



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Mapa de Riesgo de Viviendas en las Quebradas por Inundación Pluvial

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Aguilar Pizarro, Rodrigo Sebastian
ORCID: 0009-0007-2430-6919

Leandro Nuñez, Juan Alonso
ORCID: 0009-0009-6288-0027

ASESOR

Estrada Mendoza, Miguel Luis
ORCID: 0000-0002-8646-3852

Lima, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos de los autores

Aguilar Pizarro, Rodrigo Sebastian

DNI: 71405337

Leandro Nuñez, Juan Alonso

DNI: 70204856

Datos de asesor

Estrada Mendoza, Miguel Luis

DNI: 10493289

Datos del jurado

JURADO 1

Donayre Cordova, Oscar Eduardo

DNI: 06743824

ORCID: 0000-0002-4778-3789

JURADO 2

Sueldo Mesones, Jaime Pio

DNI: 43703437

ORCID: 0000-0003-3760-8370

JURADO 3

Valencia Gutierrez, Andres Avelino

DNI: 07065758

ORCID: 0000-0002-8873-189X

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Aguilar Pizarro, Rodrigo Sebastian, con código de estudiante N° 201411384 con DNI N° 71405337 con domicilio en Av. Brasil 2959, distrito Magdalena, provincia y departamento de Lima, y Leandro Nuñez, Juan Alonso, con código de estudiante N° 201410306, con DNI N° 70204856, con domicilio en Calle 7 junio #152, distrito Lurigancho, provincia y departamento de Lima, en nuestra condición de bachilleres en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

La presente tesis titulada: “Mapa de Riesgo de Viviendas en las Quebradas por Inundación Pluvial” es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Estrada Mendoza, Miguel Luis, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc.; la cual ha sido sometida al antiplagio Turnitin y tiene el 24% de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumimos responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

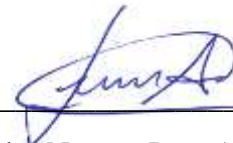
En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 19 de octubre de 2023



Aguilar Pizarro, Rodrigo Sebastian

DNI N° 71405337



Leandro Nuñez, Juan Alonso

DNI N° 70204856

INFORME DE ORIGINALIDAD–TURNITIN

Mapa de Riesgo de Viviendas en las Quebradas por Inundación Pluvial

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	2%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
8	www.colef.mx Fuente de Internet	1%
9	www.coursehero.com Fuente de Internet	


Dra. Vargas Chang Esther Jara

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada para las personas que me apoyaron en el transcurso de mi vida y carrera universitaria, mis padres. Me dieron el soporte para no rendirme y es mi motivación a cada día ser mejor como persona y profesional. A ellos, mi más profundo agradecimiento

Aguilar Pizarro, Rodrigo Sebastian

Dedico esta tesis a mi familia por ser mi sólido respaldo a lo largo de mi carrera universitaria. Especialmente a mis padres, quienes me guiaron, inculcaron valores y me alentaron a nunca desistir. Su apoyo ha sido esencial en mi crecimiento académico y personal. A ellos, mi profundo agradecimiento.

Leandro Nuñez, Juan Alonso

AGRADECIMIENTO

Extendemos nuestro agradecimiento a nuestros asesores, Miguel Estrada Mendoza y Andrés Valencia Gutiérrez, por su invaluable orientación en la creación de este trabajo. Reconocemos a los dedicados docentes de nuestra amada institución académica por impartirnos sabiduría. Agradecemos sinceramente a quienes revisen esta tesis por su tiempo y atención.

Aguilar Pizarro, Rodrigo Sebastian
Leandro Nuñez, Juan Alonso

ÍNDICE GENERAL

METADATOS COMPLEMENTARIOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
INFORME DE ORIGINALIDAD–TURNITIN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos	2
1.1.1 Problema general	3
1.1.2 Problema específico	4
1.2 Objetivo general y específico	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Importancia y justificación del estudio	4
1.3.1 Importancia	4
1.3.2 Justificación del estudio.....	5
1.4 Delimitación del estudio	5
1.4.1 Delimitación Teórica	6
1.4.2 Delimitación espacial.....	6
1.4.3 Delimitación Temporal	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1 Investigaciones relacionadas con el tema	8
2.1.1 Investigaciones internacionales	8
2.1.2 Investigaciones nacionales.....	10
2.2 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	13
2.2.1 Inundación Pluvial	13
2.2.2. Precipitación pluvial	16

2.2.3 Mapa de riesgo.....	16
2.2.4 Sistema de navegación no tripulada.....	17
2.2.5 Modelamiento DEM	17
2.2.6 Modelo Hidráulico	17
2.2.7 Regulación de las Fajas Marginales.....	18
2.3 Definición de términos básicos.....	19
CAPITULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	20
3.1 Hipótesis	20
3.1.1 Hipótesis general.....	20
3.1.2 Hipótesis específica	20
3.2 Variables	20
3.2.1 Variable independiente: Inundación pluvial	20
3.2.2 Variable dependiente: Mapa de riesgo.....	20
3.3. Operacionalización de variables	21
CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO	22
4.1 Tipo, método y diseño de la investigación	22
4.1.1 Tipo de estudio.....	22
4.1.2 Método de investigación	22
4.1.3 Diseño de la investigación	22
4.1.4 Nivel de investigación	23
4.2 Población y muestra.....	23
4.2.1 Población	23
4.2.2 Muestra	23
4.3 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	24
4.4 Descripción de procedimientos de análisis de datos.....	24
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	25
5.1 Resultados de la selección de muestra.....	25
5.2 Análisis de riesgo.....	26
5.2.1 Determinación del nivel de riesgo	26
5.3 Levantamiento de datos topográficos y generación de modelo digital de terreno....	27
5.3.1 Delimitación de zona de estudio para levantamiento topográfico.....	27
5.3.2 Levantamiento topográfico usando un sistema de navegación no tripulada	29
5.3.3 Procesamiento de datos fotogramétricos	35

5.4	Parámetros de microcuencas.....	40
5.4.1	Delimitación de microcuenca	40
5.5	Cálculos hidráulicos.....	46
5.5.1	Precipitaciones en la microcuenca	46
5.5.2	Aplicación del modelo de distribución Gumbel	46
5.5.3	Determinación de periodos de retorno.....	48
5.5.4	Cálculo de tiempo de concentración	48
5.5.5	Cálculo de intensidades máximas	48
5.5.6	Cálculo de caudales de diseño	49
5.6	Modelamiento hidráulico	51
5.6.1	Procesamiento de datos en el software	52
5.7	Estimación de pérdidas económicas	58
5.8	Identificación de áreas de inundación y generación de mapas temáticos.....	58
5.9	Iniciativas estratégicas y planes de acción.....	74
5.10	Contrastación de resultados	78
5.10.1	Hipótesis 1: A medida que aumenta la capacidad de precipitación pluvial se incrementa la vulnerabilidad de las viviendas en quebradas propensas a inundaciones y que este impacto varía según los diferentes tiempos de retorno.	78
5.10.2	Hipótesis 2: Las características de construcción de las viviendas afectan la relación entre la cantidad de precipitación pluvial y el daño sufrido, dado en los niveles de perjuicio en las viviendas.	78
5.10.3	Hipótesis 3: En la implementación de un sistema de navegación no tripulada facilita la actualización periódica y en tiempo real de la ubicación geográfica de las viviendas, permitiendo una respuesta más rápida y efectiva ante eventos de precipitación pluvial extrema.....	79
	CONCLUSIONES	81
	RECOMENDACIONES.....	83
	REFERENCIAS.....	85
	ANEXOS	90
	Anexo A: Matriz de Consistencia	90
	Anexo B: Datos estación pluviométrica	91
	Anexo C: Cuadro de valores unitarios de edificaciones para Lima.....	92
	Anexo D: Mapa de lotización	93
	Anexo E: Mapa de vivienda según su uso	94

Anexo F: Mapa según su material	95
Anexo G: Mapa de inundación Tr = 50 años.....	96
Anexo H: Mapa de inundación Tr = 100 años.....	97
Anexo I: Mapa de zonas vulnerables Tr = 50 años.....	98
Anexo J: Mapa de zonas vulnerables Tr = 100 años	99
Anexo K: Mapa de viviendas vulnerables Tr = 50 años.....	100
Anexo L: Mapa de viviendas vulnerables Tr = 100 años	101
Anexo M: Mapa de nivel de perjuicio Tr = 50 años.....	102
Anexo N: Mapa de nivel perjuicio Tr = 100 años	103
Anexo Ñ: Mapa de riesgo Tr = 50 años.....	104
Anexo O: Mapa de riesgo Tr = 100 años.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Niveles de riesgo.....	27
Tabla 2 Coordenadas de puntos de inicio y fin del área de estudio.....	27
Tabla 3 Especificaciones de la nave no tripulada.....	32
Tabla 4 Área de las microcuencas.....	46
Tabla 5 Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel.....	47
Tabla 6 Calculo probabilístico y precipitaciones máximas probables.....	47
Tabla 7 Intensidades máximas según la distribución de los años de retorno.....	48
Tabla 8 Coeficientes de escorrentía según método racional.....	50
Tabla 9 Caudales de diseño $Tr = 50$ años.....	51
Tabla 10 Caudales de diseño $Tr = 100$ años.....	51
Tabla 11 Niveles de perjuicio según profundidad de flujo.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de zonas con peligro potencial de inundación en el Perú.....	15
Figura 2 Vista frontal de inundación en quebradas	18
Figura 3 Lotización actualizada en la quebrada El Vallecito	25
Figura 4 Representación de los puntos de inicio y fin	28
Figura 5 Área de zona de estudio para el levantamiento fotogramétrico	29
Figura 6 Tarjeta de registro en el área DGAC del MTC	30
Figura 7 Zonas de restricciones de vuelo por la DGAC y DJI	31
Figura 8 Dron phantom 4 Rtk y Drtk-2	32
Figura 9 Interferencia de alta tensión	33
Figura 10 Zona inaccesible por invasores.....	34
Figura 11 Propiedades de la data de imágenes con coordenadas y elevación	35
Figura 12 Geolocalización de la ruta con la nave no tripulada.....	36
Figura 13 Nube de paso de las imágenes	37
Figura 14 Mapa de profundidad y modelo 3D.....	38
Figura 15 Nube de puntos densa.....	38
Figura 16 Modelo digital de elevaciones.....	39
Figura 17 Ortofoto	39
Figura 18 Delimitación de las subcuencas.....	41
Figura 19 Ubicación del área de estudio en las subcuencas	42
Figura 20 Modelo digital de elevaciones ingresado en el software SIG	43
Figura 21 Resultado de Flow Direction en la Intercuenca Rímac 1375543	43
Figura 22 Resultado de Flow Accumulation en la Intercuenca 1375443	44
Figura 23 Ubicación de los 10 puntos en las quebradas	45
Figura 24 Delimitación de las cuencas respecto a los 10 puntos de control.....	45
Figura 25 Curva Intensidad – Duración – Frecuencia	49
Figura 26 MDE, ortofoto y microcuencas importadas	52
Figura 27 Geometría de las precipitaciones de las 10 microcuencas	53
Figura 28 Condiciones iniciales de precipitación para $Tr = 50$ años.....	53
Figura 29 Condiciones iniciales de precipitación para $Tr = 100$ años.....	54
Figura 30 Caudales en las microcuencas para $Tr = 50$ años.....	54
Figura 31 Caudales en las microcuencas para $Tr = 100$ años.....	55
Figura 32 Parámetros de intervalo en la simulación.....	55

Figura 33 Máxima Inundación Tr = 50 años	56
Figura 34 Máxima Inundación Tr = 100 años	57
Figura 35 Niveles de inundación establecidos en el SIG.....	59
Figura 36 Mapa de lotización actualizado	60
Figura 37 Mapa de las viviendas según su uso	61
Figura 38 Mapa de las viviendas según su categoría.....	62
Figura 39 Mapa de inundación Tr=50 años	64
Figura 40 Mapa de inundación Tr = 100 años	65
Figura 41 Mapa de zonas vulnerables Tr = 50 años	66
Figura 42 Mapa de zonas vulnerables Tr = 100 años	67
Figura 43 Mapa de viviendas vulnerables Tr = 50 años	68
Figura 44 Mapa de viviendas vulnerables Tr = 100 años	69
Figura 45 Mapa de nivel de perjuicio Tr = 50 años.....	70
Figura 46 Mapa de nivel de perjuicio Tr = 100 años.....	71
Figura 47 Mapa de riesgo Tr = 50 años	72
Figura 48 Mapa de riesgo Tr = 100 años	73
Figura 49 Radar móvil SOPHy	74
Figura 50 Dique en quebradas	76
Figura 51 Mallas dinámicas en quebradas	77

RESUMEN

Las inundaciones en áreas urbanas en desarrollo representan una amenaza significativa para sus habitantes. En este estudio, se lleva a cabo una investigación descriptiva con enfoque cuantitativo que se centró en la evaluación del riesgo de inundación en la quebrada El Vallecito, ubicada en el distrito de Lurigancho Chosica. Para lograr esto, se utilizaron diversas herramientas y software especializado, como ArcGIS Pro, Agisoft metashape e Hec-Ras V6.4.1. Además, se empleó el Reglamento para Delimitación y mantenimiento de fajas marginales. El proceso incluyó un levantamiento topográfico mediante el uso de un dron rtk, lo que permitió la creación de un modelo digital de elevación. También se realizaron cálculos hidráulicos para determinar los caudales de diseño y se llevaron a cabo simulaciones de inundación. Los resultados obtenidos revelaron un alto nivel de vulnerabilidad, perjuicio y riesgo de inundación en el área de estudio. Además, se desarrolló un procedimiento que utiliza sistemas de información geográfica para estimar las pérdidas económicas que podrían derivarse de las inundaciones, teniendo en cuenta el contenido de las viviendas y otros factores. Este enfoque interdisciplinario y el uso de tecnología avanzada permitieron identificar y cuantificar las áreas en riesgo de inundación, así como estimar las posibles pérdidas económicas. Esto demuestra que el sistema de información geográfica, en combinación con otros programas informáticos, pueden ser herramientas eficaces para el análisis de inundaciones y la generación de mapas temáticos, contribuyendo así a la gestión de riesgos y la toma de decisiones informadas en áreas urbanas vulnerables y perjuicio.

Palabras clave: Inundación, Sistema de información geográfica, procesamiento de imágenes, modelamiento hidráulico, simulación de inundación.

ABSTRACT

Floods in developing urban areas represent a significant threat to their inhabitants. In this study, a descriptive research with a quantitative approach was carried out focusing on the evaluation of flood risk in the El Vallecito creek, located in the city of Lurigancho. To achieve this, several tools and specialized software were used, such as ArcGIS Pro, Agisoft metashape and Hec-Ras V6.4.1. In addition, the regulations for delimitation and maintenance of marginal strips were used. The process included a topographic survey using an rtk drone, which allowed the creation of a digital elevation model. Hydraulic calculations were also performed to determine design flows and flood simulations were carried out. The results obtained revealed a high level of vulnerability, damage and flood risk in the study area. In addition, a procedure was developed that uses geographic information systems to estimate the economic losses that could result from flooding, taking into account the contents of dwellings and other factors. This interdisciplinary approach and the use of advanced technology made it possible to identify and quantify areas at risk of flooding, as well as to estimate potential economic losses. This demonstrates that the geographic information system, in combination with other software, can be effective tools for flood analysis and the generation of thematic maps, thus contributing to risk management and informed decision making in vulnerable urban areas and damage to the environment.

Keywords: Flooding, geographic information system, image processing, hydraulic modeling, flood simulation.

INTRODUCCIÓN

Desde el siglo XIV que inicio el periodo del Renacimiento, el uso de mapas ha experimentado una transformación significativa, evolucionando de una mera manifestación estética a un instrumento de suma importancia en la búsqueda de soluciones prácticas para los desafíos que enfrentamos en la actualidad. Incluso figuras ilustres como Leonardo da Vinci contribuyeron a esta evolución al crear mapas con enfoque funcional. A lo largo de la historia, con los avances tecnológicos, hemos llegado a una etapa en la que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) desempeñan un papel crucial en la generación de mapas temáticos con aplicaciones en diversas disciplinas, como la evaluación de riesgos, la gestión de inundaciones, la planificación agrícola, la hidrología y muchas más.

Los SIG nos brindan la capacidad de gestionar información geoespacial de manera eficiente, lo que, a su vez, simplifica el estudio de fenómenos naturales y su impacto en comunidades locales. En el contexto de esta tesis, nuestro enfoque se centra en la determinación de los niveles de perjuicio de daños en las viviendas, vulnerabilidad y riesgo de inundaciones en la quebrada El Vallecito, ubicada en el distrito de Lurigancho Chosica. Esta área ha experimentado inundaciones previas sin un análisis detallado, lo que subraya la importancia de este estudio.

A través de modelos hidráulicos y la creación de mapas de inundación, nuestro objetivo es identificar con precisión las áreas más propensas a inundaciones. Esto proporcionará a la comunidad la información necesaria para tomar medidas preventivas en futuras construcciones y proyectos de urbanización en la zona. La clave para esta investigación radica en el entendimiento profundo de la relación entre el riesgo, la vulnerabilidad y los posibles perjuicios que enfrentan los habitantes de esta región. Este estudio contribuirá no solo a la toma de decisiones informadas en el desarrollo urbano, sino también a la seguridad y bienestar de la población local.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos

En los últimos 20 años, el 90% del crecimiento poblacional de las ciudades se está dando por invasiones que solo está beneficiando a los traficantes de terreno y condenan a las familias que ocupan estas áreas, a años de precariedad y falta de servicios básicos. En la ciudad de Lima, capital de nuestro país, se puede observar un flujo migratorio significativo de miles de personas que están siendo impulsados o forzados por diferentes factores sociales y económicos que busca una alternativa para poder escapar de la escasez, la pobreza y la desigualdad que están presentes en varios departamentos de nuestro país. El distrito de Lurigancho-Chosica también se está viendo afectado por esta situación, al encontrarse en una zona limítrofe con la capital, al grado que sus zonas intangibles están siendo invadidas en virtud a las pésimas gestiones municipales (Fernández, S. 2021).

Dentro de este distrito el sector de El Vallecito, ha sido ocupadas por invasores y traficantes a lo largo de los años en más de 32 hectáreas quienes siguen irrumpiendo cada vez más esta zona vulnerable (ASECUR, 2020).

Los propietarios legales y las zonas arqueológicas están siendo afectados por los invasores y traficantes de terrenos, lo cual refleja una demanda social de vivienda que necesitan ser atendidos por el gobierno. La necesidad de una vivienda en nuestro país es innegable, sea temporal (madera, triplay y/o prefabricadas) o permanente pero no puede ser usada como escudo para violentar las normas ni alentar a la informalidad, ni como paraguas de inescrupulosos traficantes de terrenos (Muñoz, J., 2021).

En cuanto a las invasiones de terrenos y del conocimiento sobre crecimiento poblacional, las zonas vulnerables están expuestas al riesgo de sufrir inundaciones por fuertes lluvias debido a las condiciones climáticas y geográficas. Esta situación plantea un riesgo inminente, ya que las viviendas precarias presentes en estas zonas podrían ser arrastradas por las inundaciones, poniendo en riesgo a sus ocupantes. El registro histórico de inundaciones a nivel nacional muestra que hubo un total de 46 casos en Lima Metropolitana de las cuales 3 fueron en el distrito de Lurigancho-Chosica durante el periodo comprendido entre 2004 y 2020, y a pesar de eso muchos distritos afectados por estos desastres actualmente no están catalogados como puntos críticos, sin embargo, estas zonas aun representan el riesgo de ser propensas a futuras activaciones de inundaciones. (SENAMHI, 2021).

El comportamiento del agua en los ríos y arroyos sigue un patrón repetitivo, la cantidad de agua puede cambiar dependiendo del clima y las condiciones atmosféricas, clasificándose en eventos moderados, fuertes y extraordinarios según su intensidad. Al evaluar el riesgo de inundaciones pluviales, se tienen en cuenta los lugares más críticos, identificados en un mapa de riesgo, en donde se indica un mayor peligro de inundación. (ANA, 2023).

A pesar de la existencia de zonas de riesgo por inundación, los invasores proceden a construir su vivienda por el escaso conocimiento sobre El Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales en Cursos Fluviales y Cuerpos de Agua Naturales y Artificiales, dentro del cual indica los niveles de riesgo que puede ocurrir en una inundación siendo el nivel alto el correspondiente a la máxima crecida, determinando de esta forma que el lugar afectado por el cuerpo de agua es inadecuado para establecer viviendas, ya que se verían afectados directamente con el riesgo de avenida que amenaza a todo el entorno junto con el nivel medio que está dado hasta el nivel máximo o en el extraordinario, aunque no estén afectados directamente por las inundaciones pueden sufrir deslizamiento de tierra que generan grandes perjuicios en la estructura de la vivienda y afectar los servicios esenciales.

La presencia de los invasores en una quebrada con una pendiente pronunciada, una alta precipitación pluvial y una historia de eventos pasados nos indica un nivel de riesgo significativamente mayor al permanecer en esta zona. Estos factores combinados aumentan la probabilidad de que se produzcan huaycos o deslizamientos de tierra, lo que puede resultar en peligro para la vida y daños a la propiedad. Además, la vulnerabilidad de las construcciones informales en estas áreas incrementa aún más el nivel de riesgo.

Las invasiones de terrenos están afectando los planes y políticas del desarrollo urbano, estas ocupaciones ilegales en zonas arqueológicas están alterando los planes de zonificación y el uso de suelo del mismo que dificultan la planificación y el desarrollo ordenado de la ciudad. Además, carecen de servicios básicos como agua potable, electricidad, saneamiento y transporte público que genera una brecha en el acceso de servicios provocando un impacto adverso en el valor de las propiedades adyacentes y deterioro en la calidad del entorno.

1.1.1 Problema general

¿Cómo afecta la inundación pluvial a las viviendas en quebradas en la representación de un mapa de niveles de riesgo?

1.1.2 Problema específico

- a) ¿Cómo afecta la cantidad de precipitación pluvial en la vulnerabilidad de las viviendas ubicadas en las quebradas frente a inundaciones?
- b) ¿Cómo se relaciona la intensidad de la precipitación pluvial en las quebradas con el nivel de perjuicio experimentado por las viviendas en riesgo de inundación?
- c) ¿Cómo es la utilización de un sistema de navegación no tripulada para actualizar la ubicación geográfica de las viviendas en riesgo de inundación en las quebradas?

1.2 Objetivo general y específico

1.2.1 Objetivo general

Analizar la inundación pluvial en las viviendas edificadas en la quebrada para elaborar un mapa de niveles de riesgo aplicando un sistema de navegación tripulada.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Evaluar el impacto de la cantidad de precipitación pluvial ante la vulnerabilidad de las viviendas en quebradas propensas a inundaciones mediante diferentes tiempos de retorno.
- b) Evaluar la precipitación pluvial en las quebradas y el daño que experimentan las viviendas en términos de niveles de perjuicio.
- c) Aplicar un sistema de navegación no tripulada como herramienta de monitoreo para actualizar la ubicación geográfica de las viviendas en riesgo de inundación en las quebradas.

1.3 Importancia y justificación del estudio

1.3.1 Importancia

El tema de investigación abordado es de mucha trascendencia debido a múltiples aspectos, que permitirá adquirir conocimiento sobre el riesgo de inundación y su impacto potencial en la vida humana, la infraestructura y el medio ambiente, además de poder comprender los factores que pueden influir en este riesgo como la construcción desordenada, la habilitación en zonas y la deforestación.

Mediante la representación de un mapa de riesgo por inundación pluvial, esta investigación podrá proporcionar al gobierno regional y local una valiosa herramienta para la toma de decisiones en la planificación urbana. Estas decisiones podrán incluir la restricción del desarrollo urbano en zonas de quebradas, evitando la habilitación de nuevas construcciones que podría aumentar el nivel de perjuicio en caso de inundaciones, en la que podrá salvaguardar la vida de las personas y las infraestructuras públicas y

privadas promoviendo la planificación urbana más segura y sostenible a medida que el tiempo avanza, en donde estaremos creando un entorno más adecuado antes las amenazas de inundación.

Es de suma importancia proporcionar este conocimiento y herramientas prácticas para abordar el riesgo de inundación para poder proteger las vidas, la infraestructura y el medio ambiente contribuyendo a un futuro más seguro y sostenible.

1.3.2 Justificación del estudio

La sobrepoblación y el desarrollo urbano en la ciudad de Lima han dado lugar a una situación preocupante, en donde muchas personas se ven obligadas a invadir zonas sin regulación de habilitación urbana o áreas vulnerables debido a la falta de viviendas accesibles y recursos insuficientes. Esta problemática pone en peligro la integridad física y salud de los residentes, además de generar importantes pérdidas económicas y sociales, donde los invasores corren el riesgo de sufrir daños en sus infraestructuras en la que puede conllevar a la pérdida parcial o total de sus bienes y tener una dificultad en su recuperación dado por una inundación. Es necesario abordar esta problemática mediante los estudios y mapas de riesgos que proporcionen conocimientos y herramientas para poder promover un desarrollo sostenible.

Además, es importante destacar que las invasiones en zonas no habitables también representan una amenaza para el ecosistema que se encuentran en dicha área, este ecosistema juega un papel importante en el mantenimiento del equilibrio ecológico, ya que actúan como barreras naturales para retener el agua del suelo y reducir el riesgo de inundación. Sin embargo, las invasiones alteran la estructura del suelo aumentando la erosión y el flujo del agua que provoca una mayor frecuencia en intensidad de las inundaciones. Asimismo, la falta de servicios básicos en estas zonas conlleva una contaminación propia que impacta negativamente en el medio ambiente, en donde se generan sustancias tóxicas y productos químicos que contaminan los cuerpos de agua agravando aún más los impactos ambientales.

Por tanto, la problemática de las invasiones en zonas no habitables debe ser abordada con urgencia con el uso del conocimiento y herramientas, afín de poder garantizar la protección de la integridad de las personas y preservar el ecosistema presente en estas áreas, para promover el desarrollo sostenible y la conservación ambiental en zonas habitables.

1.4 Delimitación del estudio

El presente proyecto se limita en las siguientes dimensiones:

1.4.1 Delimitación Teórica

La investigación se realiza debido a las invasiones existentes, identificando las zonas que han sido invadidas ilegalmente sin tomar en cuenta la habilitación urbana. Se evaluará la vulnerabilidad de estas áreas a las inundaciones considerando su proximidad a quebradas con alto riesgo, analizando sus características hidrográficas, topográficas para poder determinar su nivel de riesgo.

1.4.2 Delimitación espacial

La presente investigación relacionada al tema de riesgo de inundación toma en consideración la Quebrada El Vallecito, ubicada en el distrito de Lurigancho-Chosica, provincia de Lima, departamento de Lima, la cual implica identificar las zonas vulnerables y sus niveles de riesgo en función a la topografía del terreno.

1.4.3 Delimitación Temporal

Por el comportamiento histórico de inundaciones pluviales ocurridas en el año 1987 y 2023 en el mes de enero a marzo se podrá obtener proyecciones futuras que permitirá tener una visión integral de los posibles riesgos por inundaciones a corto y largo plazo lo cual facilitará la habilitación urbana adecuada, sostenible y con adecuación prevención.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

A lo largo de los años el distrito de Lurigancho-Chosica, ha registrado episodios de precipitaciones extremas y periódicas en todas sus quebradas, pero en especial la quebrada El Vallecito que pertenece a la Cuenca del río Rímac, ocasionando inundaciones del tipo pluvial en sus áreas ocupadas, así como su entorno. Dichos eventos se encuentran reportados y los incidentes sucedidos documentados en la historia de la ciudad de Lima. La quebrada El Vallecito debido a las lluvias extremas causadas por el Fenómeno de "El Niño" provocó una serie de eventos catastróficos en el distrito de Lurigancho-Chosica, así como en sus aproximaciones. Las quebradas que convergen al río Rímac se activaron, desencadenando huaicos de escala nunca antes observadas. Estos deslizamientos de tierra, desbordes e inundaciones causaron estragos en la zona, generando erosión a lo largo del recorrido del río y alterando su alineamiento en varios puntos. Las consecuencias fueron graves, afectando la infraestructura de riego, las vías de comunicación y las viviendas ubicadas en las áreas adyacentes. El desborde del río Rímac fue alimentado por los huaycos provenientes de las quebradas, que fueron los principales contribuyentes a los desbordes e inundaciones debido a la carga de sedimentos que redujo la capacidad hidráulica del cauce. Estos aluviones fueron resultado de precipitaciones excepcionales, ocasionando daños materiales valorados en 12,5 millones de dólares, comparable a la crisis climática ocurrida en 1925-1926. La gravedad de los daños sufridos en esta ocasión se debió en gran medida a una urbanización que ignoró durante años los peligros existentes. Los impactos fueron devastadores, con más de 100 personas fallecidas, 1052 viviendas dañadas, 521 estructuras perdidas y 531 áreas inundadas, dejando a más de 3000 personas sin hogar. Además, el evento tuvo repercusiones indirectas a nivel nacional. Un tramo de 2500 metros de la principal infraestructura vial que era la principal vía de abastecimiento para la capital y que conectaba con el interior del país quedó inutilizable, lo que provocó desabastecimiento y aumentó de precios de los alimentos en Lima. Simultáneamente, la bocatoma de la planta de tratamiento de agua potable La Atarjea, que era la principal fuente de abastecimiento de agua para Lima, tuvo que cerrarse debido a la alta carga de lodo y piedras arrastradas por el río Rímac, lo que generó un corte de agua en la ciudad. Por otro lado, la central hidroeléctrica de Huampani quedó paralizada debido al bloqueo del canal de abastecimiento por lodo y piedras en un tramo de 300 metros, lo que provocó un apagón general en Lima Metropolitana (Abad Pérez, C., 2009, 457-486).

A lo largo de los años, diversas instituciones han llevado a cabo la ejecución de infraestructuras con el objetivo de mitigar la repetición de fenómenos naturales como el ocurrido en la Quebrada El Vallecito. En este sentido, se emitió la Resolución Directoral N°0716-2021-ANA-AAA-CAÑETE-FORTALEZA el 21 de septiembre del 2021, la cual aprobó el estudio de "Delimitación de la Faja Marginal de la Quebrada Vallecito, en un tramo de 2.70 km, ubicado en el distrito de Lurigancho-Chosica, provincia y Región de Lima". Sin embargo, hasta el momento, esta delimitación no se ha llevado a cabo para poder reubicar a las personas afectadas.

Posteriormente, la Quebrada Vallecito fue nuevamente afectada debido a un inesperado ciclón llamado "Yaku" en el año 2023, el cual afectó toda la zona costera del país y produjo precipitaciones extremas. El 09 de marzo de 2023, estas lluvias anormales provocaron la liberación de un huayco que inundó los asentamientos humanos Las Terrazas del Valle, Los Portales de Valle Alto, ASECUR, El Vallecito y la Urbanización El Golf Huampani. Este evento causó pérdidas económicas significativas tanto en la infraestructura vial como en las estructuras afectadas.

2.1 Investigaciones relacionadas con el tema

2.1.1 Investigaciones internacionales

Acosta, M. (2019) en su tesis doctoral se enfoca en abordar el problema de inundaciones pluviales repentinas en zonas urbanas, particularmente en Barranquilla, Colombia, mediante el diseño e implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SAP). Este SAP integra la medición en tiempo real de la cantidad de lluvia en estanques urbanos y un modelo hidrológico-hidráulico para estimar el nivel y la velocidad del flujo en las calles. La información resultante se utiliza para generar alertas de peligrosidad, las cuales se visualizan a través de una aplicación web y se envían por redes sociales a los usuarios suscritos. La implementación práctica en el arroyo peligroso "La 65" en Barranquilla demuestra la efectividad del modelo al comparar datos de sensores y emitir alertas oportunas durante eventos de lluvia intensa, ofreciendo así un enfoque integral para la reducción del riesgo de inundaciones pluviales repentinas en entornos urbanos.

López, I. & Melgarejo, J. (2020) en su tesis, se realizó un análisis de la situación en el municipio de Daya Vieja, ubicado en la provincia de Alicante, España, posterior a las inundaciones que tuvieron lugar en septiembre de 2019. Se llevó a cabo la elaboración de diversos mapas temáticos con el propósito final de crear un mapa de riesgo. Este mapa revela que el municipio presenta una elevada susceptibilidad a las inundaciones. Además, los mapas generados proporcionan una sólida base para la formulación de un Plan de

Emergencias a nivel municipal, el cual podría ser aplicado a otros municipios y resultar de utilidad para los equipos de respuesta ante situaciones de emergencia. Por último, se presentan una serie de sugerencias con el objetivo de disminuir o amortiguar los impactos negativos de las inundaciones.

Mendoza, F. (2017) en su tesis, se examinó el aumento de desastres naturales relacionados con la actividad humana y su impacto en el estado de Veracruz, México, con un enfoque específico en la localidad de José Cardel, que se encuentra en una posición vulnerable a las inundaciones provocadas por ciclones tropicales. Se subraya la importancia de la prevención y la implementación de sistemas de alerta temprana para reducir los riesgos y fomentar una respuesta rápida y efectiva por parte de la comunidad. Se resalta la relevancia de involucrar a los gobiernos municipales y a las escuelas de nivel medio superior como colaboradores clave en la prevención de desastres. Se hace énfasis en el papel de los jóvenes como agentes de cambio y en su capacidad para difundir información y promover la gestión de riesgos en sus comunidades. La tesis está estructurada en varios capítulos que abordan la problemática de las inundaciones, revisan investigaciones previas relacionadas con el tema, contextualizan el estudio en la localidad de José Cardel y presentan los enfoques teóricos y conceptuales que se utilizaron. También se describe la metodología aplicada, se exponen los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los estudiantes de bachillerato y se ofrecen conclusiones y propuestas de educación ambiental dirigidas a los jóvenes con el fin de prevenir los riesgos asociados a las inundaciones.

Pedraza, A. (2014) el estudio se centró en la evaluación de la vulnerabilidad urbana y la resiliencia ante eventos de lluvias intensas en la ciudad de Ensenada, Baja California, a nivel local. La vulnerabilidad urbana fue analizada en términos de la exposición de la ciudad a riesgos y daños, mientras que la resiliencia se enfocó en la capacidad de la ciudad para aprender y adaptarse para alcanzar objetivos sociales. La metodología utilizada se dividió en tres partes: el análisis de la vulnerabilidad urbana, el análisis de la percepción social y el análisis de la resiliencia. Los resultados clave revelaron que se encontraban niveles elevados de vulnerabilidad urbana en las áreas periféricas de la ciudad, lo que sugiere que la vulnerabilidad estaba relacionada con las zonas marginadas que carecían de recursos económicos adecuados y una infraestructura urbana deficiente. Por otro lado, en las áreas donde la vulnerabilidad urbana era menor, se observó que los factores relacionados con la capacidad de adaptación eran más influyentes que las características sociales y biofísicas, indicando una mejor preparación

para enfrentar eventos relacionados con lluvias intensas. A partir de las entrevistas realizadas y la revisión de planes y programas, se concluyó que la ciudad de Ensenada carecía de resiliencia frente a eventos de lluvias intensas e inundaciones debido a la escasez de recursos económicos, recursos humanos insuficientes y una infraestructura municipal inadecuada.

Timbe, L. & Timbe E. (2012) se realizó una simulación de crecidas y mapeo de inundaciones en una sección de 10 kilómetros del río Burgay utilizando el modelo hidráulico unidimensional HEC-RAS. Los resultados de este análisis indican que el modelo tiene la capacidad de reproducir eventos de crecida e inundación en ríos de la región interandina, incluso cuando la información disponible es limitada. Los mapas resultantes que muestran las áreas de riesgo de inundación pueden ser utilizados por las autoridades locales, como los municipios, para llevar a cabo una planificación y gestión sostenible de las llanuras de inundación. Esto implica la implementación de medidas tanto estructurales como no estructurales, como regulaciones de uso del suelo, que consideren las características físicas de las zonas cercanas al río.

2.1.2 Investigaciones nacionales

Llauca, H., Leon, K., Lavado, W. (2023) en su tesis presenta el desarrolló un modelo hidrológico con el propósito de abordar las siguientes interrogantes de investigación: ¿De qué manera la regionalización basada en la similitud puede contribuir a la implementación de modelos hidrológicos en un país con escasez de datos? ¿Cómo se pueden emplear los conjuntos de datos nacionales disponibles para simular series de caudales diarios en miles de tramos de ríos de manera simultánea? y ¿Cuál es el rendimiento del modelo hidrológico nacional en cuencas peruanas con diversas características? Con el fin de responder a estas preguntas, se emplearon enfoques de agrupamiento y disimilitud para identificar pares de subcuencas donantes y receptoras en todo el territorio peruano. Además, se utilizaron conjuntos de datos meteorológicos en formato de grilla para alimentar un marco hidrológico híbrido que combina un modelo conceptual de escorrentía superficial de lluvia y un modelo de enrutamiento de ríos. Asimismo, se generó un nuevo conjunto de datos hidrológicos que consiste en series de caudales diarios en 11,913 tramos de ríos en el Perú. Este nuevo conjunto de datos resulta de gran utilidad para la realización de simulaciones de escenarios de riesgo de inundaciones a corto plazo y para la planificación de recursos hídricos a largo plazo. Los resultados obtenidos a través de este modelo proporcionan información valiosa para

hidrólogos y gestores de recursos hídricos en regiones peruanas con acceso limitado o nulo a redes de monitoreo in situ.

Loyola, J. (2019) en su tesis, se llevó a cabo una evaluación del riesgo de inundación en un tramo específico generado por la quebrada del cauce del Río Grande, que se extiende desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus, en la ciudad de Huamachuco. El objetivo principal fue determinar el grado de peligrosidad asociado a esta quebrada, analizar la vulnerabilidad de las familias que residen en sus cercanías y proponer medidas para mitigar el riesgo de inundación. Para realizar esta evaluación, se empleó el Manual Básico para la Estimación de Riesgos del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) como guía y se recopiló información en diversas áreas, como la social, económica, geológica y ambiental. Se realizó una evaluación de la peligrosidad de la quebrada del cauce del Río Grande en el tramo mencionado y se analizó la vulnerabilidad de 31 familias que habitan en la Faja Marginal, definida por la Autoridad Nacional del Agua. La metodología utilizada se basó en un enfoque descriptivo, que incluyó la aplicación de tablas y herramientas proporcionadas por los manuales mencionados. Se recopilaron y analizaron datos utilizando diversas técnicas, como la observación, la obtención de datos meteorológicos y el uso de mapas del INDECI, CEPPLAN y CEDEPAS. También se llevaron a cabo entrevistas y cuestionarios poblacionales para evaluar la percepción del peligro por parte de la comunidad. Luego de procesar la información recopilada en el campo y en el análisis de escritorio, se llegó a la conclusión de que el nivel de peligrosidad en la quebrada del cauce del Río Grande es considerablemente alto. Además, se identificó que la vulnerabilidad abarca aspectos científicos, tecnológicos, educativos, físicos, económicos, sociales, políticos, institucionales, ideológicos y culturales, siendo en su mayoría altos. Solo la vulnerabilidad institucional se consideró de nivel medio.

Saavedra, A. (2021) en su tesis, se realizó una evaluación del riesgo de inundación en la ciudad de Pebas, que se encuentra al este de Iquitos, en la provincia de Mariscal Ramón Castilla, donde los ríos Amazonas y Ampiyacu confluyen. Se empleó el método del Análisis Jerárquico-AHP para identificar los factores que contribuyen a la inundación y para evaluar su grado de riesgo. Se determinó que la precipitación pluvial era un factor condicionante de la inundación, mientras que la fisiografía, pendiente y tipo de suelo se consideraron factores desencadenantes del evento. Para evaluar la fisiografía, se utilizaron técnicas fotogramétricas con drones para mapear la topografía y la ubicación de las viviendas actuales. Además, se analizaron las dimensiones social y socioeconómica

para evaluar la vulnerabilidad. Se aplicó el AHP para medir la "resiliencia" en función de grupos etarios, considerando aspectos como el nivel educativo, la participación en programas sociales, el tipo de seguro y el tipo de vivienda. Los resultados obtenidos mediante el AHP para peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo se categorizaron en niveles muy altos, altos, moderados y bajos. Se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG) para generar mapas de riesgo de inundación de acuerdo con la metodología establecida por el Centro de Prevención de Riesgos y Desastres (CENEPRED) como parte de la Gestión de Riesgos. Los trabajos de aerofotogrametría con drones se mostraron como una herramienta útil en la Gestión del Riesgo hidrometeorológico extremo en una ciudad amazónica, especialmente para la evaluación de peligrosidad y vulnerabilidad. Se identificó que solo el 7% del territorio urbano de Pebas se encuentra en un riesgo "muy alto", principalmente en áreas de islas, playas y terrazas bajas. La percepción de la población hacia el riesgo se consideró inaceptable, lo que resalta la urgencia de llevar a cabo acciones prioritarias para la gestión de riesgos.

Goicochea, A. (2021) este estudio, titulado "Evaluación del Riesgo de Inundación en la Zona Urbana Adyacente a la Quebrada Cruz Blanca en Cajamarca, 2020", fue analizar el nivel de riesgo de inundación en la zona urbana cercana al cauce de la quebrada Cruz Blanca, ubicada en el distrito de Cajamarca, provincia y departamento de Cajamarca. Para lograrlo, se realizó un diagnóstico exhaustivo de las condiciones físicas, sociales, económicas y ambientales de la zona de estudio, empleando esta información para evaluar las variables de peligro y vulnerabilidad mediante un enfoque jerárquico, que involucró la comparación de variables y la asignación de prioridades a las mismas. Los valores resultantes se emplearon en un análisis basado en sistemas de información geográfica para generar mapas temáticos que representan el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo. Los hallazgos de la investigación indicaron que el área de estudio presenta un nivel significativo de riesgo por inundación, con un valor de 0.0337. Además, se identificó una superficie afectada que abarcaba 48.4 hectáreas e incluía diversas zonas como calles (16.1 hectáreas), viviendas (31.4 hectáreas, que comprenden 628 unidades residenciales y comerciales), parcelas sin construcción (0.45 hectáreas), áreas recreativas como parques y canchas deportivas (0.17 hectáreas) y centros educativos (0.297 hectáreas, que incluyen la I.E. Julio Ramón Rebeyro y la I.E. Divino Jesús). La parte más afectada se encontraba en el margen izquierdo del cauce. Además, se evidenció que la población carecía de capacitación en gestión de riesgos y que había una ocupación de espacios muy cercanos al cauce sin medidas de mitigación, lo que aumentaba la

vulnerabilidad y el peligro. Debido al alto nivel de riesgo por inundación en la zona de estudio, existe una probabilidad significativa de sufrir eventos perjudiciales y pérdidas económicas en caso de inundación, lo que tiene un impacto directo en la población residente en esta área de la ciudad.

Tintaya, D., Alarcón, D. (2022) esta tesis, titulada "Evaluación de los Niveles de Riesgo de Inundación en la Quebrada Caramolle, Tacna, 2022", es identificar los diversos niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo de inundación en la quebrada Caramolle, utilizando como base el mapa de áreas propensas a inundaciones. Para determinar los niveles de peligro, se aplicó la metodología del informe técnico del INGEMMET y se realizaron visitas al terreno para analizar factores desencadenantes, condicionantes y de evaluación. Se examinaron parámetros como precipitación, pendiente, geología, geomorfología y tiempo de retorno con el fin de caracterizar el peligro en la quebrada Caramolle de acuerdo con el mapa de peligro proporcionado por el INGEMMET. Para identificar los niveles de vulnerabilidad, se empleó la metodología del CENEPRED, analizando dimensiones sociales, económicas y ambientales. Se evaluaron aspectos como la exposición, la fragilidad y la resiliencia para generar un mapa que representara los diversos niveles de vulnerabilidad en la quebrada Caramolle. La metodología utilizada para determinar el riesgo de inundación siguió el procedimiento establecido por el CENEPRED. Los resultados obtenidos indican que el 20.03% de la zona presenta un riesgo muy alto, el 75.24% un riesgo alto y el 4.72% un riesgo medio, según el mapa de riesgo elaborado. La percepción de la población hacia los riesgos identificados en la quebrada Caramolle se considera inaceptable, lo que subraya la necesidad imperante de implementar un plan integral que aborde la mitigación, la preparación y la respuesta frente al riesgo de inundación.

2.2 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.2.1 Inundación Pluvial

Una inundación pluvial se produce cuando hay acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar. Estas inundaciones pueden ocurrir cuando la capacidad del terreno para drenar el agua se satura y no puede absorber más líquido. Durante fuertes lluvias, el agua puede acumularse en áreas bajas, como calles, avenidas, viviendas y otros espacios vulnerables. (CENEPRED, 2018)

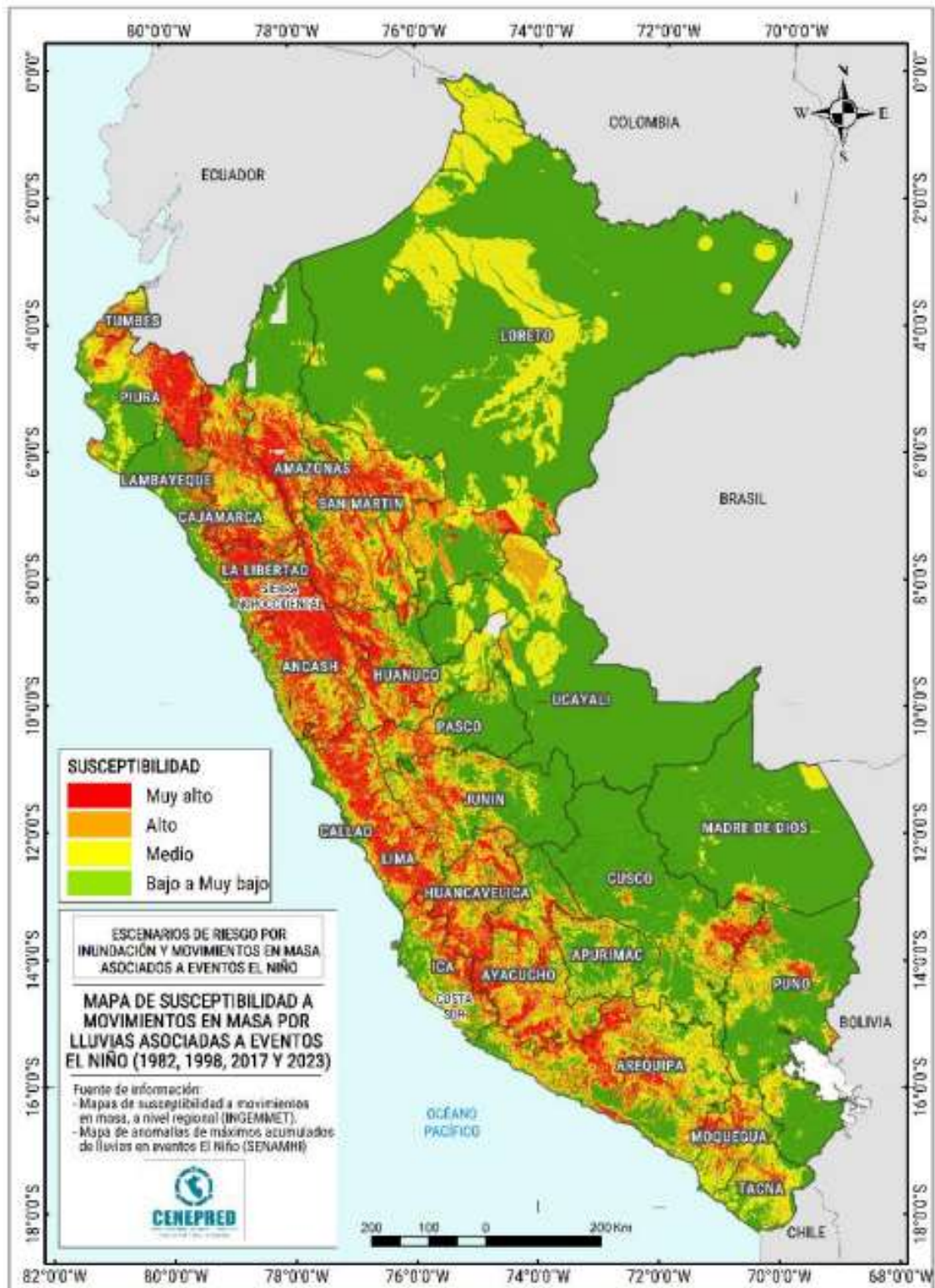
Las inundaciones pluviales en Perú pueden tener diversas causas, como la intensidad de las precipitaciones, la falta de infraestructura adecuada para el drenaje del agua, la obstrucción de los sistemas de alcantarillado y la topografía del terreno. Estas

inundaciones pueden tener efectos devastadores, causando daños a la propiedad, interrupción de servicios básicos y poniendo en peligro la vida de las personas. (Licla Tomayro, L. R., 2022).

Debido a eso las inundaciones en el Perú son un problema recurrente que ocurre cada año debido a la variabilidad estacional de las precipitaciones en la región andina. Esta región experimenta dos estaciones claramente definidas: una época seca y otra de lluvias, que suele extenderse desde diciembre hasta marzo. Además, la presencia del fenómeno de El Niño puede intensificar aún más la situación, causando un significativo aumento en los caudales de los ríos que fluyen desde la región andina hacia la costa. Esto provoca desbordamientos de ríos y daños en ciudades costeras, especialmente en la región norte del país, como Tumbes, Piura y Lambayeque. En ocasiones, estas inundaciones también han afectado a Lima, la capital, con desbordes de ríos como el Chillón y el Rímac. Además, se han registrado inundaciones significativas en la costa sur del país, en ciudades como Ica y Pisco, con consecuentes daños materiales de consideración. “El sistema de codificación estándar internacional recientemente aprobado (Pfafstetter), el Perú cuenta a la fecha con 159 Unidades Hidrográficas, distribuidas en tres vertientes” en donde en la Figura 1 se representa un mapa de zonas con peligro potencial de inundación en todo el Perú en donde este mapa ilustra las áreas en riesgo de inundación en el país y se basa en la evaluación del peligro por inundaciones. (CENEPRED, 2014).

Figura 1

Mapa de zonas con peligro potencial de inundación en el Perú.



Nota. CENEPRED (2023).

2.2.2. Precipitación pluvial

La precipitación pluvial se refiere a la cantidad de agua que cae del cielo en forma de lluvia. Es un fenómeno natural que ocurre cuando el vapor de agua en la atmósfera se condensa y forma gotas que luego caen a la superficie terrestre. La precipitación pluvial es esencial para el mantenimiento de los ecosistemas y la vida en nuestro planeta. La cantidad de precipitación pluvial puede variar según la ubicación geográfica y las condiciones climáticas. En algunos lugares, la precipitación pluvial puede ser alta, lo que significa que hay una gran cantidad de lluvia durante un período determinado, mientras que en otros lugares puede ser baja, lo que indica una escasez de lluvia. La precipitación pluvial se mide generalmente en milímetros (mm) y se puede calcular utilizando diferentes instrumentos, como pluviómetros y pluviógrafos. La precipitación pluvial tiene un impacto significativo en el ciclo del agua y en los ecosistemas. Ayuda a mantener los niveles de agua en ríos, lagos y acuíferos, lo que es vital para la vida de las plantas, los animales y los seres humanos. Además, la precipitación pluvial es esencial para la agricultura, ya que proporciona la humedad necesaria para el crecimiento de los cultivos. Sin embargo, la precipitación pluvial excesiva puede causar inundaciones y otros desastres naturales. (NU. CEPAL, 2016)

2.2.3 Mapa de riesgo

Un mapa de riesgo es una herramienta visual que identifica y representa los riesgos potenciales en un determinado entorno, ya sea un proyecto, una empresa o una comunidad. Este instrumento permite analizar y comprender de manera integral las amenazas y vulnerabilidades asociadas a una situación específica, facilitando la toma de decisiones informadas para gestionar y mitigar los riesgos. El proceso de creación de un mapa de riesgo implica la identificación de eventos adversos, la evaluación de su probabilidad de ocurrencia y la estimación del impacto que podrían tener, con el fin de priorizar acciones preventivas y de respuesta. (Santibañez, P., & Martínez, J., 2017)

Los mapas de riesgo son valiosos en la gestión de riesgos laborales, ya que proporcionan una visión clara de los peligros presentes en un lugar de trabajo y sus posibles consecuencias. Al identificar áreas críticas y situaciones de riesgo, las empresas pueden implementar medidas preventivas y de seguridad para salvaguardar la salud y bienestar de los empleados, cumpliendo con normativas y estándares de seguridad ocupacional. (Hämäläinen, P., Takala, J., & Saarela, K. L., 2017)

Este tipo de mapa incorpora datos hidrológicos y topográficos para evaluar la vulnerabilidad de una región específica frente a eventos pluviales extremos. La cartografía detallada resalta las zonas de mayor riesgo, permitiendo a las autoridades y comunidades tomar medidas preventivas y desarrollar estrategias de gestión del riesgo adaptadas a las condiciones locales. (Zhang, K., Hong, Y., Gourley, J. J., & Flamig, Z., 2017)

2.2.4 Sistema de navegación no tripulada

La metodología implica el uso de drones equipados con cámaras o sensores especiales para capturar imágenes o datos geospaciales de alta resolución. Estas imágenes y datos se utilizan posteriormente para analizar y mapear los elementos vulnerables y los riesgos asociados en un área específica. (Lingemann, K., & Mangan, M., 2018).

2.2.5 Modelamiento DEM

Es el uso de datos de elevación digital para simular y predecir el comportamiento de las inundaciones en una determinada área geográfica. El modelo DEM proporciona información sobre la topografía del terreno, lo que es fundamental para comprender cómo el agua se distribuirá y se desplazará. Este modelo representa la superficie del terreno con precisión. Estos datos se obtienen mediante técnicas como la fotogrametría, el LIDAR o la interferometría de radar. Además, permite identificar y mapear las áreas que serán afectadas por la inundación, determinar las rutas de flujo del agua y predecir el nivel de inundación en diferentes momentos del evento. Esto es especialmente valioso para la planificación de la gestión de inundaciones, la evaluación de riesgos, la toma de decisiones en tiempo real durante eventos de inundación y la planificación de medidas de mitigación, también puede ser utilizado para evaluar escenarios hipotéticos de inundaciones, como el impacto de la construcción de infraestructuras en el flujo de agua o el efecto del cambio climático en la frecuencia o intensidad de las inundaciones. (Forkuor, G., & Landmann, T., 2019).

2.2.6 Modelo Hidráulico

Este software específicamente está diseñado para analizar y simular inundaciones causadas por lluvias intensas. Este tipo de modelo hidráulico es utilizado por ingenieros y expertos en gestión de inundaciones para evaluar y predecir el comportamiento de los cuerpos de agua y los sistemas fluviales durante eventos de lluvias intensas. Nos permite simular cómo se comportará un río, arroyo o canal durante un evento de lluvia intensa. Esto incluye la predicción de los niveles de agua, las velocidades del flujo y la extensión de las inundaciones en diferentes partes del sistema, en donde el modelo ayuda a

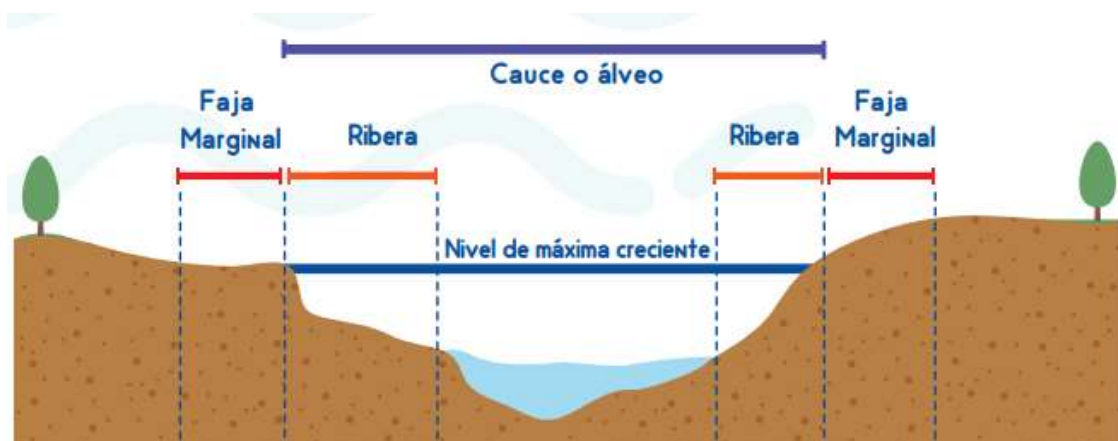
identificar las áreas que son más susceptibles a inundaciones durante lluvias intensas, que es fundamental para la gestión de riesgos y la planificación del uso del suelo además que nos facilita el diseño y evaluación de infraestructura como diques, sistema de drenajes para controlar y mitigar las inundaciones. (Bates, P. D., Horritt, M. S., & Fewtrell, T. J. ,2010)

2.2.7 Regulación de las Fajas Marginales

Es la regulación y restricciones específicas para su uso y desarrollo, con el objetivo de proteger los cuerpos de agua, conservar el entorno natural y reducir el riesgo de inundaciones y daños ambientales, dichas regulaciones varían según la ubicación geográfica y las leyes locales, pero algunas de las actividades comunes en las fajas marginales incluyen la conservación natural, la prevención de la erosión, la gestión de inundaciones y la protección de la calidad del agua. El área de terreno para la faja marginal será fijada, en función de las dimensiones del cauce o álveo del cuerpo de agua y podrá tener un ancho variable, desde un mínimo de cuatro (4) metros hasta el ancho necesario para realizar actividades de protección y conservación de la fuente natural de agua, permitir el uso primario, el libre tránsito, el establecimiento de los caminos de vigilancia u otros servicios. Asimismo, las dimensiones pueden variar de acuerdo a los usos y costumbres establecidos, siempre que no generen un riesgo a la salud y la vida humana, en la Figura 2 se representa las condiciones en donde se representa la Faja Marginal. (ANA, 2016)

Figura 2

Vista frontal de inundación en quebradas.



Nota. ANA (2016).

2.3 Definición de términos básicos

Inundación Pluvial: Es un fenómeno que se da cuando las intensas lluvias generan un aumento significativo del caudal en las quebradas, provocando desbordamientos y crecidas repentinas que inundan las áreas circundantes, generando daños y riesgos para las comunidades y propiedades cercanas. (IPCC, 2020)

Quebradas: Es un paso estrecho y abrupto entre elevaciones de terreno, su origen puede encontrarse en la acción del discurrir de las aguas en el transcurso del tiempo o por actividad tectónica. En las quebradas suele correr un riachuelo o arroyo, al menos, después de las tormentas o durante una parte del año. Es un curso de agua natural que se caracteriza por su tamaño más pequeño que un río en donde tiene una pendiente pronunciada y su cauce puede estar seco la mayor parte del año, pero se llena rápidamente durante las lluvias intensas, generando inundaciones. (Seldes, V., Mercolli, P. H., & Soria, S., 2019).

Vulnerabilidad: La vulnerabilidad se refiere a la propensión o susceptibilidad de un sistema, comunidad o individuo a sufrir daños o adversidades ante la ocurrencia de eventos externos. Este concepto implica la interacción compleja entre factores sociales, económicos y ambientales que pueden aumentar la fragilidad de una entidad frente a amenazas específicas. La vulnerabilidad no solo está determinada por las características intrínsecas de un sistema, sino también por su capacidad de adaptación y resiliencia. Un enfoque amplio de la vulnerabilidad considera no solo la exposición a riesgos, sino también la capacidad de respuesta y la capacidad de recuperación (Smith, K., & Petley, D. N., 2013)

Perjuicio: El perjuicio en el contexto de una inundación se refiere a los daños y pérdidas materiales, económicas y personales que resultan de la acumulación excesiva de agua. Estos perjuicios pueden incluir la destrucción de infraestructuras, pérdida de propiedades, interrupción de servicios esenciales, así como impactos en la salud y el bienestar de las personas afectadas. La evaluación del perjuicio en inundaciones es crucial para la planificación de la gestión del riesgo y la implementación de medidas de adaptación. (Mujumdar, P. P., & Nagesh Kumar, D., 2012).

Riesgo: Es la probabilidad de que una amenaza se convierta en desastre con posibles consecuencias negativas y asociadas a la vulnerabilidad proyecte un mayor evento y magnitud de los impactos potenciales. (UNDRR, 2009).

CAPITULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

Mediante el uso del sistema de navegación no tripulada y el modelo hidráulico permite elaborar un mapa de riesgo para inundación pluvial.

3.1.2 Hipótesis específica

- A medida que aumenta la capacidad de precipitación pluvial se incrementa la vulnerabilidad de las viviendas en quebradas propensas a inundaciones y que este impacto varía según los diferentes tiempos de retorno.
- Las características de construcción de las viviendas afectan la relación entre la cantidad de precipitación pluvial y el daño sufrido, dado en los niveles de perjuicio en las viviendas.
- En la implementación de un sistema de navegación no tripulada facilita la actualización periódica y en tiempo real de la ubicación geográfica de las viviendas, permitiendo una respuesta más rápida y efectiva ante eventos de precipitación pluvial extrema.

3.2 Variables

3.2.1 Variable independiente: Inundación pluvial

Es un fenómeno que se da cuando las intensas lluvias generan un aumento significativo del caudal en las quebradas, provocando desbordamientos y crecidas repentinas que inundan las áreas circundantes, generando daños y riesgos para las comunidades y propiedades cercanas.

3.2.2 Variable dependiente: Mapa de riesgo

Es un mapa visual que ilustra las zonas geográficas donde existen riesgos naturales y proporciona información sobre las amenazas y la vulnerabilidad de esas áreas.

3.3. Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala	Instrumento	Herramientas	Ítems
Inundación	En fenómeno que se da cuando las intensas lluvias generan un aumento significativo del caudal en las quebradas, provocando desbordamientos y crecidas repentinas que inundan las áreas circundantes, generando daños y riesgos para las comunidades y propiedades cercanas	<ul style="list-style-type: none"> • Precipitación pluvial. • Duración de precipitación 	<ul style="list-style-type: none"> • Intensidad de precipitación • Duración media de eventos de precipitación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Milímetros de lluvia. • Horas o días. 	<ul style="list-style-type: none"> • Escala continua. • Escala continua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pluviómetro. • Registro de tiempo de duración. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pluviómetros automáticos, manuales. • Bases de datos de desastres. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de precipitación pluvial. • Duración en horas/días.
Mapa de riesgo	Es una representación gráfica que muestra las áreas geográficas y las condiciones propensas a peligros naturales y nos indica las amenazas y vulnerabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles de vulnerabilidad en las viviendas. • Niveles de perjuicio en las viviendas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de vulnerabilidad. • Índice de perjuicio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles. • Niveles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Escala ordinal. • Escala ordinal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de vulnerabilidad. • Evaluación de altura de inundación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reglamento para delimitación y mantenimiento de Fajas Marginales • Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Indicado en el manual. • Indicado en el manual.

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO

4.1 Tipo, método y diseño de la investigación

4.1.1 Tipo de estudio

El tipo de investigación según Manuel Borja S. (2016) se clasifica como descriptivo, ya que se centra en la obtención de información detallada y actualizada sobre la topografía, pendiente y morfología del terreno. Este enfoque es fundamental para comprender y evaluar el riesgo de inundaciones en el área de estudio y para adquirir un conocimiento más completo sobre el crecimiento de la población en la región.

Además, se emplea un enfoque correlacional para investigar las relaciones entre la pendiente y la morfología del terreno y la frecuencia de inundaciones, lo que nos permitirá identificar los factores de riesgo asociados a las quebradas. Esta investigación tiene como objetivo proporcionar una base sólida para la creación de un mapa de riesgo preciso y contribuir a la toma de decisiones informadas en la gestión de desastres.

4.1.2 Método de investigación

El método de investigación según Manuel Borja S. (2016) es cuantitativo porque se basa en la recopilación y el análisis de datos numéricos con el propósito de investigar el riesgo de inundaciones en las quebradas. Se emplean métodos y técnicas específicas para obtener datos cuantitativos, como la medición precisa de la precipitación pluvial, la evaluación de la pendiente del terreno y el análisis detallado de la morfología. Estos datos numéricos se recopilan principalmente a través de estaciones hidrométricas y se someten a un análisis estadístico exhaustivo. El objetivo principal de este método es cuantificar y medir de manera precisa el riesgo de inundaciones en las quebradas, lo que permite la creación de un mapa de riesgo sólido y confiable. La información cuantitativa obtenida se utiliza para respaldar decisiones informadas en la gestión de desastres relacionados con inundaciones.

4.1.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación según Manuel Borja S. (2016) se caracteriza como no experimental debido a su enfoque en la recopilación de datos provenientes de estaciones hidrométricas cercanas y la topografía actual. El propósito principal es determinar las características relacionadas con la vulnerabilidad en las quebradas. En cuanto al enfoque, se trata de una investigación cuantitativa, ya que se analizarán los datos de las estaciones hidrométricas para evaluar y representar los niveles de vulnerabilidad y perjuicio en las fajas marginales mediante la creación de un mapa de riesgo.

Además, este diseño se considera transversal, ya que implica una única recopilación de información para obtener una visión detallada de las zonas vulnerables a las inundaciones pluviales en las quebradas. Esto permitirá obtener una vista instantánea y actualizada de la situación en el área de estudio, lo que es esencial para la toma de decisiones informadas en la gestión de desastres

4.1.4 Nivel de investigación

El nivel de investigación según Manuel Borja S. (2016) se clasifica como descriptivo, ya que su objetivo principal es determinar y describir con detalle las características más relevantes del mapa de riesgo en áreas propensas a inundaciones pluviales en quebradas. Este estudio permitirá un análisis exhaustivo de aspectos clave, como la topografía, las condiciones climáticas y la exposición de la población en estas zonas.

Además, con un enfoque cuantitativo, ya que implica la aplicación de métodos y técnicas de recolección de datos numéricos, particularmente en las estaciones hidrométricas. Al enfocarnos buscamos obtener mediciones precisas y realizar análisis estadísticos que contribuirán a la creación de un mapa de riesgo sólido y confiable para la toma de decisiones en la gestión de desastres.

4.2 Población y muestra

4.2.1 Población

La población de estudio está delimitada por la Quebrada El Vallecito en Lurigancho – Chosica, en la que su localización es Latitud 11°57'40.80"S y Longitud 76°47'18.16"O a una altura promedio de 760 m.s.n.m.

4.2.2 Muestra

Se utiliza la siguiente fórmula de población finita para la obtención del tamaño de muestra:

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{z^2pq}}$$

En donde:

n: Tamaño de muestra

N: Tamaño de población = 4152 lotes

e; Error = 0.05

z: Nivel de confianza al 95%

p: Variable negativa = 0.5

q: Variable positiva = 0.5

Por lo tanto, el tamaño de muestra es

$$n = 353 \text{ Lotes}$$

4.3 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos en esta investigación será a través de la observación, porque se realizará un levantamiento fotogramétrico con un dron RTK y una estación base DRTK-2 para una mayor exactitud en la georreferenciación de la quebrada en la cual tendremos una evaluación detallada de las áreas vulnerables y también se obtendrá el modelado de la infraestructura donde se podrá tener un registro visual apropiado.

4.4 Descripción de procedimientos de análisis de datos

Con la información recolectada del levantamiento fotogramétrico se procesa con un software de procesamiento de imágenes fotogramétricas obteniéndose el Modelo DEM la cual será el principal recurso para hallar la morfología actual de la quebrada, teniendo esta información se procederá a modelar la inundación en un software de modelamiento hidráulica con los caudales actuales, humedad y precipitaciones pluviales de acuerdo a las 2 Estaciones Hidrométricas cercanas que se encuentran dentro de la quebrada. Luego se digitalizará el modelamiento uniendo el DEM y la máxima altura de inundación en un software de información geográfica con lo que podremos generar la representación gráfica del mapa de vulnerabilidad.

Determinadas las áreas de inundación se generará una propuesta de un procedimiento para estimar las pérdidas económicas en las viviendas dentro de estas áreas teniendo en cuenta el material y la categoría del lote.

Para ello se tiene que tomar en cuenta varias precisiones

- Los datos hidrométricos se deben obtener por estaciones dentro de la quebrada, si no fuera el caso se debería interpolar los datos para poder hallar las precipitaciones pluviales.
- Se debe usar un máximo de 100 metros de altitud y un máximo de 6 m/s para poder tener un GSD accesible para la visualización de datos y el modelamiento DEM correcto.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Resultados de la selección de muestra

Con una muestra de 353 lotes, se realizó un recorrido detallado en la zona de interés, que abarcaba la quebrada El Vallecito como se ilustra en Figura 3 que proporciona una representación visual de la lotización obtenida mediante el uso de un dron. Con el objetivo de mejorar la precisión de la investigación, se seleccionó la totalidad de la muestra para evaluar los niveles de riesgo de las viviendas en la quebrada, brindando una comprensión más detallada de la situación en esta área específica.

Figura 3

Lotización actualizada en la quebrada El Vallecito.



Nota. Elaboración propia.

5.2 Análisis de riesgo

Basado en la determinación de las zonas vulnerables y los niveles de perjuicio usaremos un enfoque sistemático para evaluar comprender los posibles peligros que enfrenta las edificaciones de nuestra zona de estudio, en la que examinaremos los niveles de vulnerabilidad respecto a la inundación y el nivel de perjuicio que considera los daños materiales y pérdidas humanas, en la que se establecerá niveles de riesgo para priorizar e implementar estrategias y preparación adecuada.

5.2.1 Determinación del nivel de riesgo

Este proceso en el cual evaluaremos el nivel de exposición de las edificaciones en la que nos basaremos en la combinación de dos factores claves ante la presencia del nivel de vulnerabilidad y nivel de perjuicio potencial.

En donde los niveles de vulnerabilidad serán determinados según la regulación de fajas marginales la cual nos indica que las zonas vulnerables serán determinadas con la máxima crecida que tendrá la inundación la cual serán denominadas como Nivel Alta, además el área de terreno para la faja marginal será fijada, en función de las dimensiones de la máxima crecidas del cuerpo de agua y tendrá tener un mínimo de 4 metros o un ancho necesario para poder realizar actividades de protección para el libre tránsito y el establecimiento de caminos en la cual denominaremos Nivel Medio, y el área que no esté afectada por estas zonas se denominará Nivel Baja.

Además de que el proceso de nivel de perjuicio será determinado según la altura de inundación que presenta las edificaciones que evaluará los daños y sus consecuencias negativas que pueden resultar en función de la máxima crecida del nivel de agua por las lluvias extremas, ya que este enfoque nos permitirá una comprensión clara de las consecuencias al permitir la toma de decisiones informales en cuanto a medidas de presencia y sus respuestas adecuadas.

Teniendo en cuenta estos dos factores antes mencionadas y explicados podremos determinar en la Tabla 1 el riesgo que se genera en las viviendas ocasionadas para poder gestionar y reducir de manera efectiva

Tabla 1*Niveles de riesgo.*

		Vulnerabilidad		
		Baja	Media	Alta
Perjuicio	Baja	Baja	Baja	Media
	Media	Baja	Media	Alta
	Alta	Media	Alta	Alta
	Muy alta	Alta	Alta	Alta

Nota. Elaboración propia.**5.3 Levantamiento de datos topográficos y generación de modelo digital de terreno****5.3.1 Delimitación de zona de estudio para levantamiento topográfico**

Usando un software de información espacial, se delimitó el área de estudio para poder cubrir todos los lotes escogidos para la muestra (Figura 4) de esta manera se determinó las coordenadas de inicio y final del tramo de la quebrada El Vallecito en la que podemos detallar en la siguiente Tabla 2 y en la Figura 4.

Tabla 2*Coordenadas de puntos de inicio y fin del área de estudio.*

PUNTO	ESTE	NORTE
INICIO	305984.00	8679092.00
FIN	304214.00	8675782.00

Nota. Elaboración propia.

Figura 4

Representación de los puntos de inicio y fin.

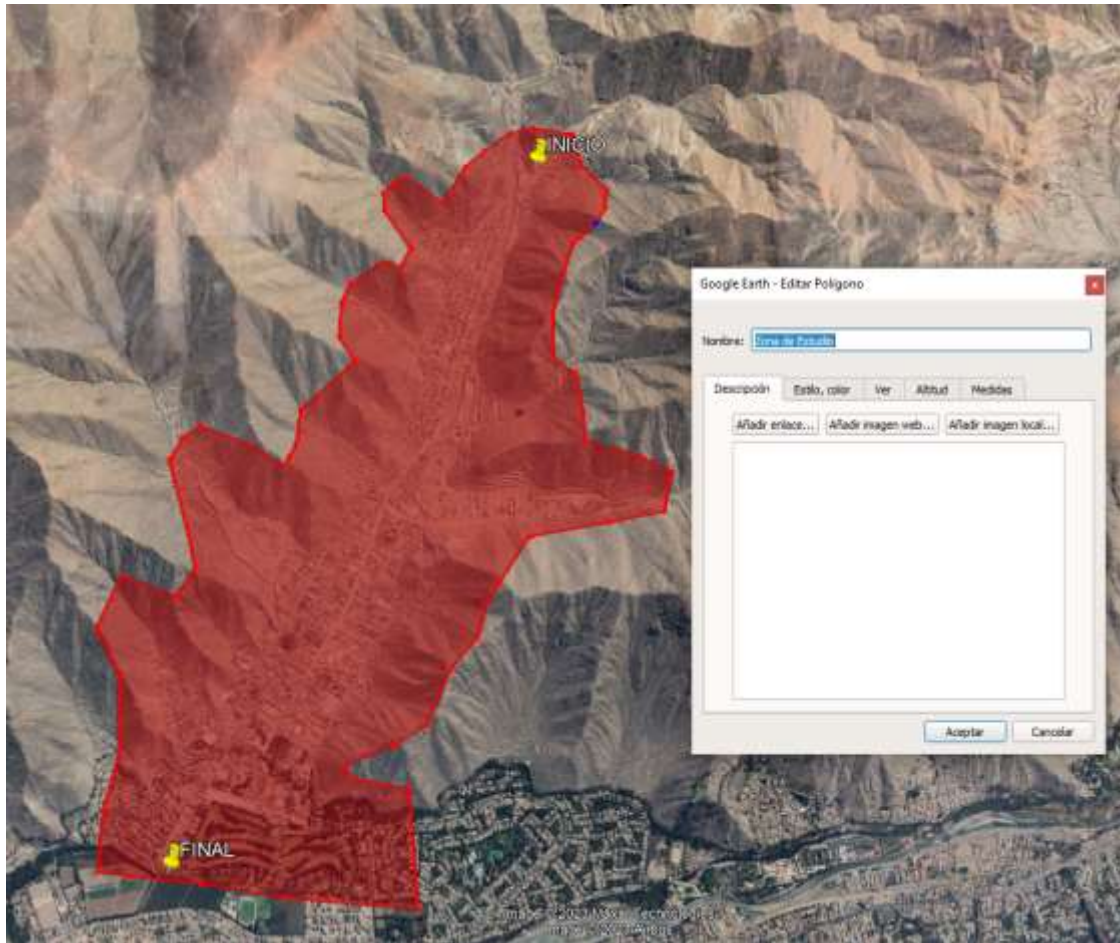


Nota. Elaboración propia.

El área total en la zona de estudio es de 503 hectáreas, en la cual podremos observar en la siguiente Figura 5 donde podremos observar la posición de los puntos de Inicio y Fin antes mencionada y el área determinada para el levantamiento fotogramétrico.

Figura 5

Área de zona de estudio para el levantamiento fotogramétrico.



Nota. Elaboración propia.

5.3.2 Levantamiento topográfico usando un sistema de navegación no tripulada

En la primera etapa para obtener un modelo de terreno de la quebrada El Vallecito esta implicó la ejecución de una serie de vuelos con un dron la cual el objetivo es obtener un modelo digital de elevación (MDE) utilizando el software de procesamiento de imágenes fotogramétricas para procesar los datos recopilados durante estos vuelos. Este modelo digital de elevaciones es la que se usará más adelante para asignar elevaciones a la malla generada en el software de modelamiento hidráulico (HEC-RAS) en la cual podremos realizar las simulaciones de inundación para las precipitaciones máximas y los caudales de diseño calculados.

La elección de utilizar los vuelos con un sistema de navegación no tripulado para el levantamiento topográfico se basa en varias razones. En primer lugar, es una opción más conveniente dadas las limitaciones de tiempo disponible para llevar a cabo el levantamiento topográfico además de las dificultades de acceso de algunas áreas urbanas

y la falta de seguridad en la zona lo que requerirían numerosos cambios de ubicación si nosotros hubiéramos optado una estación total o un GPS diferencial. Además, tanto el tiempo como el costo asociado con el uso del sistema de navegación no tripulada eran considerablemente menores, ya que con un solo vuelo se puede cubrir grandes extensiones de terreno en cuestión de minutos.

Antes de llevar a cabo los vuelos con el sistema de navegación no tripulada, se estableció comunicación con la presidenta encargada de la zona de estudio. Durante esta comunicación, se coordina y planifica los vuelos de manera eficiente con el objetivo de obtener información detallada sobre las áreas más susceptibles a inundaciones. Además, se gestionó la altura de vuelo en colaboración con la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), ya que estas instituciones tienen la responsabilidad de regular, supervisar y garantizar el cumplimiento de los estándares de seguridad en la prestación de servicios de navegación aérea, como se evidencia en la Figura 6.

Figura 6

Tarjeta de registro en el área DGAC del MTC.

REPUBLICA DEL PERÚ
 MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL
 N° 02695
 I. TARJETA DE REGISTRO DEL RPAS
 II. JUAN ALONSO LEANDRO NÚÑEZ
 III. Tipo de Documento: DNI
 IV. N° de Documento: 70204856
 V. TIPO PRACTICA: Otro distinto a la práctica aerodeportiva o recreativa
 VI. INFORMACION TECNICA RPAS
 Marca: DJI Modelo: PHANTOM 4 RTK
 País de Fabricación: CHINA Número Serie: 0V20G630A30048
 Tipo de Motores: MULTIRROTOR
 Cantidad de Motores: 4
 Frecuencia: 5.725 GHZ Masa (peso máxima de despegue): 1.391 KG
 de Control: Autonomía: 30 minutos
 VII. EQUIPO INCORPORADO
 GPS: Disponible Marca/Tipo: DJI
 Paracaídas de emergencia:
 Cámara de video:
 ATC transponder:
 Otros equipos incorporados:
 Fecha de Emisión: 2/12/2022
 Director de Certificaciones y Autorizaciones y Dirección General de Aeronáutica Civil
 JORGE ALBERTO VIDALGO CALLE
 Cualquier alteración, reproducción o mal uso de esta tarjeta será sancionado de acuerdo a la norma vigente NTC:001-2015

Nota. Elaboración propia.

La cual podremos verificar las restricciones de vuelo y velocidad que puedan afectar nuestra zona de estudio ya que estas dependen del modelo y marca de la nave no tripulada, en este caso se usó un DJI phantom 4 RTK que determinará nuestro modelo digital de elevaciones como podemos observar en la Figura 7 que ilustrara la geozonas con restricciones por aeropuertos y bases militares cercanas.

Figura 7

Zonas de restricciones de vuelo por la DGAC y DJI.



Nota. Elaboración propia.

Habiendo verificado que no hay restricciones de altura ni de velocidad en nuestra área de estudio ya que este proceso es fundamental para asegurar los vuelos con el sistema de navegación no tripulada de manera efectiva, por lo que obtendremos la cantidad de vuelos necesarios que se determinarán en función a la capacidad de las baterías en la que en la Tabla 3 de las especificaciones técnicas básicas de nuestra nave no tripulada y como nos indica en la Figura 8.

Figura 8

Dron phantom 4 Rtk y Drtk-2.



Nota. DJI (2018).

Tabla 3

Especificaciones de la nave no tripulada.

Marca	DJI
Modelo	Phantom 4 RTK
Estación base	DRTK-2
Cantidad de vuelos	17
Altura de vuelo aproximado	100 m.
Tiempo de vuelo aproximado	20 min.
Área total de zona de estudio	503 ha.
Porcentaje de traslape entre fotos	80 %

Nota. Elaboración propia.

Los diecisiete vuelos se distribuyeron principalmente en 5 días ya que se trabajó con 4 baterías, pero en la zona al no tener energía eléctrica no se podía recargar para poder seguir el vuelo. Las condiciones meteorológicas en algunos días no fueron propicias por la neblina además de torres de alta tensión que afectan directamente en la toma de los datos por lo que se extendió a 10 días para poder culminar el levantamiento topográfico de la zona delimitada como se puede observar en la Figura 9.

Figura 9

Interferencia de alta tensión.



Nota. Elaboración propia.

Además, por la falta de una regulación de la misma seguridad municipal no se pudo acceder a varios lugares por motivo de puntos inaccesibles por invasores que negaban el acceso a ciertas zonas como se puede observar en la Figura 10.

Figura 10

Zona inaccesible por invasores.













Nota. Elaboración propia.

5.3.3 Procesamiento de datos fotogramétricos

Del levantamiento topográfico realizado se obtuvieron un total de 4597 imágenes georreferenciadas, cada imagen contiene coordenadas y elevaciones que indicará la posición exacta de la nave no tripulada al momento de la captura, al estar conectada con un sistema RTK y la estación base DRTK-2 ya que este sistema de posicionamiento y navegación que nos entregara en precisión centimétrica a las imágenes obtenida, en la Figura 11 podemos observar que están georreferenciadas en el sistema.

Figura 11

Propiedades de la data de imágenes con coordenadas y elevación.

Cámaras	▲	Longitud	Latitud	Altitud (m)	
✓ 		100_0001_0001	-76.787926	-11.947696	1232.950000
✓ 		100_0001_0002	-76.787811	-11.947735	1233.010000
✓ 		100_0001_0003	-76.787551	-11.947809	1233.010000
✓ 		100_0001_0004	-76.787288	-11.947884	1233.040000
✓ 		100_0001_0005	-76.787025	-11.947958	1233.020000
✓ 		100_0001_0006	-76.786763	-11.948031	1233.010000
✓ 		100_0001_0007	-76.786504	-11.948103	1232.990000
✓ 		100_0001_0008	-76.786239	-11.948178	1233.000000
✓ 		100_0001_0009	-76.785979	-11.948251	1232.990000
✓ 		100_0001_0010	-76.785714	-11.948325	1232.990000

Nota. Elaboración propia.

Estas imágenes al ser geolocalizadas en el software en el software de procesamiento fotogramétrico, en la Figura 12 se representa la ruta que se obtuvo al momento de la toma de datos en la zona de estudio

Figura 12

Geocalización de la ruta con la nave no tripulada.



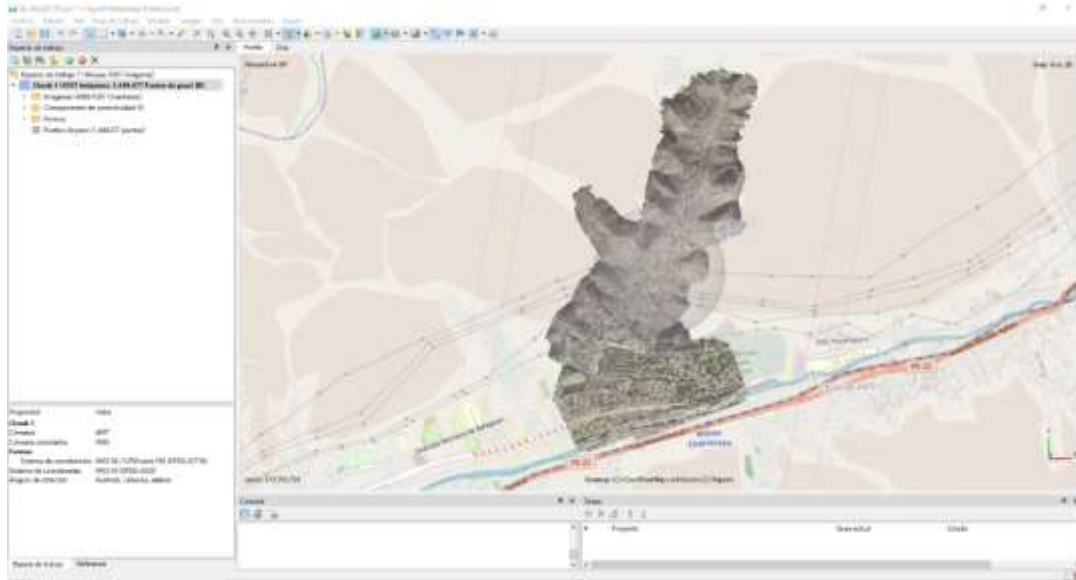
Nota. Elaboración propia.

Ya ingresado las fotografías al software de procesamiento de imágenes como procesamiento inicial se procederá a usar la orientación de fotos que en la que

obtendremos los puntos de paso de todas imágenes, en la Figura 13 se genera el primer filtro de nube de puntos.

Figura 13

Nube de paso de las imágenes.



Nota. Elaboración propia.

Ya habiendo terminado el primer paso, que es crucial ya que estas imágenes ya están georreferenciadas y no se usan puntos de control para georreferenciar, en lo que se procede a iniciar el segundo proceso que es la comprensión de la nube de paso a un modelo de malla en 3d y el mapa de profundidad en las opciones del procesamiento se escoge que se proceda con una calidad media para la mayor exactitud posible como podemos observar en la Figura 14 donde ilustrado dichos procesos de calidad.

Figura 14

Mapa de profundidad y modelo 3D.

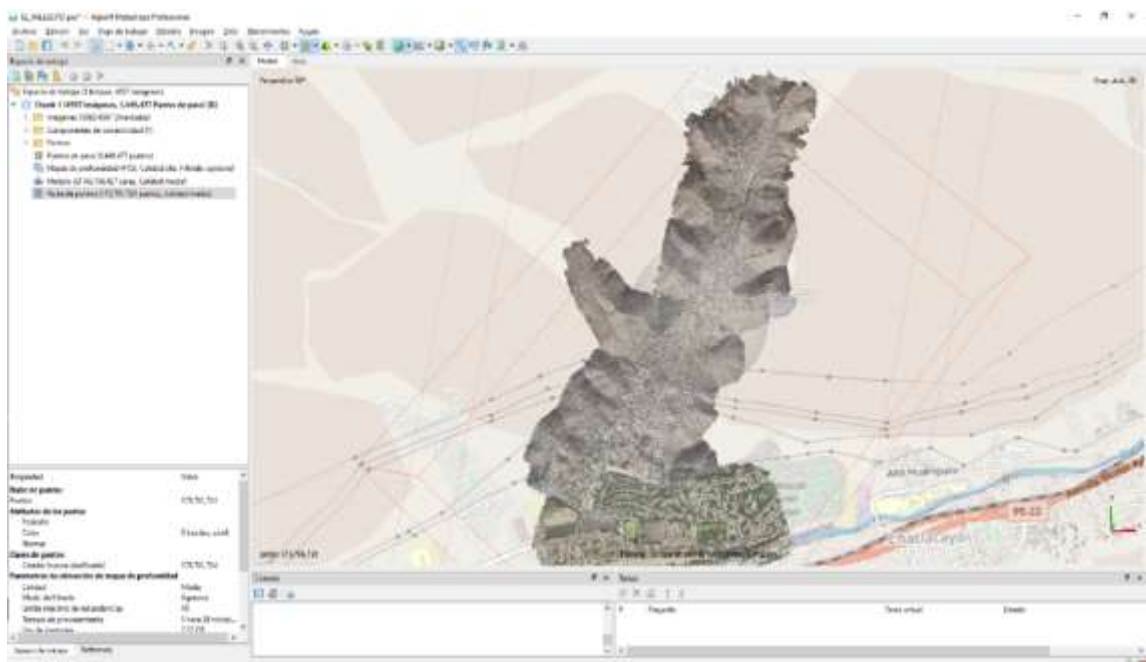


Nota. Elaboración propia.

Teniendo el mapa de profundidad que usaremos para la elaboración de la nube de puntos con una calidad y el mejoramiento de la misma usando el filtrado agresivo para poder proceder a la obtención del MDE de la zona de estudio y la ortofoto por lo que en la Figura 15 observamos la ilustración de las mismas con características antes mencionadas.

Figura 15

Nube de puntos densa.

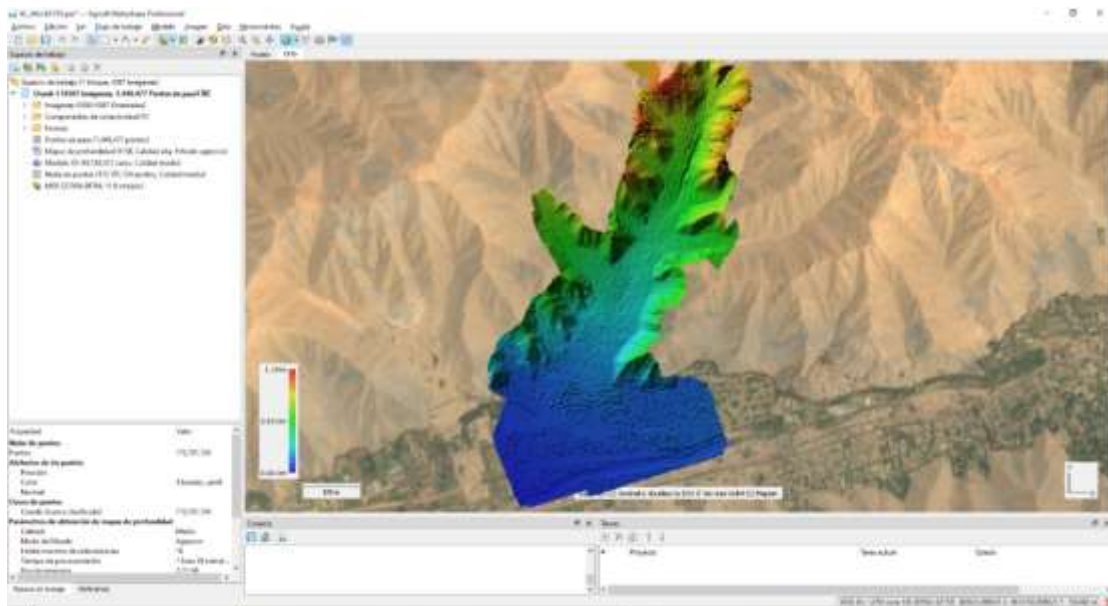


Nota. Elaboración propia.

Obtenida la nube de puntos densa se procederá a un último paso para la obtención del modelo digital de elevaciones (MDE) que podrá exportarse en formato TIFF en donde la Figura 16 se establece lo dicho anteriormente y con un proceso independiente se podrá obtener la ortofoto georreferenciada en WSG-18S como en la Figura 17 que se ilustra la ortofoto final de la zona de estudio.

Figura 16

Modelo digital de elevaciones.



Nota. Elaboración propia.

Figura 17

Ortofoto.



Nota. Elaboración propia.

5.4 Parámetros de microcuencas

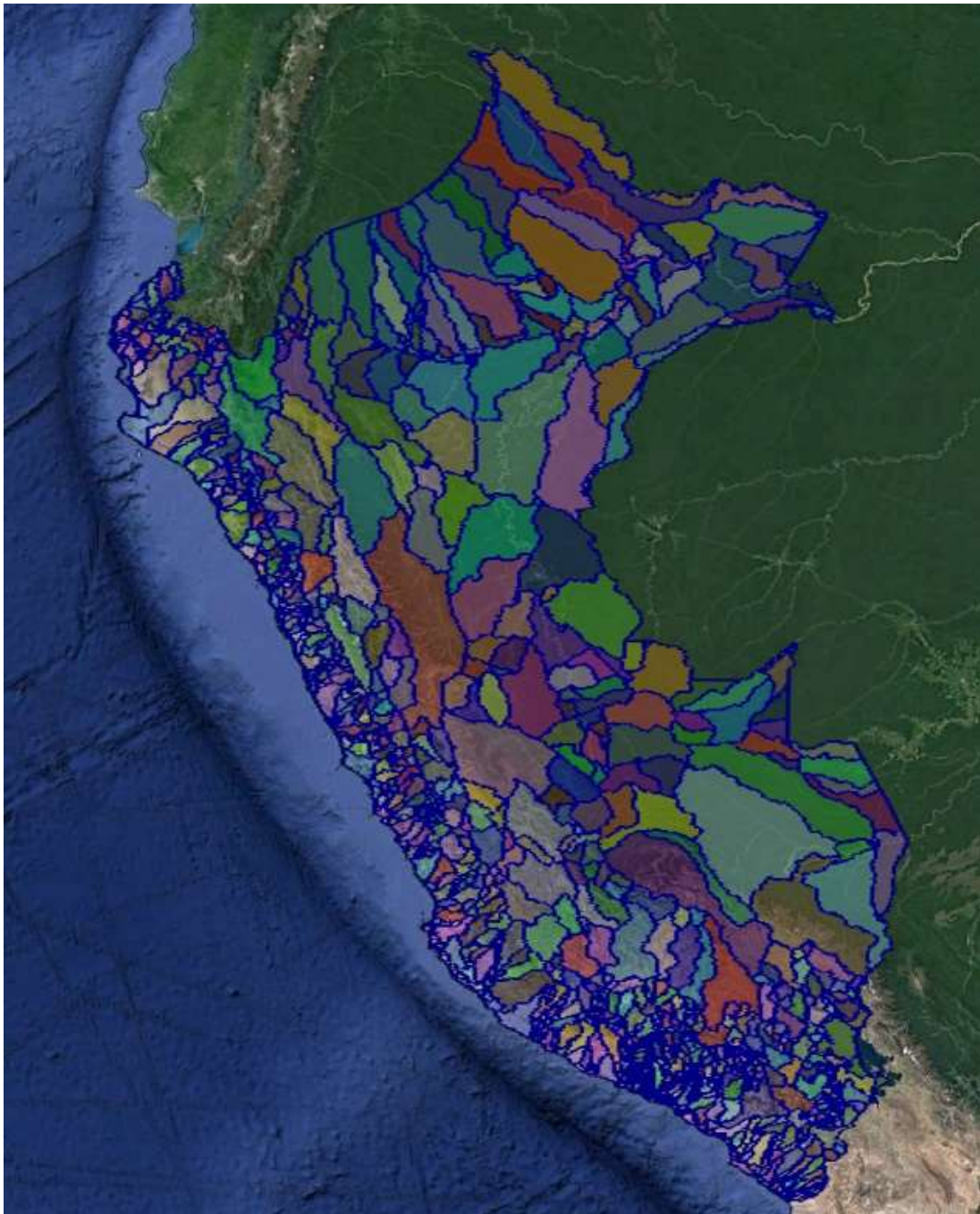
Para el presente desarrollo del cálculo de los parámetros de forma, altitud e hidráulicos de la microcuena se utilizó, como principales herramientas un software de información geográfica para la obtención de datos y posterior obtención de dichos parámetros.

5.4.1 Delimitación de microcuena

Como primer paso en la investigación se delimitó aproximadamente la zona de estudio creando un polígono en el software de visualización geográfica y se importará la delimitación de las subcuencas que se encuentran en el Perú como la Figura 18 que se observa las delimitaciones que se hizo por el ANA, además en la Figura 19 donde se ilustra que nuestra zona de estudio se encuentra en la Intercuenca Rímac 1375543.

Figura 18

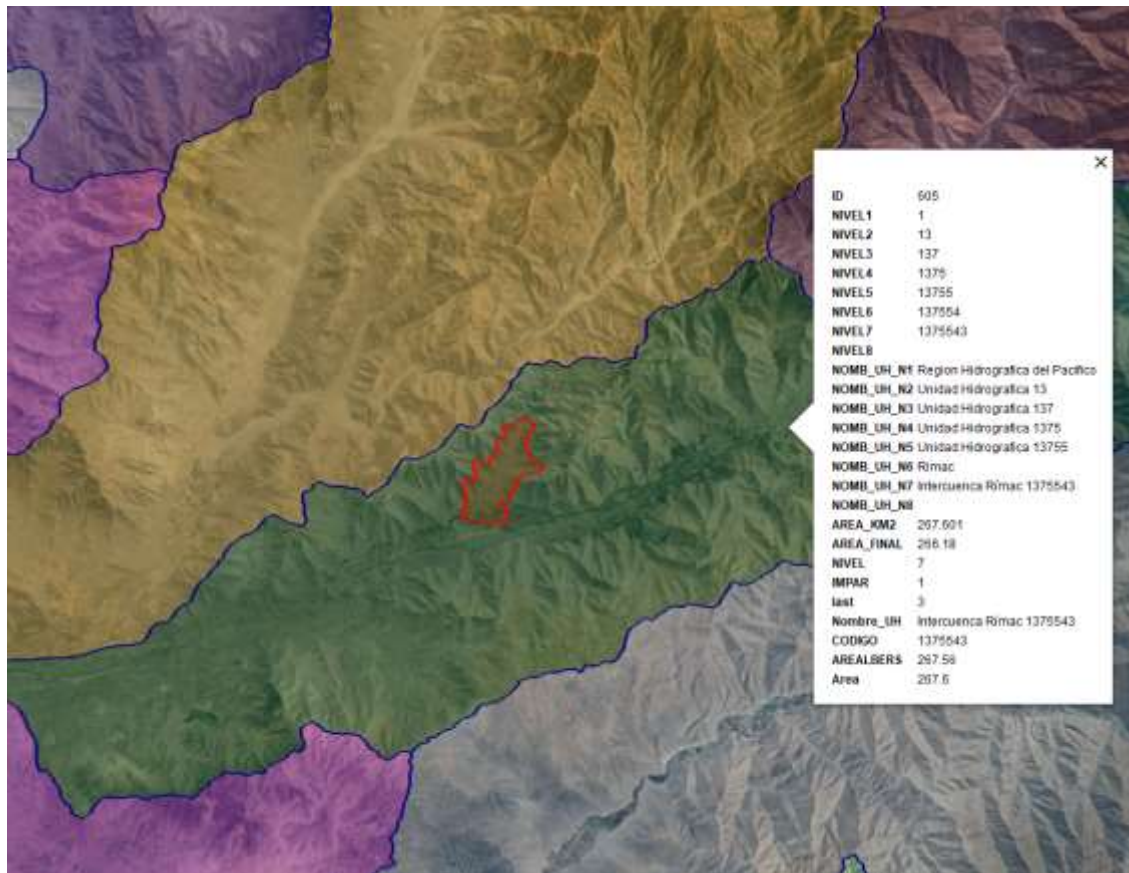
Delimitación de las subcuencas.



Nota. ANA (2015).

Figura 19

Ubicación del área de estudio en las subcuencas.



Nota. Elaboración propia.

Se empleó el recurso del portal OpenTopography High-Resolution Topography Data and Tools, el cual es gestionado por el San Diego Supercomputer Center de la Universidad de California, San Diego. Este portal brinda acceso a una base de datos de alta precisión que contiene información topográfica recopilada a partir de diversas fuentes, incluyendo datos satelitales. En este contexto, se introdujeron las coordenadas correspondientes a la Intercuenca Rímac 1375543, tal como se registraron según la Agencia Nacional de Aguas (ANA). Con base en estas coordenadas, se obtuvo un Modelo Digital de Elevación (MDE) con una resolución de 30 metros. El MDE se descargó en formato GeoTiff, el cual es compatible con diversos sistemas de información geográfica, permitiendo así su reconocimiento y en la Figura 20 es la visualización en esta plataforma.

Figura 20

Modelo digital de elevaciones ingresado en el software SIG.

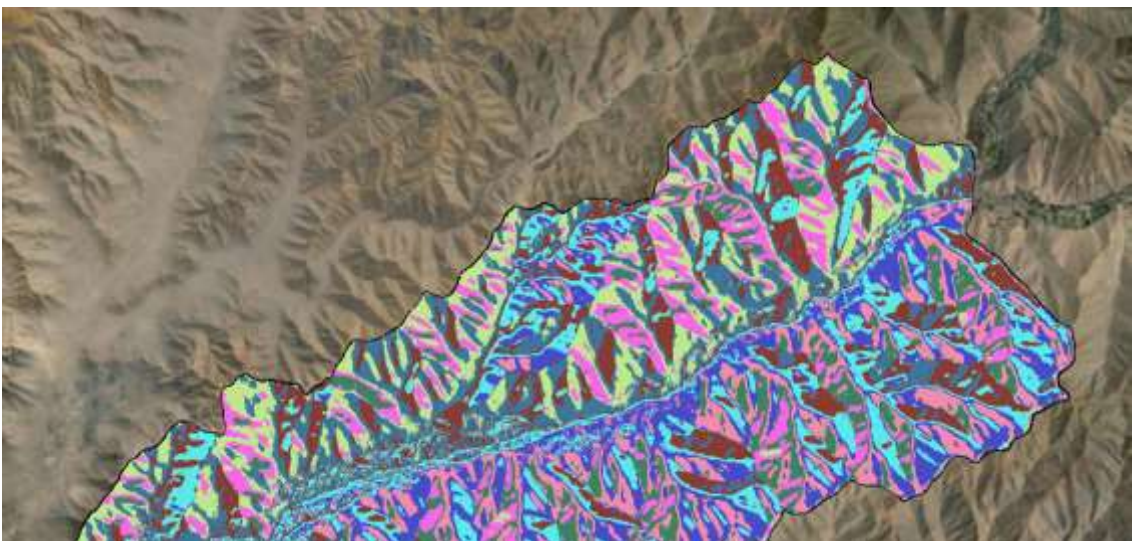


Nota. Elaboración propia.

Después de incorporar el modelo digital de elevaciones (MDE) en el proyecto, se procede a emplear la herramienta Fill con el propósito de corregir cualquier irregularidad presente en la superficie, luego de esto se utiliza la Herramienta Spatial Analyst en el proceso de hidrología la cual el primero paso es usar el Flow direction como en la Figura 21 se ilustra la dirección en la que fluye el agua en todos los cauces dentro de la superficie.

Figura 21

Resultado de Flow Direction en la Intercuenca Rímac 1375543.



Nota. Elaboración propia.

Luego se usará la herramienta Flow accumulation en donde esta herramienta asigna valores numéricos a cada píxel para reflejar la cantidad de flujo que se reúne en esa ubicación específica de la superficie. En este modelo particular, se eligió considerar valores superiores a 100 como indicativos de la acumulación de flujo como en la Figura 22 que calcula la acumulación de flujo en función de la topografía de la superficie y la dirección en la que fluye el agua.

Figura 22

Resultado de Flow Accumulation en la Intercuenca 1375443.



Nota. Elaboración propia.

Luego se seleccionaron en 10 puntos estratégicos para definir las delimitaciones de la cuenca, basándose en las áreas de acumulación en la que la Figura 23 se ilustra la ubicación de estos para su próxima delimitación

Figura 23

Ubicación de los 10 puntos en las quebradas.

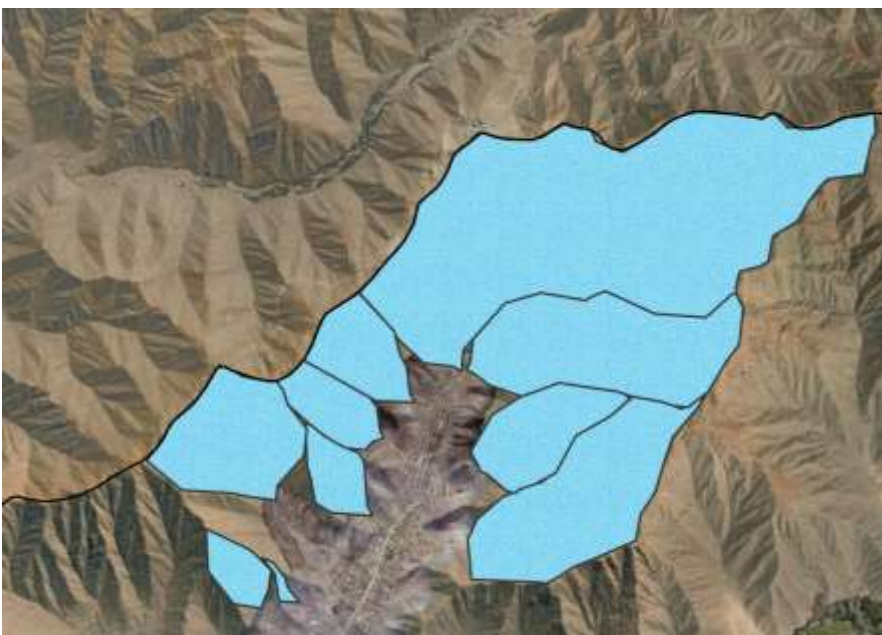


Nota. Elaboración propia.

A continuación, se utilizó la herramienta Watershed que delimitará dependiendo los 10 puntos de control antes establecido como en la Figura 24 donde observamos las delimitaciones de las microcuencas.

Figura 24

Delimitación de las cuencas respecto a los 10 puntos de control.



Nota. Elaboración propia.

Ya obtenidas las microcuencas se procede a calcular los parámetros de las microcuencas con el sistema de información geográfica en la usaremos para poder encontrar los cálculos hidráulicas en la zona de estudio tal como se muestra en la Tabla 4, que usaremos más adelante para los cálculos hidráulicos de la zona de estudio.

Tabla 4

Área de las microcuencas.

Polígono	Área (km2)
1	1.778
2	0.770
3	1.865
4	6.034
5	0.580
6	0.432
7	0.325
8	1.143
9	0.265
10	0.038

Nota. Elaboración propia.

5.5 Cálculos hidráulicos

5.5.1 Precipitaciones en la microcuenca

En nuestra área de estudio, contamos con una estación meteorológica automática que ha estado recopilando datos sobre las precipitaciones pasadas de forma continua y automática. Esta estación ha registrado la cantidad de lluvia que ha caído en la zona durante períodos anteriores. En donde se procesó el análisis de estos datos históricos de precipitación para identificar las tendencias en las condiciones de lluvia y para detectar fechas extremas de estos eventos naturales. La cual se puede encontrar con más detalles en el Anexo 1, donde se presentan los datos recopilados máximos mensuales hasta cinco años atrás.

5.5.2 Aplicación del modelo de distribución Gumbel

Después de obtener las precipitaciones máximas mensuales en la cual organizándolas para el cálculo de diversos de parámetros estadísticos, en la que obtendremos el promedio, la desviación estándar, el parámetro de escala α ya antes mencionada, y el parámetro de

posición μ para los datos de cada periodo de duración en donde en la Tabla 5 encontraremos el promedio.

Tabla 5

Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel.

N.º	Año	Mes	Precipitación (mm)	
		Max. Precip.	xi	(xi - x)^2
1	2018	0.10	0.10	43.121
2	2019	1.50	1.50	26.694
3	2020	0.80	0.80	34.418
4	2021	0.10	1.10	30.988
5	2022	0.90	0.90	33.254
6	2023	35.60	35.60	837.138
		Suma	40.0	1005.6

Nota. Elaboración propia.

Después de determinar los parámetros mencionados previamente y organizar los datos, se lleva a cabo el cálculo de probabilidad de Gumbel para el valor de las precipitaciones que se puede observar en Tabla 6.

Tabla 6

Calculo probabilístico y precipitaciones máximas probables.

Periodo Retorno	Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Corrección intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0.3665	4.3370	0.5000	4.9008
5	1.4999	16.8698	0.8000	19.0629
10	2.2504	25.1677	0.9000	28.4395
25	3.1985	35.6520	0.9600	40.2868
50	3.9019	43.4299	0.9800	49.0758
100	4.6001	51.1504	0.9900	57.7999
500	6.2136	68.9911	0.9980	77.9600

Nota. Elaboración propia.

5.5.3 Determinación de periodos de retorno

En la zona de estudio para poder calcular el caudal de diseño es crucial este factor ya que se encuentran en áreas urbanas que abarca instalaciones críticas como colegios, áreas recreativas, iglesias, mercados itinerante y viviendas, sabiendo esto se estableció un riesgo admisible del 10% en donde se evalúa una vida útil para este tipo de estructuras de 50 años en la que este enfoque nos permitirá además de enfocar datos históricos como lo que ocurrió en el año 1925 y 1987 en base de los valores obtenidos del manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC.

5.5.4 Cálculo de tiempo de concentración

En donde este factor como el anterior son los más cruciales para el cálculo de diseño que se evaluara mediante la ecuación mencionada con anterioridad.

$$T_c = 0.01947 * 3702^{0.77} * 0.088^{-0.385} = 27.76 \text{ min}$$

5.5.5 Cálculo de intensidades máximas

Ya una vez que se ha confirmado las precipitaciones máximas y ya establecidas los periodos de retorno con el tiempo de concentración se procede a calcular las intensidades correspondientes a los periodos de retorno como en la Tabla 7 que indican los resultados de los cálculos

Tabla 7

Intensidades máximas según la distribución de los años de retorno.

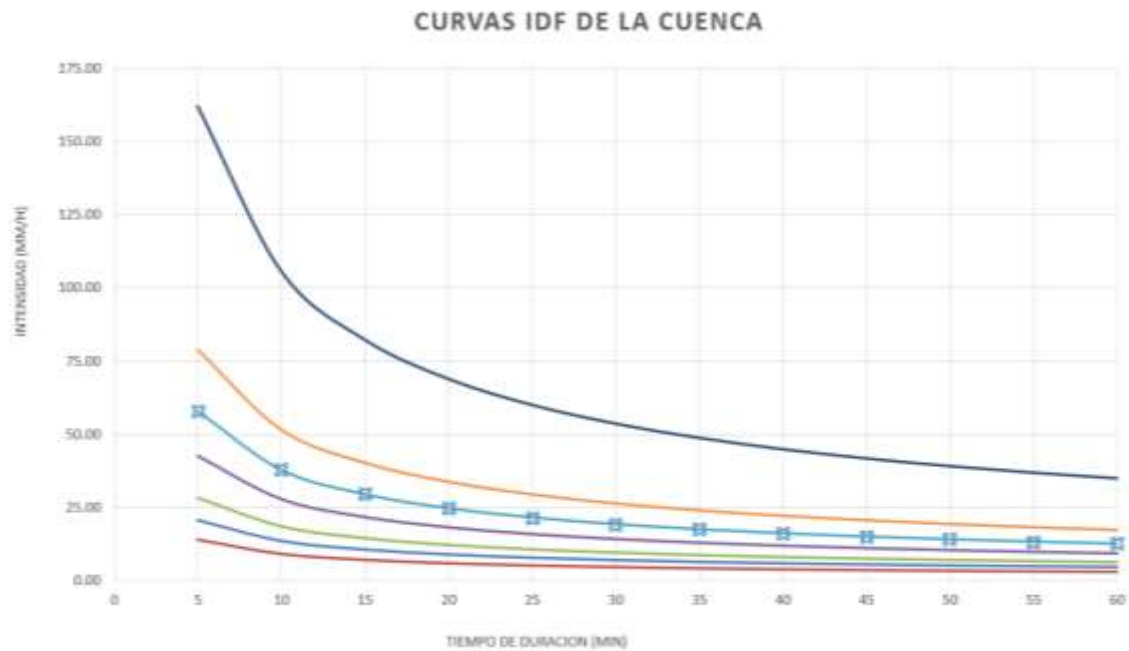
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	13.7	9.0	7.0	5.8	5.1	4.6	4.1	3.8	3.5	3.3	3.1	3.0
5	20.7	13.5	10.5	8.8	7.7	6.9	6.2	5.7	5.3	5.0	4.7	4.5
10	28.2	18.4	14.3	12.0	10.5	9.3	8.5	7.8	7.3	6.8	6.4	6.1
25	42.5	27.7	21.6	18.1	15.7	14.1	12.8	11.8	11.0	10.3	9.7	9.2
50	57.9	37.8	29.4	24.6	21.5	19.2	17.4	16.1	14.9	14.0	13.2	12.5
100	78.9	51.5	40.1	33.6	29.3	25.1	23.8	21.9	20.4	19.1	18.0	17.1
500	162.0	105.6	82.3	68.9	60.1	53.7	48.8	45.0	41.8	39.2	36.9	35.0

Nota. Elaboración propia.

En donde a partir de los resultados obtenidos se puede construir una curva Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) como se visualiza en la Figura 25 que esta para cada tiempo de retorno.

Figura 25

Curva Intensidad – Duración – Frecuencia.



Nota. Elaboración propia.

Una vez determinadas las intensidades máximas para cada tiempo de retorno de 2, 5, 10, 15, 25, 50 (línea celeste seleccionada), 100 (línea naranja seleccionada) y 500 años y un tiempo de concentración de 30 minutos se obtuvo una intensidad máxima de 19.18 mm/hr y 25.16 mm/hr.

5.5.6 Cálculo de caudales de diseño

Una vez calculadas las intensidades y disponiendo de los datos de intensidades máximas, el área de las microcuencas y un coeficiente de escorrentía que de acuerdo a la Tabla 8 lo podemos obtener de acuerdo a los parámetros de cobertura y pendiente.

Tabla 8*Coefficientes de escorrentía según método racional.*

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba, grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Nota. MTC (2017).

Entonces establecido que en las microcuencas se tiene una pendiente media ya que tiene más del 5% y menor del 20% de esta con zonas de cultivo y permeable este coeficiente es de 0.30.

Finalmente, calculado se procede a calcular los caudales de diseño para el tiempo de retorno en donde la Tabla 9 para un tiempo de retorno de 50 años y la Tabla 10 par el tiempo de retorno de 100 años donde se observa el caudal para cada microcuenca.

Tabla 9*Caudales de diseño $Tr = 50$ años.*

Área km ²	Coefficiente	Intensidad	Qmax (m ³ /s)
1.778	0.30	19.18	2.844
0.77	0.30	19.18	1.232
1.865	0.30	19.18	2.983
6.034	0.30	19.18	9.652
0.58	0.30	19.18	0.928
0.432	0.30	19.18	0.691
0.325	0.30	19.18	0.52
1.143	0.30	19.18	1.829
0.265	0.30	19.18	0.424
0.038	0.30	19.18	0.06

Nota. Elaboración propia.**Tabla 10***Caudales de diseño $Tr = 100$ años.*

Área km ²	Coefficiente	Intensidad	Qmax (m ³ /s)
1.778	0.30	25.16	3.878
0.77	0.30	25.16	1.679
1.865	0.30	25.16	4.067
6.034	0.30	25.16	13.16
0.58	0.30	25.16	1.266
0.432	0.30	25.16	0.943
0.325	0.30	25.16	0.709
1.143	0.30	25.16	2.494
0.265	0.30	25.16	0.578
0.038	0.30	25.16	0.082

Nota. Elaboración propia.**5.6 Modelamiento hidráulico**

Una vez habiendo obtenido los caudales de diseño, el modelo digital de elevación del terreno (MDE) y con la ortofoto georreferenciadas, se procede a iniciar el modelado

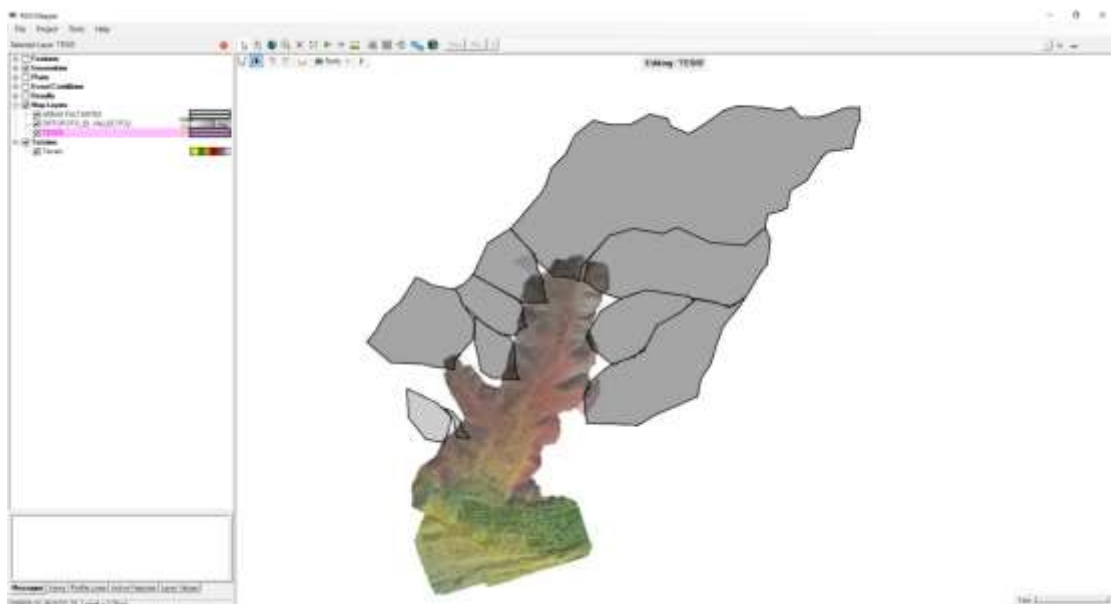
hidráulico utilizando un software Hec-Ras 6.4.1 la cual nos ayudará a simular las inundaciones en los 10 puntos que se tiene en la que se activara en el momento de precipitaciones extremas.

5.6.1 Procesamiento de datos en el software

El primero proceso para empezar la simulación es importar el MDE y la ortofoto ambas georreferenciadas en la cual podremos hacer la simulación hidráulica pero antes de eso tenemos que determinar los 10 puntos de las microcuencas en la que se tendrán que exportar estos polígonos en formato shapefile para poder proceder los caudales máximos en estos puntos mencionados como en le Figura 26 donde se ilustra los datos antemencionados ya importados en el software.

Figura 26

MDE, ortofoto y microcuencas importadas.

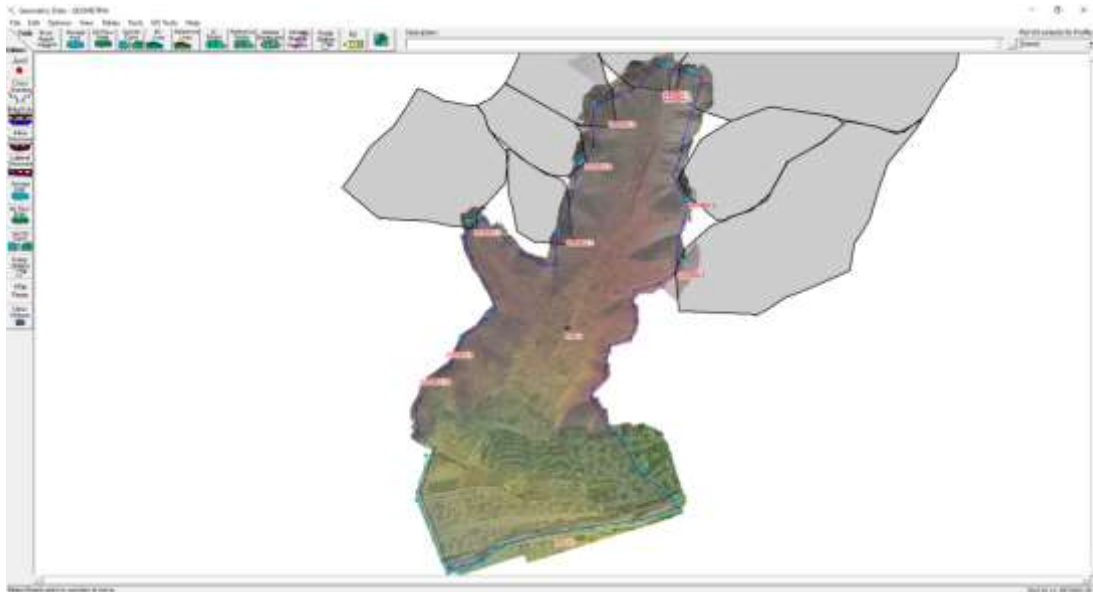


Nota. Elaboración propia.

Luego se tendrá que delimitar el área de donde interactúan las precipitaciones máximas de nuestra zona de estudio y se ubicaran los puntos exactos de dónde vienen los caudales de las microcuencas además de poner un límite aguas abajo la cual será un delimitante de nuestra inundación que arraiga las microcuencas como observamos en la Figura 27 la cual observamos lo antes mencionado para la adecuada simulación.

Figura 27

Geometría de las precipitaciones de las 10 microcuencas.

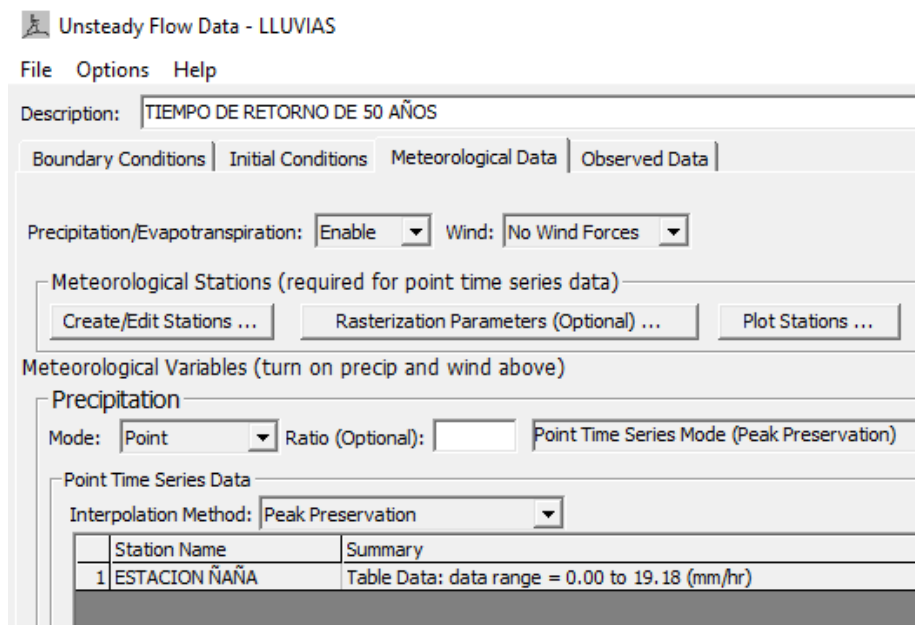


Nota. Elaboración propia.

Luego se le asignará en toda la geometría realizada se procederá al colocar las condiciones iniciales de lluvias en la cual como en la Figura 28 y Figura 29 con la curva IDF y el tiempo de concentración podemos insertar y además como en la Figura 30 y Figura 31 indica que en los 10 puntos de las microcuencas debidamente ubicadas y con los caudales antes calculadas se presenta.

Figura 28

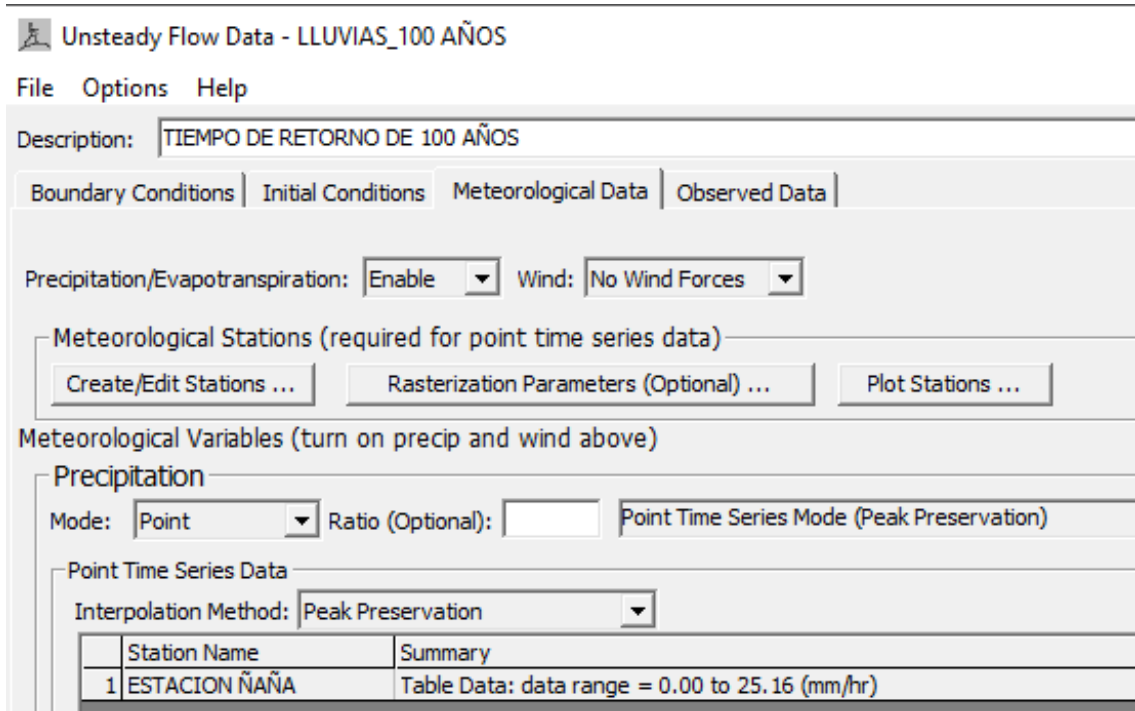
Condiciones iniciales de precipitación para $Tr = 50$ años.



Nota. Elaboración propia.

Figura 29

Condiciones iniciales de precipitación para $Tr = 100$ años.



Nota. Elaboración propia.

Figura 30

Caudales en las microcuencas para $Tr = 50$ años.

Inflow Summary

	Boundary Condition Location	Minimum (m3/s)	Maximum (m3/s)	Volume(1000 m3)	Comments
1	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 6	0	0.691	0.6219	
2	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 4	0	9.65	8.685	
3	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 5	0	0.928	0.8352	
4	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 2	0	1.232	1.109	
5	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 1	0	2.844	2.560	
6	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 8	0	1.829	1.646	
7	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 7	0	0.52	0.4680	
8	2D Flow Area:AREA BCLine:AARIBA 3	0	2.983	2.685	
9	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 10	0	0.424	0.3816	
10	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 9	0	0.06	0.0540	
11	2D Flow Area:AREA BCLine:ABAJO				

Clipboard Print ... File ... Close

Nota. Elaboración propia.

Figura 31

Caudales en las microcuencas para $Tr = 100$ años.

Inflow Summary

	Boundary Condition Location	Minimum (m3/s)	Maximum (m3/s)	Volume(1000 m3)	Comments
1	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 6	0	0.943	0.8487	
2	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 4	0	13.16	11.84	
3	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 5	0	1.266	1.139	
4	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 2	0	1.679	1.511	
5	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 1	0	3.878	3.490	
6	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 8	0	2.494	2.245	
7	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 7	0	0.709	0.6381	
8	2D Flow Area:AREA BCLine:AARIBA 3	0	4.067	3.660	
9	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 10	0	0.082	0.0738	
10	2D Flow Area:AREA BCLine:ARRIBA 9	0	0.578	0.5202	
11	2D Flow Area:AREA BCLine:ABAJO				

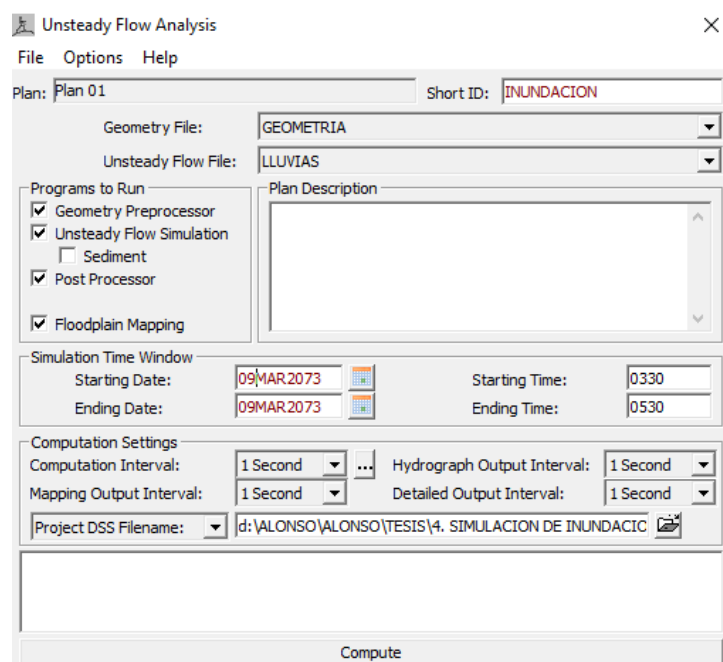
Clipboard Print ... File ... Close

Nota. Elaboración propia.

Ya teniendo los parámetros iniciales de las precipitaciones en los caudales de las microcuencas se puede a proceder a programar los parámetros de espacio y tiempo en nuestra simulación la cual para mayor exactitud en esta se usa un intervalo de 1 segundo y con el tiempo de retorno de 50 años y 100 años respecto al día de la última inundación en la zona de estudio como se ilustra en la Figura 32 donde se coloca los parámetros antes mencionados.

Figura 32

Parámetros de intervalo en la simulación.

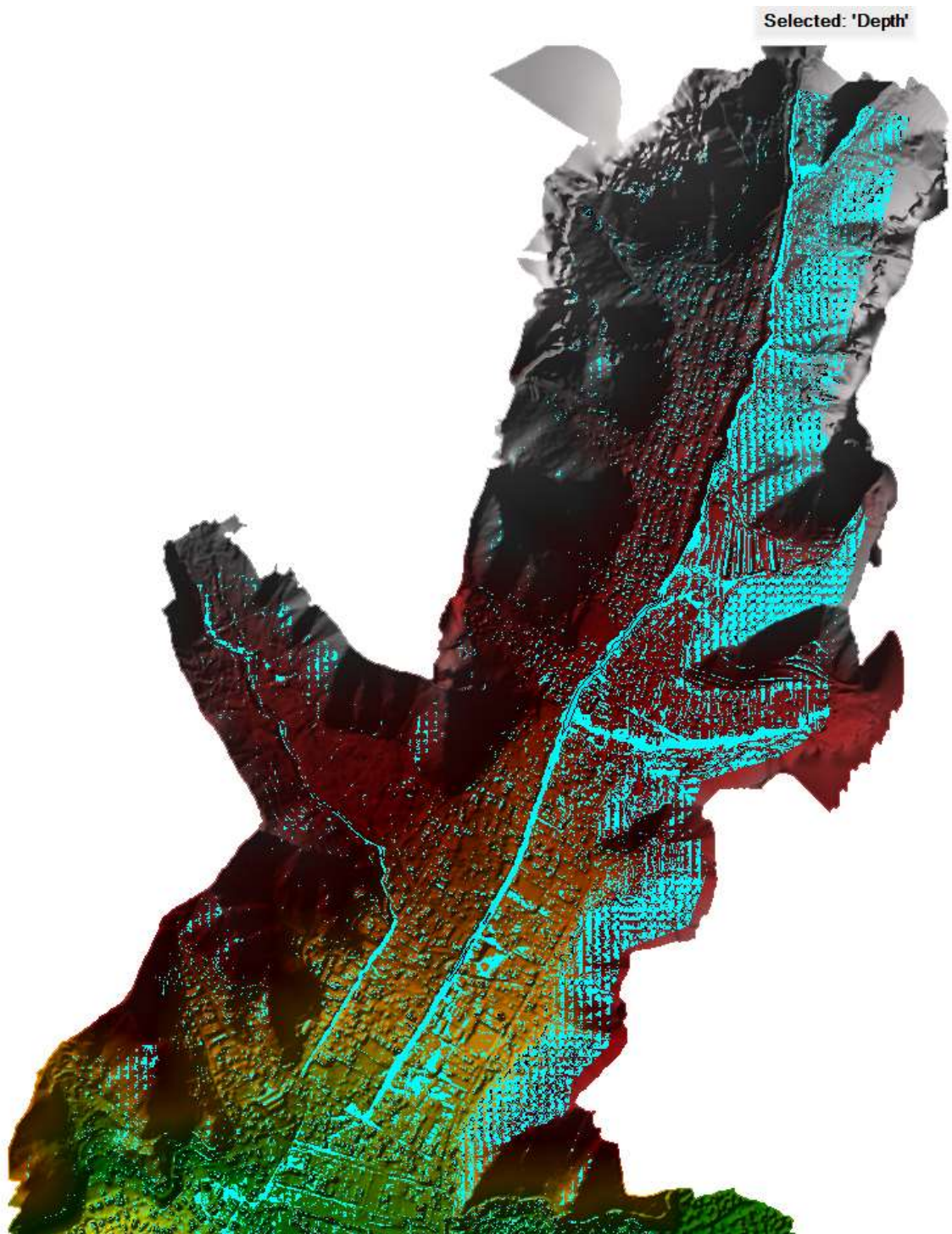


Nota. Elaboración propia

Con todas las condiciones ya preparadas se realiza el cálculo de la simulación en donde se pasa un postproceso en la cual podremos observar la simulación como en la Figura 33 para el tiempo de retorno de 50 años y la Figura 34 para el tiempo de retorno de 100 años donde observamos la altura de inundación en la zona de estudio.

Figura 33

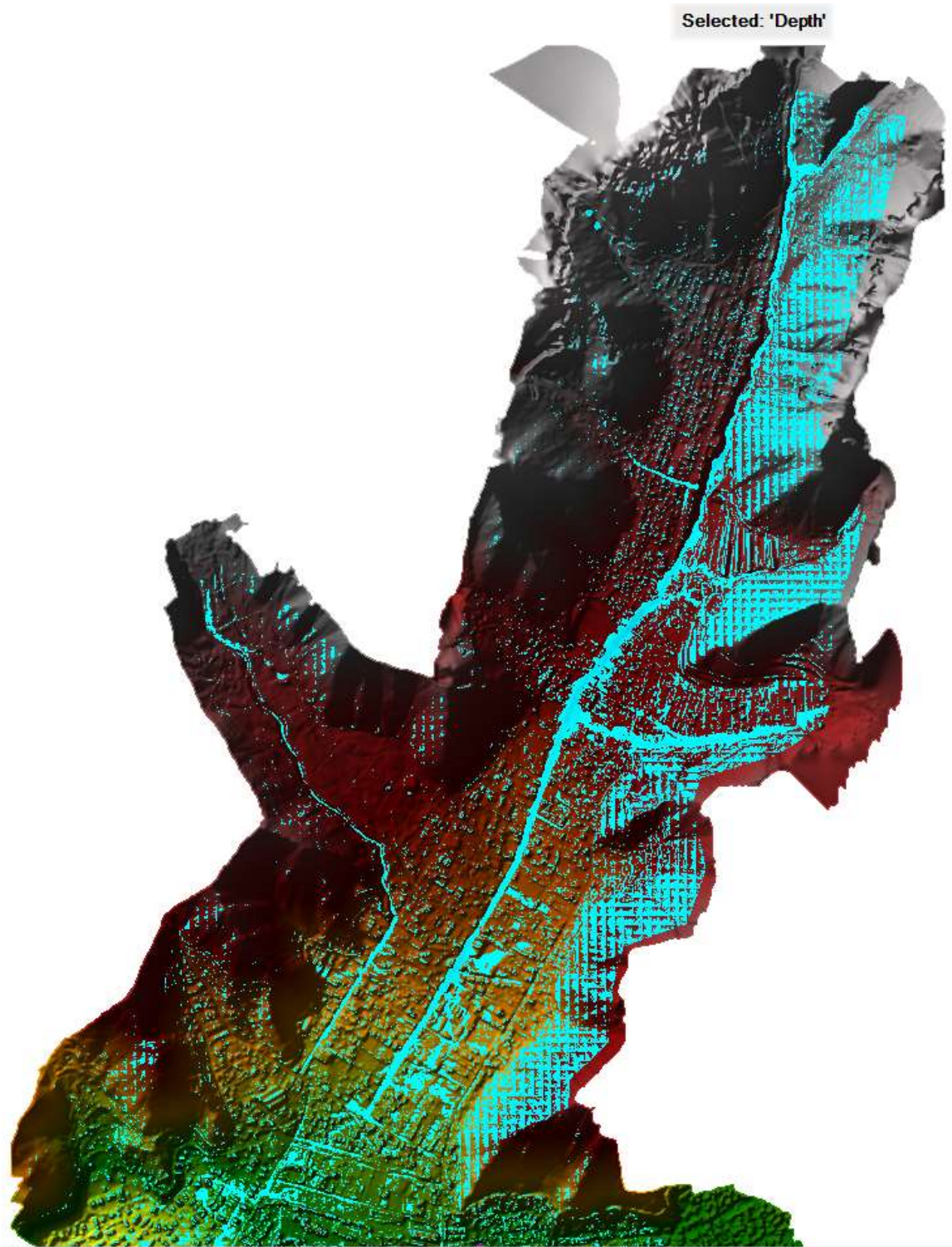
Máxima Inundación $Tr = 50$ años.



Nota. Elaboración propia.

Figura 34

Máxima Inundación $Tr = 100$ años.



Nota. Elaboración propia.

5.7 Estimación de pérdidas económicas

Se propone un método para calcular las pérdidas económicas en viviendas ubicadas propensas a inundaciones que se utilizó el software de sistema de información geográfica como herramienta principal, para poder llevar a cabo este proceso se requiere disponer un registro detallado de la zona en cuestión, con el mapa ráster que contiene la información de las alturas de inundación, y datos que nos indicará la ubicación precisa de las viviendas o manzanas que se desea evaluar.

El valor de las pérdidas económicas se determinará dependiendo de la categoría según el material de construcción y el área de construcción como en el Anexo 2 que observamos el cuadro de valores unitarios oficiales de edificaciones para lima que está vigente desde el 01 al 30 de septiembre del 2023.

5.8 Identificación de áreas de inundación y generación de mapas temáticos

Se generaron mapas ráster que nos muestran los niveles de inundación en el momento de máxima inundación, este mapa se importó al software de sistema de información geográfica las cuales haber trabajo con el sistema RTK las proyecciones WGS 18-S se asignan automáticamente las cuales no se debió hacer ninguna modificación respecto a la proyección. Además, se ajustó la simbología para representar los distintos niveles de altura de inundación de acuerdo a la máxima intensidad antes calculado como en la Figura 35 en donde se ilustra lo antes mencionada y además estas están de acuerdo a la Tabla 11 del manual de estimación del riesgo ante inundación realizado por INDECI.

Tabla 11

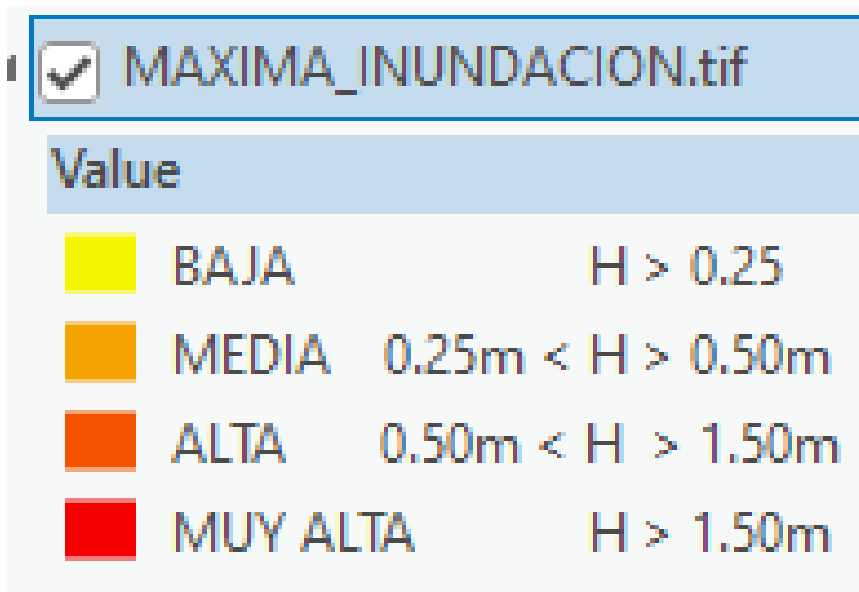
Niveles de perjuicio según profundidad de flujo.

Niveles	Profundidad de flujo (H)
Muy alta	$H > 1.50\text{m}$
Alta	$0.50\text{m} < H < 1.50\text{m}$
Media	$0.25\text{m} < H < 0.50\text{m}$
Baja	$H < 0.25\text{m}$

Nota. INDECI (2011).

Figura 35

Niveles de inundación establecidos en el SIG.



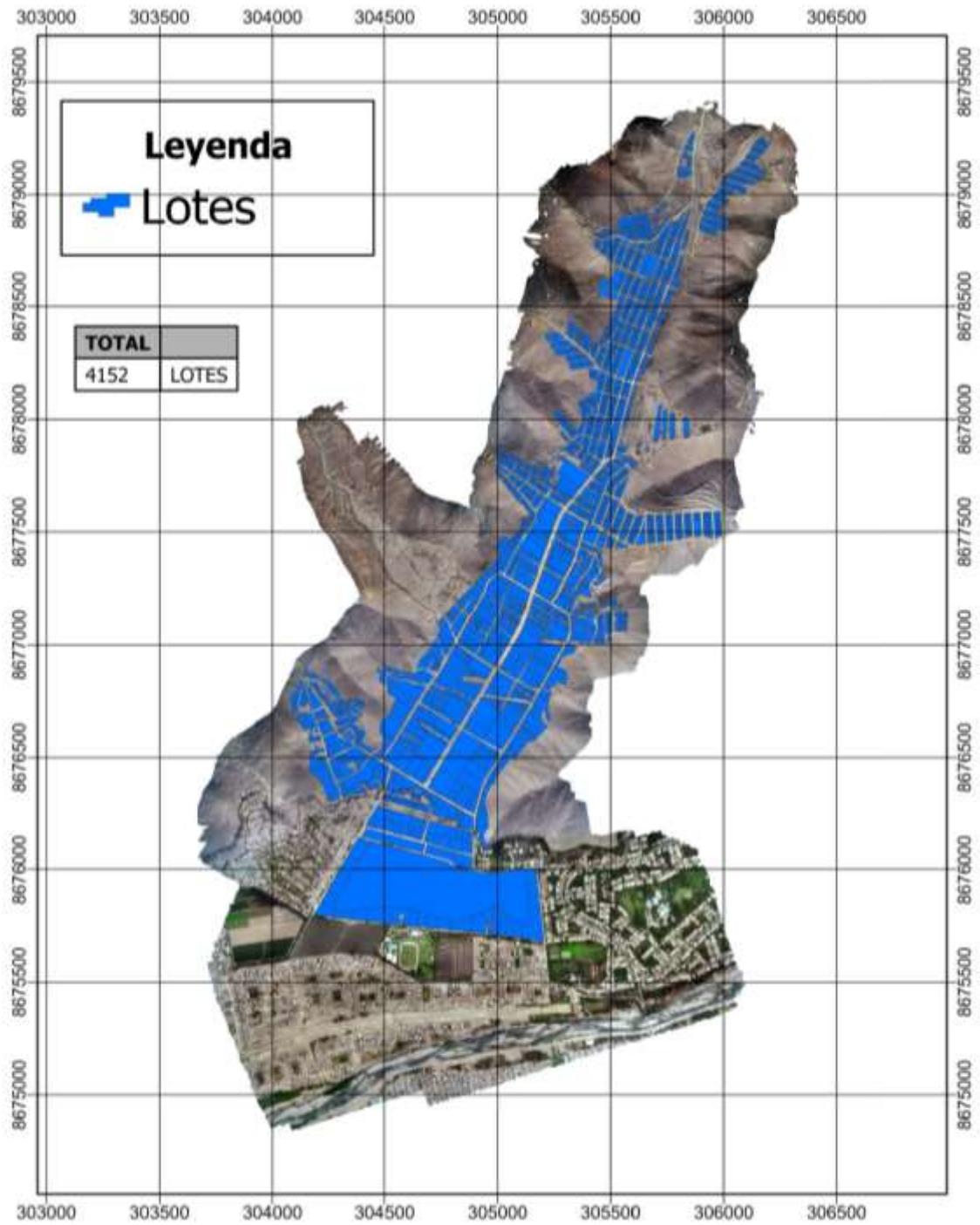
Nota. Elaboración propia.

La elaboración de mapas temáticos a partir de la información proporcionada y utilizando un sistema de navegación no tripulado es un proceso esencial para la evaluación de riesgos en las viviendas. Estos mapas temáticos, que abarcan varios aspectos de la geografía y la construcción en una determinada área, desempeñan un papel crucial en la comprensión del riesgo de las comunidades ante amenazas como inundaciones.

El mapa de lotización proporciona una representación detallada de la distribución de los terrenos, lo que es esencial para el análisis de riesgos la cual ayuda a identificar la disposición de las viviendas y su proximidad a fuentes de agua o zonas de alto riesgo como podemos observar en la Figura 36.

Figura 36

Mapa de lotización actualizado.



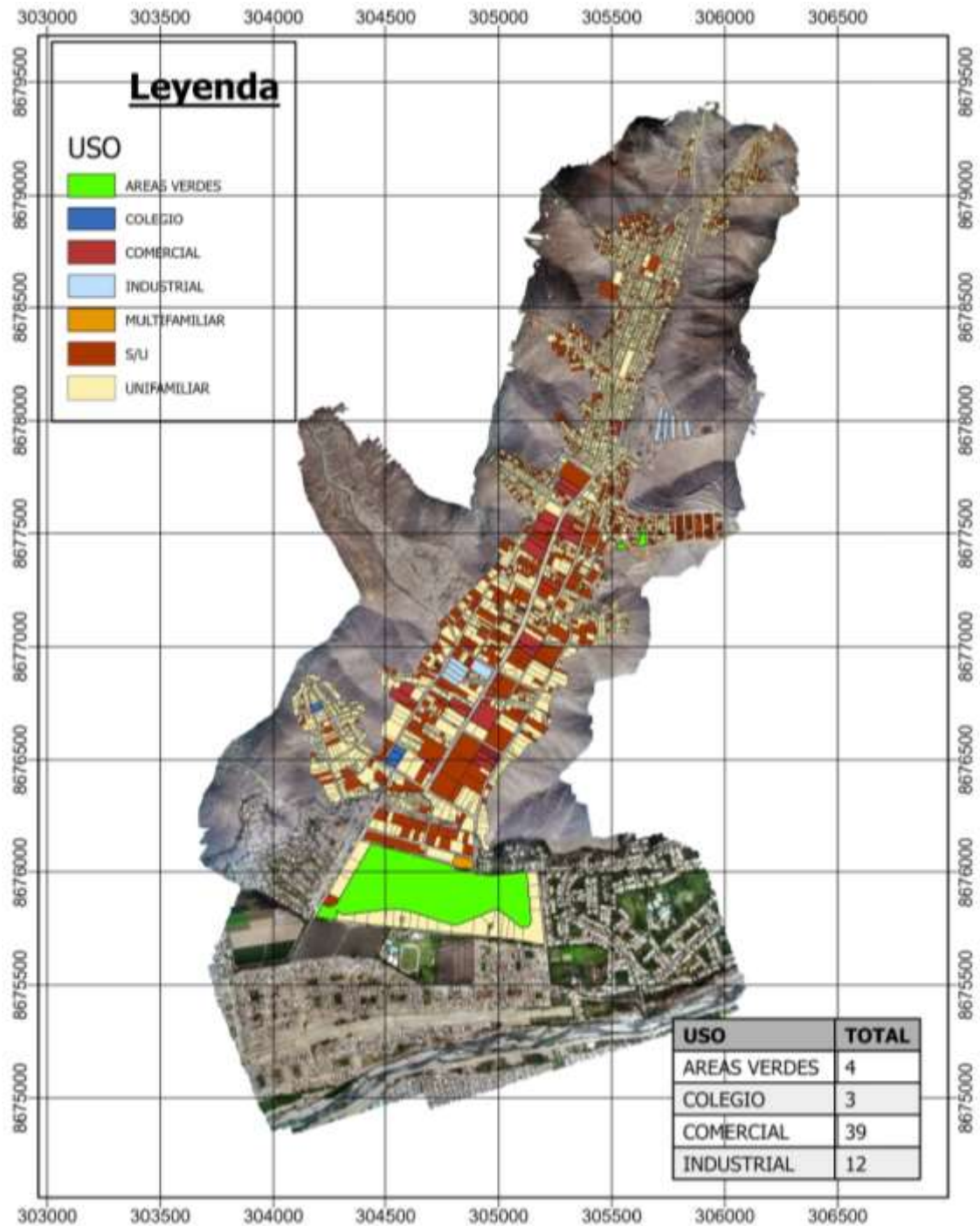
Nota. Elaboración propia.

El mapa de las viviendas según su uso categoriza el uso de las viviendas, lo que permite una comprensión más profunda de la zona la cual es valiosa para evaluar cómo las

actividades humanas pueden influir en la vulnerabilidad ante ciertos riesgos como se ilustra en la Figura 49.

Figura 37

Mapa de las viviendas según su uso.



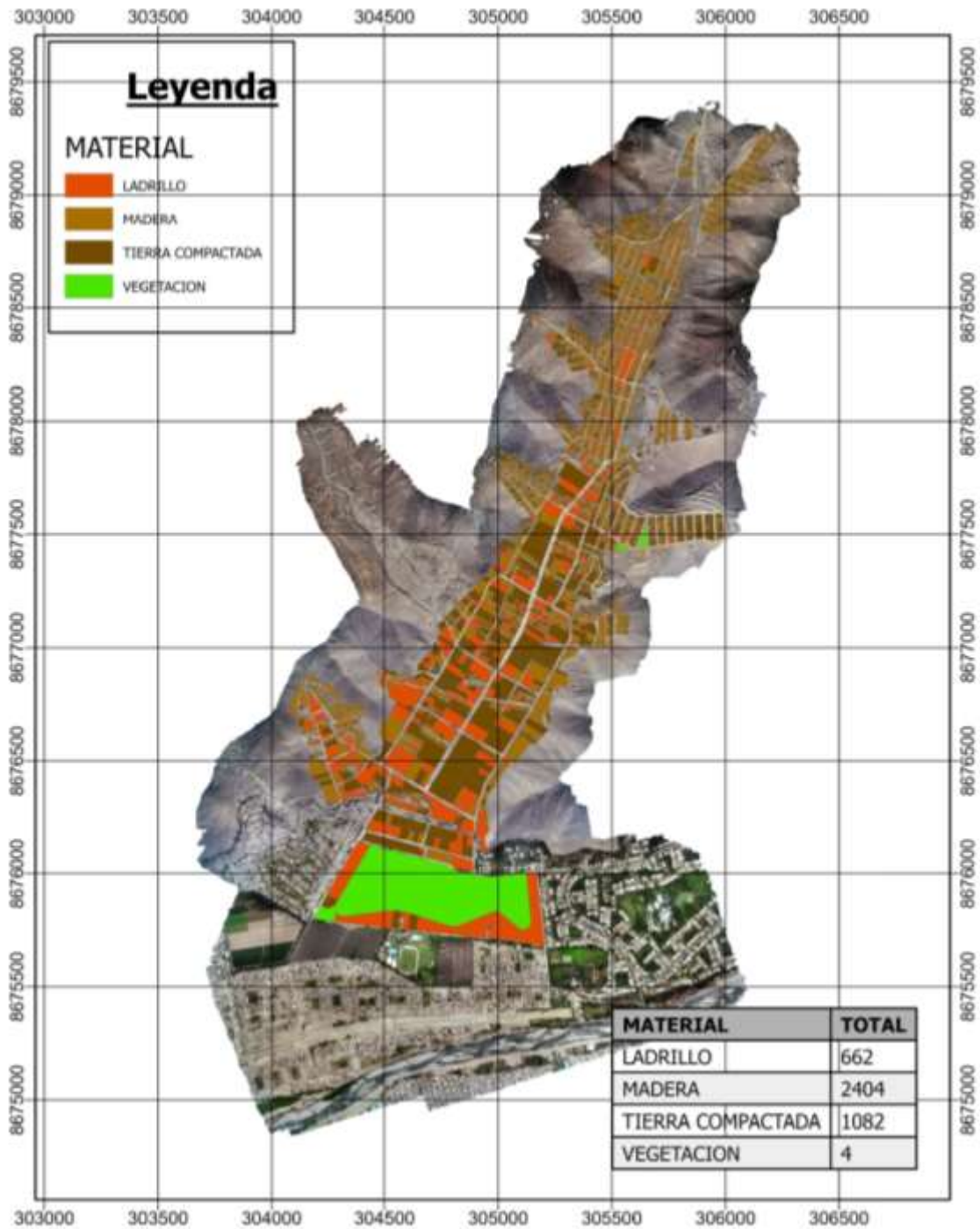
Nota. Elaboración propia.

El mapa de las viviendas según su material muestra los materiales empleados en la construcción de las viviendas, lo que es fundamental para evaluar la resistencia de las

estructuras en donde esto permite identificar aquellas viviendas que pueden ser más vulnerables a eventos naturales como se observa en la Figura 38.

Figura 38

Mapa de las viviendas según su categoría.

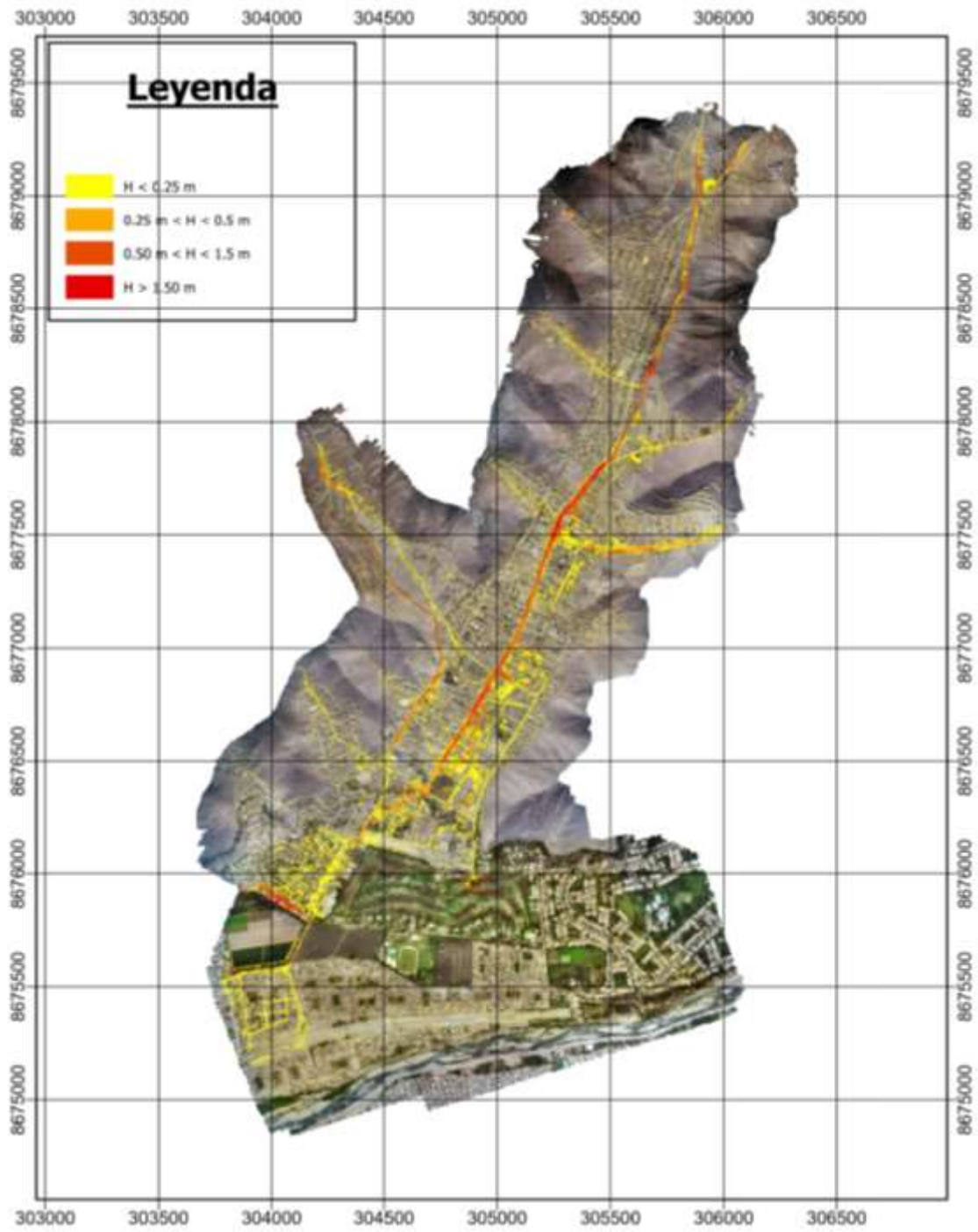


Nota. Elaboración propia.

El mapa de inundación proporciona información sobre las alturas del cuerpo de agua sobre las áreas afectadas por las inundaciones en donde esto es esencial para comprender las áreas en mayor riesgo durante eventos de inundación y para planificar medidas de mitigación. Lo cual en la generación de estos mapas temáticos con el tiempo de retorno de 50 años con una altura máxima de inundación de 2.15 metros donde se observa en la Figura 39 y en mapa con el tiempo de retorno de 100 años tiene una máxima inundación de 3.21 metros como se observa en la Figura 40.

Figura 39

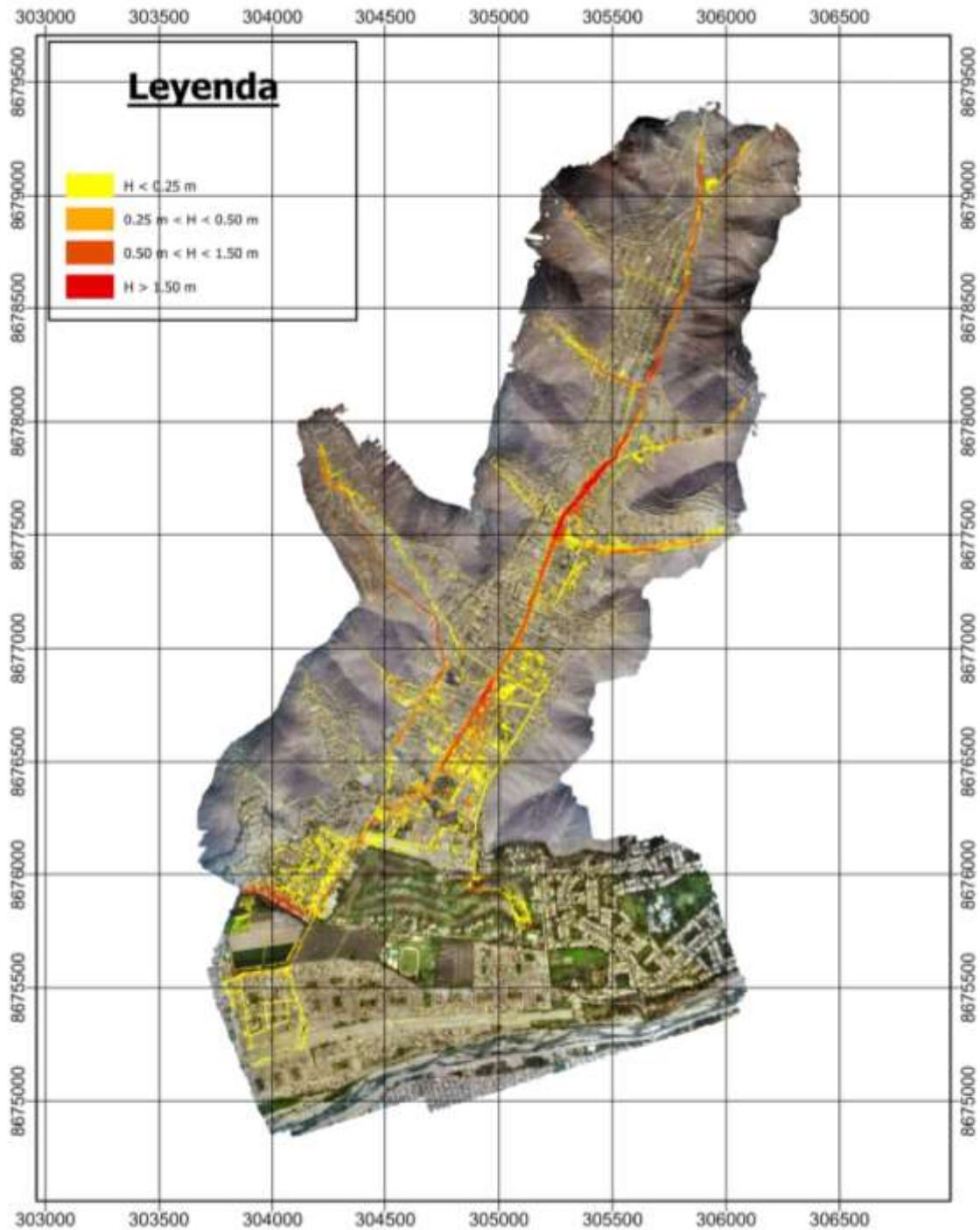
Mapa de inundación $Tr=50$ años.



Nota. Elaboración propia.

Figura 40

Mapa de inundación $Tr = 100$ años.



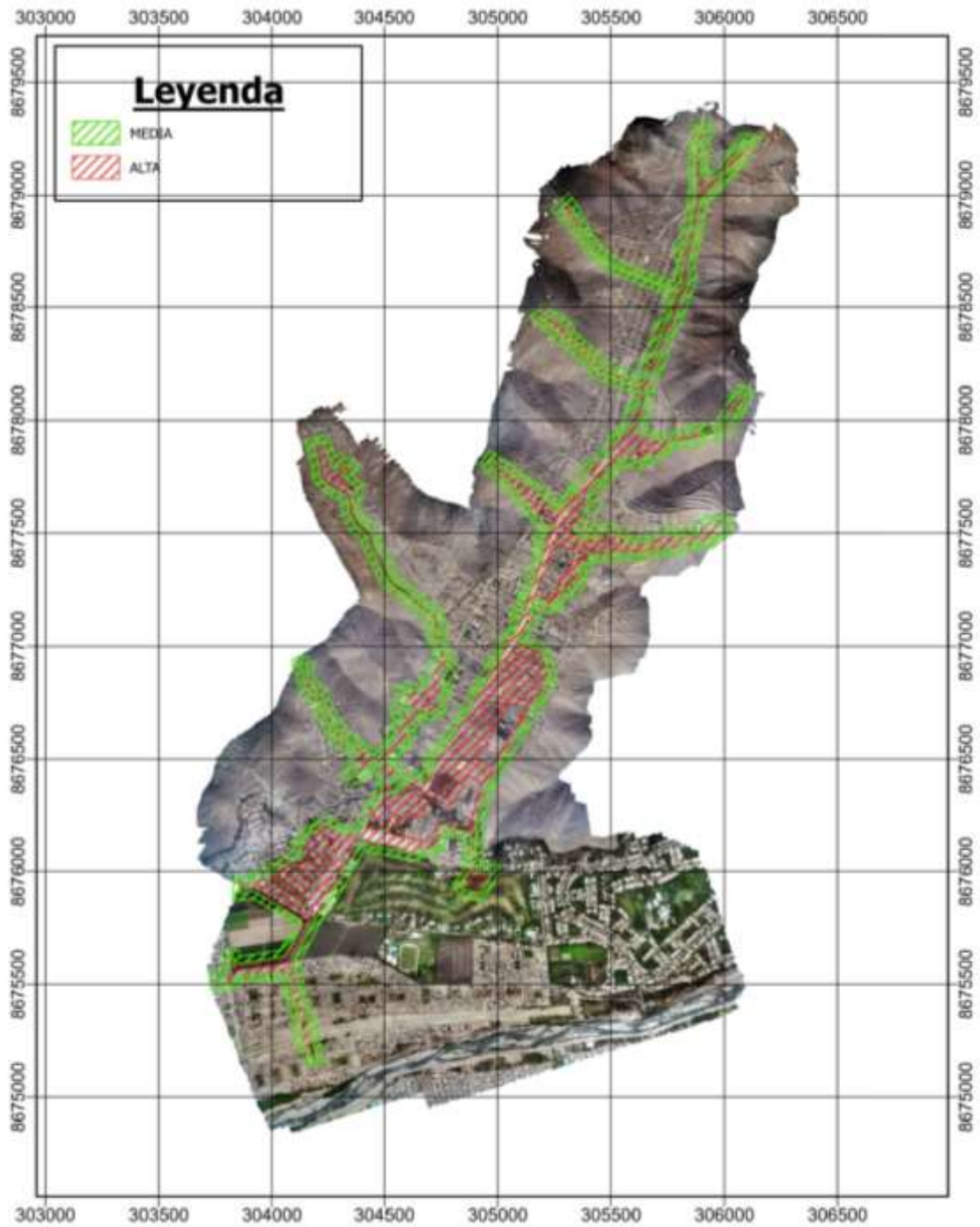
Nota. Elaboración propia.

El mapa de áreas vulnerables se basa en el mapa de inundaciones y permite identificar áreas que son particularmente vulnerables debido a su proximidad a cuerpos de agua, como se observa en la Figura 41 que tiene un tiempo de retorno de 50 años la cual esta tiene un área de alta vulnerabilidad de 84.2 ha y un área de vulnerabilidad media con 12.1

ha y con el tiempo de retorno de 100 años como se ilustra en la Figura 42 en donde se encuentra la alta vulnerabilidad con 96.4 ha y la vulnerabilidad media con 20.1 ha, en donde estas zona aumenta debido a las mayores precipitaciones.

Figura 41

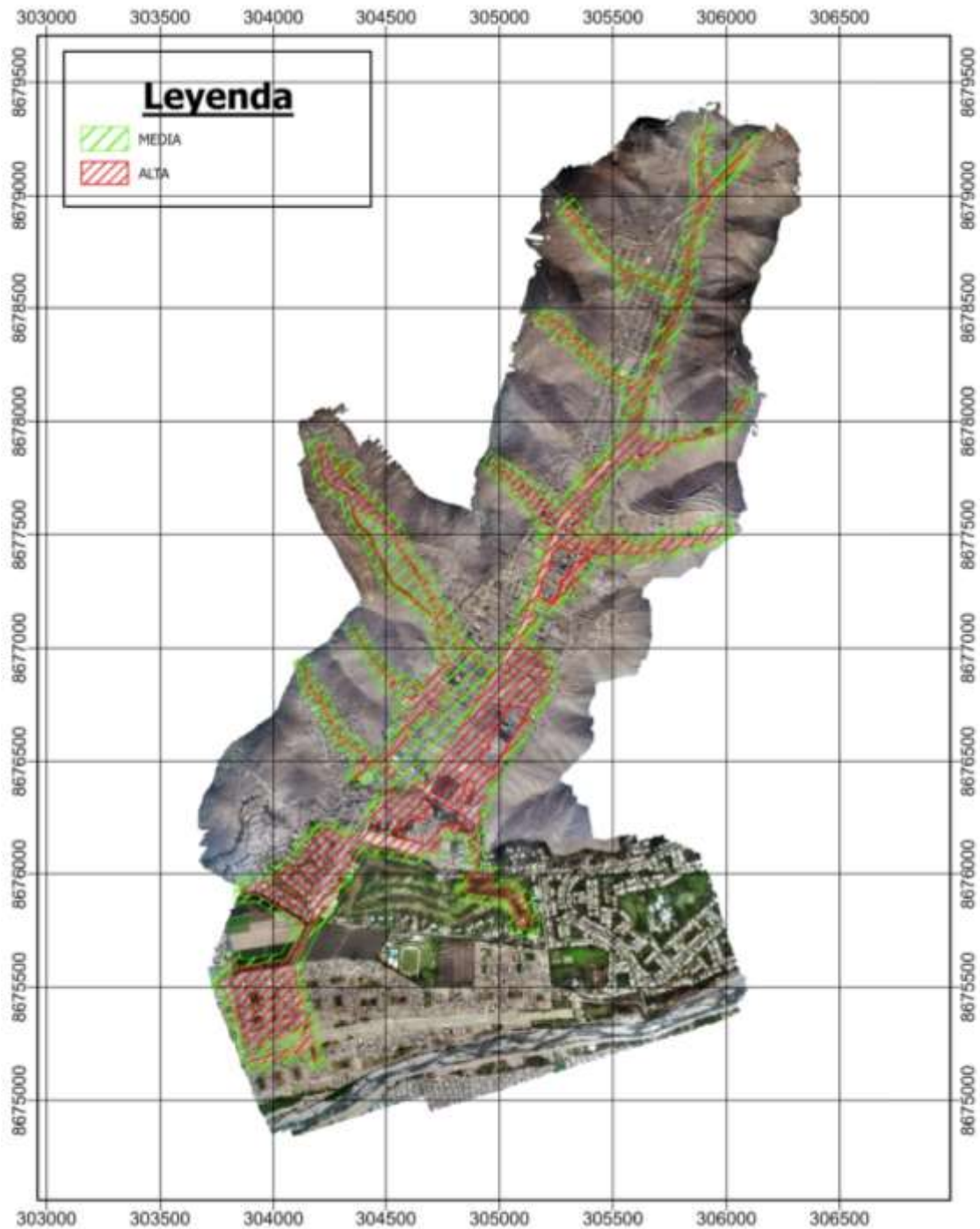
Mapa de zonas vulnerables $Tr = 50$ años.



Nota. Elaboración propia.

Figura 42

Mapa de zonas vulnerables $Tr = 100$ años.



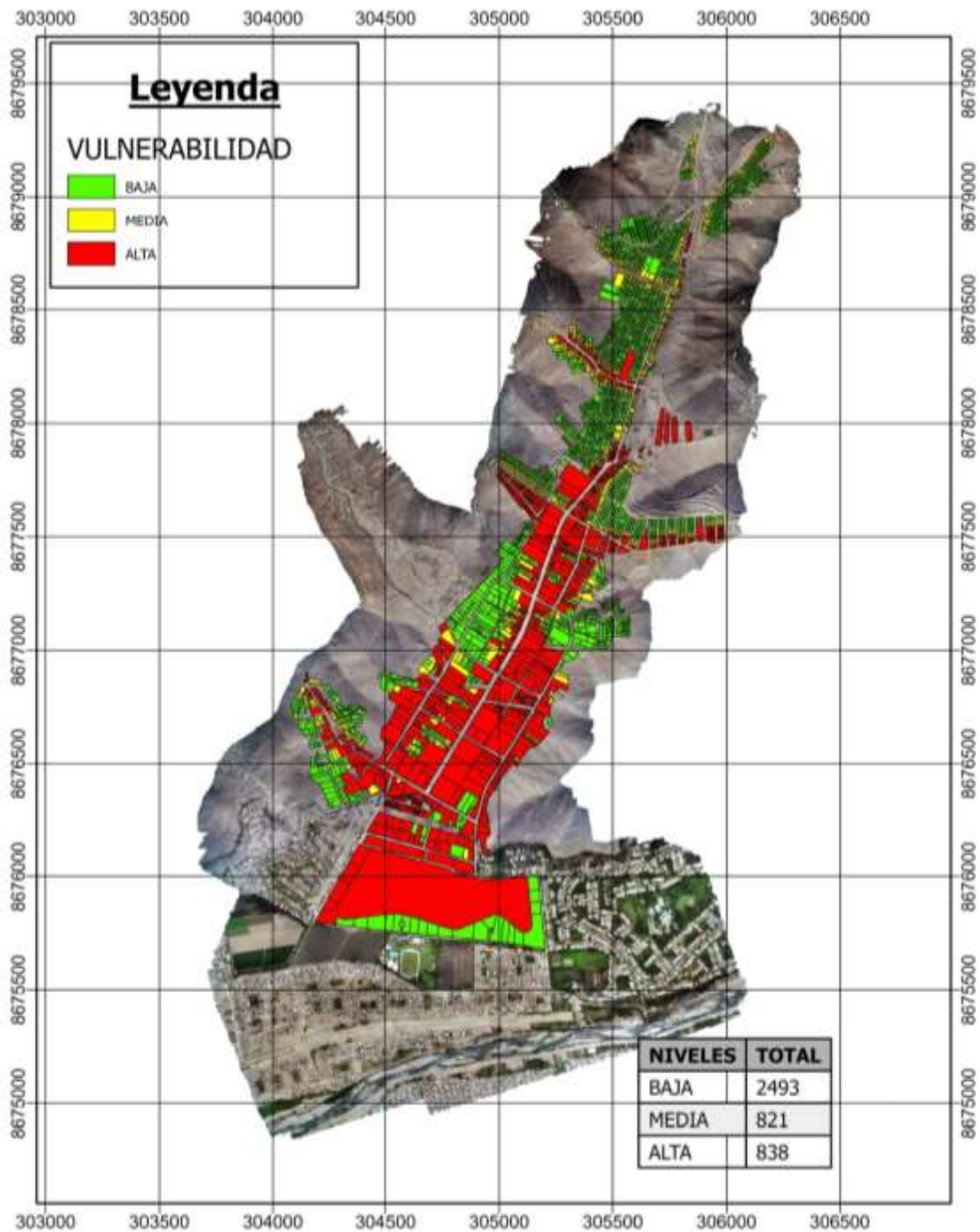
Nota. Elaboración propia

El mapa de viviendas vulnerables clasifica las viviendas según diferentes niveles de vulnerabilidad en donde esto ayuda a priorizar las acciones de mitigación y respuesta en función del riesgo, la cual teniendo en cuenta el tiempo de retorno de 50 años las viviendas afectadas con baja vulnerabilidad es de 2493, la vulnerabilidad media con 821 viviendas

y con un alto nivel de vulnerabilidad es de 838 viviendas como se ilustra en la Figura 43 además se ilustra en la Figura 44 con el tiempo de retorno de 100 años en donde se estima que la 2300 viviendas tienen baja nivel de vulnerabilidad, se encuentra 943 viviendas con media vulnerabilidad y con una alta vulnerabilidad son 909 viviendas.

Figura 43

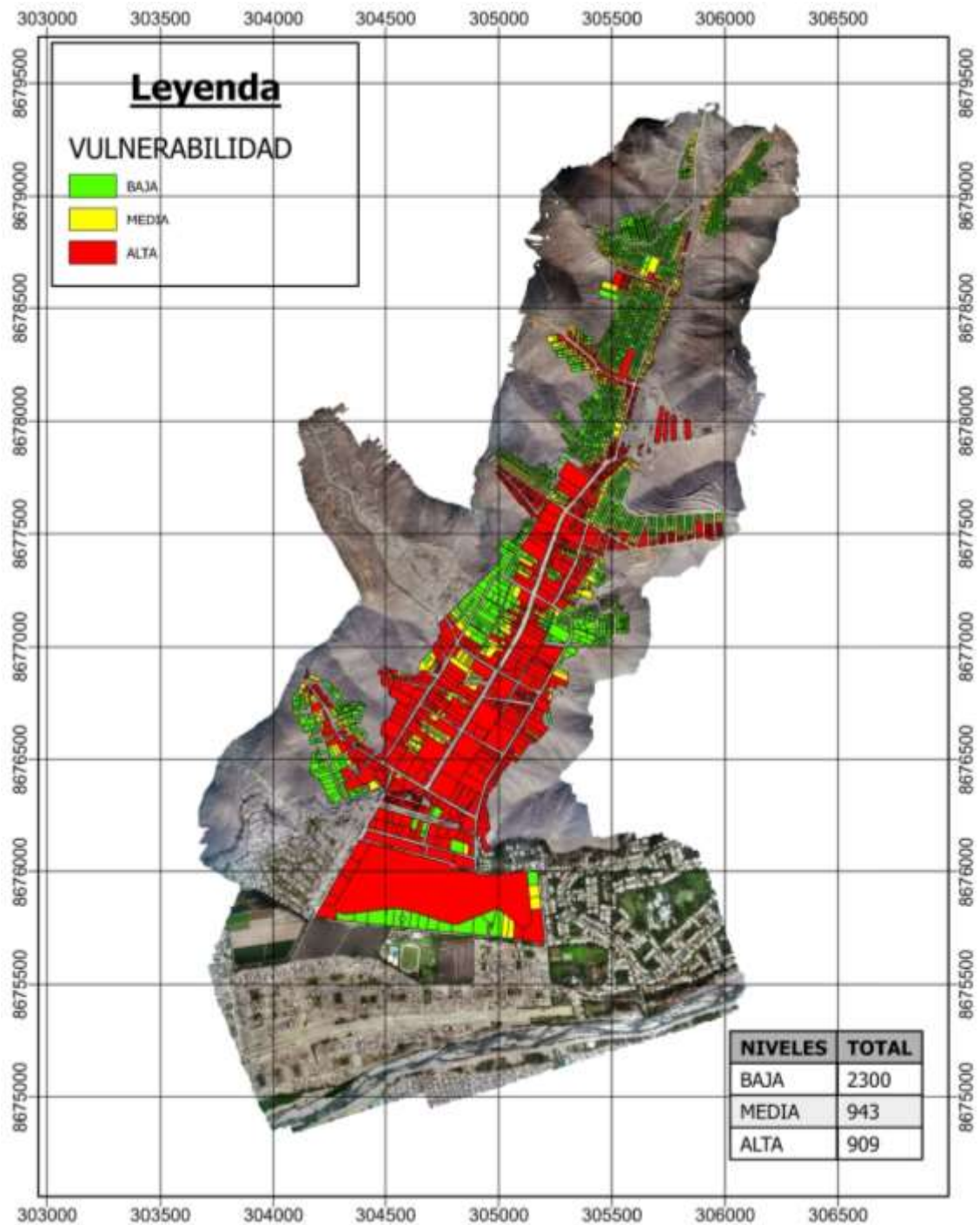
Mapa de viviendas vulnerables $Tr = 50$ años.



Nota. Elaboración propia.

Figura 44

Mapa de viviendas vulnerables $Tr = 100$ años.



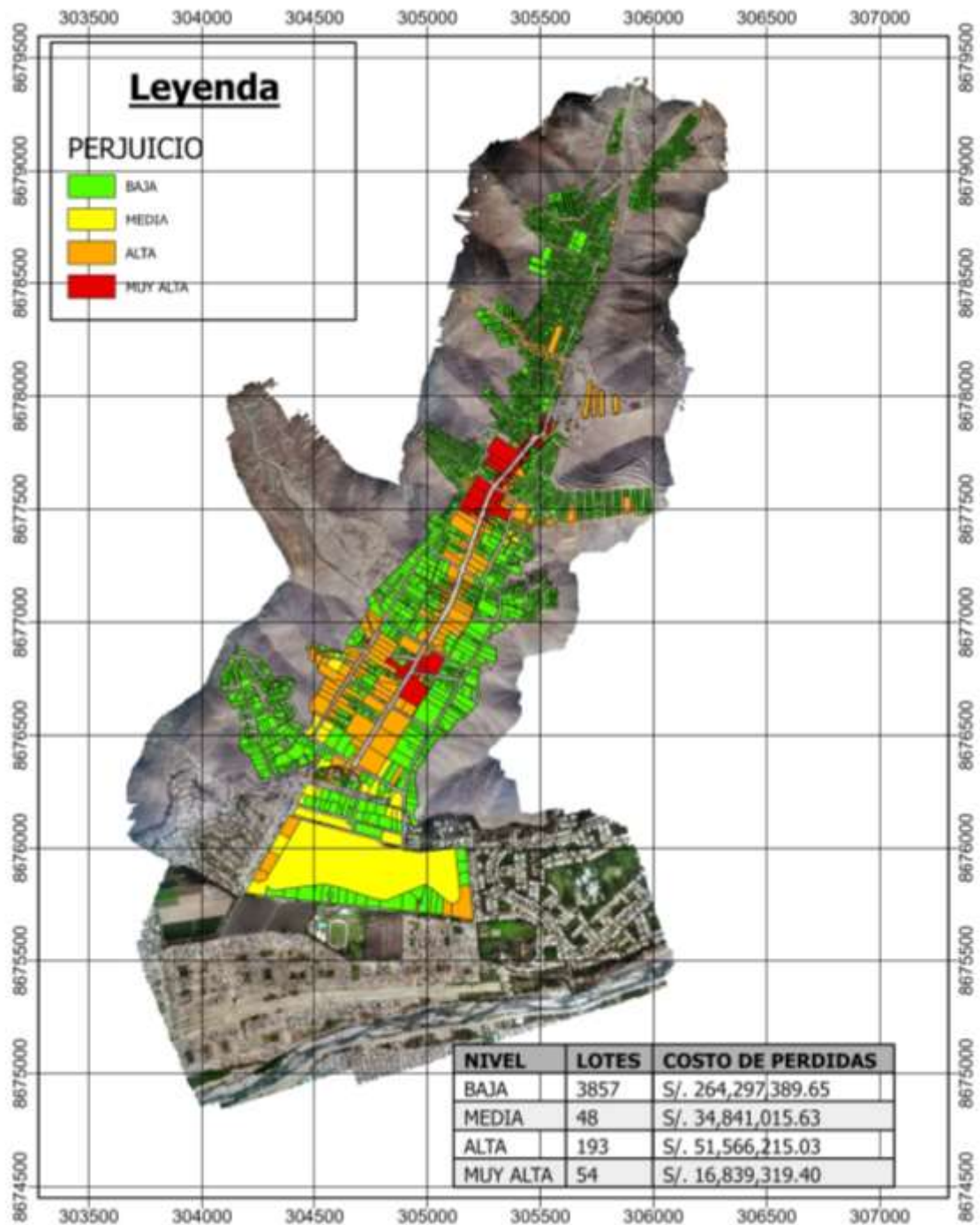
Nota. Elaboración propia.

El mapa de nivel de perjuicio se basa en el mapa de inundación y calcula los diferentes niveles de daño o perjuicio que pueden experimentar las viviendas durante inundaciones, la cual teniendo en cuenta el tiempo de retorno de 50 años las viviendas afectadas con baja vulnerabilidad es de 3857, la vulnerabilidad media con 48 viviendas, con un alto

nivel de vulnerabilidad es de 193 viviendas y con un muy alto nivel 54 viviendas afectadas como se ilustra en la Figura 45, además se ilustra en la Figura 46 con el tiempo de retorno de 100 años en donde se estima que la 3723 viviendas tienen baja nivel de vulnerabilidad, se encuentra 109 viviendas con media vulnerabilidad, con una alta vulnerabilidad son 249 viviendas y un muy alta nivel de 71 viviendas.

Figura 45

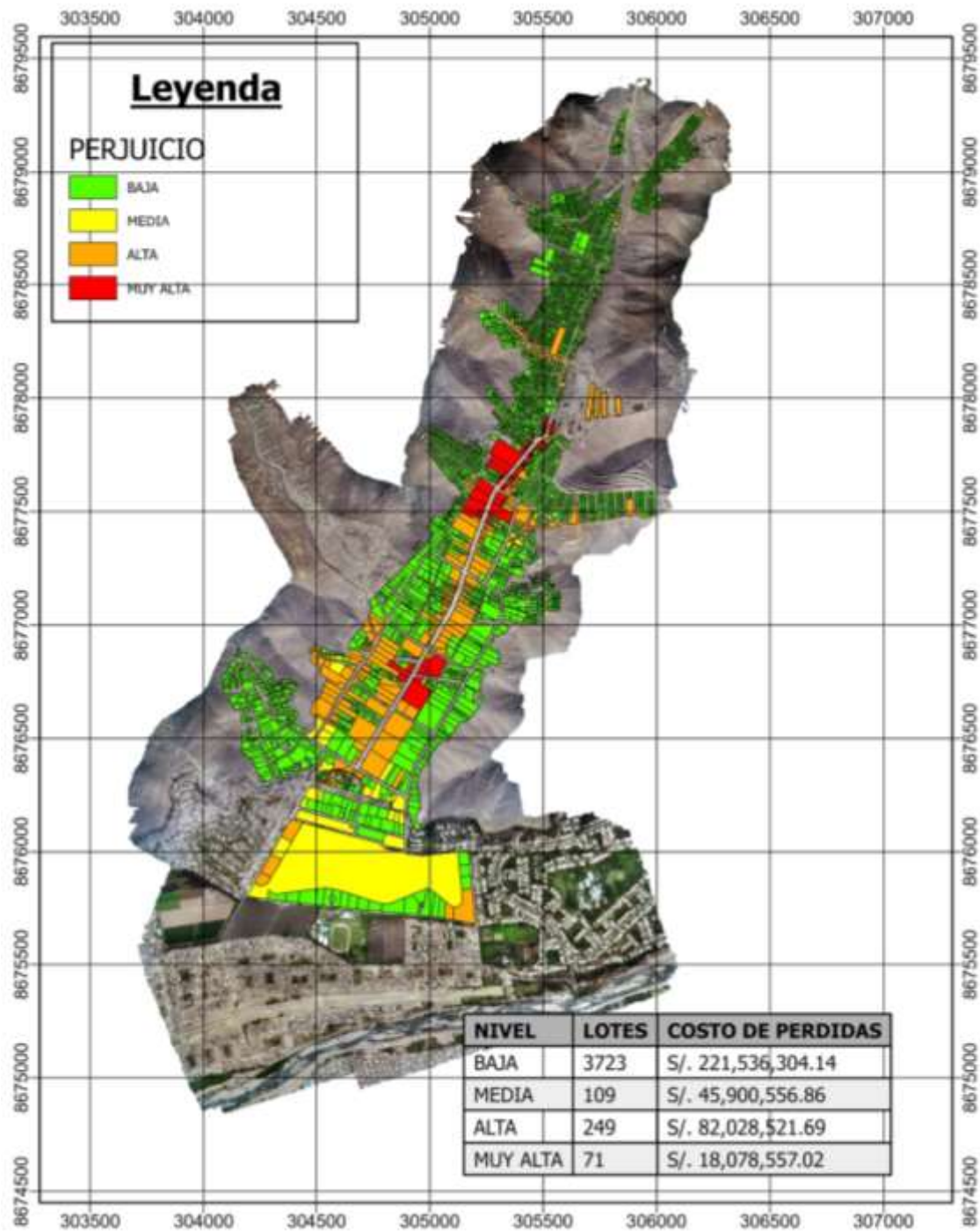
Mapa de nivel de perjuicio $T_r = 50$ años.



Nota. Elaboración propia.

Figura 46

Mapa de nivel de perjuicio $Tr = 100$ años.



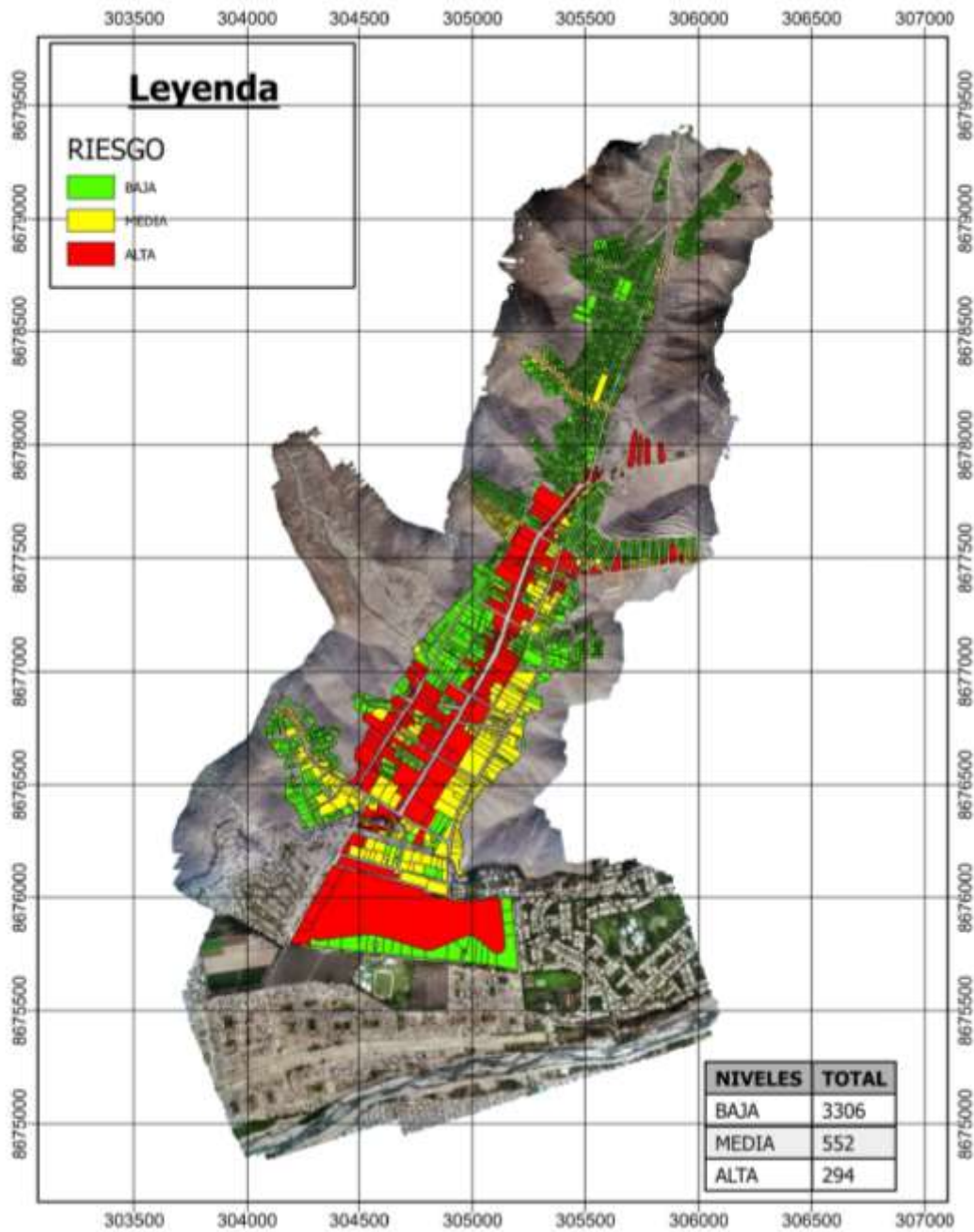
Nota. Elaboración propia.

El mapa de riesgo contrasta los resultados de los niveles de vulnerabilidad y los niveles de perjuicio, proporcionando una visión integral de los riesgos en la zona. Este mapa es esencial para la toma de decisiones informadas y la planificación de medidas de

prevención y respuesta a desastres, como se ilustra en el Figura 47 donde se observa un bajo nivel de riesgo de 3306 viviendas, también un nivel medio de riesgo de 552 viviendas y con un alto nivel de riesgo de 294 viviendas para esta inundación y a la vez se observa en la Figura 48 con un bajo nivel de riesgo de 3202 viviendas por esta inundación, también un nivel medio de riesgo de 523 viviendas y con un alto nivel de riesgo de 427 viviendas

Figura 47

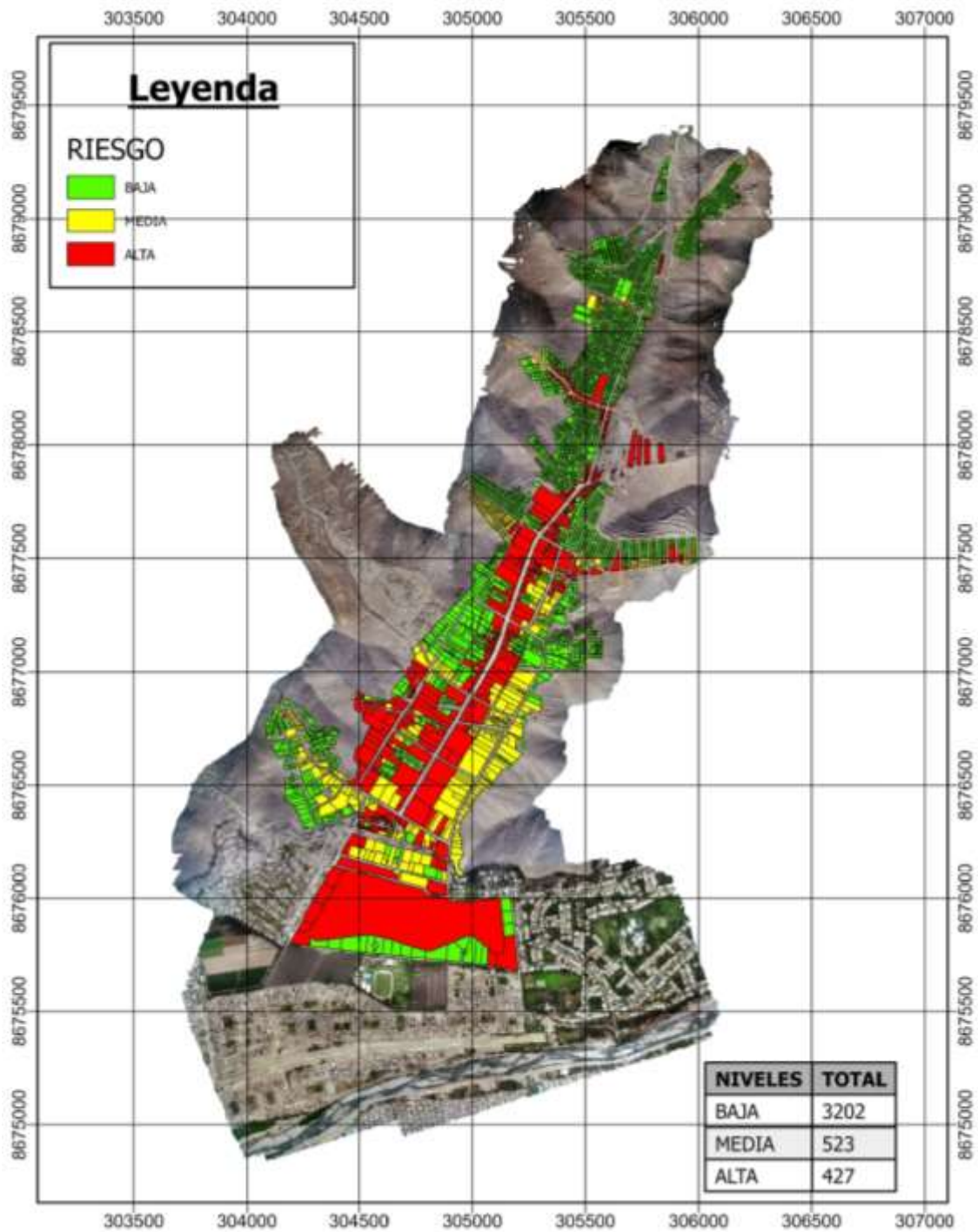
Mapa de riesgo Tr = 50 años.



Nota. Elaboración propia.

Figura 48

Mapa de riesgo $Tr = 100$ años.



Nota. Elaboración propia.

En conjunto, estos mapas temáticos ofrecen una visión completa de los riesgos en una determinada área, permitiendo a las autoridades y las comunidades tomar medidas proactivas para reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia ante eventos naturales potencialmente devastadores.

5.9 Iniciativas estratégicas y planes de acción

El manejo de inundaciones en quebradas es un desafío importante ya que estas tienen la tendencia a desbordarse rápidamente durante las lluvias intensas, causando daño a la propiedad y riesgos para la vida. Para abordar este problema, es necesario desarrollar iniciativas estratégicas y planes de acción efectivos.

En donde estableceremos un sistema de alerta temprana que monitoree las condiciones climáticas para emitir advertencias tempranas a la población, en la que se propone usar SOPHy ya que es un radar móvil del Instituto Geofísico del Perú en la que se enfocaría en el monitoreo avanzado y la gestión de riesgos de inundación en áreas propensas a lluvias extremas. La cual estará equipada con tecnología de radar de última generación, se desplegará en una ubicación estratégica cerca de la quebrada identificada como de alto riesgo, como su principal función sería monitorear de manera continua y en tiempo real las condiciones meteorológicas en esa área específica, incluyendo la medición de la precipitación pluvial como podemos observar en la Figura 49.

Figura 49

Radar móvil SOPHy.



Nota. IGP (2022).

SOPHy estaría conectado a un sistema de alerta temprana que evaluaría constantemente los datos recopilados. Cuando se detecten condiciones meteorológicas que puedan indicar un aumento significativo en las precipitaciones en la quebrada, el sistema emitirá alertas oportunas a las autoridades locales y a las comunidades cercanas. Estas alertas permitirían

una respuesta anticipada y la activación de planes de evacuación en caso de que se prevean inundaciones. No solo serviría como una herramienta de monitoreo avanzado, sino que también contribuiría a la generación de datos para modelos de riesgo de inundación más precisos. Estos modelos ayudarían a predecir cómo se comportaría la quebrada en diferentes escenarios climáticos y permitirían una planificación efectiva de la gestión de desastres

También incluiría programas de capacitación y concienciación comunitaria para educar a las personas que viven cerca de la quebrada sobre los riesgos de inundación y cómo responder ante alertas tempranas. Además, se establecería una coordinación estrecha entre el IGP, las autoridades locales, las agencias de respuesta a emergencias y otras partes interesadas para garantizar una respuesta efectiva en caso de inundación.

Asimismo, se plantea la implementación de diques en las 10 quebradas que operan durante las lluvias extremas. Estas medidas representan una respuesta crucial para atenuar los riesgos asociados a las inundaciones provocadas por intensas precipitaciones, y tienen como objetivo principal salvaguardar tanto a la población como a la infraestructura ubicada en áreas susceptibles a las crecidas. Una de las funciones esenciales de estos diques es el control de inundaciones, ya que actúan como barreras físicas que restringen y dirigen el flujo del agua durante episodios de lluvias intensas. Esto evita el desbordamiento y, como consecuencia, previene daños a propiedades, infraestructura y, lo más importante, preserva vidas humanas. Estos diques de control de inundaciones desempeñan un papel crítico en lugares con una alta propensión a inundaciones y en regiones donde las precipitaciones pueden ser excepcionalmente intensas, como podemos observar en la Figura 50 en donde contendrá el flujo del agua y lo dirigirá con menos velocidad causando una reducción del caudal y velocidad.

Figura 50

Dique en quebradas.



Nota. ANDINA (2021).

La fase de mantenimiento y monitoreo es continua y esencial para asegurar la efectividad de los diques, en donde se deben realizar inspecciones periódicas y llevar a cabo reparaciones en caso de daños o erosión. Por lo que se debe estar en funcionamiento a la par con el sistema de alerta temprano lo que nos ayudará en la medición del nivel del cuerpo de agua de avenida y detectar posibles problemas en una parte integral de este proceso.

Las mallas dinámicas en el contexto de las quebradas son herramientas fundamentales utilizadas para gestionar y controlar el flujo de agua en áreas geográficas propensas a inundaciones y deslizamientos de tierra. Estas mallas se componen de una red de sensores y dispositivos interconectados que monitorean continuamente las condiciones climáticas, los niveles de agua, la presión del suelo y otros parámetros relevantes. La información recopilada por estos sensores se envía en tiempo real a un sistema central de gestión que puede tomar decisiones automatizadas o proporcionar datos en tiempo real a los operadores para que tomen medidas adecuadas. De esta manera, las mallas dinámicas en

las quebradas permiten predecir y responder de manera más eficiente a eventos climáticos extremos, reduciendo el riesgo de inundaciones y deslizamientos y protegiendo la vida y la propiedad de las comunidades en estas áreas vulnerables como podemos observar en la Figura 51 en la que ilustra detalladamente las mallas.

Figura 51

Mallas dinámicas en quebradas.



Nota. ARCC (2018)

Además de su función de monitoreo y alerta temprana, las mallas dinámicas en las quebradas también se utilizan para la gestión activa de recursos hídricos. A través de la recopilación de datos en tiempo real, estas mallas pueden optimizar la distribución y el control del agua, ayudando a garantizar un uso sostenible de los recursos hídricos disponibles. Esto es especialmente importante en regiones donde el agua es un recurso escaso y valioso. En resumen, las mallas dinámicas en las quebradas son una herramienta crucial que combina la tecnología de sensores y la gestión de datos para mejorar la resiliencia de las comunidades frente a eventos climáticos extremos y para promover una gestión más eficiente de los recursos hídricos en estas áreas críticas.

5.10 Contrastación de resultados

5.10.1 Hipótesis 1: A medida que aumenta la capacidad de precipitación pluvial se incrementa la vulnerabilidad de las viviendas en quebradas propensas a inundaciones y que este impacto varía según los diferentes tiempos de retorno.

La recopilación de datos históricos de precipitación pluvial y eventos climáticos extremos en la quebrada El Vallecito fue fundamental para entender la relación entre estos factores, en el análisis dinámico se estimó que en un evento de 50 años se obtendrá una precipitación máxima de 19.18 mm/hr, se observó un aumento considerable en la vulnerabilidad en las viviendas afectando a 838 viviendas en nivel alto, 821 viviendas en nivel medio y 2493 en nivel bajo, especialmente en áreas con topografía más propensa a las inundaciones. Los modelos hidrológicos indicaron que la capacidad de precipitación es un factor crítico que puede desencadenar inundaciones significativas en este período de tiempo, impactando negativamente en la infraestructura residencial.

Para eventos de 100 años, los resultados fueron aún más pronunciados ya que se obtuvo una precipitación máxima de 25.16 mm/hr. La relación entre la precipitación pluvial y la vulnerabilidad de las viviendas mostró incrementos en la vulnerabilidad de las viviendas teniendo 909 en nivel alto, 943 en nivel medio y 2300 en nivel bajo, sugiriendo que a medida que se prolonga el período de retorno, la magnitud del impacto en las comunidades vulnerables se intensifica. Este hallazgo destaca la importancia de considerar escenarios de tiempo más prolongados al planificar medidas de mitigación y adaptación en áreas vulnerables ante la inundación.

Los estudios respaldan la hipótesis de que el aumento en la capacidad de precipitación pluvial incrementa la vulnerabilidad de las viviendas en quebradas propensas a inundaciones, y esta relación varía significativamente en períodos de tiempo más largos, enfatizando la importancia de una planificación y gestión del riesgo de inundaciones a largo plazo.

5.10.2 Hipótesis 2: Las características de construcción de las viviendas afectan la relación entre la cantidad de precipitación pluvial y el daño sufrido, dado en los niveles de perjuicio en las viviendas.

Las características de construcción de las viviendas juegan un papel crucial en la relación entre la cantidad de precipitación pluvial y los daños resultantes, un aspecto que se torna especialmente crítico en eventos con un período de retorno de 50 años. Durante una precipitación intensa de 19.18 mm/hr en este escenario, se observa que las viviendas con deficiencias en su construcción son más susceptibles a sufrir daños significativos en

comparación con aquellas que poseen una infraestructura más resistente. Este análisis específico abarca 662 viviendas construidas con ladrillo, 2404 de madera, 1082 de tierra compacta y 4 parques, todas afectadas por una altura variable y una altura máxima del cuerpo de agua de 2.15 metros. Los resultados del modelo hidrológico revelan que, en términos de perjuicio, 3857 viviendas se encuentran en el nivel bajo, 48 en el nivel medio, 193 en el nivel alto y 54 en el nivel más alto

En eventos de 100 años, la relación entre la cantidad de precipitación y el daño sufrido se manifiesta de manera más pronunciada. Las viviendas con debilidades estructurales y sistemas de drenaje ineficientes experimentan niveles significativos de perjuicio, teniendo 3723 viviendas se encuentra en el nivel bajo, 109 en el nivel medio, 249 en el nivel alto y 71 en el nivel muy alta.

La resistencia de las viviendas a la acumulación de agua emergió como un factor crítico, demostraron ser más resilientes ante eventos de precipitación intensa. Por el contrario, aquellas con deficiencias en estas áreas se encontraron en mayor riesgo de experimentar niveles de perjuicio más altos.

5.10.3 Hipótesis 3: En la implementación de un sistema de navegación no tripulada facilita la actualización periódica y en tiempo real de la ubicación geográfica de las viviendas, permitiendo una respuesta más rápida y efectiva ante eventos de precipitación pluvial extrema.

La implementación de un sistema de navegación no tripulada facilita la actualización periódica y en tiempo real de la ubicación geográfica de las viviendas, permitiendo una respuesta más rápida y efectiva ante eventos de precipitación pluvial extrema, se pueden realizar diversos análisis y evaluaciones

La implementación de este sistema implica la utilización de dispositivos equipados con tecnologías avanzadas de geolocalización y sensores, lo que permite recopilar datos geoespaciales precisos en tiempo real, es un precipitación pluvial extrema, esta capacidad de monitoreo continuo se traduce en una visión detallada de la ubicación y condición de las viviendas afectadas, la respuesta rápida y efectiva se optimiza al tener información actualizada sobre la topografía, el nivel del agua y la distribución geográfica de las viviendas, lo que facilita la toma de decisiones informadas por parte de las autoridades.

La ventaja de la actualización periódica y en tiempo real de la ubicación geográfica se refleja en la capacidad de este sistema para anticipar riesgos y coordinar respuestas de emergencia. En escenarios de precipitación pluvial extrema, la identificación temprana de áreas en riesgo permite una evacuación más precisa y oportuna de las viviendas

vulnerables, reduciendo el riesgo de pérdidas humanas y materiales. Además, la información en tiempo real facilita la asignación eficiente de recursos, como equipos de rescate y suministros de ayuda, hacia las zonas más críticas.

La capacidad de proporcionar información actualizada y detallada sobre la ubicación geográfica de las viviendas afectadas contribuye significativamente a la gestión eficiente de emergencias, fortaleciendo la resiliencia de las comunidades frente a eventos climáticos adversos.

CONCLUSIONES

1. La evaluación del impacto de la precipitación pluvial en la quebrada El Vallecito revela una conexión clara entre la capacidad de precipitación y la vulnerabilidad de las viviendas. En particular, al enfocarnos en eventos climáticos extremos de 50 y 100 años, observamos un aumento pronunciado en la vulnerabilidad, con cifras específicas que indican 838 viviendas en nivel alto, 821 viviendas en nivel medio y 2493 viviendas en nivel bajo para un evento de 50 años. En eventos de 100 años, esta vulnerabilidad se intensifica, con 909 viviendas en nivel alto, 943 viviendas en nivel medio y 2300 viviendas en nivel bajo. Estos resultados validan nuestro objetivo de evaluar el impacto de la precipitación pluvial en las viviendas de quebradas, la necesidad imperativa de considerar períodos más largos en la planificación de medidas de mitigación y adaptación se destaca claramente. La implementación de estrategias de gestión del riesgo a largo plazo, que incluyan infraestructuras resilientes y sistemas de alerta temprana, se presenta como esencial para mitigar de manera efectiva el impacto de inundaciones en comunidades vulnerables situadas en quebradas propensas a eventos climáticos extremos.
2. La evaluación detallada de la relación entre la precipitación pluvial, las características de construcción de viviendas y los niveles de perjuicio en eventos de 50 y 100 años revela la influencia crítica de deficiencias estructurales y de drenaje en la vulnerabilidad de las viviendas ante precipitaciones intensas. Durante eventos de 50 años con una precipitación de 19.18 mm/hr, las viviendas de ladrillo demostraron mayor resiliencia, pero se evidenció un preocupante daño económico, siendo de 264 millones, 34 millones, 51 millones y 16 millones para los niveles bajo, medio, alto y muy alto, respectivamente. En eventos de 100 años con una precipitación de 25.26mm/hr, la relación entre la precipitación y el perjuicio se acentuó, destacando la vulnerabilidad de viviendas con debilidades estructurales y sistemas de drenaje deficientes. Aquellas con resistencia a la acumulación de agua mostraron mayor resiliencia, pero nuevamente se observó un impacto económico significativo, con montos de 221 millones, 45 millones, 82 millones y 18 millones para los niveles bajo, medio, alto y muy alto, respectivamente. Estos resultados subrayan la urgencia de adoptar enfoques constructivos resilientes no solo para fortalecer estructuras, sino también para mitigar las repercusiones económicas en distintos estratos sociales,

reforzando así la necesidad de políticas y medidas específicas frente a eventos climáticos extremos en viviendas de quebradas.

3. La aplicación de un sistema de navegación no tripulada como herramienta de monitoreo para actualizar la ubicación geográfica de las viviendas en riesgo de inundación en las quebradas ha resultado ser esencial para fortalecer la capacidad de respuesta frente a eventos de precipitación pluvial extrema. La aplicación de este sistema, respaldado por tecnologías avanzadas de geolocalización y sensores, ha posibilitado la recopilación de datos geoespaciales precisos en tiempo real, proporcionando una visión detallada de la ubicación y condición de las viviendas afectadas. La respuesta rápida y efectiva se optimiza al contar con información actualizada sobre la topografía, nivel del agua y distribución geográfica de las viviendas, facilitando así la toma de decisiones informadas por parte de las autoridades. La capacidad de anticipar riesgos y coordinar respuestas de emergencia, como evacuaciones precisas y asignación eficiente de recursos, ha experimentado una mejora significativa gracias a la implementación de este sistema de navegación no tripulada. Estos resultados respaldan de manera concluyente la eficacia de utilizar tecnologías avanzadas en la gestión de riesgos de inundación y subrayan la importancia continua de integrar estas herramientas en estrategias de monitoreo y planificación urbana.

RECOMENDACIONES

1. En vista de la conexión clara entre la capacidad de precipitación y la vulnerabilidad de las viviendas en la quebrada El Vallecito, se sugiere implementar medidas integrales de mitigación y adaptación. Se recomienda desarrollar e implementar estrategias de gestión del riesgo a largo plazo, priorizando la construcción de infraestructuras resilientes y la incorporación de sistemas de alerta temprana. Además, se insta a considerar la vulnerabilidad a eventos climáticos extremos a lo largo de períodos más extensos, como los eventos de 50 y 100 años evaluados, al planificar medidas de mitigación. Esta aproximación proactiva permitirá no solo reducir el impacto de inundaciones en comunidades vulnerables, sino también promover la resiliencia frente a futuros eventos climáticos extremos en las quebradas propensas a tales fenómenos.
2. A la luz de la influencia crítica de las deficiencias estructurales y de drenaje en la vulnerabilidad de las viviendas ante precipitaciones intensas, se recomienda implementar enfoques constructivos resilientes. Es crucial fortalecer no solo las estructuras, sino también los sistemas de drenaje, especialmente considerando eventos climáticos extremos de 50 y 100 años. Para abordar el preocupante daño económico evidenciado, se sugiere desarrollar políticas y medidas específicas dirigidas a distintos estratos sociales. Esto implica no solo la promoción de construcciones más resilientes, sino también la implementación de programas de apoyo económico y seguros para comunidades vulnerables. La urgencia de adoptar estas medidas se subraya, enfocándose en mitigar tanto las repercusiones estructurales como económicas de eventos climáticos extremos en viviendas de quebradas propensas a inundaciones.
3. Dada la esencialidad demostrada del sistema de navegación no tripulada para fortalecer la capacidad de respuesta ante eventos de precipitación pluvial extrema, se recomienda expandir y consolidar la implementación de esta tecnología en la gestión de riesgos de inundación. La inversión continua en tecnologías avanzadas de geolocalización y sensores, así como la expansión de la red de monitoreo, contribuirían significativamente a mejorar la anticipación de riesgos y la coordinación de respuestas de emergencia. Además, se insta a desarrollar protocolos de acción específicos basados en la información detallada proporcionada por el sistema,

facilitando evacuaciones precisas y una asignación más eficiente de recursos durante eventos climáticos extremos. Esta recomendación busca fortalecer aún más la eficacia de la gestión de riesgos, consolidando la posición de las tecnologías avanzadas como pilares fundamentales en la planificación y respuesta ante inundaciones en zonas de quebradas.

4. En la sección estudiada de la quebrada El Vallecito, se pudo notar la existencia de barreras de tierra informales erigidas en ambos márgenes de la quebrada. Estos obstáculos improvisados fueron construidos sin una planificación adecuada por parte de los residentes locales. Para mejorar el desarrollo territorial y urbano en esta zona en el futuro, se recomienda considerar la incorporación de la construcción de estructuras de encauzamiento apropiadas que se extiendan a lo largo de los 1.2 kilómetros del cauce de la quebrada. La presencia de estas estructuras no planificadas representa una oportunidad para abordar los desafíos de control de inundaciones y preservación ambiental en el área. La construcción de muros de encauzamiento adecuados a lo largo de la quebrada podría ser una medida efectiva para garantizar la seguridad de los habitantes locales y promover un desarrollo sostenible en esta región. Además, este enfoque permitiría la gestión más eficiente de los recursos hídricos y la protección del entorno natural circundante, contribuyendo así a un plan de desarrollo territorial y urbano más integral y equitativo.

REFERENCIAS

- Abad, C. (2009). Huaycos en 1987 en el distrito de Lurigancho Chosica (Lima-Perú). En *Bulletin de l'Institut français d'études andines, Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú)*, 38(3) (pp. 475-486).
- Acosta, M. (2019). *Sistema de Alerta temprana para la predicción del nivel de peligrosidad en inundaciones pluviales repentinas*. Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/114797>
- ANA. (2016). Regulación de las fajas marginales. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/fajas_marginales_0_0.pdf
- ANA. (2023). En el norte del país, la ANA evalúa los posibles riesgos de inundaciones. <https://www.gob.pe/institucion/ana/noticias/719055-en-el-norte-del-pais-la-ana-evalua-los-posibles-riesgos-de-inundaciones>.
- ASECUR, (2020). Chosica: denuncian invasión de traficantes de terreno en la cuenca ecológica del río Rímac. *El Popular*. <https://elpopular.pe/actualidad/2020/06/07/chosica-denuncian-invasion-trafficantes-terreno-cuenca-ecologica-rio-rimac-estado-emergencia-video-16436>.
- Bates, P. D., Horritt, M. S., & Fewtrell, T. J. (2010). A simple inertial formulation of the shallow water equations for efficient two-dimensional flood inundation modelling. *Journal of Hydrology*, 387(1–2), 33–45. doi:10.1016/j.jhydrol.2010.03.027.
- Borja, M. (2016). Metodología de la investigación científica para ingenieros. <https://studylib.es/doc/8929463/metodologia-de-investigacion-cientifica-para-ingenieros>
- Cardona, O. (2003). La gestión del riesgo como instrumento para el desarrollo sostenible. *Revista de la CEPAL*, (80), 109-122.
- CENEPRED (2014) Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales 02 versión. (1era ed.). NEVA STUDIO SAC. https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf
- CENEPRED (2018). Informe de Evaluación de Riesgo por Inundación Pluvial por Lluvias Intensas en el Sector 1, Distrito de Casa Grande, Provincia de Ascope, Departamento La Libertad.

https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//7539_informe-de-evaluacion-del-riesgo-por-inundacion-pluvial-en-el-sector-1-del-districto-de-casa-grande-provincia-de-ascop-departamento-de-la-libertad.pdf

Congreso de la República del Perú (2009), Ley de Recursos Hídricos Ley N°29338 Art.74° (2009). Recuperado de:

<https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/29338.pdf>

Fernández, S. (2021). El 90 % del crecimiento de las ciudades en el Perú se dio por invasiones. *El peruano*. <https://elperuano.pe/noticia/120294-ministra-de-vivienda-el-90-del-crecimiento-de-las-ciudades-en-el-peru-se-dio-por-invasiones>.

Forkuor, G., & Landmann, T. (2019). Mapping and modelling of land use/land cover changes in the White Volta Basin of West Africa. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 14, 100327. doi:10.1016/j.rsase.2019.100327

Goicochea, A. (2021). “*Estimación del nivel de riesgo por inundación de la quebrada Cruz Blanca para la zona urbana - Cajamarca, 2020*” (Tesis de titulación, Universidad Nacional de Cajamarca). Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4453/GOICOCHEA%20CUEVA.pdf>

Hämäläinen, P., Takala, J., & Saarela, K. L. (2017). Global estimates of occupational accidents and fatal work-related diseases in 2017. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 14(9), 801-817.

IPCC (2020). Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza.

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf

Licla Tomayro, L. R. (2022). Influencia de las relaciones socio-ecológicas en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú. *Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas*, 25(49), 275–283. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v25i49.23017>

- Lingemann, K., & Mangan, M. (2018). Semantic Maps in Autonomous Robotics: A Survey. *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, 10(1), 1-20. doi:10.1109/TCDS.2016.2628723
- nLlauca, H., Leon, K., y Lavado, W. (2023). *Construction of a daily streamflow dataset for Peru using a similarity-based regionalization approach and a hybrid hydrological modeling framework. Journal of Hydrology: Regional Studies.* Publicación anticipada en línea. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101381>.
- López, M. & Melgarejo, J. (Eds) (2020). *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes.* Universidad de Alicante / *Universitat d'Alacant*.
- Loyola, J. (2019). *Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del Río Grande, tramo desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión – La Libertad* (Tesis de maestría, Universidad Cesa Vallejo). Repositorio institucional de la Universidad Cesar Vallejo.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31347/loyola_mj.pdf
- Mendoza, F. (2017). *Estudio sobre programas de prevención de riesgo por inundaciones y su influencia en jóvenes de bachillerato de la localidad de José Cardel* (Tesis de maestría, Universidad Veracruzana) Repositorio institucional de la Universidad Veracruzana
<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47402/MendozaMuniz.pdf>
- Mujumdar, P. P., & Nagesh Kumar, D. (2012). *Floods in a Changing Climate: Hydrologic modeling.* Cambridge University Press.
- Muñoz, J. (2021). Hay amenazas de invasiones. *El Comercio*.
<https://elcomercio.pe/lima/sucesos/rimac-alcaldede-lima-jorge-munoz-sobrecerro-san-cristobal-hay-amenazas-de-invasiones-municipalidad-de-lima-ministerio-de-cultura-nndc-noticia/>
- NU. CEPAL (2016). *Manual para la evaluación de Desastres (1 ed.)*
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/df2fa48c-418c-4b2a-957c-0bdd97181d27/content>
- Pedraza, A. (2014). *Evaluación de la vulnerabilidad urbana y resiliencia ante lluvias intensas en la Ciudad de Ensenada, B.C.*(tesis de maestría, El Colegio de la Frontera Norte). Repositorio institucional de El Colegio de la Frontera Norte

<https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2014/11/TESIS-Pedraza-Diaz-Angelica.pdf>

Saavedra, A. (2021). *Evaluación del riesgo ante el proceso de inundación del sector urbano de Pebas utilizando técnica fotogramétrica con drone, 2021* (Tesis de titulación, Universidad Científica del Perú). Repositorio institucional de la Universidad Científica del Perú.

<http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1696/AMBAR%20JEMITH%20SAAVEDRA%20COLLANTES-TESIS.pdf>

Santibañez, P., & Martínez, J. (2017). Metodología para la elaboración de mapas de riesgo en áreas urbanas. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 17(2), 215-229.

Seldes, V., Mercolli, P. H., & Soria, S. (2019). Bioarqueología en contextos mortuorios dispersos: El caso de Ojo de Agua, Quebrada del Toro (Salta, Argentina). En *Bioarqueología en contextos mortuorios dispersos: El caso de Ojo de Agua, Quebrada del Toro (Salta, Argentina); XX Congreso Nacional de Arqueología Argentina; Ciudad de Córdoba; Argentina (Vol. 2019, p. 1249)*. Universidad Nacional de Córdoba.

SENAMHI, (2021). 15 distritos de Lima Metropolitana expuestos a inundaciones. *La Republica*. <https://data.larepublica.pe/lluvias-en-lima-los-15-distritos-expuestos-a-inundaciones-y-sus-zonas-criticas-senamhi-huaicos-temporada-de-lluvias/>.

Smith, K., & Petley, D. N., (2013). *Environmental Hazards Assessing Risk and Reducing Disaster* (6th ed.). Routledge Physical Environment Series.

Timbe, L. & Timbe E. (2012). Mapeo del peligro de inundación en ríos de montaña, caso de estudio del río Burgay. En *Maskan*, 3(1) (pp. 87-96). Universidad de Cuenca. <https://doi.org/10.18537/mskn.03.01.07>

Tintaya, D. & Alarcón, D. (2022). *Niveles de riesgo en la quebrada Caramolle por peligro de inundación, Tacna, 2022* (Tesis de titulación, Universidad Privada de Tacna). Repositorio institucional de la Universidad Privada de Tacna. <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2423/Tintaya-Callata-Alarcon-Condori.pdf>

Tomayro, L., & Ricardo, L. (2022). Influencia de las relaciones socio-ecológicas en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- UNDRR. (2009). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2009: Risk and Poverty in a Changing Climate. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- Zhang, K., Hong, Y., Gourley, J. J., & Flamig, Z. (2017). Hydrologic Evaluation of Precipitation from the Version 7 Tropical Rainfall Measuring Mission Multi-satellite Precipitation Analysis over the Lower Mekong River Basin. *Journal of Hydrometeorology*, 18(10), 2819-2838.

ANEXOS

Anexo A: Matriz de Consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cómo afecta la inundación pluvial a las viviendas en las quebradas en la representación de un mapa de riesgo?	Analizar el riesgo por inundación pluvial en quebradas para elaborar un mapa de riesgo aplicando un sistema de navegación no tripulada.	Mediante el uso del sistema de navegación no tripulada y el modelo hidráulico nos permite la elaboración de un mapa de riesgo para inundación pluvial.	Inundación pluvial	Precipitación Pluvial	Intensidad de precipitación	Tipo de investigación: Descriptivo y Correlacional Enfoque de la investigación: Cuantitativo Método de la investigación: Cuantitativo Diseño de la investigación: No experimental y transversal Nivel de la investigación: Descriptivo Población: 4152 Lotes Muestra: 353 Lotes
				Duración de la precipitación	Duración media de precipitación.	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICO	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	
<p>¿Cómo afecta la cantidad de precipitación pluvial en la vulnerabilidad de las viviendas ubicadas en las quebradas frente a inundaciones?</p> <p>¿Cómo se relaciona la intensidad de la precipitación pluvial en las quebradas con el nivel de perjuicio experimentado por las viviendas en riesgo de inundación?</p> <p>¿Cómo es la utilización de un sistema de navegación no tripulada para actualizar la ubicación geográfica de las viviendas en riesgo de inundación en las quebradas?</p>	<p>Evaluar el impacto de la cantidad de precipitación pluvial ante la vulnerabilidad de las viviendas en quebradas propensas a inundaciones mediante diferentes tiempos de retorno.</p> <p>Evaluar la precipitación pluvial en las quebradas y el daño que experimentan las viviendas en términos de niveles de perjuicio.</p> <p>Aplicar un sistema de navegación no tripulada como herramienta de monitoreo para actualizar la ubicación geográfica de las viviendas en riesgo de inundación en las quebradas.</p>	<p>A medida que aumenta la capacidad de precipitación pluvial se incrementa la vulnerabilidad de las viviendas en quebradas propensas a inundaciones y que este impacto varía según los diferentes tiempos de retorno.</p> <p>Las características de construcción de las viviendas afectan la relación entre la cantidad de precipitación pluvial y el daño sufrido, dado en los niveles de perjuicio en las viviendas.</p> <p>En la implementación de un sistema de navegación no tripulada facilita la actualización periódica y en tiempo real de la ubicación geográfica de las viviendas, permitiendo una respuesta más rápida y efectiva ante eventos de precipitación pluvial extrema.</p>	Mapa de riesgo	Nivel de vulnerabilidad en las viviendas	Índice de vulnerabilidad	
				Nivel de Perjuicio en las viviendas	Índice de perjuicio	

Nota. Elaboración propia

Anexo B: Datos estación pluviométrica

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA													
Estación:	METEOROLOGICA AUTOMATICA		Coordenadas UTM Huso 18 (L)		X =	299706,00	Cota =	523,00					
Denominación:	ÑAÑA				Y =	8674015,00							
DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
2018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	0,00	0,00	0,10
2019	1,10	0,30	0,10	0,00	1,50	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50
2020	0,80	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80
2021	1,10	0,10	0,80	1,00	0,30	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	1,10
2022	0,50	0,90	0,00	0,00	0,90	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,90
2023	0,70	3,60	35,60	0,00	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	35,60
Max	1,10	3,60	35,60	1,00	1,50	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	35,60

Nota. Elaboración propia

Anexo C: Cuadro de valores unitarios de edificaciones para Lima

Cuadro de Valores Unitarios Oficiales de Edificaciones para Lima Metropolitana y Provincia Constitucional del Callao

Vigente desde el 01 al 30 de Setiembre del 2023

Rec. Ministerial N° 308-2022-VIVIENDA, modificada por la Rec. Ministerial N° 426-2022-VIVIENDA publicada en el Diario El Peruano: 30-dic-2022

Resolución Jefatural N° 230 -2023-INEI (01 setiembre 2023) IPC mes de Agosto 2023: 3.30%

CATEGORÍA	VALORES POR PARTIDAS EN NUEVOS SOLES POR METRO CUADRADO DE ÁREA TECHADA						
	ESTRUCTURAS		ACABADOS				INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS (7)
	MUROS Y COLUMNAS (1)	TECHOS (2)	PISOS (3)	PUERTAS Y VENTANAS (4)	REVESTIMIENTOS (5)	BAÑOS (6)	
A	Estructuras laminares curvadas de concreto armado que incluyen en una sola armadura la cimentación y el techo, para este caso no se considera los valores de la columna N°2.	Losa o aligerado de concreto armado con luces mayores de 6m. con sobrecarga mayor a 300 kg/m ² .	Mármol importado, piedras naturales importadas, porcelanato.	Aluminio pesado con perfiles especiales. Madera fina ornamental (caoba, cedro o pino selecto). Vidrio insulated (1)	Mármol importado, madera fina (caoba o similar), baldosa acústica en techo o similar.	Baños completos (7) de lujo importado con enchape fino (mármol o similar).	Aire acondicionado, iluminación especial, ventilación forzada, sist. hidro neumático, agua caliente y fría, intercomunicador alarmas, ascensor, sist. de bombeo de agua y desague (5), teléfono, gas natural.
		610.18	370.61	327.29	331.15	356.92	120.45
B	Columnas, vigas y/o placas de concreto armado y/o metálicas.	Aligerados o losas de concreto armado inclinadas.	Mármol nacional o reconstituido, parquet fino (olivo, chonta o similar), cerámica importada, madera fina.	aluminio o madera fina (caoba o similar) de diseño especial, vidrio polarizado (2) y curvado, laminado o templado.	Mármol nacional, madera fina (caoba o similar) enchapes en techos.	Baños completos (7) importados con mayólica o cerámico deco- rativo importado.	Sistemas de bombeo de agua potable (5), ascensor, teléfono, agua caliente y fría, gas natural.
		393.41	241.79	196.17	174.55	270.43	91.58
C	Placas de concreto (e=10 a 15 cm), albañilería armada, ladrillo o similar con columna y vigas de amarre de concreto armado.	Aligerado o losas de concreto armado horizontales.	Madera fina machihembrada, terrazo.	Aluminio o madera fina (caoba o similar), vidrio tratado polarizado (2), laminado o templado.	Superficie caravista obtenida mediante encofrado especial, enchape en techos.	Baños completos (7) nacionales con mayólica o cerámico nacional de color.	Igual al Punto "B" sin ascensor.
		270.80	199.76	129.11	112.81	200.62	63.53
D	Ladrillo o similar sin elementos de concreto armado. Drywall o similar incluye techo (6)	Calamina metálica, fibrocemento sobre viguería metálica.	Parquet de 1ra., lajas, cerámica nacional, loseta veneciana 40x40 cm, piso laminado.	Ventanas de aluminio, puertas de madera selecta, vidrio tratado transparente (3).	Enchape de madera o laminados, piedra o material vitrificado.	Baños completos (7) nacionales blancos con mayólica blanca.	Agua fría, agua caliente, corriente trifásica teléfono, gas natural.
		261.89	126.79	113.89	98.82	153.92	33.89
E	Adobe, tapial o quincha.	Madera con material impermeabilizante.	Parquet de 2da., loseta veneciana 30x30 cm, lajas de cemento con canto rodado.	Ventanas de fierro, puertas de madera selecta (caoba o similar), vidrio transparente (4)	Superficie de ladrillo caravista.	Baños con mayólica blanca, parcial.	Agua fría, agua caliente, corriente monofásica, teléfono, gas natural.
		184.36	47.27	76.31	84.55	105.90	19.93
F	Madera (estoraque, pumaquiro, huayruro, machinga, catahua, amañila, copaiba, diablo fuerte, tornillo o similares). Drywall o similar (sin techo)	Calamina metálica, fibrocemento o teja sobre viguería de madera corriente.	Loseta corriente, canto rodado, alfombra.	Ventanas de fierro o aluminio industrial, puertas contraplacadas de madera (cedro o similar), puertas material MDF o HDF, vidrio simple	Tarrajeo brochado y/o yeso moldurado, pintura lavable.	Baños blancos sin mayólica.	Agua fría, corriente monofásica, gas natural.
		138.85	26.00	52.11	63.48	74.65	14.84
G	Pircado con mezcla de barro.	Madera rústica o caña con torta de barro.	Loseta vinílica, cemento bruñado coloreado, tapizón.	Madera corriente con marcos en puertas y ventanas de pvc o madera corriente	Estucado de yeso y/o barro, pintura al temple o al agua.	Sanitarios básicos de losa de 2da., fierro fundido o granito	Agua fría, corriente monofásica, teléfono.
		81.81	17.87	45.99	34.29	61.22	10.21
H		Sin techo.	Cemento pulido, ladrillo corriente, entablado corriente.	Madera rústica.	Pintado en ladrillo rústico, placa de concreto o similar.	Sin aparatos sanitarios.	Agua fría, corriente monofásica sin empotrar
		-	0.00	28.78	17.15	24.48	0.00
I			Tierra compactada.	Sin puertas ni ventanas.	Sin revestimientos en ladrillo, adobe o similar.		Sin instalación eléctrica ni sanitaria.
		-	-	5.75	0.00	0.00	-

El presente Cuadro de Valores Unitarios ha sido actualizado con el índice de precios al Consumidor de Lima Metropolitana, acumulado al mes de agosto 2023: 1.0330%

En Edificios aumentar el valor por m² en 5% a partir del 5to. Piso.

El valor unitario por m² para una edificación determinada, se obtiene sumando los valores seleccionados de cada uno de las 7 columnas del cuadro de acuerdo a sus características predominantes.

(1) Referido al doble vidrio hermético, con propiedades de aislamiento térmico y acústico.

(2) Referido al vidrio que recibe tratamiento para incrementar su resistencia mecánica y propiedades de aislamiento acústico y térmico, son coloreados en su masa permitiendo la visibilidad entre 14% y 83%.

(3) Referido al vidrio que recibe tratamiento para incrementar su resistencia mecánica y propiedades de aislamiento acústico y térmico, permiten la visibilidad entre 75% y 92%.

(4) Referido al vidrio pánamo sin tratamiento, permiten la transmisión de la visibilidad entre 75% y 92%.

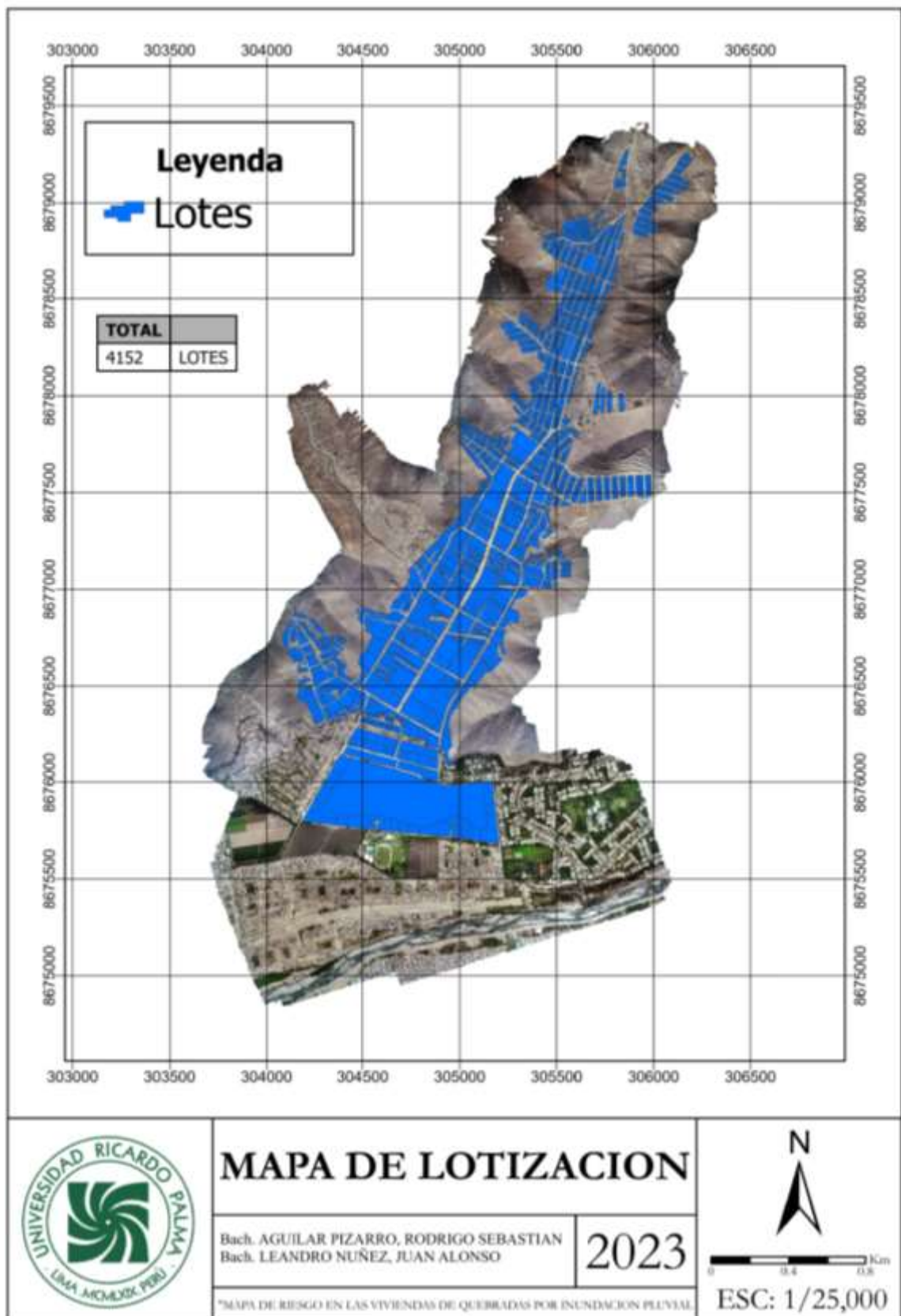
(5) Sistema de bombeo de agua y desague, referido a instalaciones interiores subterráneas (sistema, tanque séptico) y aéreas (tanque elevado) que forman parte integrante de la edificación.

(6) Para este caso no se considera la columna N° 2.

(7) Se considere mínimo lavatorio, inodoro y ducha o tina.

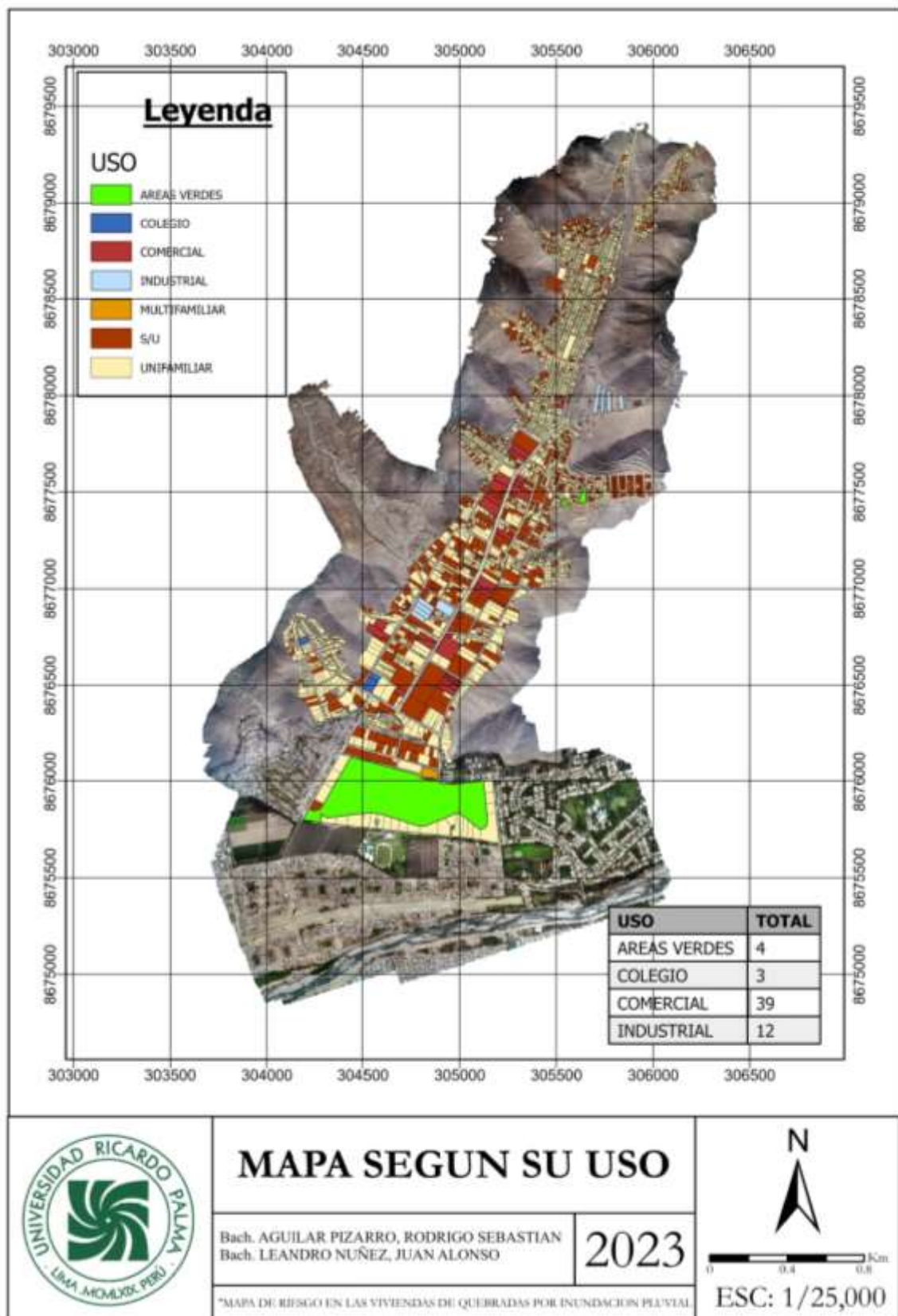
Nota. LimaCap (2023)

Anexo D: Mapa de lotización



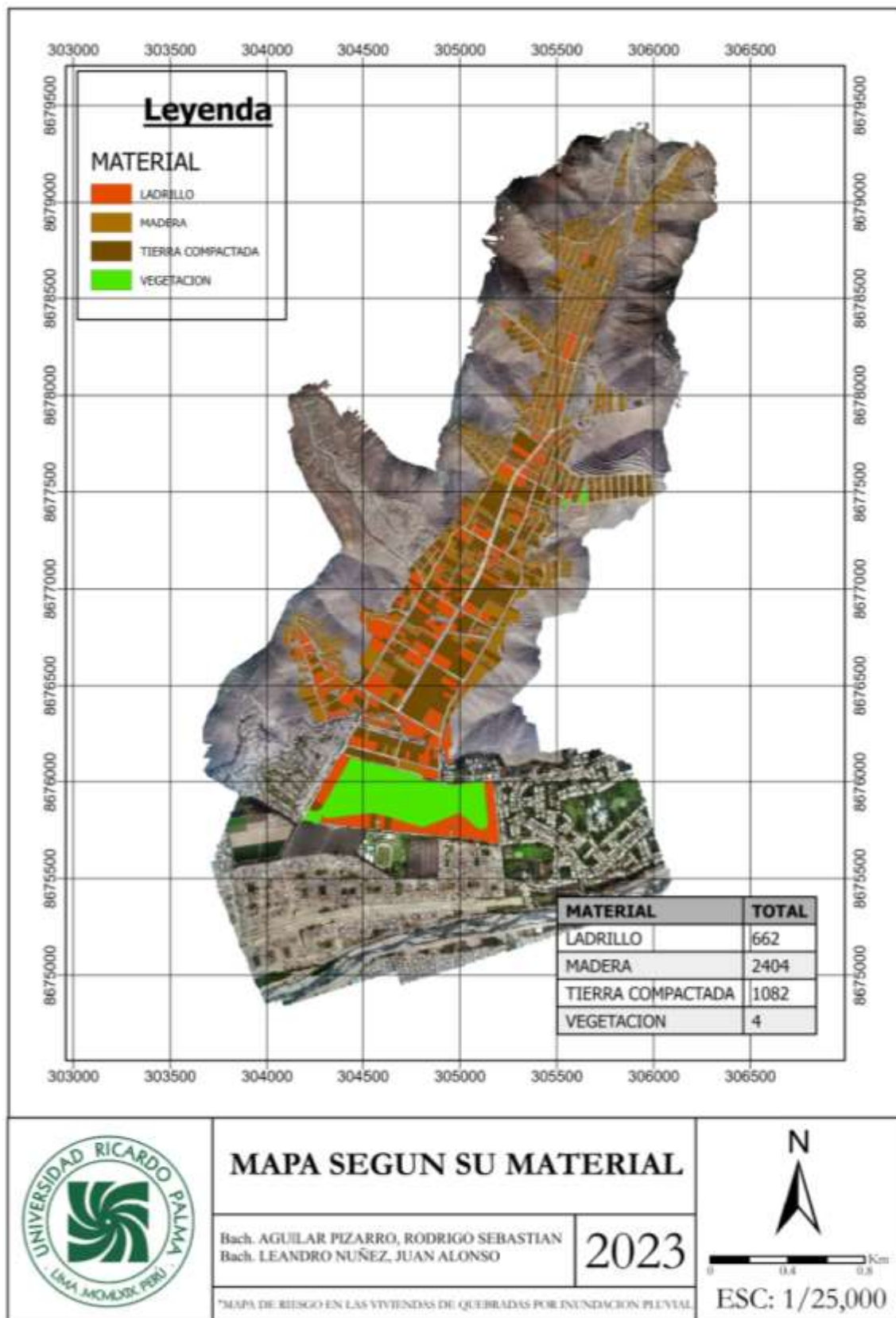
Nota. Elaboración propia

Anexo E: Mapa de vivienda según su uso



Nota. Elaboración propia

Anexo F: Mapa según su material

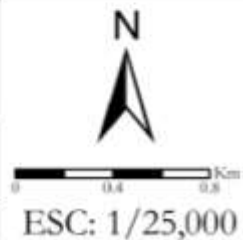


MAPA SEGUN SU MATERIAL

Bach. AGUILAR PIZARRO, RODRIGO SEBASTIAN
Bach. LEANDRO NUÑEZ, JUAN ALONSO

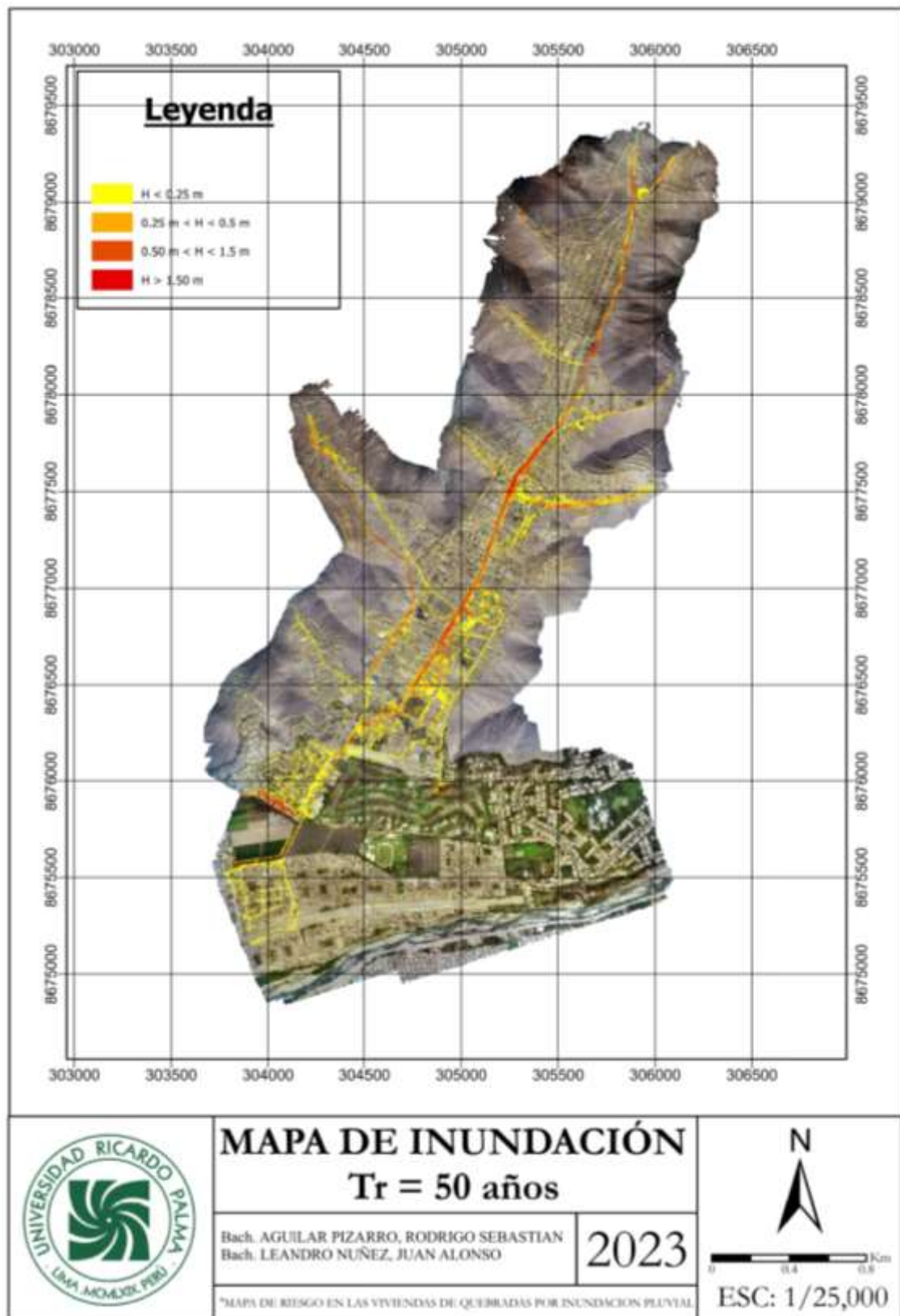
2023

*MAPA DE RIESGO EN LAS VIVIENDAS DE QUEBRADAS POR INUNDACION PLUVIAL



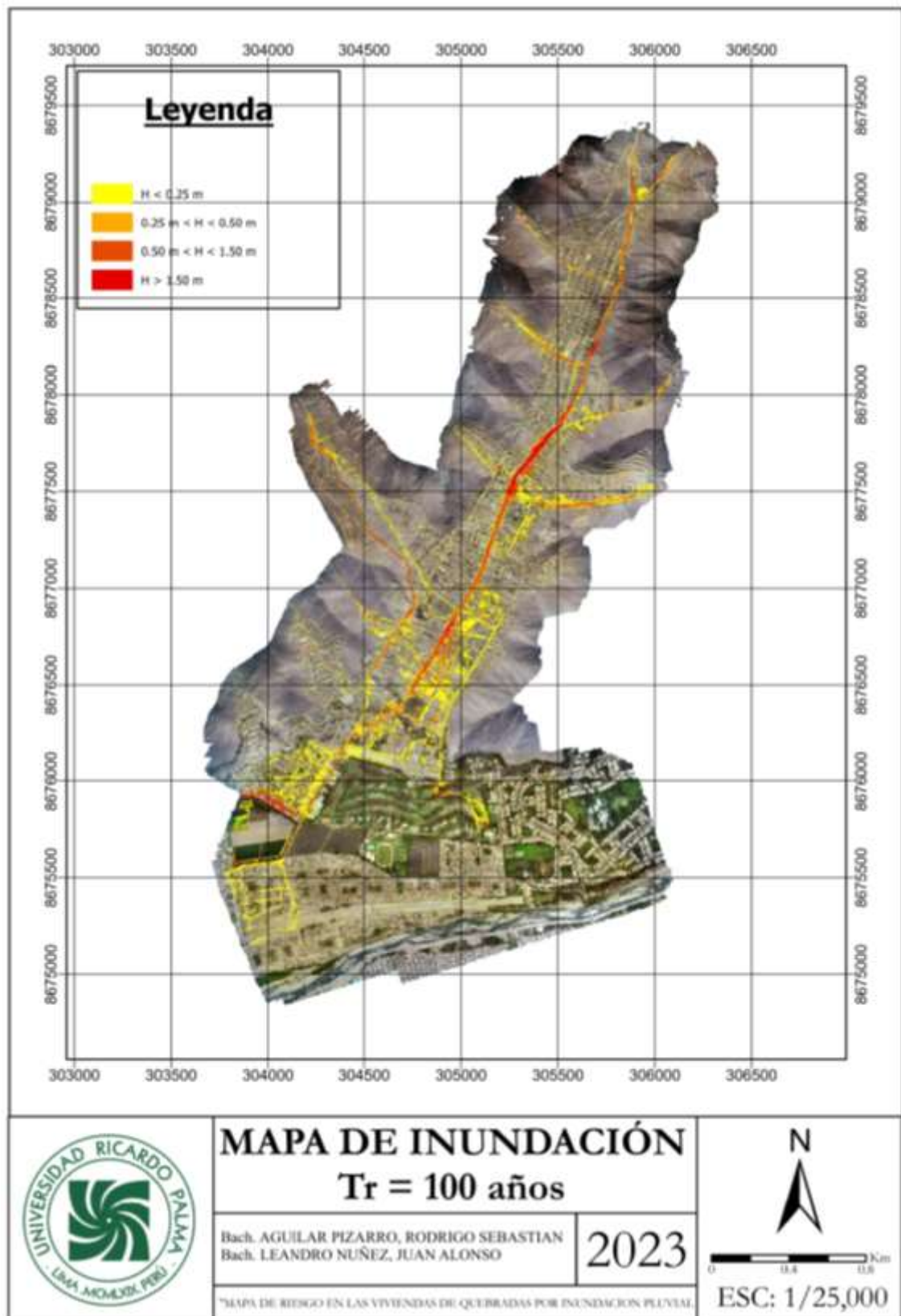
Nota. Elaboración propia

Anexo G: Mapa de inundación Tr = 50 años



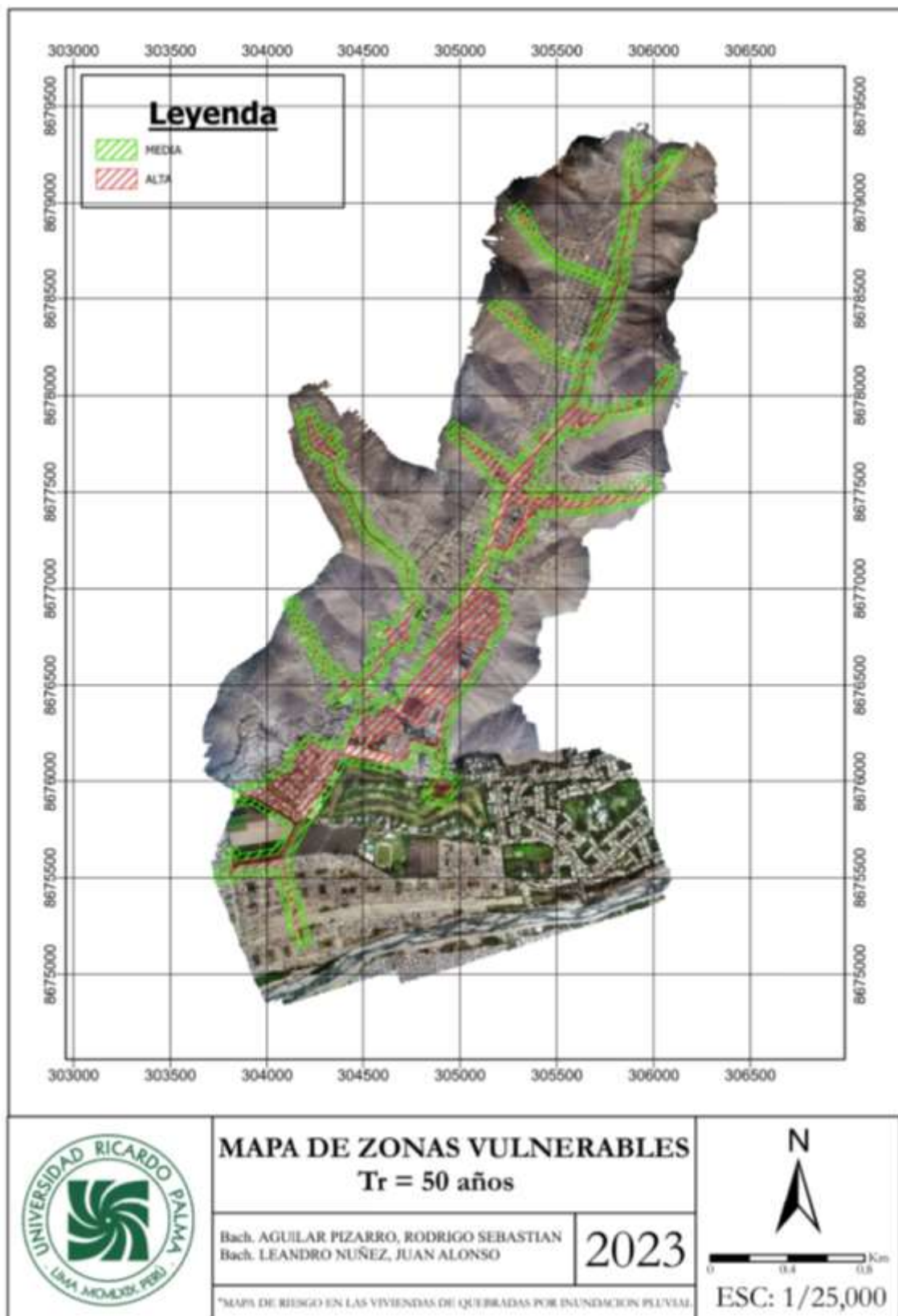
Nota. Elaboración propia

Anexo H: Mapa de inundación Tr = 100 años



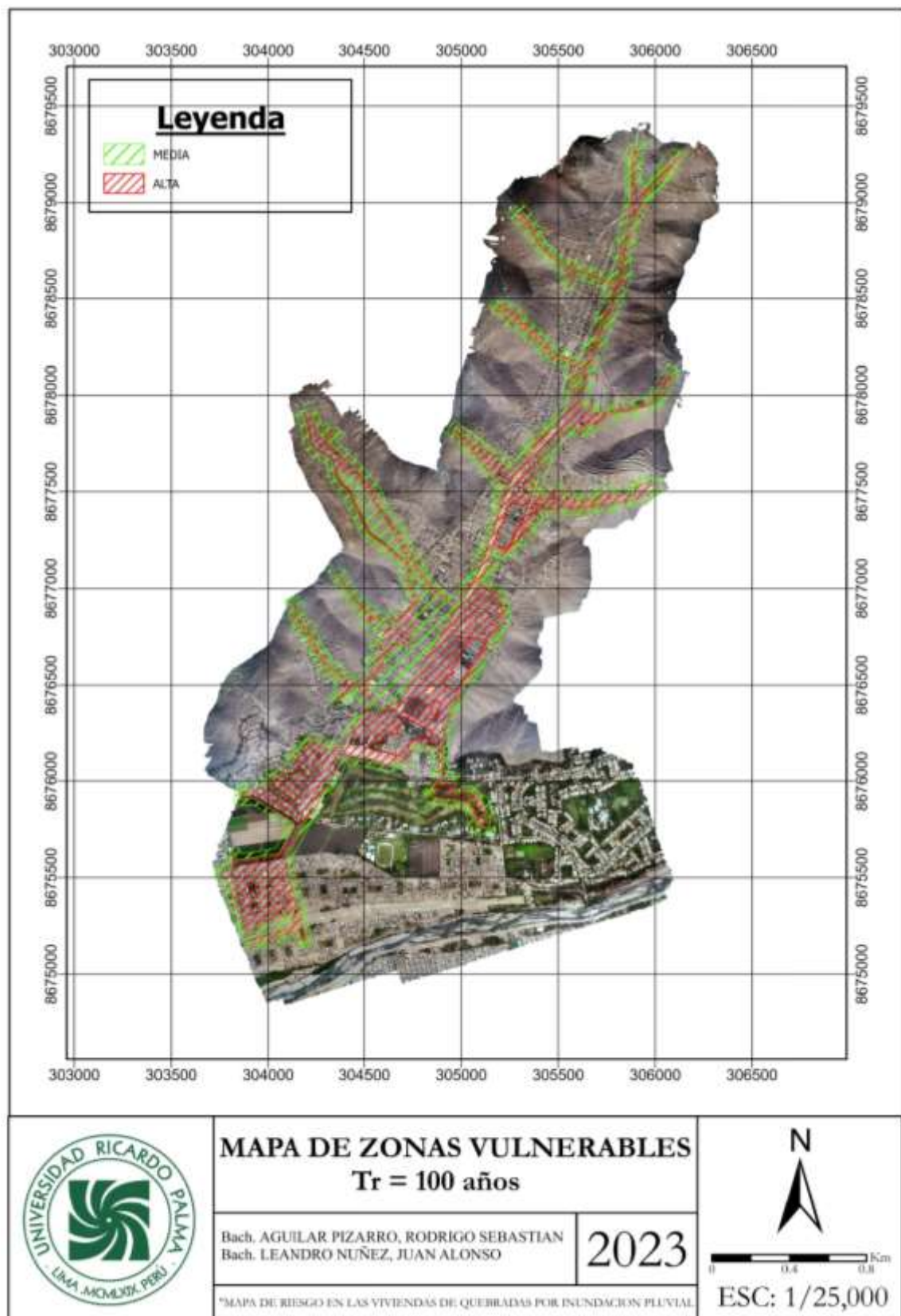
Nota. Elaboración propia

Anexo I: Mapa de zonas vulnerables Tr = 50 años



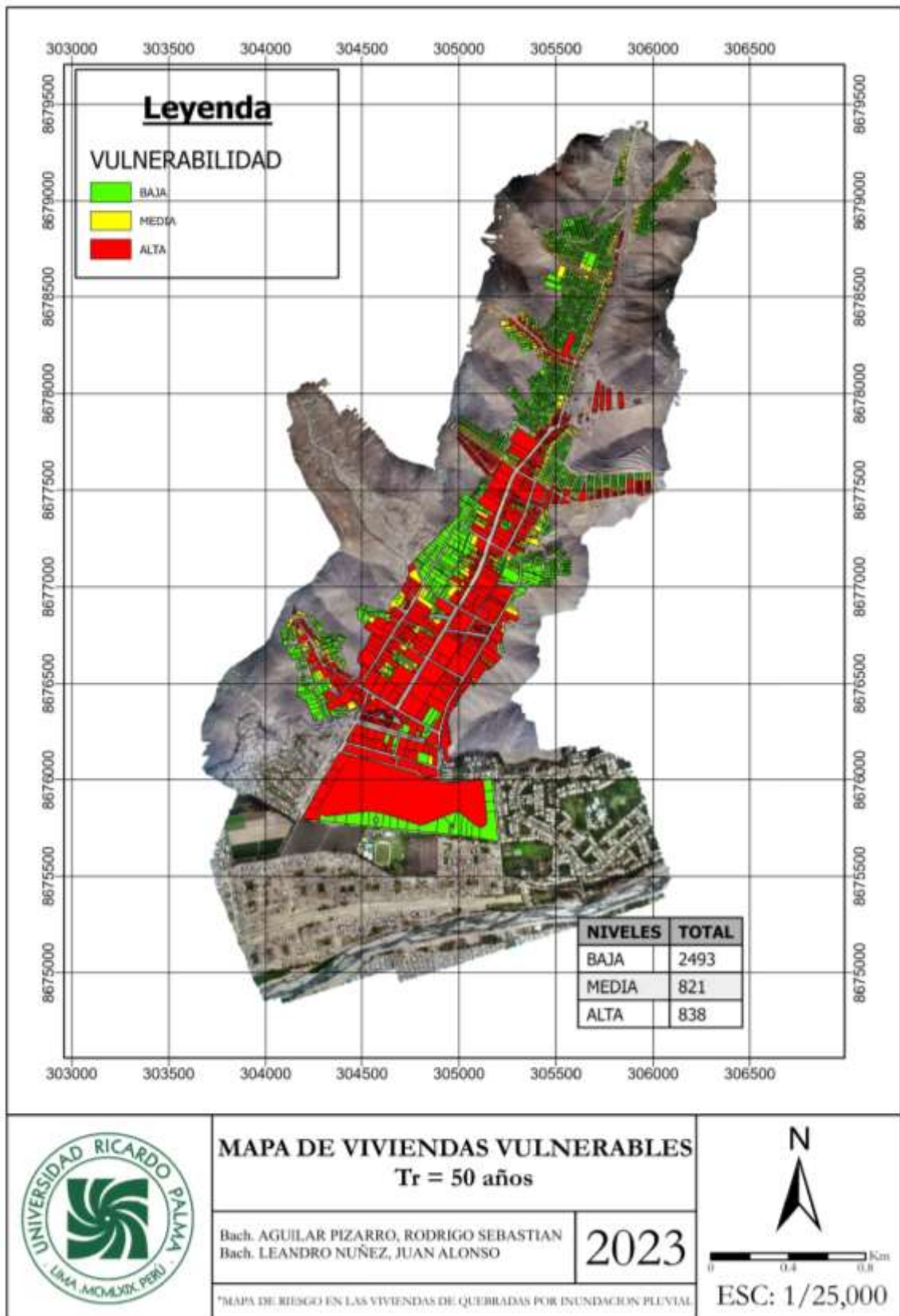
Nota. Elaboración propia

Anexo J: Mapa de zonas vulnerables $Tr = 100$ años



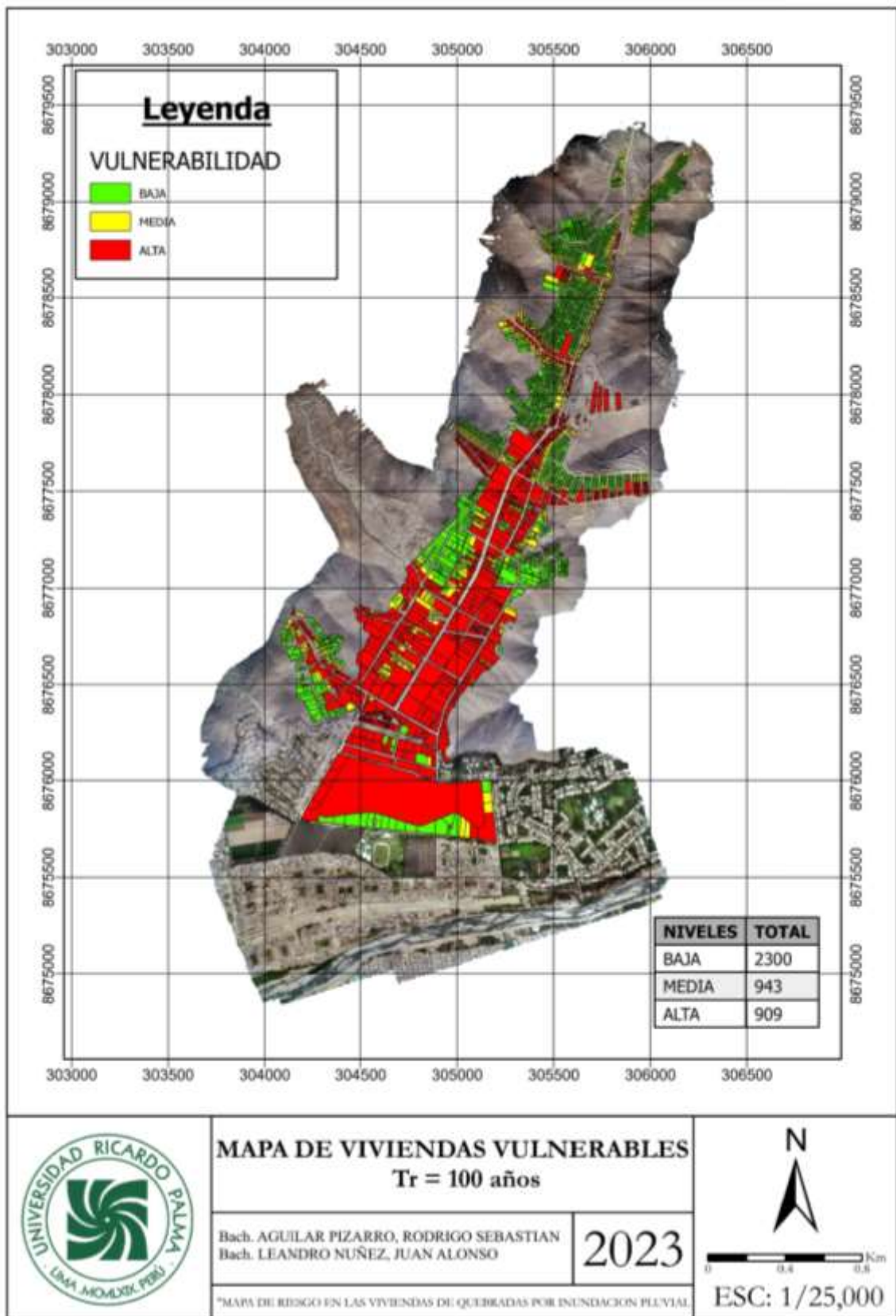
Nota. Elaboración propia

Anexo K: Mapa de viviendas vulnerables Tr = 50 años



Nota. Elaboración propia

Anexo L: Mapa de viviendas vulnerables Tr = 100 años

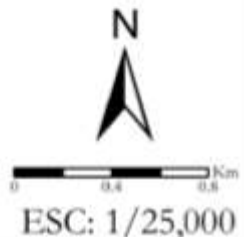


MAPA DE VIVIENDAS VULNERABLES
Tr = 100 años

Bach. AGUILAR PIZARRO, RODRIGO SEBASTIAN
Bach. LEANDRO NUÑEZ, JUAN ALONSO

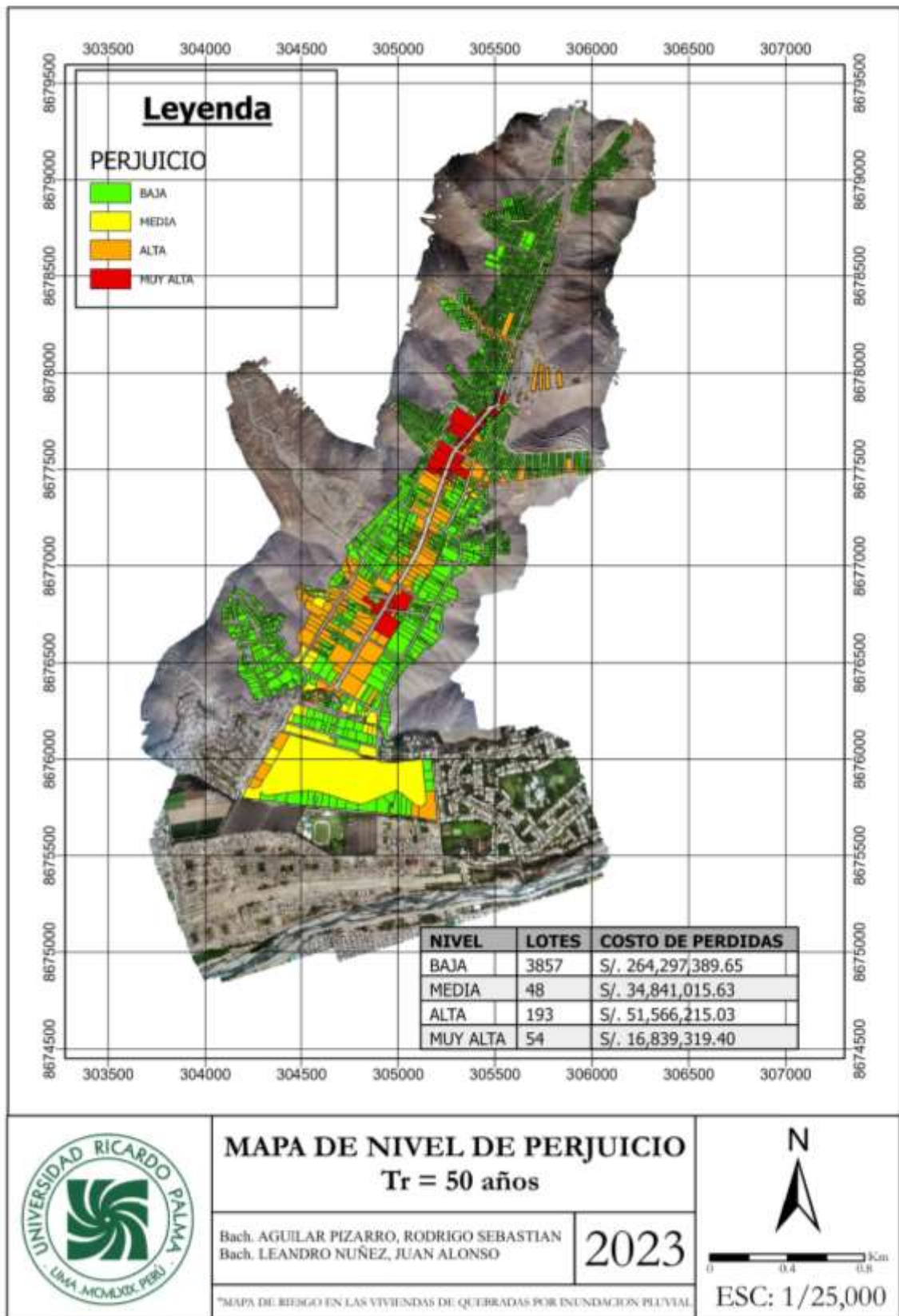
2023

*MAPA DE RIESGO EN LAS VIVIENDAS DE QUEBRADAS POR INUNDACION PLUVIAL



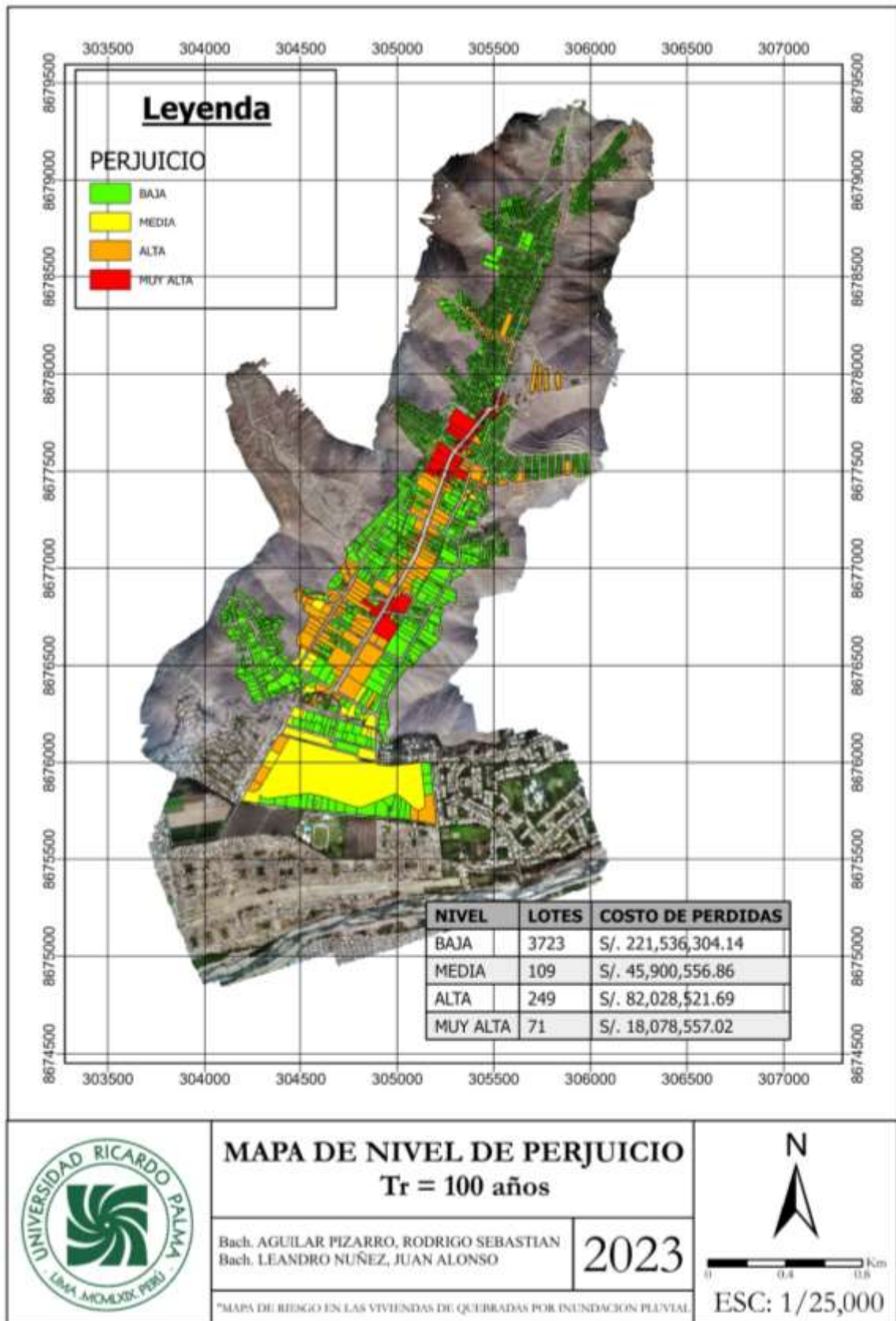
Nota. Elaboración propia

Anexo M: Mapa de nivel de perjuicio Tr = 50 años



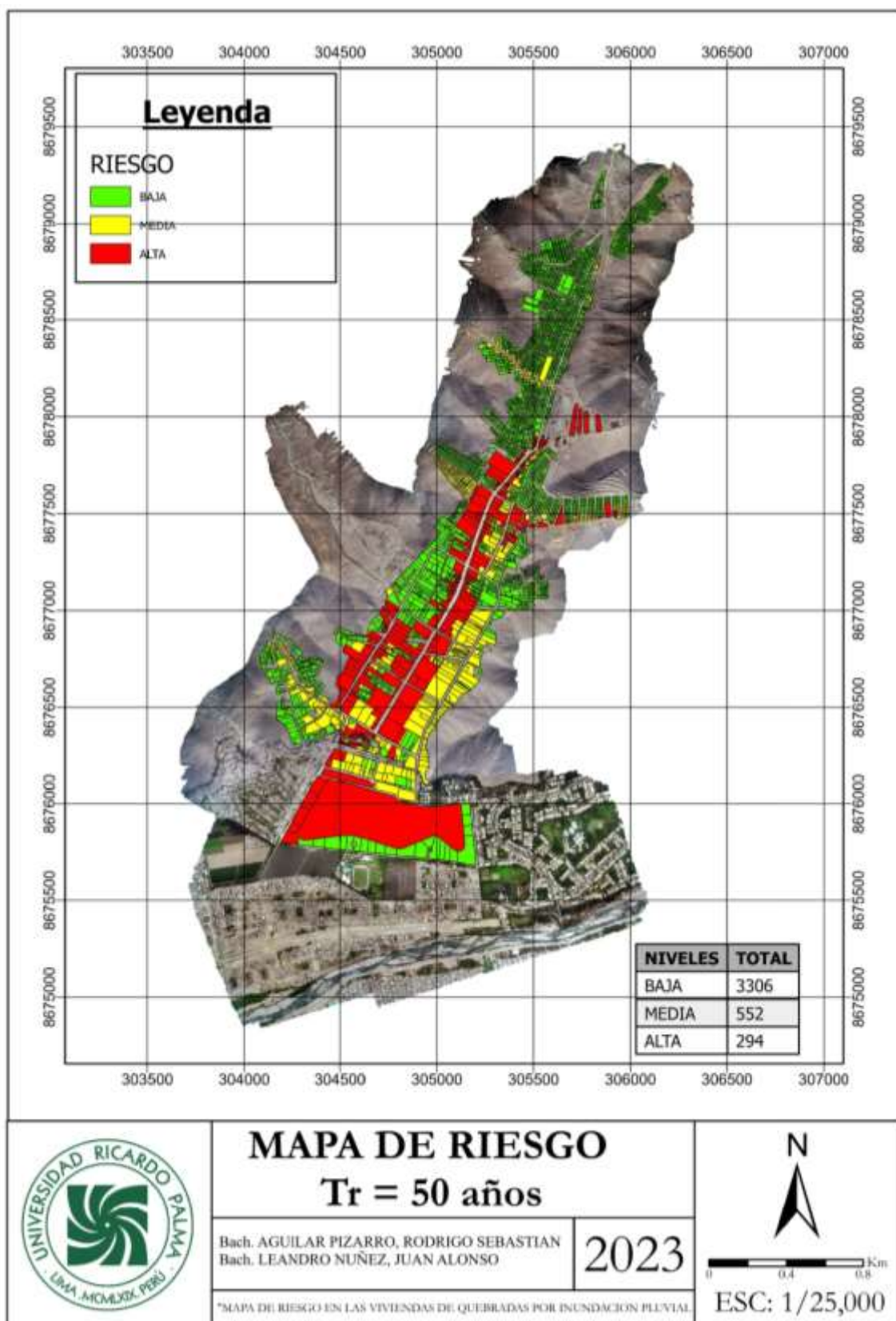
Nota. Elaboración propia

Anexo N: Mapa de nivel perjuicio Tr = 100 años



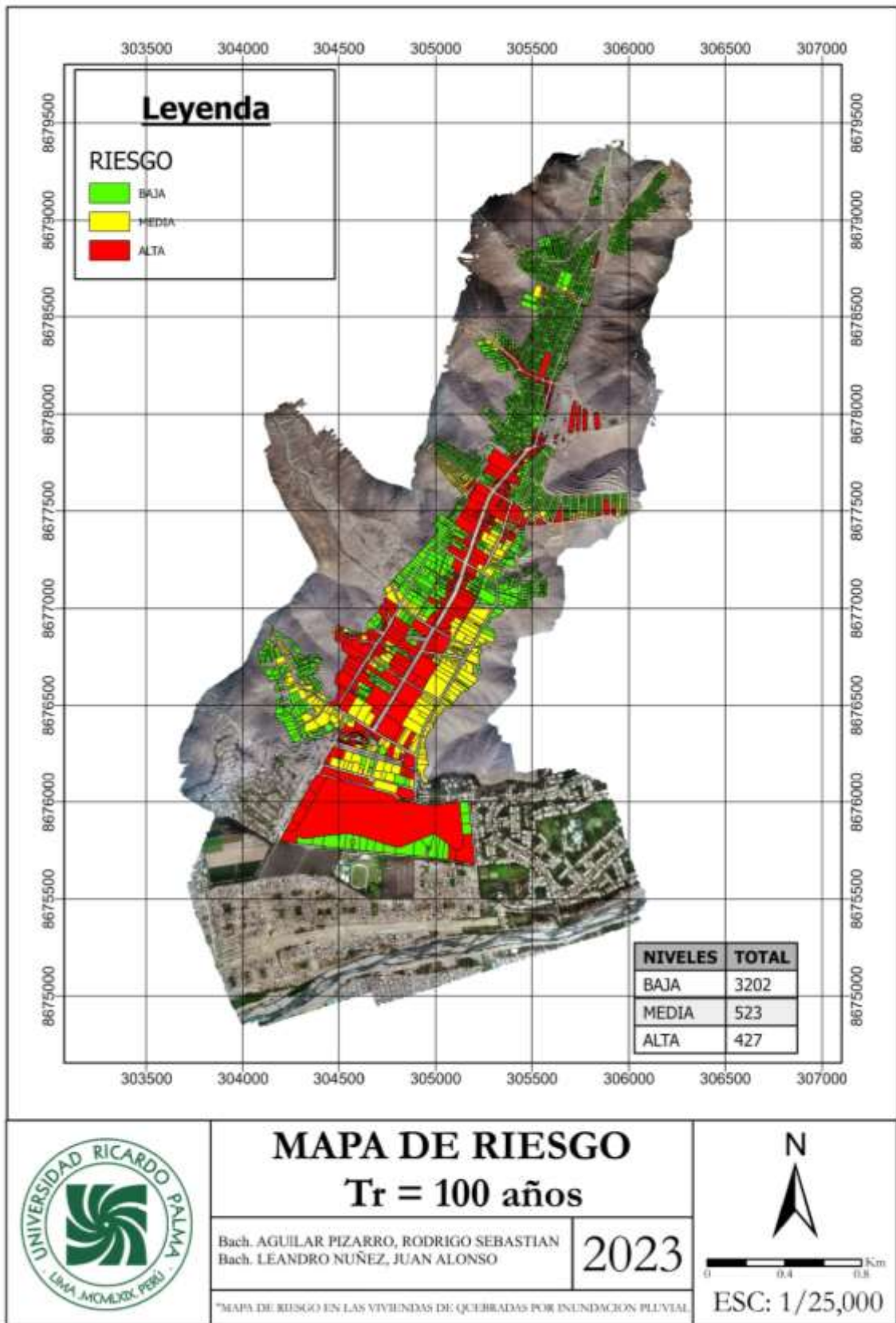
Nota. Elaboración propia

Anexo Ñ: Mapa de riesgo Tr = 50 años



Nota. Elaboración propia

Anexo O: Mapa de riesgo Tr = 100 años



Nota. Elaboración propia