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 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

AUTOR(A) (ES):

SANTILLAN CAIZA LUIS ARMANDO
PATIN CHIMBO WASHINGTON DAVID

DIRECTOR(A)
Ing. Johanna Fernanda Dueñas Durán

PARES ACADÉMICOS
Ing. Carlos Fabián Ramírez
Ing. Gloria Iñiguez

GUARANDA – ECUADOR
2025

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos, primeramente, a Dios, por ser mi guía, mi fortaleza y el sostén que ilumina cada paso de mi vida. A mis padres, por su amor incondicional, su esfuerzo y su dedicación, que han sido fundamentales para alcanzar cada una de mis metas.

A mis amigos**,** quienes me brindaron su apoyo, comprensión y ánimo en los momentos más desafiantes; gracias por acompañarme en este camino académico y personal.

Y a mis abuelo**s**, por su sabiduría, cariño y por enseñarme el valor del esfuerzo y la humildad. Su presencia y ejemplo han sido una fuente constante de motivación para continuar adelante.

Finalmente agradezco a mi quería Universidad Estatal de Bolívar por abrirme las puertas, quien han sido como mi segundo hogar en mi vida profesional, agradezco también a todos los docentes de mi carrera IRD quienes han sido nuestros guías para que nosotros logremos a ser ingenieros.

Luis Armando Santillan Caiza

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos primeramente a Dios, a mi querida madre quien en mi vida a sido el pilar fundamental en mi vida, a mi padre quien me enseñó a ser cada día bueno si recibir nada a cambio, a mi hermano y sobre a mi tío por ser la fuente de inspiración para poder salir adelante sin importar los obstáculos de la vida constante motivación, a mis profesores y asesores, por su guía, paciencia y conocimientos que enriquecieron este trabajo. Quiero también expresar mi más sincero agradecimiento a La Universidad Estatal de Bolívar por

brindarme el apoyo, los recursos y las oportunidades que fueron fundamentales para culminar mis estudios. Gracias por ser un espacio de crecimiento y aprendizaje.

Washington David Patín Chimbo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo amor y gratitud a mi Dios y a mis padres: Segundo Alberto Santillán Pandashina quien ha sido mi escalera para que Yo logre un sueño que él quiso algún día serlo, y también a mi madre querida María Hortensia Caiza, una mujer luchadora, valiente, quien nunca se cansó de hacerme el café para yo que vaya a estudiar durante 20 años, ellos han sido mi sostén, mi fuerza y mi mayor inspiración. Gracias por creer en mí, por impulsarme y siempre quedará en mí cabeza la frase "Estudia para que No seas como nosotros" siempre a dado lo mejor de ustedes por mí.

A todos mis hermanos menores, espero ser un buen ejemplo para ellos también, su apoyo y por ser parte esencial en mi vida; a mis abuelos, cuyo cariño y enseñanzas me acompañan en cada paso; y a mi querida Rebeca Matavaca, por todo, por los ánimos y el apoyo incondicional durante la vida universitaria, por estar conmigo en los momentos difíciles y brindarme su amistad sincera.

Extiendo también esta dedicatoria a mis compañeras Nagely Abril y Verónica Sisa, quienes compartieron conmigo el esfuerzo, compromiso y compañerismo durante este proceso de nuestra vida universitaria.

Luis Armando Santillan Caiza

Dedico esta tesis con todo mi cariño y amor a mi madre María Josefa Chimbo por ser mi fuente de fortaleza y soporte pues nunca dejo de creer en mí y siempre me apoyo en cada paso de mi carrera

A mi padre Segundo Ángel Patín que desde el cielo me guía en cada paso que doy me cuida, aunque ya no estes entre nosotros tus lecciones y enseñanzas siempre las llevo gravada dentro de mi corazón y mi mente, gracias por ser mi fuente de inspiración y esta tesis es un homenaje a tu memoria y espero que te sientas orgulloso de mi, “cumplí mis promesas”

Mi hermano Jhonny Alexandre Patín chimbo mis tíos Ing. Fabian Chimbo y Carmen Patín quienes nunca dejaron de creer en mí, quienes han sido mi apoyo incondicional, mi inspiración y mi motivación en cada paso de este camino. Gracias por su amor, paciencia y por estar siempre allí. Adema a quien me apoya en momentos difíciles y por brindarme un pedacito de su vida conmigo gracias por tu paciencia y amor A. LL.

Washington David Patín Chimbo

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

UEB UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

CARRERA INGENIERIA EN RIESGOS DE DESASTRES

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

El suscrito Ingeniera Johanna Fernanda Dueñas Durán en calidad de TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, docente de la Universidad Estatal de Bolívar.

CERTIFICA

Que el Sr. SANTILLAN CAIZA LUIS ARMANDO, y EL Sr. PATIN CHIMBO WASHINGTON DAVID, estudiantes de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO, culminados en la carrera de Ingenieria en Riesgos De Desastres, modalidad presencial, una vez revisado el documento: "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; el proyecto de investigación está terminado.

Guaranda, 09 de diciembre de 2025

Ing. Johanna Fernanda Dueñas Durán

Docente Tutora

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

UEB UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

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

Guaranda, 29 de septiembre de 2025.

El suscrito Ingeniera Johana Dueñas, en calidad de **TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION,** de la carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: **"ANÁLISIS 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;** realizado por los señores: **Santillan Caiza Luis Armando y Patín Chimbo Washington David,** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.

ING. Johana Dueñas

DERECHOS DE AUTORÍA

UEB | UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

BIBLIOTECA GENERAL

DERECHOS DE AUTOR

Nosotros **Luis Armando Santillan Caiza** y **Patin Chimbo Washington David** portadores de la Cédula de Identidad No **0250273869** y **0202493797** en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación:
"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", 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, autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Los autores declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Luis Armando Santillan Caiza

Patin Chimbo Washington DAVID

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO ..... **II**

DEDICATORIA ..... **III**

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR ..... **V**

DERECHOS DE AUTORÍA ..... **VII**

ÍNDICE DE CONTENIDO ..... **VIII**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **X**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **XII**

INTRODUCCIÓN ..... **XIII**

RESUMEN ..... **XV**

ABSTRACT ..... **XVI**

CAPÍTULO I. **1**

1.1. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO **1**

1.1.1. Planteamiento del Problema 1

1.1.2. Formulación del Problema 3

1.1.3. Justificación 3

1.1.4. Objetivos 4

1.1.5. Hipótesis 4

1.1.6. Variables (Operacionalización) 5

CAPÍTULO II. **9**

2.1. MARCO TEÓRICO **9**

2.1.1. Referencial o Georreferencial 9

2.1.2. Antecedentes 11

2.1.3. Científico 15

2.1.4. Marco Legal 25

2.1.5. Conceptual 29

CAPITULO III. **32**

3.1. METODOLOGÍA 32

3.1.1. Enfoque de investigación 32

3.1.2. Tipo de investigación 33

3.1.3. Diseño de investigación 33

3.1.4. Métodos de Investigación 34

3.1.5. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos 36

3.1.6. Universo, Población y Muestra 37

3.1.7. Técnicas de análisis y procesamiento de la Información 38

CAPITULO IV. 41

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 41

4.1.1. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados 41

5.1. CONCLUSIONES 85

5.2. RECOMENDACIONES 86

1.2 BIBLIOGRAFÍA 87

1.3 ANEXOS 91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Operacionalización de variables* 5

Tabla 2 *Nivel Educativo del jefe de Hogar* 41

Tabla 3 *Principal actividad económica del jefe de hogar* 42

Tabla 4 *¿Depende exclusivamente de la agricultura?* 43

Tabla 5 *Ingreso promedio mensual del hogar* 43

Tabla 6 *Acceso a servicios básicos* 44

Tabla 7 *Cuenta con seguro agrícola* 44

Tabla 8 *Tipo de vivienda* 45

Tabla 9 *Frecuencia de incomunicación por deslizamientos* 46

Tabla 10 *Tiempo incomunicado en los últimos 12 meses* 46

Tabla 11 *Qué afectó el deslizamiento* 47

Tabla 12 *Familia afectada por la interrupción del acceso debido a deslizamientos* 47

Tabla 13 *De qué manera ha afectado la interrupción del acceso a su familia* ... 48

Tabla 14 *Medios de acceso o vía alterna para la comunidad* 49

Tabla 15 *Recibido información o aviso previo de riesgos por deslizamientos en la vía* 49

Tabla 16 *Organización de la comunidad para enfrentar emergencias deslizamientos* 50

Tabla 17 *Nivel de riesgo de quedarse incomunicado por deslizamientos* 50

Tabla 18 *Conoce cuáles son las organizaciones encargadas de atender emergencias* 51

Tabla 19. *Soluciones urgentes para mitigar el deslizamiento* 52

Tabla 20 *Perdidas en venta debido a los deslizamientos* 52

Tabla 21 *Promedios en venta* 53

Tabla 22 *Datos generales* 54

Tabla 23 ..... **54**

Tabla 24 ..... **55**

Tabla 25 *Parámetros geotécnicos del suelo del Talud N.º 1 (Perfil 1)* 57

Tabla 26 *Parámetros geotécnicos del suelo del Talud N.º 1 (Perfil 2)* 61

Tabla 27 *Parámetros geotécnicos del suelo del Talud N.º 2* 64

Tabla 28 *Medidas de mitigación* 71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Mapa de ubicación de deslizamiento Guantuc Cruz* 9

Figura 2 *Tipos de suelo* 23

Figura 3 *Deslizamiento rotacional*..... 24

Figura 4 *Análisis de estabilidad del Talud N.º 1 (Perfil 1) sin factor sísmico*..... 58

Figura 5 *Análisis de estabilidad del Talud N.º 1 (Perfil 1) con factor sísmico*..... 60

Figura 6 *Análisis de estabilidad del Talud N.º 1 (Perfil 2) sin factor sísmico*..... 62

Figura 7 *Análisis de estabilidad del Talud N.º 1 (Perfil 2) con factor sísmico*..... 63

Figura 8 Análisis de estabilidad del Talud N.º 2 sin factor sísmico 65

Figura 9 Análisis de estabilidad del Talud N.º 2 con factor sísmico 66

INTRODUCCIÓN

La comunidad de Guantuc Cruz, ubicada en la provincia de Bolívar, a 14 kilómetros de la parroquia Guanujo, vive entre montañas a más de 2 600 metros sobre el nivel del mar. Allí, la tierra fértil sostiene a las familias que dependen casi por completo de la agricultura, especialmente del cultivo de mora y papa. Para ellos, la vía principal no es solo un camino: es el medio por el cual llevan sus productos al mercado, acceden a la escuela, al centro de salud y mantienen el vínculo con el mundo exterior.

Durante el trabajo en territorio realizado como parte del presente estudio se identificaron dos puntos críticos en la vía, ubicados en los kilómetros 1,86 y 2,7. En estos sectores, la combinación de pendientes pronunciadas, filtraciones de agua, antiguas intervenciones humanas como la actividad minera y lluvias constantes ha debilitado el terreno, aumentando considerablemente el riesgo de deslizamientos.

Cuando la vía se bloquea por un derrumbe, no solo se paraliza el tránsito: se detiene la vida cotidiana. Las familias no pueden vender su cosecha, los niños no llegan a la escuela, los adultos mayores no pueden acceder a atención médica y el abastecimiento de productos básicos se vuelve incierto. El riesgo, entonces, no es únicamente físico: es también social y económico.

Con base en esta realidad, el propósito de este trabajo es analizar cómo afectaría a la comunidad la pérdida económica y el bloqueo parcial de la vía en los sectores críticos, y a partir de ello plantear soluciones que sean técnicamente viables, pero, sobre todo, apropiadas para el territorio y su gente. Para lograrlo, se aplicó una metodología que combina el análisis técnico del suelo mediante pruebas de laboratorio y modelación con el software Geo5 con herramientas geoespaciales

como ortofotos y ArcGIS, complementadas con encuestas y observación directa en campo.

Las propuestas de mitigación consideran tanto obras físicas como acciones sociales. Entre las soluciones estructurales se incluyen muros de contención, cunetas revestidas, drenajes transversales, coronas y revegetación con especies nativas; mientras que las medidas no estructurales contemplan procesos de capacitación comunitaria, elaboración de mapas de riesgo y establecimiento de rutinas de mantenimiento preventivo.

En conjunto, esta investigación busca no solo reducir el riesgo de deslizamientos, sino fortalecer la capacidad de la comunidad para enfrentar y adaptarse a ellos. Porque proteger la vía no es únicamente conservar un camino, es asegurar el sustento, la seguridad y la continuidad de la vida en Guantuc Cruz.

RESUMEN

La comunidad rural de Guantuc Cruz, ubicada en una zona de alta susceptibilidad geodinámica, enfrenta recurrentes deslizamientos que afectan directamente su movilidad, economía y seguridad. La interrupción del camino principal, especialmente en los kilómetros 1,86 y 2,7, representa una amenaza constante para sus habitantes, quienes en un 98,75% manifestaron haber sido afectados por la pérdida de acceso vial. El objetivo principal del estudio fue evaluar la vulnerabilidad socioeconómica y geotécnica de la comunidad frente a deslizamientos, con el fin de sustentar la necesidad de intervención inmediata y propuestas de mitigación. Para ello, se aplicó una metodología mixta que combinó encuestas estructuradas a los hogares, análisis socioeconómico de los medios de vida y ensayos geomecánicos de laboratorio, complementados con modelaciones numéricas mediante el software Geo5 para determinar los factores de seguridad de los taludes críticos. Los resultados revelan que más del 70% de las familias dependen exclusivamente de actividades agrícolas de subsistencia, con ingresos inferiores al salario básico y sin acceso a seguros o mecanismos de protección ante pérdidas. Técnicamente, los taludes evaluados presentan factores de seguridad inferiores a 1.05, con valores mínimos de 0.46 y 0.59, lo que confirma un alto riesgo de colapso. Se concluye que la comunidad se encuentra en una situación de vulnerabilidad estructural tanto física como social, agravada por la ausencia de rutas alternas y la falta de organización para la gestión de emergencias, lo que demanda acciones urgentes de estabilización y planificación territorial.

Palabras clave: deslizamientos, vulnerabilidad socioeconómica, factores de seguridad, conectividad vial, gestión de riesgo.

ABSTRACT

The rural community of Guantuc Cruz, located in a highly geodynamically susceptible area, faces recurrent landslides that severely impact its mobility, economy, and safety. The interruption of the main access road, particularly at kilometers 1.86 and 2.7, represents a constant threat to local residents, 98.75% of whom reported being affected by road blockages. The main objective of this study was to assess the socioeconomic and geotechnical vulnerability of the community to landslides in order to substantiate the need for immediate intervention and mitigation strategies. A mixed methodology was applied, combining structured household surveys and socioeconomic livelihood analysis with laboratory-based geomechanical tests and numerical modeling using Geo5 software to determine the safety factors of the most critical slopes. Results indicate that over 70% of households rely exclusively on subsistence agriculture, with incomes below the national minimum wage and no access to insurance or protection mechanisms against potential losses. Geotechnical analysis revealed slope safety factors below the acceptable threshold of 1.05, with minimum values of 0.46 and 0.59, confirming a high failure probability. It is concluded that the community is in a condition of structural vulnerability both physical and social exacerbated by the lack of alternative access routes and the absence of emergency management systems, which underscores the urgent need for stabilization works and territorial planning.

Keywords: landslides, socioeconomic vulnerability, safety factors, road connectivity, risk management.

CAPÍTULO I.

1.1.FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1.1. Planteamiento del Problema

La comunidad de Guantuc Cruz enfrenta un alto riesgo de perder la conectividad vial debido a los posibles deslizamientos en la vía, resultado de una combinación de factores naturales, antrópicos y de infraestructura. La falta de canales de drenaje adecuados y el mal mantenimiento de las vías han incrementado la vulnerabilidad de la carretera, generando un ambiente propenso a deslizamientos y colapsos. Estos factores, agravados por eventos climáticos extremos como lluvias intensas y prolongadas, ponen en peligro la estabilidad de la infraestructura vial.

Desde la perspectiva de Riesgos y Desastres, esta situación constituye una amenaza significativa para la comunidad, pues la desconexión vial no solo afecta la movilidad de los habitantes, sino que también limita el acceso a bienes y servicios esenciales, como salud, educación y la alimentación. La falta de conectividad tendría graves repercusiones socioeconómicas, especialmente para los productores locales, quienes verían reducidos sus ingresos al no poder comercializar sus productos.

Los deslizamientos de la vía representan un riesgo crítico que debe ser gestionado a través de la identificación de las amenazas y vulnerabilidades, así como la implementación de medidas preventivas y correctivas. Esto incluye un análisis exhaustivo de los factores de riesgo y la elaboración de estrategias para mitigar los impactos, como el refuerzo de la infraestructura y la mejora de las obras de drenaje.

Uno de los factores antrópicos que afecta la zona es la actividad minera que puede llegar a causar deslizamientos de tierra en el km 1.86 en la vía que conduce

a Guantuc Cruz. A pesar de que el clima invernal es un problema, las malas prácticas mineras hacen que el suelo se degrade más rápido y que los taludes sean menos estables, estas extracciones pueden causar cambios en la superficie generando pendientes muy empinadas. Estos cambios en la geomorfología del suelo y la deforestación hacen que exista una disminución de plantas que cumplen la función de proteger de la erosión pluvial. Esto factores no solo dañan las carreteras, sino que también hacen que la comunidad rural Guantuc Cruz tengan más dificultades para conectarse para comercializar y servicios importantes que necesitan.

Sin embargo, la comunidad enfrenta desafíos significativos, como los posibles deslizamientos en la vía, que se verá gravemente afectada por las intensas lluvias invernales por la falta de drenajes, cunetas y el mantenimiento respectivo. El deslizamiento en la vía podría dejar a Guantuc Cruz incomunicada, dificultando la salida de las moras y afectando de manera crítica la economía local y el acceso a recursos esenciales.

Por lo tanto, es necesario realizar un análisis integral del impacto socioeconómico derivado de este riesgo, con el fin de proponer acciones concretas que reduzcan la exposición del deslizamiento y aseguren su sostenibilidad a largo plazo.

1.1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es el impacto socioeconómico generado por los posibles deslizamientos en la vía que conduce a la comunidad de Guanto Cruz en el km 1,86 y en el km 2,7?

1.1.3. Justificación

Este trabajo de investigación se justifica por la necesidad de comprender, analizar, proponer soluciones ante el impacto que los deslizamientos generan en la comunidad de Guantuc Cruz, específicamente en los kilómetros 1,86 y 2,7 de su vía de acceso. La pérdida de conectividad vial no solo representa una amenaza para la infraestructura física, sino que afecta directamente la economía local, la movilidad de productos agrícolas y el acceso a servicios básicos como la salud, la educación y al mercado.

Mediante el levantamiento de información, el análisis de datos obtenidos en campo y laboratorio, y el uso de herramientas especializadas como el software Geo5, esta investigación busca contribuir estrategias de mitigación estructurales y no estructurales, que permitan reducir el riesgo de graduales y mejorar la resiliencia de la población afectada.

Este estudio se alinea con la línea de investigación en Gestión de Riesgo de Desastres Naturales, ya que aporta conocimiento aplicado sobre riesgos, amenazas, vulnerabilidad social, medidas de prevención y recuperación frente a eventos naturales, promoviendo así una planificación territorial más segura, sostenible e inclusiva.

Además, sus resultados podrían ser replicables en otras comunidades rurales con condiciones similares, fortaleciendo el enfoque técnico y social de la gestión del riesgo de desastres.

1.1.4. Objetivos

1.1.1.1 Objetivo General

Conocer el impacto socioeconómico generado por el deslizamiento en la vía que conduce a la comunidad de Guantuc Cruz en el km 1,86 y en el km 2,7.

1.1.1.2 Objetivos Específicos

- Analizar el impacto socioeconómico de las familias de Guantuc Cruz generado por los deslizamientos.
- Evaluar la estabilidad del terreno en los sectores críticos de la vía mediante muestras de suelos y aplicación del software Geo5.
- Proponer medidas de mitigación para reducir los riesgos de deslizamientos y minimizar los efectos socioeconómicos sobre la comunidad.

1.1.5. Hipótesis

Los deslizamientos registrados en los kilómetros 1,86 y 2,7 de la vía de acceso a la comunidad de Guantuc Cruz generan un impacto socioeconómico significativo en la población, expresado en la pérdida de conectividad vial, la reducción de ingresos por la imposibilidad de comercializar productos en el mercado, y la restricción en el acceso a servicios básicos como salud, educación, trabajo y transporte.

1.1.6. Variables (Operacionalización)

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables Independientes	**Definiciones**	**Dimensión**	**Indicador**	**Escala cuantitativa**	**Escala cualitativa**	**Instrumento**
Deslizamiento.	Movimiento de masa, los cuales desplazan grandes cantidades volúmenes de material por la pendiente por procesos propios de la geodinámica externa de la superficie de la tierra (Brain, 2022).	Factores ambientales/geomorfológicos	Tipo de material,	Cohesión (c): 0–10 kPa (suelos blandos, limos). 10–50 kPa (arcillas compactas). >50 kPa (rocas blandas/fracturadas). Ángulo de fricción (φ): 20°–30° (suelos granulares sueltos). 30°–40° (suelos densos/rocas alteradas). >40° (rocas sanas).	Suelos no cohesivos (Arena/grava sin finos). Suelos cohesivos (Arcilla saturada). Roca fracturada (meteorizadas o con diaclasas).	GEO 5 opción estabilidad de taludes ArcGIS Ortofoto
			Pendiente del terreno	Angulo de pendiente: <15° (bajo riesgo). 15°–25° (moderado). >25° (alto riesgo).	Pendiente suave (terreno plano a ondulado) Pendiente brusca (pendiente con afloración rocosos).	

			Precipitación acumulada	Precipitación anual: 500 mm (baja infiltración). 500–1000 mm (moderada). >1000 mm (alta).	Zona húmeda, lluvias frecuentes, temporada invernal intensa.	
			Factores de estabilidad	Factores de seguridad	>1.50 se considera estable en circunstancias estáticas normales. 1.0 a 1.50 indican estabilidad deficiente. <1.0 señala una condición de inestabilidad grave	
			Uso de suelo	0.1 (bosque) – 0.9 (pavimento). (afecta presión de poros en GEO5).	Bosques, vegetación densa, cortes de talud vías	
			Infraestructura y accesibilidad	Entre el 20% y 40% de viviendas e infraestructuras resultan afectadas o presentan daños estructurales.	Las condiciones de las viviendas muestran vulnerabilidad ante los deslizamientos, generando	

					periodos de incomunicación	

Variables Dependientes	**Definiciones**	**Dimensión**	**Indicador**	**Escala cuantitativa**	**Escala cualitativa**	**Instrumento**
Impacto socioeconómico	El impacto socioeconómico hace alusión a las consecuencias directas o indirectas que un evento o fenómeno genera sobre las estructuras económicas y sociales de una comunidad, región o país (México, 2003).	Social Económica	Social	Entre el 0% y 30% de personas con discapacidad o vulnerabilidad afectadas dentro de la población total.	Se evidencia un aumento en la exposición y en la limitación de las capacidades de respuesta de los grupos vulnerables, afectando su bienestar social y su integración comunitaria.	Encuentras y observación directa
			Económico	Pérdidas económicas estimadas entre el 0% y 50% del ingreso promedio	Se observa una reducción de las actividades productivas y comerciales que impacta en la estabilidad	

				familiar mensual.	económica del hogar y en la seguridad alimentaria.	
			Educación	Entre el 30% y 60% de los miembros de la comunidad cuentan con educación media o superior.	La comunidad presenta un nivel educativo medio que limita la comprensión técnica y la adopción de medidas preventivas ante desastres naturales.	

CAPÍTULO II.

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Referencial o Georreferencial

La comunidad rural Guantuc Cruz está ubicada al oeste de la ciudad de Guaranda, a 14km de la parroquia Guanujo vía a la costa cantón Echeandía, provincia de Bolívar, con coordenadas 713938.13 E y 9831734.87 está a una altitud de 2600 msnm, rodeada de zonas montañosas.

Figura 1

Mapa de ubicación de deslizamiento Guantuc Cruz



Nota 1. En la figura se tiene la comunidad rural donde se encuentra el deslizamiento.

Esta comunidad posee un clima subtropical, caracterizado por lluvias intensas en temporada invernal, lo que influye directamente en las actividades económicas y la vida cotidiana de sus habitantes. Además, cuenta con una población aproximado de 100 familias, la principal actividad económica es la agricultura, destacándose el cultivo de mora y papas, que constituye la fuente de ingresos más importante para cada familia.

La comunidad de Guantuc Cruz cuenta con servicio a un mini mercado de moras donde la mayoría de las familias productores venden a los compradores que llegan de diferentes ciudades, también cuenta con una Institución educativa “Nueva Esperanza” con 120 estudiantes de la misma comunidad de Guantuc Cruz.

Dispone con una sola vía de acceso a la comunidad, el estado de la vía es regular ya que no cuenta con cunetas en buen estado y en partes del camino se observa materiales de deslizamientos lo que en épocas de inviernos hace que el agua se desvíe por toda la vía por falta de mantenimientos de la cuneta y de drenajes ya que la vía es de doble riego y vulnerable a que se averíe la vía.

2.1.2. Antecedentes

Con el fin de entender la problemática se considera varios estudios similares con esta problemática.

En un artículo titulado, Caminos rurales una puerta al desarrollo y la conectividad territorial:

Paul Garnica Anguas y Mauricio Martínez Almeida (2023) afirman que:

> Más del 60% de las redes viales en México son caminos rurales, que enfrentan retos similares en regiones montañosas y rurales de América Latina, estas vías son esenciales para el transporte de bienes, servicios y personas, especialmente en localidades con menos de 2.500 habitantes como Guantuc Cruz. En áreas con suelos inestables y condiciones climáticas adversas, las técnicas de estabilización químicas y el uso de materiales geosintéticos han demostrado ser efectivas para garantizar la transitabilidad y reducir el riesgo de desplazamientos. (p. 15)

Además, los autores resaltan que la participación comunitaria en proyectos de mejora vial puede ser una estrategia clave.

Para Paul Garnica Anguas y Mauricio Martínez Almeida (2023), dice “La integración de los habitantes en la construcción y mantenimiento de caminos rurales no solo reduce costos, sino que también fortalece el tejido social y económico de la región”. (p. 43)

En el caso de Guantuc Cruz, este enfoque podría aprovecharse para garantizar que las soluciones implementadas sean sostenibles y adaptadas a las condiciones locales. El impacto del desplazamiento vial no se limita a lo económico. Desde el punto de vista social, las interrupciones en la conectividad afectan el acceso a servicios básicos como educación y salud. La falta de vías adecuadas también incrementa la percepción de

abandono y marginación por parte del Estado, exacerbando las desigualdades y limitando las oportunidades de desarrollo.

Para Guantuc Cruz, donde la conectividad vial define la sostenibilidad de su economía agrícola, cualquier interrupción en su infraestructura representa una amenaza para la supervivencia misma de la comunidad. Es crucial implementar estrategias que combinen innovación tecnológica, participación comunitaria y sostenibilidad ambiental. De esta manera, no solo se protege la infraestructura vial, sino que también se asegura un futuro resiliente para sus habitantes, quienes dependen de una infraestructura que garantice su acceso al mercado, a los servicios esenciales y a un desarrollo sostenible.

La CEPAL publicó un artículo, Caminos rurales: vías claves para la producción, la conectividad y el desarrollo territorial del autor Hernán Otoniel Fernández Ordoñez, el estudio se enmarcó en la importancia crítica de los caminos rurales para el desarrollo sostenible y la conectividad territorial, nos dice,

> "Los caminos rurales son esenciales para el crecimiento económico y la reducción de la pobreza en zonas rurales, ya que facilitan el acceso equitativo a servicios básicos como educación, salud y el mercador"(Fernández Hernán, 2020, p. 10).

Además, se destaca que la existencia y el adecuado mantenimiento de estas vías son necesarios para integrar a las comunidades rurales y garantizar su desarrollo socioeconómico. En el contexto de Guantuc Cruz, todas las familias que dependen del cultivo de mora y papa enfrentan una amenaza directa si la infraestructura vial se ve comprometida. La falta de conectividad podría interrumpir la cadena logística y agravar la situación de vulnerabilidad socioeconómica.

Por ejemplo, la CEPAL (2020), destaca que "El aislamiento físico en estas zonas contribuye a la pobreza y reduce las oportunidades de desarrollo" (p.17).

Esto ha demostrado que una infraestructura vial deteriorada no solo incrementa los costos de transporte, sino que también afecta negativamente la calidad de vida y limita el desarrollo económico de las regiones rurales.

Ahora desde la perspectiva regional, un artículo de Susceptibilidad a deslizamientos en la vía Alóag – Santo Domingo, un ingeniero Geógrafo y del medio ambiente mediante lógica difusa Iván Palacios (2020), habla sobre:

> Evaluación de riesgos geológicos y la estabilidad de infraestructuras viales destaca técnicas avanzadas, como el uso de lógica difusa y métodos multicriterio (AHP y WLC) para determinar la susceptibilidad a deslizamientos. Estos enfoques permiten modelar y predecir áreas de riesgo con mayor precisión, considerando variables como la pendiente del terreno, la precipitación, la cercanía a fallas geológicas, y la cobertura vegetal. Por ejemplo, en el estudio realizado en la vía Alóag - Santo Domingo, la metodología combinada proporcionó resultados precisos sobre las zonas críticas de deslizamientos, que coincidieron en gran medida con los eventos registrados, respaldando su efectividad para la gestión de riesgos. (p. 7-9)

En relación con Guantuc Cruz, aplicar un análisis similar podría ser vital para anticipar los efectos de posibles desplazamientos de la plataforma vial. Utilizar modelos basados en lógica difusa y evaluaciones multicriterio proporcionaría a los planificadores y tomadores de decisiones herramientas más precisas para desarrollar estrategias de mitigación que reduzcan el impacto socioeconómico y garanticen la resiliencia de la infraestructura vial. La pérdida de conectividad no solo limitaría el acceso de comerciantes que llegan a comprar al mercado, sino que también pondría en riesgo la seguridad alimentaria y económica de la comunidad.

En un estudio similar realizado en el cantón Alausí en uno de sus artículos Análisis del perfil socio económico y sus efectos en el desarrollo poblacional de Alausí-Ecuador por:

Aguilar Belén, Illicachi Gabriela y Abarca Alonso (2020), se evidenció que: “Las limitaciones en recursos productivos, la falta de políticas económicas adecuadas y una gestión gubernamental ineficiente contribuyen a la pobreza y al desempleo”. (p. 65-66)

Estos factores pueden extrapolarse a Guantuc Cruz no tanto al desempleo o pobreza sino a la falta de movilidad de productos como la mora y papas ya que es el sustento para todas las familias de la comunidad, donde el desplazamiento de la plataforma vial podría agudizar las desigualdades económicas y sociales.

De acuerdo con el documento revisado en un artículo del Impacto socioeconómico de los deslizamientos, los deslizamientos no solo representan una amenaza para la infraestructura vial, sino que también tienen profundas implicaciones sociales y económicas, el Ingeniero José Eduardo Vargas Morales (2016), nos explica con claridad:

> En el ámbito social, el cierre de vías puede generar desabastecimiento de alimentos y bienes esenciales, afectando principalmente a las poblaciones vulnerables como niños y adultos mayores. En el aspecto económico, las interrupciones prolongadas dificultan la comercialización de productos agrícolas, lo que resulta en la pérdida de ingresos para los agricultores, inflación de precios y disminución del valor de la tierra. Además, los costos asociados a la reparación y mantenimiento de vías aumentan las cargas financieras tanto para las comunidades como para los gobiernos locales. (p. 5-6)

También el mismo autor menciona sobre este punto José Eduardo Vargas Morales, (2016) lo siguiente:

> La experiencia en la gestión de riesgos, demuestra la importancia de implementar medidas preventivas y de estabilización en zonas críticas. Estas medidas incluyen la reforestación de taludes, un manejo adecuado del agua de escorrentía y la planificación de obras de contención para mitigar los efectos adversos de los deslizamientos. (p. 7)

En el caso de Guantuc Cruz, abordar estas acciones es crucial para garantizar la seguridad de los habitantes y la sostenibilidad de sus actividades económicas, especialmente en una comunidad que depende en gran medida del transporte de mora y papa hacia los mercados urbanos.

Por lo tanto, es esencial analizar el impacto socioeconómico de los deslizamientos desde una perspectiva integral, considerando no solo los efectos inmediatos sobre la infraestructura vial, sino también las consecuencias a largo plazo para el desarrollo económico y social de las comunidades afectadas. En este sentido, se propone que la conectividad vial debe ser entendida como un eje fundamental para la resiliencia rural, pues su pérdida no solo interrumpe la movilidad, sino que también amenaza la subsistencia de las poblaciones rurales y su derecho al desarrollo.

2.1.3. Científico

Impacto Socioeconómico

Se refiere a las consecuencias que un evento adverso genera sobre las condiciones sociales y económicas de una población. Este concepto permite analizar cómo un fenómeno como un deslizamiento o la pérdida de conectividad vial puede alterar el funcionamiento normal de una comunidad, afectando su producción, ingresos, movilidad, acceso a servicios, bienestar y calidad de vida (FAO, 2015).

El impacto socioeconómico del desplazamiento de la plataforma vial en la comunidad de Guantuc Cruz, en el artículo de la CEPAL destaca la relevancia de la conectividad vial para mantener la movilidad de bienes y servicios, así como para garantizar el acceso a servicios esenciales como educación, salud y comercio (CEPAL, 2020).

Este enfoque se conecta directamente con los problemas que enfrenta Guantuc Cruz, donde la pérdida de la plataforma vial podría desencadenar aislamiento social y económico, afectando la capacidad de los productores locales para comercializar sus bienes.

Reducción en la calidad de vida, ya que las interrupciones en la conectividad limitan el acceso a servicios básicos y esenciales. Impactos en la sostenibilidad económica, al dificultar el transporte de insumos y productos que sostienen la economía local.

Impacto Social

Son los cambios que un evento adverso genera en la vida cotidiana, las relaciones comunitarias y el acceso a servicios esenciales de una población. En el contexto de Guantuc Cruz, los grados que afectan la vía principal no solo interrumpen la movilidad, sino que modifican profundamente la dinámica social de la comunidad.

Cuando se presentan bloqueos viales, la población experimenta limitaciones para acceder a servicios básicos como educación, salud, abastecimiento alimentario y transporte. Esto coincide con lo señalado por la (UNDRR, 2015), que indica que la interrupción en la movilidad aumenta la vulnerabilidad social, especialmente en comunidades rurales donde no existen rutas alternas. En Guantuc Cruz, los estudiantes no logran trasladarse a sus instituciones educativas y los habitantes enfrentan dificultades

para acudir a controles médicos o emergencias, lo que afecta directamente su bienestar físico y emocional.

Reasentamientos: En algunos casos, el desplazamiento de una carretera puede forzar a las comunidades a mudarse, generando desarraigo social y cultural (Cenapred, 2022). En este caso, implica evaluar cómo el desplazamiento de la plataforma vial afecta aspectos esenciales de la vida comunitaria, como el acceso a servicios básicos (salud, educación, transporte)

Impacto Económico

Costos de reconstrucción y mitigación: El gobierno local debe destinar recursos económicos para limpieza de material deslizado, rehabilitación de cunetas, estabilización del talud y reparación de la superficie de la vía. Estos gastos recurrentes son un reflejo de la vulnerabilidad estructural del sector y coinciden con lo mencionado por la CEPAL, (2014), que destaca que las zonas rurales con infraestructura débil requieren inversiones constantes para garantizar la conectividad y reducir los impactos económicos de los desastres.

Efectos en la economía local: La interrupción vial puede incrementar el costo del transporte, ya que los habitantes deben esperar más tiempo, pagar tarifas más altas o incluso buscar alternativas informales, lo que eleva los gastos diarios. La llegada de insumos agrícolas, alimentos y materiales también se ve afectada, generando incrementos en los precios dentro de la comunidad y reduciendo el poder adquisitivo de las familias. Esta situación es consistente con lo que señala la FAO, (2015), donde se destaca que los eventos naturales que afectan la movilidad rural tienen un impacto directo en la seguridad alimentaria, la economía agrícola y el comercio local.

Indicadores Socioeconómicos

Los indicadores socioeconómicos son herramientas cuantitativas que permiten medir el bienestar económico y social de una comunidad. Estos indicadores son esenciales para evaluar los efectos de cualquier intervención.

- **Acceso a servicios básicos**: Mide la facilidad con la que los habitantes pueden llegar a servicios esenciales como salud, educación y al mercado (INEC, 2023). En Guantuc Cruz, al existir solo una vía de acceso, provoca dificultades para asistir a clases, acudir a centros de salud o comprar alimentos y medicamentos. Este indicador permite evaluar cómo la pérdida temporal de la vía afecta la calidad de vida y aumenta la vulnerabilidad social de la comunidad.
- **Tasa de empleo/desempleo:** Mide la proporción de la población activa que tiene acceso a trabajos remunerados. Un aumento en el desempleo, especialmente en zonas rurales o afectadas por desastres, podría indicar un impacto negativo(PNUD, 2016).
- **Ingresos per cápita:** Permite medir el nivel de ingresos promedio de los individuos en una comunidad, lo cual ayuda a entender el impacto económico de eventos como el cierre de carreteras o el aislamiento de una zona (Chávez Muñoz, 2010)**.**

Resiliencia Comunitaria

En la gestión de desastres, que hace referencia a la capacidad de una comunidad para resistir, adaptarse y recuperarse frente a impactos negativos derivados de eventos adversos como desastres naturales, desplazamientos de infraestructura o cambios sociales y económicos. Este concepto involucra varias dimensiones.

Entre las principales se encuentra la capacitación y educación en donde las comunidades resilientes tienden a tener una población bien informada y entrenada en la

gestión de riesgos y desastres, lo que facilita una respuesta rápida y eficaz ante situaciones de emergencia (IFRC, 2014).

Además, el fortalecimiento de la infraestructura misma que ayuda a la mejora de la infraestructura vial, junto con la implementación de medidas de prevención de desastres como sistemas de drenaje y estabilización de laderas, puede aumentar la resiliencia. Las comunidades que invierten en estas áreas están mejor preparadas para enfrentar desastres, reduciendo así el impacto de posibles desplazamientos o pérdidas (PIARC, 2019).

De igual forma, las redes sociales y apoyo comunitario los cuales se enfocan en la solidaridad y el apoyo mutuo entre los miembros de una comunidad son esenciales para la resiliencia. Las redes sociales locales permiten una recuperación más rápida, ya que las personas trabajan juntas para resolver problemas inmediatos y a largo plazo (Arrieta, 2016).

Así que, el fortalecimiento de la resiliencia comunitaria implica mejorar la infraestructura vial, capacitar a los habitantes sobre gestión del riesgo, promover prácticas agrícolas sostenibles y establecer sistemas de alerta temprana. Tal como señalan organismos internacionales, la resiliencia se construye antes, durante y después del desastre, y constituye una herramienta fundamental para reducir los impactos sociales y económicos en comunidades rurales expuestas a amenazas naturales.

Desarrollo de Infraestructura Vial

El desarrollo de infraestructura vial implica la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de redes viales con el objetivo de garantizar la conectividad y la movilidad en la comunidad. Este proceso es esencial para el desarrollo socioeconómico, particularmente en comunidades rurales o de difícil acceso, como Guantuc Cruz, donde la estabilidad de las vías influye directamente en la calidad de vida y la sostenibilidad económica (CEPAL, 2020).

Participación Comunitaria

La participación comunitaria se vuelve fundamental cuando se consideran proyectos que afectan la infraestructura vial de una comunidad. Involucrar a los residentes de Guanto Cruz en el proceso de toma de decisiones puede asegurar que sus necesidades y preocupaciones sean tomadas en cuenta, y que las soluciones sean adaptadas a su contexto.

Estrategias de Mitigación

Son acciones que buscan reducir los riesgos y los impactos de los desastres, ya sea mediante la prevención, la preparación o la reducción de la vulnerabilidad. En el contexto de un posible desplazamiento de plataforma vial, las estrategias de mitigación podrían incluir la mejora de infraestructuras mismo que busca fortalecer las carreteras, puentes y sistemas de drenaje para evitar deslizamientos y bloqueos causados por lluvias intensas o movimientos sísmicos.

Además, la planificación del uso del suelo para asegurarse de que las áreas propensas a desastres (como las laderas inestables) no sean utilizadas para la construcción de viviendas o infraestructuras críticas (Mendoza & Jara, 2020).

Asimismo, la educación y sensibilización para capacitar a la comunidad sobre cómo actuar antes, durante y después de un desastre para minimizar los riesgos (Mendoza & Jara, 2020).

Factor de Seguridad

En la ingeniería geotécnica, el factor de seguridad (FS) es un instrumento crucial para analizar la estabilidad de los taludes y establecer el grado de peligro vinculado con deslizamientos potenciales. Este parámetro mide la relación entre las fuerzas que estabilizan un talud (la fricción interna, el peso resistente y la cohesión del suelo) y las

que tienden a desestabilizar (el peso del material, la inclinación del terreno y la presión de poros producida por infiltración de agua)(Martins-Filho et al., 2024).

El factor de seguridad se expresa como:

$$FS_S = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

En donde:

FSS = Factor de seguridad en relación con la resistencia

F = Resistencia media de corte del terreno

D = Esfuerzo de corte medio que se genera en toda la extensión de la superficie potencial de falla.

El talud se considera estable si el valor del FS es superior a 1; en cambio, si el FS es inferior a 1, se encuentra en un estado crítico y existe la posibilidad de que suceda un deslizamiento. En términos generales, un FS ≥ 1.5 se considera aceptable en circunstancias estáticas normales; valores que van de 1.0 a 1.5 indican estabilidad deficiente, y un FS < 1.0 señala una condición de inestabilidad grave (Pérez de Agreda, 2022).

Coeficiente sísmico

También hay que considerar la evaluación de la estabilidad de taludes, las condiciones estáticas y los escenarios de carga sísmica, particularmente en áreas con alta sismicidad. En este escenario, el coeficiente sísmico horizontal (Kh) es la porción de la aceleración sísmica que se ejerce sobre una masa de terreno, con el objetivo de simular el impacto que tiene un sismo en el análisis geotécnico.

El cantón Guaranda, que se localiza en la provincia de Bolívar, está clasificado como parte de la zona sísmica 3 según el Mapa de Zonificación Sísmica del Ecuador y la **Norma Ecuatoriana de la Construcción** (NEC-2015), lo cual implica una amenaza

sísmica media-alta. La NEC determina un coeficiente sísmico horizontal (Kh) de alrededor de 0.20g para diseños convencionales en esta zona. No obstante, es posible utilizar un valor conservador de Kh = 0.15 para análisis geotécnicos y de taludes (Cornejo, 2021)

Tipo de suelo

La caracterización del tipo de suelo es fundamental en los estudios de estabilidad de taludes o deslizamiento, pues determinan el comportamiento frente a esfuerzos cortantes y a condiciones de inestabilidad, los perfiles pueden variar considerablemente dependiendo a la altitud, el clima, la humedad, el grado de meteorización y la estructura litológica. el estudio del tipo de suelo permite identificar los tipos de materiales, su caracterización geotécnica y la eventual definición de parámetros resistentes (c′, φ′) y condiciones de saturación (Sanz et al., 2015).

Figura 2

Tipos de suelo



Nota. Se observa los diferentes tipos de suelos existentes. Tomado de Sanz (2015).

Deslizamientos

Los deslizamientos o movimientos masivos de suelo o roca que ocurren cuando la resistencia al corte del material es superada por las fuerzas que lo movilizan principalmente el peso de la masa, saturación o sobrecarga

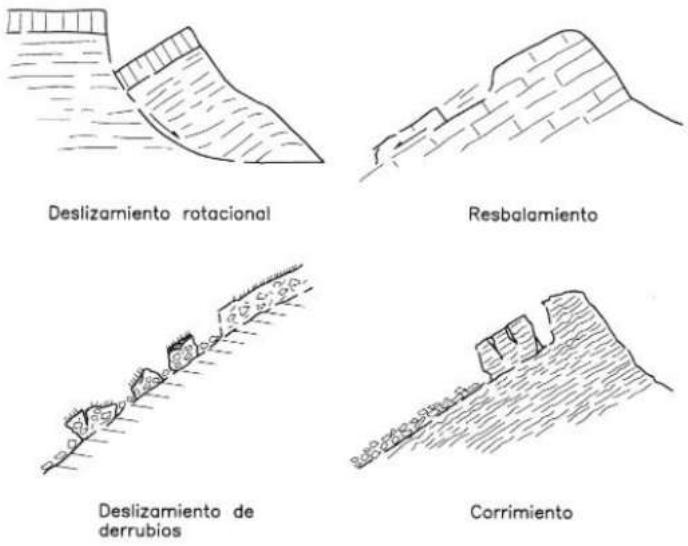
En particular, los mecanismos de deslizamiento se clasifican según la forma de la superficie de ruptura o la velocidad del desplazamiento. Además, si son rotacionales que ocurren usualmente en suelos homogéneos, sean naturales o artificiales, y por su facilidad de análisis son el tipo de deslizamiento más estudiado (Sanz et al., 2015).

Deslizamiento rotacional

Este tipo de deslizamiento se caracterizan por una superficie de ruptura de forma aproximadamente circular que se hunde sobre el eje horizontal o ligeramente inclinado, de manera que masa se desplaza con un movimiento de rotación alrededor de dicho eje. Este tipo de falla es frecuente en suelos relativamente homogéneos y de geometría sencilla.

Figura 3

Deslizamiento rotacional



Nota. En la imagen se encuentra los diversos deslizamientos rotacionales. Tomado de Craig (2004)

Análisis de estabilidad de taludes y deslizamiento

Modelo del equilibrio límite

El modelo del equilibrio límite (LEM)el cual define una superficie de falla más probable, por ejemplo, circular o no circular y se evalúa el equilibrio de la masa respecto a esa superficie. En su formulación, se establecen las fuerzas estabilizadoras (cohesión, fricción interna, peso de la masa actuando en dirección normal, etc.) y las fuerzas que tienden al movimiento (peso de la masa en dirección tangencial, presión de poro, carga adicional, etc.). Una de las características principales es la división de la masa en rebanadas (o dovelas) y la aplicación del principio de que el factor de seguridad es la razón entre la suma de fuerzas resistentes y la suma de fuerzas activas (o la razón de momentos, dependiendo del método). es relativamente sencillo de aplicar, permite estimar el FS con datos geotécnicos básicos, y es ampliamente aceptado en ingeniería geotécnica.

Método de Bishop

Es una variante del método de dovelas que asume que la superficie de falla es circular y que las fuerzas entre dovelas (lateral) pueden ignorarse o tratarse de forma simplificada, lo que facilita el cálculo del factor de seguridad. Para lo cual se divide la masa en rebanadas, se calcula para cada rebanada el peso, la fuerza normal a la superficie de falla, la resistencia por cohesión y fricción, y se aplica una iteración para encontrar el factor de seguridad (FS) que cumple la ecuación de equilibrio de momentos (o fuerzas) considerando todas las rebanadas.

Método de Dovelas

El método de dovelas (o método de las rebanadas) se refiere a la técnica de dividir la masa inestable en una serie de segmentos verticales o sub verticales denominados "dovelas" o "rebanadas", de modo que se pueda representar el equilibrio de fuerzas y momentos en cada dovela y efectuar la integración o sumatoria para la masa total (Craig, 2004).

2.1.4. Marco Legal

Este proyecto se sustenta en las bases legales de la Constitución de la República del Ecuador 2008.

Art. 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad (Asamblea Nacional Constituyente, 2008).

El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos

local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

1. “Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano”.

2. “Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo”.

3. “Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión”.

4. “Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos”.

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

6. “Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional”.

7. “Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo” (Asamblea Nacional Constituyente, 2008). (Constituyente, 2008)

Art. 390.- Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera

brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad (Asamblea Nacional Constituyente, 2008).

Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización COOTAD

Art. 140.- Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos. La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al territorio se gestionarán de manera concurrente y de forma articulada por todos los niveles de gobierno de acuerdo con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley (Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización, 2010).

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales adoptarán obligatoriamente normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos en sus territorios con el propósito de proteger las personas, colectividades y la naturaleza, en sus procesos de ordenamiento territorial (Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización, 2010).

Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (COPLAFIP)

PARÁGRAFO 1º

De La Inversión Pública Y Sus Instrumentos

Art. 64.- Preeminencia de la producción nacional e incorporación de enfoques ambientales y de gestión de riesgo. En el diseño e implementación de los programas y proyectos de inversión pública, se promoverá la incorporación de acciones favorables al eco sistema, mitigación, adaptación al cambio climático y a la gestión de vulnerabilidades y riesgos antrópicos y naturales (Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas, 2011).

Manual del Comité de Operaciones de Emergencias

Capítulo III: Construcción Social del Sistema de Gestión de Riesgos

Art. 26.- "De la Capacitación. La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos diseñará y aplicará programas de capacitación dirigidos a las autoridades, líderes comunitarios, población en general y medios de comunicación, para desarrollar en la sociedad civil destrezas en cuanto a la prevención, reducción mitigación de los riesgos de origen natural y antrópico" (Manual Del Comité de Operaciones de Emergencias, 2017).

Plan Nacional de Desarrollo 2025 – 2029 "Ecuador no se detiene"

Objetivo 3: Garantizar la seguridad integral, la paz ciudadana, transformar el sistema de justicia y fortalecer la resiliencia frente a riesgos naturales y antrópicos, respetando los derechos humanos.

Política 3.10: Fortalecer el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos mediante una gestión efectiva, prospectiva y tecnológicamente avanzada, con sistemas de alerta temprana y participación ciudadana (Plan Nacional de Desarrollo, 2025).

Política 3.11: Promover la cultura de prevención y resiliencia comunitaria mediante capacitación, simulacros, voluntariado y participación de las comunidades, especialmente en zonas vulnerables (Plan Nacional de Desarrollo, 2025).

Política 3.12: Impulsar una seguridad inteligente basada en ciencia de datos e inteligencia artificial para la prevención del crimen organizado (narcotráfico, minería ilegal) y con protocolos robustos de protección de datos y derechos humanos (Plan Nacional de Desarrollo, 2025).

Política 3.13: Implementar mecanismos integrales de recuperación post-desastre con criterios técnicos, financieros y de participación comunitaria (Plan Nacional de Desarrollo, 2025).

Política 3.14: Fortalecer la gobernanza interinstitucional entre la Secretaría de Planificación, Secretaría de Gestión de Riesgos, ministerios clave y gobiernos locales para coordinar prevención, respuesta y recuperación (Plan Nacional de Desarrollo, 2025).

2.1.5. Conceptual

Afectados: Las personas que resultan perjudicadas, directa o indirectamente, por un suceso peligroso. Se considera directamente afectado a aquel que ha sufrido lesiones, enfermedades u otros efectos en la salud; los que han sido evacuados, desplazados, reubicados o han enfrentado daños directos en sus medios de vida o sus bienes económicos, físicos, sociales, culturales y ambientales. Indirectamente afectados son los que han sufrido consecuencias, distintas o añadidas a los efectos directos, al cabo del tiempo debido a disrupciones o cambios en la economía, las infraestructuras vitales, los servicios básicos, el comercio o el trabajo, o consecuencias sociales, sanitarias y psicológicas (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018).

Amenaza: Es un proceso fenómeno o actividad humana que puede ocasionar muertes, lesiones u otros efectos en la salud, daños a los bienes, disrupciones sociales y económicas o daños ambientales tienen el potencial de provocar pérdidas humanas, lesiones, daños materiales, interrupción del comercio agrícola, afectación del acceso a servicios básicos y alteraciones económicas y sociales en la zona. (UNISDR, 2009).

Amenaza natural: Un proceso de fenómeno natural que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. (EGU, 2020).

Amenaza antrópica: Son las inducidas de forma total o predominante por las actividades y las decisiones humanas. Este término no abarca la existencia o el riesgo de conflictos armados y otras situaciones de inestabilidad o tensión social que están sujetas al derecho internacional humanitario y la legislación nacional, en mi caso de estudio está considerado la minería como un factor que influye en los deslizamientos en la vía (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018).

Desarrollo sostenible: Garantizar la sostenibilidad e implementar medidas técnicas y sociales que reduzcan los riesgos de deslizamientos, promuevan la resiliencia comunitaria y preserven los recursos naturales que sustentan la economía local (Moreno Garcés Vicepresidente La República Otto Sonnenholzner Sper & Agusto Briones, 2019).

Desastre: Es una interrupción grave en el funcionamiento debido a la interacción de eventos peligrosos con las condiciones de exposición y comprometidos con la reducción de riesgos y desastres vulnerabilidad que conlleven a pérdidas o impactos de alguno de los siguientes tipos: humanos, materiales, económicos o ambientales que requiere atención del Estado central (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018).

Gestión del riesgo de desastres: Es la aplicación de políticas y estrategias de reducción con el propósito de prevenir nuevos riesgos de desastres, reducir los riesgos de desastres existentes y gestionar el riesgo residual, contribuyendo con ello al fortalecimiento de la resiliencia y a la reducción de las pérdidas por desastres (Comunidad Andina, 2018).

Impacto del desastre: Es el efecto total de un suceso peligroso o un desastre, incluidos los efectos negativos y positivos, los impactos económicos, humanos y

ambientales; puede incluir la muerte, las lesiones, las enfermedades y otros efectos negativos en el bienestar físico, mental y social (CEPAL, 2017)

Impacto socioeconómico: Es la estructura social y económica de una comunidad. Abarca efectos negativos en el bienestar de las personas, la pérdida de bienes materiales y la destrucción de infraestructuras clave, lo que interrumpe la actividad económica y afecta la capacidad de recuperación de las comunidades afectadas (CEPAL, 2014).

Mitigación: Disminución o reducción al mínimo de los efectos adversos de un suceso peligroso (UNISDR, 2009).

Movimiento en masa: Desplazamiento de suelos o rocas bajo la influencia de la gravedad; incluye deslizamientos, flujos y caídas (Educación, 2021).

Pérdida económica: Reducción en los ingresos, bienes o capital debido a la destrucción causada por un deslizamiento (IFRC, 2020).

Respuesta: Medidas adoptadas directamente antes, durante o inmediatamente después de un desastre con el fin de salvar vidas, reducir los impactos en la salud, velar por la seguridad pública y atender las necesidades básicas de subsistencia de la población afectada (UNISDR, 2009).

Recuperación económica: Proceso de restaurar las actividades económicas tras un evento desastroso, como un deslizamiento (ONU, 2017).

CAPITULO III.

3.1. METODOLOGÍA

3.1.1. Enfoque de investigación

Cuantitativa

Este estudio adopto un enfoque cuantitativo, ya que la medición, el análisis y la comparación de datos concretos fueron esenciales para determinar con precisión el impacto socioeconómico de los deslizamientos de tierra ocurridos en los kilómetros 1.86 y 2.7 de la carretera que conduce a la comunidad de Guantuc Cruz. Este enfoque permitió trabajar con información verificable y objetiva, derivada directamente de la comunidad mediante herramientas estructuradas que facilitan la identificación de tendencias, variaciones y niveles de impacto en la población.

Para la recolección de datos, se emplearon cuestionarios estructurados a 80 familias de la comunidad. Estos cuestionarios recabaron información sobre los ingresos mensuales, la producción agrícola semanal incluyendo el número de cubos de moras y papas, el porcentaje de pérdidas económicas durante el periodo de aislamiento y la frecuencia anual de deslizamientos de tierra. Estos datos permiten valorar el grado de dependencia económica del transporte por carretera, así como los impactos de los cierres temporales de la vía.

Además, se realizó un análisis técnico del terreno mediante ensayos geotécnicos aplicados a muestras de suelo tomadas directamente de las zonas afectadas. Los ensayos de distribución granulométrica, cohesión y ángulo de fricción interna proporcionaron los parámetros básicos para evaluar la estabilidad de taludes. Estos valores se resolvieron con el software Geo5, lo que permitió calcular el factor de seguridad y determinar el nivel de riesgo geológico asociado a cada punto crítico. La integración de estos resultados

proporciona una base cuantitativa que respalda las conclusiones del estudio y permite plantear medidas de mitigación basadas en datos reales y verificables.

3.1.2. Tipo de investigación

El presente estudio utiliza un enfoque descriptivo, el cual se centra en observar, analizar y detallar las características del fenómeno estudiado, la investigación descriptiva busca especificar las propiedades, características y perfiles en este caso de los taludes o cualquier otro fenómeno que sea objeto de análisis (Sampieri, 2014). En este caso, se describe el impacto de los deslizamientos en las actividades socioeconómicas de la comunidad Guantuc Cruz. Además, permite analizar de manera detallada los eventos relacionados con los deslizamientos y sus efectos sobre el entorno socioeconómico de la comunidad.

3.1.3. Diseño de investigación

No experimental: El presente estudio adopta un diseño de investigación no experimental, ya que las variables no fueron manipuladas deliberadamente, sino que se observan y analizan tal como ocurren en la realidad de la comunidad de Guantuc Cruz. De acuerdo con Sampieri (2014) el diseño no experimental permite estudiar fenómenos en su entorno natural, sin intervención. del investigador. Este enfoque resultó pertinente, ya que los deslizamientos en los kilómetros 1.86 y 2.7 constituyen eventos reales cuyos efectos se analizan de manera retrospectiva y contextual.

El estudio también se enmarcó en un diseño transversal descriptivo, pues la información se recolectó en un único momento temporal, con el fin de describir el estado actual del fenómeno y las características socioeconómicas de la población afectada. Este tipo de diseño, según Sampieri, permite medir variables simultáneamente, identificar tendencias y establecer relaciones entre los hechos observados.

Aunque se realizaron ensayos de laboratorio y modelaciones en el software Geo5, estas actividades no constituyen manipulación experimental; su propósito fue analizar las propiedades físicas del suelo y estimar el factor de seguridad de los taludes, proporcionando información técnica complementaria al análisis descriptivo.

3.1.4. Métodos de Investigación

El presente estudio se desarrolló utilizando el método inductivo, el cual, según Hernández Sampieri, consiste en partir de observaciones y datos específicos para llegar a conclusiones generales. Este método permite analizar un fenómeno particular, recolectando información directa del entorno estudiado, para identificar patrones, establecer relaciones y construir conocimientos aplicables a contextos similares (Sampieri, 2014).

En este caso, el método inductivo es ideal, ya que la investigación tiene un enfoque descriptivo, centrado en analizar los deslizamientos en la vía que conecta a la comunidad de Guantuc Cruz y su impacto en las actividades socioeconómicas. Al utilizar este método, el análisis partirá de datos obtenidos a través de observaciones en campo y encuestas de recolección de información, lo que permitirá:

- Analizar el impacto socioeconómico generado por los deslizamientos mediante las encuestas a cada familia de la zona.
- Evaluar la estabilidad del terreno en los sectores críticos de la vía mediante muestras de suelos en laboratorio asimismo en el software Geo5.
- Proponer medidas de mitigación para reducir los riesgos de deslizamientos y minimizar los efectos socioeconómicos sobre la comunidad.

Método analítico

Para el desarrollo de esta investigación se aplicó el método analítico, el cual permitió descomponer el fenómeno de los cortes en sus distintas dimensiones: física, social y económica. A través de este método fue posible estudiar de manera separada las causas técnicas (como las condiciones del terreno y la falta de drenaje), así como los efectos que generan en la vida cotidiana de la población (afectación de ingresos, pérdida de movilidad, interrupción de la vida cotidiana).

El análisis de la información recolectada mediante encuestas y ensayos de laboratorio permitió identificar relaciones causales y establecer patrones de afectación. Posteriormente, esta información fue integrada para proponer medidas de mitigación adaptadas a la realidad local.

El uso del método analítico, en este contexto, fue clave para estructurar una comprensión integral del impacto de los graduales en la comunidad de Guantuc Cruz, y para fundamentar técnica y socialmente las propuestas planteadas en esta investigación.

3.1.5. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

Para el desarrollo de esta investigación en el Objetivo 1: *Analizar el impacto socioeconómico generado por los deslizamientos mediante las encuestas a cada familia de la zona.* Se implementaron técnicas e instrumentos de recopilación de datos de la comunidad de Guantuc Cruz.

Encuestas

Se utilizó las encuestas con el propósito de obtener información directa de los habitantes de la comunidad de Guantuc Cruz. Permitió recopilar datos sobre los efectos socioeconómicos provocados por deslizamientos, lo cual está relacionado con la economía local, la movilidad y el acceso a servicios básicos.

Instrumento utilizado: Cuestionarios estructurados con preguntas cerradas, el cual fue aplicado las encuestas presencialmente en la zona de estudio.

Para cumplir con el objetivo 2: *Evaluar la estabilidad del terreno en los sectores críticos de la vía mediante muestras de suelos en laboratorio asimismo en el software Geo5.* Se realizaron actividades de campo que incluyeron la recolección de muestras de suelo en los tramos críticos de la vía (km 1,86 y 2,7).

Laboratorio de suelos y simulación: Para esta evaluación, se aplicó análisis de suelos en el laboratorio para poder determinar las propiedades del terreno, datos que fueron obtenidos para ingresar al Software Geo 5, el cual permitió simular la estabilidad del talud en los sectores evaluados.

Instrumentos utilizados: Muestras de suelos del área de estudio, también los equipos de laboratorio para realizar ensayos de cohesión, ángulo de fricción, la granulometría, balanza de material ligero, tamizadora con ajuste de frecuencia y cronómetro, el tamiz granulométrico y también utilizando el Software Geo5.

Todo este conjunto de técnicas nos permitió cuadrar los datos desde la perspectiva social y técnica, ya que la Gestión de Riesgos no solo está enfocado en la parte estructural sino también en la parte social de la comunidad de Guantuc Cruz.

3.1.6. Universo, Población y Muestra

La población de este estudio está conformada por los habitantes de la comunidad Guantuc Cruz**,** quienes se verán afectados por los deslizamientos en la vía que conecta a la comunidad. Según los registros municipales y datos proporcionados por líderes locales, la población total es más de 350 personas.

Fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * e}{Z^2 * p * e + (N - 1) * e}$$

Para este estudio se toma una población de muestra de 100 familias con un margen de error de 5%

Vamos a calcular el tamaño de la muestra manualmente usando la fórmula:

Donde:

- N=100
- Z=1.96 (nivel de confianza del 95%)
- p=0.5 (probabilidad de éxito)
- q=0.5 (probabilidad de fracaso, 1−p1 - p1−p)
- E=0.05(margen de error, 5%)

$$n = \frac{Z^2 * N * p * e}{Z^2 * p * e + (N - 1) * e}$$

$$n = \frac{100 \cdot (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(100 - 1) \cdot (0.05)2 + (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

$$n = \frac{100 \cdot 3.8416 \cdot 0.25}{99 \cdot 0.0025 + 3.8416 \cdot 0.25}$$

$$n = \frac{96.04}{0.2475 + 0.9604}$$

$$n = \frac{96.04}{1.2079}$$

$$n = 79.5 = 80$$

El tamaño de la muestra sería de aproximadamente 80 familias.

3.1.7. Técnicas de análisis y procesamiento de la Información

El procesamiento de la información se desarrolló mediante un enfoque integral que combinó herramientas de análisis socioeconómico, geotécnico y fotogramétrico, garantizando así una comprensión multidimensional de las condiciones del área de estudio. La integración de diferentes fuentes de datos permitió no solo identificar problemáticas desde una perspectiva cuantitativa, sino también establecer relaciones entre factores humanos y físicos que inciden en la vulnerabilidad del territorio.

Para la evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica se diseñó una encuesta estructurada basada en indicadores sobre condiciones demográficas, nivel educativo, acceso a servicios básicos, actividades económicas, percepción de riesgo y capacidades locales de respuesta ante eventos adversos. La recolección de información se efectuó mediante la plataforma digital KoboCollect, lo que permitió registrar las respuestas con precisión geográfica en tiempo real, evitando errores de transcripción y facilitando la sistematización de los datos. Esta metodología digital mejoró la eficiencia del levantamiento y permitió disponer de una base de datos limpia y lista para su procesamiento.

Una vez concluido el levantamiento en campo, la información fue exportada y procesada en Microsoft Excel, donde se aplicaron fórmulas para la tabulación, generación de porcentajes y análisis de frecuencias. Paralelamente, se utilizaron gráficos y tablas comparativas para evidenciar tendencias en los niveles de vulnerabilidad detectados. Los resultados fueron redactados y organizados en Microsoft Word, estructurando interpretaciones cuantitativas que permitieron contextualizar los valores obtenidos y vincular los patrones observados con las condiciones del entorno.

De manera simultánea, se ejecutó la recolección de muestras de suelo en puntos estratégicos seleccionados en función de pendientes, cambios de textura del terreno y zonas con evidencia de procesos erosivos o deslizamientos previos. Cada muestra fue debidamente rotulada y con sus respectivas coordenadas para su identificación en los ensayos posteriores.

En laboratorio se realizaron ensayos de granulometría por tamizaje. Los resultados fueron procesados en una plantilla de Excel diseñada para la construcción automática de curvas granulométricas, permitiendo identificar la proporción de gravas, arenas, limos y arcillas presentes en cada muestra. Con esta información, los suelos fueron clasificados conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), determinándose su grupo geotécnico y su comportamiento probable frente a esfuerzos cortantes y saturación.

Respecto al análisis geomorfológico, se llevó a cabo un vuelo fotogramétrico con dron de alta resolución, planificado previamente mediante software de misión automática, determinando la altura óptima de vuelo y el porcentaje de solapamiento frontal y lateral entre imágenes para garantizar la calidad del modelo tridimensional. Durante la operación se registraron puntos de control en tierra (GCP) para mejorar la precisión del modelo generado, lo cual permitió obtener una representación fiel del relieve.

Las imágenes capturadas fueron procesadas en Agisoft Metashape, ejecutando las etapas de alineación fotográfica, generación de nube de puntos densa, construcción de malla tridimensional y aplicación de la textura ortorrectificada. Como resultado final, se obtuvieron ortofotos georreferenciadas y un modelo digital de elevación (DEM) con una alta resolución, aptos para análisis cartográfico y geotécnico.

A partir del DEM, se extrajeron perfiles topográficos longitudinales y transversales en el software Global Mapper, seleccionando trayectorias representativas en zonas críticas. Estos perfiles fueron exportados en formatos compatibles e ingresados posteriormente en el software Geo5, donde se realizó la modelación geotécnica de taludes utilizando métodos de estándar. Para cada sección se asignaron los parámetros obtenidos en laboratorio, y se evaluaron diferentes condiciones en dos escenarios uno donde No se aplica la aceleración sísmica propia del terreno y un segundo escenario donde se toma en cuenta la aceleración sísmica.

Finalmente, se calcularon los coeficientes de seguridad (FS) para cada sección modelada, estableciendo rangos de estabilidad y determinando la presencia de sectores con riesgo potencial de deslizamiento. Estos resultados fueron contrastados con la información socioeconómica previamente obtenida, permitiendo identificar áreas donde la vulnerabilidad física y social se superpone, lo cual será fundamental para la formulación de medidas de mitigación en etapas posteriores del estudio.

CAPITULO IV.

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados

Objetivo 1: Analizar el impacto socioeconómico de las familias de Guantuc Cruz generado por los deslizamientos.

Para poder analizar los impactos socioeconómicos se llevó a cabo una encuesta estructurada donde se obtuvo información económica y social, cuyos resultados se detalla a continuación:

De acuerdo con los datos observados en la Tabla 2, los jefes de hogar presentan un bajo nivel educativo. El 30 % cuenta con educación primaria incompleta, seguido por un 28.75% con educación secundaria sin culminar y el 21.25 % no posee ningún tipo de instrucción formal. Por otra parte, solo un mínimo porcentaje han alcanzado a culminar sus estudios como primaria 7.5%, secundaria 6.25% y apenas el 6.25 % ha cursado la universidad (completa/incompleta).

Tabla 2

Nivel Educativo del jefe de Hogar

Nivel educativo del jefe/a de hogar	Frecuencia	Porcentaje
Primaria incompleta	24	30
Segundaria Incompleta	23	28.75
Sin estudios	17	21.25
Primaria completa	6	7.5
Segundaria completa	5	6.25
Técnico/Universitaria completa	3	3.75

Técnico/Universitaria incompleta	2	2.5
Total	80	100%

Nota. En la tabla se detalla el nivel de educación que presenta los jefes de familia.

La principal economía de los jefes de hogar depende de la agricultura con un 61.25%. A esto le sigue el trabajo de jornalero con 16.25%, dando a entender que una parte importante de la población depende de trabajos ocasionales o por temporadas. Además, el 10 % se dedican a la ganadería y el otro 10% al comercio, actividades menos predominantes, pero aportan a la economía familiar. Por último, solo el 2.5% trabajan en el sector público, esto indica que el empleo formal es muy escaso, como se observa en la tabla 3

Tabla 3

Principal actividad económica del jefe de hogar

Principal actividad económica del jefe de hogar	Frecuencia	Porcentaje
Agricultor	49	61.25
Jornalero	13	16.25
Ganadero	8	10
Comerciante	8	10
Empleado publico	2	2.5
Total	80	100 %

Nota. En la tabla se detalla que actividad es la que más realiza el jefe del hogar.

De acuerdo con los datos de la tabla 4, el 71.25% de las familias dependen exclusivamente de la agricultura como principal fuente de ingresos. Por otra parte, el 27.5 % de las familias no dependen directamente de la agricultura, esto indica que una porción de la población ha logrado diversificar sus fuentes de ingreso.

Tabla 4

¿Depende exclusivamente de la agricultura?

¿Depende exclusivamente de la agricultura?	Frecuencia	Porcentaje
Si	57	71.25
No	22	27.5
Total	80	100%

Nota. En la tabla se detalla si la única fuente de ingreso es la agricultura.

De acuerdo con los datos observados en la tabla 5, el 83.75 % de los hogares tienen un ingreso mensual inferior al sueldo básico, esto nos da a entender una condición de vulnerabilidad económica dentro de la comunidad. Por otro lado, solo el 12.5 % de las familias logran alcanzar el sueldo básico, mientras que un porcentaje mínimo 3.75 % alcanza a superar esta cifra

Tabla 5

Ingreso promedio mensual del hogar

Ingreso promedio mensual del hogar	Frecuencia	Porcentaje
Menor al sueldo básico (470 dólares)	67	83.75
Sueldo básico (470 dólares)	10	12.5
Mayor al sueldo básico (470 dólares)	3	3.75
Total	80	100 %

Nota. En la tabla se detalla los ingresos mensuales en el hogar.

De acuerdo con los datos observados en la tabla 7, los servicios básicos como el agua potable, la energía eléctrica y el internet está garantizados dentro de la comunidad. Pero no tiene el 100 % de cobertura.

Tabla 6

Acceso a servicios básicos

Acceso a servicios básicos	Frecuencia	Porcentaje
Agua potable	13	16.25
Energía eléctrica	57	71.25
Internet	10	12.5
Total	80	100 %

Nota. En la tabla se detalla que tipo de servicio básico tienen acceso.

De acuerdo con los datos observados en la tabla 7, el 100 % de las familias que se dedican a la agricultura no cuenta con un seguro agrícola, dando a conocer que el nivel de vulnerabilidad económica es muy alto ante eventos adversos que comprometan su principal fuente de ingreso.

Tabla 7

Cuenta con seguro agrícola

Cuenta con seguro agrícola	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0
No	80	100
Total	80	100 %

Nota. En la tabla se detalla si la persona cuenta con seguro agrícola o no.

De acuerdo a los datos observados en la tabla 8, el 55 % de vivienda son casas de un piso, representado una construcción básica acorde a las condiciones económicas da las familias. Por otra parte, el 33.75 % de las familias habitan en mediaguas, dando a entender su condición económica es más precaria. Al final, solo el 10 % vive en viviendas de dos pisos, o que podría asociarse a mejores condiciones económicas o mayor estabilidad familiar.

Tabla 8

Tipo de vivienda

Tipo de vivienda	Frecuencia	Porcentaje
Casa (un piso)	44	55
Mediagua	27	33.75
Casa (dos pisos)	8	10
Casa de inquilinato	1	1.25
Total	80	100 %

Nota. En la tabla se detalla que tipo de vivienda poseen.

De acuerdo con los datos observados en la tabla 9, el 50% indican que estos eventos ocurren 3 y 5 al año, y el 25% dicen que sucede muy frecuente, solo un 22, 5% manifiestan que ocurren 1 y 2 vez al año, y apenas el 2, 5% lo dicen que estos eventos son ocasionales. Ante esta realidad, se evidencia la necesidad de implementar intervenciones técnicas preventivas, que garanticen la estabilidad de los taludes, reduzcan el riesgo de deslizamientos y minimicen los impactos socioeconómicos sobre las familias de la comunidad de Guantuc Cruz.

Tabla 9

Frecuencia de incomunicación por deslizamientos

Frecuencia de incomunicación por deslizamientos	Frecuencia	Porcentaje
Frecuente (3-5 veces al año)	40	50
Muy Frecuente (Mas de 5 veces al año)	20	25
Poco frecuente (1-2 veces al año)	18	22.5
Ocasionalmente (cada 2 o 3 años)	2	2.5
Total	80	100%

Nota. En la tabla se detalla la frecuencia de deslizamientos en el lugar.

De acuerdo con los datos presentados en la tabla 10, el 68.75% de las familias afirman haber estado aislada entre 4 y 8 días durante el último año en épocas de invierno, el 30% mencionan haber estado incomunicada entre 1 y 4 días. Y el 1,25% menciona un tiempo superior a 8 días, la mayoría coincide en que los deslizamientos duran varios días y que dificulta la comercialización de los productos de la misma zona.

Tabla 10

Tiempo incomunicado en los últimos 12 meses

Tiempo incomunicado en los últimos 12 meses	Frecuencia	Porcentaje
4-7 días	55	68.75
1-4dias	24	30
más de 7 días	1	1.25
Total	80	100 %

Nota. En la tabla se detalla el tiempo que pasan sin comunicación durante el último año.

De acuerdo con los datos observados en la tabla 11, el 30% indicaron que afectó el acceso a la educación, así como la movilidad de personas con el 27,5%, seguidos por el afecto al trabajo diario con el 20%. Además, es notable el impacto en el comercio local con el 18,75% y, en menor grado, en el transporte de mercancías 5% en la comunidad.

Tabla 11

Qué afectó el deslizamiento

Qué afectó el deslizamiento	Frecuencia	Porcentaje
Acceso a educación	24	30
Transporte de personas	22	27.5
Trabajo	16	20
comercio local	15	18.75
Transporte de mercancías	4	5
Total	80	100 %

Nota. En la tabla se detalla en que afecto el deslizamiento de tierra.

De acuerdo con los datos observados en la tabla 12, un 98,75 % de los encuestados manifestó haber sido afectado, ya sea de forma directa o indirecta, por la pérdida de acceso vial ocasionada por los deslizamientos. Este alto nivel de coincidencia evidencia con claridad que los problemas de deslizamientos constituyen una amenaza constante afectando las actividades económicas de la comunidad.

Tabla 12

Familia afectada por la interrupción del acceso debido a deslizamientos

Ha sido usted o su familia afectada por la interrupción del acceso debido a deslizamientos	Frecuencia	Porcentaje

No	1	1.25
Si	79	98.75
Total	80	100 %

Nota. En la tabla se detalla si la persona a sido o no afectada lo el deslizamiento.

De acuerdo con los datos observados en la tabla 13, un 47,5% fue la incapacidad para ir a clase o al trabajo y otro 47,5% mencionaron las pérdidas económicas como las ventas o las cosechas. Adicionalmente, un 3,75% expresó haber experimentado conflictos en la familia o en la comunidad con él y también problemas al estrés o ansiedad con el 1,25%, lo que demuestra que las repercusiones de estos sucesos no solo son económicas, sino también emocionales y sociales.

Tabla 13

De qué manera ha afectado la interrupción del acceso a su familia

¿De qué manera ha afectado la interrupción del acceso a su familia?	Frecuencia	Porcentaje
Imposibilidad de asistir clase/ trabajo	38	47.5
Pérdidas económicas (trabajo, ventas, cosechas)	38	47.5
Conflictos familiares o comunitario	3	3.75
Estrés/ansiedad familiar	1	1.25
Total	80	100 %

Nota. En la tabla se detalla cómo afecta el acceso a cada una de las familias.

De los datos observados en la tabla 14, el 100% sostuvo que la comunidad NO tiene vías de acceso alternativas cuando suceden deslizamientos, dejando a la población totalmente aislada. Esta escasez de opciones incrementa la vulnerabilidad de Guantuc Cruz frente a situaciones de emergencia, dado que restringe su habilidad para responder y evacuar.

Tabla 14

Medios de acceso o vía alterna para la comunidad

¿Cuenta la comunidad con medios alternativos de acceso durante los deslizamientos?	Frecuencia	Porcentaje
No	80	100
Si	0	0
Total	80	100%

Nota. En la tabla se detalla si las comunidades tienen accesos alternativos si ocurre un deslizamiento.

De los datos observados en la tabla 15, el 56,25% expresó no haber obtenido ninguna información previa acerca de los riesgos de deslizamientos, mientras que el 37,5% desconocen si tal información está disponible. Solo un 6,25% afirmó haber recibido una alerta. Esto evidencia una severa carencia de información sobre los riegos que hay en la vía.

Tabla 15

Recibido información o aviso previo de riesgos por deslizamientos en la vía

¿Han recibido información o aviso previo de riesgos por deslizamientos en la vía?	Frecuencia	Porcentaje
No	45	56.25
Desconoce	30	37.5
Si	5	6.25
Total	80	100 %

Nota. En la tabla se detalla si la zona recibe o no avisos de deslizamientos.

De los datos observado en la tabla 16, el 82,5% manifestó que la comunidad no cuenta con una organización para manejar situaciones de emergencia, mientras que el 17,5% desconoce si hay algún tipo de organización. Evidenciando una total falta de preparación organizacional para reaccionar frente a estas situaciones de emergencia.

Tabla 16

Organización de la comunidad para enfrentar emergencias deslizamientos

¿La comunidad está organizada para enfrentar emergencias por deslizamientos en la vía?	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0
No	66	82.50
Desconoce	14	17.5
Total	80	100 %

Nota. En la tabla se detalla si hay organización por parte de la comunidad ante deslizamientos.

De los datos observados en la tabla 17, el 66,25% considera el riesgo como alto y un 15% como (crítico). Solo el 18,75% lo califica como (moderado), y ningún individuo lo considera bajo o mínimo.

Tabla 17

Nivel de riesgo de quedarse incomunicado por deslizamientos

Nivel de riesgo de quedarse incomunicado por deslizamientos (1-5)	Frecuencia	Porcentaje
1. Mínimo	0	0
2. Bajo	0	0
3. Moderado	15	18.75
4.- Alto	53	66.25

5.- Critico	12	15
Total	80	100 %

Nota. En la tabla se detalla el nivel de afectación al quedarse sin comunicación.

De los datos observados en la tabla 18, el 58,75% expresó desconocimiento sobre qué entidades se encargan de la atención de emergencias, mientras que el 32,5% declaró que no saben de este asunto. Solo un 8,75% expresó estar al tanto. Esto demuestra un déficit significativo en la formación comunitaria en administración del riesgo.

Tabla 18

Conoce cuáles son las organizaciones encargadas de atender emergencias

¿En su hogar conoce cuales son las organizaciones encargadas de atender emergencias?	Frecuencia	Porcentaje
No	26	91.25
Si	7	8.75
Total	80	100 %

Nota. En la tabla se detalla si se conoce quien es el encargado de atender este tipo de desastres.

De los datos observados en la tabla 19, el 38,75% mencionaron que las soluciones para mitigar serian la reforestación de terrenos, el 25% con los muros de contención y el 23,75% estabilización de terrenos a través de geomallas. Los sistemas de drenaje profundo también fueron mencionados con el 8,75%.

Tabla 19. *Soluciones urgentes para mitigar el deslizamiento*

¿Qué soluciones considera urgentes para mitigar este problema?	Frecuencia	Porcentaje
Reforestación de laderas	31	38.75
Muros de contención	20	25
Estabilización de suelos (geomallas)	19	23.75
Sistemas de drenaje profundo (zanjas, tuberías)	7	8.75
Desconoce	3	3.75
Total	80	100 %

Nota. En la tabla se tiene las diferentes soluciones ante este problema.

De los datos observados en la tabla 20, el 58,75 % (47 familias) afirmó que tienen una pérdida entre cuatro y seis baldes de mora al mes. El 22,5 % (18 familias) informó haber perdido de uno a tres baldes, mientras que el 13,75 % (11 familias) reportó pérdidas más grandes, de entre siete y diez baldes. Al final, el 5 % (4 familias) indicó que había perdido más de 10 baldes al mes, lo que es la cifra más alta de impacto individual.

Tabla 20

Perdidas en venta debido a los deslizamientos

¿Cuántos baldes de mora ha dejado de vender o ha perdido al mes debido a los deslizamientos ocurridos en la vía de acceso a la comunidad?	Frecuencia	Porcentaje
1 a 3 baldes	47	58.75
4 a 6	18	22.5
7 a 10	11	13.75
Mas de 10	4	5

Total	80	100 %

Nota. En la tabla se detalla el nivel de perdida después del deslizamiento.

De los datos observados en la tabla 21, el 53.75% (43 familias) de los productores de mora en la comunidad de Guantuc Cruz venden semanalmente entre uno y seis baldes de mora. Un 35 % (28 familias) declaró que venden de 7 a 10 baldes por semana, y un 6,25 % (5 familias) consigue vender de 11 a 15 baldes, y tan solo un 5 % (4 familias) reporta ventas que sobrepasan los 15 baldes por semana. Lo cual indican variación de vendas en cada familia.

Tabla 21

Promedios en venta

¿Cuántos baldes de mora vende usted, en promedio, por semana?	Frecuencia	Porcentaje
1 a 6	43	53.75
7 a 10	28	35
11 a 15	5	6.25
Mas de 15	4	5
Total	80	100 %

Nota. En la tabla se detalla la cantidad de producto que se vende semanalmente.

En base a todos los datos generados durante la investigación se obtiene lo mostrado en la tabla 22.

Tabla 22

Datos generales

Meses	Número de familias	Baldes por familia (5,5 Kg)	Baldes en producción mensual	$ por balde	$ total mensual	Perdidas de baldes por mes 35%	$ perdidas mensuales 35%
Enero	80	4	1280	10	12800	448	4480
Febrero	80	4	1280	9	11520	448	4030
Marzo	80	4	1280	7	8960	448	3136
Abril	80	4	1280	6	7680	448	2688
Total			5120		**$40.960,00**	$1792	**$14.336,00**

Nota. En la tabla se detalla el resumen de los datos generales desde enero hasta abril.

Por cada familia en temporadas de invierno cosechan un promedio de 4 baldes a la semana, y los precios fluctúan cada mes dependiendo como está la demanda en el mercado mayorista y en las fábricas.

Tabla 23

Tabla de producción y venta en los meses de enero - abril

Indice	Valor
Nº de familias productoras	80
Producción semanal por familia (baldes)	4
Semanas de invierno	16
Producción total (baldes)	5120
Precio promedio por balde (USD)	8,00
Ingreso total comunidad (USD)	$ 40.960,00

Nota: En la tabla se puede evidenciar las ventas

Tomando en consideración la Tabla 10 un 68.75 % de los encuestado mencionaron que no hay paso de 4 a 7 días cuando hay deslizamientos en los meses de enero - abril.

- Según los registros, las pérdidas de producción asociadas a eventos de deslizamientos alcanzaron un 35 % del total producido:

Tabla 24

Tabla de pérdida económica

Indice	**Valor**
% pérdida por deslizamientos	35%
Pérdida total (baldes)	1792
Pérdida económica total (USD)	$ 14.336,00

Nota: En la tabla se puede evidenciar las perdidas

Objetivo 2: Evaluar la estabilidad del terreno en los sectores críticos de la vía mediante muestras de suelos y aplicación del software Geo5.

A lo largo de la vía de ingreso a Guantuc Cruz se definieron dos zonas donde ocurren los cierres a causa de deslizamientos en el kilómetro 1.87 y 2.7 Para analizar la estabilidad de los dos taludes se tomaron muestras del suelo con el fin de obtener las características de los mismos y procesar en el software Geo 5. Generándose dos escenarios uno conservador donde no se aplica la aceleración sísmica propia del terreno y un segundo escenario donde se toma en cuenta la aceleración sísmica, obteniendo así diferentes factores de seguridad.

Parala elaboración de los perfiles se trabajó con Globar Mapper utilizando los DEM y las Ortofotos de cada uno de los taludes, obteniendo 3 perfiles

Para obtener las características del suelo se procedió a la toma de muestras en varias zonas de los taludes y se realizó un análisis de las mismas. Con todos estos datos se procedió a trabajar en el software Geo 5, para calcular la posible superficie de falla de cada perfil.

Para los 3 perfiles se calcularon los factores de seguridad, primero sin tomar en cuenta la aceleración propia del suelo de la zona y posterior incluyendo el factor sísmico de la zona que es de 0.35 según lo indicado por la (NEC, n.d.). Para este análisis se utilizó el método de Bishop que proyecta la superficie de rotura de forma circular, es decir la zona crítica de deslizamiento, este método es muy utilizado y permite tener una idea inicial sobre cuál es el comportamiento de la zona estudiada.

Talud numero 1 (perfil 1) sin factor sísmico

Tipo de suelo: En este talud, a partir del análisis de las muestras obtenidas en campo y ensayadas en el laboratorio de la Universidad Estatal de Bolívar, se identificó un suelo clasificado como Arena bien gradada (SW) según el sistema unificado de

clasificación de suelos (SUCS). Con los parámetros geotécnicos determinados, se procedió a simular el comportamiento del talud en el software Geo5, con el objetivo de evaluar su condición de estabilidad.

Tabla 25

Parámetros geotécnicos del suelo del Talud N.º 1 (Perfil 1)

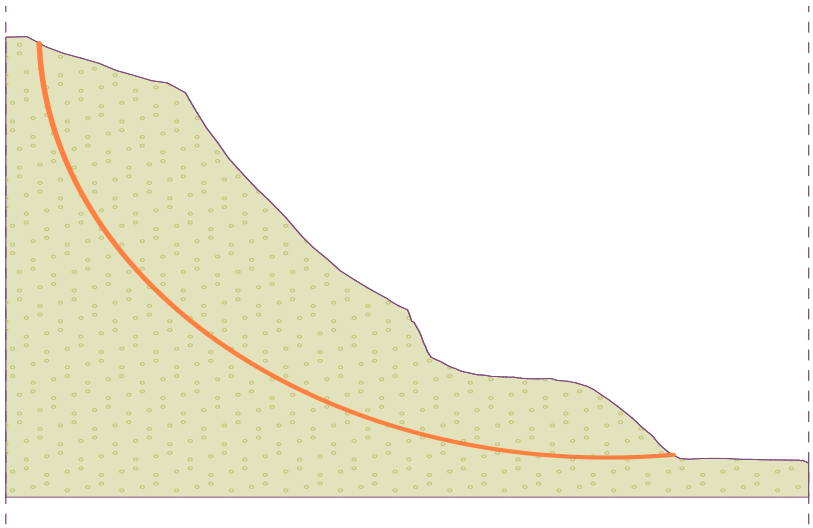
Arena bien calificada (SW), densidad media			
Datos del suelo	**Símbolo**	**Unidad**	**Valor**
Coeficiente de Poission	N	[-]	0.28
Peso unitario	Γ	[kN/m3]	20.0
Módulo de deformación	Edef	[MPa]	30-60
Angulo de deformación interna	Φef	[°]	34-39

Nota. En la tabla se detalla parámetros del talud 1.

Figura 4

Análisis de estabilidad del Talud N.º 1 (Perfil 1) sin factor sísmico.

Nombre: Talud 1, perfil 1	Etapa - análisis: 1 - 1



Análisis de la superficie de deslizamiento sin optimización

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas:	F_a =	13690.98	kN/m
Suma de fuerzas pasivas:	F_p =	16629.52	kN/m
Momento deslizante:	M_a =	860067.17	kNm/m
Momento de resistencia:	M_p =	1044666.29	kNm/m

Factor de seguridad = 1.21 < 1.50

Estabilidad de taludes: NO ACEPTABLE

Nota. En la figura se muestra el talud sin el factor sísmico.

Análisis:

Con base en los parámetros geotécnicos obtenidos en laboratorio e ingresados en el software Geo5, el análisis arrojó un factor de seguridad (FS) de 1.21, valor inferior al mínimo recomendado de 1.50 para condiciones estáticas. Este resultado indica una condición de estabilidad marginal o precaria, por lo que el talud se clasifica como **no aceptable**. Cabe destacar que este análisis se realizó sin considerar el efecto de la aceleración sísmica.

Talud numero 1 (perfil 1) con factor sísmico

De acuerdo con el Código Ecuatoriano de la Construcción (NEC, 2014), la aceleración del suelo correspondiente a la ciudad de Guaranda es de 0,35, valor que se empleó para el presente análisis, La demanda sísmica considerada en los análisis pseudoestáticos corresponde al 60 % de la aceleración máxima del terreno utilizando la siguiente formula

$$kh = 0,6 * amax\ g$$

$$Donde:$$

$$amax = Z * Fa$$

$$Fa = Fuerzas\ actuante$$

$$amax = Z * Fa$$

$$amax = 0,35 * 1$$

$$amax = 0,35$$

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

$$kh = \frac{0,6 * 0.35}{9.8}$$

$$kh = \frac{0.21}{9.8}$$

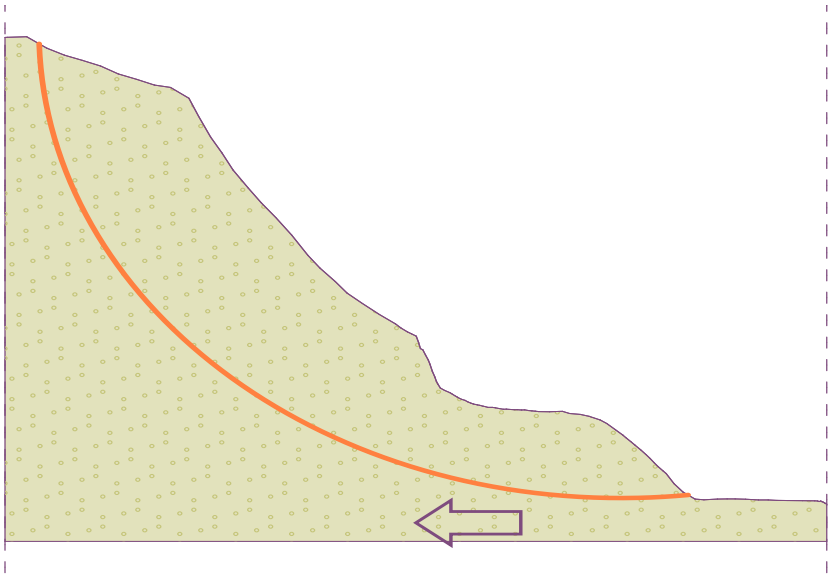
$$= 0,021$$

Dándonos como resultado que el coeficiente sísmico horizontal (kh) para nuestra zona de estudio es de 0,021.

Figura 5

Análisis de estabilidad del Talud N.º 1 (Perfil 1) con factor sísmico

Nombre: Talud 1, perfil 1, (sismo)	Etapa - análisis: 1 - 1



Análisis de la superficie de deslizamiento sin optimización.

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas:	F_a =	13993.78	kN/m
Suma de fuerzas pasivas:	F_p =	16457.02	kN/m
Momento deslizante:	M_a =	879089.40	kNm/m
Momento de resistencia:	M_p =	1033830.21	kNm/m

factor de seguridad = 1.18 < 1.50

Estabilidad de taludes: NO ACEPTABLE

Nota. En la figura se muestra el talud con el factor sísmico.

Análisis:

El análisis realizado mediante el método de Bishop arroja un factor de seguridad de 1.18, valor inferior al recomendado de 1.50 para condiciones estáticas. Dado que el factor de seguridad es menor a 1, el terreno se encuentra en una condición crítica de estabilidad, lo que indica una alta probabilidad de deslizamiento. Por consiguiente, el talud se considera **no aceptable** desde el punto de vista geotécnico.

Talud numero 1 (perfil 2) sin factor sísmico

Tipo de suelo: En el mismo talud mediante análisis de las muestras de suelo se logra encontrar dos tipos de suelos, una Arena bien gradada SW y Arena mal gradada SP.

Tabla 26

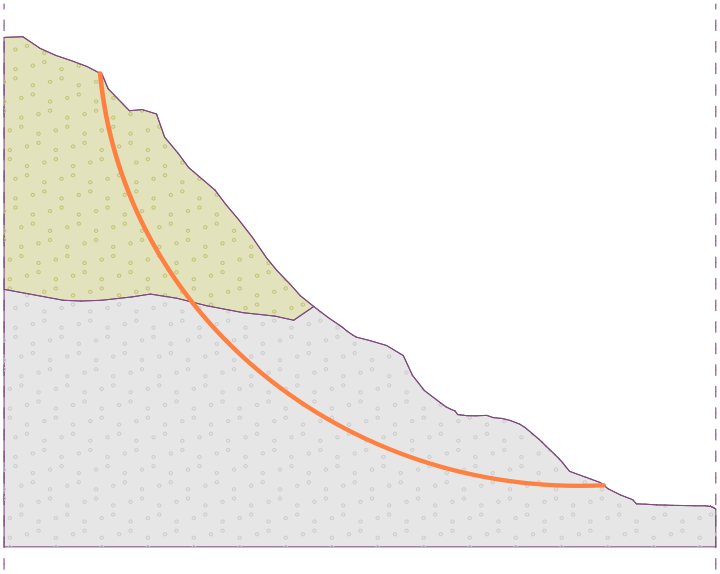
Parámetros geotécnicos del suelo del Talud N.º 1 (Perfil 2)

Arena mal calificada (SP), densidad media			
Datos del suelo	**Símbolo**	**Unidad**	**Valor**
Coeficiente de Poission	ν	[-]	0.28
Peso unitario	Γ	[kN/m3]	18.5
Módulo de deformación	Edef	[MPa]	15-35
Angulo de deformación interna	φef	[°]	32-35

Nota. En la tabla se tiene los parámetros del talud 1 perfil 2.

Figura 6

Análisis de estabilidad del Talud N.º 1 (Perfil 2) sin factor sísmico

Nombre: Talud 1, perfil 2			Etapa - análisis: 1 - 1
			
Análisis de la superficie de deslizamiento sin optimización.			
Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)			
Suma de fuerzas activas:	F_a =	7788.85	kN/m
Suma de fuerzas pasivas:	F_p =	8113.34	kN/m
Momento deslizante:	M_a =	467095.22	kNm/m
Momento de resistencia:	M_p =	486554.65	kNm/m
Factor de seguridad = 1.04 < 1.50			
Estabilidad de taludes: NO ACEPTABLE			

Nota. En la figura se muestra el talud sin el factor sísmico.

Análisis:

En este talud se observa la interacción entre dos tipos de suelos, lo que arroja un factor de seguridad de 1.04, valor inferior al mínimo recomendado de 1.50 para condiciones estáticas. Dado que el FS es menor a 1.50, el terreno se encuentra en una condición altamente crítica de estabilidad, con una alta probabilidad de deslizamiento. En consecuencia, el talud se considera **no aceptable** desde el punto de vista de la estabilidad geotécnica.

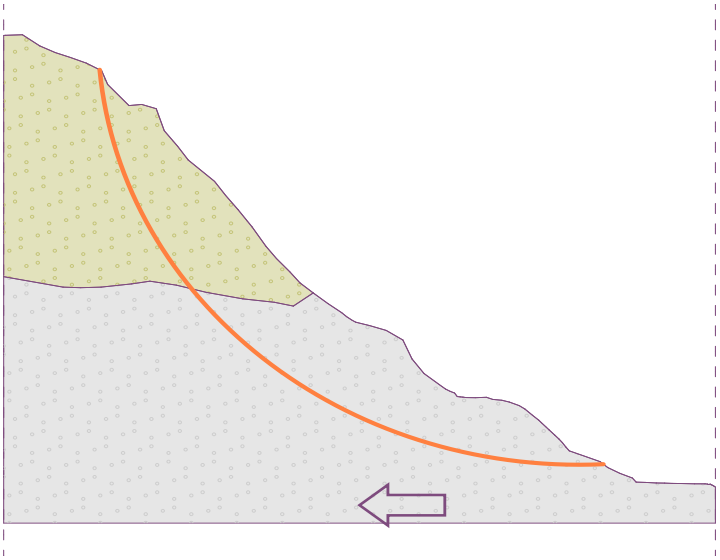
Talud numero 1 (perfil 2) con factor sísmico

Se realizó una nueva simulación del mismo perfil, incorporando un factor sísmico de 0.35, correspondiente a la zona de Guaranda, dándonos como resultado que el coeficiente sísmico horizontal (kh) que es de 0,021

Figura 7

Análisis de estabilidad del Talud N.º 1 (Perfil 2) con factor sísmico

Nombre: Talud 1, perfil 2, (sismo)	Etapa - análisis: 1 - 1



Análisis de la superficie de deslizamiento sin optimización

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas:	F_a =	7972.97	kN/m
Suma de fuerzas pasivas:	F_p =	8012.09	kN/m
Momento deslizante:	M_a =	478139.11	kNm/m
Momento de resistencia:	M_p =	480484.82	kNm/m

Factor de seguridad = 1.00 < 1.50

Estabilidad de taludes: NO ACEPTABLE

Nota. En la figura se muestra el talud con el factor sísmico.

Análisis:

Este análisis también es realizado por el método de bishop demostrando como resultado un factor de seguridad de 1.00 siendo un valor menor al valor mínimo

recomendado que es de 1.50 para las condiciones estáticas. Tomando en cuenta que el FS es menor a 1.50, podemos afirmar que el terreno se encuentra en una condición críticas para un deslizamiento. Por lo tanto, el talud se considera **no aceptable.**

Talud numero 2 sin factor sísmico

Tipo de suelo: En el segundo talud mediante los análisis que se obtuvo en el laboratorio se identificó dos tipos de suelos Arena bien gradada SW y Arena mal gradada SP.

Tabla 27

Parámetros geotécnicos del suelo del Talud N.º 2

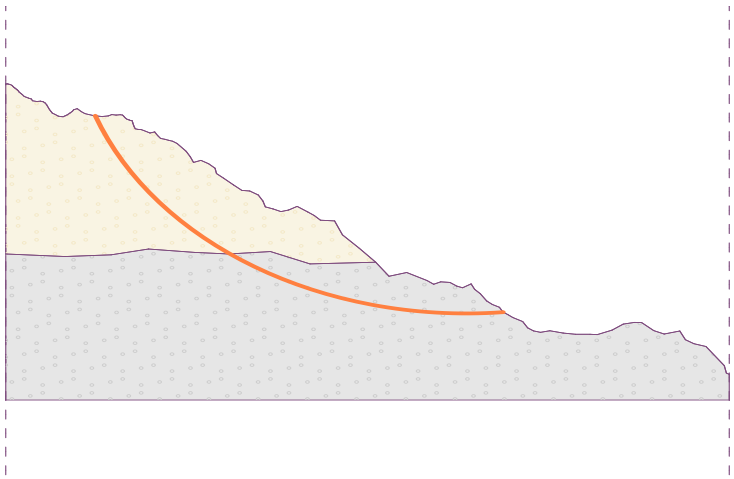
Arena bien calificada (SW), densidad media			
Datos del suelo	**Símbolo**	**Unidad**	**Valor**
Coeficiente de Poission	N	[-]	0.28
Peso unitario	Γ	[kN/m3]	20.0
Módulo de deformación	Edef	[MPa]	30-60
Angulo de deformación interna	Φef	[°]	34-39

Nota. En la tabla se muestra el talud 2.

Figura 8

Análisis de estabilidad del Talud N.º 2 sin factor sísmico

Nombre: Talud 2	Etapa - análisis: 1 - 1



Análisis de la superficie de deslizamiento sin optimización

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas: F_a = 5838.32 kN/m

Suma de fuerzas pasivas: F_p = 7515.21 kN/m

Momento deslizante: M_a = 338859.32 kNm/m

Momento de resistencia: M_p = 436182.94 kNm/m

Factor de seguridad = 1.29 < 1.50

Estabilidad de taludes: NO ACEPTABLE

Nota. En la figura se muestra el talud sin el factor sísmico.

Análisis:

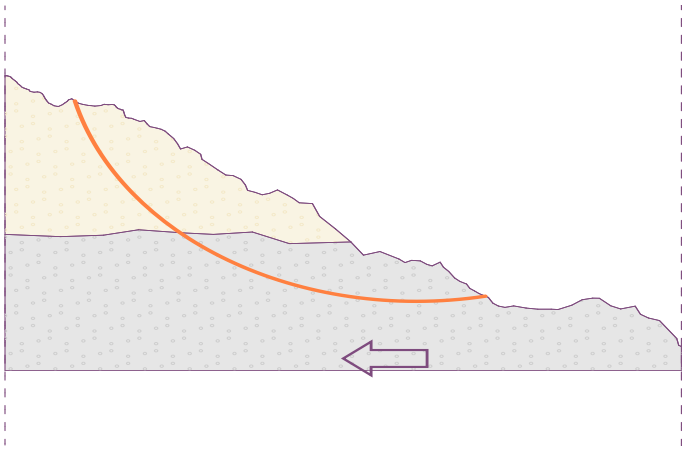
El análisis realizado muestra un factor de seguridad de 1.29, valor inferior al mínimo recomendado de 1.50 para condiciones estáticas. Aunque el FS es mayor a 1,50 indica una estabilidad marginal, lo que significa que el talud podría experimentar deslizamientos bajo condiciones desfavorables o esfuerzos adicionales, como los provocados por la sismicidad o la saturación del suelo. Por lo tanto, el talud se considera **no aceptable** desde el punto de vista geotécnico.

Talud numero 2 con factor sísmico

Se realizó una nueva simulación en el software Geo5, esta vez incorporando una aceleración sísmica de 0.35 g, correspondiente a la ciudad de Guaranda. dándonos como resultado que el coeficiente sísmico horizontal (kh) que es de 0,021.

Figura 9

Análisis de estabilidad del Talud N.º 2 con factor sísmico

Nombre: Talud 2, (sismo)	Etapa - análisis: 1 - 1
	
Análisis de la superficie de deslizamiento sin optimización	
Verificación de estabilidad de taludes (Bishop) Suma de fuerzas activas: F_a = 7763.75 kN/m Suma de fuerzas pasivas: F_p = 10331.97 kN/m Momento deslizante: M_a = 430948.04 kNm/m Momento de resistencia: M_p = 573503.86 kNm/m Factor de seguridad = 1.23 < 1.50 **Estabilidad de taludes: NO ACEPTABLE**	

Nota. En la figura se muestra el talud con el factor sísmico.

Análisis:

El análisis realizado mediante el método de Bishop arrojó un factor de seguridad (FS) de 01.33, valor inferior al mínimo recomendado de 1.50 para condiciones estáticas. Al presentar un FS menor a 1.50, el terreno se encuentra en una condición crítica de

inestabilidad frente a la acción sísmica. Por lo tanto, el talud se considera **no aceptable** bajo estas condiciones.

Objetivo 3: Proponer medidas de mitigación a fin de reducir los riesgos de deslizamientos y minimizar los efectos socioeconómicos sobre la comunidad.

Con base en los hallazgos obtenidos, se identificaron zonas críticas altamente susceptibles a deslizamientos que amenazan directamente la estabilidad de la vía principal de acceso a la comunidad. Esta vía no solo cumple una función de transporte, sino que representa el eje estructurante de la economía local y del acceso a servicios esenciales.

Durante el trabajo de campo se constató que los habitantes dependen de esta ruta para trasladar sus productos agrícolas principalmente mora y papa hacia los mercados locales, así como para acceder a servicios de salud, educación y abastecimiento. Por ello, cualquier interrupción vial ocasionada por inestabilidad de taludes afecta directamente los ingresos familiares, la seguridad alimentaria y la conectividad social, generando condiciones de vulnerabilidad tanto económica como humana.

Ante este escenario, se plantea un conjunto de medidas de mitigación estructurales y no estructurales, diseñadas en función de la realidad geotécnica del terreno y de la capacidad operativa de la comunidad. Estas acciones se proponen bajo un enfoque de gestión del riesgo sostenible, promoviendo soluciones técnicamente viables, económicamente accesibles y socialmente apropiables.

Propuesta Integral de Medidas de Mitigación

A partir de los resultados y del reconocimiento territorial realizado durante el trabajo de campo, se evidenció que la causa principal de los deslizamientos no responde únicamente a la inclinación del terreno, sino a la combinación de factores como escorrentías mal canalizadas, saturación del suelo, ausencia de elementos de protección lateral y la falta de cobertura vegetal en zonas críticas. Por lo tanto, se plantea un conjunto de obras diseñadas para interrumpir el ciclo de inestabilidad, actuando tanto en la

contención física del material como en el control del agua superficial, que es el principal detonante de los movimientos de masa.

Las obras se dividen en cuatro líneas de intervención estructural:

1. **Contención y estabilización física del terreno**

- Construcción de muros de contención tipo gavión o ciclópeo, recomendados por su flexibilidad y drenaje natural, lo que les permite adaptarse mejor a terrenos con humedad.
- Aplicación de geotextiles o mallas metálicas ancladas en taludes muy erosionables para evitar desprendimientos superficiales.

2. **Manejo y conducción del agua**

    - Construcción de cunetas revestidas en hormigón o piedra para conducir el agua de lluvia sin permitir su filtración en el talud.
    - Instalación de drenajes transversales (alcantarillas y tubos de alivio) con rejillas de entrada en puntos estratégicos donde se concentran escorrentías naturales.
    - Implementación de coronas o bermas superiores, que consisten en pequeños canalones ubicados en la parte alta del talud, evitando que el agua descienda libremente y erosione la ladera.

3. **Recuperación ecológica como técnica de estabilidad**

    - Revegetación controlada con especies nativas de raíces profundas, seleccionadas por su efecto de sujeción del suelo (ej.: vetiver para raíces verticales, chilca y aliso para raíces horizontales y fijación de humedad).
    - Instalación de hidrosiembra o manto vegetal en áreas desnudas donde la erosión es acelerada.

4. **Mantenimiento y operatividad comunitaria**

    - Implementación de jornadas comunitarias de limpieza de cunetas y retiro de material suelto posterior a cada evento de lluvia fuerte.
    - Definición de rutas temporales de desvío o puntos de refugio en caso de bloqueo vial.

Complementariamente, se proponen medidas no estructurales que fortalecen la sostenibilidad de la intervención:

- Capacitaciones en gestión de riesgos enfocadas en identificar señales tempranas de deslizamiento (grietas, inclinaciones de árboles, filtraciones nuevas, hundimientos).
- Elaboración de mapas comunitarios de riesgo y rutas de evacuación, en conjunto con líderes locales y autoridades.

Medidas estructurales propuestas

- Estabilización de taludes en los tramos críticos del km 1,86 y km 2,7, mediante técnicas apropiadas como construcción de cunetas, drenajes superficiales, muros de contención y revegetación con especies nativas.
- Mejoramiento de los sistemas de evacuación de aguas lluvias, especialmente en zonas donde el agua tiende a acumularse o erosionar los márgenes del camino.

Estas medidas deberán ser ejecutadas con asistencia técnica profesional, pero con participación activa de los pobladores, integrando su conocimiento del territorio, sus tiempos de cultivo y su disponibilidad.

Medidas no estructurales propuestas

- Capacitación comunitaria en gestión de riesgos y autoprotección, con el objetivo de fortalecer la capacidad local de respuesta, fomentar la cultura preventiva y reducir el nivel de dependencia de la ayuda externa.
- Elaboración y difusión de mapas comunitarios de riesgo, que identifiquen zonas de mayor susceptibilidad y sirvan como herramienta de planificación para futuras intervenciones o apertura de senderos alternativos.

En la tabla 27 se presenta las medidas de mitigación.

Tabla 28

Medidas de mitigación

Tipo	Medida / Obra	Descripción Técnica	Ubicación / Aplicación	Beneficio Esperado
Estructural	Muro de contención tipo gavión o ciclópeo	Estructura flexible de piedra o concreto ciclópeo que retiene el material del talud y permite drenaje natural	Km 1,86 y Km 2,7	Contiene deslizamientos activos y protege la calzada
Estructural	Cunetas revestidas	Canal superficial en hormigón o piedra para dirigir el agua sin infiltración	Márgenes laterales de la vía	Reduce erosión y saturación del talud
Estructural	Drenajes transversales / alcantarillas	Tubos de PVC u hormigón que cruzan la vía y alivian acumulaciones de agua	Puntos de escorrentía natural	Evita socavación de base vial
Estructural	Coronas / bermas superiores	Canalones en la parte alta de los taludes	Laderas con escurrimiento descendente	Desvía el agua y evita erosión directa

Tipo	Medida / Obra	Descripción Técnica	Ubicación / Aplicación	Beneficio Esperado
Estructural / Ambiental	Revegetación con especies nativas	Plantación de chilca, carrizos, picuyus, alison u otras de raíces profundas	Taludes intervenidos	Estabiliza el suelo de forma natural
Estructural (Complemento)	Mallas o geotextiles anclados	Cobertura metálica o sintética fijada con pernos	Taludes con desprendimientos superficiales	Retiene caídas menores de roca o suelo
No estructural	Capacitaciones comunitarias en gestión de riesgos	Talleres prácticos sobre señales de riesgo y autoprotección	Casa comunal o escuela	Fortalece la capacidad de respuesta
		Identificación gráfica de zonas peligrosas y rutas seguras.		
No estructural	Mapas de riesgo participativos Planes de evacuación y rutas seguras Sistemas de alerta temprana Monitoreo comunitario	Programas de formación sobre medidas de prevención y respuesta ante deslizamiento. Diseño de rutas alternativas y procedimientos de evacuación frente a eventos geodinámicos. Observación y registro periódico de	Con participación local	Facilita planificación y evacuación

Tipo	Medida / Obra	Descripción Técnica	Ubicación / Aplicación	Beneficio Esperado
		factores de riesgo.		

Nota. En la tabla se detallan las medidas de mitigación que presentan cada tipo de estructura

Como parte final del objetivo 3 se desarrolla una propuesta de un; Plan Integral de Mitigación y Gestión del Riesgos por Deslizamiento en los kilómetros 1,86 y 2,7 hacia la comunidad de Guantuc Cruz, cantón Guaranda, provincia de Bolívar.

Fundamentación

El diagnóstico efectuado durante el desarrollo de esta investigación permitió identificar que la vía de acceso a la comunidad de Guantuc Cruz presenta condiciones geológicas y morfológicas desfavorables que incrementan la probabilidad de deslizamientos, especialmente durante la temporada de lluvias. En los puntos kilométricos 1,86 y 2,7 se evidencia una combinación de factores como pendientes pronunciadas, suelos arcillosos de baja cohesión, presencia de escorrentías superficiales mal canalizadas y deforestación parcial, lo que genera una amenaza latente para la infraestructura vial y para la población que hace uso frecuente de este camino.

Las afectaciones por deslizamientos no solo comprometen la estabilidad del terreno, sino que también repercuten directamente en la dinámica socioeconómica de la comunidad, ya que la vía constituye el principal medio para el transporte de productos agrícolas, el acceso a servicios básicos y la movilidad diaria de los habitantes. Ante esta realidad, se considera indispensable diseñar e implementar un plan integral de mitigación, que combine soluciones técnicas, sociales y ambientales, y que se enfoque en prevenir, reducir y controlar los impactos negativos que podrían derivarse de un eventual movimiento de masas.

La propuesta se fundamenta en los principios de la Gestión Integral del Riesgo de Desastres (GIRD) establecidos por la Secretaría de Gestión de Riesgos del Ecuador, los cuales promueven la corresponsabilidad entre instituciones, gobiernos locales y comunidad. Bajo este enfoque, la intervención no se limita únicamente a la ejecución de obras de ingeniería, sino que incorpora la participación activa de la población, el fortalecimiento de las capacidades locales y la promoción de un manejo sostenible del entorno natural.

Descripción de la Propuesta

La propuesta se estructura en tres componentes principales: técnico, social y ambiental, los cuales se desarrollan de forma articulada para garantizar la sostenibilidad de las acciones.

Componente Técnico

Obras de estabilización y drenaje

Intervención	Descripción	Ubicación	Beneficio esperado
Construcción de cunetas revestidas	Cunetas de hormigón armado a ambos lados de la vía para encauzar el agua superficial.	Km 1,86 y km 2,7	Reducción de erosión e infiltración en taludes.
Drenes horizontales	Tuberías perforadas para evacuar agua subterránea en taludes saturados.	Talud superior km 2,7	Disminución de presión de poros y mejora de estabilidad.
Muros de contención tipo gavión	Muros escalonados con geotextil para soporte de laderas.	Km 1,86	Control de deslizamientos superficiales.

Revestimiento vegetal (hidrosiembra)	Mezcla de semillas y aglutinantes para cubrir taludes.	Áreas erosionadas	Protección del suelo frente a lluvias intensas.

Construcción de cunetas revestidas

Esta intervención consiste en la implementación de cunetas de hormigón armado ubicadas a ambos lados de la vía, específicamente en los kilómetros 1,86 y 2,7, donde se ha evidenciado la acumulación de aguas pluviales y procesos erosivos superficiales. El revestimiento en hormigón tiene la función de canalizar eficientemente el escurrimiento superficial, evitando que el agua se infiltre en los taludes adyacentes y genere procesos de saturación que debiliten la estructura del suelo.

Además, el diseño de estas cunetas contempla pendientes longitudinales controladas, garantizando un flujo continuo hacia los puntos de descarga sin provocar erosión en la base de los taludes.

El beneficio directo es la reducción de la erosión hídrica y la infiltración, factores clave en la prevención de movimientos de masa, contribuyendo a prolongar la vida útil de la vía y mejorar la seguridad de los usuarios.

Drenes horizontales

Los drenes horizontales son una medida de estabilización subterránea orientada a controlar la presión de poros y disminuir el contenido de humedad en los taludes más propensos al deslizamiento. Se instalarán en el talud superior del kilómetro 2,7, zona donde los estudios geotécnicos identificaron un alto grado de saturación del subsuelo.

Esta técnica consiste en la colocación de tuberías perforadas, recubiertas con material filtrante (grava y geotextil), que permiten la evacuación del agua acumulada dentro de las capas del terreno hacia la superficie, evitando que se generen tensiones internas que favorezcan la falla del talud.

La correcta instalación de estos drenes permitirá mejorar las condiciones de drenaje interno, estabilizar los materiales del subsuelo y aumentar el factor de seguridad geotécnico, reduciendo la posibilidad de movimientos de masa durante eventos de lluvia intensa.

Muros de contención tipo gavión

La construcción de muros de contención de tipo gavión se propone principalmente en el kilómetro 1,86, donde se ha identificado una ladera con riesgo de deslizamiento superficial. Estos muros se componen de cajas metálicas rellenas con piedra de canto rodado, dispuestas de forma escalonada y con inserción de geotextil para mejorar la filtración y evitar la pérdida de material fino.

Los gaviones cumplen una doble función: por un lado, actúan como estructuras de retención del terreno, evitando el desplazamiento de masas inestables; y por otro, permiten el drenaje natural del agua, evitando la acumulación de presiones hidrostáticas detrás del muro.

Su flexibilidad estructural los hace especialmente adecuados para terrenos con deformaciones moderadas, como los presentes en la zona de estudio. En consecuencia, esta intervención contribuye significativamente al control de deslizamientos superficiales y al refuerzo de la estabilidad del talud inferior de la vía.

Revestimiento vegetal (hidrosiembra)

El revestimiento vegetal mediante hidrosiembra constituye una medida complementaria de tipo ambiental, enfocada en la protección del suelo y el control de la erosión. Se aplicará en las áreas erosionadas y en los taludes intervenidos durante las obras de estabilización. La hidrosiembra consiste en una mezcla homogénea de semillas nativas, fertilizantes, fijadores y fibras orgánicas, proyectada sobre la superficie del terreno mediante equipos especializados. Este método promueve el crecimiento rápido de

vegetación, generando una cobertura natural que actúa como barrera protectora ante la acción de las lluvias.

A mediano plazo, la cobertura vegetal mejora la cohesión superficial del suelo, reduce la velocidad del escurrimiento y favorece la retención de humedad, contribuyendo a la restauración ambiental y a la estabilidad del ecosistema intervenido. El beneficio esperado de esta intervención es la protección del terreno frente a lluvias intensas, el mejoramiento paisajístico y la recuperación progresiva del equilibrio natural de las laderas.

Componente Social

Capacitación y participación comunitaria

- Realización de talleres de capacitación en gestión del riesgo, primeros auxilios y rutas de evacuación.
- Formación de brigadas comunitarias de monitoreo apoyadas por la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) y el GAD parroquial.
- Campañas educativas sobre manejo sostenible del suelo, reforestación y protección de fuentes hídricas.

Educación y comunicación

- Diseño de material didáctico (folletos, infografías, señalética) en lenguaje sencillo.
- Uso de redes sociales y radios comunitarias para alertas y educación ambiental.

Componente Ambiental

Reforestación

- Siembra de especies nativas de raíces profundas (alison, picuyus, carrizos) en los taludes inestables.
- Implementación de franjas vegetativas en zonas críticas para evitar escorrentía directa.

Manejo de aguas lluvias

- Reorientación de flujos superficiales mediante zanjas de coronación.
- Mantenimiento periódico de alcantarillas y cunetas.

Monitoreo ambiental

- Instalación de pluviómetros manuales o automáticos para registrar intensidades de lluvia.
- Uso de sensores inclinómetros o marcadores simples para detectar movimiento en el terreno.

Plan de Ejecución

El plan de ejecución se desarrollará en cinco fases principales, con una duración total estimada de cinco meses, de acuerdo con el cronograma de enero a mayo de 2025. Cada fase contempla actividades específicas, responsables, recursos y mecanismos de control.

Fase	Actividad principal	Tiempo estimado	Responsable	Recursos
I	Estudios técnicos y levantamiento topográfico	1 mes	GAD Municipal + UEB	Equipo técnico, GPS, SIG
II	Construcción de obras de drenaje y muros	2 meses	GAD Provincial / MTOP	Materiales, maquinaria

III	Capacitación comunitaria y simulacros	1 mes	SGR + GAD Parroquial	Material educativo, logística
IV	Reforestación y control ambiental	1 mes	Comunidad + MAATE	Plantas nativas, herramientas
V	Monitoreo y evaluación	Permanente	Comité local de riesgo	Equipos de medición, formularios

Fase I

Tema: Estudios Técnicos y Planificación.

Duración: 1 mes

Esta fase inicial es fundamental, pues proporciona la base técnica y científica sobre la cual se sustentará todo el proceso de intervención. Durante este periodo se realizará un levantamiento topográfico detallado de los tramos críticos ubicados en el kilómetro 1,86 y 2,7 de la vía a Guantuc Cruz, utilizando estaciones totales, drones y GPS diferencial, con el fin de obtener un modelo digital de terreno de alta precisión.

Posteriormente, se llevará a cabo el estudio geotécnico del suelo, que incluirá ensayos de penetración estándar (SPT), análisis granulométrico, determinación de humedad natural, límites de Atterberg y capacidad portante del terreno. Estos resultados permitirán conocer las características físico-mecánicas del suelo y su susceptibilidad al deslizamiento, así como definir los factores de seguridad necesarios para el diseño de las obras de estabilización.

De forma complementaria, se realizará una evaluación hidrológica e hidrogeológica para determinar el comportamiento del flujo de aguas superficiales y subterráneas, así como su influencia en la saturación del terreno. Se analizarán los patrones de precipitación, los coeficientes de escorrentía y los posibles puntos de

concentración de aguas pluviales, identificando los sectores donde se requieran obras de drenaje y control.

El equipo técnico del GAD Municipal de Guaranda, en coordinación con la Universidad Estatal de Bolívar, será el encargado de elaborar los planos de ingeniería, memorias técnicas y especificaciones constructivas. Además, se definirán los volúmenes de obra, costos estimados y cronogramas preliminares.

Paralelamente, se llevará a cabo un plan de socialización con la comunidad de Guantuc Cruz, donde se presentarán los objetivos del proyecto, las etapas de trabajo, las medidas de seguridad durante la ejecución y los beneficios esperados. Este proceso buscará fortalecer la confianza comunitaria y promover una comunicación permanente entre técnicos y habitantes, evitando conflictos durante la fase constructiva.

Fase II

Tema: Construcción de Obras de Drenaje y Estabilización

Duración: 2 meses

Esta fase comprende la materialización de las obras físicas diseñadas en la etapa anterior. El objetivo principal es controlar el escurrimiento superficial, estabilizar los taludes y reducir el riesgo de deslizamientos. Para ello, se empleará maquinaria liviana como retroexcavadoras, minicargadores, rodillos compactadores y volquetes, garantizando una ejecución segura y eficiente en los tramos intervenidos.

El proceso constructivo se desarrollará bajo un cronograma secuencial que incluye las siguientes actividades:

- Limpieza y desbroce del terreno: se eliminará vegetación superficial, material suelto y escombros que dificulten las labores de excavación o provoquen inestabilidad.

- Excavación y nivelación: se procederá a la remoción del suelo inestable y la adecuación de las áreas donde se ubicarán cunetas, gaviones y muros de contención.
- Instalación de geotextiles y sistemas de drenaje: se colocarán geotextiles no tejidos para mejorar la filtración y evitar erosiones internas. Además, se implementarán drenes horizontales y subdrenes con tubería perforada envuelta en grava.
- Construcción de muros de contención: se utilizarán estructuras de gaviones y muros ciclópeos en los puntos de mayor pendiente o donde se detecte movimiento activo del terreno.
- Conformación y compactación de taludes: los taludes se diseñarán con pendientes controladas, aplicando técnicas de compactación mecánica y protección superficial.
- Aplicación de hidrosiembra y control de erosión: se cubrirán los taludes con mezcla vegetal y fibras orgánicas que faciliten el crecimiento de vegetación y reduzcan el impacto de las lluvias.

Durante toda la ejecución, se aplicarán estrictos protocolos de seguridad industrial y ambiental, garantizando la protección del personal, la maquinaria y el entorno natural. El control de calidad será permanente, mediante inspecciones semanales realizadas por el equipo técnico, verificando el cumplimiento de los planos, las especificaciones de materiales y las normas de construcción vigentes.

Fase III

Tema: Capacitación y Organización Comunitaria.

Duración: 1 mes

Esta etapa busca fortalecer las capacidades locales y garantizar la sostenibilidad social del proyecto. Una vez ejecutadas las principales obras de estabilización, se implementará un programa de capacitación y sensibilización comunitaria, orientado a fomentar una cultura de prevención y resiliencia ante desastres.

Se organizarán talleres participativos y jornadas de formación práctica sobre los siguientes temas:

- Identificación de señales tempranas de deslizamientos (grietas, filtraciones, deformaciones del terreno).
- Procedimientos básicos de evacuación y primeros auxilios.
- Organización y funciones de las brigadas comunitarias de emergencia.
- Manejo de equipos de comunicación y registro de datos pluviométricos.
- Uso y mantenimiento del sistema de alerta temprana comunitario (SAT).

Los talleres serán impartidos por especialistas de la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR), docentes de la Universidad Estatal de Bolívar y personal técnico del GAD Parroquial. El propósito es conformar una red local de respuesta inmediata, capaz de actuar en caso de amenaza o emergencia, en coordinación con los organismos de protección civil.

Esta fase también promoverá la participación de jóvenes y mujeres en las brigadas, fortaleciendo la equidad y la inclusión en los procesos de gestión del riesgo. Además, se elaborará un manual comunitario de actuación ante deslizamientos, que servirá como guía práctica para el uso cotidiano.

Fase IV

Tema: Reforestación y Restauración Ambiental.

Duración: 1 mes

Una vez estabilizado el terreno, se iniciará la fase de reforestación y restauración ambiental, cuyo objetivo es recuperar la cobertura vegetal y fortalecer los procesos naturales de retención y filtración del agua. Esta acción contribuye a reducir la erosión, mejorar la calidad del aire y restablecer el equilibrio ecológico de las laderas afectadas.

Se implementarán viveros comunitarios temporales, con apoyo técnico del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), donde se cultivarán especies nativas adaptadas a las condiciones climáticas de la zona.

La siembra se realizará en curvas de nivel y franjas alternas, aplicando técnicas agroforestales que maximicen la retención del suelo y reduzcan la escorrentía. Además, se construirán zanjas de infiltración, terrazas de contorno y reservorios de agua, que permitirán la acumulación controlada del agua de lluvia.

El mantenimiento de las plantaciones se realizará mediante riegos periódicos y reposición de plantas muertas. Se llevará un registro fotográfico y técnico del avance de la cobertura vegetal, y se fomentará la participación de la comunidad en las tareas de conservación. Esta fase contará con un seguimiento de seis meses posteriores a la siembra, para garantizar la supervivencia de las especies y la efectividad ambiental de la intervención.

Fase V

Tema: Monitoreo, Evaluación y Mantenimiento.

Duración: Permanente

El monitoreo y la evaluación constituyen actividades continuas que permiten verificar el comportamiento del terreno y la efectividad de las obras ejecutadas. Se establecerá un sistema de monitoreo trimestral, mediante inspecciones visuales, registros pluviométricos y análisis comparativos de desplazamientos del suelo.

Las brigadas comunitarias capacitadas serán las encargadas de recopilar información sobre:

- Niveles de precipitación y humedad.
- Presencia de grietas o hundimientos.
- Estado de los drenajes y muros de contención.
- Condición de la vegetación y sistemas de reforestación.

Toda la información será registrada en una base de datos digital, administrada por el GAD Municipal de Guaranda, con el objetivo de planificar acciones de mantenimiento preventivo. Estas actividades incluirán la limpieza periódica de cunetas, reparación de drenajes obstruidos, reforzamiento de taludes y reposición de vegetación.

Cada año se elaborará un informe técnico de evaluación, el cual incluirá los resultados del monitoreo, las incidencias registradas y las recomendaciones de mejora. Dicho informe servirá como insumo para la actualización del plan de gestión del riesgo de la comunidad de Guantuc Cruz, asegurando la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Durante la temporada invernal, los hogares se ve afectado por la interrupción de la vía principal a causa de los deslizamientos, provocando una pérdida económica del 35 % aproximada de $14.336. Asimismo, se evidencia afectación en la educación, transporte de personas y mercancías, confirmando que los deslizamientos generan un impacto socioeconómico significativo en la vida cotidiana y la economía familiar.
- Los estudios geotécnicos y simulaciones realizadas con Geo5 muestran que los taludes presentan factores de seguridad inferiores a los niveles aceptables, con valores mínimos de 1.00 y 1.33, lo que corrobora que la zona presenta un riesgo real e inminente de deslizamientos.
- La combinación del análisis socioeconómico y geotécnico permite proponer un conjunto integral de medidas estructurales que incluyen muros de contención, cunetas, drenajes, bermas y revegetación con especies nativas, así como las no estructurales capacitaciones comunitaria y mapas de riesgo participativos. Estas acciones buscan estabilizar los taludes, proteger la infraestructura vial, resguardar los ingresos familiares y fortalecer la participación de la comunidad en la gestión de riesgos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Ejecutar un plan integral de intervención vial y gestión del riesgo, priorizando la estabilización de los taludes y la mejora del sistema de drenajes en los kilómetros 1.86 y 2.7. Estas acciones deben ejecutarse antes y durante la temporada invernal, con el fin de garantizar la transitabilidad continua y evitar la interrupción de la vía, ya que esto afecta directamente a los hogares.
- Priorizar la intervención inmediata del GAD Provincial en coordinación con el MTOP en los taludes identificados como críticos, destinando recursos para la implementación de obras de estabilización y sistemas de drenaje que aumenten el factor de seguridad. Además, es fundamental que estas instituciones establezcan un plan de monitoreo continuo, con el fin de reducir la vulnerabilidad de las familias y fortalecer la resiliencia frente a futuros eventos de deslizamientos.
- Promover la colaboración interinstitucional con el GAD de Guaranda, la Secretaría de Gestión de Riesgos y con los representantes de la comunidad Guantuc Cruz que coordinen e impulsen la implementación progresiva de las propuestas de construcción de muros de contención, drenajes, cunetas, y revegetación con plantas nativas. Asimismo, que estas instituciones promuevan espacios de capacitación, elaboración de mapas de riesgos, de manera que las familias de la comunidad de Guantuc Cruz fortalezca su resiliencia.

1.2 BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, B., Illicachi, G., & Abarca, A. (2020). ANÁLISIS DEL PERFIL SOCIO ECONÓMICO Y SUS EFECTOS EN EL DESARROLLO POBLACIONAL DE ALAUSÍ-ECUADOR. *Universidad Ciencia y Tecnología*, *24*(107), 63–69. https://doi.org/10.47460/UCT.V24I107.415

Arrieta, L. E. Y. E. G. C. L. P. P. (2016). *ANALISIS DEL IMPACTO SOCIAL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIAL RUTA DEL SOL SECTOR 2*. moz-extension://ba507bec-d7a3-4c48-b3f6-45faefbd6f4e/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Frepository.uniminuto.edu%2Fserver%2Fapi%2Fcore%2Fbitstreams%2Ff8cebb00-6b88-4e54-99c7-654f2b76ecac%2Fcontent

Brain, M. J. (2022). Movimiento de Masa. *Geological Society Publications*, *58*, 227–239. https://www.lyellcollection.org/doi/full/10.1144/M58-2021-32?utm_source=chatgpt.com

Cenapred. (2022). *IMPACTO SOCIOECONÓMICODE LOS PRINCIPALES DESASTRESOCURRIDOS EN MÉXICO*. moz-extension://ba507bec-d7a3-4c48-b3f6-45faefbd6f4e/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww1.cenapred.unam.mx%2Fes%2FPublicaciones%2Farchivos%2F494-RESUMENEJECUTIVOIMPACTO2022.PDF

CEPAL. (2014). *MPACTOECONOMICODELOSDESASTRESNATURALESENLAINFRAESTRUCTURADESALUD*. moz-extension://ba507bec-d7a3-4c48-b3f6-45faefbd6f4e/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Frepositorio.cepal.org%2Fserver%2Fapi%2Fcore%2Fbitstreams%2Ffc531618-dacb-48c7-94c6-c5301f698d82%2Fcontent

CEPAL. (2017). *La consecuencia poco natural de los desastres naturales*. 20 de Abril. https://www.cepal.org/es/enfoques/la-consecuencia-poco-natural-desastres-naturales

CEPAL, N. U. (2020). Boletín FAL 377 Caminos rurales: vías claves para la producción, la conectiidad y el desarrollo territorial | Enhanced Reader. *FAL*, *1*, 3. moz-extension://ba507bec-d7a3-4c48-b3f6-45faefbd6f4e/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Frepositorio.cepal.org%2Fserver%2Fapi%2Fcore%2Fbitstreams%2F05dfba47-0c4a-42e5-a77d-feabc108a05b%2Fcontent

Chávez Muñoz, N. M. (2010). *Renta per cápita como medida de desarrollo económico en Latinoamérica*.

Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización, Pub. L. No. Oficio No. T.4570-S/n.1-10-1516, 61 (2010). moz-extension://db371259-1210-4505-adcb-1526cdfc67be/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fciteseerx.ist.psu.edu%2Fviewdoc%2Fdownload%3Fdoi%3D10.1.1.925.1847%26rep%3Drep1%26type%3Dpdf

Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas, 50 (2011).

Comunidad Andina, S. G. (2018). *GLOSARIO DE TÉRMINOS Y CONCEPTOS DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES PARA LOS PAÍSES MIEMBROS DE LA COMUNIDAD ANDINA*. moz-extension://ba507bec-d7a3-4c48-b3f6-45faefbd6f4e/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww.comunidadandina.org%2FStaticFiles%2F2018619133838GlosarioGestionDeRiesgoSGCA.pdf

Constituyente, A. N. (2008). *Constitución de la Republica del Ecuador 2008*. moz-extension://db371259-1210-4505-adcb-1526cdfc67be/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fciteseerx.ist.psu.edu%2Fviewdoc%2Fdownload%3Fdoi%3D10.1.1.925.1847%26rep%3Drep1%26type%3Dpdf

Craig, R. F. (2004). Estabilidad de pendientes: el método Bishop de rebanadas. *Craig's Soil Mechanics*. https://doi.org/10.4324/9780203494103/CRAIG-SOIL-MECHANICS-CRAIG

Educación, M. de. (2021). *MOVIMIENTO EN MASA*. moz-extension://ba507bec-d7a3-4c48-b3f6-45faefbd6f4e/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Frepositorio.minedu.gob.pe%2Fbitstream%2Fhandle%2F20.500.12799%2F10238%2FMovimientos%2520en%2520Masa%2520cartilla%2520informativa.pdf%3Fsequence%3D1%26isAll

EGU, G. E. U. (2020). *Riesgos naturales y ciencias del sistema terrestre*. https://doi.org/10.5194/nhess-20-1069-2020

FAO. (2015). *The impact of natural hazards and disasters on agriculture, food security and nutrition*. www.fao.org/publications

Fernandez, H. (2020). *Caminos rurales: vías claves para la producción, la conectividad y el desarrollo territorial*. CAF. https://www.cepal.org/es/publicaciones/45781-caminos-rurales-vias-claves-la-produccion-la-conectividad-desarrollo-territorial

Garnica, A. P. y M. M. A. (2023). MÉXICO CAMINOS RURALES UNA PUERTAAL DESARROLLOY LA CONECTIVIDAD TERRITORIAL. In *CAF* (CAF). moz-extension://ba507bec-d7a3-4c48-b3f6-45faefbd6f4e/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fscioteca.caf.com%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F2076%2FAF%2520Caminos%2520Rurales%2520Mexico.pdf%3Fsequence%3D4%26isAllowed%3Dy

IFRC. (2014). *Marco para la resiliencia comunitaria.* https://www.ifrc.org/document/framework-community-resilience

IFRC. (2020). *Deslizamiento de tierras*. 27 de Mayo. https://www.ifrc.org/es/nuestro-trabajo/desastres-clima-y-crisis/que-es-desastre/deslizamiento-tierras

INEC. (2023). *A escala nacional el acceso a servicios básicos en el Ecuador revela un progreso gradual* |. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/a-escala-nacional-el-acceso-a-servicios-basicos-en-el-ecuador-revela-un-progreso-gradual/

Manual Del Comité de Operaciones de Emergencias, 74 (2017).

Martins-Filho, P. R., Croda, J., de Souza Araújo, A. A., Correia, D., & Quintans-Júnior, L. J. (2024). Catastrophic Floods in Rio Grande do Sul, Brazil: The Need for Public Health Responses to Potential Infectious Disease Outbreaks. *Revista Da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, *57*, e00603-2024. https://doi.org/10.1590/0037-

8682-0162-2024

Mendoza, C. A., & Jara, B. (2020). Natural Disasters and Informality: Are local labor markets impacted after an earthquake? *Regional Science Policy & Practice*, *12*(1), 125–157. https://doi.org/10.1111/RSP3.12258

México, I. G. P. B. G. N. C. S. de. (2003). *Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres*. CEPAL. https://hdl.handle.net/11362/2781

Moreno Garcés VICEPRESIDENTE LA REPÚBLICA Otto Sonnenholzner Sper, L. DE, & Agusto Briones, J. (2019). *Informe de cumplimiento de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. www.planificacion.gob.ec

NEC. (n.d.). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN*.

ONU. (2017). *Recuperación Temprana después de un desastre natural*. 25 de Septiembre. https://onu-habitat.org/index.php/recuperacion-temprana-despues-de-un-desastre-natural

Palacios Orejuela, I. F. (2020). SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA ALOAG -SANTO DOMINGO, MEDIANTE LÓGICA DIFUSA. *Revista, Geoespacial*, 4–6. https://www.researchgate.net/publication/348211840_SUSCEPTIBILIDAD_A_DESLIZAMIENTOS_EN_LA_VIA_ALOAG_-SANTO_DOMINGO_MEDIANTE_LOGICA_DIFUSA

Pérez de Agreda, E. A. (2022). *Estabilidad de taludes homogéneos*. *41*, 57.

PIARC. (2019). *Elementos viales resistentes | Manual de Gestión de Desastres - PIARC (Asociación Mundial de la Carretera)*. https://disaster-management.piarc.org/es/mitigacion-medidas-estructurales/elementos-viales-resistentes?utm_source

Plan Nacional de Desarrollo, 89 (2025). moz-extension://ba507bec-d7a3-4c48-b3f6-45faefbd6f4e/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww.planificacion.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2024%2F02%2FPND2024-2025.pdf

PNUD. (2016). *Poverty-to-Prosperity Transitions | United Nations Development Programme*. https://www.undp.org/publications/poverty-prosperity-transitions

Riesgos, S. de G. de. (2018a). *GLOSARIO DE TÉRMINOS DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES GUÍA DE CONSULTA*. moz-extension://ba507bec-d7a3-4c48-b3f6-45faefbd6f4e/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww.gestionderiesgos.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2Fdownloads%2F2019%2F01%2FGLOSARIO-DE-T%25C3%2589RMINOS-DE-GESTI%25C3%2593N-DE-RIESGOS-DE-DESASTRES-GUIA

Riesgos, S. de G. de. (2018b). *GLOSARIO DE TÉRMINOS DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES GUÍA DE CONSULTA*. https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GLOSARIO-DE-TÉRMINOS-DE-GESTIÓN-DE-RIESGOS-DE-DESASTRES-GUIA-DE-CONSULTA.pdf

Sampieri, H. (2014). *Metodología de la investigación - Sexta Edición | Enhanced Reader*

(McGRAW-HIL). moz-extension://ba2ebd7b-0669-412e-bd3b-e6cc22fa8080/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fapiperiodico.jalisco.gob.mx%2Fapi%2Fsites%2Fperiodicooficial.jalisco.gob.mx%2Ffiles%2Fmetodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

Sanz, R. V., Martí, S. S., & Orrego, A. D. (2015). Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo. *Civilizate*, *7*(7), 50–54. https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/16157

UNDRR. (2015). *Pérdidas económicas, pobreza y DESASTRES*. moz-extension://ba507bec-d7a3-4c48-b3f6-45faefbd6f4e/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Feird.org%2Famericas%2Fdocs%2Fperdidas-economicas-pobreza-y-desatres.pdf

UNISDR, N. U. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. moz-extension://ba507bec-d7a3-4c48-b3f6-45faefbd6f4e/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww.unisdr.org%2Ffiles%2F7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

Vargas Morales, J. E. (2016). *IMPACTO SOCIOECONOMICO DE LOS DESLIZAMIENTOS IMPACTO SOCIOECONOMICO DE LOS DESLIZAMIENTOS*. https://www.academia.edu/25640789/IMPACTO_SOCIOECONOMICO_DE_LOS_DESLIZAMIENTOS_IMPACTO_SOCIOECONOMICO_DE_LOS_DESLIZAMIENTOS

1.3 ANEXOS

<table>
<tr><td colspan="2">ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA INVESTIGACIÓN</td></tr>
<tr><td>Anexo 1</td><td>Anexo 2</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Actividad: Visualización del talud
Fuente: Washington P, Luis S.
Fecha: 29/05/2025</td><td>Actividad: Vuelo de Drone para analizar el perfil
Fuente: Washington P, Luis S.
Fecha: 29/05/2025</td></tr>
<tr><td>Anexo 3</td><td>Anexo 4</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Actividad: Deslizamiento en la vía y estudiantes obstaculizados.
Fuente: Washington P, Luis S.
Fecha: 05-06-2025</td><td>Actividad: Encuestas a las familias de Guantuc Cruz
Fuente: Washington P, Luis S.
Fecha: 13/06/2025</td></tr>
<tr><td>Anexo 5</td><td>Anexo 6</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
</table>

Actividad: Encuestas a las familias de Guantuc Cruz **Fuente:** Washington P, Luis S. **Fecha**: 13/06/2025	**Actividad:** Encuestas a las familias de Guantuc Cruz **Fuente:** Washington P, Luis S. **Fecha**: 13/06/2025
Anexo 7	**Anexo 8**
	
Actividad: Pesos de suelos **Fuente:** Washington P, Luis S. **Fecha**: 08/07/2025	**Actividad:** Tamizaje de granulometría en el Laboratorio de la UEB. **Fuente:** Washington P, Luis S. **Fecha**: 08/07/2025