

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL: DE INGENIERÍA CIVIL**



**Tesis**

**Evaluación del peligro por inundaciones pluvial en la quebrada de Ullpuhuaycco: una perspectiva basada en los factores condicionantes y desencadenantes,**

**Abancay, 2023.**

Asesor:

Ing. Saavedra Ore, Danilo

Autor:

Leon Vilcas, Cristhian

Para optar el Título Profesional de: Ingeniero Civil

Abancay- Apurímac – Perú

2025

# Acta de sustentación



**Universidad  
Tecnológica de los Andes**

*Transformando vidas*



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 050

En la ciudad de Abancay, a los 15 días del mes de agosto del 2025, siendo las 11:00 am horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0672-2025- EPIC-FI-UTEA-SA de fecha 12 de agosto del 2025, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente :	MS.c. Ing. Maldonado Mendivil, Angel
Dictaminante :	Dra. Vera Teves, Rosa Marina
Replicante :	Ing. Gamarra Mota, Rubén

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis  Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

**Evaluación del peligro por inundaciones pluvial en la quebrada de Ullpuhuaycco:  
Una perspectiva basada en los factores condicionantes y desencadenantes,  
Abancay, 2023**

Desarrollado por las (los) Bachilleres (es):

**Br: Leon Vilcas, Cristhian**

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: Unanimidad  
(Unanimidad o Mayoría) (\*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
<b>Leon Vilcas, Cristhian</b>	<b>Aprobado</b>

Siendo las 12:16m horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: MS.c. Ing. Maldonado Mendivil, Angel

Dictaminante: Dra. Vera Teves, Rosa Marina

Replicante: Ing. Gamarra Mota, Rubén

Abancay 21 de agosto del 2025

Se expide la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 345

(\*): Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.  
(\*\*): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado-Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES  
Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559  
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251565  
Filial Andahuaylas, Av. Juan Antonio Trelles N° 513 Teléfono (083) 421752  
[www.utea.edu.pe](http://www.utea.edu.pe)

# Reporte de similitud

## Cristhian León Vilcas

### TESIS EN ARCHIVO WORD (Completo, INCLUYE ANEXOS) ok

Revisión-tesis-C/D

#### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:541193095

Fecha de entrega

16 dic 2025, 8:47 GMT-5

Fecha de descarga

16 dic 2025, 8:52 GMT-5

Nombre del archivo

TESIS EN ARCHIVO WORD (Completo, INCLUYE ANEXOS) ok.docx

Tamaño del archivo

27.9 MB

109 páginas

18.958 palabras

106.842 caracteres



Página 2 de 123 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid:::3117:541193095

## 21% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

#### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

#### Fuentes principales

18%  Fuentes de Internet

5%  Publicaciones

17%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

#### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## Metadatos

Datos del Autor	
Apellidos y Nombres	: Leon Vilcas, Cristhian
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Número de Documento de Identidad	: 45621247
URL ORCID	: <a href="https://orcid.org/0009-0000-0733-8918">https://orcid.org/0009-0000-0733-8918</a>
Datos del Asesor	
Apellidos y Nombres	: Ing. Saavedra Ore, Danilo
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Número de Documento de Identidad	: 72846839
URL ORCID	: <a href="https://orcid.org/0000-0002-1757-9616">https://orcid.org/0000-0002-1757-9616</a>
Datos de la investigación	
Facultad	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Ingeniería Civil
Línea de Investigación	: Gestión de la Infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	: 2023-2025
Fuente de financiamiento	: Autofinanciado
Porcentaje de similitud	: 21%
URL de OCDE	: <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford# 2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford# 2.01.01</a>

## **Dedicatoria**

La presente investigación dedico en especial a mi padre que descansa en paz y en el cielo esta junto a su hijo mayor mi hermano mayor Justo German León y también alado del señor padre celestial Dios, mi Padre quien fue el Sr. German León Torres es el que me enseñó la disciplina y la perseverancia del trabajo con mucha honestidad y a mi madre la Sra. Leonor Vilcas Peralta quien me inculco y puso el primer cimiento de valores y honestidad que ahora soy el hombre de bien por eso agradezco a los dos y también a dios por haberme dado la dicha de darme esos padre muy maravillosos, a mi familia por su paciencia y apoyo; asimismo, colegas y docentes que contribuyeron con su conocimiento y orientación para la conclusión de mi investigación.

## **Agradecimiento**

Agradezco profundamente a la UTEA y a los docentes de mi escuela profesional quienes compartieron su conocimiento y sin ello no hubiese sido posible este logro. Su orientación ha sido fundamental para este trabajo.

## Resumen

La investigación "Evaluación del peligro por inundación pluvial en la quebrada de Ullpuhuaycco: Una perspectiva basada en los factores condicionantes y desencadenantes, Abancay, 2023" tuvo como finalidad determinar el nivel de peligro por inundaciones pluviales considerando factores geomorfológicos, geológicos, geotécnicos y climatológicos. Para ello, se empleó una metodología basada en análisis geomorfológicos, modelación hidráulica y evaluación de precipitaciones, utilizando software especializado como HEC-RAS y HEC-HMS.

Se emplearon técnicas que ayudaron a analizar la altura de flujo, las pendientes, las unidades geomorfológicas, las litológicas, cobertura vegetal y los límites de precipitación.

Los hallazgos muestran que el nivel de peligro es alto en áreas con precipitaciones superiores a 860 mm, siendo las pendientes pronunciadas y las unidades geomorfológicas los factores más influyentes. Las características geológicas y geotécnicas, como las unidades litológicas y la cobertura vegetal, tienen un impacto moderado, ya que afectan la infiltración y escorrentía. Sin embargo, los umbrales de precipitación son determinantes: precipitaciones menores a 700 mm presentan bajo riesgo, mientras que niveles superiores incrementan significativamente el peligro.

En la Investigación se concluye que las áreas con pendientes pronunciadas y características geomorfológicas específicas son más vulnerables, mientras que las condiciones geológicas y climáticas modulan el nivel de peligro. Esta investigación proporciona información crucial para manejar el riesgo por inundación, apoyando la toma de decisiones para la aplicación de acciones preventivas y adaptativas en la región.

**Palabras claves:** peligro, factor condicionante, factor desencadenante

## **Abstract**

The research "Assessment of pluvial flood hazard in the Ullpuhuaycco gully: The study "Assessment of pluvial flood hazard in the Ullpuhuaycco gully: A perspective based on conditioning and triggering factors, Abancay, 2023" aimed to determine the level of pluvial flood hazard by considering geomorphological, geological, geotechnical, and climatological factors. To this end, a methodology based on geomorphological analyzes, hydraulic modeling, and precipitation assessment was employed, using specialized software such as HEC-RAS and HEC-HMS.

Techniques were employed to analyze flow depth, slopes, geomorphological units, lithological units, vegetation cover, and precipitation thresholds.

The findings show that the hazard level is high in areas with rainfall exceeding 860 mm, with steep slopes and geomorphological units being the most influential factors. Geological and geotechnical characteristics, such as lithological units and vegetation cover, have a moderate impact, as they affect infiltration and runoff. However, precipitation thresholds are decisive: rainfall below 700 mm poses a low risk, while higher levels significantly increase the hazard.

The research concludes that areas with steep slopes and specific geomorphological features are more vulnerable, while geological and climatic conditions modulate the level of hazard. This research provides crucial information for managing flood risk, supporting decision-making for the implementation of preventive and adaptive actions in the region.

**Keywords:** danger, predisposing factor, triggering factor

## Índice

Portada.....	i
Acta de sustentación.....	ii
Reporte de similitud .....	iii
Metadatos.....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
Índice.....	ix
Índice de Tablas .....	xii
Índice de Anexos .....	xiv
Acrónimos.....	xv
I. Introducción .....	16
II. Planteamiento del Problema .....	18
2.1. Descripción y formulación de problema .....	18
2.1.1. Descripción.....	18
2.1.2. Formulación del Problema de investigación.....	19
2.2. Objetivos .....	19
2.2.1. Objetivo General.....	19
2.2.2. Objetivos Específicos .....	19
2.3. Justificación e Importancia.....	19
2.4. Hipótesis.....	22
2.5. Variables .....	23
III. Marco Teórico .....	24
3.1. Antecedentes.....	24
3.1.1. Antecedentes internacionales.....	24

3.1.2.	Antecedentes Nacionales .....	25
3.1.3.	Antecedentes Locales .....	27
3.2.	Bases teóricas .....	27
3.2.1.	Riesgo de desastres .....	28
3.2.2.	Evaluación del riesgo de desastres .....	29
3.2.3.	Peligro por inundaciones .....	30
3.2.4.	Importancia de la evaluación del riesgo de desastres.....	30
3.2.5.	Factores condicionantes del riesgo de desastres .....	31
3.2.6.	Factores desencadenantes del riesgo de desastres .....	33
3.2.7.	Alerta temprana: .....	35
3.2.8.	Coordinación interinstitucional: .....	35
3.2.9.	Educación y concientización:.....	36
3.2.10.	Evaluación de riesgo:.....	36
3.2.11.	Planificación urbana resiliente:.....	36
IV.	Metodología .....	37
4.1.	Tipo y nivel de investigación .....	37
4.2.	Ámbito temporal y espacial.....	39
4.3.	Población y muestra .....	39
4.4.	Instrumentos.....	40
4.5.	Procesamientos.....	41
4.6.	Análisis de datos .....	43
4.7.	Consideraciones éticas.....	43
V.	Resultados y Discusión .....	44
5.1.	Análisis de Datos y Resultados.....	44
5.1.	Análisis de Datos y Resultados.....	44
5.1.1.	Análisis de factores condicionantes .....	44
5.1.2.	Análisis de factores desencadenantes.....	61
5.1.3.	Determinación del nivel de peligro .....	70

5.2. Discusión de Resultados .....	76
VI. Conclusiones.....	78
VII. Recomendaciones .....	79
VIII. Referencias.....	80
IX. Anexos.....	84

## Índice de Tablas

Tabla 1 escala ordinal de comparación.....	41
Tabla 2 Matriz de comparación de pares para los factores condicionantes.....	45
Tabla 3 Matriz de normalización para los factores condicionantes.....	46
Tabla 4 Relacion de Consistencia Vector de suma de ponderado para los factores condicionantes.....	47
Tabla 5 Determinación de descriptores para el factor condicionante: pendiente .....	48
Tabla 6 Matriz de comparación de para el factor condicionante: pendiente .....	48
Tabla 7 Matriz de normalización para el factor condicionante: pendiente.....	49
Tabla 8 Vector de suma de ponderado para el factor condicionante: pendiente .....	50
Tabla 9 Descriptores para el factor condicionante: geomorfología .....	51
Tabla 10 Matriz de comparación de pares para el factor condicionante: geomorfología ..	52
Tabla 11 Matriz de normalización para el factor condicionante: geomorfología .....	52
Tabla 12 Vector de suma de ponderado para el factor condicionante: geomorfología .....	53
Tabla 13 Descriptores para el factor condicionante: litología .....	54
Tabla 14 Matriz de comparación de pares para el factor condicionante: litología.....	55
Tabla 15 Matriz de normalización para el factor condicionante: litología.....	56
Tabla 16 Vector de suma de ponderado para el factor condicionante: litología.....	57
Tabla 17 Descriptores para el factor condicionante: cobertura vegetal .....	59
Tabla 18 Matriz de comparación de pares para el factor condicionante: cobertura vegetal.	59
Tabla 19 Matriz de normalización para el factor condicionante: cobertura vegetal.....	60
Tabla 20 Vector de suma de ponderado para el factor condicionante: cobertura vegetal.	61
Tabla 21 Ponderación del Factor desencadenante : umbrales de precipitación (mm)...	64
Tabla 22 Matriz comparación de pares para el factor desencadenante: umbrales de precipitación .....	64
Tabla 23 Matriz de normalización de pares para el factor desencadenante: umbrales de precipitación .....	65

Tabla 24 Relación de consistencia vector de pares para el factor desencadenante: umbrales de precipitación .....	66
Tabla 25 Ponderación del Factor desencadenante : umbrales de precipitación (mm)...	67
Tabla 26 Matriz comparación de pares para el factor desencadenante: umbrales de precipitación .....	67
Tabla 27 Matriz de normalización de pares para el factor desencadenante: umbrales de precipitación .....	68
Tabla 28 Relación de consistencia vector de pares para el factor desencadenante: umbrales de precipitación .....	69
Tabla 29 Resumen de variables .....	70
Tabla 30 Pesos de nivel 1.....	72
Tabla 31 Pesos de nivel 2.....	72
Tabla 32 Pesos de nivel 3.....	72
Tabla 33 Peso de los factores condicionantes .....	72
Tabla 34 peso de factores desencadenantes.....	73
Tabla 35 Matriz de peligro .....	74
Tabla 36 Niveles de peligro.....	74
Tabla 37 Definición de escenario.....	75

## Índice de Anexos

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables.....	85
Anexo 2: Matriz de Consistencia.....	86
Anexo 3: Panel fotográfico.....	87
Anexo 4: Mapa de geomorfología.....	96
Anexo 5: Mapa de pendientes.....	97
Anexo 6: Mapa de geología.....	98
Anexo 7: Mapa de cobertura vegetal.....	99
Anexo 8: Mapa de precipitaciones.....	100
Anexo 9: Mapa de determinación del peligro.....	101
Anexo 10: Mapa de Geometría Quebrada Ullpuhuaycco.....	102
Anexo 11: Mapa de Velocidad de Flujo Quebrada Ullpuhuaycco.....	103
Anexo 12: Mapa de altura de Inundación Quebrada Ullpuhuaycco.....	104
Anexo 13: Mapa de Niveles de Peligro de Velocidad de Fuljo Quebrada Ullpuhuaycco.....	105
Anexo 14: Mapa de Niveles de Peligro de Inundación Quebrada Ullpuhuaycco.....	106

## **Acrónimos**

1. **GIS:** Geographic Information System (GIS) de ESRI
2. **DEM:** Digital Elevation Model
3. **HIDRO:** Hidrología (generalmente utilizado en el contexto de estudios hidrológicos)
4. **USGS:** United States Geological Survey
5. **GIS:** Geographic Information System
6. **PR:** Precipitación (a menudo utilizado en el contexto de datos meteorológicos)
7. **CP:** Caudal Promedio

## I. INTRODUCCIÓN

La investigación "Evaluación del peligro por inundación pluvial en la quebrada de Ullpuhuaycco: Una perspectiva basada en los factores condicionantes y desencadenantes, Abancay, 2023" aborda el creciente desafío de las inundaciones pluviales en la región de Ullpuhuaycco, Abancay. La presente investigación está estrechamente relacionado al concepto de Oliver-Smith (1999) destaca que el entendimiento de las dinámicas culturales y sociales que pueden afectar la percepción y reacción ante los riesgos, así como el conocimiento local, son esenciales para que las estrategias de gestión del riesgo de desastres sean efectivas.

La presente investigación resalta las inundaciones son fenómenos naturales que, agravados por factores antropogénicos y climáticos, han puesto en peligro la integridad y la infraestructura de la población. La problemática central de esta investigación se aboca en conocer el nivel de peligro de las inundaciones pluviales en la quebrada, analizando cómo factores condicionantes (la geomorfología, la geología y el clima) interactúan con factores desencadenantes para influir en el peligro por inundación.

Los objetivos de la tesis incluyen identificar las características geomorfológicas, geológicas y climatológicas que afectan el nivel de peligro, proporcionando así una evaluación detallada del riesgo en la quebrada de Ullpuhuaycco.

La hipótesis planteada sugiere que las características geomorfológicas y climatológicas específicas, junto con las condiciones geológicas y geotécnicas, determinan de manera significativa la magnitud del peligro por inundación. Para abordar esta hipótesis, la investigación contiene capítulos que comienzan con la descripción de la problemática y la justificación del estudio, seguidos por un marco teórico detallado que incluye antecedentes internacionales y locales relevantes. La metodología aplicada incluye el uso de la matriz de Saaty para el análisis de factores condicionantes y desencadenantes, así como análisis cuantitativos y cualitativos de datos hidrológicos y geomorfológicos. Los resultados obtenidos ofrecen una visión comprensiva del peligro por inundación y permiten desarrollar recomendaciones prácticas para la GRD.

La tesis está estructurada en capítulos que abordan aspectos específicos del estudio. El Capítulo I introduce el problema, define los objetivos, justifica la investigación desde perspectivas teórica, metodológica y social, y delimita el alcance espacial, temporal, social y conceptual del estudio. El Capítulo II proporciona el marco teórico con antecedentes esenciales y teorías sobre riesgo de desastres y factores que afectan el peligro por inundaciones. El Capítulo III detalla la metodología, incluyendo hipótesis, métodos, técnicas de obtención de datos, y el procesamiento estadístico. El Capítulo IV presenta los resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones del estudio.

## **II. Planteamiento del Problema**

### **2.1. Descripción y formulación de problema**

#### **2.1.1. Descripción**

Durante el mes de marzo de 2023, las noticias han informado sobre los graves desastres causados por las lluvias intensas en diversas zonas. Se han registrado la reaparición de ríos y quebradas que se creían extintos o improbables de resurgir con tanta fuerza, así como desbordamientos, colapsos de desagües, derrumbes de viviendas y pérdidas considerables de bienes, animales domésticos y, lamentablemente, también vidas humanas. Este fenómeno ha sido bautizado formalmente como "CICLÓN YAKU". El director del IHMA ha explicado que esto se debe a una alteración en el tránsito atmosférico del Pacífico que generalmente no tiene consecuencias, pero que actualmente se encuentra a solo seis kilómetros de la costa peruana, lo que está afectando gravemente a la región. Además, hay otros factores que están intensificando las lluvias, lo que está aumentando la evaporación, según (Soto, 2023).

La quebrada de Ullpuhuaycco es un área vulnerable a las inundaciones, y la evaluación del peligro por inundación es un elemento clave para la organización de medidas de mitigación y prevención de desastres. A pesar de las acciones hechas en el pasado para evaluar el peligro de inundación en la quebrada de Ullpuhuaycco, todavía existe una falta de comprensión detallada de los factores que influyen en la materialización de inundaciones.

Por lo tanto, la realidad problemática radica en la necesidad de elaborar un análisis exhaustivo de los factores clave que resuelven el nivel de peligro por inundación en la quebrada de Ullpuhuaycco, y cómo estos interactúan para la adición o disminución del peligro por inundación. Además, es necesario establecer un marco sólido para el análisis del peligro por inundación que tenga en cuenta los factores climáticos, geográficos, hidrológicos y socioeconómicos, para poder desarrollar estrategias efectivas de GRD en la quebrada de Ullpuhuaycco.

### **2.1.2. Formulación del Problema de investigación**

#### **Problema General**

- ¿Cuál es el nivel de peligro que existe por inundaciones pluvial en la quebrada de Ullpuhuaycco basada factores condicionantes y desencadenantes, Abancay?

#### **Problemas Específicos**

- a. ¿Cuáles son las características geomorfológicas que influyen en el nivel de peligro por inundación pluvial en la quebrada de Ullpuhuaycco?
- b. ¿Cuáles es la velocidad y altura de flujo que influyen en el nivel de peligro por inundación pluvial en la quebrada de Ullpuhuaycco?
- c. ¿Cuáles son las características climatológicas que influyen en el nivel de peligro por inundación pluvial en la quebrada de Ullpuhuaycco?

## **2.2. Objetivos**

### **2.2.1. Objetivo General**

- Determinar el nivel de peligro que existe por inundaciones pluvial en la quebrada de Ullpuhuaycco basada factores condicionantes y desencadenantes, Abancay

### **2.2.2. Objetivos Específicos**

- a. Identificar las características geomorfológicas que influyen en el nivel de peligro por inundación pluvial en la quebrada de Ullpuhuaycco
- b. Analizar la velocidad y altura de flujo que influyen en el nivel de peligro por inundación pluvial en la quebrada de Ullpuhuaycco
- c. Evaluar las características climatológicas que influyen en el nivel de peligro por inundación pluvial en la quebrada de Ullpuhuaycco

## **2.3. Justificación e Importancia**

La tesis en gestión del riesgo de desastres es crucial para evaluar los retos que representan los eventos adversos. Proporciona fundamentos teóricos para desarrollar

estrategias de prevención, preparación, respuesta y recuperación efectivas. Al analizar las interacciones entre amenazas naturales, vulnerabilidades sociales y sistemas humanos, la investigación en esta área colabora a la ejecución de políticas públicas más sólidas y medidas de reducción de riesgo que protegen la integridad, la infraestructura y el ambiente, fomentando así la resiliencia de las comunidades y la sostenibilidad.

### **Justificación metodológica**

La justificación metodológica de la investigación sobre el análisis del peligro de inundaciones en la quebrada de Ullpuhuaycco consiste en contar con una metodología rigurosa y sistemática para recopilar y analizar datos.

La justificación metodológica de una investigación de evaluación del riesgo de desastres radica en la necesidad de aplicar enfoques rigurosos y científicos para identificar, analizar y cuantificar los peligros y vulnerabilidades. Utilizando métodos como modelado, cartografía, análisis estadístico y técnicas participativas, se obtendrán datos precisos y comprensiones detalladas que respalden acciones informadas e implementación eficiente de medidas de reducción de riesgos, permitiendo así proteger a las comunidades, infraestructuras y ecosistemas frente a eventos catastróficos, maximizando la capacidad de adaptación y resistencia.

### **Justificación social**

La justificación social de la investigación sobre la evaluación del peligro de inundaciones en la quebrada de Ullpuhuaycco se basa en la urgencia de acorazar a la población y a la infraestructura de la zona ante la amenaza de inundaciones.

La quebrada de Ullpuhuaycco es una zona donde se han presentado inundaciones recurrentes, lo que ha generado importantes pérdidas económicas y humanas. Además, la población de la zona es vulnerable y sufre las consecuencias de los desastres naturales, por lo que es importante contar con medidas preventivas adecuadas que reduzcan los riesgos de inundaciones y minimicen el impacto de las mismas.

### **Viabilidad de la investigación**

La investigación sobre el análisis del peligro por inundaciones en la quebrada de Ullpuhuaycco es viable debido a varias razones:

**Disponibilidad de información:** Existe información disponible sobre la topografía, la vegetación, el empleo del suelo, la lluvia, entre otros que pueden influir en el peligro de inundaciones en la zona. Además, existen datos históricos de inundaciones que pueden ser utilizados para la investigación.

**Acceso al área de investigación:** La zona de estudio está ubicada en la región de Cusco, Perú, y es de fácil acceso. Además, se cuenta con la colaboración de las autoridades y organizaciones involucradas en la GR de inundación en la zona.

**Herramientas tecnológicas:** Se pueden utilizar herramientas tecnológicas como SIG y modelos hidrológicos para la reunir y analizar los datos.

**Relevancia social:** Es relevante socialmente ya que contribuirá a la protección de la vida y patrimonio de la zona ante la amenaza de inundaciones recurrentes.

En conclusión, la investigación es viable debido a la disponibilidad de información, acceso a la zona de estudio, herramientas tecnológicas y relevancia social.

### **Limitaciones de la Investigación**

**Disponibilidad limitada de datos:** Aunque hay información disponible, puede haber limitaciones en la cantidad o calidad de datos necesarios para la investigación. Esto puede afectar la precisión de resultados.

**Clima Inestable:** El clima está cambiando en todo el mundo, y esto puede afectar a los resultados hidrológicos de la modelación realizada en la investigación.

**Limitaciones técnicas:** Las herramientas tecnológicas utilizadas en la investigación, como los SIG y los modelos hidrológicos, pueden tener limitaciones técnicas que afecten la calidad de los resultados.

**Costo de la investigación:** La investigación puede requerir recursos financieros significativos para los análisis complejos, como la obtención de datos y la implementación de modelos hidrológicos.

Limitaciones de tiempo: Debido a la cantidad de datos y análisis necesarios para la investigación, el tiempo puede ser una limitación. La falta de tiempo puede afectar la precisión de los resultados o limitar el alcance de la investigación.

## **2.4. Hipótesis**

### **Hipótesis General**

- Existe un nivel significativo de peligro por inundaciones pluvial en la quebrada de Ullpuhuaycco basada en los factores condicionantes y desencadenantes, Abancay.

### **Hipótesis Específicas**

- a. Las características geomorfológicas que influyen significativamente en el nivel de peligro por inundación pluvial en la quebrada de Ullpuhuaycco
- b. la velocidad y altura de flujo influyen significativamente en el nivel de peligro por inundación pluvial en la quebrada de Ullpuhuaycco
- c. las características climatológicas que influyen significativamente en el nivel de peligro por inundación pluvial en la quebrada de Ullpuhuaycco.

## 2.5. Variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de Variables*

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES (SUB VARIABLES)	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Variable 1: Factores condicionantes y desencadenantes</b>	Factores condicionantes son elementos naturales o humanos que influyen en la evaluación del riesgo de desastres (Cardona et al., 2012).  Factores desencadenantes son eventos o condiciones que motivan la realización de una evaluación de riesgo de desastres (UNISDR, 2009).	Se miden en función de las características geomorfológicas, geológicas, geotécnicas y climatológicas de la cuenca.	Condicionantes: características geomorfológicas. Desencadenantes: características climatológicas, velocidad y Altura de Flujo	área de la cuenca, perímetro de la cuenca, longitud de la cuenca, ancho promedio de la cuenca, pendiente predominante de la cuenca, pendiente del cauce altitud media, etc. Intensidad de lluvia, curva de frecuencia de altitudes densidad de drenaje, Simulación de inundación.  intensidad duración frecuencia distribución temporal	Razón
<b>Variable 2: Nivel de peligro por inundaciones</b>	"Nivel de peligro es el nivel de impacto de ocurrencia de un evento natural o antrópico y sus posibles consecuencias" (Cardona et al., 2012).	El nivel de riesgo es dividida en una de sus características por el nivel de peligrosidad.	NIVEL DE PELIGROSIDAD	- Muy alto - Alto - Medio - bajo	Razón

*Nota:* En la presente tabla se muestra la operacionalización de variables definiendo variables primarias y secundarias. Elaboración propia

### **III. Marco Teórico**

#### **3.1. Antecedentes**

##### **3.1.1. Antecedentes internacionales**

Posada y García (2021) tuvieron como propósito examinar los elementos que influyen en la vulnerabilidad socioeconómica de la población de Guayaquil frente a las inundaciones. Para ello se aplicaron análisis de componentes principales, agrupamiento de parroquias por clúster y el desarrollo de un modelo lineal generalizado, específicamente regresión Poisson. El análisis consideró cinco dimensiones socioeconómicas: educación, acceso a servicios básicos, vivienda, capacidad económica y salud. Los resultados evidenciaron que la falta de acceso a información, viviendas inadecuadas, bajos ingresos y discriminación laboral incrementan la vulnerabilidad de la población. En conclusión, se identificó una relación directa entre los factores socioeconómicos y la vulnerabilidad ante las inundaciones, lo cual respaldó la hipótesis planteada.

Los resultados de un modelo de evaluación de la resiliencia urbana frente a inundaciones fluviales, aplicado al centro de la ciudad de Los Ángeles, en el Valle Central de Chile González, Aedo, Rada y Moratalla (2019) presentaron. Los resultados permitieron obtener datos cuantitativos para una mejor gestión urbanística y la implementación de medidas tácticas a nivel comunitario. En específico, se identificó el número óptimo de semanas necesarias para lograr la recuperación del sistema en términos de cobertura de equipos críticos en escenarios de desastre El objetivo fue identificar el papel de un marco regulatorio común para mejorar la sostenibilidad urbana. El estudio analizó tres atributos clave: la redundancia de los subsistemas, el tiempo de aprendizaje tras cada evento y la capacidad de respuesta local.

Vallejo (2019) indicó que las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes que forman parte de la dinámica y evolución de los cursos de agua, los cuales provocan desbordes hacia llanuras aluviales y áreas cercanas. El asentamiento humano en estas zonas genera pérdidas de vidas y daños a la propiedad. El estudio tuvo como objetivo

evaluar la fragilidad física de edificaciones antiguas y de gran altura en un periodo de 22 años. Mediante modelación matemática con HEC-RAS y HEC-GeoRAS se determinó el riesgo de inundación en el río Puyo para diferentes periodos de retorno. Se establecieron umbrales de inundación y se definieron rangos de vulnerabilidad: muy alta (75-100 % de daños), media (50-75 %), baja (25-50 %) y muy baja (0-25 %). Se concluyó que, en un periodo de 50 años, se esperan impactos permanentes, pérdidas materiales significativas y posibles pérdidas humanas en las viviendas del sector.

Los resultados proporcionaron insumos relevantes sobre los riesgos asociados a las inundaciones del río Ariari, contribuyendo a la reducción de problemas socio ecológicos y a la toma de decisiones futuras. Cristo y Cruz (2019) estudiaron la vulnerabilidad de los habitantes de la aldea Kamkhera, en Los Llanos, ubicada en la margen izquierda del río Ariari. El análisis evaluó la vulnerabilidad física, social y económica de la población. La metodología aplicada se basó en la propuesta de la UGRD (Cardona, 2001) e incluyó un mapa de vulnerabilidad general y de tipo mixto, así como dos métodos de análisis con indicadores económicos, sociales, de sensibilización organizativa, físicos, educativos y de riesgo.

### **3.1.2. Antecedentes Nacionales**

Villalobos (2021) llevó a cabo una investigación hidráulica e hidrológica con el fin de examinar y crear mapas de inundación, utilizando los modelos matemáticos HEC-HMS y HEC-RAS. El propósito era respaldar la toma de decisiones ante el problema del desbordamiento del río Amojú. La delimitación de la cuenca, teniendo en cuenta parámetros geomorfológicos a través del sistema de información ARCGIS, fue el punto de partida para la creación del mapa de inundación. La investigación hidrológica abarcó la recopilación de datos de precipitaciones, el uso de la distribución de Gumbel, la creación de hietogramas para diseño, el análisis probabilístico y la simulación hidrológica con HEC-HMS. Como resultado, se generaron caudales de diseño para intervalos temporales de 50, 100 y 500 años. Además, el estudio hidráulico de la cuenca incluyó la visita a campo, la creación de curvas de nivel con cartas nacionales y un modelo DEM, así como la

producción de secciones transversales y el trazado del río. El proceso concluyó con una simulación hidráulica fundamentada en los caudales de diseño.

Neyra (2021), en su investigación se propuso fundamentalmente desarrollar un modelamiento hidráulico con el fin de identificar las zonas inundables en esa área y diseñar previamente defensas ribereñas en los lugares más problemáticos del río Amojú. La investigación fue de carácter descriptivo y no experimental. La investigación abarcó un levantamiento topográfico de la zona y un estudio hidrológico basado en datos de SENAMHI y de la Autoridad Local del Agua. También se incluyeron cartas hidrográficas, lo cual permitió el cálculo de precipitaciones máximas a 24 horas y el establecimiento de un caudal máximo para un periodo de retorno de 20 años, que fue 158.13 m<sup>3</sup>/s. Después, se utilizó el programa HEC-RAS para llevar a cabo la modelación hidráulica y así determinar las áreas en riesgo de inundación en el sector San Camilo.

Córdova y Seminario (2022) con el fin de elaborar mapas de inundación en la zona poblada de Santo Tomás, llevaron a cabo un análisis hidrodinámico del río Nanay. Se utilizaron más de 12 modelos estadísticos, seis funciones de probabilidad, 24 criterios de duración de concentración y tres métodos hidrológicos (SCS, Snyder y Clark) en la metodología empleada para modificar la escurrimiento. ArcGIS 10.5, HEC-RAS, HEC-HMS y Trent fueron los programas informáticos utilizados para el procesamiento de datos. Los hallazgos mostraron que la cuenca hidrográfica tiene un área de 15,031.75 km<sup>2</sup>, una longitud fluvial de 199.43 km y una densidad de drenaje de 0.48 km/km<sup>2</sup>, lo que la vuelve propensa a inundaciones. Además, observó que la serie histórica de precipitaciones durante 21 años fue estable y que las avenidas máximas anotadas fluctuaron entre 1053.47 m<sup>3</sup>/s y 757.94 m<sup>3</sup>/s para intervalos de 50 a 500 años.

Ticlla Sánchez (2021) Analizó el peligro de inundaciones en la sección del río San Mateo que cruza Chota, a causa de las intensas lluvias que golpean con regularidad sus calles y áreas cercanas a quebradas y ríos. En el barrio San Mateo se llevó a cabo un levantamiento topográfico de 18.59 ha que abarca 241 lotes y determina la microcuenca hídrica en el punto emisor. Las zonas de posible inundación para ciclos de retorno de 10,

25, 50 y 100 años se establecieron utilizando información proveniente de la estación meteorológica Chotano Lajas. Los hallazgos mostraron que el riesgo de inundación fluvial es elevado (13.60 %), alto (3.64 %), medio (52.24 %) y bajo (30.52 %) en relación con la totalidad del área. Además, se realizó una encuesta a 173 hogares del barrio San Mateo con el propósito de establecer su vulnerabilidad. Se encontró que esta es media en 54 lotes, alta en 68 y muy alta en 119; por otro lado, las zonas verdes presentaron una vulnerabilidad baja. Para concluir, el peligro de inundación fluvial en el río San Mateo fue categorizado como bajo, medio, alto y muy alto en 9.55, 2.55, 6.15 y 0.69 ha.

### **3.1.3. Antecedentes Locales**

Alarcón y Alarcón (2022) Llevaron a cabo un estudio geomorfológico y fluvial en Ccónoc, en el que encontraron una exposición significativa a la erosión del río Apurímac y a las avenidas máximas de caudal por la ausencia de infraestructura para proteger las riberas. El propósito principal fue determinar la extensión de la influencia fluvial, las avenidas de caudal máximo, la socavación en curvas, la sedimentación y los rasgos geomorfológicos vinculados a la erosión, con el objetivo de sugerir un diseño para proteger las riberas del balneario turístico de Ccónoc-Curahuasi. La metodología empleada fue de naturaleza cuantitativa y tuvo un nivel explicativo, y abarcó la recopilación de datos, el examen directo del campo de estudio y el análisis de rasgos, conductas y situaciones relacionadas con la problemática. La información topográfica, geotécnica, hidrológica e hidráulica se incluyó en los resultados obtenidos. Esto hizo posible proponer la estructura de gaviones y espigones hidráulicos requeridos para proteger el balneario turístico de Ccónoc, ubicado en el distrito de Curahuasi.

### **3.2. Bases teóricas**

El marco teórico de la GRD se refiere a los fundamentos conceptuales y metodológicos que se emplean para investigar, entender y enfrentar los elementos que contribuyen a la creación de desastres y su efecto en el entorno social, medioambiental y

económico. La formulación de políticas, estrategias y acciones para prevenir, atenuar, prepararse, responder y recuperarse de desastres se basa en este marco teórico.

### **3.2.1. Riesgo de desastres**

La administración del riesgo de desastres es un ámbito interdisciplinario que tiene como objetivo disminuir la vulnerabilidad de las comunidades y sistemas ante el peligro de sucesos naturales o causados por humanos, y robustecer su habilidad para afrontar y recuperarse de los desastres. Durante las últimas décadas, ha adquirido importancia como una perspectiva holística para tratar la complejidad de los desastres y sus efectos en la sociedad. Varios autores han colaborado en el desarrollo de esta área, sugiriendo distintos puntos de vista y tácticas para optimizar la gestión del riesgo de desastres.

Una de las bases esenciales para la administración del riesgo de desastres es la reducción del riesgo, que supone poner en práctica acciones para prevenir y mitigar con el objetivo de reducir la probabilidad de que sucedan sucesos peligrosos y limitar sus efectos. De acuerdo con UNISDR (2009), la gestión del riesgo de desastres se fundamenta en mezclar estrategias, políticas y prácticas que buscan identificar y evaluar los riesgos, así como implementar acciones proactivas para reducir sus consecuencias.

Para lograr una gestión eficiente, es fundamental la participación activa de las comunidades afectadas. Oliver-Smith (1999) destaca que las estrategias de gestión del riesgo de desastres deben estar centradas en el conocimiento local y en el entendimiento de las dinámicas sociales y culturales que pueden influir en la percepción y respuesta a los riesgos. La participación comunitaria no solo promueve una mayor apropiación de las medidas de reducción del riesgo, sino que también fortalece la resiliencia de la población.

La evaluación del riesgo es un componente fundamental para tomar decisiones bien fundamentadas. Wisner (2004) subraya que es indispensable hacer una evaluación de riesgo exhaustiva, teniendo en cuenta las vulnerabilidades socioeconómicas y ambientales al igual que los peligros naturales. Esto posibilitará la identificación de las zonas más riesgosas y el establecimiento de acciones gerenciales prioritarias.

Para concluir, el manejo del riesgo de desastres es una perspectiva interdisciplinaria y holística que tiene como objetivo disminuir la vulnerabilidad y fortalecer la capacidad de las comunidades y sistemas para resistir los desastres. Se intenta reducir los efectos negativos y asegurar un desarrollo sostenible y seguro mediante la combinación de las medidas de respuesta, mitigación, prevención y preparación. Para que estas estrategias tengan éxito, la evaluación integral del riesgo y la participación de la comunidad son componentes esenciales.

### **3.2.2. Evaluación del riesgo de desastres**

La evaluación del riesgo de desastres es una herramienta esencial para entender y manejar la complejidad de los peligros naturales y los que el ser humano provoca. También sirve para minimizar las pérdidas humanas y materiales relacionadas con estos sucesos. Mediante un proceso de análisis sistemático, posibilita la identificación de las zonas y comunidades más vulnerables, además de las acciones requeridas para incrementar la resiliencia ante eventuales desastres.

Diferentes enfoques y metodologías han sido desarrollados para la evaluación del riesgo de desastres, cada uno con sus fortalezas y limitaciones. Entre estos enfoques, se encuentra el análisis probabilístico y determinístico.

El análisis probabilístico se fundamenta en la estimación de la probabilidad de que suceda un suceso peligroso y cómo este se relaciona con los impactos potenciales. Se emplea, sobre todo, en el análisis de fenómenos naturales como los tsunamis y los seísmos. En esta perspectiva, se utiliza la teoría de probabilidades para calcular tanto la frecuencia como la magnitud de los sucesos, lo que posibilita determinar la probabilidad de que un evento riesgoso llegue a ciertos límites o los exceda. Esta evaluación da una perspectiva numérica del riesgo y sirve para la planificación de políticas e infraestructuras que disminuyan el riesgo.

El análisis determinístico, se enfoca en el escenario más probable de un evento peligroso y sus consecuencias asociadas. Es útil en situaciones donde los datos históricos y estadística es poco accesible. En este enfoque, se utilizan modelos matemáticos y

simulaciones para estimar los impactos y las posibles trayectorias de un evento. Si bien el análisis determinístico no considera la incertidumbre de la misma manera que el análisis probabilístico, proporciona una visión más detallada y concreta de los posibles resultados de un desastre.

Para concluir, la evaluación del riesgo de desastres es una tarea esencial para el manejo integral de los peligros y para fomentar la resiliencia dentro de las comunidades. El empleo de tecnologías SIG, así como los enfoques determinísticos y probabilísticos, proporcionan una base firme para planificar estrategias eficaces de reducción del riesgo y tomar decisiones fundamentadas. Para asegurar la efectividad y la sostenibilidad de las acciones implementadas, es fundamental incluir el punto de vista de las comunidades impactadas.

### **3.2.3. Peligro por inundaciones**

Para entender y administrar los riesgos relacionados con las inundaciones, un fenómeno natural que se repite y tiene el potencial de causar daños graves al medio ambiente y a las comunidades, es fundamental realizar una evaluación de riesgo por inundación. Esta evaluación brinda información esencial para tomar decisiones informadas y elaborar estrategias eficaces en términos de prevención, mitigación y preparación.

La evaluación de riesgo por inundación, tal y como afirman Jonkman et al. (2008), es un procedimiento que conlleva calcular la probabilidad de que ocurran inundaciones y determinar los posibles efectos en zonas concretas. Este método integral considera elementos como el clima, la topografía de la zona, los patrones hidrológicos, la frecuencia histórica de inundaciones, la infraestructura y la vulnerabilidad de las personas, además de los potenciales escenarios futuros de cambio climático.

### **3.2.4. Importancia de la evaluación del riesgo de desastres**

Para manejar de manera completa y eficaz los desastres naturales y los provocados por el ser humano, es esencial evaluar el riesgo de estos sucesos. Esta evaluación brinda una base firme para la toma de decisiones informadas, el diseño de políticas y estrategias

preventivas y mitigadoras, además de la planificación de acciones que impliquen preparación y respuesta. La relevancia de la evaluación del riesgo de desastres en la edificación de comunidades más seguras y resilientes ha sido subrayada por varios especialistas e investigadores.

Uno de los mayores beneficios de la evaluación del riesgo de desastres es que posibilita reconocer y cuantificar las amenazas y vulnerabilidades en una determinada comunidad o región. De acuerdo con UNISDR (2009), la evaluación del riesgo es un procedimiento que "ofrece información fundamentada en evidencia acerca de la naturaleza y el tamaño del riesgo de desastres en una zona geográfica específica". Para comprender los peligros a los que se enfrenta una población y sus bienes, esta información es esencial, ya que posibilita la priorización de acciones y la distribución eficaz de recursos para disminuir el riesgo.

Además, la evaluación del riesgo de desastres es esencial para el desarrollo de políticas y planes de gestión del riesgo. Según Wisner et al. (2004), la evaluación del riesgo "facilita la identificación de opciones de políticas y planes de acción". Al conocer los riesgos específicos que enfrenta una comunidad, se pueden diseñar medidas de prevención y mitigación adaptadas a sus necesidades particulares. Esto incluye el fortalecimiento de infraestructuras críticas, la implementación de sistemas de alerta temprana, la promoción de prácticas de construcción segura y la planificación de rutas de evacuación eficientes.

### **3.2.5. Factores condicionantes del riesgo de desastres**

La estimación del riesgo de inundación es un procedimiento complicado que incluye diversos factores condicionantes que impactan en la interpretación y valoración del riesgo vinculado con este fenómeno natural. Para asegurar que la evaluación sea exhaustiva y exacta, estos factores deben tenerse en cuenta, ya que proveen una base firme para tomar decisiones informadas y poner en práctica acciones de disminución del riesgo. Algunos de

los elementos cruciales que afectan una evaluación de riesgo por inundación han sido identificados por varios investigadores y especialistas.

- a. Hidrología y Meteorología:** Los factores climáticos y meteorológicos son un cruciales en la estimación de inundaciones. La cantidad y frecuencia de las precipitaciones, la presencia de tormentas tropicales o frentes fríos, y la capacidad de los sistemas de drenaje natural son características hidrológicas que influyen en la probabilidad de inundaciones. Por lo tanto, es esencial tener en cuenta los datos hidrológicos y meteorológicos históricos y proyectados para una evaluación de riesgo precisa (López et al., 2019).
- b. Topografía y Geomorfología:** La topografía y geomorfología de una región determinan la distribución espacial y la intensidad de las inundaciones. Las áreas bajas y cercanas a cuerpos de agua son más vulnerables a inundación, mientras que las zonas más elevadas pueden actuar como refugios. La información detallada sobre la topografía y el relieve es esencial para la simulación y modelado de las inundaciones (Papaioannou et al., 2017).
- c. Uso del Suelo y Cobertura Vegetal:** La deforestación y las transformaciones en el uso del suelo tienen el potencial de modificar los patrones de escorrentía y la habilidad del suelo para absorber agua, lo que incrementa la susceptibilidad a las inundaciones. La cobertura vegetal tiene además un rol relevante en la conservación del agua y la evitación de la erosión. Por ende, para la valoración del riesgo de inundaciones es esencial tener en cuenta el uso del suelo y la cobertura vegetal (Koks et al., 2019).
- d. Infraestructura y Sistemas de Drenaje:** Los sistemas de drenaje urbano y la infraestructura hidráulica, en términos de calidad y capacidad, son elementos fundamentales para reducir el riesgo de inundaciones. La existencia de diques, presas, canales y alcantarillado puede tener un impacto en la intensidad y propagación de las inundaciones. Asimismo, la valoración de la integridad y

conservación de esta infraestructura es fundamental para calcular el riesgo de inundaciones (Nistor et al., 2020).

- e. **Vulnerabilidad Social y Económica:** La vulnerabilidad de la población expuesta debe tenerse en cuenta al evaluar el riesgo de inundación. La capacidad de las comunidades para afrontar catástrofes está determinada por factores socioeconómicos, como la educación, el ingreso, la habilidad de respuesta y el acceso a servicios básicos. Para crear medidas adecuadas de preparación y respuesta, es esencial identificar a las poblaciones que son vulnerables (Cutter et al., 2003).
- f. **Escenarios Futuros de Cambio Climático:** El riesgo de inundaciones puede incrementarse debido a que el cambio climático tiene la capacidad de modificar tanto la frecuencia como la intensidad de las precipitaciones. Para prevenir potenciales alteraciones en la frecuencia y magnitud de las inundaciones, es crucial incluir en la evaluación del riesgo escenarios futuros de cambio climático (Wong et al., 2018).

En resumen, la evaluación de riesgo por inundación es un procedimiento que toma en cuenta una variedad de factores condicionantes para entender y prevenir las consecuencias de las inundaciones. Para realizar una evaluación exhaustiva y precisa, es fundamental combinar datos sobre la infraestructura, el uso del suelo, los aspectos sociales, meteorológicos, hidrológicos y topográficos. Al considerar estos elementos, es posible crear e implementar estrategias más eficaces para la gestión de desastres y la reducción de riesgos, lo que ayuda a proteger el medio ambiente y las comunidades.

### **3.2.6. Factores desencadenantes del riesgo de desastres**

La evaluación de riesgo por inundación es una reacción a un conjunto de factores que pueden ser distintos en cada caso particular. Estos elementos fomentan la necesidad de realizar un análisis exhaustivo para entender cómo una comunidad o región se expone y es vulnerable ante este tipo de catástrofe natural. Algunos de los elementos principales

que podrían provocar la realización de una evaluación de riesgo por inundación han sido identificados por diversos expertos e investigadores.

- a. Eventos Extremos Pasados:** Las inundaciones pasadas, especialmente aquellas que han causado daños significativos, puede ser un factor desencadenante para la evaluación de riesgo. El estudio de eventos históricos proporciona información valiosa sobre los patrones de inundación, los niveles de agua alcanzados y los impactos en infraestructura y comunidades (Merz et al., 2004).
- b. Cambio en las Condiciones Hidrológicas:** Alteraciones en las condiciones hidrológicas, como alteraciones en patrones de lluvia o el derretimiento acelerado de glaciares, pueden aumentar el riesgo de inundaciones. Estos cambios pueden estar relacionados con fenómenos climáticos (El Niño o La Niña), y pueden motivar la realización de una evaluación de riesgo (Hirabayashi et al., 2013).
- c. Expansión Urbana y Desarrollo:** Si las áreas urbanas crecen y se desarrollan sin una planificación apropiada, pueden terminar ocupando zonas que son propensas a inundaciones. Esto incrementa la vulnerabilidad de la población y de la infraestructura a los peligros de inundación, lo que podría exigir una evaluación del riesgo para implementar acciones de mitigación (Ward et al., 2018).
- d. Cambio en la Gestión del Agua:** Cambios en la administración del agua, como la edificación o modificación de represas y embalses, tienen el potencial de alterar la regulación de los caudales y el flujo hídrico en cuencas y ríos. Estos cambios pueden tener consecuencias sobre el riesgo de inundación y requerir una evaluación (Loucks et al., 2005).
- e. Crisis o Desastres Anteriores:** La ocurrencia de una crisis o desastre previo puede llevar a una necesidad de analizar el peligro por inundación como parte de la respuesta y recuperación. Esto puede ser especialmente relevante para áreas que han experimentado inundaciones severas y requieren medidas para reducir el riesgo en el futuro (Albano et al., 2020).

- f. **Desarrollo de Políticas y Planes de GR:** Según Brown et al. (2015), para la formulación de políticas y planes de gestión del riesgo a nivel local, regional o nacional puede ser necesario realizar un estudio pormenorizado del peligro de inundación como fundamento para tomar decisiones informadas.
- g. **Cambio Climático:** El cambio climático es un elemento cada vez más importante para determinar el riesgo de inundación. El deshielo de glaciares, la elevación del nivel del mar y el aumento de fenómenos climáticos extremos son elementos que deben tenerse en cuenta al proyectar los riesgos futuros (IPCC, 2014).

Para concluir, existen múltiples factores que pueden desencadenar una evaluación de riesgo por inundación y estos pueden cambiar en función del contexto particular. Algunas de las circunstancias que pueden motivar la realización de una evaluación exhaustiva del riesgo de inundación son: el desarrollo sin planificación, la ocurrencia de eventos extremos en el pasado, la expansión urbana, las alteraciones en la gestión del agua, los desastres o crisis anteriores, el cambio climático y los cambios en las condiciones hidrológicas. Para asegurar una gestión eficaz y proactiva del peligro de inundación, así como la defensa del medio ambiente y las comunidades, es esencial tener en cuenta y reconocer estos factores. Adaptación al cambio climático:

La GRD se vincula con la resiliencia al cambio climático, considerando variabilidad además del aumento de eventos extremos (IPCC, 2014).

### **3.2.7. Alerta temprana:**

La GRD implica el desarrollo de sistemas de alerta temprana que permitan advertir a la población sobre la inminencia de un desastre (IFRC, 2017).

### **3.2.8. Coordinación interinstitucional:**

La GRD requiere una estrecha coordinación entre diferentes instituciones gubernamentales y organizaciones para una respuesta efectiva y eficiente (OCHA, 2015).

**3.2.9. Educación y concientización:**

La GRD implica la promoción de la educación y concientización de la población sobre los riesgos, medidas de prevención y acciones de respuesta (UNESCO, 2005).

**3.2.10. Evaluación de riesgo:**

La GRD se basa en la evaluación rigurosa y sistemática de los peligros y vulnerabilidades para identificar áreas de riesgo y priorizar acciones (Wisner et al., 2004).

**3.2.11. Planificación urbana resiliente:**

La gestión del riesgo de desastre implica la integración de medidas de RDR en la organización y desarrollo urbano para aumentar la resiliencia de las ciudades (UN-Habitat, 2012).

## **IV. Metodología**

### **4.1. Tipo y nivel de investigación**

#### **Tipo de investigación**

Según Carrasco Díaz (2006), es de tipo aplicada por que busca dar solución a una problemática concreta relacionada con el peligro de inundaciones pluviales en la quebrada de Ullpuhuaycco. Su finalidad es generar conocimiento útil y práctico para la GRD, proporcionando información técnica que permita prevenir y mitigar los impactos de posibles eventos de inundación en la ciudad del ámbito de estudio.

#### **Nivel de investigación**

Es descriptivo–correlacional–causal.

El estudio es descriptivo porque se enfoca en la identificación, caracterización y detallado minucioso de los factores que ejercen influencia directa sobre el peligro de inundaciones pluviales. Esto incluye, por ejemplo, el análisis de las condiciones geomorfológicas y climatológicas inherentes a la cuenca de estudio.

Se aplica el nivel correlacional con el fin de analizar la relación estadística y la asociación existente entre los factores previamente identificados (condicionantes y desencadenantes) y el nivel de peligro que presenta la zona ante las inundaciones.

se establece un nivel causal con el propósito fundamental de determinar una relación causa-efecto. En este modelo, los factores se postulan como las causas, mientras que el nivel de peligro por inundaciones pluviales se configura como el efecto directo y mensurable.

#### **Diseño de investigación**

El diseño de la presente investigación es no experimental, de tipo transversal. Porque no se manipularon las variables de forma intencional. En su lugar, las variables fueron observadas directamente en su entorno natural para poder estudiar y analizar cómo se relacionan entre sí, sin que el investigador ejerciera control o modificara las variables independientes, tal como lo señalan Hernández, Fernández y Baptista (2014).

## **Método**

El método aplicado corresponde al método científico, entendido como un proceso sistemático que permite observar, describir, analizar y explicar fenómenos de la realidad para generar conocimiento (Tamayo y Tamayo, 2012).

De manera específica, el estudio se apoya en el método descriptivo–analítico:

Descriptivo, porque se identifican y caracterizan los factores condicionantes y desencadenantes de las inundaciones.

Analítico, porque se examina la relación causa–efecto entre dichos factores y el nivel de peligro, integrando los resultados en un modelo que explica el fenómeno en estudio.

## **Enfoque de investigación**

Para poder realizar la recolección y análisis de la información de manera efectiva, la investigación adoptó un enfoque cuantitativo. Este enfoque se fundamenta en la recolección y análisis de datos numéricos para describir y explicar la relación entre los factores condicionantes y desencadenantes con el nivel de peligro de inundaciones en la quebrada de Ullpuhuaycco. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), el enfoque cuantitativo utiliza la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento, probar hipótesis y determinar relaciones entre variables.

En este sentido, el estudio hace uso de información hidrológica, geomorfológica, pluviométrica e hidráulica, que son procesadas mediante herramientas de análisis estadístico y software especializado, lo que permite obtener resultados objetivos y verificables.

## **Orientación**

La orientación de esta investigación es de tesis aplicada; La tesis aplicada se diferencia por su búsqueda del uso y aplicación de los conocimientos obtenidos tras la puesta en práctica de la práctica fundamentada, así como de otros conocimientos que se adquieran

## **4.2. Ámbito temporal y espacial**

### **Ámbito temporal**

Se centrará en un período de los últimos 12 meses, con el fin de tener un análisis actualizado y preciso del peligro de inundaciones en el ámbito de estudio.

### **Ámbito espacial**

Se enfoca en la quebrada Ullpuhuaycco, ubicada en Abancay, Perú. Se considerarán las áreas cercanas a la quebrada que puedan verse afectadas por las inundaciones

### **Ámbito Social**

Se enfoca en la población que vive en la zona cercana a la quebrada de Ullpuhuaycco y que está expuesta a los riesgos de inundaciones. Asimismo, se considerarán las autoridades y organizaciones involucradas en la GDR de inundaciones en la zona conceptual.

### **Ámbito Conceptual**

El ámbito conceptual de la tesis se centra en el estudio del peligro por inundaciones pluviales en la quebrada de Ullpuhuaycco, considerando los factores condicionantes (topografía, uso de suelo, cobertura vegetal, capacidad hidráulica del cauce) y los desencadenantes (precipitaciones intensas y de corta duración). Se sustenta en conceptos de hidrología, geomorfología y gestión del riesgo, siguiendo lineamientos del SINAGERD y CENEPRED.

## **4.3. Población y muestra**

### **Población**

La población de estudio está compuesta por la totalidad de la cuenca hidrográfica de la quebrada de Ullpuhuaycco. Esta población comprende las características geomorfológicas, hidrológicas, climatológicas y geotécnicas de la cuenca, las cuales permiten evaluar el nivel de peligro de inundaciones pluviales.

La población de la investigación se define como el conjunto total de casos que cumplen con especificaciones determinadas, sobre los cuales se pretenden generalizar los resultados obtenidos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). En este sentido, es crucial entender que el concepto de población no se limita exclusivamente a personas, sino que puede extenderse a una amplia gama de elementos de interés para el estudio, como fenómenos, áreas geográficas u objetos específicos.

### **Muestra**

La muestra corresponde a los sectores críticos de la cuenca hidrográfica de la quebrada de Ullpuhuaycco, delimitados en función de la información topográfica, pluviométrica e hidrológica disponible, y seleccionados por su mayor exposición al peligro de inundación.

Dado que la investigación es de carácter aplicado y no experimental, se empleó un muestreo no probabilístico, de tipo intencional, en el cual se consideraron aquellos puntos estratégicos de la cuenca (secciones transversales, cauces principales y zonas pobladas expuestas) que proporcionan datos representativos para la modelación hidrológica e hidráulica.

De acuerdo con Sampieri et al. (2014), el muestreo no probabilístico intencional se utiliza cuando la selección de la muestra depende del criterio del investigador, en función de las características y objetivos del estudio.

## **4.4. Instrumentos**

Los instrumentos a utilizarse serán fichas técnicas, elaboradas por el investigador.

### **Recolección de datos**

La recolección de información tiene un lugar con el examen la investigación proyectiva. El examen proyectivo se aplica a toda investigación que resulte en planes o manifestaciones que, a la luz de los conocimientos previos, satisfagan una necesidad. (Bernal,2018).

#### 4.5. Procesamientos

Para la presente tesis se utilizó La Matriz de Saaty, también conocida como el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés), es una técnica de toma de decisiones que ayuda a priorizar y elegir entre varias alternativas.

Cumpliendo las siguientes actividades:

- Comparar los elementos de cada nivel jerárquico en pares con respecto a su contribución a un elemento del nivel superior.
- Usar una escala de valores para expresar las comparaciones (por ejemplo, la escala de Saaty que va del 1 al 9).
- Calcular los vectores propios de las matrices de comparación pareada para obtener los pesos de prioridad de los elementos.
- Calcular el índice de consistencia (CI) y la razón de consistencia (CR) para asegurarse de que las comparaciones sean razonablemente consistentes.

A continuación, se muestra que muestra la escala de comparaciones utilizada en el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) de Saaty.

Ponderación de factores condicionantes

**Tabla 2**

*Escala ordinal de comparación*

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que .....	Al comparar un elemento con el 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 el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que ....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que .....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual .....	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que .....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
1/5	Menos importante o preferido que .....	Al comparar un elemento con el 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 el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que .....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo.
	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	Al comparar un elemento con el otro, se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.

*Nota:* Es un nivel de medición que permite clasificar y establecer un orden jerárquico entre variables, determinando si una es mayor, menor o igual que otra basándose en un criterio específico. Elaboración propia

Para el análisis de consistencia:

### Tabla 3

*Tabla de índice de consistencia*

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
C	0.52	0.88	1.11	1.25	1.34	1.40	1.45	1.48	1.51	1.53	1.55	1.57	1.58	1.59
I	5	2	5	2	1	4	2	4	3	5	5	0	3	5

*Nota.* Vemos en la tabla se realizó varios cálculos para poder hallar los valores donde hallaremos en índice de consistencia. Elaboración Propia.

Para determinar si las comparaciones en la matriz de Saaty son consistentes, se calcula el índice de consistencia (CI) utilizando la siguiente fórmula:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Donde  $\lambda_{\max}$  es el valor propio máximo de la matriz y  $n$  es el número de parámetros.

Luego, la razón de consistencia (CR) se calcula como:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Donde RI es el índice aleatorio, que se obtiene de la tabla de Aguarón y Moreno (2001) según el número de parámetros  $n$ .

Si el valor de CR es menor o igual a 0.10, se considera que la matriz tiene una consistencia aceptable. Si es mayor, las comparaciones pueden ser inconsistentes y podrían requerir una revisión. Este proceso asegura que las decisiones tomadas a partir del modelo sean robustas y fiables.

#### **4.6. Análisis de datos**

Según Levin y Rubín (2016), el análisis de datos consiste en el uso de herramientas estadísticas diseñadas para interpretar y realizar inferencias sobre la información obtenida de una muestra o población.

En el contexto de esta investigación específica, se emplearon gráficos y tablas generados en Excel con el fin de organizar y visualizar los resultados. Esto facilitó la comprensión y la presentación de los hallazgos en función de los objetivos propuestos.

#### **Técnica**

Se realizará a través de estudio de campo, donde se recolectará información con equipos aplicados a la topografía, y recolección de información geoespacial.

#### **4.7. Consideraciones éticas**

El Comité de Ética en Investigación de la UTEA, tiene como objetivo proteger los derechos y el bienestar de la humanidad, también garantizar su acceso a la asistencia gubernamental, siempre y cuando su participación se realice de acuerdo con los principios éticos y las normas internacionales. Los miembros del comité serán expertos en los ámbitos lógico, moral y legal de la investigación, y deberán tener experiencia y habilidades comparables en estas áreas. Además, se les requerirá firmar una declaración jurada de confidencialidad y compromiso con las regulaciones de investigación ética

## **V. Resultados y Discusión**

### **5.1. Análisis de Datos y Resultados**

#### **5.1.1. Análisis de factores condicionantes**

Se ha determinado como factores condicionantes lo siguientes:

##### **Rangos de Pendiente**

En la valoración del riesgo de inundación, una variable fundamental es el desnivel del terreno. Cuando las pendientes son muy empinadas, el agua tiende a escurrirse rápidamente, lo que puede incrementar la probabilidad de inundaciones súbitas. En contraste, las pendientes más suaves permiten una mayor infiltración del agua en el suelo, reduciendo así el riesgo de inundación, pero aumentando la posibilidad de acumulación de agua en áreas bajas. Para realizar un análisis detallado, es común clasificar las pendientes en rangos específicos (por ejemplo, 0-5%, 5-15%, 15-30%, >30%), cada uno de los cuales tiene implicaciones distintas para la dinámica del agua en el paisaje.

##### **Unidades Geomorfológicas**

Se refiere a las diferentes morfologías del terreno que se han desarrollado a lo largo del tiempo debido a procesos geológicos y erosivos. Estas unidades incluyen colinas, valles, planicies aluviales, terrazas, entre otras. Cada unidad geomorfológica tiene características específicas que afectan cómo el agua se desplaza a través del paisaje. Por ejemplo, las planicies aluviales son áreas llanas adyacentes a ríos que son propensas a inundarse durante eventos de lluvia intensa, mientras que las colinas pueden actuar como zonas de escurrimiento rápido.

##### **Unidades Litológicas**

La litología se refiere al tipo de rocas y sedimentos presentes en una región. Las diferentes unidades litológicas tienen propiedades físicas y químicas que afectan la infiltración y el escurrimiento del agua. Por ejemplo, suelos compuestos principalmente de arcilla tienen baja permeabilidad y pueden contribuir a un mayor escurrimiento superficial, aumentando el riesgo de inundación. En cambio, suelos arenosos permiten una mayor

infiltración de agua, lo que puede reducir el peligro de inundación superficial, pero aumentar el peligro de inundación subterránea.

### **Cobertura Vegetal**

La cobertura vegetal es importante para la gestión del agua en el terreno. Las áreas con vegetación densa, como bosques y praderas, tienden a tener una mayor capacidad para interceptar la lluvia y permitir una mayor infiltración acuática en el suelo, reduciendo el peligro de inundaciones. La vegetación también ayuda a la estabilización del suelo y prevención de la erosión. En contraste, áreas deforestadas o con poca vegetación pueden experimentar un escurrimiento más rápido y un mayor riesgo de inundación. La cobertura vegetal puede clasificarse en diferentes tipos, como bosques, pastizales, áreas agrícolas, entre otros, cada uno con diferentes capacidades para gestionar el agua.

En la valoración del peligro de inundaciones pluviales en la quebrada de Ullpuhuaycco, estos factores deben ser considerados en conjunto para proporcionar una imagen completa y precisa del riesgo. Utilizando la Matriz de Saaty (AHP), estos factores pueden ser comparados y ponderados para determinar su influencia relativa en el riesgo de inundación.

**Tabla 4**

*Matriz de comparación de pares para los factores condicionantes*

PARÁMETRO	RANGOS DE PENDIENTE	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	UNIDADES LITOLÓGICAS	COBERTURA VEGETAL
<b>RANGOS DE PENDIENTE</b>	1.00	2.00	5.00	6.00
<b>UNIDADES GEOMORFOLOGICAS</b>	0.50	1.00	3.00	4.00
<b>UNIDADES LITOLÓGICAS</b>	0.20	0.33	1.00	3.00
<b>COBERTURA VEGETAL</b>	0.17	0.25	0.33	1.00
<b>SUMA</b>	1.87	3.58	9.33	14.00
<b>1/SUMA</b>	0.54	0.28	0.11	0.07

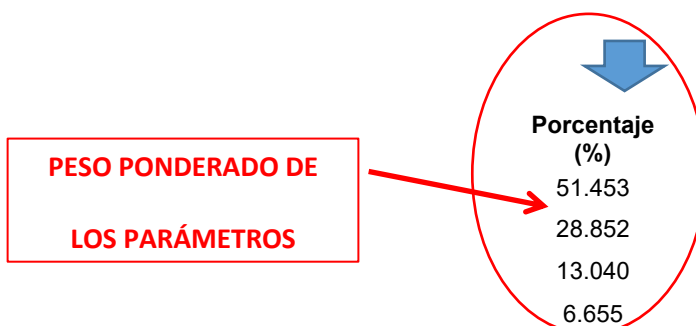
*Nota:* Es una herramienta fundamental en la gestión del riesgo de desastres para asignar pesos o niveles de importancia a diversos criterios. Elaboración propia.

Análisis: La tabla de comparación de pares muestra que los rangos de pendiente tienen la mayor influencia entre los factores condicionantes, seguido por las unidades geomorfológicas y las unidades litológicas, con valores decrecientes de importancia relativa. La cobertura vegetal es el factor menos influyente. Las relaciones de comparación sugieren que la pendiente es fundamental para evaluar el riesgo de inundación, lo que refleja su impacto en la dinámica hídrica y la susceptibilidad del terreno a la erosión.

**Tabla 5**

*Matriz de normalización para los factores condicionantes*

PARÁMETRO	RANGOS DE PENDIENTE	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	UNIDADES LITOLÓGICAS	COBERTURA VEGETAL	Vector Priorización
RANGOS DE PENDIENTE	0.536	0.558	0.536	0.429	0.515
UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	0.268	0.279	0.321	0.286	0.289
UNIDADES LITOLÓGICAS	0.107	0.093	0.107	0.214	0.130
COBERTURA VEGETAL	0.089	0.070	0.036	0.071	0.067
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000



*Nota:* vemos en la tabla de normalización de factores condicionantes se analizó 04 factores distintos y se calculó el vector de priorización. Elaboración propia.

Análisis: Los rangos de pendiente tienen el mayor peso relativo (51.45%), confirmando su importancia crítica en la evaluación del riesgo. Las unidades geomorfológicas son el segundo factor más relevante (28.85%), seguidas por las unidades litológicas (13.04%). La cobertura vegetal tiene el menor impacto (6.66%). Este análisis sugiere que la topografía es el principal determinante en la vulnerabilidad a inundaciones.

**Tabla 6***Relación de Consistencia Vector de suma de ponderado para los factores condicionantes*

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO				
Resultados de la operación de matrices				Vector Suma Ponderada
0.515	0.577	0.652	0.399	1.744
0.257	0.289	0.391	0.266	0.937
0.103	0.096	0.130	0.200	0.329
0.086	0.072	0.043	0.067	0.201

**HALLANDO EL  $\lambda_{max}$** 

		Vector Suma Ponderado/Vector Priorización
		3.389
		3.248
		2.527
		3.026
<b>SUMA</b>		<b>12.189</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>3.047</b>
<b>ÍNDICE DE CONSISTENCIA</b>	<b>IC</b>	<b>0.024</b>
<b>RELACIÓN DE CONSISTENCIA &lt; 0.04 (*)</b>	<b>RC</b>	<b>0.045</b>

*Nota:* El coeficiente debe tener un valor inferior a 0.04. Es necesario volver a examinar los criterios en la matriz de comparación de pares si el coeficiente es superior a 0.04. Elaboración propia.

La Tabla 4 muestra que el valor promedio de  $\lambda_{max}$  es 3.047, lo que indica una leve desviación respecto al número de criterios ( $n=4$ ). El IC de 0.024 sugiere una buena consistencia en las comparaciones. Sin embargo, la RC es 0.045, ligeramente superior al umbral recomendado de 0.04, lo que implica que las comparaciones la consistencia es razonablemente aceptable.

**5.1.1.1. Análisis de la pendiente**

La Tabla 5 muestra la clasificación de la pendiente en diferentes rangos, cada uno representado por un descriptor (D-1 a D-5). Estos descriptores se utilizan para evaluar el riesgo asociado con la pendiente en el análisis del peligro de inundación.

- **D-1 (> a 30°):** Representa las pendientes más pronunciadas, que suelen ser las más vulnerables a deslizamientos e inundaciones rápidas.
- **D-2 (30° a 20°) y D-3 (20° a 10°):** Moderadas, con un riesgo intermedio.
- **D-4 (10° a 5°):** Menor riesgo, pero aún relevante.
- **D-5 (< a 5°):** Considerado el rango con menor riesgo, asociado a áreas más planas y menos propensas a la escorrentía rápida.

**Tabla 7**

*Determinación de descriptores para el factor condicionante: pendiente*

RANGOS DE PENDIENTE	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5
	> a 30°	30° a 20°	20° a 10°	10° a 5°	< a 5°

*Nota:* Es un factor condicionante crítico que mide el ángulo de inclinación del terreno respecto a la horizontal. Elaboración propia.

**Tabla 8**

*Matriz de comparación de para el factor condicionante: pendiente.*

RANGOS DE PENDIENTE	> a 30°	30° a 20°	20° a 10°	10° a 5°	< a 5°
> a 30°	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
30° a 20°	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
20° a 10°	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00
10° a 5°	0.17	0.33	0.50	1.00	2.00
< a 5°	0.13	0.25	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.04	4.08	7.83	12.50	18.00
<b>1/SUMA</b>	0.49	0.24	0.13	0.08	0.06

*Nota:* en este análisis podemos ver los rangos de pendientes mayores a 30° y menores a 5° y la suma de todos los rangos de pendientes. Elaboración propia.

Análisis: La Tabla 6 muestra que las pendientes más pronunciadas (> 30°) tienen la mayor influencia en la evaluación del peligro de inundación, con un peso significativo. A medida que la pendiente disminuye, su influencia relativa también se reduce, siendo las pendientes menores a 5° las menos influyentes. Esto sugiere que las áreas con pendientes

elevadas son más propensas a riesgos asociados, como deslizamientos e inundaciones rápidas, mientras que las áreas planas tienen un riesgo considerablemente menor, reflejando su baja susceptibilidad a estos fenómenos.

**Tabla 9**

*Matriz de normalización para el factor condicionante: pendiente*

RANGOS DE PENDIENTE	> a 30°	30° a 20°	20° a 10°	10° a 5°	< a 5°	Vector Priorizacion
> a 30°	0.490	0.490	0.511	0.480	0.444	0.483
30° a 20°	0.245	0.245	0.255	0.240	0.222	0.241
20° a 10°	0.122	0.122	0.128	0.160	0.167	0.140
10° a 5°	0.082	0.082	0.064	0.080	0.111	0.084
< a 5°	0.061	0.061	0.043	0.040	0.056	0.052



*Nota:* Se calcula los rangos de pendientes para poder hallar los pesos ponderados de los parámetros. Elaboración propia.

Análisis: La Tabla 7 presenta la matriz de normalización para el factor condicionante "pendiente". El análisis revela que las pendientes más pronunciadas (> 30°) tienen el mayor peso en la evaluación del riesgo, con un 48.29% en el vector de priorización, lo que confirma su influencia crítica. Las pendientes entre 30° y 20° también son relevantes, representando el 24.15%. A medida que la pendiente disminuye, su peso relativo en la evaluación disminuye considerablemente, siendo las pendientes menores a 5° las menos influyentes con solo un 5.21%. La importancia de la topografía para evaluar el riesgo de inundación se ve reflejada en este patrón.

**Tabla 10**

*Vector de suma de ponderado para el factor condicionante: pendiente*

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.483	0.483	0.559	0.502	0.417	2.444
0.241	0.241	0.280	0.251	0.208	1.222
0.121	0.121	0.140	0.167	0.156	0.705
0.080	0.080	0.070	0.084	0.104	0.419
0.060	0.060	0.047	0.042	0.052	0.261
-	-	-	-	<b>HALLANDO EL <math>\lambda_{max}</math></b>	
					<b>Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion</b>
					5.061
					5.061
					5.041
					5.007
					5.014
				<b>SUMA</b>	25.183
				<b>PROMEDIO</b>	5.037
				<b>INDICE DE CONSISTENCIA</b>	0.009
				<b>IC</b>	0.009
				<b>RELACION DE CONSISTENCIA &lt; 0.1 (*)</b>	0.008
				<b>RC</b>	0.008

*Nota:* El vector de suma ponderada se obtiene al multiplicar la matriz de comparación de pares (donde se comparan rangos de pendiente, como 0°-10° vs 10°-20°) por el vector de priorización. Elaboración propia.

Análisis: La Tabla 8 muestra los cálculos del vector de suma ponderada y el hallazgo para el factor "pendiente". El promedio de es 5.037, lo que indica una alta consistencia en la matriz de comparación. El IC es 0.009, y la RC es 0.008, ambos valores muy por debajo del umbral de 0.1. Esto sugiere que las comparaciones son extremadamente consistentes, lo que refuerza la fiabilidad de las priorizaciones obtenidas en la evaluación del riesgo de inundación.

### 5.1.1.2. Análisis de la geomorfología

La Tabla 9 presenta los descriptores para el factor condicionante "geomorfología", clasificando diferentes tipos de formaciones geológicas:

- **D-1 (Montaña en roca volcano-sedimentaria):** Representa terrenos compuestos por rocas volcánicas y sedimentarias, generalmente asociados con alta inestabilidad geológica.
- **D-2 (Montaña estructural en roca sedimentaria):** Formaciones montañosas con rocas sedimentarias estructuradas, potencialmente susceptibles a erosión y deslizamientos.
- **D-3 (Montaña en roca sedimentaria):** Similar a D-2, pero con menor complejidad estructural.
- **D-4 (Morrena):** Depósitos glaciares, usualmente inestables y susceptibles a movimientos masivos.
- **D-5 (Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial):** Áreas de acumulación de sedimentos, susceptibles a flujos de detritos y erosión.

**Tabla 11**

*Descriptores para el factor condicionante: geomorfología*

D-1	D-2	D-3	D-4	D-5
Montaña en roca volcano-sedimentaria	Montaña estructural en roca sedimentaria	Montaña en roca sedimentaria	Morrena	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial

*Nota:* Los descriptores para el factor condicionante geomorfología son las categorías específicas que caracterizan las formas del relieve y las unidades del terreno. Elaboración propia.

Ahora en la siguiente tabla se realiza un análisis respecto a la geomorfología

**Tabla 12**

*Matriz de comparación de pares para el factor condicionante: geomorfología*

RANGOS DE PENDIENTE	> a 30°	30° a 20°	20° a 10°	10° a 5°	< a 5°
> a 30°	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
30° a 20°	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
20° a 10°	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00
10° a 5°	0.17	0.33	0.50	1.00	2.00
< a 5°	0.13	0.25	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.04	4.08	7.83	12.50	18.00
<b>1/SUMA</b>	0.49	0.24	0.13	0.08	0.06

*Nota:* La Tabla presenta la matriz de comparación de pares para el factor geomorfología, utilizando una escala que refleja la influencia relativa de diferentes rangos de pendiente en la susceptibilidad al riesgo de inundación. Elaboración propia

Análisis: Las pendientes más pronunciadas (>30°) tienen el mayor peso (8.00), destacando su influencia significativa en la evaluación del riesgo. A medida que la pendiente disminuye, su influencia relativa también se reduce, con los valores más bajos asignados a pendientes menores a 5° (1.00).

**Tabla 3**

*Matriz de normalización para el factor condicionante: geomorfología*

RANGOS DE PENDIENTE	> a 30°	30° a 20°	20° a 10°	10° a 5°	< a 5°	Vector Priorización
> a 30°	0.490	0.490	0.511	0.480	0.444	0.483
30° a 20°	0.245	0.245	0.255	0.240	0.222	0.241
20° a 10°	0.122	0.122	0.128	0.160	0.167	0.140
10° a 5°	0.082	0.082	0.064	0.080	0.111	0.084
< a 5°	0.061	0.061	0.043	0.040	0.056	0.052



	Porcentaje (%)
<b>PESO PONDERADO DE LOS PARAMETROS</b>	48.293
	24.147
	13.984
	8.364
	5.211

*Nota:* Se muestra la matriz de normalización de factor geomorfología, indicando la influencia relativa de diferentes rangos de pendiente. Elaboración propia.

Análisis: Las pendientes más pronunciadas ( $>30^\circ$ ) tienen la mayor prioridad, con un valor del 48.29%, reflejando su alta susceptibilidad al riesgo de inundación. Las pendientes entre  $30^\circ$  y  $20^\circ$  también son relevantes, representando el 24.15%. A medida que la pendiente disminuye, su importancia relativa disminuye, con las pendientes menores a  $5^\circ$  recibiendo el menor peso (5.21%). Esta distribución de prioridades destaca la importancia de la pendiente en la evaluación geomorfológica del riesgo.

**Tabla 14**

*Vector de suma de ponderado para el factor condicionante: geomorfología*

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO					
Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.483	0.483	0.559	0.502	0.417	2.444
0.241	0.241	0.280	0.251	0.208	1.222
0.121	0.121	0.140	0.167	0.156	0.705
0.080	0.080	0.070	0.084	0.104	0.419
0.060	0.060	0.047	0.042	0.052	0.261
-	-	-	-	<b>HALLANDO EL <math>\lambda_{max}</math></b>	
					<b>Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion</b>
					5.061
					5.061
					5.041
					5.007
					5.014
				<b>SUMA</b>	25.183
				<b>PROMEDIO</b>	5.037
				<b>IC</b>	0.009
				<b>RC</b>	0.008

*Nota:* El vector de suma ponderada es un paso intermedio crucial dentro de la metodología del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) de Saaty. Elaboración propia.

El análisis del vector suma ponderado para el factor geomorfología muestra un  $\lambda_{max}$  promedio de 5.037, con un IC de 0.009 y una RC de 0.008, ambas por debajo del umbral de 0.1. Esto indica que las comparaciones de la matriz son consistentes y confiables. La baja RC sugiere que el proceso de ponderación y priorización es adecuado, proporcionando una base sólida para la evaluación del peligro por inundación en la quebrada de Ullpuhuaycco.

### 5.1.1.3. Análisis de la Litología

El análisis litológico considera diferentes grupos de depósitos que contribuye en el peligro de inundación. El Grupo Copacabana inferior, con calizas y concreciones calcareas, proporciona una base relativamente estable, mientras que el Grupo Copacabana superior, con lutitas y calizas, sugiere una variabilidad en la permeabilidad. Los depósitos morrénicos y coluviales, con fragmentos angulosos y gravas, y los depósitos aluviales con gravas y arenas mal seleccionadas, presentan una mayor vulnerabilidad a la acumulación de agua y erosión. Estos factores litológicos son considerados en la evaluación para determinar cómo afectan la dinámica del flujo de agua y la estabilidad del terreno.

**Tabla 15**

*Descriptores para el factor condicionante: litología*

D-1	D-2	D-3	D-4	D-5
Gpo. Copacabana inferior, calizas y algunas concreciones calcareas	Gpo. Copacabana superior, lutitas y calizas	Gpo. Mitu/Depositos Morrenicos - Fragmentos angulosos a subangulosos, diametro variable en matriz.	Depositos coluviales - Gravas y bloques subangulosos con matriz areniscosa y limosa.	Depositos aluviales - Gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa.

*Nota:* Los descriptores del factor condicionante litología permiten categorizar la resistencia y el comportamiento de los materiales ante procesos como movimientos en masa o inundaciones. Elaboración propia.

Seguidamente se realiza la descripción del análisis de la litología

Tabla 16

*Matriz de comparación de pares para el factor condicionante: litología*

UNIDADES LITOLÓGICAS	Gpo. Copacabana inferior, calizas y algunas concreciones calcareas	Gpo. Copacabana superior, lutitas y calizas	Gpo. Mitu/Depositos Morrenicos - Fragmentos angulosos a subangulosos, diametro variable en matriz.	Depositos coluviales - Gravas y bloques subangulosos con matriz areniscosa y limosa.	Depositos aluviales - Gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa.
Gpo. Copacabana inferior, calizas y algunas concreciones calcareas	1.00	3.00	4.00	7.00	8.00
Gpo. Copacabana superior, lutitas y calizas	0.33	1.00	2.00	3.00	5.00
Gpo. Mitu/Depositos Morrenicos - Fragmentos angulosos a subangulosos, diametro variable en matriz.	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
Depositos coluviales - Gravas y bloques subangulosos con matriz areniscosa y limosa.	0.14	0.33	0.33	1.00	3.00
Depositos aluviales - Gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa.	0.13	0.20	0.20	0.33	1.00
<b>SUMA</b>	1.85	5.03	7.53	14.33	22.00
<b>1/SUMA</b>	0.54	0.20	0.13	0.07	0.05

*Nota:* Se muestra que los depósitos aluviales y coluviales presentan la mayor vulnerabilidad debido a su baja estabilidad y alta permeabilidad, lo que incrementa el peligro de acumulación de agua y erosión. Elaboración propia.

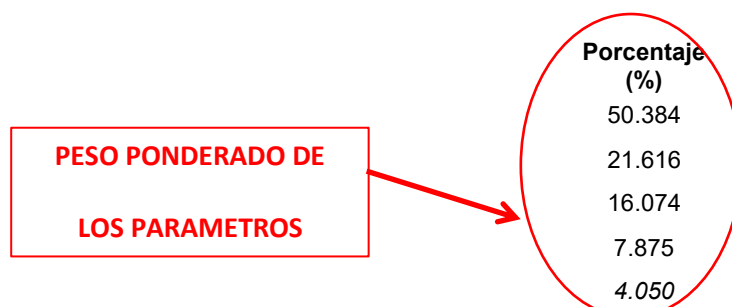
Análisis: En comparación, el Grupo Copacabana inferior, con calizas y concreciones calcareas, ofrece mayor estabilidad. Los valores inversos de las sumas indican la prioridad relativa, sugiriendo que los depósitos aluviales y coluviales deben recibir mayor atención en la evaluación del riesgo de inundación.

Tabla 17

Matriz de normalización para el factor condicionante: litología

UNIDADES LITOLÓGICAS	Gpo. Copacabana inferior, calizas y algunas concreciones calcareas	Gpo. Copacabana superior, lutitas y calizas	Gpo. Mitu/Depositos Morrenicos - Fragmentos angulosos a subangulosos, diametro variable en matriz.	Depositos coluviales - Gravas y bloques subangulosos con matriz areniscosa y limosa.	Depositos aluviales - Gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa.	Vector Priorización
Gpo. Copacabana inferior, calizas y algunas concreciones calcareas	0.540	0.596	0.531	0.488	0.364	0.504
Gpo. Copacabana superior, lutitas y calizas	0.180	0.199	0.265	0.209	0.227	0.216
Gpo. Mitu/Depositos Morrenicos - Fragmentos angulosos a subangulosos, diametro variable en matriz.	0.135	0.099	0.133	0.209	0.227	0.161
Depositos coluviales - Gravas y bloques subangulosos con matriz areniscosa y limosa.	0.077	0.066	0.044	0.070	0.136	0.079
Depositos aluviales - Gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa.	0.068	0.040	0.027	0.023	0.045	0.041





*Nota:* La tabla de normalización revela las prioridades relativas de las unidades litológicas.

Elaboración propia.

Análisis: El Grupo Copacabana inferior, con calizas y concreciones calcareas, tiene el mayor peso con un 50.384%, lo que indica una mayor estabilidad y menor riesgo de inundación. Los depósitos coluviales y aluviales, con porcentajes de 7.875% y 4.050%, respectivamente, presentan una menor prioridad debido a su mayor vulnerabilidad. Esta normalización permite identificar las unidades litológicas más relevantes para el análisis de riesgo, enfocando los esfuerzos en las áreas con mayor impacto potencial.

### Tabla 18

*Vector de suma de ponderado para el factor condicionante: litología*

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO					
Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.504	0.648	0.643	0.551	0.324	2.671
0.168	0.216	0.321	0.236	0.203	1.144
0.126	0.108	0.161	0.236	0.203	0.834
0.072	0.072	0.054	0.079	0.122	0.398
0.063	0.043	0.032	0.026	0.041	0.205
-	-	-	-		<b><u>HALLANDO EL <math>\lambda_{max}</math></u></b>
<b>Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion</b>					
					5.300
					5.294
					5.186
					5.052
					5.064

<b>SUMA</b>	25.897
<b>PROMEDIO</b>	5.179
<b>IC</b>	0.045
<b>RC</b>	0.040

*Nota:* Análisis: El vector de suma ponderado para el factor litología muestra un  $\lambda_{max}$  promedio de 5.179, con un IC de 0.045 y una RC de 0.040, ambos por debajo del umbral de 0.1. Elaboración propia.

Estos valores sugieren una alta consistencia en las comparaciones y una adecuada fiabilidad en el análisis. La menor RC indica que la ponderación de las unidades litológicas se ha realizado de manera precisa, brindando información esencial para determinar el peligro de inundación basado en la litología.

#### ***5.1.1.4. Análisis de la cobertura vegetal***

- **Bosque relicto meso andino de coníferas:** Representa áreas de vegetación densa con capacidad significativa para controlar la escorrentía y promover la infiltración.
- **Matorral Arbustivo:** Compuesto por arbustos que ofrecen una cobertura vegetal moderada, contribuyendo parcialmente a la estabilidad del suelo y a la regulación del flujo de agua.
- **Pajonal Andino:** Predomina en áreas de pastizales que proporcionan una cobertura menor que los bosques, pero que aún ayudan a reducir la erosión y la escorrentía.
- **Agricultura:** Áreas cultivadas con baja cobertura vegetal.
- **Área Urbana:** Zonas impermeabilizadas que reducen significativamente la infiltración y aumentan la escorrentía, contribuyendo al riesgo de inundación.

**Tabla 19**

*Descriptorios para el factor condicionante: cobertura vegetal*

D-1	D-2	D-3	D-4	D-5
Bosque relicto mesoandino de coníferas	Matorral Arbustivo	Pajonal Andino	Agricultura	Área Urbana

*Nota:* se define mediante descriptorios que clasifican la densidad, el tipo y el estado de la vegetación, los cuales influyen directamente en la estabilidad del suelo y la escorrentía superficial. Elaboración propia.

También, se desarrolla la evaluación de factores condicionantes

**Tabla 20**

*Matriz de comparación de pares para el factor condicionante: cobertura vegetal*

UNIDADES LITOLÓGICAS	Bosque relicto mesoandino de coníferas	Matorral Arbustivo	Pajonal Andino	Agricultura	Área Urbana
<b>Bosque relicto mesoandino de coníferas</b>	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
<b>Matorral Arbustivo</b>	0.50	1.00	4.00	3.00	5.00
<b>Pajonal Andino</b>	0.33	0.25	1.00	3.00	5.00
<b>Agricultura</b>	0.25	0.33	0.33	1.00	3.00
<b>Área Urbana</b>	0.20	0.20	0.20	0.33	1.00
<b>SUMA</b>	2.28	3.78	8.53	11.33	19.00
<b>1/SUMA</b>	0.44	0.26	0.12	0.09	0.05

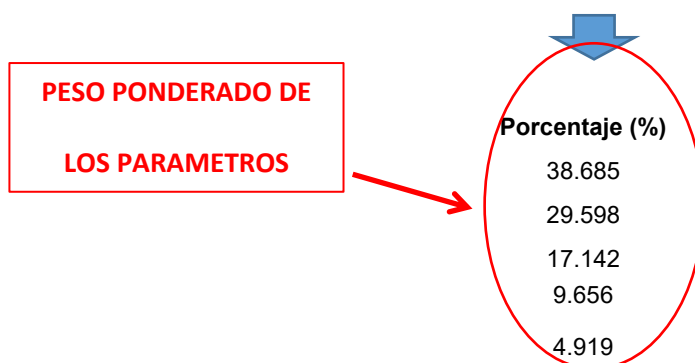
*Nota:* Para la cobertura vegetal destaca la influencia relativa de cada tipo de cobertura sobre la escorrentía y la estabilidad del suelo. Elaboración propia.

Análisis: El Bosque relicto mesoandino de coníferas tiene la mayor prioridad con un valor de 5.00, indicando su capacidad superior para controlar la escorrentía y promover la infiltración. El Matorral Arbustivo y el Pajonal Andino también tienen una importancia notable, pero menor comparada con el bosque. En contraste, Área Urbana presenta la menor capacidad para controlar la escorrentía debido a su alta impermeabilidad, reflejando la mayor prioridad de atención en estos espacios. Las inversas de las sumas (1/SUMA) indican la ponderación relativa para cada tipo de cobertura, mostrando que las áreas urbanas y agrícolas contribuyen más significativamente al riesgo de inundación.

Tabla 21

*Matriz de normalización para el factor condicionante: cobertura vegetal.*

UNIDADES LITOLÓGICAS	Bosque relicto mesoandino de coníferas	Matorral Arbustivo	Pajonal Andino	Agricultura	Área Urbana	Vector Priorización
<b>Bosque relicto mesoandino de coníferas</b>	0.438	0.529	0.352	0.353	0.263	0.387
<b>Matorral Arbustivo</b>	0.219	0.264	0.469	0.265	0.263	0.296
<b>Pajonal Andino</b>	0.146	0.066	0.117	0.265	0.263	0.171
<b>Agricultura</b>	0.109	0.088	0.039	0.088	0.158	0.097
<b>Area Urbana</b>	0.088	0.053	0.023	0.029	0.053	0.049



*Nota:* La matriz de normalización revela cómo cada tipo de cobertura vegetal contribuye al riesgo de inundación. Elaboración propia.

Análisis: El Bosque relicto mesoandino de coníferas tiene el mayor vector de priorización con un 38.685%, destacando su función crucial en la regulación de escorrentía y la estabilidad del suelo. El Matorral Arbustivo sigue con un 29.598%, indicando una capacidad significativa pero menor en comparación con el bosque. El Pajonal Andino contribuye con un 17.142%, mientras que Agricultura y Área Urbana tienen las menores contribuciones, con 9.656% y 4.919%, respectivamente. Esta normalización ayuda a identificar zonas vulnerables para mitigar el riesgo de inundación.

**Tabla 22**

*Vector de suma de ponderado para el factor condicionante: cobertura vegetal*

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.387	0.592	0.514	0.386	0.246	2.125
0.193	0.296	0.686	0.290	0.246	1.711
0.129	0.074	0.171	0.290	0.246	0.910
0.097	0.099	0.057	0.097	0.148	0.497
0.077	0.059	0.034	0.032	0.049	0.252

- - - - **HALLANDO EL  $\lambda_{max}$**

**Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion**

	5.494
	5.780
	5.308
	5.143
	5.128
<b>SUMA</b>	26.853
<b>PROMEDIO</b>	5.371
<b>IC</b>	0.093
<b>RC</b>	0.083

*Nota:* El análisis del vector de suma ponderado para el factor cobertura vegetal muestra un  $\lambda_{max}$  promedio de 5.371, con un IC de 0.093 y una RC de 0.083, ambas por debajo del umbral de 0.1. Elaboración propia.

Análisis: Estos resultados indican que las comparaciones entre las coberturas vegetales son consistentes y el proceso de ponderación es fiable. La baja RC sugiere que la normalización y ponderación realizadas son adecuadas, resultando en una información esencial para evaluar el impacto de la cobertura vegetal en el riesgo de inundación.

### **5.1.2. Análisis de factores desencadenantes**

Para utilizar estos factores desencadenantes en el método de la Matriz de Saaty, se deben realizar comparaciones pareadas entre diferentes umbrales de precipitación y las

correspondientes alturas de flujo para determinar sus pesos de prioridad. Esto permitirá cuantificar la influencia de cada nivel de precipitación en la altura del flujo y, en consecuencia, en el riesgo de inundación.

#### **5.1.2.1. Precipitación (Umbrales de Precipitación - mm)**

La precipitación es uno de los factores desencadenantes más críticos en la evaluación del riesgo de inundación pluvial. La cantidad de precipitación que cae en una región durante un periodo específico puede determinar la probabilidad de que ocurran inundaciones. Para un análisis detallado, es esencial establecer umbrales de precipitación, medidos en milímetros (mm), que puedan desencadenar eventos de inundación. Estos umbrales pueden variar dependiendo de la característica del suelo para infiltrar agua, la topografía del área y la cobertura vegetal. Por ejemplo:

- **Bajo Umbral de Precipitación (< 20 mm):** Generalmente no causa inundaciones significativas, pero puede aumentar los niveles de humedad del suelo.
- **Umbral Moderado de Precipitación (20-50 mm):** Puede provocar inundaciones menores en áreas urbanas con poca capacidad de drenaje.
- **Alto Umbral de Precipitación (50-100 mm):** Probablemente desencadenará inundaciones en zonas bajas y planicies aluviales.
- **Muy Alto Umbral de Precipitación (> 100 mm):** Alta probabilidad de inundaciones severas, especialmente en áreas con pendientes pronunciadas y baja cobertura vegetal.

Al definir estos umbrales, es crucial considerar eventos históricos de precipitación y los patrones climatológicos específicos de la quebrada de Ullpuhuaycco.

#### **5.1.2.2. Parámetro de Evaluación: Altura de Flujo**

La altura de flujo se refiere al nivel al que asciende el agua durante un evento de inundación. Este parámetro es vital para evaluar la magnitud y el impacto potencial de las inundaciones. La altura del flujo puede ser influenciada por varios factores, incluyendo la

intensidad y duración de la precipitación, la geomorfología de la zona y la capacidad drenante del suelo y de las estructuras artificiales.

- **Altura de Flujo Baja (< 0.5 metros):** Puede causar inundaciones menores, afectando principalmente áreas agrícolas y zonas con infraestructura de baja elevación.
- **Altura de Flujo Moderada (0.5-1.5 metros):** Es más probable que cause daños significativos a propiedades, infraestructura y podría requerir evacuaciones en áreas urbanas.
- **Altura de Flujo Alta (1.5-3 metros):** Riesgo significativo de daños severos a edificaciones, infraestructura crítica y puede representar un peligro considerable para la vida humana.
- **Altura de Flujo Muy Alta (> 3 metros):** Potencial de destrucción masiva en áreas afectadas, con alto riesgo para la vida y propiedades, y probable necesidad de respuestas de emergencia a gran escala.

#### ***5.1.2.3. Análisis de umbrales de precipitación***

Para analizar el **factor desencadenante: umbrales de precipitación**, es útil considerar cómo cada rango de precipitación afecta el riesgo de inundación. La tabla que proporcionas parece enumerar diferentes rangos de precipitación, pero no incluye valores específicos ni ponderaciones:

- **P > 860 mm:** Este rango representa precipitación extrema y se asocia con un alto riesgo de inundación. La ponderación para este rango debería ser alta debido a su capacidad para provocar eventos de inundación significativos.
- **860-800 mm:** Aunque no tan crítico como el rango anterior, sigue siendo significativo. Este rango también debe recibir una ponderación considerable, ya que puede desencadenar inundaciones en combinación con otros factores.

- **800-750 mm:** Precipitación moderada a alta, con un riesgo intermedio. La ponderación aquí debe ser menor que en los dos rangos anteriores, pero aún relevante para el análisis del riesgo.
- **750-700 mm:** Precipitación moderada que puede contribuir al riesgo de inundación, especialmente en terrenos sensibles. La ponderación para este rango debe ser menor que para los anteriores.
- **P < 700 mm:** Precipitación baja que generalmente representa un menor riesgo, pero aún debe ser considerada en el contexto del análisis de inundación. La ponderación debe ser la más baja entre estos rangos.

**Tabla 23**

*Ponderación del Factor desencadenante: UMBRALES DE PRECIPITACIÓN (mm)*

Factor desencadenante: UMBRALES DE PRECIPITACIÓN (mm)	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5
	P > 860 mm	860-800 mm	800-750 mm	750-700 mm	P < 700 mm

*Nota:* La ponderación del factor desencadenante mediante umbrales de precipitación es un proceso técnico utilizado en la gestión de riesgos. Elaboración propia.

A continuación, se análisis el factor desencadenante como umbrales de precipitación.

**Tabla 24**

*Matriz comparación de pares para el factor desencadenante: umbrales de precipitación*

UMBRALES DE PRECIPITACIÓN (mm)	P > 860 mm	860-800 mm	800-750 mm	750-700 mm	P < 700 mm
<b>P &gt; 860 mm</b>	1.00	3.00	5.00	7.00	8.00
<b>860-800 mm</b>	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
<b>800-750 mm</b>	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
<b>750-700 mm</b>	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00
<b>P &lt; 700 mm</b>	0.13	0.14	0.20	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	1.80	4.68	9.53	16.50	23.00
<b>1/SUMA</b>	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

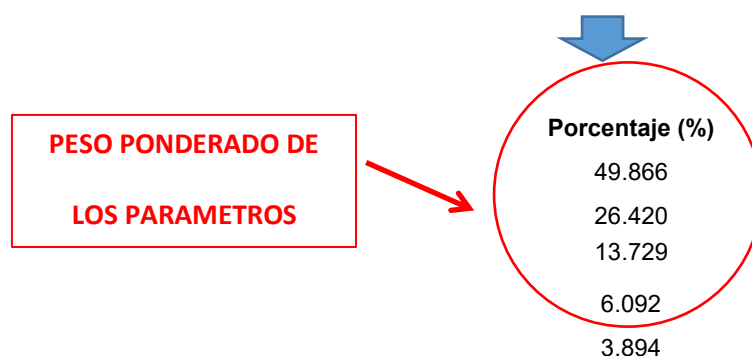
*Nota:* Se revela que P > 860 mm es el rango con mayor impacto en el riesgo de inundación, reflejado en su ponderación más alta. Elaboración propia.

Análisis. Este rango representa el mayor riesgo de desencadenar inundaciones severas. Los rangos 860-800 mm y 800-750 mm también presentan riesgos significativos pero menores en comparación con el rango superior. En contraste, 750-700 mm y  $P < 700$  mm tienen menor impacto relativo, indicando un riesgo reducido en comparación con los umbrales más altos.

**Tabla 25**

*Matriz de normalización de pares para el factor desencadenante: umbrales de precipitación*

UMBRALES DE PRECIPITACIÓN (mm)	P > 860 mm	860-800 mm	800-750 mm	750-700 mm	P < 700 mm	Vector Priorización
<b>P &gt; 860 mm</b>	0.555	0.642	0.524	0.424	0.348	0.499
<b>860-800 mm</b>	0.185	0.214	0.315	0.303	0.304	0.264
<b>800-750 mm</b>	0.111	0.071	0.105	0.182	0.217	0.137
<b>750-700 mm</b>	0.079	0.043	0.035	0.061	0.087	0.061
<b>P &lt; 700 mm</b>	0.069	0.031	0.021	0.030	0.043	0.039



*Nota:* La matriz de normalización para los umbrales de precipitación indica que el rango  $P > 860$  mm es el más significativo, con el mayor valor en el vector de priorización (0.499) y representando el 49.87% del total. Elaboración propia.

Análisis: Esto subraya su alto riesgo en el desencadenamiento de inundaciones. Los rangos 860-800 mm y 800-750 mm siguen siendo importantes, con ponderaciones de 0.264 y 0.137, respectivamente. Los rangos 750-700 mm y  $P < 700$  mm tienen una influencia menor, con porcentajes de 6.09% y 3.89%, indicando menor riesgo. Este análisis ayuda a priorizar los umbrales de precipitación en la evaluación de peligro de inundación.

**Tabla 26**

*Relación de consistencia vector de pares para el factor desencadenante: umbrales de precipitación*

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.499	0.793	0.686	0.426	0.312	2.716
0.166	0.264	0.412	0.305	0.273	1.419
0.100	0.088	0.137	0.183	0.195	0.703
0.071	0.053	0.046	0.061	0.078	0.309
0.062	0.038	0.027	0.030	0.039	0.197
-	-	-	-		
					<b>HALLANDO EL <math>\lambda_{max}</math></b>
					<b>Vector Suma Ponderado / Vector Priorización</b>
					5.446
					5.373
					5.117
					5.066
					5.057
<b>SUMA</b>					26.060
<b>PROMEDIO</b>					5.212
					0.053
<b>IC</b>					0.048
<b>RC</b>					0.048

*Nota:* El análisis de la RC para los umbrales de precipitación muestra un IC de 0.053

y una RC de 0.048, ambos por debajo del umbral de 0.1. Elaboración propia.

Análisis: Esto indica que la matriz de pares para los umbrales de precipitación es consistente, con un  $\lambda_{max}$  promedio de 5.212. Los valores calculados aseguran que la evaluación de los umbrales de precipitación es fiable y válida para el análisis de riesgo de inundación, confirmando que las ponderaciones asignadas reflejan adecuadamente las diferencias en el riesgo entre los diferentes rangos de precipitación.

#### **5.1.2.4. Análisis de altura de flujo**

Para analizar los umbrales de precipitación en relación con la altura de flujo, puedes asignar ponderaciones a los distintos rangos de altura del flujo como sigue:

- **$H \geq 1.00$  m:** Este rango indica la mayor altura de flujo, lo que corresponde a la mayor severidad y potencial de inundación. Debería recibir la mayor ponderación.
- **$0.50 \text{ m} \leq H < 1.00$  m:** Alturas de flujo significativas, pero menores que el rango anterior. Se le asigna una ponderación menor que al rango más alto.
- **$0.30 \text{ m} \leq H < 0.50$  m:** Alturas moderadas, con un riesgo de inundación menor. Se le asigna una ponderación menor aún.

- $0.10 \text{ m} \leq H < 0.30 \text{ m}$ : Alturas de flujo bajas, indicando un riesgo bajo. Se le asigna una menor ponderación.
- $H < 0.10 \text{ m}$ : Alturas de flujo muy bajas, representando el menor riesgo de inundación. Recibe la menor ponderación.

**Tabla 27**

*Ponderación del Factor desencadenante: altura de flujo*

	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5
	$H \geq 1.00 \text{ m}$	$0.50 \text{ m} \leq H < 1.00 \text{ m}$	$0.30 \text{ m} \leq H < 0.50 \text{ m}$	$0.10 \text{ m} \leq H < 0.30 \text{ m}$	$H < 0.10 \text{ m}$

*Nota:* En la gestión de riesgos y el análisis de procesos de remoción en masa, la altura de flujo (o tirante máximo) es un parámetro crítico utilizado para cuantificar la intensidad y peligrosidad de un evento. Elaboración propia.

**Tabla 28**

*Matriz comparación de pares para el factor desencadenante: altura de flujo*

ALTURA DE FLUJO	$H \geq 1.00 \text{ m}$	$0.50 \text{ m} \leq H < 1.00 \text{ m}$	$0.30 \text{ m} \leq H < 0.50 \text{ m}$	$0.10 \text{ m} \leq H < 0.30 \text{ m}$	$H < 0.10 \text{ m}$
<b><math>H \geq 1.00 \text{ m}</math></b>	1.00	3.00	4.00	7.00	9.00
<b><math>0.50 \text{ m} \leq H &lt; 1.00 \text{ m}</math></b>	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
<b><math>0.30 \text{ m} \leq H &lt; 0.50 \text{ m}</math></b>	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
<b><math>0.10 \text{ m} \leq H &lt; 0.30 \text{ m}</math></b>	0.14	0.25	0.33	1.00	2.00
<b><math>H &lt; 0.10 \text{ m}</math></b>	0.11	0.20	0.25	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	1.84	4.78	8.58	15.50	21.00
<b>1/SUMA</b>	0.54	0.21	0.12	0.06	0.05

*Nota:* La CP indica que el rango de altura de flujo más alto ( $H \geq 1.00 \text{ m}$ ) es el más crítico, con la mayor ponderación, reflejando su capacidad para desencadenar inundaciones graves. Elaboración propia.

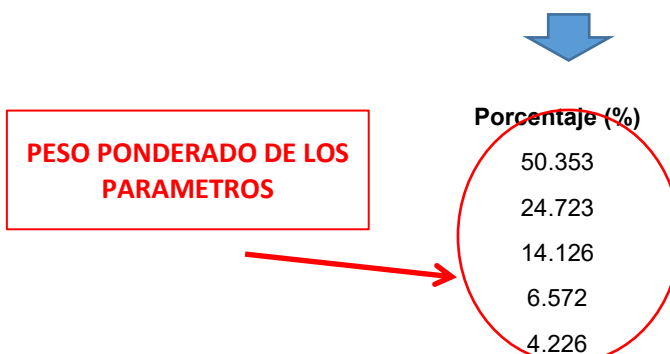
Análisis: Los rangos intermedios ( $0.50 \text{ m} \leq H < 1.00 \text{ m}$  y  $0.30 \text{ m} \leq H < 0.50 \text{ m}$ ) tienen una importancia considerable, pero menor que el rango más alto. Los niveles de flujo bajos

( $0.10 \text{ m} \leq H < 0.30 \text{ m}$  y  $H < 0.10 \text{ m}$ ) tienen menor impacto en el riesgo de inundación, recibiendo ponderaciones menores. Esta estructura de ponderación ayuda a calibrar el análisis de riesgo de inundación, considerando que mayores alturas de flujo conllevan mayores riesgos.

**Tabla 29**

*Matriz de normalización de pares para el factor desencadenante: altura de flujo*

ALTURA DE FLUJO	$H \geq 1.00 \text{ m}$	$0.50 \text{ m} \leq H < 1.00 \text{ m}$	$0.30 \text{ m} \leq H < 0.50 \text{ m}$	$0.10 \text{ m} \leq H < 0.30 \text{ m}$	$H < 0.10 \text{ m}$	Vector Priorización
<b><math>H \geq 1.00 \text{ m}</math></b>	0.544	0.627	0.466	0.452	0.429	0.504
<b><math>0.50 \text{ m} \leq H &lt; 1.00 \text{ m}</math></b>	0.181	0.209	0.350	0.258	0.238	0.247
<b><math>0.30 \text{ m} \leq H &lt; 0.50 \text{ m}</math></b>	0.136	0.070	0.117	0.194	0.190	0.141
<b><math>0.10 \text{ m} \leq H &lt; 0.30 \text{ m}</math></b>	0.078	0.052	0.039	0.065	0.095	0.066
<b><math>H &lt; 0.10 \text{ m}</math></b>	0.060	0.042	0.029	0.032	0.048	0.042



*Nota:* Los datos reflejan que el rango  $H \geq 1.00 \text{ m}$  es el más crítico, con la mayor prioridad, representando el 50.35% del total. Elaboración propia.

Análisis: Esto sugiere que niveles más altos de flujo tienen el mayor potencial para desencadenar inundaciones. Los rangos  $0.50 \text{ m} \leq H < 1.00 \text{ m}$  y  $0.30 \text{ m} \leq H < 0.50 \text{ m}$  también son significativos, pero con menor impacto comparado con el rango más alto, representando el 24.72% y el 14.13% respectivamente. Los niveles más bajos de altura de flujo ( $0.10 \text{ m} \leq H < 0.30 \text{ m}$  y  $H < 0.10 \text{ m}$ ) tienen una prioridad menor, con porcentajes de 6.57% y 4.23%. Estos porcentajes ayudan a entender la influencia de cada rango de altura de flujo en el riesgo de inundación, con una clara indicación de que mayores alturas de flujo son más relevantes para la gestión del riesgo.

**Tabla 30**

*Relación de consistencia vector de pares para el factor desencadenante:*

*altura de flujo*

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO					
Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.504	0.742	0.565	0.460	0.380	2.651
0.168	0.247	0.424	0.263	0.211	1.313
0.126	0.082	0.141	0.197	0.169	0.716
0.072	0.062	0.047	0.066	0.085	0.331
0.056	0.049	0.035	0.033	0.042	0.216
<b>HALLANDO EL <math>\lambda_{max}</math></b>					
-	-	-	-		
<b>Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion</b>					
					5.264
					5.311
					5.067
					5.037
					5.107
				<b>SUMA</b>	25.787
				<b>PROMEDIO</b>	5.157
				<b>IC</b>	0.039
				<b>RC</b>	0.035

*Nota:* Los resultados indican que el  $\lambda_{max}$  promedio es de 5.157, y el IC es 0.039, con una RC de 0.035. Elaboración propia.

Análisis: Estos valores están por debajo del umbral de 0.1, lo que sugiere una alta consistencia en las evaluaciones y comparaciones realizadas. La prioridad asignada a los distintos rangos de altura de flujo está bien fundamentada y reflejada adecuadamente en el modelo, con un énfasis notable en los rangos más altos de altura de flujo. Esto respalda la importancia de considerar altos niveles de flujo como factores clave en la gestión del riesgo de inundación.

### 5.1.3. Determinación del nivel de peligro

#### 5.1.3.1. Resumen de factores condicionantes, desencadenantes y parámetro de evaluación

La tabla que sigue sintetiza las variables evaluadas para establecer la magnitud de riesgo de inundación en la quebrada, clasificando diferentes niveles de pendiente, altura del flujo, unidades litológicas y geomorfológicas, cobertura vegetal y umbrales de precipitación.

La tabla muestra una visión integral de los elementos que afectan el nivel de riesgo de inundación. Cada combinación de factores ofrece una visión pormenorizada acerca de la vulnerabilidad del área ante inundaciones. Para calcular el riesgo, los factores desencadenantes como la altura de flujo y las precipitaciones se fusionan con los factores condicionantes, entre ellos la litología y la pendiente. La investigación señala que las zonas con pendientes elevadas, litologías más impermeables y precipitaciones más abundantes están vinculadas a un riesgo de inundación superior, lo que resalta la relevancia de tener en cuenta estos factores al planificar y GR.

**Tabla 31**

*Resumen de variables*

	PARAMETRO DE EVALUACION	FACTOR COND 1	FACTOR COND 2	FACTOR COND 3	FACTOR COND 4	FACTOR DESENCADENANTE 1
	ALTURA DE FLUJO	RANGOS DE PENDIENTE	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	UNIDADES LITOLOGICAS	COBERTURA VEGETAL	UMBRALES DE PRECIPITACION (mm)
D-1	$H \geq 1.00$ m	> a 30°	Montaña en roca volcano-sedimentaria	Gpo. Copacabana inferior, calizas y algunas concreciones calcareas	Bosque relictos mesoandino de coníferas	$P > 860$ mm
D-2	$0.50 \text{ m} \leq H < 1.00$ m	30° a 20°	Montaña estructural en roca sedimentaria	Gpo. Copacabana superior, lutitas y calizas	Matorral Arbustivo	860-800 mm
D-3	$0.30 \text{ m} \leq H < 0.50$ m	20° a 10°	Montaña en roca sedimentaria	Gpo. Mitu/Depositos Morrenicos - Fragmentos angulosos a subangulosos,	Pajonal Andino	800-750 mm

	PARAMETRO DE EVALUACION	FACTOR COND 1	FACTOR COND 2	FACTOR COND 3	FACTOR COND 4	FACTOR DESENCADENANTE ANTE 1
D-4	$0.10 \text{ m} \leq H < 0.30 \text{ m}$	10° a 5°	Morrena	diametro variable en matriz. Depositos coluviales - Gravas y bloques subangulosos con matriz areniscosa y limosa.	Agricultura	750-700 mm
D-5	$H < 0.10 \text{ m}$	< a 5°	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	Depositos aluviales - Gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa.	Área Urbana	P <700 mm

*Nota:* En la evaluación del riesgo de inundación, se asigna un peso total de 1.00 a los factores de altura de flujo y umbrales de precipitación, destacando su importancia crucial en el análisis del peligro. Elaboración propia.

### 5.1.3.2. Pesos de los factores condicionantes

Los factores condicionantes se dividen en varios aspectos, con los rangos de pendiente y las unidades geomorfológicas dominando con pesos de 0.515 y 0.289, respectivamente, lo que indica su significativa influencia en la susceptibilidad a inundaciones. Las unidades litológicas y la cobertura vegetal tienen pesos menores, de 0.130 y 0.067, reflejando una menor, pero aún relevante, contribución al análisis global. Por otro lado, los umbrales de precipitación, con un peso de 1.00, refuerzan su papel fundamental como factor desencadenante. Este enfoque ponderado subraya la necesidad de considerar tanto los factores condicionantes como los desencadenantes para una evaluación completa del peligro de inundación en la quebrada, integrando la geomorfología y la precipitación como elementos clave.

**Tabla 32***Pesos de nivel 1*

<b>pesos del nivel 1</b>	
peso de parámetros de evaluación	0.5
peso del análisis de susceptibilidad del territorio	0.5
<b>suma</b>	<b>1.00</b>

*Nota:* Aquí podemos observar que los pesos los pesos de los parámetros de evaluación y el peso de análisis de susceptibilidad del territorio deben ser la suma igual a 1. Elaboración propia.

**Tabla 33***Pesos de nivel 2*

<b>PESOS DEL NIVEL 2</b>	
grupo 1	
peso del parámetro de evaluación	1
<b>SUMA</b>	<b>1.00</b>
grupo 2	
peso de los factores condicionantes	0.5
peso de los factores desencadenantes	0.5
<b>SUMA</b>	<b>1.00</b>

*Nota:* Observamos aquí que los pesos del nivel 2 más los pesos de los parámetros de evaluación, los pesos de los factores condicionantes y los pesos de los factores desencadenantes la suma debe ser igual a 1. Elaboración propia.

**Tabla 34***Pesos de nivel 3*

<b>PESOS DEL NIVEL 3</b>	
Peso de c/parámetro de evaluación	
ALTURA DE FLUJO	<b>1.00</b>

*Nota:* se visualiza que los pesos del nivel 3 conjuntamente con los parámetros de evaluación y la altura de flujo deben de ser igual a 1. elaboración propia.

**Tabla 35***Peso de los factores condicionantes*

ITEM	FACTOR CONDICIONANTE	PESO
1	RANGOS DE PENDIENTE	0.515
2	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	0.289
3	UNIDADES LITOLÓGICAS	0.130
3	COBERTURA VEGETAL	0.067

*Nota:* El peso de los factores condicionantes o determinantes de la salud se refiere a la proporción en que cada uno de estos elementos influye en el estado de salud de una población. Elaboración propia.

**Tabla 36***Peso de factores desencadenantes*

<i>Peso de los factores desencadenantes</i>	
UMBRALES DE PRECIPITACIÓN (mm)	<b>1.00</b>

*Nota:* La Tabla 35 muestra la matriz de peligro, que examina varios factores asociados con la vulnerabilidad al riesgo de inundación. Elaboración propia.

Los valores del peligro (VP) se establecen en base a una variedad de factores que lo desencadenan y lo condicionan. El análisis de susceptibilidad del territorio se clasifica con un peso de 0.5 en esta matriz, que es el mismo que el de los parámetros de evaluación. Los factores condicionantes se dividen en rangos de pendiente, unidades geomorfológicas, unidades litológicas, cobertura vegetal y altura de flujo, con pesos respectivos que son 0.483, 0.410, 0.387, 0.504 y 0.504. Los umbrales de precipitación, que son el factor desencadenante, tienen también un peso importante de 1.00. Los valores ponderados muestran la relevancia de cada elemento en el análisis del peligro; entre ellos, los umbrales de precipitación y la altura de flujo son los que más inciden en el cálculo del riesgo por inundación.

**Tabla 37***Matriz de peligro*

$$\text{VALOR PELIGRO} = 0.5 * \text{PESO PAR EVALUAC} + 0.5 * (\text{FACTORES CONDIC} + \text{FACTOR DESENCADENATE})$$

0.5		0.5				
PARAMETRO DE EVALUACIÓN	ANALISIS DE SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO					
1	0.4			0.6		VALOR DEL PELIGRO (VP)
PARAMETRO DE EVALUACION	FACT. COND 1	FACT. COND 2	FACT. COND 3	FACT. COND 4	FACTOR DESENCADENANTE 1	
1.00	0.515	0.289	0.130	0.067	1.00	
ALTURA DE FLUJO	RANGOS DE PENDIENTE	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	UNIDADES LITOLÓGICAS	COBERTURA VEGETAL	UMBRALES DE PRECIPITACIÓN (mm)	
0.504	0.483	0.410	0.504	0.387	0.499	0.493
0.247	0.241	0.295	0.216	0.296	0.264	0.250
0.141	0.140	0.174	0.161	0.171	0.137	0.140
0.066	0.084	0.075	0.079	0.097	0.061	0.066
0.042	0.052	0.046	0.041	0.049	0.039	0.042
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.992

*Nota:* La Tabla siguiente clasifica los niveles de peligro en función del valor del peligro (P).

Un nivel Muy Alto se define para valores de 0.250 a 0.493. Elaboración propia.

Los valores en el rango de Alto van de 0.140 a 0.250. El nivel Medio corresponde a valores entre 0.066 y 0.140. Finalmente, se considera Bajo el peligro para valores de 0.042 a 0.066. Estos rangos ayudan a evaluar y priorizar las áreas según su riesgo de inundación.

**Tabla 38***Niveles de peligro*

NIVEL	RANGO	
MUY ALTO	0.250	$\leq P \leq$ 0.493
ALTO	0.140	$\leq P <$ 0.250
MEDIO	0.066	$\leq P <$ 0.140
BAJO	0.042	$\leq P <$ 0.066

*Nota:* La Tabla siguiente define los escenarios de peligro basados en los umbrales de precipitación en milímetros. Elaboración propia.

Los valores calculados de peligro para cada umbral de precipitación son 0.499 para precipitaciones mayores a 860 mm, 0.264 para el rango de 860-800 mm, 0.137 para

800-750 mm, 0.061 para 750-700 mm, y 0.039 para precipitaciones menores a 700 mm. Para el presente estudio, se ha escogido el valor de 0.499, correspondiente a precipitaciones superiores a 860 mm, como el escenario representativo del nivel de peligro evaluado.

Asimismo, presenta el valor del peligro (VP) calculado para distintas características para análisis en función de umbrales de precipitación y factores condicionantes. Se observa que el umbral de precipitación superior a 860 mm, con un VP de 0.499, se destaca como el más significativo. Los valores calculados para cada parámetro, que incluyen unidades litológicas, rangos de pendiente, unidades geomorfológicas, y umbrales de precipitación, varían entre 0.042 y 0.504. El valor de peligro más alto, 0.504, se asocia a unidades litológicas y rangos de pendiente, reflejando las condiciones más críticas. La elección del valor de 0.499 para el umbral de precipitación mayor a 860 mm como referencia para el estudio indica una alta vulnerabilidad bajo estas condiciones extremas.

**Tabla 39**

*Definición de escenario*

UMBRALES DE PRECIPITACIÓN (mm)	0.499	0.264	0.137	0.061	0.039
	P > 860 mm	860-800 mm	800-750 mm	750-700 mm	P < 700 mm
Valor escogido, para el presente estudio					<b>0.499</b>

PARAMETRO DE EVALUACIÓN	ANALISIS DE SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO					VALOR DEL PELIGRO (VP)
1	0.4			0.6		
PARAMETRO DE EVALUACION	FACT. COND 1	FACT. COND 2	FACT. COND 3	FAC T. CO ND 4	FACTOR DESENCADEN ANTE 1	
1.00	0.515	0.289	0.130		1.00	
UNIDADES LITOLÓGICAS	RANGOS DE PENDIENTE	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	UNIDADES LITOLÓGICAS		UMBRALES DE PRECIPITACIÓN (mm)	
0.504	0.483	0.410	0.504	0.387	0.499	0.488
0.247	0.241	0.295	0.216	0.296	0.499	0.321

0.141	0.140	0.174	0.161	0.17 1	0.499	0.249
0.066	0.084	0.075	0.079	0.09 7	0.499	0.197
0.042	0.052	0.046	0.041	0.04 9	0.499	0.180

*Nota:* Los umbrales de precipitación son valores críticos de lluvia (intensidad, cantidad o duración) a partir de los cuales se espera la ocurrencia de efectos específicos, como inundaciones, deslizamientos de tierra o desbordamientos de ríos. Elaboración propia.

## 5.2. Discusión de Resultados

La investigación "Evaluación del peligro por inundaciones pluviales en la quebrada de Ullpuhuaycco: una perspectiva basada en los factores condicionantes y desencadenantes, Abancay, 2023" tuvo como objetivo establecer el grado de riesgo de inundaciones pluviales en la quebrada de Ullpuhuaycco, a partir del análisis de los factores que las propician o desatan. Los hallazgos se examinan en comparación con los propósitos de la investigación, tanto generales como específicos, y se contrastan con investigaciones previas significativas.

El propósito principal del estudio fue establecer el grado de riesgo de inundaciones pluviales en la quebrada de Ullpuhuaycco, teniendo en cuenta factores que lo condicionan y lo desencadenan. Los hallazgos mostraron una variabilidad en el grado de riesgo que corresponde a los rangos definidos en la tabla de niveles de peligro. La metodología utilizada permitió la clasificación de las zonas en cuatro categorías de riesgo: bajo, medio, alto y muy alto. Esta categorización fue determinada por la combinación de los factores analizados, que incluían los rangos de pendiente, las unidades geomorfológicas, las unidades litológicas, la cobertura vegetal y los umbrales de precipitación.

Este estudio cuantitativo respalda que la quebrada de Ullpuhuaycco tiene un riesgo considerable de inundación pluvial, especialmente en áreas donde los factores desencadenantes (por ejemplo, los umbrales de precipitación) se combinan con factores condicionantes que aumentan el peligro.

El análisis de las características geomorfológicas, como las unidades geomorfológicas y las pendientes, demostró que la quebrada de Ullpuhuaycco posee una

topografía que incrementa la susceptibilidad a inundaciones. Las pendientes pronunciadas y las unidades geomorfológicas identificadas contribuyen a una rápida escorrentía, elevando el peligro de inundación. Este descubrimiento concuerda con lo investigado por Vallejo (2019), quien destacó la importancia de las propiedades geomorfológicas al evaluar el peligro de inundación en quebradas y ríos. Vallejo empleó modelación matemática para calcular el riesgo de inundación en el río Puyo, enfatizando la relevancia de las propiedades geomorfológicas en la dinámica de las inundaciones.

En cuanto a las características geológicas y geotécnicas, la investigación evidenció que las unidades litológicas juegan un papel crucial en la capacidad de absorción y retención de agua. Las unidades litológicas que predominan en la quebrada de Ullpuhuaycco, como los depósitos coluviales y aluviales, afectan la velocidad y volumen de escorrentía. Esto coincide con el estudio de Alarcón & Alarcón (2022), que analizó la influencia de las características geológicas en la erosión y caudales máximos del río Apurímac.

Finalmente, las características climatológicas, particularmente los umbrales de precipitación, fueron identificadas como factores decisivos en el nivel de peligro por inundación. La investigación reveló que áreas con precipitación superior a 860 mm presentan el mayor riesgo de inundación. Esto se alinea con el estudio de Villalobos (2021), que utilizó modelos hidrológicos para analizar la incidencia de precipitaciones extremas en el desborde del río Amojú. La correlación entre altos umbrales de precipitación y aumento en el peligro de inundación confirma la importancia de los factores climatológicos en la gestión del riesgo de inundaciones.

## VI. Conclusiones

- a. La investigación determinó que la quebrada de Ullpuhuaycco presenta un nivel de peligro significativo por inundaciones pluviales. La combinación de factores condicionantes y desencadenantes evaluados reveló que las áreas con precipitación superior a 860 mm y con características geomorfológicas específicas (pendientes pronunciadas y unidades geomorfológicas vulnerables) tienen un riesgo de inundación clasificado como alto a muy alto.
- b. Las características geomorfológicas de la quebrada de Ullpuhuaycco, incluyendo las pendientes y las unidades geomorfológicas, influyen significativamente en el nivel de peligro por inundación. Las pendientes pronunciadas y las unidades geomorfológicas que facilitan una rápida escorrentía contribuyen a una mayor susceptibilidad a inundaciones.
- c. En la quebrada de Ullpuhuaycco, el peligro de inundación pluvial está fuertemente influido por la altura y velocidad del flujo. Esto se debe a que cuando aumentan estos dos factores, el riesgo de inundación también aumenta. Se determinó así a través de una simulación de inundación usando el modelo matemático del software Hec-ras 5.0.1.
- d. La identificación del riesgo de inundación en la quebrada de Ullpuhuaycco depende, en gran medida, de los umbrales de precipitación. Los territorios que registran precipitaciones por encima de 58.20 mm tienen el mayor índice de riesgo. A partir de un análisis hidrológico en la cuenca de la quebrada Ullpuhuaycco, realizado con el software Hec-Hms 4.4.1., se obtiene que este resultado de precipitación máxima, junto a otras características del lugar, da lugar a un caudal máximo en un periodo de retorno de 100 años que alcanza los 65.50 m<sup>3</sup>/seg, lo cual establece una correlación entre las precipitaciones extremas y el incremento del riesgo de inundación.

## VII. Recomendaciones

- a. Dado el riesgo extremadamente alto, se sugiere al gobierno regional y a las autoridades locales que lleven a cabo medidas de mitigación concretas, como la renovación de los planes de emergencia y la edificación de infraestructuras para controlar inundaciones. Asimismo, para reducir el peligro en zonas vulnerables es esencial fomentar la educación a nivel comunitario acerca de la prevención de inundaciones y establecer sistemas de alerta temprana.
- b. A partir de lo demostrado mediante la simulación de inundación en los softwares, se evidencian las zonas críticas donde se inunda las viviendas; por lo tanto, se recomienda implementar medidas de mitigación civil como son espigones, defensas ribereñas y otros.
- c. Se sugiere a los funcionarios y planificadores de la zona que incluyan un examen minucioso de las características geomorfológicas en el planeamiento urbano y rural, basado en dichas características. El establecimiento de prácticas de manejo del suelo, como la reforestación en zonas con pendientes empinadas o la creación de terrazas, puede contribuir a disminuir el riesgo de inundaciones y reducir la escorrentía. Asimismo, en las próximas evaluaciones de riesgo, es importante que se den prioridad a las evaluaciones geomorfológicas.
- d. Considerando el impacto importante que las precipitaciones tienen en el riesgo de inundación, se aconseja a las autoridades nacionales y regionales emplear los datos climatológicos para crear estrategias de gestión adaptativa. Es necesario mejorar la supervisión de las lluvias y modificar los límites de diseño de infraestructuras para que sean acordes con los patrones climáticos actuales. Asimismo, es necesario promover la investigación constante y el estudio de datos climáticos para prever y estar mejor preparados ante futuros episodios de inundaciones extremas.

## VIII. Referencias

- Abad barrera, m. d., & remache zuña, m. i. (2023). *análisis comparativo del comportamiento de mezclas de concreto permeable fabricado con diferentes tipos de cementos*. azogues: universidad católica de cuenca.
- Aci, c. (2010). *hormigón permeable, aci 522r-10*.
- Arcibia tapia, a., & condori olivera, g. (2017). *analisis del trafico en el sistema de transporte público en el centro urbano de la ciudad de abancay*. abancay: universidad tecnologica de los andes.
- Arcos mansilla, c. c. (2022). *concreto permeable para el conrol de aguas pluviales en vias urbanas de la ciudad de abancay, 2019*. abancay.
- Autodoc club. (2020). *autodoc club*. obtenido de hidroplaneo: <https://club.autodoc.es/magazin/aquaplaning-que-es-como-ocurre-y-como-evitarlo>
- Borja s., m. (2016). *metodología de la investigación científica para ingenieros*. chiclayo.
- Bridgestone. (s.f.). <https://www.bridgestone.com.mx/>. obtenido de bridgestone: <https://www.bridgestone.com.mx/tips-bridgestone/tecnologia-de-llantas/que-es-el-hidroplaneo-y-como-evitarlo/#>
- Cachay díaz, l. c. (2022). *variación de la resistencia a compresión de un concreto permeable de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con aditivo plastificante sikament® 290n al reemplazar en diferentes porcentajes el agregado grueso por agregado de concreto reciclado*. cajamarca: universidad nacional de cajamarca.
- Carrasco días, s. (2006). *metodologia de la investigación científica*. lima: san marcos.
- Casilla ccora, y. w., & condori abado, l. (2023). *influencia de la fibra de vidrio en las propiedades del concreto permeable  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  en la ciudad de juliaca – 2023*. juliaca.
- Castillo castillo, l. m., & trujillo de la cruz, e. (2019). *elaboración de concreto permeable con adición de material plástico reciclado para pavimentación en el distrito de pariacoto - áncash*. áncash: universidad nacional del santa.

- Ccarhuas ruiz, y., & huisa gonzales, r. l. (2019). *optimización del drenaje pluvial en el casco urbano del distrito de tamburco – abancay, 2018*. tamburco-abancay-apurimac: utea.
- Ccasani bravo, m. j., & ferro moína, y. i. (2017). *evaluación y análisis de pavimentos en la ciudad de abancay, para proponer una mejor alternativa estructural en el diseño de pavimentos*. abancay: universidad tecnológica de los andes.
- Choque ccaritayna, h., & ccana sicos, j. c. (2016). *evaluación de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso elaborado con agregado de las canteras vicho y zurite, adicionando aditivo súper plastificante de densidad 1.2 kg/l para una resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>*. cusco: universidad andina del cusco.
- Comun mendoza, r., & tito ore, e. z. (2023). *propiedades del concreto permeable para pavimentos con adición de fibra de carbono reciclado*. huancayo.
- Construcción y tecnología de concreto. (2010). *construcción y tecnología en concreto*. obtenido de <https://www.imcyc.com/revistacyt/jun11/arttecnologia.htm>
- Dificonsa. (s.f.). *dificonsa*.. <https://www.dificonsa.com/portfolio/microsilica/>
- Ecocret (concretos y prefabricados). (s.f.). *ecocret (concretos y prefabricados)*. obtenido de <https://www.ecocret.com.pe/tipos-de-concreto/concreto-permeable>
- Escudero cueva, c. s., & perez taype, g. j. (2019). *análisis hidrológico para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en el sector parco chico, ciudad de pomabamba, áncash - Perú*. áncash: universidad san martin de porres.
- Estudio muñiz. (24 de marzo de 2022). *estudio muñiz*. obtenido de <file:///c:/users/asus%20rog%20strix/downloads/normas-teacutecnicas-peruanas-sobre-cemento-concreto-y-agregados.pdf>
- Flores alvarez, c. a., & blas castro, a. d. (2014). *influencia de la adición de microsílíce y superplastificante en las propiedades de un concreto de alta resistencia en la ciudad de arequipa*. arequipa: universidad católica de santa maría.
- García leyva, i. e., & gutierrez roldan, l. r. (2022). *adición de microsílíce en la resistencia del concreto en trujillo, 2022*. trujillo: universidad cesar vallejo.

- García ochoa, c. d., & córdova vásquez, k. j. (2021). *evaluación del concreto permeable con incorporación de fibra de polipropileno para pavimento de tránsito ligero - ucayali*. ucayali: universidad nacional de ucayali.
- Hernandez sampieri, r., fernandez collado, c., & baptista lucio, p. (2006). *metodología de la investigación*. mexico: mcgraw-hill / interamericana editores, s.a. de c.v.
- Instituto nacional de calidad. (2020). *aprueban normas técnicas peruanas sobre (resolución directoral n°036-2020-inacal/dn)*. lima: diario el peruano.
- llerena torrejón, l. f., & ticlla sánchez, j. c. (2020). *estudio y evaluación del concreto permeable en un pavimento rigido segun la norma aci 522r-10*. lima: universidad peruana union.
- Marketizer.com,eindustria.com, quiminet.com . (4 de setiembre de 2023). *quiminet.com*. obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/micro-silice-produccion-y-uso-808.htm>
- Ministerio de transporte, y. c. (2013). *manual de carreteras suelos, geología, geotecnica y pavimentos*. lima: resolución directoral n°05-2013-mtc/14.
- Ministerio de vivienda, c. y. (2006). *reglamento nacional de edificaciones (1ra edición, ds n°011-2006-vivienda)*. lima: diario el peruano.
- Ministerio de vivienda, c. y. (2021). *modificación de la norma técnica os.060 drenaje pluvial urbano a norma técnica ce.040 drenaje pluvial del reglamento nacional de edificaciones*. lima: diario el peruano.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento . (2021). modificación de la norma tecnica os.060 drenaje pluvial urbano a norma técnica ce.040 drenaje pluvial del reglamento nacional de edificaciones. En C. y. Ministerio de Vivienda, *CE.040 DRENAJE PLUVIAL* (pág. 7). Lima: Diario el Peruano.
- Moya Flores, A. A. (2023). *Análisis de las propiedades de un concreto permeable con fibras de polipropileno para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Huancayo-Junín*. Huancayo.

- National Ready Mixed Concrete Association . (s.f.). CIP16-Resistencia a flexión del concreto. *National Ready Mixed Concrete Association* , 2.
- Porras Morales, J. M. (2017). *Metodología de diseño para concretos permeables y sus respectivas correlaciones de permeabilidad*. costa rica: instituto tecnológico de costa rica.
- Ramos, S. C. (2019). *Mejoramiento al concreto absorbente con inserción de fibra de vidrio para aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma*. TARMA-PERU.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (s.f.). *RAE*. Obtenido de <https://dle.rae.es/cemento>
- Rondan, R. D. (2018). *"Mejoramiento de la mezcla del concreto permeable adicionando polipropileno en el Jirón La Libertad provincia de Recuay, Ancash - 2017"*. Recuay, Ancash.
- SANES LAGARES, D. A. (2017). *influencia de microfibras de polipropileno y microsilice en la resistencia de concretos de 4000 y 3000 psi*. colombia: universidad tecnologica de bolivar.
- SIKA . (s.f.). <https://mbcc.sika.com/es-mx>. Obtenido de Master Builders Solutions: <https://mbcc.sika.com/es-mx/funciones-y-aplicaciones/producci%C3%B3n-de-concreto/tecnolog%C3%ADa-para-concreto-permeable>
- SikaFume®. (s.f.). *per.sika.com*. Obtenido de <https://per.sika.com/es/construccion/aditivos-concreto/aditivos-concreto-premezclado/adiciones-concreto/sikafume.html>
- Tovar, G. L. (1986). *El asentamiento y la segregación de los Blancos y Mestizos*. Bogotá: Cengage.