

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN MAPA DE
VULNERABILIDAD Y PELIGROSIDAD MEDIANTE
EL USO DEL SOFTWARE ARCGIS EN LA
CARRETERA CELENDÍN - LLANGUAT, 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Patty Jhulisa Manosalva Goicochea

Asesor:

Ing. Tulio Guillén Sheen

<https://orcid.org/0000-0001-5024-7595>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Lizbeth Milagros Merma Gallardo	40012838
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Héctor Arturo Cuadros Rojas	43275350
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Carlos Elder Rudecindo Calua Carrasco	71573678
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Tesis Patty Manosalva Goicochea

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	www.scribd.com Fuente de Internet	2%
2	scielo.sld.cu Fuente de Internet	2%
3	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	2%
6	pt.scribd.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	docslide.us Fuente de Internet	1%
9	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

Con todo mi amor y gratitud a mis padres Ever y Justina por darme la vida y apoyo incondicional. A mis hermanos Kevin y Brayam, que siempre aportaron buenos sucesos, motivación y felicidad en mi vida. Y expresar mi gratitud a Danny por haber sido mi mayor apoyo y compañero en este proceso de investigación.

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme vida y salud además por haber sido guía y fortaleza en el desarrollo de la presente investigación. A mis padres y en especial a mi abuelita Olinda por su apoyo incondicional y motivación en los momentos difíciles durante mi trayectoria universitaria. A la Universidad Privada del Norte y a los docentes que intervinieron en el trayecto de la carrera profesional quienes transmitieron conocimientos, enseñanzas y consejos. Finalmente, a mi asesor por brindarme su tiempo y enseñanza para poder realizar esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	13
RESUMEN	16
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	17
1.1. Realidad Problemática	17
1.2. Formulación del problema	49
1.3. Objetivos	50
1.4. Hipótesis	51
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	52
CAPÍTULO III: RESULTADOS	63
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	130
REFERENCIAS	139
ANEXOS	145
Anexo 1: Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ).	145
Anexo 2: Ponderación de parámetros y descriptores de la susceptibilidad a caída de rocas.	151
Anexo 3: Ponderación de parámetros y descriptores de la susceptibilidad a deslizamientos.	171

Anexo 4: Ponderación de parámetros y descriptores de la susceptibilidad a flujo de detritos.	200
Anexo 5: Ponderación de parámetros y descriptores de movimientos en masa	223
Anexo 6: Ponderación de parámetros y descriptores de grupo etario (exposición social).	249
Anexo 7: Ponderación del parámetro del factor fragilidad social.	253
Anexo 8: Ponderación de los descriptores del parámetro abastecimiento de agua (fragilidad social).	257
Anexo 9: Ponderación de los descriptores del parámetro servicios de saneamiento (fragilidad social).	261
Anexo 10: Ponderación de los descriptores del parámetro servicios de energía eléctrica (fragilidad social).	266
Anexo 11: Ponderación de los descriptores del parámetro tipo de vehículo (fragilidad social).	271
Anexo 12: Ponderación de los descriptores del parámetro velocidad de vehículo (fragilidad social).	276
Anexo 13: Ponderación de los descriptores del parámetro capacitación en temas de gestión del riesgo (resiliencia social).	281
Anexo 14: Ponderación de los descriptores del parámetro conocimiento de conductores y pasajeros frente a la ocurrencia de desastres (resiliencia social).	286
Anexo 15: Ponderación de los descriptores del parámetro actitud frente al riesgo (resiliencia social).	291
Anexo 16: Ponderación de los descriptores del parámetro formalidad de las empresas de transportes (resiliencia social).	296
Anexo 17: Ponderación de los descriptores del parámetro ubicación del elemento frente al peligro (exposición económica).	302
Anexo 18: Ponderación de los descriptores del parámetro servicio de empresas de transporte expuesto (exposición económica).	306
Anexo 19: Ponderación de los descriptores del parámetro área agrícola (exposición económica).	309
Anexo 20: Ponderación de los descriptores del parámetro material de construcción de la edificación (fragilidad económica).	313

Anexo 21: Ponderación de los descriptores del parámetro estado de conservación de la carretera (fragilidad económica).	316
Anexo 22: Ponderación de los descriptores del parámetro material de la carretera (fragilidad económica).	320
Anexo 23: Ponderación de los descriptores del parámetro material de la carretera (resiliencia económica).	325
Anexo 24: Ponderación de los descriptores del parámetro ingreso promedio familiar (resiliencia económica).	330
Anexo 25: Ponderación de los descriptores del parámetro ingreso promedio familiar (resiliencia económica).	333
Anexo 26: Operacionalización de variables.	338
Anexo 27: Matriz de consistencia.	339
Anexo 28: Matriz de Clasificación de las variables	340
Anexo 29: Panel fotográfico.	341
Anexo 30: Mapas	356

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de movimientos en masas	28
Tabla 2: Estado de actividad de los movimientos en masa tomado de Beltrán (2019).....	30
Tabla 3: Escala de velocidad de los movimientos de ladera. Adaptado de Cruden y Varnes, 1996 como se citó en Alcantara , 1999	31
Tabla 4: Volumen de tráfico de la carretera Celendín – Llanguat	43
Tabla 5: Cálculo del índice medio diario semanal de la carretera Celendín – Llanguat.....	44
Tabla 6: Coordenadas de las zonas críticas de la carretera Celendín – Llanguat	45
Tabla 7: Características básicas para la superficie de rodadura de las Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, obtenido del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008, p. 17	46
Tabla 8: Tramos con distancia y tiempo de viaje.....	47
Tabla 9: Coordenadas inicio y fin de la carretera	47
Tabla 10: Diseño de investigación transversal.....	52
Tabla 11: Infraestructura de la Red Vial Vecinal del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC)	54
Tabla 12: División hidrográfica según la clasificación PFAFSTETTER (Niveles 1, 2, 3, 4 y 5) - Autoridad Nacional del Agua (2012).....	70
Tabla 13: Estación meteorológica de la zona en estudio. Fuente Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)	71
Tabla 14: Registro de precipitaciones de la estación Celendín	71
Tabla 15: Población directa.....	77
Tabla 16: Población total por distritos y centros poblados de la provincia de Celendín, que se verían afectadas	77
Tabla 17: Población según sexo	79
Tabla 18: Población por grupo etario de los distritos de La Libertad de Pallán, Chumuch, Cortegana y Miguel Iglesias.....	79

Tabla 19: Seguro de Salud de los distritos de La Libertad de Pallán, Chumuch, Cortegana y Miguel Iglesias	81
Tabla 20: Nivel educativo de los distritos de La Libertad de Pallán, Chumuch, Cortegana y Miguel Iglesias	82
Tabla 21: Nivel de alfabetismo de los distritos de La Libertad de Pallán, Chumuch, Cortegana y Miguel Iglesias	83
Tabla 22: Matriz de comparación del parámetro precipitación.....	86
Tabla 23: Matriz de normalización del parámetro precipitación	86
Tabla 24: Índice de consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro precipitación.....	87
Tabla 25: Parámetros para considerar en la evaluación de la susceptibilidad a caída de rocas	87
Tabla 26: Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores para la susceptibilidad a caída de rocas	88
Tabla 27: Niveles de susceptibilidad para caída de rocas	89
Tabla 28: Matriz de niveles de susceptibilidad por caída de rocas	89
Tabla 29: Parámetros para considerar en la evaluación de la susceptibilidad a flujo de detritos	91
Tabla 30: Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores para la susceptibilidad a flujo de detritos.....	91
Tabla 31: Niveles de susceptibilidad para flujo de detritos	93
Tabla 32: Matriz de niveles de susceptibilidad por flujo de detritos	93
Tabla 33: Parámetros para considerar en la evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos	94
Tabla 34: Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores para la susceptibilidad a deslizamientos	95
Tabla 35: Niveles de susceptibilidad para deslizamientos	96
Tabla 36: Matriz de niveles de susceptibilidad por deslizamientos	97

Tabla 37: Parámetros para considerar en la evaluación de la susceptibilidad a movimientos en masa.....	98
Tabla 38: Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores para la susceptibilidad a movimientos en masa	99
Tabla 39: Matriz de susceptibilidad	101
Tabla 40: Matriz de comparación de los parámetros de los fenómenos geodinámicos	102
Tabla 41: Matriz de normalización de los parámetros de los fenómenos geodinámicos	102
Tabla 42: Índice de consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro de los fenómenos geodinámicos	102
Tabla 43: Matriz de comparación de los descriptores de actividad	103
Tabla 44: Matriz de normalización de los descriptores de actividad	103
Tabla 45: Índice de consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para los descriptores de actividad.....	103
Tabla 46: Matriz de comparación de los descriptores de velocidad de desplazamiento.....	104
Tabla 47: Matriz de normalización de los descriptores de velocidad de desplazamiento	104
Tabla 48: Índice de consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para los descriptores de velocidad de desplazamiento.....	105
Tabla 49: Matriz de comparación de los descriptores de volumen.....	105
Tabla 50: Matriz de normalización de los descriptores de volumen.....	105
Tabla 51: Índice de consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para los descriptores de volumen.....	106
Tabla 52: Matriz de parámetros de evaluación de peligros.....	107
Tabla 53: Niveles de peligrosidad	107
Tabla 54: Matriz de peligro.....	108
Tabla 55: Matriz de comparación de los factores de dimensión social.....	110
Tabla 56: Matriz de normalización de los factores de dimensión social	110

Tabla 57: Índice de consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para los factores de dimensión social 110

Tabla 58: Resumen de la ponderación del parámetro y descriptores de exposición social .. 111

Tabla 59: Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores de fragilidad social 111

Tabla 60: Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores de resiliencia social 112

Tabla 61: Matriz de comparación de los factores de dimensión económica..... 114

Tabla 62: Matriz de normalización de los factores de dimensión económica 114

Tabla 63: Índice de consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para los factores de dimensión económica 115

Tabla 64: Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores de exposición económica..... 115

Tabla 65: Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores de fragilidad económica 116

Tabla 66: Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores de resiliencia económica..... 118

Tabla 67: Matriz de los factores de vulnerabilidad 120

Tabla 68: Valor de Vulnerabilidad..... 121

Tabla 69: Niveles de vulnerabilidad 122

Tabla 70: Matriz de vulnerabilidad 122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación de peligros	25
Figura 2: Clasificación de peligros originados por fenómenos naturales	26
Figura 3: Proceso de movimiento en masas.....	28
Figura 4: Deslizamiento de tierra sepulta parte de carretera Celendín – Llanguat (sector Los Blancos - Shusuro)	30
Figura 5: Factores condicionantes del peligro	35
Figura 6: Factores desencadenantes del peligro.....	36
Figura 7: Factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia	37
Figura 8: Exposición social.....	38
Figura 9: Exposición económica.....	39
Figura 10: Exposición ambiental	40
Figura 11: Diagrama de diseño de investigación.....	53
Figura 12: Metodología para la determinación del nivel de vulnerabilidad	61
Figura 13: Metodología para la determinación de niveles de peligro.....	62
Figura 14: Columna Estratigráfica de la zona de estudio. Tomado del INGEMMET, Carta Geológica del Cuadrángulo de Celendín 14-g II (Wilson y Guevara, 2016).....	63
Figura 15: Vista de las geformas de la zona en estudio.....	69
Figura 16: Precipitaciones promedio mensuales registradas en la estación Celendín	72
Figura 17: Vista panorámica del ecosistema Matorral Andino (Ma), con mayor presencia de la familia acacia.....	76
Figura 18: Población censada de los centros poblados del distrito de Celendín obtenido del INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017.....	78
Figura 19: Características de la población total según grupo etario	80
Figura 20: Seguro de Salud de los distritos de La Libertad de Pallán, Chumuch, Cortegana y Miguel Iglesias	82

Figura 21: Nivel educativo de los distritos de La Libertad de Pallán, Chumuch, Cortegana y Miguel Iglesias 83

Figura 22: Nivel de alfabetismo de los distritos de La Libertad de Pallán, Chumuch, Cortegana y Miguel Iglesias 84

Figura 23: Estabilización de taludes utilizando vegetación, para deslizamientos poco profundos. Obtenido de (Suárez Díaz, 2007, como se citó en el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2022) 127

Figura 24: Detalle típico de una serie de cunetas de banquetta 128

Figura 25: Detalle típico de cunetas de banquetta en la zona de Shusuro 129

Figura 26: Zanjas de coronación y de recolección..... 129

Figura 27: Escala de SAATY 145

Figura 28: Sector Shusuro, carretera Celendín – Llanguat afectado por flujo de detritos y deslizamientos en la plataforma de la carretera 341

Figura 29: Plataforma en mal estado debido al desprendimiento del talud inestable 341

Figura 30: Deslizamiento en el km 104 + 900 m en el sector Shusuro..... 342

Figura 31: Caída de rocas y derrumbes en el sector Los Blancos, que involucra un substrato sedimentario de mala calidad 342

Figura 32: Presencia de asentamiento en el talud inferior sector el Nogal por proceso de deslizamiento activo 343

Figura 33: Macizo rocoso de la Formación Chúlec donde se aprecian los estratos de calizas intercalados con lutitas calcáreas 343

Figura 34: Presencia de lutitas grises con intercalación de calizas de Formación Santa perteneciente al Grupo Goyllarisquizga 344

Figura 35: Lutitas ferruginosas pertenecientes a la Formación Chota en contacto con depósitos aluviales 344

Figura 36: Vista del deslizamiento del sector Los Blancos, lugar de un depósito aluvial reciente. Ubicación: E: 813884.299; N: 9244188.443; Z: 2511.195 (Localidad de Shusuro)345

Figura 37: Depósito coluvio - deluvial reciente. Ubicación: E: 815403.201, N: 9241588.566; Z: 2612.45 345

Figura 38: Depósitos proluviales que han afectado la carretera Celendín – Llanguat (sector Shusuro - Localidad de Shusuro) 346

Figura 39: Depósitos proluviales que han afectado la carretera Celendín – Llanguat (sector Los Carrizos - Localidad de Yanasamana) 347

Figura 40: Depósitos proluviales que han afectado a la Carretera Celendín – Llanguat en la localidad de Yanaquero 348

Figura 41: Acumulación de bloques, cantos, gravas y en su menor cantidad (gránulos, arenas, limos y arcillas) producto de un flujo de detritos en la quebrada El Oso, localidad de Yanaquero. Ubicación: E: 812381.783; N: 9247950.925; Z: 1832.369 349

Figura 42: Presencia de deslizamiento en el talud sector Llanguat 349

Figura 43: Establecimiento de la base para el levantamiento de puntos de las zonas críticas (parte alta) 350

Figura 44: Establecimiento de la base para el levantamiento de puntos de las zonas críticas (parte baja)..... 350

Figura 45: Levantamiento de punto de la zona critica Shusuro mediante el uso del Rover – sistema RTK..... 351

Figura 46: Levantamiento de punto de la zona critica Shusuro mediante el uso del Rover – sistema RTK..... 351

Figura 47: Deterioro del baden producto del socavamiento del talud por infiltración del agua 352

Figura 48: Vivienda aladaña a la carretera 352

Figura 49: Vivienda aladaña a la quebrada Los Carrizos, expuesta a un peligro muy alto 353

Figura 50: Zona critica Los Morados, con peligrosidad alta a deslizamientos y caída de rocas 353

Figura 51: Acumulación de rocas (Los Moradas)..... 354

Figura 52: Depósitos suelos ocasionados por deslizamientos..... 354

Figura 53: Vivienda aladaña a la carretera – Llanguat 355

Figura 54: Zona critica Quebrada del oso..... 355

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo analizar y elaborar un mapa de vulnerabilidad y peligrosidad utilizando el software ArcGIS de la carretera Celendín – Llanguat, así como también, determinar los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad mediante el método Heurístico y el método multicriterio desarrollado por Thomas L. Saaty.

La forma en cómo se desarrolla la investigación es de tipo no experimental, con un enfoque cualitativo. Por otro lado, el método que predomina para desarrollar esta investigación es analítico. Este trabajo contribuye en la fase de identificación, formulación y evaluación de proyectos de inversión pública o privada, siendo necesaria así para establecer las medidas de mitigación y de este modo mejorar la calidad del transporte. Como resultados de esta investigación, se determinó los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad ocasionados por los fenómenos geodinámicos externos en el tramo de la carretera Celendín – Llanguat (desde el km 90 + 000 hasta km 109 + 246), plasmados en los mapas (M-08 y M-09).

PALABRAS CLAVES: Peligrosidad, vulnerabilidad, carretera, ArcGIS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

El territorio peruano, debido a su ubicación geográfica, es una de las zonas más inestables del continente sudamericano, cuyas características geográficas, hidrometeorológicas, geomorfológicas, entre otras, muestran la ocurrencia de fenómenos de origen natural, que se constituyen en peligros naturales cada vez más frecuentes (Obregón y Lara, 2013). A consecuencia de esto y haciendo un enfoque a la infraestructura vial, podemos asegurar que existe presencia de riesgos en este tipo de ámbito. Por ello, se impulsa a identificar los niveles de vulnerabilidad y peligrosidad para generar la zonificación de riesgos, ya que esto permite visualizar los peligros en un determinado territorio.

Haciendo un análisis en el ámbito local se encontró que la carretera Celendín – Llanguat está en un total abandono y es reconocido por la población que es un tramo bastante peligroso, por el hecho de que no se tienen fijadas las zonas más críticas, esto debido al incremento frecuente de desastres naturales que se presentan y sus principales manifestaciones; como son: deslizamientos de taludes, activación de quebradas o huaycos ocasionados por las fuertes precipitaciones fluviales, entre otros; lo que provoca pérdidas materiales, económicas y en casos extremos “la vida del hombre”.

En este contexto, se realizaron investigaciones respecto al tema, en la cual en su mayoría de estos muestran una alta tasa de población expuestas a peligros sobre áreas inestables contribuyendo a una alta tasa de desastres naturales, esto a consecuencia de que, según la base de datos internacionales “The International Disaster Database” (EM-DAT) en los últimos años la cantidad de desastres naturales ha aumentado considerablemente (Bornaetxea et al., 2018). Por ello, se presentan las siguientes investigaciones que servirán como antecedentes para la elaboración de mapas de vulnerabilidad y peligrosidad.

Adolphe, Guardado Lacaba, Viltres Milán, y Hernández Columbié (2017) en su investigación titulada *Cartografía de la peligrosidad por erosión hídrica en la ciudad de Brazzaville*. Cuyo objetivo fue generar un mapa de peligrosidad por erosión hídrica para facilitar el ordenamiento territorial en la ciudad Brazzaville (Congo). Este estudio tubo como metodología centrarse en el procesamiento e interpretación de imágenes tipo Landsat y Radar SRTM. A partir del levantamiento ingeniero-geológico de la ciudad se confeccionó el mapa de inventario de tipos de erosión hídrica para el diagnóstico del área. Mediante un SIG se generaron los mapas temáticos y el mapa de peligrosidad total. Por lo cual se concluyó, que los distritos situados al norte, nordeste y noroeste de la ciudad presentan la mayor peligrosidad por erosión hídrica, asociada fundamentalmente a una escasa cobertura vegetal, un suelo arenoso pobre en arcilla y muy erosionable y un relieve predominantemente montañoso.

Bornaetxea et al. (2018) en su estudio *Mapas de susceptibilidad de deslizamientos a partir del modelo de regresión logística en la cuenca del río Oria (Gipuzkoa). Estrategias de tratamiento de variables*, planteo como objetivo realizar un análisis comparativo entre diferentes estrategias de tratamiento de datos de entrada para la confección de mapas de susceptibilidad de deslizamientos utilizando un modelo de regresión logística en la cuenca del río Oria – Gipuzkoa. Este estudio tuvo tres estrategias experimentadas las cuales han sido: (i) no transformar ninguna variable (continua ni categórica); (ii) transformar las variables continuas en categóricas dividiendo la distribución de los valores en intervalos de igual rango, y (iii) las variables categóricas son convertidas a continuas mediante el cálculo de la densidad de deslizamientos para cada clase. Para estos tres modelos desarrollados, se aplicó el mismo inventario de deslizamientos, obtenido del trabajo de campo; y el conjunto de variables seleccionadas a partir de un procedimiento estadístico objetivo. Como resultado se obtuvo que la comparación de los tres modelos de susceptibilidad desarrollados a partir de diferentes estrategias de tratamiento de las variables explicativas ha concluido en que la transformación

de las variables categóricas en continuas mediante la asignación de valores relativos a la densidad de deslizamientos resulta más ventajoso para la adecuada ejecución de modelos de susceptibilidad de deslizamientos mediante regresión logística (RL), ya que mediante este procedimiento se evita la creación de una gran cantidad de variables de confusión y se mantiene la máxima capacidad de predicción.

Pichardo et al. (2022) en su investigación titulada *Visor de Mapas WEB en la gestión de riesgos y adaptación al cambio climático*. Cuyo objetivo fue desplegar, en un visor de mapas web activo, los principales resultados de los Estudios de Peligro Vulnerabilidad y Riesgos y otros necesarios para la gestión de riesgos y adaptación al cambio climático en la provincia de Villa Clara. Utilizaron como vía para la socialización de información, el formato de mapas web, desplegados en un visor de mapas de la Plataforma Idevida. Los resultados obtenidos permitieron acelerar y optimizar la difusión de datos sobre peligros, vulnerabilidades y riesgos a los que está expuesto cada territorio y facilitar el proceso de planificación, regulación ambiental, gestión de riesgos y toma de decisiones. Por otro lado, este procedimiento garantiza inmediatez de la información, con la ventaja añadida de operar con herramientas de SIG WEB en la gestión de riesgos de desastres a nivel local.

Alcocer et al. (2016) en su estudio *Metodología para la generación de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas*. Cuyo objetivo fue realizar una metodología para generar mapas de riesgo articulando los mapas de peligro y vulnerabilidad por inundación. En su estudio se consideró factores importantes como: resistencia al vuelco y deslizamiento y para el cálculo de la vulnerabilidad de las edificaciones ante un evento de inundación, se planteó una metodología con base en información generada por el INEGI y contenida en las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB); para así determinar los mapas de vulnerabilidad de toda una zona urbana. Así pues, se concluye que la aportación de estos mapas radica fundamentalmente en la consideración para los mapas de peligro de los factores del deslizamiento y vuelco que se

puede presentar por las inundaciones. Por otro lado, también permiten calcular costos probables por daños por inundación en menaje de casa e infraestructura; volviéndose así una herramienta para determinar rutas de evacuación óptimas de la población hacia los refugios en la ciudad.

Belandria, Fernández, y Bongiorno (2017) en su investigación titulada *Análisis del riesgo geotécnico en la carretera Tovar-Zea, sector La Roca, estado Mérida*. Cuyo objetivo fue analizar el riesgo geotécnico para el planteamiento de posibles soluciones de la carretera que comunica los centros poblados de Tovar a Zea, sector la Roca. En la cual, se recolecto información geológica, cartográfica y se realizó la caracterización geotécnica de la secuencia estratigráfica de los taludes, elaborando un análisis cinemático a través de proyecciones estereográficas determinando la existencia de rotura plana, en cuña y circular. Posteriormente se calculó el factor de seguridad de los taludes, obteniéndose valores para roturas planas, cuñas y circular, en rangos de 3.728 a 0.48 (estables a inestables), para luego obtener un mapa de riesgo. Concluyendo que la zona presenta niveles de riesgo geotécnico moderado, con solo el 15% de riesgo alto y muy alto, el cual está condicionado a factores externos de saturación o sismo en los taludes estudiados.

Etulain y López (2017) en su estudio *Inundaciones urbanas. Mapas de riesgo y lineamientos de ordenamiento territorial en la región del gran La Plata. Aspectos teóricos-metodológicos y propositivos*. Cuyo objetivo fue abordar la gestión del riesgo hídrico por inundaciones urbanas y por precipitaciones extraordinarias desde la perspectiva territorial, con exploración de diferentes escenarios de riesgo; y la formulación de lineamientos de orden territorial y urbano. Donde se realizaron tareas de campo a partir de relevamientos y sistematización de la información por tramos y en fichas de registro. Sobre ese reconocimiento, se efectuó una primera caracterización de las mismas, junto a la construcción del mapa de estructura física de cada una de ellas, a partir de la información secundaria. Concluyendo así que la construcción de los Mapas de Riesgo desde lo técnico, además de posibilitar la

cuantificación de la población y la vivienda con los diferentes grados de riesgo, no existe para la región, por lo tanto, constituye un producto de investigación importante y necesario de ponerlo en consideración de la población, con el fin de ajustarlo a sus viviendas y experiencia.

Montiel (2017) en su investigación titulada *Modelo matemático para la evaluación de peligros naturales mediante información geográfica*. Cuyo objetivo es proponer modelos matemáticos para la evaluación de peligros naturales mediante información geográfica. La metodología que fue utilizada en la investigación fue descriptiva y constituida por cuatro (4) fases. Inicialmente se realizó una descripción de los sistemas de medición de peligros ambientales en la Guajira, seguidamente, se identificó las variables que representan peligros ambientales mediante información geográfica, posteriormente se modelaron matemáticamente las variables que representan peligros ambientales en la localidad de la Guajira colombiana, y, por último, la validación de los modelos matemáticos desarrollados. Como resultados se obtuvieron los siguientes aspectos: descripción de cada uno de los sistemas de medición de peligros ambientales en la Guajira, observando que el mapa esta desactualizado debido a la falta de mediciones en los diversos puntos de esta región.

Obregón y Lara (2013) en su investigación titulada *El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa: una herramienta para la gestión sostenible del territorio*. Cuyo objetivo fue mostrar la importancia del mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, como herramienta para la planificación territorial, prevención y mitigación de riesgos. El trabajo consistió en dos fases: en la primera (campo) se identificaron las características intrínsecas de geología y geomorfología. La segunda (gabinete), comprendió la elaboración del mapa de susceptibilidad aplicando el modelo heurístico multivariado desarrollado en un entorno SIG a través del álgebra de capas (operaciones de geoprocésamiento). Concluyendo que su área de estudio está sujeta principalmente a movimientos de masa del tipo caídas de rocas. Presentándose de manera general en un mapa de susceptibilidad contribuyendo con el

ordenamiento territorial y/o planificación territorial; y de manera puntual, en la elaboración de planes de acción para tratamiento de las áreas críticas identificadas.

Callirgos (2020) en su estudio *Evaluación de riesgos por deslizamiento rotacional de tierra mediante el análisis de peligrosidad y vulnerabilidad en el centro poblado de cuenca – Huancavelica*, tuvo como objetivo principal evaluar el riesgo por deslizamiento para contribuir en el desarrollo sostenible del Centro poblado Cuenca. El método utilizado estuvo conformado por tres fases: Fase I “Preliminar de gabinete”, en el que se identificó el área de influencia del peligro, definición de parámetros y descriptores que permitieron caracterizar, ponderar y evaluar el peligro, vulnerabilidad y riesgo; la Fase II “Campo”, donde se recopiló información de los elementos expuestos mediante la adaptación de ficha catastral y finalmente la Fase III “Final de gabinete”, en el que se evaluó el peligro, vulnerabilidad y riesgo, así como la estimación de pérdidas ante la probable ocurrencia de un desastre por deslizamiento rotacional en el centro poblado Cuenca. Concluyendo que la caracterización del peligro y estimación de vulnerabilidad de los elementos expuestos, indican que el centro poblado de Cuenca presenta sectores en nivel de riesgo alto y muy alto, es decir, existe una alta probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento de tipo rotacional, lo que causaría cuantiosas pérdidas, calculadas en aproximadamente S/ 5’730,183.95.

Chaupis (2020) en su estudio *Análisis de la vulnerabilidad a los peligros naturales a fin de mejorar la transitabilidad de la carretera Poque - Puños, Huamalies - Huánuco 2019*, tuvo como objetivo determinar la vulnerabilidad a los peligros naturales, para mejorar la transitabilidad de la carretera Poque – Puños. Estudio de enfoque mixto, de diseño no experimental y direccionalidad prospectiva. Con una muestra no probabilístico, el cual permitió identificar el tramo crítico dentro de la trayectoria de la carretera y se usaron como instrumentos datos de estaciones Meteorológicos e Hidrometeorológicos, estudio de tráfico, estudio de suelos y estudios geológicos. Concluyendo que la carretera Poque – Puños está expuesta a peligros

naturales de la Geodinámica Externa, el peligro identificado fue Movimiento en Masa que afecta el 80% de la carretera, con una PELIGROSIDAD DE NIVEL ALTO, que se determinó con la metodología de CENEPRED, cálculo de matrices Saaty y con estudios de ingeniería del factor de evaluación: El Fenómeno El Niño, Factor Desencadenante: Precipitación y Factor Condicionante: Pendiente, Geomorfología y Geología.

Zavala y Barrantes (2007) en su informe técnico *Zonas Críticas por Peligros Geológicos e Hidrológicos en la Región Cajamarca*, tuvo como objetivo georreferenciar y determinar el grado de peligrosidad de las ocurrencias recientes y antiguas, de procesos de movimientos en masa de los tipos: derrumbes, caídas de rocas, deslizamientos, flujos de detritos (huaycos, flujos de lodo, avalanchas de rocas o detritos), reptaciones y movimientos complejos (deslizamiento-flujos, derrumbe-flujos, etc.), así como también de zonas afectadas por procesos de erosión e inundación fluvial, erosión de laderas (cárcavas y procesos avanzados de “bad lands”), procesos de hundimiento o karst u otros peligros geológicos. La información obtenida constituyó como base geológica útil sobre áreas afectadas por peligros o potencialmente susceptibles a los peligros, y también como un avance preliminar del estudio, que resume principalmente y de forma sucinta, las zonas o áreas consideradas como críticas, con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada, que muestran una recurrencia en algunos casos periódica a excepcional y, donde es necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

Zavala y Rosado (2011) en su informe *Riesgo Geológico en la región de Cajamarca*, tuvo como objetivo evaluar la ocurrencia de peligros geológicos (movimientos en masa), geohidrológicos (inundaciones y erosión fluvial), en términos de susceptibilidad y determinar la vulnerabilidad a los peligros geológicos y geohidrológicos, de las infraestructuras, poblaciones urbanas y rurales, y áreas agrícolas existentes en la región, de manera de que se identifiquen las zonas críticas. Concluyendo que la frecuencia de peligros naturales en la región

es mediana a alta, en comparación a otras áreas del país, por otro lado, realizaron un mapa de susceptibilidad utilizando el método de ponderación de factores (método heurístico, indirecto, cualitativo). Las zonas de igual susceptibilidad a los movimientos en masa, están representadas en cinco categorías: muy baja susceptibilidad, baja susceptibilidad, moderada susceptibilidad, alta susceptibilidad y muy alta susceptibilidad. Paralelamente analizaron la susceptibilidad a las inundaciones, utilizando como factores de análisis la geomorfología y pendiente, con 60 y 40% para cada factor, respectivamente.

El informe *“Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la localidad de Huasmín, distrito Huasmín, provincia Celendín, departamento Cajamarca”* elaborado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, (2022); tuvo como objetivo identificar, tipificar y caracterizar el movimiento en masa que presenta la localidad de Huasmín, distrito Huasmín, provincia Celendín y departamento de Cajamarca, así como también determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los movimientos en masa y proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo. Concluyendo que, los factores condicionantes de los movimientos en masa son: a) pendiente del terreno entre 25° a 45°; b) sustrato de calizas muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, c) laderas con depósitos coluvio - deluviales inconsolidados (cantos, gravas y bloques, en matriz arcillo limosa); d) riego por inundación que satura al suelo (factor antrópico). Como factor detonante las lluvias intensas y/o prolongadas. Por otro lado, los peligros identificados al este de Huasmín corresponden a dos movimientos complejos, uno de tipo deslizamiento – flujo; MC1, con una extensión de 1194 m², afectó la trocha carrozable en 40 m y puesto de salud; su reactivación podría afectar más viviendas ubicadas en la parte baja (zona urbana). El segundo evento (MC2), es de menor dimensión que el primero, presenta una extensión de 177 m², podría afectar terrenos de cultivo y dos viviendas ubicadas en la parte baja.

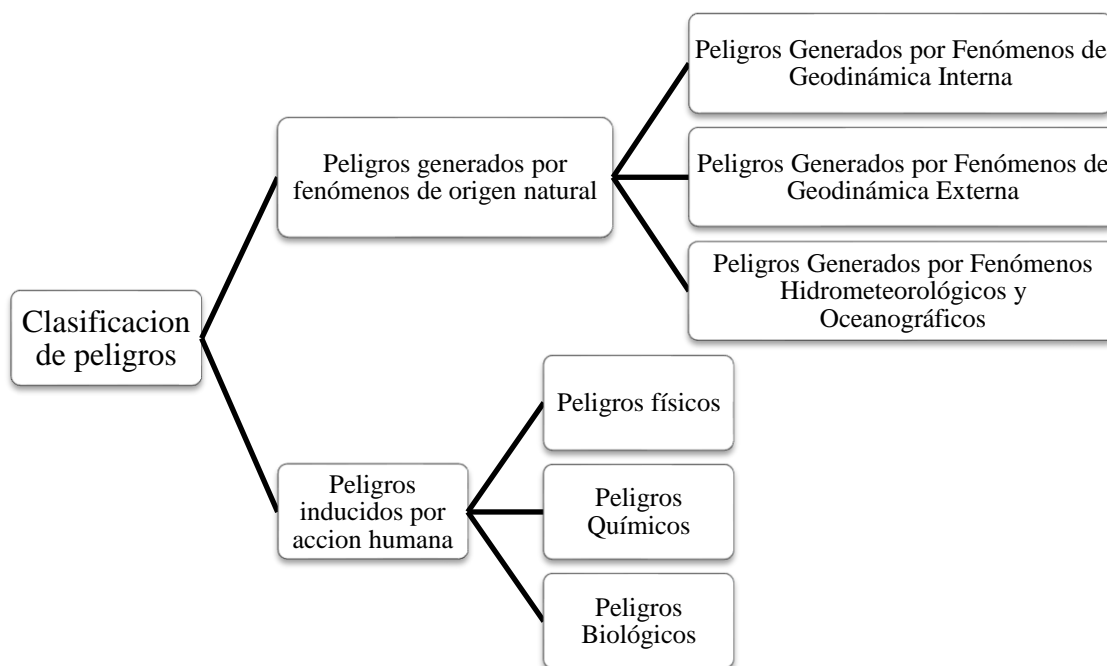
Siendo así, al analizar estos contextos es necesario conocer definiciones relacionadas con el objeto de estudio, que permitan a la investigación una debida interpretación y que estas encuadren con el tema. Los conceptos respectivos lo obtenemos del Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión (CENEPRED, 2014):

Peligro

Es la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos. En otros países los documentos técnicos referidos al estudio de los fenómenos de origen natural utilizan el término amenaza, para referirse al peligro. El peligro, según su origen, puede ser de dos clases: los generados por fenómenos de origen natural; y, los inducidos por la acción humana.

Figura 1

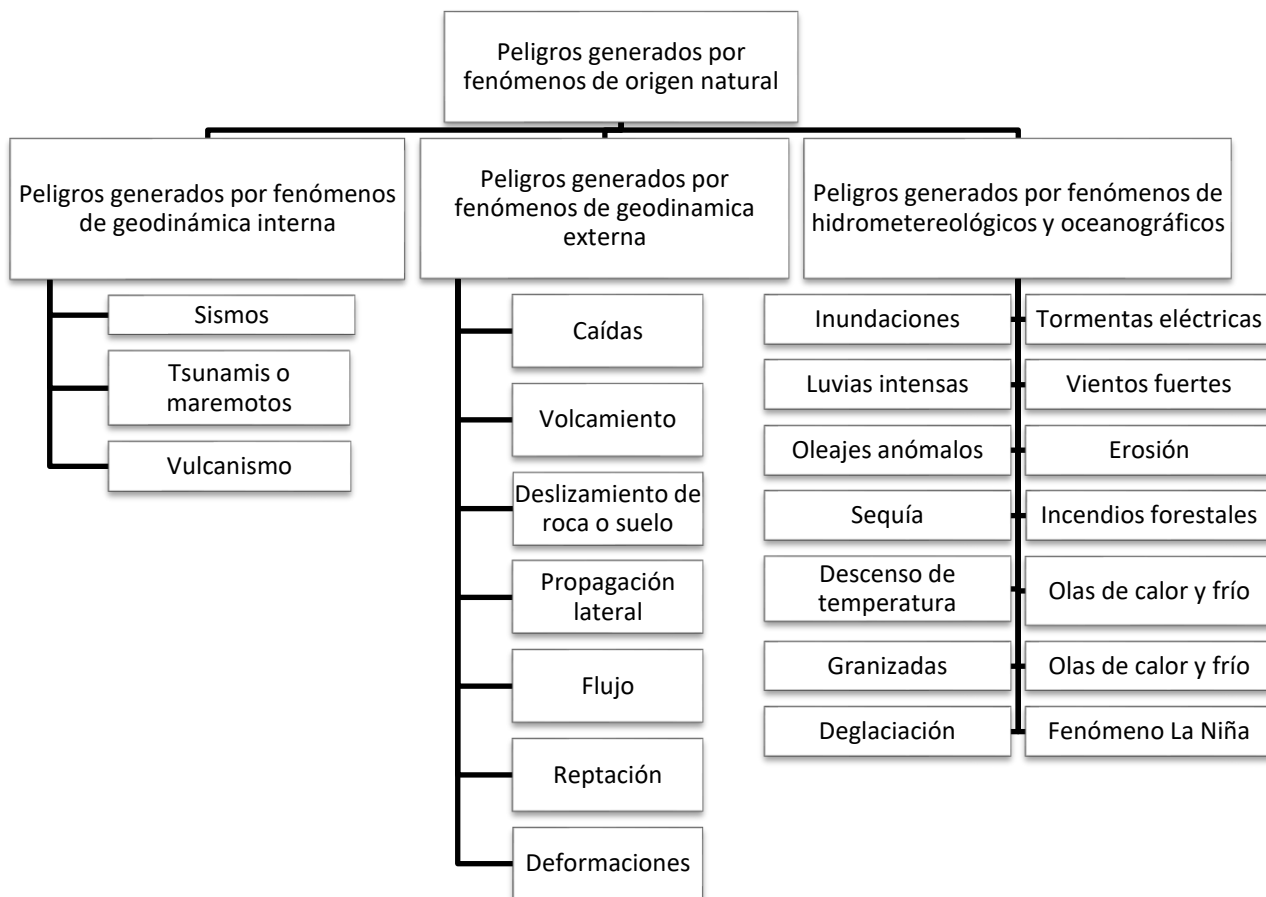
Clasificación de peligros



Nota. Agrupación de peligros de acuerdo a su origen, esto permite realizar la identificación y caracterización de cada uno de ellos. Tomado del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014, p. 21).

Figura 2

Clasificación de peligros originados por fenómenos naturales



Nota. Tomado del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014, p. 22).

Los peligros generados por fenómenos de geodinámica interna de la tierra son:

Sismo. Proceso progresivo y constante de liberación de energía mecánica debido a los cambios en el estado de esfuerzos, de las deformaciones y de los desplazamientos resultantes. Una parte de la energía liberada lo hace en forma de ondas sísmicas y otra parte se transforma en calor, debido a la fricción en el plano de la falla.

Tsunami. Fenómeno natural que ocurre en el océano, generado por un disturbio sísmico que impulsa y desplaza verticalmente la columna de agua originando un tren de ondas largas, con un periodo que va de varios minutos hasta una hora, que se propaga a gran velocidad en todas direcciones desde la zona de origen. Afecta las zonas costeras a través de diferentes manifestaciones como inundaciones, modificaciones geomorfológicas de la costa y del lecho marino.

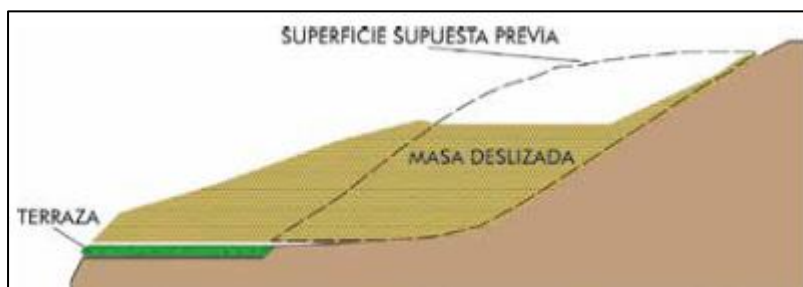
Volcanes (Erupciones Volcánicas). Estructuras geológicas formadas alrededor de un orificio de forma circular conocido como cráter y por donde son expulsados los materiales volcánicos provenientes del interior de la Tierra. El proceso eruptivo se inicia con la existencia, por debajo de la superficie de la Tierra de una cámara magmática en la cual existe roca fundida (magma) debido a la presencia de altas temperaturas y presiones.

En cuanto a los peligros generados por fenómenos de geodinámica externa se tienen los siguientes:

Movimiento de masa. 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.

Figura 3

Proceso de movimiento en masas



Nota. Adaptado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014, p. 68), de Yesano (2014).

Entre los tipos de movimientos en masa se tiene los deslizamientos los cuales consisten en un descenso masivo o relativamente rápido, a veces de carácter catastrófico, de materiales, a lo largo de una pendiente. La pérdida de cobertura vegetal y forestal favorece a la meteorización y el consecuente desplazamiento mecánico del material por factores desencadenantes. En la tabla 1 se presentan los tipos de movimientos en masa: caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, propagaciones laterales, reptaciones.

Tabla 1

Tipos de movimientos en masas

Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque)
	Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso

Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos Crecida de detritos Flujo de lodo Flujo de tierra Flujo de turba Avalancha de detritos Avalancha de rocas Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos Soliflucción, geliflucción (en permafrost)

Nota. Adaptado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014 p. 70), de la Región Andina: Guía para la Evaluación de Amenazas (2007).

Figura 4

Deslizamiento de tierra sepulta parte de carretera Celendín – Llanguat (sector Los Blancos - Shusuro)



Nota. Adaptado por F. Sánchez, comunicación personal, 2 de abril del 2022.

Por otro lado, los movimientos complejos es la deformación del talud o la ladera producida por la combinación simultánea y/o sucesiva de algunos de los diferentes tipos de los movimientos en masa mencionados anteriormente, a lo largo del período activo del movimiento (Chacón, 2012). Cuando se desestabiliza una ladera la actividad de un movimiento en masa suele continuar, de manera intermitente a lo largo de un determinado tiempo. Así pues, laderas que han anteriormente se han movido pueden moverse otra vez, por lo que la identificación de movimientos en masa y de su estado de actividad (tabla 2) constituye una parte fundamental de la predicción de eventos futuros (Beltrán, 2019).

Tabla 2

Estado de actividad de los movimientos en masa tomado de Beltrán (2019)

Activo	Es posible observar evidencias de movimiento en masa.
Interrumpido	Aunque el movimiento no está activo actualmente, podría reactivarse en el siguiente periodo invernal.
Reactivado	El movimiento que estaba inactivo, se activa nuevamente.
Latente	No muestra señales de actividad durante el último periodo de lluvias, pero la inestabilidad aún está presente.
Inactivo	
Abandonado	La causa original ya no está afectando el sitio.
Estabilizado	El deslizamiento se ha tratado con una medida remedial.

Con respecto a la escala de velocidad de los movimientos de ladera se tiene los siguiente:

Tabla 3

Escala de velocidad de los movimientos de ladera. Adaptado de Cruden y Varnes, 1996 como se citó en Alcantara , 1999

Velocidad	Clasificación de la velocidad	Límites de velocidad	Descripción de la velocidad	Naturaleza del impacto
3 m/s	7	5 m/s	Extremadamente rápido	Catástrofe de gran violencia, edificios expuestos totalmente destrozados y deceso de la población por el impacto del material desplazado, o por la

				disgregación del material desplazado.
0.3 m/min	6	3 m/min	Muy rápido	Perdida de algunas vidas debido a que la velocidad del movimiento es muy rápida para permitir que todas las personas escapen, gran destrucción.
1.5 m/día	5	1.8 m/hora	Rápido	Posible escape y evacuación, estructura, posesiones y equipo destruido por la desplazada.
1.5 m/mes	4	13 m/mes	Moderado	Estructuras poco sensibles pueden ser mantenidas si están localizadas a una distancia considerable en relación con el pie de la masa desplazada.
1.5 m/año	3	1.6 m/año	Lento	Estructuras localizadas en la masa desplazada son dañadas en gran medida. Carreteras y estructuras poco sensibles pueden ser mantenidas a través de frecuente trabajo de mantenimiento, si el

				movimiento no es de mucha duración y los movimientos diferenciales a lo largo de las márgenes del movimiento están distribuidos a lo largo de una zona ancha.
0.06 m/año	2	0.016 m/año	Muy lento	Algunas estructuras permanentes no son dañadas y si son agrietadas por el movimiento, pueden ser reparadas.
	1		Extremadamente lento	No hay daño a las estructuras construidas con precaución.

Como peligros generados por fenómenos de origen hidrometeorológico y oceanográfico se tienen los siguientes:

Inundaciones. Se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos adyacentes.

Sequias. Salas (1978, como se citó en CENEPRED, 2014) afirma que una sequía corresponde a una “situación de déficit de agua suficiente para afectar adversamente a la vegetación, fauna, ser humano y actividades en un área determinada”.

Erosión de suelos. Se debe a la acción de factores desencadenantes naturales como la lluvia y el viento los que afectan la vulnerabilidad de los factores condicionantes. Los elementos

más importantes que desencadenan la erosión son el agua y el viento. En función de esto se conocen dos tipos de erosión: eólica y la hídrica.

Erosión hídrica. Es la erosión por agua de lluvia y abarca la erosión provocada por el impacto de las gotas sobre el suelo desnudo, como también la acción hidráulica que arranca y transporta las partículas de suelo por el escurrimiento en laderas y taludes.

Susceptibilidad

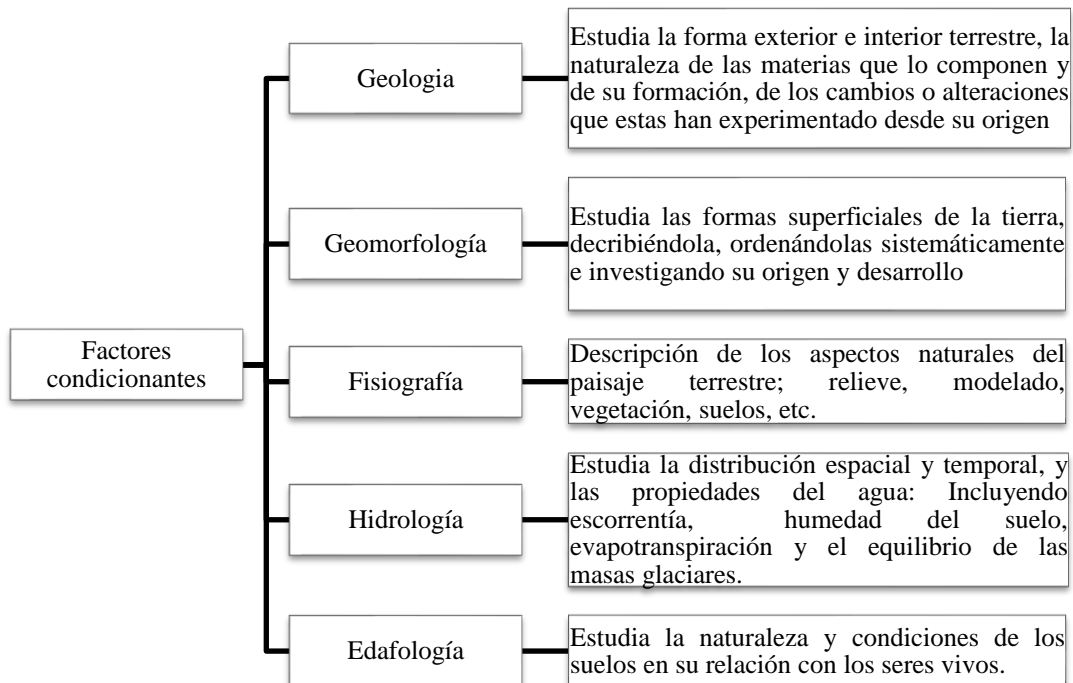
Está referida a la mayor o menor probabilidad a que un evento ocurra sobre determinado ámbito geográfico, dependiendo de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno y su respectiva zona de estudio.

Factores condicionantes

Son parámetros propios del ámbito geográfico de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural, así como su distribución espacial.

Figura 5

Factores condicionantes del peligro



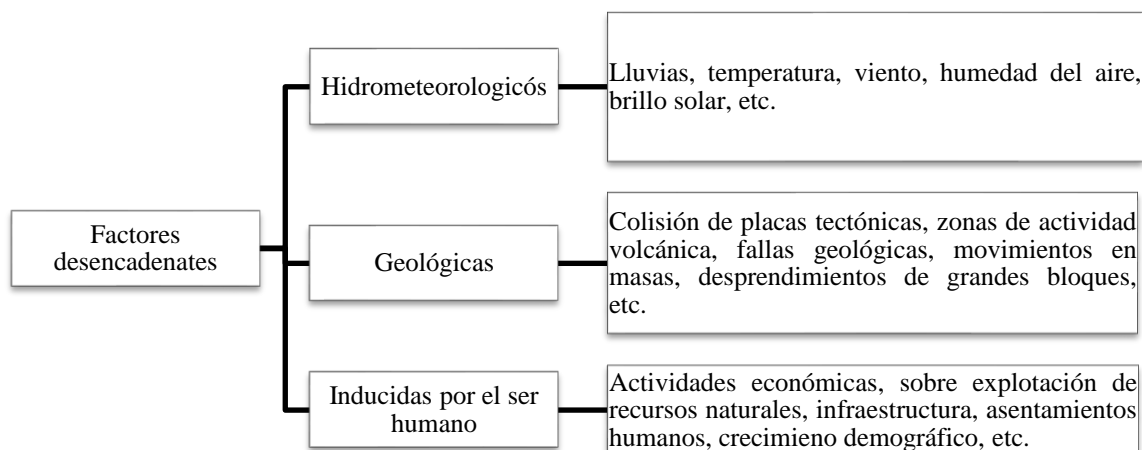
Nota. Tomado del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014, p. 107).

Factores desencadenantes.

Son parámetros que desencadenan eventos que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias generan deslizamiento de material suelto o meteorizado, los sismos de gran magnitud ocurridos en el mar ocasionan tsunamis, etc.

Figura 6

Factores desencadenantes del peligro



Nota. Tomado del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014, p. 106).

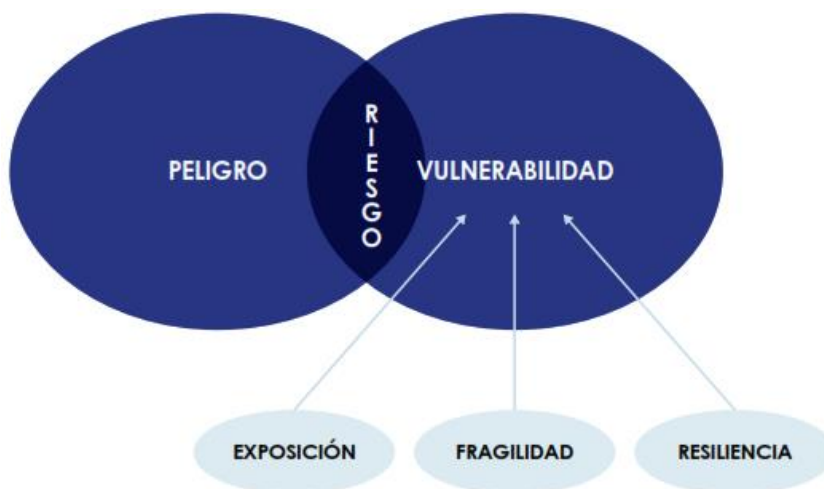
Vulnerabilidad

La Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. N°048-2011-PCM) define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. Por otro lado, para reducir el riesgo se tiene que disminuir la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Los Factores de la vulnerabilidad son: **exposición** la cual 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, a mayor exposición mayor vulnerabilidad; **fragilidad** referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro, a mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad y por último **resiliencia** que

es el nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro, a mayor resiliencia, menor vulnerabilidad.

Figura 7

Factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia



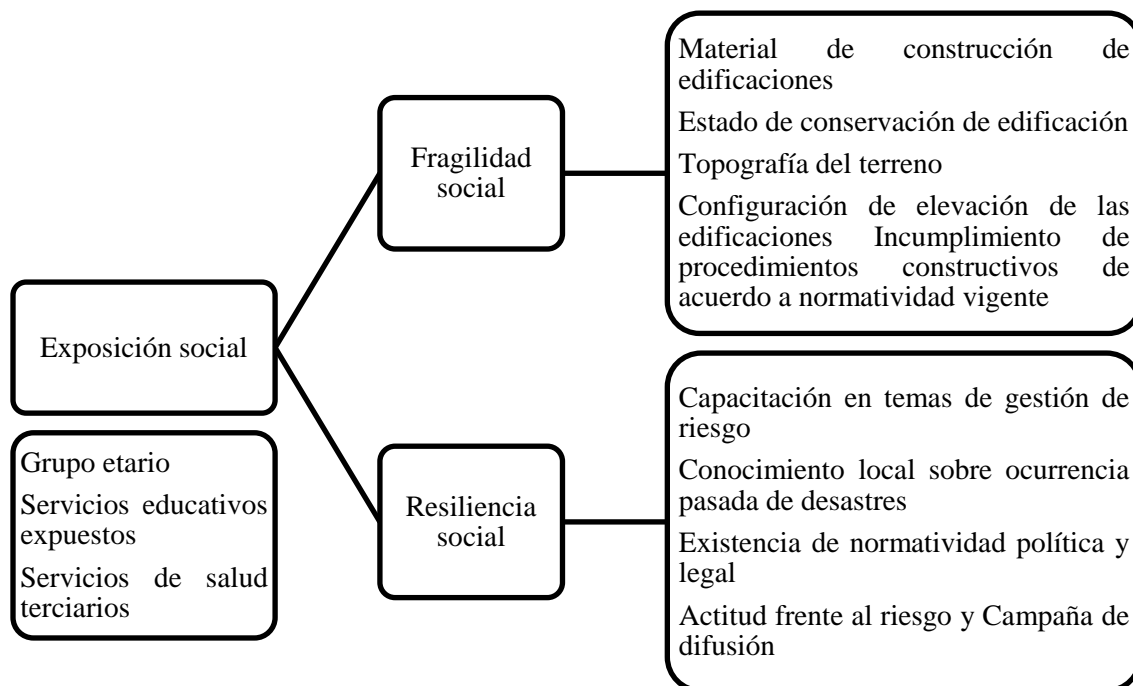
Nota. Tomado del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014, p. 121).

Análisis De Los Elementos Expuestos Sociales, Económicos Y Ambientales

Análisis de la dimensión social. Se determina la población expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando la población vulnerable y no vulnerable, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad social y resiliencia social en la población vulnerable.

Figura 8

Exposición Social



Nota. Tomado del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014, p. 124).

Análisis de la dimensión económica. Se determina las actividades económicas e infraestructura expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando los elementos expuestos vulnerables y no vulnerables, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad económica y resiliencia económica.

Figura 9

Exposición económica

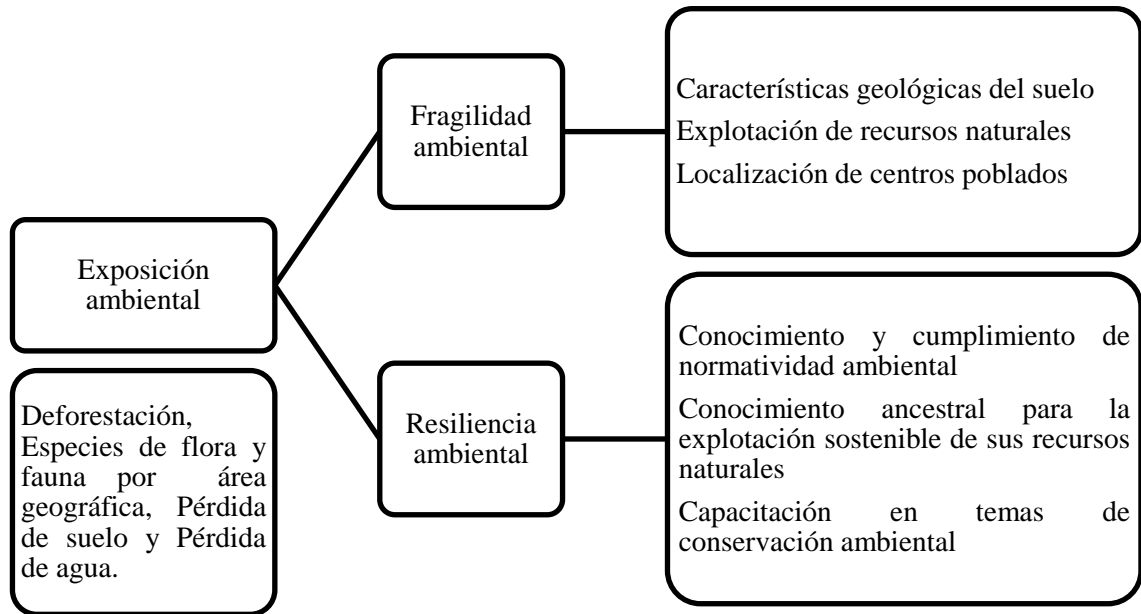


Nota. Tomado del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014, p. 129).

Análisis de la dimensión ambiental. Se determina los recursos naturales renovables y no renovables expuestos dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando los recursos naturales vulnerables y no vulnerables, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad ambiental y resiliencia ambiental.

Figura 10

Exposición ambiental



Nota. Tomado del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014, p. 135).

También se tiene otros aspectos conceptuales como:

Gestión de riesgos de desastres

Conjunto de actividades enmarcadas dentro de un plan de trabajo que busca disminuir los daños causados por los desastres los cuales son tomados dentro del plan nacional de gestión de riesgos de desastres, se refiere al conjunto de acciones los cuales deben tomar en consideración el análisis de riesgos de desastres y las políticas de mantenimiento como parte de la gestión de riesgos (Chaupis, 2020).

Riesgo de desastres

El riesgo de desastre es 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

(Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED, 2014).

Mapa de Amenaza o Peligrosidad

Es un mapa que pretende establecer geográficamente dónde y hasta qué punto determinados fenómenos de origen natural representan una amenaza a las personas, propiedad, infraestructura y actividades económicas. (Renda et al., 2017).

Mapa de Vulnerabilidad

Es un mapa que pretende establecer la distribución espacial o geográfica de la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada en caso de que una amenaza se manifieste (Renda et al., 2017).

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 (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED, 2014).

Mitigación

La mitigación está considerada dentro del estudio como las acciones que se realizaran, en base a la correcta identificación de los peligros y los riesgos, con el fin de reducir los niveles de inseguridad, peligro y riesgo (Chaupis, 2020).

CENEPRED

La Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. N°048-2011-PCM) define que el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (Cenepred) es un organismo público ejecutor que

conforma el SINAGERD, que tiene como funciones desarrollar, coordinar y facilitar la formulación y ejecución del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, en lo que corresponde a los procesos de estimación, prevención y reducción de riesgo de desastres promoviendo su implementación.

ArcGIS

Es actualmente la tecnología de referencia en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), compuesta de una gama escalable de productos software y que permiten crear, administrar, manipular, editar, analizar y distribuir la información geográfica (Bermejo, 2014). Además, esta tecnología se puede utilizar para ayudar en los esfuerzos de predicción, respuesta y aprendizaje de los desastres para prepararse mejor en el futuro y, al mismo tiempo, ayudar a reducir las vidas perdidas y los daños causados por los desastres actuales (Collins, 2022).

La carretera Celendín – Llanguat en función a su demanda se clasifica como trocha carrozable, ya que de acuerdo con el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, esta vía no alcanza las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día, ya que la carretera en estudio según Gobierno Regional de Cajamarca (2005), indica que cuenta con IMD (índice medio diario) de 29 veh/día. También, sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4,00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazuelas de cruce, por lo menos cada 500 m; y su superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.13).

Además, se realizó un conteo de vehículos de los días lunes (día laborable 1), viernes (día laborable2) y sábado (día no laborable), hallando un índice medio diario semanal de 65 veh/día. Estos días de la semana fueron escogidos debido a la mayor concurrencia vehicular. La obtención del IMDS se realiza mediante la ecuación 1 obtenido de Fustamante (2019):

$$I. M. D. S = \frac{5 * (VDL_1 + VDL_2) + 2 * VDNL}{7} \quad (1)$$

Donde:

VDL_1 = Volumen de tráfico registrado en día laborable 1

VDL_2 = Volumen de tráfico registrado en día laborable 2

$VDNL$ = Volumen de tráfico en día no laborable

Tabla 4

Volumen de tráfico de la carretera Celendín – Llanguat

Clasificación del tipo de vehículo		VOLUMEN DE TRÁFICO						Suma	Porcentaje
		Lunes		Viernes		Sábado			
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida		
V. Menores	Moto lineal	4	3	5	3	6	4	25	21.93%
	Mototaxi	-	1	1	-	1	-	2	1.75%
	Auto	4	3	4	4	7	5	27	23.68%
V. Ligeros	Camioneta PICK UP	5	3	4	5	3	2	22	19.30%
	Combis	5	4	5	5	4	4	27	23.68%
V. Pesado	Camión 2E	2	1	3	2	1	2	11	9.65%
Total								114	100%

Nota. La tabla 4 muestra la composición vehicular para la carretera Celendín – Llanguat, en donde el 21.93% de los vehículos son motos lineales, 1.75% mototaxis, 23.68% autos, 19.30% camionetas PICK UP, 23.68% combis y 9.65% para camiones de 2 ejes.

Con los vehículos contabilizados se realiza los cálculos del IMDS, siguiendo la ecuación 1, los resultados se obtuvieron de la siguiente manera: primero hallando el total de semana que es igual a $5 * (VDL_1 + VDL_2) + 2 * VDNL$, para luego calcular el IMDS que es igual a $total\ de\ semana / 7$. Estas operaciones se realizaron para cada tipo de vehículo, mostrado en la tabla 5.

Tabla 5

Cálculo del índice medio diario semanal de la carretera Celendín – Llanguat

Clasificación del tipo de vehículo	Tránsito Vehicular			Total de semana	IMDS	
	Lunes	Viernes	Sábado			
V. Menores	Moto lineal	7	8	10	95	14
	Mototaxi	1	1	1	12	2
V. Ligeros	Auto	7	8	12	99	14
	Camioneta PICK UP	8	9	5	95	14
	Combis	9	10	8	111	16
V. Pesado	Camión 2E	3	5	3	46	7
Total (veh/día)						65

Nota. Se muestra el índice medio diario semanal para cada tipo de vehículo, donde la sumatoria brinda el IMDs obteniendo 65 vehículos por día.

Por otro lado, esta vía pertenece a la Red Vial Departamental o Regional y el código de ruta está conformado por un prefijo de dos letras que identifican al Departamento (en este caso Cajamarca “CA”), seguido de un número del 100 al 499; esta numeración se asigna con el criterio de Norte a Sur donde se ubica la carretera (Proyecto Reglamento de Jerarquización Vial, 2007). Siendo así que la carretera Celendín – Llanguat tiene como código de ruta CA-109 identificado con el símbolo de un emblema. Y con respecto a su ubicación geográfica se encuentra en las coordenadas UTM WGS 84 - Zona 17S, como punto de inicio de la carretera se ubica entre las coordenadas 6° 51' 09" de latitud sur, 78° 08' 47" de longitud oeste, a una altitud de 2612 m.s.n.m; y como punto de llegada es de 6° 45' 3.5" de latitud sur, 78° 9' 52" de longitud oeste, a una altitud de 1378 m s. n. m. Actualmente esta vía, se encuentra en malas condiciones causadas por el uso permanente, el clima y la falta de mantenimiento, ocasionando riesgo para las personas que transitan debido a la insuficiente intervención por parte de las

autoridades. En la tabla 4 se muestra las coordenadas de las zonas críticas o puntos críticos más resaltantes de la carretera Celendín – Llanguat en estudio.

Tabla 6

Coordenadas de las zonas críticas de la carretera Celendín – Llanguat

N°	UTM – WGS 84 - Zona 17S		Coordenadas Decimales		Descripción
	Este	Norte	Latitud	Longitud	
1	814301.970	9243618.526	-6.834493	-78.156510	
2	814181.561	9243777.163	-6.833066	-78.157607	
3	814193.623	9243908.915	-6.831875	-78.157505	Los Blancos
4	814122.323	9243974.307	-6.831288	-78.158153	
5	813884.300	9244188.444	-6.829366	-78.160316	
6	813859.613	9244429.434	-6.827190	-78.160552	
7	813774.920	9244400.049	-6.827460	-78.161316	
8	813719.923	9244397.496	-6.827486	-78.161813	Shusuro
9	813529.815	9244407.913	-6.827402	-78.163532	
10	813239.898	9244677.470	-6.824982	-78.166167	
11	813141.498	9244913.248	-6.822857	-78.167069	
12	813289.688	9245431.254	-6.818169	-78.165757	El Nogal
13	813098.520	9245600.613	-6.816649	-78.167494	
14	812707.856	9246010.435	-6.812967	-78.171047	Quebrada los Carrizos
15	812381.783	9247950.925	-6.795452	-78.174097	Quebrada del Oso
16	812106.447	9248701.378	-6.788687	-78.176625	Los Morados
17	811656.774	9250151.828	-6.775605	-78.180766	Llanguat

Las características básicas de la superficie de rodadura de las Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito según el Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito son:

Tabla 7

Características básicas para la superficie de rodadura de las Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, obtenido del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008, p. 17

Carretera de BVT	IMD Proyectoado	Ancho de Calzada (M)	Estructuras y Superficie de Rodadura Alternativas (**)
T3	101-200	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado
T2	51-100	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16-50	1 carril (*) o 2 carriles 3.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T0	<15	1 carril (*) 3.50-4.50	Afirmado (tierra) En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm
Trocha carrozable	IMD Indefinido	1 sendero (*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

(*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o volteo cada 500 – 1000 m; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso.

(**) En caso de no disponer gravas en distancia cercana las carreteras pueden ser estabilizado mediante técnicas de estabilización suelo-cemento o cal o productos químicos u otros.

Con respecto a la accesibilidad, la vía más directa y en mejor estado para acceder a la zona de estudio se detalla en la tabla 8. No siendo esta la única vía de acceso a la zona de estudio, existe otra vía de acceso la cual tiene un tiempo de viaje de 7 horas con 45 minutos y es la que sale de la ciudad del Cajamarca hacia la ciudad de Bambamarca, para luego partir al centro poblado de Pizon (Miguel Iglesias) y así tomar la ruta final hacia la zona de estudio que es la carretera Llanguat – Celendín.

Tabla 8

Tramos con distancia y tiempo de viaje

Desde	Hacia	Distancia (km)	Tiempo (minutos)	Tipo de vía	Servicio de transporte
Cajamarca	Celendín	102.3	137	Asfaltada	Vehículo liviano (*)
Celendín	Llanguat	20.9	40	Trocha carrozable	Vehículo liviano (**)
Total		123.2	177		

Nota. (*) Se considera una velocidad de 50 km/h para el vehículo cargado con materiales. (**) Se considera una velocidad de 30 km/h. para vehículo cargado con materiales.

Tabla 9

Coordenadas inicio y fin de la carretera

Descripción	Norte	Este	Cota
--------------------	--------------	-------------	-------------

Punto inicial			
(Celendín) km 109 +	815403.201	9241588.566	2612.450
246			
Punto final			
(Llanguat) km 90 +	811146.697	9250374.157	1530.225
000 hasta			

De acuerdo con lo mencionado anteriormente se respalda la justificación de la elaboración de esta investigación, ya que la carretera Celendín – Llanguat en el mes de marzo y abril sufre estragos debido a las fuertes precipitaciones pluviales, dejando decenas de vehículos inmovilizados en ambos extremos de la carretera, ocasionando que algunos conductores y pasajeros lleguen a intentar limpiar escombros, a consecuencia de la caída de huaycos, deslizamientos, grandes masas de lodo y rocas. Siendo los sectores más afectados Shusuro, El Nogal, Los Carrizos y la Quebrada del Oso (Alcantara E., 2022). Por ello, mediante los mapas de peligrosidad y vulnerabilidad en la carretera Celendín – Llanguat podremos generar el conocimiento de los peligros ocasionados por fenómenos naturales y analizar las zonas vulnerables, además de contribuir en la fase de identificación, formulación y evaluación de proyectos de inversión pública o privada, siendo necesaria así para establecer las medidas de mitigación necesarias para corregir y proponer medidas de emergencia para dar una respuesta adecuada cuando el impacto de la amenaza se produce.

Además, en el Perú, las carreteras son infraestructuras particularmente susceptibles de ser dañadas ante la ocurrencia de desastres naturales, así como por las características geográficas y climáticas de las zonas que atraviesan, encontrándose constantemente en riesgo de colapso por derrumbes, inundaciones, entre otros, lo que deriva interrupciones a la

circulación vial afectando el movimiento de personas y bienes (López y Paz, 2021). A su vez, según el Compendio Estadístico - Gestión Reactiva, Cajamarca cuenta con 837 emergencias por fenómenos de geodinámica externa y 4,580 por fenómenos meteorológicos (Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI, 2022, p. 21).

Por esto, la importancia de este estudio se basa en el aporte a las autoridades regionales y locales, especialmente a la Municipalidad Distrital de Celendín, debido a la capacidad de identificar el nivel de peligro existente en la carretera Celendín – Llanguat, así como también establecer medidas de carácter permanente y las consecuencias del posible impacto a las personas que transitan, brindando como herramientas principales los mapas de peligrosidad y vulnerabilidad para una mejor gestión de desastres. Mediante esta evaluación de peligros se podrá ubicar las zonas de riesgo, buscando mejorar la calidad del transporte, el tiempo de recorrido en esta ruta y el movimiento de fuentes económicas a los pueblos que interconecta esta vía.

1.2. Formulación del problema

General

¿De qué manera el análisis y la elaboración de un mapa de vulnerabilidad y peligrosidad mediante el uso del software ArcGIS en la carretera Celendín - Llanguat 2022, contribuye a identificar geográficamente los peligros y las zonas vulnerables generados por fenómenos de origen natural?

Específicas

- ¿Qué unidades litoestratigráficas y geomorfológicas surgen en el área de estudio?
- ¿Cuáles son las características hidrológicas e hidrogeológicas en la zona de estudio?

- ¿Cuáles son los niveles de peligrosidad ocasionados por las precipitaciones fluviales y los niveles de vulnerabilidad de la población en el tramo de carretera Celendín-Llanguat?
- ¿En qué medida se pueden prevenir y/o mitigar los niveles de vulnerabilidad y peligrosidad en las zonas críticas?

1.3. Objetivos

General

Analizar y elaborar un mapa de vulnerabilidad y peligrosidad utilizando el software ArcGIS de la carretera Celendín – Llanguat.

Específicos

- Identificar las unidades litoestratigráficas y geomorfológicas del área de estudio.
- Determinar e identificar las características hidrológicas e hidrogeológicas de la zona de estudio.
- Identificar la flora en el tramo de la carretera Celendín – Llanguat.
- Describir las características sociales, económicas, de las viviendas y de los servicios básicos presentes en el área de estudio.
- Determinar los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad ocasionados por los fenómenos geodinámicos externos y elaborar el mapa de peligrosidad y vulnerabilidad en el tramo de la carretera Celendín – Llanguat.
- Plantear medidas de mitigación y/o prevención en relación a los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad.

1.4. Hipótesis

El Análisis y la elaboración de un mapa de vulnerabilidad y peligrosidad mediante el uso del software ArcGIS en la carretera Celendín – Llanguat, contribuye a identificar geográficamente los peligros y las zonas vulnerables generados por fenómenos de origen natural.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

El enfoque considerado para este estudio es el cualitativo porque según Hernández, Fernández y Baptista (2014) el enfoque cualitativo busca principalmente la “dispersión o expansión” de los datos e información y la recolección de datos no inicia con instrumentos preestablecidos, si no que el investigador comienza a aprender por observación y descripción de los participantes, concibiendo formas para registrar datos que se refinan conforme avanza la investigación (p. 12).

Por otro lado, la forma en que se desarrolla la investigación es de tipo no experimental, ya que se basa fundamentalmente en la observación no manipulando las variables en estudio, en cuanto al nivel es descriptivo, debido a que se mostraran las características más resaltantes y fundamentales de las variables en estudio, observando y describiendo así los peligros e identificando el grado de vulnerabilidad y peligrosidad de la carretera producto de los desastres naturales. Para el caso del diseño bajo un enfoque no experimental es transversal o transeccional porque la recolección de datos de las variables se da en un determinado momento y/o en un solo periodo de tiempo.

Tabla 10

Diseño de investigación transversal

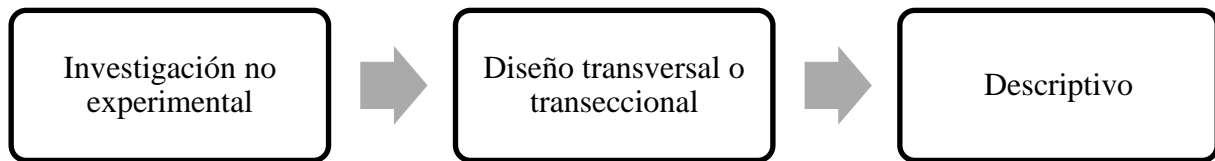
Estudio	T1
M: Zonas críticas de la carretera Celendín- Llanguat	O: Tipos de peligrosidad y grados de vulnerabilidad

M: Muestra

O: Observación

Figura 11

Diagrama de diseño de investigación



Siendo así, el método que predomina para desarrollar esta investigación es el analítico, ya que se analizó cada peligro existente y se determinará el grado de vulnerabilidad y peligrosidad como consecuencia de la ocurrencia de un determinado fenómeno en las zonas críticas analizadas.

En cuanto a las variables en estudio son peligrosidad y vulnerabilidad de la carretera Celendín – Llanguat. Definimos a peligro como “la probabilidad de que un fenómeno de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos” (CENEPRED, 2014, p. 20). Por otro lado, la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. N°048-2011-PCM) define a vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza.

Las variables se clasifican por la función que cumplen en la hipótesis, siendo variables independientes ya que tanto la peligrosidad como vulnerabilidad son indicadores de daño en la carretera, y no las podremos manipular libremente debido a que estas son propiedades inherentes al estudio que se está desarrollando. También se clasifica por su naturaleza, en la cual es una variable cualitativa dado que la interpretación de los datos obtenidos en campo se hace en base a la información establecida en el manual de CENEPRED, que toma en consideración para el caso de peligro y vulnerabilidad en base a niveles muy alta, alta, media y baja. Por último, se tiene por la posesión de la característica, siendo una variable continua,

debido a que la vulnerabilidad y la peligrosidad está presente en todo el trayecto de la carretera Celendín – Llanguat, pero en algunos lugares en mayor intensidad como son las zonas críticas en estudio. Es continua también por el hecho que nuestras variables pueden asumir valores establecidos en rangos numéricos (Mejía, 2005, como se citó en Núñez, 2007).

Para la identificación de instrumentos en la operacionalización de variables se tiene: visita a la zona de estudio, caracterización de cada zona crítica, selección de rangos de vulnerabilidad y peligrosidad, y por último realizar el proceso del mapa de vulnerabilidad y peligrosidad según el manual de CENEPRED. Considerando como población total a todas las carreteras pertenecientes a la provincia de Celendín con una longitud total según el MTC de 1,051.7 km y como muestra de estudio la carretera Celendín – Llanguat con una longitud de 19.246 km, se plantea el análisis para la carretera desde el km 90 + 000 hasta km 109 + 246. Como criterio de selección de la muestra, se eligió esta trocha carrozable dado que en los años 2021-2022 entre los meses de marzo y abril se presentaron lluvias intensas, trayendo consigo que los taludes, tramos de plataforma, obras de arte entre otros, sufran daños.

Tabla 11

Infraestructura de la Red Vial Vecinal del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC)

DEPARTAMENTO Provincia	EXISTENTE POR TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA							Total
	PAVIMENTADA			NO PAVIMENTADA				
	Asfaltada	Solución n Básica	Sub Total	Afirmada	Sin Afirmar	Trocha	Sub Total	
	2,609.6	198.1	2,807.7	29,573.7	31,529.9	54,158.2	115,261.8	118,069.5
CAJAMARCA	69.7		69.7	4,577.7	2,992.3	5,336.9	12,906.8	12,976.5
CAJABAMBA				122.2	184.6	199.4	506.2	506.2
CAJAMARCA				768.8	109.5	1,147.7	2,026.0	2,026.0
CELENDIN	1.8		1.8	608.1		441.8	1,049.9	1,051.7
CHOTA				414.2	55.1	503.0	972.3	972.3
CONTUMAZA				82.6	79.5	392.8	554.9	554.9
CUTERVO				356.9	79.9	468.7	905.5	905.5
HUALGAYOC				141.1	113.5	260.5	515.2	515.2
JAEN	26.0		26.0	746.5	952.4	175.6	1,874.5	1,900.5
SAN IGNACIO	1.6		1.6	562.8	559.5	430.7	1,553.0	1,554.6
SAN MARCOS				23.2	186.8	372.2	582.2	582.2
SAN MIGUEL	15.7		15.7	268.5	650.2	205.7	1,124.4	1,140.1
SAN PABLO	21.6		21.6	162.3	3.8	249.9	416.0	437.6
SANTA CRUZ	3.0		3.0	320.4	17.3	489.0	826.7	829.8

Nota. Tomado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2022.

La técnica utilizada para la recolección de datos fue el análisis documental, en la cual se hizo la selección de datos e ideas importantes para realizar la investigación. La recopilación de información bibliográfica se obtuvo de libros, revistas, normas y manuales, estos seleccionadas de acuerdo a las variables en estudio. La calidad de información de los documentos encontrados es fiable, puesto que son publicaciones académicas adquiridas de fuentes confiables como Redalyc, Google Académico, Scielo y Dialnet. Además, se obtuvo estudios e informes técnicos del repositorio institucional INGEMMET, en la cual se tiene información geocientífica peruana. La información contenida en los artículos, tesis e informes muestran validez ya que los autores proporcionan información de fuentes de información que utilizaron, y sus ideas expresadas tienen sentido y conexión. Para la selección de artículos y tesis se tuvo en consideración un periodo de 10 años.

Además, se tiene la observación directa de la zona en estudio que permitirá identificar mediante una guía de observación de campo las zonas críticas a lo largo del trayecto de la carretera Celendín-Llanguat. En cuanto a los instrumentos que facilitarán la toma de datos en campo son: GPS navegador, cámara fotográfica, drone, laptop y como herramientas principales para el procesamiento y resultados se utilizará el Microsoft Excel y el programa ArcGis 10.8. Por otro lado, para la recolección de datos se tuvo como instrumento las entrevistas que fueron realizadas a algunos pobladores de las localidades de Yanasamana, Yanaquero y Llanguat, así como también a las personas que transitan, en la cual proporcionaron información histórica de las zonas que han sido más afectadas a lo largo del trayecto de la carretera Celendin – Llanguat. También se tiene como instrumento el material audiovisual, obteniendo información de videos y fotografías publicadas en las plataformas como YouTube y Facebook.

Los procedimientos que se siguió para la recolección y análisis de datos se distribuyen en 2 fases las cuales fueron detalladas a continuación y las metodologías para cada mapa a elaborar en las figuras 12 y 13.

Fase 1. Trabajo en campo

- Toma de puntos con GPS navegador y su ubicación en Google Earth para así delimitar y definir las zonas críticas en estudio.
- Toma de datos basados en la observación de la visita a campo, identificando así las características geológicas presentes en el área, así mismo estimar los factores condicionantes y desencadenantes que originan el desarrollo de fenómenos de geodinámica externa (caída de rocas, flujo de detritos, deslizamientos y movimientos complejos).
- Levantamiento topográfico definitivo con GPS diferencial.
- Registro fotográfico de la zona en estudio.

Fase 2. Trabajo en Gabinete

Metodología para la elaboración del mapa de peligrosidad

- Recopilación y revisión de información bibliográfica, para obtener características propias de la zona de estudio. En esta etapa se obtuvo los shapefile (el cual es compatible con el software ArcGIS), con respecto a geología, geomorfología, hidrogeología y cobertura vegetal concerniente al área de influencia, esta información se obtuvo del sistema de información geográfica GEOCATMIN y de la plataforma GEO GPS PERÚ.
- Revisión e identificación de los peligros ocasionados por fenómenos de origen natural en el área de influencia.
- Análisis de susceptibilidad de los factores condicionantes y desencadenantes. Para el factor condicionante se tomó: pendiente, geología, geomorfología, hidrogeología y cobertura vegetal. Mientras que, para el factor desencadenante la precipitación pluvial.

- Análisis del peligro mediante parámetros de evaluación considerando los siguientes: Actividad, Velocidad y Volumen.
- Ponderación de los factores condicionantes y desencadenante, asignando pesos utilizando el método Multicriterio desarrollado por Thomas L. Saaty (matriz de Saaty). Por medio de esta, se asignó valores por nivel de importancia en una matriz de comparación de pares de cada parámetro en análisis, utilizando la herramienta digital Microsoft Excel.
- Obtención de los niveles de peligrosidad.
- Estratificación de los niveles de vulnerabilidad.
- Previo a la elaboración del mapa de peligrosidad se realiza los siguientes mapas mediante el software ArcGis: geológico, pendientes, geomorfológico, hidrogeológico y cobertura vegetal.
- En la tabla de contenidos del software AcrGIS se tiene la data de geología, pendiente, geomorfología, hidrogeología y cobertura vegetal, en cada una de estas se selecciona la tabla de atributos en la cual se asigna los pesos del vector priorización obtenidos de cada descriptor.
- Una vez asignados estos pesos, se selecciona ArcToolbox – Analysis Tools – Intersect, añadiendo así geología, pendiente, geomorfología, hidrogeología y cobertura vegetal, creando una ruta de salida denominando PELIGROSIDAD.shp.
- Al crear PELIGROSIDAD.shp, se elige propiedades – fields, seleccionando solo las columnas a trabajar (peso de pendiente, peso de geología, peso de geomorfología, peso de hidrogeología y de cobertura vegetal).
- Posteriormente se abre la tabla de atributos de PELIGROSIDAD, y se añade las columnas con los siguientes nombres: valores del factor condicionante (pesos del parámetro multiplicado por los pesos de los descriptores), valor del factor

condicionante (peso del vector de priorización de lluvias intensas), valor de susceptibilidad (valor del factor condicionante*0.5 + valor del factor desencadenante*0.5), valor de parámetro de evaluación (valor de los parámetros de actividad, velocidad de desplazamiento y volumen), peligro (valor de susceptibilidad *0.5 + valor de parámetro de evaluación asignando*0.5), nivel de peligro (muy alto, alto, medio y bajo de acuerdo a los niveles de peligro que se obtuvo)

- Se categoriza el nivel de peligro, esto se realiza seleccionando: propiedades – symbology – categories – N_Peligro - Add all values y se cambia los colores (muy alto rojo, alto anaranjado, medio amarillo y bajo verde).
- Por último, se realiza el mapa de peligro.

Metodología para la elaboración del mapa de vulnerabilidad

- Recopilación y revisión de información bibliográfica de las características sociales, económicas y de vivienda y servicios básicos, para la formulación de los descriptores de cada parámetro en el análisis de vulnerabilidad.
- Análisis de elementos expuestos en zonas susceptibles.
- Análisis de vulnerabilidad considerando la dimensión social y económica en sus componentes de exposición, fragilidad y resiliencia.
- Ponderación de los factores de vulnerabilidad (social y económico), asignando pesos utilizando el método Multicriterio desarrollado por Thomas L. Saaty (matriz de Saaty). Por medio de esta, se asignó valores por nivel de importancia en una matriz de comparación de pares de cada parámetro en análisis, utilizando la herramienta digital Microsoft Excel.
- Obtención de los niveles de vulnerabilidad.

- Estratificación de los niveles de vulnerabilidad.
- En el software ArcGis se sube el shp de VULNERABILIDAD, y se elige propiedades – fields, seleccionando solo las columnas a trabajar (en este caso 19 parámetros los cuales son ES_grupo etario, FS_Abas. de agua, FS_Servicios de Saneamiento, FS_ Servicios de Energía Eléctrica, FS_Tipo de Vehículos, FS_Velocidad de Vehículo, RS_Capacitación en Temas de Gestión del Riesgo, RS_Conocimiento de Conductores y Pasajeros Frente a la Ocurrencia de Desastres, RS_Actitud Frente al Riesgo, RS_Formalidad de las Empresas de Transportes, EE_Ubicación del Elemento Frente al Peligro, EE_Servicio de Empresas de Transporte Expuesto, EE_Área Agrícola, FE_Material de Construcción de la Edificación, FE_Estado de Conservación de la Carretera, FE_Material de la Carretera, RE_Población Económicamente Activa Desocupada, RE_Ingreso Promedio Familiar, RE_Organización y Capacitación Institucional.
- Luego en tabla de atributos se añade las columnas con los siguientes nombres: valor de exposición social, valor de fragilidad social, valor de resiliencia social, peso de exposición social, peso de fragilidad social, peso de resiliencia social, valor de dimensión social (valor de ES*peso de ES + valor de FS*peso de FS + valor de RS*peso de RS), valor de exposición económica, valor de fragilidad económica, valor de resiliencia económica, peso de exposición económica, peso de fragilidad económica, peso de resiliencia económica, valor de dimensión económica (valor de EE*peso de EE + valor de FE*peso de FE + valor de RE*peso de RE), vulnerabilidad (valor de dimensión social*0.5 + valor de dimensión económica*0.5), nivel de vulnerabilidad (muy alto, alto, medio y bajo de acuerdo a los niveles de vulnerabilidad que se obtuvo)

- Se categoriza el nivel de vulnerabilidad, esto se realiza seleccionando: propiedades – symbology – categories – N_Vulnerabilidad - Add all values y se cambia los colores (muy alto rojo, alto anaranjado, medio amarillo y bajo verde).
- Por último, se realiza el mapa de vulnerabilidad.

Dentro de los aspectos éticos para la presente investigación, se focalizan principalmente en el respeto al derecho de autor, debido a que toda la información empleada fue correctamente citada mediante las Normas APA 7ma edición. Asimismo, la selección de los estudios fue seleccionado con relación a las variables, considerando aquellos que beneficiaron informaciones reales y positivas, para así formar parte de la realización de esta investigación. Cada estudio de los autores citados mantiene su originalidad ya que no han sido manipulados. Por esto, se garantiza el respeto y honestidad al realizar dicho estudio.

Figura 12

Metodología para la determinación del nivel de vulnerabilidad

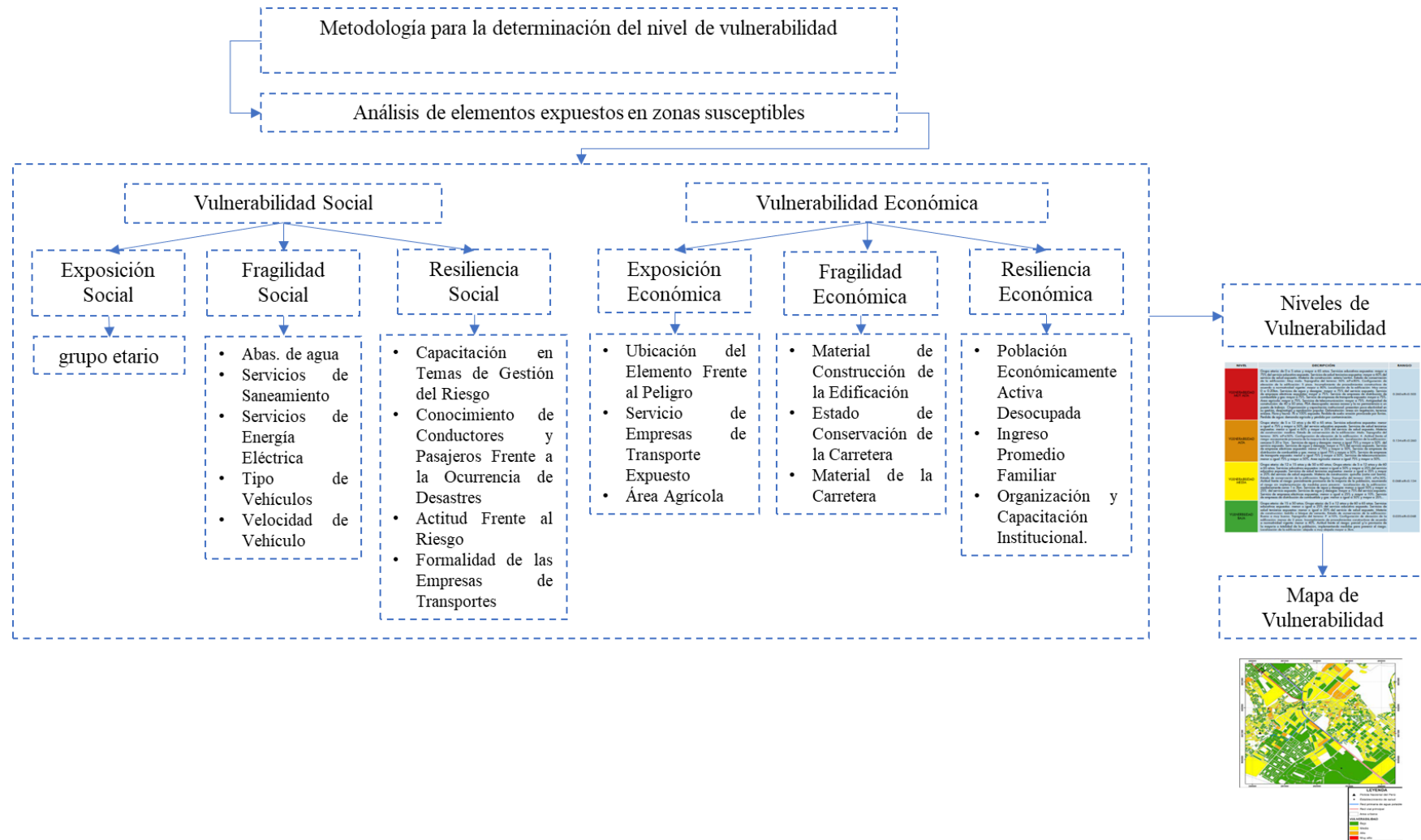
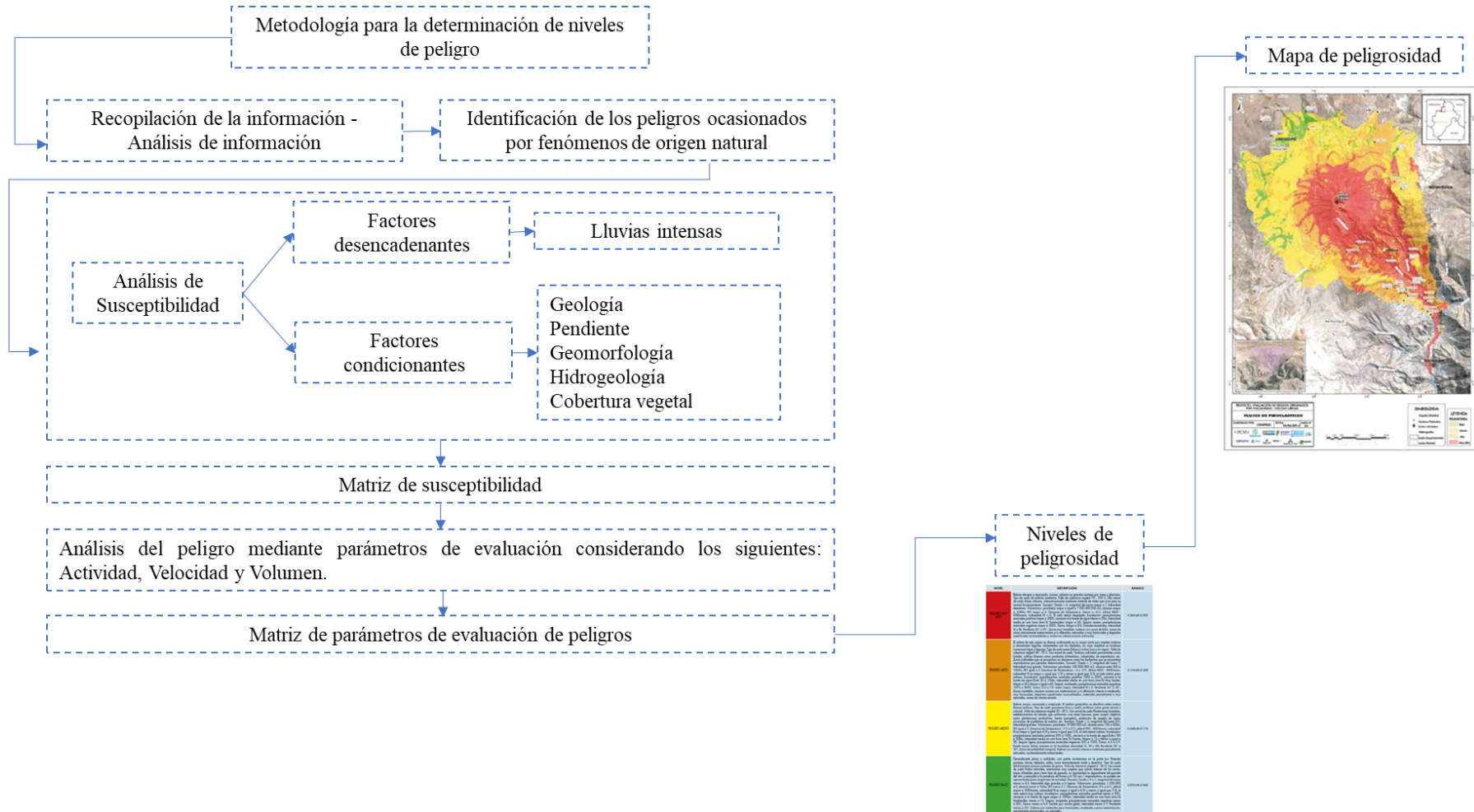


Figura 13

Metodología para la determinación de niveles de peligro



CAPÍTULO III: RESULTADOS

De acuerdo al primer objetivo las unidades litoestratigráficas se desarrolló mediante la recolección de datos de la plataforma del INGEMET, siendo así que nuestra zona de estudio se encuentra ubicada en la Carta Geológica Nacional, hoja 14-g, Geología del Cuadrángulo de Celendín, cuadrante II, escala 1:100 000. Estudio realizado por, Jhon Wilson y supervisado por Carlos Guevara en el año 1998. Las unidades litoestratigráficas que afloran en nuestra zona de estudio a nivel regional van del Mesozoico superior al Cenozoico con los depósitos cuaternarios del reciente.

Figura 14

Columna Estratigráfica de la zona de estudio. Tomado del INGEMMET, Carta Geológica del Cuadrángulo de Celendín 14-g II (Wilson y Guevara, 2016)

Erátama	Sistema	Serie	Edad	Unidades Litoestratigráficas
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	0.01	Depósito lacustrino Q-la Material fino areno-arcilloso, con intercalaciones de gravas, depositadas en pequeñas cuencas antes ocupadas por lagunas
				Depósito fluvial Q-fl Gravas con clastos redondeados ecueltos en una matriz arenosa, con pequeños lentes arenosos formando el cauce del río
				Depósito aluvial Qh-al Acumulaciones más jóvenes de gravas, arenas y limos depositados en los cauces de ríos formando terrazas
				Depósito aluvial Q-al Acumulaciones de cantos, gravas, arenas y limos formando terrazas
				Depósito glaciar, fluvial Q-gfl Cantos de tamaño medio a grueso, principalmente de cuarcitas y calizas englobas en matriz de arenas, limos y arcillas
	NEÓGENO	PLEISTOCENO	2.58	Discordancia angular
				Formación Huambos Nm-huam Tobas y brechas dacíticas, con fragmentos de pómez, presenta niveles de tobas andesíticas rojizas. Estratos medios a gruesos bien estratificados
				Discordancia angular
				Formación Porculla Po-po Flujos dacíticos intercalado con derrames andesíticos. Estratos medianos a grueso pobremente estratificados
				Formación San Pablo P-sp Tobas blanco amarillentas intercaladas con areniscas rojizas, aglomerados y piroclastos
PALEÓGENO	PALEOCENO	65.0	Discordancia angular	
			Formación Chota KsP-cho Conglomerados intercalados con tobas gris verdosas	
			Formación Celendín Ks-ce Caliza nodular arcillosa crema oscuro a marrón, intercaladas con lutitas y margas grises	
			Formación Cajamarca Ks-ca Calizas grisáceas o blanquecinas con estratificación regular y uniforme. Espesor aproximado de 200m	
			Grupo Quilquiñan, Majarrún Ks-qu,m Calizas nodulares macizas, margas y lutitas pardo amarillentas fosilíferas	
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	Grupo Quilquiñan Ks-qu Lutitas friables gris oscuras a negras y niveles de margas gris azuladas, intercaladas con delgados niveles de calizas	
			Grupo Pullicana Ks-pu Intercalación de calizas grise, lutitas friables gris oscuras a negras y niveles de margas	

MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	100.5	Formación Celendín	Ks-ce	Caliza nodular arcillosa crema oscuro a marrón, intercaladas con lutitas y margas grises			
			Formación Cajamarca	Ks-ca	Calizas grisáceas o blanquecinas con estratificación regular y uniforme. Espesor aproximado de 200m				
			Grupo Quilquiñán, Majarrín	Ks-qu,m	Calizas nodulares macizas, margas y lutitas pardo amarillentas fosilíferas				
			Grupo Quilquiñán	Ks-qu	Lutitas friables gris oscuras a negras y niveles de margas gris azuladas, intercaladas con delgados niveles de calizas				
			Grupo Pullucana	Ks-pu	Intercalación de calizas grise, lutitas friables gris oscuras a negras y niveles de margas				
		INFERIOR	100.5	Formación Chúlec, Pariatambo	Ki-chu, pt	Formación Pariatambo	Ki-pt	Calizas negras, bituminosas, con olor fétido intercaladas con delgados niveles de lutitas negras	
					Formación Chulec	Ki-chu	Lutitas grises, margas amarillentas y calizas lutáceas delgadas y nodulares de color marrón crema		
			Formación Inca	Ki-i	Caliza masiva arenosa, brechas calcáreas, areniscas y lutitas ferruginosas en capas delgadas intercaladas con caliza impura				
			<i>Discordancia angular</i>						
			145	Grupo Goyllarisquizga	Formación Farrat	Ki-f	Areniscas, cuarcitas blanquecinas y marrones bien estratificadas en capas medianas e intercaladas con horizontes de lutitas grises marrones y rosadas		
		Formación Santa			Ki-s	Intercalación de lutitas y calizas margosas, areniscas gris oscura. Espesor promedio 100 a 150m			
		Formación Chimú			Ki-chi	Areniscas, cuarcitas, lutitas y niveles de carbon en la parte inferior y cuarcitas en la parte superior			
		<i>Discordancia angular</i>							
		JURÁSICO	SUPERIOR	103.5	Formación Oyotún	Jm-o	Lavas andesíticas, andesitas básicas masivas gris oscuro, intercaladas con tobas, grauvacas y areniscas feldespáticas		
174.1	Grupo Pucará			Formación Chambará	Ts-ch	Calizas biomicríticas, dolomíticas grises a gris oscuras de 1 a 3m de grosor, con abundantes nódulos			
201.3									
TRIÁSICO	SUPERIOR	237	<i>Discordancia angular</i>						
		247.2	Grupo Mitu	PET-m	Areniscas, lodolitas, conglomerados polimicticos, tobas brechas polimicticas bien cementadas				
		252.17							
PÉRMICO	LOPINGIANO	259.8	<i>Discordancia angular</i>						
	GUADALUPIANO	272.3							
	CISURALIANO	295.0							
NEO-PROTEROZOICO		641.0	Complejo del Marañon	NP-cm-esq,gn	Esquistos gris verdosos gneises grises a rosados. Ambos presentan dos esquistocidades				
		1000							

Con el fin de describir y caracterizar las unidades litoestratigráficas, se tomó en cuenta el Informe Técnico N° A7311 sobre la Evaluación de Peligros Geológicos por Movimientos en Masa en las Localidades de Shusuro, Yanasamana y Yanaquero.

Mesozoico – Cretáceo – Inferior

Formación Chúlec (Ki-chu). El área de estudio presenta secuencias carbonatadas (calizas y lutitas calcáreas) y sus afloramientos de estas unidades se encuentran a lo largo de toda la carretera Celendín – Llangat, caracterizado por macizos muy fracturados y altamente meteorizados, sus discontinuidades están rellenas por calcita cristalizada o arcillas; su Índice

de Resistencia Geológica es Bajo. Según Alcántara y León (2022) afirma que la resistencia de los estratos de calizas puede llegar a los 50MPa (que tiene gran resistencia), sin embargo, las constantes intercalaciones con lutitas de resistencia geológica muy baja y la meteorización química de estas calizas, además del actuar de los agentes geológicos que erosionan y meteorizan el suelo (fractura y transporte de material), hacen que la resistencia de los macizos rocosos de la Formación Chúlec sea muy baja en la zona de estudio.

Grupo Goyllarisquizga (Ki-g). En la zona de estudio litológicamente está constituida por lutitas grises con intercalación de calizas margosas, con presencia de estratos de areniscas grises oscuras y areniscas cuarzosas.

Mesozoico – Cretáceo – Superior

Formación Chota (KsP-cho). Se distinguen miembros constituidos por sedimentos arcillosos como lutitas y lodolitas de color rojizo (producto de la presencia de óxidos ferruginosos) con intercalaciones de areniscas finas grises, en capas de grosos de medianas a delgadas (potencia del estrato).

Cenozoico – Cuaternario – Holoceno

Deposito Aluvial (Q – al). Estos depósitos se caracterizan por haber generado terrenos de pendiente suave a llana, producto de la acumulación cíclica de suelos por el arrastre de cursos de agua estacionales; los suelos resultantes contienen gravas y arenas redondeadas a subredondeadas en una matriz de arcillas de alta plasticidad. Suelen ubicarse en quebradas y superficies topográficamente amplias. A diferencia de los coluviales, cuentan con un espesor más marcado. “Acumulaciones de cantos, gravas, arenas y limos formando terrazas”. Los depósitos aluviales constantemente van erosionándose generando otros tipos de depósitos (coluvio - deluviales y proluviales).

Depósito coluvio-deluvial (Q-cd). Son acumulaciones por diversos movimientos en masa, donde el principal agente de transporte ha sido la gravedad y la sobresaturación de los materiales; su composición va de bloques angulosos a sub redondeados de poco transporte, en una matriz de arcillas y limos. En épocas recientes, se han desencadenado nuevos procesos de remoción en masa que alimentan al cauce de la quebrada.

Depósito proluvial (Q-pr). Estos depósitos son el producto de la sobresaturación de los materiales sueltos, generados por otros movimientos en masa, que se encuentran disponibles en las laderas, los cuales cuando se presentan lluvias intensas se desplazan cuesta abajo; todo el material arrastrado alimenta al cauce de quebrada, que contribuye con su colmatación. Se han identificado múltiples puntos de flujos de detritos, algunos se han generado a partir de deslizamientos activos y otros que han afectado la carretera Celendín - Languat en las localidades de Shusuro, Yanasamana y Yanaquero.

Uno de los aspectos más importantes antes de la identificación y descripción de las unidades geomorfológicas, es la pendiente de los terrenos de la zona en estudio. Por ello, según Sánchez (2002, como se citó en Medina y Calderón, 2016) afirma que la pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (p. 8). Es por esto, que la pendiente es un parámetro importante, como factor condicionante para la evaluación de procesos de movimientos en masa.

El mapa de pendientes (M-04) para la zona de estudio se realizó con espaciamientos de curvas de nivel de cada 50m, las cuales fueron procesadas en el software ArcGis. El área evaluado presenta pendientes de terreno que va desde 1% hasta 75%, estas se tomaron en consideración con rangos de: terreno llano con pendiente suave ($2\% \leq P \leq 8\%$), pendiente

moderada ($8\% \leq P \leq 15\%$), pendiente fuerte ($15\% \leq P \leq 25\%$), pendiente muy fuerte ($25\% \leq P \leq 50\%$) y pendiente escarpada ($50\% \leq P \leq 75\%$).

Por otro lado, las geoformas particulares individualizadas se agrupan en tres tipos generales del relieve en función a su altura relativa, donde se diferencian: montañas, piedemontes y planicies (Villota 2005, como se citó en Medina y Calderón, 2016). Para la clasificación de las unidades geomorfológicas se tomó en cuenta el Informe Técnico N° A7311 sobre la Evaluación de Peligros Geológicos por Movimientos en Masa en las Localidades de Shusuro, Yanasamana y Yanaquero en el cual, en el área de estudio se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña estructural en rocas sedimentarias y montaña en rocas sedimentarias), como de carácter deposicional y agradacional (Vertiente coluvio – deluvial, piedemonte proluvial o aluvio – torrencial, vertiente con depósito de deslizamiento). También, se tuvo en cuenta la información que se encuentra en el Boletín N° 44 serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica del Riesgo Geológico en la Región Cajamarca.

Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.

Se refiere al resultado del efecto progresivo de procesos morfodinámicos y degradacionales sobre los relieves iniciales, originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales; estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Nuñez y Sosa, 2014, p. 5). Dentro de la zona de estudio se tiene las siguientes unidades:

Unidad de montaña. Se considera dentro de esta unidad a las geoformas con alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, sus laderas presentan un pendiente promedio superior al 30% (Villota, 2005, como se citó en Alcántara y León, 2022).

Sub unidad de montaña estructural en rocas sedimentarias (ME-rs). Se presenta en las partes altas de la zona evaluada, donde los macizos rocosos están compuestos por rocas

sedimentarias de alta resistencia, forman laderas con pendientes escarpadas y relieve agreste (que es abrupto o lleno de maleza), se observa poca vegetación.

Sub unidad de montaña en rocas sedimentarias (M-rs). Se presentan en los terrenos inmediatamente inferiores a la unidad anteriormente descrita, teniendo superficies suaves debido a que sus macizos rocosos son de menor resistencia; muestran laderas con pendientes moderadas o fuertes y una cobertura vegetal más densa.

Geoformas de carácter deposicional o agradacional

Son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por agentes de transporte tales como: agua de escorrentía y viento; tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos elevados (Nuñez y Sosa, 2014, p. 8). Dentro de la zona de estudio se tiene las siguientes unidades:

Subunidad de vertiente o piedemonte coluvio – deluvial (V-cd). Ligados principalmente a la ocurrencia o reactivación de movimientos en masa tales como deslizamientos, derrumbes, flujos o avalanchas de detritos y movimientos complejos; modificando sus taludes, que posteriormente tenderán a buscar su estabilización natural o de equilibrio. Generalmente, los depósitos antiguos de deslizamientos con suave pendiente, por infiltración de aguas están sujetos a movimientos lentos de flujos de tierra, reptaciones y deslizamientos. Esta geoforma se ubica en laderas debajo de las unidades de montañas; donde existen suelos removidos por la acción de la gravedad y la sobresaturación, existiendo materiales finos hasta grandes bloques.

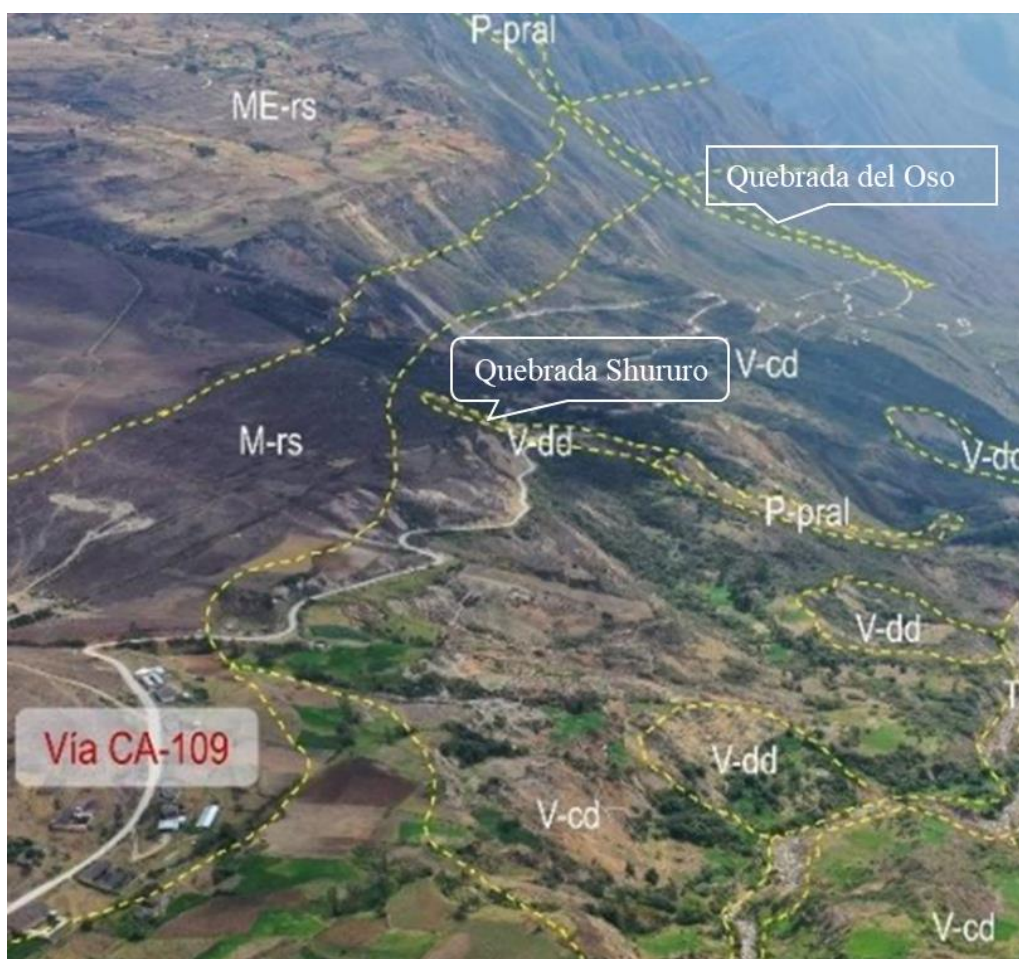
Subunidad de piedemonte proluvial o aluvio – torrencial (P-pral). Son unidades ubicadas en las quebradas por donde han discurrido avenidas torrenciales y han dejado tras de sí terrenos desprovistos de vegetación, con suelos de estructura caótica y de granulometría

variable. Se ubican en la mayoría de las quebradas como en la de la Shururo, Los Carrizos y la del Oso, pertenecientes a la del valle del río Grande.

Subunidad de vertiente o piedemonte con depósito de deslizamiento (V-dd). Son zonas de acumulaciones en ladera originadas por procesos de movimientos en masa de limitada distancia de transporte. Su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, de corto a mediano recorrido.

Figura 15

Vista de las geoformas de la zona en estudio



Nota. Montaña estructural en rocas sedimentarias (ME-rs), montaña en rocas sedimentarias (M-rs), vertiente coluvio-deluvial (V-cd), vertiente coluvial (V-c), vertiente con depósito de

deslizamiento (V-dd), piedemonte proluvial o aluvio-torrencial (P-pral) obtenido de (Alcántara y León, 2022, p. 22).

Con respecto al segundo objetivo la zona de estudio se encuentra en la vertiente del Atlántico en la Región hidrográfica del Amazonas. La Autoridad Nacional del Agua (ANA) ha delimitado hidrográficamente al territorio nacional por método de Pfafstetter, y según la clasificación hidrográfica se encuentra ubicada en la Intercuenca Alto Marañón IV con código PFAFSTETTER 49897.

Tabla 12

División hidrográfica según la clasificación PFAFSTETTER (Niveles 1, 2, 3, 4 y 5) - Autoridad Nacional del Agua (2012)

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
(4)	(49)	(498)	(4989)	(48897)
Cuenca hidrográfica del río Amazonas	Intercuenca Hidrográfica Alto Amazonas	Cuenca Hidrográfica del Río Marañón	Intercuenca Alto Marañón	Intercuenca Alto Marañón IV

Además, según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - SENAMHI (2020), Celendín tiene un clima de tipo lluvioso, templado y con otoño e invierno seco, cuya simbología es B (o, i) B' y que se caracteriza por presentar una precipitación anual de 700 mm a 1500 mm aproximadamente y una temperatura máxima de 19°C a 23°C en áreas del norte y de 17°C a 21°C en áreas de sur; mientras que, las temperaturas mínimas varían entre los 3°C y 7°C. Por otro lado, a la zona de Llanguat presenta un clima semiseco con invierno seco y templado cuya simbología es C (i) B', la cual se caracteriza por presentar una precipitación anual: entre 300 mm a 700 mm aproximadamente y una temperatura máxima entre 21°C a 25°C en áreas del norte y 15°C a 21°C en áreas del sur; a diferencia de las temperaturas

mínimas que oscilan entre los 7°C y 11°C. Por otro lado, las lluvias más frecuentes y torrenciales se dan en el mes de marzo, con un promedio de 10.8 días (Weather Spark, s.f.).

La información pluviométrica utilizada en el presente estudio se genera mediante los datos obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la cual se encarga de generar y proveer información y conocimiento meteorológico, hidrológico y climático. Por lo cual, para la zona se tomó como información hidrometeorológica la estación Celendín, siendo la estación meteorológica más cercana.

Tabla 13

Estación meteorológica de la zona en estudio. Fuente Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

Estación	Entidad Operadora	Ubicación Geográfica			Periodo de Registro
		Latitud	Longitud	Altitud	
Celendín	SENAMH	6°51'10.52''	78°8'41.46''	2602	2017-2022

Los registros históricos de precipitaciones se presentan en la tabla 14 desde el año 2017 al 2022, y en la figura 16 se aprecia que los valores más altos de precipitación se dan entre los meses de enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre.

Tabla 14

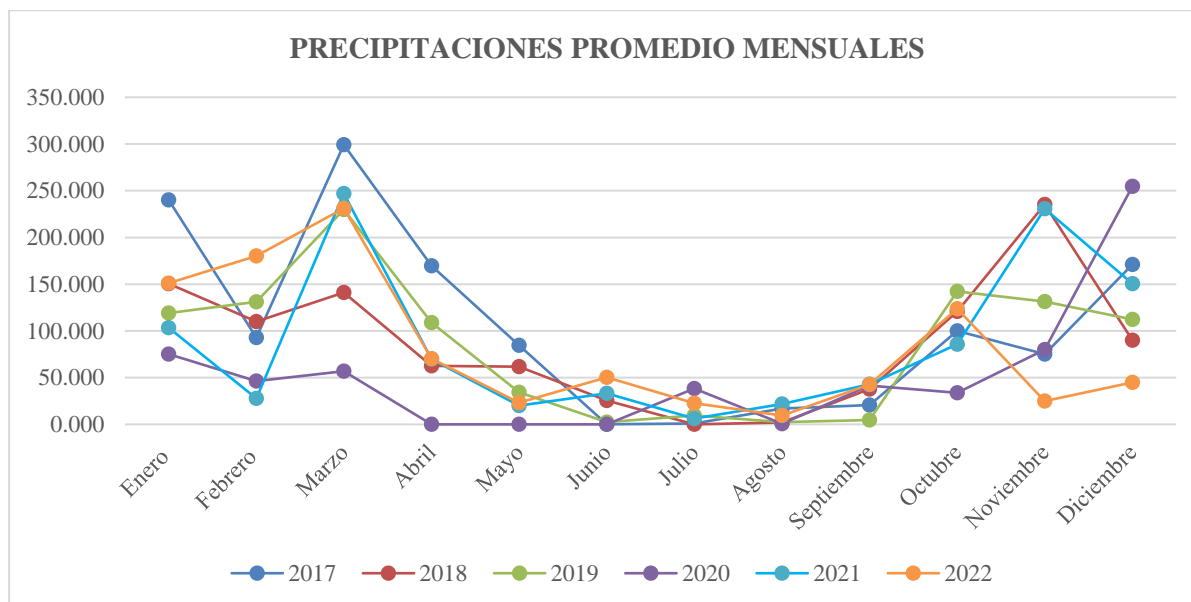
Registro de precipitaciones de la estación Celendín

Estación: CELENDIN					
Departamento:	CAJAMARCA	Provincia:	CELENDIN	Distrito:	CELENDIN
Latitud:	6°51'10.52"	Longitud:	78°8'41.46"	Altitud:	2602 msnm.
Tipo de estación:	Tipo convencional - Meteorológica	Parámetro:	Precipitación mensual (mm)		

Mes	Año						Promedio (mm)
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Enero	240.000	150.600	119.000	75.100	103.400	151.000	139.850
Febrero	92.900	110.000	131.200	46.200	27.900	180.100	98.050
Marzo	299.200	141.000	229.900	57.000	247.000	231.200	200.883
Abril	169.700	62.500	108.900	0.000	69.700	70.200	80.167
Mayo	84.600	61.700	34.200	0.000	20.200	23.200	37.317
Junio	0.100	25.400	2.400	0.000	33.300	50.400	18.600
Julio	1.000	0.000	9.600	38.200	6.200	22.500	12.917
Agosto	16.900	2.100	2.500	0.600	21.900	9.400	8.900
Septiembre	20.700	37.800	4.700	41.500	43.000	42.500	31.700
Octubre	100.000	120.900	142.200	33.700	85.800	123.700	101.050
Noviembre	75.200	235.400	131.300	79.900	230.600	24.800	129.533
Diciembre	171.200	90.000	112.200	254.700	150.400	44.900	137.233

Figura 16

Precipitaciones promedio mensuales registradas en la estación Celendín



Nota. El gráfico representa los valores de las precipitaciones entre los años 2017-2022, apreciándose el valor más alto en el mes de marzo del 2017 con 299.200 mm.

La identificación de las características hidrogeológicas se realizó mediante el mapa hidrogeológico estipulado por el GEOCATMIN, el cual muestra a detalle la clasificación hidrogeológica de las unidades geológicas, obteniendo así lo siguiente: Acuífero Poroso No Consolidado y Poroso Consolidado. Con el fin de comprender más este apartado los acuíferos son rocas o suelos capaces de almacenar y transmitir agua subterránea, que permite el movimiento del agua por gravedad. Pueden ser porosos consolidados o no consolidados, fisurados, kársticos o combinaciones de estos (Arias y Chacon , 2020, p. 107). Para la definición de las unidades hidrogeológicas, se tomó en consideración la información que se encuentra en el Boletín N° 44 serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica del Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. En la cual indica también que las formaciones geológicas a nivel de Cajamarca se han unido en función a su permeabilidad; permitiendo así agrupar dichas unidades hidrogeológicas en: Acuíferos porosos no consolidado, Acuíferos porosos consolidados, Acuíferos fisurados, Acuitardos y Acuicludos.

Acuíferos porosos no consolidados, con productividad elevada (permeabilidad elevada)

Se encuentran en los depósitos aluviales, fluviales y coluviales; predominando las gravas, distribuidos en los valles principales y tributarios mayores (cauce, rellenos de ríos o quebradas, abanicos, terrazas), con formaciones detríticas o clásticas, no consolidadas, porosas y altamente permeables. Debido a que es un depósito reciente de edad cuaternaria, en forma general y regional presentan buenas características de porosidad.

Acuíferos semiconsolidados productivos o acuíferos extensos, pero solamente productivos (permeabilidad media)

Areniscas conglomerádicas desde poco a medianamente consolidados con matriz arenosa, con sedimentos arcillosos y lodolitas de las formaciones Chota.

Acuífero fisurado sedimentario (permeabilidad moderada)

Conformado por Limolitas, lutitas gris verdosas, areniscas cuarzosas blanquecinas, lentes de carbón, areniscas gris claras alternando con lutitas grises a limolitas rojizas.

Acuíferos porosos consolidados (permeabilidad baja)

Conformado por lutitas grises con intercalación de calizas margosas, con presencia de estratos de areniscas grises oscuras y areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga.

Acuitardo Sedimentario (permeabilidad muy baja)

Son rocas o suelos que almacenan y transmiten lentamente el agua en su interior o en forma localizada debido a su poca permeabilidad (Arias y Chacon, 2020, p. 107). Está constituido por la intercalación de calizas y lutitas, pero la presencia de lutitas en un grado mucho mayor y sus discontinuidades están rellenas por calcita cristalizada o arcillas.

De acuerdo al tercer objetivo el área de estudio se encuentra ubicada en la Intercuenca Alto Marañón IV, cabe destacar que esta presenta zonas de vida como: Bosque Seco Montano Bajo Tropical que tiene como altitudes que comprende desde los 1500-2000 m.s.n.m y con una vegetación arbustiva y cactáceas, por otro lado, se tiene al Bosque Seco Tropical comprendido entre las altitudes de 2000-2500 m.s.n.m y con una vegetación cactáceas y matorrales espinosos. También, se tiene como zona de vida al Bosque Húmedo Pre Montano Tropical comprendido entre las altitudes de 2500-2750 m.s.n.m y con una vegetación de helechos (Vásquez, 2011).

Además, las localidades de Llanguat, Yanaquero, Yanasamana y Shusuro son pertenecientes a la Región Natural de la yunga fluvial por lo cual muestra zonas de vida de la intercuenca Alto Marañón IV. Acorde con esta información se puede decir que nuestra área de estudio en su mayoría corresponde al ecosistema de Matorral andino (Ma), que se caracteriza por la presencia de vegetación xerofítica y arbustiva, con menor presencia de cactáceas, dominada por plantas espinosas, cobertura más densa, la especie característica de este estrato es *Acacia* sp (Chávez, 2020).

Por ello, a lo largo del tramo de carretera se pudo observar diferentes tipos de especies de flora como:

Tara o Taya

Conocida también como la “taya” cuyo nombre científico es *Caesalpinia spinosa* o *caesalpinia tinctoria*, utilizada desde la época prehispánica en la medicina folklórica o popular y en los años recientes, como materia prima en el mercado mundial de hidrocoloides alimenticios; es un árbol pequeño en sus inicios, de dos a tres metros de altura; pero, puede llegar a medir hasta 12 m de altura en su mayor desarrollo (Quispe, 2022).

Níspero (Eriobotrya japonica)

El níspero es un árbol frutal originario de China, puede llegar a alcanzar alturas de 10 metros sin dificultad. Se caracteriza por sus ramas, que nacen orientadas hacia abajo formando una copa redondeada o con forma de cúpula, y por sus flores blancas, que se agrupan en panículas y aparecen en el otoño (Acosta, 2019).

Carrizo (Phragmites australis)

Es una planta silvestre que se propaga fácilmente de manera natural. Por lo general crece en pantanos, drenajes y cabeceras húmedas, con amplia distribución geográfica (desde zonas templadas a tropicales). Es una planta estolonífera rizomatosa de estación cálida que crece de dos a cuatro metros de altura, con limbos foliares lisos y planos, de 1 a 5 cm de ancho y 15 a 45 cm de largo (Gerritsen et al., 2009, p. 189).

Hualanco

Es un árbol muy espinoso y se encuentra a lo largo de todo el tramo en estudio, su madera es utilizada para leña. Esta es perteneciente a las especies de *Acacia sp*, poseen una variabilidad morfológica con algunos caracteres taxonómicos que pueden dificultar su

identificación, por ello esto ha contribuido en parte a que se hayan acumulado numerosos sinónimos para algunas de las especies. Por ejemplo, la presencia de espinas es una de las características que ayudan a identificar los materiales herborizados (Arce y De Lourdes, 2001, p. 252).

Tuna (Opuntia ficus-indica)

Es una planta de gran importancia en los sistemas agropastoriles de los andes peruanos. Esta cactácea se encuentra ampliamente distribuida en el país, especialmente en los valles interandinos donde ha encontrado condiciones adecuadas para su establecimiento (Amaya, 2009, p. 5).

Figura 17

Vista panorámica del ecosistema Matorral Andino (Ma), con mayor presencia de la familia acacia



Con respecto al cuarto objetivo se tiene las características sociales que se refiere a la población expuesta, por tanto, para determinar este parámetro se consideró los resultados

definitivos de los censos nacionales 2017: XII Censo de Población y VII de Vivienda y III de Comunidades Indígena del Instituto Nacional de Estadística e Informática referida a la Provincia de Celendín. La población total tomada en consideración sabiendo que se está analizando una carretera sería quienes acceden a trasladarse por esta zona, por ello se consideró la población del centro poblado de Llanguat, Yanaquero, Yanasamana y Shusuro; y de los distritos de La Libertad de Pallán, Chumuch, Cortegana y Miguel Iglesias. En cuanto a la población directa se tiene como base los datos de los vehículos del día viernes, debido a que es el día donde más transitan por el sector, calculando un promedio de 190 por día presentado en la tabla 15. Además se realizó entrevistas al personal encargado de vender pasajes en las distintas empresas de transporte.

Tabla 15

Población directa

Tipo de vehículo	Entrada	Salida	Personas que transitan
Moto lineal	5	3	8
Mototaxi	1	-	1
Auto	4	4	32
Camioneta PICK UP	4	5	36
Combis	5	5	100
Camión 2E	3	2	13
		Total	190

Nota. Las combis trasladan un promedio de 10 personas y los autos 4 personas en su mayoría.

Tabla 16

Población total por distritos y centros poblados de la provincia de Celendín, que se verían afectadas.

Centros Poblados y Distritos	Población censada 2017
-------------------------------------	-------------------------------

Llanguat	277
Yanaquero	1
Yanasamana	1
Shusuro	1
La Libertad de Pallán	6434
Chumuch	2600
Cortegana	6746
Miguel Iglesias	3870
Total	19930

Nota. Obtenido de INEI - Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

Figura 18

Población censada de los centros poblados del distrito de Celendín obtenido del INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017.

DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA									
CÓDIGO	CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
				Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas
0603	PROVINCIA CELENDÍN			79 084	38 180	40 904	33 899	30 339	3 560
060301	DISTRITO CELENDÍN			26 925	12 781	14 144	10 168	9 014	1 154
0001	CELENDIN	Quechua	2 629	19 809	9 356	10 453	6 354	5 812	542
0015	LLANGUAT	Yunga fluvial	1 512	277	136	141	159	142	17
0016	TRES ZANJAS	Quechua	3 292	154	75	79	60	58	2
0017	PAPAYAL	Rupa Rupa	1 497	6	2	4	5	5	-
0018	MANZANA ALTA	Quechua	2 934	60	27	33	32	29	3
0019	YANAQUERO	Yunga fluvial	1 984	1	1	-	8	7	1
0020	MAMAC	Rupa Rupa	1 498	12	8	4	26	26	-
0021	MANZANA BAJA	Quechua	2 795	49	25	24	23	22	1
0024	LA TOMA	Yunga fluvial	1 659	-	-	-	1	1	-
0025	LA LLAVE	Yunga fluvial	2 016	-	-	-	13	7	6
0026	YANASAMANA	Yunga fluvial	2 282	1	1	-	7	5	2
0027	LA MASMA	Quechua	2 914	76	46	30	41	38	3
0060	SHUSURO	Quechua	2 464	1	1	-	13	8	5

Nota. Los centros poblados que son aledaños a la carretera Celendín – Llanguat son Shusuro, Yanasamana, La Toma, Yanaquero y Llanguat.

Población según sexo

Tabla 17

Población según sexo

Centros Poblados y Distritos	Hombres		Mujeres	
	N° de personas	%	N° de personas	%
Llanguat	136	49%	141	51%
Yanaquero	1	100%	-	-
Yanasamana	1	100%	-	-
Shusuro	1	100%	-	-
La Libertad de Pallán	3 121	48,51%	3 313	51,49%
Chumuch	1 356	52,15%	1 244	47,85%
Cortegana	3 300	48,92%	3 446	51,08%
Miguel Iglesias	1 834	47,39%	2 036	52,61%
Total	9750		10180	

Nota. Los distritos de La Libertad de Pallán y Cortegana representan la mayor cantidad de la población total. Obtenido de INEI - Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

Tabla 18

Población por grupo etario de los distritos de La Libertad de Pallán, Chumuch, Cortegana y Miguel Iglesias.

Edad en grupos quinquenales	La Libertad de Pallán	Chumuch	Cortegana	Miguel Iglesias	Total, N° de personas
De 0 a 4 años	617	244	767	354	1982
De 5 a 9 años	697	324	871	459	2351

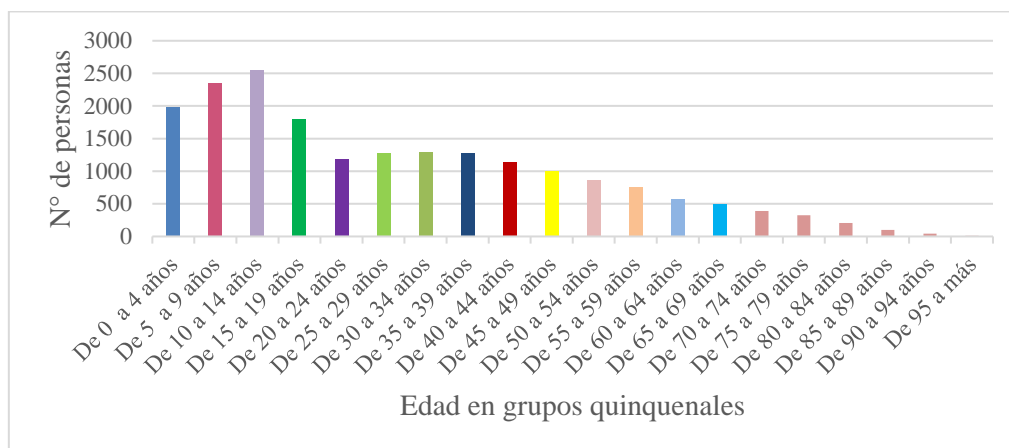
De 10 a 14 años	755	383	928	483	2549
De 15 a 19 años	569	207	646	374	1796
De 20 a 24 años	403	144	362	272	1181
De 25 a 29 años	446	169	378	285	1278
De 30 a 34 años	433	162	437	269	1301
De 35 a 39 años	460	156	419	250	1285
De 40 a 44 años	388	135	400	217	1140
De 45 a 49 años	335	138	334	200	1007
De 50 a 54 años	309	118	275	167	869
De 55 a 59 años	257	107	255	139	758
De 60 a 64 años	222	68	171	112	573
De 65 a 69 años	170	78	169	86	503
De 70 a 74 años	142	60	121	69	392
De 75 a 79 años	124	42	105	54	325
De 80 a 84 años	65	34	60	48	207
De 85 a 89 años	33	20	24	24	101
De 90 a 94 años	9	8	17	8	42
De 95 a más	-	3	7	-	10

Nota. Para la clasificación del grupo etario se tomo en cuenta los distritos con mayor población.

Obtenido de INEI - Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

Figura 19

Características de la población total según grupo etario



Nota. El gráfico muestra una mayor población entre los habitantes de 10 a 14 años de edad, seguido de la población entre los 15 a 29 años de edad. Siendo así que estos distritos caracterizan por tener una población joven que oscila entre los 0 a 29 años.

Otra de las características sociales es la salud, siendo la tasa de mortalidad infantil (TMI) un indicador útil de la condición de la salud no solo de los niños, sino de toda la población y de las condiciones socioeconómicas en las que viven, por ello es que la mortalidad infantil es un indicador adecuado para medir el desarrollo social. (Arias y Chacon , 2020, p. 171). En el caso de los distritos de Chumuch y Cortegana presentan una tasa de mortalidad infantil de (14.6 y 14.4 por cada mil) respectivamente, por otro lado Miguel Iglesias y La Libertad de Pallán presentan (13.9 y 13.8 por cada mil) respectivamente (INEI- Perú: Mortalidad infantil y sus diferenciales según departamento, provincia y distrito 2017). En cuanto a los niveles de educación de los distritos con mayor población se presenta en la tabla 20.

Tabla 19

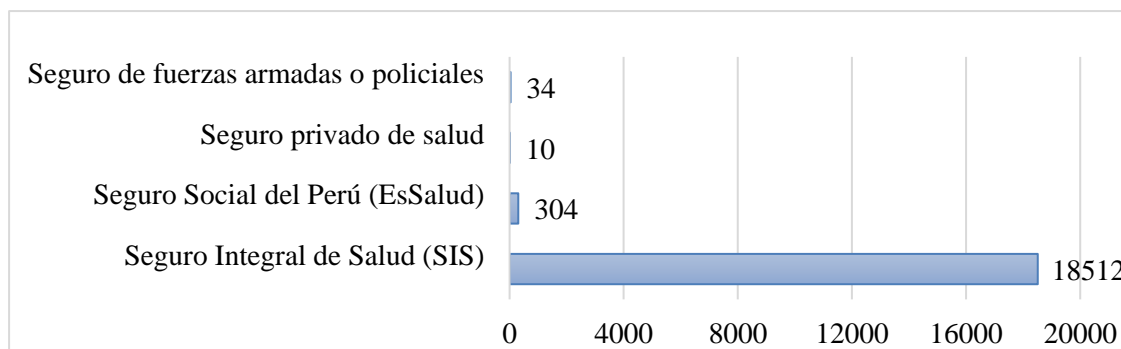
Seguro de Salud de los distritos de La Libertad de Pallán, Chumuch, Cortegana y Miguel Iglesias

	La Libertad de Pallán	Chumuch	Cortegana	Miguel Iglesias	Seguro de Salud
Seguro Integral de Salud (SIS)	6100	2393	6358	3661	18512
Seguro Social del Perú (EsSalud)	65	47	116	76	304
Seguro privado de salud	6	2	1	1	10
Seguro de fuerzas armadas o policiales	9	8	8	9	34

Nota. Obtenido de INEI - Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

Figura 20

Seguro de Salud de los distritos de La Libertad de Pallán, Chumuch, Cortegana y Miguel Iglesias



Nota. El gráfico muestra que en su mayoría la población cuenta con Seguro Integral de Salud (SIS) con 18512 personas beneficiarias, seguido del Seguro Social del Perú (EsSalud) con 304 personas.

Tabla 20

Nivel educativo de los distritos de La Libertad de Pallán, Chumuch, Cortegana y Miguel Iglesias

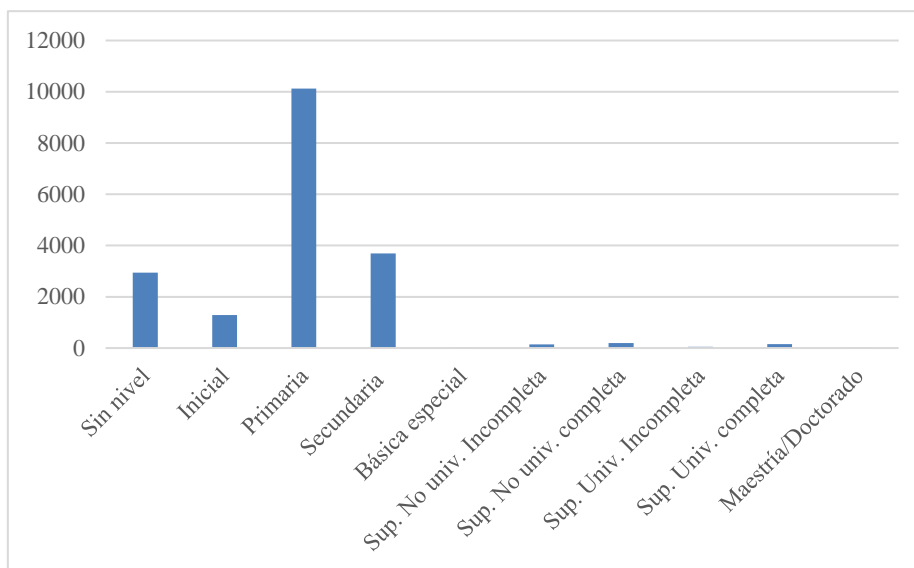
	La Libertad de Pallán	Chumuch	Cortegana	Miguel Iglesias	Total, de N° de personas
Sin nivel	942	343	1191	465	2941
Inicial	410	171	457	249	1287
Primaria	3539	1428	3002	2152	10121
Secundaria	1003	490	1511	684	3688
Básica especial	1	-	3	-	4
Sup. No Univ. Incompleta	72	11	24	34	141
Sup. No Univ. completa	70	22	56	45	193

Sup. Univ. Incompleta	19	2	13	16	50
Sup. Univ. completa	40	17	57	39	153
Maestría/Doctorado	6	-	5	-	11

Nota. Obtenido de INEI - Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

Figura 21

Nivel educativo de los distritos de La Libertad de Pallán, Chumuch, Cortegana y Miguel Iglesias



Nota. El gráfico muestra que 2941 habitantes carecen de algún tipo de preparación educativa, 1287 habitantes lograron culminar el nivel de educación inicial, 10121 culminó el nivel educativo de primaria y 3688 habitantes termino satisfactoriamente el nivel de secundaria.

En el siguiente cuadro se muestra un análisis sobre la tasa de analfabetismo que caracteriza a los habitantes de la población considerada:

Tabla 21

Nivel de alfabetismo de los distritos de La Libertad de Pallán, Chumuch, Cortegana y Miguel Iglesias

	La Libertad de Pallán	Chumuch	Cortegana	Miguel Iglesias	Total, de N° de personas
Sí sabe leer y escribir	4790	1943	4639	2951	14323
No sabe leer y escribir	1312	541	1681	733	4267

Nota. Obtenido de INEI - Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

Figura 22

Nivel de alfabetismo de los distritos de La Libertad de Pallán, Chumuch, Cortegana y Miguel Iglesias



Como características económicas la zona de Llanguat es un valle netamente agrícola, sin embargo, cuando la fase productiva de caña de azúcar prácticamente quedó reducida a su mínima expresión, los productores de la zona optaron por cultivos de productos de consumo familiar, con cierta demanda en el mercado y que no requieran de mayores gastos adicionales, yuca, palta, zapote, mamey, lima, plátano, nispero, caña de azúcar, papaya y la coca en especial (Zegarra, 2010). Por otro lado, al inicio del tramo de la carretera se puede observar los cultivos de papa y de maíz, y por el sector de Yanasamana y Yanaquero también se observa cultivo de

nispero, taya y palta. En la actualidad se producen estas frutas, sólo para autoconsumo, esto debido a la falta de una adecuada vía de acceso y de mercado, por ello no se le da importancia.

En algunos tramos de la carretera se pudo observar la presencia 2 a 5 cabezas de ganado vacuno, utilizado principalmente para el arado de las tierras. La ganadería en esta zona es una actividad que se presenta en menor escala. Y el comercio se realiza en función a los productos agrícolas que se cultivan y cosechan, principalmente frutas. El producto con mayor demanda comercial es la coca.

Las características de la vivienda y de servicios básicos se realizó en base a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas o Censo peruano de 2017 (INEI, 2017), en donde la localidad de Shusuro, se distribuye en 8 viviendas, sin acceso a red pública de agua, energía eléctrica o desagüe; mientras Yanasamana posee 7 viviendas, sin acceso a red pública de agua, energía eléctrica o desagüe; además, Yanaquero posee 7 viviendas pero sin servicio de agua por red pública, energía eléctrica o desagüe (Alcántara y León, 2022, p. 7). En estas tres localidades como material predominante en las paredes es de adobe o tapial, con techo de calamina. Por otro lado, al llegar a la zona de Llanguat la mayoría de viviendas, cuentan con el servicio de agua potable pero no con el servicio de desagüe y alcantarillado. Desde el año 2006 se dispone de energía eléctrica proveniente del interconectado del Mantaro. Cuenta con 159 viviendas particulares, pero 17 de estas están desocupadas, en cuanto al material predominante en la construcción es el adobe o tapial seguido del material noble.

Acorde al quinto objetivo los análisis de peligrosidad y vulnerabilidad se desarrollaron mediante el método Heurístico, asignando pesos a los factores condicionantes y desencadenantes, con sus respectivos descriptores. Además, los pesos fueron asignados utilizando el método Multicriterio desarrollado por Thomas L. Saaty en 1980, el cual realiza un

proceso de análisis jerárquico (Anexo 1) de cada descriptor dependiendo su importancia con el fenómeno que se está analizando, este proceso se encuentra explicado en el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales 2da versión, publicada por el CENEPRED en el año 2014.

El principal factor desencadenante que interviene en la zona de estudio es la precipitación, y para el análisis y ponderación como factor desencadenante utilizaremos como descriptores de la precipitación: lluvia ligera (cuando llega hasta una intensidad de 6.20 mm), lluvia moderada (cuando la intensidad está entre 6.20 mm hasta 16.90 mm), lluvia fuerte (cuando la intensidad está entre 16.90 mm hasta 46.20 mm), lluvia muy fuerte (cuando la intensidad está entre 46.20 mm hasta 119.00 mm) y lluvia torrencial con probabilidad de granizo (cuando la intensidad está entre 119.00 mm hasta 254.70 mm).

Descriptores de la Precipitación

Tabla 22

Matriz de comparación del parámetro precipitación

Descriptores	Lluvia torrencial	Lluvia muy fuerte	Lluvia fuerte	Lluvia moderada	Lluvia ligera
Lluvia torrencial	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Lluvia muy fuerte	0.333	1.000	2.000	5.000	7.000
Lluvia fuerte	0.200	0.500	1.000	3.000	5.000
Lluvia moderada	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
Lluvia ligera	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

Tabla 23

Matriz de normalización del parámetro precipitación

Descriptores	Lluvia torrencial	Lluvia muy fuerte	Lluvia fuerte	Lluvia moderada	Lluvia ligera	Vector Priorización (Ponderación)

Lluvia torrencial	0.560	0.619	0.586	0.429	0.360	0.511
Lluvia muy fuerte	0.187	0.206	0.234	0.306	0.280	0.243
Lluvia fuerte	0.112	0.103	0.117	0.184	0.200	0.143
Lluvia moderada	0.080	0.041	0.039	0.061	0.120	0.068
Lluvia ligera	0.062	0.029	0.023	0.020	0.040	0.035

Tabla 24

Índice de consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro precipitación

IC	0.0494
RC	0.0443

Nota. Para matrices de 5 parámetros la RC debe ser menor a 0.10, en este caso el RC es 0.0443, se valida la propuesta.

Por consiguiente, se realiza el análisis de susceptibilidad a caídas de rocas se consideraron los siguientes factores condicionantes:

Tabla 25

Parámetros para considerar en la evaluación de la susceptibilidad a caída de rocas

Factor desencadenante	Factores Condicionantes
	Pendiente
Precipitaciones pluviales de intensidad extrema	Unidades Geológicas
	Unidades Hidrogeológicas
	Cobertura Vegetal

Tabla 26

Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores para la susceptibilidad a Caída de Rocas

Resumen de la Ponderación de los Parámetros y Descriptores para la Susceptibilidad a Caída de Rocas			
Parámetro		Pendiente	0.466
(PP)			
Descriptores	DP-1	$50\% \leq P \leq 75\%$	0.503
	DP-2	$25\% \leq P \leq 50\%$	0.260
	DP-3	$15\% \leq P \leq 25\%$	0.134
	DP-4	$8\% \leq P \leq 15\%$	0.068
	DP-5	$2\% \leq P \leq 8\%$	0.035
Parámetro		Geología	0.294
(PG)			
Descriptores	DG-1	Formación Chúlec (Ki-chu)	0.428
	DG-2	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.273
	DG-3	Formación Chota (KsP-cho)	0.196
	DG-4	Depósito Aluvial	0.064
	DG-5	Depósitos proluviales	0.039
Parámetro		Hidrogeología	0.160
(PH)			
Descriptores	DH-1	Acuíferos porosos no consolidados	0.499
	DH-2	Acuíferos semiconsolidados	0.257
	DH-3	Acuífero fisurado sedimentario	0.144
	DH-4	Acuíferos porosos consolidados	0.065
	DH-5	Acuitardo Sedimentario	0.035
Parámetro		Cobertura Vegetal	0.080
(PCV)			
Descriptores	DCV-1	Áreas con poca vegetación	0.433
	DCV-2	Matorral Andino (Ma)	0.334
	DCV-3	Bosque xérico interandino	0.132

	DCV-4	Agricultura costera y andina	0.062
	DCV-5	Bosque seco tropical	0.038
Riesgo	R1	$(PP*DP-1) + (PG*DG-1) + (PH*DH-1) + (PCV*DCV-1)$	0.474
	R2	$(PP*DP-2) + (PG*DG-2) + (PH*DH-2) + (PCV*DCV-2)$	0.269
	R3	$(PP*DP-3) + (PG*DG-3) + (PH*DH-3) + (PCV*DCV-3)$	0.154
	R4	$(PP*DP-4) + (PG*DG-4) + (PH*DH-4) + (PCV*DCV-4)$	0.066
	R5	$(PP*DP-5) + (PG*DG-5) + (PH*DH-5) + (PCV*DCV-5)$	0.036

Tabla 27

Niveles de susceptibilidad para caída de rocas

Riesgo	Niveles de Susceptibilidad			
	Rango		Nivel	
0.474	0.269	$\leq R <$	0.474	Muy Alto
0.269	0.154	$\leq R <$	0.269	Alto
0.154	0.066	$\leq R <$	0.154	Medio
0.066	0.036	$\leq R <$	0.066	Bajo
0.036				

Tabla 28

Matriz de niveles de susceptibilidad por caída de rocas

Nivel	Descripción	Rango
Muy Alto	Zonas con pendientes entre 50% y 75%. Litológicamente presentan intercalación de rocas carbonatadas, en secuencias de lutitas calcáreas y calizas, sus discontinuidades de las calizas están rellenas por calcita cristalizada o arcillas, estas intercalaciones hacen que la resistencia de los macizos rocosos de la Formación Chúlec (Ki-chu) sea muy baja. Hidrogeológicamente es más susceptible en los acuíferos porosos no consolidados ya que	$0.269 \leq R < 0.474$

	<p>presentan una permeabilidad elevada. Con respecto a la cobertura vegetal se presentan áreas con poca vegetación.</p>	
Alto	<p>Zonas con pendientes entre 25% y 50%. Litológicamente presentan lutitas grises con intercalación de calizas margosas, con presencia de estratos de areniscas grises oscuras y areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga (Ki-g). Hidrogeológicamente es más susceptible en los acuíferos semiconsolidados dado que presenta una permeabilidad media. Con respecto a la cobertura vegetal se presentan en matorrales andinos.</p>	$0.154 \leq R < 0.269$
Medio	<p>Zonas con pendientes entre 15% y 25%. Litológicamente presentan sedimentos arcillosos como lutitas y lodolitas de color rojizo, con intercalaciones de areniscas finas grises, en capas de grosos de medianas a delgadas (potencia del estrato) de la Formación Chota (KsP-cho). Hidrogeológicamente es más susceptible en el acuífero fisurado sedimentario puesto que presenta una permeabilidad moderada. Con respecto a la cobertura vegetal se presentan en bosques xéricos interandinos.</p>	$0.066 \leq R < 0.154$
Bajo	<p>Zonas con pendientes entre 2% y 15%. Litológicamente presentan sedimentos arcillosos como lutitas y lodolitas de color rojizo, con intercalaciones de areniscas finas grises, en capas de grosos de medianas a delgadas (potencia del estrato) de la Formación Chota (KsP-cho). Hidrogeológicamente es más susceptible en acuíferos porosos consolidados debido a que presentan una</p>	$0.036 \leq R < 0.066$

	<p>permeabilidad baja. Con respecto a la cobertura vegetal se presentan debido a la agricultura costera y andina.</p>
--	---

Además para la evaluación de la susceptibilidad del área de estudio por flujo de detritos, se consideraron los siguientes factores condicionantes:

Tabla 29

Parámetros para considerar en la evaluación de la susceptibilidad a flujo de detritos

Factor desencadenante	Factores Condicionantes
	Unidades Geológicas
Precipitaciones pluviales de intensidad extrema	Pendiente
	Unidades Geomorfológicas
	Unidades Hidrogeológicas

Tabla 30

Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores para la susceptibilidad a flujo de detritos

Resumen de la Ponderación de los Parámetros y Descriptores para la Susceptibilidad a Flujo de Detritos			
Parámetro (PG)			Geología
			0.456
Descrip	DG-1	Depósitos proluviales	0.429
	DG-2	Depósito Aluvial	0.303

	DG-3	Formación Chulec (Ki-chu)	0.151
	DG-4	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.078
	DG-5	Formación Chota (KsP-cho)	0.039
Parámetro			
	(PP)	Pendiente	0.324
Descriptores	DG-1	$50\% \leq P \leq 75\%$	0.503
	DG-2	$25\% \leq P \leq 50\%$	0.260
	DG-3	$15\% \leq P \leq 25\%$	0.134
	DG-4	$8\% \leq P \leq 15\%$	0.068
	DG-5	$2\% \leq P \leq 8\%$	0.035
Parámetro			
	(PGeo)	Geomorfología	0.152
Descriptores	DGeo-1	Montañas y colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs)	0.437
	DGeo-2	Piedemonte proluvial o aluvio – torrencial	0.283
	DGeo-3	Piedemonte coluvio – deluvial	0.186
	DGeo-4	Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.061
	DGeo-5	Vertiente o piedemonte aluvial	0.033
Parámetro			
	(PH)	Hidrogeología	0.068
Descriptores	DH-1	Acuíferos porosos no consolidados	0.499
	DH-2	Acuíferos semiconsolidados	0.257
	DH-3	Acuífero fisurado sedimentario	0.144
	DH-4	Acuíferos porosos consolidados	0.065
	DH-5	Acuitardo Sedimentario	0.035
Riesgo	R1	$(PG*DG-1) + (PP*DP-1) + (Pgeo*DGeo1) + (PH*DH-1)$	0.459
	R2	$(PG*DG-2) + (PP*DP-2) + (Pgeo*DGeo2) + (PH*DH-2)$	0.283
	R3	$(PG*DG-3) + (PP*DP-3) + (Pgeo*DGeo3) + (PH*DH-3)$	0.150
	R4	$(PG*DG-4) + (PP*DP-4) + (Pgeo*DGeo4) + (PH*DH-4)$	0.071
	R5	$(PG*DG-5) + (PP*DP-5) + (Pgeo*DGeo5) + (PH*DH-5)$	0.037

Tabla 31

Niveles de susceptibilidad para flujo de detritos

Riesgo	Niveles de Susceptibilidad			
	Rango		Nivel	
0.459	0.283	$\leq R <$	0.459	Muy Alto
0.283	0.150	$\leq R <$	0.283	Alto
0.150	0.071	$\leq R <$	0.150	Medio
0.071	0.037	$\leq R <$	0.071	Bajo
0.037				

Tabla 32

Matriz de niveles de susceptibilidad por flujo de detritos

Nivel	Descripción	Rango
Muy Alto	Zona que presenta depósitos proluviales. Presenta pendientes entre 50% y 75%. Con respecto a su geomorfología presenta montañas y colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs). Hidrogeológicamente es más susceptible en los acuíferos porosos no consolidados ya que presentan una permeabilidad elevada.	$0.283 \leq R < 0.459$
Alto	Zona que presenta depósitos aluviales. Presenta pendientes entre 25% y 50%. Con respecto a su geomorfología presenta vertientes de piedemonte proluvial o aluvio-torrencial. Hidrogeológicamente es más susceptible en los acuíferos semiconsolidados ya que presentan una permeabilidad media.	$0.150 \leq R < 0.283$
Medio	Zona que presenta intercalación de rocas carbonatadas, en secuencias de lutitas calcáreas y calizas de la Formación Chulec (Ki-chu). Presenta pendientes entre 15% y 25%. Con respecto a su geomorfología presenta vertientes de piedemonte coluvio – deluvial. Hidrogeológicamente es más	$0.071 \leq R < 0.150$

	susceptible en los acuíferos fisurados sedimentarios ya que presentan una permeabilidad moderada.	
Bajo	Zona que presenta lutitas grises con intercalación de calizas margosas, con presencia de estratos de areniscas grises oscuras y areniscas cuarzosas; y sedimentos arcillosos como lutitas y lodolitas de color rojizo, con intercalaciones de areniscas finas grises, en capas de grosos de medianas a delgadas (potencia del estrato) del Grupo Goyllarisquizga (Ki-g) y de la Formación Chota (KsP-cho) respectivamente. Presenta pendientes entre 2% y 15%. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuíferos porosos consolidados debido a que presentan una permeabilidad baja.	$0.037 \leq R < 0.071$

La evaluación de la susceptibilidad del área de estudio por deslizamientos, se consideraron los siguientes factores condicionantes:

Tabla 33

Parámetros para considerar en la evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos

Factor desencadenante	Factores Condicionantes
Precipitaciones pluviales de intensidad extrema	Unidades Geológicas
	Pendiente
	Unidades Geomorfológicas
	Unidades Hidrogeológicas
	Cobertura Vegetal

Tabla 34

Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores para la susceptibilidad a deslizamientos.

Resumen de la Ponderación de los Parámetros y Descriptores para la Susceptibilidad a Deslizamientos			
Parámetro (PG)		Geología	0.411
Descriptores	DG-1	Depósito Aluvial	0.472
	DG-2	Formación Chulec (Ki-chu)	0.274
	DG-3	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.139
	DG-4	Formación Chota (KsP-cho)	0.075
	DG-5	Depósitos proluviales	0.039
Parámetro (PP)		Pendiente	0.311
Descriptores	DP-1	$50\% \leq P \leq 75\%$	0.503
	DP-2	$25\% \leq P \leq 50\%$	0.260
	DP-3	$15\% \leq P \leq 25\%$	0.134
	DP-4	$8\% \leq P \leq 15\%$	0.068
	DP-5	$2\% \leq P \leq 8\%$	0.035
Parámetro (PGeo)		Geomorfología	0.161
Descriptores	DGeo-1	Piedemonte coluvio – deluvial	0.432
	DGeo-2	Montañas y colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs)	0.328
	DGeo-3	Piedemonte proluvial o aluvio – torrencial	0.148
	DGeo-4	Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.057
	DGeo-5	Vertiente o piedemonte aluvial	0.035

Parámetro		Hidrogeología	0.078
(PH)			
Descriptores	DH-1	Acuíferos porosos no consolidados	0.499
	DH-2	Acuíferos semiconsolidados	0.257
	DH-3	Acuífero fisurado sedimentario	0.144
	DH-4	Acuíferos porosos consolidados	0.065
	DH-5	Acuitardo Sedimentario	0.035
Parámetro		Cobertura Vegetal	0.040
(PCV)			
Descriptores	DCV-1	Áreas con poca vegetación	0.433
	DCV-2	Matorral Andino (Ma)	0.334
	DCV-3	Bosque xérico interandino	0.132
	DCV-4	Agricultura costera y andina	0.062
	DCV-5	Bosque seco tropical	0.038
Riesgo	R1	$(PG*DG-1) + (PP*DP-1) + (Pgeo*Dgeo-1) + (PH*DH-1) + (PCV*DCV-1)$	0.476
	R2	$(PG*DG-2) + (PP*DP-2) + (Pgeo*Dgeo-2) + (PH*DH-2) + (PCV*DCV-2)$	0.280
	R3	$(PG*DG-3) + (PP*DP-3) + (Pgeo*Dgeo-3) + (PH*DH-3) + (PCV*DCV-3)$	0.139
	R4	$(PG*DG-4) + (PP*DP-4) + (Pgeo*Dgeo-4) + (PH*DH-4) + (PCV*DCV-4)$	0.069
	R5	$(PG*DG-5) + (PP*DP-5) + (Pgeo*Dgeo-5) + (PH*DH-5) + (PCV*DCV-5)$	0.037

Tabla 35

Niveles de susceptibilidad para deslizamientos

Riesgo	Niveles de Susceptibilidad			
	Rango		Nivel	
0.476	0.280	$\leq R <$	0.476	Muy Alto
0.280	0.139	$\leq R <$	0.280	Alto

0.139	0.069	$\leq R <$	0.139	Medio
0.069	0.037	$\leq R <$	0.069	Bajo
0.037				

Tabla 36

Matriz de niveles de susceptibilidad por deslizamientos

Nivel	Descripción	Rango
Muy Alto	Zonas con pendientes entre 50% y 75%. Presentan depósitos aluviales. Con respecto a su geomorfología muestra una vertiente de piedemonte coluvio – deluvial. Hidrogeológicamente es más susceptible en los acuíferos porosos no consolidados ya que presentan una permeabilidad elevada. Con relación a la cobertura vegetal se presentan áreas con poca vegetación.	$0.270 \leq R < 0.476$
Alto	Zonas con pendientes entre 25% y 50%. Litológicamente presentan intercalación de rocas carbonatadas, en secuencias de lutitas calcáreas y calizas, sus discontinuidades de las calizas están rellenas por calcita cristalizada o arcillas, estas intercalaciones hacen que la resistencia de los macizos rocosos de la Formación Chúlec (Ki-chu) sea muy baja. Con respecto a su geomorfología presenta montañas y colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs). Hidrogeológicamente es más susceptible en los acuíferos semiconsolidados dado que presenta una permeabilidad media. Con respecto a la cobertura vegetal se presentan en matorrales andinos.	$0.139 \leq R < 0.280$
Medio	Zonas con pendientes entre 15% y 25%. Litológicamente presentan lutitas grises con intercalación de calizas margosas, con presencia de estratos de areniscas grises oscuras y areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga (Ki-g). Con respecto a su geomorfología presenta una vertiente de piedemonte proluvial o aluvio – torrencial. Hidrogeológicamente es más susceptible en los acuíferos	$0.069 \leq R < 0.139$

	<p>fisurados sedimentarios puesto que presenta una permeabilidad moderada. Con respecto a la cobertura vegetal se presentan en bosques xéricos interandinos.</p>	
Bajo	<p>Zonas con pendientes entre 2% y 15%. Litológicamente presentan sedimentos arcillosos como lutitas y lodolitas de color rojizo, con intercalaciones de areniscas finas grises, en capas de grosos de medianas a delgadas (potencia del estrato) de la Formación Chota (KsP-cho). Con respecto a su geomorfología presenta piedemonte con depósito de deslizamiento y vertiente o piedemonte aluvial. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuíferos porosos consolidados debido a que presentan una permeabilidad baja. Con respecto a la cobertura vegetal se presentan debido a la agricultura costera y andina.</p>	$0.037 \leq R < 0.069$

Como el factor desencadenante es la precipitación pluvial y en el tramo de la carretera en estudio acontecen en su mayoría peligros generados por fenómenos de geodinámica externa como es movimientos en masa, se consideraron los siguientes factores condicionantes:

Tabla 37

Parámetros para considerar en la evaluación de la susceptibilidad a movimientos en masa

Factor desencadenante	Factores Condicionantes
	Unidades Geológicas
	Pendiente
Precipitaciones pluviales de intensidad extrema	Unidades Geomorfológicas
	Unidades Hidrogeológicas

Cobertura Vegetal

Tabla 38

Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores para la susceptibilidad a movimientos en masa

Resumen de la Ponderación de los Parámetros y Descriptores para la Susceptibilidad a Movimientos en Masa		
Parámetro (PG)		Geología 0.399
Descriptores	DG-1	Depósito Aluvial 0.501
	DG-2	Formación Chulec (Ki-chu) 0.250
	DG-3	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g) 0.135
	DG-4	Formación Chota (KsP-cho) 0.075
	DG-5	Depósitos proluviales 0.039
Parámetro (PP)		Pendiente 0.315
Descriptores	DP-1	$50\% \leq P \leq 75\%$ 0.503
	DP-2	$25\% \leq P \leq 50\%$ 0.260
	DP-3	$15\% \leq P \leq 25\%$ 0.134
	DP-4	$8\% \leq P \leq 15\%$ 0.068
	DP-5	$2\% \leq P \leq 8\%$ 0.035
Parámetro (PGeo)		Geomorfología 0.163
Descriptores	DGeo-1	Piedemonte coluvio-deluvial 0.432
	DGeo-2	Montañas y colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs) 0.328
	DGeo-3	Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial 0.148
	DGeo-4	Piedemonte con depósito de deslizamiento 0.057
	DGeo-5	Vertiente o piedemonte aluvial 0.035
Parámetro (PH)		Hidrogeología 0.083

Descriptores	DH-1	Acuíferos porosos no consolidados	0.499
	DH-2	Acuíferos semiconsolidados	0.257
	DH-3	Acuífero fisurado sedimentario	0.144
	DH-4	Acuíferos porosos consolidados	0.065
	DH-5	Acuitardo Sedimentario	0.035
Parámetro		Cobertura Vegetal	0.040
	(PCV)		
Descriptores	DCV-1	Áreas con poca vegetación	0.433
	DCV-2	Matorral Andino (Ma)	0.334
	DCV-3	Bosque xérico interandino	0.132
	DCV-4	Agricultura costera y andina	0.062
	DCV-5	Bosque seco tropical	0.038
Riesgo	R1	$(PG*DG-1) + (PP*DP-1) + (Pgeo*Dgeo-1) + (PH*DH-1) + (PCV*DCV-1)$	0.487
	R2	$(PG*DG-2) + (PP*DP-2) + (Pgeo*Dgeo-2) + (PH*DH-2) + (PCV*DCV-2)$	0.270
	R3	$(PG*DG-3) + (PP*DP-3) + (Pgeo*Dgeo-3) + (PH*DH-3) + (PCV*DCV-3)$	0.138
	R4	$(PG*DG-4) + (PP*DP-4) + (Pgeo*Dgeo-4) + (PH*DH-4) + (PCV*DCV-4)$	0.068
	R5	$(PG*DG-5) + (PP*DP-5) + (Pgeo*Dgeo-5) + (PH*DH-5) + (PCV*DCV-5)$	0.037

Matriz de Susceptibilidad

Tabla 39

Matriz de susceptibilidad

Matriz de Susceptibilidad														
Factor Condicionante										Factor desencadenante		Susceptibilidad a MM		
Unidades geológicas		Pendiente del terreno		Unidades geomorfológicas		Unidades Hidrogeológicas		Cobertura Vegetal		Valor	Peso		Precipitación	
Ppar.	Pdesc.	Ppar.	Pdesc.	Ppar.	Pdesc.	Ppar.	Pdesc.	Ppar.	Pdesc.			Valor	Peso	Valor
0.399	0.501	0.315	0.503	0.163	0.432	0.083	0.499	0.040	0.433	0.487	0.500	0.511	0.500	0.499
0.399	0.250	0.315	0.260	0.163	0.328	0.083	0.257	0.040	0.334	0.270	0.500	0.243	0.500	0.256
0.399	0.135	0.315	0.134	0.163	0.148	0.083	0.144	0.040	0.132	0.138	0.500	0.143	0.500	0.140
0.399	0.075	0.315	0.068	0.163	0.057	0.083	0.065	0.040	0.062	0.068	0.500	0.068	0.500	0.068
0.399	0.039	0.315	0.035	0.163	0.035	0.083	0.035	0.040	0.038	0.037	0.500	0.035	0.500	0.036

Nota.

* Ppar: peso del parámetro

* Pdes: peso descriptores

Para el análisis de peligrosidad se considera los siguientes parámetros de evaluación: Actividad de los fenómenos geodinámicos, Velocidad de los fenómenos geodinámicos y el Volumen de los fenómenos geodinámicos.

Ponderación de los Parámetros Referente a Fenómenos Geodinámicos

Tabla 40

Matriz de comparación de los parámetros de los fenómenos geodinámicos

Parámetros de los fenómenos geodinámicos	Actividad	Velocidad de desplazamiento	Volumen
Actividad	1.000	3.000	5.000
Velocidad de desplazamiento	0.333	1.000	3.000
Volumen	0.200	0.333	1.000

Tabla 41

Matriz de normalización de los parámetros de los fenómenos geodinámicos

Parámetros de los fenómenos geodinámicos	Actividad	Velocidad de desplazamiento	Volumen	Vector Priorización (Ponderación)
Actividad	0.652	0.692	0.556	0.633
Velocidad de desplazamiento	0.217	0.231	0.333	0.260
Volumen	0.130	0.077	0.111	0.106

Tabla 42

Índice de consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro de los fenómenos geodinámicos

IC	0.0194
RC	0.037

Nota. Para matrices de 3 x 3 el RC debe ser menor a 0.04, en este caso el RC es 0.040, se valida la propuesta.

Ponderación de los Descriptores de Actividad

Tabla 43

Matriz de comparación de los descriptores de actividad

Descriptores	Activo - Activo	Activo - Suspendido	Reactivado	Latente	Inactivo
Activo - Activo	1.000	3.000	5.000	5.000	9.000
Activo - Suspendido	0.333	1.000	3.000	5.000	5.000
Reactivado	0.200	0.333	1.000	2.000	5.000
Latente	0.200	0.200	0.500	1.000	3.000
Inactivo	0.111	0.200	0.200	0.333	1.000

Tabla 44

Matriz de normalización de los descriptores de actividad

Descriptores	Activo - Activo	Activo - Suspendido	Reactivado	Constante	Inactivo	Vector Priorización (Ponderación)
Activo - Activo	0.542	0.634	0.515	0.375	0.391	0.492
Activo - Suspendido	0.181	0.211	0.309	0.375	0.217	0.259
Reactivado	0.108	0.070	0.103	0.150	0.217	0.130
Constante	0.108	0.042	0.052	0.075	0.130	0.082
Inactivo	0.060	0.042	0.021	0.025	0.043	0.038

Tabla 45

Índice de consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para los descriptores de actividad

IC	0.0624
-----------	---------------

RC	0.0560
-----------	---------------

Nota. Para matrices de 5 x 5 el RC debe ser menor a 0.1, en este caso el RC es 0.0560, se valida la propuesta.

Ponderación de los Descriptores de Velocidad de Desplazamiento

Tabla 46

Matriz de comparación de los descriptores de velocidad de desplazamiento

Descriptores	Extremadamen te rápido	Muy rápido	Rápido	Moderad a	Lenta a extremadament e lenta
Extremadamen te rápido	1.000	3.000	3.000	5.000	7.000
Muy rápido	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Rápido	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
Moderada	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
Lenta a extremadament e lenta	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000

Tabla 47

Matriz de normalización de los descriptores de velocidad de desplazamiento

Descriptores	Extremadame nte rápido	Muy rápi do	Rápi do	Modera da	Lenta a extremadame nte lenta	Vector Priorizació n (Ponderaci ón)
Extremadame nte rápido	0.498	0.642	0.398	0.349	0.304	0.438
Muy rápido	0.166	0.214	0.398	0.349	0.304	0.286
Rápido	0.166	0.071	0.133	0.209	0.217	0.159
Moderada	0.100	0.043	0.044	0.070	0.130	0.077
Lenta a extremadame nte lenta	0.071	0.031	0.027	0.023	0.043	0.039

Tabla 48

Índice de consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para los descriptores de velocidad de desplazamiento

IC	0.0721
RC	0.0646

Nota. Para matrices de 5 x 5 el RC debe ser menor a 0.1, en este caso el RC es 0.0646, se valida la propuesta.

Ponderación de los Descriptores de Volumen

Tabla 49

Matriz de comparación de los descriptores de volumen

Descriptores	Muy grande	Medianamente grande	Mediano	Pequeño	Muy pequeño
Muy grande	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Medianamente grande	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Mediano	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
Pequeño	0.143	0.200	0.333	1.000	2.000
Muy pequeño	0.111	0.143	0.200	0.500	1.000

Tabla 50

Matriz de normalización de los descriptores de volumen

Descriptores	Muy grande	Medianamente grande	Mediano	Pequeño	Muy pequeño	Vector Priorización (Ponderación)
Muy grande	0.560	0.642	0.524	0.424	0.375	0.505

Medianamente grande	0.187	0.214	0.315	0.303	0.292	0.262
Mediano	0.112	0.071	0.105	0.182	0.208	0.136
Pequeño	0.080	0.043	0.035	0.061	0.083	0.060
Muy pequeño	0.062	0.031	0.021	0.030	0.042	0.037

Tabla 51

Índice de consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para los descriptores de volumen

IC	0.0467
RC	0.0419

Nota. Para matrices de 5 x 5 el RC debe ser menor a 0.1, en este caso el RC es 0.0419, se valida la propuesta.

Tabla 52

Matriz de parámetros de evaluación de peligros

Susceptibilidad		Parámetros de Evaluación						Valor de Peligro		
		Actividad		Velocidad de desplazamiento		Volumen				
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0.499	0.500	0.492	0.633	0.438	0.260	0.505	0.106	0.479	0.500	0.489
0.256	0.500	0.259	0.633	0.286	0.260	0.262	0.106	0.266	0.500	0.261
0.140	0.500	0.130	0.633	0.159	0.260	0.136	0.106	0.138	0.500	0.139
0.068	0.500	0.082	0.633	0.077	0.260	0.060	0.106	0.078	0.500	0.073
0.036	0.500	0.038	0.633	0.039	0.260	0.037	0.106	0.038	0.500	0.037

Tabla 53

Niveles de peligrosidad

Valor de Peligro	Rango	Niveles de Peligro
0.489	0.261 ≤ R < 0.489	Muy Alto
0.261	0.139 ≤ R < 0.261	Alto
0.139	0.073 ≤ R < 0.139	Medio
0.073	0.037 ≤ R < 0.073	Bajo
0.037		

Tabla 54

Matriz de peligro

Nivel	Descripción	Rango
Peligro muy alto	<p>Zonas con relieve rocoso, abrupto y escarpado (pendientes entre 50% y 75%). Litológicamente presentan depósitos aluviales, así como también muestran intercalación de rocas carbonatadas, en secuencias de lutitas calcáreas y calizas, sus discontinuidades de las calizas están rellenas por calcita cristalizada o arcillas, estas intercalaciones hacen que la resistencia de los macizos rocosos de la Formación Chúlec (Ki-chu) sea muy baja. Además, son zonas donde la precipitación tiene presencia de lluvias muy fuertes a torrenciales en los meses enero, febrero y marzo, donde se incrementa la ocurrencia de fenómenos geodinámicos externos como deslizamientos, caída de rocas, flujo de detritos, flujos de barro y movimientos complejos; produciendo volúmenes entre 250 000 a 5 000 000 m³, con una velocidad de desplazamiento extremadamente rápido ($v=5m/s$) y un tipo de actividad activo – activo. Finalmente presentan áreas con poca vegetación 70-100%.</p>	$0.261 \leq R < 0.489$
Peligro alto	<p>Relieve rocoso, escarpado y empinado (pendientes entre $25\% \leq P \leq 50\%$). Litológicamente presentan intercalación de rocas carbonatadas, en secuencias de lutitas calcáreas y calizas de la Formación Chulec (Ki-chu), lutitas grises con intercalación de calizas margosas, con presencia de estratos de areniscas grises oscuras y areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga (Ki-g) y depósitos aluviales. Asimismo, son zonas donde la precipitación tiene presencia de lluvias fuertes en los meses de octubre, noviembre y diciembre, donde se incrementa la ocurrencia de fenómenos geodinámicos externos como deslizamientos, flujo de detritos y movimientos complejos; produciendo volúmenes entre 50 000 a 250 000 m³, con una</p>	$0.139 \leq R < 0.261$

	<p>velocidad de desplazamiento rápido ($v=1.8m/s$) y un tipo de actividad activo – suspendido. Finalmente presentan áreas con poca vegetación 40-70%.</p>	
<p>Peligro medio</p>	<p>Generalmente ondulado en ocasiones plano (pendientes entre $15\% \leq P \leq 25\%$). Litológicamente presentan sedimentos arcillosos como lutitas y lodolitas de color rojizo, con intercalaciones de areniscas finas grises, en capas de grosos de medianas a delgadas (potencia del estrato) de la Formación Chota (KsP-cho). Asimismo, son zonas donde la precipitación tiene presencia de lluvias moderadas en los meses de mayo y junio, donde se incrementa la ocurrencia de fenómenos geodinámicos externos; produciendo volúmenes entre 5 000 a 50 000 m³, con una velocidad de desplazamiento moderada ($v=13m/mes$) y un tipo de actividad reactivado y latente. Finalmente presentan áreas con poca vegetación 20-40%.</p>	<p>$0.073 \leq R < 0.139$</p>
<p>Peligro bajo</p>	<p>Zonas generalmente plano y ondulado (pendientes entre 2% a 15%), con presencia de fenómenos naturales pequeños con volúmenes entre 500 a 5 000 m³, con una velocidad lenta a muy lenta (1.6m/año) y un tipo de actividad inactivo. Además, son zonas donde la precipitación tiene presencia de lluvias ligeras en los meses de julio, agosto y septiembre donde se incrementan estos fenómenos de geodinámica externa. Falta de cobertura vegetal 0 - 20 %.</p>	<p>$0.037 \leq R < 0.073$</p>

Para determinar los niveles de vulnerabilidad del área de influencia de la carretera Celendín - Llanguat, se consideró la dimensión social y económica. Para ello, en el área de estudio se realizó el análisis de la vulnerabilidad en sus componentes de exposición, fragilidad y resiliencia de acuerdo a la cuantificación de los elementos expuestos al peligro.

Dimensión Social

Ponderación de los Factores de Dimensión Social

Tabla 55

Matriz de comparación de los factores de dimensión social

Dimensión Social	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.000	3.000	5.000
Fragilidad	0.333	1.000	3.000
Resiliencia	0.200	0.333	1.000

Tabla 56

Matriz de normalización de los factores de dimensión social

Dimensión Social	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización (Ponderación)
Exposición	0.652	0.692	0.556	0.633
Fragilidad	0.217	0.231	0.333	0.260
Resiliencia	0.130	0.077	0.111	0.106

Tabla 57

Índice de consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para los factores de dimensión social

IC	0.019
RC	0.037

Nota. Para matrices de 3 x 3 el RC debe ser menor a 0.04, en este caso el RC es 0.037, se valida la propuesta.

Exposición Social

Tabla 58
Resumen de la ponderación del parámetro y descriptores de exposición social

Resumen de la Ponderación del Parámetro y Descriptores de la Exposición Social			
Parámetro	Grupo etario	1.000	
Descriptores	DGE-1	De 0 a 5 años y mayores de 65 años	0.423
	DGE-2	De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	0.269
	DGE-3	De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	0.157
	DGE-4	De 15 a 30 años	0.096
	DGE-5	De 30 a 50 años	0.056

Fragilidad Social

Tabla 59
Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores de fragilidad social

Resumen de la Ponderación de los Parámetros y Descriptores de la Fragilidad Social			
Parámetro	Abastecimiento de Agua	0.378	
Descriptores	DAbas-1	No tiene	0.423
	DAbas-2	Manantial - río	0.269
	DAbas-3	Pilón de uso público	0.157
	DAbas-4	Red pública	0.096
	DAbas-5	Camión - cisterna u otro similar	0.056
Parámetro	Servicios de Saneamiento	0.257	
Descriptores	DSS-1	No tiene	0.458
	DSS-2	Letrina	0.230
	DSS-3	Pozo séptico	0.180
	DSS-4	UBS con arrastre hidráulico	0.088
	DSS-5	Red pública de desagüe	0.043

Parámetro		Servicios de Energía Eléctrica	0.198
Descriptores	DSEE-1	No cuenta con energía	0.420
	DSEE-2	Vela	0.312
	DSEE-3	Alumbrado con panel solar	0.140
	DSEE-4	Alumbrado con generador eléctrico	0.088
	DSEE-5	Red de energía pública	0.040
Parámetro		Tipo de Vehículos	0.096
Descriptores	DTV-1	Combis de servicio público de transporte de pasajeros	0.382
	DTV-2	Camionetas de transporte privado	0.290
	DTV-3	Automóviles para colectivos	0.194
	DTV-4	Motocicletas	0.088
	DTV-5	Vehículos de carga	0.046
Parámetro		Velocidad de Vehículo	0.072
Descriptores	DV-1	$V > 50 \text{ km/h}$	0.475
	DV-2	$50 \text{ km/h} \leq V \leq 40 \text{ km/h}$	0.258
	DV-3	$40 \text{ km/h} \leq V \leq 30 \text{ km/h}$	0.146
	DV-4	$30 \text{ km/h} \leq V \leq 15 \text{ km/h}$	0.079
	DV-5	$V < 15 \text{ km/h}$	0.042

Resiliencia Social

Tabla 60

Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores de resiliencia social

Resumen de la Ponderación de los Parámetros y Descriptores de la Resiliencia Social			
Parámetro	Capacitación en Temas de Gestión del Riesgo	0.478	
Descriptores	DC-1	No cuenta ni desarrollan ningún tipo de programa de capacitación en tema concernientes a gestión de riesgo	0.418
	DC-2	Escasamente capacitada en temas concernientes a Gestión de Riesgos, siendo su difusión y cobertura escasa	0.290
	DC-3	Se capacita con regular frecuencia en temas concernientes a Gestión de Riesgos, siendo su difusión y cobertura mayoritaria	0.173

	DC-4	Se capacita constantemente en temas concernientes a Gestión de Riesgos, siendo su difusión y cobertura total	0.079
	DC-5	Se capacita totalmente en temas concernientes a Gestión de Riesgos, actualizándose, siendo su difusión y cobertura total	0.040
Parámetro	Conocimiento de Conductores y Pasajeros Frente a la Ocurrencia de Desastres		0.281
Descriptores	D-1	Desconocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.431
	D-2	Escaso conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.253
	D-3	Regular conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.182
	D-4	La mayoría tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.090
	D-5	Tienen conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.044
Parámetro	Actitud Frente al Riesgo		0.161
Descriptores	DA-1	Actitud fatalista, conformista y con desidia de la mayoría de la población	0.475
	DA-2	Actitud escasamente prevenida de la mayoría de la población	0.258
	DA-3	Actitud parcialmente prevenida de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo, sin implementación de medidas	0.146
	DA-4	Actitud regularmente prevenida de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo e implementando escasas medidas	0.079
	DA-5	Actitud positiva de toda la población, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo	0.042
Parámetro	Formalidad de las Empresas de Transportes		0.080
Descriptores	DF-1	Transporte informal	0.475
	DF-2	Transporte formal, pero no cuenta con las medidas de seguridad	0.258
	DF-3	Transporte formal, pero no tiene cinturones de seguridad y solo cuenta con botiquín de primeros auxilios	0.146

DF- 4	Transporte formal, disponiendo de botiquín y cinturones de seguridad, pero tiene el seguro vencido	0.079
DF- 5	Transporte formal que cuenta con todo lo necesario	0.042

Dimensión Económica

Ponderación de los Factores de Dimensión Económica

Tabla 61

Matriz de comparación de los factores de dimensión económica

Dimensión Económica	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.000	2.000	5.000
Fragilidad	0.500	1.000	3.000
Resiliencia	0.200	0.333	1.000

Tabla 62

Matriz de normalización de los factores de dimensión económica

Dimensión Económica	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización (Ponderación)
Exposición	0.588	0.600	0.556	0.581
Fragilidad	0.294	0.300	0.333	0.309
Resiliencia	0.118	0.100	0.111	0.110

Tabla 63

Índice de consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para los factores de dimensión económica

IC	0.002
RC	0.004

Nota. Para matrices de 3 x 3 el RC debe ser menor a 0.04, en este caso el RC es 0.037, se valida la propuesta.

Exposición Económica

Tabla 64

Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores de exposición económica

Resumen de la Ponderación de los Parámetros y Descriptores de la Exposición Económica		
Parámetro	Ubicación del Elemento Frente al Peligro	0.581
Descriptores	DUE-1 Muy cercana 0 m – 20 m	0.462
	DUE-2 Cercana 20 m - 100 m	0.285
	DUE-3 Medianamente cerca 100m – 500 m	0.125
	DUE-4 Alejada 500 m - 1000 m	0.077
	DUE-5 Muy alejada > 1000 m	0.050
Parámetro	Servicio de Empresas de Transporte Expuesto	0.309
Descriptores	DSE-1 > 75% del servicio expuesto	0.439
	DSE-2 Entre el 50% y 75% del servicio expuesto	0.259

	DSE-3	Entre el 25% y 50% del servicio expuesto	0.167
	DSE-4	Entre 10% y 25% del servicio expuesto	0.083
	DSE-5	≤ 10% del servicio expuesto	0.052
Parámetro		Área Agrícola	0.110
Descriptores	DAA-1	Cultivo de taya	0.463
	DAA-2	Cultivo de níspero	0.215
	DAA-3	Cultivo de chirimoya - palta	0.150
	DAA-4	Cultivo de maíz - trigo	0.115
	DAA-5	Cultivo de tuna	0.057

Fragilidad Económica

Tabla 65

Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores de fragilidad económica

Resumen de la Ponderación de los Parámetros y Descriptores de la Fragilidad Económica			
Parámetro	Material de Construcción de la Edificación	0.539	
Descriptores	DMA-1	Estera/cartón	0.411
	DMA-2	Madera o triplay	0.269
	DMA-3	Quincha (carrizo con barro)	0.157
	DMA-4	Adobe o tapial	0.108
	DMA-5	Ladrillo o bloque de cemento	0.055
Parámetro	Estado de Conservación de la Carretera	0.297	

Descriptores	DEC-1	MUY MALO: Presenta deterioros. Escasa señalización de seguridad vial, no presenta señalizaciones sobre la existencia de fenómenos naturales por geodinámica externa. Las obras de drenaje se encuentran en mal estado y en su gran mayoría se encuentran bloqueadas por material procedente de los deslizamientos.	0.538
	DEC-2	MALO: No reciben mantenimiento regular, cuya estructura acusa deterioros que se comprometen a muchos peligros, tienen visibles desperfectos.	0.217
	DEC-3	REGULAR: Reciben mantenimiento esporádico.	0.125
	DEC-4	BUENO: Reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros daños.	0.075
	DEC-5	MUY BUENO: Reciben mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno.	0.045
Parámetro		Material de la Carretera	0.164
Descriptores	DMC-1	Sin afirmar	0.411
	DMC-2	Suelo natural mejorado con grava natural seleccionada	0.269
	DMC-3	Afirmado (tierra) mejorada con grava seleccionada por zarandeo	0.157
	DMC-4	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm	0.108
	DMC-5	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado	0.055

Resiliencia Económica

Tabla 66

Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores de resiliencia económica

Resumen de la Ponderación de los Parámetros y Descriptores de la Resiliencia Económica			
Parámetro	Población Económicamente Activa Desocupada	0.633	
Descriptores	DPEAD-1	Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo. Escasa demanda de mano de obra para las actividades económicas. Escaso nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con serias limitaciones socioeconómicas.	0.411
	DPEAD-2	Bajo acceso y poca permanencia a un puesto de trabajo. Poca demanda de mano de obra para las actividades económicas. Bajo nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con limitaciones socioeconómicas.	0.269
	DPEAD-3	Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Demanda de mano de obra para actividades económicas. Regular nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con regulares posibilidades socioeconómicas.	0.157
	DPEAD-4	Acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Demanda de mano de obra para las actividades económicas. Regular nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con posibilidades socioeconómicas.	0.108
	DPEAD-5	Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Alta demanda de mano de obra para las actividades económicas. Alto nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con altas posibilidades socioeconómicas.	0.055
Parámetro	Ingreso Promedio Familiar	0.260	

Descriptores	DIPF-1	Menor a 1025	0.431
	DIPF-2	1025 - 1500	0.253
	DIPF-3	1500 - 2500	0.182
	DIPF-4	2500 - 3000	0.090
	DIPF-5	Mayor a 3000	0.044
Parámetro		Organización y Capacitación Institucional	0.106
Descriptores	DO-1	Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales no presentan efectividad en su gestión, cuentan con la desaprobación popular y muestran índices de gestión deficientes y trabajo poco coordinado.	0.437
	DO-2	Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan poca efectividad en su gestión, generan desprestigio y desaprobación popular. Muestran algunos índices de gestión de eficiencia, pero en casos aislados.	0.282
	DO-3	Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan un nivel estándar de efectividad en su gestión, ya que tienen un apoyo popular que les permite gobernar con tranquilidad, muestran algunos índices de gestión de eficiencia.	0.142
	DO-4	Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan un nivel eficiente de efectividad en su gestión, dado que tienen apoyo popular que les permite gobernar con tranquilidad, muestran índices interesantes de gestión de eficiencia.	0.088
	DO-5	Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales tienen un nivel eficiente de efectividad en su gestión. Tienen apoyo total de la población y empresas privadas.	0.052

Cálculos de los factores de vulnerabilidad

Tabla 67

Matriz de los factores de vulnerabilidad

Dimensión social							
Exposición Social		Fragilidad Social		Resiliencia Social		Valor	Peso
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	dimensión	dimensión
Exposición	Exposición	Fragilidad	Fragilidad	Resiliencia	Resiliencia	social	social
Social	Social	Social	Social	Social	Social		
0.423	0.633	0.431	0.260	0.435	0.106	0.426	0.500
0.269	0.633	0.269	0.260	0.272	0.106	0.269	0.500
0.157	0.633	0.162	0.260	0.169	0.106	0.160	0.500
0.096	0.633	0.090	0.260	0.082	0.106	0.093	0.500
0.056	0.633	0.048	0.260	0.042	0.106	0.052	0.500
Dimensión Económica							
Exposición Económica		Fragilidad Económica		Resiliencia Económica		Valor	Peso
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	dimensión	dimensión
Exposición	Exposición	Fragilidad	Fragilidad	Resiliencia	Resiliencia	económica	económica
Económica	Económica	Económica	Económica	Económica	Económica		
0.455	0.581	0.449	0.309	0.419	0.110	0.449	0.500
0.270	0.581	0.253	0.309	0.266	0.110	0.264	0.500

0.141	0.581	0.148	0.309	0.162	0.110	0.145	0.500
0.083	0.581	0.098	0.309	0.101	0.110	0.090	0.500
0.052	0.581	0.052	0.309	0.052	0.110	0.052	0.500

Tabla 68

Valor de Vulnerabilidad

Valor dimensión social	Peso dimensión social	Valor dimensión económica	Peso dimensión económica	Valor de Vulnerabilidad
0.426	0.500	0.449	0.500	0.438
0.269	0.500	0.264	0.500	0.267
0.160	0.500	0.145	0.500	0.152
0.093	0.500	0.090	0.500	0.091
0.052	0.500	0.052	0.500	0.052

Tabla 69

Niveles de vulnerabilidad

Valor de Vulnerabilidad	Rango	Niveles de Vulnerabilidad
0.438	0.267 ≤ R < 0.438	Muy Alto
0.267	0.152 ≤ R < 0.267	Alto
0.152	0.091 ≤ R < 0.152	Medio
0.091	0.052 ≤ R < 0.091	Bajo
0.052		

Matriz de Vulnerabilidad

Tabla 70

Matriz de vulnerabilidad

Nivel	Descripción	Rango
Muy Alto	<p>Grupo etario de 0 a 5 años y mayor a 65 años, no tienen abastecimiento de agua y no cuentan con servicios de saneamiento ni energía eléctrica en la vivienda. Además, la localización del elemento frente al peligro se encuentra muy cercana de 0 m – 20 m. Por otro lado, los vehículos que transitan por la vía son combis de servicio público que van a una velocidad mayor a 50 km/h o entre $50 \text{ km/h} \leq V \leq 40 \text{ km/h}$, cabe señalar que estas empresas de transportes son informales y más del 75% del servicio está expuesto.</p> <p>En cuanto a la capacitación en temas de gestión del riesgo no cuentan ni desarrollan ningún tipo de programa, y el conocimiento de los conductores y pasajeros frente a la ocurrencia de desastres desconocen sobre las causas y consecuencias que estos ocasionan. Por lo cual su actitud es fatalista, conformista y con desidia de la mayoría de la población. El material de construcción de las viviendas es de estera/cartón y su estado de conservación es muy mala. Otro punto es el estado de conservación de la carretera la cual es muy mala ya que presenta deterioros y una escasa señalización de seguridad vial, así como también no presenta señalizaciones sobre la existencia de fenómenos naturales por geodinámica externa. Las obras de drenaje se encuentran en mal estado y en su gran mayoría se encuentran bloqueadas por material procedente de los deslizamientos. Asimismo, no cuenta con material de afirmado.</p>	$0.267 \leq R < 0.438$

	<p>La población tiene un escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo, incluso escasa demanda de mano de obra para las actividades económicas y escaso nivel de empleo de la población económicamente activa; siendo así, poblaciones con serias limitaciones socioeconómicas. El ingreso familiar es menor a 1025 soles mensuales. Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales no presentan efectividad en su gestión, cuentan con la desaprobación popular y muestran índices de gestión deficientes y trabajo poco coordinado.</p>	
<p>Alto</p>	<p>Grupo etario de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Se abastecen de agua a través de manantial o río, en cuanto a los servicios de saneamiento disponen de letrinas y la energía eléctrica en la vivienda es por panel solar. Además, la localización del elemento frente al peligro se encuentra cercana de 20 m - 100 m. Por otro lado, los vehículos que transitan por la vía son camionetas de transporte privado y automóviles para colectivos, que van a una velocidad entre 50 km/h a 40 km/h o mayor a los 50 km/h, cabe señalar que estas empresas de transportes son formales, pero no cuenta con las medidas de seguridad y entre el 50% y 75% del servicio está expuesto.</p> <p>En temas concernientes a gestión de riesgos su difusión y cobertura es escasa, y el conocimiento de los conductores y pasajeros frente a la ocurrencia de desastres es insuficiente sobre las causas y consecuencias que estos ocasionan. Por lo cual, su actitud es escasamente prevenida de la mayoría de la población. El material de construcción de las viviendas es de quincha (carrizo con barro) y su estado de conservación es mala. Con respecto al estado de conservación de la carretera es mala dado que no reciben mantenimiento regular, cuya estructura acusa deterioros que se comprometen a muchos peligros y tienen visibles desperfectos. Asimismo, el material de la carretera es suelo natural mejorado con grava natural seleccionada.</p> <p>La población tiene un bajo acceso y poca permanencia a un puesto de trabajo, poca demanda de mano de obra para las actividades económicas, también bajo nivel de empleo de la población económicamente activa; siendo así, poblaciones con limitaciones socioeconómicas. El ingreso familiar esta entre los 1025 – 1500 soles mensuales. Las organizaciones institucionales</p>	<p>$0.152 \leq R < 0.267$</p>

	<p>gubernamentales locales y regionales presentan poca efectividad en su gestión, generan desprestigio y desaprobación popular. Muestran algunos índices de gestión de eficiencia, pero en casos aislados.</p>	
Medio	<p>Grupo etario de 12 a 30 años y de 50 a 60 años. Se abastecen de agua a través de pilón de uso público o de manantial, en cuanto a los servicios de saneamiento disponen de pozo séptico y/o UBS con arrastre hidráulico; y la energía eléctrica en la vivienda es por panel solar. Además, la localización del elemento frente al peligro se encuentra medianamente cerca 100m – 500 m. Por otro lado, los vehículos que transitan por la vía son motocicletas, que van a una velocidad de $40 \text{ km/h} \leq V \leq 30 \text{ km/h}$. El servicio expuesto esta entre el 25% y 50%.</p> <p>La población se capacita con regular frecuencia en temas concernientes a gestión de riesgos, siendo su difusión y cobertura mayoritaria. Los conductores y pasajeros frente a la ocurrencia de desastres tienen un regular conocimiento sobre las causas y consecuencias que estos ocasionan. Por lo cual, su actitud es parcialmente prevenida de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo, sin implementación de medidas.</p> <p>El material de construcción de las viviendas es de adobe o tapial y su estado de conservación es regular. Con respecto al estado de conservación de la carretera es regular ya que recibe mantenimiento esporádico. Asimismo, el material de la carretera es afirmado (tierra) mejorada con grava seleccionada por zarandeo.</p> <p>La población tiene un regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo, demanda de mano de obra para actividades económicas, también regular nivel de empleo de la población económicamente activa; siendo así, poblaciones con regulares posibilidades socioeconómicas. El ingreso familiar esta entre los 1500 – 2500 soles mensuales. Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan un nivel estándar de efectividad en su gestión, ya que tienen un apoyo popular que les permite gobernar con tranquilidad, muestran algunos índices de gestión de eficiencia.</p>	$0.091 \leq R < 0.152$

Bajo	<p>Grupo etario de 30 a 50 años. Se abastecen de agua a por red pública, en cuanto a los servicios de saneamiento cuentan con servicios higiénicos por red pública de desagüe. La energía eléctrica en la vivienda es por red de energía pública. Además, la localización del elemento frente al peligro se encuentra alejada 500 m - 1000 m. Por otro lado, los vehículos que transitan por la vía son vehículos de carga, que van a una velocidad de 30 km/h $\leq V \leq 15$ km/h o menor a 15 km/h. El servicio expuesto esta entre 10% y 25%.</p> <p>La población se capacita constantemente en temas concernientes a gestión de riesgos, siendo su difusión y cobertura total. Los conductores y pasajeros frente a la ocurrencia de desastres tienen conocimiento sobre las causas y consecuencias que estos ocasionan. Por lo cual, su actitud es positiva de toda la población, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo. El material de construcción de las viviendas es de ladrillo o bloque de cemento y su estado de conservación es buena. Acerca del estado de conservación de la carretera es muy bueno ya que reciben mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno. Asimismo, el material de la carretera es afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado. La población tiene alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo, alta demanda de mano de obra para las actividades económicas y alto nivel de empleo de la población económicamente activa; siendo así, poblaciones con altas posibilidades socioeconómicas. El ingreso familiar es mayor a 3000 soles mensuales. Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales tienen un nivel eficiente de efectividad en su gestión. Tienen apoyo total de la población y empresas privadas.</p>	$0.052 \leq R < 0.091$
-------------	---	------------------------

Con relación al sexto objetivo la zona de evaluación es muy constante a peligros generados por fenómenos de geodinámica externa como movimientos de masa, por ello, para prevenir dichos eventos se tiene que evitar y controlar el proceso, así como también advertir, prepararse y protegerse de dicho peligro. Sin embargo, en el área de estudio como actúan procesos geológicos como deslizamientos, flujos de detritos y caídas de rocas la posibilidad de prevención y el tiempo de aviso, no pueden ser previstos. Por esta razón, se actúa mitigando

sus efectos. Los planes de mitigación a plantearse para la reducción del riesgo son medidas estructurales y no estructurales.

En el trayecto de la carretera Celendín – Llanguat se evidencia pendientes muy fuertes con muchas irregularidades, para disminuir el riesgo como medida de mitigación estructural se debe tener pendientes suaves, tendidas y sin rocas inestables; para ello es necesario la modificación de la geometría del talud y así reducir las pendientes y aumentar su estabilidad. Esta modificación se realiza mediante cortes a manera de banquetas, incluyendo los drenes superficiales (cuneta de banqueta) mostrado en la figura 23. Sin embargo, cuando ya no es posible rediseñar las pendientes, se pueden estabilizar mediante la construcción de muros; el más común son los muros de gaviones. Este se usa como protección para prevenir los deslizamientos y caída de rocas hacia la carretera.

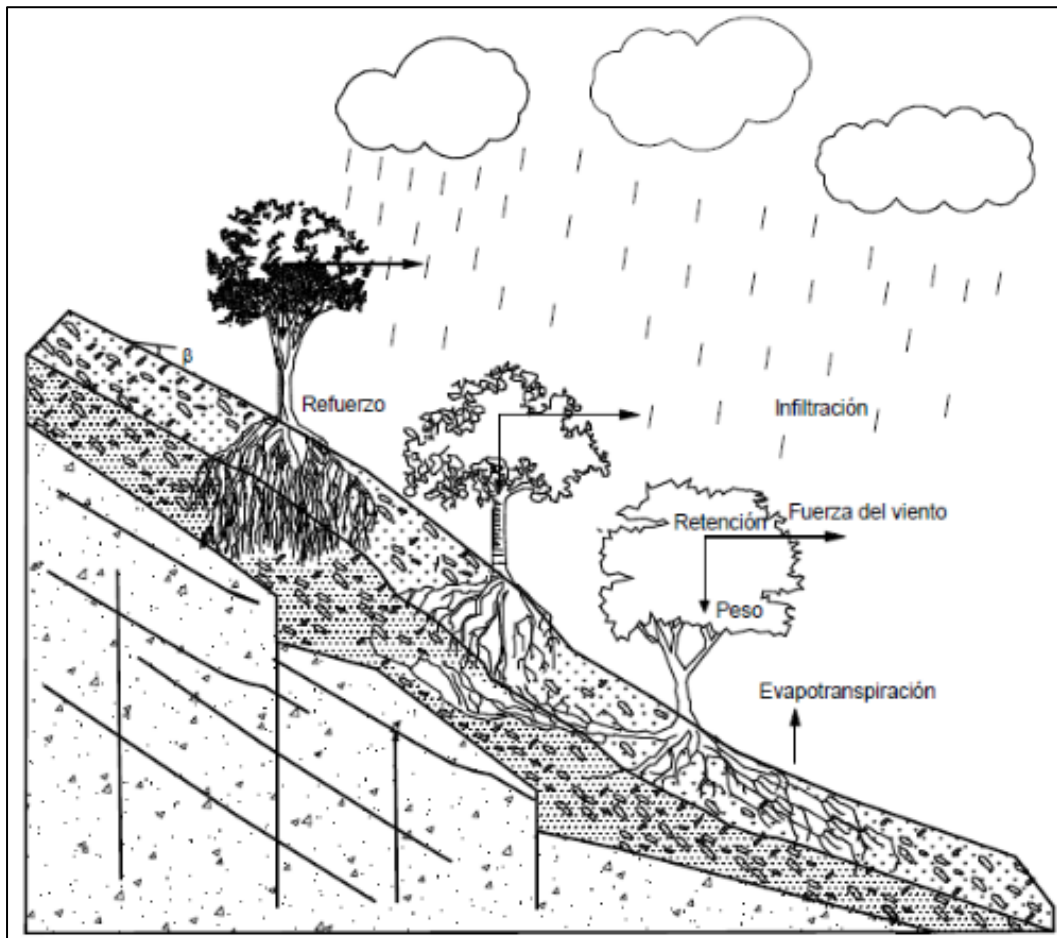
Otra medida estructural y efectiva son los sistemas de drenaje superficial, como es las cunetas, zanjas de coronación y zanjas de recolección, con la finalidad de alejar las aguas de la carretera para así evitar el impacto negativo de las mismas sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008). Correspondiente a la medida que se debería aplicar en la Quebrada Shusuro, sería la construcción de una bocatoma en la parte alta (en las quebradas secundarias que alimenta la quebrada Shusuro), ya que de esta forma se estaría controlando los niveles de máximas avenidas en tiempo de lluvias; se adopta esta medida debido a que esta quebrada se origina en una planicie y es la unión de más de tres quebradas. Por esto, el objetivo de la construcción de esta obra es de almacenar la mayor cantidad de partículas pequeñas, rocas y árboles, para controlar el flujo de escombros que genera problemas en la parte baja.

Por otro lado, otra medida correctiva es la revegetación y bioingeniería en las zonas desnudas, ya que los árboles y arbustos de raíz profunda aportan resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje

subterráneo, reduciendo la probabilidad de deslizamientos poco profundos (Suárez Díaz, 2007, como se citó en el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2022).

Figura 23

Estabilización de taludes utilizando vegetación, para deslizamientos poco profundos. Obtenido de (Suárez Díaz, 2007, como se citó en el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2022)

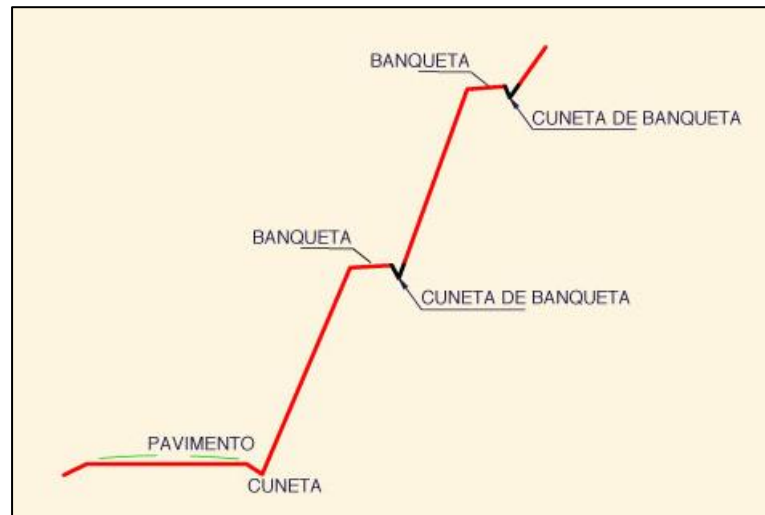


Como medidas de mitigación no estructural se deben realizar capacitaciones en temas concernientes en gestión de riesgos de desastres naturales por peligros geodinámicos y exigir a las empresas de transporte la capacitación adecuada para su personal respecto a cómo actuar frente a un peligro; además requerir que se cumpla con el aforo pertinente para cada unidad de transporte. También se debe establecer un sistema de monitoreo de deslizamientos a nivel local

proporcionando información rápida para las comunidades cercanas y los municipios (Guerrero, Magaña, y Sobiech, 2007).

Figura 24

Detalle típico de una serie de cunetas de banqueta



Nota. Pueden tener sección triangular, rectangular o trapezoidal, de acuerdo al caudal que transportará. Su descarga se efectuará mediante caídas escalonadas hacia las cunetas. Obtenido de (Ponce, 2018).

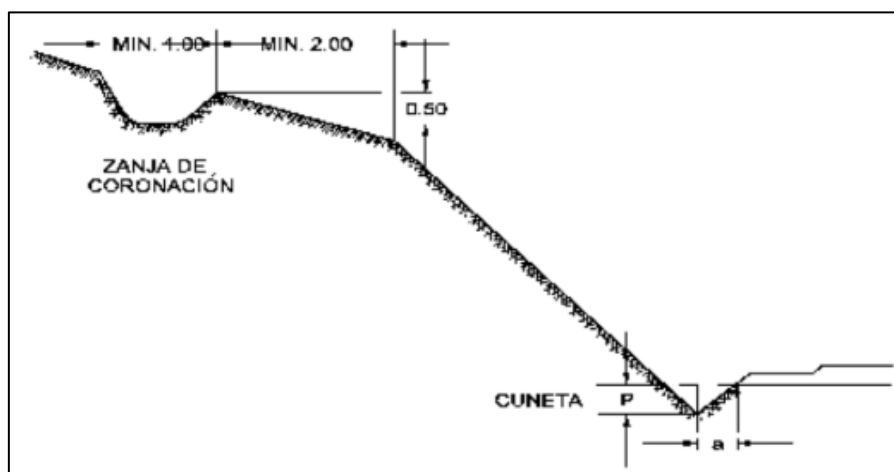
Figura 25

Detalle típico de cunetas de banqueta en la zona de Shusuro



Figura 26

Zanjas de coronación y de recolección



Nota. Obtenido del Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008, p. 82).

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Esta investigación tuvo como objetivo principal analizar y elaborar un mapa de vulnerabilidad y peligrosidad utilizando el software ArcGIS de la carretera Celendín – Llanguat; conforme al análisis realizado en la zona de estudio se pudo evidenciar que la carretera Celendín – Llanguat está expuesta a peligros generados por fenómenos de geodinámica externa, como es movimientos en masa (del tipo deslizamientos, caída de rocas y flujo de detritos). Este peligro afecta a lo largo de todo el trayecto de la carretera con una peligrosidad muy alta con un 62% y peligrosidad alta con un 38%. Para ello, se realizó un análisis de susceptibilidad a caída de rocas, deslizamientos, flujo de detritos y sobre todo susceptibilidad a movimientos en masa, puesto que la peligrosidad es el resultado de los factores desencadenantes sobre la susceptibilidad (Arias y Chacn, 2020); sin embargo, el factor desencadenante como lo es la precipitación no se considera en el análisis de susceptibilidad.

Para el desarrollo de la presente investigación, específicamente en el trabajo de campo, se presentaron diversas limitaciones, entre los que podemos indicar fue el acceso a la zona de estudio debido a la accidentabilidad de esta, ya que era complicado visitar los puntos superiores al talud de la carretera por la inestabilidad de estos, por esta razón solo se hizo un sondeo visual. En cuanto al trabajo en gabinete fue la obtención de datos, ya que para los mapas de geomorfología, hidrogeología y cobertura vegetal carecían de información debido a que no están actualizadas, sin embargo, se tomó como referencias informes y estudios realizados como: Boletín N° 44 serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica del Riesgo Geológico en la Región Cajamarca y el Informe Técnico N° A7311 sobre la Evaluación de Peligros Geológicos por Movimientos en Masa en las Localidades de Shusuro, Yanasamana y Yanaquero. Otra de las limitaciones ha sido la realización de los mapas de susceptibilidad de los movimientos en masa como: caída de rocas, flujo de detritos y deslizamientos debido al escaso trabajo en campo, no

obstante, se hizo un análisis para cada uno de estos tipos de movimiento obteniendo su estratificación de nivel de peligro.

Por otro lado, también se tuvo la falta de investigaciones previas sobre el tema en estudio, ya que en su mayoría realizaron investigaciones de alguna ciudad o centros poblados en específico, más no de una infraestructura vial, a pesar de ello para el análisis de vulnerabilidad se generó información acorde al tema propuesto. Además, otra restricción fue el conocer el procedimiento de la elaboración de los mapas de peligrosidad y vulnerabilidad en el software ArcGIS 10.8, así como también el entender del método multicriterio desarrollado por Thomas L. Saaty y la aplicación adecuada del proceso del análisis jerárquico.

A partir de los resultados obtenidos se compararon con investigaciones realizadas a nivel internacional.

Obregón y Lara (2013) en su artículo científico “El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa: una herramienta para la gestión sostenible del territorio”, presenta que su área de estudio está sujeta principalmente a movimientos de masa del tipo caídas de rocas. Mostrando de manera general en un mapa de susceptibilidad contribuyendo con el ordenamiento territorial y/o planificación territorial; y de manera puntual, en la elaboración de planes de acción para tratamiento de las áreas críticas identificadas. A diferencia de nuestra investigación se realizó tanto un mapa de peligrosidad como vulnerabilidad, siendo así que de la misma manera estos permiten la elaboración de planes de mitigación y/o prevención en las zonas críticas identificadas en el área de estudio. No obstante, cabe recalcar que también se realizó un análisis de susceptibilidad por cada tipo de movimientos de masa en una determinada área.

Zavala y Rosado (2011) en su informe “Riesgo Geológico en la Región de Cajamarca”, concluyendo que la frecuencia de peligros naturales en la región es mediana a alta, en

comparación a otras áreas del país, por otro lado, realizaron un mapa de susceptibilidad utilizando el método de ponderación de factores (método heurístico, indirecto, cualitativo). Las zonas de igual susceptibilidad a los movimientos en masa, están representadas en cinco categorías: muy baja susceptibilidad, baja susceptibilidad, moderada susceptibilidad, alta susceptibilidad y muy alta susceptibilidad. Paralelamente analizaron la susceptibilidad a las inundaciones, utilizando como factores de análisis la geomorfología y pendiente, con 60 y 40% para cada factor, respectivamente. De forma semejante en nuestro estudio para la realización de los mapas de peligrosidad y vulnerabilidad se utilizó método heurístico, asignando pesos a los factores condicionantes y desencadenantes, con sus respectivos descriptores. Los pesos de cada factor de evaluación fueron asignados utilizando el método multicriterio desarrollado por Thomas L. Saaty en 1980, el cual realiza un proceso de análisis jerárquico de cada descriptor dependiendo su importancia con el fenómeno que se está analizando. Por otro lado, tanto peligrosidad como vulnerabilidad están representadas en una matriz la cual tiene como categorías muy alto, alto, medio y bajo mostradas en las tablas 54 y 70 respectivamente.

Adolphe, Guardado Lacaba, Viltres Milán, y Hernández Columbié (2017) en su investigación “Cartografía de la peligrosidad por erosión hídrica en la ciudad de Brazzaville”. Presenta un mapa de peligrosidad por erosión hídrica y mediante un SIG generaron los mapas temáticos y el mapa de peligrosidad total. Por lo cual se concluyó, que los distritos situados al norte, noreste y noroeste de la ciudad presentan la mayor peligrosidad por erosión hídrica, asociada fundamentalmente a una escasa cobertura vegetal, un suelo arenoso pobre en arcilla y muy erosionable y un relieve predominantemente montañoso. Teniendo así resultados distintos, ya que los mapas de peligrosidad y vulnerabilidad no fueron realizados mediante algún Sistema de Información Geográfica (SIG), sino fueron ejecutados por medio del software ArcGIS. No obstante, para nuestro estudio fue de mucha importancia los Sistemas de Información Geográfica como el GEOCATMIN y SIGRID, obteniendo información para así generar los

mapas de geomorfología y geología. Por consiguiente, nuestra área de influencia presenta mayor peligrosidad a movimientos de masa, debido a que en su mayoría presenta depósitos aluviales y una escasa cobertura vegetal, presentando también intercalaciones de rocas carbonatadas, en secuencias de lutitas calcáreas y calizas siendo su índice de resistencia bajo por las constantes intercalaciones con lutitas.

Las implicaciones del presente estudio ha permitido plantear medidas de mitigación y/o prevención en relación a los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad que fueron plasmados en los mapas de peligrosidad y vulnerabilidad elaborados mediante el software ArcGIS, debido a que la zona de influencia presenta altos niveles de riesgo ocasionados por fenómenos de origen natural como es: peligros generados por fenómenos de geodinámica externa (movimientos en masa) y peligros generados por fenómenos hidrometeorológicos (lluvias intensas). Adicionalmente, los procesos de identificación del peligro, así como el análisis de la vulnerabilidad teniendo en cuenta sus dimensiones se limitan exclusivamente a centros poblados, ciudades, entre otros; con el presente trabajo de investigación la aplicación de la evaluación de riesgos se da a la infraestructura vial como es la carretera Celendín – Llanguat.

Es preciso señalar que para la determinación de peligrosidad se realizó con la metodología expuesta en el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales 2da versión, publicada por el CENEPRED en el año 2014, mediante el método Heurístico, asignando pesos a los factores condicionantes (pendiente, geología, geomorfología, hidrogeología y cobertura vegetal) desencadenantes (precipitación), con sus respectivos descriptores. Además, para hallar el valor de peligro, se consideraron como parámetros de evaluación la actividad, velocidad de desplazamiento y volumen de los movimientos en masa. Los pesos de cada factor de evaluación fueron asignados utilizando el método Multicriterio desarrollado por Thomas L. Saaty en 1980, el cual realiza un proceso de análisis jerárquico

(Anexo 1) de cada descriptor dependiendo su importancia con el fenómeno que se está analizando. Obteniendo así los niveles de peligrosidad que se refleja en el mapa (M-08).

Mientras que, para el análisis de vulnerabilidad, se consideró la dimensión social y económica, en sus componentes de exposición, fragilidad y resiliencia de acuerdo a la cuantificación de los elementos expuestos al peligro; teniendo también como base al Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales 2da versión. Logrando obtener los niveles de vulnerabilidad que se muestra en el mapa (M-09). Si bien en este manual solo se sugieren algunos parámetros de evaluación, en la presente investigación se plantearon nuevos parámetros debido a la singularidad que llega a tener la zona de estudio.

Finalmente, se redacta las conclusiones por cada objetivo, indicado como primera conclusión la validación de la hipótesis:

Gracias al presente estudio se obtuvo resultados que ratifican el planteamiento de la hipótesis, es decir que el análisis y la elaboración de un mapa de vulnerabilidad y peligrosidad mediante el uso del software ArcGIS en la carretera Celendín – Languat, contribuye a identificar geográficamente los peligros y las zonas vulnerables generados por fenómenos de origen natural que son peligros generados por fenómenos de geodinámica externa (movimientos en masa) y como factor desencadenante de estos movimientos en masa son los peligros generados por fenómenos hidrometeorológicos (lluvias intensas), presentando elevados niveles de peligrosidad y vulnerabilidad (alto y muy alto).

Teniendo en cuenta el objetivo general que indica: “Analizar y elaborar un mapa de vulnerabilidad y peligrosidad utilizando el software ArcGIS de la carretera Celendín-Languat”; se analizó la carretera Celendín – Languat con un kilometraje total de 19.246, la cual está expuesta a peligros generados por fenómenos de geodinámica externa, este peligro identificado es movimientos en masa, siendo el 62% peligrosidad y vulnerabilidad muy alta entre los

kilómetros 92+814 a 94+410, 96+128 a 100+846 y 101+308 a 106+940; y el 38% peligrosidad y vulnerabilidad alta entre los kilómetros 90+000 a 92+814, 94+410 a 96+128, 100+846 a 101+308 y 106+940 a 109+246 (ver mapa 8 y 9 en anexo 30). Esta información se determinó mediante la metodología expuesta en el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales 2da versión, publicada por el CENEPRED; adicionalmente a ello para poder cumplir con el objetivo general, se elaboraron los mapas de vulnerabilidad y peligrosidad teniendo como herramienta fundamental el software ArcGIS 10.8.

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona de estudio van del Paleozoico superior al Cenozoico con los depósitos cuaternarios del reciente y son la formación Chúlec (Ki-chu), grupo Goyllarisquizga (Ki-g), formación Chota (KsP-cho) pertenecientes a Mesozoico – Cretáceo – Superior. Además, se tienen depósitos Aluviales (Q – al), depósitos coluvio – deluvial (Q-cd) y depósitos proluviales (Q-pr); pertenecientes a Cenozoico – Cuaternario – Holoceno. La formación Chúlec se caracteriza por presentar intercalación de rocas carbonatadas, en secuencias de lutitas calcáreas y calizas; sin embargo, las constantes intercalaciones con lutitas (resistencia geológica muy baja) y la meteorización química de estas calizas, y del actuar de los agentes geológicos que erosionan y meteorizan el suelo (fractura y transporte de material), hacen que la resistencia de los macizos rocosos sea muy baja en la zona de estudio. Por otro lado, geomorfológicamente se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña estructural en rocas sedimentarias “ME-rs” y montaña en rocas sedimentarias “M-rs), como de carácter deposicional y agradacional (Vertiente coluvio – deluvial, vertiente con depósito de deslizamiento, piedemonte proluvial o aluvio torrencial), tomando como fuentes principales a los estudios preliminares de los informes Técnico N° A7311 sobre la Evaluación de Peligros Geológicos por Movimientos en Masa en las Localidades de Shusuro, Yanasamana y Yanaquero, y al Boletín N° 44 serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica del Riesgo Geológico en la Región Cajamarca.

Hidrológicamente, la zona de estudio se encuentra ubicado en la vertiente del Atlántico en la Región hidrográfica del Amazonas con código PFAFSTETTER 49897, perteneciente a la Intercuenca Alto Marañón IV. Para la información pluviométrica se utilizó la estación Celendín, debido a que la más cercana para tomar información de precipitaciones, con registros desde 2017 – 2022; determinando así las precipitaciones mensuales y obteniendo que los valores más altos de esta se dan entre los meses de enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre. Con respecto a las características hidrogeológicas se tomaron en cuenta sus características litológicas, teniendo así en el área de estudio: acuíferos porosos no consolidados, con productividad elevada (permeabilidad elevada) encontrándose los depósitos aluviales y coluviales; acuíferos semiconsolidados productivos o acuíferos extensos, pero solamente productivos (permeabilidad media) caracterizados por presentar areniscas conglomerádicas desde poco a medianamente consolidados con matriz arenosa, con sedimentos arcillosos y lodolitas de las formaciones Chota; acuífero fisurado sedimentario (permeabilidad moderada) caracterizado por presentar limolitas, lutitas gris verdosas, areniscas cuarzosas blanquecinas, lentes de carbón, areniscas gris claras alternando con lutitas grises a limolitas rojizas y acuíferos porosos consolidados (permeabilidad baja) caracterizado por presentar lutitas grises con intercalación de calizas margosas, con presencia de estratos de areniscas grises oscuras y areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquiza.

A lo largo de toda la carretera se pudo observar diferentes tipos de especies de flora como la tara o taya, níspero, carrizos, tuna y en su gran mayoría el hualanco conocido por ser un árbol muy espinoso y su madera es utilizada para leña, perteneciente a las especies de *Acacia* sp, debido a que la zona de estudio es perteneciente a la región natural de la yunga fluvial mostrando zonas de vida de la intercuenca Alto Marañón IV, por ello en su mayoría corresponde al ecosistema de Matorral andino (Ma), caracterizada por la presencia de vegetación xerofítica y arbustiva, con menor presencia de cactáceas, dominada por plantas espinosas.

Para las características sociales, económicas y de vivienda y servicios básicos se consideró los resultados definitivos de los censos nacionales 2017: XII Censo de Población y VII de Vivienda y III de Comunidades Indígena del Instituto Nacional de Estadística e Informática referida a la Provincia de Celendín. Considerando como población a los habitantes del centro poblado de Llanguat, Yanaquero, Yanasamana y Shusuro; y como se está analizando una carretera se considera las personas que acceden a trasladarse por esta zona siendo los habitantes de los distritos de La Libertad de Pallán, Chumuch, Cortegana y Miguel Iglesias, en cuanto a la población directa es aquella que transita por el sector, con un promedio de 190 por día. Además, las viviendas y servicios básicos de las localidades de Shusuro, Yanasamana, Yanaquero y Llanguat (centros poblados cercanos a la carretera en estudio) predominan las paredes de adobe o tapial, con techo de calamina, pero también de ladrillo o bloques de cemento. Sin embargo, la mayoría no cuenta con desagüe y alcantarillado.

Los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad ocasionados por los fenómenos geodinámicos externos en el tramo de la carretera Celendín-Llanguat (desde el km 90 + 000 hasta km 109 + 246), se determinó utilizando el método Heurístico y el método multicriterio desarrollado por Thomas L. Saaty. Antes de la realización del análisis de peligrosidad, se halló los niveles de susceptibilidad de movimientos de masa del tipo deslizamientos, caída de rocas y flujo de detritos, luego se pondero el factor desencadenante (precipitación) y los parámetros de evaluación como son actividad, velocidad de desplazamiento y volumen. Mediante lo descrito anteriormente se determinó los niveles de peligrosidad que se encuentran en la tabla 53 y en el mapa (M-08).

Valor de Peligro		Rango		Niveles de Peligro
0.489	0.261	$\leq R <$	0.489	Muy Alto
0.261	0.139	$\leq R <$	0.261	Alto
0.139	0.073	$\leq R <$	0.139	Medio

0.073	0.037	$\leq R <$	0.073	Bajo
0.037				

Por otro lado, los niveles de vulnerabilidad del tramo de la carretera Celendín-Languat se encuentra plasmado en la tabla 69 y en el mapa (M-09).

Valor de Vulnerabilidad		Rango		Niveles de Vulnerabilidad
0.438	0.267	$\leq R <$	0.438	Muy Alto
0.267	0.152	$\leq R <$	0.267	Alto
0.152	0.091	$\leq R <$	0.152	Medio
0.091	0.052	$\leq R <$	0.091	Bajo
0.052				

Las medidas de mitigación y/o prevenciones planteadas en relación a los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad, fueron de carácter estructural y no estructural. Los estructurales tienen como objetivo realizar cortes de taludes a manera de banquetas, incluyendo los drenes superficiales (cuneta de banqueta), construcción de muros y drenajes superficiales. Como medidas de mitigación no estructural se plantea la realización de capacitaciones en temas concernientes en gestión de riesgos de desastres naturales por peligros geodinámicos y exigir a las empresas de transporte la capacitación adecuada para su personal respecto a cómo actuar frente a un peligro y establecer un sistema de monitoreo de deslizamientos a nivel local proporcionando información rápido para las comunidades cercanas y los municipios.

REFERENCIAS

- Acosta, B. (29 de Noviembre de 2019). *Ecología Verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/arbol-del-nispero-cuidados-2398.html>
- Adolphe , K., Guardado Lacaba, R., Viltres Milán, Y., & Hernández Columbié, T. (2017). Cartografía de la peligrosidad por erosión hídrica en la ciudad de Brazzaville. *Minería y Geología*, 17-35.
- Alcantara , I. (1999). Landslides: ideslizamientos o movimientos del terreno? Definicion, clasificaciones y terminologia . *Investigaciones Geograficas, Bolefin del Instituto de Geografia, UNAM*, 8-25.
- Alcantara, E. (22 de marzo de 2022). Huaycos Interrumpen carretera Celendín - Llangat. *Celendín Noticias*.
- Alcántara, E., & León, L. (2022). *Evaluación de Peligros Geológicos por Movimientos en Masa en las Localidades de Shusuro, Yanasamana y Yanaquero*. Lima: Elaborado por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET.
- Alcocer, V., Rodríguez, J., Bourguett, V., Llaguno, O., & Albornoz, P. (2016). Metodología para la generación de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 33-55.
- Amaya, J. (2009). *Cultivo de Tuna*. Trujillo: Gerencia Regional Agraria La Libertad.
- Arce, R., & De Lourdes, M. (2001). El género acacia (leguminosae, mimosoideae) en el Estado de Oaxaca, México (parte A). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 251-275.
- Arias , S., & Chacon , R. (2020). Evaluación del Riesgo Geológico de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro, (KM 8+900 – 25+900) Paruro-Cusco. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco.

- Autoridad Nacional del Agua. (2012). *Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú*. Lima.
- Belandria, N., Fernández, A., & Bongiorno, F. (2017). Análisis del riesgo geotécnico en la carretera Tovar-Zea, sector La Roca, estado Mérida. *Geominas*, 173-182.
- Beltrán, L. (2019). Elaboración de un Inventario de Movimientos en Masa Mediante Técnicas Geomáticas en el Municipio de Villeta Cundinamarca. (*Tesis de grado*). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá.
- Bermejo, E. (5 de Mayo de 2014). *Geoinnova*. Obtenido de Geoinnova Web site: https://geoinnova.org/que-es-la-tecnologia-arcgis/?gclid=Cj0KCQjw7KqZBhCBARIsAI-fTKJsLiCCIfgRwUcsbQpu4tH73P_Z3seET1-1eGaitELSoQGE842uE4aAjUCEALw_wcB
- Bornaetxea, T., Antigüedad-Auzmendi, I., & Ormaetxea, O. (2018). Mapas de susceptibilidad de deslizamientos a partir del modelo de regresión logística en la cuenca del río Oria (Gipuzkoa). Estrategias de tratamiento de variables. *Cuaternario y Geomorfología*, 7-29.
- Callirgos, L. (2020). Evaluación de riesgos por deslizamiento rotacional de tierra mediante el análisis de peligrosidad y vulnerabilidad en el centro poblado de Cuenca - Huancavelica. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional Federico Villareal, Lima.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión*. Lima: NEVA STUDIO SAC.
- Chacón, J. (2012). Movimientos de ladera: clasificación, descripción y evolución espacial y temporal. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, 73-89.

- Chaupis, E. (2020). Análisis de la vulnerabilidad a los peligros naturales a fin de mejorar la transitabilidad de la carretera Poque-Puños, Huamalíes - Huánuco 2019. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Huánuco.
- Chávez, C. (2020). Diversidad y Distribución de la Avifauna en dos Gradientes Altitudinales en el Distrito del Utco-Cajamarca y Balsas-Amazonas. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional de Cajamarca, Celendín.
- Collins, M. (25 de Agosto de 2022). *TELEMATICA*. Obtenido de *TELEMATICA* Web Site: <https://www.telematica.com.pe/usando-los-gis-y-otras-tecnologias-geoespaciales-para-predecir-responder-y-aprender-de-los-desastres-naturales/>
- Congreso de la República del Perú. (2007, 26 de mayo). *Proyecto Reglamento de Jerarquización Vial*. Lima: El Peruano.
- Etulain, J., & López, I. (2017). Inundaciones urbanas. Mapas de riesgo y lineamientos de ordenamiento territorial en la region del gran La Plata. Aspectos teóricos-metodológicos y propositivos. *Estudios del Hábitat*, 1-21.
- Fustamante, F. (2019). Estructuración del método de cálculo del IMDA aplicado a proyecto de Av. Sánchez Cerro. (*Tesis de grado*). Universidad de Piura, Piura.
- Gerritsen, P., Ortiz, C., & González, R. (2009). Usos populares, tradición y aprovechamiento del carrizo: estudio de caso en la costa sur de Jalisco, México. *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. *Economía, Sociedad y Territorio*, 185-207.
- Gobierno Regional de Cajamarca. (2005). *Plan Vial Departamental Participativo - Cajamarca*. Cajamarca.
- Guerrero, J., Magaña, J., & Sobiech, C. (2007). *Guía para la gestión local de riesgo por deslizamientos*. El Salvador.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. (2022). *Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la localidad de Huasmín, distrito Huasmín, provincia Celendín, departamento Cajamarca*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7290.
- Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI. (2022). *Compendio Estadístico - Gestión Reactiva*. Lima.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Censos nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas*. Lima.
- López, C., & Paz, J. (2021). *Resiliencia de las carreteras concesionadas frente a riesgos de desastres naturales en el Perú*. Lima: Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público - OSITRAN.
- Medina, L., & Calderón, E. (2016). *Inspección Técnica de Peligros Geológicos del Pueblo San Juan del Oro*. Puno: INGEMET.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (18 de Julio de 2022). *Gob. pe*. Obtenido de Gob.pe Web site: <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344790-estadistica-infraestructura-de-transportes-infraestructura-vial>
- Montiel, D. (2017). MODELO MATEMÁTICO PARA LA EVALUACIÓN DE PELIGROS NATURALES MEDIANTE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. *Télématique*, 60-80.

- Núñez, M. (2007). Las Variables: Estructura y Función en la Hipotesis. *Investigación Educativa*, 163-179.
- Núñez, S., & Sosa, N. (2014). *Peligros Geológicos en los Sectores de Acobamba y Cozo*. Huánuco: INGEMET.
- Obregón, C., & Lara, J. (2013). El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa: una herramienta para la gestión sostenible del territorio. *Espacio y Desarrollo*, 49-64.
- Pichardo, L., Cruz, R., Escobar, A., Pena, E., & Pozo, L. (2022). Visor de Mapas WEB en la gestión de riesgos y adaptación al cambio climático. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 30-45.
- Ponce, V. (Febrero de 2018). Obtenido de https://ponce.sdsu.edu/drenaje_de_carreteras_c.html
- Quispe, J. (30 de Abril de 2022). *Periódico Digital UNAHALDIA*. Obtenido de <https://www.aldia.unah.edu.pe/la-tara-y-sus-bondades/>
- Renda, E., Rozas, M., Moscardini, O., & Torchia, N. (2017). *Manual para la elaboración de mapas de riesgo*. Buenos Aires: Programa Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) Argentina y Ministerio de Seguridad de la Nación de Argentina.
- SENAMHI. (2020). *Mapa Climático del Perú*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Vásquez, C. (2011). *Estudio Hidrológico de Cajamarca*. Cajamarca: Gobierno Regional de Cajamarca.
- Weather Spark. (s.f.). *El Clima y el Tiempo Promedio en Todo el Año en Celendín*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/19981/Clima-promedio-en-Celend%C3%ADn-Per%C3%BA-durante-todo-el->

a%C3%B1o#:~:text=La%20temporada%20de%20lluvia%20dura,mayo%20al%2012%20de%20septiembre.

Wilson, J., & Guevara, C. (2016). *Mapa Geológico del Cuadrángulo de Celendín 14g (1257) - Revisión de Mapa Estandarizado*. Lima: IINGEMMET.

Zavala, B., & Barrantes, R. (2007). *Zonas críticas por peligros geológicos e hidrológicos en la región Cajamarca*. Lima: INGEMMET.

Zavala, B., & Rosado, M. (2011). Riesgo Geológico en la Región de Cajamarca. *INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica* .

Zegarra, T. (24 de Noviembre de 2010). *Asociación Movimiento de Unidad Sucrense* . Obtenido de <https://sucremus.blogspot.com/2010/11/arquelologia-y-paisaje-valle-y-aguas.html>

ANEXOS

Anexo 1: Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ).

Según el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales 2da versión, publicada por el CENEPRED (2014), el objetivo del PAJ es el proceso de asignar ponderación a los parámetros y descriptores relacionados con una decisión y la calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios seleccionados, en este caso evaluar los peligros generados por fenómenos de geodinámica externa (movimientos en masa) y la vulnerabilidad de elementos expuestos. Para la estimación del valor de la importancia de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, basándose en la escala de medidas propuesta por Saaty, Para obtener estos ponderados son necesarios respuestas (numéricas o verbales) a una serie de preguntas que comparan dos parámetros o dos descriptores a una serie de preguntas.

Figura 27

Escala de SAATY

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Nota. Adaptado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014, p. 207), de Saaty (1980).

PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (PAJ): CASO CAÍDA DE ROCAS

PONDERACIÓN DE LOS FACTORES CONDICIONANTES: CASO CAÍDA DE ROCAS

PASO 1: Se identifican los factores condicionantes que permitan caracterizar el fenómeno caída de rocas. En función del número de factores identificados tendremos el número de filas y columnas de la matriz de ponderación (matriz cuadrada).

- Pendiente
- Geología
- Hidrogeología
- Cobertura Vegetal

Factores condicionantes	Pendiente	Geología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal
Pendiente				
Geología				
Hidrogeología				
Cobertura Vegetal				

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Factores condicionantes	Pendiente	Geología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal
Pendiente	1.000			
Geología		1.000		
Hidrogeología			1.000	
Cobertura Vegetal				1.000

La comparación de dos parámetros de igual magnitud nos dará la unidad (1: igual importancia).

Factores condicionantes	Pendiente	Geología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal
Pendiente	1.000			
Geología		1.000	3.000	
Hidrogeología		1/3	1.000	
Cobertura Vegetal				1.000

La hidrogeología es 3 veces menos importante que la geología

La geología es 3 veces ligeramente mas importante que la hidrogeología

Terminada la comparación de pares tenemos la matriz terminada.

Factores condicionantes	Pendiente	Geología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal
Pendiente	1.000	2.000	3.000	5.000
Geología	0.500	1.000	3.000	3.000
Hidrogeología	0.333	0.333	1.000	3.000
Cobertura Vegetal	0.200	0.333	0.333	1.000

Paso 03: Se suma cada columna de la matriz para obtener la inversa de las sumas totales

Factores condicionantes	Pendiente	Geología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal
Pendiente	1.000	2.000	3.000	5.000
Geología	0.500	1.000	3.000	3.000
Hidrogeología	0.333	0.333	1.000	3.000
Cobertura Vegetal	0.200	0.333	0.333	1.000
suma	2.033	3.667	7.333	12.000
1/suma	0.492	0.273	0.136	0.083

Paso 04: Matriz de normalización. Se elabora la matriz multiplicando la inversa de las sumas totales por cada elemento de su columna correspondiente.

Factores condicionantes	Pendiente	Geología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal
Pendiente	0.492	0.545	0.409	0.417
Geología	0.246	0.273	0.409	0.250
Hidrogeología	0.164	0.091	0.136	0.250
Cobertura Vegetal	0.098	0.091	0.045	0.083

$$0.492 \times 1 = 0.492$$

Paso 5: Se determina el vector priorización (ponderación), mediante la suma promedio de cada fila. Debe cumplir que la suma de cada columna debe ser igual a la unidad.

Factores condicionantes	Pendiente	Geología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal	Vector Priorización (Ponderación)
Pendiente	0.492	0.545	0.409	0.417	0.466
Geología	0.246	0.273	0.409	0.250	0.294
Hidrogeología	0.164	0.091	0.136	0.250	0.160
Cobertura Vegetal	0.098	0.091	0.045	0.083	0.080
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

$$(0.492 + 0.545 + 0.409 + 0.417) / 4 = 0.466$$

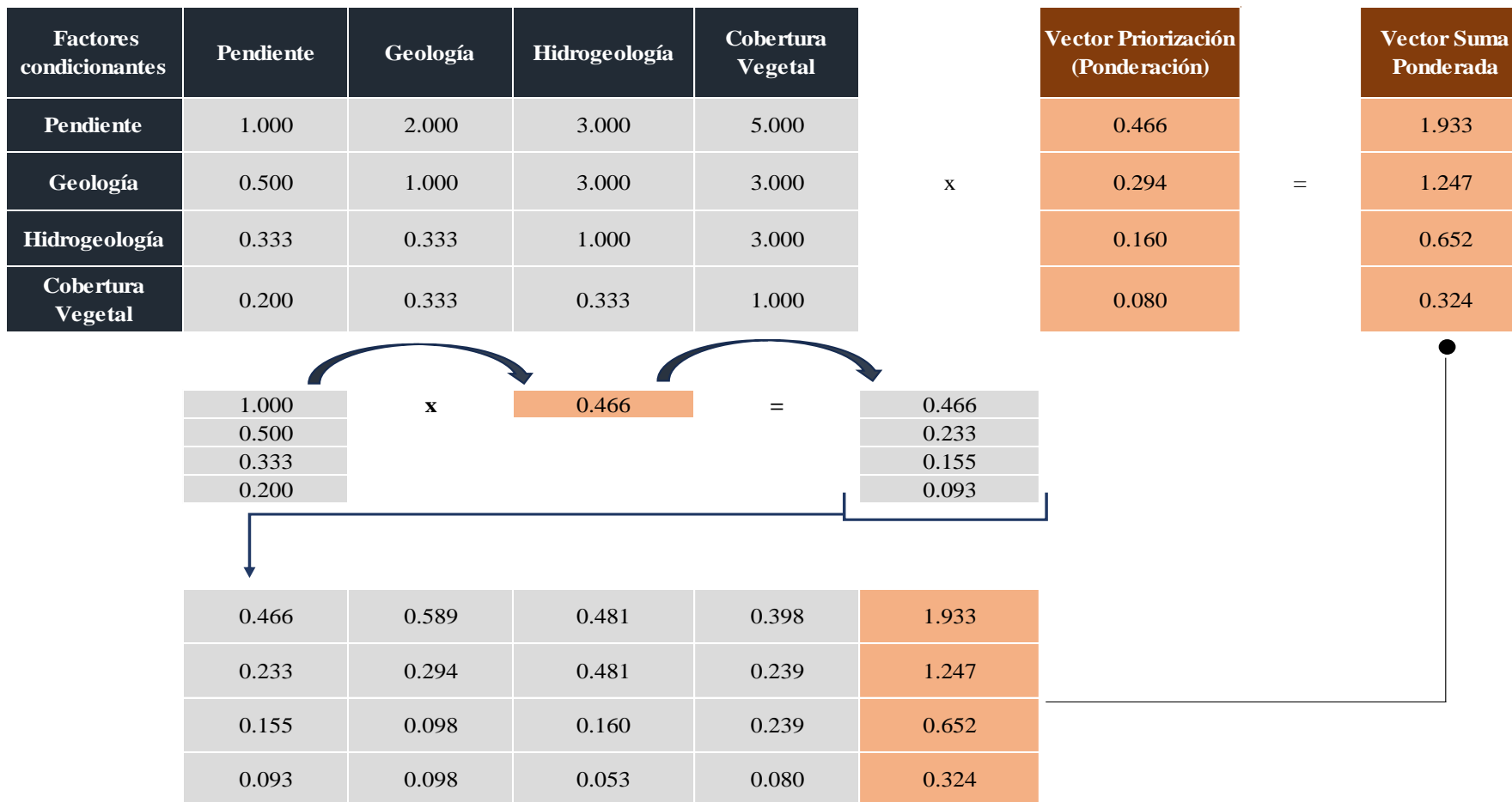
Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Pendiente	0.466	46.58%
Geología	0.294	29.44%
Hidrogeología	0.160	16.03%
Cobertura Vegetal	0.080	7.95%
		100%

Cálculo de la Relación de Consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Paso 1: Hallando el Vector Suma Ponderada. Se obtiene por una multiplicación de matrices.



Paso 2: Hallando λ_{max} . Se determina al dividir los valores del vector suma ponderada y el vector priorización.

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
1.933		0.466		4.150
1.247	÷	0.294	=	4.234
0.652		0.160		4.069
0.324		0.080		4.078

$$\lambda_{max} = \frac{4.150 + 4.234 + 4.069 + 4.078}{4}$$

$$\lambda_{max} = 4.133$$

Paso 3: Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = \frac{4.133 - 4}{4 - 1}$$

$$IC = 0.0443$$

Paso 4: Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguaron y Moreno, 2001. Donde "n" es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0.0443}{0.882}$$

$$RC = 0.0502 \quad \text{Ok} \quad RC < 0.08$$

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

Anexo 2: Ponderación de parámetros y descriptores de la susceptibilidad a caída de rocas.

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO PENDIENTE

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * $50\% \leq P \leq 75\%$ Pendiente escarpada
- * $25\% \leq P \leq 50\%$ Pendiente muy fuerte
- * $15\% \leq P \leq 25\%$ Pendiente fuerte
- * $8\% \leq P \leq 15\%$ Pendiente moderada
- * $2\% \leq P \leq 8\%$ Pendiente suave

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	$50\% \leq P \leq 75\%$	$25\% \leq P \leq 50\%$	$15\% \leq P \leq 25\%$	$8\% \leq P \leq 15\%$	$2\% \leq P \leq 8\%$
$50\% \leq P \leq 75\%$	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptorios	$50\% \leq P \leq 75\%$	$25\% \leq P \leq 50\%$	$15\% \leq P \leq 25\%$	$8\% \leq P \leq 15\%$	$2\% \leq P \leq 8\%$
$50\% \leq P \leq 75\%$	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
suma	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptorios	$50\% \leq P \leq 75\%$	$25\% \leq P \leq 50\%$	$15\% \leq P \leq 25\%$	$8\% \leq P \leq 15\%$	$2\% \leq P \leq 8\%$	Vector Priorización (Ponderación)
$50\% \leq P \leq 75\%$	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
$50\% \leq P \leq 75\%$	0.503	50%
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.260	26%
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.134	13%
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.068	7%
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.035	3%

100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptor	$50\% \leq P \leq 75\%$	$25\% \leq P \leq 50\%$	$15\% \leq P \leq 25\%$	$8\% \leq P \leq 15\%$	$2\% \leq P \leq 8\%$	Vector Priorización (Ponderación)	Vector Suma Ponderada
$50\% \leq P \leq 75\%$	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	0.503	2.743
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000	0.260	1.414
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000	0.134	0.699
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000	0.068	0.341
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000	0.035	0.177
	0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743	
	0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414	
	0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699	
	0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341	
	0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada	÷	Vector Priorización (Ponderación)	=	λ_{max}
2.743		0.503		5.455
1.414		0.260		5.432
0.699		0.134		5.204
0.341		0.068		5.030
0.177		0.035		5.093

$\lambda_{max} = 5.243$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

IC = 0.0607

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

RC = 0.0544

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Pendiente	Peso Ponderado:	0.466
Descriptores	DP-1	$50\% \leq P \leq 75\%$	PP-1	0.503
	DP-2	$25\% \leq P \leq 50\%$	PP-2	0.260
	DP-3	$15\% \leq P \leq 25\%$	PP-3	0.134
	DP-4	$8\% \leq P \leq 15\%$	PP-4	0.068
	DP-5	$2\% \leq P \leq 8\%$	PP-5	0.035

Donde:

DP-1, DP-2, DP-3, DP-4 y DP-5: Descriptores del parámetro Pendiente

PP-1, PP-2, PP-3, PP-4 y PP-5: Pesos de los descriptores

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO GEOLOGÍA

Descriptores

- * Formación Chulec (Ki-chu) - Intercalación de rocas carbonatadas, en secuencias de lutitas calcáreas y calizas
- * Grupo Goyllarisquizga (Ki-g) - Lutitas grises con intercalación de calizas margosas, con presencia de estratos estratos de areniscas grises oscuras y areniscas cuarzosas.
- * Formación Chota (KsP-cho) - sedimentos arcillosos como lutitas y lodolitas de color rojizo, con intercalaciones de areniscas finas grises, en capas de grosos de medianas a delgadas (potencia del estrato).
- * Depósito Aluvial
- * Depósitos proluviales

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptor	Formación Chulec (Ki-chu)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Formación Chota (KsP-cho)	Depósito Aluvial	Depósitos proluviales
Formación Chulec (Ki-chu)	1.000	2.000	4.000	5.000	7.000
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.500	1.000	2.000	5.000	7.000
Formación Chota (KsP-cho)	0.250	0.500	1.000	5.000	7.000
Depósito Aluvial	0.200	0.200	0.200	1.000	2.000
Depósitos proluviales	0.143	0.143	0.143	0.500	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptores	Formación Chulec (Ki-chu)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Formación Chota (KsP-cho)	Depósito Aluvial	Depósitos proluviales
Formación Chulec (Ki-chu)	1.000	2.000	4.000	5.000	7.000
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.500	1.000	2.000	5.000	7.000
Formación Chota (KsP-cho)	0.250	0.500	1.000	5.000	7.000
Depósito Aluvial	0.200	0.200	0.200	1.000	2.000
Depósitos proluviales	0.143	0.143	0.143	0.500	1.000
suma	2.093	3.843	7.343	16.500	24.000
1/suma	0.478	0.260	0.136	0.061	0.042

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	Formación Chulec (Ki-chu)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Formación Chota (KsP-cho)	Depósito Aluvial	Depósitos proluviales	Vector Priorización (Ponderación)
Formación Chulec (Ki-chu)	0.478	0.520	0.545	0.303	0.292	0.428
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.239	0.260	0.272	0.303	0.292	0.273
Formación Chota (KsP-cho)	0.119	0.130	0.136	0.303	0.292	0.196
Depósito Aluvial	0.096	0.052	0.027	0.061	0.083	0.064
Depósitos proluviales	0.068	0.037	0.019	0.030	0.042	0.039
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Formación Chulec (Ki-chu)	0.428	43%
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.273	27%
Formación Chota (KsP-cho)	0.196	20%
Depósito Aluvial	0.064	6%
Depósitos proluviales	0.039	4%

100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptores	Formación Chulec (Ki-chu)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Formación Chota (KsP-cho)	Depósito Aluvial	Depósitos proluviales		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
Formación Chulec (Ki-chu)	1.000	2.000	4.000	5.000	7.000	x	0.428	=	2.353
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.500	1.000	2.000	5.000	7.000		0.273		1.474
Formación Chota (KsP-cho)	0.250	0.500	1.000	5.000	7.000		0.196		1.034
Depósito Aluvial	0.200	0.200	0.200	1.000	2.000		0.064		0.322
Depósitos proluviales	0.143	0.143	0.143	0.500	1.000		0.039		0.199
	0.428	0.546	0.784	0.319	0.276		2.353		
	0.214	0.273	0.392	0.319	0.276		1.474		
	0.107	0.137	0.196	0.319	0.276		1.034		
	0.086	0.055	0.039	0.064	0.079		0.322		
	0.061	0.039	0.028	0.032	0.039		0.199		

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.353	÷	0.428	=	5.503
1.474		0.273		5.393
1.034		0.196		5.273
0.322		0.064		5.048
0.199		0.039		5.064

$\lambda_{max} = 5.256$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0641$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0575$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Geología	Peso Ponderado:	0.294
Descriptores	DG-1	Formación Chulec (Ki-chu)	PG-1	0.428
	DG-2	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	PG-2	0.273
	DG-3	Formación Chota (KsP-cho)	PG-3	0.196
	DG-4	Depósito Aluvial	PG-4	0.064
	DG-5	Depósitos proluviales	PG-5	0.039

Donde:

DG-1, DG-2, DG-3, DG-4 y DG-5: Descriptores del parámetro Geología

PG-1, PG-2, PG-3, PG-4 y PG-5: Pesos de los descriptores

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO HIDROGEOLÓGICO

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * Acuíferos porosos no consolidados (permeabilidad elevada)
- * Acuíferos semiconsolidados (permeabilidad media)
- * Acuífero fisurado sedimentario (permeabilidad moderada)
- * Acuíferos porosos consolidados (permeabilidad baja)
- * Acuitardo Sedimentario (permeabilidad muy baja)

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Acuíferos porosos no consolidados	Acuíferos semiconsolidados	Acuífero fisurado sedimentario	Acuíferos porosos consolidados	Acuitardo Sedimentario
Acuíferos porosos no consolidados	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Acuíferos semiconsolidados	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Acuífero fisurado sedimentario	0.200	0.333	1.000	4.000	5.000
Acuíferos porosos consolidados	0.143	0.200	0.250	1.000	3.000
Acuitardo Sedimentario	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptores	Acuíferos porosos no consolidados	Acuíferos semiconsolidados	Acuífero fisurado sedimentario	Acuíferos porosos consolidados	Acuitardo Sedimentario
Acuíferos porosos no consolidados	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Acuíferos semiconsolidados	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Acuífero fisurado sedimentario	0.200	0.333	1.000	4.000	5.000
Acuíferos porosos consolidados	0.143	0.200	0.250	1.000	3.000
Acuitardo Sedimentario	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
suma	1.787	4.676	9.450	17.333	25.000
1/suma	0.560	0.214	0.106	0.058	0.040

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptores	Acuíferos porosos no consolidados	Acuíferos semiconsolidados	Acuífero fisurado sedimentario	Acuíferos porosos consolidados	Acuitardo Sedimentario	Vector Priorización (Ponderación)
Acuíferos porosos no consolidados	0.560	0.642	0.529	0.404	0.360	0.499
Acuíferos semiconsolidados	0.187	0.214	0.317	0.288	0.280	0.257
Acuífero fisurado sedimentario	0.112	0.071	0.106	0.231	0.200	0.144
Acuíferos porosos consolidados	0.080	0.043	0.026	0.058	0.120	0.065
Acuitardo Sedimentario	0.062	0.031	0.021	0.019	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Acuíferos porosos no consolidados	0.499	50%
Acuíferos semiconsolidados	0.257	26%
Acuífero fisurado sedimentario	0.144	14%
Acuíferos porosos consolidados	0.065	7%
Acuitardo Sedimentario	0.035	3%

100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descripciones	Acuíferos porosos no consolidados	Acuíferos semiconsolidados	Acuífero fisurado sedimentario	Acuíferos porosos consolidados	Acuitardo Sedimentario		Vector Priorización (Ponderación)	Vector Suma Ponderada
Acuíferos porosos no consolidados	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	x	0.499	2.760
Acuíferos semiconsolidados	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000		0.257	1.425
Acuífero fisurado sedimentario	0.200	0.333	1.000	4.000	5.000		0.144	0.764
Acuíferos porosos consolidados	0.143	0.200	0.250	1.000	3.000		0.065	0.328
Acuitardo Sedimentario	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000		0.035	0.177
	0.499	0.772	0.720	0.458	0.312		2.760	
	0.166	0.257	0.432	0.327	0.242		1.425	
	0.100	0.086	0.144	0.261	0.173		0.764	
	0.071	0.051	0.036	0.065	0.104		0.328	
	0.055	0.037	0.029	0.022	0.035		0.177	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.760	÷	0.499	=	5.532
1.425		0.257		5.538
0.764		0.144		5.308
0.328		0.065		5.017
0.177		0.035		5.123
$\lambda_{max} =$		5.303		

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0759$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0680$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro	Hidrogeología	Peso Ponderado:	0.160
Descriptores	DH-1	Acuíferos porosos no consolidados	PH-1
	DH-2	Acuíferos semiconsolidados	PH-2
	DH-3	Acuífero fisurado sedimentario	PH-3
	DH-4	Acuíferos porosos consolidados	PH-4
	DH-5	Acuitardo Sedimentario	PH-5
			0.499
			0.257
			0.144
			0.065
			0.035

Donde:

DH-1, DH-2, DH-3, DH-4 y DH-5: Descriptores del parámetro Hidrogeología

PH-1, PH-2, PH-3, PH-4 y PH-5: Pesos de los descriptores

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO COBERTURA VEGETAL

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- *Áreas con poca vegetación
- *Matorral Andino (Ma)
- *Bosque xérico interandino
- *Agricultura costera y andina
- *Bosque Seco tropical

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Áreas con poca vegetación	Matorral Andino (Ma)	Bosque xérico interandino	Agricultura costera y andina	Bosque seco tropical
Áreas con poca vegetación	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000
Matorral Andino (Ma)	0.333	1.000	5.000	7.000	9.000
Bosque xérico interandino	0.250	0.200	1.000	3.000	5.000
Agricultura costera y andina	0.200	0.143	0.333	1.000	2.000
Bosque seco tropical	0.143	0.111	0.200	0.500	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	Áreas con poca vegetación	Agricultura costera y andina	Matorral Andino (Ma)	Bosque xérico interandino	Bosque Seco Tropical
Áreas con poca vegetación	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000
Matorral Andino (Ma)	0.333	1.000	5.000	7.000	9.000
Bosque xérico interandino	0.250	0.200	1.000	3.000	5.000
Agricultura costera y andina	0.200	0.143	0.333	1.000	2.000
Bosque seco tropical	0.143	0.111	0.200	0.500	1.000
suma	1.926	4.454	10.533	16.500	24.000
1/suma	0.519	0.225	0.095	0.061	0.042

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	Áreas con poca vegetación	Agricultura costera y andina	Matorral Andino (Ma)	Bosque xérico interandino	Bosque Seco Tropical	Vector Priorización (Ponderación)
Áreas con poca vegetación	0.519	0.674	0.380	0.303	0.292	0.433
Matorral Andino (Ma)	0.173	0.225	0.475	0.424	0.375	0.334
Bosque xérico interandino	0.130	0.045	0.095	0.182	0.208	0.132
Agricultura costera y andina	0.104	0.032	0.032	0.061	0.083	0.062
Bosque seco tropical	0.074	0.025	0.019	0.030	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Áreas con poca vegetación	0.433	43%
Matorral Andino (Ma)	0.334	33%
Bosque xérico interandino	0.132	13%
Agricultura costera y andina	0.062	6%
Bosque seco tropical	0.038	4%

100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptor	Áreas con poca vegetación	Agricultura costera y andina	Matorral Andino (Ma)	Bosque xérico interandino	Bosque Seco Tropical		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
Áreas con poca vegetación	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000		0.433	=	2.542
Matorral Andino (Ma)	0.333	1.000	5.000	7.000	9.000	x	0.334	=	1.917
Bosque xérico interandino	0.250	0.200	1.000	3.000	5.000		0.132		0.684
Agricultura costera y andina	0.200	0.143	0.333	1.000	2.000		0.062		0.317
Bosque seco tropical	0.143	0.111	0.200	0.500	1.000		0.038		0.195
	0.433	1.003	0.528	0.311	0.266		2.542		
	0.144	0.334	0.660	0.436	0.342		1.917		
	0.108	0.067	0.132	0.187	0.190		0.684		
	0.087	0.048	0.044	0.062	0.076		0.317		
	0.062	0.037	0.026	0.031	0.038		0.195		

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.542		0.433	=	5.864
1.917	÷	0.334	=	5.734
0.684		0.132		5.185
0.317		0.062		5.084
0.195		0.038		5.120

$\lambda_{max} = 5.397$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0993$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0891$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Cobertura Vegetal	Peso Ponderado:	0.080
Descriptores	DCV-1	Áreas con poca vegetación	PCV-1	0.433
	DCV-2	Matorral Andino (Ma)	PCV-2	0.334
	DCV-3	Bosque xérico interandino	PCV-3	0.132
	DCV-4	Agricultura costera y andina	PCV-4	0.062
	DCV-5	Bosque seco tropical	PCV-5	0.038

Donde:

DCV-1, DCV-2, DCV-3, DCV-4 y DCV-5: Descriptores del parámetro Cobertura Vegetal

PCV-1, PCV-2, PCV-3, PCV-4 y PCV-5: Pesos de los descriptores

Anexo 3: Ponderación de parámetros y descriptores de la susceptibilidad a deslizamientos.

PONDERACIÓN DE LOS FACTORES CONDICIONANTES

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Factores condicionantes	Geología	Pendiente	Geomorfología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal
Geología	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
Pendiente	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000
Geomorfología	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
Hidrogeología	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
Cobertura Vegetal	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Factores condicionantes	Geología	Pendiente	Geomorfología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal
Geología	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
Pendiente	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000
Geomorfología	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
Hidrogeología	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
Cobertura Vegetal	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000
suma	2.176	3.676	7.533	14.333	23.000
1/suma	0.460	0.272	0.133	0.070	0.043

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Factores condicionantes	Geología	Pendiente	Geomorfología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal	Vector Priorización (Ponderación)
Geología	0.460	0.544	0.398	0.349	0.304	0.411
Pendiente	0.230	0.272	0.398	0.349	0.304	0.311
Geomorfología	0.153	0.091	0.133	0.209	0.217	0.161
Hidrogeología	0.092	0.054	0.044	0.070	0.130	0.078
Cobertura Vegetal	0.066	0.039	0.027	0.023	0.043	0.040
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Geología	0.411	41%
Pendiente	0.311	31%
Geomorfología	0.161	16%
Hidrogeología	0.078	8%
Cobertura Vegetal	0.040	4%

100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Factores condicionantes	Geología	Pendiente	Geomorfología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
Geología	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000	x	0.411	=	2.182
Pendiente	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000		0.311		1.666
Geomorfología	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000		0.161		0.833
Hidrogeología	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000		0.078		0.395
Cobertura Vegetal	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000		0.040		0.201

0.411	0.621	0.482	0.391	0.277	2.182
0.205	0.311	0.482	0.391	0.277	1.666
0.137	0.104	0.161	0.234	0.198	0.833
0.082	0.062	0.054	0.078	0.119	0.395
0.059	0.044	0.032	0.026	0.040	0.201

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.182		0.411		5.309
1.666	÷	0.311	=	5.362
0.833		0.161		5.188
0.395		0.078		5.050
0.201		0.040		5.077

$\lambda_{max} = 5.197$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

IC = 0.0493

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

RC = 0.044

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO GEOLOGÍA

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * Depósito Aluvial
- * Formación Chulec (Ki-chu) - Intercalación de rocas carbonatadas, en secuencias de lutitas calcáreas y calizas
- * Grupo Goyllarisquizga (Ki-g) - Lutitas grises con intercalación de calizas margosas, con presencia de estratos de areniscas grises oscuras y areniscas cuarzosas.
- * Formación Chota (KsP-cho) - sedimentos arcillosos como lutitas y lodolitas de color rojizo, con intercalaciones de areniscas finas grises, en capas de grosos de medianas a delgadas (potencia del estrato).
- * Depósitos proluviales

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Depósito Aluvial	Formación Chulec (Ki-chu)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Formación Chota (KsP-cho)	Depósitos proluviales
Depósito Aluvial	1.000	2.000	5.000	7.000	7.000
Formación Chulec (Ki-chu)	0.500	1.000	2.000	5.000	7.000
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.200	0.500	1.000	2.000	5.000
Formación Chota (KsP-cho)	0.143	0.200	0.500	1.000	3.000
Depósitos proluviales	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptores	Depósito Aluvial	Formación Chulec (Ki-chu)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Formación Chota (KsP-cho)	Depósitos proluviales
Depósito Aluvial	1.000	2.000	5.000	7.000	7.000
Formación Chulec (Ki-chu)	0.500	1.000	2.000	5.000	7.000
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.200	0.500	1.000	2.000	5.000
Formación Chota (KsP-cho)	0.143	0.200	0.500	1.000	3.000
Depósitos proluviales	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000
suma	1.986	3.843	8.700	15.333	23.000
1/suma	0.504	0.260	0.115	0.065	0.043

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptores	Depósito Aluvial	Formación Chulec (Ki-chu)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Formación Chota (KsP-cho)	Depósitos proluviales	Vector Priorización (Ponderación)
Depósito Aluvial	0.504	0.520	0.575	0.457	0.304	0.472
Formación Chulec (Ki-chu)	0.252	0.260	0.230	0.326	0.304	0.274
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.101	0.130	0.115	0.130	0.217	0.139
Formación Chota (KsP-cho)	0.072	0.052	0.057	0.065	0.130	0.075
Depósitos proluviales	0.072	0.037	0.023	0.022	0.043	0.039
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Depósito Aluvial	0.472	47%
Formación Chulec (Ki-chu)	0.274	27%
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.139	14%
Formación Chota (KSP-cho)	0.075	8%
Depósitos proluviales	0.039	4%
		100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptores	Depósito Aluvial	Formación Chulec (Ki-chu)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Formación Chota (KsP-cho)	Depósitos proluviales		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
Depósito Aluvial	1.000	2.000	5.000	7.000	7.000	x	0.472	=	2.519
Formación Chulec (Ki-chu)	0.500	1.000	2.000	5.000	7.000		0.274		1.441
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.200	0.500	1.000	2.000	5.000		0.139		0.719
Formación Chota (KsP-cho)	0.143	0.200	0.500	1.000	3.000		0.075		0.385
Depósitos proluviales	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000		0.039		0.199
	0.472	0.549	0.694	0.528	0.276		2.519		
	0.236	0.274	0.277	0.377	0.276		1.441		
	0.094	0.137	0.139	0.151	0.197		0.719		
	0.067	0.055	0.069	0.075	0.118		0.385		
	0.067	0.039	0.028	0.025	0.039		0.199		

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.519	÷	0.472	=	5.337
1.441		0.274		5.251
0.719		0.139		5.180
0.385		0.075		5.111
0.199		0.039		5.042

$\lambda_{max} = 5.184$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0460$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0413$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro	Geología	Peso Ponderado:	0.411
Descriptores	DG-1	Depósito Aluvial	PG-1
	DG-2	Formación Chulec (Ki-chu)	PG-2
	DG-3	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	PG-3
	DG-4	Formación Chota (KsP-cho)	PG-4
	DG-5	Depósitos proluviales	PG-5
			0.472
			0.274
			0.139
			0.075
			0.039

Donde:

DG-1, DG-2, DG-3, DG-4 y DG-5: Descriptores del parámetro Geología

PG-1, PG-2, PG-3, PG-4 y PG-5: Pesos de los descriptores

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO PENDIENTE

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * $50\% \leq P \leq 75\%$ Pendiente escarpada
- * $25\% \leq P \leq 50\%$ Pendiente muy fuerte
- * $15\% \leq P \leq 25\%$ Pendiente fuerte
- * $8\% \leq P \leq 15\%$ Pendiente moderada
- * $2\% \leq P \leq 8\%$ Pendiente suave

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	$50\% \leq P \leq 75\%$	$25\% \leq P \leq 50\%$	$15\% \leq P \leq 25\%$	$8\% \leq P \leq 15\%$	$2\% \leq P \leq 8\%$
$50\% \leq P \leq 75\%$	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	$50\% \leq P \leq 75\%$	$25\% \leq P \leq 50\%$	$15\% \leq P \leq 25\%$	$8\% \leq P \leq 15\%$	$2\% \leq P \leq 8\%$
$50\% \leq P \leq 75\%$	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
suma	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	$50\% \leq P \leq 75\%$	$25\% \leq P \leq 50\%$	$15\% \leq P \leq 25\%$	$8\% \leq P \leq 15\%$	$2\% \leq P \leq 8\%$	Vector Priorización (Ponderación)
$50\% \leq P \leq 75\%$	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
$50\% \leq P \leq 75\%$	0.503	50%
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.260	26%
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.134	13%
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.068	7%
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.035	3%
		100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptor	50% ≤ P ≤ 75%	25% ≤ P ≤ 50%	15% ≤ P ≤ 25%	8% ≤ P ≤ 15%	2% ≤ P ≤ 8%		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
50% ≤ P ≤ 75%	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	x	0.503	=	2.743
25% ≤ P ≤ 50%	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000		0.260		1.414
15% ≤ P ≤ 25%	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000		0.134		0.699
8% ≤ P ≤ 15%	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000		0.068		0.341
2% ≤ P ≤ 8%	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000		0.035		0.177
	0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743			
	0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414			
	0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699			
	0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341			
	0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177			

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.743	÷	0.503	=	5.455
1.414		0.260		5.432
0.699		0.134		5.204
0.341		0.068		5.030
0.177		0.035		5.093

$\lambda_{max} = 5.243$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0607$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0544$$

Ok

$$RC < 0.1$$

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Pendiente	Peso Ponderado:	0.311
Descriptores	DP-1	$50\% \leq P \leq 75\%$	PP-1	0.503
	DP-2	$25\% \leq P \leq 50\%$	PP-2	0.260
	DP-3	$15\% \leq P \leq 25\%$	PP-3	0.134
	DP-4	$8\% \leq P \leq 15\%$	PP-4	0.068
	DP-5	$2\% \leq P \leq 8\%$	PP-5	0.035

Donde:

DP-1, DP-2, DP-3, DP-4 y DP-5: Descriptores del parámetro Pendiente

PP-1, PP-2, PP-3, PP-4 y PP-5: Pesos de los descriptores

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO GEOMORFOLOGÍA

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

Piedemonte coluvio-deluvial

Montañas y colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs)

Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial

Piedemonte con depósito de deslizamiento

Vertiente o piedemonte aluvial

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Piedemonte coluvio-deluvial	(RMCE-rs)	Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	Piedemonte con depósito de deslizamiento	Vertiente o piedemonte aluvial
Piedemonte coluvio-deluvial	1.000	2.000	3.000	7.000	9.000
(RMCE-rs)	0.500	1.000	3.000	7.000	9.000
Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.143	0.143	0.333	1.000	2.000
Vertiente o piedemonte aluvial	0.111	0.111	0.200	0.500	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	Piedemonte coluvio-deluvial	(RMCE-rs)	Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	Piedemonte con depósito de deslizamiento	Vertiente o piedemonte aluvial
Piedemonte coluvio-deluvial	1.000	2.000	3.000	7.000	9.000
(RMCE-rs)	0.500	1.000	3.000	7.000	9.000
Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.143	0.143	0.333	1.000	2.000
Vertiente o piedemonte aluvial	0.111	0.111	0.200	0.500	1.000
suma	2.087	3.587	7.533	18.500	26.000
1/suma	0.479	0.279	0.133	0.054	0.038

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	Piedemonte coluvio-deluvial	(RMCE-rs)	Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	Piedemonte con depósito de deslizamiento	Vertiente o piedemonte aluvial	Vector Priorización (Ponderación)
Piedemonte coluvio-deluvial	0.479	0.558	0.398	0.378	0.346	0.432
(RMCE-rs)	0.240	0.279	0.398	0.378	0.346	0.328
Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	0.160	0.093	0.133	0.162	0.192	0.148
Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.068	0.040	0.044	0.054	0.077	0.057
Vertiente o piedemonte aluvial	0.053	0.031	0.027	0.027	0.038	0.035

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptores	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Piedemonte coluvio-deluvial	0.432	43%
(RMCE-rs)	0.328	33%
Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	0.148	15%
Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.057	6%
Vertiente o piedemonte aluvial	0.035	4%
		100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptor	Piedemonte coluvio-deluvial	(RMCE-rs)	Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	Piedemonte con depósito de deslizamiento	Vertiente o piedemonte aluvial		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
Piedemonte coluvio-deluvial	1.000	2.000	3.000	7.000	9.000	x	0.432	=	2.246
(RMCE-rs)	0.500	1.000	3.000	7.000	9.000		0.328		1.702
Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000		0.148		0.748
Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.143	0.143	0.333	1.000	2.000		0.057		0.285
Vertiente o piedemonte aluvial	0.111	0.111	0.200	0.500	1.000		0.035		0.178
	0.432	0.656	0.444	0.397	0.317		2.246		
	0.216	0.328	0.444	0.397	0.317		1.702		
	0.144	0.109	0.148	0.170	0.176		0.748		
	0.062	0.047	0.049	0.057	0.070		0.285		
	0.048	0.036	0.030	0.028	0.035		0.178		

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.246	÷	0.432	=	5.201
1.702		0.328		5.186
0.748		0.148		5.053
0.285		0.057		5.028
0.178		0.035		5.040

$\lambda_{max} = 5.102$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0254$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0228$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro	Geomorfología	Peso Ponderado:	0.161
Descriptores	DGeo-1	Piedemonte coluvio-deluvial	PGeo-1
	DGeo-2	Montañas y colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs)	PGeo-2
	DGeo-3	Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	PGeo-3
	DGeo-4	Piedemonte con depósito de deslizamiento	PGeo-4
	DGeo-5	Vertiente o piedemonte aluvial	PGeo-5

Donde:

DGeo-1, DGeo-2, DGeo-3, DGeo-4 y DGeo-5: Descriptores del parámetro Geomorfología

PGeo-1, PGeo-2, PGeo-3, PGeo-4 y PGeo-5: Pesos de los descriptores

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO HIDROGEOLÓGICO

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * Acuíferos porosos no consolidados (permeabilidad elevada)
- * Acuíferos semiconsolidados (permeabilidad media)
- * Acuífero fisurado sedimentario (permeabilidad moderada)
- * Acuíferos porosos consolidados (permeabilidad baja)
- * Acuitardo Sedimentario (permeabilidad muy baja)

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Acuíferos porosos no consolidados	Acuíferos semiconsolidados	Acuífero fisurado sedimentario	Acuíferos porosos consolidados	Acuitardo Sedimentario
Acuíferos porosos no consolidados	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Acuíferos semiconsolidados	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Acuífero fisurado sedimentario	0.200	0.333	1.000	4.000	5.000
Acuíferos porosos consolidados	0.143	0.200	0.250	1.000	3.000
Acuitardo Sedimentario	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptores	Acuíferos porosos no consolidados	Acuíferos semiconsolidados	Acuífero fisurado sedimentario	Acuíferos porosos consolidados	Acuífero Sedimentario
Acuíferos porosos no consolidados	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Acuíferos semiconsolidados	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Acuífero fisurado sedimentario	0.200	0.333	1.000	4.000	5.000
Acuíferos porosos consolidados	0.143	0.200	0.250	1.000	3.000
Acuífero Sedimentario	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
suma	1.787	4.676	9.450	17.333	25.000
1/suma	0.560	0.214	0.106	0.058	0.040

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptores	Acuíferos porosos no consolidados	Acuíferos semiconsolidados	Acuífero fisurado sedimentario	Acuíferos porosos consolidados	Acuífero Sedimentario	Vector Priorización (Ponderación)
Acuíferos porosos no consolidados	0.560	0.642	0.529	0.404	0.360	0.499
Acuíferos semiconsolidados	0.187	0.214	0.317	0.288	0.280	0.257
Acuífero fisurado sedimentario	0.112	0.071	0.106	0.231	0.200	0.144
Acuíferos porosos consolidados	0.080	0.043	0.026	0.058	0.120	0.065
Acuífero Sedimentario	0.062	0.031	0.021	0.019	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Acuíferos porosos no consolidados	0.499	50%
Acuíferos semiconsolidados	0.257	26%
Acuífero fisurado sedimentario	0.144	14%
Acuíferos porosos consolidados	0.065	7%
Acuitardo Sedimentario	0.035	3%
		100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptor	Acuíferos porosos no consolidados	Acuíferos semiconsolidados	Acuífero fisurado sedimentario	Acuíferos porosos consolidados	Acuífero Sedimentario		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
Acuíferos porosos no consolidados	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	x	0.499	=	2.760
Acuíferos semiconsolidados	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000		0.257		1.425
Acuífero fisurado sedimentario	0.200	0.333	1.000	4.000	5.000		0.144		0.764
Acuíferos porosos consolidados	0.143	0.200	0.250	1.000	3.000		0.065		0.328
Acuífero Sedimentario	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000		0.035		0.177
	0.499	0.772	0.720	0.458	0.312		2.760		
	0.166	0.257	0.432	0.327	0.242		1.425		
	0.100	0.086	0.144	0.261	0.173		0.764		
	0.071	0.051	0.036	0.065	0.104		0.328		
	0.055	0.037	0.029	0.022	0.035		0.177		

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.760	÷	0.499	=	5.532
1.425		0.257		5.538
0.764		0.144		5.308
0.328		0.065		5.017
0.177		0.035		5.123
$\lambda_{max} =$		5.303		

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0759$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0680$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Hidrogeología	Peso Ponderado:	0.078
Descriptores	DH-1	Acuíferos porosos no consolidados	PH-1	0.499
	DH-2	Acuíferos semiconsolidados	PH-2	0.257
	DH-3	Acuífero fisurado sedimentario	PH-3	0.144
	DH-4	Acuíferos porosos consolidados	PH-4	0.065
	DH-5	Acuitardo Sedimentario	PH-5	0.035

Donde:

DH-1, DH-2, DH-3, DH-4 y DH-5: Descriptores del parámetro Hidrogeológico

PH-1, PH-2, PH-3, PH-4 y PH-5: Pesos de los descriptores

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO COBERTURA VEGETAL

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- *Áreas con poca vegetación
- *Matorral Andino (Ma)
- *Bosque xérico interandino
- *Agricultura costera y andina
- *Bosque Seco tropical

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Áreas con poca vegetación	Matorral Andino (Ma)	Bosque xérico interandino	Agricultura costera y andina	Bosque seco tropical
Áreas con poca vegetación	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000
Matorral Andino (Ma)	0.333	1.000	5.000	7.000	9.000
Bosque xérico interandino	0.250	0.200	1.000	3.000	5.000
Agricultura costera y andina	0.200	0.143	0.333	1.000	2.000
Bosque seco tropical	0.143	0.111	0.200	0.500	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	Áreas con poca vegetación	Agricultura costera y andina	Matorral Andino (Ma)	Bosque xérico interandino	Bosque Seco Tropical
Áreas con poca vegetación	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000
Matorral Andino (Ma)	0.333	1.000	5.000	7.000	9.000
Bosque xérico interandino	0.250	0.200	1.000	3.000	5.000
Agricultura costera y andina	0.200	0.143	0.333	1.000	2.000
Bosque seco tropical	0.143	0.111	0.200	0.500	1.000
suma	1.926	4.454	10.533	16.500	24.000
1/suma	0.519	0.225	0.095	0.061	0.042

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	Áreas con poca vegetación	Agricultura costera y andina	Matorral Andino (Ma)	Bosque xérico interandino	Bosque Seco Tropical	Vector Priorización (Ponderación)
Áreas con poca vegetación	0.519	0.674	0.380	0.303	0.292	0.433
Matorral Andino (Ma)	0.173	0.225	0.475	0.424	0.375	0.334
Bosque xérico interandino	0.130	0.045	0.095	0.182	0.208	0.132
Agricultura costera y andina	0.104	0.032	0.032	0.061	0.083	0.062
Bosque seco tropical	0.074	0.025	0.019	0.030	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Áreas con poca vegetación	0.433	43%
Matorral Andino (Ma)	0.334	33%
Bosque xérico interandino	0.132	13%
Agricultura costera y andina	0.062	6%
Bosque seco tropical	0.038	4%

100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptor	Áreas con poca vegetación	Agricultura costera y andina	Matorral Andino (Ma)	Bosque xérico interandino	Bosque Seco Tropical		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
Áreas con poca vegetación	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000	x	0.433	=	2.542
Matorral Andino (Ma)	0.333	1.000	5.000	7.000	9.000		0.334		1.917
Bosque xérico interandino	0.250	0.200	1.000	3.000	5.000		0.132		0.684
Agricultura costera y andina	0.200	0.143	0.333	1.000	2.000		0.062		0.317
Bosque seco tropical	0.143	0.111	0.200	0.500	1.000		0.038		0.195
	0.433	1.003	0.528	0.311	0.266	2.542			
	0.144	0.334	0.660	0.436	0.342	1.917			
	0.108	0.067	0.132	0.187	0.190	0.684			
	0.087	0.048	0.044	0.062	0.076	0.317			
	0.062	0.037	0.026	0.031	0.038	0.195			

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.542	÷	0.433	=	5.864
1.917		0.334		5.734
0.684		0.132		5.185
0.317		0.062		5.084
0.195		0.038		5.120
$\lambda_{max} =$		5.397		

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0993$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0891$$

Ok

$$RC < 0.1$$

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Cobertura Vegetal	Peso Ponderado:	0.040
Descriptores	DCV-1	Áreas con poca vegetación	PCV-1	0.433
	DCV-2	Matorral Andino (Ma)	PCV-2	0.334
	DCV-3	Bosque xérico interandino	PCV-3	0.132
	DCV-4	Agricultura costera y andina	PCV-4	0.062
	DCV-5	Bosque seco tropical	PCV-5	0.038

Donde:

DCV-1, DCV-2, DCV-3, DCV-4 y DCV-5: Descriptores del parámetro Cobertura Vegetal

PCV-1, PCV-2, PCV-3, PCV-4 y PCV-5: Pesos de los descriptores

Anexo 4: Ponderación de parámetros y descriptores de la susceptibilidad a flujo de detritos.

PONDERACIÓN DE LOS FACTORES CONDICIONANTES

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Factores condicionantes	Geología	Pendiente	Geomorfología	Hidrogeología
Geología	1.000	2.000	3.000	5.000
Pendiente	0.500	1.000	3.000	5.000
Geomorfología	0.333	0.333	1.000	3.000
Hidrogeología	0.200	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Factores condicionantes	Geología	Pendiente	Geomorfología	Hidrogeología
Geología	1.000	2.000	3.000	5.000
Pendiente	0.500	1.000	3.000	5.000
Geomorfología	0.333	0.333	1.000	3.000
Hidrogeología	0.200	0.200	0.333	1.000
suma	2.033	3.533	7.333	14.000
1/suma	0.492	0.283	0.136	0.071

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Factores condicionantes	Geología	Pendiente	Geomorfología	Hidrogeología	Vector Priorización (Ponderación)
Geología	0.492	0.566	0.409	0.357	0.456
Pendiente	0.246	0.283	0.409	0.357	0.324
Geomorfología	0.164	0.094	0.136	0.214	0.152
Hidrogeología	0.098	0.057	0.045	0.071	0.068
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Geología	0.456	46%
Pendiente	0.324	32%
Geomorfología	0.152	15%
Hidrogeología	0.068	7%
100%		

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Factores condicionantes	Geología	Pendiente	Geomorfología	Hidrogeología		Vector Priorización (Ponderación)	=	Vector Suma Ponderada
Geología	1.000	2.000	3.000	5.000	x	0.456	=	1.900
Pendiente	0.500	1.000	3.000	5.000		0.324		1.348
Geomorfología	0.333	0.333	1.000	3.000		0.152		0.616
Hidrogeología	0.200	0.200	0.333	1.000		0.068		0.275

0.456	0.648	0.457	0.340	1.900
0.228	0.324	0.457	0.340	1.348
0.152	0.108	0.152	0.204	0.616
0.091	0.065	0.051	0.068	0.275

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
1.900		0.456		4.167
1.348	÷	0.324	=	4.164
0.616		0.152		4.047
0.275		0.068		4.041
$\lambda_{max} =$		4.105		

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0349$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.040$$

Ok

$$RC < 0.08$$

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO GEOLOGÍA

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * Depósitos proluviales
- * Depósito Aluvial
- * Formación Chulec (Ki-chu) - Intercalación de rocas carbonatadas, en secuencias de lutitas calcáreas y calizas
- * Grupo Goyllarisquizga (Ki-g) - Lutitas grises con intercalación de calizas margosas, con presencia de estratos de areniscas grises oscuras y areniscas cuarzosas.
- * Formación Chota (KsP-cho) - sedimentos arcillosos como lutitas y lodolitas de color rojizo, con intercalaciones de areniscas finas grises, en capas de grosos de medianas a delgadas (potencia del estrato).

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Depósitos proluviales	Depósito Aluvial	Formación Chulec (Ki-chu)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Formación Chota (KsP-cho)
Depósitos proluviales	1.000	2.000	4.000	5.000	7.000
Depósito Aluvial	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000
Formación Chulec (Ki-chu)	0.250	0.333	1.000	3.000	5.000
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
Formación Chota (KsP-cho)	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptores	Depósitos proluviales	Depósito Aluvial	Formación Chulec (Ki-chu)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Formación Chota (KsP-cho)
Depósitos proluviales	1.000	2.000	4.000	5.000	7.000
Depósito Aluvial	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000
Formación Chulec (Ki-chu)	0.250	0.333	1.000	3.000	5.000
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
Formación Chota (KsP-cho)	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000
suma	2.093	3.676	8.533	14.333	23.000
1/suma	0.478	0.272	0.117	0.070	0.043

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptores	Depósitos proluviales	Depósito Aluvial	Formación Chulec (Ki-chu)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Formación Chota (KsP-cho)	Vector Priorización (Ponderación)
Depósitos proluviales	0.478	0.544	0.469	0.349	0.304	0.429
Depósito Aluvial	0.239	0.272	0.352	0.349	0.304	0.303
Formación Chulec (Ki-chu)	0.119	0.091	0.117	0.209	0.217	0.151
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.096	0.054	0.039	0.070	0.130	0.078
Formación Chota (KsP-cho)	0.068	0.039	0.023	0.023	0.043	0.039
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Depósitos proluviales	0.429	43%
Depósito Aluvial	0.303	30%
Formación Chulec (Ki-chu)	0.151	15%
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.078	8%
Formación Chota (KsP-cho)	0.039	4%
		100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptores	Depósitos proluviales	Depósito Aluvial	Formación Chulec (Ki-chu)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Formación Chota (KsP-cho)		Vector Priorización (Ponderación)	Vector Suma Ponderada
Depósitos proluviales	1.000	2.000	4.000	5.000	7.000	x	0.429	2.304
Depósito Aluvial	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000		0.303	1.635
Formación Chulec (Ki-chu)	0.250	0.333	1.000	3.000	5.000		0.151	0.790
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000		0.078	0.393
Formación Chota (KsP-cho)	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000		0.039	0.200
	0.429	0.606	0.603	0.389	0.276		2.304	
	0.214	0.303	0.452	0.389	0.276		1.635	
	0.107	0.101	0.151	0.234	0.197		0.790	
	0.086	0.061	0.050	0.078	0.118		0.393	
	0.061	0.043	0.030	0.026	0.039		0.200	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.304	÷	0.429	=	5.373
1.635		0.303		5.395
0.790		0.151		5.238
0.393		0.078		5.047
0.200		0.039		5.072

$\lambda_{max} = 5.225$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0562$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguaron y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0504$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Geología	Peso Ponderado:	0.456
Descriptores	DG-1	Depósitos proluviales	PG-1	0.429
	DG-2	Depósito Aluvial	PG-2	0.303
	DG-3	Formación Chulec (Ki-chu)	PG-3	0.151
	DG-4	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	PG-4	0.078
	DG-5	Formación Chota (KsP-cho)	PG-5	0.039

Donde:

DG-1, DG-2, DG-3, DG-4 y DG-5: Descriptores del parámetro Geología

PG-1, PG-2, PG-3, PG-4 y PG-5: Pesos de los descriptores

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO PENDIENTE

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * $50\% \leq P \leq 75\%$ Pendiente escarpada
- * $25\% \leq P \leq 50\%$ Pendiente muy fuerte
- * $15\% \leq P \leq 25\%$ Pendiente fuerte
- * $8\% \leq P \leq 15\%$ Pendiente moderada
- * $2\% \leq P \leq 8\%$ Pendiente suave

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	$50\% \leq P \leq 75\%$	$25\% \leq P \leq 50\%$	$15\% \leq P \leq 25\%$	$8\% \leq P \leq 15\%$	$2\% \leq P \leq 8\%$
$50\% \leq P \leq 75\%$	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	$50\% \leq P \leq 75\%$	$25\% \leq P \leq 50\%$	$15\% \leq P \leq 25\%$	$8\% \leq P \leq 15\%$	$2\% \leq P \leq 8\%$
$50\% \leq P \leq 75\%$	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
suma	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	$50\% \leq P \leq 75\%$	$25\% \leq P \leq 50\%$	$15\% \leq P \leq 25\%$	$8\% \leq P \leq 15\%$	$2\% \leq P \leq 8\%$	Vector Priorización (Ponderación)
$50\% \leq P \leq 75\%$	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptores	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
$50\% \leq P \leq 75\%$	0.503	50%
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.260	26%
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.134	13%
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.068	7%
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.035	3%

100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptores	$50\% \leq P \leq 75\%$	$25\% \leq P \leq 50\%$	$15\% \leq P \leq 25\%$	$8\% \leq P \leq 15\%$	$2\% \leq P \leq 8\%$		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
$50\% \leq P \leq 75\%$	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	x	0.503	=	2.743
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000		0.260		1.414
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000		0.134		0.699
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000		0.068		0.341
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000		0.035		0.177
	0.503	0.781	0.672	0.474	0.313		2.743		
	0.168	0.260	0.403	0.339	0.244		1.414		
	0.101	0.087	0.134	0.203	0.174		0.699		
	0.072	0.052	0.045	0.068	0.104		0.341		
	0.056	0.037	0.027	0.023	0.035		0.177		

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada	\div	Vector Priorización (Ponderación)	$=$	λ_{max}
2.743		0.503		5.455
1.414		0.260		5.432
0.699		0.134		5.204
0.341		0.068		5.030
0.177		0.035		5.093

$\lambda_{max} = 5.243$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

IC = 0.0607

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

RC = 0.0544

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Pendiente	Peso Ponderado:	0.324
Descriptores	DP-1	$50\% \leq P \leq 75\%$	PP-1	0.503
	DP-2	$25\% \leq P \leq 50\%$	PP-2	0.260
	DP-3	$15\% \leq P \leq 25\%$	PP-3	0.134
	DP-4	$8\% \leq P \leq 15\%$	PP-4	0.068
	DP-5	$2\% \leq P \leq 8\%$	PP-5	0.035

Donde:

DP-1, DP-2, DP-3, DP-4 y DP-5: Descriptores del parámetro Pendiente

PP-1, PP-2, PP-3, PP-4 y PP-5: Pesos de los descriptores

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO GEOMORFOLOGÍA

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

Montañas y colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs)

Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial

Piedemonte coluvio-deluvial

Piedemonte con depósito de deslizamiento

Vertiente o piedemonte aluvial

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptor	(RMCE-rs)	Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	Piedemonte coluvio-deluvial	Piedemonte con depósito de deslizamiento	Vertiente o piedemonte aluvial
(RMCE-rs)	1.000	3.000	3.000	5.000	9.000
Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	0.333	1.000	3.000	5.000	9.000
Piedemonte coluvio-deluvial	0.333	0.333	1.000	5.000	7.000
Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.200	0.200	0.200	1.000	2.000
Vertiente o piedemonte aluvial	0.111	0.111	0.143	0.500	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	(RMCE-rs)	Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	Piedemonte coluvio-deluvial	Piedemonte con depósito de deslizamiento	Vertiente o piedemonte aluvial
(RMCE-rs)	1.000	3.000	3.000	5.000	9.000
Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	0.333	1.000	3.000	5.000	9.000
Piedemonte coluvio-deluvial	0.333	0.333	1.000	5.000	7.000
Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.200	0.200	0.200	1.000	2.000
Vertiente o piedemonte aluvial	0.111	0.111	0.143	0.500	1.000
suma	1.978	4.644	7.343	16.500	28.000
1/suma	0.506	0.215	0.136	0.061	0.036

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	(RMCE-rs)	Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	Piedemonte coluvio-deluvial	Piedemonte con depósito de deslizamiento	Vertiente o piedemonte aluvial	Vector Priorización (Ponderación)
(RMCE-rs)	0.506	0.646	0.409	0.303	0.321	0.437
Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	0.169	0.215	0.409	0.303	0.321	0.283
Piedemonte coluvio-deluvial	0.169	0.072	0.136	0.303	0.250	0.186
Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.101	0.043	0.027	0.061	0.071	0.061
Vertiente o piedemonte aluvial	0.056	0.024	0.019	0.030	0.036	0.033

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
(RMCE-rs)	0.437	44%
Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	0.283	28%
Piedemonte coluvio-deluvial	0.186	19%
Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.061	6%
Vertiente o piedemonte aluvial	0.033	3%
		100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptor	(RMCE-rs)	Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	Piedemonte coluvio-deluvial	Piedemonte con depósito de deslizamiento	Vertiente o piedemonte aluvial		Vector Priorización (Ponderación)	Vector Suma Ponderada
(RMCE-rs)	1.000	3.000	3.000	5.000	9.000		0.437	2.446
Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	0.333	1.000	3.000	5.000	9.000	x	0.283	1.588
Piedemonte coluvio-deluvial	0.333	0.333	1.000	5.000	7.000		0.186	0.961
Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.200	0.200	0.200	1.000	2.000		0.061	0.308
Vertiente o piedemonte aluvial	0.111	0.111	0.143	0.500	1.000		0.033	0.170
	0.437	0.850	0.558	0.303	0.298		2.446	
	0.146	0.283	0.558	0.303	0.298		1.588	
	0.146	0.094	0.186	0.303	0.232		0.961	
	0.087	0.057	0.037	0.061	0.066		0.308	
	0.049	0.031	0.027	0.030	0.033		0.170	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.446		0.437		5.599
1.588	÷	0.283	=	5.605
0.961		0.186		5.171
0.308		0.061		5.077
0.170		0.033		5.135
		$\lambda_{max} =$		5.317

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0793$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0712$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro	Geomorfología	Peso Ponderado:	0.152
Descriptores	DGeo-1	Montañas y colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs)	PGeo-1 0.437
	DGeo-2	Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	PGeo-2 0.283
	DGeo-3	Piedemonte coluvio-deluvial	PGeo-3 0.186
	DGeo-4	Piedemonte con depósito de deslizamiento	PGeo-4 0.061
	DGeo-5	Vertiente o piedemonte aluvial	PGeo-5 0.033

Donde:

DGeo-1, DGeo-2, DGeo-3, DGeo-4 y DGeo-5: Descriptores del parámetro Geomorfología

PGeo-1, PGeo-2, PGeo-3, PGeo-4 y PGeo-5: Pesos de los descriptores

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO HIDROGEOLÓGICO

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * Acuíferos porosos no consolidados (permeabilidad elevada)
- * Acuíferos semiconsolidados (permeabilidad media)
- * Acuífero fisurado sedimentario (permeabilidad moderada)
- * Acuíferos porosos consolidados (permeabilidad baja)
- * Acuitardo Sedimentario (permeabilidad muy baja)

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Acuíferos porosos no consolidados	Acuíferos semiconsolidados	Acuífero fisurado sedimentario	Acuíferos porosos consolidados	Acuitardo Sedimentario
Acuíferos porosos no consolidados	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Acuíferos semiconsolidados	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Acuífero fisurado sedimentario	0.200	0.333	1.000	4.000	5.000
Acuíferos porosos consolidados	0.143	0.200	0.250	1.000	3.000
Acuitardo Sedimentario	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	Acuíferos porosos no consolidados	Acuíferos semiconsolidados	Acuífero fisurado sedimentario	Acuíferos porosos consolidados	Acuífero Sedimentario
Acuíferos porosos no consolidados	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Acuíferos semiconsolidados	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Acuífero fisurado sedimentario	0.200	0.333	1.000	4.000	5.000
Acuíferos porosos consolidados	0.143	0.200	0.250	1.000	3.000
Acuífero Sedimentario	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
suma	1.787	4.676	9.450	17.333	25.000
1/suma	0.560	0.214	0.106	0.058	0.040

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	Acuíferos porosos no consolidados	Acuíferos semiconsolidados	Acuífero fisurado sedimentario	Acuíferos porosos consolidados	Acuífero Sedimentario	Vector Priorización (Ponderación)
Acuíferos porosos no consolidados	0.560	0.642	0.529	0.404	0.360	0.499
Acuíferos semiconsolidados	0.187	0.214	0.317	0.288	0.280	0.257
Acuífero fisurado sedimentario	0.112	0.071	0.106	0.231	0.200	0.144
Acuíferos porosos consolidados	0.080	0.043	0.026	0.058	0.120	0.065
Acuífero Sedimentario	0.062	0.031	0.021	0.019	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptores	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Acuíferos porosos no consolidados	0.499	50%
Acuíferos semiconsolidados	0.257	26%
Acuífero fisurado sedimentario	0.144	14%
Acuíferos porosos consolidados	0.065	7%
Acuitardo Sedimentario	0.035	3%

100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptores	Acuíferos porosos no consolidados	Acuíferos semiconsolidados	Acuífero fisurado sedimentario	Acuíferos porosos consolidados	Acuitardo Sedimentario		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
Acuíferos porosos no consolidados	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	x	0.499	=	2.760
Acuíferos semiconsolidados	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000		0.257		1.425
Acuífero fisurado sedimentario	0.200	0.333	1.000	4.000	5.000		0.144		0.764
Acuíferos porosos consolidados	0.143	0.200	0.250	1.000	3.000		0.065		0.328
Acuitardo Sedimentario	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000		0.035		0.177
	0.499	0.772	0.720	0.458	0.312		2.760		
	0.166	0.257	0.432	0.327	0.242		1.425		
	0.100	0.086	0.144	0.261	0.173		0.764		
	0.071	0.051	0.036	0.065	0.104		0.328		
	0.055	0.037	0.029	0.022	0.035		0.177		

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.760	÷	0.499	=	5.532
1.425		0.257		5.538
0.764		0.144		5.308
0.328		0.065		5.017
0.177		0.035		5.123
$\lambda_{max} =$		5.303		

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0759$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0680$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Hidrogeología	Peso Ponderado:	0.068
Descriptores	DH-1	Acuíferos porosos no consolidados	PH-1	0.499
	DH-2	Acuíferos semiconsolidados	PH-2	0.257
	DH-3	Acuífero fisurado sedimentario	PH-3	0.144
	DH-4	Acuíferos porosos consolidados	PH-4	0.065
	DH-5	Acuitardo Sedimentario	PH-5	0.035

Donde:

DH-1, DH-2, DH-3, DH-4 y DH-5: Descriptores del parámetro Hidrogeológico

PH-1, PH-2, PH-3, PH-4 y PH-5: Pesos de los descriptores

Anexo 5: Ponderación de parámetros y descriptores de movimientos en masa

PONDERACIÓN DE LOS FACTORES CONDICIONANTES

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Factores condicionantes	Geología	Pendiente	Geomorfología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal
Geología	1.000	2.000	3.000	4.000	7.000
Pendiente	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000
Geomorfología	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
Hidrogeología	0.250	0.200	0.333	1.000	3.000
Cobertura Vegetal	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Factores condicionantes	Geología	Pendiente	Geomorfología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal
Geología	1.000	2.000	3.000	4.000	7.000
Pendiente	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000
Geomorfología	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
Hidrogeología	0.250	0.200	0.333	1.000	3.000
Cobertura Vegetal	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000
suma	2.226	3.676	7.533	13.333	23.000
1/suma	0.449	0.272	0.133	0.075	0.043

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Factores condicionantes	Geología	Pendiente	Geomorfología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal	Vector Priorización (Ponderación)
Geología	0.449	0.544	0.398	0.300	0.304	0.399
Pendiente	0.225	0.272	0.398	0.375	0.304	0.315
Geomorfología	0.150	0.091	0.133	0.225	0.217	0.163
Hidrogeología	0.112	0.054	0.044	0.075	0.130	0.083
Cobertura Vegetal	0.064	0.039	0.027	0.025	0.043	0.040

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Geología	0.399	40%
Pendiente	0.315	31%
Geomorfología	0.163	16%
Hidrogeología	0.083	8%
Cobertura Vegetal	0.040	4%

100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Factores condicionantes	Geología	Pendiente	Geomorfología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
Geología	1.000	2.000	3.000	4.000	7.000	x	0.399	=	2.129
Pendiente	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000		0.315		1.697
Geomorfología	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000		0.163		0.849
Hidrogeología	0.250	0.200	0.333	1.000	3.000		0.083		0.419
Cobertura Vegetal	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000		0.040		0.202

0.399	0.630	0.489	0.333	0.277	2.129
0.200	0.315	0.489	0.416	0.277	1.697
0.133	0.105	0.163	0.250	0.198	0.849
0.100	0.063	0.054	0.083	0.119	0.419
0.057	0.045	0.033	0.028	0.040	0.202

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.129		0.399		5.333
1.697	÷	0.315	=	5.391
0.849		0.163		5.205
0.419		0.083		5.034
0.202		0.040		5.099
$\lambda_{max} =$		5.213		

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0531$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.048$$

Ok

$$RC < 0.1$$

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO GEOLOGÍA

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * Depósito Aluvial
- * Formación Chulec (Ki-chu) - Intercalación de rocas carbonatadas, en secuencias de lutitas calcáreas y calizas
- * Grupo Goyllarisquizga (Ki-g) - Lutitas grises con intercalación de calizas margosas, con presencia de estratos de areniscas grises oscuras y areniscas cuarzosas.
- * Formación Chota (KsP-cho) - sedimentos arcillosos como lutitas y lodolitas de color rojizo, con intercalaciones de areniscas finas grises, en capas de grosos de medianas a delgadas (potencia del estrato).
- * Depósitos proluviales

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Depósito Aluvial	Formación Chulec (Ki-chu)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Formación Chota (KsP-cho)	Depósitos proluviales
Depósito Aluvial	1.000	3.000	5.000	7.000	7.000
Formación Chulec (Ki-chu)	0.333	1.000	2.000	5.000	7.000
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.200	0.500	1.000	2.000	5.000
Formación Chota (KsP-cho)	0.143	0.200	0.500	1.000	3.000
Depósitos proluviales	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	Depósito Aluvial	Formación Chulec (Ki-chu)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Formación Chota (KsP-cho)	Depósitos proluviales
Depósito Aluvial	1.000	3.000	5.000	7.000	7.000
Formación Chulec (Ki-chu)	0.333	1.000	2.000	5.000	7.000
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.200	0.500	1.000	2.000	5.000
Formación Chota (KsP-cho)	0.143	0.200	0.500	1.000	3.000
Depósitos proluviales	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000
suma	1.819	4.843	8.700	15.333	23.000
1/suma	0.550	0.206	0.115	0.065	0.043

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	Depósito Aluvial	Formación Chulec (Ki-chu)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Formación Chota (KsP-cho)	Depósitos proluviales	Vector Priorización (Ponderación)
Depósito Aluvial	0.550	0.619	0.575	0.457	0.304	0.501
Formación Chulec (Ki-chu)	0.183	0.206	0.230	0.326	0.304	0.250
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.110	0.103	0.115	0.130	0.217	0.135
Formación Chota (KsP-cho)	0.079	0.041	0.057	0.065	0.130	0.075
Depósitos proluviales	0.079	0.029	0.023	0.022	0.043	0.039

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Depósito Aluvial	0.501	50%
Formación Chulec (Ki-chu)	0.250	25%
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.135	14%
Formación Chota (KsP-cho)	0.075	7%
Depósitos proluviales	0.039	4%

100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptores	Depósito Aluvial	Formación Chulec (Ki-chu)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Formación Chota (KsP-cho)	Depósitos proluviales		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
Depósito Aluvial	1.000	3.000	5.000	7.000	7.000	x	0.501	=	2.724
Formación Chulec (Ki-chu)	0.333	1.000	2.000	5.000	7.000		0.250		1.335
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.200	0.500	1.000	2.000	5.000		0.135		0.706
Formación Chota (KsP-cho)	0.143	0.200	0.500	1.000	3.000		0.075		0.381
Depósitos proluviales	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000		0.039		0.198
	0.501	0.750	0.676	0.522	0.275	2.724			
	0.167	0.250	0.270	0.373	0.275	1.335			
	0.100	0.125	0.135	0.149	0.196	0.706			
	0.072	0.050	0.068	0.075	0.118	0.381			
	0.072	0.036	0.027	0.025	0.039	0.198			

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.724	÷	0.501	=	5.437
1.335		0.250		5.340
0.706		0.135		5.221
0.381		0.075		5.115
0.198		0.039		5.056

$\lambda_{max} = 5.234$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0584$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0524$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Geología	Peso Ponderado:	0.399
Descriptores	DG-1	Depósito Aluvial	PG-1	0.501
	DG-2	Formación Chulec (Ki-chu)	PG-2	0.250
	DG-3	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	PG-3	0.135
	DG-4	Formación Chota (KsP-cho)	PG-4	0.075
	DG-5	Depósitos proluviales	PG-5	0.039

Donde:

DG-1, DG-2, DG-3, DG-4 y DG-5: Descriptores del parámetro Geología

PG-1, PG-2, PG-3, PG-4 y PG-5: Pesos de los descriptores

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO PENDIENTE

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * $50\% \leq P \leq 75\%$ Pendiente escarpada
- * $25\% \leq P \leq 50\%$ Pendiente muy fuerte
- * $15\% \leq P \leq 25\%$ Pendiente fuerte
- * $8\% \leq P \leq 15\%$ Pendiente moderada
- * $2\% \leq P \leq 8\%$ Pendiente suave

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	$50\% \leq P \leq 75\%$	$25\% \leq P \leq 50\%$	$15\% \leq P \leq 25\%$	$8\% \leq P \leq 15\%$	$2\% \leq P \leq 8\%$
$50\% \leq P \leq 75\%$	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptorios	$50\% \leq P \leq 75\%$	$25\% \leq P \leq 50\%$	$15\% \leq P \leq 25\%$	$8\% \leq P \leq 15\%$	$2\% \leq P \leq 8\%$
$50\% \leq P \leq 75\%$	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
suma	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptorios	$50\% \leq P \leq 75\%$	$25\% \leq P \leq 50\%$	$15\% \leq P \leq 25\%$	$8\% \leq P \leq 15\%$	$2\% \leq P \leq 8\%$	Vector Priorización (Ponderación)
$50\% \leq P \leq 75\%$	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
$50\% \leq P \leq 75\%$	0.503	50%
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.260	26%
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.134	13%
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.068	7%
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.035	3%

100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptor	$50\% \leq P \leq 75\%$	$25\% \leq P \leq 50\%$	$15\% \leq P \leq 25\%$	$8\% \leq P \leq 15\%$	$2\% \leq P \leq 8\%$		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
$50\% \leq P \leq 75\%$	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	x	0.503	=	2.743
$25\% \leq P \leq 50\%$	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000		0.260		1.414
$15\% \leq P \leq 25\%$	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000		0.134		0.699
$8\% \leq P \leq 15\%$	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000		0.068		0.341
$2\% \leq P \leq 8\%$	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000		0.035		0.177
	0.503	0.781	0.672	0.474	0.313		2.743		
	0.168	0.260	0.403	0.339	0.244		1.414		
	0.101	0.087	0.134	0.203	0.174		0.699		
	0.072	0.052	0.045	0.068	0.104		0.341		
	0.056	0.037	0.027	0.023	0.035		0.177		

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada	\div	Vector Priorización (Ponderación)	$=$	λ_{max}
2.743		0.503		5.455
1.414		0.260		5.432
0.699		0.134		5.204
0.341		0.068		5.030
0.177		0.035		5.093

$\lambda_{max} = 5.243$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

IC = 0.0607

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

RC = 0.0544

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Pendiente	Peso Ponderado:	0.315
Descriptores	DP-1	$50\% \leq P \leq 75\%$	PP-1	0.503
	DP-2	$25\% \leq P \leq 50\%$	PP-2	0.260
	DP-3	$15\% \leq P \leq 25\%$	PP-3	0.134
	DP-4	$8\% \leq P \leq 15\%$	PP-4	0.068
	DP-5	$2\% \leq P \leq 8\%$	PP-5	0.035

Donde:

DP-1, DP-2, DP-3, DP-4 y DP-5: Descriptores del parámetro Pendiente

PP-1, PP-2, PP-3, PP-4 y PP-4: Pesos de los descriptores

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO GEOMORFOLOGÍA

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

Piedemonte coluvio-deluvial

Montañas y colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs)

Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial

Piedemonte con depósito de deslizamiento

Vertiente o piedemonte aluvial

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptor	Piedemonte coluvio-deluvial	(RMCE-rs)	Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	Piedemonte con depósito de deslizamiento	Vertiente o piedemonte aluvial
Piedemonte coluvio-deluvial	1.000	2.000	3.000	7.000	9.000
(RMCE-rs)	0.500	1.000	3.000	7.000	9.000
Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.143	0.143	0.333	1.000	2.000
Vertiente o piedemonte aluvial	0.111	0.111	0.200	0.500	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	Piedemonte coluvio-deluvial	(RMCE-rs)	Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	Piedemonte con depósito de deslizamiento	Vertiente o piedemonte aluvial
Piedemonte coluvio-deluvial	1.000	2.000	3.000	7.000	9.000
(RMCE-rs)	0.500	1.000	3.000	7.000	9.000
Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.143	0.143	0.333	1.000	2.000
Vertiente o piedemonte aluvial	0.111	0.111	0.200	0.500	1.000
suma	2.087	3.587	7.533	18.500	26.000
1/suma	0.479	0.279	0.133	0.054	0.038

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	Piedemonte coluvio-deluvial	(RMCE-rs)	Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	Piedemonte con depósito de deslizamiento	Vertiente o piedemonte aluvial	Vector Priorización (Ponderación)
Piedemonte coluvio-deluvial	0.479	0.558	0.398	0.378	0.346	0.432
(RMCE-rs)	0.240	0.279	0.398	0.378	0.346	0.328
Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	0.160	0.093	0.133	0.162	0.192	0.148
Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.068	0.040	0.044	0.054	0.077	0.057
Vertiente o piedemonte aluvial	0.053	0.031	0.027	0.027	0.038	0.035

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Piedemonte coluvio-deluvial	0.432	43%
(RMCE-rs)	0.328	33%
Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	0.148	15%
Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.057	6%
Vertiente o piedemonte aluvial	0.035	4%

100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptor	Piedemonte coluvio-deluvial	(RMCE-rs)	Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	Piedemonte con depósito de deslizamiento	Vertiente o piedemonte aluvial		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
Piedemonte coluvio-deluvial	1.000	2.000	3.000	7.000	9.000	x	0.432	=	2.246
(RMCE-rs)	0.500	1.000	3.000	7.000	9.000		0.328		1.702
Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000		0.148		0.748
Piedemonte con depósito de deslizamiento	0.143	0.143	0.333	1.000	2.000		0.057		0.285
Vertiente o piedemonte aluvial	0.111	0.111	0.200	0.500	1.000		0.035		0.178
	0.432	0.656	0.444	0.397	0.317		2.246		
	0.216	0.328	0.444	0.397	0.317		1.702		
	0.144	0.109	0.148	0.170	0.176		0.748		
	0.062	0.047	0.049	0.057	0.070		0.285		
	0.048	0.036	0.030	0.028	0.035		0.178		

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.246	÷	0.432	=	5.201
1.702		0.328		5.186
0.748		0.148		5.053
0.285		0.057		5.028
0.178		0.035		5.040

$\lambda_{max} = 5.102$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0254$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0228$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro	Geomorfología	Peso Ponderado:	0.163
Descriptores	DGeo-1	Piedemonte coluvio-deluvial	PGeo-1
	DGeo-2	Montañas y colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs)	PGeo-2
	DGeo-3	Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial	PGeo-3
	DGeo-4	Piedemonte con depósito de deslizamiento	PGeo-4
	DGeo-5	Vertiente o piedemonte aluvial	PGeo-5

Donde:

DGeo-1, DGeo-2, DGeo-3, DGeo-4 y DGeo-5: Descriptores del parámetro Geomorfología

PGeo-1, PGeo-2, PGeo-3, PGeo-4 y PGeo-5: Pesos de los descriptores

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO HIDROGEOLÓGICO

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- *Acuíferos porosos no consolidados (permeabilidad elevada)
- *Acuíferos semiconsolidados (permeabilidad media)
- *Acuífero fisurado sedimentario (permeabilidad moderada)
- *Acuíferos porosos consolidados (permeabilidad baja)
- *Acuitardo Sedimentario (permeabilidad muy baja)

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Acuíferos porosos no consolidados	Acuíferos semiconsolidados	Acuífero fisurado sedimentario	Acuíferos porosos consolidados	Acuitardo Sedimentario
Acuíferos porosos no consolidados	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Acuíferos semiconsolidados	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Acuífero fisurado sedimentario	0.200	0.333	1.000	4.000	5.000
Acuíferos porosos consolidados	0.143	0.200	0.250	1.000	3.000
Acuitardo Sedimentario	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptores	Acuíferos porosos no consolidados	Acuíferos semiconsolidados	Acuífero fisurado sedimentario	Acuíferos porosos consolidados	Acuitardo Sedimentario
Acuíferos porosos no consolidados	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Acuíferos semiconsolidados	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Acuífero fisurado sedimentario	0.200	0.333	1.000	4.000	5.000
Acuíferos porosos consolidados	0.143	0.200	0.250	1.000	3.000
Acuitardo Sedimentario	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
suma	1.787	4.676	9.450	17.333	25.000
1/suma	0.560	0.214	0.106	0.058	0.040

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptores	Acuíferos porosos no consolidados	Acuíferos semiconsolidados	Acuífero fisurado sedimentario	Acuíferos porosos consolidados	Acuitardo Sedimentario	Vector Priorización (Ponderación)
Acuíferos porosos no consolidados	0.560	0.642	0.529	0.404	0.360	0.499
Acuíferos semiconsolidados	0.187	0.214	0.317	0.288	0.280	0.257
Acuífero fisurado sedimentario	0.112	0.071	0.106	0.231	0.200	0.144
Acuíferos porosos consolidados	0.080	0.043	0.026	0.058	0.120	0.065
Acuitardo Sedimentario	0.062	0.031	0.021	0.019	0.040	0.035

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptor	Acuíferos porosos no consolidados	Acuíferos semiconsolidados	Acuífero fisurado sedimentario	Acuíferos porosos consolidados	Acuífero Sedimentario		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
Acuíferos porosos no consolidados	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	x	0.499	=	2.760
Acuíferos semiconsolidados	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000		0.257		1.425
Acuífero fisurado sedimentario	0.200	0.333	1.000	4.000	5.000		0.144		0.764
Acuíferos porosos consolidados	0.143	0.200	0.250	1.000	3.000		0.065		0.328
Acuífero Sedimentario	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000		0.035		0.177
	0.499	0.772	0.720	0.458	0.312		2.760		
	0.166	0.257	0.432	0.327	0.242		1.425		
	0.100	0.086	0.144	0.261	0.173		0.764		
	0.071	0.051	0.036	0.065	0.104		0.328		
	0.055	0.037	0.029	0.022	0.035		0.177		

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.760	÷	0.499	=	5.532
1.425		0.257		5.538
0.764		0.144		5.308
0.328		0.065		5.017
0.177		0.035		5.123
$\lambda_{max} =$		5.303		

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0759$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguaron y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0680$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Hidrogeología	Peso Ponderado:	0.083
Descriptores	DH-1	Acuíferos porosos no consolidados	PH-1	0.499
	DH-2	Acuíferos semiconsolidados	PH-2	0.257
	DH-3	Acuífero fisurado sedimentario	PH-3	0.144
	DH-4	Acuíferos porosos consolidados	PH-4	0.065
	DH-5	Acuitardo Sedimentario	PH-5	0.035

Donde:

DH-1, DH-2, DH-3, DH-4 y DH-5: Descriptores del parámetro Hidrogeológico

PH-1, PH-2, PH-3, PH-4 y PH-5: Pesos de los descriptores

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO COBERTURA VEGETAL

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- *Áreas con poca vegetación
- *Matorral Andino (Ma)
- *Bosque xérico interandino
- *Agricultura costera y andina
- *Bosque Seco tropical

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Áreas con poca vegetación	Matorral Andino (Ma)	Bosque xérico interandino	Agricultura costera y andina	Bosque seco tropical
Áreas con poca vegetación	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000
Matorral Andino (Ma)	0.333	1.000	5.000	7.000	9.000
Bosque xérico interandino	0.250	0.200	1.000	3.000	5.000
Agricultura costera y andina	0.200	0.143	0.333	1.000	2.000
Bosque seco tropical	0.143	0.111	0.200	0.500	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	Áreas con poca vegetación	Agricultura costera y andina	Matorral Andino (Ma)	Bosque xérico interandino	Bosque Seco Tropical
Áreas con poca vegetación	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000
Matorral Andino (Ma)	0.333	1.000	5.000	7.000	9.000
Bosque xérico interandino	0.250	0.200	1.000	3.000	5.000
Agricultura costera y andina	0.200	0.143	0.333	1.000	2.000
Bosque seco tropical	0.143	0.111	0.200	0.500	1.000
suma	1.926	4.454	10.533	16.500	24.000
1/suma	0.519	0.225	0.095	0.061	0.042

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	Áreas con poca vegetación	Agricultura costera y andina	Matorral Andino (Ma)	Bosque xérico interandino	Bosque Seco Tropical	Vector Priorización (Ponderación)
Áreas con poca vegetación	0.519	0.674	0.380	0.303	0.292	0.433
Matorral Andino (Ma)	0.173	0.225	0.475	0.424	0.375	0.334
Bosque xérico interandino	0.130	0.045	0.095	0.182	0.208	0.132
Agricultura costera y andina	0.104	0.032	0.032	0.061	0.083	0.062
Bosque seco tropical	0.074	0.025	0.019	0.030	0.042	0.038

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptor	Áreas con poca vegetación	Agricultura costera y andina	Matorral Andino (Ma)	Bosque xérico interandino	Bosque Seco Tropical		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
Áreas con poca vegetación	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000	x	0.433	=	2.542
Matorral Andino (Ma)	0.333	1.000	5.000	7.000	9.000		0.334		1.917
Bosque xérico interandino	0.250	0.200	1.000	3.000	5.000		0.132		0.684
Agricultura costera y andina	0.200	0.143	0.333	1.000	2.000		0.062		0.317
Bosque seco tropical	0.143	0.111	0.200	0.500	1.000		0.038		0.195
	0.433	1.003	0.528	0.311	0.266		2.542		
	0.144	0.334	0.660	0.436	0.342		1.917		
	0.108	0.067	0.132	0.187	0.190		0.684		
	0.087	0.048	0.044	0.062	0.076		0.317		
	0.062	0.037	0.026	0.031	0.038		0.195		

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.542	÷	0.433	=	5.864
1.917		0.334		5.734
0.684		0.132		5.185
0.317		0.062		5.084
0.195		0.038		5.120
$\lambda_{max} =$		5.397		

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0993$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0891$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Cobertura Vegetal	Peso Ponderado:	0.040
Descriptores	DCV-1	Áreas con poca vegetación	PCV-1	0.433
	DCV-2	Matorral Andino (Ma)	PCV-2	0.334
	DCV-3	Bosque xérico interandino	PCV-3	0.132
	DCV-4	Agricultura costera y andina	PCV-4	0.062
	DCV-5	Bosque seco tropical	PCV-5	0.038

Donde:

DCV-1, DCV-2, DCV-3, DCV-4 y DCV-5: Descriptores del parámetro Cobertura Vegetal

PCV-1, PCV-2, PCV-3, PCV-4 y PCV-5: Pesos de los descriptores

Anexo 6: Ponderación de parámetros y descriptores de grupo etario (exposición social).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO GRUPO ETARIO

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * De 0 a 5 años y mayor a 65 años
- * De 5 a 12 años y de 60 a 65 años
- * De 12 a 15 años y de 50 a 60 años
- * De 15 a 30 años
- * De 30 a 50 años

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	De 0 a 5 años y mayores de 65 años	De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	De 15 a 30 años	De 30 a 50 años
De 0 a 5 años y mayores de 65 años	1.000	2.000	3.000	4.000	6.000
De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000
De 15 a 30 años	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000
De 30 a 50 años	0.167	0.200	0.333	0.500	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptores	De 0 a 5 años y mayores de 65 años	De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	De 15 a 30 años	De 30 a 50 años
De 0 a 5 años y mayores de 65 años	1.000	2.000	3.000	4.000	6.000
De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000
De 15 a 30 años	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000
De 30 a 50 años	0.167	0.200	0.333	0.500	1.000
suma	2.250	4.033	6.833	10.500	17.000
1/suma	0.444	0.248	0.146	0.095	0.059

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	De 0 a 5 años y mayores de 65 años	De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	De 15 a 30 años	De 30 a 50 años	Vector Priorización (Ponderación)
De 0 a 5 años y mayores de 65 años	0.444	0.496	0.439	0.381	0.353	0.423
De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	0.222	0.248	0.293	0.286	0.294	0.269
De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	0.148	0.124	0.146	0.190	0.176	0.157
De 15 a 30 años	0.111	0.083	0.073	0.095	0.118	0.096
De 30 a 50 años	0.074	0.050	0.049	0.048	0.059	0.056
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
De 0 a 5 años y mayores de 65 años	0.423	42%
De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	0.269	27%
De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	0.157	16%
De 15 a 30 años	0.096	10%
De 30 a 50 años	0.056	6%
		100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptores	De 0 a 5 años y mayores de 65 años	De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	De 15 a 30 años	De 30 a 50 años		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
De 0 a 5 años y mayores de 65 años	1.000	2.000	3.000	4.000	6.000	x	0.423	=	2.149
De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000		0.269		1.361
De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000		0.157		0.791
De 15 a 30 años	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000		0.096		0.481
De 30 a 50 años	0.167	0.200	0.333	0.500	1.000		0.056		0.280
	0.423	0.537	0.471	0.384	0.335		2.149		
	0.211	0.269	0.314	0.288	0.279		1.361		
	0.141	0.134	0.157	0.192	0.167		0.791		
	0.106	0.090	0.079	0.096	0.112		0.481		
	0.070	0.054	0.052	0.048	0.056		0.280		

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.149	÷	0.423	=	5.086
1.361		0.269		5.067
0.791		0.157		5.039
0.481		0.096		5.015
0.280		0.056		5.025

$$\lambda_{max} = 5.046$$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0116$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0104$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Grupo etario	Peso Ponderado:	1.000
Descriptores	DGE-1	De 0 a 5 años y mayores de 65 años	PGE-1	0.423
	DGE-2	De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	PGE-2	0.269
	DGE-3	De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	PGE-3	0.157
	DGE-4	De 15 a 30 años	PGE-4	0.096
	DGE-5	De 30 a 50 años	PGE-5	0.056

Donde:

DGE-1, DGE-2, DGE-3, DGE-4 y DGE-5: Descriptores del parámetro Grupo Etario

PGE-1, PGE-2, PGE-3, PGE-4 y PGE-5: Pesos de los descriptores

Anexo 7: Ponderación del parámetro del factor fragilidad social.

PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO DEL FACTOR FRAGILIDAD SOCIAL

Descriptorios (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * Abastecimiento de agua
- * Servicios de saneamiento
- * Servicios de energía eléctrica
- * Ubicación del elemento expuesto
- * Tipo de Vehículo
- * Velocidad del vehículo

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Fragilidad social	Abastecimiento de agua	Servicios de saneamiento	Servicios de energía eléctrica	Tipo de Vehículo	Velocidad del vehículo
Abastecimiento de agua	1.000	2.000	2.000	4.000	4.000
Servicios de saneamiento	0.500	1.000	2.000	3.000	3.000
Servicios de energía eléctrica	0.500	0.500	1.000	3.000	3.000
Tipo de Vehículo	0.250	0.333	0.333	1.000	2.000
Velocidad del vehículo	0.250	0.333	0.333	0.500	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Fragilidad social	Abastecimiento de agua	Servicios de saneamiento	Servicios de energía eléctrica	Tipo de Vehículo	Velocidad del vehículo
Abastecimiento de agua	1.000	2.000	2.000	4.000	4.000
Servicios de saneamiento	0.500	1.000	2.000	3.000	3.000
Servicios de energía eléctrica	0.500	0.500	1.000	3.000	3.000
Tipo de Vehículo	0.250	0.333	0.333	1.000	2.000
Velocidad del vehículo	0.250	0.333	0.333	0.500	1.000
suma	2.500	4.167	5.667	11.500	13.000
1/suma	0.400	0.240	0.176	0.087	0.077

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Fragilidad social	Abastecimiento de agua	Servicios de saneamiento	Servicios de energía eléctrica	Tipo de Vehículo	Velocidad del vehículo	Vector Priorización (Ponderación)
Abastecimiento de agua	0.400	0.480	0.353	0.348	0.308	0.378
Servicios de saneamiento	0.200	0.240	0.353	0.261	0.231	0.257
Servicios de energía eléctrica	0.200	0.120	0.176	0.261	0.231	0.198
Tipo de Vehículo	0.100	0.080	0.059	0.087	0.154	0.096
Velocidad del vehículo	0.100	0.080	0.059	0.043	0.077	0.072
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Fragilidad social	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Abastecimiento de agua	0.378	38%
Servicios de saneamiento	0.257	26%
Servicios de energía eléctrica	0.198	20%
Tipo de Vehículo	0.096	10%
Velocidad del vehículo	0.072	7%
		100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Fragilidad social	Abastecimiento de agua	Servicios de saneamiento	Servicios de energía eléctrica	Tipo de Vehículo	Velocidad del vehículo		Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
Abastecimiento de agua	1.000	2.000	2.000	4.000	4.000	x	0.378	=	1.958
Servicios de saneamiento	0.500	1.000	2.000	3.000	3.000		0.257		1.344
Servicios de energía eléctrica	0.500	0.500	1.000	3.000	3.000		0.198		1.018
Tipo de Vehículo	0.250	0.333	0.333	1.000	2.000		0.096		0.486
Velocidad del vehículo	0.250	0.333	0.333	0.500	1.000		0.072		0.366

0.378	0.514	0.395	0.384	0.287	1.958
0.189	0.257	0.395	0.288	0.216	1.344
0.189	0.128	0.198	0.288	0.216	1.018
0.094	0.086	0.066	0.096	0.144	0.486
0.094	0.086	0.066	0.048	0.072	0.366

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
1.958	÷	0.378	=	5.184
1.344		0.257		5.233
1.018		0.198		5.152
0.486		0.096		5.062
0.366		0.072		5.091

$\lambda_{max} = 5.144$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0361$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0323$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

Anexo 8: Ponderación de los descriptores del parámetro abastecimiento de agua (fragilidad social).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO ABASTECIMIENTO DE AGUA

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * No tiene
- * Manantial - río
- * Pilón de uso público
- * Camión-cisterna u otro similar
- * Red pública

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	No tiene	Manantial - río	Pilón de uso público	Red pública	Camión-cisterna u otro similar
No tiene	1.000	2.000	3.000	4.000	6.000
Manantial - río	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
Pilón de uso público	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000
Red pública	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000
Camión-cisterna u otro similar	0.167	0.200	0.333	0.500	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptores	No tiene	Manantial - río	Pilón de uso público	Red pública	Camión-cisterna u otro similar
No tiene	1.000	2.000	3.000	4.000	6.000
Manantial - río	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
Pilón de uso público	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000
Red pública	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000
Camión-cisterna u otro similar	0.167	0.200	0.333	0.500	1.000
suma	2.250	4.033	6.833	10.500	17.000
1/suma	0.444	0.248	0.146	0.095	0.059

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptores	No tiene	Manantial - río	Pilón de uso público	Red pública	Camión-cisterna u otro similar	Vector Priorización
No tiene	0.444	0.496	0.439	0.381	0.353	0.423
Manantial - río	0.222	0.248	0.293	0.286	0.294	0.269
Pilón de uso público	0.148	0.124	0.146	0.190	0.176	0.157
Red pública	0.111	0.083	0.073	0.095	0.118	0.096
Camión-cisterna u otro similar	0.074	0.050	0.049	0.048	0.059	0.056
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptores	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
No tiene	0.423	42%
Manantial - río	0.269	27%
Pilón de uso público	0.157	16%
Red pública	0.096	10%
Camión-cisterna u otro similar	0.056	6%
		100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptores	No tiene	Manantial - río	Pilón de uso público	Red pública	Camión-cisterna u otro similar		Vector Priorización	Vector Suma
No tiene	1.000	2.000	3.000	4.000	6.000	x	0.423	2.149
Manantial - río	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000		0.269	1.361
Pilón de uso público	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000		0.157	0.791
Red pública	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000		0.096	0.481
Camión-cisterna u otro similar	0.167	0.200	0.333	0.500	1.000		0.056	0.280

0.423	0.537	0.471	0.384	0.335	2.149
0.211	0.269	0.314	0.288	0.279	1.361
0.141	0.134	0.157	0.192	0.167	0.791
0.106	0.090	0.079	0.096	0.112	0.481
0.070	0.054	0.052	0.048	0.056	0.280

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.149	÷	0.423	=	5.086
1.361		0.269		5.067
0.791		0.157		5.039
0.481		0.096		5.015
0.280		0.056		5.025

$\lambda_{max} = 5.046$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0116$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0104$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Abastecimiento de Agua	Peso Ponderado:	0.378
Descriptores	DAbas-1	No tiene	PAbas-1	0.423
	DAbas-2	Manantial - río	PAbas-2	0.269
	DAbas-3	Pilón de uso público	PAbas-3	0.157
	DAbas-4	Red pública	PAbas-4	0.096
	DAbas-5	Camión - cisterna u otro similar	PAbas-5	0.056

Donde:

DAbas-1, DAbas-2, DAbas-3, DAbas-4 y DAbas-5: Descriptores del parámetro Abastecimiento de Agua

PAbas-1, PAbas-2, PAbas-3, PAbas-4 y PAbas-5: Pesos de los descriptores

Anexo 9: Ponderación de los descriptores del parámetro servicios de saneamiento (fragilidad social).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO SERVICIOS DE SANEAMIENTO

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * No tiene
- * Letrina
- * Pozo séptico
- * UBS con arrastre hidráulico
- * Red pública de desagüe

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	No tiene	Letrina	Pozo séptico	UBS con arrastre hidráulico	Red pública de desagüe
No tiene	1.000	3.000	3.000	5.000	7.000
Letrina	0.333	1.000	2.000	3.000	5.000
Pozo séptico	0.333	0.500	1.000	3.000	5.000
UBS con arrastre hidráulico	0.200	0.333	0.333	1.000	3.000
Red pública de desagüe	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	No tiene	Letrina	Pozo séptico	UBS con arrastre hidráulico	Red pública de desagüe
No tiene	1.000	3.000	3.000	5.000	7.000
Letrina	0.333	1.000	2.000	3.000	5.000
Pozo séptico	0.333	0.500	1.000	3.000	5.000
UBS con arrastre hidráulico	0.200	0.333	0.333	1.000	3.000
Red pública de desagüe	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000
suma	2.010	5.033	6.533	12.333	21.000
1/suma	0.498	0.199	0.153	0.081	0.048

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	No tiene	Letrina	Pozo séptico	UBS con arrastre hidráulico	Red pública de desagüe	Vector Priorización
No tiene	0.498	0.596	0.459	0.405	0.333	0.458
Letrina	0.166	0.199	0.306	0.243	0.238	0.230
Pozo séptico	0.166	0.099	0.153	0.243	0.238	0.180
UBS con arrastre hidráulico	0.100	0.066	0.051	0.081	0.143	0.088
Red pública de desagüe	0.071	0.040	0.031	0.027	0.048	0.043
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
No tiene	0.458	46%
Letrina	0.230	23%
Pozo séptico	0.180	18%
UBS con arrastre hidráulico	0.088	9%
Red pública de desagüe	0.043	4%

100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptor	No tiene	Letrina	Pozo séptico	UBS con arrastre hidráulico	Red pública de desague		Vector Priorización	Vector Suma
No tiene	1.000	3.000	3.000	5.000	7.000	x	0.458	2.433
Letrina	0.333	1.000	2.000	3.000	5.000		0.230	1.224
Pozo séptico	0.333	0.500	1.000	3.000	5.000		0.180	0.928
UBS con arrastre hidráulico	0.200	0.333	0.333	1.000	3.000		0.088	0.446
Red pública de desague	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000		0.043	0.220
	0.458	0.691	0.540	0.441	0.303		2.433	
	0.153	0.230	0.360	0.264	0.216		1.224	
	0.153	0.115	0.180	0.264	0.216		0.928	
	0.092	0.077	0.060	0.088	0.130		0.446	
	0.065	0.046	0.036	0.029	0.043		0.220	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.433	÷	0.458	=	5.308
1.224		0.230		5.310
0.928		0.180		5.160
0.446		0.088		5.063
0.220		0.043		5.094

$\lambda_{max} = 5.187$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0467$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0419$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Servicios de Saneamiento	Peso Ponderado:	0.257
Descriptores	DSS-1	No tiene	PSS-1	0.458
	DSS-2	Letrina	PSS-2	0.230
	DSS-3	Pozo séptico	PSS-3	0.180
	DSS-4	UBS con arrastre hidráulico	PSS-4	0.088
	DSS-5	Red pública de desagüe	PSS-5	0.043

Donde:

DSS-1, DSS-2, DSS-3, DSS-4 y DSS-5: Descriptores del parámetro Servicios de Saneamiento

PSS-1, PSS-2, PSS-3, PSS-4 y PSS-5: Pesos de los descriptores

Anexo 10: Ponderación de los descriptores del parámetro servicios de energía eléctrica (fragilidad social).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO SERVICIOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * No cuenta con energía
- * Vela
- * Alumbrado con panel solar
- * Alumbrado con generador eléctrico
- * Red de energía pública

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	No cuenta con energía	Vela	Alumbrado con panel solar	Alumbrado con generador eléctrico	Red de energía pública
No cuenta con energía	1.000	2.000	4.000	4.000	7.000
Vela	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000
Alumbrado con panel solar	0.250	0.333	1.000	2.000	5.000
Alumbrado con generador eléctrico	0.250	0.200	0.500	1.000	3.000
Red de energía pública	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	No cuenta con energía	Vela	Alumbrado con panel solar	Alumbrado con generador eléctrico	Red de energía pública
No cuenta con energía	1.000	2.000	4.000	4.000	7.000
Vela	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000
Alumbrado con panel solar	0.250	0.333	1.000	2.000	5.000
Alumbrado con generador eléctrico	0.250	0.200	0.500	1.000	3.000
Red de energía pública	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000
suma	2.143	3.676	8.700	12.333	23.000
1/suma	0.467	0.272	0.115	0.081	0.043

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	No cuenta con energía	Vela	Alumbrado con panel solar	Alumbrado con generador eléctrico	Red de energía pública	Vector Priorización
No cuenta con energía	0.467	0.544	0.460	0.324	0.304	0.420
Vela	0.233	0.272	0.345	0.405	0.304	0.312
Alumbrado con panel solar	0.117	0.091	0.115	0.162	0.217	0.140
Alumbrado con generador eléctrico	0.117	0.054	0.057	0.081	0.130	0.088
Red de energía pública	0.067	0.039	0.023	0.027	0.043	0.040
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
No cuenta con energía	0.420	42%
Vela	0.312	31%
Alumbrado con panel solar	0.140	14%
Alumbrado con generador eléctrico	0.088	9%
Red de energía pública	0.040	4%
		100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descripciones	No cuenta con energía	Vela	Alumbrado con panel solar	Alumbrado con generador eléctrico	Red de energía pública		Vector Priorización	Vector Suma
No cuenta con energía	1.000	2.000	4.000	4.000	7.000	x	0.420	2.236
Vela	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000		0.312	1.662
Alumbrado con panel solar	0.250	0.333	1.000	2.000	5.000		0.140	0.724
Alumbrado con generador eléctrico	0.250	0.200	0.500	1.000	3.000		0.088	0.445
Red de energía pública	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000		0.040	0.202
	0.420	0.624	0.561	0.352	0.279	2.236		
	0.210	0.312	0.421	0.440	0.279	1.662		
	0.105	0.104	0.140	0.176	0.199	0.724		
	0.105	0.062	0.070	0.088	0.119	0.445		
	0.060	0.045	0.028	0.029	0.040	0.202		

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.236	÷	0.420	=	5.326
1.662		0.312		5.326
0.724		0.140		5.160
0.445		0.088		5.056
0.202		0.040		5.069

$\lambda_{max} = 5.187$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0469$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0420$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Servicios de Energía Eléctrica	Peso Ponderado:	0.198
Descriptores	DSEE-1	No cuenta con energía	PSEE-1	0.420
	DSEE-2	Vela	PSEE-2	0.312
	DSEE-3	Alumbrado con panel solar	PSEE-3	0.140
	DSEE-4	Alumbrado con generador eléctrico	PSEE-4	0.088
	DSEE-5	Red de energía pública	PSEE-5	0.040

Donde:

DSEE-1, DSEE-2, DSEE-3, DSEE-4 y DSEE-5: Descriptores del parámetro Servicios de Energía Eléctrica

PSEE-1, PSEE-2, PSEE-3, PSEE-4 y PSEE-5: Pesos de los descriptores

Anexo 11: Ponderación de los descriptores del parámetro tipo de vehículo (fragilidad social).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO TIPO DE VEHÍCULO

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * Combis de servicio público de transporte de pasajeros
- * Camionetas de transporte privado de entidades públicas
- * Automóviles para colectivos
- * Motocicletas
- * Vehículos de carga

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptor	Combis de servicio público de transporte de pasajeros	Camionetas de transporte privado	Automóviles para colectivos	Motocicletas	Vehículos de carga
Combis de servicio público de transporte de pasajeros	1.000	2.000	2.000	4.000	6.000
Camionetas de transporte privado	0.500	1.000	2.000	4.000	6.000
Automóviles para colectivos	0.500	0.500	1.000	2.000	6.000
Motocicletas	0.250	0.250	0.500	1.000	2.000
Vehículos de carga	0.167	0.167	0.167	0.500	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	Combis de servicio público de transporte de pasajeros	Camionetas de transporte privado	Automóviles para colectivos	Motocicletas	Vehículos de carga
Combis de servicio público de transporte de pasajeros	1.000	2.000	2.000	4.000	6.000
Camionetas de transporte privado	0.500	1.000	2.000	4.000	6.000
Automóviles para colectivos	0.500	0.500	1.000	2.000	6.000
Motocicletas	0.250	0.250	0.500	1.000	2.000
Vehículos de carga	0.167	0.167	0.167	0.500	1.000
suma	2.417	3.917	5.667	11.500	21.000
1/suma	0.414	0.255	0.176	0.087	0.048

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	Combis de servicio público de transporte de pasajeros	Camionetas de transporte privado	Automóviles para colectivos	Motocicletas	Vehículos de carga	Vector Priorización
Combis de servicio público de transporte de pasajeros	0.414	0.511	0.353	0.348	0.286	0.382
Camionetas de transporte privado	0.207	0.255	0.353	0.348	0.286	0.290
Automóviles para colectivos	0.207	0.128	0.176	0.174	0.286	0.194
Motocicletas	0.103	0.064	0.088	0.087	0.095	0.088
Vehículos de carga	0.069	0.043	0.029	0.043	0.048	0.046
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Combis de servicio público de transporte de pasajeros	0.382	38%
Camionetas de transporte privado	0.290	29%
Automóviles para colectivos	0.194	19%
Motocicletas	0.088	9%
Vehículos de carga	0.046	5%
		100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptores	Combis de servicio público de transporte de pasajeros	Camionetas de transporte privado	Automóviles para colectivos	Motocicletas	Vehículos de carga		Vector Priorización	Vector Suma
Combis de servicio público de transporte de pasajeros	1.000	2.000	2.000	4.000	6.000	x	0.382	1.979
Camionetas de transporte privado	0.500	1.000	2.000	4.000	6.000		0.290	1.498
Automóviles para colectivos	0.500	0.500	1.000	2.000	6.000		0.194	0.984
Motocicletas	0.250	0.250	0.500	1.000	2.000		0.088	0.445
Vehículos de carga	0.167	0.167	0.167	0.500	1.000		0.046	0.235
	0.382	0.579	0.388	0.350	0.278		1.979	
	0.191	0.290	0.388	0.350	0.278		1.498	
	0.191	0.145	0.194	0.175	0.278		0.984	
	0.096	0.072	0.097	0.088	0.093		0.445	
	0.064	0.048	0.032	0.044	0.046		0.235	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
1.979	÷	0.382	=	5.177
1.498		0.290		5.169
0.984		0.194		5.067
0.445		0.088		5.088
0.235		0.046		5.054

$$\lambda_{max} = 5.111$$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0277$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0249$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro	Tipo de Vehículos	Peso Ponderado:	0.096
Descriptores	DTV-1	Combis de servicio público de transporte de pasajeros	PTV-1
	DTV-2	Camionetas de transporte privado	PTV-2
	DTV-3	Automóviles para colectivos	PTV-3
	DTV-4	Motocicletas	PTV-4
	DTV-5	Vehículos de carga	PTV-5
			0.382
			0.290
			0.194
			0.088
			0.046

Donde:

DTV-1, DTV-2, DTV-3, DTV-4 y DTV-5: Descriptores del parámetro Tipo de Vehículos

PTV-1, PTV-2, PTV-3, PTV-4 y PTV-5: Pesos de los descriptores

Anexo 12: Ponderación de los descriptores del parámetro velocidad de vehículo (fragilidad social).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO VELOCIDAD DE VEHÍCULO

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * $V > 50$ km/h
- * $50 \text{ km/h} \leq V \leq 40$ km/h
- * $40 \text{ km/h} \leq V \leq 30$ km/h
- * $30 \text{ km/h} \leq V \leq 15$ km/h
- * $V < 15$ km/h

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	$V > 50$ km/h	$50 \text{ km/h} \leq V \leq 40$ km/h	$40 \text{ km/h} \leq V \leq 30$ km/h	$30 \text{ km/h} \leq V \leq 15$ km/h	$V < 15$ km/h
$V > 50$ km/h	1.000	3.000	5.000	5.000	7.000
$50 \text{ km/h} \leq V \leq 40$ km/h	0.333	1.000	3.000	5.000	5.000
$40 \text{ km/h} \leq V \leq 30$ km/h	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
$30 \text{ km/h} \leq V \leq 20$ km/h	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
$V < 15$ km/h	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptores	V > 50 km/h	50 km/h ≤ V ≤ 40 km/h	40 km/h ≤ V ≤ 30 km/h	30 km/h ≤ V ≤ 15 km/h	V < 15 km/h
V > 50 km/h	1.000	3.000	5.000	5.000	7.000
50 km/h ≤ V ≤ 40 km/h	0.333	1.000	3.000	5.000	5.000
40 km/h ≤ V ≤ 30 km/h	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
30 km/h ≤ V ≤ 15 km/h	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
V < 15 km/h	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000
suma	1.876	4.733	9.533	14.333	21.000
1/suma	0.533	0.211	0.105	0.070	0.048

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptores	V > 50 km/h	50 km/h ≤ V ≤ 40 km/h	40 km/h ≤ V ≤ 30 km/h	30 km/h ≤ V ≤ 15 km/h	V < 15 km/h	Vector Priorización
V > 50 km/h	0.533	0.634	0.524	0.349	0.333	0.475
50 km/h ≤ V ≤ 40 km/h	0.178	0.211	0.315	0.349	0.238	0.258
40 km/h ≤ V ≤ 30 km/h	0.107	0.070	0.105	0.209	0.238	0.146
30 km/h ≤ V ≤ 15 km/h	0.107	0.042	0.035	0.070	0.143	0.079
V < 15 km/h	0.076	0.042	0.021	0.023	0.048	0.042
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
$V > 50 \text{ km/h}$	0.475	47%
$50 \text{ km/h} \leq V \leq 40 \text{ km/h}$	0.258	26%
$40 \text{ km/h} \leq V \leq 30 \text{ km/h}$	0.146	15%
$30 \text{ km/h} \leq V \leq 15 \text{ km/h}$	0.079	8%
$V < 15 \text{ km/h}$	0.042	4%
		100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptor	V > 50 km/h	50 km/h ≤ V ≤ 40 km/h	40 km/h ≤ V ≤ 30 km/h	30 km/h ≤ V ≤ 15 km/h	V < 15 km/h		Vector Priorización	Vector Suma
V > 50 km/h	1.000	3.000	5.000	5.000	7.000	x	0.475	2.669
50 km/h ≤ V ≤ 40 km/h	0.333	1.000	3.000	5.000	5.000		0.258	1.461
40 km/h ≤ V ≤ 30 km/h	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000		0.146	0.775
30 km/h ≤ V ≤ 15 km/h	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000		0.079	0.401
V < 15 km/h	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000		0.042	0.217
	0.475	0.774	0.729	0.396	0.294		2.669	
	0.158	0.258	0.438	0.396	0.210		1.461	
	0.095	0.086	0.146	0.238	0.210		0.775	
	0.095	0.052	0.049	0.079	0.126		0.401	
	0.068	0.052	0.029	0.026	0.042		0.217	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.669	÷	0.475	=	5.623
1.461		0.258		5.659
0.775		0.146		5.313
0.401		0.079		5.053
0.217		0.042		5.163

$\lambda_{max} = 5.362$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0905$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0812$$

Ok

$$RC < 0.1$$

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Velocidad de Vehículo	Peso Ponderado:	0.072
Descriptores	DV-1	V > 50 km/h	PV-1	0.475
	DV-2	50 km/h ≤ V ≤ 40 km/h	PV-2	0.258
	DV-3	40 km/h ≤ V ≤ 30 km/h	PV-3	0.146
	DV-4	30 km/h ≤ V ≤ 15 km/h	PV-4	0.079
	DV-5	V < 15 km/h	PV-5	0.042

Donde:

DV-1, DV-2, DV-3, DV-4 y DV-5: Descriptores del parámetro Velocidad de Vehículos

PV-1, PV-2, PV-3, PV-4 y PV-5: Pesos de los descriptores

Anexo 13: Ponderación de los descriptores del parámetro capacitación en temas de gestión del riesgo (resiliencia social).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO CAPACITACIÓN EN TEMAS DE GESTIÓN DEL RIESGO

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * No desarrollan ningún tipo de programa de capacitación en tema concernientes a gestión de riesgo
- * Escasamente capacitada en temas concernientes a Gestión de Riesgos, siendo su difusión y cobertura escasa.
- * Se capacita con regular frecuencia en temas concernientes a Gestión de Riesgos, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.
- * Se capacita constantemente en temas concernientes a Gestión de Riesgos, siendo su difusión y cobertura total
- * Se capacita totalmente en temas concernientes a Gestión de Riesgos, actualizándose, siendo su difusión y cobertura total

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	No desarrollan capacitaciones	Escasamente	Regular	Constantemente	Totalmente
No desarrollan capacitaciones	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
Escasamente	0.500	1.000	2.000	5.000	7.000
Regular	0.333	0.500	1.000	3.000	5.000
Constantemente	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
Totalmente	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	No desarrollan capacitaciones	Escasamente	Regular	Constantemente	Totalmente
No desarrollan capacitaciones	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
Escasamente	0.500	1.000	2.000	5.000	7.000
Regular	0.333	0.500	1.000	3.000	5.000
Constantemente	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
Totalmente	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000
suma	2.176	3.843	6.533	14.333	23.000
1/suma	0.460	0.260	0.153	0.070	0.043

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	No desarrollan capacitaciones	Escasamente	Regular	Constantemente	Totalmente	Vector Priorización
No desarrollan capacitaciones	0.460	0.520	0.459	0.349	0.304	0.418
Escasamente	0.230	0.260	0.306	0.349	0.304	0.290
Regular	0.153	0.130	0.153	0.209	0.217	0.173
Constantemente	0.092	0.052	0.051	0.070	0.130	0.079
Totalmente	0.066	0.037	0.031	0.023	0.043	0.040
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
No desarrollan capacitaciones	0.418	42%
Escasamente	0.290	29%
Regular	0.173	17%
Constantemente	0.079	8%
Totalmente	0.040	4%

100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptor	No desarrollan capacitaciones	Escasamente	Regular	Constantemente	Totalmente		Vector Priorización	Vector Suma
No desarrollan capacitaciones	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000	x	0.418	2.191
Escasamente	0.500	1.000	2.000	5.000	7.000		0.290	1.520
Regular	0.333	0.500	1.000	3.000	5.000		0.173	0.894
Constantemente	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000		0.079	0.398
Totalmente	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000		0.040	0.202
	0.418	0.580	0.518	0.395	0.280		2.191	
	0.209	0.290	0.345	0.395	0.280		1.520	
	0.139	0.145	0.173	0.237	0.200		0.894	
	0.084	0.058	0.058	0.079	0.120		0.398	
	0.060	0.041	0.035	0.026	0.040		0.202	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada	\div	Vector Priorización (Ponderación)	$=$	λ_{max}
2.191		0.418		5.237
1.520		0.290		5.243
0.894		0.173		5.181
0.398		0.079		5.040
0.202		0.040		5.048

$$\lambda_{max} = 5.150$$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0374$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguaron y Moreno, 2001. Donde "n" es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0336$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Capacitación en Temas de Gestión del Riesgo	Peso Ponderado:	0.478
Descriptores	DC-1	No cuenta ni desarrollan ningún tipo de programa de capacitación en tema concernientes a gestión de riesgo	PC-1	0.418
	DC-2	Escasamente capacitada en temas concernientes a Gestión de Riesgos, siendo su difusión y cobertura escasa	PC-2	0.290
	DC-3	Se capacita con regular frecuencia en temas concernientes a Gestión de Riesgos, siendo su difusión y cobertura mayoritaria	PC-3	0.173
	DC-4	Se capacita constantemente en temas concernientes a Gestión de Riesgos, siendo su difusión y cobertura total	PC-4	0.079
	DC-5	Se capacita totalmente en temas concernientes a Gestión de Riesgos, actualizándose, siendo su difusión y cobertura total	PC-5	0.040

Donde:

DC-1, DC-2, DC-3, DC-4 y DC-5: Descriptores del parámetro Capacitación en Temas de Gestión del Riesgo

PC-1, PC-2, PC-3, PC-4 y PC-5: Pesos de los descriptores

Anexo 14: Ponderación de los descriptores del parámetro conocimiento de conductores y pasajeros frente a la ocurrencia de desastres (resiliencia social).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO CONOCIMIENTO DE CONDUCTORES Y PASAJEROS FRENTE A LA OCURRENCIA DE DESASTRES

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * Desconocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres
- * Escaso conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres
- * Regular conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres
- * La mayoría tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres.
- * Tienen conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Desconocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	Escaso conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	Regular conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	La mayoría tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	Tienen conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres
Desconocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
Escaso conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
Regular conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.333	0.500	1.000	3.000	5.000
La mayoría tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.200	0.333	0.333	1.000	3.000
Tienen conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptores	Desconocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	Escaso conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	Regular conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	La mayoría tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	Tienen conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres
Desconocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
Escaso conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
Regular conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.333	0.500	1.000	3.000	5.000
La mayoría tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.200	0.333	0.333	1.000	3.000
Tienen conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000
suma	2.176	4.033	6.533	12.333	21.000
1/suma	0.460	0.248	0.153	0.081	0.048

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptores	Desconocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	Escaso conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	Regular conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	La mayoría tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	Tienen conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	Vector Priorización (Ponderación)
Desconocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.460	0.496	0.459	0.405	0.333	0.431
Escaso conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.230	0.248	0.306	0.243	0.238	0.253
Regular conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.153	0.124	0.153	0.243	0.238	0.182
La mayoría tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.092	0.083	0.051	0.081	0.143	0.090
Tienen conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.066	0.050	0.031	0.027	0.048	0.044
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptor	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Desconocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.431	43%
Escaso conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.253	25%
Regular conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.182	18%
La mayoría tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.090	9%
Tienen conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.044	4%
		100%

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptor	Desconocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	Escaso conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	Regular conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	La mayoría tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	Tienen conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	Vector Priorización (Ponderación)	Vector Suma Ponderada
Desconocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000	0.431	2.242
Escaso conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000	0.253	1.323
Regular conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.333	0.500	1.000	3.000	5.000	0.182	0.943
La mayoría tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.200	0.333	0.333	1.000	3.000	0.090	0.453
Tienen conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000	0.044	0.223
	0.431	0.506	0.547	0.450	0.309	2.242	
	0.215	0.253	0.365	0.270	0.220	1.323	
	0.144	0.127	0.182	0.270	0.220	0.943	
	0.086	0.084	0.061	0.090	0.132	0.453	
	0.062	0.051	0.036	0.030	0.044	0.223	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.242	÷	0.431	=	5.206
1.323		0.253		5.229
0.943		0.182		5.170
0.453		0.090		5.044
0.223		0.044		5.049

$\lambda_{max} = 5.140$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0349$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0313$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Conocimiento de Conductores y Pasajeros Frente a la Ocurrencia de Desastres	Peso Ponderado:	0.281
Descriptores	D-1	Desconocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	PV-1	0.431
	D-2	Escaso conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	PV-2	0.253
	D-3	Regular conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	PV-3	0.182
	D-4	La mayoría tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	PV-4	0.090
	D-5	Tienen conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	PV-5	0.044

Donde:

D-1, D-2, D-3, D-4 y D-5: Descriptores del parámetro Conocimiento de Conductores y Pasajeros Frente a la Ocurrencia de Desastres

P-1, P-2, P-3, P-4 y P-5: Pesos de los descriptores

Anexo 15: Ponderación de los descriptores del parámetro actitud frente al riesgo (resiliencia social).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO ACTITUD FRENTE AL RIESGO

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * Actitud fatalista, conformista y con desidia de la mayoría de la población
- * Actitud escasamente prevenida de la mayoría de la población
- * Actitud parcialmente prevenida de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo, sin implementación de medidas
- * Actitud regularmente prevenida de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo e implementando escasas medidas.
- * Actitud positiva de toda la población, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Fatalista	Escasamente	Parcialmente	Regularmente	Positiva
Fatalista	1.000	3.000	5.000	5.000	7.000
Escasamente	0.333	1.000	3.000	5.000	5.000
Parcialmente	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
Regularmente	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
Positiva	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	Fatalista	Escasamente	Parcialmente	Regularmente	Positiva
Fatalista	1.000	3.000	5.000	5.000	7.000
Escasamente	0.333	1.000	3.000	5.000	5.000
Parcialmente	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
Regularmente	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
Positiva	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000
suma	1.876	4.733	9.533	14.333	21.000
1/suma	0.533	0.211	0.105	0.070	0.048

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	Fatalista	Escasamente	Parcialmente	Regularmente	Positiva	Vector Priorización
Fatalista	0.533	0.634	0.524	0.349	0.333	0.475
Escasamente	0.178	0.211	0.315	0.349	0.238	0.258
Parcialmente	0.107	0.070	0.105	0.209	0.238	0.146
Regularmente	0.107	0.042	0.035	0.070	0.143	0.079
Positiva	0.076	0.042	0.021	0.023	0.048	0.042
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Descriptor	Fatalista	Escasamente	Parcialmente	Regularmente	Positiva		Vector Priorización		Vector Suma
Fatalista	1.000	3.000	5.000	5.000	7.000	x	0.475	=	2.669
Escasamente	0.333	1.000	3.000	5.000	5.000		0.258		1.461
Parcialmente	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000		0.146		0.775
Regularmente	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000		0.079		0.401
Positiva	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000		0.042		0.217

0.475	0.774	0.729	0.396	0.294	2.669
0.158	0.258	0.438	0.396	0.210	1.461
0.095	0.086	0.146	0.238	0.210	0.775
0.095	0.052	0.049	0.079	0.126	0.401
0.068	0.052	0.029	0.026	0.042	0.217

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.669	÷	0.475	=	5.623
1.461		0.258		5.659
0.775		0.146		5.313
0.401		0.079		5.053
0.217		0.042		5.163

$\lambda_{max} = 5.362$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0905$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0812$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Actitud Frente al Riesgo	Peso Ponderado:	0.161
Descriptores	DA-1	Actitud fatalista, conformista y con desidia de la mayoría de la población	PA-1	0.475
	DA-2	Actitud escasamente prevenida de la mayoría de la población	PA-2	0.258
	DA-3	Actitud parcialmente prevenida de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo, sin implementación de medidas	PA-3	0.146
	DA-4	Actitud regularmente prevenida de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo e implementando escasas medidas	PA-4	0.079
	DA-5	Actitud positiva de toda la población, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo	PA-5	0.042

Donde:

DA-1, DA-2, DA-3, DA-4 y DA-5: Descriptores del parámetro Actitud Frente al Riesgo

PA-1, PA-2, PA-3, PA-4 y PA-5: Pesos de los descriptores

Anexo 16: Ponderación de los descriptores del parámetro formalidad de las empresas de transportes (resiliencia social).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO FORMALIDAD DE LAS EMPRESAS DE TRANSPORTES

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * Transporte informal
- * Transporte formal, pero no cuenta con las medidas de seguridad
- * Transporte formal, pero no tiene cinturones de seguridad y solo cuenta con botiquín de primeros auxilios
- * Transporte formal, disponiendo de botiquín y cinturones de seguridad, pero tiene el seguro vencido
- * Transporte formal que cuenta con todo lo necesario

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Transporte informal	Transporte formal, pero no tiene cinturones de seguridad y solo cuenta con botiquín de primeros auxilios	Transporte formal, pero no tiene cinturones de seguridad y solo cuenta con botiquín de primeros auxilios	Transporte formal, disponiendo de botiquín y cinturones de seguridad, pero tiene el seguro vencido	Transporte formal que cuenta con todo lo necesario
Transporte informal	1.000	3.000	5.000	5.000	7.000
Transporte formal, pero no cuenta con las medidas de seguridad	0.333	1.000	3.000	5.000	5.000
Transporte formal, pero no tiene cinturones de seguridad y solo cuenta con botiquín de primeros auxilios	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
Transporte formal, disponiendo de botiquín y cinturones de seguridad, pero tiene el seguro vencido	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
Transporte formal que cuenta con todo lo necesario	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	Transporte informal	Transporte formal, pero no tiene cinturones de seguridad y solo cuenta con botiquín de primeros auxilios	Transporte formal, pero no tiene cinturones de seguridad y solo cuenta con botiquín de primeros auxilios	Transporte formal, disponiendo de botiquín y cinturones de seguridad, pero tiene el seguro vencido	Transporte formal que cuenta con todo lo necesario
Transporte informal	1.000	3.000	5.000	5.000	7.000
Transporte formal, pero no cuenta con las medidas de seguridad	0.333	1.000	3.000	5.000	5.000
Transporte formal, pero no tiene cinturones de seguridad y solo cuenta con botiquín de primeros auxilios	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
Transporte formal, disponiendo de botiquín y cinturones de seguridad, pero tiene el seguro vencido	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
Transporte formal que cuenta con todo lo necesario	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000
suma	1.876	4.733	9.533	14.333	21.000
1/suma	0.533	0.211	0.105	0.070	0.048

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	Transporte informal	Transporte formal, pero no tiene cinturones de seguridad y solo cuenta con botiquín de primeros auxilios	Transporte formal, pero no tiene cinturones de seguridad y solo cuenta con botiquín de primeros auxilios	Transporte formal, disponiendo de botiquín y cinturones de seguridad, pero tiene el seguro vencido	Transporte formal que cuenta con todo lo necesario	Vector Priorización (Ponderación)
Transporte informal	0.533	0.634	0.524	0.349	0.333	0.475
Transporte formal, pero no cuenta con las medidas de seguridad	0.178	0.211	0.315	0.349	0.238	0.258
Transporte formal, pero no tiene cinturones de seguridad y solo cuenta con botiquín de primeros auxilios	0.107	0.070	0.105	0.209	0.238	0.146
Transporte formal, disponiendo de botiquín y cinturones de seguridad, pero tiene el seguro vencido	0.107	0.042	0.035	0.070	0.143	0.079
Transporte formal que cuenta con todo lo necesario	0.076	0.042	0.021	0.023	0.048	0.042
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Descriptores	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Transporte informal	0.475	47%
Transporte formal, pero no cuenta con las medidas de seguridad	0.258	26%
Transporte formal, pero no tiene cinturones de seguridad y solo cuenta con botiquín de primeros auxilios	0.146	15%
Transporte formal, disponiendo de botiquín y cinturones de seguridad, pero tiene el seguro vencido	0.079	8%
Transporte formal que cuenta con todo lo necesario	0.042	4%

100%

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.669		0.475		5.623
1.461	÷	0.258	=	5.659
0.775		0.146		5.313
0.401		0.079		5.053
0.217		0.042		5.163

$\lambda_{max} = 5.362$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0905$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0812$$

Ok

$$RC < 0.1$$

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Formalidad de las Empresas de Transportes	Peso Ponderado:	0.080
Descriptores	DF-1	Transporte informal	PF-1	0.475
	DF-2	Transporte formal, pero no cuenta con las medidas de seguridad	PF-2	0.258
	DF-3	Transporte formal, pero no tiene cinturones de seguridad y solo cuenta con botiquín de primeros auxilios	PF-3	0.146
	DF-4	Transporte formal, disponiendo de botiquín y cinturones de seguridad, pero tiene el seguro vencido	PF-4	0.079
	DF-5	Transporte formal que cuenta con todo lo necesario	PF-5	0.042

Donde:

DF-1, DF-2, DF-3, DF-4 y DF-5: Descriptores del parámetro Formalidad de las Empresas de Transportes

PF-1, PF-2, PF-3, PF-4 y PF-5: Pesos de los descriptores

Anexo 17: Ponderación de los descriptores del parámetro ubicación del elemento frente al peligro (exposición económica).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO UBICACIÓN DEL ELEMENTO FRENTE AL PELIGRO

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * Muy cercana 0 m – 20 m
- * Cercana 20 m - 100 m
- * Medianamente cerca 100m – 500 m
- * Alejada 500 m - 1000 m
- * Muy alejada > 1000 m

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptor	Muy cercana 0 m – 20 m	Cercana 20 m - 100 m	Medianamente cerca 100m – 500 m	Alejada 500 m - 1000 m	Muy alejada > 1000 m
Muy cercana 0 m – 20 m	1.000	3.000	4.000	5.000	6.000
Cercana 20 m - 100 m	0.333	1.000	3.000	5.000	6.000
Medianamente cerca 100m – 500 m	0.250	0.333	1.000	2.000	3.000
Alejada 500 m - 1000 m	0.200	0.200	0.500	1.000	2.000
Muy alejada > 1000 m	0.167	0.167	0.333	0.500	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	Muy cercana 0 m – 20 m	Cercana 20 m - 100 m	Medianamente cerca 100m – 500 m	Alejada 500 m - 1000 m	Muy alejada > 1000 m
Muy cercana 0 m – 20 m	1.000	3.000	4.000	5.000	6.000
Cercana 20 m - 100 m	0.333	1.000	3.000	5.000	6.000
Medianamente cerca 100m – 500 m	0.250	0.333	1.000	2.000	3.000
Alejada 500 m - 1000 m	0.200	0.200	0.500	1.000	2.000
Muy alejada > 1000 m	0.167	0.167	0.333	0.500	1.000
suma	1.950	4.700	8.833	13.500	18.000
1/suma	0.513	0.213	0.113	0.074	0.056

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	Muy cercana 0 m – 20 m	Cercana 20 m - 100 m	Medianamente cerca 100m – 500 m	Alejada 500 m - 1000 m	Muy alejada > 1000 m	Vector Priorización
Muy cercana 0 m – 20 m	0.513	0.638	0.453	0.370	0.333	0.462
Cercana 20 m - 100 m	0.171	0.213	0.340	0.370	0.333	0.285
Medianamente cerca 100m – 500 m	0.128	0.071	0.113	0.148	0.167	0.125
Alejada 500 m - 1000 m	0.103	0.043	0.057	0.074	0.111	0.077
Muy alejada > 1000 m	0.085	0.035	0.038	0.037	0.056	0.050
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.508	÷	0.462	=	5.434
1.504		0.285		5.270
0.641		0.125		5.114
0.390		0.077		5.040
0.255		0.050		5.079

$\lambda_{max} = 5.187$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0468$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0420$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro	Ubicación del Elemento Frente al Peligro	Peso Ponderado:	0.581
Descriptores	DUE-1	Muy cercana 0 m – 20 m	PUE-1
	DUE-2	Cercana 20 m - 100 m	PUE-2
	DUE-3	Medianamente cerca 100m – 500 m	PUE-3
	DUE-4	Alejada 500 m - 1000 m	PUE-4
	DUE-5	Muy alejada > 1000 m	PUE-5
			0.462
			0.285
			0.125
			0.077
			0.050

Donde:

DUE-1, DUE-2, DUE-3, DUE-4 y DUE-5: Descriptores del parámetro Ubicación del Elemento Frente al Peligro

PUE-1, PUE-2, PUE-3, PUE-4 y PUE-5: Pesos de los descriptores

Anexo 18: Ponderación de los descriptores del parámetro servicio de empresas de transporte expuesto (exposición económica).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO SERVICIO DE EMPRESAS DE TRANSPORTE EXPUESTO

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * > 75% del servicio expuesto
- * Entre el 50% y 75% del servicio expuesto
- * Entre el 25% y 50% del servicio expuesto
- * Entre 10% y 25% del servicio expuesto
- * \leq 10% del servicio expuesto

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	> 75% del servicio expuesto	Entre el 50% y 75% del servicio expuesto	Entre el 25% y 50% del servicio expuesto	Entre 10% y 25% del servicio expuesto	\leq 10% del servicio expuesto
> 75% del servicio expuesto	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
Entre el 50% y 75% del servicio expuesto	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
Entre el 25% y 50% del servicio expuesto	0.333	0.500	1.000	3.000	3.000
Entre 10% y 25% del servicio expuesto	0.200	0.333	0.333	1.000	2.000
\leq 10% del servicio expuesto	0.143	0.200	0.333	0.500	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	> 75% del servicio expuesto	Entre el 50% y 75% del servicio expuesto	Entre el 25% y 50% del servicio expuesto	Entre 10% y 25% del servicio expuesto	≤ 10% del servicio expuesto
> 75% del servicio expuesto	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
Entre el 50% y 75% del servicio expuesto	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
Entre el 25% y 50% del servicio expuesto	0.333	0.500	1.000	3.000	3.000
Entre 10% y 25% del servicio expuesto	0.200	0.333	0.333	1.000	2.000
≤ 10% del servicio expuesto	0.143	0.200	0.333	0.500	1.000
suma	2.176	4.033	6.667	12.500	18.000
1/suma	0.460	0.248	0.150	0.080	0.056

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	> 75% del servicio expuesto	Entre el 50% y 75% del servicio expuesto	Entre el 25% y 50% del servicio expuesto	Entre 10% y 25% del servicio expuesto	≤ 10% del servicio expuesto	Vector Priorización
> 75% del servicio expuesto	0.460	0.496	0.450	0.400	0.389	0.439
Entre el 50% y 75% del servicio expuesto	0.230	0.248	0.300	0.240	0.278	0.259
Entre el 25% y 50% del servicio expuesto	0.153	0.124	0.150	0.240	0.167	0.167
Entre 10% y 25% del servicio expuesto	0.092	0.083	0.050	0.080	0.111	0.083
≤ 10% del servicio expuesto	0.066	0.050	0.050	0.040	0.056	0.052
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada	\div	Vector Priorización (Ponderación)	$=$	λ_{max}
2.238		0.439		5.100
1.322		0.259		5.103
0.848		0.167		5.088
0.417		0.083		5.018
0.264		0.052		5.058

$\lambda_{max} = 5.073$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

IC = 0.0184

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

RC = 0.0165

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Servicio de Empresas de Transporte Expuesto	Peso Ponderado:	0.309
Descriptores	DSE-1	> 75% del servicio expuesto	PSE-1	0.439
	DSE-2	Entre el 50% y 75% del servicio expuesto	PSE-2	0.259
	DSE-3	Entre el 25% y 50% del servicio expuesto	PSE-3	0.167
	DSE-4	Entre 10% y 25% del servicio expuesto	PSE-4	0.083
	DSE-5	≤ 10% del servicio expuesto	PSE-5	0.052

Donde:

DSE-1, DSE-2, DSE-3, DSE-4 y DSE-5: Descriptores del parámetro Servicio de Empresas de Transporte Expuesto

PSE-1, PSE-2, PSE-3, PSE-4 y PSE-5: Pesos de los descriptores

Anexo 19: Ponderación de los descriptores del parámetro área agrícola (exposición económica).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO ÁREA AGRÍCOLA

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * Cultivo de taya
- * Cultivo de níspero
- * Cultivo de chirimoya - palta
- * Cultivo de maíz - trigo
- * Cultivo de tuna

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptor	Cultivo de taya	Cultivo de níspero	Cultivo de chirimoya - palta	Cultivo de maíz - trigo	Cultivo de tuna
Cultivo de taya	1.000	3.000	4.000	4.000	5.000
Cultivo de níspero	0.333	1.000	2.000	2.000	4.000
Cultivo de chirimoya - palta	0.250	0.500	1.000	2.000	3.000
Cultivo de maíz - trigo	0.250	0.500	0.500	1.000	3.000
Cultivo de tuna	0.200	0.250	0.333	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	Cultivo de taya	Cultivo de níspero	Cultivo de chirimoya - palta	Cultivo de maíz - trigo	Cultivo de tuna
Cultivo de taya	1.000	3.000	4.000	4.000	5.000
Cultivo de níspero	0.333	1.000	2.000	2.000	4.000
Cultivo de chirimoya - palta	0.250	0.500	1.000	2.000	3.000
Cultivo de maíz - trigo	0.250	0.500	0.500	1.000	3.000
Cultivo de tuna	0.200	0.250	0.333	0.333	1.000
suma	2.033	5.250	7.833	9.333	16.000
1/suma	0.492	0.190	0.128	0.107	0.063

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	Cultivo de taya	Cultivo de níspero	Cultivo de chirimoya - palta	Cultivo de maíz - trigo	Cultivo de tuna	Vector Priorización
Cultivo de taya	0.492	0.571	0.511	0.429	0.313	0.463
Cultivo de níspero	0.164	0.190	0.255	0.214	0.250	0.215
Cultivo de chirimoya - palta	0.123	0.095	0.128	0.214	0.188	0.150
Cultivo de maíz - trigo	0.123	0.095	0.064	0.107	0.188	0.115
Cultivo de tuna	0.098	0.048	0.043	0.036	0.063	0.057
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.454	÷	0.463	=	5.299
1.128		0.215		5.252
0.775		0.150		5.186
0.585		0.115		5.075
0.292		0.057		5.090

$\lambda_{max} = 5.181$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0451$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0405$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro	Área Agrícola	Peso Ponderado:	0.110
Descriptores	DAA-1	Cultivo de taya	PAA-1
	DAA-2	Cultivo de níspero	PAA-2
	DAA-3	Cultivo de chirimoya - palta	PAA-3
	DAA-4	Cultivo de maíz - trigo	PAA-4
	DAA-5	Cultivo de tuna	PAA-5
			0.463
			0.215
			0.150
			0.115
			0.057

Donde:

DAA-1, DAA-2, DAA-3, DAA-4 y DAA-5: Descriptores del parámetro Área Agrícola

PAA-1, PAA-2, PAA-3, PAA-4 y PAA-5: Pesos de los descriptores

Anexo 20: Ponderación de los descriptores del parámetro material de construcción de la edificación (fragilidad económica).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * Estera/cartón
- * Madera o triplay
- * Quincha (carrizo con barro)
- * Adobe o Tapial
- * Ladrillo o bloque de cemento

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Estera/cartón	Madera o triplay	Quincha (carrizo con barro)	Adobe o tapial	Ladrillo o bloque de cemento
Estera/cartón	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
Madera o triplay	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
Quincha (carrizo con barro)	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000
Adobe o tapial	0.250	0.333	0.500	1.000	3.000
Ladrillo o bloque de cemento	0.200	0.200	0.333	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptores	Estera/cartón	Madera o triplay	Quincha (carrizo con barro)	Adobe o tapial	Ladrillo o bloque de cemento
Estera/cartón	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
Madera o triplay	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
Quincha (carrizo con barro)	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000
Adobe o tapial	0.250	0.333	0.500	1.000	3.000
Ladrillo o bloque de cemento	0.200	0.200	0.333	0.333	1.000
suma	2.283	4.033	6.833	10.333	17.000
1/suma	0.438	0.248	0.146	0.097	0.059

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptores	Estera/cartón	Madera o triplay	Quincha (carrizo con barro)	Adobe o tapial	Ladrillo o bloque de cemento	Vector Priorización
Estera/cartón	0.438	0.496	0.439	0.387	0.294	0.411
Madera o triplay	0.219	0.248	0.293	0.290	0.294	0.269
Quincha (carrizo con barro)	0.146	0.124	0.146	0.194	0.176	0.157
Adobe o tapial	0.109	0.083	0.073	0.097	0.176	0.108
Ladrillo o bloque de cemento	0.088	0.050	0.049	0.032	0.059	0.055
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

→ Hallando λ_{\max}

Vector Suma Ponderada	\div	Vector Priorización (Ponderación)	$=$	λ_{\max}
2.128		0.411		5.180
1.389		0.269		5.167
0.810		0.157		5.152
0.545		0.108		5.059
0.280		0.055		5.047

$\lambda_{\max} = 5.121$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

IC = 0.0303

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

RC = 0.0271

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro	Material de Construcción de la Edificación	Peso Ponderado:	0.539	
Descriptores	DMA-1	Estera/cartón	PMA-1	0.411
	DMA-2	Madera o triplay	PMA-2	0.269
	DMA-3	Quincha (carrizo con barro)	PMA-3	0.157
	DMA-4	Adobe o tapial	PMA-4	0.108
	DMA-5	Ladrillo o bloque de cemento	PMA-5	0.055

Donde:

DMA-1, DMA-2, DMA-3, DMA-4 y DMA-5: Descriptores del parámetro Material de Construcción de la Edificación

PMA-1, PMA-2, PMA-3, PMA-4 y PMA-5: Pesos de los descriptores

Anexo 21: Ponderación de los descriptores del parámetro estado de conservación de la carretera (fragilidad económica).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * MUY MALO: Presenta deterioros. Escasa señalización de seguridad vial, no presenta señalizaciones sobre la existencia de fenómenos naturales por geodinámica externa. Las obras de drenaje se encuentran en mal estado y en su gran mayoría se encuentran bloqueadas por material procedente de los deslizamientos.
- * MALO: No reciben mantenimiento regular, cuya estructura acusa deterioros que se comprometen a muchos peligros, tienen visibles desperfectos.
- * REGULAR: Reciben mantenimiento esporádico.
- * BUENO: Reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros daños.
- *MUY BUENO: Reciben mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno.

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptor	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Muy malo	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Malo	0.333	1.000	2.000	3.000	5.000
Regular	0.200	0.500	1.000	2.000	3.000
Bueno	0.143	0.333	0.500	1.000	2.000
Muy bueno	0.111	0.200	0.333	0.500	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Muy malo	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Malo	0.333	1.000	2.000	3.000	5.000
Regular	0.200	0.500	1.000	2.000	3.000
Bueno	0.143	0.333	0.500	1.000	2.000
Muy bueno	0.111	0.200	0.333	0.500	1.000
suma	1.787	5.033	8.833	13.500	20.000
1/suma	0.560	0.199	0.113	0.074	0.050

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	Vector Priorización
Muy malo	0.560	0.596	0.566	0.519	0.450	0.538
Malo	0.187	0.199	0.226	0.222	0.250	0.217
Regular	0.112	0.099	0.113	0.148	0.150	0.125
Bueno	0.080	0.066	0.057	0.074	0.100	0.075
Muy bueno	0.062	0.040	0.038	0.037	0.050	0.045
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.746		0.538		5.105
1.098	÷	0.217	=	5.065
0.627		0.125		5.037
0.377		0.075		5.008
0.228		0.045		5.022

$$\lambda_{max} = 5.047$$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0118$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0106$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Estado de Conservación de la Carretera	Peso Ponderado:	0.297
Descriptores	DEC-1	MUY MALO: Presenta deterioros. Escasa señalización de seguridad vial, no presenta señalizaciones sobre la existencia de fenómenos naturales por geodinámica externa. Las obras de drenaje se encuentran en mal estado y en su gran mayoría se encuentran bloqueadas por material procedente de los deslizamientos.	PEC-1	0.538
	DEC-2	MALO: No reciben mantenimiento regular, cuya estructura acusa deterioros que se comprometen a muchos peligros, tienen visibles desperfectos.	PEC-2	0.217
	DEC-3	REGULAR: Reciben mantenimiento esporádico.	PEC-3	0.125
	DEC-4	BUENO: Reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros daños.	PEC-4	0.075
	DEC-5	MUY BUENO: Reciben mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno.	PEC-5	0.045

Donde:

DEC-1, DEC-2, DEC-3, DEC-4 y DEC-5: Descriptores del parámetro Estado de Conservación de la Carretera

PEC-1, PEC-2, PEC-3, PEC-4 y PEC-5: Pesos de los descriptores

Anexo 22: Ponderación de los descriptores del parámetro material de la carretera (fragilidad económica).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO MATERIAL DE LA CARRETERA

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * Sin afirmar
- * Suelo natural mejorado con grava natural seleccionada
- * Afirmado (tierra) mejorada con grava seleccionada por zarandeo
- * Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
- * Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado.

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Sin afirmar	Suelo natural mejorado con grava natural seleccionada	Afirmado (tierra) mejorada con grava seleccionada por zarandeo	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado
Sin afirmar	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
Suelo natural mejorado con grava natural seleccionada	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
Afirmado (tierra) mejorada con grava seleccionada por zarandeo	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000
Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm	0.250	0.333	0.500	1.000	3.000
Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado	0.200	0.200	0.333	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptores	Sin afirmar	Suelo natural mejorado con grava natural seleccionada	Afirmado (tierra) mejorada con grava seleccionada por zarandeo	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado
Sin afirmar	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
Suelo natural mejorado con grava natural seleccionada	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
Afirmado (tierra) mejorada con grava seleccionada por zarandeo	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000
Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm	0.250	0.333	0.500	1.000	3.000
Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado	0.200	0.200	0.333	0.333	1.000
suma	2.283	4.033	6.833	10.333	17.000
1/suma	0.438	0.248	0.146	0.097	0.059

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptores	Sin afirmar	Suelo natural mejorado con grava natural seleccionada	Afirmado (tierra) mejorada con grava seleccionada por zarandeo	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado	Vector Priorización (Ponderación)
Sin afirmar	0.438	0.496	0.439	0.387	0.294	0.411
Suelo natural mejorado con grava natural seleccionada	0.219	0.248	0.293	0.290	0.294	0.269
Afirmado (tierra) mejorada con grava seleccionada por zarandeo	0.146	0.124	0.146	0.194	0.176	0.157
Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm	0.109	0.083	0.073	0.097	0.176	0.108
Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado	0.088	0.050	0.049	0.032	0.059	0.055
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.128	÷	0.411	=	5.180
1.389		0.269		5.167
0.810		0.157		5.152
0.545		0.108		5.059
0.280		0.055		5.047

$$\lambda_{max} = 5.121$$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0303$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0271$$

Ok

$$RC < 0.1$$

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro	Material de la Carretera	Peso Ponderado:	0.164
Descriptores	DMC-1	Sin afirmar	PMC-1
	DMC-2	Suelo natural mejorado con grava natural seleccionada	PMC-2
	DMC-3	Afirmado (tierra) mejorada con grava seleccionada por zarandeo	PMC-3
	DMC-4	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm	PMC-4
	DMC-5	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado	PMC-5
			0.411
			0.269
			0.157
			0.108
			0.055

Donde:

DMC-1, DMC-2, DMC-3, DMC-4 y DMC-5: Descriptores del parámetro Material de la Carretera

PMC-1, PMC-2, PMC-3, PMC-4 y PMC-5: Pesos de los descriptores

Anexo 23: Ponderación de los descriptores del parámetro material de la carretera (resiliencia económica).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA DESOCUPADA

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo	Bajo acceso y poca permanencia a un puesto de trabajo	Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo	Acceso y permanencia a un puesto de trabajo	Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo
Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
Bajo acceso y poca permanencia a un puesto de trabajo	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000
Acceso y permanencia a un puesto de trabajo	0.250	0.333	0.500	1.000	3.000
Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo	0.200	0.200	0.333	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo	Bajo acceso y poca permanencia a un puesto de trabajo	Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo	Acceso y permanencia a un puesto de trabajo	Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo
Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
Bajo acceso y poca permanencia a un puesto de trabajo	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000
Acceso y permanencia a un puesto de trabajo	0.250	0.333	0.500	1.000	3.000
Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo	0.200	0.200	0.333	0.333	1.000
suma	2.283	4.033	6.833	10.333	17.000
1/suma	0.438	0.248	0.146	0.097	0.059

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo	Bajo acceso y poca permanencia a un puesto de trabajo	Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo	Acceso y permanencia a un puesto de trabajo	Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo	Vector Priorización (Ponderación)
Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo	0.438	0.496	0.439	0.387	0.294	0.411
Bajo acceso y poca permanencia a un puesto de trabajo	0.219	0.248	0.293	0.290	0.294	0.269
Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo	0.146	0.124	0.146	0.194	0.176	0.157
Acceso y permanencia a un puesto de trabajo	0.109	0.083	0.073	0.097	0.176	0.108
Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo	0.088	0.050	0.049	0.032	0.059	0.055
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.128		0.411		5.180
1.389	÷	0.269	=	5.167
0.810		0.157		5.152
0.545		0.108		5.059
0.280		0.055		5.047

$\lambda_{max} = 5.121$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0303$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0271$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Población Económicamente Activa Desocupada	Peso Ponderado:	0.633
Descriptores	DPEAD-1	Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo. Escasa demanda de mano de obra para las actividades económicas. Escaso nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con serias limitaciones socioeconómicas.	PPEAD-1	0.411
	DPEAD-2	Bajo acceso y poca permanencia a un puesto de trabajo. Poca demanda de mano de obra para las actividades económicas. Bajo nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con limitaciones socioeconómicas.	PPEAD-2	0.269
	DPEAD-3	Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Demanda de mano de obra para actividades económicas. Regular nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con regulares posibilidades socioeconómicas.	PPEAD-3	0.157
	DPEAD-4	Acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Demanda de mano de obra para las actividades económicas. Regular nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con posibilidades socioeconómicas.	PPEAD-4	0.108
	DPEAD-5	Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Alta demanda de mano de obra para las actividades económicas. Alto nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con altas posibilidades socioeconómicas.	PPEAD-5	0.055

Donde:

DPEAD-1, DPEAD-2, DPEAD-3, DPEAD-4 y DPEAD-5: Descriptores del parámetro Población Económicamente Activa Desocupada
 PPEAD-1, PPEAD-2, PPEAD-3, PPEAD-4 y PPEAD-5: Pesos de los descriptores

Anexo 24: Ponderación de los descriptores del parámetro ingreso promedio familiar (resiliencia económica).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO INGRESO PROMEDIO FAMILIAR

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * Menor a 1025
- * 1025 - 1500
- * 1500 - 2500
- * 2500 - 3000
- * Mayor a 3000

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptores	Menor a 1025	1025 - 1500	1500 - 2500	2500 - 3000	Mayor a 3000
Menor a 1025	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
1025 - 1500	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
1500 - 2500	0.333	0.500	1.000	3.000	5.000
2500 - 3000	0.200	0.333	0.333	1.000	3.000
Mayor a 3000	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	Menor a 1025	1025 - 1500	1500 - 2500	2500 - 3000	Mayor a 3000
Menor a 1025	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
1025 - 1500	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
1500 - 2500	0.333	0.500	1.000	3.000	5.000
2500 - 3000	0.200	0.333	0.333	1.000	3.000
Mayor a 3000	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000
suma	2.176	4.033	6.533	12.333	21.000
1/suma	0.460	0.248	0.153	0.081	0.048

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	Menor a 1025	1025 - 1500	1500 - 2500	2500 - 3000	Mayor a 3000	Vector Priorización
Menor a 1025	0.460	0.496	0.459	0.405	0.333	0.431
1025 - 1500	0.230	0.248	0.306	0.243	0.238	0.253
1500 - 2500	0.153	0.124	0.153	0.243	0.238	0.182
2500 - 3000	0.092	0.083	0.051	0.081	0.143	0.090
Mayor a 3000	0.066	0.050	0.031	0.027	0.048	0.044
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.242		0.431		5.206
1.323	÷	0.253	=	5.229
0.943		0.182		5.170
0.453		0.090		5.044
0.223		0.044		5.049

$\lambda_{max} = 5.140$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

IC = 0.0349

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

RC = 0.0313
Ok
 $RC < 0.1$

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Ingreso Promedio Familiar	Peso Ponderado:	0.260
Descriptores	DIPF-1	Menor a 1025	PIPF-1	0.431
	DIPF-2	1025 - 1500	PIPF-2	0.253
	DIPF-3	1500 - 2500	PIPF-3	0.182
	DIPF-4	2500 - 3000	PIPF-4	0.090
	DIPF-5	Mayor a 3000	PIPF-5	0.044

Donde:

DIPF-1, DIPF-2, DIPF-3, DIPF-4 y DIPF-5: Descriptores del parámetro Ingreso Promedio Familiar

PIPF-1, PIPF-2, PIPF-3, PIPF-4 y PIPF-5: Pesos de los descriptores

Anexo 25: Ponderación de los descriptores del parámetro ingreso promedio familiar (resiliencia económica).

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO INGRESO PROMEDIO FAMILIAR

Descriptores (Se ordenan del mas desfavorable al menos desfavorable)

- * D1: Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales no presentan efectividad en su gestión, cuentan con la desaprobación popular y muestran índices de gestión deficientes y trabajo poco coordinado.
- * D2: Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan poca efectividad en su gestión, generan desprestigio y desaprobación popular. Muestran algunos índices de gestión de eficiencia, pero en casos aislados.
- * D3: Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan un nivel estándar de efectividad en su gestión, ya que tienen un apoyo popular que les permite gobernar con tranquilidad, muestran algunos índices de gestión de eficiencia.
- * D4: Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan un nivel eficiente de efectividad en su gestión, dado que tienen apoyo popular que les permite gobernar con tranquilidad, muestran índices interesantes de gestión de eficiencia.
- * D5: Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales tienen un nivel eficiente de efectividad en su gestión. Tienen apoyo total de la población y empresas privadas.

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Descriptor	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
D2	0.500	1.000	3.000	3.000	5.000
D3	0.333	0.333	1.000	2.000	3.000
D4	0.200	0.333	0.500	1.000	2.000
D5	0.143	0.200	0.333	0.500	1.000

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Descriptor	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
D2	0.500	1.000	3.000	3.000	5.000
D3	0.333	0.333	1.000	2.000	3.000
D4	0.200	0.333	0.500	1.000	2.000
D5	0.143	0.200	0.333	0.500	1.000
suma	2.176	3.867	7.833	11.500	18.000
1/suma	0.460	0.259	0.128	0.087	0.056

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

Descriptor	D1	D2	D3	D4	D5	Vector Priorización (Ponderación)
D1	0.460	0.517	0.383	0.435	0.389	0.437
D2	0.230	0.259	0.383	0.261	0.278	0.282
D3	0.153	0.086	0.128	0.174	0.167	0.142
D4	0.092	0.086	0.064	0.087	0.111	0.088
D5	0.066	0.052	0.043	0.043	0.056	0.052
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

→ Hallando λ_{max}

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		λ_{max}
2.228	÷	0.437	=	5.102
1.448		0.282		5.134
0.712		0.142		5.034
0.444		0.088		5.042
0.262		0.052		5.054

$\lambda_{max} = 5.073$

→ Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0183$$

→ Hallando la relación de Consistencia (RC)

Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde “n” es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.0164$$

Ok

RC < 0.1

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

Parámetro		Organización y Capacitación Institucional	Peso Ponderado:	0.106
Descriptores	DO-1	Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales no presentan efectividad en su gestión, cuentan con la desaprobación popular y muestran índices de gestión deficientes y trabajo poco coordinado.	PO-1	0.437
	DO-2	Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan poca efectividad en su gestión, generan desprestigio y desaprobación popular. Muestran algunos índices de gestión de eficiencia, pero en casos aislados.	PO-2	0.282
	DO-3	Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan un nivel estándar de efectividad en su gestión, ya que tienen un apoyo popular que les permite gobernar con tranquilidad, muestran algunos índices de gestión de eficiencia.	PO-3	0.142
	DO-4	Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan un nivel eficiente de efectividad en su gestión, dado que tienen apoyo popular que les permite gobernar con tranquilidad, muestran índices interesantes de gestión de eficiencia.	PO-4	0.088
	DO-5	Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales tienen un nivel eficiente de efectividad en su gestión. Tienen apoyo total de la población y empresas privadas.	PO-5	0.052

Donde:

DO-1, DO-2, DO-3, DO-4 y DO-5: Descriptores del parámetro Organización y Capacitación Institucional

PO-1, PO-2, PO-3, PO-4 y PO-5: Pesos de los descriptores

Anexo 26: Operacionalización de variables.

Variable	Indicadores	Sub indicadores	Índice	Instrumento
Independiente: Peligrosidad y vulnerabilidad de la carretera Celendín-Llangat.	Peligro	Peligros de geodinámica externa y Peligros hidrometeorológicos.	Muy alta, Alta, Media y Baja.	INGEMMET, SIGRID, GEOCATMIN, Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales (CENEPRED) y SENAMHI.
	Vulnerabilidad	Exposición, Fragilidad y Resiliencia	Muy alta, Alta, Media y Baja	Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales (CENEPRED), INEI y Manual de conservación vial
Dependiente: Mapa de peligrosidad y vulnerabilidad	Medidas de prevención y reducción de riesgo	Medidas estructurales y no estructurales	-	Software ArcGIS 10.8

Anexo 27: Matriz de consistencia.

Título	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Diseño de la investigación
Análisis y Elaboración de un Mapa de Vulnerabilidad y Peligrosidad Mediante el Uso del software ArcGIS en La Carretera Celendín-Llanguat, 2022	¿De qué manera el análisis y la elaboración de un mapa de vulnerabilidad y peligrosidad mediante el uso del software ArcGIS en la carretera Celendín - Llanguat 2022, contribuye a identificar geográficamente los peligros y las zonas vulnerables generados por fenómenos de origen natural?	General	El Análisis y la elaboración de un mapa de vulnerabilidad y peligrosidad mediante el uso del software ArcGIS en la carretera Celendín - Llanguat, contribuye a identificar geográficamente los peligros y las zonas vulnerables generados por fenómenos de origen natural	Dependiente	Medidas de prevención y mitigación de riesgos Plan de contingencia	Enfoque: Cualitativa
		Específicos		Independiente		
		○ Estimar los niveles de peligrosidad ocasionados por los deslizamientos en el tramo de carretera Celendín-Llanguat.			Nivel: Descriptivo	
		○ Identificar los niveles de peligrosidad ocasionados por las precipitaciones fluviales en el tramo de carretera Celendín-Llanguat.				Diseño: Transversal o Transeccional

-
- Identificar los niveles de vulnerabilidad de la población, del tramo de carretera Celendín-Llangat.
 - Plantear medidas de mitigación y/o prevención en relación a los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad.
-

Anexo 28: Matriz de Clasificación de las variables

Variables	Relación	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
Peligrosidad y vulnerabilidad de la carretera Celendín-Llangat.	Independiente	Cualitativa	Intervalos o rangos	Unidimensional	Indirecta

Anexo 29: Panel fotográfico.

Figura 28

Sector Shusuro, carretera Celendín – Llanguat afectado por flujo de detritos y deslizamientos en la plataforma de la carretera



Figura 29

Plataforma en mal estado debido al desprendimiento del talud inestable



Figura 30

Deslizamiento en el km 104 + 900 m en el sector Shusuro



Figura 31

Caída de rocas y derrumbes en el sector Los Blancos, que involucra un substrato sedimentario de mala calidad



Figura 32

Presencia de asentamiento en el talud inferior sector el Nogal por proceso de deslizamiento activo



Figura 33

Macizo rocoso de la Formación Chúlec donde se aprecian los estratos de calizas intercalados con lutitas calcáreas



Figura 34

Presencia de lutitas grises con intercalación de calizas de Formación Santa perteneciente al Grupo Goyllarisquizga



Figura 35

Lutitas ferruginosas pertenecientes a la Formación Chota en contacto con depósitos aluviales



Figura 36

Vista del deslizamiento del sector Los Blancos, lugar de un depósito aluvial reciente. Ubicación: E: 813884.299; N: 9244188.443; Z: 2511.195 (Localidad de Shusuro)



Figura 37

Depósito coluvio - deluvial reciente. Ubicación: E: 815403.201, N: 9241588.566; Z: 2612.45

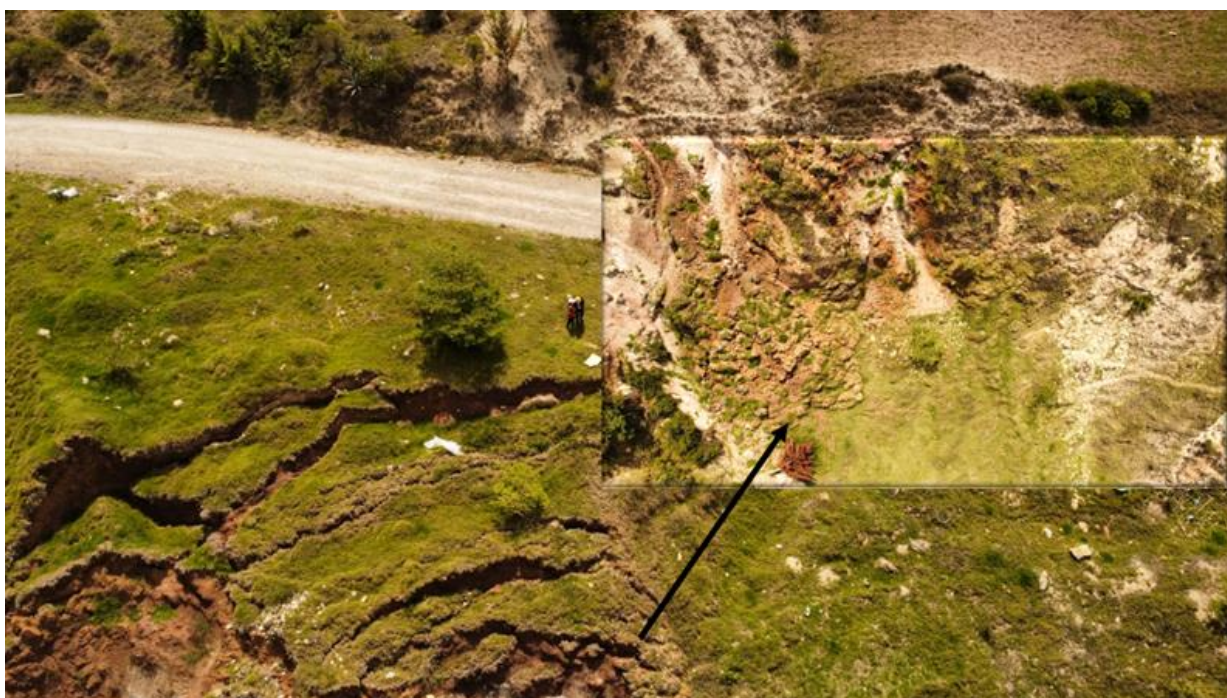


Figura 38

Depósitos proluviales que han afectado la carretera Celendín – Llanguat (sector Shusuro - Localidad de Shusuro)



Figura 39

Depósitos proluviales que han afectado la carretera Celendín – Llanguat (sector Los Carrizos - Localidad de Yanasamana)



Figura 40

Depósitos proluviales que han afectado a la Carretera Celendín – Llanguat en la localidad de Yanaquero



Figura 41

Acumulación de bloques, cantos, gravas y en su menor cantidad (gránulos, arenas, limos y arcillas) producto de un flujo de detritos en la quebrada El Oso, localidad de Yanaquero. Ubicación: E: 812381.783; N: 9247950.925; Z: 1832.369



Figura 42

Presencia de deslizamiento en el talud sector Llanguat



Figura 43

Establecimiento de la base para el levantamiento de puntos de las zonas críticas (parte alta)



Figura 44

Establecimiento de la base para el levantamiento de puntos de las zonas críticas (parte baja)



Figura 45

Levantamiento de punto de la zona critica Shusuro mediante el uso del Rover – sistema RTK



Figura 46

Levantamiento de punto de la zona critica Shusuro mediante el uso del Rover – sistema RTK



Figura 47

Deterioro del baden producto del socavamiento del talud por infiltración del agua



Figura 48

Vivienda aledaña a la carretera



Figura 49

Vivienda aledaña a la quebrada Los Carrizos, expuesta a un peligro muy alto



Figura 50

Zona crítica Los Morados, con peligrosidad alta a deslizamientos y caída de rocas



Figura 51

Acumulación de rocas (Los Moradas)



Figura 52

Depósitos suelos ocasionados por deslizamientos



Figura 53

Vivienda aledaña a la carretera – Llanguat



Figura 54

Zona crítica Quebrada del oso



Anexo 30: Mapas