



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y**  
**METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**EVALUACIÓN DEL RIESGO ANTE EL FENÓMENO DE**  
**INUNDACIÓN FLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DE LA CIUDAD**  
**DE UMACHIRI – MELGAR - PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ALEX EFRAÍN CALIZAYA FLORES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**PUNO - PERÚ**

**2024**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS: EVALUACIÓN DEL RIESGO ANTE  
EL FENÓMENO DE INUNDACIÓN FLUVIA  
L EN EL ÁREA URBANA DE LA CIUDAD D**

AUTOR

**ALEX EFRAÍN CALIZAYA FLORES**

RECuento DE PALABRAS

**23698 Words**

RECuento DE CARACTERES

**116916 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**136 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**11.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jul 16, 2024 7:19 AM CST**

FECHA DEL INFORME

**Jul 16, 2024 7:20 AM CST**

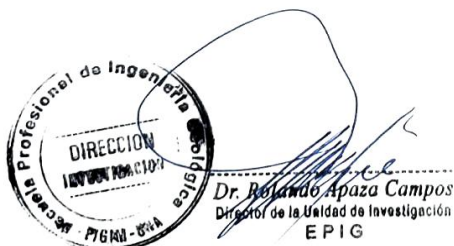
### ● 13% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



ALEX EFRAÍN CALIZAYA FLORES  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. N° 55881

Resumen



## DEDICATORIA

A mis queridos padres, les dedico mi existencia con profundo agradecimiento por concederme la vida, por su constante respaldo y por impartirme los valores que han guiado mi trayectoria, desde mis días como estudiante hasta la actualidad como profesional. A mis amigos, les expreso mi sincero agradecimiento por su apoyo moral inquebrantable, el cual ha sido mi firme sostén en las travesías de la vida. Este viaje es compartido, y a cada uno de ustedes les dedico mi eterna gratitud y amor.

**Alex Efraín Calizaya Flores**



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la fortaleza y permitirme culminar esta investigación, su constante presencia ha sido la fuente de mi fortaleza y voluntad, impulsándome a alcanzar un nuevo logro en uno de los propósitos fundamentales de mi existencia.

Dirijo mi gratitud a mis queridos padres, quienes han sido mi constante inspiración y motor durante mi formación profesional, de los cuales me siento profundamente orgulloso. Agradezco enormemente por inculcarme el ejemplo de valentía y coraje ante las adversidades de la vida, así como por tu amor infinito y apoyo incondicional. Además de sus sabios consejos y por demostrarme que con dedicación y esfuerzo se pueden alcanzar los objetivos en la vida.

También rindo homenaje a mis docentes, por las enseñanzas que sembraron en mí. A todas las personas que estuvieron pendientes durante la ejecución de este proyecto de investigación, les agradezco sinceramente por su apoyo y contribución.

**Alex Efraín Calizaya Flores**



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>19</b>
1.2.1 Problema General.....	19
1.2.2 Problemas Específicos.....	20
<b>1.3 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>20</b>
1.3.1 Hipótesis General .....	20
1.3.2 Hipótesis Específicas.....	20
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>22</b>
1.5.1 Objetivo General .....	22
1.5.2 Objetivo Específico .....	22

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA



<b>2.1</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>23</b>
2.1.1	Antecedentes internacionales .....	23
2.1.2	Antecedentes nacionales .....	24
<b>2.2</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>30</b>
2.2.1	Características geomorfológicas .....	30
2.2.1.1	Altimetría .....	31
2.2.1.2	Planimetría .....	31
2.2.2	Cuenca Hidrográfica .....	31
2.2.2.1	Delimitación de cuenca .....	32
2.2.2.2	Longitud de cuenca .....	32
2.2.2.3	Pendiente de Cuenca .....	33
2.2.2.4	Características de una cuenca.....	33
2.2.3	Coefficiente de rugosidad de Manning.....	33
2.2.4	Estudio Hidrológico .....	35
2.2.5	Frecuencia de precipitación.....	35
2.2.5.1	Frecuencia anual de precipitación .....	35
2.2.5.2	Frecuencia mensual de precipitación .....	36
2.2.5.3	Frecuencia estacional de precipitación.....	36
2.2.5.4	Frecuencia de eventos extremos.....	36
2.2.6	Periodo de retorno .....	37
2.2.7	Coefficiente de escurrimiento.....	38
2.2.8	Caudal.....	38
2.2.9	Zona Inundable.....	38
2.2.9.1	Área de inundación .....	39
2.2.9.2	Clasificación de inundaciones.....	39



2.2.10	Análisis estadísticos de datos hidrológicos .....	40
2.2.10.1	Método Kolmogorov-Smirnov .....	40
2.2.10.2	Método racional .....	41
2.2.10.3	Método de convolución.....	42
2.2.10.4	Distribución Gamma .....	42
2.2.10.5	Distribución Gumbel .....	42
2.2.10.6	Distribución Log Pearson Tipo III .....	42
2.2.10.7	Pruebas de Bondad de Ajuste.....	43
2.2.11	Nivel de peligrosidad .....	43
<b>2.3</b>	<b>DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....</b>	<b>44</b>
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>		
<b>3.1</b>	<b>MATERIALES .....</b>	<b>46</b>
3.1.1	Etapa de pre campo .....	46
3.1.2	Etapa de campo .....	46
3.1.3	Etapa de gabinete .....	47
3.1.4	Indumentarias de protección .....	47
<b>3.2</b>	<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>48</b>
3.2.1	Tipo de investigación .....	48
3.2.2	Diseño metodológico de la investigación.....	49
3.2.3	Enfoque de investigación .....	49
3.2.4	Alcance o niveles de la investigación .....	49
<b>3.3</b>	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>50</b>
3.3.1	Población.....	50
3.3.2	Muestra.....	50



<b>3.4</b>	<b>TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>50</b>
<b>3.5</b>	<b>PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>51</b>
<b>3.6</b>	<b>VARIABLES .....</b>	<b>51</b>
3.6.1	Variable dependiente: Evaluación del riesgo .....	51
3.6.2	Variable Independiente: Inundación Fluvial .....	52
<b>3.7</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS DATOS .....</b>	<b>52</b>

## **CAPÍTULO IV**

### **CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

<b>4.1</b>	<b>CARACTERIZACIÓN .....</b>	<b>53</b>
4.1.1	Periodo de duración del estudio .....	53
4.1.2	Ubicación Política y geográfica .....	53
4.1.3	Topografía .....	53
4.1.4	Estudio hidrológico .....	55
4.1.5	Estudio hidráulico .....	62

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>5.1</b>	<b>DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS Y NIVELES DE PELIGRO .....</b>	<b>64</b>
5.1.1	Áreas de peligro de inundación.....	64
5.1.2	Determinación de niveles de peligro.....	71
<b>5.2</b>	<b>DETERMINACIÓN DE NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO</b>	<b>78</b>
5.2.1	Niveles de vulnerabilidad.....	78
5.2.1.1	Exposición social .....	78
5.2.1.2	Fragilidad social.....	79
5.2.1.3	Resiliencia social.....	79
5.2.1.4	Exposición económica .....	82





5.2.1.5	Fragilidad Económica .....	83
5.2.1.6	Resiliencia Económica .....	84
5.2.1.7	Exposición ambiental .....	85
5.2.1.8	Fragilidad ambiental.....	86
5.2.1.9	Resiliencia ambiental .....	87
5.2.2	Niveles de riesgo .....	89
<b>5.3</b>	<b>ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DEL RIESGO..</b>	<b>93</b>
<b>5.4</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>94</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>96</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>98</b>
<b>VIII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>.....</b>	<b>105</b>

**Área** : Medio Ambiente

**Tema** : Evaluación de riesgos

**Fecha de Sustentación** : 19 de julio del 2024



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Características geomorfológicas .....	30
<b>Tabla 2</b> Clasificación de inundaciones.....	40
<b>Tabla 3</b> Niveles de riesgo.....	44
<b>Tabla 4</b> Caracterización geomorfológica de la cuenca de estudio .....	57
<b>Tabla 5</b> Datos de la cuenca.....	62
<b>Tabla 6</b> Umbral de escorrentía .....	62
<b>Tabla 7</b> Máximas precipitaciones.....	63
<b>Tabla 8</b> Cálculo de intensidades.....	63
<b>Tabla 9</b> Cálculo de caudal máximo.....	63
<b>Tabla 10</b> Áreas frente a determinados periodos de retorno.....	69
<b>Tabla 11</b> Matriz de normalización de descriptores de Altura de agua inundable .....	71
<b>Tabla 12</b> Matriz de normalización de descriptores de pendiente .....	72
<b>Tabla 13</b> Matriz de normalización de descriptores de geomorfología .....	72
<b>Tabla 14</b> Matriz de normalización de descriptores de geología.....	73
<b>Tabla 15</b> Matriz de normalización de descriptores de geología.....	74
<b>Tabla 16</b> Matriz de normalización de factores condicionantes .....	74
<b>Tabla 17</b> Factores condicionantes y desencadenantes .....	76
<b>Tabla 18</b> Resumen de niveles de peligro.....	76
<b>Tabla 19</b> Matriz de normalización de descriptores de población expuesta.....	78
<b>Tabla 20</b> Matriz de normalización de descriptores de grupo etario .....	79
<b>Tabla 21</b> Matriz de normalización de descriptores de actitud frente al riesgo.....	80
<b>Tabla 22</b> Matriz de normalización de descriptores de plan de gestión de riesgo de desastres .....	81



<b>Tabla 23</b>	Matriz de normalización de descriptores de conocimiento local.....	82
<b>Tabla 24</b>	Matriz de normalización de descriptores de acceso a servicios de agua .....	82
<b>Tabla 25</b>	Matriz de normalización de descriptores de acceso a servicios de desagüe	83
<b>Tabla 26</b>	Matriz de normalización de descriptores de material de piso .....	83
<b>Tabla 27</b>	Matriz de normalización de descriptores de material de piso .....	84
<b>Tabla 28</b>	Matriz de normalización de descriptores de material de techo .....	84
<b>Tabla 29</b>	Matriz de normalización de descriptores de cumplimiento de la normatividad RNE.....	85
<b>Tabla 30</b>	Matriz de normalización de descriptores de cercanía a fuentes de agua .....	85
<b>Tabla 31</b>	Matriz de normalización de descriptores de disposición de residuos sólidos .....	86
<b>Tabla 32</b>	Matriz de normalización de descriptores de generación de residuos sólidos .....	86
<b>Tabla 33</b>	Matriz de normalización de descriptores de conocimiento de normativa ambiental.....	87
<b>Tabla 34</b>	Cálculo de la dimensión económica.....	87
<b>Tabla 35</b>	Cálculo de la dimensión social.....	88
<b>Tabla 36</b>	Cálculo de la dimensión ambiental .....	88
<b>Tabla 37</b>	Cálculo de niveles de vulnerabilidad .....	88
<b>Tabla 38</b>	Nivel de vulnerabilidad.....	89
<b>Tabla 39</b>	Matriz de doble entrada para el cálculo de riesgo.....	89
<b>Tabla 40</b>	Rango de niveles de riesgo.....	89
<b>Tabla 41</b>	Área de inundación .....	92
<b>Tabla 42</b>	Número de viviendas – vulnerabilidad .....	92
<b>Tabla 43</b>	Número de viviendas - riesgos.....	92



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Diagnóstico de peligros por inundación y masa .....	19
<b>Figura 2</b> Cuenca hidrográfica .....	32
<b>Figura 3</b> Área de una cuenca .....	37
<b>Figura 4</b> Procedimientos del trabajo de investigación.....	51
<b>Figura 5</b> Fotografía del drone .....	54
<b>Figura 6</b> Topografía del lugar de estudio .....	55
<b>Figura 7</b> Ubicación de la estación meteorológica.....	56
<b>Figura 8</b> Precipitación máxima anual de 1964 -2013 Chuquibambilla .....	57
<b>Figura 9</b> Histograma .....	57
<b>Figura 10</b> Geomorfología de la cuenca .....	59
<b>Figura 11</b> Geología local .....	60
<b>Figura 12</b> Pendientes .....	61
<b>Figura 13</b> Sección del río.....	64
<b>Figura 14</b> Coeficiente de Manning.....	65
<b>Figura 15</b> Contracción y expansión.....	65
<b>Figura 16</b> Incorporación de los caudales .....	66
<b>Figura 17</b> Velocidad de 5 años .....	66
<b>Figura 18</b> Velocidad de 10 años .....	67
<b>Figura 19</b> Velocidad de 25 años .....	67
<b>Figura 20</b> Velocidad de 50 años .....	68
<b>Figura 21</b> Velocidad de 100 años .....	68
<b>Figura 22</b> Niveles de inundación.....	70
<b>Figura 23</b> Mapa de peligro .....	77



<b>Figura 24</b> Mapa de vulnerabilidad.....	90
<b>Figura 25</b> Mapa de riesgo.....	91



## ACRÓNIMOS

**SENAMHI:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

**Pr:** Periodo de retorno

**DRONE:** Vehículo no tripulado

**CDN:** Curvas de nivel

**CENEPRED:** Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de  
Desastres



## RESUMEN

La investigación titulada “Evaluación del riesgo ante el fenómeno de inundación fluvial en el área urbana de la ciudad de Umachiri–Melgar–Puno” presenta por problema la existencia de puntos críticos por inundación, además de la exposición de viviendas donde aún no se toman medidas preventivas que protejan las áreas adyacentes a los ríos, convirtiéndolas en propensas ante la presencia de precipitaciones pluviales, por ello, se tuvo como propósito evaluar el riesgo ante el fenómeno de inundaciones fluviales en el área urbana de la ciudad de Umachiri, Provincia de Melgar – Puno. La metodología utilizada fue de tipo aplicada, bajo un nivel descriptivo y enfoque cuantitativo. En donde se obtuvieron los siguientes resultados un nivel de **peligrosidad** con una puntuación máxima en muy alto de 0.499, alto de 0.260, medio de 0.136 y bajo de 0.070; un nivel de **vulnerabilidad** con una valoración máxima en muy alto de 0.485, alto de 0.262, medio de 0.140 y bajo de 0.074, en donde se muestran viviendas vulnerables 17 en nivel muy alto, 20 en alto, 81 en medio y bajo un total 0; y un nivel de riesgo con calificación máxima de 0.242 muy alto, 0.068 de alto, 0.019 de medio y bajo de 0.005. Se concluye que se tuvo un área de inundación en muy alto de 33.79 Hectáreas y alto de 32.1 Hectáreas, por lo que se deben tomar medidas preventivas para poder mitigar los peligros que puede ocasionar el río Umachiri con las 118 viviendas que se encuentran a su margen derecho.

**Palabras claves:** Peligro, Prevención, Riesgo, Río, Vulnerabilidad.



## ABSTRACT

The research entitled "Evaluation of the risk of river flooding in the urban area of the city of Umachiri-Melgar-Puno" presents the problem of the existence of critical points due to flooding, in addition to the exposure of houses where preventive measures are not yet taken to protect the areas adjacent to the rivers, making them prone to the presence of rainfall, therefore, the objective was to evaluate the risk of river flooding in the urban area of the city of Umachiri, Province of Melgar - Puno. The methodology was of the applied type, descriptive level and quantitative approach. The following results were obtained: a level of danger with a maximum score of 0.499, high of 0.260, medium of 0.136 and low of 0.070; a level of vulnerability with a maximum valuation of 0.485, high of 0.262, medium of 0.140, medium of 0.140; a level of vulnerability with a maximum valuation of 0.485, high of 0.262, medium of 0.140. 262, medium of 0.140 and low of 0.074, where there were 17 vulnerable houses in very high level, 20 in high, 81 in medium and low a total of 0; and a risk level with a maximum rating of 0.242 very high, 0.068 high, 0.019 medium and low of 0.005. It is concluded that there was a very high flood area of 33.79 hectares and a high flood area of 32.1 hectares, so preventive measures must be taken to mitigate the dangers that the Umachiri River may cause to the 118 houses located on its right bank.

**Keywords:** Danger, Prevention, Risk, River, Vulnerability.





# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las inundaciones, según informes de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR) y otras organizaciones, han causado miles de muertes en todo el mundo cada año. Por ejemplo, entre 1998 y 2017, las inundaciones afectaron a más de 2 mil millones de personas y causaron más de 142,000 muertes a nivel mundial (UNDRR, 2021).

Pues, en tiempos de estiaje, se produce la invasión o uso de los márgenes del río, lo cual puede tener consecuencias negativas tanto para el medio ambiente como para la seguridad de las personas. Durante estos periodos, la disminución del caudal del río deja expuestas áreas que normalmente estarían bajo el agua, lo que incentiva la ocupación de estas zonas para actividades agrícolas, construcción y otras intervenciones humanas. Asimismo, esta invasión puede llevar a la degradación de los ecosistemas ribereños, la pérdida de hábitats naturales y el aumento de la erosión del suelo. Además, la ocupación de los márgenes del río aumenta el riesgo de daños durante la temporada de lluvias, cuando el caudal del río puede aumentar repentinamente, causando inundaciones que ponen en peligro tanto las propiedades como la vida de las personas que se han asentado en estas áreas (Giorgi & Vilches, 2021).

Por otro lado, pueden producir pérdidas económicas producto de los daños hacia los ecosistemas naturales e infraestructura, asimismo suelen ser causadas por la incapacidad de los cursos naturales y sistemas de drenaje para transportar el exceso de agua luego de las fuertes lluvias (Boakye , Ahenkorah, Ewusi, & Bani, 2021). También



los desbordamientos pueden incluir la baja capacidad del curso de agua o red de arroyos para conducir escorrentías y condiciones climáticas previas a un posible evento de lluvia (Fang, Huang, Cai, & Nitivattananon, 2022).

Por lo que los países en desarrollo se encuentran muy vulnerables debido a la falta de instalaciones de drenaje o defensas ribereñas adecuadas, llegando a ser encontrados expuestas a la susceptibilidad de inundaciones debido a una serie de condiciones geoambientales. En donde para evaluar el peligro por crecidas del río en cualquier lugar depende de la geomorfología, cobertura de suelo, condiciones hidrológicas e hidráulicas (Nkeki, Bello, & Agbaje, 2022).

Por otro lado, las áreas urbanas construidas a lo largo o adyacentes a los canales de ríos se encuentran más propensos a episodios de inundación, esto se debe principalmente a una mala regulación del crecimiento urbano, conversión agresiva del uso del suelo, ausencia de medidas, estructuras inadecuadas de protección contra inundaciones y falta de implementación del diseño físico urbano inicial ( Darabi , et al., 2019).

Es por ello que un factor que debe considerarse es la gestión de inundaciones mejorando la predicción, conciencia en la cartográfica y predecir las áreas propensas a inundaciones utilizando mapas de peligro fundamental para mejorar la planificación urbana (Choubin, et al., 2019).

A nivel nacional el Perú se encuentra ubicado geográficamente respecto a la cuenca del pacifico, sometido de forma permanente a diferentes tipos de fenómenos de carácter natural que puede ocasionar desastres a los pobladores, ya que la Cordillera de los Andes presenta existencia de peligro de deslizamiento, huaycos, inundaciones, etc., por lo que se debe vigilar y monitorear de forma constante tratando de diseñar y mejorar

nuevos sistemas encargados de las funciones de alerta temprana (Goicochea, 2021).

A nivel regional en Puno se encuentra propenso a sufrir grandes precipitaciones pluviales causando con ello desbordamiento de ríos provocando daños en viviendas, destrucción de calles, desborde de canales de riego, **pérdidas humanas** y materiales (Andina, 2020). A nivel local en la ciudad de Umachiri presenta un total de familias expuesta de 1170, con un total de 7 puntos críticos por inundación y una exposición de 900 viviendas en las cuales se deben tomar medidas de **prevención como construcción de un dique, descolmatación, defensa ribereña y limpieza** (Sistema de información para la gestión del riesgo de desastres, 2022).

## Figura 1

### *Diagnóstico de peligros por inundación y masa*



Fuente: Tomado de Sigrid (2022).

Es por ello que se plantea la evaluación de riesgo ante el fenómeno por inundación fluvial sobre el área urbana de la ciudad de Umachiri – Melgar – Puno con la finalidad de determinar la peligrosidad, riesgo y vulnerabilidad sobre la inundación a razón de brindar una propuesta estructural o no estructural.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.2.1 Problema General



¿Cuáles serán los niveles de **riesgo** ante el fenómeno de inundación fluvial en el área urbana de la ciudad de Umachiri – Melgar - Puno?

### 1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuáles serán las áreas y los niveles de **peligro** bajo, medio, alto y muy alto ante el fenómeno de inundación fluvial en el área urbana de la ciudad de Umachiri – Melgar – Puno?
- ¿Cuáles serán las áreas y los niveles de **vulnerabilidad**: baja, media, alta y muy alta en la dimensión social y económica de la población ante el fenómeno de inundaciones en el área urbana de la ciudad de Umachiri – Melgar – Puno?
- ¿Cuáles serán las medidas de prevención y mitigación del riesgo de origen estructural y no estructural al evaluar los niveles de riesgo por inundaciones fluviales en el área urbana de la ciudad de Umachiri – Melgar - Puno?

## 1.3 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

### 1.3.1 Hipótesis General

Al evaluar el riesgo ante el fenómeno de inundación fluvial en el área urbana de la ciudad de Umachiri – Melgar – Puno, indica niveles de riesgo alto y muy alto.

### 1.3.2 Hipótesis Específicas

- Los niveles de peligro bajo, medio, alto y muy alto ante el fenómeno de inundación fluvial en el área urbana de la ciudad de Umachiri – Melgar –



Puno, son determinados con la evaluación de peligros y plasmados en mapas de peligros.

- Al evaluar y analizar los niveles de vulnerabilidad en la dimensión social y económica de la población se obtendrán áreas y niveles de vulnerabilidad: baja, media, alta y muy alta ante el fenómeno de inundación fluvial en el área urbana de la ciudad de Umachiri – Melgar – Puno.
- Las medidas de prevención y mitigación del riesgo de origen estructural y no estructural se proponen al conocer los niveles de riesgo por inundaciones fluviales en el área urbana de la ciudad de Umachiri – Melgar – Puno.

#### 1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En temporadas de máximas avenidas del río producto de precipitaciones pluviales intensas dentro de la cuenca hidrográfica, la localidad de Umachiri al estar situada en el margen diestro del cauce de río, soporta la colmatación y desborde del río Umachiri, generando inundaciones fluviales en sus márgenes, causando daños tanto en los sectores sociales y económicos. El actual estudio se ejecuta porque la población de esta localidad sufre de daños y pérdidas a las viviendas y calles, y afección a la salud, estos aspectos nos facilitarán la delimitación de áreas que presentan un índice de riesgo alto a inundaciones haciendo empleo de la metodología instaurada por el **CENEPRED**. Es de suma importancia el análisis del evento de inundación fluvial, para que posteriormente se pueda identificar las áreas de inundación así para luego materializarlos en mapas de riesgo con el fin de promover las medidas de prevención frente al fenómeno de inundación fluvial y así tomar las previsiones necesarias contra estos eventos naturales. Además, será



útil para la población local y para las instituciones a cargo de tomar decisiones en la cultura de operaciones de mitigación del riesgo a causa de las precipitaciones pluviales, de esta manera, será un insumo para tomar una decisión óptima en la gestión del riesgo.

## 1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.5.1 Objetivo General

Evaluar el riesgo ante el fenómeno de inundaciones fluviales en el área urbana de la ciudad de Umachiri, Provincia de Melgar - Puno

### 1.5.2 Objetivo Específico

- Determinar las áreas y niveles de **peligro**: bajo, medio, alto y muy alto, para luego plasmarlos en mapas de peligros ante el fenómeno de inundación fluvial en las áreas urbanas de la ciudad de Umachiri – Melgar – Puno.
- Determinar las áreas y niveles de **vulnerabilidad**: baja, media, alta y muy alta de la población para luego plasmarlos en mapas de vulnerabilidad ante el fenómeno de inundación fluvial en el área urbana de la ciudad de Umachiri – Melgar – Puno.
- Proponer alternativas de prevención y mitigación del riesgo de origen estructural y no estructural que minimicen el riesgo ante el fenómeno de inundación fluvial en el área urbana de la ciudad de Umachiri – Melgar – Puno.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

Fang et al. (2022) en su artículo tuvo como propósito desarrollar un enfoque híbrido que integró el modelo hidrodinámico y el modelo de inundación rápida para la cuenca hidrográfica de Xinluo en China. La metodología llegó a ser de tipo aplicada y de nivel descriptivo, en donde primero realizaron un mapa de inventario de inundaciones, seguido determinan el estudio hidrológico e hidráulico y culminando con ello se determinan los niveles de riesgo por inundación. En donde obtuvieron como resultado inundaciones para el periodo de retorno equivalente a los 20 a 25 años sobre el área igual a 20.3% y 27.85% respectivamente. Concluyeron que el método de mapeo y conocer las áreas de inundación permiten prevenir y reducir los desastres naturales por desborde de río.

Nkeki et al. (2022) en su artículo tuvo como propósito en realizar una propuesta de un enfoque de modelado que combina los modelos hidráulicos e integrados usando técnicas analíticas de fusión ráster jerárquica para fortalecer las debilidades de un modelo individual en la cuenca del río Ona, Nigeria. La metodología es realizar un estudio hidráulico del río mediante el uso del programa HEC – RAS, los mapas topográficos son obtenidos mediante un DEM y finalmente realizaron un análisis geotécnico. En donde obtuvo como resultado un modelo de riesgo con un 20% de nivel alto, un nivel medio equivalente a 30% y un nivel bajo equivalente a 50% dentro del periodo de retorno igual a 50 años.



Donde concluyeron que el uso de programas como un modelo DEM y por medio del HEC- RAS permite determinar los espacios de inundación y su nivel de riesgo del lugar de estudio.

El-Saoud y Othman (2022) en su artículo tuvo como propósito evaluar los impactos adversos de las inundaciones repentinas dentro de la cuenca de Wadi Mehassar, en Arabia Saudita. La metodología fue determinar las características geomorfológicas de la cuenca, seguido realizaron un estudio hidrológico e hidráulico y finalmente determinaron el área de inundación para luego clasificar los niveles de riesgo. Donde obtuvieron como resultado un área de inundación del 2.04% dentro del periodo de retorno igual a 5 años, seguido tuvo un nivel de riesgo alto igual a 1.02% y medio de 1.00% y de nivel bajo de 0.02%. Concluyeron que el uso de los modelos de medio hidrológico e hidráulico dados por HEC-HMS y HEC-RAS 1D admiten conocer el nivel de riesgo sobre la cuenca de muestra.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Chávez (2020), en su estudio se ha evaluado los riesgos del cual muestra la localidad de Tingo María. De esta manera se hizo uso de la metodología CENEPRED en base a la leve reforma sobre el cálculo del riesgo; se han estudiado las condiciones ambientales peligrosas (erosión e inundación) y lo humano (ruido y NO<sub>2</sub>), se ha realizado por medio del modelamiento HEC – RAS sobre inundaciones dentro del periodo retorno equivalente a 100 años, con el modelo de equivalencia global sobre pérdida de suelo USLE que nos permite interpolar erosión. Para la evaluación de la vulnerabilidad se recolectó información de dimensión social y económica para la población y sobre la infraestructura, además se tomó una muestra aleatoria de una población limitada (380 encuestas). Se





obtuvieron las siguientes evidencias: El desastre afectó a 4662 parcelas: nivel medio en 258 parcelas que representa un 7.64%, nivel alto medio en 1482 parcelas que representa un 43.89% y nivel alto en 1637 parcelas que representa un 48.47%, los niveles sobre la peligrosidad por erosión llegaron a ser: bajo en 39.5% o 507 parcelas, nivel medio en 37.7% o 484 parcelas, nivel alto en 17.6% o 226 parcelas y nivel muy alto en 5.30% o 68 parcelas; los niveles de peligros humanos conseguidos llegaron a ser: nivel bajo en 71.1% o 5031 parcelas y nivel medio en 28.9% o 2045 parcelas, debido solo ruido. Las vulnerabilidades a amenazas naturales son: El 86.8% o 6145 de las parcelas tienen nivel alto de vulnerabilidad y el 13.2% o 934 de las parcelas tienen un nivel muy alto de vulnerabilidad y las vulnerabilidades a amenazas creadas por el hombre fueron: El 2.1% o 146 de las parcelas tienen vulnerabilidad media, el 89.5% o 6339 de las parcelas poseen una vulnerabilidad alta y el 8.4% o 594 de las parcelas poseen vulnerabilidad muy alta. En conclusión, los niveles de riesgos naturales llegaron a ser: nivel muy alto y alto para inundación comprendidas entre 1628 y 1749 parcelas correspondientemente, respecto al riesgo por erosión: nivel muy alto, alto y medio afectan a 149, 599 y 433 parcelas correspondientemente, además del riesgo humano (ruidos) de niveles medias y bajas entre 1953 y 5124 parcelas. En conclusión, la ciudad de Tingo María no es segura en el futuro.

Sánchez y Atoche (2021), mediante su estudio afirma que conocer el riesgo por desastres, logra ser muy importante sobre las investigaciones relacionados con el diseño urbano y la gestión de riesgo en la región, lo que puede determinar los procedimientos de mitigación mediante medidas estructurales y no estructurales, este análisis tiene de propósito analizar los registros de riesgos sobre las inundaciones en la localidad de Tumbes en la planicie por inundación de la



localidad de Tumbes; sobre esto se empleó una investigación aplicada, ya que, el cálculo de riesgo es partiendo del nivel de peligro y la vulnerabilidad, de esta manera medir el riesgo para la localidad de Tumbes indicado sobre pérdidas y daños anticipados. El proyecto definió el estudio como un proceso tradicional, puesto que se analiza 2 variables, definidos como el peligro generado por la llanura de inundación respecto al Río Tumbes para el PR = 50 años y la vulnerabilidad de brechas detalladas a través del estado de la población social y económica que se muestra en hogares, centro de salud e instituciones educativas. Según el método de probabilidad log-normal 2p, el caudal máximo determinado a PR = 50 años es de 3592 m<sup>3</sup>/s, se identificaron 14320 personas, 4300 hogares, 15 entre escuelas y colegios, 1 posta médica, hay riesgo potencial que está causando perjuicios a la vida y bienestar físico producto de fenómenos naturales; con los daños por inundaciones estimados en la ciudad de Tumbes, con una previsión total de 248,177,205.00 S/, los más afectados fueron las viviendas, en particular sobre la jurisdicción de San José y sus alrededores.

Gonzales (2022), por medio del estudio planteó el objetivo de valorar el nivel de riesgo por inundación del arroyo de San Ildelfonso en la localidad El Porvenir. Para ello, se definieron y caracterizaron los factores de estimación de inundaciones. De acuerdo a su objetivo de tesis llegó a ser aplicada, además del diseño no experimental porque refiere la realidad y examina eventos sin controlar variables, su investigación incluyó 866 casas a lo largo del cauce del río San Ildelfonso, además de la muestra igual a 206 casas utilizadas por medio de documentación/método de recopilación y visualización de notas, así como herramientas de tablas de precipitación avaladas por el SENAMHI, imágenes DEM proporcionadas por ASF data Search Vertex, SIG - GEOCATMIN y Pautas



de entrevistas basadas por medio del manual CENEPRED, Microsoft Excel, Hydrognomon, Google Earth y software ArcGIS se utilizaron para procesar los datos. En consecuencia, este estudio tiene un valor de peligro de 0.234 y un valor de 0.222 de vulnerabilidad, y las variables para determinar el riesgo de inundación tienen un valor de 0.052, calificando como de alto riesgo. Por ello, se han planteado alternativas de minimización estructural y no estructural, mediante el despliegue e implementación de obras civiles (enrocados, gaviones y diques), en trabajo conjuntamente con los gobiernos de medio local y nacional a razón de fortalecer, capacitar y educar a las personas en riesgo.

Aponte y Guillen (2021), en su estudio cuyo propósito fue hallar el nivel de riesgo causado por el fenómeno de inundación pluvial, asumiendo por base a la peligrosidad y vulnerabilidad, de esta manera identificar las condiciones de la zona a evaluar, frente a un suceso de activación de la cañada del Cerro Las Cabras, así como sucedió durante el 2017. Las herramientas que se utilizaron son las encuestas hechas a ciudadanos de la zona y la georreferenciación. Se hizo uso de la guía que estima el riesgo establecido por INDECI por medio del año 2006, y el método utilizado a causa de su efectiva aplicación. Se obtuvieron los siguientes resultados: peligro alto en un 70% y vulnerabilidad total 72%, obteniendo un nivel de vulnerabilidad alta; con estos dos indicadores se obtuvo el nivel de riesgo para dicho Asentamiento Humano.

Correa y Lazo (2021), en su proyecto tuvo como finalidad evaluar el riesgo por inundación para la Institución Educativa San Francisco. Este estudio nos facilitará a delimitar fácilmente los niveles de riesgo que presentan los eventos en la zona afectada, basado en identificar, modelar, describir y clasificar amenazas y analizar la susceptibilidad de las poblaciones y sus formas de sustento. Respecto



al nivel de peligro se determina analizando el análisis parámetros de inundación, así como factores desencadenantes y factores condicionantes relacionados con la vulnerabilidad del área en estudio. Las clasificaciones y pesos de los parámetros y descriptores se obtuvieron aplicando un método multicriterio (el procedimiento de analítico jerárquico) con el uso de una matriz desarrollada por el matemático Thomas Saaty. El rango obtenido sobre las cifras de los niveles de peligro alcanzados, se muestran por medio del mapa de desglose de riesgos. Obviamente, dependiendo de la condición física del territorio analizado, es difícil hacer frente al peligro; de acuerdo con estas consideraciones, se analizaron las vulnerabilidades de los factores previamente expuestos, asumiendo los aspectos de medio ambiental, económico y social, además de sus respectivos elementos sobre la fragilidad, resiliencia y exposición. El nivel de riesgo se determinó sobre la base de la vulnerabilidad y peligro utilizando la matriz de doble entrada que se diseñó por medio del CENEPRED (2014). Respecto a sus alcances y niveles de riesgo se muestran por medio del mapa de desglose de riesgos. Se calcularon las posibles pérdidas y daños ocasionados por la inundación y, por último, se sugieren propuestas de medidas de diseño para reducir y evitar los riesgos de desastres de acuerdo a las capacidades institucionales brindadas; así como medidas para el control de los riesgos ocasionados por inundaciones.

Cuba y Santos (2021), en su estudio tuvo como objetivo principal evaluar el riesgo de inundaciones en las riberas del río Pichari; por medio de ello se determinaron los niveles sobre el peligro y vulnerabilidad por inundaciones del río, haciendo de uso la metodología general el método de ponderación en base a las matrices de Saaty, para encontrar una comparación de los actores que determinan los valores y el peso medio permite analizar y evaluar los niveles



mencionados anteriormente, mediante el uso de entrevistas, cuestionarios y/o encuestas para describir los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad, verificados por la observación que son en diferentes aspectos, dependiendo de los ítems para el estudio de cada familia. Como resultado, el 49% de la localidad de Pichari poseen un nivel de peligrosidad muy alto, ya que es probable que se inunden; a su vez, la vulnerabilidad representa el 44% y un riesgo por inundación muy alto, lo que ha hecho que surjan posibles soluciones de medio estructural y no estructural, estos podrían reducir el riesgo de inundación fluvial sobre las riberas del Río Pichari; con el fin de mejorar el nivel de vida y minimizar las afectaciones del fenómeno evaluado.

Portella y Villafuerte (2020). En su estudio tuvo como propósito evaluar en el distrito de Olmos en el entorno del Caserío de Sincape, el riesgo de inundación del río Cascajal y análisis de posibles soluciones. Menciona que el valle donde se ubica el río Cascajal se encuentra en un relieve topográfico plano, que está compuesto de terrenos de uso agrícola, se registraron flujos de  $80.00 \text{ m}^3/\text{s}$  durante el Fenómeno del Niño, es la localidad de Sincape, con un grado alto de inundaciones. Por lo tanto, este análisis emplea un método para cuantificar el nivel del riesgo por inundaciones respecto al área de análisis. Dado ello, el propósito del estudio es brindar un mapa de áreas inundables para la ciudad de Sincape, que permita el análisis del grado de riesgo por inundación sobre el río Cascajal en las cercanías del poblado, identificar los puntos vulnerables y sugerir soluciones prácticas. De esta manera, los procesos se describen en tres etapas: una etapa de recogida de información de campo característicos que permite la evaluación del riesgo, una etapa de corrección de datos obtenidos (ésta última fase utilizará los softwares de HEC-GEORAS ArcMap y HEC – RAS, por ello es importante tener

los mismos formatos, ya que son necesarios para obtener los resultados y fase de mapeo, evaluación de la condición presente y las potenciales alternativas de solución. Por resultado se realizaron mapas de inundaciones para el río Cascajal, se realiza el análisis de los flujos con TR de 100 y 200 años, alto riesgo de inundación sobre la ciudad de Sincupe, planteando alternativas de mitigación sobre el riesgo, por ejemplo: la construcción de un enrocado fue la principal solución al diseñar y proponer el presupuesto para su ejecución.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 Características geomorfológicas

Estas características son el hallazgo de la relación de diferentes agentes geológicos, climáticos, biológicos y tectónicos a lo largo del tiempo (Sqbrowska, et al., 2023).

**Tabla 1**

*Características geomorfológicas*

<b>Características</b>	<b>Definición</b>
Montañas y Cordilleras	Son depresiones de terreno entre montañas o colinas, a menudo con corrientes de agua que fluyen a través de ellas.
Valles	Son depresiones de terreno entre montañas o colinas, a menudo con corrientes de agua que fluyen a través de ellas.
Mesetas	Son áreas planas o ligeramente inclinadas elevadas sobre el terreno circundante.
Colinas y Lomas	Son elevaciones de menor altura que las montañas, con pendientes suaves. Pueden formarse por procesos de erosión y sedimentación.
Llanuras	Son extensiones de terreno plano o ligeramente inclinado.
Cañones	Son profundos valles en forma de garganta
Costas	Son los puntos de transición sobre la tierra y el mar, caracterizadas por una amplia variedad de formas.
Dunas	Son acumulaciones de arena o sedimentos en forma de crestas y valles, formadas por la acción del viento.

*Fuente:* Obtenido de Sqbrowska et al. (2023)



### **2.2.1.1 Altimetría**

Es una rama de la topografía que se enfoca en medir altitudes o alturas de puntos en la superficie terrestre o en otros cuerpos celestes. Su objetivo principal es determinar y representar gráficamente las elevaciones del terreno en relación con un punto de referencia, generalmente el nivel del mar (Sun, et al., 2023).

### **2.2.1.2 Planimetría**

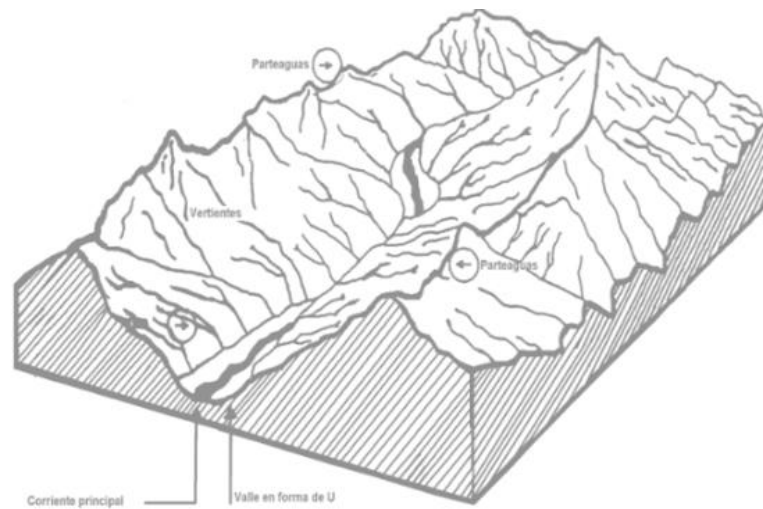
La planimetría es una rama de la topografía que se enfoca en medir y representar las cualidades bidimensionales de la superficie de la Tierra o cualquier otro objeto o área. A diferencia de la altimetría, que se centra en las mediciones de altitud y elevación, la planimetría se concentra en medir distancias horizontales, ángulos, formas y posiciones en un plano, sin tener en cuenta la elevación o desniveles (Sun, et al., 2023).

### **2.2.2 Cuenca Hidrográfica**

Es una región geográfica definida por una red de ríos y arroyos que drenan hacia un punto común, generalmente un río principal, lago, estuario u océano. Es un área física donde toda el agua fluye hacia un punto de salida común (Rubinato, et al., 2019).

## Figura 2

### Cuenca hidrográfica



Fuente: Obtenida de Del Valle et al. (2019).

#### 2.2.2.1 Delimitación de cuenca

Implica identificar y definir su área geográfica precisa, que es la región desde la cual las aguas tienden a fluir llegando al punto de salida común, en su mayoría del río principal, lago, estuario u océano (Rasool, Ahmad, & Ahmad, 2022).

#### 2.2.2.2 Longitud de cuenca

La longitud de una cuenca hidrográfica se refiere a la distancia total que tiende a recorrer el río principal o el curso de agua principal que fluye mediante la cuenca, desde su origen hasta su desembocadura o punto de salida en otro cuerpo de agua. Esta longitud se mide a lo largo del curso de agua primordial y proporciona información sobre la extensión y tamaño de la cuenca (Addis, 2023).



### 2.2.2.3 Pendiente de Cuenca

La pendiente de una cuenca hidrográfica se refiere al grado de inclinación o declive del terreno en la cuenca, medida en términos de la relación vertical entre la altitud y la distancia horizontal. La pendiente es fundamental en hidrología y geomorfología, ya que afecta la sedimentación, la erosión, el flujo del agua y otros procesos relacionados con el movimiento del agua sobre las cuencas (Liu, You, Zhu, Wang, & Ran, 2019). La fórmula es:  $\text{Pendiente} = (\text{Altura final} - \text{Altura inicial}) / \text{Distancia horizontal}$ .

### 2.2.2.4 Características de una cuenca

Una cuenca hidrográfica es un área geográfica definida por una red de drenaje compuesta por ríos, arroyos y otros cuerpos de agua que se orientan hacia una posición convergente común de salida, llegando a ser el río principal, lago, estuario u océano. Estas cuencas tienen una serie de características distintivas que las definen y ayudan a comprender su comportamiento y función en términos hidrológicos y geomorfológicos (Othman, EL - Saoud, Habeebullah, Shaaban, & Abotalib, 2023).

### 2.2.3 Coeficiente de rugosidad de Manning

Este mismo en mención, también conocido como coeficiente de Manning, describe la resistencia al flujo de un canal abierto como un río, arroyo o conducto (Fernández, León, & Rodríguez, 2020). La fórmula de Manning se expresa de la siguiente manera:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$



Donde:

- V: Aborda ser la velocidad del flujo en el canal
- n: Aborda ser el coeficiente de Manning (coeficiente de rugosidad)
- R: Aborda ser el radio hidráulico del flujo
- S: Es la pendiente del canal

El coeficiente de Manning ( $n$ ) es una medida de rugosidad que cambia según la superficie y la forma del canal. Los valores típicos de  $n$  varían de 0,01 para canales relativamente lisos (por ejemplo, hormigón pulido) a 0,1 o más para vías fluviales con vegetación espesa o lecho rocoso. Cabe señalar que el valor de  $n$  se obtiene empíricamente para diversos tipos de canales y circunstancias de flujo. El criterio de Ven Te Chow es una técnica de uso frecuente en hidrología e ingeniería hidráulica para estimar y seleccionar valores óptimos de  $n$  para diversos tipos de canales y circunstancias de flujo (Fernández, León, & Rodríguez, 2020).

- Estimación de la Velocidad del Flujo: La fórmula de Manning-Strickler calcula la velocidad del flujo ( $V$ ) de acuerdo a la pendiente del canal ( $S$ ) y el radio hidráulico ( $R$ ) utilizando el coeficiente de rugosidad ( $n$ ). Esto es fundamental para comprender cómo fluye el agua en diversas rutas y edificios.
- Diseño y Análisis Hidráulico: Los ingenieros pueden construir y evaluar sistemas de flujo de agua, como canales, ríos canalizados, desagües pluviales y tuberías, al comprender la velocidad del flujo. La determinación de la velocidad es fundamental para garantizar que un sistema hidráulico funcione de manera efectiva y satisfaga los criterios de capacidad y seguridad.



- **Modelado Hidráulico:** El coeficiente de rugosidad ( $n$ ) se utiliza en simulaciones y modelos hidráulicos para reflejar la resistencia al flujo en diversas superficies y geometrías de canales. Estos modelos ayudan a predecir cómo se comportaría el flujo de agua en diversas situaciones y a la construcción de estructuras hidráulicas eficientes.
- **Diseño de Infraestructuras Hidráulicas:** Es fundamental considerar el coeficiente de rugosidad ( $n$ ) al diseñar canales, drenajes, embalses, presas y otras características de infraestructura hidráulica para predecir la velocidad del flujo y, por lo tanto, escalar correctamente estas estructuras.

#### **2.2.4 Estudio Hidrológico**

Un estudio hidrológico es una evaluación técnica que se realiza para comprender y analizar el comportamiento de las aguas de superficie y subterráneas en una determinada área geográfica, como una cuenca hidrográfica. Estos estudios son cruciales para el control adecuado de los recursos de agua, la prevención de inundaciones (Alves, et al., 2023).

#### **2.2.5 Frecuencia de precipitación**

Es una medida crucial en hidrología que ayuda a entender el comportamiento de las lluvias y a diseñar infraestructuras hidráulicas, como sistemas de drenaje, presas y embalses, para manejar adecuadamente el agua de lluvia y prevenir inundaciones (Avand, Khazaei, & Ghermezcheshmeh, 2023).

##### **2.2.5.1 Frecuencia anual de precipitación**

Es un indicador fundamental para comprender el patrón y la cantidad de lluvia que una región experimenta en un período de tiempo

específico, esto es esencial sobre la gestión del recurso de agua, la agricultura, la planificación urbana y otras áreas (Clar, Junger, Nordbeck, & Thaler, 2023).

#### **2.2.5.2 Frecuencia mensual de precipitación**

Es el nivel de lluvia que cae en una localidad dentro de un mes específico del año. Aborda ser el indicador clave a razón de tener conocimiento sobre las variaciones estacionales en la precipitación y es fundamental para varios campos, incluyendo la hidrología, la climatología, la agricultura, el control del agua y la planificación urbana. Este tipo de información permite analizar patrones climáticos a lo largo del año y planificar en consecuencia (Yaseen, Saqib, Visetnoi, Cauley, & Iqbal, 2023).

#### **2.2.5.3 Frecuencia estacional de precipitación**

Es la cantidad total de precipitación, la cual cae en un área sobre una estación específica del año. Se divide en períodos estacionales clave: primavera, verano, otoño e invierno. Analizar la frecuencia de precipitación a lo largo de estas estaciones proporciona información esencial sobre las variaciones en las precipitaciones estacionales y es fundamental para comprender los patrones climáticos estacionales (Jerin, Kalam, & Khan, 2023).

#### **2.2.5.4 Frecuencia de eventos extremos**

Estos eventos pueden incluir precipitaciones intensas, olas de calor, tormentas severas, inundaciones, sequías, huracanes, terremotos, entre

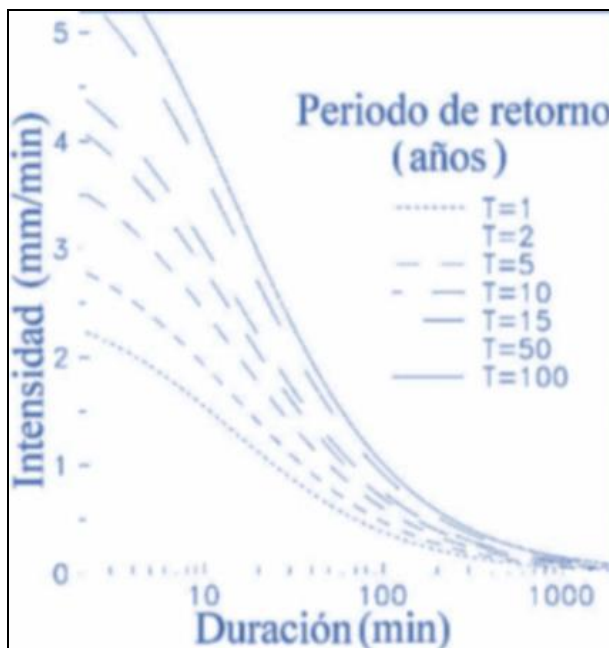
otros. Analizar la frecuencia de estos eventos es fundamental para comprender su comportamiento y su impacto en diversas áreas, incluyendo el control de riesgos, adaptarse al cambio climático y la planificación de infraestructuras (Babu, Raj, Asheshwar, & Singh, 2022).

### 2.2.6 Periodo de retorno

Este punto aborda ser una medida estadística que representa la cantidad media de años que se espera que transcurran antes de que ocurra un evento extremo de una cierta magnitud o más grande en un lugar específico. También se conoce como "período de recurrencia" o "intervalo de recurrencia". Este concepto es esencial en la hidrología, meteorología, climatología, ingeniería y otras disciplinas relacionadas con el análisis de eventos extremos y la gestión de riesgos (Olcina & Oliva, 2019).

### Figura 3

*Área de una cuenca*



Fuente: Obtenido de Olcina y Oliva (2019).



### 2.2.7 Coeficiente de escurrimiento

Es un parámetro hidrológico utilizado para describir el porcentaje de la lluvia que se convierte en escorrentía en la superficie sobre una cuenca o área determinada. Es una medida importante en hidrología que ayuda a entender cómo el agua de lluvia fluye y se logra moverse sobre la superficie terrestre. Se calcula dividiendo el volumen de escurrimiento superficial (Q) por la cantidad total de precipitación.

### 2.2.8 Caudal

El caudal es una medida de la cantidad de agua que tiende a fluir sobre un punto específico de un río, arroyo u otros cuerpos de agua por unidad de tiempo. Representa la tasa de flujo de agua en un punto dado y es fundamental para comprender la hidrología de una cuenca o sistema fluvial. El caudal se halla dividiendo la cantidad de agua el cual fluye por cierto punto sobre un momento dado (volumen) por la cantidad de tiempo en la que se mide (generalmente segundos). La fórmula básica es:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

- Q, aborda ser el caudal (volumen por unidad de tiempo).
- V, aborda el volumen de agua que pasa por un punto en un tiempo t.

### 2.2.9 Zona Inundable

Una zona inundable, también conocida como área de inundación, es un área de terreno propensa a inundaciones periódicas debido a la acumulación



temporal de agua proveniente de diversas fuentes, como lluvias intensas, desbordamiento de ríos, deshielo, tormentas, tsunamis u otras causas naturales. Estas áreas tienen una mayor probabilidad de inundación durante eventos climáticos extremos (Bernardini, Romano, & Soldini, 2021).

### **2.2.9.1 Área de inundación**

El área de inundación, también conocida como zona de inundación, es el espacio geográfico que se ve afectado por el desbordamiento de cuerpos de agua, debido a la acumulación de agua en volúmenes que superan la capacidad normal de contención de estos cuerpos de agua. Esta acumulación de agua resulta en la expansión temporal de los límites de estos cuerpos y la inundación de áreas circundantes. Las inundaciones pueden ser causadas por precipitaciones intensas, deshielo, tormentas, desbordamiento de ríos, tsunamis, marejadas ciclónicas y otras condiciones meteorológicas extremas (Bernardini, Romano, & Soldini, 2021). Los tipos de área más comunes son:

- Área de inundación costera: Ocurre en regiones cercanas a la costa teniendo de origen la crecida del nivel del mar, tormentas o tsunamis.
- Área de inundación pluvial: Resulta de diluvios intensos que tiende a superar la capacidad para drenar del suelo o de los sistemas de alcantarillado.
- Área de inundación por inundación de canales: Sucede cuando canales o acequias se desbordan debido a un flujo excesivo de agua.

### **2.2.9.2 Clasificación de inundaciones**

Las inundaciones se pueden clasificar de varias formas,

considerando diferentes criterios, como la magnitud, la duración, la causa o el área afectada (Sazzi, Vacandio, Mignosa, & Aureli, 2022). A continuación, se presentan algunas clasificaciones comunes de inundaciones:

**Tabla 2**

*Clasificación de inundaciones*

<b>Clasificación</b>	<b>Definición</b>
Inundaciones Pluviales	Ocurren debido a lluvias intensas
Inundaciones por Deshielo	Resultan del derretimiento rápido de la nieve o el hielo.
Inundaciones Fluviales	Se deben al desbordamiento de ríos, arroyos o embalses debido a lluvias intensas o fusión de nieve aguas arriba.
Inundaciones Costeras	Se producen por la crecida del nivel del mar, originado por tormentas, mareas altas o tsunamis.
Inundaciones Menores	Causan daños mínimos a propiedades y áreas agrícolas.
Inundaciones Moderadas	Causan daños significativos a propiedades, infraestructuras y áreas agrícolas.
Inundaciones Mayores	Causan daños graves, pérdida de vidas, destrucción generalizada de propiedades y graves impactos en la economía.

*Fuente:* Obtenido de Sazzi et al. (2022)

## **2.2.10 Análisis estadísticos de datos hidrológicos**

Estos análisis permiten tomar decisiones informadas en la gestión de los recursos de agua, el punto planificador sobre las infraestructuras, la predicción de eventos hidrológicos y la evaluación de riesgos de inundación (Bernardini, Romano, & Soldini, 2021).

### **2.2.10.1 Método Kolmogorov-Smirnov**

El método Kolmogorov - Smirnov (KS) es una técnica estadística que se emplea a razón de valorar si el conjunto de datos sigue una



distribución de probabilidad específica o si dos conjuntos de datos tienen la misma distribución. Este método compara la función de distribución acumulada (CDF) empírica de los datos con la CDF teórica de la distribución que se está probando (Quesada, 2022). La fórmula para el estadístico D es:

$$D = \max(|F_{empírica}(x) - F_{teórica}(x)|)$$

Donde:

- $F_{empírica}(x)$ : Es la CDF empírica
- $F_{teórica}(x)$ : Es la CDF teórica

#### 2.2.10.2 Método racional

Aborda ser una de las técnicas empleadas para hidrología a razón de estimar el caudal pico en un río o arroyo en función de la precipitación y otras variables hidrológicas. Se toma en consideración sobre el diseño de estructuras hidráulicas y la evaluación de inundaciones en pequeñas cuencas hidrográficas (Quesada, 2022). Logra ser calculado el caudal pico utilizando la fórmula del Método Racional:

$$Q = \frac{CxPx A}{360}$$

Siendo:

- Q, aborda ser el caudal pico en metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ).
- C, aborda ser el factor de escurrimiento adimensional.
- P, aborda ser la precipitación efectiva en milímetros (mm).
- A, aborda el área de la cuenca en kilómetros cuadrados ( $km^2$ ).

### **2.2.10.3 Método de convolución**

El método de convolución logra ser una de las técnicas matemáticas del análisis y modelado de sistemas lineales en el tiempo, incluyendo sistemas hidrológicos. En hidrología, este método se aplica para analizar respuestas de sistemas a precipitaciones, caudales y otros eventos hidrológicos a lo largo del tiempo (Babu, Raj, Asheshwar, & Singh, 2022).

### **2.2.10.4 Distribución Gamma**

Se utiliza comúnmente en estadística y teoría de la probabilidad para modelar datos positivos y asimétricos. Es especialmente útil para describir el tiempo hasta que ocurre un evento en procesos estocásticos, como el tiempo de vida de un componente o el tiempo entre llegadas de eventos.

### **2.2.10.5 Distribución Gumbel**

La distribución Gumbel, nombrada en honor al matemático Emil Julius Gumbel, es una distribución de probabilidad continua que se utiliza comúnmente en estadística e hidrología para modelar eventos extremos, como las crecidas máximas de ríos o precipitaciones intensas. Es especialmente útil para describir el patrón sobre los valores extremos de un proceso estocástico (Babu, Raj, Asheshwar, & Singh, 2022).

### **2.2.10.6 Distribución Log Pearson Tipo III**

Este medio de distribución, también conocida como distribución Pearson Tipo III o simplemente distribución Tipo III, es una distribución

de probabilidad continua utilizada en hidrología y estadísticas para modelar variables hidrológicas, especialmente caudales y otros datos relacionados con el agua.

#### **2.2.10.7 Pruebas de Bondad de Ajuste**

Logran ser herramientas estadísticas que admiten conocer si un conjunto de datos logra ser ajustado adecuadamente hacia cierta distribución de probabilidad específica. Dichas pruebas son esenciales en estadística para validar si una hipótesis sobre la distribución subyacente es válida.

#### **2.2.11 Nivel de peligrosidad**

Hace referencia a la probabilidad y gravedad de efectos o daños indeseables que puedan ocurrir como resultado de un determinado evento o circunstancia.

Es decir, respecto al nivel de riesgo logra ser una evaluación sobre la probabilidad y gravedad de posibles resultados desfavorables. Se emplea para determinar el grado al estar expuesto a peligros y por la probabilidad de resultados desfavorables. El grado de riesgo está determinado por una vinculación de elementos como la probabilidad de que ocurra un incidente y el tamaño de las inciertas consecuencias (Wei et al., 2023).

Se debe evaluar el nivel de riesgo para gestionar y planificar adecuadamente las acciones y situaciones. Además, ayuda a tomar decisiones informadas y desarrollar estrategias de reacción en caso de posibles resultados negativos (Wei et al., 2023).

**Tabla 3**

*Niveles de riesgo*

<b>Nivel</b>	<b>Rango</b>
Muy Alto	$1.04 \leq R \leq 2.515$
Alto	$0.402 \leq R \leq 1.04$
Medio	$0.136 \leq R \leq 0.402$
Bajo	$0.035 \leq R \leq 0.136$

*Fuente:* Obtenida de CENEPRED (2014)

### 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Evaluación del Riesgo:** Proceso de identificación, estudio y conocimiento sobre los riesgos que las inundaciones fluviales representan para cierta comunidad o área determinada.
- **Fenómeno de inundación fluvial:** Refiere al desbordamiento de ríos, arroyos o cursos de agua que resulta en la inundación de áreas adyacentes.
- **Área Urbana:** Región geográfica caracterizada por la presencia de infraestructuras, edificios y densidad poblacional en una ciudad o localidad.
- **Ciudad de Umachiri:** Hace referencia a la ciudad específica que está siendo objeto de estudio para esta evaluación.
- **Melgar - Puno:** Indica la ubicación geográfica de la ciudad Umachiri en el departamento de Puno, Perú.
- **Riesgo de Inundación Fluvial:** Representa la verosimilitud y alcance sobre los inciertos daños y pérdidas económicas, sociales y ambientales causados por inundaciones fluviales.
- **Análisis de Riesgos:** Método de detección y valoración sobre los peligros, vulnerabilidades y riesgos asociados con inundaciones fluviales.
- **Vulnerabilidad Urbana:** Indica la susceptibilidad de las estructuras, la población



y los servicios urbanos a sufrir daños debido a inundaciones fluviales.

- **Prevención y Mitigación de Riesgos:** Acciones y estrategias para reducir o eliminar la exposición al riesgo y sus efectos adversos en la comunidad, tales como concientizar a la municipalidad y población de la zona en estudio.
- **Planificación de Emergencia:** Concepción de estrategias y establecimiento de planes de acción a razón de responder, además de gestionar de manera efectiva las inundaciones fluviales y sus consecuencias en el área urbana.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIALES

##### 3.1.1 Etapa de pre campo

En la fase de revisión exhaustiva de la literatura existente sobre inundaciones fluviales en la región de Umachiri se indagó estudios previos con la finalidad de identificar las principales causas, factores desencadenantes y consecuencias de las inundaciones fluviales en la zona. Asimismo, se recopiló datos preliminares como mapas, imágenes satelitales, datos meteorológicos históricos y cualquier otra información relevante que pueda ayudar en la identificación de zonas de riesgo. Además, se definió claramente los objetivos específicos que se abordaron durante la etapa de campo y estableció los parámetros y las variables que se midieron para evaluar el riesgo de inundación.

##### 3.1.2 Etapa de campo

En la fase de recopilación de datos en el terreno, se requirió de una variedad de herramientas y dispositivos especializados para llevar a cabo una evaluación exhaustiva del riesgo ante inundaciones fluviales en el área urbana de la ciudad de Umachiri – Melgar - Puno. Los materiales esenciales para esta etapa incluyeron:

- Dron: Equipo aéreo no tripulado equipado con capacidades de captura de imágenes y video de alta resolución, esenciales para obtener una perspectiva aérea detallada del área de estudio.



- Cámara: Cámara de alta resolución adaptada para la captura de datos específicos relacionados con la investigación.
- Dispositivo GPS: Sistema de posicionamiento global para georreferenciar con precisión las imágenes y datos recopilados durante el vuelo de los drones.
- Radio boquitoqui: Instrumento de comunicación para garantizar una operación segura y controlada de los drones en el entorno.

### **3.1.3 Etapa de gabinete**

Durante la fase de análisis y procesamiento de datos, se utilizaron herramientas de software especializadas. Los materiales necesarios incluyeron:

- Computadoras hp de alto rendimiento: Equipo con capacidad de procesamiento y almacenamiento adecuada para manejar grandes conjuntos de datos generados por los drones.
- Software de Procesamiento de Imágenes y Georreferenciación: Herramienta especializada Agisoft Metashape para procesar imágenes aéreas, generar mapas detallados y vincular los datos a coordenadas geográficas.
- Modelos de Simulación de Inundaciones: Software CIVIL 3D 2021 y HEC-RAS 6.3.1 para simular escenarios de inundación basados en datos recopilados, contribuyendo así a la evaluación de riesgos, así como ArcGIS 10.5 para el geoprocesamiento de los datos.

### **3.1.4 Indumentarias de protección**



- Casco.
- Guantes descartables.
- Zapatos de seguridad.
- Mascarillas descartables.

## 3.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.2.1 Tipo de investigación

El presente estudio llegó a ser de tipo descriptivo – aplicado dado que se persigue abordar un problema o expandir el conocimiento acerca del fenómeno origen natural. Según el enfoque desarrolla una investigación cuantitativa, ya que se basa en las características del comportamiento del fenómeno de origen natural se va determinar los puntos medibles sobre los niveles de riesgo y según las cualidades físicas de la cuenca se medirán los caudales máximos. Se realizó la delimitación del área a investigar, los trabajos de campo que constó en el levantamiento topográfico, descripción de los parámetros a evaluar (geología, geomorfología). La escala que se empleó fue de 1:2500, el Sistema de Coordenadas a utilizar será UTM -WGS84. Respecto al cálculo del caudal máximo de salida se utilizará por medio del Método Racional Modificado, donde se le aplicaron cambios propuestos por J.R Témez del XXIV Congreso de la Asociación Internacional de Investigaciones Hidráulicas (Madrid, 1991). Para realizar el modelamiento hidráulico se hará uso del Software CIVIL 3D 2021 y HEC RAS 6.3. A razón de conocer el nivel de peligrosidad, el análisis de vulnerabilidad y del cálculo de riesgo se realizó de acuerdo al “Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales (02 versión – 2014)”. Se tiene que tomar en cuenta que, al conocer los riesgos de medio natural, se tiene que calcular los niveles de peligro relacionado a estudios de (geología,





geomorfología, hidrología y cálculo de tirantes de flujo de agua) del área geográfica de investigación, los niveles de vulnerabilidad en base a la dimensión social y económico (exposición, fragilidad y resiliencia). Para obtener el resultado de los cálculos antes mencionados se ejecutó el geoprocésamiento de los datos alcanzados de las tablas de jerarquización en el Software ArcGIS 10.5.

### **3.2.2 Diseño metodológico de la investigación**

Respecto al diseño del estudio llegó a ser no experimental, debido a que los estudios se realizaron sin generar manipulación de las variables, de modo que los aspectos se observen y analicen en su entorno natural. Al mismo tiempo, es transeccional o transversal, ya que los datos se recopilaban simultáneamente para especificar las variables y conocer sus efectos e interacciones en el momento dado (Ruiz & Valenzuela, 2022).

### **3.2.3 Enfoque de investigación**

Respecto al estudio actual empleó un enfoque cuantitativo para adquirir varias respuestas numéricas relacionadas con las áreas y niveles de vulnerabilidad. La investigación cuantitativa, según Ruiz y Valenzuela (2022), es la recopilación de valores numéricos y el análisis estadístico.

### **3.2.4 Alcance o niveles de la investigación**

Nivel de investigación de la evaluación de riesgos por fenómeno de inundación fluvial de la cuenca del río Umachiri fue del tipo descriptivo puesto que se describen escenarios de riesgo de inundaciones dentro del área a estudiar, asimismo se considera los componentes tanto desencadenantes y condicionantes, los compendios expuestos representado por viviendas y la población la cual habita



en la zona, asimismo se da a conocer el peligro, la vulnerabilidad y como resultado los niveles de riesgo.

### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO**

#### **3.3.1 Población**

De acuerdo con Rodríguez (2019), este punto aborda al grupo de todos los individuos de interés para el estudio, tiende a surgir del modo directo de los objetivos instaurados. Se utiliza un tipo de capacidad de muestreo de incertidumbre por conveniencia. Por ello, se empleó por población a las 118 viviendas ubicadas en el margen derecho del río Umachiri.

#### **3.3.2 Muestra**

La muestra según Rodríguez (2019), es el conjunto completo de todos los individuos, elementos, observaciones o datos que se están estudiando o analizando en un determinado contexto. En este caso, la muestra al emplearse un muestro no probabilístico, se consideró al igual que la población las 90 viviendas que se encuentran al margen derecho del río Umachiri.

### **3.4 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

De acuerdo con Rodríguez (2019), las técnicas se definen como los métodos mediante los cuales se obtienen los datos requeridos sobre una realidad o fenómeno, en consonancia con los objetivos de la investigación. En esta investigación, se optó por el análisis documental como el método de recolección de datos, ya que se enfoca en recabar información de documentos o fuentes escritas, tanto primarias como secundarias, relacionadas con las variables de estudio.

Dentro de la documentación que se analizó para la obtención de información estuvieron constituidos por:

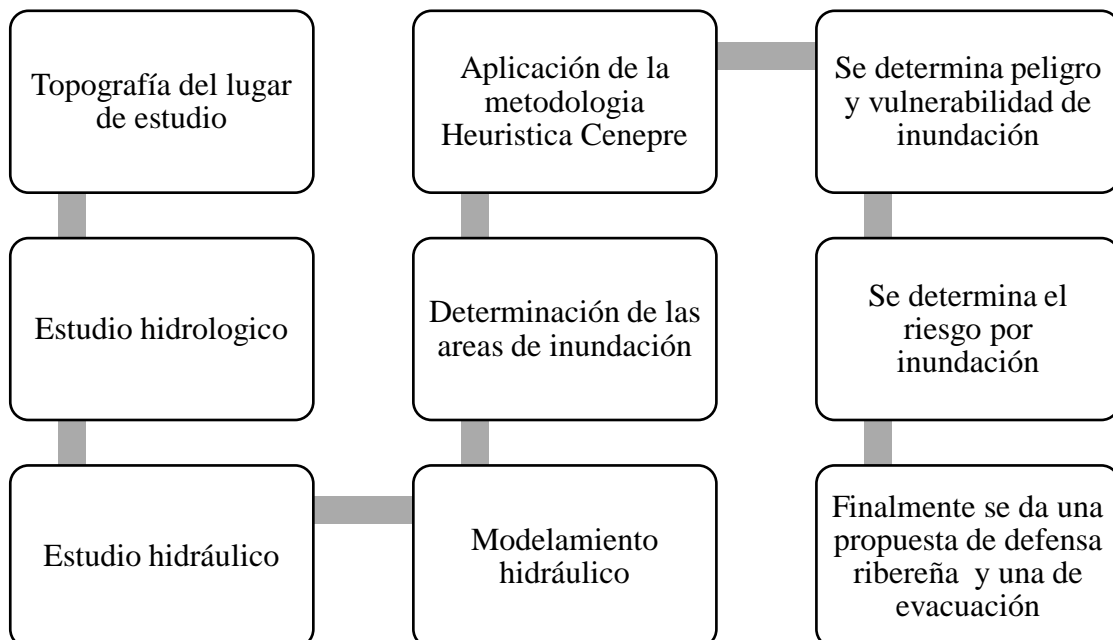
- Datos Meteorológicos (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI)
- Datos geomorfológicos (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET).
- Datos geológicos (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET).
- Datos del censo Nacional del INEI: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. de la plataforma SIGRID.

### 3.5 PROCEDIMIENTO

A continuación, se presentan el procedimiento a seguir:

**Figura 4**

*Procedimientos del trabajo de investigación*



### 3.6 VARIABLES

#### 3.6.1 Variable dependiente: Evaluación del riesgo



Aborda ser el proceso sistemático y estructurado que identifica, analiza y evalúa los riesgos potenciales que una entidad, organización o sistema enfrenta. Su objetivo principal es comprender el origen e impacto de los riesgos, a razón de tomar decisiones informadas y desarrollar estrategias de mitigación y gestión de riesgos efectivas.

### **3.6.2 Variable Independiente: Inundación Fluvial**

Una inundación fluvial es un fenómeno natural que ocurre cuando el nivel de agua de un río, arroyo, o cualquier cuerpo de agua que sigue un curso establecido, tiende a alcanzar una elevación por encima de su nivel normal y se desborda sobre sus orillas, inundando áreas adyacentes a su cauce. Este tipo de inundación es originado netamente por la presencia de lluvias intensas y persistentes de las cuales causan la crecida significativa del flujo de agua en los ríos y arroyos.

## **3.7 ANÁLISIS DE LOS DATOS**

Según Aguilar et al. (2021), al analizar y procesar los datos son procedimientos críticos sobre la investigación y muchos otros campos de estudio. Implica recopilar, organizar, evaluar y transformar datos sin procesar en información utilizable para tomar decisiones idóneas, al diseñar los conocimientos o la resolución de problemas. El programa SPSS se utilizó para el examen inferencial de los valores alcanzados dentro del procesamiento y análisis de la información en este estudio.



## CAPÍTULO IV

### CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 4.1 CARACTERIZACIÓN

##### 4.1.1 Periodo de duración del estudio

El estudio en cuestión abarcó un periodo equivalente igual a 6 meses, en el cual se determinó las áreas y niveles de vulnerabilidad, peligro para luego plasmarlos en mapas de peligros y además de ello se propuso alternativas preventivas y de mitigación sobre el riesgo de origen estructural y no estructural que minimicen el riesgo ante fenómenos de inundación fluvial sobre el área urbana de la ciudad de Umachiri – Melgar – Puno.

##### 4.1.2 Ubicación Política y geográfica

El área evaluada está ubicada por medio del tramo del río entre las coordenadas UTM WGS84 8356761 N; 310792 E y 8357625 N; 311632 E. La evaluación de la presente investigación se realizará al margen derecho del río, que es el área urbana de la ciudad de Umachiri, provincia de Melgar y departamento de Puno. La actividad predominante en el distrito de Umachiri es la ganadería y el transporte de lácteos como son leche queso, yogurt y llegan a mantenerse económicamente con esas actividades

##### 4.1.3 Topografía

Respecto al estudio topográfico se realizó mediante el uso de un Drone para determinar el área de estudio y las curvas de nivel.

En donde se tuvo un área equivalente a 240,000 km<sup>2</sup>, una longitud de río

igual a 55,000 km, una cota máxima y mínima equivalente a 5190.00 m.s.n.m y 3920.00 m.s.n.m respectivamente, además del perímetro de 100,00 km.

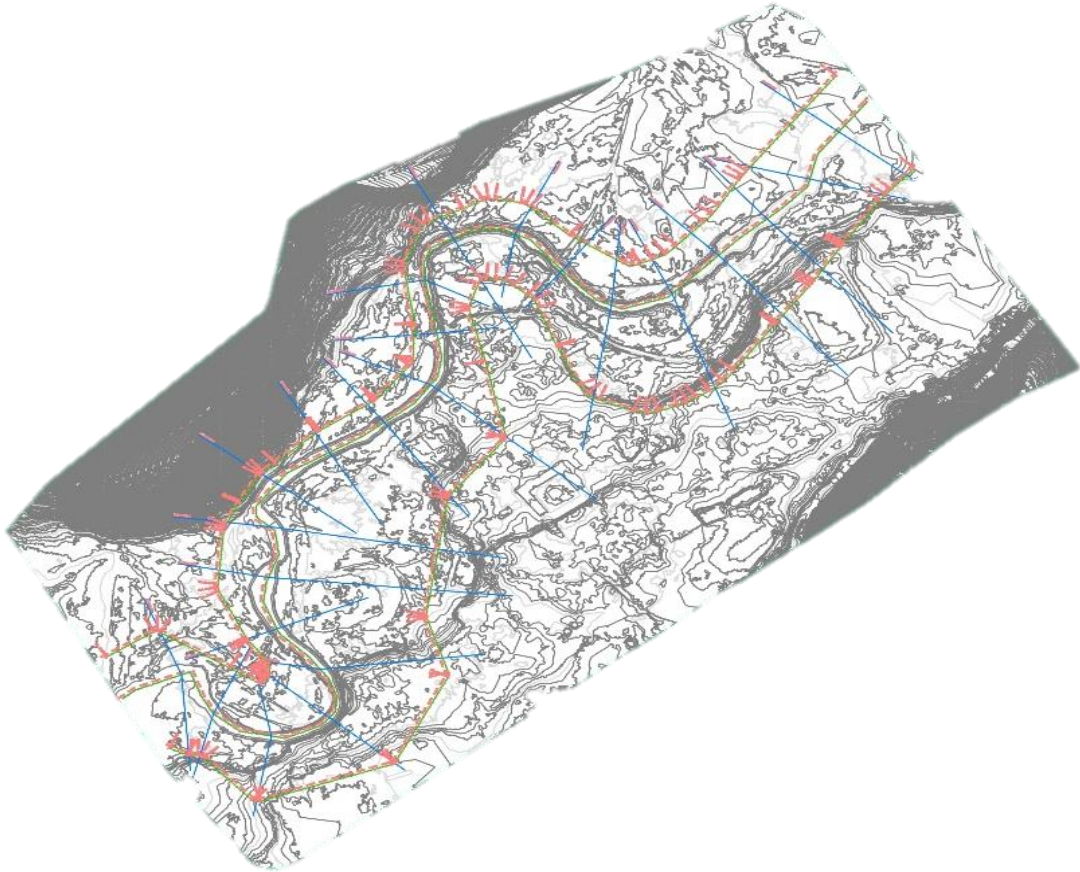
### **Figura 5**

*Fotografía mediante Drone del área de estudio*



## Figura 6

### *Topografía del lugar de estudio*



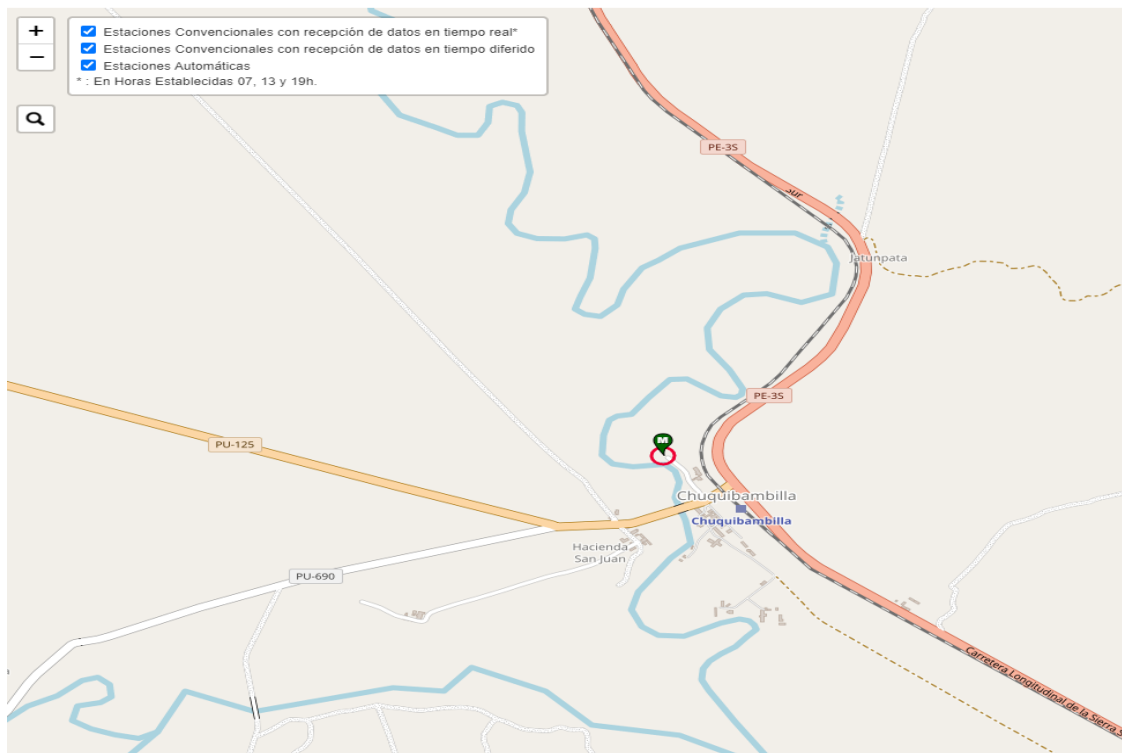
#### 4.1.4 Estudio hidrológico

Para el desarrollo de la estación meteorológica se tomaron datos de las precipitaciones sobre la estación meteorológica de Chuquibambilla, con código igual a 114035, del distrito de Umachiri, provincia Melgar y del departamento de Puno.

Este se encuentra ubicado a una latitud de  $14^{\circ}47'5.2''$ , longitud de  $70^{\circ}42'56.5''$  y altitud 3971 m.s.n.m.

## Figura 7

### *Ubicación de la estación meteorológica*



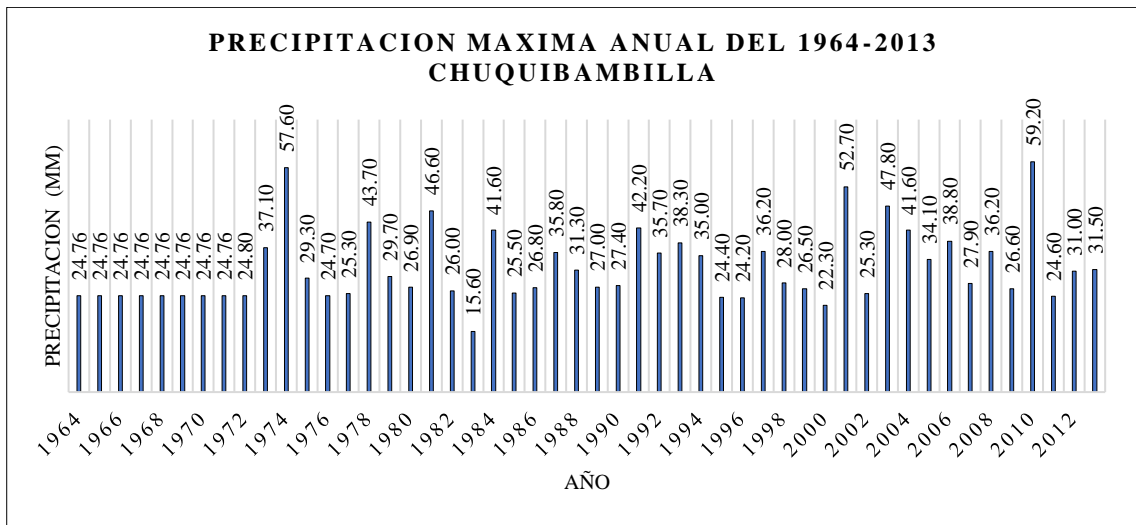
*Fuente:* Tomado del SENAMHI (2023)

Asimismo, se tomaron un total de 50 datos dentro del periodo de 1964 hasta el periodo de 2013 en donde se tuvo una precipitación máxima de 412.90 mm, una media de 34.41, una desviación de 14.94 y un coeficiente de variación de 0.43. Por otro lado, se tuvo una precipitación alta en 1974, 2001 y 2010 como se presentan en las siguientes figuras.



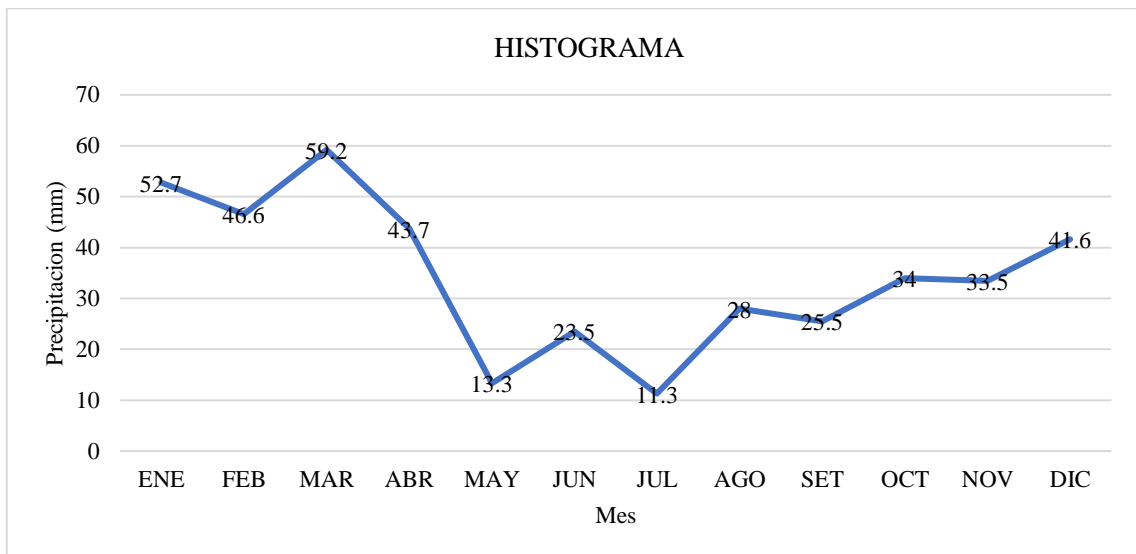
**Figura 8**

*Precipitación máxima anual de 1964 -2013 Chuquibambilla*



**Figura 9**

*Histograma*



Seguido de ello se realizó el análisis geomorfológico de la cuenca en estudio en donde se obtuvieron los siguientes resultados de la microcuenca de Río Umachiri.

**Tabla 4**

*Caracterización geomorfológica de la cuenca de estudio*

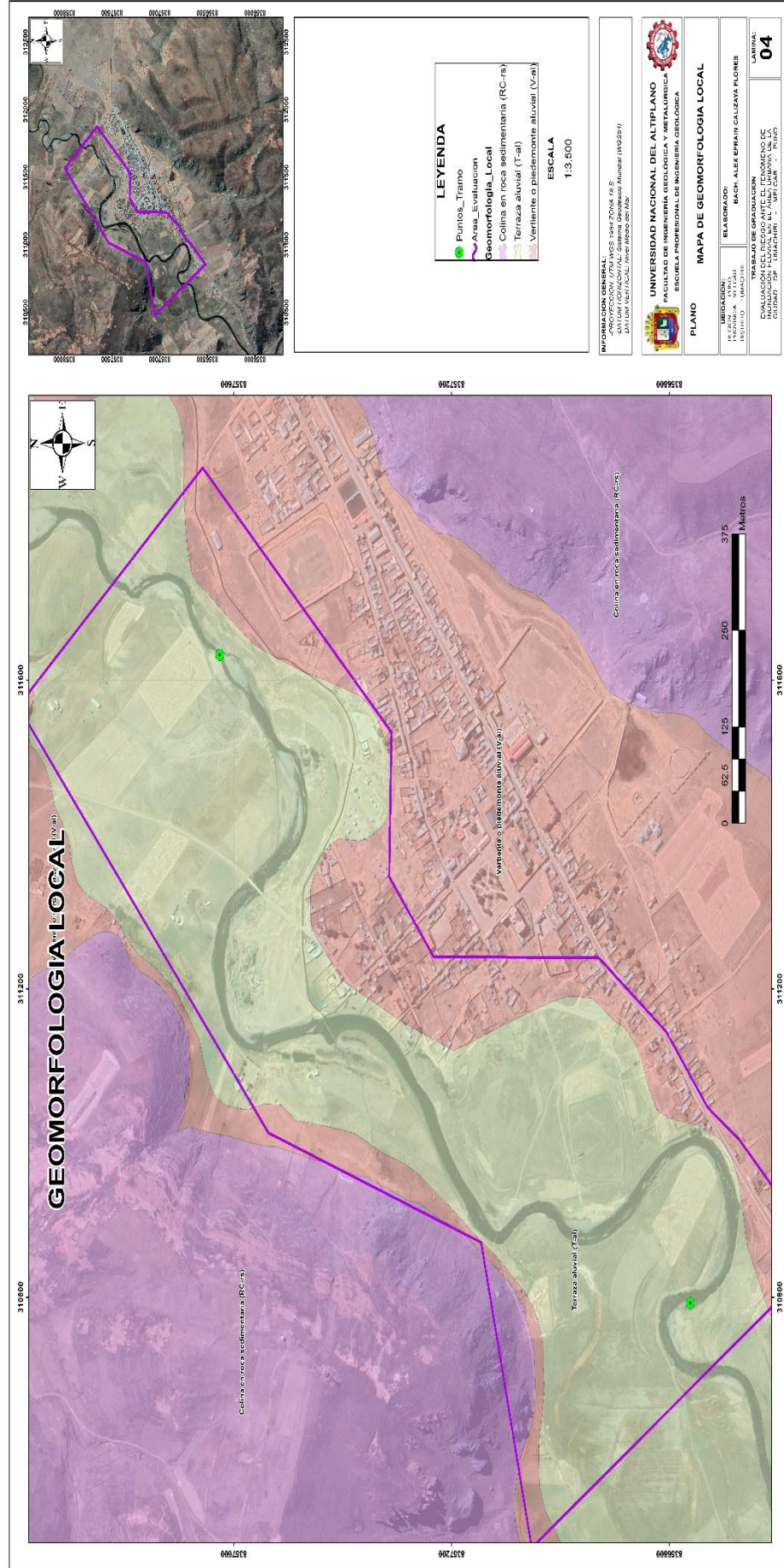
MICROCUENC A	ÁREA (A) km <sup>2</sup>	LONG. RÍO (L) km	Cota max	Cota min	Pendiente (S)	PERÍMETRO km	Ancho promedio
Río Umachiri	240,000	55,000	5190,000	3920,000	0,023	100,00	4,364



La Figura 10, mostró el mapa de la geomorfología de la cuenca la cual está conformada por terrazas aluviales (T-al) y aledaña a ella, se encontraron formaciones de colina en roca sedimentaria (RC-rs) y la vertiente o piedemonte aluvial (V-al). Asimismo, en la Figura 11, mostró la formación geológica en donde se identificó los tipos de rocas presente en la cuenca, el radicó principalmente formaciones y depósitos cuaternarios fluviales (Qh al). Por otro lado, la Figura 12, evidenció que la pendiente que predomina en el río Umachiri se encontró en el rango de 5° a 15°.

**Figura 10**

*Geomorfología de la cuenca*



**Figura 11**

*Geología local*

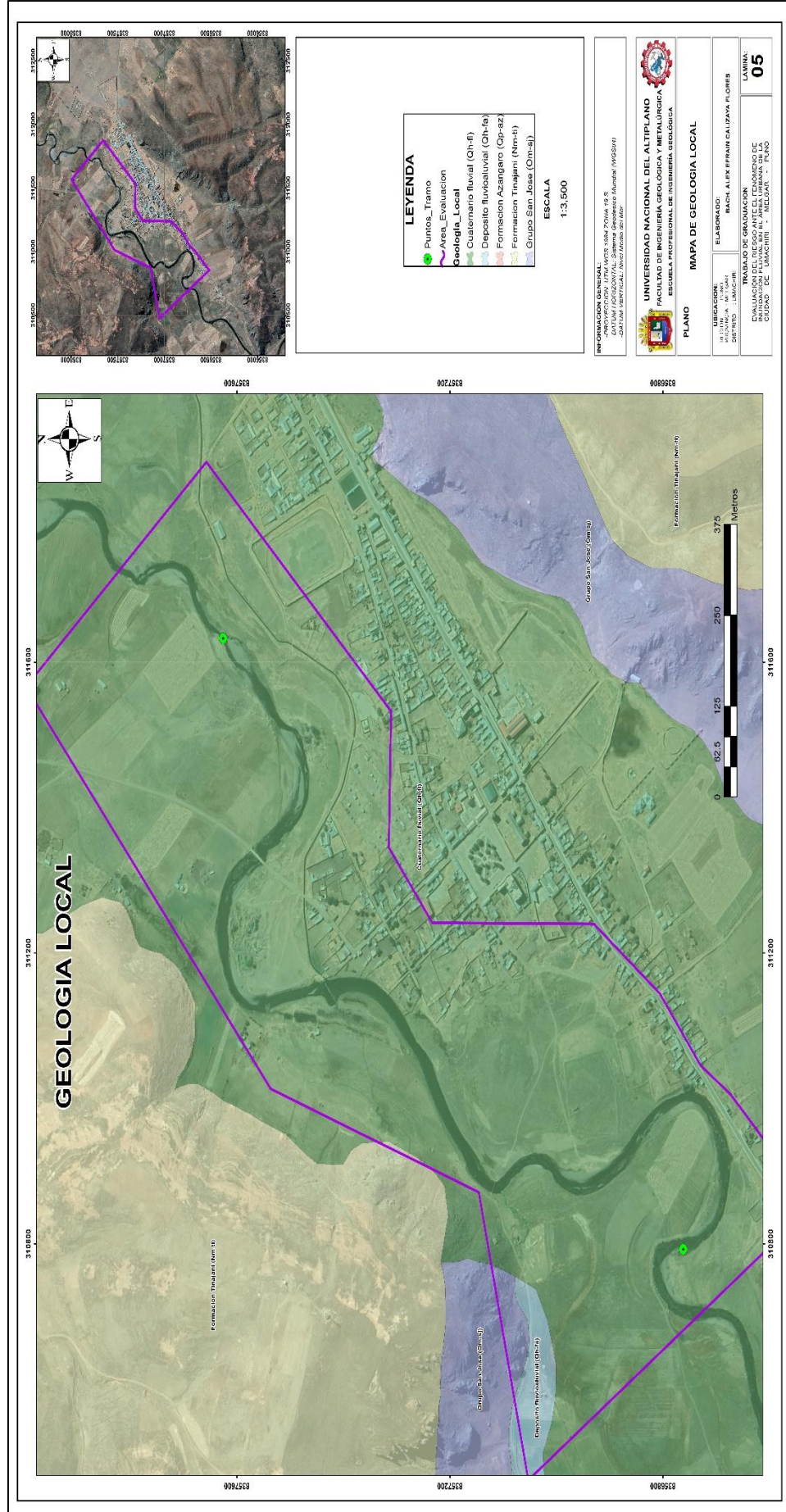
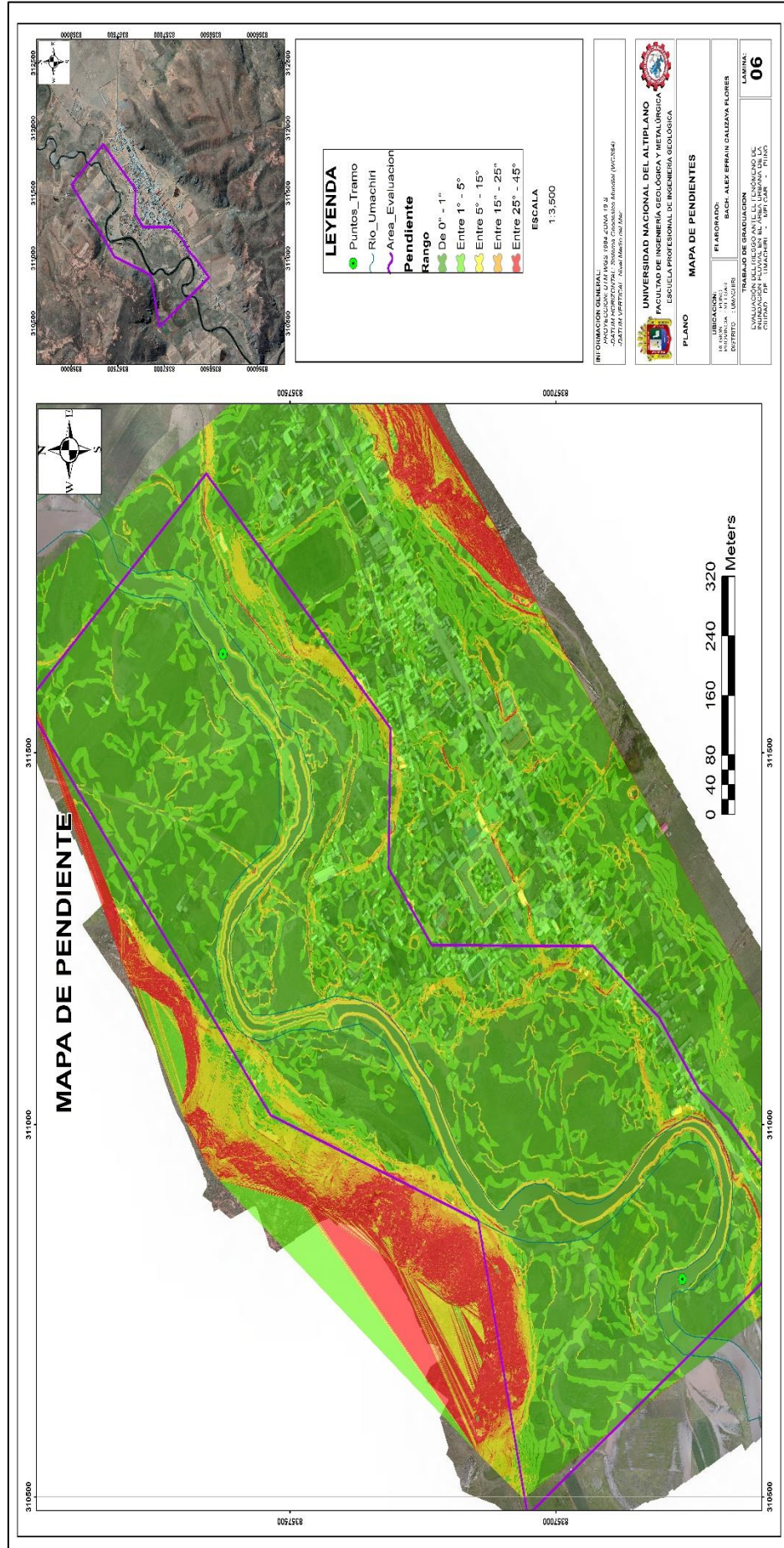


Figura 12

Pendientes



Luego de ello se obtuvo un tiempo de concentración  $T_c=12.905$ , un coeficiente de uniformidad de  $K=1.636$ , un coeficiente de simultáneo o factor reductor de  $0.841$ , diferentes precipitaciones máximas, intensidad de precipitación y coeficiente de escorrentía de acuerdo a los periodos de retorno 5, 10, 25, 50 y 100 años, todo ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 5***Datos de la cuenca*

AÑOS	Tiempo de concentración h	Coficiente de Uniformidad (K)	FACTOR REDUCTOR (Ka)	PRECIPITACIÓN MÁXIMA CORREGIDA SOBRE LA CUENCA	INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)
5	12,905	1,636	0,841	62,91	4,925	0,112
10	12,905	1,636	0,841	76,40	5,981	0,162
25	12,905	1,636	0,841	94,63	7,409	0,223
50	12,905	1,636	0,841	109,82	8,598	0,269
100	12,905	1,636	0,841	125,01	9,787	0,311

Finalmente se obtuvieron los siguientes resultados del umbral de escorrentía.

**Tabla 6***Umbral de escorrentía*

UMBRAL DE ESCORRENTÍA	
Po	36,207
CN	58,000

#### 4.1.5 Estudio hidráulico

Después de haber determinado el estudio hidrológico, se realiza el procedimiento correspondiente para hallar los caudales en los periodos de retorno equivalente a 5, 10, 25, 50 y 100 años en donde primero se determina las máximas precipitaciones, el cálculo de intensidad y el cálculo de caudal máximo. En el cálculo de máximas precipitaciones se presenta que en todos los años existe una media de  $59.20$  y factor de amplificación mayor en los años 50 y 100, todo ello se muestra por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 7**

*Máximas precipitaciones*

<b>MÁXIMAS PRECIPITACIONES DIARIAS</b>			
<b>PERIODO DE RETORNO</b>	<b>Yt (factor de amplificación)</b>	<b>Media de las máximas Precipitaciones</b>	<b>Máxima precipitación diaria</b>
5	1,263	59,20	74,77
10	1,534	59,20	90,81
25	1,900	59,20	112,48
50	2,205	59,20	130,54
100	2,510	59,20	148,59

En el cálculo de intensidades se presenta un tiempo de concentración de 12.90 y una intensidad alta en los periodos de 50 y 100 años, ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 8**

*Cálculo de intensidades*

<b>PERIODO DE RETORNO</b>	<b>Máxima precipitación diaria Pd</b>	<b>Tiempo de concentración (Tc)</b>	<b>Intensidad en el tiempo de concentración</b>
5	62,91	12,90	4,87
10	76,40	12,90	5,92
25	94,63	12,90	7,33
50	109,82	12,90	8,51
100	125,01	12,90	9,69

Finalmente, en el estudio hidráulico se obtuvieron respecto al periodo de retorno equivalente a 5 años un caudal igual a 59.774 m<sup>3</sup>/s, para los 10 años de 104.730 m<sup>3</sup>/s, 178.363 m<sup>3</sup>/s, 249.474 m<sup>3</sup>/s y 328.186 m<sup>3</sup>/s.

**Tabla 9**

*Cálculo de caudal máximo*

<b>CÁLCULO DE CAUDAL MÁXIMO</b>							
<b>Área de la Cuenca</b>	<b>T (años)</b>	<b>Pd (mm)</b>	<b>Tc (horas)</b>	<b>Intensidad (mm/h)</b>	<b>C</b>	<b>K</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>
240,00	5	62,91	12,90	4,87	0,112	1,636	59,774
240,00	10	76,40	12,90	5,92	0,162	1,636	104,730
240,00	25	94,63	12,90	7,33	0,223	1,636	178,363
240,00	50	109,82	12,90	8,51	0,269	1,636	249,474
240,00	100	125,01	12,90	9,69	0,311	1,636	328,186

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1 DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS Y NIVELES DE PELIGRO

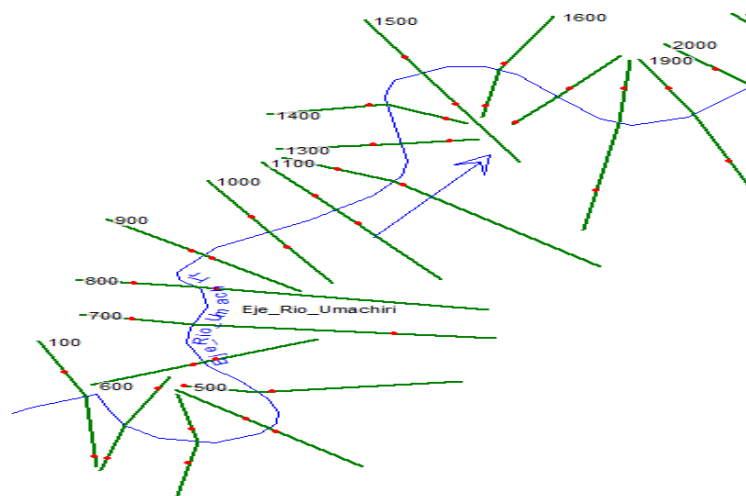
##### 5.1.1 Áreas de peligro de inundación

Primero se realizó el modelamiento haciendo uso de la topografía y esto se exportó por medio del software HEC-RAS 6.3.1 donde se han determinado las áreas de inundación de la microcuenca. Se definió primero la proyección de cuenca, el fijo, los valores de Manning, se agregan los caudales y se determinan las condiciones de frontera sobre un periodo de retorno equivalente a 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años.

Las secciones se realizaron cada 100 metros empezando desde el 100 hasta 2300 m, todo ello se exhibe por medio de la siguiente figura.

#### Figura 13

*Sección del río*



Seguido de ello se colocó el parámetro de Manning para cada sección el cual fue de 0.03.



**Figura 14**

*Coeficiente de Manning.*

River Station	Frctn (n/k)	n #1	n #2	n #3
1 2300	n	0.03	0.03	0.03
2 2200	n	0.03	0.03	0.03
3 2100	n	0.03	0.03	0.03
4 2000	n	0.03	0.03	0.03
5 1900	n	0.03	0.03	0.03
6 1800	n	0.03	0.03	0.03
7 1700	n	0.03	0.03	0.03
8 1600	n	0.03	0.03	0.03
9 1500	n	0.03	0.03	0.03
10 1400	n	0.03	0.03	0.03
11 1300	n	0.03	0.03	0.03
12 1200	n	0.03	0.03	0.03
13 1100	n	0.03	0.03	0.03
14 1000	n	0.03	0.03	0.03
15 900	n	0.03	0.03	0.03
16 800	n	0.03	0.03	0.03
17 700	n	0.03	0.03	0.03
18 600	n	0.03	0.03	0.03
19 500	n	0.03	0.03	0.03
20 400	n	0.03	0.03	0.03
21 300	n	0.03	0.03	0.03
22 200	n	0.03	0.03	0.03
23 100	n	0.03	0.03	0.03

Para el coeficiente de expansión y contracción se consideró 0.3 y 01 respectivamente.

**Figura 15**

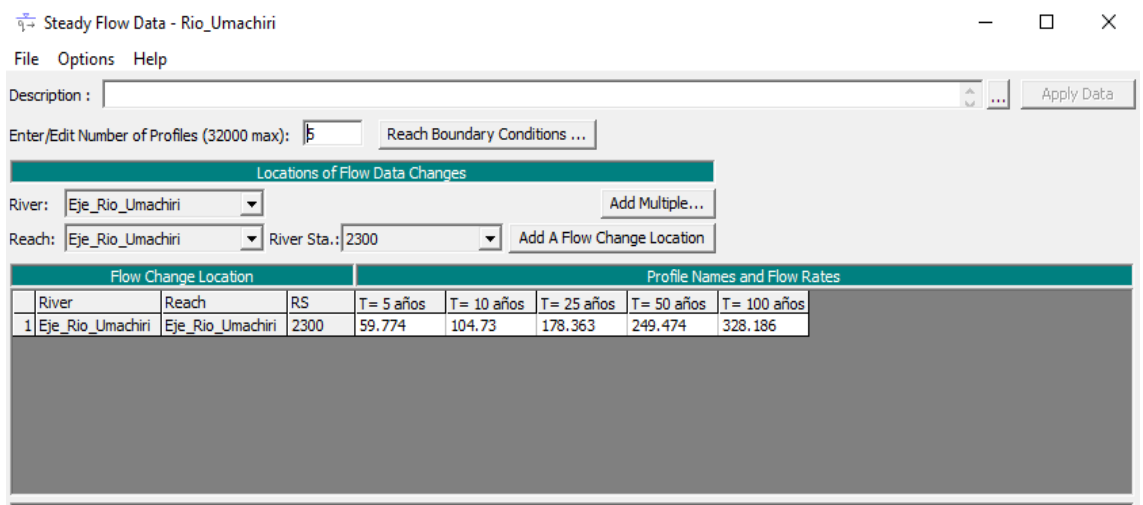
*Contracción y expansión*

River Station	Contraction	Expansion
1 2300	0.1	0.3
2 2200	0.1	0.3
3 2100	0.1	0.3
4 2000	0.1	0.3
5 1900	0.1	0.3
6 1800	0.1	0.3
7 1700	0.1	0.3
8 1600	0.1	0.3
9 1500	0.1	0.3
10 1400	0.1	0.3
11 1300	0.1	0.3
12 1200	0.1	0.3
13 1100	0.1	0.3
14 1000	0.1	0.3
15 900	0.1	0.3
16 800	0.1	0.3
17 700	0.1	0.3
18 600	0.1	0.3
19 500	0.1	0.3
20 400	0.1	0.3
21 300	0.1	0.3
22 200	0.1	0.3
23 100	0.1	0.3

Luego se han adicionado los caudales obtenidos respecto al periodo de retorno determinados equivalente a 5, 10, 25, 50 y 100 años.

## Figura 16

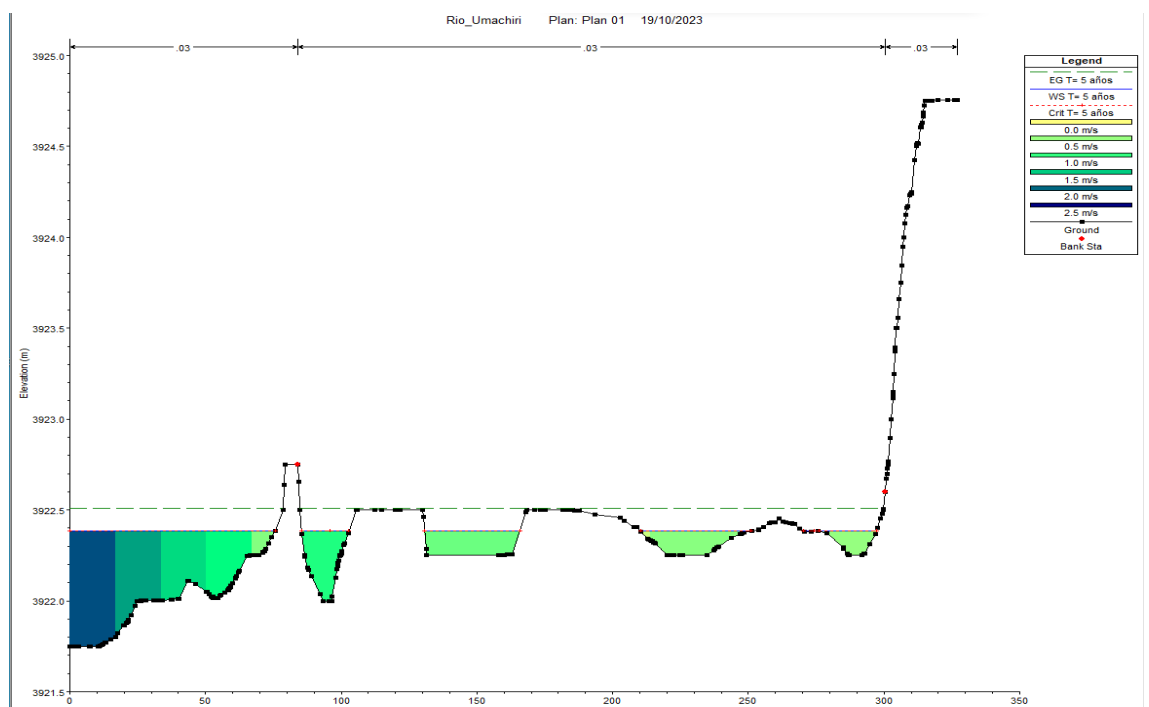
### Incorporación de los caudales



Para los caudales de 5, 10 y 25 años se obtuvo velocidades entre 0.0 hasta 2.5 m/s y para los caudales de 50 y 100 años se obtuvo una velocidad de 0.5 hasta 3 m/s.

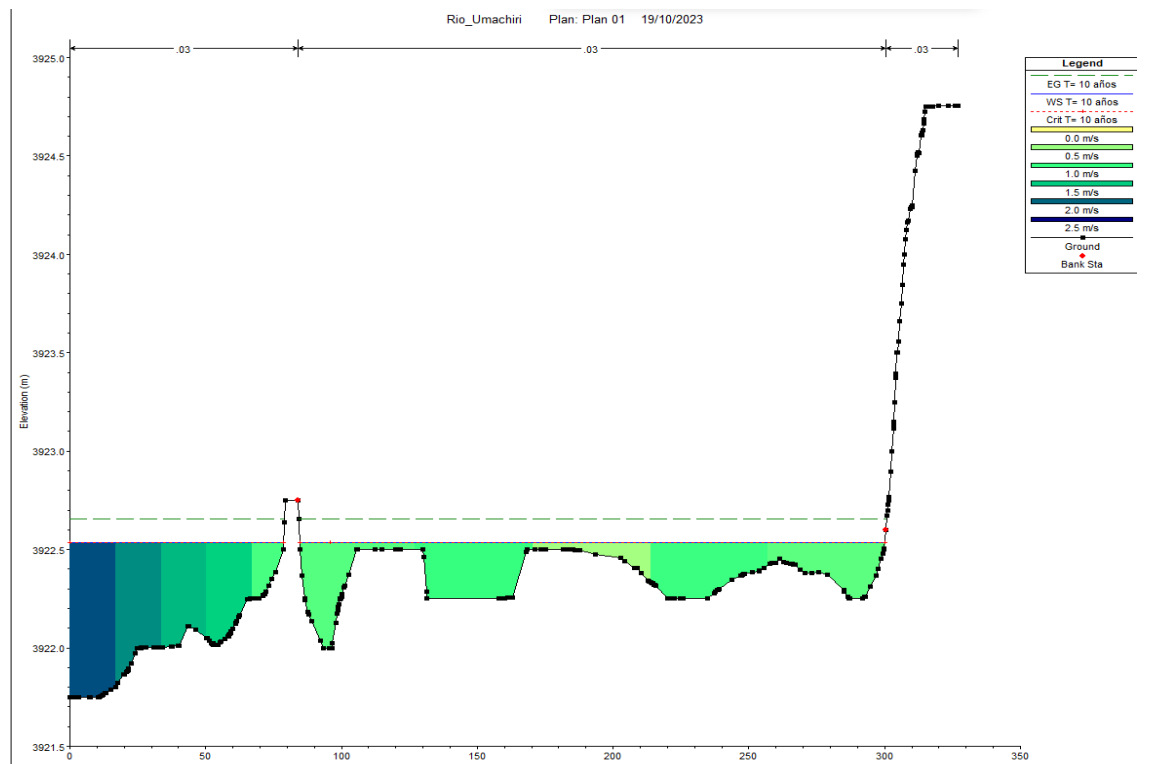
## Figura 17

### Velocidad de 5 años



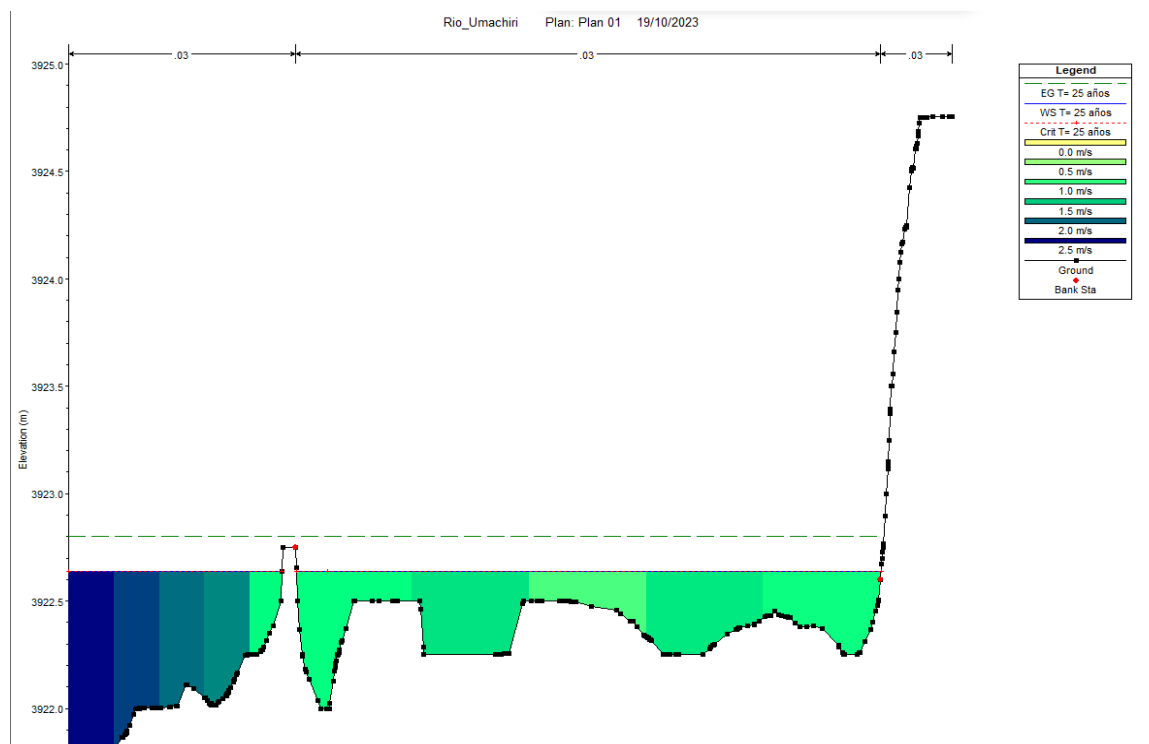
**Figura 18**

*Velocidad de 10 años*



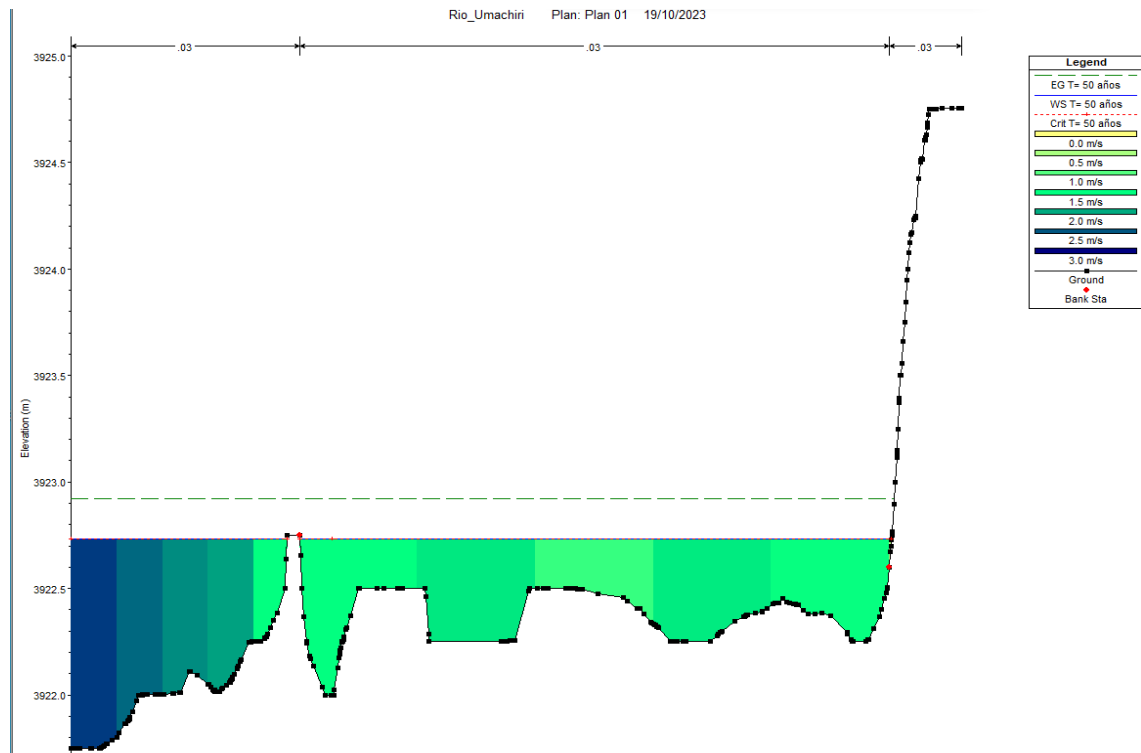
**Figura 19**

*Velocidad de 25 años*



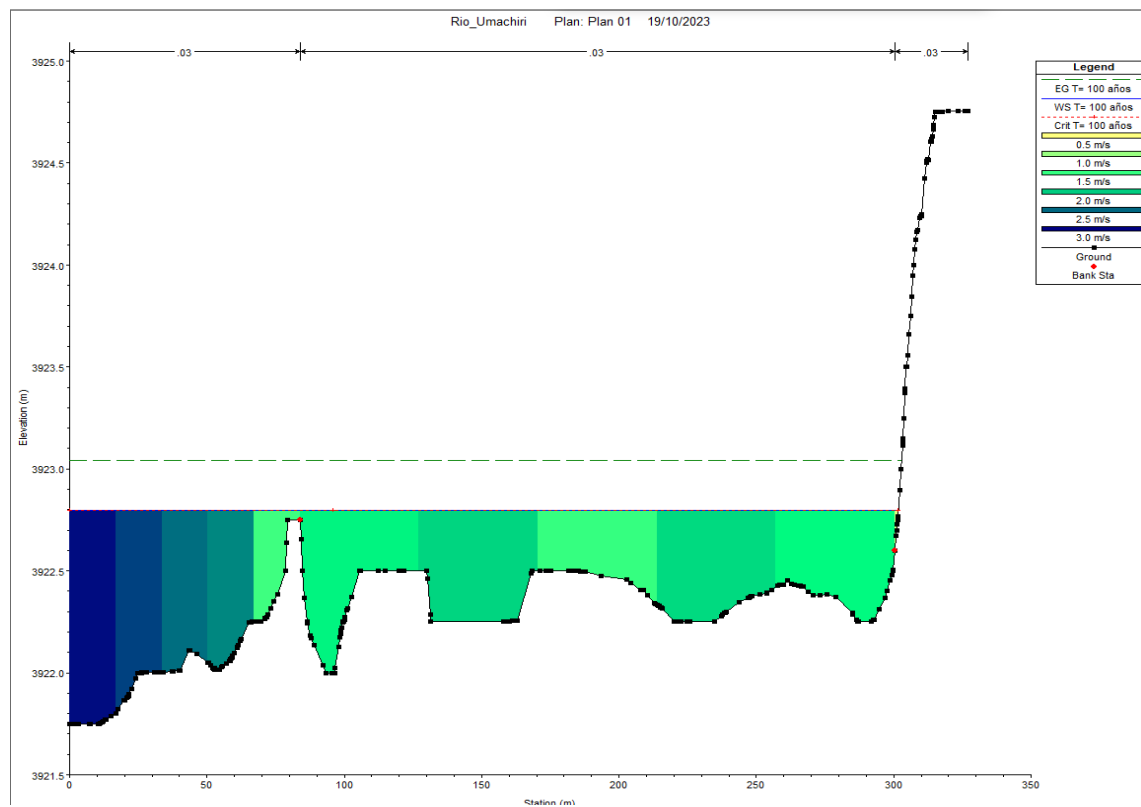
**Figura 20**

*Velocidad de 50 años*



**Figura 21**

*Velocidad de 100 años*





A continuación, se obtuvieron las siguientes áreas de inundación de acuerdo a determinados periodos de retorno.

**Tabla 10**

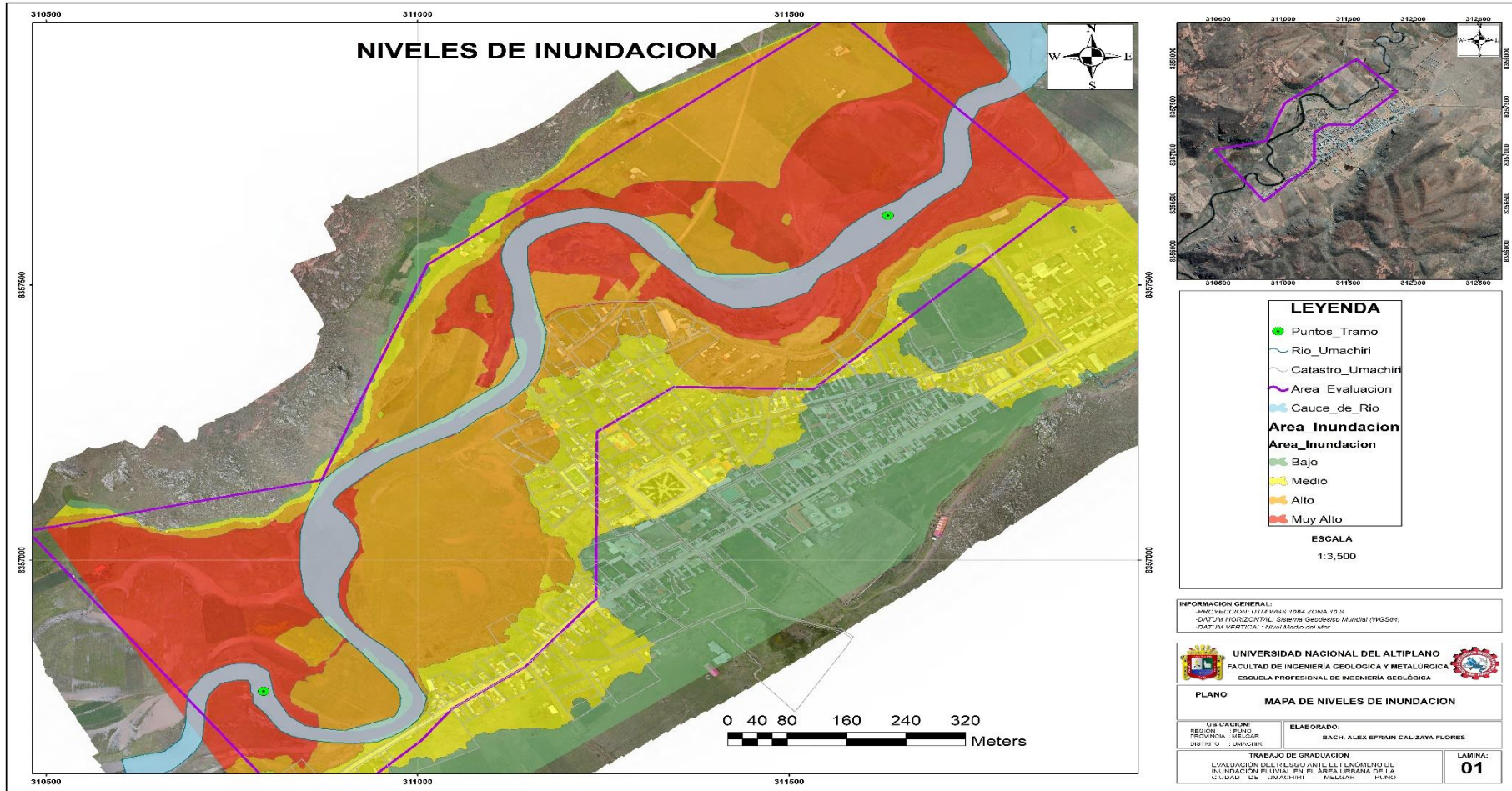
*Áreas frente a determinados periodos de retorno*

Área Inundación ha	Área_Inundación_m <sup>2</sup>	Periodo Retorno
13,27	132700,0,00	T=5 años
12,22	122200,0,00	T= 10 años
11,3	113000,0,00	T= 25 años
11,98	119800,0,00	T= 50 años
17,14	171400,0,00	T= 100 años

En donde se aprecia que mientras mayor va incrementando el periodo de retorno mayor es el área inundada, desde las 13.27 ha hasta las 17.14 ha de acuerdo a los periodos de retorno correspondientes.

**Figura 22**

*Niveles de inundación*



### 5.1.2 Determinación de niveles de peligro

A razón de conocer dicho punto, se realizó primero una matriz de ponderación en donde se toma en cuenta el parámetro de evaluación, factores de medio condicionante y factores desencadenantes.

- **Parámetros de evaluación**

En este parámetro se determina la altura de agua inundable, en donde se obtuvo un índice de consistencia “IC” de 0.0610 y una relación de consistencia de “RC” de 0.0540. Asimismo, se tuvo un vector de normalización en muy alto de 0.503, en alto de 0.260, en medio de 0.134, en bajo de 0.068 y en muy bajo de 0.035.

**Tabla 11**

*Matriz de normalización de descriptores de Altura de agua inundable*

<b>ALTURA DE AGUA INUNDABLE</b>	<b>MUY ALTO</b>	<b>ALTO</b>	<b>MEDIO</b>	<b>BAJO</b>	<b>MUY BAJO</b>	<b>Vector Normalización</b>
MUY ALTO	0,560	0,642	0,524	0,429	0,360	0,503
ALTO	0,187	0,214	0,315	0,306	0,280	0,260
MEDIO	0,112	0,071	0,105	0,184	0,200	0,134
BAJO	0,080	0,043	0,035	0,061	0,120	0,068
MUY BAJO	0,062	0,031	0,021	0,020	0,040	0,035

- **Factores de condicionantes**

En el factor pendiente se obtuvo el índice de consistencia “IC” igual a 0.073, además de la relación de consistencia del “RC” de 0.066. Asimismo, se tuvo un vector de normalización en muy alto de 0.409, en alto de 0.259, en medio de 0.140, en bajo de 0.073 y en muy bajo de 0.038.

**Tabla 12**

*Matriz de normalización de descriptores de pendiente*

<b>PENDIENTE</b>	<b>De 0° - 1°</b>	<b>Entre 1° - 5°</b>	<b>Entre 5° - 15°</b>	<b>Entre 15° - 25°</b>	<b>Entre 25° - 45°</b>	<b>Vector Normalización</b>
De 0° - 1°	0,55	0,64	0,52	0,39	0,35	0,490
Entre 1° - 5°	0,18	0,21	0,31	0,33	0,26	0,259
Entre 5° - 15°	0,11	0,07	0,10	0,20	0,22	0,140
Entre 15° - 25°	0,09	0,04	0,03	0,07	0,13	0,073
Entre 25° - 45°	0,07	0,04	0,02	0,02	0,04	0,038

En el factor geomorfología se obtuvo el índice de consistencia “IC” igual a 0.078, además de la relación de consistencia del “RC” de 0.070. Asimismo, se tuvo un vector de normalización en muy alto de 0.508, en alto de 0.261, en medio de 0.133, en bajo de 0.064 y en muy bajo de 0.034.

**Tabla 13**

*Matriz de normalización de descriptores de geomorfología*

<b>GEOMORFO LOGÍA</b>	<b>Terr aza aluvi al (T- al)</b>	<b>Vertien te o pedem onte aluvial (V-al)</b>	<b>Vertien te o pedem onte coluvio- aluvial (V-cd)</b>	<b>Colina en roca sediment aria (RC-rs)</b>	<b>Montaña en roca sediment aria (RM-rs)</b>	<b>Vector Normaliz ación</b>
Terraza aluvial (T-al)	0,570	0,646	0,571	0,404	0,346	0,508
Vertiente o pedemonte aluvial (V-al)	0,190	0,215	0,286	0,346	0,269	0,261
Vertiente o pedemonte coluvio-aluvial (V-cd)	0,095	0,072	0,095	0,173	0,231	0,133
Colina en roca sedimentaria (RC-rs)	0,081	0,036	0,032	0,058	0,115	0,064
Montaña en roca sedimentaria (RM-rs)	0,063	0,031	0,016	0,019	0,038	0,034

En el factor geología se obtuvo el índice de consistencia “IC” igual a 0.057,



además de la relación de consistencia del “RC” de 0.051. Asimismo, se tuvo un vector de normalización en muy alto de 0.489, en alto de 0.261, en medio de 0.138, en bajo de 0.073 y en muy bajo de 0.038.

**Tabla 14**

*Matriz de normalización de descriptores de geología*

<b>GEOLOGÍA</b>	<b>Cuaternario fluvial (Qh-fl)</b>	<b>Depósito fluvio aluvial (Qh-fa)</b>	<b>Formación Azángaro (Qp-az)</b>	<b>Formación Tinajani (Nm-ti)</b>	<b>Grupo San José (Om-sj)</b>	<b>Vector Normalización</b>
Cuaternario fluvial (Qh-fl)	0,540	0,635	0,466	0,457	0,348	0,489
Depósito fluvio aluvial (Qh-fa)	0,180	0,212	0,350	0,261	0,304	0,261
Formación Azángaro (Qp-az)	0,135	0,071	0,117	0,196	0,174	0,138
Formación Tinajani (Nm-ti)	0,077	0,053	0,039	0,065	0,130	0,073
Grupo San José (Om-sj)	0,068	0,030	0,029	0,022	0,043	0,038

- **Factor desencadenante**

En el factor de precipitaciones pluviales se obtuvo el índice de consistencia “IC” igual a 0.050, además de la relación de consistencia del “RC” de 0.045. Asimismo, se tuvo un vector de normalización en muy alto de 0.495, en alto de 0.259, en medio de 0.137, en bajo de 0.072 y en muy bajo de 0.037.

**Tabla 15**

*Matriz de normalización de descriptores de geología*

PRECIPITACIONES PLUVIALES	Extremadamente Lluvioso (89.31mm - 99.64 mm)	Muy lluvioso (78.89 mm - 89.31mm)	Lluvioso (53.74 - 78.89 mm)	Moderadamente Lluvioso (36.96 mm - 53.74 mm)	Norma l (Menores a 36.96 mm)	Vector Normalización
Extremadamente Lluvioso (89.31mm - 99.64 mm)	0,544	0,635	0,466	0,457	0,375	0,495
Muy lluvioso (78.89 mm - 89.31mm)	0,181	0,212	0,350	0,261	0,292	0,259
Lluvioso (53.74 - 78.89 mm)	0,136	0,071	0,117	0,196	0,167	0,137
Moderadamente Lluvioso (36.96 mm - 53.74 mm)	0,078	0,053	0,039	0,065	0,125	0,072
Normal (Menores a 36.96 mm)	0,060	0,030	0,029	0,022	0,042	0,037

- **Ponderación de factores condicionantes**

En los factores condicionantes se obtuvo el índice de consistencia “IC” igual a 0.037, además de la relación de consistencia del “RC” de 0.071. Asimismo, se tuvo un vector de normalización, una pendiente equivalente a 0.608, geomorfología de 0.272 y geología 0.120.

**Tabla 16**

*Matriz de normalización de factores condicionantes*

FACTORES CONDICIONANTES	Pendiente	Geomorfología	Geología	Vector Normalización
Pendiente	0,632	0,692	0,500	0,608
Geomorfología	0,211	0,231	0,375	0,272
Geología	0,158	0,077	0,125	0,120

- **Cálculo de los niveles de peligro**

Se determinan los factores desencadenantes y condicionantes como se



presenta por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 17**

*Factores condicionantes y desencadenantes*

PENDIENTE		FACTORES CONDICIONANTES FC				FACTORES DESENCADENANTES FD	
		GEOMORFOLOGÍA	GEOLOGÍA	VALOR	PESO	PRECIPITACIONES PLUVIALES	
Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc	VALOR	PESO
0,608	0,490	0,272	0,508	0,120	0,489	0,495	0,500
0,608	0,259	0,272	0,261	0,120	0,261	0,260	0,500
0,608	0,140	0,272	0,133	0,120	0,138	0,138	0,500
0,608	0,073	0,272	0,064	0,120	0,073	0,071	0,500
0,608	0,038	0,272	0,034	0,120	0,038	0,037	0,500

Por otro lado, se obtuvo un rango de muy alto de 0.499, alto de 0.260, medio de 0.136 y bajo de 0.070.

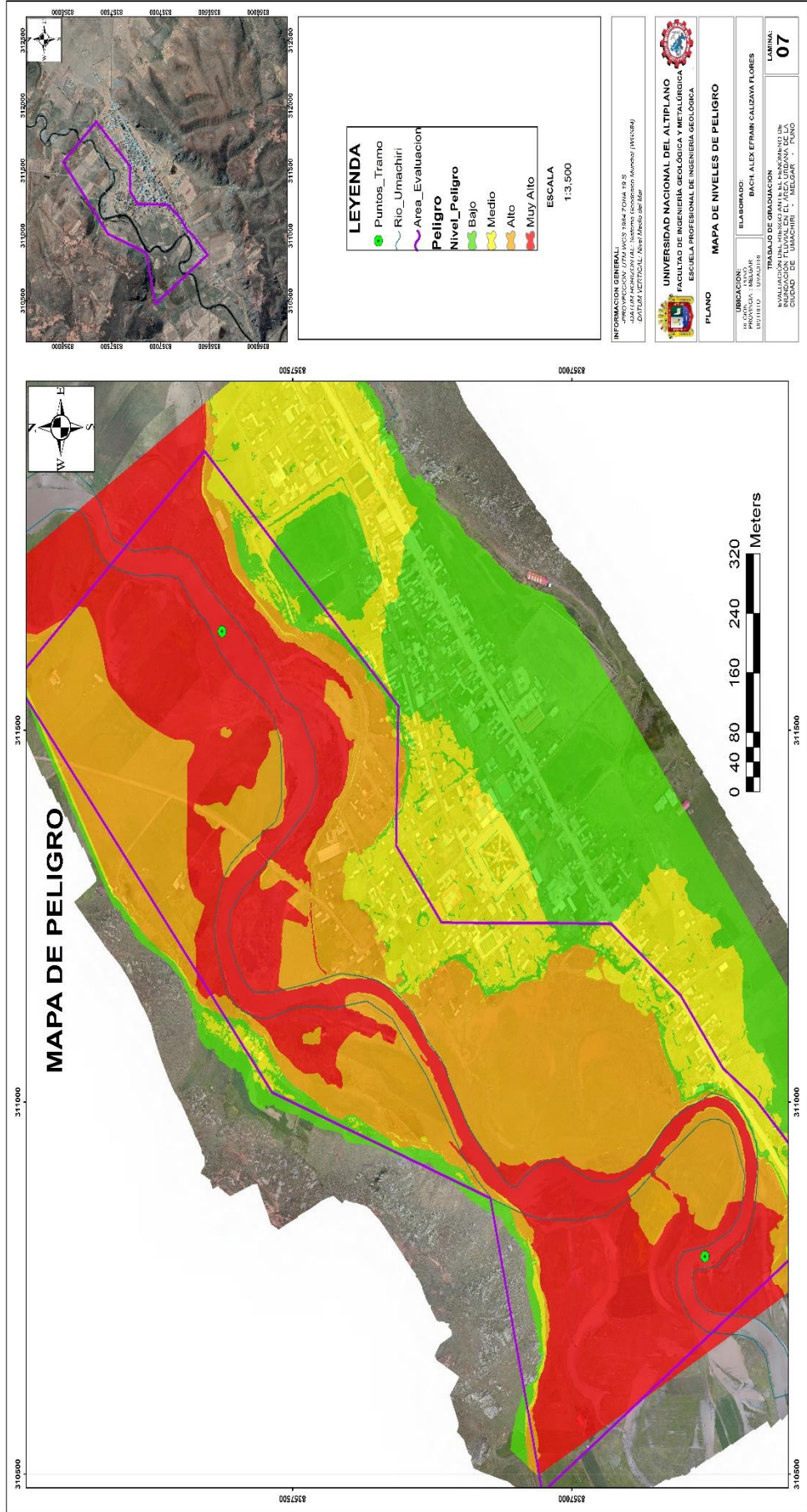
**Tabla 18**

*Resumen de niveles de peligro*

NIVEL	RANGO
MUY ALTO	$\leq P \leq$ 0,4990
ALTO	$\leq P <$ 0,2600
MEDIO	$\leq P <$ 0,1360
BAJO	$\leq P <$ 0,0700

**Figura 23**

*Mapa de peligro*



## 5.2 DETERMINACIÓN DE NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO

### 5.2.1 Niveles de vulnerabilidad

#### 5.2.1.1 Exposición social

En la población expuesta permanente se obtuvo un índice de consistencia “IC” igual a 0.054 y una relación de consistencia “RC” igual a 0.048. Asimismo, se tuvo un vector de normalización de 0.489, 0.256, 0.141, 0.076 y 0.038; todo ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 19**

*Matriz de normalización de descriptores de población expuesta*

Población Expuesta Permanente al río	Población próxima menores a los 20 metros de distancia	Población próxima entre 20 a 40 m de distancia	Población próxima entre 40 a 60 m de distancia	Población próxima entre 60 a 80 m de distancia	Población próxima mayores a 100 m de distancia	Vector Normalización
Población próxima menores a los 20 metros de distancia	0,537	0,632	0,466	0,419	0,391	0,489
Población próxima entre 20 a 40 m de distancia	0,179	0,211	0,350	0,279	0,261	0,256
Población próxima entre 40 a 60 m de distancia	0,134	0,070	0,117	0,209	0,174	0,141
Población próxima entre 60 a 80 m de distancia	0,090	0,053	0,039	0,070	0,130	0,076
Población próxima mayores a 100 m de distancia	0,060	0,035	0,029	0,023	0,043	0,038

### 5.2.1.2 Fragilidad social

Por medio de la fragilidad social se obtuvo un IC igual a 0.068 y una RC igual a 0.061. Asimismo, se tuvo un vector de normalización de 0.497, 0.262, 0.136, 0.069 y 0.037; todo ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 20**

*Matriz de normalización de descriptores de grupo etario*

<b>Grupo Etario</b>	<b>&lt; 4 años y &gt; 65 años</b>	<b>De 5 a 11 años</b>	<b>De 13 a 15 años</b>	<b>De 16 a 18 años</b>	<b>De 19 a 64 años</b>	<b>Vector Normalización</b>
< 4 años y > 65 años	0,555	0,642	0,524	0,429	0,333	0,497
De 5 a 11 años	0,185	0,214	0,315	0,306	0,292	0,262
De 13 a 15 años	0,111	0,071	0,105	0,184	0,208	0,136
De 16 a 18 años	0,079	0,043	0,035	0,061	0,125	0,069
De 19 a 64 años	0,069	0,031	0,021	0,020	0,042	0,037

### 5.2.1.3 Resiliencia social

En la actitud frente al riesgo se obtuvo un IC igual a 0.057 y una RC igual a 0.051. Asimismo, se tuvo un vector de normalización de 0.489, 0.261, 0.138, 0.073 y 0.038; todo ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 21**

*Matriz de normalización de descriptores de actitud frente al riesgo*

<b>Actitud frente al riesgo</b>	<b>Actitud fatalista y conformista</b>	<b>Actitud escasamente previsor</b>	<b>Actitud parcialmente previsor, sin implantación de medidas</b>	<b>Actitud parcialmente previsor, implementando escasas medidas</b>	<b>Actitud previsor con diversas medidas de prevención de riesgos</b>	<b>Vector Normalización</b>
Actitud fatalista y conformista	0,540	0,635	0,466	0,457	0,348	0,489
Actitud escasamente previsor	0,180	0,212	0,350	0,261	0,304	0,261
Actitud parcialmente previsor, sin implantación de medidas	0,135	0,071	0,117	0,196	0,174	0,138
Actitud parcialmente previsor, implementando escasas medidas	0,077	0,053	0,039	0,065	0,130	0,073
Actitud previsor con diversas medidas de prevención de riesgos	0,068	0,030	0,029	0,022	0,043	0,038

Por medio del plan de gestión de riesgo de desastres se obtuvo un IC igual a 0.065 y una RC igual a 0.059. Asimismo, se tuvo un vector de normalización de 0.475, 0.254, 0.147, 0.083 y 0.042; todo ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.



**Tabla 22**

*Matriz de normalización de descriptores de plan de gestión de riesgo de desastres*

<b>Plan de Gestión de Riesgo de Desastres</b>	<b>No tiene/ No cuenta</b>	<b>Si conoce, pero no aplica</b>	<b>Si conoce, pero aplica escasamente</b>	<b>Tiene y aplica</b>	<b>Tiene y aplica adecuadamente</b>	<b>Vector Normalización</b>
No tiene/ No cuenta	0,52 4	0,62 7	0,466	0,37 5	0,381	0,475
Si conoce, pero no aplica	0,17 5	0,20 9	0,350	0,30 0	0,238	0,254
Si conoce, pero aplica escasamente	0,13 1	0,07 0	0,117	0,22 5	0,190	0,147
Tiene y aplica	0,10 5	0,05 2	0,039	0,07 5	0,143	0,083
Tiene y aplica adecuadamente	0,06 6	0,04 2	0,029	0,02 5	0,048	0,042

Por medio del conocimiento local sobre ocurrencia pasada del peligro se obtuvo un IC igual a 0.057 y una RC igual a 0.051. Asimismo, se tuvo un vector de normalización de 0.489, 0.261, 0.138, 0.073 y 0.038; todo ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 23**

*Matriz de normalización de descriptores de conocimiento local*

Conocimiento local sobre ocurrencia pasada del peligro	Desconoce	Escaso conocimiento	Regular conocimiento	Conoce en un nivel alto	Conoce en un nivel muy alto	Vector Normalización
Desconoce	0,540	0,635	0,466	0,457	0,348	0,489
Escaso conocimiento	0,180	0,212	0,350	0,261	0,304	0,261
Regular conocimiento	0,135	0,071	0,117	0,196	0,174	0,138
Conoce en un nivel alto	0,077	0,053	0,039	0,065	0,130	0,073
Conoce en un nivel muy alto	0,068	0,030	0,029	0,022	0,043	0,038

**5.2.1.4 Exposición económica**

En el acceso a servicios de agua se obtuvo un IC igual a 0.073 y una RC igual a 0.066. Asimismo, se tuvo un vector de normalización de 0.490, 0.259, 0.140, 0.073 y 0.038; todo ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 24**

*Matriz de normalización de descriptores de acceso a servicios de agua*

Acceso a Servicios de Agua	Manantial	Acequia	Pozo subterráneo	Pilón de uso público	Red de agua potable	Vector Normalización
Manantial	0,548	0,638	0,524	0,391	0,348	0,490
Acequia	0,183	0,213	0,315	0,326	0,261	0,259
Pozo subterráneo	0,110	0,071	0,105	0,196	0,217	0,140
Pilón de uso público	0,091	0,043	0,035	0,065	0,130	0,073
Red de agua potable	0,068	0,035	0,021	0,022	0,043	0,038

En el acceso a servicios de desagüe se obtuvo un IC igual a 0.012 y una RC igual a 0.010. Asimismo, se tuvo un vector de normalización de

0.468, 0.268, 0.144, 0.076 y 0.044; todo ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 25**

*Matriz de normalización de descriptores de acceso a servicios de desagüe*

Acceso a Servicios de Desagüe	No tiene / No cuenta	Pozo Negro / Pozo Ciego	Letrina	Pozo séptico	Red de Desagüe	Vector Normalización
No tiene / No cuenta	0,490	0,511	0,516	0,444	0,381	0,468
Pozo Negro / Pozo Ciego	0,245	0,255	0,258	0,296	0,286	0,268
Letrina	0,122	0,128	0,129	0,148	0,190	0,144
Pozo séptico	0,082	0,064	0,065	0,074	0,095	0,076
Red de Desagüe	0,061	0,043	0,032	0,037	0,048	0,044

#### 5.2.1.5 Fragilidad Económica

Respecto al material de piso se obtuvo un IC igual a 0.012 y una RC igual a 0.011. Asimismo, se tuvo un vector de normalización de 0.474, 0.271, 0.140, 0.072 y 0.042; todo ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 26**

*Matriz de normalización de descriptores de material de piso*

Material de Piso	Tierra	Madera	Machihembrado	Cemento pulido	Mayólica	Vector Normalización
Tierra	0,496	0,514	0,516	0,483	0,364	0,474
Madera	0,248	0,257	0,258	0,276	0,318	0,271
Machihembrado	0,124	0,128	0,129	0,138	0,182	0,140
Cemento pulido	0,071	0,064	0,065	0,069	0,091	0,072
Mayólica	0,062	0,037	0,032	0,034	0,045	0,042

En el material de pared se obtuvo un IC igual a 0.015 y una RC igual a 0.013. Asimismo, se tuvo un vector de normalización de 0.461, 0.264, 0.147, 0.081 y 0.047; todo ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 27***Matriz de normalización de descriptores de material de piso*

Material de pared	Tapial / Quincha	Piedra con barro	Adobe	Material Prefabricado	Ladrillo / Bloqueta de cemento	Vector Normalización
Tapial / Quincha	0,482	0,506	0,516	0,400	0,400	0,461
Piedra con barro	0,241	0,253	0,258	0,320	0,250	0,264
Adobe	0,120	0,127	0,129	0,160	0,200	0,147
Material Prefabricado	0,096	0,063	0,065	0,080	0,100	0,081
Ladrillo / Bloqueta de cemento	0,060	0,051	0,032	0,040	0,050	0,047

En el material de techo se obtuvo un IC igual a 0.050 y una RC igual a 0.045. Asimismo, se tuvo un vector de normalización de 0.495, 0.259, 0.137, 0.072 y 0.037; todo ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 28***Matriz de normalización de descriptores de material de techo*

Material de techo	Plástico	Pajas de ichu	Tejas	Planchas de calamina	Losa de Concreto Armado	Vector Normalización
Plástico	0,544	0,635	0,466	0,457	0,375	0,495
Pajas de ichu	0,181	0,212	0,350	0,261	0,292	0,259
Tejas	0,136	0,071	0,117	0,196	0,167	0,137
Planchas de calamina	0,078	0,053	0,039	0,065	0,125	0,072
Losa de Concreto Armado	0,060	0,030	0,029	0,022	0,042	0,037

#### 5.2.1.6 Resiliencia Económica

En el cumplimiento de la normatividad RNE se obtuvo un IC igual a 0.068 y una RC de 0.061. Asimismo, se tuvo un vector de normalización de 0.497, 0.262, 0.136, 0.069

y 0.037; todo ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 29**

*Matriz de normalización de descriptores de cumplimiento de la normatividad RNE*

Cumplimiento de la normatividad RNE	No cumple	Cumple solo para cimentaciones	Cumple para paredes y cimientos	Cumple para paredes, cimiento y columnas	Cumple con la normatividad RNE	Vector Normalización
No cumple	0,555	0,642	0,524	0,429	0,333	0,497
Cumple solo para cimentaciones	0,185	0,214	0,315	0,306	0,292	0,262
Cumple para paredes y cimientos	0,111	0,071	0,105	0,184	0,208	0,136
Cumple para paredes, cimientos y columnas	0,079	0,043	0,035	0,061	0,125	0,069
Cumple con la normatividad RNE	0,069	0,031	0,021	0,020	0,042	0,037

### 5.2.1.7 Exposición ambiental

En la cercanía a fuentes de agua se obtuvo un IC igual a 0.061 y una RC igual a 0.0540. Asimismo, se tuvo un vector de normalización de 0.503, 0.260, 0.134, 0.068 y 0.035; todo ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 30**

*Matriz de normalización de descriptores de cercanía a fuentes de agua*

Cercanía a fuentes de agua	Menores a 20 m	De 20 a 40 m	De 40 a 60 m	De 60 a 80 m	Mayores a 100 m	Vector Normalización
Menores a 20 m	0,560	0,642	0,524	0,429	0,360	0,503
De 20 a 40 m	0,187	0,214	0,315	0,306	0,280	0,260
De 40 a 60 m	0,112	0,071	0,105	0,184	0,200	0,134
De 60 a 80 m	0,080	0,043	0,035	0,061	0,120	0,068
Mayores a 100 m	0,062	0,031	0,021	0,020	0,040	0,035

### 5.2.1.8 Fragilidad ambiental

En la disposición de residuos sólidos se obtuvo un IC igual a 0.054 y una RC igual a 0.048. Asimismo, se tuvo un vector de normalización de 0.489, 0.256, 0.141, 0.076 y 0.038; todo ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 31**

*Matriz de normalización de descriptores de disposición de residuos sólidos*

<b>Disposición de residuos sólidos</b>	<b>Intemperie</b>	<b>Quemado</b>	<b>Enterrado</b>	<b>Depósito municipal</b>	<b>Recolector municipal</b>	<b>Vector Normalización</b>
Intemperie	0,537	0,632	0,466	0,419	0,391	0,489
Quemado	0,179	0,211	0,350	0,279	0,261	0,256
Enterrado	0,134	0,070	0,117	0,209	0,174	0,141
Depósito municipal	0,090	0,053	0,039	0,070	0,130	0,076
Recolector municipal	0,060	0,035	0,029	0,023	0,043	0,038

En la generación de residuos sólidos se obtuvo un IC igual a 0.005 y una RC igual a 0.004. Asimismo, se tuvo un vector de normalización de 0.451, 0.259, 0.151, 0.088 y 0.050; todo ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 32**

*Matriz de normalización de descriptores de generación de residuos sólidos*

<b>Generación de residuos sólidos</b>	<b>Diario</b>	<b>Interdiario</b>	<b>2 veces a la semana</b>	<b>1 vez a la semana</b>	<b>1 vez cada 2 semanas</b>	<b>Vector Normalización</b>
Diario	0,463	0,496	0,439	0,435	0,421	0,451
Interdiario	0,232	0,248	0,293	0,261	0,263	0,259
2 veces a la semana	0,154	0,124	0,146	0,174	0,158	0,151
1 vez a la semana	0,093	0,083	0,073	0,087	0,105	0,088
1 vez cada 2 semanas	0,058	0,050	0,049	0,043	0,053	0,050

### 5.2.1.9 Resiliencia ambiental

En el conocimiento de normativa ambiental se obtuvo un índice de consistencia “IC” de 0.066 y una relación de consistencia de “RC” de 0.060. Asimismo, se tuvo un vector de normalización de 0.496, 0.258, 0.138, 0.072 y 0.036; todo ello se exhibe por medio de la siguiente tabla.

**Tabla 33**

*Matriz de normalización de descriptores de conocimiento de normativa ambiental*

Conocimiento de normativa ambiental	Desconocimiento	Solo autoridades	Conocimiento bajo	Conocimiento medio	Conocimiento Alto	Vector Normalización
Desconocen	0,552	0,638	0,524	0,391	0,375	0,496
Solo autoridades	0,184	0,213	0,315	0,326	0,250	0,258
Conocimiento bajo	0,110	0,071	0,105	0,196	0,208	0,138
Conocimiento medio	0,092	0,043	0,035	0,065	0,125	0,072
Conocimiento Alto	0,061	0,035	0,021	0,022	0,042	0,036

Cálculo de vulnerabilidad de dimensión económica, social y ambiental

**Tabla 34**

*Cálculo de la dimensión económica*

DIMENSIÓN ECONÓMICA						
Exposición		Fragilidad		Resiliencia		Rango
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0,479	0,539	0,477	0,297	0,497	0,164	0,481
0,264	0,539	0,265	0,297	0,262	0,164	0,264
0,142	0,539	0,142	0,297	0,136	0,164	0,141
0,074	0,539	0,075	0,297	0,069	0,164	0,074
0,041	0,539	0,042	0,297	0,037	0,164	0,041

**Tabla 35**

*Cálculo de la dimensión social*

DIMENSIÓN SOCIAL						
Exposición		Fragilidad		Resiliencia		Rango
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0,489	0,595	0,497	0,277	0,484	0,129	0,490
0,256	0,595	0,262	0,277	0,259	0,129	0,258
0,141	0,595	0,136	0,277	0,141	0,129	0,139
0,076	0,595	0,069	0,277	0,076	0,129	0,074
0,038	0,595	0,037	0,277	0,040	0,129	0,038

**Tabla 36**

*Cálculo de la dimensión ambiental*

DIMENSIÓN AMBIENTAL						
Exposición		Fragilidad		Resiliencia		Rango
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0,503	0,608	0,470	0,272	0,496	0,120	0,493
0,260	0,608	0,258	0,272	0,258	0,120	0,259
0,134	0,608	0,146	0,272	0,138	0,120	0,138
0,068	0,608	0,082	0,272	0,072	0,120	0,072
0,035	0,608	0,044	0,272	0,036	0,120	0,038

Cálculo de niveles de vulnerabilidad

**Tabla 37**

*Cálculo de niveles de vulnerabilidad*

DIMENSIÓN ECONÓMICA		DIMENSIÓN SOCIAL		DIMENSIÓN AMBIENTAL		VALOR DE VULNERABILIDAD
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	Valor de Vulnerabilidad
0,481	0,633	0,490	0,260	0,493	0,106	0,485
0,264	0,633	0,258	0,260	0,259	0,106	0,262
0,141	0,633	0,139	0,260	0,138	0,106	0,140
0,074	0,633	0,074	0,260	0,072	0,106	0,074
0,041	0,633	0,038	0,260	0,038	0,106	0,040

Asimismo, los niveles de vulnerabilidad fueron a muy alto de 0.485, alto de 0.262, de medio de 0.140 y bajo de 0.074.



**Tabla 38**

*Nivel de vulnerabilidad*

NIVEL		RANGO	
MUY ALTO	0,262	$\leq V \leq$	0,485
ALTO	0,140	$\leq V <$	0,262
MEDIO	0,074	$\leq V <$	0,140
BAJO	0,040	$\leq V <$	0,074

### 5.2.2 Niveles de riesgo

En los niveles de riesgo se obtuvo un mayor de riesgo muy alto, seguido de riesgo alto.

**Tabla 39**

*Matriz de doble entrada para el cálculo de riesgo*

PMA	0,499	0,037	0,070	0,131	0,242
PA	0,260	0,019	0,036	0,068	0,126
PM	0,136	0,010	0,019	0,036	0,066
PB	0,070	0,005	0,010	0,018	0,034
		0,074	0,140	0,262	0,485
		VB	VM	VA	VMA

**Tabla 40**

*Rango de niveles de riesgo*

Niveles de Riesgo			
Riesgo muy alto	0,068	$\leq R \leq$	0,242
Riesgo alto	0,019	$\leq R <$	0,068
Riesgo medio	0,005	$\leq R <$	0,019
Riesgo bajo	0,001	$\leq R <$	0,005

Figura 24

Mapa de vulnerabilidad

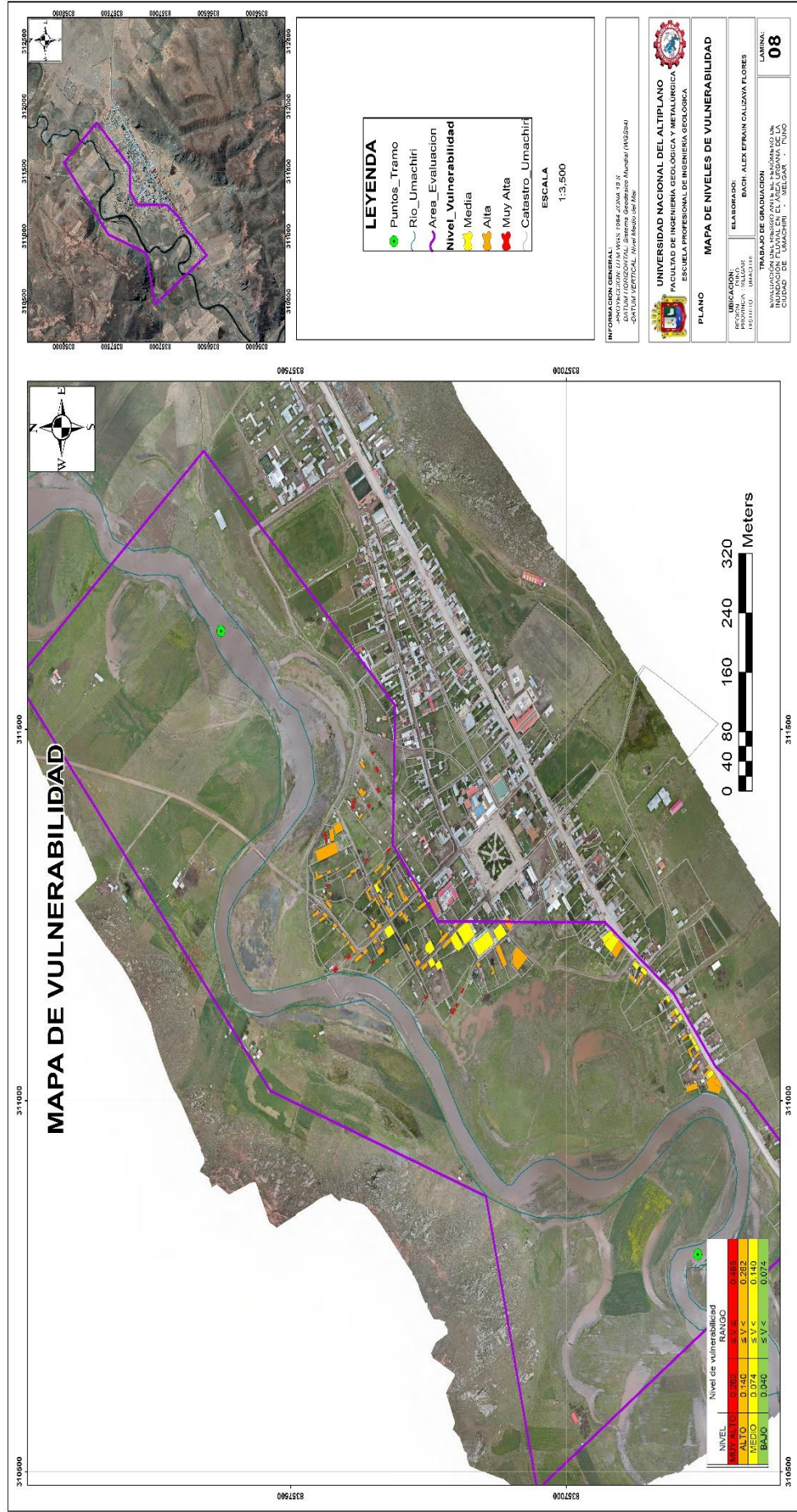
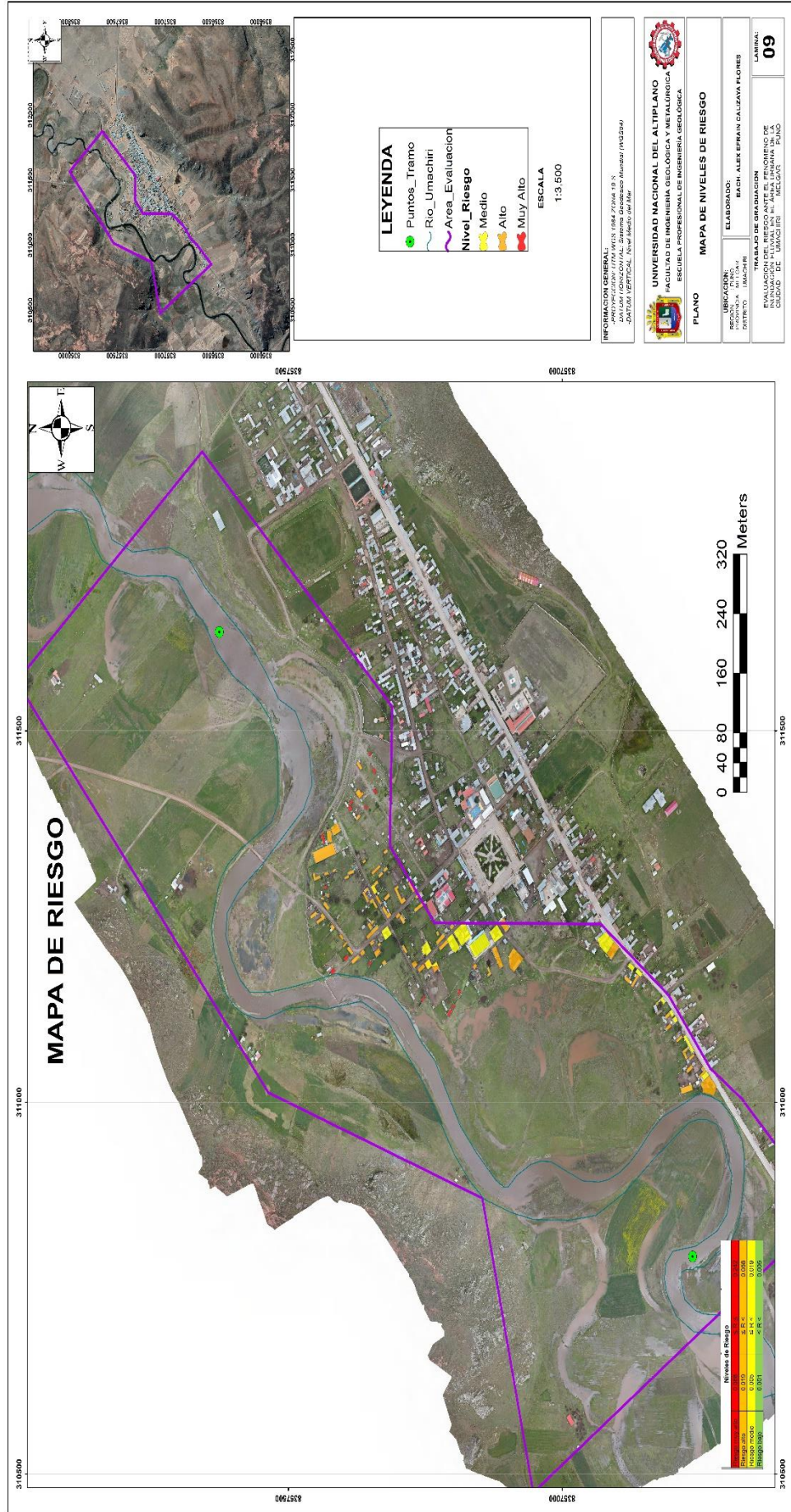


Figura 25

Mapa de riesgo





Por tanto, se obtuvo un nivel de inundación muy alto de 33.79 ha, alto de 32.1 ha y un área total de 65.89 ha.

**Tabla 41**

*Área de inundación*

Nivel de Inundación	Área de Inundación	
	Área en m <sup>2</sup>	Área en ha
Muy Alto	337872,87	33,79
Alto	321032,38	32,1
Área Total	658905,25	65,89

Asimismo, se tuvo un número de viviendas – vulnerabilidad de nivel muy alto de 17, un nivel alto de 20, un nivel medio de 81 y un total de 118.

**Tabla 42**

*Número de viviendas – vulnerabilidad*

Número de Viviendas - Vulnerabilidad	
Nivel Muy Alto	17
Nivel Alto	20
Nivel Medio	81
Nivel Bajo	
<b>TOTAL</b>	<b>118</b>

Por último, se obtuvo un número de viviendas en riesgo de nivel muy alto de 15, de nivel alto de 75, de nivel medio de 28, nivel bajo 0 y siendo un total de 118.

**Tabla 43**

*Número de viviendas - riesgos*

Número de Viviendas - Riesgo	
Nivel Muy Alto	15
Nivel Alto	75
Nivel Medio	28
Nivel Bajo	
<b>TOTAL</b>	<b>118</b>

### **5.3 ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DEL RIESGO**

Realizar un proyecto de desarrollo urbano, además de conservar los conductos y el sistema de desagüe en el área de análisis.

Para prevenir la exposición de la población a riesgos, se propone realizar evaluaciones de riesgo, estudios más exhaustivos sobre la peligrosidad para su difusión y para la toma de decisiones, tales como la limitación de áreas destinadas a usos del suelo como construcción de viviendas y edificaciones.

Con el propósito de disminuir la vulnerabilidad de la población, se recomienda brindar entrenamiento y fortalecimiento en el ámbito de la gestión del riesgo de desastres, respaldo en la construcción o sugerir asesoramiento para la edificación de viviendas, incluso aquellas que sean resistentes a sismos, ubicándose en lugares apropiados y alejados de áreas propensas a deslizamientos en masa e inundaciones. Además, se insta a fomentar un desarrollo urbano adecuado en colaboración con la población.

Coordinar la preparación de la población y las entidades para prevenir un posible riesgo, tomar decisiones preventivas, de respuesta y correctivas, que incluyan medidas estructurales y no estructurales, simulacros, preparativos de mochilas de emergencia, señalización de áreas seguras, entre otras acciones.

Es fundamental considerar que la información provista por el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED puede ser empleada como una herramienta para la prevención de desastres; sin embargo, es necesario recordar que los resultados de las simulaciones se fundamentan en un análisis probabilístico de la información, por lo que deben utilizarse con precaución.

Ejercer un trabajo de operación y mantenimiento de los cauces de evacuación de



aguas fluviales en el margen derecho del río Umachiri con el objeto de optimizar su capacidad hidráulica y prevenir su colmatación por aguas pluviales.

#### 5.4 DISCUSIÓN

En este punto se discuten los resultados obtenidos de nivel de vulnerabilidad, nivel de peligro y de riesgo de cada objetivo planteado en la investigación.

En el nivel de riesgo se obtuvo un área de inundación de muy alto de 33.79 ha y alto de 32.1 ha; con calificación máxima de 0.242 muy alto, 0.068 de alto, 0.019 de medio y bajo de 0.005. Asimismo, se tuvo un número de 15 viviendas en nivel muy alto, el alto 75, en medio 28 y un total de 0 cero en nivel bajo. Lo cual concuerda con Nkeki et al. (2022) en donde menciona que consiguió como resultado un modelo de riesgo con un 20% de nivel alto, de nivel medio de un 30% y de nivel bajo de un 50% de un periodo de retorno de 50 años. Como también Gonzales (2022) menciona que tiene un valor máximo de riesgo de inundación de 0.052 de alto. Por tanto, el nivel de riesgo ha permitido identificar las grandes amenazas que puede traer consigo el desborde de una cuenca, para que así exista un mayor seguimiento y control por parte de las entidades pertinentes.

Por otro lado, en el nivel de peligro se establecen los factores condicionantes y los desencadenantes para determinar el rango máximo de cada nivel donde se tuvo muy alto de 0.499, alto de 0.260, medio de 0.136 y bajo de 0.070. Coincide con Chávez (2020) el cual indica que los niveles de peligrosidad alcanzados por erosión son: bajo en 39.5% o 507 parcelas, nivel medio en 37.7% o 484 parcelas, nivel alto en 17.6% o 226 parcelas y nivel muy alto en 5.3% o 68 parcelas. También Aponte y Guillen (2021) indican que el nivel de peligro alto fue de 70% siendo el porcentaje mayor de los niveles. Es por ello que es importante identificar los peligros que puede provocar un desborde de cuenca por incremento de precipitaciones pluviales, identificando las zonas que se encontrarían en



emergencia, para así promover la integridad de los pobladores que se encuentran directamente relacionados con este río.

En cuanto al nivel de vulnerabilidad se tuvo muy alto una puntuación máxima de 0.485, alto de 0.262, medio de 0.140 y bajo de 0.074, en donde se encontraron 17 viviendas vulnerables en nivel muy alto, 20 en alto, 81 en medio y bajo un total 0. Según Chávez (2020) indica que la vulnerabilidad de su cuenca de estudio bajo la metodología CENEPRED tuvo un valor de 0.222 de nivel bajo. Asimismo, Aponte y Guillen (2021) mencionan que la vulnerabilidad en su lugar de estudio es alta con un 72%. Por tanto, se llega a la conclusión que aún existen viviendas cerca de las cuencas, las cuales son susceptibles debido a su gran exposición frente a un incremento de precipitaciones pluviales.

Las medidas de mitigación fueron evitar la exposición a la población mediante la evaluación de riesgo, capacitaciones sobre gestión de riesgo, medidas estructurales, simulacros y mantenimiento de los cauces. Concuerta con Portella y Villafuerte (2020) el cual ofrece alternativas de mitigación como diseño de un muro de contención, plan de evacuación o diseño de un gavión. Por ello es importante después de conocer los niveles de riesgo identificar cuáles serán las opciones que permitan controlar y mitigar frente a un fenómeno por desborde de río.

## VI. CONCLUSIONES

- En la investigación se estableció por objetivo evaluar el riesgo ante el fenómeno de inundaciones fluviales en el área urbana de la ciudad de Umachiri, Provincia de Melgar – Puno, obteniendo un área de inundación en nivel muy alto de 33.79 ha y alto de 32.1 ha; un nivel de riesgo con calificación máxima de 0.242 muy alto, 0.068 de alto, 0.019 de medio y bajo de 0.005. Asimismo, se tuvo un número de 15 viviendas en nivel muy alto, 75 en alto, en medio 28 y un total de 0 cero en nivel bajo.
- Para determinar las áreas y niveles del **peligro** primero se estableció la topografía de estudio el cual fue de 240.000 km<sup>2</sup>, una longitud de río de 55.000 km, una cota máxima de 5190.00 m.s.n.m, una cota mínima de 3920.00 m.s.n.m y perímetro de 100.00 km. Seguido se hizo un estudio hidráulico e hidrológico donde se obtuvo que para el periodo de retorno de 5 años un caudal de 59.774 m<sup>3</sup>/s, para los 10 años de 104.730 m<sup>3</sup>/s, 178.363 m<sup>3</sup>/s, 249.474 m<sup>3</sup>/s y 328.186 m<sup>3</sup>/s, donde hubo áreas de inundación de 13.27,12.22,11.3, 11.98 y 17.14 ha. Luego de ello se llega a establecer los factores condicionantes y los desencadenantes para así llegar a fijar el nivel donde se tuvo un parámetro máximo muy alto de 0.499, alto de 0.260, medio de 0.136 y bajo de 0.070.
- Para el nivel de **vulnerabilidad** se tuvo muy alto una puntuación máxima de 0.485, alto de 0.262, medio de 0.140 y bajo de 0.074, además se encuentran 17 viviendas vulnerables en nivel muy alto, 20 en alto, 81 en medio y bajo un total 0.
- En cuanto a las medidas de mitigación, es esencial reducir la exposición de la población, para ello se debe evitar construir edificaciones en zonas inundables, no





deforestar las riberas para mantener la estabilidad del suelo, y siempre cumplir con las normas de construcción locales. Asimismo, es crucial realizar evaluaciones de riesgo para identificar áreas seguras, mantener una distancia adecuada entre las construcciones y el cauce del río, y organizar simulacros de emergencia para preparar a la comunidad.



## VII. RECOMENDACIONES

Extender la investigación a otras localidades de la región y del país con características distintas, especialmente aquellas afectadas anualmente por inundaciones fluviales. El propósito es que puedan adoptar medidas preventivas frente a este fenómeno.

Se sugiere que, basándose en este estudio, las entidades encargadas de tomar decisiones implementen medidas preventivas contra el riesgo de inundación pluvial en la localidad de Umachiri.

Para futuros estudios se recomienda complementar los resultados con análisis y determinación de transporte de sedimentos en dicha quebrada, para así fijar los periodos de descolmatación requeridos.

Se recomienda la instalación de letreros en donde se indiquen claramente la prohibición de construir en las zonas próximas al río, estos letreros deben ser visibles y ubicarse estratégicamente para disuadir a la población de ocupar áreas de alto riesgo de inundación, contribuyendo así a la protección del medio ambiente y la seguridad de las personas.



## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Addis, A. (2023). GIS – based flood susceptibility mapping using frequency ratio and information value models in upper Abay river basin, Ethiopia. *Natural Hazards Research*, 3(2), 247-256. <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.02.003>
- Aguilar, M., & Gómez, G. (15 de diciembre de 2021). <https://doi.org/https://doi.org/10.21789/riae.2021.6.1.832>
- Alves, P., Huu, H., De Silva, Y., Penny, J., Babel, M., & Djordjévic, S. (2023). The dual-risks context: A systematic literature review for the integrated management of flood and drought risks. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 96, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103905>
- Andina. (4 de febrero de 2020). *Puno: desborde de ríos causa daños en vías de comunicación y terrenos de cultivo*. <https://andina.pe/agencia/noticia-puno-desborde-rios-causa-danos-vias-comunicacion-y-terrenos-cultivo-879632.aspx>
- Aponte, E., & Guillen, R. (2021). *Evaluación de riesgos por inundación pluvial en el asentamiento humano Nuevo Indoamérica, del distrito de La Esperanza - 2021*. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/29401>
- Avand, M., Khazaei, M., & Ghermezcheshmeh, B. (2023). Comprehensive assessment of resilience of flood hazard villages using a modeling and field survey approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 96, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103910>
- Babu, B., Raj, K., Asheshwar, R., & Singh, B. (2022). “Flood risk modeling in southern Bagmati corridor, Nepal” (a study from Sarlahi and Rautahat, Nepal). *Progress in Disaster Science*, 16, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2022.100260>
- Bernardini, G., Romano, G., & Soldini, L. (2021). How urban layout and pedestrian evacuation behaviours can influence flood risk assessment in riverine historic



- built environments. *Sustainable Cities and Society*, 70, 1-16.  
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102876>
- Boakye , K., Ahenkorah, I., Ewusi, A., & Bani, E. (2021). Assessment of flood prone zones in the Tarkwa mining area of Ghana using a GIS-based approach. *Environmental Challenges*, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100028>
- CENEPRED. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por inundaciones Fluviales*. Lima: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del riesgo de desastres. <https://bit.ly/40ysbtB>
- Chávez, R. (2020). *Evaluación de riesgos en la zona urbana de Tingo María*. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1785>
- Choubin, B., Moradi, E., Golshan, M., Adamowski, J., Sajedi, F., & Mosavi, A. (2019). An ensemble prediction of flood susceptibility using multivariate discriminant analysis, classification and regression trees, and support vector machines. *Science of The Total Environment*, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.064>
- Clar, C., Junger, L., Nordbeck, R., & Thaler, T. (2023). The impact of demographic developments on flood risk management systems in rural regions in the Alpine Arc. 90, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103648>
- Correa, C., & Lazo, L. (2021). *Evaluación de riesgo por inundación en Institución Educativa San Francisco de Asis, centro poblado La Quinta– Marcavelica-Sullana-Piura*. Repositorio Digital Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/72918>
- Cuba, M., & Santos, E. (2021). *Evaluación de riesgos por inundación fluvial en los márgenes del río Pichari en la provincia La Convención - Cusco, 2020*. Repositorio Digital Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/60490>



- Darabi , H., Choubin, B., Rahmati, O., Torabi , A., Pradhan, B., & Kløv, B. (2019). Urban flood risk mapping using the GARP and QUEST models: A comparative study of machine learning techniques. *Journal of Hydrology*, 569, 142-154. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.12.002>
- Del Valle, J., Gil, M., Figueroa, R., Parra, O., González, A., & Stehr, A. (2019). Modelos de gestión, conflictos y mediación en cuencas hidrográficas: los casos de España y Brasil y su aplicabilidad a Chile. *Aqua-LAC*, 11(1), 11. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368917>
- El-Saoud, W., & Othman, A. (2022). An integrated hydrological and hydraulic modelling approach for flash flood hazard assessment in eastern Makkah city, Saudi Arabia. *Journal of King Saud University - Science*, 34(4), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102045>
- Fang, L., Huang, J., Cai, J., & Nitivattananon, V. (2022). Hybrid approach for flood susceptibility assessment in a flood-prone mountainous catchment in China. *Journal of Hydrology*, 612, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128091>
- Fernández, C., León, A., & Rodríguez, Y. (2020). Influencia del coeficiente de rugosidad de Manning en las áreas de inundación del río Yanuncay en Cuenca. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 41(1). <https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/506>
- Goicochea, A. (2021). *Estimación del nivel de riesgo por inundación de la quebrada Cruz Blanca para la zona urbana-Cajamarca,2020*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Gonzales, J. (2022). *Evaluación de riesgo por inundación de la Quebrada San Idelfonso, en el distrito de El Porvenir*. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/30731>



- Jerin, T., Kalam, M., & Khan, M. (2023). Climate change-triggered vulnerability assessment of the flood-prone communities in Bangladesh: A gender perspective. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 95, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103851>
- Liu, Y., You, M., Zhu, J., Wang, F., & Ran, R. (2019). Integrated risk assessment for agricultural drought and flood disasters based on entropy information diffusion theory in the middle and lower reaches of the Yangtze River, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 38, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101194>
- Nkeki, F., Bello, E., & Agbaje, I. (2022). Flood risk mapping and urban infrastructural susceptibility assessment using a GIS and analytic hierarchical raster fusion approach in the Ona River Basin, Nigeria. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 77, 1-28. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103097>
- Olcina, J., & Oliva, A. (2019). Medidas estructurales versus cartografía de inundación en la valoración del riesgo en áreas urbanas: El caso del barranco de las Ovejas (Alicante, España). *Cuadernos geográficos*, 52(2), 199-220. <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i2.10278>
- Othman, A., EL - Saoud, W., Habeebullah, T., Shaaban, F., & Abotalib, A. (2023). Risk assessment of flash flood and soil erosion impacts on electrical infrastructures in overcrowded mountainous urban areas under climate change. *Reliability Engineering & System Safety*, 236, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.res.2023.109302>
- Portella, C., & Villafuerte, C. (2020). *Evaluación del riesgo de inundación del río cascajal en el entorno del Caserío de Sincape (distrito de Olmos) y análisis de alternativas de solución.* Repositorio USS.



<https://hdl.handle.net/20.500.12802/6954>

- Quesada, A. (2022). Flood risk index development at the municipal level in Costa Rica: A methodological framework. *Environmental Science & Policy*, 133, 98 - 106.  
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.03.012>
- Rasool, S., Ahmad, I., & Ahmad, S. (2022). Linking flood risk perceptions and psychological distancing to climate change: A case study of rural communities along Indus and Chenab rivers, Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 70, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102787>
- Rodríguez, E. (2019). La hermenéutica gadameriana como síntesis entre el enfoque cuantitativo y cualitativo en la investigación social.  
<http://dx.doi.org/10.4067/s0718-50652019000100204>
- Rubinato, M., Nichols, A., Peng, Y., Zhang, J., Lashford, C., Cai, Y., . . . Tait, S. (2019). Urban and river flooding: Comparison of flood risk management approaches in the UK and China and an assessment of future knowledge needs. *Water Science and Engineering*, 12(4), 274 - 283. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2019.12.004>
- Ruiz, C., & Valenzuela, M. (2022). *Metodología de la Investigación*. Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja.  
<https://fondoeditorial.unat.edu.pe/index.php/EdiUnat>
- Sánchez, F., & Atoche, P. (2021). *Evaluación del perfil de riesgo por inundación en el distrito de Tumbes – 2018*. Repositorio Digital UNTUMBES.  
<https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/2692>
- Sazzi, S., Vacandio, R., Mignosa, P., & Aureli, F. (2022). Assessment of pre-simulated scenarios as a non-structural measure for flood management in case of levee-breach inundations. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 74, 1-16.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102926>

## **ANEXOS**

### **ANEXO 01. Topografía**







# Agisoft Metashape

Informe de procesamiento

12 Marzo 2023



## Datos del levantamiento

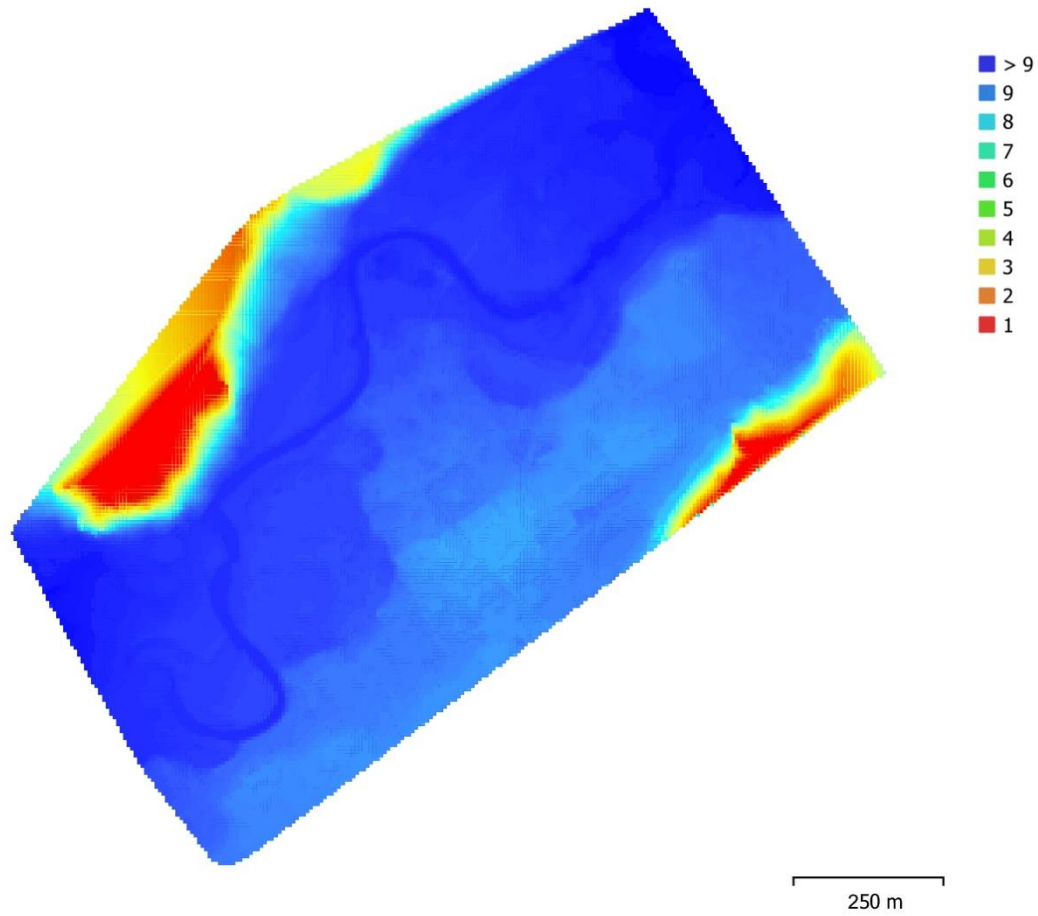


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes:	250	Imágenes alineadas:	250
Altitud media de vuelo:	80.9 m	Puntos de paso:	86,760
Resolución en terreno:	1.88 cm/pix	Proyecciones:	657,077
Área cubierta:	0.0506 km <sup>2</sup>	Error de reproyección:	1.07 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
Test_Pro (4.5mm)	4000 x 3000	4.5 mm	1.62 x 1.62 micras	No

Tabla 1. Cámaras.



# Modelo digital de elevaciones

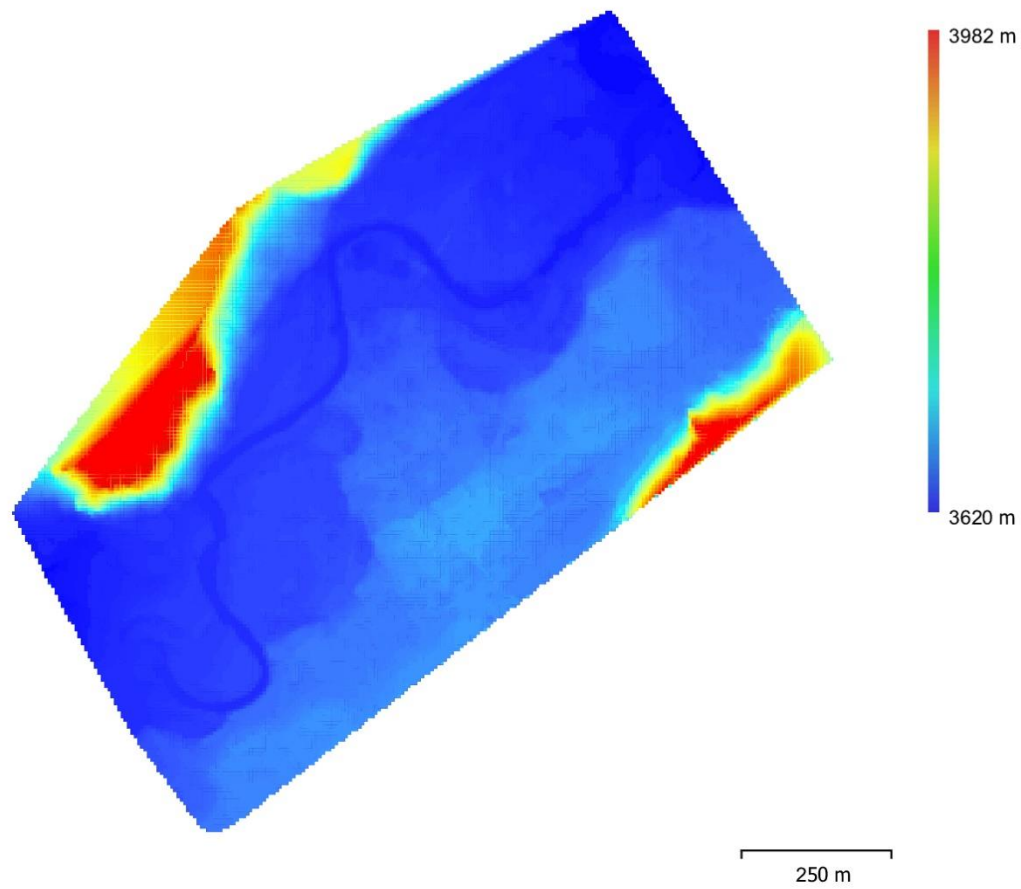


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 7.51 cm/pix

Densidad de puntos: 200 puntos/m<sup>2</sup>

# Parámetros de procesamiento

## Generales

Cámaras	250
Cámaras orientadas	250
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)
Angulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo

## Puntos de paso

Puntos	86,760 de 101,280
RMS error de reproyección	0.144549 (1.06776 pix)
Error de reproyección máximo	0.436693 (40.5011 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	6.83734 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	8.30771

## Parámetros de orientación

Precisión	Media
Preselección genérica	Sí
Preselección de referencia	Origen
Puntos clave por foto	40,000
Límite de puntos clave por megapixel	1,000
Puntos de paso por foto	4,000
Excluir puntos de paso inmóviles	Sí
Emparejamiento guiado	No
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamiento	1 minuto 24 segundos
Uso de memoria durante el emparejamiento	727.32 MB
Tiempo de orientación	1 minuto 50 segundos
Uso de memoria durante el alineamiento	94.41 MB
Fecha de creación	2023:11:13 00:01:44
Versión del programa	2.0.3.16960
Tamaño de archivo	15.14 MB

## Mapas de profundidad

Número	197
<b>Parámetros de obtención de mapas de profundidad</b>	
Calidad	Media
Modo de filtrado	Leve
Límite máximo de redundancias	16
Tiempo de procesamiento	3 minutos 51 segundos
Uso de memoria	902.43 MB
Fecha de creación	2023:03:12 00:11:24
Versión del programa	2.0.3.16960
Tamaño de archivo	236.27 MB

## Nube de puntos

Puntos	10,790,643
Precisión de las coordenadas	1.88 cm

## Atributos de los puntos

Color	3 bandas, uint8
Normal	

## Clases de puntos

Creado (nunca clasificado)	2,137,694
Terreno	8,401,957

Punto enterrado (ruido)	250,992
<b>Parámetros de obtención de mapas de profundidad</b>	
Calidad	Media
Modo de filtrado	Leve
Límite máximo de redundancias	16
Tiempo de procesamiento	3 minutos 51 segundos
Uso de memoria	902.43 MB
<b>Parámetros de generación de la nube de puntos</b>	
Tiempo de procesamiento	8 minutos 21 segundos
Uso de memoria	2.81 GB
<b>Parámetros de clasificación de puntos de terreno</b>	
Ángulo máximo (deg)	30
Distancia máxima (m)	1
Tamaño de célula (m)	50
Tiempo de clasificación	39 segundos
Uso de memoria durante la clasificación	524.99 MB
Fecha de creación	2023:11:13 00:19:45
Versión del programa	2.0.3.16960
Tamaño de archivo	141.17 MB
<b>MDE</b>	
Tamaño	3,975 x 3,905
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)
<b>Parámetros de reconstrucción</b>	
Origen de datos	Nube de puntos
Interpolación	Habilitada
Tiempo de procesamiento	17 segundos
Uso de memoria	190.25 MB
Fecha de creación	2023:11:13 00:26:45
Versión del programa	2.0.3.16960
Tamaño de archivo	43.46 MB
<b>Ortomosaico</b>	
Tamaño	15,900 x 15,620
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)
Colores	3 bandas, uint8
<b>Parámetros de reconstrucción</b>	
Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	MDE
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Habilitar el filtro de efecto fantasma	No
Tiempo de procesamiento	5 minutos 11 segundos
Uso de memoria	970.44 MB
Fecha de creación	2023:11:13 00:31:04
Versión del programa	2.0.3.16960
Tamaño de archivo	2.88 GB
<b>Sistema</b>	
Nombre del programa	Agisoft Metashape Professional
Versión del programa	2.0.3 build 16960
OS	Windows 64 bit
RAM	7.95 GB
CPU	AMD Ryzen 3 3200G with Radeon Vega Graphics
GPU(s)	NVIDIA GeForce GTX 1650 SUPER



## Aircraft

- **Takeoff Weight**
  - 595 g
- **Dimensions**
  - Folded:  
180×97×77 mm (length×width×height)
  - Unfolded:  
183×253×77 mm (length×width×height)
- **Diagonal Length**
  - 302 mm
- **Max Ascent Speed**
  - 6 m/s (S Mode)
  - 6 m/s (N Mode)
- **Max Descent Speed**
  - 6 m/s (S Mode)
  - 6 m/s (N Mode)
- **Max Service Ceiling Above Sea Level**
  - 5000 m
- **Max Flight Time (no wind)**
  - 31 minutes
- **Max Hovering Time (no wind)**
  - 30 minutes \*

\* The flight time was measured in a controlled test environment. Specific test conditions are as follows: No wind, at sea level, constant flight speed of 32.4 kph, APAS off, AirSense off, camera parameters set to 1080p/24fps, video mode off, and flying from 100% battery to 0% battery. Results may vary depending on environment, usage scenario, and firmware version.

- **Max Flight Distance (no wind)**
  - 18.5 km
- **Max Flight Speed (near sea level, no wind)**
  - 19 m/s (S Mode)
  - 15 m/s (N Mode)
  - 5 m/s (C Mode)
- **Max Wind Speed Resistance**
  - 10.7 m/s
- **Max Pitch Angle**

- 35° (S Mode)  
Front: 30°, Back: 20°, Left: 35°, Right: 35° (N Mode)
- **Max Angular Velocity**
  - 250°/s (S Mode)
  - 90°/s (N Mode)
  - 60°/s (C Mode)
- **Operating Temperature Range**
  - 0° to 40°C (32° to 104°F)
- **Operating Frequency**
  - 2.4 GHz
  - 5.8 GHz
- **Transmission Power (EIRP)**
  - 2.4 GHz:
    - FCC: ≤30 dBm
    - CE: ≤20 dBm
    - SRRC: ≤20 dBm
    - MIC: ≤20 dBm
  - 5.8 GHz:
    - FCC: ≤30 dBm
    - CE: ≤14 dBm
    - SRRC: ≤29 dBm
- **Hovering Accuracy Range**
  - Vertical:
    - ± 0.1 m (with vision positioning)
    - ± 0.5 m (with GNSS positioning)
  - Horizontal:
    - ± 0.1 m (with vision positioning)
    - ± 1.5 m (with GNSS positioning)
- **Propellers**
  - Quick release, low noise, folding
- **Aircraft Arms**
  - Foldable
- **GNSS**
  - GPS+GLONASS+GALILEO
- **Compass**
  - Single Compass
- **IMU**
  - Single IMU

- **Internal Storage**

- 8 GB

## Intelligent Flight Battery

- **Capacity<sup>[1]</sup>**

- 3750 mAh / 3500 mAh

- **Voltage**

- 11.04 V / 11.55 V

- **Max Charging Voltage**

- 12.6 V / 13.2 V

- **Battery Type**

- LiPo 3S

- **Energy**

- 41.4 Wh / 40.42 Wh

- **Weight**

- 198 g

- **Charging Temperature Range**

- 5° to 40°C (41° to 104°F)

- **Max Charging Power**

- 38 W

- **Built-in Battery**

- N/A

## Camera

- **Sensor**

- 1" CMOS  
Effective Pixels: 20 MP; 2.4µm Pixel Size

- **Lens**

- FOV: 88°  
35 mm Format Equivalent: 22 mm  
Aperture: f/2.8  
Shooting Range: 0.6 m to ∞

- **ISO Range**

- Video:  
100-3200 (Auto)  
100-6400 (Manual)

- **Internal Storage**

- 8 GB

## Intelligent Flight Battery

- **Capacity<sup>[1]</sup>**

- 3750 mAh / 3500 mAh

- **Voltage**

- 11.04 V / 11.55 V

- **Max Charging Voltage**

- 12.6 V / 13.2 V

- **Battery Type**

- LiPo 3S

- **Energy**

- 41.4 Wh / 40.42 Wh

- **Weight**

- 198 g

- **Charging Temperature Range**

- 5° to 40°C (41° to 104°F)

- **Max Charging Power**

- 38 W

- **Built-in Battery**

- N/A

## Camera

- **Sensor**

- 1" CMOS  
Effective Pixels: 20 MP; 2.4µm Pixel Size

- **Lens**

- FOV: 88°  
35 mm Format Equivalent: 22 mm  
Aperture: f/2.8  
Shooting Range: 0.6 m to ∞

- **ISO Range**

- Video:  
100-3200 (Auto)  
100-6400 (Manual)

10-Bit Dlog-M Video:

100-800 (Auto)

100-1600 (Manual)

Photo:

100-3200 (Auto)

100-12800 (Manual)

- **Still Image Size**

- 20 MP  
5472×3648 (3:2)  
5472×3078 (16:9)

- **Still Photography Modes**

- Single shot: 20 MP  
Burst shooting: 20 MP (continuous burst)  
Auto Exposure Bracketing (AEB): 20 MP, 3/5 bracketed frames at 0.7 EV bias  
Timed: 20 MP, 2/3/5/7/10/15/20/30/60s  
SmartPhoto (including HDR and HyperLight): 20 MP  
HDR Panorama<sup>[2]</sup>:  
Vertical (3×1): 3328×8000 (width×height)  
Wide-angle (3×3): 8000×6144 (width×height)  
180° (3×7): 8192×3500 (width×height)  
Sphere (3×8+1): 8192×4096 (width×height)  
JPEG/DNG (RAW)

- **Video Resolution**

- 5.4K: 5472×3078 @ 24/25/30 fps  
4K Ultra HD: 3840×2160 @ 24/25/30/48/50/60 fps  
2.7K: 2688×1512 @ 24/25/30/48/50/60 fps  
FHD: 1920×1080 @ 24/25/30/48/50/60/120 fps  
MP4/MOV (H.264/MPEG-4 AVC, H.265/HEVC)

- **Max Video Bitrate**

- 150 Mbps

- **Supported File System**

- FAT32/exFAT  
Supports a microSD card with a capacity of up to 256 GB.

- **Digital Zoom**

- Zoom recording is not available while recording 10-bit videos and 120fps videos.  
4K/30fps:

4x;  
2.7K/60fps:  
4x;  
2.7K/30fps:  
6x;  
1080p/60fps:  
6x;  
1080p/30fps:  
8x

## Gimbal

- **Stabilization**
  - 3-axis (tilt, roll, pan)
- **Mechanical Range**
  - Tilt: -135° to 45°
  - Roll: -45° to 45°
  - Pan: -100° to 100°
- **Pan Axis**
  - Pan : -80° to 80°
- **Controllable Range**
  - Tilt: -90° to 0°(default); -90° to 24° (extended)
- **Max Controllable Speed (tilt)**
  - 100°/s
- **Angular Vibration Range**
  - ±0.01°

## Sensing System

- **Forward**
  - Precision Measurement Range: 0.38-23.8 m
  - Effective Sensing Speed: ≤15 m/s
  - Field of View (FOV): 72° (horizontal), 58° (vertical)
- **Backward**
  - Precision Measurement Range: 0.37-23.4 m
  - Effective Sensing Speed: ≤12 m/s
  - Field of View (FOV): 57° (horizontal), 44° (vertical)
- **Downward**

- ToF Measurement Range: 0.1-8 m  
Hovering Range: 0.5-30 m  
Vision Sensor Hovering Range: 0.5-60 m
- **Left/Right**
  - N/A
- **Upward**
  - Precision Measurement Range: 0.34-28.6 m  
Field of View (FOV): 63° (horizontal), 78° (vertical)
- **Downward Auxiliary Light**
  - Single LED

## Video Transmission

- **Transmission System**
  - O3  
2.4 GHz/5.8 GHz Auto-Switching (compatible with OcuSync 2.0)  
4-antenna 2T4R
- **Max Transmission Distance**
  - 12 km (FCC), 8 km (CE)  
8 km (SRRC), 8 km (MIC)
- **Live View Quality/Latency**
  - Drone + Remote Controller: 1080p/30fps 12 Mbps 120 ms  
Drone + DJI Smart Controller: 1080p/30fps 12Mbps 130 ms
- **Max Transmission Bitrate**
  - 44 Mbps (download bitrate)  
16 Mbps (live video bitrate)
- **Operating Frequency**
  - 2.4 GHz  
5.8 GHz

## DJI RC-N1 Remote Controller

- **Multiple Controllers**
  - N/A
- **DJI Smart Controller**
  - Supported
- **Remote Controller Transmission System**

- When used with different aircraft hardware configurations, DJI RC-N1 Remote Controllers will automatically select the corresponding firmware version for updating and support the following transmission technologies enabled by the hardware performance of the linked aircraft models:
  - a. DJI Mini 2/ DJI Mavic Air 2: O2
  - b. DJI Air 2S: O3
  - c. DJI Mavic 3: O3+
- **Battery Life**
  - 6 hours (4 hours when charging a mobile device)
- **Supported Mobile Device Connectors**
  - Lightning, Micro USB, USB-C
- **Max Supported Mobile Device Size**
  - 180×86×10 mm (length×width×height)
- **Operating Temperature**
  - 0° to 40°C (32° to 104°F)
- **Transmitter Power (EIRP)**
  - 2.400-2.4835 GHz:
    - <26 dBm (FCC), <20 dBm (CE/SRRC/MIC)
  - 5.725-5.850 GHz:
    - <26 dBm (FCC), <23 dBm (SRRC), <14 dBm (CE)

## DJI RC

- **Model**
  - RM330
- **Video Transmission System**
  - DJI O3
- **Transmitter Power (EIRP)**
  - 2.400-2.4835 GHz: < 26 dBm (FCC), < 20 dBm (CE/SRRC/MIC)
  - 5.725-5.850 GHz: < 26 dBm (FCC), < 23 dBm (SRRC), < 14 dBm (CE)
- **Storage Capacity**
  - DJI RC's storage capacity can be increased by using a microSD card. Users can store images and videos on the card and export them to a computer or other devices.
- **Video Output Port**
  - N/A
- **Max Battery Life**



- Approx. 4 hours
- **Operating Temperature**
  - -10° to 40° C (14° to 104° F)
- **Supported SD Cards**
  - UHS-I Speed Class 3 or above is required. A list of recommended microSD cards can be found below.
- **Recommended microSD Cards**
  - SanDisk Extreme 64GB V30 A1 microSDXC
  - SanDisk Extreme 128GB V30 A2 microSDXC
  - SanDisk Extreme 256GB V30 A2 microSDXC
  - SanDisk Extreme 512GB V30 A2 microSDXC
  - SanDisk Extreme Pro 64GB V30 A2 microSDXC
  - SanDisk Extreme Pro 256GB V30 A2 microSDXC
  - SanDisk Extreme Pro 400GB V30 A2 microSDXC
  - SanDisk High Endurance 64GB V30 microSDXC
  - SanDisk High Endurance 256GB V30 microSDXC
  - Kingston Canvas Go!Plus 64GB V30 A2 microSDXC
  - Kingston Canvas Go!Plus 256GB V30 A2 microSDXC
  - Lexar High Endurance 64GB V30 microSDXC
  - Lexar High Endurance 128GB V30 microSDXC
  - Lexar 633x 256GB V30 A1 microSDXC
  - Lexar 1066x 64GB V30 A2 microSDXC
- **Wi-Fi Transmitter Power (EIRP)**
  - 2.400-2.4835 GHz: < 23 dBm (FCC), < 20 dBm (CE/SRRC/MIC)
  - 5.150-5.250 GHz: < 23 dBm (FCC/CE/SRRC/MIC)
  - 5.725-5.850 GHz: < 23 dBm (FCC/SRRC), < 14 dBm (CE)
- **Bluetooth Protocol**
  - Bluetooth 4.2
- **Bluetooth Transmitter Power (EIRP)**
  - 2.400-2.4835 GHz: < 10 dBm
- **Wi-Fi Protocol**
  - 802.11 a/b/g/n

## Charger

- **Charging Input**
  - 100-240V, 50/60 Hz, 1.3 A
- **Charging Output**

- Charging Port: 13.2 V=2.82 A  
USB Port: 5 V=2 A
- **Voltage**
  - 13.2 V
- **Rated Power**
  - 38 W

## Footnotes:

- - 1. The two battery versions are basically the same in terms of battery life and propulsion performance.
- - 2. To ensure the Panorama quality, the aircraft will crop the panoramic photos made out of multiple images. Therefore, the photo resolution may vary in different shooting scenarios.

## Ficha técnica del DJI Air 2S

DJI AIR 2S	
<b>DIMENSIONES Y PESO</b>	183 × 253 × 77 mm 595 gramos
<b>FRECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO</b>	2,4 GHz 5,8 GHz
<b>BATERÍA</b>	3.500 mAh Hasta 31 minutos
<b>DISTANCIA DE TRANSMISIÓN</b>	12 km (FCC), 8 km (CE) 8 km (SRRC), 8 km (MIC)
<b>ALTITUD MÁXIMA DE VUELO</b>	5.000 metros
<b>VELOCIDAD MÁXIMA DE VUELO</b>	Hasta 19 m/s
<b>MODOS DE VUELO</b>	MasterShots FocusTrack QuickShot Hyperlase
<b>SENSOR DE LA CÁMARA</b>	CMOS de una pulgada 20 MP Píxeles de 2,4 micras
<b>OBJETIVO</b>	Campo de visión: 88° AF, formato equivalente a 35 mm: 22 mm Apertura: f/2.8 Rango de enfoque: 0.6 m a ∞

---

<b>DJI AIR 2S</b>	
<b>TAMAÑO DE LA IMAGEN</b>	20 MP
<b>TAMAÑO DE VÍDEO</b>	5.4K: 5472×3078@30 fps 4K Ultra HD: 3840×2160@60 fps 2.7K: 2688×1512@60 fps FHD: 1920×1080@120 fps
<b>APP</b>	DJI Fly (iOS y Android)

---

### ANEXO 04. Estudio hidrológico

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL COMPLETADA (mm)														
ESTACION	CHUQUIBAMBILLA			CODIGO		114035			DEPARTAMENTO			PUNO		
DISTRITO				PROVINCIA					UBICACIÓN		LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	
UMACHIRI				MELGAR					GEOGRAFICA		14°47'5.2"	70°42'56.5"	3971	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP MAX	Acumulado
1964	24,76	21,34	24,48	15,72	4,26	2,75	1,49	4,24	7,68	13,45	18,18	23,14	24,76	161,49
1965	24,76	21,34	24,48	15,72	4,26	2,75	1,49	4,24	7,68	13,45	18,18	23,14	24,76	161,49
1966	24,76	21,34	24,48	15,72	4,26	2,75	1,49	4,24	7,68	13,45	18,18	23,14	24,76	161,49
1967	24,76	21,34	24,48	15,72	4,26	2,75	11,30	4,24	7,68	13,45	18,18	23,14	24,76	171,30
1968	24,76	21,34	24,48	15,72	4,26	2,75	11,00	4,24	7,68	13,45	18,18	23,14	24,76	171,00
1969	24,76	21,34	24,48	15,72	4,26	2,75	1,49	4,24	7,68	13,45	18,18	23,14	24,76	161,49
1970	24,76	21,34	24,48	15,72	4,26	2,75	1,49	4,24	7,68	13,45	18,18	23,14	24,76	161,49
1971	24,76	21,34	24,48	15,72	4,26	2,75	0,00	4,24	0,00	13,00	24,10	23,60	24,76	158,25
1972	24,80	17,50	19,00	12,20	0,00	0,00	1,49	2,10	7,68	13,45	16,10	23,14	24,80	137,46
1973	21,50	10,70	37,10	22,80	2,60	0,00	1,50	4,70	14,80	12,00	13,40	13,20	37,10	154,30
1974	20,20	26,60	57,60	11,10	0,00	4,20	0,00	11,80	7,68	8,70	24,10	19,80	57,60	191,78
1975	29,30	23,80	16,00	7,20	11,80	0,00	0,00	0,00	11,30	27,40	10,50	22,40	29,30	159,70
1976	24,70	17,20	23,30	10,00	5,80	1,50	0,80	2,80	19,60	0,90	8,20	11,50	24,70	126,30
1977	25,30	22,10	21,40	17,40	4,00	0,00	1,80	0,00	22,50	11,30	21,20	16,20	25,30	163,20
1978	36,70	18,00	15,70	43,70	0,90	0,60	0,00	0,00	8,50	7,00	26,00	26,50	43,70	183,60
1979	29,00	10,60	18,80	11,60	1,20	0,00	0,00	4,20	2,40	7,50	11,70	29,70	29,70	126,70
1980	22,50	16,30	26,90	5,70	9,10	0,00	1,30	2,20	2,30	19,80	26,10	23,60	26,90	155,80
1981	32,00	46,60	27,10	16,00	6,40	3,10	0,00	7,30	8,50	24,60	17,50	20,80	46,60	209,90
1982	24,60	23,30	19,00	26,00	0,00	2,00	0,00	0,00	10,80	20,50	25,30	22,70	26,00	174,20
1983	10,30	10,00	15,60	10,70	1,30	0,00	0,00	0,00	3,50	11,70	11,30	14,40	15,60	88,80
1984	20,00	22,50	16,20	15,40	13,30	0,00	1,20	0,70	1,90	25,60	20,70	41,60	41,60	179,10
1985	16,50	19,50	19,30	18,10	9,30	11,30	0,00	0,50	25,50	5,40	22,00	13,70	25,50	161,10
1986	19,50	18,60	26,80	18,80	12,20	0,00	1,00	4,10	11,40	2,70	18,70	18,40	26,80	152,20
1987	15,60	22,00	17,50	14,10	0,80	1,40	3,80	0,70	3,20	2,80	30,50	35,80	35,80	148,20
1988	31,30	15,20	21,90	21,00	5,50	0,00	0,00	0,00	6,50	15,20	3,70	21,20	31,30	141,50
1989	27,00	13,70	24,30	14,10	3,30	0,70	0,70	17,50	11,80	13,10	10,00	24,00	27,00	160,20
1990	15,20	12,40	21,60	14,40	7,00	23,50	0,00	0,20	6,00	27,40	13,00	14,40	27,40	155,10
1991	42,20	18,00	26,50	15,20	13,00	19,10	0,00	0,00	1,00	17,80	8,70	31,00	42,20	192,50
1992	14,80	12,70	20,60	13,60	0,00	2,40	0,00	28,00	0,00	13,60	23,00	35,70	35,70	164,40
1993	38,30	14,90	28,20	12,10	0,00	16,00	0,00	11,70	2,50	34,00	33,50	19,20	38,30	210,40
1994	25,20	26,20	26,20	14,60	0,00	0,00	0,00	5,80	4,80	12,70	29,50	35,00	35,00	180,00
1995	17,20	24,40	23,40	10,80	2,10	0,00	0,00	0,00	2,00	12,00	15,00	22,20	24,40	129,10
1996	20,80	24,20	15,50	12,20	1,40	0,00	3,40	3,50	3,40	5,20	11,30	13,50	24,20	114,40
1997	36,20	25,20	31,80	17,10	4,00	0,00	0,00	14,00	14,30	8,50	18,90	33,00	36,20	203,00
1998	16,60	17,40	28,00	20,30	0,00	1,20	0,00	2,00	7,50	18,00	27,80	27,80	28,00	166,60
1999	24,20	23,00	12,50	26,50	6,90	0,00	1,40	1,20	8,30	23,00	7,70	21,50	26,50	156,20
2000	18,30	21,20	21,50	3,70	7,70	3,30	6,20	1,80	5,90	17,20	10,60	22,30	22,30	139,70
2001	52,70	12,80	23,20	8,20	9,00	1,20	2,20	4,30	6,30	11,50	8,80	21,30	52,70	161,50
2002	22,90	25,30	16,00	19,50	9,30	2,00	5,30	4,70	7,00	14,40	22,30	11,10	25,30	159,80
2003	23,30	29,60	47,80	17,50	2,30	3,30	0,00	9,20	14,20	14,70	14,60	15,00	47,80	191,50
2004	22,70	41,60	18,30	10,80	1,10	2,00	2,20	13,20	18,00	4,00	19,40	32,50	41,60	185,80
2005	17,20	28,80	34,10	11,00	0,00	0,00	0,00	6,70	0,00	24,30	20,30	15,00	34,10	157,40
2006	35,10	30,90	24,48	8,70	0,00	3,20	0,00	1,50	2,40	12,70	22,00	38,80	38,80	179,78
2007	27,90	19,50	27,40	23,80	3,50	0,00	2,60	0,00	7,40	8,70	23,60	24,90	27,90	169,30
2008	16,30	31,80	8,60	2,90	2,90	1,00	0,00	1,50	0,00	13,70	14,00	36,20	36,20	128,90
2009	24,30	14,60	25,00	26,60	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40	10,50	11,60	20,80	26,60	137,80
2010	36,00	15,30	59,20	27,20	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,20	19,00	12,90	59,20	189,80
2011	17,70	18,50	24,60	17,70	7,30	5,40	4,20	5,00	7,90	14,10	18,18	24,20	24,60	164,78
2012	27,60	22,60	24,10	17,30	0,00	0,00	0,00	0,00	5,70	9,30	31,00	17,70	31,00	155,30
2013	16,50	31,50	16,10	12,50	2,10	7,30	3,80	5,30	21,40	0,00	16,80	26,70	31,50	160,00
PP MAX mm	52,70	46,60	59,20	43,70	13,30	23,50	11,30	28,00	25,50	34,00	33,50	41,60		
media mensual	19,20	20,05	19,95	10,00	2,25	0,00	0,00	1,05	7,30	10,30	17,50	18,90		412,90
Intensidad mm/h	2,20	1,94	2,47	1,82	0,55	0,98	0,47	1,17	1,06	1,42	1,40	1,73		
promedio	24,76	21,35	24,48	15,72	4,26	2,75	1,49	4,24	7,68	13,45	18,18	23,14		

PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)								
Cv	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,531
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
<b>0,43</b>	<b>0,901</b>	<b>1,263</b>	<b>1,534</b>	<b>1,900</b>	<b>2,205</b>	<b>2,510</b>	<b>2,846</b>	<b>3,311</b>
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860

## ANEXO 05. Estudio geomorfológico

MICROCUEENCA ACTANI							
MICROCUEENCA	AREA (A) km <sup>2</sup>	LONG. RIO (L) km	Cota max	Cota min	Pendiente (S)	PERIMETRO km	Ancho promedio de la Cuenca
Rio Umachiri	240,000	55,000	5190,000	3920,000	0,023	100,00	4,364

AÑOS	Tiempo de concentracion h	Coficiente de Uniformidad (K)	FACTOR REDUCTOR (Ka)	PRECIPITACION MAXIMA CORREGIDA SOBRE LA CUENCA	INTENSIDAD DE PRECIPITACION	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA (C)
5	12,905	1,636	0,841	62,91	4,925	0,112
10	12,905	1,636	0,841	76,40	5,981	0,162
25	12,905	1,636	0,841	94,63	7,409	0,223
50	12,905	1,636	0,841	109,82	8,598	0,269
100	12,905	1,636	0,841	125,01	9,787	0,311

TIEMPO DE CONCENTRACION (Tc)	
FORMULA	$T_c = 0.3 * (L/S^{0.25})^{0.76}$
RESULTADO	12,905

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (K)	
FORMULA	$K = 1 + ((T_c^{1.25}) / ((T_c^{1.25}) + 14))$
RESULTADO	1,636

COEFICIENTE DE SIMULTANEO O FACTOR REDUCTOR (Ka)	
FORMULA	$K_a = 1 - \log_{10} A/15$
RESULTADO	0,841

PRECIPITACION MAXIMA CORREGIDA SOBRE LA CUENCA (Pd*)		
AÑOS	$Pd^* = K_a * Pd$	Pd
5	62,905	74,77
10	76,403	90,81
25	94,632	112,48
50	109,822	130,54
100	125,013	148,59

INTENSIDAD DE PRECIPITACION (I)	
AÑOS	$T_c = (Pd^*/24)^{0.1} * ((28^{0.1}) - (T_c^{0.1})) / ((28^{0.1}) - 1)$
5	4,925
10	5,981
25	7,409
50	8,598
100	9,787

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA (C)	
AÑOS	$C = ((Pd^* - P_o)^2 * (Pd^* + 23 * P_o)) / ((Pd^* + 11 * P_o)^2)$
5	0,112
10	0,162
25	0,223
50	0,269
100	0,311

UMBRAL DE ESCORRENTIA	
Po	36,207
CN	58,000

**ANEXO 06. Estudio hidráulico**

MICROCUEENCA ACTANI							
MAXIMAS PRECIPITACIONES DIARIAS							
PERIODO DE RETORNO	Yt (factor de amplificacion)	media de las maximas Precipitaciones	Maxima precipitacion diaria				
5	1,263	59,20	74,77				
10	1,534	59,20	90,81				
25	1,900	59,20	112,48				
50	2,205	59,20	130,54				
100	2,510	59,20	148,59				
CALCULO DE INTENSIDADES							
PERIODO DE RETORNO	Maxima precipitacion diaria Pd	Tiempo de concentracion (Tc)	Intesidad en el tiempo de concentracion				
5	62,91	12,90	4,87				
10	76,40	12,90	5,92				
25	94,63	12,90	7,33				
50	109,82	12,90	8,51				
100	125,01	12,90	9,69				
CALCULO DE CAUDAL MAXIMO							
Area de la Cuenca	T (años)	Pd (mm)	Tc (horas)	Intensidad (mm/h)	C	K	Q (m3/s)
240,00	5	62,91	12,90	4,87	0,112	1,636	59,774
240,00	10	76,40	12,90	5,92	0,162	1,636	104,730
240,00	25	94,63	12,90	7,33	0,223	1,636	178,363
240,00	50	109,82	12,90	8,51	0,269	1,636	249,474
240,00	100	125,01	12,90	9,69	0,311	1,636	328,186



## ANEXO 07. Cálculo de niveles de vulnerabilidad

CALCULO DE NIVELES DE VULNERABILIDAD					
Valor de la dimensión económica del proyecto					
<b>DIMENSIÓN ECONÓMICA</b>					
<b>0,633</b>					
Exposición Económica		Fragilidad Económica			Resiliencia Económica
0,539		0,297			0,164
Acceso a servicios de agua	Acceso a servicios de desagüe	Material de Piso	Material de Pared	Material de Techo	Cumplimiento de la normatividad RNE
0,490	0,468	0,474	0,461	0,495	0,497
0,259	0,268	0,271	0,264	0,259	0,262
0,140	0,144	0,140	0,147	0,137	0,136
0,073	0,076	0,072	0,081	0,072	0,069
0,038	0,044	0,042	0,047	0,037	0,037
Peso	Peso	Peso	Peso	Peso	Peso
0,500	0,500	0,608	0,272	0,120	1,000
Valor de la dimensión social del proyecto					
<b>DIMENSIÓN SOCIAL</b>					
<b>0,260</b>					
Exposición social		Fragilidad social		Resiliencia social	
0,595		0,277		0,129	
Población expuesta permanente		Grupo etario	Actitud frente al riesgo	Plan de Gestión de Riesgo de Desastres	Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de peligro existente
0,489		0,497	0,489	0,475	0,489
0,256		0,262	0,261	0,254	0,261
0,141		0,136	0,138	0,147	0,138
0,076		0,069	0,073	0,083	0,073
0,038		0,037	0,038	0,042	0,038
Peso		Peso	Peso	Peso	Peso
1,000		1,000	0,633	0,260	0,106
Valor de la dimensión ambiental del proyecto					
<b>DIMENSIÓN AMBIENTAL</b>					
<b>0,106</b>					
Exposición Ambiental		Fragilidad Ambiental		Resiliencia Ambiental	
0,608		0,272		0,120	
Cercanía a fuentes de agua		Disposición de residuos sólidos	Generación de residuos sólidos	Conocimiento de normativa ambiental	
0,503		0,489	0,451	0,496	
0,260		0,256	0,259	0,258	
0,134		0,141	0,151	0,138	
0,068		0,076	0,088	0,072	
0,035		0,038	0,050	0,036	
Peso		Peso	Peso	Peso	
1,000		0,500	0,500	1,000	
<b>Matriz de comparación de descriptores utilizados en el factor de Resiliencia social de la Dimensión Social</b>					
Matriz de comparación de descriptores de Resiliencia Social de la Dimensión Social					
Resiliencia Social	Actitud frente al riesgo	Plan de Gestión de Riesgo de Desastres	Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de peligro existente		
Actitud frente al riesgo	1,00	3,00	5,00		
Plan de Gestión de Riesgo de Desastres	0,33	1,00	3,00		
Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de peligro existente	0,20	0,33	1,00		
SUMA	1,53	4,33	9,00		
1/SUMA	0,65	0,23	0,11		

Matriz normalización de descriptores de Resiliencia Social de la Dimensión Social				
Resiliencia Social	Actitud frente al riesgo	Plan de Gestión de Riesgo de Desastres	Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de peligro existente	Vector Normalización
Actitud frente al riesgo	0,652	0,692	0,556	0,633
Plan de Gestión de Riesgo de Desastres	0,217	0,231	0,333	0,260
Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de peligro existente	0,130	0,077	0,111	0,106

Indice y Relación de Consistencia		
Indice de Consistencia	IC	0,019
Relacion de Consistencia < 0.1	RC	0,037

Matriz de comparación de descriptores utilizados en el factor de Fragilidad Económica de la Dimensión Económica			
Matriz de comparación de descriptores de Fragilidad Económica de la Dimensión Económica			
Fragilidad Económica	Material de piso	Material de pared	Material de techo
Material de piso	1,00	3,00	4,00
Material de pared	0,33	1,00	3,00
Material de techo	0,25	0,33	1,00
SUMA	1,58	4,33	8,00
1/SUMA	0,63	0,23	0,13

Matriz normalización de descriptores de Fragilidad Económica de la Dimensión Económica				
Fragilidad Económica	Material de piso	Material de pared	Material de techo	Vector Normalización
Material de piso	0,632	0,692	0,500	0,608
Material de pared	0,211	0,231	0,375	0,272
Material de techo	0,158	0,077	0,125	0,120

Indice y Relación de Consistencia		
Indice de Consistencia	IC	0,037
Relacion de Consistencia < 0.1	RC	0,071

Descriptores utilizados en la Dimensión Social			
Matriz de comparación de descriptores de Dimensión Social			
Dimensión Social	Exposición Social	Fragilidad Social	Resiliencia Social
Exposición Social	1,00	2,00	5,00
Fragilidad Social	0,50	1,00	2,00
Resiliencia Social	0,20	0,50	1,00
SUMA	1,70	3,50	8,00
1/SUMA	0,59	0,29	0,13

Matriz normalización de descriptores de Dimensión Social				
Dimensión Social	Exposición Social	Fragilidad Social	Resiliencia Social	Vector Normalización
Exposición Social	0,588	0,571	0,625	0,595
Fragilidad Social	0,294	0,286	0,250	0,277
Resiliencia Social	0,118	0,143	0,125	0,129

Indice y Relación de Consistencia		
Indice de Consistencia	IC	0,003
Relacion de Consistencia < 0.1	RC	0,005

Descriptores utilizados en la Dimensión Económica			
Matriz de comparación de descriptores de Dimensión Económica			
Dimensión Económica	Exposición Económica	Fragilidad Económica	Resiliencia Económica
Exposición Económica	1,00	2,00	3,00
Fragilidad Económica	0,50	1,00	2,00
Resiliencia Económica	0,33	0,50	1,00
SUMA	1,83	3,50	6,00
1/SUMA	0,55	0,29	0,17

Matriz normalización de descriptores de Dimensión Económica				
Dimensión Económica	Exposición Económica	Fragilidad Económica	Resiliencia Económica	Vector Normalización
Exposición Económica	0,545	0,571	0,500	0,539
Fragilidad Económica	0,273	0,286	0,333	0,297
Resiliencia Económica	0,182	0,143	0,167	0,164
Indice y Relación de Consistencia				
Indice de Consistencia		IC	0,005	
Relacion de Consistencia < 0.1		RC	0,009	
<b>Descriptores utilizados en la Dimensión Ambiental</b>				
Matriz de comparación de descriptores de Dimensión Ambiental				
Dimensión Ambiental	Exposición Ambiental	Fragilidad Ambiental	Resiliencia Ambiental	
Exposición Ambiental	1,00	3,00	4,00	
Fragilidad Ambiental	0,33	1,00	3,00	
Resiliencia Ambiental	0,25	0,33	1,00	
SUMA	1,58	4,33	8,00	
1/SUMA	0,63	0,23	0,13	
Matriz normalización de descriptores de Dimensión Ambiental				
Dimensión Ambiental	Exposición Ambiental	Fragilidad Ambiental	Resiliencia Ambiental	Vector Normalización
Exposición Ambiental	0,632	0,692	0,500	0,608
Fragilidad Ambiental	0,211	0,231	0,375	0,272
Resiliencia Ambiental	0,158	0,077	0,125	0,120
Indice y Relación de Consistencia				
Indice de Consistencia		IC	0,037	
Relacion de Consistencia < 0.1		RC	0,071	
<b>Descriptores de Parámetros para el Analisis de Vulnerabilidad</b>				
Matriz de comparación de descriptores de Parámetros para el Analisis de Vulnerabilidad				
Parámetros de Vulnerabilidad	Dimensión Económica	Dimensión Social	Dimensión Ambiental	
Dimensión Económica	1,00	3,00	5,00	
Dimensión Social	0,33	1,00	3,00	
Dimensión Ambiental	0,20	0,33	1,00	
SUMA	1,53	4,33	9,00	
1/SUMA	0,65	0,23	0,11	
Matriz normalización de descriptores de Parámetros para el Analisis de Vulnerabilidad				
Parámetros de Vulnerabilidad	Dimensión Económica	Dimensión Social	Dimensión Ambiental	Vector Normalización
Dimensión Económica	0,652	0,692	0,556	0,633
Dimensión Social	0,217	0,231	0,333	0,260
Dimensión Ambiental	0,130	0,077	0,111	0,106
Indice y Relación de Consistencia				
Indice de Consistencia		IC	0,019	
Relacion de Consistencia < 0.1		RC	0,037	

### Calculo de Dimensión Económica, social y ambiental

Cálculo de la dimensión económica

DIMENSIÓN ECONÓMICA						
Exposición		Fragilidad		Resiliencia		Rango
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0,479	0,539	0,477	0,297	0,497	0,164	0,481
0,264	0,539	0,265	0,297	0,262	0,164	0,264
0,142	0,539	0,142	0,297	0,136	0,164	0,141
0,074	0,539	0,075	0,297	0,069	0,164	0,074
0,041	0,539	0,042	0,297	0,037	0,164	0,041

Cálculo de la dimensión social

DIMENSIÓN SOCIAL						
Exposición		Fragilidad		Resiliencia		Rango
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0,489	0,595	0,497	0,277	0,484	0,129	0,490
0,256	0,595	0,262	0,277	0,259	0,129	0,258
0,141	0,595	0,136	0,277	0,141	0,129	0,139
0,076	0,595	0,069	0,277	0,076	0,129	0,074
0,038	0,595	0,037	0,277	0,040	0,129	0,038

Cálculo de la dimensión Ambiental

DIMENSIÓN AMBIENTAL						
Exposición		Fragilidad		Resiliencia		Rango
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0,503	0,608	0,470	0,272	0,496	0,120	0,493
0,260	0,608	0,258	0,272	0,258	0,120	0,259
0,134	0,608	0,146	0,272	0,138	0,120	0,138
0,068	0,608	0,082	0,272	0,072	0,120	0,072
0,035	0,608	0,044	0,272	0,036	0,120	0,038

Cálculo de niveles de vulnerabilidad

DIMENSIÓN ECONÓMICA		DIMENSIÓN SOCIAL		DIMENSIÓN AMBIENTAL		VALOR DE VULNERABILIDAD
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	Valor de Vulnerabilidad
0,481	<b>0,633</b>	0,490	<b>0,260</b>	0,493	<b>0,106</b>	0,485
0,264	<b>0,633</b>	0,258	<b>0,260</b>	0,259	<b>0,106</b>	0,262
0,141	<b>0,633</b>	0,139	<b>0,260</b>	0,138	<b>0,106</b>	0,140
0,074	<b>0,633</b>	0,074	<b>0,260</b>	0,072	<b>0,106</b>	0,074
0,041	<b>0,633</b>	0,038	<b>0,260</b>	0,038	<b>0,106</b>	0,040

Nivel de vulnerabilidad

NIVEL	RANGO		
MUY ALTO	0,262	≤ V ≤	0,485
ALTO	0,140	≤ V <	0,262
MEDIO	0,074	≤ V <	0,140
BAJO	0,040	≤ V <	0,074

**ANEXO 08. Panel fotográfico**

**Figura 26**

*Trabajos de entrevista a la población colindante al río Umachiri*



**Figura 27**

*Trabajos de campo en la coordenada UTM WGS84: 310,981.147 E y 8,356,690.805 N*



**Figura 28**

Muros de contención de mampostería – utilizado con medidas estructurales para evitar erosión y desborde del río. UTM WGS84 310,934.564 E 8,356,670.367 N.



**Figura 29**

*Trabajos de campo en la coordenada UTM WGS84 310,925.145 E 8,356,665.393 N*



**Figura 30**

*Trabajos de campo en la coordenada UTM WGS84 310,925.145 E 8,356,665.393 N*



**Figura 31**

*Trabajos de campo en la coordenada UTM WGS84 310,925.145 E 8,356,665.393 N*



**Figura 32**

*Trabajos de entrevista a la población colindante al río Umachiri*



**Figura 33**

*Vista del puente que comunica las localidades de Umahiri con Chuquibambilla*



**Figura 34**

*Vista al lado Izquierdo del cauce del río Umachiri*



**Figura 35**

*Vista tomada desde la coordenada 311,430.945 E 8,357,535.832 N*



**Figura 36**

*Vista tomada desde la coordenada 311,430.945 E 8,357,535.832 N, hacia el lado Este*



**Figura 37**

*Trabajos de campo en la coordenada UTM WGS84 311,579.112 E 8,357,661.218N*





**Figura 38**

*Trabajos de campo en la coordenada UTM WGS84 311,579.112 E 8,357,661.218N*



**Figura 39**

*Trabajos de campo en la coordenada UTM WGS84 311,579.112 E 8,357,661.218N*



**Figura 40**

*Puente que comunica las localidades de Umahiri con Chuquibambilla*



**Figura 41**

*Áreas desbordadas hacia el margen derecho del río Umachiri, en la siguiente coordenada 311,254.313 E y 8,357,520.989 N*



**Figura 42**

*Equipo de trabajo, vista del Dron - DJI Air 2S*



# AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo ALEX EFRAIN CALIZAYA FLORES  
identificado con DNI 70108476 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  Título Profesional denominado:

"EVALUACIÓN DEL RIESGO ANTE EL FENÓMENO DE INUNDACIÓN FLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DE LA CIUDAD DE UMACHIZI - MELGAR - PUNO"

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.


En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 16 de Julio del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo ALEXEFRAIN CALIZAYA FLORES  
identificado con DNI 70108476 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA GEOLÓGICA

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

“EVALUACIÓN DEL RIESGO ANTE EL FENÓMENO DE INUNDACIÓN  
FLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DE LA CIUDAD DE UMACHIRI-MELGAR-PUNO  
” Es un tema original.


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

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

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

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 16 de Julio del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella