

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“Evaluación de niveles de riesgo de deslizamiento por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, sector km 425+246 – km 425+338”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORA: Dávila Cárdenas, Karol Melissa

ASESORA: Navarro Vásquez, Llerme

TINGO MARÍA-PERÚ

2025

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Gestión de riesgos de desastres

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Civil

Disciplina: Ingeniería Civil

DATOS DEL PROGRAMA

Nombre del Grado o Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI):
70316559

DATOS DEL ASESOR

Documento Nacional de Identidad (DNI):
42669761

Grado/Título: Maestro en Ciencia del Suelo

Código ORCID: 0000-0003-0147-362X

DATOS DE LOS JURADOS

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Palacios Inza, Deonen Fabiola	Maestro en diseño y construcción de obras viales	73222634	0009-0000-8272-347X
2	Curi Vicente, Kevin Pool	Maestro en gestión pública.	72881218	0000-0002-2197-1135
3	García Villegas, Karem Liliana	Maestro en ciencias agroecología, mención: Gestión ambiental	42164276	0000-0003-0747-2353



UDH
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
http://www.udh.edu.pe

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL
FILIAL LEONCIO PRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Tingo María, siendo las 08:00 am horas del día **viernes 19 de diciembre de 2025**, en el Aula 301 – EDIF2 de la Filial Leoncio Prado, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

- | | |
|-------------------------------------|------------|
| • MG. DEONEN FABIOLA PALACIOS INZA | PRESIDENTE |
| • MG. KEVIN POOL CURI VICENTE | SECRETARIO |
| • MG. KAREM LILIANA GARCIA VILLEGAS | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 2832-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "EVALUACIÓN DE NIVELES DE RIESGO DE DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES INTENSAS EN EL TRAMO CUEVA DE LAS LECHUZAS – TINGO MARÍA, SECTOR KM 425+246 – KM 425+338", presentado por el (la) Bachiller **Karol Melissa DAVILA CARDENAS** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobado por Unanimidad con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de Suficiente (Art. 47).

Siendo las 9:30 horas del día viernes 19 de diciembre de 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Presidente

MG. PALACIOS INZA DEONEN FABIOLA
DNI 73222634
COD ORCID 0009-0000-8272-347X

Secretario

MG. KEVIN POOL CURI VICENTE
DNI 72881218
COD ORCID 0000-0002-2197-1135

Vocal

MG. KAREM LILIANA GARCIA VILLEGAS
DNI 42164276
COD ORCID 0000-0003-0747-2353

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: KAROL MELISSA DAVILA CARDENAS, de la investigación titulada "EVALUACIÓN DE NIVELES DE RIESGO DE DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES INTENSAS EN EL TRAMO CUEVA DE LAS LECHUZAS - TINGO MARÍA, SECTOR KM 425+246 - KM 425+338", con asesor(a) LLERME NAVARRO VÁSQUEZ, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2119-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 13 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 21 de noviembre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

176. Dávila Cárdenas, Karol Melissa.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	13%	5%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	ccc.inaoep.mx Fuente de Internet	1%
4	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIAS

La presente tesis está principalmente dedicada a Dios, por llenarme de fuerza y sabiduría, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera profesional.

A mis padres, por estar a mi lado y brindarme su apoyo incondicional, manifestándome su afecto y soporte a pesar de las diferentes situaciones que se presentaban; por brindarme educación e inculcarme sus valores que gracias a ello y sus consejos pude hacer de mí una mejor persona.

A mi hermano menor, por acompañarme moralmente y por ser un apoyo incondicional a mí y a nuestra familia, espero ser ejemplo como hermana mayor de esfuerzo, dedicación y perseverancia para que cumplas todas tus metas y objetivos.

A mi abuela Teresita que en paz descanse, por todo lo que pudiste enseñarme cuando estabas a mi lado, eres mi ángel que camina conmigo y me cuida siempre.

A toda familia, que estuvieron presentes en todo este proceso de crecimiento personal y profesional. Y a mis familiares fallecidos que desde el cielo son mi luz y guía que me brindaban fuerzas para continuar.

A mi pareja, Sergio Gonzales por ser mi soporte emocional porque siempre estuviste a mi lado en los momentos difíciles y también felices durante estos años de mi vida, gracias por caminar junto a mí en nuestra formación profesional por tu apoyo y a aprender a no rendirse nunca.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por protegerme e impulsarme para superar todas las dificultades y obstáculos a lo largo de mi vida, por permitirme tener y disfrutar a mi familia, por último, permitirme vivir y disfrutar de cada día.

Agradecer a todas las personas que directa e indirectamente ayudaron a que se realice esta tesis de investigación.

Agradezco a mis docentes que fueron parte de mi formación profesional, por compartir todos sus conocimientos y habilidades para poder ejercer mi profesión de manera correcta.

ÍNDICE

DEDICATORIAS.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
CAPÍTULO I.....	17
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	19
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	20
1.3. OBJETIVOS.....	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	20
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	21
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	22
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.6. VARIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
CAPÍTULO II.....	25

MARCO TEÓRICO	25
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	25
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	25
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	29
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	32
2.2. BASES TEÓRICAS	34
2.2.1. RIESGO.....	34
2.2.2. PRECIPITACIONES	37
2.2.3. PELIGRO.....	37
2.2.4. VULNERABILIDAD	39
2.2.5. DESLIZAMIENTOS.....	41
2.2.6. ANALISIS JERARQUICO AHP	42
2.2.7. FACTOR DE SEGURIDAD	43
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	44
2.4. HIPÓTESIS.....	46
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	46
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	46
2.5. VARIABLES	46
2.5.1. VARIABLE 1	46
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	47
CAPÍTULO III.....	48
METODOLOGÍA.....	48
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	48
3.1.1. ENFOQUE	48
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	48
3.1.3. DISEÑO	49

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	49
3.2.1. POBLACIÓN.....	49
3.2.2. MUESTRA	50
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS....	50
3.3.1. TÉCNICAS.....	50
3.3.2. INSTRUMENTOS	50
3.4. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	51
3.5. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.	54
3.6. ASPECTOS ÉTICOS	55
CAPÍTULO IV	57
RESULTADOS	57
4.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS.....	57
4.1.1. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD	57
4.1.2. CÁLCULO DEL PELIGRO	67
4.1.3. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGOS	76
4.1.4. ANÁLISIS DE PRIORIDAD	77
CAPÍTULO V	80
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	80
5.1. NIVELES DE RIESGO.....	80
5.3.1. RIESGO SOCIAL	80
5.3.2. RIESGO ECONÓMICO	81
5.3.3. RIESGO AMBIENTAL	81
5.3.3. RIESGO TOTAL.....	82
5.2. CÁLCULO DEL PELIGRO	83
5.2.1. PARÁMETRO DE EVALUACIÓN GENERAL	83
5.2.2. FACTORES CONDICIONANTES	84

5.2.3. FACTOR DESENCADENANTE.....	86
5.2.4. PELIGROS	86
5.3. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD	87
5.3.1. DIMENSIÓN SOCIAL	87
5.3.2. DIMENSIÓN ECONÓMICA	88
5.3.3. DIMENSIÓN AMBIENTAL	89
5.3.4. VULNERABILIDAD TOTAL	90
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES.....	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
ANEXOS.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Casos históricos de movimientos en masa que causaron grandes daños en Perú	18
Tabla 2 Estratificación de los niveles de riesgo por deslizamiento	36
Tabla 3 Parámetros seleccionados para la evaluación de peligro por deslizamiento de masas	38
Tabla 4 Parámetros seleccionados para la evaluación de vulnerabilidad por deslizamiento de masas	41
Tabla 5 Operacionalización de variables de la investigación	47
Tabla 6 Parámetros e indicadores seleccionados para la evaluación de peligro por deslizamiento.....	52
Tabla 7 Parámetros e indicadores seleccionados para la evaluación de vulnerabilidad por deslizamiento	53
Tabla 8 Niveles de vulnerabilidad en la zona de estudio.....	58
Tabla 9 Análisis de la vulnerabilidad en la dimensión social	62
Tabla 10 Análisis de la vulnerabilidad en la dimensión económica	64
Tabla 11 Análisis de la vulnerabilidad en la dimensión ambiental	66
Tabla 12 Test de kolmogorov	68
Tabla 13 Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno	69
Tabla 14 Umbrales de precipitación.....	70
Tabla 15 Peligro y sus componentes en la zona de estudio.....	74
Tabla 16 Descripción de indicadores de peligro en las viviendas	75
Tabla 17 Niveles de riesgo	76
Tabla 18 Análisis de posibles consecuencias y el nivel que representa.....	78
Tabla 19 Análisis niveles de aceptabilidad o tolerancia	79
Tabla 20 Niveles de prioridad	79
Tabla 21 Descripción de la densidad poblacional	106

Tabla 22 Matriz de comparación de pares de densidad poblacional	106
Tabla 23 Descripción de antigüedad.....	106
Tabla 24 Matriz de comparación de pares de antigüedad.....	107
Tabla 25 Descripción de discapacidad.....	107
Tabla 26 Matriz de comparación de pares de discapacidad.....	107
Tabla 27 Descripción de grupo etario	108
Tabla 28 Matriz de comparación de pares de grupo etario	108
Tabla 29 Descripción de material de la pared	108
Tabla 30. Matriz de comparación de pares de material de la pared	109
Tabla 31 Descripción de material del techo	109
Tabla 32 Matriz de comparación de pares de material del techo	109
Tabla 33 Descripción de grado de instrucción	110
Tabla 34 Matriz de comparación de pares de grado de instrucción	110
Tabla 35 Descripción de ingreso económico.....	110
Tabla 36 Matriz de comparación de pares de ingreso económico.....	111
Tabla 37 Descripción de densidad vehicular	111
Tabla 38 Matriz de comparación de pares de densidad vehicular	111
Tabla 39 Descripción de infraestructura frágil de los negocios	112
Tabla 40 Matriz de comparación de pares de infraestructura frágil de los negocios	112
Tabla 41 Descripción de días de subsistencia sin negocio	112
Tabla 42 Matriz de comparación de pares de días de subsistencia sin negocio	113
Tabla 43 Descripción de distancia a punto crítico de residuos sólidos	113
Tabla 44 Matriz de comparación de pares de distancia a punto crítico de residuos sólidos	113
Tabla 45 Descripción de cantidad de puntos críticos de residuos sólidos ..	114

Tabla 46 Matriz de comparación de pares de cantidad de puntos críticos de residuos sólidos	114
Tabla 47 Descripción de capacitación ambiental	114
Tabla 48 Matriz de comparación de pares de capacitación ambiental	114
Tabla 49 Descripción de fragilidad	115
Tabla 50 Matriz de comparación de pares de fragilidad	115
Tabla 51 Descripción de resiliencia	116
Tabla 52 Matriz de comparación de pares de resiliencia	116
Tabla 53 Descripción de social	116
Tabla 54 Matriz de comparación de pares de social	116
Tabla 55 Descripción de económica	117
Tabla 56 Matriz de comparación de pares de económica	117
Tabla 57 Descripción de ambiental	117
Tabla 58 Matriz de comparación de pares de ambiental	118
Tabla 59 Descripción de precipitaciones máximas en 24 horas	118
Tabla 60 Matriz de comparación de pares de precipitaciones máximas en 24 horas	118
Tabla 61 Descripción de distancias	119
Tabla 62 Matriz de comparación de pares de distancias	119
Tabla 63 Descripción de frecuencia de deslizamientos	119
Tabla 64 Matriz de comparación de pares de frecuencia de deslizamientos	120
Tabla 65 Descripción de pendientes	120
Tabla 66 Matriz de comparación de pares de pendientes	120
Tabla 67 Descripción de uso de suelos	121
Tabla 64 Matriz de comparación de pares de uso de suelos	121
Tabla 69 Descripción de tipo de suelos	121

Tabla 70 Matriz de comparación de pares de tipo de suelos	122
Tabla 71 Descripción de factores condicionantes	122
Tabla 72 Matriz de comparación de pares de factores condicionantes	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de determinación del peligro	37
Figura 2 Representación esquemática de deslizamiento de masas.....	42
Figura 3 Diagrama para el análisis de la estabilidad de un talud infinito en deslizamiento plano, (el esquema b muestra las tensiones normal y tangencial sobre la superficie de Rotura)	44
Figura 4 Vulnerabilidad total	57
Figura 5 Vulnerabilidad social.....	63
Figura 6 Vulnerabilidad económica.....	65
Figura 7 Vulnerabilidad en la dimensión ambiental	67
Figura 8 Distribuciones de precipitaciones máximas en 24 horas para Tingo María	68
Figura 9 Mapa de pendientes	70
Figura 10 Mapa de cobertura vegetal	71
Figura 11 Mapa de tipo de suelos.....	72
Figura 12 Mapa de distancia del último deslizamiento	73
Figura 13 Mapa de peligros	74
Figura 14 Mapa de riesgos	76

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Encuestas en las viviendas con alto riesgo.....	123
Fotografía 2 Deslizamientos de suelos por lluvias	123
Fotografía 3 Viviendas de alto riesgo.....	124
Fotografía 4 Hundimiento de suelos en carretera	124
Fotografía 5 Deslizamiento y hundimiento de suelos en carretera	125
Fotografía 6 Deslizamientos de suelo por lluvias en carretera	125
Fotografía 7 Deslizamientos de rocas por lluvias	126
Fotografía 8 Encuestas a viviendas de alto peligro	126

RESUMEN

El estudio evalúa el riesgo de deslizamiento inducido por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María (km 425+246 – km 425+338), provincia de Leoncio Prado, Huánuco, Perú. Se aplicó un tipo de investigación básica, con un enfoque mixto, descriptivo-explicativo y un diseño no experimental transversal, estuvo compuesta por 203 habitantes agrupados en 39 viviendas ubicada en la zona de Jacintillo distrito de Rupa-Rupa, utilizando técnicas de observación directa, entrevistas y topografía, mediante instrumentos como encuestas y datos meteorológicos. La metodología integró: (i) modelo digital de elevación ALOS-PALSAR 12,5 m; (ii) registros pluviométricos históricos del SENAMHI; (III) cartografía de suelos y uso del suelo escala 1:50 000; y (IV) encuestas estructuradas y fichas de observación para 39 viviendas. El método Analytic Hierarchy Process permitió ponderar peligrosidad (pendiente, litología, cobertura, distancia al talud y lluvia máxima en 24 h) y vulnerabilidad (exposición, fragilidad y resiliencia en dimensiones social, económica y ambiental). Los resultados muestran vulnerabilidad muy alta en 90 % de las viviendas debido a densidad familiar > 5 personas, grupos etarios dependientes y precariedad constructiva. La peligrosidad alcanzó nivel muy alto en 95 % de los puntos por lluvias extremas ($> 73 \text{ mm } 24 \text{ h}^{-1}$) y pendientes $> 35^\circ$. La síntesis de riesgo total arrojó riesgo muy alto en 92 % y alto en 8 % de las unidades, clasificando el corredor como prioridad I de intervención. Se concluye que la zona requiere acciones estructurales inmediatas (muros anclados, drenaje, reforestación) y no estructurales (reubicación de viviendas críticas, alerta temprana pluvial, capacitación comunitaria). Se recomienda además clausurar vertederos informales, formalizar negocios mediante créditos blandos y restringir nuevas edificaciones en pendientes $> 30^\circ$, alineando la gestión local con las directrices del CENEPRED.

Palabras clave: AHP, CENEPRED, deslizamiento de masas, resiliencia, vulnerabilidad.

ABSTRACT

This research assesses rainfall-induced landslide risk along the Cueva de las Lechuzas – Tingo María road segment (km 425+246 – km 425+338) in Leoncio Prado Province, Huánuco, Perú. A type of basic research was applied, with a mixed approach, cross-sectional design was adopted, it was comprised of 203 residents grouped into 39 homes located in the Jacintillo area of the Rupa-Rupa district, using direct observation, interviews, and topography techniques, using instruments such as surveys and meteorological data. The methodology combined: (i) a 12.5 m ALOS-PALSAR digital elevation model, (ii) historical rainfall records from SENAMHI, (iii) 1:50 000 soil and land-use maps, and structured surveys plus field sheets applied to 39 households. The Analytic Hierarchy Process weighted hazard factors (slope, lithology, land cover, distance to active scarp, 24 h maximum rainfall) and vulnerability factors (exposure, fragility and resilience in social, economic and environmental dimensions). Results indicate very high vulnerability in 90 % of dwellings, driven by household size (> 5 residents), dependent age groups and precarious construction (corrugated-iron roofs, cracked walls). Hazard reached very high level at 95 % of points because of extreme rainfall (> 73 mm 24 h⁻¹) and slopes > 35°. The total risk synthesis showed very high risk in 92 % and high risk in 8 % of the units, ranking the corridor as priority I for risk-reduction measures. The study concludes that immediate structural actions (anchored retaining walls, drainage, reforestation) and non-structural measures (relocation of critical dwellings, early rainfall warning, community training) are essential. Additional recommendations include closing informal dumps, providing soft-loan programs to reinforce businesses, and prohibiting new buildings on slopes steeper than 30°, aligning local management with CENEPRED guidelines.

Keywords: AHP, CENEPRED, mass movement, resilience, vulnerability.

INTRODUCCIÓN

El tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María en el (progresivas km 425+246 – km 425+338) se ubica en la vertiente oriental de la Cordillera Azul, donde convergen pendientes pronunciadas, litologías poco consolidadas y un régimen de lluvias intensas característico de la selva alta huanuqueña. Estas condiciones han originado deslizamientos recurrentes que interrumpen la carretera Fernando Belaunde Terry, afectan la actividad turística y comprometen la seguridad de los habitantes del distrito de Rupa Rupa. El derrumbe del 6 de enero de 2021 evidenció la magnitud del problema y motivó la presente investigación, que dificultó a nivel social el acceso que conecta con otros distritos que mayormente son frecuentados por las zonas turísticas, a nivel económico se ya que existen zonas turísticas y ser el único acceso de la zona afecta a los negocios que existen, y a nivel ambiental hay un gran impacto ya que afecta la flora y fauna.

El estudio parte de la premisa de que el riesgo de deslizamiento surge de la interacción entre la peligrosidad del proceso físico y la vulnerabilidad de la población asentada sobre el talud. Con base en el manual del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014). se definieron como objetivos específicos determinar los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo asociados a precipitaciones extremas, utilizando un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental. Se integraron modelos digitales de elevación ALOS-PALSAR, registros pluviométricos del SENAMHI, zonificación ecológica-económica a escala 1:50 000 y encuestas socioeconómicas aplicadas a 39 viviendas. El método de análisis jerárquico (AHP) permitió ponderar factores desencadenantes y condicionantes, mientras que ArcGIS sirvió para la modelación espacial.

Los resultados ofrecen una radiografía integral del corredor vial, identifican los sectores de prioridad I para intervención y proporcionan una base técnica para decisiones de ordenamiento territorial, obras de contención y programas de fortalecimiento comunitario.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Los deslizamientos de tierra representan un problema significativo a nivel global, con un impacto considerable tanto en términos humanos como económicos. Según un estudio de 2022 publicado en la revista *Natural Hazards and Earth System Sciences*, se estima que los deslizamientos de tierra causan entre 25,000 y 50,000 muertes en todo el mundo cada década (Froude & Petley, 2022). En términos de costos económicos, un informe de la Organización Mundial de la Salud de 2017 estimó que los deslizamientos de tierra causan pérdidas económicas de entre 1,000 y 2,000 millones de dólares estadounidenses cada año (Highland & Bobrowsky, 2020). Geográficamente, los deslizamientos de tierra son más comunes en regiones montañosas y con altas precipitaciones. América del Sur, Asia Central y del Sur, y el sudeste de Asia son particularmente propensos a los deslizamientos de tierra. En cuanto a las tendencias futuras, algunos estudios sugieren que el cambio climático podría aumentar la frecuencia e intensidad de los deslizamientos de tierra en el futuro, debido a un aumento en las precipitaciones extremas y el deshielo del permafrost (IPCC, 2014). Es importante destacar que la información sobre deslizamientos de tierra puede ser difícil de recopilar y analizar debido a la naturaleza impredecible de estos eventos y a las diferencias en la forma en que se informan y registran en diferentes países.

En Perú, los deslizamientos afectan la infraestructura física y a la población. Generalmente se producen porque las laderas pierden estabilidad debido a la infiltración de aguas de lluvias y/o escorrentías, y se deslizan por gravedad o por el sacudimiento del suelo debido a los sismos. La topografía compleja inherente y los patrones climáticos drásticos del país son condicionantes que favorecen la ocurrencia de desastres como los deslizamientos de tierras. A lo largo de su historia, Perú no ha sido ajeno a la ocurrencia de movimientos en masa de diferentes magnitudes, que involucraron diferentes volúmenes de suelos movilizados, pero en todos los casos causaron grandes daños y pérdidas socioeconómicas. Estos eventos han ocurrido en la mayoría de los departamentos, condicionados por la

presencia de una zona montañosa conformada por rocas de diferentes tipos, grados de alteración y fracturamiento, asociados al clima y a la tectónica a la cual han sido y siguen siendo sometidos. Los movimientos en masa son principalmente de movimiento rápido a extremadamente rápido y catastróficos, como flujos de detritos, movimientos complejos, deslizamiento de suelo y roca (CENEPRED, 2021). Se presenta en la Tabla 1 un breve listado de los eventos que causaron grandes daños en Perú.

Tabla 1

Casos históricos de movimientos en masa que causaron grandes daños en Perú

Lugar (Año)	Tipo de evento / Daños
	Movimiento complejo /
Ranrahirca-Ancash (1962)	4000 muertos, inundó carreteras, destruyó 2 puentes, afectó túneles.
	Movimiento Complejo /
Yungay-Ancash (1970)	18 000 muertos, sepultos poblados de Yungay y Ranrahirca, afectó infraestructura vial y férrea.
	Movimiento Complejo /
Mayunmarca-Huancavelica (1974)	600 muertos, 2500 damnificados, destruyó la carretera Huancayo-Ayacucho; represó el río Mantaro.
	Flujo de detritos /
Aobamba-Cusco (1998)	Tres muertos, destruyó instalaciones de la CC. HH de Machu Picchu, parte del campamento y torres de alta tensión.
	Flujo de detritos /
Ambo-Huánuco (2010)	30 muertos, 120 viviendas destruidas, destruyó captación de agua potable.
	Flujo de detritos /
Arequipa (2013)	Destrucción de carreteras, 1000 viviendas, infraestructura pública y cuatro muertos.
	Flujos de detritos /
Chosica-Lima (2012)	3545 damnificados, 7058 afectados, 253 viviendas afectadas.

Fuente: Vilchez (2018).

En la provincia de Leoncio Prado, los deslizamientos también han ocasionado diversos daños. De acuerdo con la base de datos del Instituto Nacional de Defensa Civil del Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (INDECI – SINPAD), durante el periodo 2003 – 2018 ocurrieron 38 deslizamientos y 14 huaicos, haciendo un total de 2539 afectados, tres heridos, cuatro fallecidos, 62.7 km de carreteras afectadas y 214 ha de cultivo afectadas, entre otros daños (INDECI, 2023).

Una de las principales herramientas en la gestión prospectiva del riesgo son los estudios de evaluación en los que se detallan los niveles de vulnerabilidad de la zona potencialmente afectada y, asimismo, se evalúan los factores físicos para la determinación del peligro. A partir de estos estudios se pueden determinar niveles de riesgo si estos son aceptables, inadmisibles o mitigables, y en función a estas categorías tomar medidas estructurales y no estructurales. Se han realizado muchos esfuerzos para prevenir los deslizamientos de tierra y mitigar los daños que causan. Entre tales esfuerzos, como se mencionó anteriormente, se realizaron muchos estudios sobre el mapeo de la susceptibilidad a deslizamientos de tierra (Roccati, Paliaga, Luino, Faccini & Turconi; 2021). Las técnicas basadas en sistemas de información geográfica (SIG) se han desarrollado y aplicado ampliamente, y ahora son las principales herramientas utilizadas para mapear la susceptibilidad a deslizamientos de tierra.

Actualmente, el tramo Cueva de las Lechuzas - Tingo María, sector km 425+246 – km 425+338, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado (Huánuco), se encuentra expuesto a deslizamientos. Las pendientes pronunciadas, la vegetación erosionada y el incremento de las lluvias intensas son factores condicionantes y desencadenantes que contribuyen a los deslizamientos en esta zona. Por ello, en esta investigación se propuso evaluar el nivel de riesgo en el tramo Cueva de las Lechuzas - Tingo María, sector km 425+246 – km 425+338, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado (Huánuco). Tras el derrumbe ocurrido el 6 de enero de 2021, es una zona por la que actualmente transitan muchos vehículos y personas, lo que hace pertinente una investigación del nivel de riesgo, ya que la zona en estudio es de potencial turístico para la localidad, conllevando actividades que generan economía en la ciudad de Tingo María.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

PG: ¿Cuál es el nivel de riesgo al deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, progresiva KM 425+246 – KM 425+338?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

PE1: ¿Cuál es el nivel de peligro al deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, progresiva KM 425+246 – KM 425+338?

PE2: ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad al deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, progresiva KM 425+246 – KM 425+338?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

OG: Evaluar el nivel de riesgo al deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, progresiva KM 425+246 – KM 425+338.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1: Evaluar el nivel de peligro al deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, progresiva KM 425+246 – KM 425+338.

OE2: Evaluar el nivel de vulnerabilidad al deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, progresiva KM 425+246 – KM 425+338.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El estudio aporta evidencia local aplicando el marco conceptual de riesgo entendido como la interacción entre peligrosidad y vulnerabilidad, tal como proponen las guías nacionales de gestión del riesgo. La investigación operacionaliza ese marco en una escala de corredor vial, integrando factores condicionantes y desencadenantes del peligro (pendiente, litología/uso del suelo, distancia al talud activo y lluvia máxima en 24 h) con dimensiones de vulnerabilidad social, económica y ambiental levantadas en campo. El uso del Análisis Jerárquico de Proceso (AHP) para ponderar criterios y del SIG para su representación espacial fortalece la base teórica al mostrar cómo un enfoque

multicriterio puede traducirse en mapas y categorías de riesgo útiles para decisiones públicas, con resultados replicables en contextos de selva alta y laderas urbanizadas.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

- **NIVEL SOCIAL**

En el plano social, la evaluación es necesaria porque en el tramo conviven familias numerosas y grupos etarios dependientes en viviendas cercanas al talud, muchas con materiales y antigüedad que incrementan la fragilidad. Identificar con precisión dónde el riesgo es muy alto permite priorizar acciones que reduzcan la exposición directa de las 39 familias encuestadas, ordenar el uso del suelo en los márgenes de la vía y organizar medidas de preparación comunitaria acordes a la realidad del asentamiento (CENEPRED, 2014).

- **NIVEL ECONÓMICO**

En el plano económico, la carretera es un eje de ingresos para los hogares y negocios aledaños y un soporte de la actividad turística. Cada interrupción por deslizamientos corta la circulación de personas y mercancías, encarece el transporte y afecta ventas diarias. Contar con un diagnóstico espacial del riesgo permite programar intervenciones de mantenimiento y obras puntuales de mitigación (drenaje, estabilización y encauce) de manera costo efectiva, minimizando cierres y pérdidas, y orientando la inversión pública a los puntos críticos que más impacto tienen sobre la transitabilidad y la economía local (UNDRR, 2017).

- **NIVEL AMBIENTAL**

En el plano ambiental, el análisis es clave porque la cobertura reducida de vegetación protectora, la presencia de suelos susceptibles y la proximidad a focos de residuos favorecen erosión, saturación y arrastre de materiales durante lluvias intensas. La zonificación resultante brinda una línea base para ordenar la disposición de residuos, priorizar revegetación de

frangas inestables y gestionar el drenaje superficial, de modo que las acciones ambientales contribuyan directamente a disminuir la peligrosidad y, a la vez, mejoren las condiciones de salubridad y paisaje del corredor (UNDRR, 2017).

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La elección metodológica es coherente con los objetivos y con la disponibilidad de información del área. El diseño no experimental y de corte transversal permite describir el riesgo tal como se presenta en el territorio, sin manipulación de variables, lo que es adecuado para un tramo vial donde se requiere una fotografía diagnóstica sólida. El enfoque mixto integra datos cuantitativos —pendientes derivadas del DEM ALOS PALSAR de 12,5 m, cartografía de suelos y uso del suelo a escala 1:50 000, y series de lluvia máxima en 24 h del SENAMHI— con evidencia cualitativa y socioeconómica obtenida mediante encuestas y fichas de observación aplicadas a 39 viviendas. El AHP permite ponderar de forma transparente los criterios físicos y sociales según su contribución al riesgo, y el SIG articula esas ponderaciones en mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo con resolución suficiente para gestionar un corredor de poco más de 300 metros. Esta combinación de fuentes oficiales, observación de campo y modelación multicriterio ofrece resultados reproducibles, comparables en el tiempo y directamente utilizables para programación de obras y medidas no estructurales, manteniendo un balance realista entre rigor técnico y los recursos disponibles para una tesis de pregrado.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- La investigación pudo enfrentar diversas limitaciones derivadas de circunstancias externas al tesista, que pudo influir en el desarrollo del estudio. La precisión de los resultados pudo estar condicionada por la disponibilidad y calidad de los datos sobre precipitaciones y deslizamientos de tierra en la zona de estudio (De La Cruz y Valderrama, 2021).
- La falta de registros detallados o actualizados pudo limitar la capacidad de evaluar de manera precisa el nivel de riesgo. Los patrones climáticos

cambiantes y eventos geológicos imprevistos, como terremotos, pudieron alterar la estabilidad de las laderas y, por ende, afectar los hallazgos. Estos eventos naturales, fuera del control del investigador, han representado una incertidumbre inherente en el análisis del riesgo de deslizamientos. Los modelos de riesgo de deslizamientos de tierra pudieron no ser completamente precisos o no considerar todos los factores relevantes, como los cambios en la vegetación o en el uso del suelo (Idrogo, 2023).

- La precisión de estos modelos está sujeta a las limitaciones de las herramientas y técnicas empleadas, incluyendo los sistemas de información geográfica (SIG) y sensores remotos, cuya resolución de datos, precisión de los instrumentos y la interpretación de los datos pudieron presentar restricciones. Geográficamente, los resultados obtenidos para el tramo específico de carretera estudiado pudieron no ser aplicables a otras áreas con características diferentes (Idrogo, 2023).
- Temporalmente, los niveles de riesgos pudieron haber cambiar con el tiempo debido a factores como el cambio climático, la erosión y el desarrollo de la infraestructura (Idrogo, 2023).

1.6. VARIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación estuvo respaldada por diversos factores que incluyeron los saberes previos del investigador, la disponibilidad de tiempo, así como los recursos financieros, humanos y materiales necesarios. En términos de conocimientos y habilidades, el investigador contó con la formación y experiencia adecuadas para abordar el área de estudio, lo que garantizó una comprensión profunda de los procesos físicos, meteorológicos y geodinámicos involucrados en los deslizamientos de tierra. En cuanto a los recursos, la información geográfica que se necesitó para el análisis de riesgo estuvo disponible a través de instituciones gubernamentales y no gubernamentales, tanto a nivel nacional como internacional. Esta información fue esencial para la realización de estudios detallados y análisis precisos. Además, la información meteorológica específico de la ciudad de Tingo María, proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), está disponible y es accesible para su utilización en esta

investigación. La disponibilidad de tiempo para que se lleve a cabo la investigación estuvo contemplada dentro de un cronograma bien estructurado que permitió una gestión eficiente de las actividades. Asimismo, se contó con los recursos financieros necesarios para la adquisición de equipos, materiales y servicios indispensables para la ejecución del proyecto. Finalmente, el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la metodología orientada al cálculo probabilístico, en lugar de enfoques basados en modelos físicos complejos, contribuyeron a la viabilidad de la investigación al permitir un análisis más práctico y manejable de los riesgos asociados a los deslizamientos de tierra.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

En el trabajo de investigación de Machado (2023), titulado “Susceptibility and perception of landslide risk in the municipality of Coimbra”, presentado en la Universidad de Coimbra, planteó como objetivo definir e investigar las zonas del municipio propensas a deslizamientos y medir la percepción de riesgo de la población. La metodología fue cuantitativa aplicada; elaboró un inventario de deslizamientos (2000-2023) e identificó variables físicas (elevación, pendiente, orientación, curvaturas, litología, uso del suelo, distancia a carreteras y ríos) para construir un mapa de susceptibilidad mediante modelos de regresión logística y análisis multivariante en ArcGIS/ SPSS. El estudio tuvo nivel descriptivo correlacional y diseño no experimental transversal; la población la conformaron los deslizamientos ocurridos en Coimbra y empleó una muestra de 49 habitantes de tres parroquias, seleccionados mediante muestreo por conveniencia para el análisis de percepción. Las técnicas incluyeron análisis espacial de índices morfométricos y encuestas estructuradas; el instrumento fue un cuestionario validado, administrado de forma presencial. Entre los resultados, la clase de susceptibilidad “muy alta” concentró el 35,45 % de los deslizamientos y la clase “alta” el 26,36 %, sumando 61,81 % de los eventos. El estudio de percepción indicó que 91,5 % de los encuestados nunca había tomado medidas para reducir el riesgo, el 52,2 % evitaba zonas de riesgo y el promedio de percepción de vulnerabilidad de su vivienda fue $3,13 \pm 2,32$ (en una escala de 1–10). Observó correlación moderada entre la edad y la percepción del riesgo ($r = 0,527$, $p < 0,001$). En conclusión, evidenció una elevada susceptibilidad geográfica que no está acompañada por una adecuada percepción social; se recomienda fortalecer la educación y la gestión del riesgo.

En el trabajo de investigación de Adebí (2023), titulado “Landslide Susceptibility Prediction Adaptive to Triggering Events”, presentado en el Massachusetts Institute of Technology, planteó como objetivo mejorar los modelos de predicción de susceptibilidad incorporando variables dinámicas asociadas a eventos desencadenantes (precipitación y temperatura) y desplegarlos en un sistema de alerta temprana. El estudio tuvo enfoque cuantitativo y nivel aplicado experimental; empleó un diseño no experimental comparativo. La población fueron las cuencas de Mocoa (Colombia) y un sector de Puerto Rico; la muestra incluyó registros LIDAR de 17 km² con variables topográficas (altitud, pendiente, curvatura, orientación), uso del suelo, geología y variables dinámicas de precipitación y temperatura. Aplicó técnicas de minería de datos; los instrumentos fueron bases de datos geoespaciales y modelos de aprendizaje automático (regresión logística, bosques aleatorios, máquinas de soporte vectorial y AdaBoost). Los modelos ajustaron con y sin variables dinámicas para comparar su desempeño. Los resultados mostraron que los modelos con precipitaciones mejoraron la precisión: por ejemplo, en regresión logística el RMSE redujo de 0,1284 a 0,1229 y la exactitud aumentó de 0,3589 a 0,3760; en bosques aleatorios la exactitud subió de 0,3603 a 0,3826. Concluyó que la inclusión de eventos desencadenantes mejora significativamente la predicción y permite adaptar los umbrales de alerta a condiciones meteorológicas en tiempo real.

En el trabajo de investigación de Ormaza & Sarmiento (2020), titulado “Evaluación de riesgos naturales, antrópicos y propuesta de un plan de contingencia en la Unidad Educativa Esperanza Eterna de la ciudad de Puyo”, el objetivo fue diagnosticar los peligros naturales y antrópicos que afectan a la institución y formular un plan de contingencia para reducir su impacto. Empleó un enfoque cuantitativo descriptivo de nivel aplicado con diseño no experimental. La población abarcó a estudiantes, docentes y personal administrativo; seleccionó una muestra representativa mediante muestreo probabilístico. Para la caracterización del peligro levantó un inventario de amenazas (deslizamientos,

inundaciones, incendios, fugas de gas), y para la vulnerabilidad se aplicaron encuestas y entrevistas semiestructuradas. La técnica principal fue el Análisis de Riesgos siguiendo el manual del CENEPRED (identificación de peligros, valoración de vulnerabilidad y cálculo del riesgo); complementó con observación de campo. Los instrumentos incluyeron cuestionarios validados y fichas de inspección. Como resultados, identificó que el 65 % de las aulas presentaba materiales combustibles sin señalización adecuada y el 40 % estaba expuesto a deslizamientos por la pendiente del terreno. La propuesta de plan de contingencia estableció rutas de evacuación, señalización y capacitación periódica. Concluyó que, aunque los peligros son inevitables, la preparación y la educación pueden reducir significativamente la vulnerabilidad.

En el estudio de Ansari et al. (2025), titulado *“Integrated GIS-AHP based assessment of earthquake vulnerability and risk for urban residential buildings in Muscat, Sultanate of Oman”*, se planteó desarrollar un marco de microzonificación sísmica para el barrio Al-Seeb en Muscat utilizando sistemas de información geográfica (SIG) y el método Analytic Hierarchy Process (AHP). Se trató de una investigación aplicada de enfoque mixto y corte transversal; la población fueron los edificios residenciales del sector y la muestra correspondió a las celdas de un grid de 1 km × 1 km, para cada una de las cuales se caracterizaron variables sísmicas, geotécnicas, estructurales, ambientales y socioeconómicas. Mediante entrevistas a expertos se identificaron seis temas de vulnerabilidad (sísmico, geotécnico, acceso a instalaciones vitales, acceso a instalaciones peligrosas, estructural, ambiental y socioeconómico) y 23 subtemas; las comparaciones pareadas siguieron la escala de Saaty (1–9) y produjeron pesos normalizados en los que el tema sísmico obtuvo 0,14 y el tema geotécnico 0,13, con índices de consistencia menores a 0,1. Para cada celda se calculó un índice de vulnerabilidad y se integró con la peligrosidad sísmica para generar un mapa de riesgo. Los resultados indicaron que los distritos centrales como Al-Hail North y Old Al-Khoud presentaban las categorías de riesgo más

altas, mientras que Al-Maabilah mostró signos de resiliencia, con 60 % de las viviendas sufriendo daños menores y 20 % daños mayores. El estudio concluyó que las áreas con mayor riesgo coincidían con zonas de suelos blandos, densidad urbana alta y escasa renovación de la infraestructura; recomendó priorizar la rehabilitación de edificios antiguos y regular la ubicación de estaciones de combustible y asentamientos industriales.

Liu et al. (2023) Desarrolló el artículo *“Risk assessment of deep excavation construction based on combined weighting and nonlinear fuzzy AHP”* publicado en *Frontiers in Earth Science*. El objetivo fue mejorar la evaluación de riesgos en excavaciones profundas donde los resultados del tradicional Fuzzy AHP pueden verse afectados por la subjetividad y la linealidad del operador de agregación. La investigación siguió un enfoque aplicado; se construyó un índice de riesgos mediante la combinación de un método de work breakdown structure (WBS) y risk breakdown structure (RBS) para identificar cinco fases del proceso (preparación, obras de contención, drenaje, excavación y monitoreo) y quince subfases. Se calcularon pesos combinados uniendo la ponderación subjetiva (basada en la opinión de expertos) con la objetiva (método de entropía) mediante teoría de juegos, y luego se aplicó un operador no lineal al modelo de Fuzzy AHP para evitar la pérdida de influencia de los factores más críticos. Para validar la propuesta, el modelo se aplicó al proyecto del Parque de Ciencia e Innovación Rongmin de Xi'an. Los pesos resultantes presentaron un vector $N = [0,3125; 0,3229; 0,1939; 0,0854; 0,0854]$, lo que implicó que la mayor incidencia correspondía a las etapas iniciales de preparación y obras de contención. Según el principio del grado máximo de pertenencia, la excavación se clasificó en riesgo nivel 2 (riesgo relativamente bajo). La comparación con el FAHP tradicional mostró que el nuevo modelo mejora la coherencia de los pesos y permite priorizar las medidas de control en función de los resultados; por ejemplo, recomendó reforzar el monitoreo continuo y ajustar los métodos de contención para reducir la probabilidad de colapso de taludes.

El trabajo de Pyakurel y Adhikari (2025) titulado *“Tunnel safety evaluation in the Nepal Himalaya: a case study of utilizing analytic hierarchy process (AHP) for comprehensive risk assessment”* se propuso identificar y jerarquizar los factores de riesgo en proyectos de túneles nepalíes. La investigación fue de tipo descriptiva aplicada, con enfoque mixto y diseño no experimental; la población correspondió a proyectos de túneles en Nepal y la muestra estuvo constituida por 43 expertos de la industria, de los cuales se recibieron 36 cuestionarios (83,72 % de tasa de respuesta) y se analizaron 35 (los participantes tenían más de 16 años de experiencia). Se identificaron diez dimensiones primarias de riesgo (social, económico-político, constructivo, de recursos, diseño, implementación, tecnológico, geotécnico, natural y de seguridad) y treinta y tres factores secundarios. A través de comparaciones pareadas se elaboraron matrices AHP; las métricas de consistencia fueron $\lambda_{\max} = 10,292$, CI = 0,032 y CR = 0,022, valores inferiores al umbral 0,1 que evidencian coherencia en los juicios. Los pesos finales mostraron que el riesgo geotécnico era el más importante con 26,04 %, seguido de riesgos por amenazas naturales con 15,44 % y riesgos de seguridad con 15,13 %. Dentro de la categoría geotécnica, el tunnel squeezing representó 51,85 % de dicha subcategoría, la estructura geológica 28 % y las intrusiones de agua 11,37 %. Entre los riesgos naturales destacaron los deslizamientos o caída de escombros (45,11 %), los terremotos (26,25 %) y los incendios (14,64 %); en la dimensión de seguridad, los accidentes de tráfico representaron 64,33 %, la insuficiente protección de los trabajadores 18,93 % y la falta de medidas de protección ambiental 16,74 %. El estudio recomendó reforzar las investigaciones geológicas, mejorar la planificación contractual para prever incrementos de precios y consolidar programas de capacitación para trabajadores y gestores de proyectos.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

En el trabajo de Suloaga (2023), titulado *“Evaluación de riesgo por deslizamiento mediante el análisis de peligrosidad y vulnerabilidad del Centro Poblado de Mallas, Huari – 2022”*, presentado en la Universidad

Nacional José Faustino Sánchez Carrión, planteó como objetivo determinar el nivel de riesgo por deslizamientos mediante el análisis integrado de peligrosidad y vulnerabilidad en el centro poblado de Mallas. Realizó una investigación aplicada de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo con diseño no experimental transversal. La población correspondió a las viviendas y habitantes del centro poblado; utilizó una muestra censal de sectores críticos para el levantamiento de datos. La metodología siguió el método multicriterio del CENEPRED: elaboraron mapas de pendientes, geología, uso del suelo y cobertura; ponderaron mediante el proceso analítico jerárquico (AHP) y calcularon índices de susceptibilidad. Para la vulnerabilidad aplicaron encuestas socioeconómicas y evaluaron variables de exposición, fragilidad y capacidad de resiliencia. Los instrumentos fueron cuestionarios y formatos de campo. Entre los resultados, la zona de estudio presentó áreas de peligrosidad alta (32 %) y muy alta (18 %), concentradas en laderas con pendientes mayores a 35° y suelos coluviales. La vulnerabilidad socioeconómica resultó alta en 54 % de las viviendas debido a construcciones informales y falta de obras de drenaje. El análisis de riesgo integró ambos componentes y determinó que el 28 % de la superficie tiene riesgo muy alto, recomendándose la reubicación y obras de estabilización. Concluyó que la aplicación del AHP y la evaluación socioeconómica permiten identificar áreas prioritarias para la mitigación del riesgo.

En el trabajo de investigación de Idrogo (2023), titulado “Niveles de riesgo por deslizamiento de tierra en la expansión urbana – Sector 9 de la ciudad de Chota, aplicó metodología del CENEPRED, 2021”, desarrollado en la Universidad Nacional Autónoma de Chota, planteó como objetivo evaluar los niveles de riesgo por deslizamiento en el sector 9 de la ciudad de Chota utilizando la metodología del CENEPRED. La investigación tuvo enfoque cuantitativo aplicado y nivel descriptivo-explicativo; el diseño fue no experimental transversal. Para el análisis de peligrosidad seleccionó de forma conveniente un área de 54,28 hectáreas afectada por deslizamientos; la vulnerabilidad evaluó

con un muestreo probabilístico encuestando a 285 familias. Las técnicas incluyeron análisis de mapas de pendientes, litología y uso del suelo, y aplicación de matrices de exposición y fragilidad del CENEPRED; el instrumento fue un cuestionario estructurado. Los resultados indicaron que el peligro frente a deslizamientos era muy alto en 32,08 %, alto en 48,13 % y medio en 19,80 % del área. La vulnerabilidad de las viviendas fue muy alta en 4,91 %, alta en 79,30 %, media en 11,23 %, baja en 3,16 % y muy baja en 1,40 %. Al combinar ambos factores, el nivel de riesgo resultó bajo en 1,88 %, medio en 78,61 %, alto en 19,40 % y muy alto en 0,12 % del área. El estudio realizó además un análisis de estabilidad de los taludes de mayor riesgo mediante el programa Slide, obteniendo factores de seguridad de 1,874 a 2,136 en condiciones estáticas y 1,233 a 1,566 en condiciones dinámicas. Concluyó que, aunque los taludes son estables en condiciones normales, eventos externos como lluvia intensa o sismos podrían desencadenar deslizamientos, por lo que se recomiendan obras de drenaje y reforestación.

En el trabajo de De La Cruz & Valderrama (2021), titulado “Análisis de las inestabilidades de taludes a fin de reducir el riesgo a deslizamiento en la Carretera Vecinal Unguymarán – Ambo, distrito de Tomaykichwa, provincia de Ambo”, presentado en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, se buscó identificar las causas titulado “Evaluación del riesgo de deslizamiento de un depósito de relave inoperativo en la cabecera de cuenca del Río Rímac, Chicla – Huarochirí – Lima considerando variables geotécnicas en el proceso de análisis jerárquico”, el objetivo fue evaluar el riesgo de deslizamiento de un depósito de relaves inoperativo incorporando variables geotécnicas al método de análisis jerárquico del CENEPRED. La investigación clasificó como aplicada, con enfoque cuantitativo y nivel pre-experimental; el método fue inductivo y el diseño transversal no experimental. La población la constituyeron las estructuras del depósito de relaves “Rous” y “Yacu” situadas en la cabecera del río Rímac; seleccionó una muestra de corte de la sección más representativa para los análisis. Se emplearon técnicas geotécnicas: ensayos de laboratorio de suelos, modelación mediante el

software SLIDE y matrices de peligro y vulnerabilidad del CENEPRED. Los instrumentos incluyeron fichas de campo, tablas de análisis jerárquico y el programa de equilibrio límite. Entre los resultados, el análisis de estabilidad determinó un factor de seguridad estático de 1,74 y un factor de seguridad pseudoestático de 0,804. Los valores ponderados de los descriptores geotécnicos mostraron que el parámetro de factor de seguridad estático tenía un peso de 0,633, mientras que el pseudoestático tenía 0,260. La matriz de riesgo geotécnico arrojó un valor final de riesgo de 0,101, clasificado como “Muy alto” según los rangos del CENEPRED. La investigación concluyó que la incorporación de factores geotécnicos proporciona una evaluación más rigurosa del riesgo y recomendó medidas de estabilización del depósito y monitoreo continuo.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

En el trabajo de Zelaya (2022), titulado “Análisis de las inestabilidades de taludes a fin de reducir el riesgo a deslizamiento en la Carretera Vecinal Unguymarán – Ambo, distrito de Tomaykichwa, provincia de Ambo”, presentado en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, se buscó identificar las causas titulado “Factores físicos para un modelo estadístico de susceptibilidad a deslizamientos de masas en el distrito de Sillapata el año 2021”, desarrollado en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se propuso identificar y cuantificar los factores físicos que intervienen en un modelo estadístico de susceptibilidad a deslizamientos en Sillapata. La investigación tuvo enfoque cuantitativo y nivel aplicado correlacional. La población fueron las laderas susceptibles del distrito; se seleccionó una muestra de unidades de terreno obtenida mediante fotointerpretación y verificación de campo. El diseño fue no experimental transversal, y se utilizaron técnicas de análisis espacial y regresión logística; las variables incluyeron pendiente, orientación, curvatura, litología, uso del suelo, distancia a ríos y carreteras. Los instrumentos fueron bases de datos geoespaciales y un inventario de deslizamientos construido a partir de registros locales. El modelo de regresión permitió estimar la contribución

de cada factor al índice de susceptibilidad y generó mapas de susceptibilidad con cinco clases (muy baja a muy alta). Los resultados indicaron que la pendiente ($> 30^\circ$) y la proximidad a fallas geológicas fueron los factores con mayor peso; las clases “alta” y “muy alta” representaron alrededor de 25 % del territorio analizado. Se concluyó que el modelo estadístico es una herramienta útil para la planificación territorial y recomendó complementar con datos de lluvia y cobertura vegetal para futuros estudios.

En el trabajo de Acha (2022), titulado “Análisis de las inestabilidades de taludes a fin de reducir el riesgo a deslizamiento en la Carretera Vecinal Unguymarán – Ambo, distrito de Tomaykichwa, provincia de Ambo”, presentado en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, se buscó identificar las causas titulando “Estimación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en la provincia de Leoncio Prado, región Huánuco”, desarrollado en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se planteó como objetivo determinar los umbrales de lluvia (intensidad-duración) que desencadenan deslizamientos en la provincia de Leoncio Prado. La investigación fue cuantitativa aplicada con nivel descriptivo-predictivo y diseño no experimental. La población consistió en eventos de lluvia y deslizamientos registrados entre 2010 y 2021; la muestra se formó con los episodios de deslizamiento asociados a lluvias intensas. Se emplearon técnicas de análisis estadístico (análisis de frecuencia y regresión logística) y análisis de relación intensidad-duración; las variables se obtuvieron de estaciones meteorológicas y de un inventario de deslizamientos. Los instrumentos fueron series de datos de precipitación horaria y diaria, imágenes satelitales y registros de campo. Los resultados permitieron establecer umbrales inferiores y superiores de lluvia: se identificó que lluvias acumuladas mayores a 90 mm en 24 horas con intensidades superiores a 10 mm/h desencadenaron deslizamientos en suelos saturados, mientras que en condiciones secas los umbrales se incrementaban a 120 mm acumulados. El estudio concluyó que la estimación de umbrales locales mejora el sistema de

alerta temprana y recomendó la instalación de más pluviómetros en zonas críticas.

En el trabajo de Astete (2021), titulado “Análisis de las inestabilidades de taludes a fin de reducir el riesgo a deslizamiento en la Carretera Vecinal Unguymarán – Ambo, distrito de Tomaykichwa, provincia de Ambo”, presentado en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, se buscó identificar las causas de inestabilidad en los taludes de la carretera Unguymarán – Ambo y proponer medidas para reducir el riesgo de deslizamientos. Se desarrolló una investigación aplicada con enfoque cuantitativo y nivel descriptivo-diagnóstico; el diseño fue no experimental de corte transversal. La población estuvo compuesta por los taludes ubicados a lo largo de 8 km de vía; se eligió una muestra de 15 taludes representativos según pendientes y condiciones geológicas. Las técnicas incluyeron levantamientos topográficos, ensayos geotécnicos (corte directo y compresión triaxial) y análisis de estabilidad mediante el método del equilibrio límite. Se utilizó como instrumento el software Slope W para calcular factores de seguridad bajo condiciones estáticas y pseudoestáticas. Los resultados revelaron que el 60 % de los taludes presentaba factores de seguridad inferiores a 1,5, considerado límite seguro; los taludes con pendientes superiores a 40° y suelos arcillosos mostraron mayor inestabilidad. Se propusieron medidas de mitigación como drenajes superficiales y subterráneos, muros de contención, revegetación y control de escurrimientos, las cuales reducirían el riesgo a niveles aceptables. La conclusión destaca la necesidad de una intervención integral que combine obras de ingeniería y manejo ambiental para garantizar la seguridad de los usuarios de la carretera.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. RIESGO

Se define como la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro (CENEPRED, 2015). De

acuerdo con (Tarazona, 2021), la estratificación del riesgo por deslizamiento puede presentarse como en la Tabla 2.

Tabla 2*Estratificación de los niveles de riesgo por deslizamiento*

Niveles Riesgo	Descripción	RANGO
Muy Alto	Escala de velocidad de desplazamiento de masas es lenta, velocidad media 16 m/año; nivel de daños en viviendas afectadas entre 4 a 16%; Periodo de retomo entre 5 a 10 años: con rango de anomalías de precipitaciones durante diciembre a febrero de 180 a 210 superior a su normal crítica. Depósitos coluviales; vertiente con depósito de deslizamiento, con pendiente fuerte de 15° a 25°. De 0 a 5 años y mayores de 65 años; Cantidad de personas expuesta por vivienda Mayor o igual a 8 personas; Experiencia pasada de desastres en la localidad Deficiente; Capacitación en Gestión de Riesgo de Desastres Nunca; Actitud frente al Riesgo Fatalista; Ubicación de viviendas en el área de influencia De 20 a 30 viviendas; Ubicación de infraestructura pública con respecto al área de influencia Muy cercana 0 km - 0.2 km; Material predominante en las paredes Adobe o tapia Quincha (caña con barro) Piedra con mortero de barro Ladrillo o bloque de cemento.	$0.075 \leq R < 0.205$
Alto	Escala de velocidad de desplazamiento de masas es lenta, velocidad media 16 m/año; nivel de daños en viviendas afectadas entre 4 a 16%; Periodo de retomo entre 5 a 10 años; con rango de anomalías de precipitaciones durante diciembre a febrero de 140 a 180 superior a su normal crítica. Con depósitos aluviales, con geomorfología de piedemonte aluvial; con pendiente moderado de 5° a 15°. De 5 a 12 años y de 60 a 65 años; Cantidad de personas expuesta por vivienda De 6 a 7 personas; Ubicación de viviendas en el área de influencia De 20 a 30 viviendas; Ubicación de infraestructura pública con respecto al área de influencia Cercana 0.2 km -1 km; Material predominante en las paredes Adobe o tapia Quincha (caña con barro) Piedra con mortero de barro Ladrillo o bloque de cemento.	$0.024 \leq R < 0.075$
Medio	Escala de velocidad de desplazamiento de masas es lenta, velocidad media 16 m/año; nivel de daños en viviendas afectadas entre 4 a 16%; Periodo de retomo entre 5 a 10 años; con rango de anomalías de precipitaciones durante diciembre a febrero de 100 a 140 superior a su normal crítica; depósitos pluviales; planicie de terraza aluvial y piedemonte coluvio-deluvial; con pendiente Muy fuerte: 25° A 45°. Grupo etario De 12 a 15 años y de 50 a 60 años; Cantidad de personas expuesta por vivienda De 4 a 5 personas; Actitud frente al Riesgo Regularmente; Ubicación de viviendas en el área de influencia; Ubicación de infraestructura pública con respecto al área de influencia Medianamente cerca 1 -3 km Alejado 3 a 5 km	$0.006 \leq R < 0.024$
Bajo	Escala de velocidad de desplazamiento de masas es lenta, velocidad media 16 m/año; nivel de daños en viviendas afectadas entre 4 a 16%; Periodo de retorno entre 5 a 10 años; con rango de anomalías de precipitaciones durante diciembre a febrero de 50 a 100 superior a su normal crítica, con geologías de formación Oyón y Chimú; Montaña estructural en roca sedimentaria; con pendientes Escarpado: Mayor a 45° y Suave: 0 a 5°. Grupo etario De 15 a 50 años; Cantidad de personas expuesta por vivienda Solo una persona; Capacitación en Gestión de Riesgo de Desastres una (01) vez por año; Actitud frente al Riesgo positiva; Ubicación de viviendas en el área de influencia Menores a 20 viviendas; Ubicación de infraestructura pública con respecto al área de influencia Alejado 3 a 5 km.	$0.002 \leq R < 0.006$

Fuente: Tarazona (2021).

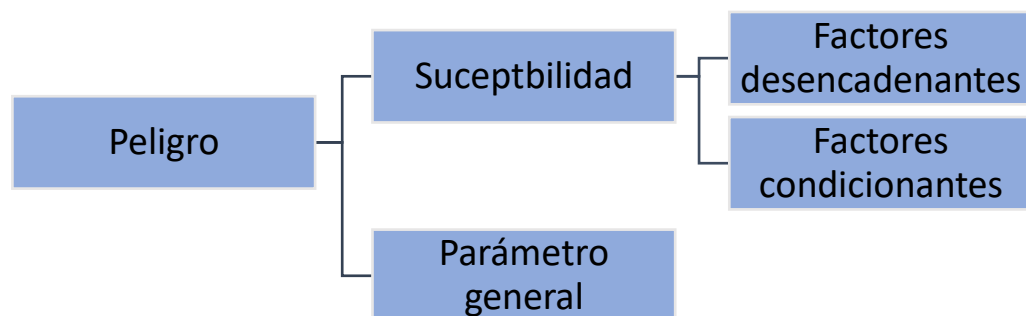
2.2.2. PRECIPITACIONES

Es un fenómeno meteorológico que se refiere a la caída de agua en sus diversas formas desde la atmósfera hacia la superficie de la Tierra. Esto ocurre cuando las partículas de agua suspendidas en las nubes se aglutinan hasta formar gotas lo suficientemente grandes como para caer debido a la gravedad. Las precipitaciones son vitales para la vida en la Tierra ya que juegan un papel crucial en el ciclo del agua (CENEPRED, 2015).

2.2.3. PELIGRO

Se define como la probabilidad de que un evento natural o antrópico puedan causar daños a la población y sus medios de vida (CENEPRED, 2015). De acuerdo con del CENEPRED el peligro tiene el esquema de la Figura 1.

Figura 1
Esquema de determinación del peligro



Fuente: CENEPRED (2015).

En el estudio realizado por (Tarazona, 2021), en el que se realiza una evaluación de riesgos por deslizamiento de masas siguiendo la metodología del CENEPRED, se utilizaron los siguientes parámetros para evaluar el peligro (Tabla 3).

Tabla 3*Parámetros seleccionados para la evaluación de peligro por deslizamiento de masas*

Parámetro general de evaluación	Escala de áreas inestables (m ²)
Factor desencadenante	Precipitaciones máximas en 24 h (mm)
	Unidades geológicas
Factor condicionante	Unidades geomorfológicas
	Pendiente (°)

*Fuente: Tarazona (2021).***2.2.3.1. SUCEPTIBILIDAD**

Propensión intrínseca del terreno a que ocurran deslizamientos en un lugar dado, en función de sus condiciones físicas (pendiente, litología, uso/cobertura, drenaje), sin considerar ni el momento ni la magnitud del evento (CENEPRED, 2015).

- **FACTOR DESENCANDENANTE**

Agente o proceso de corta duración que perturba el equilibrio e inicia el movimiento en un talud previamente predispuesto (p. ej., lluvia intensa sobre umbrales, sismos, socavación) (Olivera, 2024).

- **FACTOR CONDICIONANTE**

Característica relativamente permanente del medio que predispone a la inestabilidad (p. ej., pendiente, litología, estructura, suelos, cobertura/uso del suelo, drenaje) (CENEPRED, 2015).

2.2.3.2. PARÁMETRO GENERAL

- **FRECUENCIA**

Medida temporal del peligro: número esperado de deslizamientos por unidad de tiempo (o su inverso, el periodo de retorno T , tal que frecuencia $\approx 1/T$), usada para estratificar el nivel de peligro en zonificaciones aplicadas (Olivera, 2024).

2.2.4. VULNERABILIDAD

Se define como el grado de debilidad que tiene la población o sus medios de vida al encontrarse expuesto ante un peligro considerando factores como fragilidad y resiliencia (CENEPRED, 2015). En el estudio realizado por (Tarazona, 2021) en el que se realiza una evaluación de riesgos por deslizamiento de masas siguiendo la metodología del CENEPRED, se utilizaron los parámetros de la Tabla 4, para evaluar la vulnerabilidad:

2.2.4.1. SOCIAL

- **Exposición**

Cantidad de personas y viviendas situadas dentro del área de influencia del deslizamiento, considerando cercanía al talud, tiempo de permanencia diaria y uso de espacios externos (escuela, trabajo, comercio) en la zona crítica; aumenta con la densidad poblacional y la proximidad del asentamiento a laderas inestables. (CENEPRED, 2015).

- **Fragilidad**

Fragilidad. Condiciones internas que incrementan el daño esperado: materiales y estado constructivo (calamina, muros fisurados, antigüedad), presencia de grupos etarios dependientes y/o discapacidad, y déficit de servicios básicos, lo cual reduce la resistencia física y dificulta la evacuación segura. (Olivera, 2024).

- **Resiliencia**

Capacidad del hogar y la comunidad para anticipar, soportar y recuperarse del evento; depende del nivel educativo, la organización vecinal, el acceso a información/alerta y el entrenamiento en preparación y respuesta, y mejora con simulacros, señalización y acceso oportuno a salud y comunicaciones. (CENEPRED, 2015).

2.2.4.2. ECONÓMICA

- **Exposición**

Localización de actividades y activos económicos (comercio, turismo, servicios) dentro del área de impacto, así como la dependencia del corredor vial y la intensidad del flujo vehicular y de proveedores; a mayor concentración de unidades productivas en la franja inestable, mayor exposición. (CENEPRED, 2015).

- **Fragilidad**

Debilidades del capital físico y del negocio: infraestructura deteriorada o informal, inventarios sin protección, dependencia de ingresos diarios y ausencia de seguros, condiciones que amplifican pérdidas directas y dificultan la reposición de activos. (UNDRR, 2017).

- **Resiliencia**

Capacidad para sostener gastos y reanudar operaciones tras la interrupción: ahorros, días de subsistencia sin ingresos, acceso a crédito y seguros, diversificación de fuentes de ingreso y existencia de planes de continuidad y redes de apoyo. (CENEPRED, 2015).

2.2.4.3. AMBIENTAL

- **Exposición**

Elementos del entorno situados en el área de influencia (suelos, cobertura vegetal, cauces/fuentes de agua) y su cercanía a focos de residuos o descargas; la presencia de receptores sensibles aguas abajo o al pie del talud incrementa la exposición. (UNDRR, 2017).

- **Fragilidad**

Susceptibilidad del medio a degradarse: suelos poco cohesivos y pendientes fuertes, deforestación, compactación, drenajes obstruidos y mala gestión de residuos y aguas servidas, condiciones que favorecen

erosión, saturación y arrastre contaminante. (CENEPRED, 2015).

- **Resiliencia**

Capacidad del ecosistema para amortiguar y recuperarse: cobertura vegetal protectora y raíces profundas, suelos con buena estructura y drenajes funcionales, sumado a prácticas de manejo y educación ambiental; la restauración y revegetación elevan esta capacidad. (UNDRR, 2017).

Tabla 4

Parámetros seleccionados para la evaluación de vulnerabilidad por deslizamiento de masas

Exposición social	Cantidad de personas expuestas por vivienda
Fragilidad social	Grupo etario
	Tipo de abastecimiento de agua
	Tipo de servicio higiénico
	Tipo de alumbrado
Resiliencia social	Experiencia pasada de desastres en la localidad
	Capacitación en gestión de riesgo de desastres
	Actitud frente al riesgo
Exposición económica	Ubicación de viviendas en el área de influencia
	Ubicación de infraestructura pública con respecto al área de influencia (km)
	Área agrícola expuesta (%)
Fragilidad económica	Material predominante en las paredes
	Estado de conservación de la vivienda
	Ingreso familiar (S/)
	Ocupación principal
	Pertenece a una comunidad campesina
Exposición ambiental	Pérdida de suelo
Fragilidad ambiental	Manejo del sistema de agua residual

Fuente: Tarazona (2021).

2.2.5. DESLIZAMIENTOS

Los movimientos en masa en laderas son procesos de movilización lenta o rápida que involucran suelo, roca o ambos, causados por exceso de agua en el terreno y/o por efecto de la fuerza de gravedad.

(CENEPRED, 2015). En la Figura 2, se muestra una representación esquemática de deslizamiento.

Figura 2

Representación esquemática de deslizamiento de masas



Fuente: CENEPRED (2015).

Los deslizamientos consisten en un descenso masivo o relativamente rápido, a veces de carácter catastrófico, de materiales, a lo largo de una pendiente. El deslizamiento se efectúa a lo largo de una superficie de deslizamiento, o plano de cizalla, que facilita la acción de la gravedad. La pérdida de cobertura vegetal y forestal favorece a la meteorización y el consecuente desplazamiento mecánico del material por factores desencadenantes (UNDRR, 2017).

2.2.6. ANALISIS JERARQUICO AHP

El Analytic Hierarchy Process, desarrollado por Thomas Saaty, es una técnica de decisión multicriterio que combina juicios cualitativos y cuantitativos mediante comparaciones pareadas. Su aplicación en geotecnia y gestión del riesgo se apoya en tres componentes estadísticos clave:

Construcción de la matriz de comparaciones pareadas: los decisores comparan cada par de criterios empleando una escala de prioridades de 1 a 9, donde 1 indica igual importancia y 9 extrema prioridad de un criterio sobre otro. Estas comparaciones forman una matriz cuadrada $A = [a_{ij}]$, donde $a_{ij} = 1/a_{ji}$.

Derivación de los pesos mediante la normalización y el valor propio dominante: la matriz se normaliza dividiendo cada elemento entre la

suma de su columna y luego promediando por filas para obtener el vector de pesos aproximado. Formalmente, se busca el autovector w asociado al mayor autovalor $\lambda_{\max}$ que satisface $Aw = \lambda_{\max}w$; este vector, normalizado a suma uno, representa la prioridad relativa de cada criterio. Consistencia de los juicios: el AHP evalúa la coherencia de las comparaciones mediante el Índice de Consistencia (CI), calculado como $CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$, donde n es el número de criterios. Para interpretar este valor se utiliza el Índice Aleatorio (RI) (obtenido de matrices aleatorias de orden (n)).

La Razón de Consistencia (CR) se define como $CR = CI/RI$; un valor $CR < 0,1$ indica que los juicios son suficientemente consistentes y no requieren revisión. Este control permite validar que los pesos derivados representan de forma fiable las preferencias de los expertos, condición esencial en estudios de riesgo donde las decisiones pueden afectar obras civiles y seguridad. La aplicación del AHP implica, en la práctica, normalizar las matrices de comparación, calcular el vector de prioridades mediante el autovector principal, y comprobar el índice de consistencia.

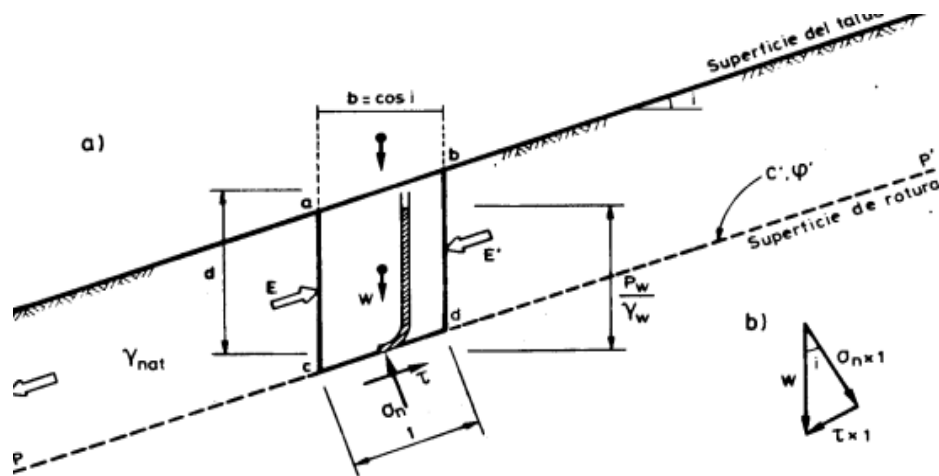
Algunos autores complementan este procedimiento con métodos de ponderación objetiva (p. ej., entropía) y técnicas híbridas (FAHP, FTA) para reducir la subjetividad o abordar la incertidumbre, como se evidencia en los estudios de Liu et al. (2023) y Pyakurel y Adhikari (2025).

2.2.7. FACTOR DE SEGURIDAD

Se expresa como “F”, mide la relación entre las fuerzas resistentes del terreno y las inestabilizadoras. Valores de F superiores a 1 indican condiciones estables, y valores menores de 1 indican condiciones inestables. Cuando $F = 1$ la ladera o el talud se encuentra en el punto de rotura (UNDRR, 2017). El esquema se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Diagrama para el análisis de la estabilidad de un talud infinito en deslizamiento plano, (el esquema b muestra las tensiones normal y tangencial sobre la superficie de Rotura)



Fuente: CENEPRED (2015).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Climatología.** - Es una de las ramas de la geografía física que estudia el clima y el tiempo. Dedicada al estudio de los fenómenos climáticos, clasificación de los climas y la interferencia de las acciones humanas en el clima mundial (AMS, 2025).
- **Cobertura.** - Hace referencia a la información del material físico en la superficie de la tierra y el uso del suelo se asocia a las modificaciones hechas sobre esta cobertura por el hombre. La detección de cambios de cobertura o uso es el proceso de identificar los cambios en un área o fenómeno ambiental mediante la observación en diferentes momentos de tiempo (Hussain et al., 2013).
- **Desastres.** – Conjunto de daños y pérdidas, en salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y ambiente, que ocurre a consecuencia del impacto de un peligro o amenaza cuya intensidad genera graves alteraciones en el funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando la capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus consecuencias, pudiendo ser de origen natural o incluido por la acción humana (UNDRR, 2017).
- **Deslizamiento de tierras.** - Movimiento masivo de rocas, escombros, tierra o lodo por una pendiente (CENEPRED, 2015).

- **Exposición.** - Está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad (CENEPRED, 2015).
- **Fragilidad.** - Está referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está centrada en las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno, por ejemplo: formas de construcción, no seguimiento de normativa vigente sobre construcción y/o materiales, entre otros. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad (CENEPRED, 2015).
- **Pendientes.** – Es el grado de inclinación de los terrenos y definido como ángulo formado por dos lados, siendo la forma normal de expresar la medición de un ángulo utilizando el sistema sexagesimal por lo general los terrenos agrícolas no superan los 45° por razones agrónomas, de conservación y manejo de suelos, pero se da el caso para la región natural sierra este límite se ve superado con relativa frecuencia, hasta niveles de los 50° o más grados (CENEPRED, 2015).
- **Prevención.** - Proceso de la gestión del riesgo de desastres, que comprende las acciones que se orientan a evitar la generación de nuevos riesgos en la sociedad en el contexto de la gestión del desarrollo sostenible (CENEPRED, 2015).
- **Resiliencia.** - Está referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad (CENEPRED, 2015).
- **Urbano.** - La concepción de las ciudades y de los modelos de desarrollo urbanístico están experimentando un incremento a gran escala. Frente a

la tendencia desarrollista que promovía el crecimiento de los asentamientos urbanos conforme al modelo comúnmente denominado de mancha de aceite que hoy en día se percibe que el suelo es un recurso natural, escaso no renovable, de tal manera que no es posible al menos no lo es desde un punto de vista sostenible continuar diseñando la transformación de las ciudades según las pautas urbanísticas tradicionales. En consecuencia, se está produciendo una vuelta a la ciudad no solo desde la realidad jurídico española, sino también desde el contexto que nos otorgan las políticas europeas (European Commission, 2021).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

HG: Los niveles de riesgo por deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, progresiva KM 425+246 – KM 425+338, son de nivel alto a nivel muy alto.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

HE1: Los niveles de peligro por deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, progresiva KM 425+246 – KM 425+338, son de nivel alto a nivel muy alto.

HE2: Los niveles de vulnerabilidad por deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, progresiva KM 425+246 – KM 425+338, son de nivel alto a nivel muy alto.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE 1

- Nivel de riesgo

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 5

Operacionalización de variables de la investigación

Variables	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición	Tipo de variable	Instrumento
Variable 1 Riesgo	Índice compuesto $R = P \times V$ por vivienda/punto del tramo, ponderado con AHP y cartografiado en SIG	Vulnerabilidad	Social Exposición: densidad poblacional. Fragilidad: discapacidad, grupo etario, material de techo, material de pared. Resiliencia: grado de instrucción, ingreso económico.	Muy Alto / Alto / Medio / Bajo	Ordinal	Análisis jerárquico
			Económica Resiliencia: días de subsistencia sin negocio. Exposición: densidad vehicular. Fragilidad: infraestructura frágil de los negocios.	Muy Alto / Alto / Medio / Bajo	Ordinal	Análisis jerárquico
			Ambiental Exposición: distancia a punto crítico de residuos. Fragilidad: cantidad de puntos críticos de residuos. Resiliencia: capacitación ambiental.	Muy Alto / Alto / Medio / Bajo	Ordinal	Análisis jerárquico
		Peligro	Susceptibilidad Factores desencadenantes: Precipitaciones máximas en 24 horas. Factores condicionantes: pendientes, tipo de suelos, uso de suelos y distancias	Muy Alto / Alto / Medio / Bajo	Ordinal	Análisis jerárquico
			Parámetro de evaluación General Frecuencia: frecuencia de deslizamiento.	Muy Alto / Alto / Medio / Bajo	Ordinal	Análisis jerárquico

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo de investigación científica básica que orienta en conocimientos nuevos y en potenciar el campo teórico para ser aplicadas en el futuro. Lo que estimula la investigación básica fue la indagación científica y el deseo de contribuir al avance del conocimiento, sin buscar resolver un problema práctico de manera inmediata (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

3.1.1. ENFOQUE

La investigación fue de tipo mixto, ya que la recolección de datos se da cualitativamente, provenientes de la recolección de datos en campo, que posteriormente se realizó un análisis cuantitativo porque trabajaron con datos numéricos para el posterior procesado y análisis, por ello esta investigación tuvo resultados de tipo cuantitativo (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). En beneficio de la coherencia metodológica, ya que se trabajó con valores cuantitativos de vulnerabilidad, peligro y riesgo.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

De acuerdo con (Hernández-Sampieri, Fernández-Collao & Baptista-Lucio; 2006), un estudio descriptivo tuvo como meta describir fenómenos, situaciones, contextos y eventos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan.

Los estudios descriptivos en esta investigación buscan especificar las propiedades, las características de un fenómeno en particular. La presente investigación que es de tipo descriptivo, describirá el riesgo (riesgo alto, medio, bajo, etc.) por deslizamiento.

Por otra parte, este estudio es también de tipo descriptivo-explicativo porque pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian. Este estudio pretende explicar los niveles de riesgos a partir de los deslizamientos (Hernández-Sampieri, Fernández-Collao & Baptista-Lucio; 2006).

3.1.3. DISEÑO

Como el fin del trabajo fue describir el nivel de riesgo, utilizó el diseño no experimental, caracterizado por recolectar datos en un único momento en el tiempo, observando y analizando las variables en su contexto natural, sin que intervenga para modificarlas, ya que no realizó manipulación de variables independientes, sino que observó el nivel de riesgo de deslizamiento (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

Es por ello que la investigación pertenece a una investigación no experimental transaccional descriptivo, porque la investigación no requiere manipulación de variables y control de condiciones, ya que el objetivo es describir, comparar o correlacionar fenómenos en su entorno natural, sin intervención activa, según (Hernández-Sampieri, Fernández-Collao & Baptista-Lucio; 2014).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Se refiere a la agrupación total de elementos sujetos a estudio, delimitados por el investigador según los objetivos planteados (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

En esta investigación se trabajó con algunas las viviendas que están en el tramo de Jacintillo distrito de Rupa Rupa – provincia de Leoncio Prado, debido a la naturaleza del estudio:

Población de viviendas: La investigación realizó las encuestas en 39 viviendas. Las edificaciones están construidas con materiales resistentes pero ubicadas en zonas altamente riesgosas y carecen de inspección técnica, lo que incrementa su vulnerabilidad ante deslizamientos. En términos climáticos generales, esta zona está caracterizada por fuertes precipitaciones y altas temperaturas, lo que, en combinación con una morfología homogénea del terreno, la hace susceptible a deslizamientos de roca o suelo. La población local ha desarrollado estrategias de adaptación a esta variabilidad. La zona de estudio se clasifica, según Holdridge, como Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical (bh-mbt).

Población de habitantes: Estuvo compuesta por los 203 habitantes registrados para la encuesta, agrupados en 39 familias. Este número se obtuvo a partir de fuentes oficiales como el Padrón de Beneficiarios del Comité de Pobladores del asentamiento, la Oficina de Informática, Telecomunicaciones y Estadística Poblacional – DIRESA Huánuco (III Trim, 2020) y el Censo Nacional de Población y Vivienda (INEI, 2017).

3.2.2. MUESTRA

Dado que el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María (KM 425+246 – KM 425+338) es espacialmente acotado y corresponde al sector donde se han documentado eventos de deslizamiento, se optó por levantar información de la totalidad de las unidades presentes en el tramo. En la práctica, esto implicó aplicar el cuestionario censal a las 39 viviendas (203 habitantes) que conforman el universo del área crítica.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La extracción de datos se llevó a cabo por medio de instrumentos adecuados:

3.3.1. TÉCNICAS

Observación directa: Recolección de información topográfica y del alcance del área de deslizamiento, panel fotográfico.

Entrevistas estructuradas: Se realizaron entrevistas un cuestionario (Anexo 02) con los habitantes seleccionados de la muestra, utilizando una guía de entrevista del CENEPRED. Este instrumento ya ha sido sometido a rigurosos procesos de validación para su uso, garantizando su confiabilidad y capacidad de recoger datos consistentes (Anexo 03).

Topografía del terreno: Se obtuvo a partir de los modelos de elevación digital de ALOSPALSAR, satélite de la NASA, con un detalle de 12,5 m de resolución.

3.3.2. INSTRUMENTOS

Se utilizó instrumentos documentales y digitales, en las cuales para la recolección de datos para la investigación se utilizó:

- Encuestas, que se realizaron a las viviendas que están dentro del tramo de riesgo de la zona de Jacintillo, la encuesta se podrá visualizar en el Anexo 2 y Anexo 3.
- Datos Meteorológicos, registros del umbral de precipitaciones de la Zona Jacintillo donde se realizó la investigación.

3.4. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

El análisis y procesamiento de datos se basaron en la metodología propuesta en el Manual para la evaluación de los riesgos originados por fenómenos naturales (CENEPRED, 2014). Este manual sirvió de guía para estructurar y realizar las fases del estudio, descritas a continuación:

- **TIPO DE SUELO**

Se obtuvieron a partir de la Zonificación Ecológica Económica (ZEE) de la región Huánuco, ya que en este estudio se trabaja el mapeo de las unidades de suelo a escala media (1: 50 000).

- **PRECIPITACIONES MÁXIMAS**

Los datos fueron obtenidos del SENAMHI y se tomaron los umbrales de precipitación para el registro histórico de Tingo María, de esta manera se determinarán los umbrales en 24 h. Los rangos se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6

Parámetros e indicadores seleccionados para la evaluación de peligro por deslizamiento

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Descriptor
Susceptibilidad	Factor desencadenante	Precipitaciones Máximas en 24 h	RR/día > 73.10 mm
			42.20 mm < RR/día ≤ 73.10 mm
			28.50 mm < RR/día ≤ 42.20 mm
			12.00 mm < RR/día ≤ 28.50 mm
			RR/día ≤ 12.00 mm
	Factores condicionantes	Pendientes	> 40°
			25 - 40°
			10 - 25°
			5 - 10°
			< 5 °
		Tipo Suelo	Typic Udifluvents
			Asociación Typic Udepts – Misceláneo Roca
			Área Urbana
			Typic Udorthents
			Ríos
	Uso de Suelo	Pista o suelo desnudo	Construido
			Pastos
			Agua
			Bosque
			< 50 m
		Distancias	50 - 100 m
			100 - 300 m
			300 - 500 m
			> 500 m
			< 0.5 años
Parámetro general de evaluación	Frecuencia	Frecuencias de deslizamiento	0.5 – 1 año
			1 – 5 años
			5 – 20 años
			> 20 años

Fuente: CENEPRED (2015).

- VULNERABILIDAD**

Se obtuvo de encuestas (Anexo 2) y también de la información geográfica y catastral de la zona de estudio. A continuación, se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7

Parámetros e indicadores seleccionados para la evaluación de vulnerabilidad por deslizamiento

Dimensión	Tipo	Factor	Descriptor
Social	Exposición	Densidad poblacional	1 (hab/fam)
			2 (hab/fam)
			3 (hab/fam)
			4 (hab/fam)
			>5 (hab/fam)
	Fragilidad	Discapacidad	Sin discapacidad
			Discapacidad ligera
			Discapacidad moderada
			Discapacidad alta
			Discapacidad muy alta
	Fragilidad	Grupo etario	Adultos 25-49 años
			Jóvenes 18-24 años
			Niños 7-17 años
			Adultos 50-59 años
			< 7 años, > 60 años o embarazadas
	Fragilidad	Material del techo	Losa de concreto armado
			Losa de concreto simple
			Calamina nueva
			Calamina seminueva
			Calamina antigua deteriorada
	Fragilidad	Material de la pared	Concreto nuevo
			Concreto antiguo
			Madera en buen estado
			Madera deteriorada
			Calamina
Económica	Resiliencia	Grado de instrucción	0 a 2 años
			3 a 5 años
			6 a 10 años
			11 a 15 años
			Más de 15 años
	Resiliencia	Ingreso económico	Superior
			Técnica
			Secundaria
			Primaria
			Sin instrucción
	Resiliencia	Días de subsistencia sin negocio	> de S/.3500
			S/.2000 y S/.3499
			S/.1000 y S/.1999
			S/.600 y S/.999
			< S/.600
Económica	Resiliencia	Días de subsistencia sin negocio	≥ 15 días
			8-14 días
			4-7 día
			2-3 día
			0-1 día
	Exposición	Densidad vehicular	< 42
			42 – 83
			83 – 208
			208 – 417
			≥ 417
Económica	Fragilidad		< 20 %
			20 – 39 %

Ambiental	Infraestructura frágil de los negocios		40 – 59 %
			60 – 79 %
			≥ 80 %
	Exposición	Distancia a punto crítico de residuos sólidos	≥ 250 m
			100 – <250 m
			50 – <100 m
			25 – <50 m
			< 25 m
	Fragilidad	Cantidad de puntos críticos de residuos sólidos	1 punto
			2 puntos
			3 puntos
			4 puntos
			≥ 5 puntos
	Resiliencia	Capacitación Ambiental	Muy alto
			Alto
			Moderado
			Bajo
			Muy bajo

Fuente: CENEPRED (2015).

3.5. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

El procesamiento no incluyó pruebas inferenciales sobre muestras poblacionales porque el objetivo fue zonificar el tramo y no generalizar a otra población. El análisis fue descriptivo–multicriterio: a partir de los registros de campo y fuentes oficiales se organizaron las variables en categorías, se calcularon frecuencias y porcentajes por nivel (Muy alto–Bajo) y se presentaron en tablas de resultados y de AHP, además de mapas temáticos de vulnerabilidad, peligro y riesgo.

Para la síntesis se aplicó el Analytic Hierarchy Process (AHP) de Saaty (1980), siguiendo CENEPRED, (2014): se construyeron matrices de comparación por pares en la escala 1–9; se obtuvieron vectores propios y pesos normalizados para cada criterio; se verificó la consistencia de todas las matrices mediante Índice de Consistencia (IC) y Razón de Consistencia (RC $\leq$ 0,10) antes de usar los pesos; luego se realizó una combinación lineal ponderada para generar los índices de susceptibilidad, peligro, vulnerabilidad y riesgo, reescalados a 0–1 y clasificados con los umbrales operativos de CENEPRED. Los productos se interpretaron comparando las proporciones por categoría y la coherencia espacial de los mapas con el inventario y la observación de campo.

Para parametrizar el factor desencadenante "precipitaciones máximas en 24 h", se construyó la serie de máximos anuales de 24 h a partir del registro

histórico de la estación SENAMHI Tingo María (periodo completo disponible). Sobre esa serie se ajustaron funciones de probabilidad usadas en hidrología: Normal, LogNormal, Gamma, Pearson III y Log-Pearson III. La bondad de ajuste se evaluó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S), contrastando la función empírica $F_n(x)$ con la teórica $F_{\hat{}}(x)$. Se reportan $D_{\max}$ y el valor-p (Attained alpha). Criterio: aceptar H_0 cuando $\text{valor-p} > \alpha$ y priorizar el/los modelos con menor $D_{\max}$ y mayor Attained alpha. Todas las funciones fueron aceptadas a niveles $\alpha = 1\%$, 5% y 10% . Los mejores ajustes correspondieron a Gamma y Pearson III ($D_{\max} \sim 0.063$; Attained alpha ~ 0.90), por lo que se adoptaron para estimar cuantiles de lluvia en 24 h para periodos de retorno de 100, 200 y 500 años (Tabla 13). Con fines de sensibilidad comparativa, también se muestran los cuantiles obtenidos con Normal, LogNormal, Log-Pearson III y Exponencial.

3.6. ASPECTOS ÉTICOS

Previamente a cada encuesta se explicó el propósito del estudio, los alcances y los posibles riesgos/beneficios, enfatizando que la participación era voluntaria, sin incentivos, y que podían no responder o retirarse en cualquier momento sin consecuencia alguna. El consentimiento informado se obtuvo por escrito; en los casos en que no fue posible, se registró consentimiento verbal documentado por la encuestadora. Las entrevistas se realizaron exclusivamente con personas adultas responsables del hogar; no se entrevistó a menores.

Para resguardar la confidencialidad, no se recolectaron nombres ni DNI en los instrumentos y a cada vivienda se le asignó un código alfanumérico. La variable de discapacidad se registró únicamente en categorías agregadas por nivel y se trató como dato sensible. Las coordenadas GPS y cualquier metadato que pudiera identificar domicilios se almacenaron en un repositorio privado con acceso restringido, se cifraron y no se publican en la tesis a nivel puntual: los mapas exhiben información generalizada y/o desplazada; solo se reportan resultados agregados. La base de datos se conservará con fines de auditoría por un periodo máximo de cinco años y luego será anonimizada de forma irreversible o eliminada.

El registro fotográfico se hizo con autorización explícita y evitando rostros o elementos identificables; cuando fue inevitable, se aplicó difuminado. En cuanto a seguridad del equipo de campo, las visitas se efectuaron en horarios diurnos, con EPP (casco, chaleco, botas) y sin ingresar a zonas con alerta de inestabilidad activa, coordinando con autoridades locales para no interferir con la transitabilidad ni con actividades comunitarias.

CAPÍTULO IV

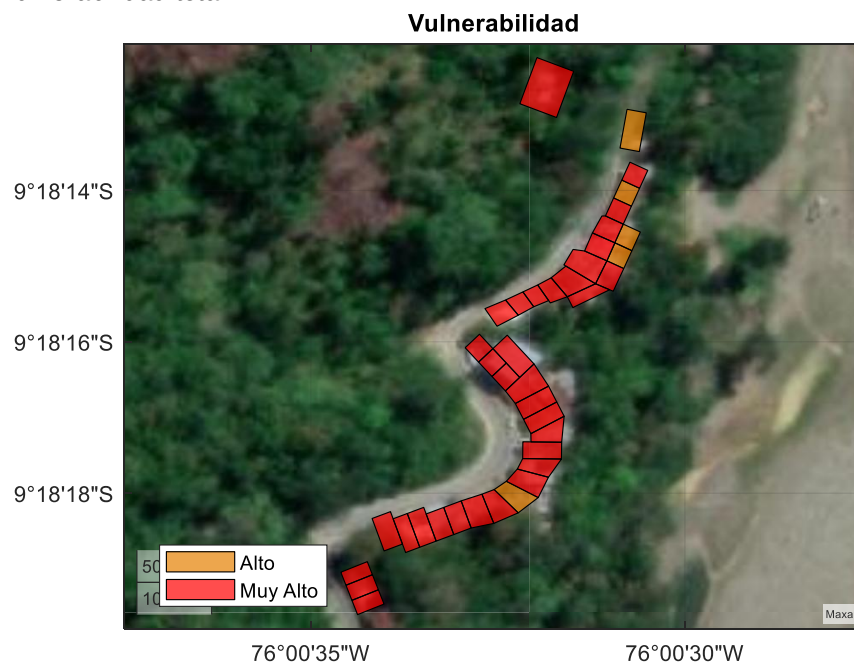
RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS

4.1.1. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

En la dimensión social se observa 22 viviendas en nivel Muy Alto, 9 en Alto, 7 en Medio y 1 en Bajo; esta distribución confirma la prevalencia de familias extensas, presencia de menores y mayores y estructuras precarias, lo que incrementa la necesidad de asistencia inmediata en caso de deslizamiento. En la dimensión económica las 39 viviendas se concentran en nivel Muy Alto (Figura 04), reflejando ingresos insuficientes, empleo inestable y baja capacidad de ahorro, factores que dificultan la inversión en refuerzos y la recuperación post-evento. En la dimensión ambiental hay 7 viviendas en Muy Alto, 13 en Alto y 19 en Medio, sin casos en Bajo, lo que evidencia proximidad a focos de residuos, carencia de vegetación protectora y limitada capacitación ambiental. En conjunto, 35 viviendas exhiben vulnerabilidad Muy Alta y 4 Alta, de modo que todo el sector requiere intervenciones urgentes para reducir el riesgo asociado a deslizamientos (Tabla 8).

Figura 4
Vulnerabilidad total



Nota. Se observa en la figura la vulnerabilidad.

Tabla 8*Niveles de vulnerabilidad en la zona de estudio*

Vulnerabilidad	Nivel			
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo
Social	22	9	7	1
Económica	39	0	0	0
Ambiental	7	13	19	0
Total	35	4	0	0

Nota. Obtenido en el levantamiento de información durante el trabajo de campo.

A) ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN SOCIAL

• Densidad poblacional

Según la tabla 9, el 56.41 % de los hogares tiene más de cinco habitantes, mientras que los demás concentran 1 (7.69 %), 2 (7.69 %), 3 (12.82 %) o 4 (15.38 %) personas. Esta densidad hace que un deslizamiento exponga a grupos familiares numerosos en cada vivienda, lo que aumenta la probabilidad de lesiones o pérdidas humanas y multiplica los recursos, el personal y los espacios de refugio necesarios para una evacuación efectiva.

• Discapacidad

Según la tabla 9, el 84.62 % de las viviendas/familias encuestadas no presenta discapacidad, 12.82 % tiene discapacidad ligera y 2.56 % discapacidad alta, sin casos moderados ni muy altos. Aunque la mayoría carece de limitaciones, la existencia de individuos con movilidad o funcionalidad reducida amplía la fragilidad comunitaria, pues una evacuación rápida durante un deslizamiento exigiría rutas adaptadas y apoyos adicionales. La necesidad de más tiempo o asistencia para desplazarse, sumada a posibles barreras en calles o accesos, incrementa la probabilidad de daños a su integridad y complica las tareas de rescate.

• Grupo etario

Según la tabla 9, el 71.79 % de la población corresponde a menores de 7 años, adultos de ≥ 60 años o mujeres

embarazadas; el 15.38 % son adultos de 25 a 49 años y el 7.69 % jóvenes de 18 a 24. Esta predominancia de grupos dependientes agrava la fragilidad social, ya que niños pequeños y adultos mayores muestran menor capacidad de desplazamiento y mayor propensión a lesiones graves. Ante un deslizamiento, la limitada capacidad de reacción de estos colectivos y la necesidad de protocolos de atención diferenciados elevarían el potencial de daños y la demanda de recursos en evacuación, salud y refugio.

- **Material de techo**

Según la tabla 9, el 94.87 % de los techos es de calamina, distribuida en 28.21 % nueva, 46.15 % seminueva y 20.51 % deteriorada, mientras que 5.13 % emplea losa de concreto armado. La amplia presencia de cubiertas ligeras y parcialmente desgastadas reduce la resistencia ante impactos de rocas o masas de suelo; perforaciones, oxidación y sujeción deficiente facilitan el colapso bajo escombros, agua o lodo, de modo que el deterioro de la calamina aumenta la fragilidad estructural y la probabilidad de pérdidas materiales y lesiones.

- **Material de la pared**

Según la tabla 9, el 48.72 % de las viviendas tiene paredes de concreto antiguo, 30.77 % usa concreto nuevo, 17.95 % madera en buen estado y 2.56 % madera deteriorada, sin casos de muros íntegros de calamina. El concreto antiguo puede exhibir fisuras o pérdida de resistencia por desgaste y falta de refuerzos, mientras que la madera, especialmente la deteriorada, cede con mayor facilidad ante empujes de tierra y sedimentos. Las paredes de madera bien conservada ofrecen resistencia moderada siempre que reciban mantenimiento y no acumulen humedad prolongada; de lo contrario, la fragilidad aumenta. La combinación de muros

antiguos o madera débil con techos de calamina deteriorada eleva la probabilidad de colapso total ante un deslizamiento.

- **Antigüedad**

Según la tabla 9, la antigüedad revela que 28.21 % de las viviendas supera 15 años y 23.08 % se encuentra entre 11 y 15, por lo que 51.29 % tiene más de una década; el resto se reparte en 20.51 % con 3–5 años, 15.38 % con 6–10 y solo 12.82 % con 0–2. Las construcciones más viejas presentan mayor desgaste en cimientos, muros y uniones de techo cuando carecen de mantenimiento, y materiales como concreto o madera pierden resistencia o muestran corrosión, incrementando la vulnerabilidad ante las presiones horizontales o verticales que genera un deslizamiento.

- **Grado de instrucción**

Según la tabla 9, el 51.28 % de los jefes de hogares culminó secundaria, el 30.76 % posee educación superior o técnica y el 17.95 % solo primaria, sin casos de analfabetismo. Este perfil educativo fortalece la resiliencia comunitaria porque la mayoría dispone de una base suficiente para comprender pautas de prevención y manejo de emergencias, y el segmento con estudios superiores puede liderar iniciativas de mitigación. Sin embargo, el grupo con escolaridad primaria enfrenta barreras para interpretar planos o señales de alerta; por ello, la información sobre riesgos debe presentarse con infografías y capacitaciones presenciales que garanticen una comprensión plena y la correcta adopción de medidas de reforzamiento habitacional.

- **Ingreso económico**

Según la tabla 9, el 51.29 % de los hogares percibe menos de S/.1000 al mes: 28.21 % obtiene menos de S/.600 y 23.08 % entre S/.600 y S/.999. Un 30.77 % recibe de S/.1000 a S/.1999, 12.82 % se sitúa entre S/.2000 y S/.3499 y solo 5.13

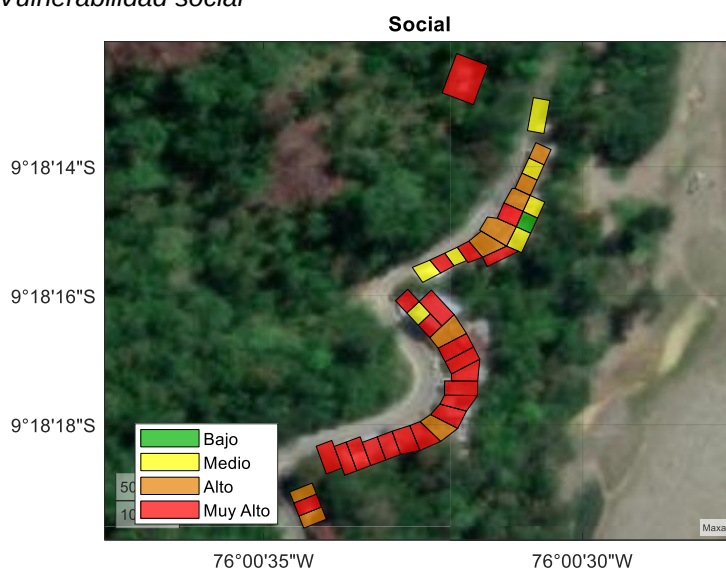
% supera S/.3500. Esta escasa solvencia impide costear refuerzos estructurales, seguros, equipos de protección o capacitaciones, por lo que la capacidad de adaptación y recuperación ante un deslizamiento queda severamente limitada. Se puede observar de manera gráfica en la Figura 5.

Tabla 9*Análisis de la vulnerabilidad en la dimensión social*

Tipo	Factor	ID	Descriptores	Total	%
Exposición	Densidad poblacional	D1	1 (hab/fam)	3	7.69
		D2	2 (hab/fam)	3	7.69
		D3	3 (hab/fam)	5	12.82
		D4	4 (hab/fam)	6	15.38
		D5	>5 (hab/fam)	22	56.41
Fragilidad	Discapacidad	D1	Sin discapacidad	33	84.62
		D2	Discapacidad ligera	5	12.82
		D3	Discapacidad moderada	0	0
		D4	Discapacidad alta	1	2.56
		D5	Discapacidad muy alta	0	0
	Grupo etario	D1	Adultos 25-49 años	6	15.38
		D2	Jóvenes 18-24 años	3	7.69
		D3	Niños 7-17 años	0	0
		D4	Adultos 50-59 años	2	5.13
		D5	< 7 años, > 60 años o embarazadas	28	71.79
	Material del techo	D1	Losa de concreto armado	2	5.13
		D2	Losa de concreto simple	0	0
		D3	Calamina nueva	11	28.21
		D4	Calamina seminueva	18	46.15
		D5	Calamina antigua deteriorada	8	20.51
	Material de la pared	D1	Concreto nuevo	12	30.77
		D2	Concreto antiguo	19	48.72
		D3	Madera en buen estado	7	17.95
		D4	Madera deteriorada	1	2.56
		D5	Calamina	0	0
Resiliencia	Antigüedad	D1	0 a 2 años	5	12.82
		D2	3 a 5 años	8	20.51
		D3	6 a 10 años	6	15.38
		D4	11 a 15 años	9	23.08
		D5	Más de 15 años	11	28.21
	Grado de instrucción	D1	Superior	6	15.38
		D2	Técnica	6	15.38
		D3	Secundaria	20	51.28
		D4	Primaria	7	17.95
		D5	Sin instrucción	0	0
	Ingreso económico	D1	> de S/.3500	2	5.13
		D2	S/.2000 y S/.3499	5	12.82
		D3	S/.1000 y S/.1999	12	30.77
		D4	S/.600 y S/.999	9	23.08
		D5	< S/.600	11	28.21

Nota. Obtenido en el levantamiento de información durante el trabajo de campo.

Figura 5
Vulnerabilidad social



Nota. Se observa en la figura la vulnerabilidad social.

B) ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN ECONÓMICA

• Densidad vehicular

La densidad se clasificó en cinco rangos: D1 <42 veh/día, D2 42–83, D3 83–208, D4 208–417 y D5 $\geq$ 417; las 39 viviendas se ubican en D5, es decir, 100 % registran $\geq$ 417 veh/día (Figura 6). Este tránsito intenso expone la zona a interrupciones viales y pérdidas económicas significativas si un deslizamiento bloquea la calzada, pues impediría la circulación y afectaría a proveedores y comercios que dependen del transporte continuo, elevando la exposición económica ante el riesgo (Tabla 10).

• Infraestructura frágil de los negocios

Los descriptores D1 (<20 %), D2 (20–39 %), D3 (40–59 %), D4 (60–79 %) y D5 ($\geq$ 80 %) evalúan el deterioro; las 39 viviendas quedaron en D5, de modo que 100 % de los negocios exhiben $\geq$ 80 % de deterioro, con techos, muros y sistemas eléctricos comprometidos (Figura 6). Ante un deslizamiento o vibraciones intensas, la probabilidad de colapso, pérdida de inventario y riesgo para trabajadores y

clientes es alta, y la recuperación se prolongaría por la ausencia de estándares mínimos de seguridad (Tabla 10).

- **Días de subsistencia sin negocio**

El indicador “días de subsistencia sin negocio” muestra que 25 hogares (64.1 %) solo podrían mantenerse de 0 a 1 día sin ingresos, mientras que los demás se distribuyen en los rangos de 2 a 3 días (Figura 6). La falta de reservas o ahorros implica que, si un deslizamiento obliga al cierre temporal de los negocios, la capacidad de cubrir necesidades básicas se agota casi de inmediato, generando un fuerte impacto económico y dificultando la recuperación (Tabla 10).

Tabla 10

Análisis de la vulnerabilidad en la dimensión económica

Tipo	Factor	ID	Descriptores	Total	%
Exposición	Densidad vehicular	D1	< 42	0	0
		D2	42 – 83	0	0
		D3	83 – 208	0	0
		D4	208 – 417	0	0
		D5	≥ 417	39	100
Fragilidad	Infraestructura frágil de los negocios	D1	< 20 %	0	0
		D2	20 – 39 %	0	0
		D3	40 – 59 %	0	0
		D4	60 – 79 %	0	0
		D5	≥ 80 %	39	100
Resiliencia	Días de subsistencia sin negocio	D1	≥ 15 días	0	0
		D2	8-14 días	0	0
		D3	4-7 día	0	0
		D4	2-3 día	14	35.9
		D5	0-1 día	25	64.1

Nota. Obtenido en el levantamiento de información durante el trabajo de campo.

Figura 6
Vulnerabilidad económica



Nota. Se observa en la figura la vulnerabilidad económica.

C) ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL

- **Distancia a puntos críticos**

Ninguna vivienda se ubica a ≥ 250 m del punto crítico de residuos, 8 (20.51 %) están a 100–<250 m, 13 (33.33 %) a 50–<100 m, 11 (28.21 %) a 25–<50 m y 7 (17.95 %) a <25 m, de modo que la mayoría permanece a <100 m de focos de basura (Figura 7). Esta cercanía agrava la exposición ambiental: los residuos generan olores, vectores y posible contaminación de suelo y agua, y, si un deslizamiento dispersa estos materiales, el riesgo para la salud y la calidad de vida de la comunidad aumenta considerablemente (Tabla 11).

- **Cantidad de puntos críticos de residuos sólidos**

La clasificación contempla cinco clases: D1 (1 punto crítico), D2 (2 puntos), D3 (3 puntos), D4 (4 puntos) y D5 (≥ 5 puntos). Los datos revelan que el 100 % de las 39 viviendas se ubica en D2, es decir, cada área presenta exactamente 2 puntos críticos de residuos sólidos. Esta duplicidad de focos eleva la fragilidad ambiental, pues la basura o los desechos peligrosos

incrustados en dos lugares distintos pueden obstruir drenajes, saturar suelos o liberar contaminantes, de modo que cualquier deslizamiento tendría mayor probabilidad de arrastrar material perjudicial hacia zonas habitadas o fuentes de agua y complicar los planes de manejo post-evento (Tabla 11).

- **Capacitación ambiental**

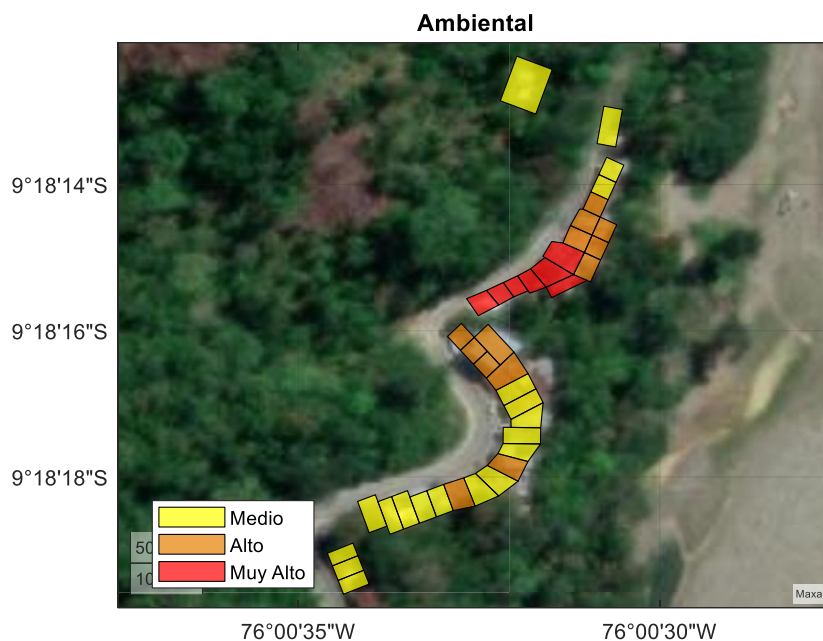
El 23.08 % (9 viviendas o familias) de la población presenta capacitación ambiental muy baja, el 58.97 % (23) baja, el 12.82 % (5) moderada y el 5.13 % (2) alta, sin registros en nivel muy alto; así, cerca del 82 % se ubica entre muy bajo y bajo, apenas 5 % alcanza un nivel alto y ninguno llega al máximo, lo que evidencia una formación insuficiente para gestionar residuos, reconocer puntos críticos o aplicar buenas prácticas ambientales (Tabla 11).

Tabla 11
Análisis de la vulnerabilidad en la dimensión ambiental

Tipo	Factor	ID	Descriptor	Total	%
Exposición	Distancia a punto crítico de residuos sólidos	D1	≥ 250 m	0	0
		D2	100 – <250 m	8	20.51
		D3	50 – <100 m	13	33.33
		D4	25 – <50 m	11	28.21
		D5	< 25 m	7	17.95
Fragilidad	Cantidad de puntos críticos de residuos sólidos	D1	1 punto	0	0
		D2	2 puntos	39	100
		D3	3 puntos	0	0
		D4	4 puntos	0	0
		D5	≥ 5 puntos	0	0
Resiliencia	Capacitación Ambiental	D1	Muy bajo	9	23.08
		D2	Bajo	23	58.97
		D3	Moderado	5	12.82
		D4	Alto	2	5.13
		D5	Muy alto	0	0

Nota. Obtenido en el levantamiento de información durante el trabajo de campo.

Figura 7
Vulnerabilidad en la dimensión ambiental



Nota. Se observa en la figura la vulnerabilidad ambiental.

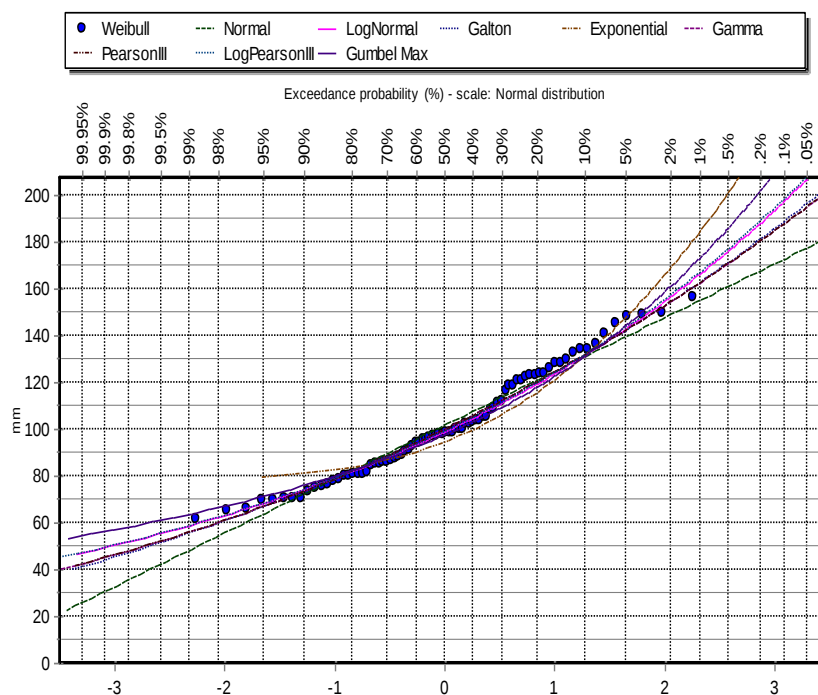
4.1.2. CÁLCULO DEL PELIGRO

A) SUSCEPTIBILIDAD

- **Factor Desencadenante: Precipitaciones Máximas en 24 Horas**

Las precipitaciones máximas anuales se analizaron utilizando cinco modelos de distribución (Normal, LogNormal, Gamma, Pearson III y Log Pearson III) y se aplicó la prueba de Kolmogórov-Smirnov para contrastar su bondad de ajuste (Figura 8).

Figura 8
Distribuciones de precipitaciones máximas en 24 horas para Tingo María



Fuente: Software hydrognomon.

Todas las distribuciones resultaron aceptadas a los niveles de significancia del 1%, 5% y 10%, de modo que no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre la muestra y las funciones propuestas. Sin embargo, la Gamma y la Pearson III mostraron un mejor ajuste, con “Attained α ” superiores al 89 % y valores DMax de 0.06321 y 0.06329, respectivamente. Aunque la LogNormal y la LogPearson III también ofrecieron indicadores satisfactorios, estos registros revelan que las dos primeras distribuciones se adaptan ligeramente mejor al conjunto de datos analizado (Tabla 12).

Tabla 12
Test de kolmogorov

Kolmogorov-Smirnov test	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	51.80%	0.09014
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	82.27%	0.06954
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.86%	0.06321
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.77%	0.06329
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	84.16%	0.06809

Nota. Obtenido en el levantamiento de información durante el trabajo de campo.

Los máximos de lluvia estimados para retornos de 100, 200 y 500 años oscilaron entre 154.85 mm y 221.25 mm. La distribución exponencial entregó los picos más altos en cada intervalo (184.25 mm, 200.18 mm y 221.25 mm), mientras que la Normal arrojó los más bajos (154.85 mm, 160.59 mm, 167.54 mm). Las distribuciones Gamma y Pearson III resultaron casi idénticas, con 170.30 mm y 170.41 mm a 200 años, respectivamente. La LogNormal y la LogPearson III superaron en todas las ocasiones a la Normal, aunque nunca alcanzaron los valores extremos de la Exponencial (Tabla 13).

Tabla 13
Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno

Distribución	Tiempos de retorno		
	100	200	500
Normal	154.85	160.59	167.54
LogNormal	166.45	176.01	188.34
Exponential	184.25	200.18	221.25
Gamma	162.37	170.30	180.24
Pearson III	162.45	170.41	180.38
Log Pearson III	166.98	176.63	189.08

Nota. Obtenido en el levantamiento de información durante el trabajo de campo.

El factor desencadenante considera la precipitación máxima en 24 h y se clasifica en cinco descriptores:

- D1 (≤ 12.00 mm)
- D2 ($12.00 < RR \leq 28.50$ mm)
- D3 ($28.50 < RR \leq 42.20$ mm)
- D4 ($42.20 < RR \leq 73.10$ mm)
- D5 ($RR > 73.10$ mm).

Para analizar extremos se tomaron las lluvias de retorno 100, 200 y 500 años; al superar el percentil 99, todas caen en D5, el nivel de lluvia particularmente intensa que puede detonar inestabilidad del terreno. Este escalonamiento sustenta la ponderación del factor desencadenante en la evaluación de deslizamientos (Tabla 14).

Tabla 14
Umbral de precipitación

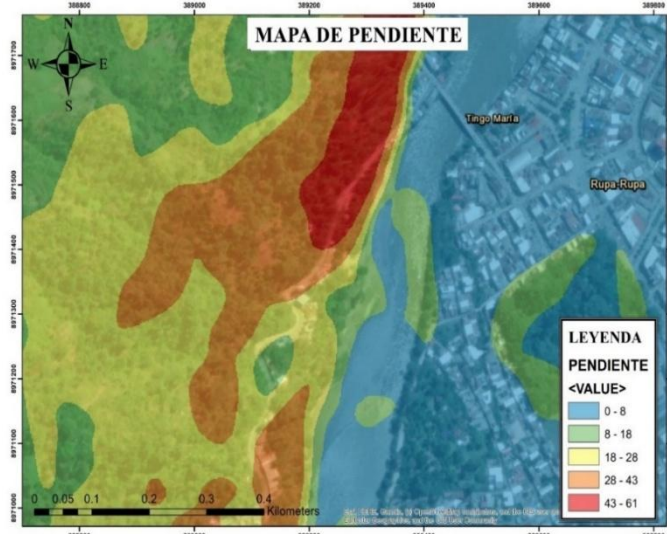
Tipo	Factor	ID	Descriptor
Factor desencadenante	Precipitaciones Máximas en 24 h	D5	RR/día > 73.10
		D4	42.20 < RR/día ≤ 73.10
		D3	28.50 < RR/día ≤ 42.20
		D2	12.00 < RR/día ≤ 28.50
		D1	RR/día ≤ 12.00

Nota. Obtenido en el levantamiento de información durante el trabajo de campo.

- Factor Condicionante: Pendientes**

Bajo lluvias intensas el agua infiltra con dificultad, la capa superficial puede deslizarse y el riesgo se incrementa, por lo que la pendiente se vuelve esencial para identificar áreas críticas y priorizar medidas de mitigación y monitoreo continuo (Figura 9).

Figura 9
Mapa de pendientes

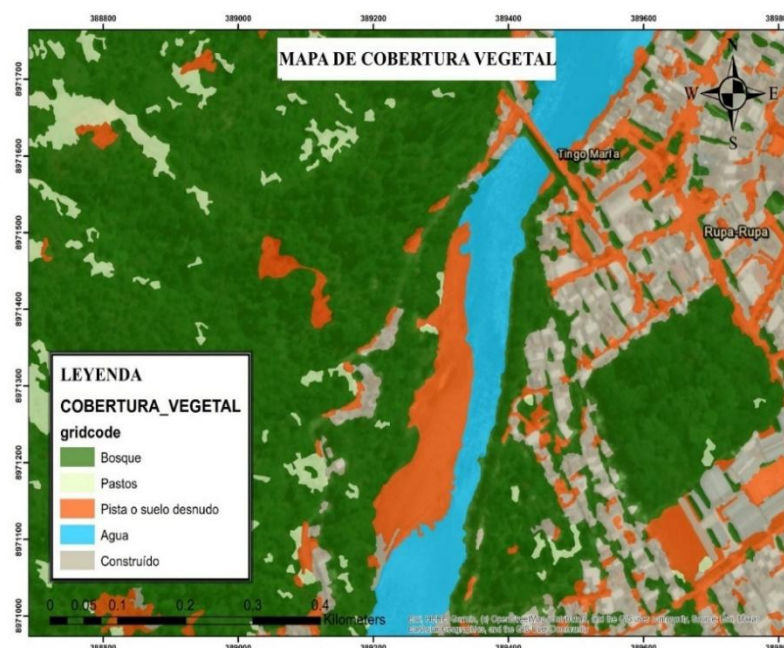


Nota. Se observa en la figura las pendientes en el tramo.

- Factor Condicionante: Tipo de Suelo**

El 84.62 % se halla bajo uso “construido”, es decir, sectores con infraestructura o intervención urbana/rural. Sólo un 15.38 % corresponde a bosque, sin registro de pastos (Tabla 16), agua o suelos completamente desnudos (Figura 10).

Figura 10
Mapa de cobertura vegetal

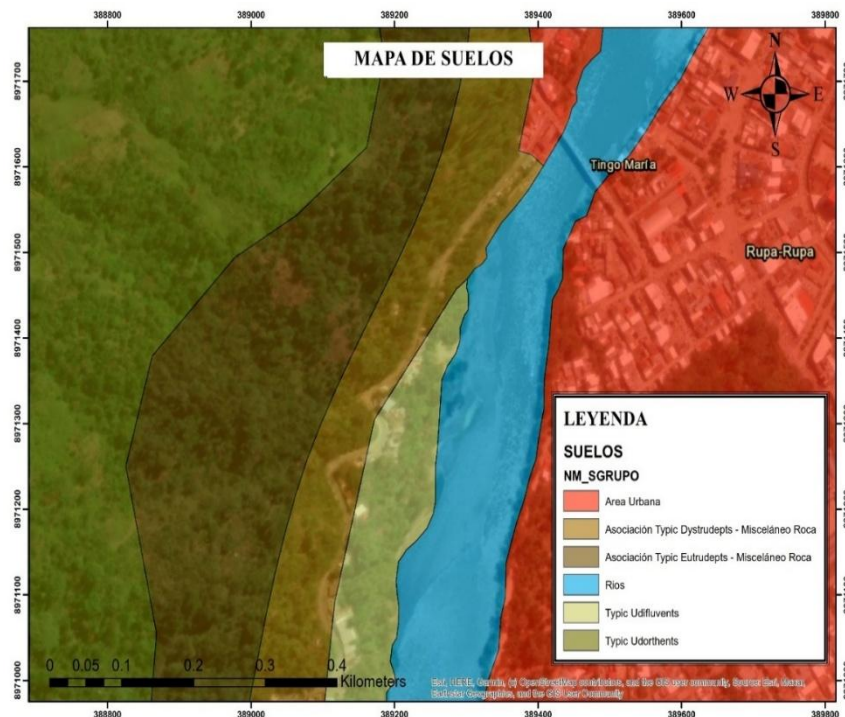


Nota. Se observa en la figura la cobertura vegetal en el tramo.

Donde existe gran proporción de superficies intervenidas, el drenaje natural se ve interrumpido y la infiltración se altera. En zonas edificadas, la escorrentía superficial crece, aumentando la probabilidad de erosión y saturación puntual en taludes adyacentes. Además, las edificaciones mismas pueden añadir carga sobre el terreno y favorecer grietas si la base no es estable. En cambio, la cobertura boscosa ayuda a retener el suelo y reducir la velocidad de la escorrentía. Sin embargo, la proporción relativamente baja de bosque indica una menor protección vegetal (Figura 11).

Los Udifluvents se caracterizan por ser sedimentos fluvisoles recientes con buena permeabilidad, pero también susceptibilidad a la erosión si están en pendientes marcadas. Concentran 53.85 % de la superficie evaluada. La otra parte 46.15 % corresponde a una asociación de suelos desarrollados en zonas rocosas (Tabla 16), típicos de relieves abruptos (Typic Udepts – Misceláneo Roca) (Figura 11).

Figura 11
Mapa de tipo de suelos

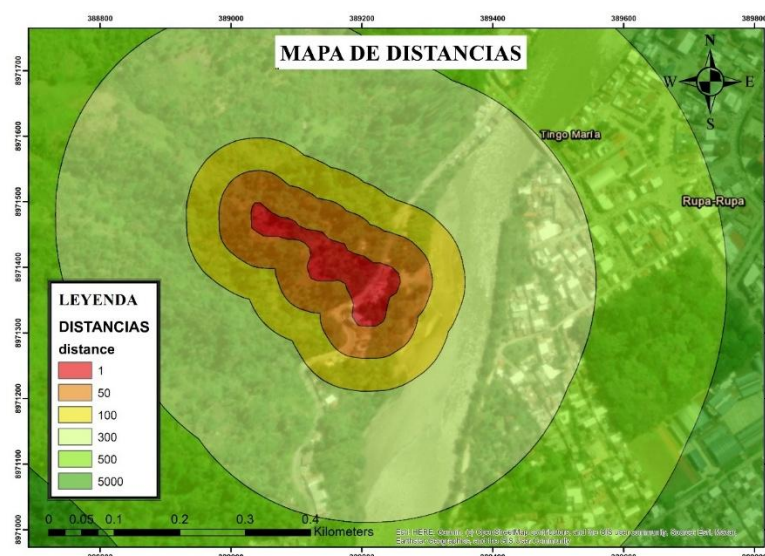


Nota. Se observa en la figura el tipo de suelo existente en el tramo.

- **Factor Condicionante: Del Distanciamiento**

El 76.92 % de las viviendas se encuentra a menos de 50 m de áreas críticas de deslizamiento o cauces erosivos; el 15.38 % permanece entre 50 y 100 m y el 7.69 % entre 100 y 300 m, sin registros más allá de 300 m (Tabla 16). A menor distancia la exposición al impacto directo de masas rocosas o flujos de detritos aumenta, y la proximidad inmediata complica las medidas de contención y favorece el arrastre de material hacia infraestructuras cercanas cuando ocurre un deslizamiento (Figura 12).

Figura 12
Mapa de distancia del último deslizamiento



Nota. Se observa en la figura las distancias desde el último deslizamiento en el tramo.

B) PARÁMETRO GENERAL DE EVALUACIÓN

La frecuencia esperada de ocurrencia de deslizamientos según su periodo de retorno. Ver que el 100 % de los casos (39 conteos) se ubica en la categoría “< 0.5 años” indica que, estadísticamente, el fenómeno se presentaría con una periodicidad menor a seis meses. En otras palabras, los deslizamientos serían muy recurrentes, al punto de manifestarse hasta dos veces al año (Tabla 16).

C) ANÁLISIS DEL PELIGRO

La susceptibilidad muestra 35 viviendas en nivel Muy Alto y 4 en Alto, sin registros en Medio ni Bajo, lo que evidencia que la gran mayoría del terreno tiene condiciones propicias para deslizamientos. El parámetro general de evaluación alcanza 39 casos en Muy Alto, reflejando que, aun considerando todos los criterios ponderados, el peligro inherente es máximo en cada punto evaluado (Figura 13). La síntesis de peligro combina ambos componentes y arroja 37 viviendas en Muy Alto y 2 en Alto, confirmando un escenario dominado por riesgos extremos, donde prácticamente todo el sector requiere acciones urgentes de mitigación (Tabla 15).

Tabla 15

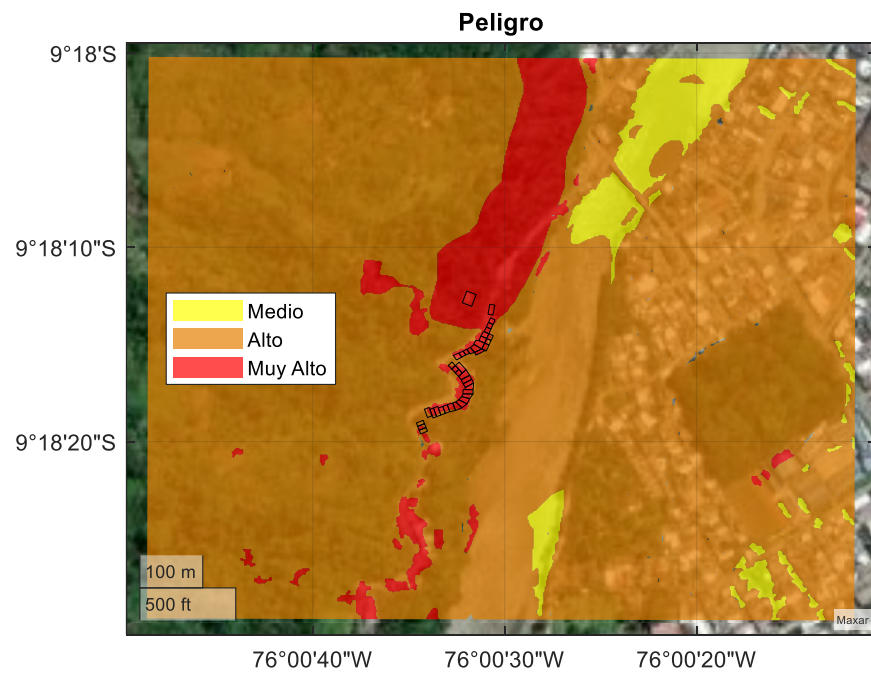
Peligro y sus componentes en la zona de estudio

Variables	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo
Susceptibilidad	35	4	0	0
Parámetro de evaluación General	39	0	0	0
Peligro	37	2	0	0

Nota. Obtenido en el levantamiento de información durante el trabajo de campo.

Figura 13

Mapa de peligros



Nota. Se observa en la figura el nivel de peligro.

Tabla 16
Descripción de indicadores de peligro en las viviendas

Parámetros	Factores	Indicadores	Code	Descriptor	Viviendas	Porcentajes
Susceptibilidad	Factores Desencadenantes	Precipitaciones máximas en 24 horas	D1	RR > 83,0 mm	39	100
			D2	52,7 mm < RR ≤ 83,0 mm	0	0
			D3	38,4 mm < RR ≤ 52,7 mm	0	0
			D4	20,5 mm < RR ≤ 38,4 mm	0	0
			D5	RR ≤ 20,5 mm	0	0
	Factores Condicionantes	Distancias	D1	< 50	30	77
			D2	50 - 100	6	15
			D3	100 - 300	3	8
			D4	300 - 500	0	0
			D5	> 500	0	0
		Pendientes	D1	> 30°	3	8
			D2	20 - 30°	18	46
			D3	10 - 20°	18	46
			D4	5 - 10°	0	0
			D5	< 5°	0	0
		Uso de suelos	D1	Construido	33	85
			D2	Pista o suelo desnudo	0	0
			D3	Pastos	0	0
			D4	Bosque	6	15
			D5	Agua	0	0
		Tipo de suelos	D1	Typic Udorthents	0	0
			D2	Área Urbana	0	0
			D3	Typic Udifluvents	22	56
			D4	Ríos	0	0
			D5	Misceláneo Roca	17	44
Parámetro de evaluación	Frecuencia	Frecuencia de deslizamientos	D1	< 0.5 años	39	100
			D2	0.5 – 1 año	0	0
			D3	1 – 5 años	0	0
			D4	5 – 20 años	0	0
			D5	> 20 años	0	0

Nota. Obtenido en el levantamiento de información durante el trabajo de campo.

4.1.3. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGOS

En la dimensión social, 27 viviendas figuran en riesgo Muy Alto, 11 en Alto y 1 en Medio, sin presencia de Bajo, lo que confirma una exposición humana severa frente a los deslizamientos. En la dimensión económica, las 39 viviendas quedan agrupadas en riesgo Muy Alto, evidencia de una capacidad financiera nula para asumir pérdidas o recuperarse tras un evento. En la dimensión ambiental, 16 viviendas se sitúan en Muy Alto, 21 en Alto y 2 en Medio, reflejando la cercanía a focos de contaminación y condiciones de suelo que amplifican los impactos. Al combinar las tres dimensiones, el riesgo total muestra 36 viviendas en Muy Alto y 3 en Alto (Figura 14), sin registros en Medio ni Bajo, de modo que prácticamente todo el asentamiento requiere medidas urgentes de mitigación (Tabla 16).

Tabla 17
Niveles de riesgo

Riesgos	Nivel			
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo
Social	27	11	1	0
Económica	39	0	0	0
Ambiental	16	21	2	0
Total	36	3	0	0

Nota. Obtenido en el levantamiento de información durante el trabajo de campo.

Figura 14
Mapa de riesgos



Nota. Se observa en la figura el nivel de riesgo.

4.1.4. ANÁLISIS DE PRIORIDAD

- **Análisis de las consecuencias**

En el marco CENEPRED, la consecuencia expresa la severidad del daño si el evento ocurre. En este estudio se aproxima con la Vulnerabilidad total por vivienda porque integra exposición, fragilidad y resiliencia. Según la Tabla 8, 35 de 39 viviendas (89.7 %) presentan vulnerabilidad “Muy alta” y 4 (10.3 %) “Alta”. La severidad se sustenta empíricamente: en el componente social, 56.41% de hogares tiene >5 habitantes, 71.79% pertenece a grupos etarios dependientes y 94.87% de techos es de calamina (20.51% deteriorada), con 48.72% de paredes de “concreto antiguo” (Tabla 9). En el componente económico, 100% registra densidad vehicular ≥ 417 veh/día, 100% de infraestructura de negocio con deterioro $\geq 80\%$ y 64.1% podría subsistir 0–1 día si el negocio cierra (Tabla 10). En el componente ambiental, 79.49% de viviendas se ubica a <100 m de puntos críticos de residuos y 82.05% declara capacitación ambiental baja o muy baja (Tabla 11). Este conjunto configura consecuencias “Muy altas” para la mayoría y “Altas” para el remanente, en términos de pérdidas humanas, materiales y financieras si se materializa un deslizamiento.

- **Análisis de la frecuencia**

El eje de frecuencia refleja la recurrencia del fenómeno. La variable empleada es el parámetro general de evaluación: Frecuencia de deslizamiento definida en la Tabla 6 con cinco clases (<0.5 años, 0.5–1, 1–5, 5–20, >20). En los resultados, 100% de las 39 unidades se ubica en “ <0.5 años”, es decir, frecuencia “Muy alta” (sección 4.1.2.2). Esta recurrencia se corresponde con la peligrosidad observada: 37 “Muy alto” y 2 “Alto” en la síntesis de peligro (Tabla 15), condicionada por pendientes $>35^\circ$, distancias al talud <50 m en 76.92%, suelos fluvisoles recientes y coberturas intervenidas. El detonante pluvial respalda la repetición de eventos: los máximos en 24 h estimados

para 100–500 años oscilan entre 154.85 y 221.25 mm según la distribución, y los umbrales operativos clasifican RR/día >73.10 mm en el descriptor más crítico (Tablas 13 y 14), con ajuste estadístico aceptado por K–S (Tabla 12). En síntesis, el tramo exhibe probabilidad temporal extrema de ocurrencia.

Tabla 18

Análisis de posibles consecuencias y el nivel que representa

Nivel	Descriptor	Descripción cualitativa en el contexto del tramo	Datos de la zona de estudio
4	Muy alta	Potencial de muertes y pérdidas catastróficas de viviendas, negocios e infraestructura vial ante un evento; colapso de cubiertas ligeras, arrastre de materiales y bloqueo prolongado de la vía troncal.	Vulnerabilidad total “Muy alta” en 35/39; >5 hab/fam 56.41%; dependientes 71.79%; techos de calamina 94.87% (20.51% deteriorada); deterioro de negocios >=80% en 100%; tránsito >=417 veh/día en 100%; proximidad a residuos <100 m en 79.49% (Tablas 8–11).
3	Alta	Lesiones severas y pérdidas importantes que requieren apoyo externo; daño estructural parcial y pérdidas de inventario con interrupción temporal de actividades.	Vulnerabilidad total “Alta” en 4/39; presencia de calamina no deteriorada y paredes de concreto nuevo en parte de las unidades; ingresos entre S/.1000 y 1999 en 30.77% mitigan levemente (Tablas 8–10).
2	Media	Daños moderados gestionables con recursos locales; afectación de acabados, taludes menores y cortes breves de tránsito.	No se registran viviendas en “Media” en la vulnerabilidad total (Tabla 8).
1	Baja	Daños menores, operativamente controlables; sin afectación estructural ni de vidas.	No se registran viviendas en “Baja” en la vulnerabilidad total (Tabla 8).

Nota. Obtenido en el levantamiento de información durante el trabajo de campo. Considerando el criterio aplicado se observará en la tabla 19: consecuencia ≈ vulnerabilidad total (Tabla 8) y frecuencia = “<0.5 años” para todas las unidades (Tabla 6 y sección 4.1.2.2). El cruce en la matriz CENEPRED de aceptabilidad ubica ambas combinaciones (consecuencia Muy alta + frecuencia Muy alta y consecuencia Alta + frecuencia Muy alta) en la categoría riesgo inadmisibles.

Tabla 19

Análisis niveles de aceptabilidad o tolerancia

Consecuencia (proxy)	Frecuencia	Viviendas (n)	% del total	Aceptabilidad/Tolerancia
Muy alta	Muy alta	35	89.70 %	Inadmisible
Alta	Muy alta	4	10.30 %	Inadmisible
Media	Muy alta	0	0.00%	--
Baja	Muy alta	0	0.00%	--

Nota. Obtenido en el levantamiento de información durante el trabajo de campo. Conforme al manual, según la tabla 20 es “Inadmisible” corresponde a Prioridad I. Dado que 39/39 unidades resultan “Inadmisibles”, la priorización del tramo completo Cueva de las Lechuzas – Tingo María (KM 425+246 – KM 425+338) es I.

Tabla 20

Niveles de prioridad

Valor CENEPRED	Descriptor	Nivel de priorización	Viviendas (n)	% del total
4	Inadmisible	I	39	100.00%
3	Inaceptable	II	0	0.00%
2	Tolerable	III	0	0.00%
1	Aceptable	IV	0	0.00%

Nota. Obtenido en el levantamiento de información durante el trabajo de campo.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. NIVELES DE RIESGO

5.3.1. RIESGO SOCIAL

El censo de 39 viviendas revela un riesgo social Muy Alto en 69,2% (27 casos), Alto en 28,2% (11 casos) y Medio en 2,6% (1 caso); no se identifican valores Bajo. El resultado conecta directamente con la densidad familiar (56% de hogares con > 5 habitantes), la alta proporción de grupos dependientes (71,8%) y la precariedad constructiva (cubiertas de calamina y muros fisurados) (Tabla 17).

Astete (2024), clasificó solo 5 viviendas (4,5 %) en riesgo Muy Alto, 31 en Alto y 52 en Medio; aunque el autor también denunció hacinamiento y techos endeble, la menor presencia de dependientes (< 35 %) y la existencia de rutas de evacuación pavimentadas redujeron la categoría extrema. Maguiña (2021) halló un riesgo global “inaceptable”, pero la dimensión social mostró predominio de niveles Alto-Medio debido a que la edad avanzada se atenuaba con un acceso básico a servicios de salud (cobertura SIS 67 %). En contraste, nuestro ámbito dispone de seguro universal, pero la carencia de ahorro y la dependencia de negocios informales diluyen la capacidad de respuesta.

Olivera (2024), determinó riesgo Medio para sus tres lotes, a pesar de compartir volúmenes de deslizamiento similares (5 000-10 000 m³); la explicación radica en la baja densidad (≤ 4 habitantes/lote) y la presencia de techos de concreto armado en 67% de los casos.

Huamanguillas (2024), con una muestra de 540 lotes, registró 42 (7,8 %) en Muy Alto y 44 (8,2 %) en Alto; el autor atribuye la reducción relativa al programa comunal de capacitación en gestión del riesgo, inexistente en nuestro sector. Así, la divergencia confirma que la combinación de hacinamiento y grupos dependientes potencia la exposición humana más que la mera precariedad de los servicios, lo que obliga a diseñar protocolos de evacuación diferenciados y a fortalecer comités barriales de alerta temprana.

5.3.2. RIESGO ECONÓMICO

El análisis evidenció un riesgo económico Muy Alto para el 100 % de las viviendas. Tres factores convergen: (i) densidad vehicular ≥ 417 veh/día que dependen de un ingreso diario, (ii) deterioro ≥ 80 % de la infraestructura de negocio y (iii) reservas financieras que permiten subsistir ≤ 1 día al 64.1 % de los hogares si la actividad se interrumpe (Tabla 17).

Astete (2024), proyectó pérdidas potenciales de S/ 10,55 millones y clasificó solo 5 viviendas en riesgo Muy Alto, argumentando que el resto mantenía actividades agrícolas que podrían reanudarse tras la estabilización del talud. Maguiña (2021) estimó pérdidas directas de S/ 2,7 millones y catalogó su riesgo económico como “inaceptable” pero limitado a 27 lotes (30 %); la presencia de huertos familiares y ganado menor ofrecía resiliencia parcial.

Olivera (2024), encontró riesgo Medio para los tres predios, gracias a distancias edificación-talud > 10 m y materiales de concreto armado que reducen la probabilidad de colapso estructural.

Huamanguillas (2024), predijo pérdidas S/ 17,5 millones para 540 lotes, con 42 en riesgo Muy Alto, pero la incidencia porcentual (7,8 %) resulta significativamente menor que nuestro 100 %; allí, el parque habitacional de concreto reforzado (66,7 %) y unos ingresos familiares de hasta S/ 3,500 amortiguan el golpe inicial.

La comparación revela que la dependencia exclusiva de economías informales diarias y la precariedad del capital físico son determinantes para que todos los hogares queden atrapados en la banda de riesgo más elevado. Este hallazgo sugiere priorizar líneas de crédito blandas post-evento, la formalización de negocios y el reforzamiento de edificaciones vulnerables como parte de la estrategia de reducción de riesgo.

5.3.3. RIESGO AMBIENTAL

Se identificaron 16 viviendas (41,0 %) en riesgo ambiental Muy Alto, 21 (53,8 %) en Alto y 2 (5,1 %) en Medio, sin registros en Bajo. El

detonante clave es la proximidad a focos de residuos (46 % a < 50 m) y la baja capacitación ambiental (82 % entre muy baja y baja) (Tabla 17).

Astete (2024), asignó el mayor vector de vulnerabilidad ambiental (0,470) a distancias ≤ 100 m, pero solo 22 % de su muestra caía en esos rangos, razón por la cual clasificó un 10 % en riesgo Muy Alto y 25 % en Alto; la existencia de áreas libres > 400 m para disposición de desechos aminoró su exposición.

Olivera (2024), evaluó impacto de drenajes naturales y clasificó su área en riesgo Medio; la menor densidad de población y la presencia de barreras vegetales limitaron la dispersión de residuos. Por consiguiente, la severidad ambiental en nuestro caso supera los antecedentes debido a la superposición de vertederos, falta de recolección formal y la inexistencia de zonas de amortiguación vegetal. La prioridad debe centrarse en campañas de limpieza periódica, clausura de botaderos y revegetación con especies de raíz profunda para estabilizar el suelo.

Maguiña (2021), consideró la distancia a la quebrada y registró impactos moderados, lo que trasladó la mayoría de los lotes a riesgos Bajo-Medio. En cambio, Huamanguillas (2024) elevó el vector ambiental a 0,506 por degradación de cauces y situó 56 lotes en Muy Alto (10,4 % de su universo). La similitud con nuestro valor confirma que la contaminación de laderas y cauces funciona como amplificador del riesgo, ya sea por sobrecarga de la masa inestable o por la liberación de agentes patógenos tras un deslizamiento.

5.3.3. RIESGO TOTAL

Al integrar peligro, vulnerabilidad y exposición, 36 viviendas (92,3 %) alcanzan riesgo total Muy Alto y los 3 restantes (7,7 %) Alto; no se registran niveles Medio ni Bajo (Tabla 16). Este resultado clasifica al asentamiento como prioridad de intervención I de acuerdo con la matriz de aceptabilidad CENEPRED, superando en severidad a todos los casos comparados.

Astete (2024), reportó 5 viviendas (5,6 %) en riesgo Muy Alto y 31 (34,4 %) en Alto, catalogando su escenario como “inaceptable” pero dentro de una tipología II de intervención; la menor densidad y la

existencia de medidas de drenaje parciales (cunetas revestidas) amortiguaban la peligrosidad.

Huamanguillas (2024), el antecedente con mayor universo registró 42 lotes (7,8 %) en Muy Alto y 44 (8,2 %) en Alto; pese a pérdidas económicas proyectadas más altas (S/ 17,5 millones), la distribución espacial del peligro permitió zonas de riesgo Medio e incluso Bajo. Nuestra discrepancia se explica por la superposición de factores críticos: (i) volúmenes inestables 5 000-10 000 m³ sobre pendientes > 37°, (ii) densidad familiar superior a 5 habitantes/vivienda, (iii) negocios deteriorados con nula capacidad de resiliencia financiera y (iv) vertederos clandestinos que incrementan la masa deslizable y la carga contaminante.

Maguiña (2021), obtuvo un riesgo global “inaceptable” pero distribuido entre Muy Alto, Alto y Medio, con predominio de la última categoría; su matriz dependía fuertemente del disparador pluvial > 50 m d⁻¹, evento que posee frecuencia de retorno > 10 años, lo que redujo la probabilidad compuesta. Olivera (2024) situó sus tres lotes en riesgo Medio debido a la combinación de vulnerabilidad y peligro medios, ilustrando cómo el uso de materiales resistentes y mayor distancia al talud pueden bajar dos escalones la clasificación final.

5.2. CÁLCULO DEL PELIGRO

5.2.1. PARÁMETRO DE EVALUACIÓN GENERAL

El estudio adoptó la frecuencia de ocurrencia de deslizamientos como único parámetro de evaluación general, priorizando la dimensión temporal sobre la métrica volumétrica o superficial. La elección aporta dos ventajas principales: (i) integra en un solo indicador la interacción de procesos condicionantes y desencadenantes que ya han demostrado capacidad de falla, y (ii) se apoya en registros empíricos locales — entrevistas, observación de cicatrices y antecedentes municipales — sin requerir mediciones extensivas de volumen o área (Tabla 16).

En contraste, Astete (2024) clasificó el peligro mediante rangos de área inestable (> 10 000 m², 5 000-10 000 m², etc.), mientras que Olivera (2024) y Huamanguillas (2024) emplearon un criterio de volumen

potencial distribuyendo los lotes en intervalos $> 10\,000\text{ m}^3$, $5\,000\text{--}10\,000\text{ m}^3$, $2\,500\text{--}5\,000\text{ m}^3$, entre otros. Maguiña (2021) optó por un inventario tipológico de movimientos en masa identificados ponderado con AHP.

La comparación muestra que los cuatro antecedentes privilegian la magnitud física como proxy de severidad, mientras el presente trabajo resalta la reiteración de procesos como indicador de peligrosidad. Ambos enfoques conducen a resultados operativamente análogos prioridad alta de intervención, pero difieren en la forma de anticipar escenarios futuros: la frecuencia refleja probabilidad de repetición, en tanto que el área o volumen estiman energía potencial. Frente a carencias de fotogrametría de precisión o ensayos geotécnicos, la variable temporal constituye una alternativa robusta y pragmática para asentamientos de pequeña extensión. Cabe destacar, además, que la clasificación final obtenida (concentración en las dos categorías superiores) converge con el índice de peligro “Muy alto” que Astete asignó a pendientes $> 40^\circ$ y con el rango $0,270\text{--}0,495$ de “Muy alto” peligro establecido por Huamanguillas (2024), pese a la disparidad de parámetros considerados. En síntesis, el uso exclusivo de la frecuencia simplifica la evaluación sin restar capacidad de priorización, aunque invita a complementar, en fases posteriores, mediciones volumétricas que ayuden a dimensionar las posibles consecuencias físicas.

5.2.2. FACTORES CONDICIONANTES

La matriz de susceptibilidad integró un factor desencadenante precipitaciones máximas en 24 h y cuatro factores condicionantes: pendiente, uso/cobertura de suelo, tipo de suelo y distancia al talud activo. El escalonamiento pluviométrico ($D1 \leq 12\text{ mm}$... $D5 > 73,10\text{ mm}$) sitúa los valores de retorno de 100–500 años dentro de $D5$ (Tabla 14), rango que supera ampliamente los umbrales operativos empleados en otros contextos: Astete fija “lluvias intensas” en $RR > 4,13\text{ mm día}^{-1}$ (vector 0,503) (Astete, 2024). Olivera adopta 25,7 mm como disparo Olivera (2024) y Huamanguillas aplica 21,5–29,8 mm según la Nota Técnica 001-SENAMHI (Huamanguillas, 2024). Incluso el escenario “extremadamente lluvioso” de Maguiña ($> 50\text{ mm día}^{-1}$) queda por debajo

del umbral local, lo que indica que el régimen pluviométrico en la ladera estudiada exhibe potencial desencadenante más severo que en los antecedentes (Maguiña, 2021).

Entre los condicionantes, el 76,92 % (30 casos) de las viviendas ubicadas a < 50 m del frente inestable contrasta con la dispersión (Tabla 16) reportada por Olivera, donde dos de tres lotes mantienen distancias de 10–20 m (Olivera, 2024). La proximidad incrementa la probabilidad de impacto directo de masas y explica la concentración de casos en la clase Muy Alta. La pendiente, aunque no se detalla numéricamente coincide con la predominancia de taludes > 35° descrita en los estudios de Cusco y Ancash, donde dichos intervalos reciben el peso más elevado ($\approx 0,63$) dentro del AHP (Astete, 2024; Huamanguillas, 2024).

La cobertura de suelo “construido” (84,62 %) evidencia una alteración drástica de la infiltración y el drenaje (Tabla 16) , en línea con la observación de Huamanguillas acerca de rellenos y plataformas que elevan la susceptibilidad geomorfológica (Huamanguillas, 2024). En contraste, Astete documenta mayor heterogeneidad vegetativa, lo que le permitió clasificar franjas de susceptibilidad Media y Baja en zonas con bosque denso (Astete, 2024). La escasa porción de bosque (15,38 %) del presente estudio restringe el efecto estabilizador de las raíces y refuerza el carácter Muy Alto de la mayoría de los lotes.

Respecto al tipo de suelo, el predominio de Udifluvents recientes (53,85 %) sobre formaciones rocosas estables replica el patrón de depósitos fluviales finos que Astete asigna a la categoría de mayor peso (0,468) dentro de la litología susceptible. Huamanguillas atribuye valores críticos a rellenos y coluviales de características semejantes, señalando su propensión a erosión y licuefacción (Huamanguillas, 2024).

La síntesis de estos componentes ubica 35 viviendas en nivel de susceptibilidad Muy Alto y 4 en Alto (Tabla 8), sin clases intermedias, resultado más extremo que el 54,7 % de área Muy Alta cartografiado por Huamanguillas y que el mosaico Alto-Medio reportado por Maguiña en pendientes menores de 25°. La convergencia de lluvias excepcionales, pendientes pronunciadas, suelos poco cohesionados y mínima cobertura

forestal explica este panorama crítico y justifica la necesidad de medidas inmediatas de estabilización y control de escorrentías.

5.2.3. FACTOR DESENCADENANTE

El factor desencadenante se definió como la precipitación máxima en 24 h, clasificada en cinco rangos; los valores de retorno de 100-500 años superan 73,10 mm y se ubican en la categoría D5 (Tabla 14). Este umbral excede con holgura los 25-30 mm utilizados por Huamanguillas (2024) y el límite de 25,7 mm adoptado por Olivera (2024). Incluso el escenario “muy lluvioso” de Maguiña (2021), fijado en > 50 mm, queda por debajo, lo que sugiere un régimen pluviométrico más severo en la ladera analizada. Frente al valor de 4,13 mm considerado crítico por Astete (2024), la recurrencia local evidencia una amenaza hidrometeorológica extraordinariamente alta, capaz de gatillar movimientos bruscos incluso en suelos parcialmente saturados.

5.2.4. PELIGROS

La clasificación de peligros resultó dominada Muy alto y Alto, coherente con la elevada frecuencia de deslizamientos y las condiciones desencadenantes ya descritas (Tabla 16). Aunque el estudio no asignó rangos numéricos al índice de peligro, la correspondencia práctica se asemeja al 54,7 % de área “Muy alta” y 40,6 % “Alta” que Huamanguillas (2024) mapeó cuando aplicó volúmenes > 10 000 m³ sobre pendientes > 35°. Astete (2024) también localizó su zona noreste pendientes > 40°, depósitos fluviales en peligro Muy alto y definió rangos 0,2647-0,4824 para esa categoría.

La concordancia conceptual indica que, independientemente del parámetro base (frecuencia vs. magnitud física), los contextos andinos con pendientes pronunciadas, suelos sueltos y lluvias concentradas tienden a ubicarse en la franja superior de peligrosidad. Olivera (2024) y Maguiña (2021), al trabajar en polígonos más pequeños o con menor densidad de viviendas, obtuvieron distribuciones donde la clase Media aún conserva representación (16,8 % y 30-40 % respectivamente). En el presente caso la ausencia de clases Media y Baja refleja la

homogeneidad de condiciones adversas a lo largo de todo el talud: no existen sectores con pendientes suaves ni materiales competentes que puedan actuar como zonas amortiguadoras.

Este escenario implica que cualquier obra de mitigación debe concebirse a escala integral como drenajes, muros de contención, revegetación y no focalizada solo en segmentos críticos. La comparación con los antecedentes subraya, además, la importancia de introducir un sistema de monitoreo continuo que permita revisar anualmente la clasificación de peligros, incorporando futuros datos pluviométricos y, de ser posible, controles topográficos de micro-deformaciones para refinar la zonificación y optimizar recursos de intervención.

5.3. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

5.3.1. DIMENSIÓN SOCIAL

En la dimensión social sobresale que 22 viviendas (56,4 %) presentan vulnerabilidad Muy Alta, 9 (23,1 %) Alta, 7 (17,9 %) Media y solo 1 (2,6 %) Baja (Tabla 8). Este predominio obedece a la combinación de densidad poblacional elevada más de cinco habitantes en 56,4 % de los hogares y una estructura etaria donde 71,8 % pertenece a grupos dependientes (<7 años, ≥60 años o embarazadas). Astete (2024) reportó que los núcleos familiares con > 7 habitantes obtenían el mayor vector de exposición (0,426) y coincidió en que el hacinamiento incrementa la probabilidad de víctimas, pero en su área solo 28 % superaba dicho umbral; esto explica la menor proporción de niveles extremos respecto de nuestro estudio.

Maguiña (2021) ponderó la edad como descriptor principal (peso 0,539) y concluyó que la franja > 50 años detentaba la mayor fragilidad; sin embargo, registró una distribución etaria menos inclinada a dependientes (≈ 35 %). Tal diferencia sugiere que los procesos de migración laboral y la permanencia de adultos productivos atenuaron la vulnerabilidad relativa en Pariacancha, a diferencia de nuestra zona donde la migración juvenil ha dejado hogares encabezados por adultos mayores.

El componente discapacidad muestra otra divergencia. Nosotros encontramos solo 2,6 % de casos severos, mientras que Huamanguillas (2024) identificó hasta 8 % de discapacitados múltiples, elevando su vector de fragilidad (0,448). Paradójicamente, pese a menor discapacidad, nuestra vulnerabilidad social es mayor; ello confirma la tesis de Olivera (2024) de que la fragilidad estructural (techos de calamina y madera) puede sobreponerse al factor discapacidad como detonante crítico.

Respecto a resiliencia, el 51,3 % de jefes con secundaria completa contrasta con la alta proporción sin seguro de salud que describe Astete (vector 0,448 para “sin seguro”); aquí, 100 % declaró alguna forma de cobertura, lo que debiera fortalecer la recuperación. Sin embargo, la capacidad de pago limitada y el desconocimiento técnico neutralizan esa ventaja. En síntesis, la vulnerabilidad social de nuestro ámbito supera a los antecedentes porque la densidad y la edad dependiente actúan sin contrapeso de servicios básicos adecuados ni viviendas seguras, configurando una demanda de apoyo humanitario más intensa y compleja.

5.3.2. DIMENSIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica arroja un resultado extremo: las 39 viviendas (100 %) se clasifican en nivel Muy Alto (Tabla 8). El diagnóstico revela tres indicadores críticos: densidad vehicular ≥ 417 veh/día, deterioro ≥ 80 % en las infraestructuras de negocio y una reserva financiera que permite subsistir, para 64,1 % de las familias, solo 0-1 día sin ingresos (Tabla 10).

Astete (2024) ponderó esta dimensión con un peso de 0,669 y, aun así, registró apenas 4 viviendas en nivel Muy Alto; el contraste resalta la precariedad singular del comercio local, basado en estructuras autoconstruidas y capital de trabajo diario.

Huamanguillas (2024) también otorgó primacía al componente económico (0,633) y halló 27 de 90 lotes en Muy Alto. Aunque la proporción (30 %) es relevante, indica que existían microempresas más consolidadas o mayor diversidad de fuentes de ingreso. Olivera (2024),

por su parte, calificó sus tres lotes en vulnerabilidad Media pese a utilizar la misma ponderación de 0,260 para la dimensión económica; el autor atribuye su resultado a la distancia de las edificaciones respecto al talud (> 10 m) y a que dos viviendas poseían cimientos armados.

Nuestro estudio demuestra que la cercanía al frente activo del deslizamiento y la carencia de ahorros constituyen una dupla letal. Maguiña (2021) subrayó que ingresos familiares declarados entre S/.301 y S/.3 000 aumentan la exposición, pero todavía halló dinámicas agropecuarias que amortiguaban la pérdida comercial. En cambio, la ubicación del corredor vial hace que las interrupciones del tránsito incidan directamente en ventas y abastecimiento, intensificando la vulnerabilidad.

Otra diferencia clave reside en la fragilidad estructural: mientras Huamanguillas documenta 66,7 % de viviendas de concreto armado, aquí el 94,9 % presenta cubiertas de calamina (20,5 % deteriorada) y 48,7 % muros de concreto antiguo fisurado. Estas características amplifican el riesgo de colapso y la pérdida instantánea del capital físico; de allí que la matriz AHP refleje la incapacidad de amortizar daños sin apoyo externo. La evidencia conjunta confirma que el eje económico es el principal cuello de botella para cualquier estrategia de reducción de riesgo en la zona.

5.3.3. DIMENSIÓN AMBIENTAL

En el componente ambiental se observan 7 viviendas (17,95 %) en nivel Muy Alto, 13 (33,3 %) en Alto y 19 (48,7 %) en Medio (Tabla 8). La particularidad radica en que ninguna alcanza el nivel Bajo, lo que revela una presión ambiental constante. El parámetro decisivo es la distancia al punto crítico de residuos: 46,2 % de las viviendas se sitúa a menos de 50 m del vertedero informal (Tabla 11).

Astete (2024) empleó la cercanía a focos contaminantes como vector (≤ 100 m $\rightarrow$ 0,470) y documentó que solo 22 % de su muestra caía en las dos clases más críticas; ello revela un menor grado de exposición directa que el verificado aquí.

Maguiña (2021) introdujo la distancia a quebrada con pesos similares y determinó impactos moderados a bajos en la manzana F, lo que permitió catalogar la vulnerabilidad ambiental como la menos significativa (0,164) frente a la social. Esa situación difiere radicalmente de nuestro ámbito, donde la acumulación de residuos sobre la ladera incrementa la carga y la lubricación superficial, exacerbando tanto la amenaza sanitaria como la probabilidad de deslizamiento.

Huamanguillas (2024) asignó peso 0,106 a la dimensión ambiental y clasificó 56 lotes en Alta o Muy Alta, atribuyendo el resultado a la degradación de cauces (vector 0,506). La similitud con nuestros valores indica que los vertederos y las descargas clandestinas actúan como detonantes equivalentes a la degradación fluvial, corroborando la hipótesis de Olivera (2024) de que prácticas críticas identificadas: quema de R.S., disposición en ladera/cauce multiplican la fragilidad ambiental.

En términos de resiliencia, el 82 % de nuestra población se sitúa entre capacitación ambiental muy baja y baja, dato análogo al 0,469 asignado por Huamanguillas a “sin conocimiento”. No obstante, Astete halló un vector de 0,441 para “> 400 m a áreas libres”, lo que ofrecía mayores opciones de reforestación, ventaja ausente en nuestra zona debido a la densidad urbana. En suma, la vulnerabilidad ambiental se mantiene en niveles preocupantes: la proximidad a basurales y la limitada formación ambiental elevan la amenaza de contaminación cruzada suelo, agua, aire en caso de deslizamiento, y exigen programas de limpieza, segregación y revegetación como estrategia paralela a las obras de estabilización.

5.3.4. VULNERABILIDAD TOTAL

El panorama global de las 39 viviendas analizadas muestra un escenario sumamente crítico: 35 viviendas que es el 89,7 % se ubican en nivel Muy Alto y 4 es el 10,3 % restante en Alto, sin registros en categorías Media o Baja (Tabla 8). Este patrón contrasta con los antecedentes consultados. En el APV Unión San Martín, Astete (2024) halló solo 4 viviendas (4,5 %) en Muy Alto, mientras que la mayoría se concentró en niveles Medio (57,9 %) y Alto (37,5 %). Ello sugiere que,

aunque Astete (2024) también identificó deficiencias estructurales, la distribución de factores de exposición y fragilidad era menos severa que la verificada en nuestro caso. Maguiña (2021) reportó una vulnerabilidad global dominada por la dimensión social (peso 0,539) pero clasificó los lotes entre Alta y Media; la ausencia de valores extremos refleja la presencia de ciertos mecanismos de resiliencia comunitaria, posiblemente vinculados según el autor a mejor cobertura de servicios básicos y menor densidad familiar. Por su parte, Olivera (2024) evaluó solo tres lotes y los catalogó íntegramente en nivel Medio; la intervención urbana previa (rellenos compactados y drenajes puntuales) habría moderado la susceptibilidad, hecho que contrasta con el déficit de obras de mitigación detectado en nuestro ámbito. Finalmente, Huamanguillas (2024) con 90 lotes registró un 30 % en Muy Alto y 62 % en Alto, magnitudes aún inferiores a las nuestras pese a compartir litologías inestables y pendientes $>35^\circ$.

La comparación indica que la convergencia de tres factores explica la mayor criticidad de nuestra área: (i) la dependencia económica casi absoluta de negocios frágiles (100 % en D5 de deterioro), (ii) la presencia simultánea de grupos etarios dependientes y techos de calamina deteriorada, y (iii) la cercanía a múltiples focos de residuos que añade riesgo sanitario y obstaculiza la evacuación. Mientras los estudios previos señalan la dimensión económica como la de mayor peso (Astete 0,669; Huamanguillas 0,633), en ninguno se observó un dominio absoluto de la categoría Muy Alta como ocurre aquí. La brecha evidencia que los instrumentos de planificación y la fiscalización constructiva han sido más limitados, y refuerza la urgencia de medidas estructurales (muros de contención, mallas de protección) y no estructurales (capacitación, planes de evacuación) con prioridad inmediata.

CONCLUSIONES

Tras la evaluación del nivel de riesgo, se manifiesta una situación crítica: 90 % de las viviendas se clasifican en nivel muy alto y el 10 % restante en alto. Este comportamiento está dominado por la densidad familiar superior a cinco personas, la presencia mayoritaria de niños pequeños y adultos mayores, la precariedad constructiva de techos de calamina y muros fisurados, la dependencia económica de negocios informales con infraestructura deteriorada y la escasa capacitación ambiental de la población.

La peligrosidad del área alcanza valores extremos debido a precipitaciones máximas en 24 h que superan 73,10 mm para periodos de retorno de 100 años, pendientes mayores de 35°, suelos fluvisoles poco cohesionados y distancia menor de 50 m entre viviendas y talud activo. El análisis sitúa 95 % de las viviendas en peligro muy alto y 5 % en alto, sin clases intermedias.

La combinación de vulnerabilidad muy alta y peligro muy alto genera un riesgo total muy alto en 92 % de las viviendas y alto en 8 %. El tramo Cueva de las Lechuzas–Tingo María se ubica así en la categoría de máxima prioridad de intervención, según la matriz de aceptabilidad del CENEPRED, requiriendo acciones estructurales y no estructurales inmediatas para evitar pérdidas humanas y económicas.

RECOMENDACIONES

- Construir muros de contención anclados y mallas de protección en los sectores de mayor inestabilidad para reducir la probabilidad de deslizamiento.
- Implementar cunetas revestidas y subdrenajes a lo largo del eje vial a fin de evacuar el agua pluvial y disminuir la presión de poros en el talud.
- Reforestar las franjas superiores con especies de raíz profunda que mejoren la cohesión del suelo y disminuyan la escorrentía superficial.
- Clausurar los vertederos informales y establecer puntos de acopio de residuos a más de 250 m de las viviendas, acompañado de un servicio municipal de recolección semanal.
- Promover créditos blandos para el reemplazo de techos de calamina deteriorada por losas ligeras y el refuerzo de muros agrietados con malla electrosoldada.
- Reubicar de manera voluntaria las viviendas asentadas a menos de 10 m. del talud activo, priorizando lotes seguros en zonas de menor pendiente.
- Instalar un sistema comunitario de alerta temprana basado en pluviómetros automáticos con alarmas locales, activado cuando la lluvia en 24 h supere 40 mm.
- Organizar brigadas vecinales y realizar simulacros semestrales de evacuación que incluyan protocolos para niños, adultos mayores y personas con discapacidad.
- Desarrollar talleres trimestrales en gestión del riesgo y primeros auxilios en coordinación con INDECI para fortalecer la resiliencia comunitaria.
- Incorporar el tramo estudiado en el Plan de Desarrollo Urbano del Gobierno Regional de Huánuco, restringiendo nuevas construcciones en pendientes superiores a 30°.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acha, N. (2022). *Estimación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en la provincia de Leoncio Prado región Huánuco* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2136>
- Adebi, I. D. (2023). *Landslide susceptibility prediction adaptive to triggering events* [Massachusetts Institute of Technology]. <https://hdl.handle.net/1721.1/151541>
- Astete, E. D. (2024). *Evaluación de riesgos por deslizamientos de rocas en la A.P.V. Unión San Martín, sector de Cachona, distrito de Santiago, provincia y departamento de Cusco*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/18483/descargar>
- Astete, J. (2021). *Análisis de las inestabilidades de taludes a fin de reducir el riesgo a deslizamiento en la carretera vecinal Unguymaran – Ambo distrito de Tomaykichwa provincia de Ambo* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional UNHVAL. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/6800>
- CENEPRED (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales (2.ª versión.)*. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED). <https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/MAN-manual-evaluacion-riesgos-natural-v2.pdf>
- CENEPRED (2015). *Glosario de Términos de Gestión del Riesgo de Desastres*. <https://www.cenepred.gob.pe>
- CENEPRED (2021). *Evaluaciones de Riesgo*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2139450/3.%20Evaluaciones%20de%20Riesgo.pdf.pdf>
- De La Cruz, Y. T., & Valderrama, E. M. (2021). *Evaluación del riesgo de deslizamiento de un depósito de relave inoperativo en la cabecera de cuenca del Río Rímac Chicla – Huarochirí – Lima considerando variables geotécnicas en el proceso de análisis jerárquico* [Tesis de Pregrado,

- Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <https://hdl.handle.net/10757/658816>
- European Commission. (2011). *Cities of Tomorrow—Challenges, visions, ways forward*. European Commission. https://www.academia.edu/41509008/Cities_of_tomorrow_Challenges_visions_ways_forward?auto=download
- Froude, M. J., & Petley, D. N. (2018). Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(8), 2161–2181. <https://doi.org/10.5194/nhess-18-2161-2018>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigación* (4a ed.). <https://seminariodemetodologiadelainvestigacion.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/03/metodologc3ada-de-la-investigacic3b3n-roberto-hernc3a1ndez-sampieri.pdf>.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6a ed.). McGraw-Hill.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. McGraw-Hill.
- Highland, L. M., & Bobrowsky, P. (2008). *The Landslide Handbook—A Guide to Understanding Landslides*. U.S. Geological Survey. https://pubs.usgs.gov/circ/1325/pdf/C1325_508.pdf
- Hussain, M., Chen, D., Cheng, A., Wei, H., & Stanley, D. (2013). Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 80, 91–106. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.03.006>
- Idrogo, Y. (2023). Niveles de riesgo por deslizamiento de tierra en la expansión Urbana – Sector 9 - de la Ciudad de Chota, aplicando metodología del CENEPRED 2021 [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. Repositorio Académico de UNACH. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/401>

- INDECI (2022). *Plataforma Nacional de Datos Abiertos: registros de emergencias SINPAD*. <https://www.datosabiertos.gob.pe/>
- INEI (2017). *Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/
- IPCC (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report* (R. K. Pachauri & L. A. Meyer, Eds.). IPCC. https://epic.awi.de/id/eprint/37530/1/IPCC_AR5_SYR_Final.pdf
- Machado, D. C. (2023). *Susceptibility and perception of landslide risk in the municipality of Coimbra* [Thesis to obtain the degree of Master, Universidade de Coimbra]. Repository of the Universidade de Coimbra. <https://hdl.handle.net/10316/109593>
- Maguiña, G. O. (2021). *Evaluación de riesgos por deslizamiento en el centro poblado de Pariacancha, distrito de Uco, provincia de Huari, departamento de Ancash*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/17980>
- Olivera, A. E. (2024). *Evaluación del riesgo originado por deslizamiento de la AAPP Flora Abril Moya de Morales, lotes F-1, F-2 y F-3, del distrito de San Sebastián, provincia Cusco*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/18468>
- Ormaza, K., & Sarmiento, Y. (2020). *Evaluación de riesgos naturales antrópicos y propuesta de un plan de contingencia en la Unidad Educativa Esperanza Eterna de la ciudad de Puyo* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Amazónica]. Repositorio de la UEA. <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/handle/123456789/839>
- Roccati, A., Paliaga, G., Luino, F., Faccini, F., & Turconi, L. (2021). GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping for Land Use Planning and Risk Assessment. *Land*, 10(2), 162. <https://doi.org/10.3390/land10020162>
- AMS (2025). *Climatology — AMS Glossary of Meteorology*. <https://glossary.ametsoc.org/wiki/Climatology>

- Suloaga, E. (2023). *Evaluación de riesgo por deslizamiento mediante el análisis de peligrosidad y vulnerabilidad del Centro Poblado de Mallas Huari – 2022* [Tesis de pregrado de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio de la UNJFSC. <https://hdl.handle.net/20.500.14067/7864>
- Tarazona, J. (2021). *Evaluación del riesgo por deslizamiento de masa, en el centro poblado de Mallas, provincia de Huari, departamento de Ancash*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/14447>
- UNDRR (2017). *Disaster Risk Reduction Terminology*. <https://www.undrr.org/terminology>
- Vilchez, M. (2018). Casos históricos de movimientos en masa que causaron grandes daños en Perú. *INGEMMET*, 57–60. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2590>
- Zelaya, A. (2022). *Factores físicos para un modelo estadístico de susceptibilidad a deslizamientos de masas en el distrito de Sillapata el año 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional de la UNAS. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2095>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Dávila Cárdenas, K. M., (2026). *Evaluación de riesgo de deslizamiento por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, sector km 425+246 – km 425+338*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Evaluación de niveles de riesgo de deslizamiento por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, sector km 425+246 – km 425+338”

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicadores	Metodología
PG: ¿Cuál es el nivel de riesgo al deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María (KM 425+246 – KM 425+338)?	OG: Evaluar el nivel de riesgo al deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María (KM 425+246 – KM 425+338).	HG: Los niveles de riesgo por deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, progresiva KM 425+246 – KM 425+338 son de nivel alto a nivel muy alto.	VARIABLE 1 Riesgo	Vulnerabilidad	Social	Tipo de investigación: Básica Enfoque: Mixta Nivel: Descriptivo-explicativo Diseño: No experimental
PE1: ¿Cuál es el nivel de peligro al deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María (KM 425+246 – KM 425+338)?	OE1: Evaluar el nivel de peligro al deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María (KM 425+246 – KM 425+338).	HE1: Los niveles de peligro por deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, progresiva KM 425+246 – KM 425+338, son de nivel alto a nivel muy alto.			Económico	Población: Compuesta 39 viviendas que contiene 203 habitantes de la zona de Jacintillo registrados para la encuesta.
					Ambiental	Muestra: el diseño muestral se basó en la zona de Jacintillo y la muestra de viviendas que se seleccionó es de 39 viviendas de las cuales existen 203 personas.
PE2: ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad al deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María (KM 425+246 – KM 425+338)?	OE2: Evaluar el nivel de vulnerabilidad al deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María (KM 425+246 – KM 425+338).	HE2: Los niveles de vulnerabilidad por deslizamiento del talud por precipitaciones intensas en el tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, progresiva KM 425+246 – KM 425+338, son de nivel alto a nivel muy alto.		Peligro	Susceptibilidad	Instrumento: Encuestas. (Anexo 2, Anexo 3) Técnicas estadísticas: Análisis descriptivo basado en parámetros topográficos, tipo de suelo, precipitaciones, vulnerabilidad social, económica y ambiental; no se menciona software específico.
					Parámetro de Evaluación General	

ANEXO 2

ENCUESTA A LA POBLACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Buen día estimado(a) señor(a) residente.

El tratamiento de los datos que aquí figuren será confidencial y únicamente con fines de investigación, por lo que no se facilitarán a ninguna persona u organización ajena a la misma. La participación es totalmente con fines de investigación, por lo que le rogamos la máxima sinceridad. Gracias.

Bloque	Código P	Texto de la pregunta / campo	Opción para marcar (□)	Cód
A. Datos	A1	Identificador de vivienda	—	—
	A2	Coordenadas GPS	Lat _____ Long _____	—
B. Exposición social	B1	¿Cuántas personas viven permanentemente en la vivienda?	☐ 1 habitante	1
			☐ 2 habitantes	2
			☐ 3 habitantes	3
			☐ 4 habitantes	4
			☐ 5 o más habitantes	5
C. Fragilidad social	C1	Nivel más alto de discapacidad en el hogar	☐ Sin discapacidad	1
			☐ Discapacidad ligera	2
			☐ Discapacidad moderada	3
			☐ Discapacidad alta	4
			☐ Discapacidad muy alta	5
	C2	Grupo etario más vulnerable que vive aquí	☐ <7 a, >60 a o embarazada	1
			☐ Niños 7-17 años	2
			☐ Jóvenes 18-24 años	3
			☐ Adultos 25-49 años	4
			☐ Adultos 50-59 años	5
	C3	Material predominante del techo	☐ Losa de concreto armado	1
			☐ Losa de concreto simple	2
			☐ Calamina nueva	3
			☐ Calamina seminueva	4
			☐ Calamina antigua deteriorada	5
	C4	Material predominante de las paredes	☐ Concreto nuevo	1
			☐ Concreto antiguo	2
			☐ Madera en buen estado	3
			☐ Madera deteriorada	4
			☐ Calamina	5
	C5	Antigüedad de la vivienda	☐ 0-2 años	1
			☐ 3-5 años	2
			☐ 6-10 años	3
			☐ 11-15 años	4
			☐ > 15 años	5
D. Resiliencia social	D1	Máximo nivel educativo del jefe/a de hogar	☐ Superior (universitario)	1
			☐ Técnico	2
			☐ Secundaria	3

	D2	Ingreso económico mensual del hogar	☐ Primaria	4
			☐ Sin instrucción	5
			☐ > S/.3500	1
			☐ S/.2000 – 3499	2
			☐ S/.1000 – 1999	3
			☐ S/.600 – 999	4
E. Resiliencia económica (solo si hay negocio en casa)	E1	Si el negocio cerrara hoy, ¿cuántos días cubrirían sus gastos?	☐ < S/.600	5
			☐ 15 días o más	1
			☐ 8-14 días	2
			☐ 4-7 días	3
			☐ 2-3 días	4
			☐ 0-1 día	5
G. Resiliencia ambiental	G1	Capacitación ambiental recibida en últimos 2 meses	☐ Muy alto (≥3 cap.)	1
			☐ Alto (2 cap.)	2
			☐ Moderado (1 cap.)	3
			☐ Bajo (0 cap., pero conoce)	4
			☐ Muy bajo (desconoce)	5

ANEXO 3

FICHA DE CAMPO

Variable observada	Método / Campo a registrar	Opción / Rango	Cód
Código de vivienda		—	—
Coordenadas GPS	Punto puerta principal	Lat _____ Long _____	—
Densidad vehicular (conteo 30 min – tramo 100 m)	Nº vehículos = _____	☐ < 42	1
		☐ 42–83	2
		☐ 84–208	3
		☐ 209–417	4
		☐ ≥ 418	5
Distancia al punto crítico de residuos (SIG/GPS)	Distancia = _____ m	☐ ≥ 250 m	1
		☐ 100 – < 250 m	2
		☐ 50 – < 100 m	3
		☐ 25 – < 50 m	4
		☐ < 25 m	5
Cantidad de puntos críticos de residuos	Total puntos = _____	☐ 1 punto	1
		☐ 2 puntos	2
		☐ 3 puntos	3
		☐ 4 puntos	4
		☐ ≥ 5 puntos	5
Infraestructura frágil del negocio (solo si existe negocio)	Área frágil ÷ Área total = _____ %	☐ < 20 %	1
		☐ 20–39 %	2
		☐ 40–59 %	3
		☐ 60–79 %	4
		☐ ≥ 80 %	5

ANEXO 4

CONSTANCIAS DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Yo,

LEODAN TORIBIO DUEÑAS, ejerciendo la actividad de docente de la Universidad de Huánuco (UDH), adscrito a la Facultad de Ingeniería Civil en la sede de Tingo María. Por medio de la constancia hago referencia que he revisado y validado el instrumento de recolección de datos para la tesis **"Evaluación de Niveles de Riesgo de Deslizamiento por Precipitaciones Intensas en el Tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, Sector KM 425+246 – KM 425+338"**, presentado por la Bachiller KAROL MELISSA DAVILA CARDENAS con DNI 70316559. Dicho instrumento fue realizado para recabar información necesaria de la tesis mencionada que conlleven a la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniera Civil de la UDH.

Opinión de aplicabilidad como guía de entrevista para estimar los riesgos de deslizamiento por precipitaciones intensas:

☐ () Aplicable después de corregir

☒ (X) Aplicable

☐ () No aplicable

Ante lo manifestado y dando conformidad con la validación del instrumento correspondiente a 6 preguntas de manera general en base a la dimensión social, económica y ambiental. Siendo 29 de agosto del 2023, paso a otorgar mi firma.

Atentamente.


LEODAN TORIBIO DUEÑAS
DNI: 73059228
N° Reg. CIP - 205147

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Yo,

JAVIER NAZAR CIPRIANO, ejerciendo la actividad de docente de la Universidad de Huánuco (UDH), adscrito a la Facultad de Ingeniería Civil en la sede de Tingo María. Por medio de la constancia hago referencia que he revisado y validado el instrumento de recolección de datos para la tesis **"Evaluación de Niveles de Riesgo de Deslizamiento por Precipitaciones Intensas en el Tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, Sector KM 425+246 – KM 425+338"**, presentado por la Bachiller KAROL MELISSA DAVILA CARDENAS con DNI 70316559. Dicho instrumento fue realizado para recabar información necesaria de la tesis mencionada que conllevan a la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniera Civil de la UDH.

Opinión de aplicabilidad como guía de entrevista para estimar los riesgos de deslizamiento por precipitaciones intensas:

☐ () Aplicable después de corregir

☒ (X) Aplicable

☐ () No aplicable

Ante lo manifestado y dando conformidad con la validación del instrumento correspondiente a 6 preguntas de manera general en base a la dimensión social, económica y ambiental. Siendo 29 de agosto del 2023, paso a otorgar mi firma.

Atentamente.



JAVIER NAZAR CIPRIANO
DNI: 42472806
N° Reg. CIP - 142064

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Yo,

JOSÉ ANTONIO CARDENAS VEGA, ejerciendo la actividad de docente de la Universidad de Huánuco (UDH), adscrito a la Facultad de Ingeniería Civil en la sede de Tingo María. Por medio de la constancia hago referencia que he revisado y validado el instrumento de recolección de datos para la tesis **"Evaluación de Niveles de Riesgo de Deslizamiento por Precipitaciones Intensas en el Tramo Cueva de las Lechuzas – Tingo María, Sector KM 425+246 – KM 425+338"**, presentado por la Bachiller KAROL MELISSA DAVILA CARDENAS con DNI 70316559. Dicho instrumento fue realizado para recabar información necesaria de la tesis mencionada que conlleven a la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniera Civil de la UDH.

Opinión de aplicabilidad como guía de entrevista para estimar los riesgos de deslizamiento por precipitaciones intensas:

☐ () Aplicable después de corregir

☒ (X) Aplicable

☐ () No aplicable

Ante lo manifestado y dando conformidad con la validación del instrumento correspondiente a 6 preguntas de manera general en base a la dimensión social, económica y ambiental. Siendo 29 de agosto del 2023, paso a otorgar mi firma.

Atentamente.


.....
JOSE ANTONIO CARDENAS VEGA
DNI: 42878755
N° Reg. CIP - 150459

ANEXO 5

ANÁLISIS JERARQUICOS

SOCIAL, EXPOSICIÓN, DENSIDAD POBLACIONAL

Tabla 21

Descripción de la densidad poblacional

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	>5 (hab/fam)	0.5028	50.2819
D2	4 (hab/fam)	0.2602	26.0232
D3	3 (hab/fam)	0.1344	13.435
D4	2 (hab/fam)	0.0678	6.7778
D5	1 (hab/fam)	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 22

Matriz de comparación de pares de densidad poblacional

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

$\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

SOCIAL, FRAGILIDAD, ANTIGÜEDAD

Tabla 23

Descripción de antigüedad

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	Más de 15 años	0.5028	50.2819
D2	11 a 15 años	0.2602	26.0232
D3	6 a 10 años	0.1344	13.435
D4	3 a 5 años	0.0678	6.7778
D5	0 a 2 años	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 24*Matriz de comparación de pares de antigüedad*

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

 $\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

SOCIAL, FRAGILIDAD, DISCAPACIDAD

Tabla 25*Descripción de discapacidad*

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	Discapacidad muy	0.5028	50.2819
D2	Discapacidad alta	0.2602	26.0232
D3	Discapacidad	0.1344	13.435
D4	Discapacidad ligera	0.0678	6.7778
D5	Sin discapacidad	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.**Tabla 26***Matriz de comparación de pares de discapacidad*

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

 $\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

SOCIAL, FRAGILIDAD, GRUPO ETARIO

Tabla 27

Descripción de grupo etario

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	< 7 años, > 60 años	0.5028	50.2819
D2	Adultos 50-59 años	0.2602	26.0232
D3	Niños 7-17 años	0.1344	13.435
D4	Jóvenes 18-24 años	0.0678	6.7778
D5	Adultos 25-49 años	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 28

Matriz de comparación de pares de grupo etario

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

$\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

SOCIAL, FRAGILIDAD, MATERIAL DE LA PARED

Tabla 29

Descripción de material de la pared

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	Calamina	0.5028	50.2819
D2	Madera deteriorada	0.2602	26.0232
D3	Madera en buen	0.1344	13.435
D4	Concreto antiguo	0.0678	6.7778
D5	Concreto nuevo	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 30*Matriz de comparación de pares de material de la pared*

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

 $\lambda_{\max} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

SOCIAL, FRAGILIDAD, MATERIAL DEL TECHO

Tabla 31*Descripción de material del techo*

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	Calamina	0.5028	50.2819
D2	Calamina	0.2602	26.0232
D3	Calamina nueva	0.1344	13.435
D4	Losa de	0.0678	6.7778
D5	Losa de	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.**Tabla 32***Matriz de comparación de pares de material del techo*

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

 $\lambda_{\max} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

SOCIAL, RESILIENCIA, GRADO DE INSTRUCCIÓN

Tabla 33

Descripción de grado de instrucción

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	Sin instrucción	0.5028	50.2819
D2	Primaria	0.2602	26.0232
D3	Secundaria	0.1344	13.435
D4	Técnica	0.0678	6.7778
D5	Superior	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 34

Matriz de comparación de pares de grado de instrucción

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

$\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

SOCIAL, RESILIENCIA, INGRESO ECONÓMICO

Tabla 35

Descripción de ingreso económico

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	< S/.600	0.5028	50.2819
D2	S/.600 y S/.999	0.2602	26.0232
D3	S/.1000 y S/.1999	0.1344	13.435
D4	S/.2000 y S/.3499	0.0678	6.7778
D5	> de S/.3500	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 36*Matriz de comparación de pares de ingreso económico*

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

 $\lambda_{\max} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

ECONÓMICA, EXPOSICIÓN, DENSIDAD VEHICULAR

Tabla 37*Descripción de densidad vehicular*

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	≥ 417	0.5028	50.2819
D2	208 – 417	0.2602	26.0232
D3	83 – 208	0.1344	13.435
D4	42 – 83	0.0678	6.7778
D5	< 42	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.**Tabla 38***Matriz de comparación de pares de densidad vehicular*

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

 $\lambda_{\max} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

ECONÓMICA, FRAGILIDAD, INFRAESTRUCTURA FRÁGIL DE LOS NEGOCIOS

Tabla 39

Descripción de infraestructura frágil de los negocios

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	≥ 80 %	0.5028	50.2819
D2	60 – 79 %	0.2602	26.0232
D3	40 – 59 %	0.1344	13.435
D4	20 – 39 %	0.0678	6.7778
D5	< 20 %	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 40

Matriz de comparación de pares de infraestructura frágil de los negocios

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

$\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

ECONÓMICA, RESILIENCIA, DÍAS DE SUBSISTENCIA SIN NEGOCIO

Tabla 41

Descripción de días de subsistencia sin negocio

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	0-1 día	0.5028	50.2819
D2	2-3 día	0.2602	26.0232
D3	4-7 día	0.1344	13.435
D4	8-14 días	0.0678	6.7778
D5	≥ 15 días	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 42*Matriz de comparación de pares de días de subsistencia sin negocio*

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

 $\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

AMBIENTAL, EXPOSICIÓN, DISTANCIA A PUNTO CRÍTICO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Tabla 43*Descripción de distancia a punto crítico de residuos sólidos*

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	< 25 m	0.5028	50.2819
D2	25 – <50 m	0.2602	26.0232
D3	50 – <100 m	0.1344	13.435
D4	100 – <250 m	0.0678	6.7778
D5	≥ 250 m	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.**Tabla 44***Matriz de comparación de pares de distancia a punto crítico de residuos sólidos*

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

 $\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

AMBIENTAL, FRAGILIDAD, CANTIDAD DE PUNTOS CRÍTICOS DE RESIDUOS SÓLIDOS

Tabla 45

Descripción de cantidad de puntos críticos de residuos sólidos

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	≥ 5 puntos	0.5028	50.2819
D2	4 puntos	0.2602	26.0232
D3	3 puntos	0.1344	13.435
D4	2 puntos	0.0678	6.7778
D5	1 punto	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 46

Matriz de comparación de pares de cantidad de puntos críticos de residuos sólidos

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

$\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

AMBIENTAL, RESILIENCIA, CAPACITACIÓN AMBIENTAL

Tabla 47

Descripción de capacitación ambiental

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	Muy bajo	0.5028	50.2819
D2	Bajo	0.2602	26.0232
D3	Moderado	0.1344	13.435
D4	Alto	0.0678	6.7778
D5	Muy alto	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 48

Matriz de comparación de pares de capacitación ambiental

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

$\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

Tabla 49

Descripción de fragilidad

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	Material de la pared	0.5028	50.2819
D2	Discapacidad	0.2602	26.0232
D3	Antigüedad	0.1344	13.435
D4	Material del techo	0.0678	6.7778
D5	Grupo etario	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 50

Matriz de comparación de pares de fragilidad

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

$\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

SOCIAL, RESILIENCIA

Tabla 51

Descripción de resiliencia

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	Ingreso económico	0.75	75
D2	Grado de instrucción	0.25	25

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 52

Matriz de comparación de pares de resiliencia

Code	D1	D2
D1	1	3
D2	0.3333	1
Suma	1.3333	4
1/Suma	0.75	0.25

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

$\lambda_{\max}$ = 2.0000; IC = 0.0000; IA = 0.0000; RC = NaN

SOCIAL

Tabla 53

Descripción de social

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	Exposición	0.6333	63.3346
D2	Fragilidad	0.2605	26.0498
D3	Resiliencia	0.1062	10.6156

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 54

Matriz de comparación de pares de social

Code	D1	D2	D3
D1	1	3	5
D2	0.3333	1	3
D3	0.2	0.3333	1
Suma	1.5333	4.3333	9
1/Suma	0.6522	0.2308	0.1111

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

$\lambda_{\text{max}} = 3.0387$; IC = 0.0194; IA = 0.5800; RC = 0.0334

ECONÓMICA

Tabla 55

Descripción de económica

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	Exposición	0.6333	63.3346
D2	Fragilidad	0.2605	26.0498
D3	Resiliencia	0.1062	10.6156

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 56

Matriz de comparación de pares de económica

Code	D1	D2	D3
D1	1	3	5
D2	0.3333	1	3
D3	0.2	0.3333	1
Suma	1.5333	4.3333	9
1/Suma	0.6522	0.2308	0.1111

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

$\lambda_{\text{max}} = 3.0387$; IC = 0.0194; IA = 0.5800; RC = 0.0334

AMBIENTAL

Tabla 57

Descripción de ambiental

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	Exposición	0.6333	63.3346
D2	Fragilidad	0.2605	26.0498
D3	Resiliencia	0.1062	10.6156

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 58*Matriz de comparación de pares de ambiental*

Code	D1	D2	D3
D1	1	3	5
D2	0.3333	1	3
D3	0.2	0.3333	1
Suma	1.5333	4.3333	9
1/Suma	0.6522	0.2308	0.1111

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

 $\lambda_{\text{max}} = 3.0387$; IC = 0.0194; IA = 0.5800; RC = 0.0334

SUSCEPTIBILIDAD, FACTORES DESENCADENANTES, PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS

Tabla 59*Descripción de precipitaciones máximas en 24 horas*

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	RR > 83,0 mm	0.5028	50.2819
D2	52,7 mm < RR ≤ 83,0	0.2602	26.0232
D3	38,4 mm < RR ≤ 52,7	0.1344	13.435
D4	20,5 mm < RR ≤ 38,4	0.0678	6.7778
D5	RR ≤ 20,5 mm	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.**Tabla 60***Matriz de comparación de pares de precipitaciones máximas en 24 horas*

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

 $\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

SUSCEPTIBILIDAD, FACTORES CONDICIONANTES, DISTANCIAS

Tabla 61

Descripción de distancias

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	RR > 83,0 mm	0.5028	50.2819
D2	52,7 mm < RR ≤ 83,0	0.2602	26.0232
D3	38,4 mm < RR ≤ 52,7	0.1344	13.435
D4	20,5 mm < RR ≤ 38,4	0.0678	6.7778
D5	RR ≤ 20,5 mm	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 62

Matriz de comparación de pares de distancias

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

$\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

PARAMETRO DE EVALUACION GENERAL, FRECUENCIA, FRECUENCIA DE DESLIZAMIENTOS

Tabla 63

Descripción de frecuencia de deslizamientos

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	RR > 83,0 mm	0.5028	50.2819
D2	52,7 mm < RR ≤ 83,0	0.2602	26.0232
D3	38,4 mm < RR ≤ 52,7	0.1344	13.435
D4	20,5 mm < RR ≤ 38,4	0.0678	6.7778
D5	RR ≤ 20,5 mm	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 64*Matriz de comparación de pares de frecuencia de deslizamientos*

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

 $\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

SUSCEPTIBILIDAD, FACTORES CONDICIONANTES, PENDIENTES

Tabla 65*Descripción de pendientes*

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	RR > 83,0 mm	0.5028	50.2819
D2	52,7 mm < RR ≤ 83,0	0.2602	26.0232
D3	38,4 mm < RR ≤ 52,7	0.1344	13.435
D4	20,5 mm < RR ≤ 38,4	0.0678	6.7778
D5	RR ≤ 20,5 mm	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.**Tabla 66***Matriz de comparación de pares de pendientes*

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

 $\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

SUSCEPTIBILIDAD, FACTORES CONDICIONANTES, USO DE SUELOS

Tabla 67

Descripción de uso de suelos

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	RR > 83,0 mm	0.5028	50.2819
D2	52,7 mm < RR ≤ 83,0	0.2602	26.0232
D3	38,4 mm < RR ≤ 52,7	0.1344	13.435
D4	20,5 mm < RR ≤ 38,4	0.0678	6.7778
D5	RR ≤ 20,5 mm	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 68

Matriz de comparación de pares de uso de suelos

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

$\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542

SUSCEPTIBILIDAD, FACTORES CONDICIONANTES, TIPO DE SUELOS

Tabla 69

Descripción de tipo de suelos

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	RR > 83,0 mm	0.5028	50.2819
D2	52,7 mm < RR ≤ 83,0	0.2602	26.0232
D3	38,4 mm < RR ≤ 52,7	0.1344	13.435
D4	20,5 mm < RR ≤ 38,4	0.0678	6.7778
D5	RR ≤ 20,5 mm	0.0348	3.4821

Nota. Resultado del análisis.

Tabla 70*Matriz de comparación de pares de tipo de suelos*

Code	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	3	5	7	9
D2	0.3333	1	3	5	7
D3	0.2	0.3333	1	3	5
D4	0.1429	0.2	0.3333	1	3
D5	0.1111	0.1429	0.2	0.3333	1
Suma	1.7873	4.6762	9.5333	16.3333	25
1/Suma	0.5595	0.2138	0.1049	0.0612	0.04

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

 $\lambda_{\text{max}} = 5.2426$; IC = 0.0607; IA = 1.1200; RC = 0.0542**Tabla 71***Descripción de factores condicionantes*

Code	Descriptor	Weight	Percent
D1	Pendientes	0.5403	54.0301
D2	Uso de suelos	0.2998	29.979
D3	Distancias	0.1213	12.133
D4	Tipo de suelos	0.0386	3.858

Nota. Resultado del análisis.**Tabla 72***Matriz de comparación de pares de factores condicionantes*

Code	D1	D2	D3	D4
D1	1	3	5	9
D2	0.3333	1	4	9
D3	0.2	0.25	1	5
D4	0.1111	0.1111	0.2	1
Suma	1.6444	4.3611	10.2	24
1/Suma	0.6081	0.2293	0.098	0.0417

Nota. Resultado del análisis.

Resumen de consistencia:

 $\lambda_{\text{max}} = 4.2386$; IC = 0.0795; IA = 0.9000; RC = 0.0884

ANEXO 6

FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1
Encuestas en las viviendas con alto riesgo



Fotografía 2
Deslizamientos de suelos por lluvias



Fotografía 3
Viviendas de alto riesgo



Fotografía 4
Hundimiento de suelos en carretera



Fotografía 5
Deslizamiento y hundimiento de suelos en carretera



Fotografía 6
Deslizamientos de suelo por lluvias en carretera



Fotografía 7
Deslizamientos de rocas por lluvias



Fotografía 8
Encuestas a viviendas de alto peligro