



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN
PLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE LLALLI
DE LA PROVINCIA DE MELGAR, PUNO, 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. BRAYAN ANTHONY QUISPE PINTO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2026



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN
PLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE LLALLI
DE LA PROVINCIA DE MELGAR, PUNO, 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. BRAYAN ANTHONY QUISPE PINTO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. RONALD MADERA TERÁN

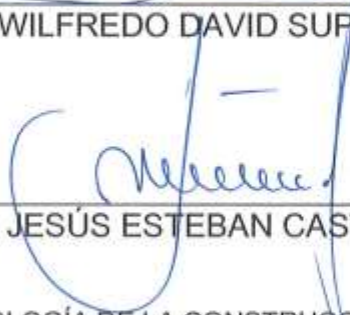
PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Mgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

ASESOR DE TESIS

: 
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"****RESOLUCIÓN DECANAL N° 0018-2026-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 08 de enero del 2026

VISTO: El expediente N° 2025-CU-13599 presentado por el (la) Bachiller: **BRAYAN ANTHONY QUISPE PINTO** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **BRAYAN ANTHONY QUISPE PINTO**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE LLALLI DE LA PROVINCIA DE MELGAR, PUNO, 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en mérito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. RONALD MADERA TERÁN
- * **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **2do Miembro** : Mgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

ARTÍCULO SEGUNDO. - **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **BRAYAN ANTHONY QUISPE PINTO**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE LLALLI DE LA PROVINCIA DE MELGAR, PUNO, 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : miércoles 14 de enero del 2026
- * **HORA** : 09:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

ARTÍCULO CUARTO. - **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



Dr. Ronald Madera Terán
DECANO (a)
CIP: 66975



Dr. Frida Wally Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1893-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 27 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 18154 por el señor (a): **BRAYAN ANTHONY QUISPE PINTO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1566 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 340- 2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **BRAYAN ANTHONY QUISPE PINTO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE LLALLI DE LA PROVINCIA DE MELGAR, PUNO, 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 340- 2024 **aprobandolo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE LLALLI DE LA PROVINCIA DE MELGAR, PUNO, 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **BRAYAN ANTHONY QUISPE PINTO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE LLALLI DE LA PROVINCIA DE MELGAR, PUNO, 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), M.Sc. **JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1241-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 09 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 12587, presentado el señor (a) **BRAYAN ANTHONY QUISPE PINTO** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 1147-2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 331-2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **BRAYAN ANTHONY QUISPE PINTO** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE LLALLI DE LA PROVINCIA DE MELGAR, PUNO, 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 331-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE LLALLI DE LA PROVINCIA DE MELGAR, PUNO, 2024**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en mérito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **BRAYAN ANTHONY QUISPE PINTO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE LLALLI DE LA PROVINCIA DE MELGAR, PUNO, 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



INVESTIGACIÓN "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS
.....
DR. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



INVESTIGACIÓN "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS
.....
Dr. Efraín Parillo Zosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE LLALLI DE LA PROVINCIA DE MELGAR, PUNO, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

8%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

2%

5

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

6

repositorio.upt.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.unac.edu.pe

Fuente de Internet

<1%



Título de la tesis	
EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE LLALLI DE LA PROVINCIA DE MELGAR, PUNO, 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	BRAYAN ANTHONY QUISPE PINTO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71431832
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-4734-5524
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	RONALD MADERA TERÁN
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02429150
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	WILFREDO DAVID SUPO PACORI
Tipo de documento	DNI



"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo BRAYAN ANTHONY QUISPE PINTO, identificado con DNI
Nro. 71431832 en mi condición de egresado de:

- ☒ Escuela Profesional
☐ Programa de Segunda Especialidad,
☐ Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la ☒ Tesis o ☐ Trabajo de Investigación, ☐ Trabajo Académico
denominada:

EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN EL ÁREA
URBANA DEL DISTRITO DE LLALLI DE LA PROVINCIA DE MELGAR, PUNO, 2024

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 01 de abril del 2026


Pirma del Asesor
(obligatoria)


FIRMA (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Quiero empezar agradeciendo a Dios, que ha estado presente en cada momento de este camino. Gracias por darme la fuerza para levantarme después de cada tropiezo y por todas las bendiciones que he recibido, incluso cuando no las merecía.

A mis padres, simplemente no tengo palabras suficientes. Ustedes creyeron en mí incluso cuando yo dudaba de mí mismo. Papá, gracias por cada conversación, por esos consejos que a veces no quería escuchar pero que necesitaba oír, por enseñarme con tu ejemplo lo que significa ser perseverante. Mamá, tu amor ha sido mi refugio en los momentos difíciles; siempre supiste cuándo necesitaba un abrazo o unas palabras de aliento. Los dos han sido mi motor durante toda esta etapa universitaria.

A mi familia entera, gracias por estar ahí. Cada mensaje de ánimo, cada "tú puedes" cuando sentía que no podía más, cada vez que celebraron mis pequeños avances como si fueran grandes victorias. Ustedes me enseñaron que las metas se alcanzan con esfuerzo, pero se disfrutan más cuando tienes gente que genuinamente se alegra por tus logros.



AGRADECIMIENTO

A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, mi alma máter, gracias por abrirme las puertas y ser el espacio donde crecí no solo como profesional, sino también como persona. Estos años aquí han marcado mi vida de formas que ni siquiera imaginaba al inicio.

Un agradecimiento muy especial a mi asesor de tesis, quien tuvo la paciencia de guiarme en este proceso que, no voy a mentir, tuvo sus momentos complicados. Su experiencia fue fundamental para darle forma a esta investigación, y sus observaciones, aunque a veces me sacaban de mi zona de confort, fueron exactamente lo que necesitaba para mejorar. Gracias por compartir su conocimiento de manera tan generosa..



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ix
AGRADECIMIENTO	x
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática	17
Planteamiento del problema.....	17
1.1.1. Problema general.....	21
1.1.2. Problemas Específicos.....	21
1.2. Objetivos de la investigación	21
1.2.1. Objetivo general	21
1.2.2. Objetivos específicos	21
1.3. Justificación de la investigación.....	22
1.4. Hipótesis de la investigación	24
1.4.1. Hipótesis alterna	24
1.4.2. Hipótesis nula.....	25
1.5. Variables.....	25
1.5.1. Variable independiente	25
1.5.2. Variable dependiente	25



1.6. Operacionalización de variables	25
--	----

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación	27
2.1.1. Antecedentes Internacionales	27
2.1.2. Antecedentes nacionales	30
2.1.3. Antecedentes locales	34
2.2. Marco teórico	37
2.2.1. Precipitación.....	37
2.2.2. Inundaciones.....	39
2.2.3. Riesgo de desastres	39
2.2.4. Evaluación de riesgos	40
2.2.5. Riesgo	49
2.3. Marco conceptual	55
.....	60

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la investigación	60
3.2. Tipo de la investigación	60
3.3. Nivel de investigación	61
3.4. Enfoque de investigación.....	61
3.5. Población y muestra	62
3.5.1. Población	62
3.5.2. Muestra	62
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	63



3.6.2. Instrumentos	63
3.7. Materiales y equipos.....	63
3.8. Ubicación de la zona en estudio	65
3.9. Procedimiento metodológico	66
3.9.1. Identificar el nivel de peligro por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli de la provincia de Melgar, Puno, 2024	67
3.9.2. Identificar el nivel de vulnerabilidad por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli de la provincia de Melgar, Puno, 2024 72	

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados.....	82
Valor del nivel de peligro	100
4.2. Discusión	155
CONCLUSIONES	158
RECOMENDACIONES	160
ANEXOS	165
Anexo 2 Datos de precipitación (estación Santa Rosa)	166



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Operacionalización de variables.....	25
Tabla 2 Escala numérica para la asignación de importancias en a la matriz de comparación de pares.....	42
Tabla 3 Matriz de comparación de pares del parámetro precipitación	87
Tabla 4 Matriz de normalización de pares del parámetro precipitación	87
Tabla 5 Valor del factor desencadenante.....	89
Tabla 6 Matriz de comparación de pares del parámetro geología	92
Tabla 7 Matriz de normalización de pares del parámetro geología.....	95
Tabla 8 Matriz de comparación de pares del parámetro geomorfología	96
Tabla 9 Matriz de normalización de pares del parámetro geomorfología.....	96
Tabla 10 Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente	98
Tabla 11 Matriz de normalización de pares del parámetro pendiente	98
Tabla 12 Valor del factor condicionante	100
Tabla 13 Nivel de peligro por inundación pluvial para el área urbana del distrito de Llalli	101
Tabla 14 Estratificación del nivel de peligro	103
Tabla 15 Criterio del parámetro grupo etario.....	108
Tabla 16 Matriz de comparación de pares del parámetro grupo etario.	108
Tabla 17 Matriz de normalización de pares del parámetro grupo etario.	108
Tabla 18 Criterio del parámetro discapacidad.....	110
Tabla 19 Matriz de comparación de pares del parámetro discapacidad.	110
Tabla 20 Matriz de normalización de pares del parámetro Discapacidad. ...	111



Tabla 21	Criterio del parámetro nivel educativo.	112
Tabla 22	Matriz de comparación de pares del parámetro nivel educativo. ..	112
Tabla 23	Matriz de normalización de pares del parámetro nivel educativo. .	113
Tabla 24	Criterio del parámetro programas sociales.....	114
Tabla 25	Matriz de comparación de pares del parámetro programas sociales.	115
Tabla 26	Matriz de normalización de pares del parámetro programas sociales.	116
Tabla 27	Valor de la vulnerabilidad social	118
Tabla 28	Criterio del parámetro material predominante de paredes.	120
Tabla 29	Matriz de comparación de pares del parámetro material predominante de paredes.	120
Tabla 30	Matriz de normalización de pares del parámetro material predominante de Paredes.	121
Tabla 31	Criterio del parámetro material predominante de techos.....	122
Tabla 32	Matriz de comparación de pares del parámetro material predominante de techos.....	122
Tabla 33	Matriz de normalización de pares del parámetro material predominante de techos.....	123
Tabla 34	Criterio del parámetro tipo de vivienda.....	125
Tabla 35	Matriz de comparación de pares del parámetro tipo de vivienda. .	126
Tabla 36	Matriz de normalización de pares del parámetro tipo de vivienda.	126
Tabla 37	Criterio del parámetro drenaje pluvial.....	128
Tabla 38	Matriz de comparación de pares del parámetro drenaje pluvial	129
Tabla 39	Matriz de normalización de pares del parámetro drenaje pluvial ..	129



Tabla 40	Valor de la vulnerabilidad económica.....	131
Tabla 41	Criterio del parámetro características geológicas.....	133
Tabla 42	Matriz de comparación de pares del parámetro características geológicas.	133
Tabla 43	Matriz de normalización de pares del parámetro características geológicas.	134
Tabla 44	Criterio del parámetro conocimiento y cumplimiento ambiental. ...	136
Tabla 45	Matriz de comparación de pares del parámetro conocimiento y cumplimiento ambiental.....	136
Tabla 46	Matriz de normalización de pares del parámetro conocimiento y cumplimiento ambiental.....	137
Tabla 47	Valor de la vulnerabilidad ambiental.....	139
Tabla 48	Nivel de vulnerabilidad por inundación pluvial para el área urbana del distrito de Llalli.....	141
Tabla 49	Estratificación del nivel de vulnerabilidad.....	142
Tabla 50	Nivel de riesgo por inundación pluvial para el área urbana del distrito de Llalli	147
Tabla 51	Estratificación del nivel del riesgo	147



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Clasificación de los niveles del peligro	44
Figura 2 Factores de la vulnerabilidad	46
Figura 3 Rangos de los niveles de vulnerabilidad	48
Figura 4 Ubicación del área en estudio	66
Figura 5 Ejemplo del proceso de análisis jerárquico	68
Figura 6 Ejemplo del proceso de análisis jerárquico	68
Figura 7 Ejemplo del proceso de análisis jerárquico	68
Figura 8 Metodología para la determinación del peligro.....	69
Figura 9 Metodología para la identificación de la vulnerabilidad	73
Figura 10 Modelamiento en el software ArcGIS del nivel de riesgo	80
Figura 11 Mapa de precipitación	84
Figura 12 Mapa de geología	90
Figura 13 Mapa de geomorfología	91
Figura 14 Mapa de pendiente	92
Figura 15 Mapa de peligro	104
Figura 16 Mapa de vulnerabilidad del área urbana del distrito de Llalli.....	144
Figura 17 Mapa de riesgo del área urbana del distrito de Llalli	151

RESUMEN

Esta investigación surge de una problemática real en el distrito de Llalli: en los últimos años, el área urbana ha experimentado un aumento preocupante de lluvias intensas. Esto nos llevó a plantear como objetivo evaluar el riesgo por inundaciones pluviales en la zona urbana de este distrito de la provincia de Melgar, Puno, durante el año 2024. Para el estudio, utilizamos la metodología del CENEPRED mediante el proceso de análisis jerárquico. Calculamos el nivel de peligro considerando los factores desencadenantes y condicionantes, mientras que la vulnerabilidad fue evaluada desde tres dimensiones: social, económica y ambiental. Esta información se clasificó en cuatro niveles: muy alto, alto, medio y bajo, lo que nos permitió analizar los impactos ambientales generados. Los resultados son preocupantes. El área urbana presenta niveles de peligro ALTO y MUY ALTO, mientras que la vulnerabilidad también se mantiene en estos rangos. Al superponer los mapas de peligro y vulnerabilidad mediante análisis espacial multicriterio, encontramos que el 40% del área urbana tiene un nivel de riesgo ALTO y el 30% alcanza un nivel MUY ALTO. Ante este escenario, propusimos medidas estructurales enfocadas en el diseño y construcción de un sistema de evacuación pluvial adecuado, además de medidas no estructurales orientadas a la gestión integral del riesgo. Concluimos que el área urbana de Llalli es altamente susceptible a precipitaciones intensas, con un nivel de riesgo muy alto que está generando impactos negativos considerables en el ambiente y poniendo en riesgo a la población..

Palabras clave: Inundación pluvial, peligro, vulnerabilidad, riesgo, medidas de control.



ABSTRACT

This research stems from a real problem in the Llalli district: in recent years, the urban area has experienced a worrying increase in intense rainfall. This led us to set as our objective the assessment of the risk of flooding in the urban area of this district in the Melgar province of Puno, during the year 2024. For the study, we used the CENEPRED methodology through the Analytic Hierarchy Process. We calculated the hazard level considering the triggering and conditioning factors, while vulnerability was assessed from three dimensions: social, economic, and environmental. This information was classified into four levels: very high, high, medium, and low, which allowed us to analyze the resulting environmental impacts. The results are concerning. The urban area presents HIGH and VERY HIGH hazard levels, while vulnerability also remains within these ranges. By overlaying the hazard and vulnerability maps using multi-criteria spatial analysis, we found that 40% of the urban area has a HIGH risk level and 30% reaches a VERY HIGH level. Given this scenario, we proposed structural measures focused on the design and construction of an adequate stormwater drainage system, as well as non-structural measures aimed at comprehensive risk management. We concluded that the urban area of Llalli is highly susceptible to intense rainfall, with a very high level of risk that is generating considerable negative impacts on the environment and endangering the population..

Keywords: Pluvial flooding, hazard, vulnerability, risk, control measures.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las múltiples amenazas naturales que afectan periódicamente a nuestras comunidades, las de origen hidrometeorológico ocupan un lugar destacado. Hablamos específicamente de las inundaciones causadas por lluvias intensas, que representan uno de los fenómenos más devastadores, generando alteraciones severas tanto en el ecosistema como en el entorno físico (Toledo, 2022). Estas inundaciones no solo transforman el paisaje, sino que cobran vidas humanas y desencadenan consecuencias sociales y económicas profundas, golpeando con particular dureza a los países en vías de desarrollo como el nuestro (Aponte & Guillen, 2021; Bautista & Aguilar, 2021).

Lo preocupante es que la recurrencia de estos desastres sigue ocasionando daños masivos, principalmente porque carecemos de medidas efectivas que garanticen la protección de nuestras poblaciones (Gonzalo & Paucar, 2020). Mientras que los países desarrollados han logrado avances significativos en reducir el impacto de las inundaciones mediante sistemas de prevención y respuesta eficientes, en nuestro contexto la situación es distinta. Nos falta capacitación, campañas de prevención sostenidas, y en muchos casos, existe una preocupante falta de conciencia por parte de la misma ciudadanía sobre la magnitud del riesgo (Chanca & Inga, 2018).

Esta realidad se refleja claramente en nuestro departamento de Puno, una región particularmente vulnerable a las inundaciones debido a su ciclo anual marcado por temporadas de estiaje y avenidas. Estos periodos de lluvias intensas han provocado deslizamientos e inundaciones en diversos poblados. Un caso que merece atención especial es el área urbana del distrito de Llalli, que en los



últimos años ha enfrentado precipitaciones cada vez más intensas y frecuentes, colocando a la población en una situación de vulnerabilidad creciente frente a posibles desastres.

La problemática de las inundaciones pluviales en Llalli se ha intensificado notablemente en el periodo reciente, configurándose como un riesgo latente que demanda atención inmediata.

Para abordar este problema de manera técnica y sistemática, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) ha desarrollado una metodología específica basada en el análisis multicriterio, conocido como proceso de análisis jerárquico. Esta herramienta permite asignar pesos o importancia relativa a cada parámetro que interviene en el fenómeno de inundación pluvial, facilitando así una estratificación clara de los niveles de riesgo. Lo valioso de este método es su flexibilidad: tiene un fundamento matemático sólido que permite integrar tanto datos cuantitativos (información meteorológica, características geomorfológicas y geológicas del terreno) como información cualitativa (grado de implementación de instrumentos de gestión del riesgo, niveles de organización comunitaria, factores socioeconómicos, entre otros) (CENEPRED, 2019).

Bajo este marco metodológico, la presente investigación realiza un análisis exhaustivo de la estimación del riesgo por inundación pluvial en el área urbana de Llalli. El procesamiento de la información se basa en el Manual para la evaluación del riesgo originado por fenómenos naturales, 3ra versión, elaborado por el CENEPRED (2019). Este manual tiene respaldo legal en la Ley N° 29664, que creó el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD)



y otorgó facultades específicas al CENEPRED como organismo público ejecutor adscrito a la Presidencia del Consejo de Ministros.

El análisis que desarrollamos permitirá elaborar mapas de riesgo detallados, herramientas visuales fundamentales que mostrarán la distribución espacial del riesgo por inundación pluvial en toda el área urbana de Llalli. Estos mapas nos posibilitarán identificar con precisión cuáles son las zonas de mayor y menor riesgo, información crucial para que las autoridades locales y regionales puedan tomar decisiones informadas sobre medidas de prevención, mitigación y respuesta ante emergencias.

Dado que hasta la fecha no se ha realizado ningún estudio probabilista de riesgo por inundación pluvial específico para el área urbana del distrito de Llalli, esta investigación llena un vacío importante. El objetivo general que guía nuestro trabajo es: Evaluar el riesgo originado por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli de la provincia de Melgar, Puno, 2024.

Para lograr este objetivo, hemos estructurado la investigación en cuatro capítulos que organizan el proceso de manera lógica y sistemática:

El Capítulo I presenta la problemática central del estudio, establece los objetivos que perseguimos, justifica la importancia de esta investigación y plantea las hipótesis que serán puestas a prueba.

El Capítulo II desarrolla el marco teórico que sustenta nuestro trabajo, incluyendo una revisión exhaustiva de antecedentes y referencias bibliográficas relevantes, así como las definiciones conceptuales necesarias para comprender el fenómeno estudiado.



El Capítulo III detalla los aspectos metodológicos: el diseño y tipo de investigación seleccionado, la delimitación de la población y muestra de estudio, las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos, y el diseño estadístico empleado para el análisis de la información.

Finalmente, el Capítulo IV presenta los resultados obtenidos, acompañados de su respectiva discusión en diálogo con la literatura existente y las pruebas estadísticas que validan nuestros hallazgos. Cerramos con conclusiones y recomendaciones que esperamos contribuyan a la gestión del riesgo en el distrito de Llalli..



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

Planteamiento del problema

La frecuencia con que ocurren los desastres naturales y sus consecuencias devastadoras sobre las poblaciones hacen indispensable contar con una gestión eficaz del riesgo (Abanto, 2017). Dentro de estos fenómenos, las inundaciones provocadas por lluvias merecen atención especial, pues existe una relación directa entre los niveles extremos de precipitación y la probabilidad de que ocurran estos eventos (Tacsá, 2020). Lo que complica aún más el panorama es que estas situaciones no son casuales: están estrechamente vinculadas con las alteraciones climáticas que vivimos a nivel global. El cambio climático está modificando las condiciones hidrológicas de nuestro planeta, generando impactos significativos en los sistemas de recursos hídricos a escala mundial (León y Portuguez, 2019).

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2013) ha señalado algo que ya estamos experimentando: el incremento en la variabilidad de las precipitaciones contribuirá considerablemente a riesgos

asociados con el agua, siendo las inundaciones uno de los más preocupantes (Yang y Men, 2011). En otras palabras, el futuro nos presenta un escenario donde las lluvias serán cada vez más impredecibles e intensas.

Nuestro país no escapa a esta realidad. El Perú enfrenta recurrentemente episodios de lluvias intensas que dejan a su paso daños materiales considerables y, lamentablemente, víctimas humanas. Un problema adicional que agrava la situación es que nuestros sistemas de drenaje pluvial resultan frecuentemente insuficientes y, en muchos casos, están completamente obsoletos. Esta deficiencia infraestructural genera problemas serios de inundación que no solo frenan el desarrollo de actividades económicas y sociales, sino que producen pérdidas económicas importantes, destruyen infraestructura pública y privada, dañan propiedades y, en los casos más graves, cobran vidas humanas (Rodríguez, 2012).

La vulnerabilidad del Perú frente a las inundaciones ha sido documentada ampliamente. Chanca e Inga (2018) identifican al país como una de las naciones más susceptibles a este tipo de desastres, una afirmación respaldada por la evidencia: las inundaciones ocurren en diversos departamentos durante todas las estaciones del año, sin excepción. Los perjuicios que sufren los pobladores, sus bienes y la economía local tienen raíces profundas que van más allá del fenómeno natural en sí. Existe una educación pública insuficiente sobre prevención de riesgos, hay una ausencia notoria de planes de emergencia efectivos, y en muchos casos falta la cultura de prevención necesaria para enfrentar estos eventos.

El panorama futuro, según las proyecciones del SENAMHI (2019), no es alentador. Las tendencias indican que habrá un aumento progresivo en los

niveles de precipitación, fenómeno directamente relacionado con los actuales patrones de contaminación y cambio climático. Esta proyección refuerza la urgencia de evaluar adecuadamente el riesgo ante inundaciones pluviales, ya que solo a través de una evaluación rigurosa podremos adoptar medidas preventivas efectivas dentro de una gestión integral del riesgo.

El departamento de Puno, y específicamente el área urbana del distrito de Llalli, refleja esta problemática nacional con características particulares que la hacen especialmente preocupante. Es importante contextualizar que hace algunos años, el área urbana de Llalli no experimentaba inundaciones pluviales significativas. Sin embargo, el escenario ha cambiado drásticamente en tiempos recientes. Las precipitaciones han aumentado notablemente en intensidad y frecuencia, transformando lo que antes era un evento ocasional en una problemática recurrente que demanda atención inmediata.

Las consecuencias de estas inundaciones son múltiples y tocan diversos aspectos de la vida local. Las viviendas resultan afectadas, poniendo en riesgo la seguridad de las familias. Las zonas de cultivo sufren pérdidas que impactan directamente en la seguridad alimentaria y los ingresos de las familias agricultoras. La actividad ganadera, otro pilar económico de la zona, también se ve comprometida. En conjunto, estos impactos configuran un panorama de



vulnerabilidad creciente que amenaza el bienestar y el desarrollo sostenible de la comunidad de Llalli..

Especificando además que el 24 de enero del año 2022 a las 22.00 horas, se reportaron intensas lluvias en el área urbana del distrito de Llalli; ocasionando inundaciones por desborde del río; afectando principalmente las vías.

Ahondando este hecho también se suscitaron inundaciones pluviales a inicios del año 2024; sin embargo, dichas afecciones no se reportaron por los organismos competentes; recalcando que solo se produjeron daños materiales mas no perjuicios a la vida, no obstante esta situación se puede agravar con el pasar de los años a razón de que la población se asienta en lugares susceptibles a la ocurrencia de inundaciones pluviales; como es el caso de las riberas de los ríos; así mismo, tampoco existen medidas para la prevención y reducción del riesgo; por lo cual se presentan numerosas perdidas tanto económicas y sociales; ante ello también tampoco se desarrollaron estudios de evaluación de riesgo por fenómenos naturales como es el caso de las inundaciones pluviales; por ello se es necesario dicho estudio; para la toma de las pertinentes acciones del caso.

Ahondando esta situación las inundaciones pluviales pueden acarrear problemas a las infraestructuras asentadas en las áreas susceptibles a las inundaciones; lo cual conllevaría a generar mayores costos económicos hacia los pobladores por

su restauración; por ello mediante la presente investigación; se planteará medidas para aminorar los costos de recuperación.

1.1.1. Problema general

¿Cuál es el riesgo originado por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli de la provincia de Melgar, Puno, 2024?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es el nivel de peligro por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llallí de la provincia de Melgar, Puno, 2024?
- ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llallí de la provincia de Melgar, Puno, 2024?
- ¿Cuáles son las medidas estructurales y no estructurales propuestas para el control de riesgos por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llallí de la provincia de Melgar, Puno, 2024?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el riesgo originado por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli de la provincia de Melgar, Puno, 2024.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar el nivel de peligro por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli de la provincia de Melgar, Puno, 2024.
- Identificar el nivel de vulnerabilidad por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli de la provincia de Melgar, Puno, 2024.
- Proponer medidas estructurales y no estructurales para el control de riesgos por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli de la provincia de Melgar, Puno, 2024.

1.3. Justificación de la investigación

La situación que actualmente enfrenta el área urbana del distrito de Llalli representa un cambio preocupante respecto a años anteriores. Las inundaciones pluviales, que antes no formaban parte del panorama de riesgos de la zona, se han convertido en una realidad recurrente que afecta a la población. Esta nueva problemática justifica plenamente el desarrollo de esta investigación.

Resulta alarmante constatar que hasta el momento no existe ningún estudio que haya evaluado el riesgo de inundaciones pluviales específicamente para esta área urbana. Esta carencia de información técnica se vuelve aún más crítica cuando observamos que el distrito cuenta con un sistema de evacuación pluvial precario e insuficiente. La infraestructura actual simplemente no está preparada para manejar las intensas precipitaciones que hoy experimenta la zona, lo que prácticamente garantiza que las inundaciones seguirán ocurriendo si no se toman medidas concretas.

Además, la ausencia de un estudio formal sobre este riesgo tiene una consecuencia directa en la población: los habitantes no tienen claridad sobre la magnitud del peligro al que están expuestos ni sobre cómo este fenómeno podría afectarlos. Esta falta de conocimiento dificulta cualquier esfuerzo de prevención o preparación comunitaria.

Los resultados de esta investigación proporcionarán información crucial sobre el nivel de riesgo real que enfrenta el área urbana de Llalli ante las inundaciones pluviales. Esta información servirá como base para que los organismos competentes puedan diseñar e implementar acciones efectivas de control y minimización de riesgos asociados a las precipitaciones intensas. Paralelamente, este trabajo se constituirá como un referente metodológico y

teórico para futuras investigaciones que aborden problemáticas similares en otros contextos.

Justificación Social

La relevancia social de esta investigación es innegable. Las inundaciones ya no son un evento aislado en el área de estudio; están sucediendo con una frecuencia que demanda atención urgente. A través de este trabajo, los pobladores de Llalli podrán acceder a información técnica que les permita comprender mejor la naturaleza y magnitud del riesgo al que están expuestos. Este conocimiento es fundamental para que la comunidad tome con la seriedad necesaria los peligros que enfrentan y puedan participar activamente en estrategias de prevención y respuesta. Entender el riesgo es el primer paso para construir una comunidad más resiliente, capaz de protegerse y avanzar hacia un desarrollo sostenible que no esté constantemente amenazado por estos eventos.

Justificación Práctica

Este estudio tiene un valor práctico directo para la toma de decisiones. Las autoridades del distrito de Llalli contarán con un diagnóstico técnico fundamentado que les permitirá priorizar acciones concretas en beneficio de la población. Las medidas de control de riesgo que se proponen en esta investigación no son abstractas; son intervenciones específicas pensadas para las condiciones particulares de Llalli, lo que facilitará su implementación. Contar con evidencia científica sobre dónde y cómo actuar marca la diferencia entre respuestas improvisadas y soluciones efectivas y sostenibles.

Justificación Económica

Desde la perspectiva económica, esta investigación representa una inversión estratégica para la municipalidad distrital de Llalli. Los resultados del estudio

permitirán implementar medidas preventivas que, aunque requieran inversión inicial, resultarán significativamente más económicas que enfrentar los costos de emergencias recurrentes y la reconstrucción posterior a los desastres. Prevenir es siempre más económico que reparar. Al identificar las zonas de mayor riesgo y las intervenciones prioritarias, la municipalidad podrá optimizar sus recursos limitados, dirigiéndolos hacia acciones que realmente reduzcan la vulnerabilidad de la población y minimicen las pérdidas materiales futuras.

Justificación Ambiental

Finalmente, esta investigación tiene una dimensión ambiental importante. Al visibilizar cómo las inundaciones pluviales están afectando a Llalli, el estudio puede convertirse en una herramienta de sensibilización para la población. Los habitantes podrán conectar de manera más concreta cómo el cambio climático y la degradación ambiental están impactando directamente su calidad de vida y seguridad. Esta toma de conciencia puede motivar cambios en las prácticas individuales y colectivas, fomentando una relación más responsable con el entorno natural y promoviendo acciones locales que contribuyan a mitigar los efectos del cambio climático. Valorar los recursos que la naturaleza nos proporciona y entender nuestra responsabilidad en su cuidado es fundamental para garantizar la sostenibilidad a largo plazo..

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis alterna

El riesgo originado por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli de la provincia de Melgar, Puno, 2024 es muy alta.

1.4.2. Hipótesis nula

El riesgo originado por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli de la provincia de Melgar, Puno, 2024 no es muy alta.

1.5. Variables

En el presente estudio se plantean dos variables.

1.5.1. Variable independiente

- ✓ Evaluación del nivel del riesgo originado por la inundación pluvial

1.5.2. Variable dependiente

- ✓ Propuesta de medidas de control de riesgo

1.6. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

<u>VARIABLES</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADOR</u>	<u>UND.</u>	<u>METODOLOGIA</u>
<u>Independiente</u>	Determinación del nivel de peligro	Factor desencadenante (Precipitación)	---	<u>Tipo de investigación</u>
	Evaluación del nivel del riesgo originado por la inundación pluvial	Factor condicionante (Geología, Geomorfología, pendiente)	---	Aplicada
	Determinación del nivel de Vulnerabilidad	Dimensión Social	$\leq V \leq$	<u>Diseño de investigación</u>
	Modelamiento del nivel de riesgo	Dimensión económica	$\leq V <$	No experimental
<u>Dependiente</u>	Nivel del riesgo	Dimensión ambiental	$\leq V <$	
		Software ArcGIS	---	
		Muy alto	$\leq R \leq$	
		Alto	$\leq R <$	
		Medio	$\leq R <$	
		Bajo	$\leq R <$	



Propuesta de medidas de control de riesgo	Propuesta de medidas de Control de riesgos por inundación pluvial	Estructurales (Drenaje pluvial, cunetas)	---
		No estructurales (Plan de gestión de riesgos, Plan de prevención de reducción del riesgo, señalización de rutas de evacuación)	---



CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Bautista y Aguilar (2021) desarrollaron un estudio en el municipio de Mérida enfocado en elaborar un mapa detallado que identificara las zonas con mayor susceptibilidad a inundaciones provocadas por lluvias extremas. Su metodología se centró especialmente en el análisis topográfico como variable determinante, dividiendo el territorio municipal en cuatro categorías de riesgo según la elevación del terreno: las áreas ubicadas a menos de 4 metros sobre el nivel del mar fueron clasificadas como de riesgo muy alto; las zonas entre 4 y 7 metros como de riesgo alto; aquellas entre 7 y 10 metros se consideraron de riesgo medio; y las áreas por encima de los 10 metros fueron catalogadas como de riesgo bajo.

Esta clasificación topográfica se convirtió en la base fundamental del análisis. Los investigadores fueron más allá de simplemente mapear el peligro físico: incorporaron datos demográficos detallados, mapeando la

distribución de la población por cada localidad del municipio. Esto les permitió cuantificar con precisión cuántas personas se encontraban expuestas según cada nivel de riesgo, combinando así la amenaza natural con la vulnerabilidad social.

Los hallazgos cobraron mayor validez cuando fueron contrastados con registros históricos de inundaciones previas en la zona. Quedó evidenciado que las áreas con riesgo alto y extremadamente alto ante inundaciones provocadas por tormentas tropicales y huracanes se concentran principalmente en la zona norte del municipio. La conclusión fue contundente: cuando las intensas lluvias asociadas a estos fenómenos meteorológicos impactan la región, el sector norte de Mérida enfrenta una amenaza seria que puede alcanzar niveles críticos.

Por su parte, Gonzalo, Paucar y Rodríguez (2020) llevaron adelante una investigación en zonas urbanas de la región andina ecuatoriana, integrando Sistemas de Información Geográfica (SIG) con técnicas de análisis multicriterio para evaluar el riesgo de inundaciones pluviales. Su metodología incorporó una amplia gama de factores: datos de precipitación, características geomorfológicas y geológicas del terreno, pendiente del suelo y aspectos socioeconómicos de la población. Esta diversidad de variables refleja el reconocimiento de que las inundaciones son fenómenos multicausales que no pueden comprenderse desde una sola perspectiva.

Para dar peso apropiado a cada variable, emplearon el proceso de análisis jerárquico (AHP), una técnica que permite establecer la importancia relativa de cada factor de manera sistemática. Un paso crucial fue la normalización de los indicadores, que permitió transformar valores con diferentes

unidades y escalas en cifras comparables entre sí. Gracias a esto, fue posible integrar espacialmente todos los factores de peligro y vulnerabilidad en un modelo coherente.

Los investigadores identificaron un hallazgo geológico relevante: la presencia de suelos compactos combinada con superficies planas crea condiciones ideales para que el agua de lluvia se acumule en la superficie durante eventos intensos, en lugar de infiltrarse o drenar adecuadamente. Los resultados fueron alarmantes: más del 60% del área urbana estudiada presentó niveles de riesgo alto y muy alto, evidenciando una vulnerabilidad considerable. Los autores concluyeron que las metodologías multicriterio respaldadas por SIG son herramientas altamente efectivas para la gestión del riesgo de inundaciones y para orientar la planificación urbana de manera más segura.

Finalmente, Lucas y colaboradores (2021) concentraron su investigación en la localidad urbana de Roblecito, ubicada en el cantón Urdaneta, provincia de Los Ríos, Ecuador. El estudio se planteó un doble objetivo: evaluar el riesgo de inundación pluvial y diseñar medidas concretas de mitigación. El equipo analizó múltiples variables del entorno físico, incluyendo altitud, pendiente del terreno, proximidad a cursos de agua y características del relieve. A esto sumaron variables sociales y económicas que reflejan la vulnerabilidad real de la población, como la calidad de las viviendas, la capacidad económica de recuperación y el acceso a servicios básicos.

Todo el análisis se realizó mediante herramientas SIG y técnicas de análisis espacial multicriterio. Los resultados mostraron que una parte considerable

del área urbana se encuentra en categorías de riesgo alto y muy alto. Los investigadores identificaron que esta situación crítica resulta de la convergencia de tres factores: la ocurrencia de lluvias intensas en la zona, una topografía predominantemente plana que dificulta el drenaje natural, y una infraestructura de evacuación pluvial limitada que no logra manejar los volúmenes de agua durante eventos extremos.

La conclusión fue contundente: el análisis espacial se confirma como una herramienta sumamente útil y eficaz para gestionar el riesgo de inundaciones en entornos urbanos, permitiendo identificar puntos críticos y proporcionar una base técnica sólida para priorizar intervenciones y recursos..

2.1.2. Antecedentes nacionales

Aquino (2022) desarrolló una investigación enfocada en determinar qué relación existe entre el riesgo generado por lluvias intensas y las medidas de prevención de inundaciones en el Centro Educativo Politécnico Selva Central, ubicado en Pichanaqui. Desde el punto de vista metodológico, el estudio adoptó el método científico con un enfoque aplicado, de nivel correlacional descriptivo y diseño no experimental. La población estudiada fue el propio centro educativo, trabajando con submuestras específicas correspondientes a los tres niveles educativos: inicial, primario y secundario.

Los hallazgos del estudio revelaron una relación directa y significativa entre ambas variables. Específicamente, se encontró un coeficiente de correlación de Pearson de 0.9678, lo que indica una correlación positiva muy alta entre el riesgo originado por lluvias intensas y la prevención de



inundación pluvial en esta institución educativa del Centro Poblado Condado Pichikiari. Este resultado estadístico significa que el 96.78% de la variabilidad en el riesgo por lluvias intensas puede explicarse por las medidas de prevención de inundación implementadas. Desde el aspecto técnico, estas medidas de prevención están representadas por caudales de diseño específicos para las alcantarillas: 38.31 litros por segundo para el nivel inicial, 48.99 litros por segundo para el nivel primario, y 160.28 litros por segundo para el nivel secundario. Estos valores reflejan la capacidad de evacuación necesaria para cada sector del centro educativo.

Por otro lado, Aponte y Guillen (2021) centraron su investigación en el asentamiento humano Nuevo Indoamérica, situado en el distrito de La Esperanza. El objetivo del estudio fue evaluar tanto el nivel de peligrosidad como la vulnerabilidad de los pobladores frente a un escenario particular: la posible apertura nuevamente del desfiladero del cerro Las Cabras, un evento que podría desencadenar inundaciones en la zona.

Para recopilar la información necesaria, los investigadores emplearon dos herramientas principales: la georreferenciación del área de estudio y encuestas aplicadas directamente a los residentes del asentamiento. En cuanto al marco metodológico, optaron por seguir el manual del INDECI publicado en 2006, una decisión fundamentada en que este enfoque permite una implementación más accesible y efectiva para evaluar el riesgo en comunidades urbanas.

Los resultados fueron preocupantes. El análisis reveló que la zona presenta una alta vulnerabilidad, alcanzando un 72%, lo que significa que casi tres cuartas partes de los elementos evaluados (población, viviendas, infraestructura) están en condiciones de fragilidad ante un evento de inundación. Paralelamente, se determinó que existe una alta peligrosidad del 70%, indicando que las características del entorno y la amenaza natural son considerables. Al combinar ambos factores, los investigadores concluyeron que existe una elevada probabilidad de que este asentamiento humano experimente inundaciones pluviales, configurándose como una zona de alto riesgo que requiere atención urgente.

Finalmente, Manrique (2021) llevó a cabo un estudio en la localidad de Santa Rosa de Shapajilla, departamento de Huánuco, con el propósito de estimar las áreas expuestas a riesgo de inundación. La aproximación metodológica de este trabajo es particularmente interesante porque combinó elementos de diferentes marcos técnicos: utilizó la metodología del CENEPRED como base general, pero introdujo ajustes específicos en el cálculo de peligrosidad y adoptó la técnica del INDECI para categorizar los niveles de peligro según parámetros de profundidad y extensión de la inundación.

Un elemento destacable de esta investigación fue el uso del modelo de simulación hidráulica HEC-RAS para calcular el comportamiento de las inundaciones. Esta herramienta computacional requirió varios insumos técnicos: primero, se creó un Modelo Digital de Elevación (DEM) del área de estudio utilizando tecnología de drones, lo que permitió obtener una

representación tridimensional precisa del terreno. Luego, se calculó el flujo de inundación tomando como referencia las alturas alcanzadas por el agua durante eventos de inundación previos registrados en la zona.

Para evaluar la vulnerabilidad, el investigador recopiló información socioeconómica detallada sobre la población y las infraestructuras presentes en el área. Se aplicaron 243 encuestas mediante un muestreo aleatorio, lo que permitió obtener un panorama representativo de las condiciones de vulnerabilidad de los habitantes.

Los resultados mostraron que 180 lotes están expuestos al peligro de inundación. La distribución por niveles de riesgo fue la siguiente: el 14.4% (26 lotes) presentan riesgo muy alto; el 48.3% (87 lotes) riesgo alto; el 18.3% (33 lotes) riesgo medio; y el 18.9% (34 lotes) riesgo bajo. Esta distribución evidencia que más de la mitad de los lotes afectados enfrentan condiciones de riesgo alto a muy alto.

En términos de vulnerabilidad, el análisis reveló que el 58.7% de los lotes (142 unidades) presentan vulnerabilidad alta, mientras que el 41.3% restante (100 lotes) muestran vulnerabilidad media. Al integrar los componentes de peligro y vulnerabilidad para obtener el riesgo final, los 180 lotes afectados se distribuyeron así: 108 lotes (60.4%) con riesgo medio, 54 lotes (30.6%) con riesgo alto, y 19 lotes (9.3%) con riesgo extremo.

La conclusión del estudio fue clara y directa: la localidad de Santa Rosa de Shapajilla no puede considerarse segura, especialmente durante periodos de precipitaciones intensas. Esta situación demanda acciones

urgentes de prevención y mitigación para proteger a la población y sus bienes..

2.1.3. Antecedentes locales

Quispe (2021) desarrolló un estudio enfocado en estimar los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones en la localidad de Koriwara, utilizando para ello métodos geospaciales avanzados. Desde el punto de vista metodológico, la investigación adoptó un diseño no experimental de corte transversal, combinando enfoques analítico-sintéticos con componentes tanto cualitativos como cuantitativos. El carácter aplicado y descriptivo del estudio le permitió generar información práctica y útil para la gestión del riesgo en la zona. La población de estudio estuvo constituida por las estaciones meteorológicas del SENAMHI presentes en el área. El trabajo se organizó en cuatro unidades de análisis que conformaron la muestra, dividiendo el proceso en dos etapas complementarias: una fase de trabajo de campo donde se recopilaban datos in situ, y una fase de trabajo de gabinete donde se procesó y analizó toda la información.

Los resultados demostraron que el análisis espacial multicriterio realizado dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG) cumplió efectivamente su propósito de estimar los grados de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones en la subcuenca de Occoruruni. El análisis espacial reveló que la zona noreste presenta los mayores niveles de riesgo. Específicamente, las llanuras de inundación que rodean al río Sina-Koriwara, junto con ciertas áreas de baja pendiente ubicadas en el norte, noreste y sureste, fueron identificadas

como los lugares con mayor susceptibilidad a inundaciones y, por tanto, con los niveles de riesgo más elevados.

Frente a este diagnóstico, el investigador no se limitó a identificar el problema sino que propuso soluciones concretas. Para las superficies de la zona de estudio que resultaron extremadamente vulnerables y en alto riesgo de inundación, se elaboró una propuesta que incluye siete alternativas diferentes orientadas a mitigar el riesgo. Estas medidas buscan reducir tanto la exposición de la población como las consecuencias potenciales de futuros eventos de inundación.

Por su parte, Gonzalo y Paucar (2020) emprendieron una investigación con un enfoque innovador: propusieron evaluar las zonas de riesgo mediante un modelo probabilístico que permitiera una estimación más precisa y fundamentada. Su metodología se estructuró en varios componentes. Primero, identificaron la amenaza natural que representa la inundación. Luego, evaluaron la vulnerabilidad de la población basándose en índices adimensionales normalizados que incorporaban factores sociales y económicos. Este análisis de vulnerabilidad fue particularmente completo, pues examinó tres componentes fundamentales: la exposición (qué elementos están en la zona de peligro), la fragilidad (qué tan susceptibles son esos elementos al daño), y la resiliencia (la capacidad de la comunidad para recuperarse después de un desastre).

El marco metodológico se basó en las directrices del manual del CENEPRED, lo que garantizó consistencia con los estándares nacionales de evaluación de riesgo. Para llevar a cabo el estudio, los investigadores recopilaron una amplia variedad de datos: información sobre precipitaciones históricas, características geomorfológicas del terreno, datos geológicos, estadísticas demográficas de la

población, e información detallada sobre los lotes físicos y la infraestructura presente. Todo este análisis se realizó categorizando el riesgo a nivel de bloque urbano, lo que permitió una evaluación espacialmente detallada.

Los resultados del análisis de peligrosidad mostraron una distribución variada: el 85% de las zonas evaluadas presentan un nivel de peligro muy alto, el 13% un nivel alto, el 66% un nivel medio, y apenas el 7% un nivel bajo. Estos porcentajes indican que la gran mayoría del área estudiada enfrenta condiciones de peligrosidad considerables.

En cuanto al estudio de vulnerabilidad, los hallazgos revelaron que solo el 4% de las zonas analizadas tienen un nivel de vulnerabilidad bajo, mientras que el 81% presenta un grado de vulnerabilidad alta. Adicionalmente, el 15% de las áreas muestran un grado de vulnerabilidad muy alta, lo que significa que una proporción significativa de la población se encuentra en condiciones de fragilidad severa ante eventos de inundación.

Los investigadores concluyeron destacando el valor práctico de las evaluaciones de riesgo. Señalaron que este tipo de estudios no solo sirven para diagnosticar la situación actual, sino que constituyen herramientas fundamentales para proponer medidas preventivas efectivas. Estas medidas pueden ser de dos tipos: estructurales (como obras de infraestructura, sistemas de drenaje, muros de contención) y no estructurales (como ordenamiento territorial, sistemas de alerta

temprana, capacitación comunitaria), todas orientadas a reducir el riesgo en las áreas más vulnerables..

2.2. Marco teórico

2.2.1. Precipitación

Lazo, la expone como "todo tipo de humedad que, comienza en las nubes"; así mismo el RNE, define la precipitación como "un fenómeno natural que ocurre cuando la masa de agua del cielo cae en manera de lluvia, nevada, granizo o llovizna sobre la tierra".

Así, al enfriarse un cuerpo de aire, las acciones de condensación o congelación dan sitio al surgimiento de gotitas de agua o minúsculas masas de hielo cristalizados; éstos crecerán y, cuando logren un tamaño adecuado, precipitaran dando lugar a la precipitación; es decir, la condensación da lugar a la precipitación, que es la etapa final del ciclo hidrológico. La lluvia es un tipo de precipitación líquida que se origina en nubes bajas y densas que cae de manera continua durante un largo tiempo de tiempo.

El ciclo hidrológico, que abastece al planeta de agua dulce y, a su vez, mantiene la vida-incluida la necesidad de agua para las plantas y los animales, se ve considerablemente favorecido por las precipitaciones. Cuando una nube alcanza un umbral de saturación, se produce la precipitación. En ese momento, las gotas de agua se hacen más grandes

y acaban cayendo al suelo en forma de precipitación debido a la gravedad (Aguilar y Rodríguez, 2019).

2.2.1.1. Precipitaciones intensas y cambio climático

El cambio climático no es una amenaza distante ni abstracta. Sus efectos se sienten cada vez con más fuerza en distintas partes del mundo, y uno de los más visibles es el incremento en la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos extremos. Las inundaciones, los deslizamientos de tierra, los huracanes, los ciclones y las olas de frío o de calor ya no son eventos excepcionales, sino parte de una nueva realidad que se repite con mayor regularidad y con consecuencias cada vez más graves (Aponte y Guillén, 2021).

Ningún sector de la sociedad escapa a estos cambios. La agricultura, la ganadería, la pesca, el turismo y la salud pública son solo algunos de los ámbitos que se ven directamente afectados. A esto se suma la reducción de fuentes de agua dulce, el avance de la erosión costera y los daños que el aumento del nivel del mar provoca sobre las riberas y las comunidades que viven cerca de ellas (Bautista y Aguilar, 2021). El panorama es complejo y exige una respuesta urgente y coordinada.

Desde el punto de vista físico, una parte importante de este fenómeno se explica por el papel que cumple el vapor de agua en la atmósfera. A medida que la temperatura global aumenta como consecuencia de la acumulación de gases de efecto invernadero, hay más vapor de agua disponible en el aire, lo que incrementa la probabilidad de que ese vapor se descargue de manera brusca en forma de lluvias torrenciales. Es un ciclo que se retroalimenta y que convierte

cada episodio de precipitación intensa en un evento potencialmente más destructivo que el anterior..

2.2.2. Inundaciones

2.2.2.1. Inundaciones pluviales

Las inundaciones pluviales son quizás el tipo de inundación más cotidiano y, al mismo tiempo, uno de los más subestimados. Se producen cuando las lluvias son tan intensas que el suelo simplemente no puede absorber tanta agua en tan poco tiempo. La superficie se satura, el agua no encuentra hacia dónde escurrir y comienza a acumularse formando grandes cuerpos de agua que pueden permanecer durante horas o incluso días antes de que el terreno recupere su capacidad de drenaje. Lo que parece un charco inofensivo puede convertirse rápidamente en una amenaza real cuando el volumen de agua supera la capacidad de absorción del suelo y comienza a invadir zonas cercanas que no estaban preparadas para recibir esa carga hídrica..

2.2.3. Riesgo de desastres

El riesgo de desastres es la posibilidad de que un peligro o amenaza cause daños reales sobre una población y sobre los recursos de los que esa población depende para vivir. No es algo estático, sino que cambia constantemente en función de las condiciones del entorno, del tiempo y de las decisiones que toman las personas y las instituciones. Cuando una sociedad trabaja activamente para reducir sus vulnerabilidades y evitar la creación de nuevos peligros, los niveles de riesgo pueden disminuir de manera significativa (Narváez y Lavell, 2019).

Sin embargo, ignorar los factores de riesgo o actuar tarde frente a ellos puede tener consecuencias muy graves en lo social, lo económico y lo ambiental. Aunque el riesgo nunca puede eliminarse por completo, sí puede reducirse considerablemente cuando se ponen en marcha estrategias de prevención, mitigación y preparación que involucren tanto a las instituciones del Estado como a las propias comunidades (Narváez y Lavell, 2019). La clave está en actuar antes de que el desastre ocurra, no después.).

2.2.4. Evaluación de riesgos

2.2.4.1. Método de Análisis Jerárquico (AHP – Saaty) y su relación con la metodología CENEPRED

Evaluar el riesgo de manera rigurosa requiere herramientas que permitan organizar variables complejas y darles un peso relativo de acuerdo con su importancia. Una de las herramientas más reconocidas para este propósito es el Proceso Analítico Jerárquico, conocido por sus siglas en inglés como AHP, desarrollado por Thomas L. Saaty en 1980. Este método permite descomponer problemas complejos en una estructura jerárquica de criterios y subcriterios, y asignarles pesos a través de comparaciones sistemáticas entre pares de variables. Su gran fortaleza radica en que puede integrar tanto datos cuantitativos como valoraciones de tipo cualitativo, lo que lo hace especialmente útil en estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo por desastres naturales (Saaty, 1980).

En el contexto peruano, el enfoque metodológico del CENEPRED (2014) define la evaluación del riesgo como el resultado de la interacción entre el peligro y la vulnerabilidad, sin imponer un único método de ponderación. Esto hace que el

AHP sea perfectamente compatible con esta metodología, ya que permite asignar pesos a los criterios de manera objetiva y consistente, reduciendo la subjetividad que caracterizaba a los enfoques más tradicionales, como los análisis cualitativos simples o las matrices básicas de peligro y vulnerabilidad que se usaban anteriormente.

La validez del AHP no se limita al Perú. Ha sido aplicado en estudios de zonificación de peligros y mapas de riesgo en países como México, Colombia, Ecuador, Chile, España, China e India, demostrando su utilidad tanto en contextos urbanos como rurales. En la presente investigación, el AHP se utilizó como herramienta de apoyo para la ponderación de criterios, siempre dentro del marco conceptual que establece el CENEPRED, garantizando así que el análisis sea metodológicamente sólido y normativamente coherente.).

2.2.4.2. Análisis Jerárquico Saaty (AHP)

- El AHP es, en esencia, un método diseñado para ayudar a tomar decisiones en situaciones donde los problemas son complejos y los criterios a considerar son múltiples y de distinta naturaleza. Fue desarrollado por Thomas L. Saaty en la década de 1970 y desde entonces ha sido objeto de numerosos estudios y aplicaciones en todo el mundo. Su valor reside en que permite estructurar problemas difíciles de manera ordenada y transparente, facilitando la participación de distintos actores en la toma de decisiones y haciendo visibles los criterios que están detrás de cada elección (CENEPRED, 2014).
- El proceso sigue una lógica clara: primero se identifica el problema y la información que se necesita para abordarlo. Luego se construye

una jerarquía de decisión que va desde el objetivo general hasta las alternativas más específicas, pasando por los criterios y subcriterios que estructuran el análisis. A partir de ahí, se elaboran matrices de comparación por pares entre los elementos de cada nivel, lo que permite calcular prioridades relativas con consistencia. Esas prioridades se van combinando de nivel en nivel hasta obtener una valoración global que orienta la decisión final. Para garantizar la coherencia de las comparaciones, el método utiliza la escala de valores propuesta por el propio Saaty, que permite traducir juicios cualitativos en valores numéricos manejables y comparables..

Tabla 2

Escala numérica para la asignación de importancias en a la matriz de comparación de pares.

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
9	Absolutamente más importante que ...	Al contrastar dos elementos, se piensa que el primero es absolutamente necesario o mucho más significativo que el segundo.
7	Mucho más importante preferido que ...	Al contrastar dos elementos, se piensa que el primero es totalmente, significativamente o preferible al segundo.
5	Más importante o preferido que ...	Al contrastar un aspecto con otro, el primero se considera más significativo o deseable.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al contrastar un aspecto con otro, el primero se considera más significativo o deseable que el segundo.
1	Igual importancia	El objetivo se ve igualmente beneficiado por dos acciones.

Nota. Obtenido de (CENEPRED, 2014)

2.2.4.3. Metodología para la evaluación de riesgos

El conjunto de actividades y procesos conocidos como evaluación de riesgos "in situ" se utilizan para adquirir datos sobre la detección de riesgos, el estudio de la vulnerabilidad y el cálculo de riesgos (INDECI , 2006).

2.2.4.4. Operación

El riesgo es el potencial de que un fenómeno natural o provocado por la humanidad, conocido y latentemente perjudicial, ocurra en un momento y lugar específico (CENEPRED, 2014).

La estratificación utilizada para evaluar del riesgo logra cuantificar la envergadura del evento o el impacto que tendrá en un área geográfica y un marco temporal específicos (CENEPRED, 2014).

Susceptibilidad. Se denomina susceptibilidad a la mayor o menor propensión a que un fenómeno se produzca o se produzca en un lugar geográfico concreto (dependiendo de los condicionantes y desencadenantes del fenómeno y de su pertinente zona geográfica). Los márgenes de terreno que logran ser inmediatamente inundadas por el agua indicarían lugares más susceptibles al agua, en tanque que las que no son invadidas representarían áreas menos susceptibles al agua (CENEPRED, 2014).

- **Factor desencadenante.** Son condiciones que originan actividades y/o eventos relacionados que logran dar lugar a amenazas en una región determinada (CENEPRED, 2014).
- **Factor condicionante.** Se trata de factores locales que afectan al fenómeno natural de forma favorable o desfavorable y que son exclusivos de la superficie de estudio (CENEPRED, 2014).
- **Niveles de peligrosidad.** Las zonas de peligro se dividen en 4 categorías a efectos de la evaluación de riesgos: baja, media, alta y muy alta (CENEPRED, 2014).

Figura 1

Clasificación de los niveles del peligro

Donde: $n_1, n_2, \dots, n_5$ Son los valores de los rangos del Peligro. "P" Representa el valor del Peligro.	Valores de los rangos del Peligro	Niveles del Peligro
	$n_2 < P \leq n_1$	MUY ALTO
	$n_3 < P \leq n_2$	ALTO
	$n_4 < P \leq n_3$	MEDIO
	$n_5 \leq P \leq n_4$	BAJO

Nota. Obtenido (CENEPRED, 2014).

Los descriptores de los estratos de susceptibilidad y el parámetro a evaluar están relacionados con cada nivel de amenaza, y el final nivel (Peligro Bajo) tiene en cuenta los dos finales descriptores combinados, conservando la prioridad de los descriptores en orden decreciente. Las

características de la región examinada, la amenaza evaluada y la importancia del elemento desencadenante dominarán cada etapa.

2.2.4.5. Determinación de la vulnerabilidad

Tras la identificación de los elementos de riesgo, se efectúa un estudio de las distintas clases de vulnerabilidad que se relacionan directa e indirectamente con la posibilidad de una inundación. Posteriormente, se identifican, evalúan y analizan diferentes indicios que exponen el grado de susceptibilidad, fragilidad y capacidades que manifiestan un estado espacio-tiempo específica de la vulnerabilidad en un territorio; por ende, esta investigación ofrecerá una imagen completa de los orígenes, el estado actual y la capacidad de los pobladores frente a la amenaza en una región concreta (CENEPRED, 2014).

Los siguientes elementos hacen que todo sea vulnerable:

- **Exposición.** Este factor se refiere a las numerosas elecciones y acciones que ponen a las personas en el camino del peligro en cuestión; la sensibilidad aumenta con el nivel de exposición.
- **Fragilidad.** Este componente se relaciona con las características físicas de una comunidad generadas externamente, como sus materiales de construcción y

las técnicas de construcción, entre otras; la susceptibilidad aumenta con la fragilidad.

- **Resiliencia.** Es el potencial de respuesta de los pobladores ante el peligro o la amenaza es un factor correlacionado con las situaciones organizativas y sociales de una sociedad. A medida que aumenta la resiliencia, disminuye la vulnerabilidad.

Figura 2

Factores de la vulnerabilidad



Nota. Obtenido de (CENEPRED, 2014).

a) **Análisis de la dimensión social**

Entender cuán vulnerable es una población frente a un evento natural no es solo una cuestión técnica; es ante todo una cuestión

humana. El análisis de la dimensión social busca identificar, dentro de la zona que podría verse afectada por un fenómeno natural, qué personas se encuentran en condiciones de mayor fragilidad y cuáles cuentan con mayores capacidades para hacerle frente. Esta distinción entre población vulnerable y no vulnerable es el punto de partida necesario para medir con precisión los niveles de vulnerabilidad social presentes en el territorio, y sienta las bases para evaluar posteriormente tanto la fragilidad como la resiliencia de esas comunidades ante situaciones de emergencia o desastre, tal como lo establece el CENEPRED (2014)..

b) Análisis de la dimensión económica

De manera complementaria al análisis social, la dimensión económica examina qué actividades productivas e infraestructuras se encuentran expuestas dentro del área de impacto de los fenómenos naturales. No basta con saber cuántas personas están en riesgo; también es fundamental entender qué medios de vida, qué recursos productivos y qué infraestructuras podrían verse afectados, porque de ello depende en gran medida la capacidad de recuperación de las familias y las comunidades después de un evento adverso. Para ello se identifican y diferencian los elementos económicos expuestos que presentan condiciones de vulnerabilidad de aquellos que no las presentan, lo que permite medir con mayor precisión los grados de vulnerabilidad económica

existentes en la zona analizada, conforme a los criterios establecidos por el CENEPRED (2014)..

c) Nivel de vulnerabilidad

Una vez realizados los análisis social y económico, es posible determinar el nivel de vulnerabilidad que presenta cada zona estudiada. Para facilitar la evaluación del riesgo y orientar la toma de decisiones, el CENEPRED (2014) establece cuatro categorías de clasificación: vulnerabilidad baja, media, alta y muy alta. Esta escala permite no solo identificar qué territorios requieren atención prioritaria, sino también graduar las intervenciones y medidas de gestión del riesgo según la magnitud real de la exposición y fragilidad de cada zona, contribuyendo a una respuesta más eficiente y focalizada frente a los peligros naturales.

Figura 3

Rangos de los niveles de vulnerabilidad

Valores de los rangos de la Vulnerabilidad	Niveles de Vulnerabilidad
$n_2 < V \leq n_1$	MUY ALTA
$n_3 < V \leq n_2$	ALTA
$n_4 < V \leq n_3$	MEDIA
$n_5 \leq V \leq n_4$	BAJA

Donde:
 $n_1, n_2, \dots, n_5$
Son los valores de los rangos de la vulnerabilidad.
"V"
Es el valor de la vulnerabilidad.

Nota. Obtenido de (CENEPRED, 2014).

De acuerdo con el vínculo entre los descriptores de exposición, fragilidad y resiliencia, cada grado de vulnerabilidad tiene una descripción, en la que predominarán los rasgos del elemento evaluado.

2.2.5. Riesgo

En su sentido más amplio, el concepto de "riesgo" es fundamental para la vida humana en nuestro planeta. Evoca imágenes de devastación y pérdida relacionadas con numerosas facetas del quehacer humano. Hay que reconocer que, en ciertas circunstancias inciertas, la percepción de negocio y la localización de desarrollo y beneficio están inextricablemente ligados al concepto de riesgo (Aguilar y Rodríguez, 2019).

En primer lugar, hay definiciones tomadas de las ciencias que suelen describir el riesgo como "la ocurrencia de que ocurra un suceso físicamente perjudicial"; este término hace hincapié en la amenaza o circunstancia que realmente conduce a la catástrofe (Aguilar y Rodríguez, 2019).

Según las definiciones del tipo que tienden a resaltar las consideraciones sociales y económicas, el riesgo de catástrofe es la ocurrencia de perjuicios y daños futuros debido a la ocurrencia de un evento físicamente dañino; dicho de otro modo, es la probabilidad de las repercusiones, más que la posibilidad de que el acontecimiento físico suceda realmente (Aguilar y Rodríguez, 2019).

El estudio y la reseña de los datos teóricos y empíricos sobre la probabilidad de que se materialice la amenaza identificada, o la interacción de las situaciones espacio-tiempo del área de estudio representadas en los diferentes contextos de la vulnerabilidad, son pasos necesarios en el cálculo del riesgo (CENEPRED, 2014).

El empleo probabilístico de la formula posterior sirve como sustento principal de los criterios a considerar.

$$R = f(P, V)$$

Donde:

P = Peligro

V = Vulnerabilidad

2.2.6. Gestión de riesgo de desastre

Un paquete de información, estrategias, tácticas y prácticas utilizadas para diseñar iniciativas que eviten o aminoren los efectos de las catástrofes, de modo que la población perjudicada pueda recobrar gradualmente su grado anterior de actividad con el paso del tiempo. Esto requiere la participación de elementos políticos, sociales e institucionales, tanto públicos como privados, además de la autoridad gubernamental.

2.2.6.1. Fases de la gestión de riesgo de desastre

- a) Prevención:** Una serie de medidas destinadas a impedir que se produzcan catástrofes naturales o artificiales. Estas actividades responden al compromiso activo del fenómeno, así como a la aplicación eficaz de las leyes que rigen el desarrollo físico y urbano. Las estrategias de realización, los planes bonificables y de inversión, la clasificación territorial y los programas de aumento socioeconómico deben contener estrategias de prevención.
- b) Respuesta:** Tras la ocurrencia de un desastre, hay tres momentos clave:
- Respuesta inmediata; la actividad solidaria de la población previa a la crisis, que incluye la ejecución de medidas de autoayuda.
 - La intervención de organizaciones expertas, como el cuerpo de Bomberos, la PNP, las FA, la Cruz Roja Peruana, entidades del área de salud, organismos públicos y privados, que realizan las labores prontas y indispensables para proteger la vida de las poblaciones perjudicadas en las superficies de

repercusión, todo ello en relación con los organismos gubernamentales, constituye la primera respuesta.

- La respuesta suplementaria; grupo de medidas pertinentes, adecuadas y temporales que llevan a cabo las organizaciones miembros del SINAGERD en caso de catástrofe, dentro del ámbito de sus conocimientos y áreas de especialización, para prestar ayuda a la comunidad afectada.
- c) **Reconstrucción:** Es el proceso de reparación de los daños sociales, físicos y económicos a largo plazo hasta alcanzar un grado de recuperación comparable o superior al que existía antes de la catástrofe. Los factores ambientales, económicos y sociales se ven afectados por las catástrofes; por lo tanto, los esfuerzos de restauración tienen como objetivo reactivar las fuentes de empleo, reavivar la economía local, reparar los daños en las infraestructuras e incluir tácticas de mitigación de riesgos en el procedimiento de planificación.

2.2.6.2. Sistemas de información geográfica en la gestión de riesgos

Los SIG ayudan a los expertos en diversos campos, siendo en la administración de datos sobre recursos, infraestructuras, demografía y riesgos naturales. Logra ser útil encontrar lugares con una exposición mínima o escasa al riesgo y que sean más adecuados para el crecimiento y las actividades productivas (Alvarado, 2014).

Los mapas del riesgo de inundaciones, que ayudan a tomar acciones que detectan las zonas que requieren una rápida atención, las que merecen la aplicación de tácticas de control de riesgos y las áreas en las que se debe ahondar en la investigación del riesgo ante las inundaciones, son la principal herramienta que los SIG aportan a la gestión de las inundaciones. Los SIG permiten a los planificadores de la tierra detectar las infraestructuras en las

llanuras de inundación a nivel local y social, lo que hace necesario el desarrollo de planes de respuesta para estos eventos (Alvarado, 2014).

2.2.7. Medidas de control de riesgos

Gestionar el riesgo no es simplemente reaccionar cuando el desastre ya ocurrió. Es, sobre todo, anticiparse, planificar y actuar antes de que los eventos extremos lleguen a causar daño. En ese sentido, las medidas de control de riesgos constituyen un conjunto de acciones orientadas a reducir la probabilidad de que un fenómeno natural se convierta en tragedia humana y económica.

El CENEPRED (2014) sitúa estas medidas dentro de un marco de políticas nacionales que abarca dimensiones económicas, medioambientales, de seguridad y territoriales, todas bajo un enfoque de sostenibilidad a largo plazo. El objetivo no es eliminar el riesgo de manera instantánea, algo que en la mayoría de los casos resulta imposible, sino controlarlo, reducirlo de manera progresiva y gestionarlo con inteligencia, asegurando al mismo tiempo que las poblaciones estén preparadas para responder de la mejor manera posible cuando se enfrenten a situaciones extremas.

Aponte y Guillen (2021) complementan esta visión definiendo el control de riesgos como un proceso activo que busca modificar o minimizar las condiciones actuales de riesgo y, al mismo tiempo, evitar que surjan nuevos riesgos en el futuro. Esto se logra a través de dos tipos de acciones que trabajan de manera conjunta: la mitigación, que actúa sobre los factores de riesgo ya existentes para reducir su impacto, y la prevención, que anticipa situaciones de riesgo antes de que se materialicen. Ambas intervienen sobre la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad de las poblaciones, sus medios de vida, sus activos, su

infraestructura y su entorno medioambiental, con el propósito de evitar pérdidas socioeconómicas que en muchos casos resultan devastadoras y difíciles de revertir..

2.2.7.1. Medidas estructurales

Las medidas estructurales son aquellas que se materializan en obras físicas concretas, construidas con el propósito específico de reducir o eliminar el impacto potencial de los fenómenos naturales sobre las poblaciones y sus bienes. Son intervenciones visibles, tangibles, que transforman el territorio para hacerlo más seguro.

Saavedra (2021) menciona varias de estas propuestas aplicables especialmente en zonas vulnerables a inundaciones: la ejecución de obras de alcantarillado para mejorar el drenaje urbano, el refuerzo de los márgenes de ríos y cuerpos de agua para evitar desbordamientos, y la construcción de pozos durante la época seca que permitan almacenar agua y reducir la velocidad y el arrastre de los cauces en los momentos de mayor caudal. Todas estas intervenciones parten de estudios técnicos realizados en la zona, lo que garantiza que respondan a las características particulares de cada territorio.

Tacsa (2020) amplía esta definición señalando que las medidas estructurales abarcan cualquier tipo de construcción que tenga como finalidad reducir los efectos de las inundaciones, independientemente de cuál sea su origen. Esto incluye una amplia gama de proyectos de ingeniería civil, hidráulica y sanitaria que, bien diseñados e implementados, pueden marcar una diferencia significativa en la capacidad de un territorio para resistir los embates de los fenómenos naturales.).

2.2.7.2. Medidas no estructurales

A diferencia de las anteriores, las medidas no estructurales no requieren levantar ninguna obra física nueva. Su fortaleza reside en otro tipo de recursos igualmente poderosos: el conocimiento, la organización, la normativa y la cultura de prevención. Son intervenciones que actúan sobre las personas, sus comportamientos y sus capacidades, y que resultan fundamentales para construir comunidades verdaderamente resilientes frente a los riesgos naturales. Saavedra (2021) señala que estas medidas buscan reducir el riesgo apoyándose en conceptos, procedimientos y conocimientos ya establecidos, y se refuerzan a través de iniciativas legislativas y reglamentarias que dan un marco formal a la gestión del riesgo. Pero quizás su componente más valioso es la sensibilización y la educación de las poblaciones potencialmente afectadas, porque una comunidad que conoce los riesgos que enfrenta y sabe cómo actuar ante ellos está mucho mejor preparada que una que depende exclusivamente de la infraestructura física para protegerse.

Tacsa (2020) destaca que estas medidas se basan en conocimientos, costumbres y acuerdos ya existentes dentro de las propias comunidades, lo que las hace especialmente accesibles y sostenibles en el tiempo. No requieren grandes inversiones económicas para ponerse en marcha, pero su impacto puede ser enorme cuando se implementan de manera sistemática y con el compromiso real de todos los actores involucrados..

2.3. Marco conceptual

2.2.1. Precipitación intensa

No toda lluvia representa un riesgo, pero cuando las precipitaciones superan los promedios normales registrados en una zona, la situación cambia radicalmente. La precipitación intensa se caracteriza por concentrar grandes volúmenes de agua en períodos cortos de tiempo, lo que impide que el suelo y los sistemas de drenaje puedan absorber o evacuar el agua a la misma velocidad con que cae. El resultado es una acumulación rápida en superficie que puede transformar calles, plazas y viviendas en zonas anegadas en cuestión de minutos. Según el SENAMHI (2015), este fenómeno constituye el principal factor desencadenante de las inundaciones pluviales en el área urbana analizada, lo que lo convierte en el punto de partida obligado para entender el riesgo al que está expuesta la población del distrito de Llalli..

2.2.2. Peligro

El peligro no es el fenómeno natural en sí mismo, sino la probabilidad de que ese fenómeno ocurra en un lugar determinado y con una intensidad capaz de causar daño. En este caso, el peligro hace referencia a la probabilidad de que se produzcan inundaciones pluviales en el área urbana del distrito de Llalli, condicionada tanto por la intensidad de las precipitaciones como por las características físicas propias del territorio. Para facilitar su análisis y comunicación, el peligro se clasifica en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, una escala que permite priorizar intervenciones y orientar las decisiones de gestión del riesgo de manera más precisa y eficiente.).

2.2.3. Vulnerabilidad

Si el peligro responde a la pregunta de qué tan probable es que ocurra un evento dañino, la vulnerabilidad responde a otra igualmente importante: ¿qué tan preparada está la población para enfrentarlo? La vulnerabilidad expresa el grado de susceptibilidad de las personas, las actividades económicas y el entorno ambiental del área urbana del distrito de Llalli frente a las inundaciones pluviales. Su evaluación considera tres dimensiones que se complementan entre sí: la social, que examina las condiciones de vida y las capacidades de la población; la económica, que analiza los medios de sustento y los activos en riesgo; y la ambiental, que observa el estado del entorno natural. Juntas, estas dimensiones permiten comprender con mayor profundidad las limitaciones reales que tiene una comunidad para resistir el impacto de una inundación y recuperarse después de ella..

2.2.4. Riesgo

El riesgo es el resultado de cruzar dos realidades: la del peligro y la de la vulnerabilidad. Cuando un territorio presenta condiciones de alta exposición a inundaciones pluviales y al mismo tiempo cuenta con una población vulnerable y con capacidades limitadas de respuesta, el riesgo resultante puede ser muy elevado. En el caso del área urbana del distrito de Llalli, el riesgo se expresa en niveles cualitativos que van de bajo a muy alto, obtenidos mediante la integración de ambos componentes en un entorno de Sistemas de Información Geográfica, siguiendo la metodología establecida por el CENEPRED (2014). Esta forma de calcular el riesgo permite visualizarlo espacialmente y tomar decisiones territoriales mucho más informadas..

2.2.5. Inundación pluvial

A diferencia de las inundaciones causadas por el desbordamiento de ríos o quebradas, la inundación pluvial tiene un origen más directo y en muchos casos más sorpresivo: es consecuencia inmediata de la acumulación de agua de lluvia sobre la superficie urbana. Ocurre cuando la intensidad de las precipitaciones supera la capacidad del suelo para absorberla y del sistema de drenaje para evacuarla, generando encharcamientos que afectan viviendas, vías de acceso y servicios básicos. El SENAMHI (2015) define este fenómeno como el anegamiento temporal de áreas urbanas producido exclusivamente por agua de lluvia, una distinción importante porque implica que incluso en zonas alejadas de ríos, la población puede verse gravemente afectada cuando las condiciones de drenaje son deficientes..

2.2.6. Factor desencadenante en inundación pluvial

Todo proceso de inundación pluvial necesita un elemento inicial que lo active, y ese elemento es la precipitación intensa. Expresada en milímetros por día, la lluvia actúa como el disparador que pone en marcha la cadena de eventos que puede derivar en una inundación. Según el INDECI (2006), este factor se evalúa mediante rangos de precipitación diaria máxima, lo que permite establecer umbrales a partir de los cuales el riesgo de inundación se vuelve significativo. Conocer con precisión cuándo y con qué intensidad llueve en el área de estudio es, por tanto, un insumo fundamental para anticipar situaciones de riesgo y activar con oportunidad los mecanismos de alerta y respuesta..

2.2.7. Factor condicionante en inundación pluvial

Si el factor desencadenante es la lluvia, los factores condicionantes son las características propias del territorio que determinan cómo responde el suelo ante esa lluvia. La geología, la geomorfología y la pendiente del terreno son los principales elementos que condicionan la capacidad del suelo para infiltrar el agua o, por el contrario, favorecer su acumulación en superficie. Un terreno con pendientes pronunciadas, suelos poco permeables o una geomorfología que concentra el flujo de agua en ciertos puntos estará mucho más expuesto a inundaciones pluviales que uno con condiciones opuestas. El INDECI (2006) establece que analizar estos factores es indispensable para comprender no solo si puede ocurrir una inundación, sino dónde y con qué magnitud..

2.2.8. Áreas probables de inundación pluvial

No todo el territorio urbano presenta el mismo nivel de exposición frente a las inundaciones pluviales. Hay zonas que, por la combinación de lluvias intensas y condiciones físicas desfavorables, concentran una mayor susceptibilidad a este tipo de eventos. Identificar esas áreas con precisión es uno de los pasos más importantes del análisis de riesgo, porque permite focalizar las intervenciones donde realmente se necesitan. Para hacerlo, se utiliza el análisis espacial multicriterio y la superposición de variables físicas y ambientales en entornos SIG, siguiendo metodologías ya probadas en estudios similares como el de Chanca e Inga (2018). El resultado es una cartografía que muestra con claridad qué sectores del área urbana de Llalli son más propensos a inundarse y por qué..



2.2.9. Riesgo

Cuando el riesgo deja de ser una posibilidad y se convierte en realidad, y cuando la magnitud del evento supera la capacidad de respuesta de la población y de las autoridades locales, se produce un desastre. En el contexto de las inundaciones pluviales, esto significa pérdidas humanas, daños económicos, deterioro del entorno ambiental y afectación grave de la infraestructura urbana: viviendas destruidas, vías intransitables, servicios básicos interrumpidos. Gonzalo y Paucar (2020) definen el desastre precisamente como esa materialización del riesgo que desborda las capacidades instaladas de una comunidad, lo que subraya la urgencia de actuar antes de que llegue ese punto, fortaleciendo tanto las medidas de prevención como las capacidades de respuesta de la población..



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación es no experimental, lo que significa que en ningún momento se manipularon las variables ni se crearon condiciones artificiales para observar resultados. El propósito fue justamente el contrario: acercarse a la realidad tal como existe, observar los fenómenos en su ambiente natural y analizarlos sin intervenir en ellos. Como señalan Hernández y Mendoza (2014), este tipo de diseño es el más adecuado cuando se busca comprender una situación real sin alterarla, lo que en el caso de un estudio de riesgo por inundación resulta no solo pertinente sino necesario, dado que los fenómenos naturales no pueden ni deben reproducirse artificialmente..

3.2. Tipo de la investigación

La investigación es de tipo aplicado, y esa elección responde a una intención muy concreta: que el conocimiento generado tenga utilidad real. No se trata de producir teoría por la teoría misma, sino de poner el conocimiento existente al servicio de una situación específica, en este caso la evaluación del riesgo por inundación pluvial en el distrito de Llalli, con el propósito de que los resultados puedan ser aprovechados por la población, las autoridades locales y cualquier

actor que tenga responsabilidades en la gestión del territorio. Baena (2017) define precisamente la investigación aplicada como aquella que busca hacer un uso inmediato y práctico del conocimiento disponible, enriqueciéndolo al mismo tiempo con nuevos aportes que contribuyen al avance de la disciplina.).

3.3. Nivel de investigación

El nivel descriptivo fue el más apropiado para los propósitos de este estudio. El trabajo se orientó a describir y analizar con detalle los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo por inundación pluvial presentes en el área urbana del distrito de Llalli, utilizando para ello las matrices de evaluación del CENEPRED y herramientas de Sistemas de Información Geográfica. En ningún momento se buscó establecer relaciones causales entre variables ni realizar inferencias estadísticas; el objetivo fue caracterizar el fenómeno con la mayor precisión posible, construyendo una imagen fiel de la situación de riesgo que enfrenta el territorio estudiado..

3.4. Enfoque de investigación

Esta investigación adopta un enfoque mixto que combina lo cuantitativo y lo cualitativo, una decisión metodológica que responde a la naturaleza compleja del fenómeno estudiado. Analizar el riesgo por inundación pluvial requiere trabajar con ambos tipos de información de manera simultánea y complementaria.

El enfoque cuantitativo permitió procesar y analizar los datos numéricos del estudio: los valores de precipitación registrados, los pesos asignados a cada criterio de evaluación y los resultados obtenidos en los niveles de peligro,

vulnerabilidad y riesgo. Estos datos, expresados en cifras y porcentajes, son los que dan precisión y objetividad al análisis territorial.

El enfoque cualitativo, por su parte, aportó la capacidad de interpretar lo que los números no pueden decir por sí solos: las condiciones físicas del terreno, el contexto social de la población, las dinámicas económicas del distrito y el estado del entorno ambiental. Esta mirada interpretativa es indispensable para comprender en profundidad por qué ciertas zonas son más vulnerables que otras y qué factores humanos e institucionales inciden en esa vulnerabilidad.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población de estudio está constituida por el área urbana del distrito de Llalli en su totalidad. Esta delimitación responde a que es precisamente ese espacio el que concentra la mayor exposición al riesgo por inundación pluvial y donde las consecuencias de estos eventos impactan de manera más directa sobre la vida cotidiana de las personas..

3.5.2. Muestra

Dado que el estudio buscó una evaluación integral del territorio, la muestra coincidió con la totalidad del área urbana del distrito de Llalli. Esta decisión permitió obtener una visión completa y sin omisiones de las condiciones de riesgo existentes, garantizando que ninguna zona quedara fuera del análisis y que los resultados fueran representativos de toda la realidad territorial estudiada..

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Para recoger la información necesaria se utilizaron dos técnicas complementarias. La revisión bibliográfica permitió sistematizar el conocimiento teórico y metodológico disponible sobre gestión del riesgo, inundaciones pluviales y evaluación de vulnerabilidad, construyendo el marco conceptual que orientó todo el análisis. La técnica observacional, por su parte, permitió el registro directo de las condiciones físicas, sociales y ambientales del área urbana de Llalli, recogiendo información que solo puede obtenerse mediante el contacto directo con el territorio.

3.6.2. Instrumentos

El procesamiento y análisis de la información se apoyó en tres herramientas digitales. Microsoft Word, con licencia obtenida, fue utilizado para la redacción y organización del informe. Microsoft Excel, igualmente con licencia, permitió estructurar, procesar y sistematizar los datos numéricos del estudio. Finalmente, el software ArcGIS, bajo licencia ArcGIS, fue la herramienta central para el análisis espacial, la generación de mapas temáticos y la integración de las variables físicas y ambientales en un entorno SIG.

3.7. Materiales y equipos

Seguidamente, se enuncia los materiales y equipos para desarrollar la investigación.

a) Materiales

- ✓ Materiales de escritorio
- ✓ Cuaderno de apuntes

- ✓ Software ArcGIS

b) Equipos

- ✓ Cámara digital.
- ✓ Laptop.
- ✓ Motocicleta.
- ✓ Calculadora.
- ✓ Navegador Satelital GPS.

El desarrollo del trabajo de campo y el procesamiento de la información requirieron una serie de materiales y equipos que se detallan a continuación.

En cuanto a los materiales, se utilizaron materiales de escritorio convencionales para el registro y organización de la información recolectada en campo, un cuaderno de apuntes para el registro sistemático de observaciones durante los recorridos territoriales, y el software ArcGIS como herramienta fundamental para el análisis espacial y cartográfico.

En lo que respecta a los equipos, se contó con una cámara digital para el registro fotográfico de las condiciones del terreno y la infraestructura urbana, una laptop para el procesamiento de datos y la elaboración del informe, una motocicleta que facilitó los desplazamientos durante el trabajo de campo en el área urbana del distrito, una calculadora para verificaciones numéricas en campo, y un navegador satelital GPS que permitió georreferenciar con precisión los puntos relevantes identificados durante los recorridos.

Para el análisis de la vulnerabilidad social, económica y ambiental se empleó como instrumento una encuesta estructurada de carácter técnico, diseñada con base en los lineamientos metodológicos del CENEPRED (2014) y en los descriptores utilizados en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Dicho

instrumento incluyó ítems organizados por dimensiones y subdimensiones de fragilidad y resiliencia, lo que permitió verificar la pertinencia, coherencia y representatividad de los criterios seleccionados respecto a la realidad del área urbana del distrito de Llalli.

La validez del instrumento se estableció mediante validación de contenido, sustentada en el juicio de experto y la revisión normativa, corroborando que los descriptores empleados sean adecuados para la evaluación de la vulnerabilidad frente a inundaciones pluviales. Asimismo, los resultados de la encuesta fueron contrastados con la observación directa en campo y con información secundaria oficial, lo cual permitió fortalecer la consistencia metodológica del estudio. Cabe precisar que el instrumento no tuvo fines estadísticos inferenciales, sino que fue utilizado como medio de validación técnica de los descriptores, respaldando la asignación de pesos y la elaboración de los mapas de vulnerabilidad y riesgo.

3.8. Ubicación de la zona en estudio

El presente proyecto se desarrolla en el área urbana del distrito de Llalli, perteneciente a la provincia de Melgar, en la región Puno. Se trata de un territorio ubicado en plena sierra sur del país, emplazado a una altitud de 4,973 metros sobre el nivel del mar, lo que lo convierte en uno de los espacios urbanos de mayor elevación de la región y le otorga condiciones climáticas y geográficas particulares que inciden directamente en su exposición a fenómenos como las inundaciones pluviales.

Geográficamente, el distrito se localiza en las coordenadas 14°46'10.84" de latitud sur y 70°54'12.78" de longitud oeste, una posición que lo sitúa en el

altiplano puneño, zona caracterizada por una topografía compleja, suelos con características específicas de infiltración y un régimen de precipitaciones marcadamente estacional. Durante los meses de lluvias, esta combinación de factores puede generar condiciones propicias para la acumulación de agua en superficie, especialmente en las zonas urbanas con menor capacidad de drenaje.

Conocer con precisión el contexto geográfico y altitudinal del área de estudio es fundamental para comprender las dinámicas de riesgo que se analizan en este proyecto, ya que las características propias del territorio condicionan tanto la intensidad del peligro como el grado de vulnerabilidad de la población frente a los eventos de inundación pluvial..

Figura 4

Ubicación del área en estudio



Nota. Obtenido de Google Earth.

3.9. Procedimiento metodológico

3.9.1. Identificar el nivel de peligro por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli de la provincia de Melgar, Puno, 2024

Para llevar a cabo la evaluación del riesgo por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli, se siguió el procedimiento establecido en el Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales, Segunda Versión, elaborado por el CENEPRED (2014). Este manual constituye el referente metodológico oficial en el Perú para este tipo de análisis y proporciona una estructura ordenada y técnicamente respaldada para la ponderación de los factores que intervienen en la configuración del riesgo.

El proceso se basa en la asignación de pesos a criterios, subcriterios y descriptores mediante el Proceso de Análisis Jerárquico, una herramienta matemática que permite comparar la importancia relativa de cada factor de manera sistemática y objetiva. A través de este proceso se incorporaron criterios fundamentales para el análisis, entre los que destacan la precipitación como factor desencadenante, la infraestructura expuesta y las posibles pérdidas humanas, entre otros elementos que caracterizan tanto el peligro como la vulnerabilidad del territorio.

Operativamente, la aplicación de este método implica la construcción de matrices cuadradas, es decir, tablas con igual número de filas y columnas, en las que se comparan entre sí todos los criterios considerados. Este procedimiento garantiza que la ponderación asignada a cada factor sea coherente, consistente y comparable, reduciendo la subjetividad en la toma de decisiones técnicas. Los resultados de estas matrices, junto con los detalles del proceso de ponderación aplicado, se presentan en las

Figuras 5, 6 y 7, donde puede apreciarse con claridad la estructura jerárquica del análisis y los valores obtenidos para cada criterio evaluado..

Figura 5

Ejemplo del proceso de análisis jerárquico

PARAMETRO	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	1/3	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00
Aceleración natural del suelo	1/5	1/7	1.00

Nota. Obtenido de (CENEPRED, 2014)

Figura 6

Ejemplo del proceso de análisis jerárquico

PARAMETRO	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	0.33	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00
Aceleración natural del suelo	0.20	0.14	1.00
suma	4.200	1.476	13.000
1/suma	0.238	0.677	0.077

Nota. Obtenido de (CENEPRED, 2014)

Figura 7

Ejemplo del proceso de análisis jerárquico

PARAMETRO	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
Magnitud de sismo	0.238	0.226	0.385	0.283
Intensidad de sismo	0.714	0.677	0.538	0.643
Aceleración natural del suelo	0.048	0.097	0.077	0.074
	1.000	1.000	1.000	1.000

$$(0.238 + 0.226 + 0.385) / 3 = 0.283$$

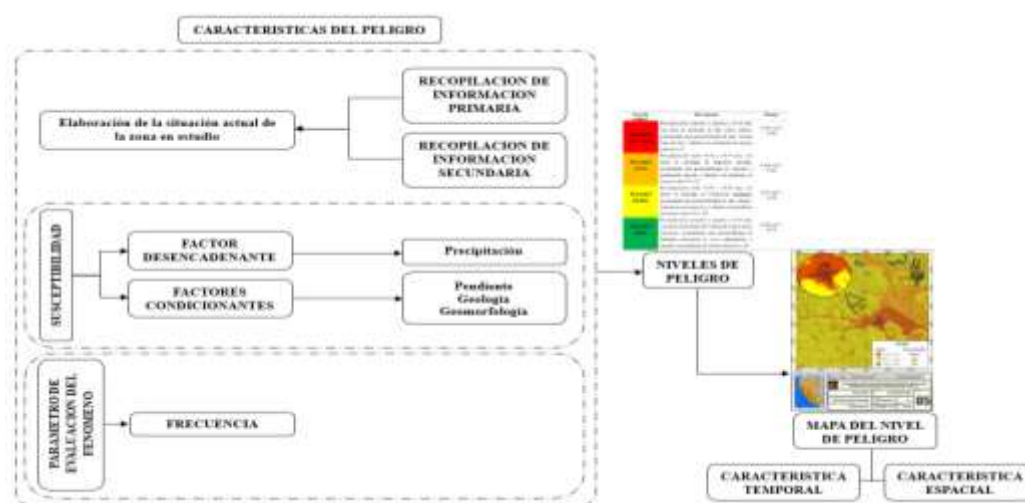
Nota. Obtenido de (CENEPRED, 2014)

a) Identificación del peligro

Para la identificación del peligro se realizará a partir de la detección de los parámetros de susceptibilidad y del (factor desencadenante y condicionantes) (CENEPRED, 2014).

Figura 8

Metodología para la determinación del peligro



Por ello se compilo datos sobre los factores que intervienen en la incidencia de inundaciones pluviales en la zona a estudiar las cuales son:

→ **Susceptibilidad**

Los principales factores que forman la susceptibilidad son:

a) Factor desencadenante

En el caso de las inundaciones pluviales, el punto de partida del análisis es claro: la lluvia. La precipitación es el principal factor que desencadena este tipo de eventos, y por eso constituye el primer elemento que debe caracterizarse con precisión antes de avanzar hacia los demás componentes del estudio.

Para obtener información confiable y representativa del comportamiento pluviométrico en el área de estudio, se descargaron datos de precipitación máxima anual provenientes de las estaciones meteorológicas más próximas al distrito de Llalli. Esta información fue organizada y sistematizada en Microsoft Excel, lo que permitió estructurar la base de datos de manera ordenada y verificar la consistencia de los registros antes de proceder al análisis espacial.

Una vez organizados los datos, estos fueron transferidos al software ArcGIS, donde se aplicó la herramienta de interpolación Kriging. Esta técnica geoestadística permite estimar los valores de precipitación en puntos del territorio donde no existen estaciones de medición, a partir de los datos disponibles en las estaciones cercanas. El resultado es una superficie continua que muestra con claridad cómo varía la precipitación a lo largo del área estudiada, ofreciendo una visión espacial completa del comportamiento de las lluvias en el territorio.

Con esa información espacializada como base, se aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico para determinar el peso relativo de cada descriptor de precipitación. A cada descriptor se le asignó un valor específico que refleja su importancia dentro del análisis global, y con esos pesos se aplicó la ecuación correspondiente para calcular el valor final del factor desencadenante. Este procedimiento garantiza que la precipitación sea evaluada de manera objetiva, técnicamente fundamentada y comparable con los demás factores del análisis de riesgo.

$$\sum_{k=i}^n \text{Factor}_{desenc} * \text{Descriptor}_{desenc} * \text{Peso}_{desenc} = \text{Valor}_{desenc}$$

b) Factor condicionante

Si la precipitación activa el proceso de inundación, son las características físicas del territorio las que determinan cómo responde el suelo ante esa lluvia y con qué intensidad se produce la acumulación de agua en superficie. Para este estudio se consideraron tres factores condicionantes fundamentales: la pendiente del terreno, la geología y la geomorfología, tres variables que en conjunto definen la capacidad del suelo para infiltrar el agua y la tendencia del territorio a favorecer o limitar el escurrimiento superficial.

Los datos correspondientes a estas tres variables fueron descargados en formato Shapefile desde el geoportal GEO GPS PERÚ, una fuente de información geoespacial oficial que proporciona datos estandarizados y de calidad para este tipo de análisis. Una vez obtenidos, los archivos fueron importados al software ArcGIS, donde se realizó su interpolación y delimitación dentro del área urbana del distrito de Llalli, asegurando que el análisis se circunscribiera con precisión al territorio de interés.

Al igual que con el factor desencadenante, a los datos de pendiente, geología y geomorfología se les aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico, que permitió determinar el peso específico de cada descriptor según su relevancia en la configuración del riesgo. Este proceso de ponderación es fundamental porque no todos los factores condicionantes tienen el mismo nivel de influencia sobre la ocurrencia de inundaciones pluviales; algunos tienen mayor incidencia que otros dependiendo de las características particulares del territorio analizado. Con los pesos asignados a cada descriptor, se aplicó la ecuación correspondiente para obtener el valor final del factor condicionante, resultado que posteriormente se

integra con el factor desencadenante para construir el mapa de peligro por inundación pluvial del área urbana de Llalli.

$$\sum_{k=i}^n Factor_{condi} * Descriptor_{condi} * Peso_{condic} = Valor_{condic}$$

Los valores de los factores (desencadenante y condicionante) se ordenarán en el Software Excel; y todo ello será importada en el programa ArcGIS en el cuadro de atributos del vector principal; para hallar el valor de peligrosidad mediante la siguiente ecuación:

$$Valor_{condic} * Valor_{desenc} = Valor_{peligrosidad}$$

Consecutivamente se realizará el modelamiento del nivel de peligro por inundación pluvial en la zona en estudio.

3.9.2. Identificar el nivel de vulnerabilidad por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli de la provincia de Melgar, Puno, 2024

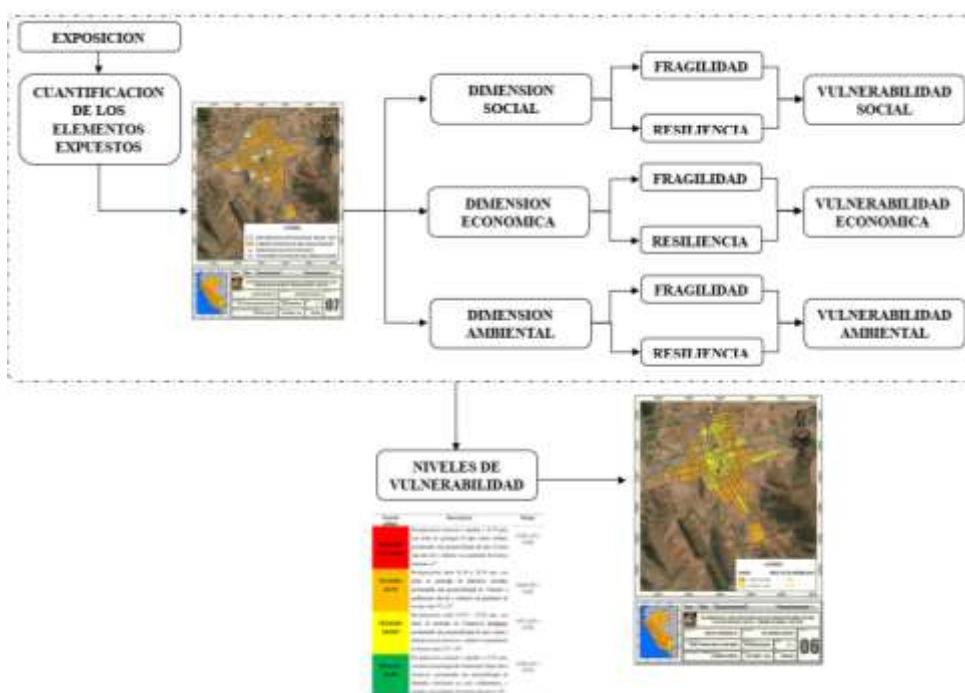
Una vez caracterizado el peligro a través de los factores desencadenantes y condicionantes, el análisis avanza hacia otro componente igualmente importante: la vulnerabilidad. Porque el riesgo no depende únicamente de qué tan intensa puede ser una lluvia o de cómo responde el suelo ante ella, sino también de qué tan preparada está la población para enfrentar

ese evento y cuánta capacidad tiene para recuperarse después de que ocurra.

En este apartado se analiza la vulnerabilidad considerando dos elementos que la componen: la fragilidad, que expresa el grado de susceptibilidad de las personas, sus bienes y su entorno frente a la ocurrencia de una inundación pluvial, y la resiliencia, que refleja la capacidad de la población y de las instituciones para absorber el impacto, adaptarse y recuperarse en el menor tiempo posible.

Ambos elementos se evalúan a través de tres dimensiones que se complementan entre sí y que juntas ofrecen una visión integral de la situación de vulnerabilidad del área urbana del distrito de Llalli. La dimensión social examina las condiciones de vida de la población, sus capacidades organizativas y su acceso a servicios básicos. La dimensión económica analiza los medios de sustento, la infraestructura productiva y los activos expuestos al riesgo. La dimensión ambiental, por su parte, considera el estado del entorno natural y su capacidad para actuar como amortiguador o amplificador del impacto de las inundaciones.

El análisis de cada una de estas dimensiones sigue la estructura que se detalla en el diagrama correspondiente, el cual organiza de manera jerárquica los criterios, subcriterios y descriptores utilizados para la evaluación, en coherencia con la metodología establecida por el CENEPRED (2014).:

Figura 9*Metodología para la identificación de la vulnerabilidad*

Los elementos expuestos en el área urbana del distrito de Llalli abarcan un conjunto amplio y diverso de componentes que pueden verse afectados ante la ocurrencia de precipitaciones intensas: personas, viviendas, centros de salud, instituciones educativas, servicios básicos y caminos rurales, entre otros. Todos ellos se encuentran dentro del área de impacto probable del fenómeno y su nivel de susceptibilidad varía según sus características particulares y las condiciones del entorno en que se encuentran..

a) Dimensión social

Fragilidad social

Para evaluar la fragilidad en la dimensión social se analizaron dos variables estrechamente ligadas a la capacidad de respuesta de las personas frente a situaciones de emergencia: el grupo etario y la discapacidad. Ambas variables

fueron obtenidas del último Censo Nacional del INEI, que constituye la fuente más completa y confiable de información sociodemográfica disponible a nivel distrital.

Una vez recopilados los datos, se aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico para determinar el peso relativo de cada descriptor, asignando a cada uno un valor específico según su nivel de importancia dentro del análisis. Con esos pesos definidos, se calculó el valor de fragilidad social mediante la siguiente ecuación:

:

$$\sum_{k=i}^n \text{Fragilidad}_{social} * \text{Descriptor}_{social} * \text{Peso}_{social} = \text{Valor}_{social_1}$$

La resiliencia social se evaluó considerando el nivel educativo de la población y su participación en programas sociales, dos factores que reflejan de manera bastante directa la capacidad de una comunidad para organizarse, informarse y recuperarse ante un evento adverso. Al igual que en el caso de la fragilidad, la información fue obtenida del INEI y procesada mediante el Proceso de Análisis Jerárquico para obtener los descriptores y sus pesos correspondientes. El valor de resiliencia social se calculó con la siguiente ecuación:).

$$\sum_{k=i}^n \text{Resiliencia}_{social} * \text{Descriptor}_{social} * \text{Peso}_{social} = \text{Valor}_{social_2}$$

Con los valores de fragilidad y resiliencia obtenidos, la vulnerabilidad en la dimensión social se determinó aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Valor}_{social_1} * \text{Valor}_{social_2} = \text{Valor}_{Vulnerabilidad\ social}$$

b) Dimensión económica

Fragilidad económica

En la dimensión económica, la fragilidad se evaluó a partir de tres elementos fundamentales: el material predominante de las paredes, el material de los techos y el estado de la infraestructura de evacuación pluvial existente en el área urbana. Para recoger esta información se combinaron dos estrategias complementarias: el análisis de imágenes satelitales del área de estudio y visitas directas al campo, que permitieron identificar con mayor precisión las condiciones reales de las edificaciones y del sistema de drenaje urbano.

Con esa información de base, se aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico para ponderar cada descriptor y determinar su peso específico dentro del análisis. El valor de fragilidad económica se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$\sum_{k=i}^n \text{Fragilidad}_{econo} * \text{Descriptor}_{econo} * \text{Peso}_{econo} = \text{Valor}_{economica_1}$$

Para la resiliencia en esta dimensión se analizó el tipo de vivienda predominante en el área urbana de Llalli, un indicador que refleja indirectamente la capacidad material de las familias para resistir y recuperarse ante el impacto de una inundación. La información fue recogida igualmente mediante imágenes satelitales y trabajo de campo, y posteriormente procesada con el Proceso de Análisis Jerárquico para asignar los descriptores y pesos correspondientes. El valor de resiliencia económica se calculó así:

$$\sum_{k=i}^n \text{Resiliencia}_{econo} * \text{Descriptor}_{econo} * \text{Peso}_{econo} = \text{Valor}_{economica_2}$$

La vulnerabilidad en la dimensión económica se determinó integrando ambos valores mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Valor}_{economica_1} * \text{Valor}_{economica_2} = \text{Valor}_{Vulnerabilidad\ economica}$$

c) Dimensión ambiental

Fragilidad ambiental

La fragilidad ambiental se evaluó a partir de las características geológicas del suelo, específicamente su capacidad portante, un factor que determina en gran medida cómo responde el terreno ante la acumulación de agua. Esta información fue obtenida directamente de la Municipalidad Distrital de Llalli, que cuenta con registros sobre las condiciones del subsuelo en el área urbana. Con esos datos se aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico para obtener los descriptores y sus pesos, calculando el valor de fragilidad ambiental con la siguiente ecuación:

$$\sum_{k=i}^n \text{Fragilidad}_{ambien} * \text{Descriptor}_{ambien} * \text{Peso}_{ambien} = \text{Valor}_{ambiental_1}$$

La resiliencia ambiental se midió considerando el nivel de conocimiento y cumplimiento de las normativas ambientales por parte de la población y las instituciones del distrito. Esta variable es importante porque una comunidad que conoce y respeta su entorno natural tiene mayores capacidades para protegerlo y para actuar de manera más responsable en situaciones de riesgo. La información fue recabada de la municipalidad distrital y procesada igualmente mediante el Proceso de Análisis

Jerárquico. El valor de resiliencia ambiental se obtuvo con la siguiente ecuación:).

$$\sum_{k=i}^n \text{Resiliencia}_{ambien} * \text{Descriptor}_{ambien} * \text{Peso}_{ambien} = \text{Valor}_{ambiental_2}$$

En base a valores obtenidos de la fragilidad y resiliencia; se aplicará la siguiente ecuación para determinar la vulnerabilidad en la dimensión ambiental.

$$\text{Valor}_{ambiental_1} * \text{Valor}_{ambiental_2} = \text{Valor}_{Vulnerabilidad\ ambiental}$$

Para determinar el nivel de vulnerabilidad se realizará mediante la siguiente ecuación donde involucra la sumatoria de la vulnerabilidad tanto social, la económica y ambiental todo ello de acuerdo al Manual del (CENEPRED, 2014).

$$\text{Valor}_{Vulner.\ social} + \text{Valor}_{Vulner.\ econo.} + \text{Valor}_{Vulner.\ ambi.} = \text{Valor}_{Vulnerabilidad}$$

Consecutivamente tales datos serán importados al software ArcGIS; para realizar el modelamiento del nivel de vulnerabilidad por inundación pluvial en el área estudiada con imágenes satelitales.

3.9.3. Proponer medidas estructurales y no estructurales para el control de riesgos por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli de la provincia de Melgar, Puno, 2024

Con respecto al presente objetivo; se realizará en acuerdo a lo resultante de la identificación del riesgo.

a) Identificación del riesgo

Con los valores de peligro y vulnerabilidad calculados, el paso siguiente fue determinar el riesgo por inundación pluvial para cada zona del área urbana de Llalli. El valor del riesgo se obtiene multiplicando el valor de peligrosidad por el valor de vulnerabilidad, siguiendo la lógica establecida por el CENEPRED (2014):.

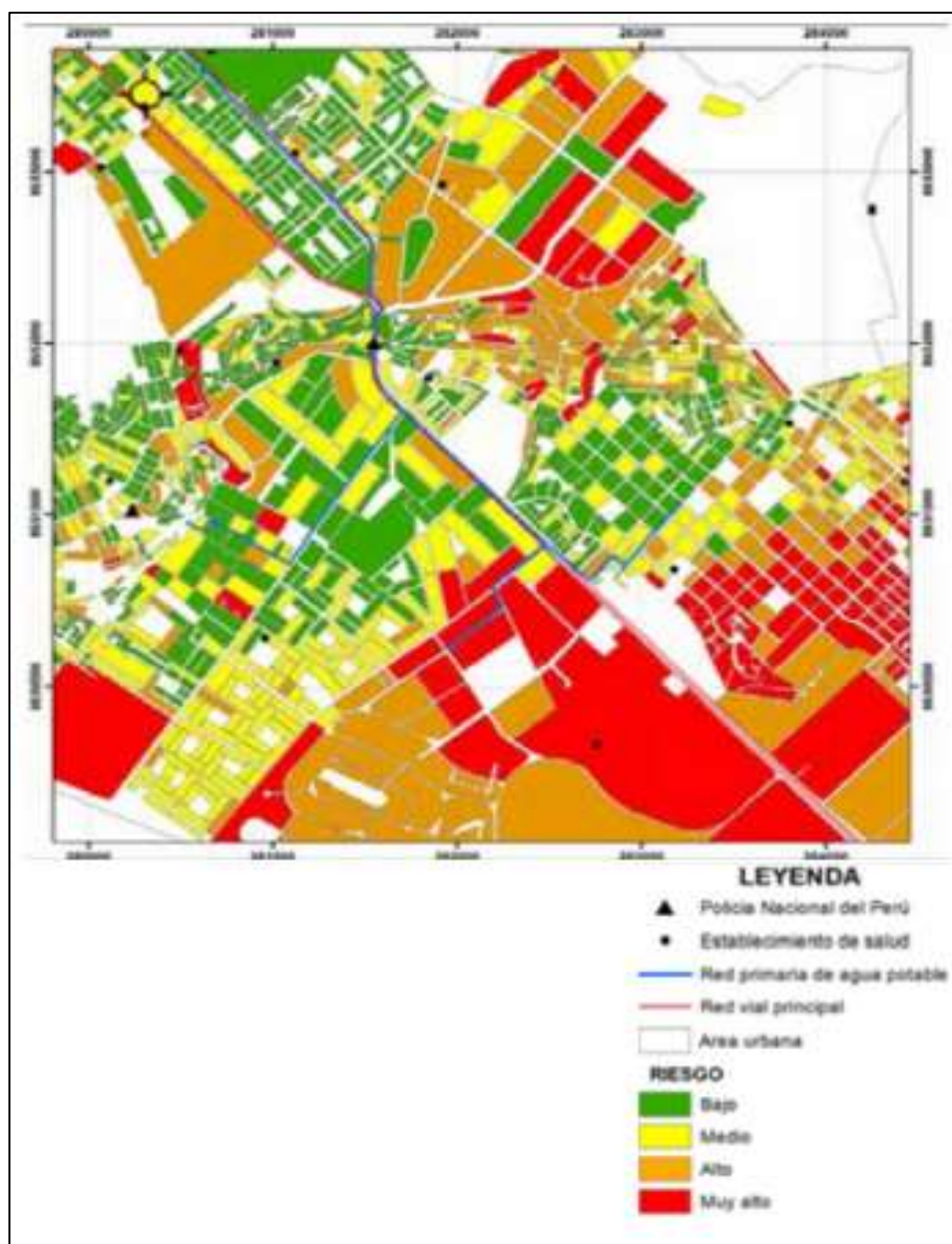


$$\text{Valor}_{\text{PELIGROSIDAD}} * \text{Valor}_{\text{VULNERABILIDAD}} = \text{Valor}_{\text{RESGO}}$$

Esta operación permite identificar con precisión qué zonas del distrito presentan niveles de riesgo bajo, medio, alto o muy alto, ofreciendo una base sólida para la priorización de intervenciones. Los resultados fueron igualmente importados al software ArcGIS para su modelamiento espacial, generando mapas de riesgo que muestran de manera visual y comprensible la distribución del riesgo por inundación pluvial en el territorio estudiado, tal como se aprecia en la Figura 10..

Figura 10

Modelamiento en el software ArcGIS del nivel de riesgo



Nota. Obtenido de (CENEPRED, 2014).

Proponiendo las medidas de control de riesgos en base a los eventos de inundación pluvial; tanto estructurales y no estructurales; frente a los elevados niveles de riesgo por inundación pluvial.



b) Medidas estructurales

Estas acciones serán el uso de enfoques técnicos para crear fortaleza y resiliencia de las estructuras ante la ocurrencia de inundaciones pluviales, o ideas de construcción física para disminuir o prevenir los riesgos.

c) Medidas no estructurales

En cuanto a las medidas no estructurales, se sugerirán acciones que no implican la construcción propiamente dicha y que hacen uso de conocimientos, acuerdos ya existentes para controlar o disminuir el riesgo y sus efectos, fundamentalmente por medio de políticas y leyes, concienciación pública, formación y educación, entre otras cosas.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Identificar el nivel de peligro por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli de la provincia de Melgar, Puno, 2024

Determinación de la peligrosidad

Determinar el nivel de peligro ante inundaciones por precipitaciones intensas requiere un proceso metodológico ordenado que parte de identificar con precisión qué factores hacen que una zona sea más o menos susceptible a este tipo de eventos. En el caso del área urbana del distrito de Llalli, ese proceso se inició con la detección y evaluación de los parámetros que condicionan y desencadenan las inundaciones pluviales, siguiendo la estructura metodológica establecida por el CENEPRED (2014). El análisis de la peligrosidad se construyó sobre dos grandes componentes que trabajan de manera complementaria: los factores desencadenantes, que activan el proceso de inundación, y los factores condicionantes, que determinan cómo responde el territorio ante ese desencadenante. La combinación de ambos permite obtener una imagen

completa y técnicamente sólida del peligro al que está expuesta la población del distrito.).

a) Factor desencadenante

Como ya se señaló en el marco metodológico, el principal factor que desencadena las inundaciones pluviales en el área de estudio es la precipitación. Para caracterizarla con la mayor precisión posible, se recurrió a la información registrada por las estaciones meteorológicas más próximas al distrito de Llalli. En total se trabajó con cuatro estaciones: la estación Llalli, la estación Pucara, la estación Ayaviri y la estación Santa Rosa, cada una de las cuales aportó datos representativos de las condiciones pluviométricas en distintos puntos del entorno territorial.

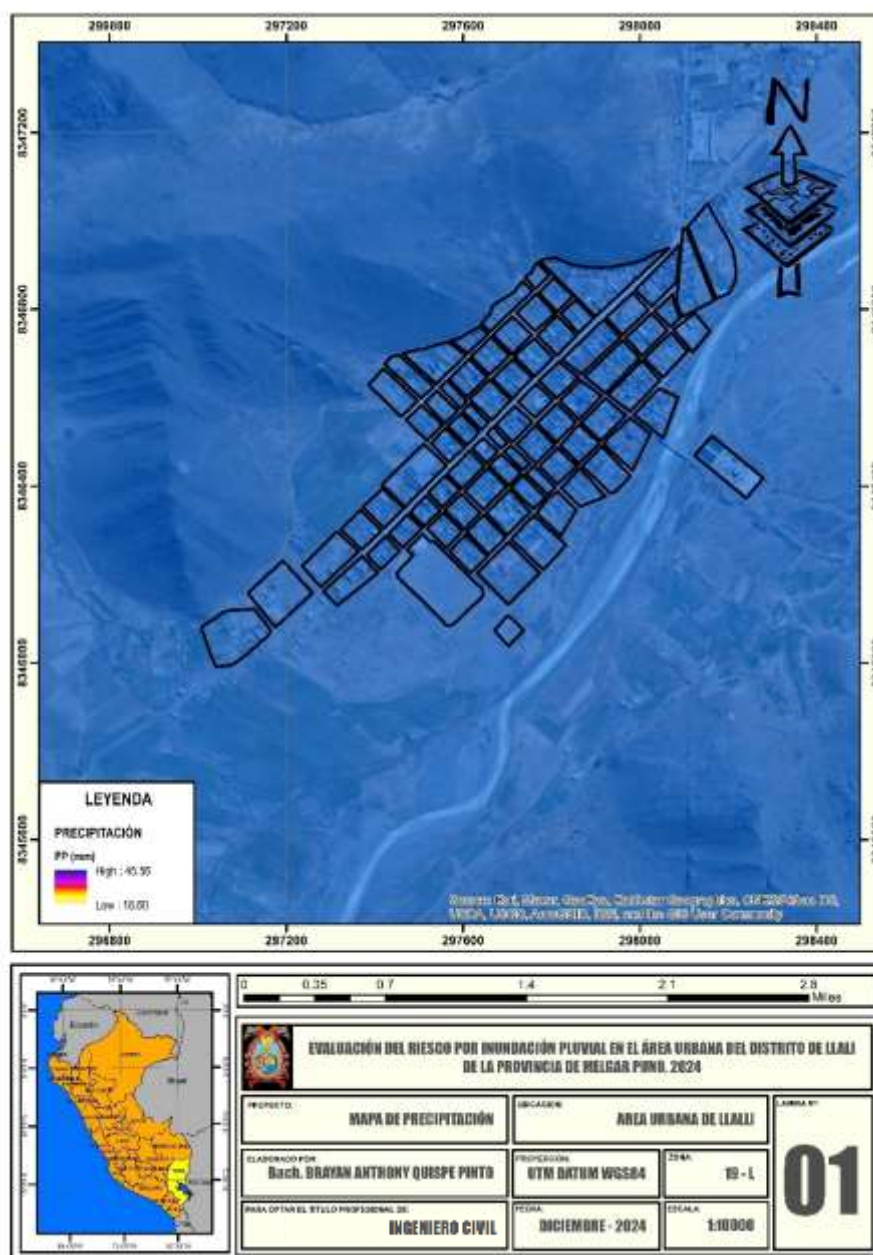
El dato específico que se utilizó fue la precipitación máxima registrada en un solo día durante el año 2024, es decir, el evento de lluvia más intenso ocurrido en cada estación a lo largo de ese período. Esta decisión metodológica es importante porque las inundaciones pluviales no son causadas por la lluvia acumulada a lo largo de semanas, sino por eventos puntuales de alta intensidad que superan en poco tiempo la capacidad de absorción del suelo y del sistema de drenaje urbano. Trabajar con la precipitación máxima diaria permite capturar precisamente ese tipo de eventos extremos que son los que generan mayor riesgo para la población.

Con esta información organizada y verificada, el siguiente paso fue procesarla espacialmente en el software ArcGIS mediante la herramienta de interpolación Kriging, que permitió estimar la variación de la precipitación en todo el territorio del área de estudio, más allá de los puntos exactos donde se ubican las

estaciones meteorológicas. A partir de esa superficie interpolada se aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico para ponderar los descriptores de precipitación y calcular el valor final del factor desencadenante, base fundamental para la construcción del mapa de peligro por inundación pluvial del distrito..

Figura 11

Mapa de precipitación



Mapa de precipitación y análisis del factor desencadenante

La Figura 11 presenta el mapa de precipitación correspondiente al área urbana del distrito de Llalli, elaborado a partir de la interpolación de los datos registrados en las estaciones meteorológicas seleccionadas para el año 2024. Este mapa constituye una herramienta visual fundamental para comprender cómo se distribuye espacialmente la lluvia en el territorio y qué zonas reciben mayor cantidad de precipitación en los eventos más intensos.

Los resultados muestran que la precipitación máxima registrada en un solo día durante el año 2024 osciló entre 18.60 mm y 45.56 mm en el área de estudio. Esta variación no es menor: refleja que el territorio no es homogéneo en cuanto a su exposición al factor desencadenante, y que existen sectores que reciben una carga pluviométrica considerablemente mayor que otros, lo que tiene implicaciones directas sobre su nivel de susceptibilidad ante inundaciones pluviales.

Análisis del factor desencadenante

Para traducir esos datos de precipitación en niveles de susceptibilidad comparables y técnicamente sustentados, se aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico al parámetro de precipitación, cuyos resultados se presentan en las Tablas 3 y 4.

El análisis permite establecer una distinción clara entre dos situaciones diferenciadas. Por un lado, las precipitaciones iguales o menores a 18.60 mm representan eventos de lluvia que, si bien pueden generar algún nivel de escurrimiento superficial, no alcanzan la intensidad suficiente para superar de



manera crítica la capacidad de infiltración del suelo y del sistema de drenaje urbano existente. Por eso, estas precipitaciones son consideradas como poco susceptibles ante la ocurrencia de inundaciones pluviales en el área de estudio.

Por otro lado, las precipitaciones que superan los 45.56 mm en un solo día representan una situación significativamente diferente. Cuando la lluvia alcanza o sobrepasa ese umbral, la acumulación de agua en superficie se produce con mayor rapidez y en mayor volumen, superando con facilidad las capacidades de absorción y drenaje del territorio urbano. En consecuencia, estas precipitaciones son clasificadas como susceptibles a generar inundaciones pluviales, configurando las condiciones más críticas de peligro para la población y la infraestructura del distrito de Llalli.

Este análisis del factor desencadenante sienta las bases para la construcción del mapa de peligro, ya que permite identificar con precisión en qué momentos y bajo qué condiciones pluviométricas el riesgo de inundación se vuelve más significativo, información indispensable para orientar tanto las medidas de prevención como los sistemas de alerta temprana en el distrito..

Tabla 3

Matriz de comparación de pares del parámetro precipitación

Matriz de comparación de pares					
Precipitación	>45.56 mm	45.56 - 36.60mm	36.60 - 27.60mm	27.60 - 18.60mm	≤18.60m m
>45.56mm	1.00	3.00	5.00	6.00	7.00
45.56 - 36.60mm	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
36.60 - 27.60mm	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
27.60 - 18.60mm	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
≤18.60mm	0.14	0.17	0.20	0.33	1.00
Suma	1.84	4.70	9.53	15.33	22.00
1/Suma	0.543	0.213	0.105	0.065	0.045

Tabla 4

Matriz de normalización de pares del parámetro precipitación

Matriz de normalización de pares						Vector de priorización
Precipita ción	>45.5 6mm	45.56 - 36.60mm	36.60 - 27.60mm	27.60 - 18.60mm	≤18.6 0mm	
>45.56m m	0.543	0.638	0.524	0.391	0.318	0.483
45.56 - 36.60mm	0.181	0.213	0.315	0.326	0.273	0.261
36.60 - 27.60mm	0.109	0.071	0.105	0.196	0.227	0.141
27.60 - 18.60mm	0.090	0.043	0.035	0.065	0.136	0.074
≤18.60m m	0.078	0.035	0.021	0.022	0.045	0.040
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Valor del factor desencadenante

$$\sum_{k=i}^n \text{Factor}_{desenc} * \text{Descriptor}_{desenc} * \text{Peso}_{desenc} = \text{Valor}_{desenc}$$

La Tabla 5 presenta los valores finales obtenidos para el factor desencadenante tras aplicar el Proceso de Análisis Jerárquico al parámetro de precipitación. Estos

valores sintetizan de manera numérica el nivel de susceptibilidad de cada rango de precipitación ante la ocurrencia de inundaciones pluviales en el área urbana del distrito de Llalli, permitiendo comparar con precisión qué condiciones pluviométricas representan un mayor o menor riesgo para el territorio.

Los resultados muestran un rango que va desde el valor mínimo de 0.040 hasta el valor máximo de 0.483, y la diferencia entre ambos extremos es significativa. El valor 0.040 corresponde a los registros de precipitación más bajos del área de estudio, es decir, aquellos eventos de lluvia que por su escasa intensidad no generan condiciones críticas de acumulación superficial. En términos prácticos, este valor indica que bajo esas condiciones pluviométricas la susceptibilidad a las inundaciones pluviales es muy baja, y la probabilidad de que se produzca un anegamiento significativo en el área urbana resulta reducida.

En el extremo opuesto, el valor 0.483 representa la situación de mayor susceptibilidad identificada en el análisis. Este valor se asocia a los rangos de precipitación más elevados registrados en el área de estudio, aquellos eventos puntuales de lluvia intensa que superan ampliamente la capacidad de respuesta del suelo y del sistema de drenaje urbano existente. Bajo estas condiciones, el riesgo de inundación pluvial es considerablemente alto y las consecuencias sobre la población, las viviendas y la infraestructura pueden ser importantes.

La escala de valores obtenida a partir del Proceso de Análisis Jerárquico no solo permite clasificar los distintos rangos de precipitación según su nivel de susceptibilidad, sino que también proporciona una base numérica objetiva y técnicamente fundamentada para la construcción del mapa de peligro por inundación pluvial, garantizando que las decisiones territoriales que se deriven

del análisis estén respaldadas por evidencia cuantitativa sólida y coherente con la metodología del CENEPRED (2014)..

Tabla 5

Valor del factor desencadenante

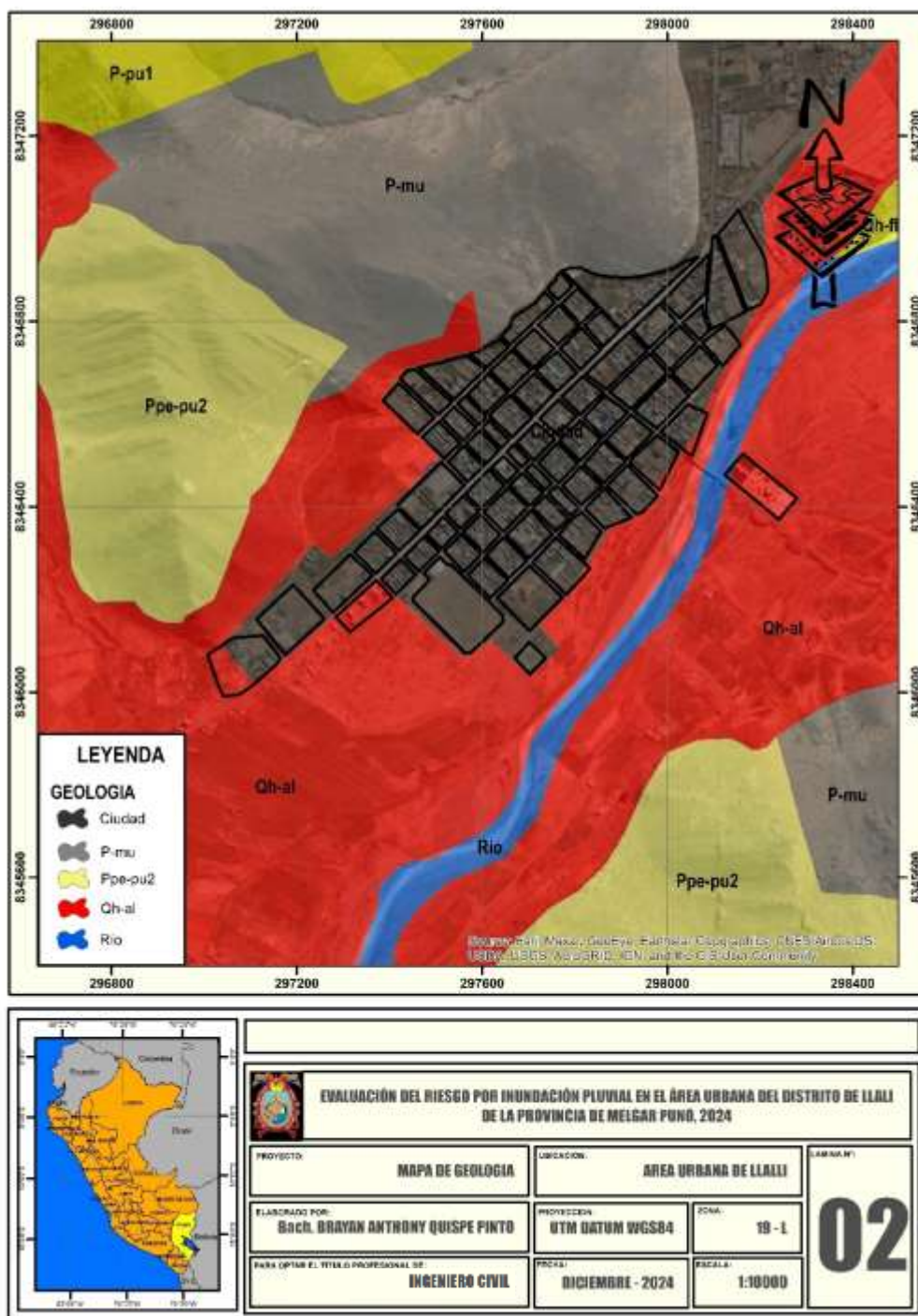
Precipitación		Valor
Peso	Descriptor	
1.000	0.483	0.483
1.000	0.261	0.261
1.000	0.141	0.141
1.000	0.074	0.074
1.000	0.040	0.040

b) Factor condicionante

Con respecto al factor condicionante para el área en estudio se ha establecido a la geología, geomorfología y a la pendiente; tal cual como se aprecian en las figuras 12, 13, y 14:

Figura 12

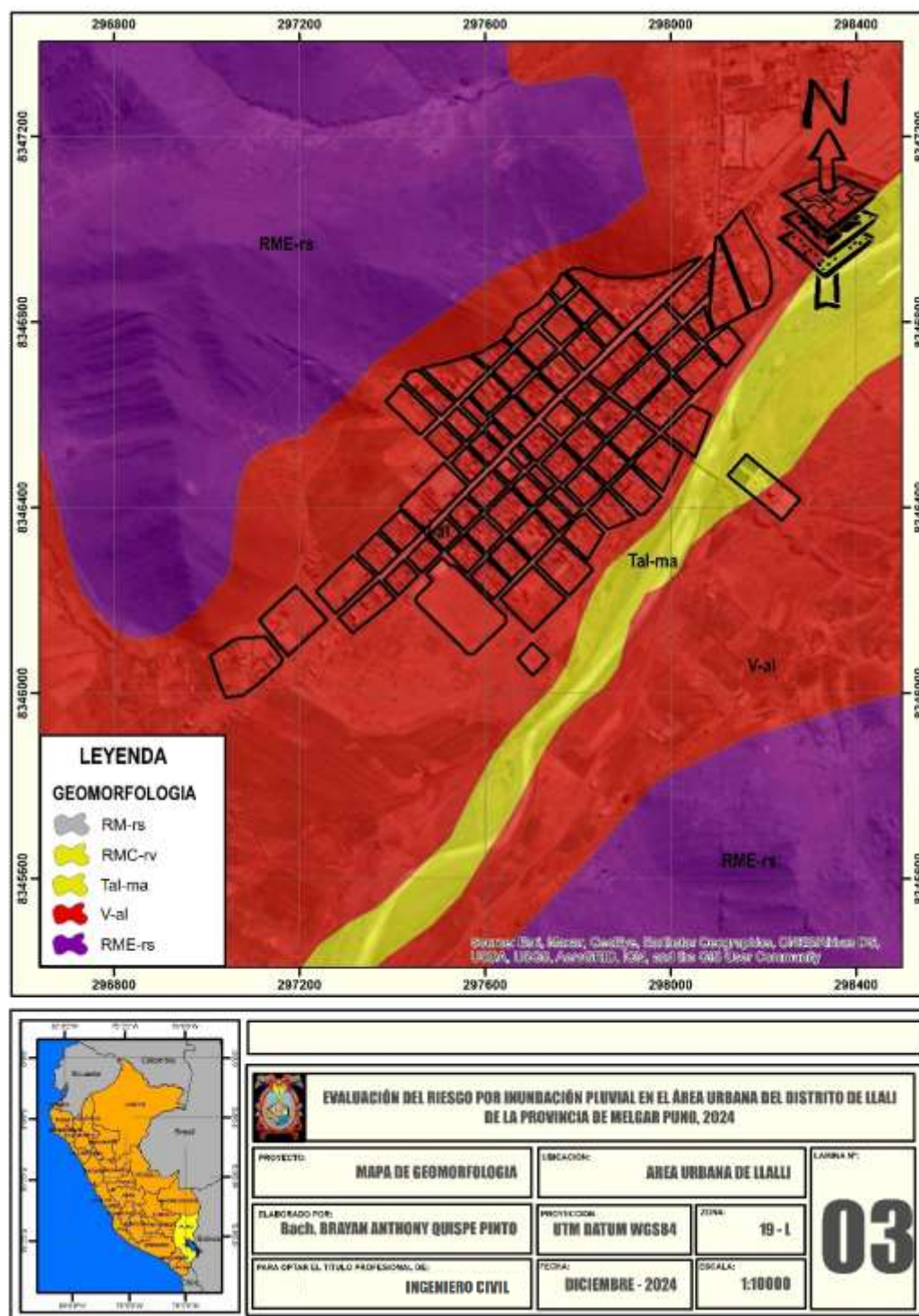
Mapa de geología



En la figura 12, se aprecia el mapa de geología para el área urbana del distrito de Llalli; indicando que presenta condiciones geológicas con código de ciudad, P-mu, Ppe-pu2, Qh-al, y aluvial (rio).

Figura 13

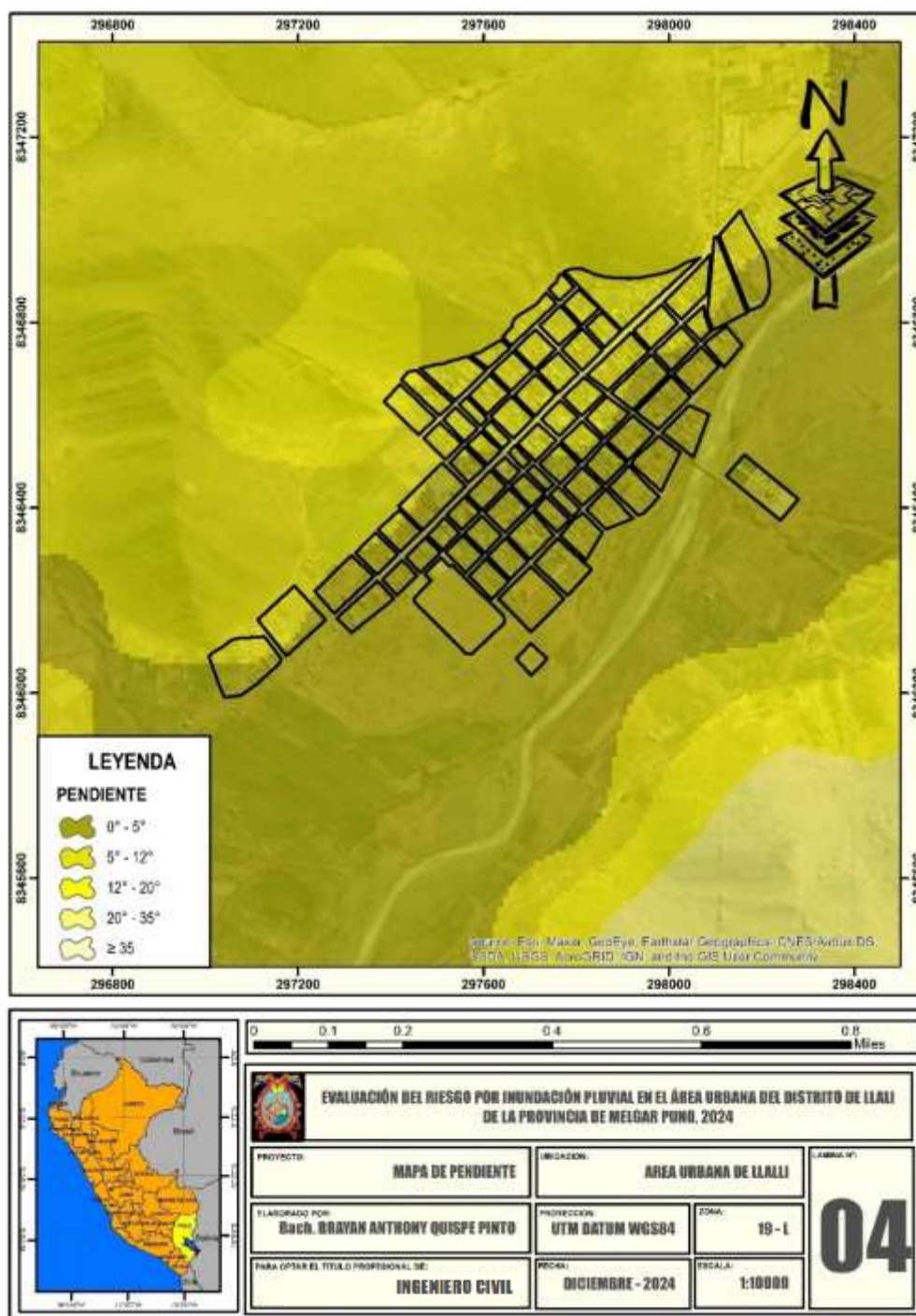
Mapa de geomorfología



En la figura 13, se aprecia la geomorfología del área urbana del distrito de Llalli; indicando que presenta condiciones geomorfológicas de RM-rs, RMC-rv; Tal-ma, V-al; RME.

Figura 14

Mapa de pendiente



Mapa de pendiente

La Figura 14 presenta el mapa de pendientes del área urbana del distrito de Llalli y sus zonas colindantes, una variable que resulta fundamental para entender

cómo se comporta el agua de lluvia una vez que llega al suelo. La pendiente del terreno determina en gran medida la velocidad con que el agua escurre, la dirección que toma y la probabilidad de que se acumule en determinados puntos del territorio, generando condiciones propicias para las inundaciones pluviales. Los resultados del análisis muestran una distribución variada de pendientes en el área estudiada, cada una con implicaciones distintas sobre el nivel de susceptibilidad a las inundaciones:

Las zonas con pendientes entre **0 y 5 grados** corresponden al área urbana propiamente dicha y representan las superficies más planas del territorio. Precisamente por esa horizontalidad, son las más susceptibles a las inundaciones pluviales, ya que el agua no encuentra pendiente suficiente para escurrir con rapidez y tiende a acumularse en superficie cuando la intensidad de la lluvia supera la capacidad de absorción del suelo y del drenaje urbano.

Las áreas colindantes con pendientes de **5 a 12 grados** presentan una ocurrencia de inundación pluvial catalogada como alta. Aunque el terreno ya ofrece algo de inclinación que favorece el escurrimiento, este no es suficiente para evitar que el agua se concentre en puntos bajos y genere anegamientos significativos durante eventos de lluvia intensa.

Las zonas con pendientes de **12 a 20 grados** muestran una ocurrencia moderada de inundación pluvial. La mayor inclinación del terreno facilita un escurrimiento más rápido del agua, lo que reduce el riesgo de acumulación superficial, aunque no lo elimina completamente en situaciones de precipitaciones muy intensas.

Las áreas con pendientes de **20 a 35 grados** presentan una baja probabilidad de inundación pluvial. En estos sectores el agua escurre con suficiente velocidad

como para que la acumulación en superficie sea poco probable bajo condiciones normales de lluvia.

Finalmente, las zonas con pendientes **iguales o mayores a 35 grados** presentan una probabilidad nula de inundación pluvial. La inclinación pronunciada de estos terrenos hace que el agua fluya rápidamente hacia las partes bajas, sin posibilidad de acumularse en el punto de caída.

Análisis del factor condicionante

Con el mapa de pendientes como uno de sus insumos principales, el análisis del factor condicionante integra además otros dos parámetros físicos del territorio que en conjunto determinan la susceptibilidad del área ante las inundaciones pluviales: la geología y la geomorfología. A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada uno de ellos.

Parámetro geología

Las Tablas 6 y 7 presentan el proceso de Análisis Jerárquico aplicado al parámetro geológico como factor condicionante de las inundaciones pluviales en el área urbana del distrito de Llalli. La geología del territorio es un factor determinante porque las características de las rocas y los suelos presentes en una zona condicionan directamente su capacidad de infiltración, es decir, qué tan rápido y en qué cantidad el suelo puede absorber el agua de lluvia antes de que esta se acumule en superficie. Un suelo con baja permeabilidad, por ejemplo, favorece el escurrimiento superficial y aumenta la susceptibilidad a las inundaciones pluviales, mientras que un suelo con mayor capacidad de infiltración actúa como un amortiguador natural frente a las precipitaciones intensas.

Tabla 6

Matriz de comparación de pares del parámetro geología

Matriz de comparación de pares					
Geología	Centro urbano	P-mu	Ppe-pu2	Qh-al	aluvial
Centro urbano	1.00	3.00	5.00	9.00	9.00
P-mu	0.33	1.00	3.00	5.00	9.00
Ppe-pu2	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Qh-al	0.11	0.20	0.33	1.00	3.00
aluvial	0.11	0.11	0.20	0.33	1.00
Suma	1.75	4.64	9.53	18.33	27.00
1/Suma	0.571	0.215	0.105	0.055	0.037

Tabla 7

Matriz de normalización de pares del parámetro geología

Matriz de normalización de pares						
Geología	Centro urbano	P-mu	Ppe-pu2	Qh-al	aluvial	Vector de priorización
Centro urbano	0.571	0.647	0.525	0.491	0.333	0.513
P-mu	0.189	0.215	0.315	0.273	0.333	0.265
Ppe-pu2	0.114	0.071	0.105	0.164	0.185	0.128
Qh-al	0.063	0.043	0.035	0.055	0.111	0.061
aluvial	0.063	0.024	0.021	0.018	0.037	0.033
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

❖ Parámetro geomorfología

Las Tablas 8 y 9 muestran los resultados del Proceso de Análisis Jerárquico aplicado al parámetro geomorfológico como factor condicionante de las inundaciones pluviales. La forma del relieve tiene mucho que decir sobre cómo se comporta el agua en el territorio: no es lo mismo que la lluvia caiga sobre una ladera pronunciada que sobre una superficie plana y baja.

Los resultados son bastante claros al respecto. Las zonas de relieve montañoso presentan una susceptibilidad muy baja ante las inundaciones pluviales, porque su topografía favorece el escurrimiento rápido del agua hacia las partes bajas, sin que esta llegue a acumularse de manera significativa en el punto de caída.

En el extremo opuesto, el valle aluvial es la unidad geomorfológica más susceptible a este tipo de eventos. Su superficie plana y su ubicación en zonas bajas del territorio hacen que el agua tienda a concentrarse con facilidad, especialmente durante eventos de lluvia intensa, convirtiéndolo en el sector de mayor riesgo dentro del área urbana del distrito de Llalli..

Tabla 8

Matriz de comparación de pares del parámetro geomorfología

Matriz de comparación de pares					
Geomorfología	V - al	Tal - ma	RMC - rv	RM- rs	RME - rs
V - al	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Tal - ma	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
RMC - rv	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
RM - rs	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
RME - rs	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/Suma	0.56	0.214	0.105	0.061	0.040
	0				

Tabla 9

Matriz de normalización de pares del parámetro geomorfología

	Matriz de normalización de pares					
Geomorfología	V - al	Tal - ma	RMC -rv	RM- rs	RME - rs	Vector de priorización
V - al	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503

Tal - ma	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
RMC - rv	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
RM - rs	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
RME - rs	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

❖ **Parámetro pendiente**

Las Tablas 10 y 11 presentan los resultados del Proceso de Análisis Jerárquico aplicado al parámetro de pendiente como factor condicionante. Como ya se adelantó en el análisis del mapa de pendientes, la inclinación del terreno juega un papel decisivo en la dinámica del agua sobre la superficie, y los resultados del análisis jerárquico lo confirman con claridad.

En un extremo, las zonas con pendientes superiores a 35 grados no presentan susceptibilidad ante las inundaciones pluviales. La pronunciada inclinación de estos terrenos hace que el agua fluya rápidamente sin posibilidad de acumularse, lo que prácticamente elimina el riesgo de anegamiento en estos sectores.

En el extremo opuesto, las áreas con pendientes en el rango de 0 a 5 grados son las más susceptibles a las inundaciones pluviales dentro del área de estudio. La escasa inclinación de estos terrenos impide que el agua escurra con la velocidad necesaria, favoreciendo su acumulación en superficie durante los eventos de lluvia intensa. No es casualidad que precisamente este rango de pendiente coincida con el área urbana del distrito de Llalli, lo que refuerza la importancia de este parámetro como factor condicionante del riesgo.

Tabla 10

Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente

Matriz de comparación de pares					
Pendiente	0° - 5°	5° - 12°	12° - 20°	20° - 35°	>35°
0° - 5°	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00
5° - 12°	0.50	1.00	2.00	5.00	7.00
12° - 20°	0.20	0.50	1.00	2.00	5.00
20° - 35°	0.14	0.20	0.50	1.00	2.00
>35°	0.11	0.14	0.20	0.50	1.00
Suma	1.95	3.84	8.70	15.50	24.00
1/Suma	0.512	0.260	0.115	0.065	0.042

Tabla 11

Matriz de normalización de pares del parámetro pendiente

Matriz de normalización de pares						Vector de priorización
Pendiente	0° - 5°	5° - 12°	12° - 20°	20° - 35°	>35°	
0° - 5°	0.512	0.520	0.575	0.452	0.375	0.487
5° - 12°	0.256	0.260	0.230	0.323	0.292	0.272
12° - 20°	0.102	0.130	0.115	0.129	0.208	0.137
20° - 35°	0.073	0.052	0.057	0.065	0.083	0.066
>35°	0.057	0.037	0.023	0.032	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Análisis del factor condicionante

$$\sum_{k=i}^n \mathbf{Factor}_{condi} * \mathbf{Descriptor}_{condi} * \mathbf{Peso}_{condic} = \mathbf{Valor}_{condic}$$

La Tabla 12 consolida los valores finales obtenidos para el factor condicionante tras integrar los tres parámetros analizados: pendiente, geología y geomorfología. Al igual que en el caso del factor desencadenante, el Proceso de Análisis Jerárquico permitió traducir las características físicas del territorio en valores numéricos comparables que expresan de manera objetiva el nivel de susceptibilidad de cada zona ante las inundaciones pluviales.

Los resultados muestran un rango que va desde 0.036 hasta 0.497, y la distancia entre ambos extremos refleja con claridad la heterogeneidad del territorio estudiado. El valor mínimo de 0.036 corresponde a las zonas que presentan las condiciones físicas menos favorables para la ocurrencia de inundaciones: terrenos con pendientes pronunciadas, características geológicas de baja permeabilidad relativa y unidades geomorfológicas que favorecen el escurrimiento rápido del agua. En estas áreas, la susceptibilidad ante las inundaciones pluviales es muy baja.

En el extremo opuesto, el valor máximo de 0.497 identifica las zonas donde la combinación de los tres factores condicionantes crea las condiciones más propicias para que se produzcan inundaciones pluviales. Terrenos planos, suelos con características geológicas poco favorables para la infiltración y unidades de valle aluvial confluyen en estos sectores para generar el mayor nivel de susceptibilidad del área de estudio. Estos valores, integrados posteriormente con los del factor desencadenante,

constituyen la base técnica para la construcción del mapa de peligro por inundación pluvial del distrito de Llalli..

Tabla 12

Valor del factor condicionante

Pendiente		Geología		Geomorfología		Valor
Peso	Descriptor	Peso	Descriptor	Peso	Descriptor	
0.539	0.487	0.297	0.513	0.164	0.503	0.497
0.539	0.272	0.297	0.265	0.164	0.260	0.268
0.539	0.137	0.297	0.128	0.164	0.134	0.134
0.539	0.066	0.297	0.061	0.164	0.068	0.065
0.539	0.038	0.297	0.033	0.164	0.035	0.036

Valor del nivel de peligro

$$Valor_{condic} * Valor_{desenc} = Valor_{peligrosidad}$$

La Tabla 13 presenta la clasificación final del nivel de peligro por inundación pluvial para el área urbana del distrito de Llalli, obtenida tras integrar los valores del factor desencadenante y el factor condicionante mediante el Proceso de Análisis Jerárquico. Esta clasificación organiza el territorio en cuatro categorías que van de menor a mayor criticidad, proporcionando una base clara y técnicamente fundamentada para la toma de decisiones en materia de gestión del riesgo.

El nivel de peligro bajo agrupa las zonas cuyos valores se encuentran entre 0.038 y 0.071. Estos sectores presentan condiciones poco favorables para la ocurrencia de inundaciones pluviales, ya sea por sus características físicas, por recibir menor precipitación o por una combinación de ambos factores. El riesgo en estas áreas es manejable y las intervenciones requeridas son de menor urgencia.

El nivel de peligro medio corresponde a valores entre 0.071 y 0.138. En estas zonas la combinación de precipitación y factores condicionantes empieza a generar condiciones que merecen atención, aunque todavía no representan una amenaza crítica para la población bajo condiciones normales de lluvia.

El nivel de peligro alto abarca los valores comprendidos entre 0.138 y 0.263. Las zonas clasificadas en este nivel presentan características físicas y pluviométricas que las hacen considerablemente susceptibles a las inundaciones, requiriendo intervenciones concretas tanto preventivas como de preparación ante emergencias.

Finalmente, el nivel de peligro muy alto corresponde a valores entre 0.263 y 0.490, los más elevados del análisis. Estas zonas concentran las condiciones más desfavorables del territorio: superficies planas, características geológicas y geomorfológicas que favorecen la acumulación de agua y exposición a los mayores registros de precipitación intensa. Son los sectores que requieren atención prioritaria y donde las consecuencias de una inundación pluvial pueden ser más graves para la población y la infraestructura urbana..

Tabla 13

Nivel de peligro por inundación pluvial para el área urbana del distrito de Llalli

Factor desencadenante	Factor condicionante	Valor	Rango	Nivel de peligro
0.483	0.497	0.490	$0.263 \leq P \leq 0.490$	MUY ALTO
0.261	0.268	0.263	$0.138 \leq P < 0.263$	ALTO
0.141	0.133	0.138	$0.071 \leq P < 0.138$	MEDIO
0.074	0.065	0.071	$0.038 \leq P < 0.071$	BAJO

0.040

0.036

0.038

La Tabla 14 presenta la estratificación del nivel de peligro por inundación pluvial para el área urbana del distrito de Llalli, organizando los resultados del análisis en una escala cromática que facilita su interpretación visual y su uso en la toma de decisiones territoriales. Esta representación por colores es especialmente útil porque permite identificar de manera rápida e intuitiva qué zonas requieren atención prioritaria y cuáles presentan condiciones menos críticas.

El color rojo representa el nivel de peligro muy alto. Las zonas identificadas con este color son las que concentran las condiciones más desfavorables del territorio y donde el riesgo de inundación pluvial es más severo. Son los sectores que demandan intervención inmediata y medidas de protección más robustas tanto para la población como para la infraestructura urbana.

El color naranja corresponde al nivel de peligro alto. Estas áreas presentan una susceptibilidad considerable ante las inundaciones pluviales y, aunque no alcanzan el nivel crítico del estrato anterior, requieren igualmente atención y planificación preventiva para reducir su exposición al riesgo.

El color amarillo identifica las zonas de peligro medio. Si bien estas áreas no están exentas de riesgo, sus condiciones físicas y pluviométricas las ubican en una situación intermedia que admite un margen mayor para la planificación y la implementación gradual de medidas de reducción del riesgo.

Finalmente, el color verde señala las zonas de peligro bajo, es decir, aquellos sectores donde las condiciones del territorio son menos propicias para la

ocurrencia de inundaciones pluviales y donde la probabilidad de afectación significativa es reducida bajo condiciones normales de precipitación..

Tabla 14*Estratificación del nivel de peligro*

Nivel de peligro	Descripción	Rango
PELIGRO MUY ALTO	Precipitaciones mayores o iguales a 45.56mm, con áreas de geología de tipo centro urbano, presentando una geomorfología de tipo V - al con pendiente de terreno menores a 5°.	$0.263 \leq P \leq 0.490$
PELIGRO ALTO	Precipitaciones entre 45.56 - 36.60mm, con áreas de geología de P-mu, presentando una geomorfología de Tal - ma, y además con pendiente de terreno entre 5° a 12°.	$0.138 \leq P < 0.263$
PELIGRO MEDIO	Precipitaciones entre 36.60 - 27.60mm, con áreas de geología de Ppe-pu2, presentando una geomorfología de RMC - rv, y además con pendiente de terreno entre 12° a 20°.	$0.071 \leq P < 0.138$
PELIGRO BAJO	Precipitaciones menores o iguales a 27.60mm, con áreas de geología de <u>Qh-al</u> , presentando una geomorfología de RM, y además con pendiente de terreno mayores a 20°.	$0.038 \leq P < 0.071$

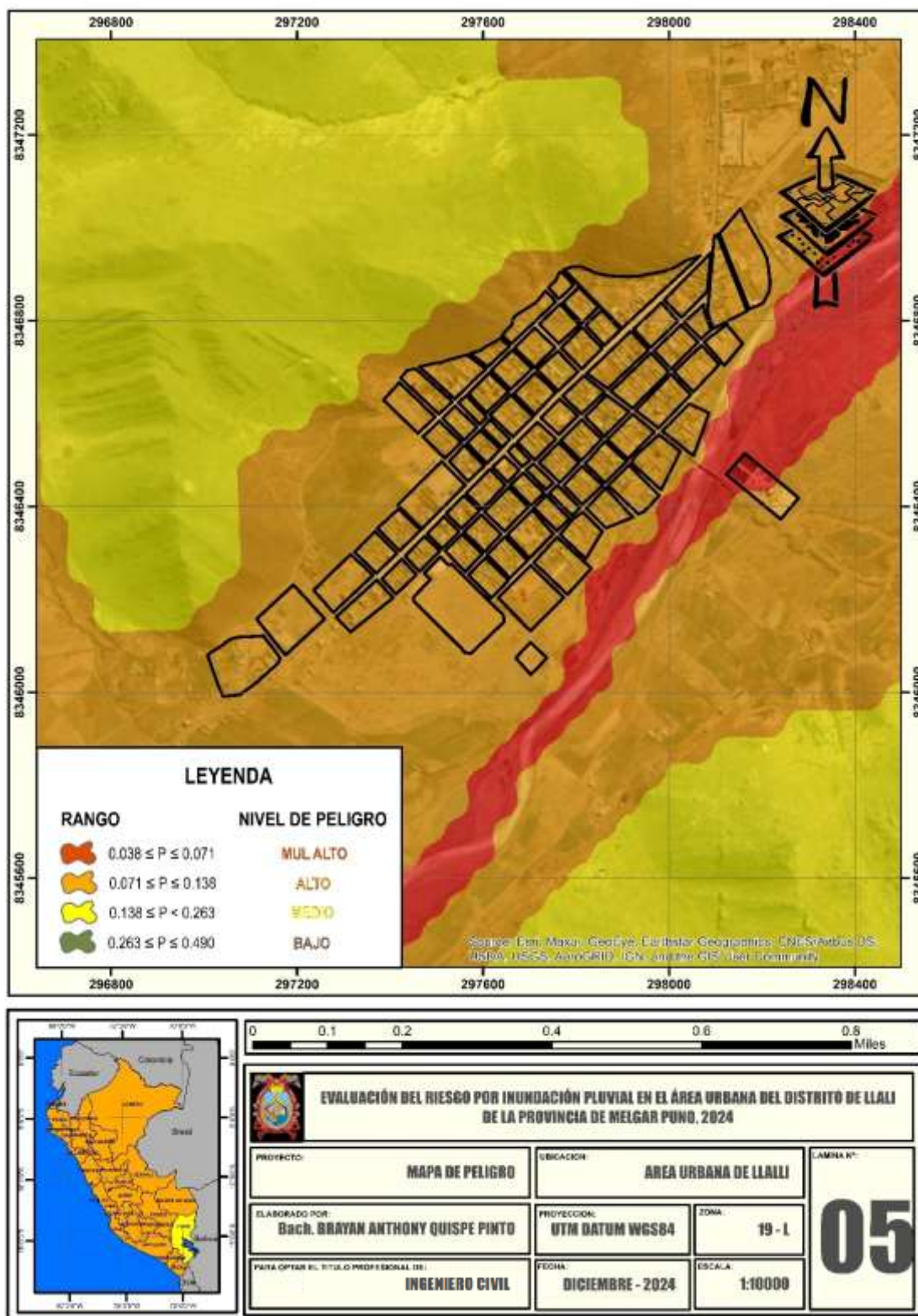
FUENTE: (CENEPRED, 2014)

Además de ello se empleó el software ArcGIS 10.5, para contrastar en un gráfico en nivel de peligrosidad del área en estudio tal cual como se aprecia en la figura 15.



Figura 15

Mapa de peligro



En la Figura 14, se aprecia el mapa de peligro para el área urbana del distrito de Llalli, indicando que el 70% del área urbana del distrito de Llalli; presenta un nivel de peligro ALTO; y el 30% del área presenta un nivel de peligro MUY ALTO

4.1.2. Identificar el nivel de vulnerabilidad por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli de la provincia de Melgar, Puno, 2024

Determinación de la vulnerabilidad

Para determinar el nivel de vulnerabilidad ante las inundaciones por lluvias intensas en el área urbana del distrito de Llalli, se analizaron los factores de vulnerabilidad en sus tres dimensiones: social, económica y ambiental. En cada una de ellas se evaluaron los componentes de fragilidad y resiliencia, siguiendo los parámetros metodológicos establecidos por el CENEPRED (2014).

Determinación de la vulnerabilidad en la dimensión social

La realidad social del área de estudio es un punto de partida importante para entender por qué ciertas personas están más expuestas que otras ante una inundación pluvial. Una parte significativa de la población del distrito de Llalli vive en condiciones de pobreza, lo que limita considerablemente su capacidad para prepararse, resistir y recuperarse frente a eventos naturales adversos. Esta situación reduce su resiliencia y los coloca en una posición de mayor vulnerabilidad, especialmente a los grupos que por sus características propias tienen menos recursos para protegerse: los niños, las mujeres, los adultos mayores y las personas con algún tipo de discapacidad son quienes corren mayor riesgo ante la ocurrencia de este tipo de fenómenos.

Para cuantificar esta vulnerabilidad de manera objetiva, se aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico a cada parámetro de la dimensión social, siguiendo las especificaciones del CENEPRED (2014).

a) Fragilidad social

Parámetro grupo etario

Las Tablas 15 y 16 presentan los resultados del Proceso de Análisis Jerárquico aplicado al parámetro de grupo etario dentro de la dimensión social. La edad es un factor determinante en la vulnerabilidad ante las inundaciones porque condiciona directamente la capacidad física y cognitiva de las personas para reaccionar, evacuar y sobrellevar las consecuencias de un evento de este tipo.

Los resultados muestran una distinción clara entre grupos poblacionales. Las personas de entre 30 y 50 años presentan el menor nivel de vulnerabilidad, ya que en términos generales cuentan con mayor capacidad física, mayor autonomía de movimiento y mejores condiciones para tomar decisiones rápidas ante una emergencia.

En el extremo opuesto, los niños de 0 a 5 años y los adultos mayores de 65 años son los grupos identificados como más vulnerables ante las inundaciones pluviales. Los primeros porque dependen completamente de otras personas para su protección y evacuación, y los segundos porque sus capacidades físicas suelen estar limitadas, lo que dificulta su movilidad y respuesta en situaciones de emergencia. Ambos grupos requieren atención prioritaria en cualquier estrategia de gestión del riesgo que se diseñe para el distrito.

Tabla 15

Criterio del parámetro grupo etario.

	Parámetro	Grupo etario	Peso ponderado	
			0.667	
Descriptores	FS1	De 0 a 5 años y mayor a 65 años	PFS1	0.444
	FS2	De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	PFS2	0.262
	FS3	De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	PFS3	0.153
	FS4	De 15 a 30 años	PFS4	0.089
	FS5	De 30 a 50 años	PFS5	0.053

Tabla 16

Matriz de comparación de pares del parámetro grupo etario.

Matriz de comparación de pares					
Grupo etario	FS1	FS2	FS3	FS4	FS5
FS1	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
FS2	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
FS3	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
FS4	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
FS5	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
Suma	2.18	4.03	6.83	11.50	18.00
1/Suma	0.460	0.248	0.146	0.087	0.056

Tabla 17

Matriz de normalización de pares del parámetro grupo etario.

Matriz de normalización de pares						
Grupo etario	FS1	FS2	FS3	FS4	FS5	Vector de priorización
FS1	0.460	0.496	0.439	0.435	0.389	0.444
FS2	0.230	0.248	0.293	0.261	0.278	0.262
FS3	0.153	0.124	0.146	0.174	0.167	0.153

FS4	0.092	0.083	0.073	0.087	0.111	0.089
FS5	0.066	0.050	0.049	0.043	0.056	0.053
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

❖ **Parámetro discapacidad**

Las Tablas 18 y 19 presentan los resultados del Proceso de Análisis Jerárquico aplicado al parámetro de discapacidad dentro de la dimensión social. Este factor es especialmente importante porque la presencia de algún tipo de discapacidad puede limitar de manera significativa la capacidad de una persona para responder de manera oportuna y autónoma ante una situación de emergencia como una inundación pluvial.

Los resultados establecen una diferencia clara entre la población sin discapacidad y aquella que presenta algún tipo de condición limitante. Las personas que no tienen ninguna discapacidad presentan el nivel más bajo de vulnerabilidad ante este tipo de eventos, ya que cuentan con plena autonomía para movilizarse, tomar decisiones y evacuar en caso de ser necesario.

En contraste, las personas con discapacidad mental, intelectual o visual son identificadas como las más vulnerables dentro de este parámetro. Cada una de estas condiciones impone limitaciones específicas que dificultan la percepción del peligro, la comprensión de las instrucciones de evacuación o la capacidad de desplazarse con rapidez y seguridad. En conjunto, estos grupos requieren acompañamiento especial y protocolos de atención diferenciados dentro de cualquier plan de gestión del riesgo que se implemente en el distrito de Llalli..

Tabla 18

Criterio del parámetro discapacidad.

Parámetro		Discapacidad	Peso ponderado	
			0.333	
Descriptores	FS6	Mental o Intelectual	PFS6	0.503
	FS7	Visual	PFS7	0.260
	FS8	Para usar brazos y piernas	PFS8	0.134
	FS9	Para oír, hablar	PFS9	0.068
	FS10	No tiene	PFS10	0.035

Tabla 19

Matriz de comparación de pares del parámetro discapacidad.

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DISCAPACIDAD	FS6	FS7	FS8	FS9	FS10
FS6	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
FS7	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
FS8	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
FS9	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
FS10	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/Suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Tabla 20

Matriz de normalización de pares del parámetro Discapacidad.

Matriz de normalización de pares						
Discapacidad	FS6	FS7	FS8	FS9	FS10	Vector de priorización
FS6	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
FS7	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
FS8	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
FS9	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
FS10	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

a) Resiliencia social

Para evaluar la resiliencia en la dimensión social se analizaron dos parámetros con cinco descriptores en total, siguiendo la metodología del CENEPRED (2014). La resiliencia refleja la capacidad real que tiene una comunidad para anticiparse, adaptarse y recuperarse frente a un evento adverso, y su medición resulta tan importante como la de la fragilidad para comprender el panorama completo de la vulnerabilidad social.

Parámetro nivel educativo

Las Tablas 21 y 22 presentan los resultados del Proceso de Análisis Jerárquico aplicado al parámetro de nivel educativo dentro de la dimensión social. La educación es uno de los factores que más incide en la capacidad de respuesta de una persona ante situaciones de emergencia, porque determina en gran medida su acceso a información, su comprensión de los riesgos y su habilidad para tomar decisiones acertadas bajo presión.

Los resultados son bastante elocuentes. Las personas con estudios superiores universitarios, posgrado o formación equivalente presentan el nivel más bajo de vulnerabilidad dentro de este parámetro. Su mayor acceso a información, su capacidad para comprender alertas y protocolos de emergencia y su disposición general para anticiparse a situaciones de riesgo las coloca en una posición considerablemente más favorable frente a las inundaciones pluviales.

En el extremo opuesto, las personas sin ningún nivel de instrucción o que solo cursaron educación inicial son las más vulnerables. La ausencia de formación educativa limita su capacidad para acceder a información sobre riesgos, comprender las señales de alerta y actuar de manera organizada ante una emergencia. Este hallazgo subraya la importancia de incluir la educación en gestión del riesgo como una estrategia formativa prioritaria dentro del distrito de Llalli, especialmente orientada a los sectores de la población con menor nivel de escolaridad.

Tabla 21

Criterio del parámetro nivel educativo.

Parámetro		Nivel educativo	Peso ponderado	
			0.667	
Descriptores	RS1	Ninguno y/o inicial	PRS1	0.503
	RS2	Primaria	PRS2	0.260
	RS3	Secundaria	PRS3	0.134
	RS4	Superior No universitaria	PRS4	0.068
	RS5	Superior Universitario y/o postgrado u Otro Similar	PRS5	0.035

Tabla 22

Matriz de comparación de pares del parámetro nivel educativo.

Matriz de comparación de pares					
Nivel Educativo	RS1	RS2	RS3	RS4	RS5
RS1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
RS2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
RS3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
RS4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
RS5	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/Suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Tabla 23

Matriz de normalización de pares del parámetro nivel educativo.

Matriz de normalización de pares						
Nivel educativo	RS1	RS2	RS3	RS4	RS5	Vector de priorización
RS1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
RS2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
RS3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
RS4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
RS5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

❖ Parámetro programas sociales

Las Tablas 24 y 25 presentan los resultados del Proceso de Análisis Jerárquico aplicado al parámetro de programas sociales dentro de la dimensión social. El acceso a este tipo de apoyos institucionales es un indicador relevante de la capacidad que tiene una familia para sostenerse y recuperarse ante situaciones

adversas, ya que refleja el nivel de respaldo con que cuenta frente a una emergencia.

Los resultados muestran que las personas que cuentan con techo propio o vivienda propia presentan el nivel más bajo de vulnerabilidad dentro de este parámetro. Contar con un bien inmueble propio no solo proporciona estabilidad habitacional, sino que también representa un activo concreto que reduce la exposición económica de las familias ante los efectos de una inundación pluvial y les otorga una base más sólida para la recuperación posterior al evento.

En el extremo opuesto, las personas que no acceden a ningún tipo de programa social son las más vulnerables. La ausencia de cualquier forma de respaldo institucional, ya sea en forma de subsidios, bonos, asistencia alimentaria u otros apoyos similares, deja a estas familias completamente expuestas ante las consecuencias económicas y sociales de una inundación. Sin una red de soporte que amortigüe el impacto, su capacidad de recuperación se ve seriamente comprometida, lo que prolonga y agrava los efectos del evento adverso sobre su calidad de vida. Este resultado refuerza la importancia de fortalecer los mecanismos de protección social en el distrito de Llalli como parte integral de una estrategia de gestión del riesgo..

Tabla 24

Criterio del parámetro programas sociales.



	Parámetro	Programas sociales	Peso ponderado	
			0.333	
Descriptores	RS6	Ninguno	PRS6	0.451
	RS7	Juntos y/o pensión 65 y/u otros	PRS7	0.294
	RS8	Papilla y/o Cuna mas	PRS8	0.137
	RS9	Vaso de leche y/o comedor popular y/o canasta alimentaria	PRS9	0.075
	RS10	Techo propio y/o vivienda	PRS10	0.042

Tabla 25

Matriz de comparación de pares del parámetro programas sociales.

Matriz de comparación de pares					
Programas sociales	RS6	RS7	RS8	RS9	RS10
RS6	1.00	2.00	3.00	7.00	9.00
RS7	1.00	1.00	2.00	3.00	7.00
RS8	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
RS9	0.14	0.33	0.50	1.00	2.00
RS10	0.11	0.14	0.33	0.50	1.00
Suma	2.59	3.98	6.83	13.50	22.00
1/Suma	0.387	0.251	0.146	0.074	0.045

Tabla 26

Matriz de normalización de pares del parámetro programas sociales.

Matriz de normalización de pares						Vector de priorización
Programas sociales	RS6	RS7	RS8	RS9	RS10	
RS6	0.387	0.503	0.439	0.519	0.409	0.451
RS7	0.387	0.251	0.293	0.222	0.318	0.294
RS8	0.129	0.126	0.146	0.148	0.136	0.137
RS9	0.055	0.084	0.073	0.074	0.091	0.075
RS10	0.043	0.036	0.049	0.037	0.045	0.042
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

✓ Valor de la vulnerabilidad social

$$\sum_{k=i}^n \text{Fragilidad}_{\text{social}} * \text{Descriptor}_{\text{social}} * \text{Peso}_{\text{social}} = \text{Valor}_{\text{social}_1}$$

$$\sum_{k=i}^n \text{Resiliencia}_{\text{social}} * \text{Descriptor}_{\text{social}} * \text{Peso}_{\text{social}} = \text{Valor}_{\text{social}_2}$$

$$\text{Valor}_{\text{social}_1} * \text{Valor}_{\text{social}_2} = \text{Valor}_{\text{Vulnerabilidad social}}$$

La Tabla 27 consolida los valores finales obtenidos para la vulnerabilidad en la dimensión social, integrando los resultados de los parámetros de fragilidad y resiliencia analizados previamente. Estos valores expresan de manera numérica y objetiva el grado de susceptibilidad social de la población del área urbana del distrito de Llalli ante la ocurrencia de inundaciones pluviales.

Los resultados muestran un rango que va desde el valor mínimo de 0.042 hasta el valor máximo de 0.474, una diferencia que refleja la heterogeneidad de las condiciones sociales existentes dentro del área de estudio.

El valor mínimo de 0.042 representa las condiciones sociales más favorables identificadas en el análisis. Corresponde a los sectores de la población que combinan características de menor fragilidad, como pertenecer a grupos etarios con mayor autonomía y no presentar discapacidad, con niveles más altos de resiliencia, como contar con educación superior y acceso a programas sociales. Bajo estas condiciones, la vulnerabilidad social ante las inundaciones pluviales es muy baja.

En el extremo opuesto, el valor máximo de 0.474 identifica las situaciones de mayor vulnerabilidad social dentro del área de estudio. Este valor corresponde a los sectores de la población que acumulan múltiples factores de fragilidad, como pertenecer a grupos etarios extremos o presentar algún tipo de discapacidad, y que al mismo tiempo cuentan con escasa o nula resiliencia, sin acceso a educación ni a programas de protección social. Estas personas son las que enfrentan las condiciones más desfavorables ante una inundación pluvial y las que más dificultades tendrán para recuperarse una vez que el evento haya

ocurrido, por lo que deben ser consideradas como prioridad en cualquier estrategia de gestión del riesgo que se diseñe para el distrito..

Tabla 27

Valor de la vulnerabilidad social

Fragilidad social				Resiliencia social				Valor
Grupo etareo		Discapacidad		Nivel educativo		Programas sociales		
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0.444	0.667	0.503	0.333	0.503	0.667	0.451	0.333	0.474
0.262	0.667	0.260	0.333	0.260	0.667	0.294	0.333	0.266
0.153	0.667	0.134	0.333	0.134	0.667	0.137	0.333	0.141
0.089	0.667	0.068	0.333	0.068	0.667	0.075	0.333	0.076
0.053	0.667	0.035	0.333	0.035	0.667	0.042	0.333	0.042

Determinación de la vulnerabilidad en la dimensión económica

La vulnerabilidad económica analiza algo muy concreto: qué tan preparadas están las familias del distrito de Llalli para absorber el impacto de una inundación pluvial y reponerse de sus consecuencias materiales. Para ello se examinaron las características habitacionales de la población, ya que las condiciones de las viviendas son uno de los indicadores más directos del nivel económico de las familias y de su capacidad para resistir los efectos de este tipo de eventos. El análisis se organizó en dos componentes, fragilidad y resiliencia, cada uno con sus respectivos parámetros y descriptores.

a) Fragilidad económica

Para evaluar la fragilidad en la dimensión económica se definieron dos parámetros con cinco descriptores en total, orientados a caracterizar las condiciones materiales de las viviendas y la infraestructura del área urbana de Llalli.

Parámetro material predominante de paredes

Las Tablas 28 y 29 presentan los resultados del Proceso de Análisis Jerárquico aplicado al parámetro de material predominante de paredes. El tipo de material con que están construidas las paredes de una vivienda determina en gran medida su capacidad para resistir el contacto prolongado con el agua y la humedad durante un evento de inundación, siendo por tanto un indicador directo de la fragilidad económica de sus habitantes.

Los resultados establecen una diferencia clara entre los extremos del análisis. Las viviendas construidas con paredes de ladrillo presentan el nivel más bajo de vulnerabilidad dentro de este parámetro. Este material ofrece mayor resistencia estructural frente a la humedad y el agua, lo que reduce significativamente el riesgo de daño severo durante una inundación pluvial y facilita la recuperación posterior de la vivienda.

En el extremo opuesto, las viviendas cuyas paredes están construidas con estera u otros materiales similares de baja resistencia son las más vulnerables. Estos materiales ofrecen una protección mínima frente al agua y tienden a deteriorarse rápidamente ante la exposición a la humedad, lo que puede derivar en daños estructurales graves o incluso en el colapso de la vivienda durante un evento de inundación. Las familias que habitan en este tipo de construcciones no solo enfrentan un mayor riesgo durante el evento, sino que también tienen menores posibilidades de recuperar su vivienda una vez que este ha pasado, lo que agrava su situación económica y prolonga su condición de vulnerabilidad.

Tabla 28

Criterio del parámetro material predominante de paredes.

Parámetro		Material predominante de paredes	Peso ponderado	
			0.500	
Descriptores	FE1	Estera u otro material	PFE1	0.503
	FE2	Adobe o tapial	PFE2	0.260
	FE3	Piedra con Barro	PFE3	0.134
	FE4	Bloque de cemento	PFE4	0.068
	FE5	Ladrillo	PFE5	0.035

Tabla 29

Matriz de comparación de pares del parámetro material predominante de paredes.

Matriz de comparación de pares					
Material predominante de paredes	FE1	FE2	FE3	FE4	FE5
FE1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
FE2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
FE3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
FE4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
FE5	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Tabla 30

Matriz de normalización de pares del parámetro material predominante de Paredes.

Matriz de normalización de pares						
Material predominante de paredes	FE1	FE2	FE3	FE4	FE5	Vector de priorización
FE1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
FE2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
FE3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
FE4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
FE5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Parámetro material predominante de techos

Las Tablas 31 y 32 presentan los resultados del Proceso de Análisis Jerárquico aplicado al parámetro de material predominante de techos. Al igual que las paredes, el tipo de material con que está construido el techo de una vivienda es un factor determinante en su capacidad para resistir los efectos de una inundación pluvial, especialmente considerando que las precipitaciones intensas ejercen una presión directa y constante sobre esta parte de la estructura.

Los resultados son claros en cuanto a los extremos de vulnerabilidad. Las viviendas con techos de concreto armado presentan el nivel más bajo de vulnerabilidad dentro de este parámetro. Este material ofrece la mayor resistencia estructural frente a las lluvias intensas, protegiendo el interior de la vivienda y garantizando la integridad de la construcción incluso durante eventos prolongados de precipitación.

En el extremo opuesto, las viviendas cuyos techos están contruidos con materiales inestables o de baja calidad son las más vulnerables. Estos materiales no ofrecen la resistencia necesaria para soportar la carga del agua acumulada ni las condiciones de humedad prolongada que acompañan a las inundaciones pluviales, lo que aumenta considerablemente el riesgo de deterioro estructural, filtraciones severas o colapso parcial de la cubierta. Las familias que habitan estas viviendas quedan expuestas no solo a los daños materiales inmediatos, sino también a condiciones de habitabilidad precarias durante el período de recuperación posterior al evento, lo que profundiza su situación de vulnerabilidad económica.

Tabla 31

Criterio del parámetro material predominante de techos.

Parámetro		Material predominante de techos	Peso ponderado 0.500	
Descriptores	FE6	Otro material	PFE6	0.467
	FE7	Estera	PFE7	0.256
	FE8	Plancha de Calamina	PFE8	0.148
	FE9	Teja andina	PFE9	0.084
	FE10	Concreto armado	PFE10	0.044

Tabla 32

Matriz de comparación de pares del parámetro material predominante de techos.



Matriz de comparación de pares					
Material predominante de techos	FE6	FE7	FE8	FE9	FE10
FE6	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
FE7	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
FE8	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
FE9	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
FE10	0.14	0.20	0.25	0.33	1.00
Suma	1.93	4.78	8.58	13.33	20.00
1/Suma	0.519	0.209	0.117	0.075	0.050

Tabla 33

Matriz de normalización de pares del parámetro material predominante de techos.

Matriz de normalización de pares						
Material predominante de paredes	FE6	FE7	FE8	FE9	FE10	Vector de priorización
FE6	0.519	0.627	0.466	0.375	0.350	0.467
FE7	0.173	0.209	0.350	0.300	0.250	0.256
FE8	0.130	0.070	0.117	0.225	0.200	0.148
FE9	0.104	0.052	0.039	0.075	0.150	0.084
FE10	0.074	0.042	0.029	0.025	0.050	0.044
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

a) Resiliencia económica

Para evaluar la resiliencia en la dimensión económica se definieron dos parámetros con cinco descriptores en total, orientados a identificar qué características de las viviendas contribuyen a una mayor o menor capacidad de recuperación de las familias ante los efectos de una inundación pluvial.

Parámetro tipo de vivienda

Las Tablas 34 y 35 presentan los resultados del Proceso de Análisis Jerárquico aplicado al parámetro tipo de vivienda dentro de la dimensión económica. El tipo de vivienda que habita una familia no solo refleja su situación económica, sino también el nivel de protección estructural con que cuenta ante fenómenos naturales como las inundaciones pluviales.

Los resultados muestran que las familias que residen en casas independientes presentan el nivel más bajo de vulnerabilidad dentro de este parámetro. Este tipo

de vivienda, por sus características de construcción y distribución espacial, ofrece mejores condiciones para resistir los efectos de una inundación y facilita la evacuación y recuperación de sus ocupantes, al tiempo que representa un activo económico consolidado que respalda la estabilidad de la familia ante situaciones adversas.

En el extremo opuesto, las personas que habitan en espacios no destinados originalmente para uso habitacional u otros tipos de construcciones improvisadas o inadecuadas son las más vulnerables dentro de este parámetro. Estos espacios carecen de las condiciones mínimas de habitabilidad y resistencia estructural necesarias para proteger a sus ocupantes durante una inundación pluvial. Además, al no constituir una vivienda formal, sus habitantes suelen carecer de acceso a mecanismos de protección y recuperación ante desastres, lo que prolonga y agrava su situación de vulnerabilidad económica una vez ocurrido el evento.

Tabla 34

Criterio del parámetro tipo de vivienda.

	Parámetro	Tipo de vivienda	Peso ponderado	
			0.500	
Descriptores	RE1	No destinado para habitación, otro tipo	PRE1	0.503
	RE2	Choza o cabaña y/o vivienda improvisada u otro	PRE2	0.260

RE3	Vivienda en casa vecindad	PRE3	0.134
RE4	Vivienda en Edificio	PRE4	0.068
RE5	Casa Independiente	PRE5	0.035

Tabla 35

Matriz de comparación de pares del parámetro tipo de vivienda.

Matriz de comparación de pares						
Tipo de vivienda	RE1	RE2	RE3	RE4	RE5	
RE1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	
RE2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	
RE3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	
RE4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	
RE5	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00	
Suma	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00	
1/Suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040	

Tabla 36

Matriz de normalización de pares del parámetro tipo de vivienda.

Matriz de normalización de pares							
Tipo de vivienda	RE1	RE2	RE3	RE4	RE5	Vector de priorización	
RE1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503	

RE2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
RE3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
RE4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
RE5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Parámetro drenaje pluvial

Las Tablas 37 y 38 presentan los resultados del Proceso de Análisis Jerárquico aplicado al parámetro de drenaje pluvial dentro de la dimensión económica. La infraestructura de drenaje es uno de los factores más determinantes en la ocurrencia y magnitud de las inundaciones pluviales en áreas urbanas, porque es precisamente esa red la que tiene la responsabilidad de evacuar el agua de lluvia antes de que se acumule en calles y viviendas.

Los resultados establecen una diferencia muy clara entre los dos extremos del análisis. Las zonas que cuentan con sistemas de drenaje pluvial con capacidad suficiente para evacuar el agua generada durante los eventos de lluvia presentan el nivel más bajo de vulnerabilidad dentro de este parámetro. Una infraestructura de drenaje bien dimensionada y en buen estado de funcionamiento actúa como la primera línea de defensa frente a las inundaciones, reduciendo significativamente el tiempo de acumulación del agua en superficie y limitando los daños sobre viviendas y vías.

En el extremo opuesto, las áreas que cuentan con sistemas de drenaje pluvial muy obsoletos o deteriorados son las más vulnerables. Cuando la infraestructura de evacuación está colmatada, obstruida o simplemente no tiene la capacidad necesaria para el volumen de agua que generan las lluvias intensas, el resultado

es inevitable: el agua se desborda hacia las calles y penetra en las viviendas, causando daños materiales importantes y poniendo en riesgo la seguridad de la población. Esta situación no solo agrava el impacto inmediato de la inundación, sino que también incrementa los costos de recuperación y prolonga el período de afectación de las familias, profundizando su vulnerabilidad económica. La renovación y el mantenimiento del sistema de drenaje pluvial se configuran así como una de las intervenciones más urgentes y necesarias para reducir el riesgo en el área urbana del distrito de Llalli.

Tabla 37

Criterio del parámetro drenaje pluvial

	Parámetro	Drenaje pluvial	Peso ponderado	
			0.500	
Descriptores	RE6	Drenaje pluvial muy obsoleto causando la colmatación de las vías y viviendas	PRE6	0.501
	RE7	Drenaje pluvial obsoleto, causando la colmatación de las vías	PRE7	0.262
	RE8	Drenaje pluvial obsoleto; colmatando mínimas cantidades de las vías	PRE8	0.134
	RE9	Drenaje pluvial al límite de su capacidad para evacuar las aguas pluviales	PRE9	0.068
	RE10	Drenaje pluvial con suficiente capacidad para evacuar las aguas pluviales	PRE10	0.035

Tabla 38

Matriz de comparación de pares del parámetro drenaje pluvial

Matriz de comparación de pares					
Drenaje pluvial	RE6	RE7	RE8	RE9	RE10
RE6	1.00	3.00	4.00	8.00	9.00
RE7	0.33	1.00	3.00	4.00	8.00
RE8	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
RE9	0.13	0.25	0.33	1.00	3.00
RE10	0.11	0.13	0.25	0.33	1.00
Suma	1.82	4.71	8.58	16.33	25.00
1/Suma	0.550	0.212	0.117	0.061	0.040

Tabla 39

Matriz de normalización de pares del parámetro drenaje pluvial

Matriz de normalización de pares						
Drenaje pluvial	RE6	RE7	RE8	RE9	RE10	Vector de priorización
RE6	0.550	0.637	0.466	0.490	0.360	0.501
RE7	0.183	0.212	0.350	0.245	0.320	0.262
RE8	0.137	0.071	0.117	0.184	0.160	0.134
RE9	0.069	0.053	0.039	0.061	0.120	0.068
RE10	0.061	0.027	0.029	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

✓ Valor de la vulnerabilidad económica

$$\sum_{k=i}^n \text{Fragilidad}_{econo} * \text{Descriptor}_{econo} * \text{Peso}_{econo} = \text{Valor}_{economica_1}$$

$$\sum_{k=i}^n \text{Resiliencia}_{econo} * \text{Descriptor}_{econo} * \text{Peso}_{econo} = \text{Valor}_{economica_2}$$

$$Valor_{economica_1} * Valor_{economica_2} = Valor_{Vulnerabilidad economica}$$

La Tabla 40 consolida los valores finales obtenidos para la vulnerabilidad en la dimensión económica, integrando los resultados de los parámetros de fragilidad y resiliencia analizados: material de paredes, material de techos, tipo de vivienda y drenaje pluvial. Estos valores permiten expresar de manera numérica y objetiva el grado de exposición económica de la población del área urbana del distrito de Llalli ante las inundaciones pluviales.

Los resultados muestran un rango que va desde el valor mínimo de 0.037 hasta el valor máximo de 0.493, una amplitud que refleja las diferencias significativas en las condiciones económicas y habitacionales que existen dentro del área de estudio.

El valor mínimo de 0.037 representa las condiciones económicas más favorables identificadas en el análisis. Corresponde a los sectores donde las viviendas están construidas con materiales resistentes como ladrillo y concreto armado, cuentan con infraestructura de drenaje pluvial en buen estado y son del tipo casa independiente. Bajo estas condiciones, las familias tienen mayor capacidad para resistir el impacto de una inundación y recuperarse con mayor rapidez una vez que el evento ha pasado.

En el extremo opuesto, el valor máximo de 0.493 identifica las situaciones de mayor vulnerabilidad económica dentro del área de estudio. Este valor corresponde a los sectores donde se acumulan las condiciones más desfavorables: viviendas construidas con materiales precarios e inestables, sistemas de drenaje pluvial obsoletos o colmatados y tipos de habitación inadecuados para uso residencial. Las familias que viven en estas condiciones

son las que enfrentan el mayor riesgo de pérdidas materiales significativas ante una inundación pluvial y las que tienen menor capacidad económica para recuperarse, por lo que constituyen la prioridad más urgente dentro de cualquier estrategia de reducción de la vulnerabilidad en el distrito de Llalli..

Tabla 40*Valor de la vulnerabilidad económica*

Fragilidad económica				Resiliencia económica				Valor
Material predominante de paredes		Material predominante de techos		Tipo de vivienda		Drenaje pluvial		
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0.503	0.500	0.467	0.500	0.503	0.500	0.501	0.500	0.493
0.260	0.500	0.256	0.500	0.260	0.500	0.262	0.500	0.260
0.134	0.500	0.148	0.500	0.134	0.500	0.134	0.500	0.138
0.068	0.500	0.084	0.500	0.068	0.500	0.068	0.500	0.072
0.035	0.500	0.044	0.500	0.035	0.500	0.035	0.500	0.037

Determinación de la vulnerabilidad en la dimensión ambiental

La vulnerabilidad ambiental examina algo que con frecuencia se pasa por alto en los análisis de riesgo: el estado del entorno natural y su capacidad para actuar como amortiguador o amplificador de los efectos de una inundación pluvial. Factores como el grado de degradación del suelo, la calidad del agua, la deforestación y la exposición a agentes contaminantes determinan en qué medida el ambiente puede absorber o agravar el impacto de las lluvias intensas. A esto se suma el nivel de conciencia y preparación ambiental de la comunidad, que incide directamente en la manera en que la población interactúa con su entorno y contribuye o no a reducir su propia vulnerabilidad. Todos estos elementos fueron ponderados a través de los componentes de fragilidad y resiliencia ambiental.

a) Fragilidad ambiental

Para evaluar la fragilidad en la dimensión ambiental se definió un parámetro con cinco descriptores, orientado a caracterizar las condiciones geológicas del suelo en el área urbana del distrito de Llalli.

Parámetro características geológicas

Las Tablas 41 y 42 presentan los resultados del Proceso de Análisis Jerárquico aplicado al parámetro de características geológicas dentro de la dimensión ambiental. Las propiedades del suelo son un factor decisivo en la dinámica de las inundaciones pluviales porque determinan con qué rapidez y en qué proporción el terreno puede absorber el agua de lluvia antes de que esta se acumule en superficie.

Los resultados establecen una diferencia clara entre los extremos del análisis. Las áreas con suelos que presentan buenas características geotécnicas, es decir, suelos estables, con adecuada capacidad portante y buena permeabilidad, presentan el nivel más bajo de vulnerabilidad ambiental. Estos suelos tienen mayor capacidad para infiltrar el agua durante los eventos de lluvia, reduciendo la acumulación superficial y amortiguando el impacto de las precipitaciones intensas sobre el área urbana.

En el extremo opuesto, las áreas con suelos colapsables, como rellenos artificiales o zonas con nivel freático alto, son las más vulnerables dentro de este parámetro. Este tipo de suelos no solo tiene una capacidad de infiltración muy limitada, sino que además puede perder estabilidad estructural cuando se satura de agua, lo que representa un riesgo adicional para las edificaciones construidas sobre ellos. En estas zonas, el agua de lluvia no encuentra la posibilidad de ser absorbida y se acumula rápidamente en superficie, agravando las condiciones

de inundación y aumentando el riesgo de daños tanto en la infraestructura como en las viviendas circundantes.

Tabla 41

Criterio del parámetro características geológicas.

	Parámetro	Características geológicas	Peso ponderado	
			1.000	
Descriptores	FA1	Suelos colapsables (rellenos, napa freática alta)	PFA1	0.503
	FA2	Suelos con baja capacidad portante	PFA2	0.260
	FA3	Suelos de mediana capacidad portante	PFA3	0.134
	FA4	Suelos de alta capacidad portante	PFA4	0.068
	FA5	Suelos con buenas características geotécnicas	PFA5	0.035

Tabla 42

Matriz de comparación de pares del parámetro características geológicas.

Matriz de comparación de pares					
Material predominante de paredes	FA1	FA2	FA3	FA4	FA5
FA1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
FA2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00

FA3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
FA4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
FA5	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/Suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Tabla 43

Matriz de normalización de pares del parámetro características geológicas.

Matriz de normalización de pares						
Tipo de vivienda	FA1	FA2	FA3	FA4	FA5	Vector de priorización
FA1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
FA2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
FA3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
FA4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
FA5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Resiliencia ambiental

Para evaluar la resiliencia en la dimensión ambiental se definió un parámetro con cinco descriptores, centrado en el nivel de conocimiento y cumplimiento de la normatividad ambiental por parte de la población y las autoridades del distrito de Llalli.

Parámetro conocimiento y cumplimiento ambiental

Las Tablas 44 y 45 presentan los resultados del Proceso de Análisis Jerárquico aplicado a este parámetro. El conocimiento y respeto de las normas ambientales es un factor que muchas veces se subestima en los análisis de riesgo, pero que tiene un impacto real y concreto sobre la vulnerabilidad de una comunidad. Una población que conoce, comprende y cumple la normatividad ambiental tiende a

cuidar mejor su entorno, evitar prácticas que degradan el suelo o el sistema de drenaje y participar de manera más activa en las acciones de prevención y gestión del riesgo.

Los resultados son claros al respecto. Las comunidades donde tanto las autoridades como las organizaciones comunales y la población en general conocen la normatividad ambiental vigente y la respetan de manera consistente presentan el nivel más bajo de vulnerabilidad dentro de este parámetro. Este cumplimiento colectivo genera condiciones ambientales más favorables, reduce la degradación del entorno y fortalece la capacidad de la comunidad para anticiparse y responder ante eventos adversos como las inundaciones pluviales. En el extremo opuesto, las comunidades donde tanto las autoridades como la población desconocen la existencia de normatividad ambiental son las más vulnerables. La ausencia de ese conocimiento deriva inevitablemente en prácticas que deterioran el entorno: disposición inadecuada de residuos, obstrucción de canales de drenaje, uso indebido del suelo, entre otras. Todo esto contribuye a agravar las condiciones de vulnerabilidad ambiental y a amplificar el impacto de las inundaciones pluviales sobre el territorio y la población del distrito. Este hallazgo refuerza la necesidad de incorporar la educación y sensibilización ambiental como un componente esencial dentro de las estrategias de gestión del riesgo en Llalli.

Tabla 44

Criterio del parámetro conocimiento y cumplimiento ambiental.

	Parámetro	Conocimiento y cumplimiento ambiental	Peso ponderado	
			1.000	
Descriptores	RA1	Autoridad y población desconocen existencia de normatividad ambiental	PRA1	0.487
	RA2	Sólo autoridades conocen la existencia de normatividad ambiental, sin cumplir	PRA2	0.272
	RA3	Autoridades y población desconocen existencia de normatividad ambiental, cumpliendo parcialmente	PRA3	0.137
	RA4	Autoridades, organizaciones comunales y población conocen existencia de normatividad ambiental, respetando mayoritariamente	PRA4	0.066
	RA5	Autoridades, organizaciones comunales y población conocen existencia de normatividad ambiental respetando totalmente	PRA5	0.038

Tabla 45

Matriz de comparación de pares del parámetro conocimiento y cumplimiento ambiental.

Matriz de comparación de pares					
Conocimiento y cumplimiento ambiental	RA1	RA2	RA3	RA4	RA5
RA1	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00
RA2	0.50	1.00	2.00	5.00	7.00
RA3	0.20	0.50	1.00	2.00	5.00
RA4	0.14	0.20	0.50	1.00	2.00
RA5	0.11	0.14	0.20	0.50	1.00

Suma	1.95	3.84	8.70	15.50	24.00
1/Suma	0.512	0.260	0.115	0.065	0.042

Tabla 46

Matriz de normalización de pares del parámetro conocimiento y cumplimiento ambiental.

Conocimiento y cumplimiento ambiental	Matriz de normalización de pares					Vector de priorización
	RA1	RA2	RA3	RA4	RA5	
RA1	0.512	0.520	0.575	0.452	0.375	0.487
RA2	0.256	0.260	0.230	0.323	0.292	0.272
RA3	0.102	0.130	0.115	0.129	0.208	0.137
RA4	0.073	0.052	0.057	0.065	0.083	0.066
RA5	0.057	0.037	0.023	0.032	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	0					

✓ **Valor de la vulnerabilidad ambiental**

$$\sum_{k=i}^n \text{Fragilidad}_{ambie} * \text{Descriptor}_{ambien} * \text{Peso}_{ambien} = \text{Valor}_{ambiental_1}$$

$$\sum_{k=i}^n \text{Resiliencia}_{ambie} * \text{Descriptor}_{ambie} * \text{Peso}_{ambien} = \text{Valor}_{ambiental_2}$$

$$\text{Valor}_{ambiental_1} * \text{Valor}_{ambiental_2} = \text{Valor}_{vulnerabilidad\ ambiental}$$

La Tabla 47 consolida los valores finales obtenidos para la vulnerabilidad en la dimensión ambiental, integrando los resultados de los parámetros de fragilidad y resiliencia analizados: las características geológicas del suelo y el nivel de conocimiento y cumplimiento ambiental de la población y las autoridades del distrito de Llalli.

Los resultados muestran un rango que va desde el valor mínimo de 0.037 hasta el valor máximo de 0.495, una amplitud que evidencia las diferencias importantes en las condiciones ambientales presentes dentro del área de estudio.

El valor mínimo de 0.037 representa las condiciones ambientales más favorables identificadas en el análisis. Corresponde a las zonas donde el suelo presenta buenas características geotécnicas que favorecen la infiltración del agua, combinadas con una población y autoridades que conocen y respetan la normatividad ambiental. Esta combinación genera un entorno más resiliente, capaz de absorber mejor el impacto de las precipitaciones intensas y de recuperarse con mayor rapidez una vez ocurrido el evento.

En el extremo opuesto, el valor máximo de 0.495 identifica las situaciones de mayor vulnerabilidad ambiental dentro del área de estudio. Este valor corresponde a las zonas donde confluyen suelos con características geológicas desfavorables, como rellenos o áreas con nivel freático alto, con una población y autoridades que desconocen o no cumplen la normatividad ambiental vigente. Esta combinación resulta especialmente crítica porque no solo amplifica el impacto físico de las inundaciones pluviales, sino que también limita la capacidad de la comunidad para prevenir y reducir ese impacto a través de prácticas ambientales responsables. Las zonas identificadas con este nivel de

vulnerabilidad requieren intervenciones prioritarias tanto en el ámbito técnico como en el de la educación y sensibilización ambiental..

Tabla 47

Valor de la vulnerabilidad ambiental

Fragilidad ambiental		Resiliencia ambiental		Valor
Características geológicas		Conocimiento y cumplimiento ambiental en el distrito		
VALOR	PESO	VALOR	PESO	
0.503	1.000	0.487	1.000	0.495
0.260	1.000	0.272	1.000	0.266
0.134	1.000	0.137	1.000	0.136
0.068	1.000	0.066	1.000	0.067
0.035	1.000	0.038	1.000	0.037

Valor del nivel de vulnerabilidad

$$Valor_{Vulner. social} + Valor_{Vulner. econo.} + Valor_{Vulner. ambi.} = Valor_{Vulnerabilidad}$$

Niveles de vulnerabilidad por inundación pluvial

La Tabla 48 presenta la clasificación final del nivel de vulnerabilidad por inundación pluvial para el área urbana del distrito de Llalli, obtenida tras integrar los valores de las tres dimensiones analizadas: social, económica y ambiental. Al igual que en el caso del peligro, los resultados se organizan en cuatro categorías que permiten identificar con claridad qué zonas del territorio presentan las condiciones más críticas y cuáles requieren atención prioritaria.

El nivel de vulnerabilidad bajo agrupa las zonas cuyos valores se encuentran entre 0.039 y 0.072. Estos sectores concentran las condiciones más favorables en términos sociales, económicos y

ambientales: población con mayor resiliencia, viviendas construidas con materiales resistentes, infraestructura de drenaje adecuada y entorno ambiental en mejores condiciones. Ante una inundación pluvial, estas zonas tienen mayor capacidad para resistir el impacto y recuperarse con relativa rapidez.

El nivel de vulnerabilidad medio corresponde a valores entre 0.072 y 0.138. En estas zonas las condiciones son intermedias, con algunos factores favorables y otros que requieren mejora. Si bien la vulnerabilidad no es crítica, estas áreas merecen atención preventiva para evitar que sus condiciones se deterioren y deriven en niveles de riesgo más elevados.

El nivel de vulnerabilidad alto abarca los valores comprendidos entre 0.138 y 0.264. Las zonas clasificadas en este nivel acumulan varios factores desfavorables en sus dimensiones social, económica y ambiental, lo que limita considerablemente su capacidad de respuesta y recuperación ante las inundaciones pluviales. Estas áreas requieren intervenciones concretas y planificadas para reducir su exposición al riesgo.

Finalmente, el nivel de vulnerabilidad muy alto corresponde a valores entre 0.264 y 0.448, los más elevados del análisis. Estas zonas concentran las peores condiciones en las tres dimensiones evaluadas: población con escasa resiliencia social, viviendas precarias, drenaje deficiente y entorno ambiental deteriorado. Son los sectores más expuestos y con menor capacidad de recuperación ante una inundación pluvial, y por tanto los que deben recibir atención prioritaria e inmediata

dentro de cualquier estrategia de gestión del riesgo que se implemente en el distrito de Llalli..

Tabla 48

Nivel de vulnerabilidad por inundación pluvial para el área urbana del distrito de Llalli

Vulnerabilidad social	Vulnerabilidad económica	Vulnerabilidad ambiental	Valor	Rango	Nivel de vulnerabilidad
PESO: 0.333	PESO: 0.333	PESO: 0.333			
0.474	0.493	0.495	0.488	$0.264 \leq V < 0.448$	MUY ALTO
0.266	0.260	0.266	0.264	$0.138 \leq V < 0.264$	ALTO
0.141	0.138	0.136	0.138	$0.072 \leq V < 0.138$	MEDIO
0.076	0.072	0.067	0.072	$0.039 \leq V < 0.072$	BAJO
0.042	0.037	0.037	0.039		

Estratificación del nivel de vulnerabilidad

La Tabla 49 presenta la estratificación del nivel de vulnerabilidad por inundación pluvial para el área urbana del distrito de Llalli, organizando los resultados en una escala cromática que facilita su lectura e interpretación tanto para los técnicos como para las autoridades y la población en general. Esta representación visual complementa los valores numéricos obtenidos y permite identificar de manera rápida e intuitiva qué sectores del territorio requieren mayor atención.

El color rojo representa el nivel de vulnerabilidad muy alto. Las zonas marcadas con este color concentran las condiciones más desfavorables en las tres dimensiones evaluadas y son las que enfrentan el mayor riesgo de sufrir

consecuencias graves ante una inundación pluvial. Son los sectores que demandan intervención prioritaria e inmediata por parte de las autoridades locales.

El color naranja corresponde al nivel de vulnerabilidad alto. Estas áreas presentan condiciones que limitan significativamente la capacidad de respuesta y recuperación de sus habitantes, y requieren la implementación de medidas concretas de reducción de la vulnerabilidad antes de que sus condiciones se agraven.

El color amarillo identifica las zonas de vulnerabilidad media. Si bien estas áreas no se encuentran en una situación crítica, presentan aspectos que merecen atención preventiva para evitar que factores sociales, económicos o ambientales desfavorables incrementen su nivel de riesgo con el tiempo.

Finalmente, el color verde señala las zonas de vulnerabilidad baja, donde las condiciones generales son más favorables y la población cuenta con mayor capacidad para enfrentar y sobreponerse a los efectos de una inundación pluvial. Aunque estas zonas no requieren intervención urgente, su seguimiento periódico sigue siendo necesario para mantener y fortalecer las condiciones que les otorgan ese nivel de resiliencia..

Tabla 49

Estratificación del nivel de vulnerabilidad

Nivel de vulnerabilidad	Descripción	Rango
	El análisis de vulnerabilidad permitió identificar cuatro perfiles diferenciados de población según el nivel de vulnerabilidad que presentan, cada uno con características	

Vulnerabilidad Muy Alta	propias en sus dimensiones social, económica y ambiental.	$0.246 \leq V < 0.448$
Vulnerabilidad Alta	El primer perfil, correspondiente al nivel de vulnerabilidad muy alto, concentra las condiciones más desfavorables en todos los ámbitos evaluados. Se trata principalmente de población en los extremos de edad, niños de 0 a 5 años y adultos mayores de 65 años, con presencia de deficiencias mentales, intelectuales o visuales, escolarización mínima o nula y sin acceso a ningún tipo de programa social. Sus viviendas están construidas con adobe o tierra apisonada en las paredes y materiales precarios en los techos, sin que la forma de construcción responda a criterios mínimos de habitabilidad segura. El sistema de drenaje pluvial es muy deficiente, generando obstrucciones frecuentes en calles y viviendas. A esto se suman suelos colapsables con nivel freático alto y un desconocimiento generalizado de las normas medioambientales tanto por parte de la población como de las propias autoridades locales.	$0.138 \leq V < 0.246$
Vulnerabilidad Media	El segundo perfil, de vulnerabilidad alta, agrupa a personas cuyas edades oscilan principalmente entre 5 y 12 años y entre 60 y 65 años, con limitaciones de movilidad en brazos o piernas y con educación primaria o secundaria completa. Algunos acceden a programas sociales como Pensión 65, Papilla o Cuna Más. Sus viviendas tienen paredes de piedra y barro con techo de calamina, y predominan construcciones tipo choza o edificios de departamentos en condiciones precarias. El sistema de drenaje existe pero es insuficiente, generando obstrucciones parciales en las vías. Los suelos presentan baja capacidad portante y las normas medioambientales son conocidas	$0.072 \leq V < 0.138$

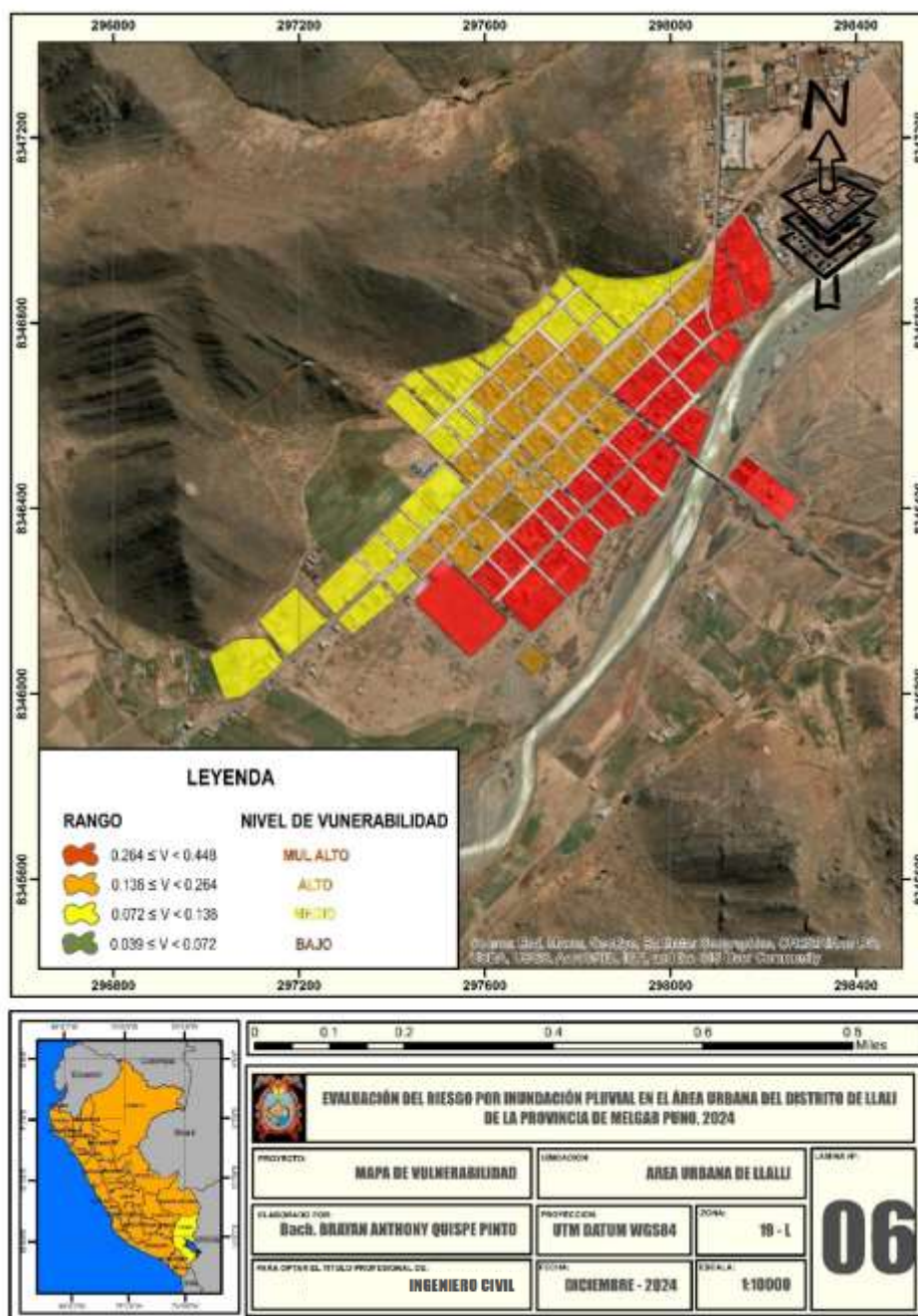
	solo por algunos funcionarios que no las cumplen de manera consistente.	
Vulnerabilidad Baja	El tercer perfil, de vulnerabilidad media, corresponde a población de entre 12 y 15 años y entre 50 y 60 años, con discapacidad auditiva y nivel educativo de formación superior no universitaria. Participan en programas sociales como Vaso de Leche, comedor popular o canasta de alimentos. Sus viviendas cuentan con paredes de bloques de cemento y techo de teja andina, y disponen de algún sistema de drenaje pluvial aunque con capacidad limitada. Los suelos tienen capacidad portante media y tanto las autoridades como la población cumplen parcialmente con las normativas medioambientales, con un nivel de conciencia ambiental en desarrollo pero aún insuficiente.	$0.039 \leq V < 0.072$

FUENTE: (CENEPRED, 2014)

Además de ello se empleó el Software ArcGIS 10.5, para establecer en un gráfico el nivel de vulnerabilidad del área estudiada tal cual como se aprecia en la figura 16.

Figura 16

Mapa de vulnerabilidad del área urbana del distrito de Llalli



En la Figura 16, se aprecia el mapa de vulnerabilidad para el área urbana del distrito de Llalli, indicando que el 40% del área urbana del distrito de Llalli; presenta un nivel de vulnerabilidad MUY ALTO, el otro 35% presenta un nivel de vulnerabilidad ALTO

4.1.3. Proponer medidas estructurales y no estructurales para el control de riesgos por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli de la provincia de Melgar, Puno, 2024

Para ello se realizó la multiplicación de la peligrosidad y el valor de vulnerabilidad, empleando la siguiente ecuación:

$$Valor_{PELIGROSIDAD} * Valor_{VULNERABILIDAD} = Valor_{RIESGO}$$

La Tabla 50 presenta los resultados del nivel de riesgo por inundación pluvial para el área urbana del distrito de Llalli, obtenidos a partir del proceso de análisis jerárquico. Lo que esta tabla muestra no son simples números, sino una radiografía del grado de exposición al que están sometidas distintas zonas de la ciudad frente a este tipo de fenómeno natural.

La clasificación se organiza en cuatro niveles que van de menor a mayor peligrosidad. Las zonas que obtienen valores entre 0.001 y menores a 0.005 se encuentran en un nivel de riesgo bajo, lo que significa que, si bien existe una posibilidad de afectación, esta es reducida y manejable. Cuando los valores se sitúan entre 0.005 y menores a 0.019, el riesgo pasa a ser medio, indicando una exposición más notable que merece atención y seguimiento. Las zonas con valores entre 0.019 y menores a 0.069 presentan un riesgo alto, lo cual representa una amenaza real y concreta para las personas y los bienes que se encuentran en esas áreas. Finalmente, los valores que van desde 0.069 hasta menores a 0.239 corresponden al nivel de riesgo más alto de la clasificación, el muy alto, donde la probabilidad de daños severos ante un evento de inundación

pluvial es significativa y requiere una respuesta urgente y planificada por parte de las autoridades y la propia comunidad.

Entender esta clasificación es fundamental, porque detrás de cada rango numérico hay familias, viviendas, calles y servicios que pueden verse seriamente afectados si no se toman las medidas de prevención y mitigación necesarias a tiempo..

Tabla 50

Nivel de riesgo por inundación pluvial para el área urbana del distrito de Llalli

Riesgo		Valor	Rango	Nivel de riesgo
Peligro	Vulnerabilidad			
0.490	0.488	0.239	$0.069 \leq R < 0.239$	MUY ALTO
0.263	0.264	0.069	$0.019 \leq R < 0.069$	ALTO
0.138	0.138	0.019	$0.005 \leq R < 0.019$	MEDIO
0.071	0.072	0.005	$0.001 \leq R < 0.005$	BAJO
0.038	0.039	0.001		

En la tabla 51, se aprecia estratificación del nivel de riesgo para el área urbana del distrito de Llalli; indicando que el estrato de color rojo es correspondiente un nivel de riesgo muy alto; también en estrato de color naranja es considerado un nivel de riesgo alto; de igual manera el estrato de color amarillo es considerado un nivel de riesgo medio; y finalmente el estrato de color verde es considerado un nivel de riesgo bajo.

Tabla 51

Estratificación del nivel del riesgo

Nivel de riesgo	Descripción	Rango
Riesgo Muy Alto	El análisis integrado del riesgo por inundación pluvial permitió identificar cuatro perfiles diferenciados que combinan las condiciones de peligro y vulnerabilidad presentes en el área urbana del distrito de Llalli, cada uno con características específicas que determinan el nivel de riesgo al que está expuesta cada zona del territorio.	$0.069 \leq R < 0.239$
Riesgo Alto	El primer perfil, correspondiente al nivel de riesgo muy alto, concentra las condiciones más críticas en todos los componentes evaluados. En cuanto al peligro, estas zonas reciben precipitaciones iguales o superiores a 45.56 mm, presentan características geológicas propias del centro urbano en ciertas áreas, una geomorfología de meseta sedimentaria y pendientes menores a 5 grados que favorecen la acumulación del agua en superficie. En cuanto a la vulnerabilidad, predomina la población en los extremos de edad, niños de 0 a 5 años y adultos mayores de 65 años, con presencia de deficiencias mentales, intelectuales o visuales, escasa o nula escolarización y sin acceso a ningún programa social. Las viviendas están construidas con adobe o tierra apisonada en las paredes y materiales precarios en los techos, sin condiciones mínimas de habitabilidad segura. El sistema de drenaje pluvial es muy deficiente, generando obstrucciones frecuentes en calles y viviendas. Los suelos son colapsables con nivel freático alto, y tanto la población como las autoridades desconocen completamente la normatividad ambiental vigente.	$0.019 \leq R < 0.069$
	El segundo perfil, de riesgo alto, corresponde a zonas con precipitaciones entre 36.60 y 45.56 mm, geología de la Formación Azángaro, terreno de roca sedimentaria montañosa y pendientes de	

Riesgo Medio	entre 5 y 12 grados. La población predominante se encuentra en rangos de edad de 5 a 12 años y de 60 a 65 años, con limitaciones de movilidad en brazos o piernas y con educación primaria o secundaria completa. Algunos acceden a programas sociales como Pensión 65 u otros similares. Las viviendas tienen paredes de piedra y barro con techo de calamina, predominando construcciones tipo choza o edificios de apartamentos en condiciones precarias. El drenaje pluvial es insuficiente y genera obstrucciones parciales en las vías. Los suelos presentan baja capacidad portante y la normatividad ambiental, aunque conocida por algunos, no se cumple de manera consistente.	$0.005 \leq R < 0.019$
Riesgo Bajo	El tercer perfil, de riesgo medio, agrupa zonas con precipitaciones entre 27.60 y 36.60 mm, geología de depósitos aluviales secundarios, geomorfología de meseta de lava volcánica y pendientes de entre 12 y 20 grados. La población es principalmente de entre 12 y 15 años y entre 50 y 60 años, con discapacidad auditiva y formación superior no universitaria. Participan en programas sociales como Vaso de Leche, comedor popular o canasta de alimentos. Las viviendas cuentan con paredes de bloques de cemento y techo de teja andina, con algún sistema de drenaje pluvial de capacidad limitada. Los suelos tienen capacidad portante media y tanto las autoridades como la población conocen parcialmente las normas medioambientales, aunque su cumplimiento es todavía incompleto.	$0.001 \leq R < 0.005$

FUENTE: (CENEPRED, 2014)

La Tabla 69 presenta la estratificación final del nivel de riesgo por inundación pluvial para el área urbana del distrito de Llalli, organizando los resultados en una escala cromática que integra de manera conjunta los niveles de peligro y vulnerabilidad obtenidos a lo largo del análisis. Esta clasificación por colores constituye una herramienta de comunicación muy valiosa porque permite que

tanto las autoridades como la población puedan identificar de manera rápida e intuitiva qué zonas del distrito se encuentran en situación más crítica y cuáles requieren atención prioritaria.

El color rojo representa el nivel de riesgo muy alto. Estas zonas concentran la combinación más desfavorable de peligro y vulnerabilidad: precipitaciones intensas, condiciones físicas del territorio que favorecen la acumulación del agua y una población con escasa capacidad de respuesta y recuperación. Son los sectores que demandan intervención inmediata y las medidas de protección más robustas.

El color naranja corresponde al nivel de riesgo alto. Si bien estas áreas no alcanzan el nivel crítico del estrato anterior, presentan condiciones que hacen necesaria una atención planificada y sostenida, con medidas de reducción del riesgo que aborden tanto el componente físico como el social y ambiental.

El color amarillo identifica las zonas de riesgo medio, donde las condiciones son más moderadas pero no deben ignorarse. Estas áreas requieren seguimiento y acciones preventivas que eviten el deterioro progresivo de sus condiciones hacia niveles de riesgo más elevados.

Finalmente, el color verde señala las zonas de riesgo bajo, donde la combinación de condiciones físicas favorables y mayor resiliencia de la población reduce considerablemente la probabilidad de afectación significativa ante una inundación pluvial.

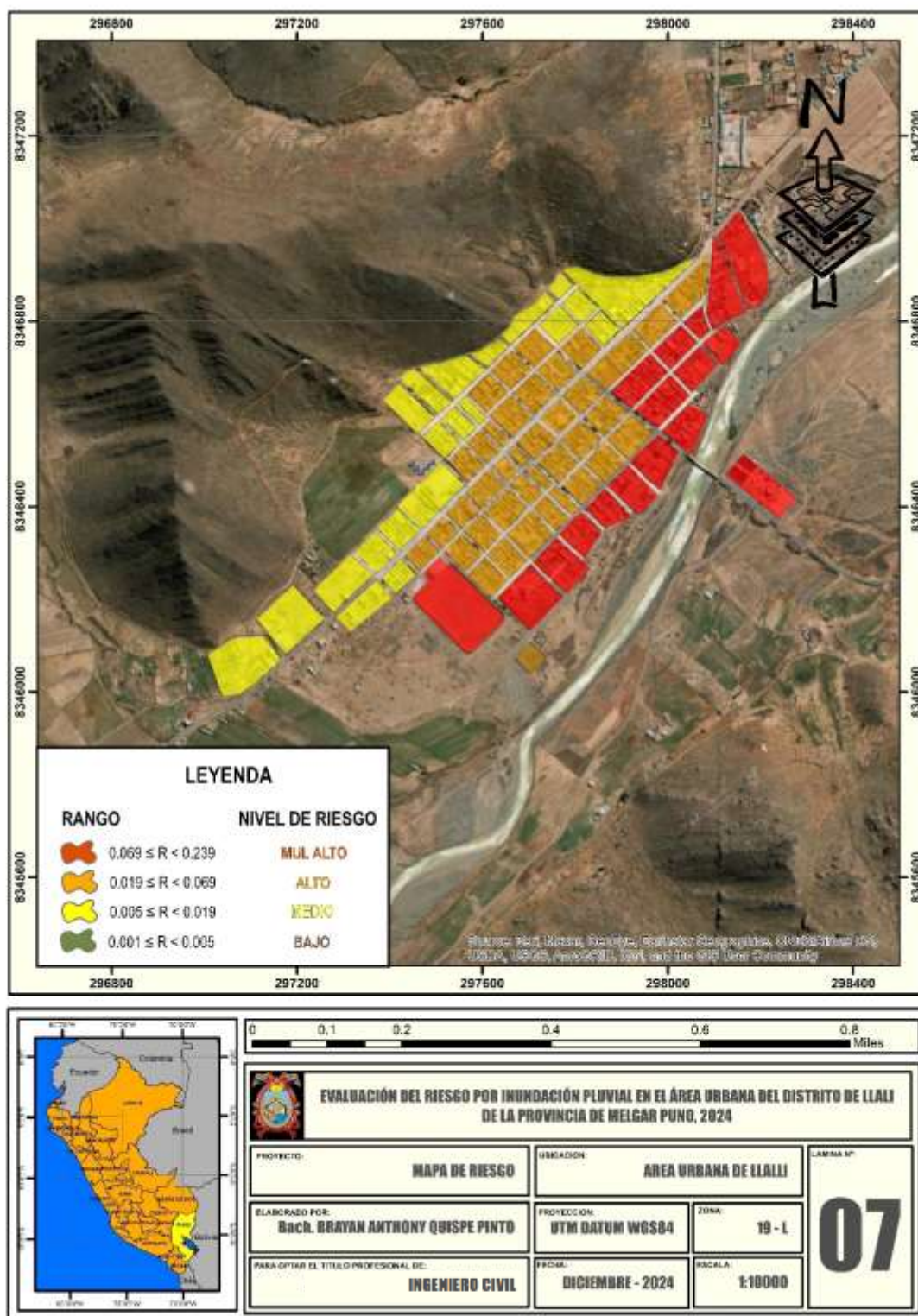
Para complementar esta estratificación y ofrecer una representación espacial más precisa y detallada, se utilizó el software ArcGIS 10.5, que permitió modelar



y visualizar el nivel de riesgo del área de estudio sobre una base cartográfica georreferenciada. El resultado, que puede apreciarse en la Figura 16, muestra con claridad la distribución territorial del riesgo por inundación pluvial en el área urbana de Llalli, constituyendo un insumo fundamental para la planificación de intervenciones y la toma de decisiones en materia de gestión del riesgo a nivel local..

Figura 17

Mapa de riesgo del área urbana del distrito de Llalli



Mapa de riesgo

La Figura 17 muestra el mapa de riesgo por inundación pluvial del área urbana del distrito de Llalli, y los números que arroja no dejan mucho espacio para la tranquilidad. El 30% del área urbana presenta un nivel de riesgo muy alto y el 40% un nivel de riesgo alto. Sumados, más de dos tercios del territorio urbano del distrito viven bajo una amenaza real y concreta ante las inundaciones pluviales. Esta cifra por sí sola justifica la urgencia de actuar.

Medidas estructurales

La intervención más urgente y necesaria en términos físicos es la construcción de un sistema de evacuación pluvial para el área urbana de Llalli. En términos concretos, esto significa diseñar y construir canales de drenaje que permitan que el agua de lluvia fluya de manera ordenada y no se acumule en calles, patios y viviendas. Sin esa infraestructura, cualquier otra medida tendrá un alcance limitado.

Para que el sistema funcione bien y dure en el tiempo, su diseño debe partir de estudios técnicos serios de hidrología, topografía y mecánica de suelos. No se trata de construir por construir, sino de construir bien. Además, hay que asegurarse de que el punto de descarga de esas aguas no genere nuevos problemas en las zonas vecinas, lo que implica coordinar con propietarios, autoridades locales, la Autoridad Nacional del Agua y otros actores involucrados antes de iniciar cualquier obra.

El sistema también debe tomar en cuenta la forma natural del terreno y contemplar tanto estructuras nuevas como el reforzamiento de las ya existentes, aprovechando lo que ya hay y completando lo que falta para lograr una solución integral que realmente proteja al distrito.

Medidas no estructurales

Una obra de drenaje puede reducir el riesgo, pero no puede eliminarlo por sí sola si la gente no sabe cómo cuidar su entorno, cómo construir de manera segura o cómo actuar cuando llega una emergencia. Por eso las medidas no estructurales son tan importantes como las físicas, y deben trabajarse de manera conjunta y coordinada con la Municipalidad Distrital de Llalli y la Defensa Civil del Gobierno Regional de Puno.

Lo primero es trabajar con la comunidad para que conozca y cuide su medio ambiente. Proteger los cursos de agua, conservar los árboles y manejar bien los residuos sólidos y líquidos son acciones que parecen pequeñas pero que tienen un impacto real en la capacidad del territorio para absorber las lluvias sin convertirlas en desastre.

También es fundamental que la población aprenda a construir bien. Muchas de las viviendas más vulnerables del distrito lo son precisamente porque fueron levantadas sin criterios técnicos. Capacitar a las familias en el uso de materiales adecuados como ladrillo, columnas, vigas y losas de concreto, siempre bajo dirección técnica y cumpliendo el Reglamento Nacional de Edificaciones, puede marcar una diferencia enorme en la resistencia de las viviendas ante una inundación. Toda construcción nueva en el área debe además basarse en un estudio de mecánica de suelos.

Es necesario también contar con un Plan de Seguridad y Contingencia que identifique claramente las zonas seguras del distrito y que organice a la comunidad en brigadas de respuesta. Estudiantes, docentes, personal administrativo y padres de familia pueden y deben ser parte de ese sistema de protección colectiva.

Las capacitaciones deben ser regulares y prácticas, no eventos aislados. La población necesita saber qué hacer antes, durante y después de una lluvia intensa, y eso solo se aprende con información clara, ejercicios concretos y simulacros periódicos que pongan a prueba la respuesta de toda la comunidad ante una emergencia real.

Finalmente, los resultados de este estudio deben llegar a la gente. Socializar los mapas de riesgo, explicar qué significa vivir en una zona de peligro alto o muy alto y orientar a las familias sobre cómo reducir su exposición son pasos concretos que pueden salvar vidas. Del mismo modo, todos los proyectos futuros en el área urbana deben respetar los límites de propiedad, los alineamientos viales y las disposiciones de las entidades competentes para evitar que nuevas construcciones agraven la situación de riesgo existente.

4.2. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio tienen su propio sello: responden a las condiciones particulares del distrito de Llalli y no siempre coinciden con lo que otros investigadores encontraron en territorios diferentes. Esa diferencia no es un problema; es una señal de que el riesgo tiene rostros distintos según el lugar donde se analiza.

Al comparar con el estudio de Magaña, los resultados no son similares. Ese trabajo identificó incrementos importantes en las áreas de riesgo alto y muy alto, explicados por características geológicas compactas que impiden la infiltración del agua y favorecen su acumulación en superficie. Si bien ese mecanismo también opera en Llalli, las dimensiones y la distribución del riesgo son diferentes.

Con el estudio de Toledo tampoco hay puntos de coincidencia significativos. En ese caso el riesgo alto cubría el 88.50% del área y el muy alto el 5.17% para períodos de retorno cortos, cifras que se disparan hasta abarcar la totalidad del área urbana en períodos de retorno más largos. La diferencia radica principalmente en la intensidad de las precipitaciones y en la predominancia de zonas de pendiente plana, condiciones que en ese territorio generan un nivel de riesgo más extendido que en el distrito de Llalli.

El estudio de Chanca e Inga (2018) en la localidad de Moya tampoco es comparable de manera directa. Allí se identificó alta peligrosidad y vulnerabilidad en varios centros poblados, asociadas a suelos geológicamente compactos que dificultan el drenaje natural, aunque en un contexto geográfico y social con características propias que lo diferencian del área de estudio.

El trabajo de Manrique (2021) sobre Santa Rosa de Shapajilla mostró una distribución diferente del riesgo: 60.3% en nivel medio, 30.5% en nivel alto y 9.2% en peligrosidad extremadamente alta. La conclusión de que esa localidad no es segura durante los períodos de mayor lluvia resuena con los hallazgos de este estudio, aunque las proporciones y la distribución espacial del riesgo difieren de manera notable.

Con Quintana y otros (2018), que estudiaron el centro poblado de Huacarpay en el distrito de Lucre, tampoco hay similitud directa. Ese territorio fue clasificado principalmente en riesgo alto por las lluvias recurrentes que lo afectan, un factor compartido con Llalli pero que se expresa de manera diferente según las condiciones físicas de cada lugar.

Finalmente, el estudio de Lucas (2018) sobre Roblecito en el Cantón Urdaneta encontró que la mayor parte del poblado está bajo riesgo alto y muy alto por



inundación pluvial, explicado fundamentalmente por su ubicación en una topografía plana rodeada de montañas que concentra el agua en las zonas bajas. Esta dinámica guarda cierto parecido con algunas zonas del área urbana de Lalli, pero las condiciones geográficas específicas de cada territorio hacen que los resultados no sean directamente comparables.

CONCLUSIONES

- Primera:** Los resultados del estudio dejan en evidencia que el área urbana del distrito de Llalli enfrenta un nivel de peligro muy alto a alto ante las inundaciones provocadas por lluvias intensas. Esta situación no es casual ni pasajera: responde a condiciones estructurales del territorio que difícilmente cambiarán por sí solas. El hecho de que el suelo urbano sea de tipo centro urbano totalmente compactado impide que el agua de lluvia se infiltre con normalidad, y la topografía plana del área hace que esa agua no tenga hacia dónde escurrir con rapidez. La combinación de ambos factores convierte al distrito en un territorio especialmente expuesto ante cualquier evento de precipitación intensa.
- Segunda:** En cuanto a la vulnerabilidad, los resultados muestran una distribución preocupante: los niveles muy alto, alto y medio se presentan en proporciones similares dentro del área urbana, lo que indica que prácticamente ningún sector del distrito está libre de riesgo. Las principales razones tienen rostro concreto: viviendas con paredes de adobe, techos de calamina y un sistema de drenaje pluvial tan deteriorado y obsoleto que en lugar de evacuar el agua termina colmatando calles y viviendas. Estas condiciones materiales, sumadas a las características sociales y ambientales identificadas, configuran un escenario de vulnerabilidad que necesita atención urgente.



Tercera: Frente a este panorama, el estudio propone intervenciones tanto físicas como sociales. En el plano estructural, la medida más urgente es el diseño y construcción de un sistema de evacuación pluvial que permita conducir y drenar el agua de lluvia antes de que cause daño. En el plano no estructural, las acciones pasan por fortalecer los conocimientos de la población sobre el cuidado del medio ambiente y las normas de construcción segura, implementar programas de capacitación sobre medidas de seguridad ante lluvias intensas y realizar simulacros periódicos de evacuación con participación activa de la comunidad y de las instituciones competentes. Ninguna de estas acciones es suficiente por sí sola; su valor está precisamente en implementarlas de manera conjunta y sostenida.

RECOMENDACIONES

- Primera:** Sería muy valioso ampliar este tipo de estudios a otras localidades de la región y del país que comparten características similares o que son afectadas año tras año por inundaciones pluviales. Cada territorio tiene sus particularidades, pero los aprendizajes metodológicos de este estudio pueden adaptarse y aplicarse en otros contextos para que más comunidades cuenten con información técnica que les permita actuar antes de que el desastre llegue.
- Segunda:** Las instituciones con capacidad de tomar decisiones en el distrito de Llalli tienen ahora en sus manos evidencia técnica sólida sobre el nivel de riesgo que enfrenta su población. La recomendación es directa: ese conocimiento debe traducirse en acción. Las autoridades locales, regionales y nacionales están en condiciones de implementar medidas concretas de prevención frente al riesgo por inundación pluvial, y este estudio les ofrece una hoja de ruta clara para hacerlo.
- Tercera:** La población de Llalli necesita saber a qué riesgos está expuesta y cómo puede protegerse. Se recomienda implementar campañas de sensibilización y programas de capacitación continuos, no eventos puntuales, que lleguen a todos los sectores de la comunidad y que estén diseñados en un lenguaje cercano y comprensible. Una comunidad informada y preparada es mucho más resiliente que una que espera que el desastre llegue sin saber qué hacer.
- Cuarta:** Las medidas de prevención y reducción del riesgo identificadas en este estudio, tanto estructurales como no estructurales, deben ser gestionadas ante las autoridades competentes con la mayor celeridad



posible. No se trata de recomendaciones opcionales; son acciones necesarias para reducir el riesgo al que está expuesta la población del distrito. Se recomienda que las autoridades locales lideren ese proceso de gestión y que involucren a todos los actores institucionales relevantes.

Quinta: De manera específica, se recomienda priorizar la implementación del canal de drenaje pluvial como intervención estructural central, acompañada de manera simultánea por las medidas no estructurales propuestas. Separar ambas líneas de acción o implementarlas de manera desarticulada reduciría considerablemente su efectividad. La protección real del distrito de Llalli frente a las inundaciones pluviales depende de que estas intervenciones se ejecuten de manera integral, planificada y con el compromiso sostenido de todos los actores involucrados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto, C. (2017). *Evaluación de riesgo de inundación mediante modelo de gestión de aguas pluviales del sector sur de la ciudad de Cajamarca*. Cajamarca [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3327>
- Alvarado, S. (2014). *Uso de un Sistema de Informacion Geografica para el analisis de amenaza por inundaciones en la cuenca alta del rio Bogota- Municipio de cota- limites, Localidad de Suba*. Bogota [Tesis de grado Universidad Catolica de Colombia].
- Baena, G. (2017). *Metodologia de la investigacion*. Mexico: Grupo Editorial Patria.
Obtenido de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Bautista, F., & Aguilar, Y. (2021). Riesgo de inundación ante lluvias extremas en el Karst de la ciudad de Mérida Yucatán México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 1-13.
- Bautista, F., & Aguilar, Y. (2021). Riesgo de inundación ante lluvias extremas en el Karst de la ciudad de Mérida Yucatán México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 1-13.
- De la Quintana, J., Gomez, J., Jimenez, G., Morales, J., Quispe, M., & Cavero, S. (2018). Evaluación de riesgo por inundación pluvial en el distrito de Lucre y centro poblado de Huacarpay de la provincia de Quispicanchis - región Cusco. *MAST'ARIY*, 1-7.

- Gonzalo, W., & Paucar, M. (2020). *Análisis y estimación de un modelo probabilista de riesgo por inundación, aplicado a la microcuenca Llavini, distrito, provincia y región de Puno - Perú*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Puno: Universidad Nacional del Altiplano].
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2014). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V.
- INDECI . (2006). *Evaluación / Estimación del Riesgo*. Lima: Instituto Nacional de Defensa Civil.
- IPCC. (2013). *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: The Physical Science Basis.
- Lucas, G. (2018). *Análisis del riesgo por inundación en la localidad de Roblecito, Cantón Urdaneta: propuesta de medidas de mitigación*. Guayaquil [Tesis de grado Universidad de Guayaquil]. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29502/1/TESIS-GIUSEPPE%20LUCAS%20VERA.pdf>
- Manque, M. (2021). *Determinación de los niveles y zonas de riesgos por inundación en el caserío Santa Rosa de Shapajilla*. Tingo Maria [Tesis de grado Universidad Nacional Agraria la Selva].
- Manrique, M. (2021). *Determinación de los niveles y zonas de riesgos por inundación en el caserío Santa Rosa de Shapajilla*. Tingo Maria [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Selva].



MINAM. (2019). *Escenarios climaticos en el Peru para el año 2030*. Lima: Ministerio del Ambiente.

SENAMHI. (2015). *Validacion de datos CHIRPS de precipitacion para monitoreo de periodos secos y humedos en el Peru*. Lima: Servicio nacional de meteorologia y climatologia.

Tacsá, E. (2020). *Inundación fluvial y pluvial en el casco urbano del distrito de José Crespo y castillo, a fin de proponer medidas estructurales y no estructurales*. Huánuco [Tesis de grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. Obtenido de <http://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/UNHEVAL/5817/TIC00206T12.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Toledo, B. (2022). *Evaluacion del riesgo por inundacion pluvial en la zona urbana del distrito de Ocuvi, provincia de Lampa*. Puno [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano Puno].



ANEXOS

Anexo 2 Datos de precipitación (estación Santa Rosa)

AÑO	ENE	FEBR	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC.	MEDIA
1964	7.50	17.80	24.90	10.20	14.90	0.00	0.00	4.40	3.40	4.00	11.00	11.90	24.90
1965	35.20	22.50	20.90	12.50	3.30	0.50	2.50	0.00	7.70	12.90	33.50		35.20
1966	16.00	22.50	14.80	10.00	16.20	0.00	0.00	0.00	3.00		19.30	19.90	22.50
1967	12.10	13.70	25.00	17.90	7.50	0.40	3.80	4.10	11.60	12.60	12.90	28.20	28.20
1968	21.60	29.80	22.00	8.50	7.20	1.60	5.80	3.00	11.10		32.50	20.40	32.50
1969	20.70	14.80	8.20		0.00	0.50	5.30	1.00	11.50	17.70	20.40	45.70	45.70
1970	15.60	33.30	19.20	9.50	8.70	3.40	0.00	5.40	7.20	9.30	4.20	26.20	33.30
1971	33.60	30.70	21.30	12.00	3.90	5.30	0.00	4.70	1.80	6.30	12.90	19.40	33.60
1972	35.40	17.40	22.90	14.80	0.30	0.00	0.00	1.50	7.10	15.00	10.30	26.60	35.40
1973	30.20	28.80	28.10	25.70	19.00	1.20	8.90	5.50	14.90	6.60	15.60	31.40	31.40
1974	25.80	27.40	25.70	5.30	0.30	5.60	0.60	21.30	2.40	11.00	6.50	33.10	33.10
1975	26.20	21.50	22.60	10.00	11.00	0.80	0.00	1.60	0.70	11.00	15.90	25.30	26.20
1976	28.30	35.20	30.40	14.60	12.80	0.90	2.30	14.70	15.00	2.10	3.00	12.20	35.20
1977	19.40	20.70	27.00	2.80	1.30	0.00	3.70	0.00	7.20	12.50	22.80	26.70	27.00
1978	33.10	19.50	25.60	10.00	0.30	1.00	0.60	0.40	9.90	15.60	25.50	34.00	34.00
1979	31.80	17.90	28.10	11.40	1.30	0.00	2.40	4.30	0.90	16.30	26.60	24.30	31.80
1980	27.70	13.60	36.50	4.90	1.20	0.20	3.10	4.60	10.80	24.60	5.60	9.20	36.50
1981	23.50	45.30	32.90	35.30	1.40	0.00	0.00	11.20	1.40	15.90	17.30	26.00	45.30
1982	21.10	15.00	21.10	22.90	3.20	0.50	0.00	1.40	8.60	18.80	22.20	12.50	22.90
1983	30.00	10.60	30.40	18.30	10.80	1.90	0.00	0.70	3.80	8.10	1.50	18.90	30.40
1984	31.40	31.40	26.30	7.20	11.60	0.80	0.90	15.30	0.00	18.80	27.10	43.60	43.60
1985	9.90	17.40	27.30	18.80	20.80	7.10	0.00	0.80	2.30	9.00	32.60	31.00	32.60
1986	28.70	26.30	18.70	35.70	4.50	0.00	0.00	2.50	6.80	17.70	17.50	21.50	35.70
1987	25.20	8.20	16.20	4.00	0.60	1.50	13.50	0.60	1.50	15.80	19.30	14.00	25.20
1988	27.80	14.20	32.40	18.30	4.60	0.00	0.00	0.00	9.20	15.40	2.50	19.70	32.40
1989	22.00	23.30	16.30	27.90	2.40	7.90	1.20	3.50	1.40	5.40	17.60	34.30	34.30
1990	27.10	17.40	14.80	17.10	2.50	19.90	0.00	5.20	2.30	19.30	20.00	17.60	27.10
1991	32.10	26.10	28.80	18.60	3.60	14.70	3.10	0.00	16.20	11.40	12.00	24.50	32.10
1992	18.40	36.60	8.90	8.20	0.00	1.60	0.00	28.70	0.00	6.00	17.00	23.40	36.60
1993	36.30	30.80	26.80	13.00	3.80	0.80	0.00	7.30	1.60	32.60	22.40	30.80	36.30
1994	35.60	18.60	23.40	14.70	23.40	1.10	0.00	0.00	12.70	10.50	37.30	21.60	37.30



1995	20.30	22.20	22.30	17.5 0	1.10	0.00	0.00	2.60	4.70	5.50	11.9 0	25.4 0	25.4 0
1996	39.80	20.30	11.40	19.1 0	15.0 0	0.00	0.00	18.1 0	6.20	2.10	29.6 0	38.8 0	39.8 0
1997	40.60	27.20	12.40	17.3 0	4.90	0.00	0.30	9.80	14.3 0	11.7 0	42.3 0	24.2 0	42.3 0
1998	19.60	38.00	18.00	17.5 0	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	16.2 0	21.0 0	18.5 0	38.0 0
1999	30.00	12.80	29.10	25.8 0	16.6 0	1.10	0.80	1.90	5.20	23.4 0	13.9 0	38.6 0	38.6 0
2000	34.00	30.50	34.40	12.0 0	6.60	1.50	0.40	6.50	4.40	24.7 0	5.00	28.7 0	34.4 0
2001	28.90	49.90	17.70	29.6 0	14.2 0	2.90	3.70	7.20	5.70	20.5 0	12.1 0	20.0 0	49.9 0
2002	40.50	47.90	13.60	17.0 0	5.70	1.10	13.8 0	2.20	4.30	12.3 0	16.0 0	30.8 0	47.9 0
2003	36.40	31.40	35.20	7.20	5.60	2.80	0.00	0.00	7.90	14.0 0	7.60	28.6 0	36.4 0
2004	28.30	40.00	13.90	16.6 0	0.00	0.30	5.40	4.90	15.0 0	8.10	9.30	26.0 0	40.0 0
2005	20.60	30.60	15.60	19.4 0	0.00	0.00	0.00	0.60	20.6 0	9.00	43.3 0	20.1 0	43.3 0
2006	17.70	30.40	30.20	33.1 0	1.80	0.00	0.00	9.10	15.3 0	11.3 0	28.8 0	14.2 0	33.1 0
2007	25.50	33.00	29.90	20.0 0	7.80	0.00	7.10	0.00	4.50	14.4 0	13.5 0	20.5 0	33.0 0
2008	25.20	12.70	26.20	3.50	0.50	3.90	0.00	0.20	3.30	13.6 0	6.90	38.6 0	38.6 0
2009	12.70	26.30	16.10	15.9 0	2.60	0.00	3.40	0.70	3.40	15.8 0	19.1 0	21.9 0	26.3 0
2010	31.10	32.70	18.70	10.9 0	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	13.1 0	18.8 0	20.3 0	32.7 0
2011	28.30	23.10	22.30	27.6 0	2.90	0.00	3.90	1.50	8.20	4.90	15.6 0	31.1 0	31.1 0
2012	49.90	29.70	22.90	13.1 0	1.30	0.40	0.00	3.20	2.10	20.2 0	21.9 0	21.6 0	49.9 0
2013	23.50	22.10	13.30	3.70	5.50	3.40	3.00	10.4 0	0.00	9.50	29.0 0	27.0 0	29.0 0
2014	44.80	16.00	14.00	17.2 0	3.30	0.00	5.10	3.60	10.1 0	15.9 0	11.4 0	19.6 0	44.8 0
2015	17.20	25.50	15.40	15.8 0	0.00	2.60	5.20	4.50	4.00	14.3 0	37.8 0	13.0 0	37.8 0
2016	15.50	27.00	16.70	22.1 0	1.70	4.20	2.70	6.30	7.50	28.0 0	8.60	15.2 0	28.0 0
2017	9.90	17.40	27.30	18.8 0	20.8 0	7.10	0.00	0.80	2.30	9.00	32.6 0	31.0 0	32.6 0
2018	28.70	26.30	18.70	35.7 0	4.50	0.00	0.00	2.50	6.80	17.7 0	17.5 0	21.5 0	35.7 0
2019	25.20	8.20	16.20	4.00	0.60	1.50	13.5 0	0.60	1.50	15.8 0	19.3 0	14.0 0	25.2 0
2020	27.80	14.20	32.40	18.3 0	4.60	0.00	0.00	0.00	9.20	15.4 0	2.50	19.7 0	32.4 0
2021	22.00	23.30	16.30	27.9 0	2.40	7.90	1.20	3.50	1.40	5.40	17.6 0	34.3 0	34.3 0
2022	27.10	17.40	14.80	17.1 0	2.50	19.9 0	0.00	5.20	2.30	19.3 0	20.0 0	17.6 0	27.1 0
PRO M.	27.00	26.1	22.8	15.8	5.9	2.1	2.4	4.5	6.5	13.6	18.3	24.6	
STD	9.10	10.20	7.80	7.80	6.00	3.80	3.70	5.80	5.00	6.30	10.3 0	8.10	
MIN	7.30	7.50	8.20	8.20	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	1.50	9.20	
MAX	49.90	55.00	44.00	35.7 0	23.4 0	19.9 0	16.7 0	28.7 0	20.6 0	32.6 0	43.3 0	45.7 0	
MED.	27.80	25.80	22.50	15.9 0	3.70	0.80	0.60	2.60	5.60	13.4 0	17.4 0	24.3 0	



Anexo 3 Datos de precipitación (estación Llalli)

AÑO	ENE	FEBR	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC.	MEDIA
1964	16.0	9.0							4.0	9.5	12.5	9.0	
1965	22.0	18.5	35.5	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	2.5	15.0	35.5	35.5
1966	13.5	28.0	22.5	11.5	10.0	0.0	0.0	0.0	3.0	13.5	15.0	21.0	28.0
1967	18.5	32.0	15.0	18.0	4.0	0.0	10.5	8.0	7.5	25.0	18.0	27.0	32.0
1968	18.8	23.0	23.5	5.5	0.8	0.0	9.5	3.0	8.0	6.2	14.0	14.0	23.5
1969	15.8	27.7	7.0	11.0	0.0	1.0	5.0	0.5	4.7	9.0	16.5	14.0	27.7
1970	20.0	19.0	23.0	14.0	17.0	0.0	0.0	0.0	9.0	11.0	12.0	20.0	23.0
1971	9.0	31.0	4.0	29.2	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	8.0	11.0	25.0	31.0
1972	21.5	18.0	15.2	12.8	1.2	0.0	2.8	5.8	4.8	7.5	8.0	26.2	26.2
1973	17.8	13.0	16.5	10.0	7.0	0.0	5.0	1.8	18.8	22.9	20.4	16.5	22.9
1974	17.8	22.8	11.0	7.7	5.5	7.0	0.0	19.0	3.4	7.2	16.6	20.7	22.8
1975	25.5	21.4	12.6	10.0	2.9	0.0	0.0	0.0	3.5	31.3	15.0	20.0	31.3
1976	25.9	11.5	10.2	11.0	1.8	0.0	0.0	0.0	7.5	2.7	0.0	11.0	25.9
1977	6.5	10.8	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	16.0	15.0	16.0
1978	29.4	14.8	9.3	0.0					10.5	10.3	25.6	22.2	29.4
1979	21.5	12.4	26.5	11.3									26.5
1980													
1981								4.5		14.3			
1982	17.5	14.0	32.0	30.0	0.0	1.0	0.0	20.0	6.4	42.7	37.4	26.5	42.7
1983	8.4	14.1	33.5	26.9	0.4	2.1	0.0	0.0	6.5	9.2	14.5	26.2	33.5
1984	33.6	21.4	14.0	13.5	12.5	2.2	0.0	10.0	0.0				33.6
1985		24.4	28.0	29.0	4.2	19.8	0.0	0.0	8.6				29.0
1986		30.5	27.2	18.4	15.5	0.0	0.0	2.3	9.3	2.6	21.0	26.3	30.5
1987	19.3	17.8	13.7	12.0	4.0	4.3	11.9	2.1	1.5	17.7	29.2	33.4	33.4
1988	24.2	36.2	20.0	22.4	8.0	0.0	0.0	0.0	14.5	18.0	1.1	21.8	36.2
1989	26.0	15.8	20.9	13.2	3.5	1.1	0.1	24.7	17.0	10.6	8.0	16.8	26.0
1990	30.0	40.2	11.0	15.5	1.8	15.2	0.0	2.3	10.9	18.0	12.5	15.0	40.2
1991	52.2	23.6	21.3	11.6	11.0	20.2	0.6	2.9	4.5	31.8	9.2	24.4	52.2
1992	20.8	19.5	11.6	17.2	0.0	9.8	0.0	21.0	0.9	7.8	8.2	11.0	21.0
1993	33.5	11.0	18.8	7.7	0.3	10.8	0.3	10.0	10.0	22.2		17.5	33.5
1994	18.0	12.0	35.5	14.4	4.4	0.0	0.0	7.5	3.4	13.7	20.3	23.9	35.5
1995	18.5	25.0	24.3	26.0	0.5	0.0	0.0	0.0	3.5	9.0	16.2	20.0	26.0
1996	31.6	22.8	14.7	5.0	6.0	0.0	0.0	2.6	4.4	6.2	19.1	25.3	31.6
1997	13.8	30.1	23.6	5.4	1.4	0.0	0.0	12.8			31.5	45.9	45.9
1998	13.5	12.8	30.5	17.5	0.0	0.5	0.0	1.9	0.5	11.3	43.2	19.5	43.2
1999	13.0	27.1	19.0	34.7	6.4	0.0	0.0	0.0	11.4	8.4	14.3	9.0	34.7
2000	18.0	43.4	21.1	3.5	3.3	1.0	4.1	2.3	2.0	17.6	6.0	13.5	43.4
2001	25.8	20.5	13.4	20.0	12.6	2.9	0.8	4.8	3.6	11.7	6.1	15.7	25.8
2002	18.6	32.0	11.4	11.0	7.6	2.0	4.5	5.5	13.5	32.0	31.8	11.0	32.0
2003	34.3	20.5	41.7	14.2	5.8	4.8	0.0	8.4	11.8	18.6	12.8	31.7	41.7
2004	25.9	36.7	23.9	11.5	2.1	0.4	2.2	8.7	12.7	10.6	31.3	27.8	36.7
2005	25.8	26.1	34.5	6.7	0.2	0.0	0.0	4.4	3.5	20.6	19.0	11.4	34.5
2006	22.0	11.7	17.8	18.7	0.0	0.6	0.0	1.3	1.8	38.5	13.2	25.1	38.5
2007	27.5	18.8	29.4	14.6	7.3	0.0	0.0	0.6	5.4	11.3	32.9	24.6	32.9
2008	26.1	37.9	24.9	4.0	1.0	0.5	0.0	0.4	0.7	9.6	14.9	20.4	37.9
2009	18.5	24.1	39.5	17.5	3.8	0.0	0.9	0.2	10.6	21.2	15.7	27.3	39.5
2010	33.3	27.2	15.7	15.9	11.3	0.0	0.0	0.6	0.4	7.5	8.0	14.8	33.3
2011	13.9	18.1	29.0	24.5	6.7	1.2	2.7	2.1	3.3	9.7	35.2	42.7	42.7
2012	17.6	18.3	17.3	7.7	7.4	0.0	0.5	0.0	1.6	10.7	22.8	18.7	22.8
2013	12.4	19.4	12.5	15.9	1.8	3.1	0.8	4.6	12.4	25.9	19.1	20.1	25.9
2014	25.1	21.7	25.9	2.4	0.8	0.0	1.1	4.3	11.6	27.2	11.4	19.0	27.2
2015	22.5	18.3	11.3	15.9	1.2	1.2	4.8	2.1	7.4	7.3	22.1	38.9	38.9
2016	21.3	22.9	19.8	15.6	2.6	0.3	7.1	6.0		8.1		18.5	22.9
2017	9.5	12.8	19.4	6.1	16.1	0.0	9.2	0.0	6.1	26.8	17.5	27.3	27.3
2018	21.9	22.9	22.1	11.9	0.9	9.1	19.0	7.1	9.1	8.0	13.5	5.3	22.9
2019	25.9	36.7	23.9	11.5	2.1	0.4	2.2	8.7	12.7	10.6	31.3	27.8	36.7
2020	25.8	26.1	34.5	6.7	0.2	0.0	0.0	4.4	3.5	20.6	19.0	11.4	34.5
2021	22.0	11.7	17.8	18.7	0.0	0.6	0.0	1.3	1.8	38.5	13.2	25.1	38.5
2022	27.5	18.8	29.4	14.6	7.3	0.0	0.0	0.6	5.4	11.3	32.9	24.6	32.9
PRO M.	25.6	21.9	23.7	15.2	4.5	2.4	1.9	4.5	7.9	7.9	13.7	18.2	23.5
STD	11.2	7.8	10.1	7.1	4.4	4.0	4.0	6.7	6.2	6.2	7.2	7.1	8.0



MIN	10.3	10.0	8.6	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	3.7	11.1
MAX	74.2	46.6	59.2	43.7	14.7	23.5	24.7	32.6	32.6	25.5	34.0	33.5	43.3
MED.	23.8	21.6	21.9	14.3	3.1	0.0	0.0	2.1	2.1	6.5	12.7	19.0	22.4

Anexo 4 Datos de precipitación (estación Pucara)

AÑO	ENE	FEBR	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC.	MED IA
1964	16.0	9.0							4.0	9.5	12.5	9.0	
1965	22.0	18.5	35.5	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	2.5	15.0	35.5	35.5
1966	13.5	28.0	22.5	11.5	10.0	0.0	0.0	0.0	3.0	13.5	15.0	21.0	28.0
1967	18.5	32.0	15.0	18.0	4.0	0.0	10.5	8.0	7.5	25.0	18.0	27.0	32.0
1968	18.8	23.0	23.5	5.5	0.8	0.0	9.5	3.0	8.0	6.2	14.0	14.0	23.5
1969	15.8	27.7	7.0	11.0	0.0	1.0	5.0	0.5	4.7	9.0	16.5	14.0	27.7
1970	20.0	19.0	23.0	14.0	17.0	0.0	0.0	0.0	9.0	11.0	12.0	20.0	23.0
1971	9.0	31.0	4.0	29.2	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	8.0	11.0	25.0	31.0
1972	21.5	18.0	15.2	12.8	1.2	0.0	2.8	5.8	4.8	7.5	8.0	26.2	26.2
1973	17.8	13.0	16.5	10.0	7.0	0.0	5.0	1.8	18.8	22.9	20.4	16.5	22.9
1974	17.8	22.8	11.0	7.7	5.5	7.0	0.0	19.0	3.4	7.2	16.6	20.7	22.8
1975	25.5	21.4	12.6	10.0	2.9	0.0	0.0	0.0	3.5	31.3	15.0	20.0	31.3
1976	25.9	11.5	10.2	11.0	1.8	0.0	0.0	0.0	7.5	2.7	0.0	11.0	25.9
1977	6.5	10.8	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	16.0	15.0	16.0
1978	29.4	14.8	9.3	0.0					10.5	10.3	25.6	22.2	29.4
1979	21.5	12.4	26.5	11.3									26.5
1980													
1981								4.5		14.3			
1982	17.5	14.0	32.0	30.0	0.0	1.0	0.0	20.0	6.4	42.7	37.4	26.5	42.7
1983	8.4	14.1	33.5	26.9	0.4	2.1	0.0	0.0	6.5	9.2	14.5	26.2	33.5
1984	33.6	21.4	14.0	13.5	12.5	2.2	0.0	10.0	0.0				33.6
1985		24.4	28.0	29.0	4.2	19.8	0.0	0.0	8.6				29.0
1986		30.5	27.2	18.4	15.5	0.0	0.0	2.3	9.3	2.6	21.0	26.3	30.5
1987	19.3	17.8	13.7	12.0	4.0	4.3	11.9	2.1	1.5	17.7	29.2	33.4	33.4
1988	24.2	36.2	20.0	22.4	8.0	0.0	0.0	0.0	14.5	18.0	1.1	21.8	36.2
1989	26.0	15.8	20.9	13.2	3.5	1.1	0.1	24.7	17.0	10.6	8.0	16.8	26.0
1990	30.0	40.2	11.0	15.5	1.8	15.2	0.0	2.3	10.9	18.0	12.5	15.0	40.2
1991	52.2	23.6	21.3	11.6	11.0	20.2	0.6	2.9	4.5	31.8	9.2	24.4	52.2
1992	20.8	19.5	11.6	17.2	0.0	9.8	0.0	21.0	0.9	7.8	8.2	11.0	21.0
1993	33.5	11.0	18.8	7.7	0.3	10.8	0.3	10.0	10.0	22.2		17.5	33.5
1994	18.0	12.0	35.5	14.4	4.4	0.0	0.0	7.5	3.4	13.7	20.3	23.9	35.5
1995	18.5	25.0	24.3	26.0	0.5	0.0	0.0	0.0	3.5	9.0	16.2	20.0	26.0
1996	31.6	22.8	14.7	5.0	6.0	0.0	0.0	2.6	4.4	6.2	19.1	25.3	31.6
1997	13.8	30.1	23.6	5.4	1.4	0.0	0.0	12.8			31.5	45.9	45.9
1998	13.5	12.8	30.5	17.5	0.0	0.5	0.0	1.9	0.5	11.3	43.2	19.5	43.2
1999	13.0	27.1	19.0	34.7	6.4	0.0	0.0	0.0	11.4	8.4	14.3	9.0	34.7
2000	18.0	43.4	21.1	3.5	3.3	1.0	4.1	2.3	2.0	17.6	6.0	13.5	43.4
2001	25.8	20.5	13.4	20.0	12.6	2.9	0.8	4.8	3.6	11.7	6.1	15.7	25.8
2002	18.6	32.0	11.4	11.0	7.6	2.0	4.5	5.5	13.5	32.0	31.8	11.0	32.0
2003	34.3	20.5	41.7	14.2	5.8	4.8	0.0	8.4	11.8	18.6	12.8	31.7	41.7
2004	25.9	36.7	23.9	11.5	2.1	0.4	2.2	8.7	12.7	10.6	31.3	27.8	36.7
2005	25.8	26.1	34.5	6.7	0.2	0.0	0.0	4.4	3.5	20.6	19.0	11.4	34.5
2006	22.0	11.7	17.8	18.7	0.0	0.6	0.0	1.3	1.8	38.5	13.2	25.1	38.5
2007	27.5	18.8	29.4	14.6	7.3	0.0	0.0	0.6	5.4	11.3	32.9	24.6	32.9
2008	26.1	37.9	24.9	4.0	1.0	0.5	0.0	0.4	0.7	9.6	14.9	20.4	37.9
2009	18.5	24.1	39.5	17.5	3.8	0.0	0.9	0.2	10.6	21.2	15.7	27.3	39.5
2010	33.3	27.2	15.7	15.9	11.3	0.0	0.0	0.6	0.4	7.5	8.0	14.8	33.3
2011	13.9	18.1	29.0	24.5	6.7	1.2	2.7	2.1	3.3	9.7	35.2	42.7	42.7
2012	17.6	18.3	17.3	7.7	7.4	0.0	0.5	0.0	1.6	10.7	22.8	18.7	22.8
2013	12.4	19.4	12.5	15.9	1.8	3.1	0.8	4.6	12.4	25.9	19.1	20.1	25.9
2014	25.1	21.7	25.9	2.4	0.8	0.0	1.1	4.3	11.6	27.2	11.4	19.0	27.2
2015	22.5	18.3	11.3	15.9	1.2	1.2	4.8	2.1	7.4	7.3	22.1	38.9	38.9
2016	21.3	22.9	19.8	15.6	2.6	0.3	7.1	6.0		8.1		18.5	22.9
2017	9.5	12.8	19.4	6.1	16.1	0.0	9.2	0.0	6.1	26.8	17.5	27.3	27.3
2018	21.9	22.9	22.1	11.9	0.9	9.1	19.0	7.1	9.1	8.0	13.5	5.3	22.9
2019	25.9	36.7	23.9	11.5	2.1	0.4	2.2	8.7	12.7	10.6	31.3	27.8	36.7
2020	25.8	26.1	34.5	6.7	0.2	0.0	0.0	4.4	3.5	20.6	19.0	11.4	34.5



2021	22.0	11.7	17.8	18.7	0.0	0.6	0.0	1.3	1.8	38.5	13.2	25.1	38.5
2022	27.5	18.8	29.4	14.6	7.3	0.0	0.0	0.6	5.4	11.3	32.9	24.6	32.9
PRO	21.8	22.1	20.7	13.7	4.4	2.4	2.1	4.4	6.3	14.6	17.7	21.4	
M.													
STD	8.3	8.1	8.7	7.8	4.6	4.8	3.9	5.9	4.7	9.5	9.5	8.4	
MIN	6.5	9.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	5.3	
MAX	52.2	43.4	41.7	34.7	17.0	20.2	19.0	24.7	18.8	42.7	43.2	45.9	
MED.	21.1	21.4	20.0	12.8	3.3	0.2	0.0	2.2	4.8	11.0	15.7	20.1	



Anexo 5 Encuesta de validación de vulnerabilidad

Área urbana del distrito de Llalli – Provincia de Melgar – Puno

1. Objetivo del instrumento

Validar en campo los descriptores utilizados en el análisis de vulnerabilidad social, económica y ambiental, empleados en la evaluación del riesgo por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Llalli.

2. Tipo de instrumento

- Encuesta estructurada
- Observación directa
- Entrevista breve

3. Instrucciones

Marque con una (X) la alternativa que mejor represente la situación real de su vivienda, hogar o entorno inmediato.

I. DATOS GENERALES

Edad del encuestado: _____ años

Sexo:

- ☐ Masculino
- ☐ Femenino

Sector / Barrio: _____

II. DIMENSIÓN SOCIAL – FRAGILIDAD

2.1 Grupo etario predominante en el hogar

- ☐ 0 – 5 años
- ☐ 5 – 12 años
- ☐ 12 – 15 años
- ☐ 15 – 30 años
- ☐ 30 – 50 años
- ☐ Mayor de 65 años

2.2 Presencia de personas con discapacidad en el hogar



- ☐ No presenta
- ☐ Discapacidad física
- ☐ Discapacidad visual
- ☐ Discapacidad auditiva / habla
- ☐ Discapacidad mental o intelectual

III. DIMENSIÓN SOCIAL – RESILIENCIA

3.1 Nivel educativo predominante en el hogar

- ☐ Ninguno / Inicial
- ☐ Primaria
- ☐ Secundaria
- ☐ Superior no universitaria
- ☐ Superior universitaria o postgrado

3.2 Acceso a programas sociales

- ☐ Ninguno
- ☐ Juntos / Pensión 65
- ☐ Vaso de leche / Comedor popular
- ☐ Cuna Más / Papilla
- ☐ Vivienda propia / Techo propio

IV. DIMENSIÓN ECONÓMICA

4.1 Material predominante de las paredes

- ☐ Estera u otro material rústico
- ☐ Adobe
- ☐ Piedra con barro
- ☐ Bloque de cemento
- ☐ Ladrillo

4.2 Material predominante del techo

- ☐ Otro material
- ☐ Estera
- ☐ Calamina
- ☐ Teja andina
- ☐ Concreto armado

4.3 Estado del sistema de drenaje pluvial

- ☐ Muy obsoleto, colmata viviendas
- ☐ Obsoleto, colmata vías



- ☐ Obsoleto leve
- ☐ Al límite de su capacidad
- ☐ Adecuado

V. DIMENSIÓN AMBIENTAL

5.1 Condición del suelo

- ☐ Suelo colapsable / napa freática alta
- ☐ Baja capacidad portante
- ☐ Media capacidad portante
- ☐ Alta capacidad portante
- ☐ Buenas condiciones geotécnicas

5.2 Conocimiento y cumplimiento de normas ambientales

- ☐ Desconoce normatividad ambiental
- ☐ Solo autoridades conocen
- ☐ Conocimiento parcial de la población
- ☐ Conocimiento mayoritario
- ☐ Cumplimiento generalizado

6. Uso del instrumento en la investigación

La presente encuesta fue utilizada como instrumento de validación cualitativa de los descriptores de vulnerabilidad. Sus resultados permitieron verificar que los criterios seleccionados representan adecuadamente la realidad del área urbana del distrito de Llalli, respaldando la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) para la asignación de pesos y la elaboración de los mapas de vulnerabilidad y riesgo.

7. Observación final

Los datos obtenidos mediante esta encuesta no fueron utilizados para generar ponderaciones estadísticas directas, sino para validar la pertinencia y coherencia de los descriptores empleados, conforme a los lineamientos del CENEPRED.



ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 01 - 04 - 2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: BRAYAN ANTHONY QUISPE PINTO

Dirección: URB. CHANU CHANU I ETAPA O-21

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 71431832

Teléfono: 973630100

email: brayanqpinto@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____

email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: DE INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL

Asesor: M.SC. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN EL ÁREA URBANA
DEL DISTRITO DE LLALLI DE LA PROVINCIA DE MELGAR, PUNO, 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): Inundación pluvial, peligro, vulnerabilidad, riesgo, medidas de control.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo

Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☐ Internacional

☒ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

Firma de Autor



huella digital

01 - 04 - 2026

Fecha

