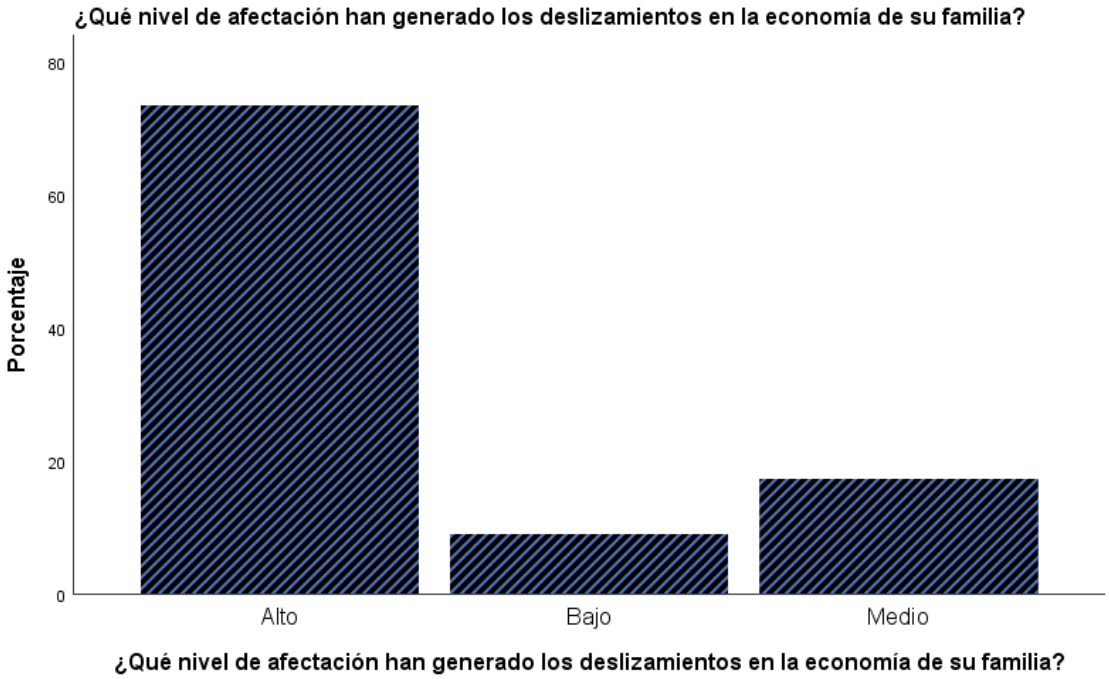
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Alto	89	73,6	73,6	73,6

Bajo	11	9,1	9,1	82,6
Medio	21	17,4	17,4	100,0
Total	121	100,0	100,0	

Nota: Presenta la percepción de los usuarios sobre daños económicos en sus hogares. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Ilustración 53

Gráfico de resultados de la pregunta 11 sobre afectación económica familiar



Nota: Muestra los niveles de afectación familiar ocasionados por los deslizamientos. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Interpretación

El impacto de los deslizamientos sobre la economía familiar es reconocido por el 73,6 % de los participantes, quienes consideran que sus efectos no se limitan a la producción agrícola, sino que también alcanzan las condiciones de vida de la población.

Pregunta 12. ¿Qué zona considera más afectada por los deslizamientos?

Tabla 21

Resultados de la pregunta 12 sobre zonas afectadas por deslizamientos

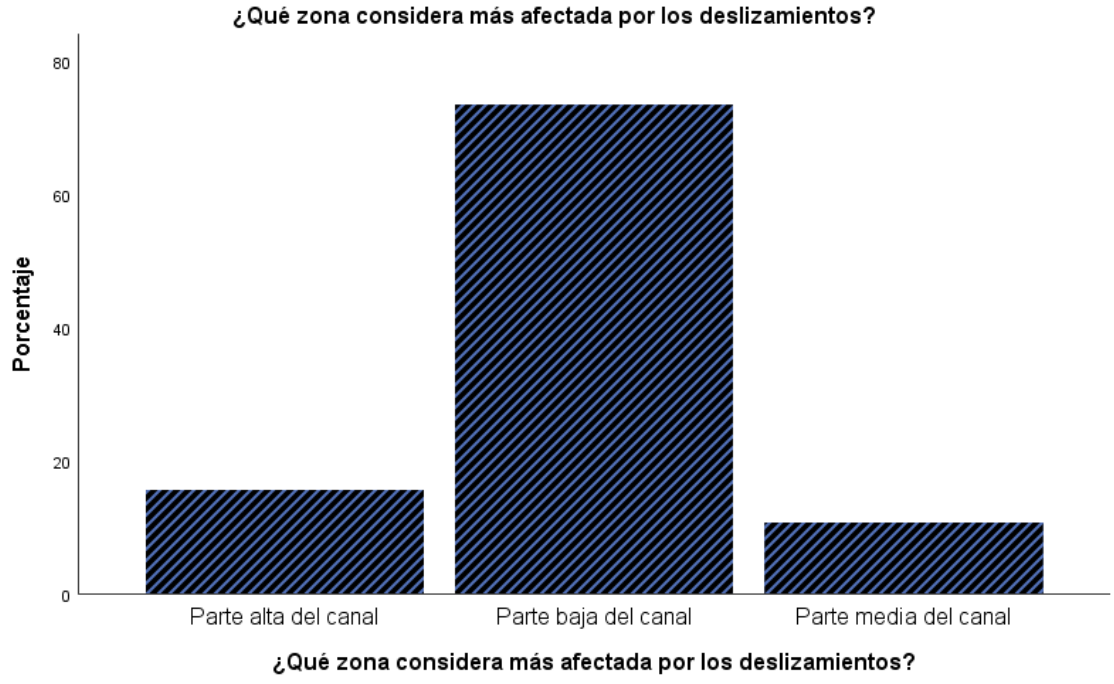
¿Qué zona considera más afectada por los deslizamientos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Parte alta del canal	19	15,7	15,7	15,7
	Parte baja del canal	89	73,6	73,6	89,3
	Parte media del canal	13	10,7	10,7	100,0
	Total	121	100,0	100,0	

Nota: Identifica los sectores del canal considerados con mayor afectación. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Ilustración 54

Gráfico de resultados de la pregunta 12 sobre zonas afectadas por deslizamientos



Nota: Representa las áreas donde los usuarios perciben mayor impacto. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Interpretación

La mayor parte de los encuestados (73,6%) identificó a la parte baja del canal como la zona más afectada por los deslizamientos. Este resultado puede orientar la priorización de acciones de monitoreo y mitigación en los sectores más vulnerables.

Pregunta 13. ¿Cuál considera que debería ser la principal medida para reducir los daños ocasionados por los deslizamientos?

Tabla 22

Resultados de la pregunta 13 sobre medidas de mitigación

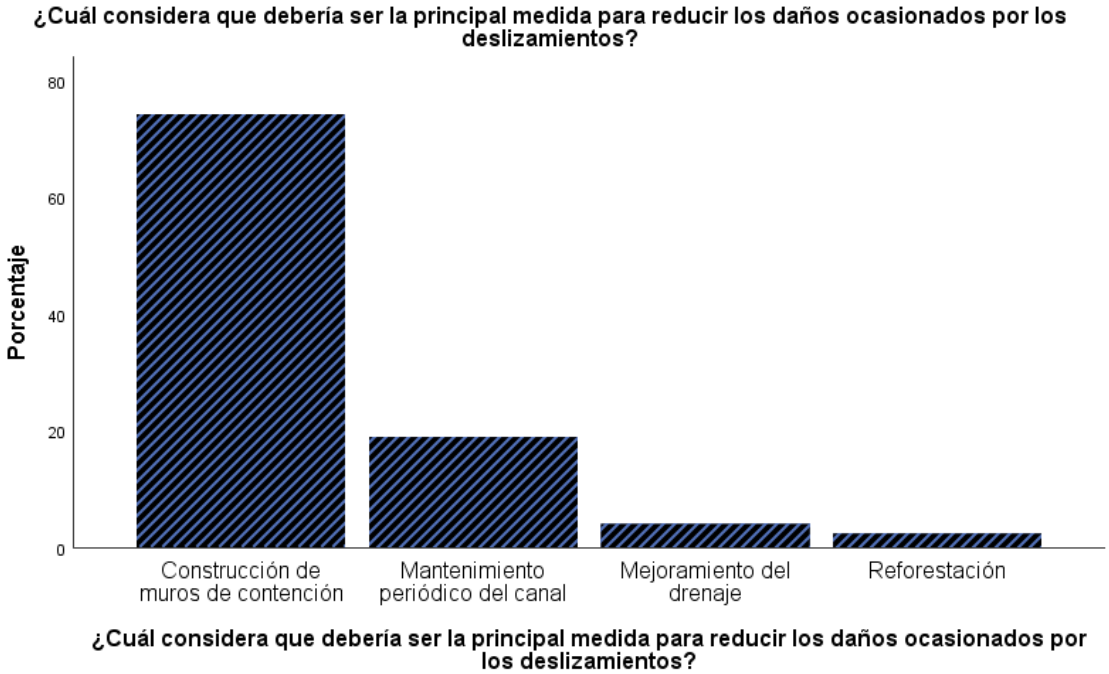
¿Cuál considera que debería ser la principal medida para reducir los daños ocasionados por los deslizamientos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Construcción de muros de contención	90	74,4	74,4	74,4
	Mantenimiento periódico del canal	23	19,0	19,0	93,4
	Mejoramiento del drenaje	5	4,1	4,1	97,5
	Reforestación	3	2,5	2,5	100,0
	Total	121	100,0	100,0	

Nota: Muestra las alternativas propuestas por los usuarios para reducir los daños. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Ilustración 55

Gráfico de resultados de la pregunta 13 sobre medidas de mitigación



Nota: Representa las principales acciones consideradas para disminuir el riesgo. Fuente: *(Propia, 2026).*

Interpretación

Con un 74,4%, la construcción de muros de contención fue la alternativa más mencionada para disminuir las afectaciones provocadas por los deslizamientos, lo que evidencia que la comunidad considera este tipo de obras como una opción prioritaria para resguardar el canal de riego.

Análisis General de los Resultados de la Encuesta

Los resultados muestran que los deslizamientos representan una de las principales dificultades para el funcionamiento del canal de riego en San Vicente de las Tres Cruces, debido a las interrupciones del servicio y a la reducción en la disponibilidad de agua, situaciones que repercuten en la producción agrícola y en los ingresos de las familias que dependen de esta actividad. Frente a este escenario, la construcción de muros de

contención es considerada por la comunidad como la medida más adecuada para proteger la infraestructura y favorecer la continuidad del riego.

Discusión de Resultados y Análisis General del Resultado del Objetivo 2

Los resultados obtenidos mediante la evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo evidencian que el tramo kilómetro 11.31 del canal de riego del sector San Vicente de las Tres Cruces presentan condiciones desfavorables debido a la presencia de pendientes pronunciadas y zonas con susceptibilidad alta y muy alta a movimientos en masa. La relación entre la susceptibilidad del terreno y la exposición de la infraestructura permitió identificar sectores con nivel de riesgo alto y muy alto principalmente cercanos al canal, donde existe un deslizamiento que generar obstrucción del flujo del agua e interrupciones en el servicio de riego. Estos resultados coinciden con la precipitación de los usuarios, donde el 95.9% manifestó haber observado deslizamiento cerca del canal y el 99.2% indicó a ver sufrido interrupciones del servicio debido a estos eventos.

El análisis determina que la vulnerabilidad del canal está directamente relacionada con la dependencia de la comunidad hacia la esta infraestructura para sus actividades agrícolas, considerando que el 89.3% de los usuarios utiliza el agua principalmente para agricultura y el 76.9% reporta una alta afectación económica. Por lo tanto, los sectores identificados con mayor nivel de riesgo requieren medidas de prevención y mitigación enfocadas en la estabilización del terreno y la protección del canal, priorizando soluciones estructurales como muros de contención y medidas complementarias como él (geomanta) para que permitan reducir la probabilidad de daños y garantizar a la comunidad del recurso hídrico.

4.3. Comprobación de Hipótesis

Para la comprobación de las hipótesis se integraron los resultados técnicos obtenidos en el análisis del talud con la información recopilada mediante las encuestas

aplicadas a los 121 usuarios del canal de riego. Además del análisis descriptivo de frecuencias y porcentajes, se aplicaron pruebas inferenciales sencillas en IBM SPSS Statistics. Se trabajó con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$; cuando el valor de p fue menor a 0,05 se consideró que existía una relación estadísticamente significativa.

En la parte relacionada con la funcionalidad del canal se comparó la pregunta sobre la presencia de deslizamientos con la pregunta sobre las interrupciones del servicio de riego. La tabla cruzada muestra que, entre los 116 usuarios que indicaron haber observado deslizamientos, los 116 también señalaron que el servicio de riego se ha interrumpido. Entre los cinco usuarios que no reportaron haber observado deslizamientos, cuatro indicaron que sí tuvieron interrupciones y uno señaló que no.

Tabla 23

Relación entre presencia de deslizamientos e interrupción del servicio de riego

Presencia de deslizamientos	**Interrupción No**	**Interrupción Sí**	**Total**
No	1 (20,0 %)	4 (80,0 %)	5 (100,0 %)
Sí	0 (0,0 %)	116 (100,0 %)	116 (100,0 %)
Total	1 (0,8 %)	120 (99,2 %)	121 (100,0 %)

Nota: *Los porcentajes entre paréntesis corresponden al porcentaje dentro de cada fila.*
Fuente: Elaboración propia a partir del procesamiento en IBM SPSS Statistics.

Al revisar las frecuencias esperadas se observó que 3 de las 4 celdas, equivalente al 75,0 %, presentaron valores menores que 5 y el recuento mínimo esperado fue de 0,04.

Por esta razón, para la decisión se tomó como referencia la prueba exacta de Fisher y no el chi-cuadrado de Pearson.

Tabla 24

Prueba exacta de Fisher para presencia de deslizamientos e interrupción del servicio

Prueba	Significación exacta bilateral	N
Prueba exacta de Fisher	0,041	121

Nivel de significancia considerado: α = 0,05

Nota: *Se tomó la prueba exacta de Fisher como referencia debido a la presencia de frecuencias esperadas menores que 5. Fuente: Elaboración propia a partir del procesamiento en IBM SPSS Statistics.*

El valor obtenido fue p = 0,041. Como este resultado es menor que 0,05, se encontró una asociación estadísticamente significativa entre la presencia de deslizamientos observada por los usuarios y las interrupciones del servicio de riego. Este resultado sirve como apoyo estadístico para la afectación de la funcionalidad del canal.

Para la parte socioeconómica se analizaron tres variables de tipo ordinal: duración de la interrupción del servicio, nivel de afectación económica productiva y nivel de afectación económica familiar. Estas variables fueron recodificadas únicamente para el análisis, manteniendo un orden de menor a mayor, y se aplicó el coeficiente rho de Spearman.

Tabla 25

Correlaciones mediante rho de Spearman

Variable	Estadístico	Duración de la interrupción	Afectación económica productiva	Afectación económica familiar

Duración de la interrupción	Coeficiente de correlación	1,000	0,551***	0,483***
	Sig. (bilateral)	.	< 0,001	< 0,001
	N	121	121	121
Afectación económica productiva	Coeficiente de correlación	0,551***	1,000	0,887***
	Sig. (bilateral)	< 0,001	.	< 0,001
	N	121	121	121
Afectación económica familiar	Coeficiente de correlación	0,483	0,887	1,000
	Sig. (bilateral)	< 0,001	< 0,001	.
	N	121	121	121

Nota: *La correlación es significativa al nivel de 0,001 (bilateral). Fuente: Elaboración propia a partir del procesamiento en IBM SPSS Statistics.*

Los resultados muestran una relación positiva entre la duración de las interrupciones y la afectación económica productiva (rho = 0,551; p < 0,001), y también con la afectación económica familiar (rho = 0,483; p < 0,001). En ambos casos la relación es estadísticamente significativa. Esto indica que, cuando las interrupciones duran más tiempo, también tienden a presentarse niveles más altos de afectación económica en la

actividad productiva y en la familia. Como información complementaria, la afectación económica productiva y la afectación familiar presentaron una relación de rho = 0,887; p < 0,001.

Estos resultados se complementan con el análisis geotécnico y de estabilidad desarrollado mediante el método de Bishop Simplificado, así como con la evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, donde se identificaron condiciones de inestabilidad que comprometen el canal. En conjunto, la información técnica y estadística permite relacionar los deslizamientos con problemas en la continuidad del servicio y con afectaciones económicas para los usuarios.

Hipótesis nula (H_0)

H_0: Los riesgos por deslizamientos del talud no inciden significativamente en la funcionalidad del canal de riego ni en las condiciones socioeconómicas de los usuarios del sector San Vicente de las Tres Cruces, cantón Guaranda, provincia de Bolívar.

Hipótesis alternativa (H_1)

H_1: Los riesgos por deslizamientos del talud inciden significativamente en la funcionalidad del canal de riego y en las condiciones socioeconómicas de los usuarios del sector San Vicente de las Tres Cruces, cantón Guaranda, provincia de Bolívar.

Decisión

Considerando un nivel de significancia de 0,05, la prueba exacta de Fisher presentó un valor de p = 0,041, mientras que las dos relaciones principales analizadas mediante rho de Spearman presentaron valores de p < 0,001. Debido a que estos valores son menores que 0,05, se rechaza la hipótesis nula (H_0). Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis alternativa (H_1), ya que se encontró una relación estadísticamente significativa entre la presencia de deslizamientos y las interrupciones del servicio, así

como entre la duración de estas interrupciones y las afectaciones económicas productivas y familiares.

Interpretación

De manera general, los resultados muestran que el problema de los deslizamientos no se limita a la estabilidad del talud. También se relaciona con el funcionamiento del canal y con la economía de los usuarios. Las interrupciones prolongadas del servicio afectan el acceso al agua de riego y, de acuerdo con los resultados obtenidos, se relacionan con mayores niveles de afectación en las actividades productivas y en la economía familiar. Esto coincide con los resultados técnicos obtenidos en el área de estudio y permite respaldar lo planteado en la investigación.

CAPITULO V. PROPUESTA

5.1. Resultado Objetivo 3

5.1.1. Propuesta de medidas de mitigación estructurales y no estructurales para la reducción del riesgo por deslizamiento en el Canal de riego

Titulo

Propuesta técnica de mitigación estructurales y no estructurales para la reducción del riesgo por deslizamiento en el Canal de riego km 11:31 del sector San Vicente de las Tres Cruces.

Ubicación de Intervención: Sector San Vicente de las Tres Cruces, parroquia Santa Fe, cantón Guaranda, provincia de Bolívar.

Antecedentes

Los materiales arenosos, las pendientes pronunciadas, la erosión superficial y la escasa cobertura vegetal favorecen la ocurrencia de deslizamientos durante la época de lluvia. La pérdida de estabilidad del talud contiguo al canal de riego deriva de la interacción de estos factores, comprometiendo el funcionamiento de la infraestructura y el desarrollo de las actividades productivas del sector.

Por lo cual se plantea una propuesta de mitigación basada en las medidas principales orientadas a la estabilización estructural y la protección superficial del suelo.

Objetivo de la propuesta

Implementar, en el canal de riego ubicado en el kilómetro 11,31 del sector San Vicente de las Tres Cruces, medidas estructurales y no estructurales orientadas a reducir el riesgo de deslizamientos y fortalecer la estabilidad del talud.

Objetivos Específicos

- Diseñar, para el área crítica del talud, un pie de muro de contención de hormigón armado que contribuya a fortalecer su estabilidad.

- Aplicar, sobre la superficie del talud, medidas de protección mediante geomantas y cobertura vegetal orientadas a reducir la erosión y favorecer la retención del material

Descripción de la propuesta

La estabilización del terreno y el control de los procesos erosivos presentes en el área de estudio constituyen el propósito de una propuesta que integra medidas estructurales y no estructurales de manera complementaria.

Desarrollo técnico

Medida Estructural: Construcción de pie de muro de contención

Se propone la construcción de un muro de contención de hormigón armado en la parte inferior del talud, identificados como críticos durante el análisis de estabilidad.

Para la cual se presenta la siguiente función del muro: proporcionar soporte al pie del talud, incrementar la estabilidad del terreno y proteger la infraestructura del canal de riego frente a procesos de deslizamiento.

Actividades principales:

Replanteo y delimitación del área de intervención, excavación para cimentación, construcción de la base y cuerpo del muro de hormigón armado, implementación de drenajes para evitar acumulación de agua detrás del muro, orden y limpieza.

CÁLCULOS PARA REDIMENSIONAMIENTO DE PIE DE MURO

Datos del problema

- Altura de suelo retenido (altura de muro) = 3.20 m
- Tipo de muro = voladizo
- Peso unitario del suelo = 1.8 t/m3
- Angulo de fricción del suelo = 32°
- Cohesión = 0

- Capacidad portante admisible σ adm = 18t/m2
- Sobrecarga = 0
- Nivel freático = 0
- Resistencia del hormigón = 210 kg/cm2
- Límite de fluencia del acero = 4200 kg/cm2
- Zona sísmica = IV - Guaranda = Z=0.35

Norma a utilizar **"NEC-SE-GC Geotecnia y Cimentación"** para:

- capacidad portante
- Estabilidad
- Deslizamiento
- Volcamiento
- Excentricidad
- Factores de seguridad

NEC-SE-DS "Peligro sísmico y diseño sismo resistente"

NEC- SE-HM "Estructuras del Hormigón Armado"

Basados con las disposiciones ACI 318

DESARROLLO

1. Conversión de unidades

$$\gamma s = 1.8\ t/m^3 \text{ convertir a (KN/}m^3\text{)}$$

$$1tf = 9.81\ KN$$

Entonces:

$$\gamma s = 1.8 \times 9.81$$

$$\gamma s = 17.65\ KN/m^3$$

Para el hormigón:

- Peso específico del hormigón = 2.40 t/m^3

$$\gamma c = 2.40 \times 9.81$$

$$\gamma c = 23.54\ KN/m^3$$

2. Redimensionamiento del muro

Para altura de muro (H) = 3.20 m inicialmente propongo

$$B = 2.40\ m$$

Donde B = ancho total de la zapata

B= 0.50 H – 0.70 H

B= 0.70 × H

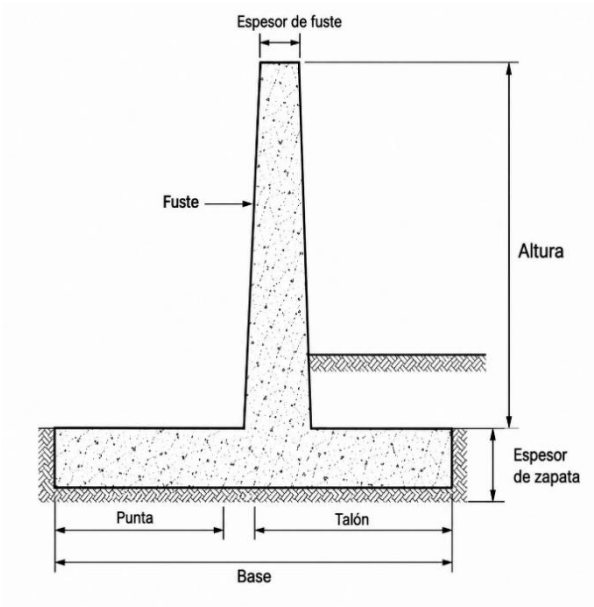
B= 0.70 ×3.20

B= 2.24

Asumimos B= 2.40 m

Ilustración 56

Grafica del muro, partes y sus respectivos calculo.



Nota: *Presenta el muro sus parates y sus respectivos calculos (Propia, 2026).*

Punta = $P = \frac{1}{3} \times B\ o$

$$P = (0.10 - 0.20) \times H$$

$$P = 0.20 \times 3.20$$

$$P = 0.64\ cm \qquad Asumo$$

$$P = 0.60\ m$$

$fuste\ (f) = (0.08 - 0.10)H$

$fuste = (0.09 \times\ 3.20)$

$fuste = 0.29\ m$

$fuste\ \ asumo = 0.30m$

Talón= B-f-P

Talón= 2.40-0.30-0.60

Talón= 150m

Espesor Zapata= (0.08-0.12)H

e= (0.12×3.20)

e= 0.38m

Asumo espesor (e)= 0.40m

Datos Redimensionamiento

H= 3.20m

Talón= 1.50 m

Punta= 0.60 m

Fuste inferior= 0.30m

Fuste superior= 0.20m

Espesor Zapata= 0.40m

Coeficiente de Empuje

tenemos ∅=32

$$Ka = \frac{1 - sen\ \emptyset}{1 + \text{sen}\ \emptyset} \quad (Formula\ de\ Rankine\ para\ empuje)$$

$$Ka = \frac{1 - sen\ 32}{1 + \text{sen}\ 32}$$

$Ka = \frac{1-0.5299}{1+0.5299}$ $Ka = \frac{0.4701}{1.5299}$ $Ka = 0.307$

Empuje Activo Estático

Para un relleno granular sin cohesión

$Pa = \frac{1}{2}\ K_9\gamma_5 H^2$ $Pa = \frac{1}{2}\ (0.307)(17.65)(3.20)2$

$Pa = 27.8\frac{KN}{m}$ $en\ toneladas$ $Pa = 27.8\frac{27.8}{9.8}$ Pa= 2.83t/m

Punto de aplicación

$y = \frac{H}{3}$ $y = \frac{3.20}{3}$ $y = 1.07\ m$

Momento de volcamiento estático

$Mo = Pa\frac{H}{3}$ $Mo = 2.83\ \frac{3.20}{3}$ $Mo = \frac{3.02m}{m}$

En KN.m $Mo = 3.02(9.81)$ $Mo = 29.6\ KN.\frac{m}{m}$

Análisis sísmico

Para un valor Z = 0.35 g

Coeficiente sísmico horizontal Kh = 0.35g

Asumo coeficiente sísmico vertical Kv = 0

Empuje sísmico (Método MONONOBE - OKABE)

- Angulo sísmico

$$\theta = tan^{-1} = \left(\frac{Kh}{1 - Kv}\right) \qquad donde:\ Kh = 0.35 \qquad Kv = 0$$

$$\theta = tan^{-1} = \left(\frac{0.35}{1 - 0}\right)$$

$$\theta = 19.29°$$

- Para un muro vertical, relleno horizontal y fricción muro-suelo

ɣ = 0 forma simplificada

$$Ka_e = \frac{cos^2(\phi - \Theta)}{cos^2\Theta\,(1 + \sqrt{sen\,\phi\,sen^0\frac{(\phi-\Theta)}{\cos\Theta}})2} \quad donde \quad \phi = 32 \quad \Theta = 19.29°$$

$$Ka_e = 0.585$$

- Presión resultante

$$\text{Pae} = \frac{1}{2}\,Kae\,\gamma 5H^2$$

$$\text{Pae} = \frac{1}{2}\,.(0.585)(17.65)(3.20)^2$$

$\text{Pae} = 52.9\frac{\text{KN}}{\text{m}}$ en toneladas $\text{Pae} = \frac{52.9}{9.81}$ $\text{Pae} = 5.39\ t/m$

{Empuje estático (2.83 t/m) < Empuje sísmico (5.39 t/m)} debido a efecto sísmico.

Momento de volcamiento sísmico

Ubicamos la resultante a H/3

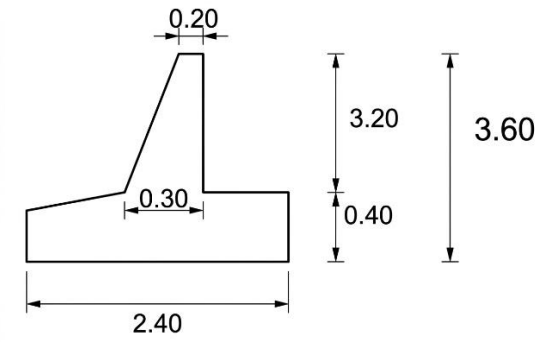
Por lo tanto, el momento:

$$Moe = \text{Pae}\,\frac{\text{H}}{3} \qquad Moe = (5.39)\frac{3.20}{3} \qquad Moe = 56.4\ \text{KN}.\frac{\text{m}}{\text{m}}$$

Peso del muro {Para un metro (1m)}

Ilustración 57

Estructura del muro con sus respectivas medidas.



Nota: *La grafica presenta la estructura del muro con sus respectivas medidas* (Propia, 2026).

- Peso de zapata

Volumen $vz = 2.40x0.40x1$

$vz = 0.96\ m2$ //

Peso $wz = 0.96x2.4$

$wz = 2.30t$ //

- Peso de Fuste

$Volumen\ vf = \frac{0.30+0.20}{2}(3.20)x1$

$vf = 0.80m$

Peso $wf = 0.80x2.4$

$wf = 1.92t$ //

-Peso del suelo sobre talón

$Long.talón = 1.50m$

$Vt = 1.50x3.20x1$

$Vt = 4.80m3$

Peso talón $wt = 4.80(1.80)$

$wt = 8.64\ t$

PESO TOTAL

$WT = wz + wf + wt$

$WT = 2.30 + 1.92 + 8.64$

$WT = 12.86\ t/m$

- **Momento Resistente**

Zapata

Centroide --> $Xz = \frac{2.40}{2} = 1.20m$

Momento $Mz = 2.30\ (1.20)$

$$Mz = 2.77t.m$$

Fuste

Centroide $Xf = 0.727m$

Momento $Mf = 1.92x(0.727)$

$$Mf = 1.396\ t.m$$

Tierra sobre talon

$$Xt = 0.60 + 0.30 + \frac{1.5}{2}$$

$$Xt = 1.65m$$

Momento

$$Mt = 14.25\ t.m$$

Momento resistente total

$MR = Mz + Mf + Mt$

$MR = 2.77 + 1.396 + 14.25$

$MR = 18.42\ t.m\ //$

VERIFICACIÓN DE FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA VOLCAMIENTO

La NEC-SE-GC establece (tabla 5)

$$\frac{MR}{MO} \geq 3.0\ (estático) \qquad \frac{18.42}{3.02} = 6.10$$

$$\frac{MR}{MO} \geq 2.0\ (pseudoestático) \qquad \frac{18.42}{5.75} = 3.20$$

Estático $6.10 \geq 3.0$ $CUMPLE = OK$

Sísmico $3.20 \geq 2.0$ $CUMPLE = OK$

$$CUMPLE\ VOLCAMIENTO\ //$$

VERIFICACIÓN DE DESLIZAMIENTO ESTÁTICO

$$Fsd = \frac{Rf}{Pa} = \frac{6.43}{2.83} = Fsd = 2.27$$

La NEC-SE-GC establece (tabla 5)

$$\text{Fsd} \ \geq\ 1.60 \qquad por\ lo\ tanto \qquad 2.27 \geq 1.60 \qquad CUMPLE = OK$$

VERIFICACIÓN DE DESLIZAMIENTO SÍSMICO

$$Fsd\ sismo = \frac{6.432}{5.392} \qquad Fsd\ sismo = 1.19$$

(En la tabla 5)

$$\text{Fsd} \ \geq\ 1.05 \qquad por\ lo\ tanto \qquad 1.19 \geq 1.05 \qquad CUMPLE = OK$$

VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE

- Presión bajo la zapata

$$q\ med = \frac{W}{B}$$

$$q\ med = \frac{12.86}{2.40}$$

$$q\ med = 5.36\ \text{t/m2}$$

- Distribución lineal

$$q\ max = \frac{W}{B}\left(1 + \frac{Ge}{B}\right)$$

$$q\ max = 5.36\left\{1 + \frac{6(0.215)}{2.40}\right\} = 7.92 t/m2$$

$$q\ adm\ estudio\ de\ suelo\ = 18\text{t/m2}.$$

$$\text{¶}\ max\ calculado\ = 7.92\ \text{t/m2}.$$

$$\text{adm est. suelo calculado}\quad 18\ >\ 7.92\quad \max calculado$$

$$CUMPLE = OK$$

RESUMEN

Tabla 26

Redimensionamiento de pie de muro

VERIFICACION	RESULTADO	NEC		
Volcamiento Estático	6.10	≥	3.00	OK
Volcamiento Sísmico	3.20	≥	2.00	OK
Deslizamiento Estático	2.27	≥	1.60	OK
Deslizamiento Sísmico	1.19	≥	1.05	OK
¶ max Capacidad portante del suelo	8.1t/m2	≤	1.8t/m2 Peso específico del suelo	OK

Nota: *Muestra los valores de complimiento según la norma ACI 318, (Propia, 2026).*

CÁLCULO DE ACERO

Tabla 27

Cálculos del acero.

As min	Acero a utilizar	As colocado

Zapata talón	956 mm2/m	ϕ16@20cm	1005 mm2/m	OK
Zapata Punta	720 mm2/m	ϕ12@15cm	753 mm2/m	OK
Fuste	1206mm2/m 540mm2/m	Vertical ϕ16@15cm horizontal ϕ12@20cm	13.40mm2/m 565mm2/m	OK

As calculado ≥ As min OK.
Nota: *Muestra los volores de los calculos del asero (Propia, 2026).*

Medida no estructural: Instalación de Geomantas y revegetación con especies nativas

Como complemento al muro de contención, se propone la implantación de geomantas biodegradables sobre la superficie del talud con el fin de proteger la superficie del suelo contra procesos erosivos.

Entre los principales efectos de esta medida se encuentra una menor pérdida de suelo provocada por la escorrentía, el control de la erosión superficial, mejores condiciones para el establecimiento de la cobertura vegetal y una mayor protección del terreno durante los periodos de lluvia.

Revegetación con especies nativas

Especies herbáceas y arbustivas nativas (chilca), adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas del sector, forman parte de la propuesta debido al aporte que sus sistemas radiculares generan sobre la cohesión del suelo, favoreciendo una mayor estabilidad en la superficie del talud.

Actividades principales

Preparación y limpieza del terreno, instalación de geomantas sobre la superficie del talud, siembra de especies nativas, riego y mantenimiento de la vegetación.

Beneficios esperados:

Dentro de los efectos esperados tenemos los siguientes:

Reducción de la susceptibilidad a deslizamientos.

Disminución de procesos erosivos superficiales.

Protección de la infraestructura del canal de riego.

Incremento de la estabilidad del talud.

Recuperación de la cobertura vegetal y reducción de futuras pérdidas económicas asociadas a la afectación del canal de riego.

Cronograma

Tabla 28

Cronograma de actividades para la construcción del pie de muro

N°	Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3
1	Cerramiento provisional H=2,40 m (malla-pingo)	X		
2	Replanteo y nivelación	X		
3	Excavación manual	X		
4	Desalojo mecánico volqueta tierra/escombros D=5 km	X		
5	Hormigón S. f'c=210 kg/cm² con encofrado		X	
6	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm²		X	
7	Drenajes – Tuberías PVC 3 pulgadas		X	
8	Orden y limpieza			X
9	Instalación de geomanta biodegradable especie nativa (Chilca)			X

Nota: Presenta la planificación temporal de las actividades requeridas para la implementación de las medidas de estabilización del talud. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Análisis del Cronograma:

La ejecución de la propuesta se planificó para un periodo de tres meses. El proceso comienza con el cerramiento, el replanteo, la excavación y el desalojo del material, intervenciones necesarias para adecuar el terreno antes de construir el pie de muro. Una vez concluida esta etapa, la colocación del hormigón, el acero de refuerzo y el sistema de drenaje concentra las labores principales de la obra, al aportar estabilidad al talud y facilitar el control del agua. La fase final incorpora la instalación de geomanta biodegradable junto con la especie nativa chilca, intervención destinada a disminuir la erosión superficial y favorecer la recuperación de la cobertura vegetal en el área intervenida.

Presupuesto 1 del Pie de Muro

Tabla 29

Presupuesto referencial para la construcción del pie de muro

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS					
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DEL PIE DE MURO SECTOR SAN VICENTE DE LAS TRES CRUCES.				
PROVINCIA:	BOLIVAR				
CANTON:	GUARANDA				
PARROQUIA:	SANTA FE, SECTOR SAN VICENTE DE LAS TRES CRUCES.				
RUBRO No.	**D E S C R I P C I Ó N**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNITARIO**	**PRECIO TOTAL**
	OBRAS PRELIMINARES				
1	CERRAMIENTO PROVISIONAL H=2.40 m (MALLA - PINGO)	M	40,00	7,69	307,60
2	REPLANTEO Y NIVELACION	M2	150,00	1,16	174,00
3	EXCAVACION MANUAL	M3	67,50	9,45	637,88

4	DESALOJO MECANICO VOLQUETA TIERRA/ESCOMBROS D=5km	M3	67,50	3,77	254,48
	OBRAS GENERALES				
5	HORMIGON S. f'c=210 kg/cm2 CON ENCOFRADO	M3	63,60	185,20	11.778,72
6	ACERO DE REFUERZO f'y= 4200 kg/cm2	KG	6.062,99	1,96	11.883,46
7	Drenajes-Tuberias_PVC_3pul	M	20,00	3,40	68,00
8	Orden_Limpieza	GLB	1,00	13,33	13,33
				TOTAL	25.117,46

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.
PRECIO TOTAL DE LA OFERTA (DE LOS RUBROS OFERTADOS)
SON: VEINTICINCO MIL CIENTO DIECISIETE dólares CUARENTA Y SEIS centavos.

Nota: *Presenta los rubros, cantidades, unidades y costos estimados para la ejecución de la obra de estabilización del talud. Fuente:* (Propia, 2026).

Análisis del Presupuesto:

El presupuesto para la construcción del pie de muro en el sector San Vicente de las Tres Cruces corresponde a una medida estructural de mitigación enfocada en mejorar la estabilidad del terreno y reducir el riesgo de deslizamientos. La obra contempla actividades como excavación, construcción de hormigón armado, colocación de acero de refuerzo y drenajes, elementos que permiten resistir los empujes del suelo, disminuir la presión del agua acumulada y aumenta la capacidad de soporte del talud, esta infraestructura servirá para proteger la zona intervenida y brindar mayor seguridad a los cultivos y vía que están cercanos al área de riesgo.

Presupuesto 2 del Geomantas

Tabla 30

Presupuesto referencial para la instalación de geomantas biodegradables

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DEL GEOMANTAS SECTOR SAN VICENTE DE LAS TRES CRUCES.
PROVINCIA:	BOLIVAR
CANTON:	GUARANDA
PARROQUIA:	SANTA FE, SECTOR SAN VICENTE DE LAS TRES CRUCES.

RUBRO No.	D E S C R I P C I Ó N	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	OBRAS PRELIMINARES				
1	Instalación de geomantas biodegradable especie nativa (Chilca)	m2	450,00	6,50	2.925,00
				TOTAL	2.925,00

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

PRECIO TOTAL DE LA OFERTA (DE LOS RUBROS OFERTADOS)
SON: DOS MIL NOVECIENTOS dólares OCHENTA Y CINCO centavos.

Nota: Presenta el costo estimado y la cantidad requerida para la aplicación de geomantas como medida de control de erosión y estabilización del talud. Fuente: *(Propia, 2026)*.

Análisis del presupuesto:

El presupuesto de instalación de geomanta biodegradables con especie nativa (Chilca) representa una medida de mitigación ambiental orientada al control de la erosión superficial del terreno. La geomanta permite proteger el suelo frente a la acción de la lluvia y escorrentía, evitando la perdida de material y favoreciendo la recuperación de la cobertura vegetal mediante el crecimiento de especie nativa (Chilca), esta inversión complementa la construcción del pie de muro, ya que contribuye a mantener la estabilidad superficial del talud y aumenta la resiliencia del sector ante procesos erosivos y futuros movimientos de masa.

Seguimiento y monitoreo

Se recomienda realizar inspecciones periódicas para verificar el comportamiento del muro de contención, el funcionamiento de los drenajes y el establecimiento de la vegetación, con el fin de garantizar la efectividad de las medidas implementadas a largo plazo.

Conclusiones

La combinación de un muro de contención en el pie del talud junto con las medidas de protección superficial mediante geomantas y cobertura vegetal constituye una estrategia integral de mitigación de riesgos tanto estructural y no estructural por deslizamientos. La primera medida estructural actúa sobre la estabilidad global del talud, mientras que la segunda medida no estructural controla los procesos erosivos superficiales, permitiendo una mejora progresiva en las condiciones geotécnicas del terreno garantizando la protección del canal de riego. Asimismo, estas acciones contribuyen a preservar las condiciones socioeconómicas de la población beneficiaria, al asegurar la continuidad del suministro de agua para riego y proteger las actividades agrícolas.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Se determinó que la estabilidad del talud del canal de riego está afectada por las condiciones climáticas, geomorfológicas, geológicas y físicas del área de estudio. Las pendientes pronunciadas y la presencia de materiales volcánicos y coluviales generan condiciones favorables para la ocurrencia de deslizamientos y movimientos en masa. A esto se suman los suelos predominantemente arenosos y los procesos de infiltración y erosión que contribuyen a la pérdida de estabilidad del talud.

La identificación de sectores con niveles altos y muy altos de riesgo cercanos al canal de riego fue posible mediante la evaluación de la amenaza y la vulnerabilidad. El análisis de estabilidad realizado mediante el método de Bishop presentó factores de seguridad de 0,71 en estado estático y 0,43 en estado sísmico. Estos valores son inferiores al factor de seguridad de referencia de 1,50, lo que evidencia condiciones desfavorables para la estabilidad del talud. Estos resultados guardan relación con la experiencia de los usuarios. El 95,9 % manifestó haber observado deslizamientos en las cercanías del canal y el 99,2 % reportó interrupciones en el servicio de riego.

Se propuso una estrategia de mitigación que combina acciones estructurales y no estructurales para reducir el riesgo de deslizamientos y proteger la funcionalidad del canal. La propuesta contempla la construcción de un pie de muro de hormigón armado y la implementación de un sistema de drenaje. También incluye la colocación de geomantas biodegradables y la revegetación con especies autóctonas. Estas medidas buscan mejorar la estabilidad del talud y controlar los procesos erosivos.

6.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un monitoreo periódico de las condiciones físicas del talud. Se debe prestar especial atención a las pendientes, los procesos de erosión, la

infiltración y la cobertura vegetal. Este monitoreo debe intensificarse durante la época lluviosa con el propósito de identificar oportunamente cambios que puedan favorecer la ocurrencia de nuevos deslizamientos.

Se recomienda priorizar la supervisión técnica de las áreas identificadas con niveles de riesgo alto y muy alto. Para ello, se deben realizar inspecciones frecuentes del talud y del canal. Es importante prestar especial atención a la aparición de grietas, la acumulación de material y los posibles bloqueos que puedan interrumpir el servicio de riego.

Se recomienda implementar de manera gradual las acciones propuestas y priorizar la construcción del pie de muro de contención. Esta medida debe complementarse con la instalación del sistema de drenaje, la colocación de geomantas y la revegetación con especies autóctonas. Estas acciones deben acompañarse de actividades de mantenimiento y monitoreo periódico para verificar su funcionamiento y conservación.

BIBLIOGRAFÍA

Agua, A. de R. y C. del. (2025). *La limpieza de canales de riego es fundamental para garantizar eficiencia hídrica y sostenibilidad agrícola*. https://www.regulacionagua.gob.ec/la-limpieza-de-canales-de-riego-es-fundamental-para-garantizar-eficiencia-hidrica-y-sostenibilidad-agricola/

Alcántara Ayala, L. (2000). Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definicion, clasificaciones y terminologia. *Investigaciones Geográficas*, *1*(41). https://doi.org/10.14350/rig.59101

Altamirano, M., Instituto, S. :, Nacional, P., & Mx, M. M. (2025). Fortalecimiento de la resiliencia comunitaria: un enfoque teórico y empírico. *European Public & Social Innovation Review*, *10*, 1–15. https://doi.org/10.31637/EPSIR-2025-1627

Andrade, A. (2020). *Evaluación de la amenaza de deslizamiento en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Echeandía provincia Bolívar*. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano. Carrera de Administracion en Desastres y Gestion del Riesgo. http://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/3404

Anzules, J. (2018). *Bishop simplificada*. https://es.slideshare.net/slideshow/bishop-simplificadaconsiste/146039536

Aranda, R. (2010). *Estabilidad de Taludes: Métodos y Análisis*. https://es.scribd.com/presentation/383918464/Estabilidad-de-taludes-N-04

ArcGIS Pro. (2020). *Análisis espacial en ArcGIS Pro—ArcGIS Pro | Documentación*. Análisis y Geoprocesamiento. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/introduction/spatial-analysis-in-arcgis-pro.htm

Aro, A. R., Vargas, E. P., & Olivera, C. F. (2024). Effect of irrigation water and precipitation on slope stability, Quilahuani, Candarave, Tacna-Peru. *Revista*

Científica Cuadernos de Investigación, *2*, 1–14.

Asamblea Nacional del Ecuador. (2014). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua - Superintendencia de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo*. www.lexis.com.ec

Aulestia, D. (2014). *Peligro sísmico*.

Belén, N., Domingo, S., Daniel, J., Chiquito, Q., Abelardo, J., & Camacho, P. (2026). Vulnerabilidad social ante la amenaza de deslizamiento en el asentamiento Niño Belén, ciudad de Santo Domingo, Ecuador. *Boletín Científico Ideas y Voces*, *6*(1), ág. 96-117. https://doi.org/10.60100/BCIV.V6I1.287

Biswas, S., & Nautiyal, S. (2023). A review of socio-economic vulnerability: The emergence of its theoretical concepts, models and methodologies. *Natural Hazards Research*, *3*(3), 563–571. https://doi.org/10.1016/J.NHRES.2023.05.005

BOJACÁ, A. O. (2021). PLAN NACIONAL DE DESARROLLO. In *Fundamentos de Finanzas Públicas* (pp. 53–58). https://doi.org/10.2307/j.ctv23dxb62.8

Buitrago, A. A., Nayive, K., Rodríguez, C., & Galindo Posada, L. (2022). *AVANCES, TENDENCIAS E IMPACTOS DE LA AMENAZA POR DESLIZAMIENTO*. https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/24033

Camayo, E. (2026). *OBRAS HIDRÁULICAS 4: Diagnóstico de Daños y Patologías en Canales - Studocu*. https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-del-centro-del-peru/recepcion-de-obras/obras-hidraulicas-4-diagnostico-de-danos-y-patologias-en-canales/132775311

Cardona O, D. (2001). Amenaza, vulnerabilidad y riesgo. *Estimación Holística Del Riesgo Sísmico Utilizando Sistemas Dinámicos Complejos*, 5–20. https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/amenaza-vulnerabilidad-y-riesgo/

CGI. (2025). *Tipos de Deslizamientos de Tierra*. https://www.centrogeotecnico.com/blog-geotecnia-geomecanica/tipos-de-deslizamientos-de-tierra-segun-el-usgs.html

Coloma, J. (2022). Web mapping para la gestión de riesgos: sismos, deslizamientos e inundaciones. *Polo Del Conocimiento*, *7*(5), 297–308. https://doi.org/10.23857/PC.V7I5.3962

Cruz, A. (2024). *Ángulo de Fricción en Rocas: Definición y Ejemplos*. https://es.scribd.com/document/493983343/Angulo-de-Friccion

DGPCyE. (2022). *Movimientos terreno*. https://www.proteccioncivil.es/coordinacion/gestion-riesgos/geologicos/movimientos-terreno

Diaz, Y. (2025). *Lluvias provocan deslizamientos de tierra y afectan tuberías de agua*. https://www.loja.gob.ec/noticia/2025-02/lluvias-provocan-deslizamientos-de-tierra-y-afectan-tuberias-de-agua

ECU911. (2025). *ECU 911 coordinó atención ante deslizamientos de tierra en la vía Montalvo – Guaranda por fuerte temporal*. https://www.ecu911.gob.ec/ecu-911-coordino-atencion-ante-deslizamientos-de-tierra-en-la-via-montalvo-guaranda-por-fuerte-temporal/

ECUADOR, A. nacional R. DEL. (2024). LEY ORGÁNICA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO DE DESASTRES Ley 0 Registro Oficial Suplemento 488 de 30-ene.-2024 Estado: Vigente Asamblea nacional REPÚBLICA DEL ECUADOR. *Asamblea Nacional, República Del Ecuador*, *5*. www.lexis.com.ec

Finder, L. (2019). Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. *Fielweb Evolución Jurídica*, *752*(507), 1–192. www.lexis.com.ec

FINE. (2023). *Estabilidad De Taludes*. https://www.finesoftware.es/ayuda-en-

linea/geo5/es/estabilidad-de-taludes-01/

Garzón, D. (2022). *Diseño hidráulico, estructural y costos de obra de las tomas de agua y sistemas de conducción de agua de riego de las comunas Atiacahua, Guarumal y Bola de oro - cantón Chillanes - provincia Bolívar*. PUCE - Quito. https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/25746

Geoengineer. (2021). *Slope Stability | Geoengineer.org*. Geoengineer. https://www.geoengineer.org/education/slope-stability

GEOSTRU. (2025). *Estabilidad de taludes*. https://www.geostru.eu/es/blog/2016/06/13/estabilidad-de-taludes/?srsltid=AfmBOoppp7eyPOKDdcqTd7_h-P8Agqvnyc4f5Fk4IruXVb-zrB_S11dO

Geotecnia facil. (2020). *Tipos y clasificación de movimientos de ladera*. Geotecnia Facil. https://geotecniafacil.com/tipos-y-clasificacion-de-movimientos-de-ladera/

Guerreo, C. (2010). *Estabilidad de Taludes*. https://es.scribd.com/document/433951180/Factores-Que-Condicionan-La-Estabilidad-de-Taludes

GUIDE, S. (2024). *Cohesión del suelo*. https://www.structuralguide.com/cohesion-of-soil/#google_vignette

Gutiérrez, M. (2019). Development and validation of the terrain stability model for assessing landslide instability during heavy rain infiltration. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *19*(4), 721–736. https://doi.org/10.5194/nhess-19-721-2019

IFRC. (2026). *Deslizamiento de tierras*. https://www.ifrc.org/es/nuestro-trabajo/desastres-clima-y-crisis/que-es-desastre/deslizamiento-tierras

IGA. (2022). *Susceptibilidad de Riesgos por Deslizamientos*. https://icearagon.aragon.es/atlas/ServiciosEcosistemicos/info/regulacion/amortigua

cion-de-las-perturbaciones-naturales/susceptibilidad-de-riesgos-por-deslizamientos

Instituto Geofísico -EPN. (2023). *Peligro Sísmico - Instituto Geofísico - EPN*. Instituto Geofísico - EPN. https://igepn.edu.ec/antisana/1880-peligro-sismico

Jibaja, angel. (2020). *Análisis multicriterio dentro de un SIG para la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos, en la parroquia San José del Tambo, cantón Chillanes, provincia Bolívar*. Universidad Estatal de Bolívar Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano. Carrera Administración para Desastres y Gestión del Riesgos. Ingeniero en Administración para Desastres y Gestión del Riesgos. http://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/3685

Jurado, J. R. J., & Quinche, E. (2023). Consideraciones geológicas del movimiento en masa en el barrio La Merced de Guaranda, provincia de Bolívar, Ecuador. *Revista Científica GeoLatitud*, *6*(2), 99–106. https://geolatitud.geoenergia.gob.ec/index.php/GeoLatitud/article/view/162

keck. (2021). *Características geológicas » Keck Cave*. https://keckcaves.org/es/caracteristicas-geologicas/

Kumar, R. P., Muthukkumaran, K., Sharma, C., Shukla, A. K., & Sharma, S. K. (2025). Rainfall-Induced Slope Instability in Tropical Regions Under Climate Change Scenarios. *Water (Switzerland)*, *17*(9). https://doi.org/10.3390/w17091392

Lees, A. (2021). *Tipos, causas, efectos y prevención*. https://www-tensar-co-uk.translate.goog/resources/articles/what-is-a-landslide?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

Legislativo, D. (2008). CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. *Registro Oficial*, *449*(20), 25–2021. www.lexis.com.ec

Less, A. (2024). *¿Cuál es la fuerza de corte del suelo? Pruebas y Fórmula | Tensar*. https://www.tensar.co.uk/resources/articles/what-is-the-shear-strength-of-soil

Liu, X., Dong, J., Tang, C., Pan, Y., Zhao, J., & Wei, Z. (2025a). Instability mechanism of loess-mudstone landslides under rainfall infiltration conditions. *Scientific Reports*, *15*(1), 17591-. https://doi.org/10.1038/s41598-025-01887-2

Liu, X., Dong, J., Tang, C., Pan, Y., Zhao, J., & Wei, Z. (2025b). Instability mechanism of loess-mudstone landslides under rainfall infiltration conditions. *Scientific Reports*, *15*(1), 1–18. https://doi.org/10.1038/s41598-025-01887-2

Lu, N., Şener-Kaya, B., Wayllace, A., & Godt, J. W. (2012). Analysis of rainfall-induced slope instability using a field of local factor of safety. *Water Resources Research*, *48*(9). https://doi.org/10.1029/2012WR011830

Matanza, S. (2019). *Fundamentos de deslizamiento de tierra | U.S. Encuesta Geológica*. https://www.usgs.gov/programs/landslide-hazards/landslide-basics

Matteis. (2003). *Estabilidad de taludes deslizamientos de tierra y sus causas*. https://geologyscience.com/es/geology-branches/engineering-geology/slope-stability-and-landslides/

Melendez, G. (2022). *Estudio de los factores de riesgo que influyen en el deslizamiento del Cerro Cuchicahua del cantón Chillanes, provincia Bolívar*. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano. Carrera de Administracion en Desastres y Gestion del Riesgo. https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/4682

Molina, K. (2019). *UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR CARRERA DE MINAS Lineamientos geotécnicos para garantizar la estabilidad de taludes , en el proceso de cierre de minas en el Distrito Metropolitano de Quito AUTOR : Molina Silva Kevin Leonardo TUTOR : Ing . Danny Santiago B*.

MSP. (2025). *PLAN DE RESPUESTA MULTIAMENAZA*.

Nacional, A. (2010). Codigo Organico De Organizacion Territorial, Cootad. In *Cpccs* (p.

250). www.lexis.com.ec

Naranjo, L. (2023a). *Aplicación de un modelo para la zonificación de areas susceptibles a deslizamiento uso de Sistemas de Información Geográfica y Análisis de la estabilidad de Taludes en 2 Zonas criticas en la vía Zumbahua-Macuchi*. https://dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/63654

Naranjo, L. (2023b). *Aplicación de un modelo para la zonificación de areas susceptibles a deslizamiento uso de Sistemas de Información Geográfica y Análisis de la estabilidad de Taludes en 2 Zonas criticas en la vía Zumbahua-MacuchiPOL:* https://dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/63654

NatureScot. (2025). *Tipos de deslizamientos*. https://www.nature.scot/landforms-and-geology/scotlands-rocks-landforms-and-soils/landforms/landslides/types-landslide

PATIN, J. M. P., & ROSERO, M. G. V. (2025). *"ANÁLISIS ANTE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTO Y SU EXPOSICIÓN EN LAS EDIFICACIONES DE LA COLINA CRUZ LOMA DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA BOLÍVAR EN EL PERÍODO ENERO-MAYO 2025."* 6. https://www.city.kawasaki.jp/500/page/0000174493.html

Pozo, C. P. (2021). *Análisis de estabilidad de taludes de una extensión de 260 metros en la vía Papallacta Baeza, sector Cuyuja*. https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21881

Real, I. (2024). *Todo sobre taludes: clasificación y diseño explicado*. https://ingenieriareal.com/talud-clasificacion-diseno/

Rodrigues, G. (2025). *Estabilidad de Taludes en Suelos: Método del Equilibrio Límite*. https://www.centrogeotecnico.com/blog-geotecnia-geomecanica/estabilidad-de-taludes-en-suelos-metodo-del-equilibrio-limite.html

Rodriguez, E. (2017). *Vulnerabilidad y resiliencia económica de los campesinos de la*

parte baja de la Subcuenca del río Daule en Ecuador - AVSF - Agronomes & vétérinaires sans frontières. https://www.avsf.org/es/publications/vulnerabilidad-y-resiliencia-economica-de-los-campesinos-de-la-parte-baja-de-la-subcuenca-del-rio-daule-en-ecuador/

Santillan Caiza, L. A., & Patin Chimbo, W. D. (2025). *Análisis de impacto socioeconómico ante posibles deslizamientos en la vía a la comunidad de Guantuc Cruz en el km 1,86 y en el km 2,7. periodo enero-mayo 2025.* https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/9047

Secretaría de Gestión de Riesgos. (2022). *Glosario de términos de gestión de riesgos de desastres guía de consulta (Resolución Nro. SGR-056-2018)*. Gobierno Del Ecuador. moz-extension://0e3db551-0fe0-4752-9402-ba2e01ca72eb/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Feclass.duth.gr%2Fmodules%2Fdocument%2Ffile.php%2FKOM03138%2F%25CE%2591%25CE%259D%25CE%2591%25CE%259B%25CE%25A5%25CE%25A3%25CE%2597%2520%25CE%2593%25CE%25A1

SNGR. (2026). *Deslaves*. https://www.gestionderiesgos.gob.ec/deslaves/

SNGRE. (2023). *Metodología de Susceptibilidad / Amenaza ante Movimientos en Masa*.

StudySmarter. (2024). *Geomorfología Climática: Definición y Causas*. https://www.studysmarter.es/resumenes/geografia/geociencias/geomorfologia-climatica/

Teke, A. (2022). *Landslide Susceptibility Mapping* (pp. 10–20). https://www.gsi.ie/en-ie/programmes-and-projects/geohazards/projects/Pages/Landslide-Susceptibility-Mapping.aspx

Troncoso, C. (2016). *Estructuras Hidráulicas en Canales*. https://es.scribd.com/presentation/333996974/Estructuras-Hidraulicas-en-Canales

UNDRR). (2017). Definition: Resilience | UNDRR. *The Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction. "Resilience."* https://www.undrr.org/terminology/resilience

UNDRR. (2017). *Definition: Mitigation*. https://www.undrr.org/terminology/mitigation

Vascones, H. (2020). *Análisis multicriterio dentro de un SIG para la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos, en la parroquia San José del Tambo, cantón Chillanes, provincia Bolívar.* Universidad Estatal de Bolívar Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano. Carrera Administración para Desastres y Gestión del Riesgos. Ingeniero en Administración para Desastres y Gestión del Riesgos. http://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/3685

Vestalia. (2026). *Qué es un talud y para qué sirve*. https://vestalia.es/actualidad/que-es-un-talud-y-para-que-sirve/

Xevib. (2026). *Consecuencias socioeconómicas: Impacto en la sociedad y la economía global*. https://xevib.com/consecuencias/consecuencias-socioeconomicas-impacto-en-la-sociedad-y-la-economia-global/#google_vignette

Yazuma, C. (2022). *Zonificación de las áreas susceptibles a deslizamiento en la parroquia Simiatug, cantón Guaranda, provincia Bolívar, durante el período 2021*. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano. Carrera de Gestion de Riesgo. https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/4086

Bibliografía

De redactores, E. (02 de 12 de 2024). *tipos de movimientos que se producen*. Obtenido de Blog de Structuralia: https://blog.structuralia.com/inestabilidad-de-taludes-en-carreteras-tipos-de-movimientos-que-se-producen

deslizamientos de tierra, deslizamientos de tierra,: ilustración de stock 1095417296. (s.f.). Obtenido de Shutterstock: https://www.shutterstock.com/es/image-illustration/landslide-landslip-mudslide-types-classification-rockfall-1095417296?dd_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F

Gob.ec. (s.f.). Obtenido de https://www.mit.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2026/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-Diseno-sismorresistente.pdf

Gov.au. (s.f.). Obtenido de https://www.environment.nsw.gov.au/sites/default/files/landslides-rockfalls-procedures-240042.pdf

Hawaii.edu. (s.f.). Obtenido de https://www.higp.hawaii.edu/~scott/GG170/Lab_reading/USGS_fact_sheet_2004_3072.pdf

Instituto de Geología - UNAM. (s.f.). Obtenido de Unam.mx: https://www.geologia.unam.mx/

Pro, G. E. (2026).

Propia, E. (2026).

Researchgate.net. (s.f.). Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-10-Esquema-de-la-remocion-en-masa-del-tipo-extension-lateral-Extraido-de_fig6_344242491

ANEXOS

Anexo 1: Ensayo de suelo

Proyecto: Ensayo granulométrico

Orden N°: 1

Tipo de Suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien gradada	W
Arena	S	Pobremente gradada	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Muestra 1

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR					
LABORATORIO DE ROCAS Y SUELOS					
ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO					
NOMATIVA					
TAMAÑO PARTÍCULA		Peso Húmedo:		Peso seco:	
ABERTURA DEL TAMIZ		Peso Retenido gr	Porcentaje retenido %	Porcentaje retenido acumulado %	Porcentaje pasante %
(Pulg)	(mm)				
3/4"	19	0	0	0	100
1/2"	12,7	0	0	0	100
3/8"	9,53	0	0	0	100
N°4	4,75	45,6	5,1	5,1	94,9
N°8	2,36	152,1	17,2	22,3	77,7
N°30	0,6	281,1	31,7	54,0	46,0
N°50	0,3	111,5	12,6	66,6	33,4
N°100	0,15	128,2	14,5	81,0	19,0
N°200	0,075	83,8	9,4	90,5	9,5
FONDO	0	84,5	9,5	100,0	0,0
TOTAL		886,8	100		

Muestra 2

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR					
LABORATORIO DE ROCAS Y SUELOS					
ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO					
NOMATIVA					
TAMAÑO PARTÍCULA		Peso Húmedo:		Peso seco:	
ABERTURA DEL TAMIZ		Peso Retenido gr	Porcentaje retenido %	Porcentaje retenido acumulado %	Porcentaje pasante %
(Pulg)	(mm)				
3/4"	19	0	0	0	100
1/2"	12,7	0	0	0	100
3/8"	9,53	0	0	0	100
N°4	4,75	53,5	5,1	5,1	94,9
N°8	2,36	247,5	23,7	28,9	71,1
N°30	0,6	386,2	37,1	65,9	34,1
N°50	0,3	140,3	13,5	79,4	20,6
N°100	0,15	115,2	11,1	90,4	9,6
N°200	0,075	58,1	5,6	96,0	4,0
FONDO	0	41,5	4,0	100,0	0,0
TOTAL		1042,3	100		

Muestra 3

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR					
LABORATORIO DE ROCAS Y SUELOS					
ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO					
NOMATIVA					
TAMAÑO PARTÍCULA		Peso Húmedo:		Peso seco:	
ABERTURA DEL TAMIZ		Peso Retenido gr	Porcentaje retenido %	Porcentaje retenido acumulado %	Porcentaje pasante %
(Pulg)	(mm)				
3/4"	19	0	0	0	100
1/2"	12,7	0	0	0	100
3/8"	9,53	0	0	0	100
N°4	4,75	18,9	2,8	2,8	97,2
N°8	2,36	110,4	16,6	19,5	80,5
N°30	0,6	233,3	35,1	54,6	45,4
N°50	0,3	94,9	14,3	68,8	31,2
N°100	0,15	109,3	16,4	85,3	14,7
N°200	0,075	51,6	7,8	93,0	7,0
FONDO	0	46,2	7,0	100,0	0,0
TOTAL		664,6	100		

Muestra 4

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR					
LABORATORIO DE ROCAS Y SUELOS					
ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO					
NOMATIVA					
TAMAÑO PARTÍCULA		Peso Húmedo:		Peso seco:	
ABERTURA DEL TAMIZ		Peso Retenido gr	Porcentaje retenido %	Porcentaje retenido acumulado %	Porcentaje pasante %
(Pulg)	(mm)				
3/4"	19	0	0	0	100
1/2"	12,7	0	0	0	100
3/8"	9,53	0	0	0	100
N°4	4,75	77,5	11,3	11,3	88,7
N°8	2,36	131,6	19,1	30,4	69,6
N°30	0,6	265,4	38,6	69,0	31,0
N°50	0,3	91,1	13,3	82,3	17,7
N°100	0,15	69,1	10,1	92,3	7,7
N°200	0,075	32	4,7	97,0	3,0
FONDO	0	20,6	3,0	100,0	0,0
TOTAL		687,3	100		

Muestra 5

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

LABORATORIO DE ROCAS Y SUELOS

ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO

NOMATIVA

TAMAÑO PARTÍCULA		Peso Húmedo:		Peso seco:	
ABERTURA DEL TAMIZ		Peso Retenido gr	Porcentaje retenido %	Porcentaje retenido acumulado %	Porcentaje pasante %
(Pulg)	(mm)				
3/4"	19	0	0	0	100
1/2"	12,7	0	0	0	100
3/8"	9,53	0	0	0	100
N°4	4,75	110,3	10,1	10,1	89,9
N°8	2,36	309,6	28,5	38,6	61,4
N°30	0,6	388,2	35,7	74,4	25,6
N°50	0,3	119,9	11,0	85,4	14,6
N°100	0,15	96,9	8,9	94,3	5,7
N°200	0,075	45,5	4,2	98,5	1,5
FONDO	0	16,4	1,5	100,0	0,0
TOTAL		1086,8	100		

Anexo 2: Salida de Campo





Anexo 3: Talud en vulnerabilidad





Anexo 4: Recolección de muestras de suelo





Anexo 5: Laboratorio







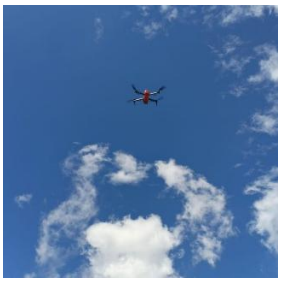


Anexo 6: Vuelo del dron









Anexo 7: Levantamiento de información







Anexo 8: Salida con el tutor para presupuestar las medidas de mitigación







Anexo 9: *Encuesta realizada al sector "San Vicente de las Tres Cruces"*

ENCUESTA

Tema:

"Análisis de riesgos por deslizamientos del talud y su incidencia en la funcionalidad del canal de riego del sector San Vicente de las Tres Cruces, cantón Guaranda, provincia de Bolívar"

Objetivo:

Recopilar información sobre la incidencia de los deslizamientos en la funcionalidad del canal de riego y en las condiciones socioeconómicas de los usuarios del sector San Vicente de las Tres Cruces.

Instrucciones:

Marque con una (X) la opción que considere más adecuada según su experiencia y percepción.

DATOS GENERALES

1. ¿Cuántos años utiliza el canal de riego?

    - Menos de 5 años
    - De 5 a 10 años
    - De 11 a 20 años
    - Más de 20 años

2. ¿Cuál es la principal actividad para la que utiliza el agua del canal?

    - Agricultura
    - Ganadería
    - Agricultura y ganadería
    - Otra

FUNCIONALIDAD DEL CANAL DE RIEGO

3. ¿Ha observado deslizamientos cerca del canal de riego?

    - Sí
    - No

4. ¿Considera que los deslizamientos afectan el funcionamiento del canal de riego?

    - Sí
    - No

5. ¿Se ha interrumpido el servicio de riego debido a deslizamientos?

    - Sí
    - No

6. Cuando ocurre una interrupción del servicio, ¿cuánto tiempo suele permanecer fuera de funcionamiento el canal?

    - Menos de 1 día
    - Entre 1 y 3 días
    - Más de 3 días

7. ¿Cuál es la principal afectación ocasionada por los deslizamientos en el canal de riego?

    - Obstrucción del canal
    - Grietas o daños estructurales
    - Pérdida de agua

- Sedimentación

IMPACTO SOCIOECONÓMICO

8. ¿Ha disminuido la disponibilidad de agua para sus actividades agrícolas debido a los deslizamientos?

   - Sí
   - No

9. ¿Cuál ha sido la principal consecuencia ocasionada por la disminución del servicio de riego?

   - Disminución de la producción agrícola
   - Pérdida de cultivos
   - Retraso en las siembras
   - Incremento de gastos económicos

10. ¿Qué nivel de afectación económica han generado los deslizamientos en su actividad productiva?

    - Bajo
    - Medio
    - Alto

11. ¿Qué nivel de afectación han generado los deslizamientos en la economía de su familia?

    - Bajo
    - Medio

- Alto

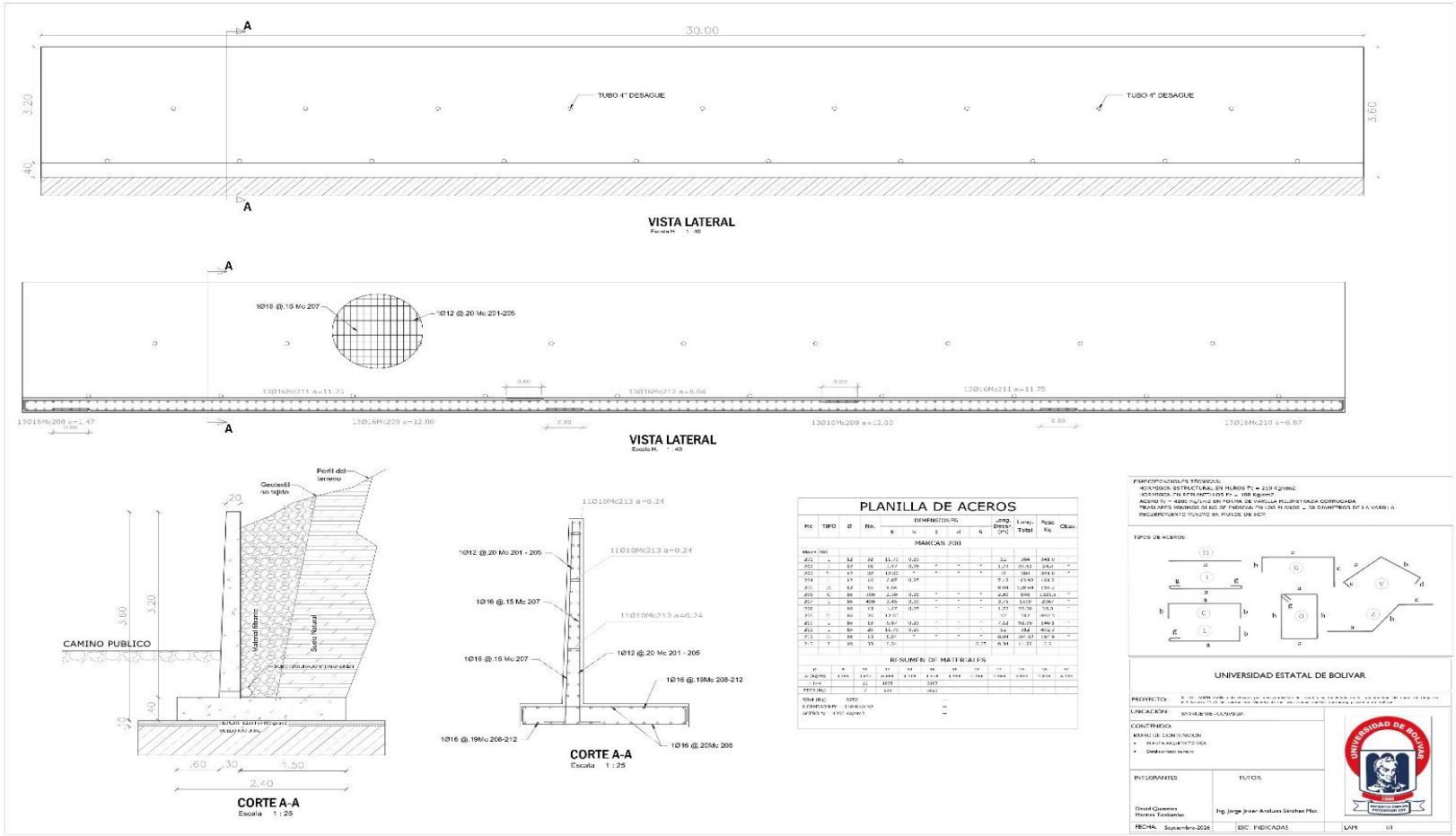
12. ¿Qué zona considera más afectada por los deslizamientos?

- Parte alta del canal
- Parte media del canal
- Parte baja del canal

13. ¿Cuál considera que debería ser la principal medida para reducir los daños ocasionados por los deslizamientos?

- Construcción de muros de contención
- Reforestación
- Mejoramiento del drenaje
- Mantenimiento periódico del canal

Anexo 10: Propuesta del Pie de muro



FIRMAS

Quinatoa Pantoja David Israel	Toalombo Manobanda Maritza