

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

**“ZONIFICACION DE LAS AREAS INUNDABLES POR
DESBORDE DE LA QUEBRADA PARIAPUQUIO
PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO,
CAJAMARCA 2022”**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Jose Alfredo Machuca Castañeda

Yoel Jhonatan Sanchez Gamonal

Asesor:

Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez

<https://orcid.org/0000-0001-8861-7889>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Kely Elizabeth Núñez Vásquez	42679441
	Nombre y Apellidos	Nº Colegiatura o DNI

Jurado 2	Tulio Edgar Guillén Sheen	26676774
	Nombre y Apellidos	Nº Colegiatura o DNI

Jurado 3	Jane Elizabeth Álvarez Llanos	26704582
	Nombre y Apellidos	Nº Colegiatura o DNI

INFORME DE SIMILITUD

TESIS - MACHUCA y SANCHEZ 3

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1 %
2	Submitted to Universidad de Piura Trabajo del estudiante	1 %
3	Cruz García Liliana Ernestina. "Análisis de obras para mitigar las inundaciones en la ciudad de Tapachula, Chiapas", TESIUNAM, 2019 Publicación	1 %
4	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo Trabajo del estudiante	<1 %
5	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
6	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %
7	Submitted to Universidad de Pamplona Trabajo del estudiante	<1 %

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

DEDICATORIA

A esos seres queridos por darnos las fuerzas y fortalezas para lograr ser profesionales, a nuestros padres en especial por todo el apoyo y esfuerzo que dedicaron en la formación profesional y por todos aquellos valores que cultivaron en nosotros.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por brindarnos la vida y la salud; asimismo a nuestra familia por el apoyo y esfuerzo brindado y a Beca 18 por el sustento económico para poder cumplir nuestros sueños de ser profesionales.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE ECUACIONES	13
RESUMEN	14
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	15
1.1. Realidad problemática	16
1.2. Formulación del problema	22
1.3. Objetivos	22
1.3.1. Objetivo general.	22
1.3.2. Objetivos específicos.	22
1.4. Hipótesis	23
1.5. Variables.	23
1.5.1. Variable independiente.	23
1.5.2. Variable dependiente.	23
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	24
2.1. Población y muestra.	24
2.1.1. Población.	24
2.1.2. Muestra.	24
2.2. Materiales, instrumentos y métodos.	26

2.2.1.	Materiales.	26
2.2.2.	Instrumentos.	26
2.2.3.	Método.	27
2.3.	Procedimiento de recolección de datos.	28
2.3.1.	Trabajo de campo.	28
2.3.2.	Trabajo de gabinete.	31
2.4.	Procedimiento de tratamiento y análisis de datos.	52
CAPÍTULO III: RESULTADOS		54
3.1.	Características geomorfológicas de la microcuenca	54
3.1.1.	Parámetros geomorfológicos.	54
3.2.	Curva hipsométrica.	55
3.3.	Polígono de frecuencia de altitudes.	56
3.4.	Altitud más frecuente.	58
3.5.	Número de curva.	59
3.5.1.	Porcentaje de áreas de cobertura vegetal.	59
3.6.	Cálculo de CN.	59
3.7.	Modelamiento Hidrológico.	60
3.7.1.	Análisis de datos dudosos de la estación Weberbauer.	60
3.8.	Precipitaciones máximas para 24 horas.	63
3.8.1.	Transposición de Precipitación (mm) en la Cuenca de Pariapuquio.	63
3.8.2.	Prueba de bondad de ajuste kolomogorov - Smirnov.	63
3.8.3.	Resultados para las precipitaciones máximas para 24 h, para la Distribución Log-Normal.	64
3.9.	Determinación de caudales máximos.	65

3.9.1.	Tiempo de concentración según la fórmula de Kirpich.	65
3.9.2.	Coeficiente de escorrentía.	65
3.9.3.	Caudales máximos para diversos tiempos de retorno.	65
3.10.	Inundación.	66
3.10.1.	Modelamiento N° 1: Caudal máx. = 5.85 m ³ /s, alcanzado en un Tr = 10 años.	67
3.10.2.	Modelamiento N° 2: Caudal máx. = 7.72 m ³ /s, alcanzado en un Tr = 25 años.	68
3.10.3.	Modelamiento N° 3: Caudal máx. = 9.17 m ³ /s, alcanzado en un Tr = 50 años.	69
3.10.4.	Modelamiento N° 4: Caudal máx. = 10.61 m ³ /s, alcanzado en un Tr = 100 años.	70
3.10.5.	Modelamiento N° 5: Caudal máx. = 11.48 m ³ /s, alcanzado en un Tr = 150 años.	71
3.10.6.	Modelamiento N° 6: Caudal máx. = 12.11 m ³ /s, alcanzado en un Tr = 200 años.	72
3.10.7.	Cuadro resumen de los niveles de peligro por tiempo de retorno de la quebrada Pariapuquio.	73
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		75
4.1.	Discusión.	75
4.2.	Conclusiones.	77
REFERENCIAS		79
ANEXOS		84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Rangos aproximados del Factor Forma (Ff).....	37
Tabla 2: Rangos de la pendiente media de la cuenca	38
Tabla 3: Precipitaciones máximas a 24 horas de la estación meteorológica Augusto Weberbauer	41
Tabla 4 Parámetros Geomorfológicos de la cuenca.....	54
Tabla 5 Características de la microcuenca.....	55
Tabla 6 Polígono de frecuencia de altitudes.....	56
Tabla 7 Cobertura vegetal de la cuenca.....	59
Tabla 8 Cálculo del CN	59
Tabla 9 Precipitaciones de la estación Weberbauer.	60
Tabla 10 Análisis de datos dudosos.	61
Tabla 11 Transposición de Precipitaciones a la cuenca Pariapuquio	63
Tabla 12 Prueba de bondad de ajuste kolomogorov – Smirnov.....	63
Tabla 13 Precipitaciones máximas para 24 h, para la Distribución Log-Normal en diferentes periodos de retorno	64
Tabla 14 Tiempo de concentración.....	65
Tabla 15 Coeficiente de escorrentía	65
Tabla 16 Caudales máximos según los tiempos de retorno.....	65
Tabla 17 Rangos de niveles de peligro.....	66
Tabla 18 Áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 10 años.....	67
Tabla 19 Áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 25 años.....	68
Tabla 20 Áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 50 años.....	69
Tabla 21 Áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 100 años.....	70
Tabla 22 Áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 150 años.....	71
Tabla 23 Áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 200 años.....	72
Tabla 24 Cuadro resumen de peligrosidad por tiempo de retorno de la quebrada Pariapuquio	73

Tabla 25 Matriz de consistencia 84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Plano de ubicación del área de estudio.	25
Figura 2 Croquis de la quebrada Pariapuquio.....	25
Figura 3 Inspección de la zona de estudio.....	28
Figura 4 Ubicación y toma de datos de los BMs.....	29
Figura 5 Puntos de control terrestre.....	30
Figura 6 Levantamiento topográfico del área de estudio.....	30
Figura 7 Posicionamiento de cámaras y solapamiento de imágenes.....	31
Figura 8 Delimitación de la subcuenca de la quebrada Pariapuquio.....	32
Figura 9 Área de la cuenca. y perímetro.....	32
Figura 10 Pendiente de la cuenca.....	33
Figura 11: Áreas y altitudes de la cuenca.....	33
Figura 12 Longitud de las curvas de nivel.....	34
Figura 13 Longitud del cauce principal.....	34
Figura 14 Orden y longitudes de los cauces.....	35
Figura 15 Altitud más frecuente.....	38
Figura 16 Determinación de precipitaciones máximas en 24 horas por cada periodo de retorno.....	42
Figura 17 Elección de la distribución de mayor ajuste.....	42
Figura 18 Cobertura vegetal de la microcuenca de la quebrada Pariapuquio.....	43
Figura 19 Coeficiente de escorrentía método racional clásico.....	44
Figura 20 Importación del terreno MDT.....	46
Figura 21 Malla 2D en el terreno.....	46
Figura 22 Líneas de rotura.....	47
Figura 23 Edición de las Zonas especiales del terreno.....	48
Figura 24 Condiciones de contorno en la salida del modelo.....	48
Figura 25 Importación de los hidrogramas de entrada por tiempo de retorno, al modelo.....	49
Figura 26 Incorporación de rugosidad al terreno.....	49

Figura 27 Simulación por periodo de retorno.....	50
Figura 28 Altura de inundación.....	50
Figura 29 Velocidad de inundación	51
Figura 30 Niveles de peligro de inundación de la quebrada Pariapuquio.....	51
Figura 31 Rangos del nivel de peligro en función a la velocidad y el tirante.	52
Figura 32 Curva hipsométrica.....	55
Figura 33 Ciclo de erosión de una cuenca.....	56
Figura 34 Polígono de frecuencia de altitudes	57
Figura 35 Altitud más frecuente.....	58
Figura 36 Ajuste estadístico para la distribución LogNormal	64
Figura 37: Mapa de niveles de peligro para el TR=10 años	67
Figura 38 Porcentaje de las áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 10 años.....	67
Figura 39 Mapa de niveles de peligro para el TR=25 años	68
Figura 40 Porcentaje de las áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 25 años.....	68
Figura 41 Mapa de niveles de peligro para el TR=50 años	69
Figura 42 Porcentaje de las áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 50 años.....	69
Figura 43 Mapa de niveles de peligro para el TR=100 años	70
Figura 44 Porcentaje de las áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 100 años.....	70
Figura 45 Mapa de niveles de peligro para el TR=150 años	71
Figura 46 Porcentaje de las áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 150 años.....	71
Figura 47 Mapa de niveles de peligro para el TR=200 años	72
Figura 48 Porcentaje de las áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 200 años.....	72
Figura 49 Niveles de peligro por periodo de retorno de la quebrada Pariapuquio.....	73
Figura 50 Total de áreas inundadas por periodo de retorno	74

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Ancho promedio.....	35
Ecuación 2: Coeficiente de compacidad	36
Ecuación 3: Factor Forma	36
Ecuación 4: Altitud media de la cuenca	37
Ecuación 6: Coeficiente de masividad	39
Ecuación 7: Coeficiente orográfico.....	39
Ecuación 8: Densidad de drenaje	39
Ecuación 9: Transposición de precipitaciones	40
Ecuación 10: Tiempo de concentración	44
Ecuación 11: Caudal máximo por el método racional clásico.....	45

RESUMEN

Las inundaciones pueden catalogarse como un fenómeno natural más mortífero de la sociedad; por ello, este trabajo de investigación se realizó con el fin de zonificar las áreas inundables por desborde de la quebrada Pariapuquio para múltiples tiempos de retorno.

Como objetivo principal de esta investigación se pretende zonificar áreas inundables por desborde de la quebrada Pariapuquio en diferentes periodos de retorno. Por lo que se realizó una secuencia de actividades como reconocimiento del área de estudio para luego realizar el estudio topográfico de 22.9 has con Dron Marvic Air 2 y GPS diferencial Trimble R8S. Luego en gabinete se obtuvieron datos hidrometeorológicos de la microcuenca de la quebrada basados en los datos de precipitaciones máximas en 24 h (SENAHMI) y así obtener las precipitaciones máximas para los tiempos de retorno de 10, 25, 50, 100, 150 y 200 años y teniendo como caudales máximos de 5.85, 7.72, 9.17, 10.61, 11.48, 12.11 m³/s. Por otro lado, se pretende responder la interrogante planteada en esta investigación ¿Cuál es la zonificación de las áreas inundables ocasionadas por el desborde de la quebrada Pariapuquio en diferentes periodos de retorno?; para ello, se realizó un modelamiento hidráulico con el software Hec-Ras teniendo como resultado planos de zonificación de áreas inundadas por los periodos de retorno de 1.30 has para TR10, 1.60 has para TR25, 1.72 has para TR50, 1.87 has para TR100, 1.92 has para TR150 y 1.96 has para TR200.

PALABRAS CLAVES: Áreas inundables, Inundación, Periodos de retorno, Precipitaciones máximas, Quebrada Pariapuquio, Modelamiento hidráulico, Caudales máximos, Hec-Ras.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Entre los fenómenos naturales que generan impactos negativos para la humanidad están las inundaciones; representando la tercera parte del total de las catástrofes generadas a nivel mundial (Ceballos Bernal et al., 2016).

A principios del siglo XX, las personas que vivían en zonas urbanas representaban menos del 10 % de la población a nivel mundial; sin embargo, en la actualidad es 20 veces más, representando casi la mitad de la población del planeta (Esparza, 2019). Considerándose que la expansión urbana puede estar expuestas a riesgos naturales, como las inundaciones producidas por las lluvias o desbordes del caudal de ríos o quebradas (Contreras & Fantín, 2015).

Las inundaciones pueden provocar deslizamientos, pérdidas de bienes materiales y humanos (Esquea Valencia et al., 2020). Considerándose como uno de los desastres naturales, que representan elevados costos socioeconómicos en todo el mundo (Mendoza Tinoco & Méndez Delgado, 2018).

Según Huerta-Loera & Domínguez-Mora (2016) menciona que las inundación generan muchos riesgo; es por ello que se debe tomar en cuenta caudales de diseño para diversos periodos de tiempo. Gutiérrez et al. (2022) menciona que se debe considerar el origen de las inundaciones, que pueden ser pluviales/fluviales o costeras; donde la causa principal del primer caso, son las fuertes precipitaciones que aumentan el volumen de agua en ríos y quebradas superando la capacidad de almacenamiento.

1.1. Realidad problemática

En la actualidad, Cajamarca como región se encuentra en un proceso de desarrollo; por ende, el crecimiento demográfico ha aumentado considerablemente sin ninguna planificación urbana; por lo cual, los asentamientos humanos tienden a situarse en zonas no apropiadas y estar expuestos a fenómenos naturales como las inundaciones.

La ciudad de Cajamarca es una zona propensa a sufrir inundaciones, debido que en la ciudad se encuentran 12 afluentes entre ríos y quebradas con riesgo a desbordarse en épocas de lluvia; encontrándose dentro de ellos la quebrada Pariapuquio, considerada una de la más peligrosas de la ciudad, debido a que en épocas de lluvia el caudal aumenta considerablemente ocasionando inundaciones, que afecta a las viviendas que se encuentran cerca de las orillas de la misma; que atenta contra la integridad y seguridad de los pobladores (Sin Rodeos, 2021).

El origen de la quebrada Pariapuquio se da en las alturas de la ciudad de Cajamarca por el sector 22 Samana Cruz y desemboca en el Río Mashcón. Debido a que la ciudad se sitúa en ladera el agua de lluvia escurre hacia la quebrada aumentando su caudal; generando inundaciones en la parte baja de Cajamarca (Cajamarca Noticias, 2019).

A causa de las fuertes lluvias generadas el 6 de marzo del 2015, la quebrada Pariapuquio rebalsó inundando 20 viviendas por la zona El Badén, debido que el caudal alcanzó 70 cm de altura; ocasionando pérdidas económicas y damnificados en la zona (RPP, 2015).

Por tal motivo, lo que se pretende con esta investigación es en zonificar las posibles áreas de inundación para así prevenir los riesgos que se puedan presentar y determinar las medidas necesarias ante dicho fenómeno evitando posibles impactos negativos como

muertes, pérdidas económicas, entre otros.

A nivel mundial entre los 1895 al 2010 las inundaciones generadas han sido de 3713, y su incremento se duplicó a los años 1980 al 2012. Estos eventos son producto de un mal ordenamiento territorial, donde los asentamientos humanos situados en zonas propensas a inundación crecen considerablemente (Arreguín et al., 2016).

En muchos países de Latinoamérica hay sectores de la población que por falta o escasez de recursos económicos, viven en zonas de alto riesgo y en áreas protegidas del cauce de los ríos, fomentando las inundaciones (Fernández Arce et al., 2018). Siendo éstas una gran amenaza para la sociedad, ya que se pierden vidas, recursos económicos y se agudizan los sentimientos traumáticos de la población afectada (Chávez Cortés et al., 2016).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) considera a las inundaciones como un desastre natural más dañino y peligroso, que representan el 50% a los desastres que se generan con el agua. Es por ello que Hernández-Uribe et al. (2017) menciona que el desbordamiento del río Atemajac, origina cada año graves problemas de inundación; es por ello que en el lugar afectado considera que se debe evaluar las zonas de riesgo y de vulnerabilidad, realizando mapas de inundación de acuerdo a los periodos de retorno, con el fin de evitar pérdidas socioeconómicas y tomar las medidas correspondientes para prevenir los daños.

Según Díaz & Rodríguez (2016) la comunidad de la Pradera Alta tiene una gran probabilidad que sufra inundaciones, que conlleva a las personas estar en peligro; por ello, evalúa los niveles de riesgo por inundación teniendo el objetivo de identificar las áreas vulnerables o inundables.

Fernández Arce et al. (2018), menciona que la invasión de los asentamientos humanos se convierte en un lugar con alto riesgo para la vida, cuando estos se sitúan en

zonas inundables o en las orillas de los ríos. Por tal motivo es necesario realizar una inspección de campo que permita identificar y cartografiar las áreas inundables, para que se inicie la construcción de defensas rivereñas que garanticen la seguridad de los asentamientos humanos frente a peligros de inundaciones.

Soria Díaz et al. (2015), con referente a las inundaciones generadas en la ciudad de Iquitos, señala que en las áreas inundables de debe evaluar el riesgo de este fenómeno mediante cartografías de riesgo, donde identifique sectores de peligro y vulnerabilidad, y cartografías geomorfológicas que determinan la valoración económica y la exposición humana; con el fin de salvaguardar la seguridad socioeconómica y establecer propuestas para un ordenamiento territorial.

Delgado (2013) en el estudio de áreas inundables en la ciudad de Jaén, consideró el estudio hidrológico y la modelación hidráulica del río para determinar el peligro, asimismo consideró una encuesta a la zona aledaña al río con el fin de identificar la vulnerabilidad, teniendo como resultado un riesgo con nivel muy alto y vulnerabilidad alta.

Loyola Morales (2019) para evaluar las inundaciones generadas, tuvo consideración en determinar la vulnerabilidad en las familias afectadas, en la peligrosidad de la quebrada Rio Grande a través de la recolección de datos económicos, sociales, geológicos y ambientales.

Entre las avenidas más importantes que tiene nuestra región son las siguientes: San Pablo (Jancos 2001), Magdalena (Choropampa 1998 y 2001), Chota (La Púcara 1999) (Zavala Carrión, Bilberto Luis, Rosado Seminario, 2015).

Cerna (2015), menciona que para la evaluación de las inundaciones en Calispuquio Sector V- Cajamarca, consideró una recopilación, análisis e interpretación de datos, parámetros de evaluación como visitas para la definición de las áreas críticas de inundación,

teniendo en cuenta la normativa Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENEPRED) y el instituto de Nacional de Defensa Civil (INDECI).

En la Tesis “Comportamiento de las Máximas Avenidas y las posibles áreas de inundación producidas en la Quebrada Cruz Blanca para la zona Urbana del Distrito de Cajamarca, 2016” Yépez C. (2016) hace mención sobre las posibles inundaciones en la Quebrada Cruz Blanca en diversos tiempos de retornos de 5, 10, 15, 20, 25, 50, 100, 150 y 200 años cuyo análisis y mapeo fueron hechos con el Software Hec-Georas con la cual se identificaron áreas de inundación, velocidades máximas y tirantes máximos en los sectores estudiados para diversos tiempos de retorno.

A continuación, se presenta los conceptos de algunos términos necesarios para el desarrollo de este trabajo de investigación:

Las inundaciones se generan por el desborde de ríos o quebradas en áreas que están ocupadas por asentamientos humanos. Es por ello que los problemas generados por este fenómeno radica por la inadecuada planeación urbana, por la circunstancias económicas que conlleva a que los pobladores habiten en lugares cercanos a ríos y en zonas propensas a inundarse (Vergara Tenorio et al., 2011).

El riesgo de inundaciones es la probabilidad de la ocurrencia de algo nocivo para la humanidad (Piperno & Sierra, 2013). La existencia del riesgo de inundaciones se puede explicar bajo la consideración de 2 factores, como la amenaza y vulnerabilidad (Aversa et al., 2020).

La vulnerabilidad resulta de la relación existente entre las personas y sus bienes que tienden a sufrir daños en eventos de peligro que depende de la amenaza, tipo de infraestructuras, materiales constructivos, y de la capacidad de actuar ante casos de emergencia (Idagarra, 2010).

Como eventos catastróficos se tiene desastres naturales que son causados por fenómenos naturales porque han ocasionado numerosas pérdidas de vidas humanas, bienes materiales y económicos (Hernández & Vieyra, 2010).

Los parámetros de la cuenca resulta ser el análisis de la geomorfología de esta que tiene como factor importante al clima, tipo de suelo, cobertura de vegetación, nivel de urbanización. También, explica la entrada de la precipitación y los procesos de escurrimiento de salida (Córdova, 2016).

Una cuenca hidrográfica se considera como la superficie del terreno donde el agua de las lluvias, se juntan para constituir un solo río. Cada cauce forma parte de una cuenca bien definida (Villon Béjar, 2002). Por otro lado Aparicio (1992) lo define como parte de la superficie, en dónde la lluvia que caen sobre ella se drena drenada por el sistema de críos que se dirigen hacia un mismo punto de salida.

La precipitación es la humedad originada en las nubes, y llega hasta la tierra; ya sea en forma de lluvias, granizos, garúas o nevadas (Villon Béjar, 2002).

La intensidad de una tormenta, es el agua de lluvia caída por cada unidad de tiempo. Lo más resaltante en el estudio de un tornado, es cuando se presenta una intensidad máxima; es decir, el nivel máximo de agua caída por cada unidad de tiempo.

La duración de lluvia, concierne a la cantidad de tiempo entre el inicio y el fin del tornado. En este proceso se precisa el lapso de duración, que corresponde a un determinado periodo de tiempo, ya sea en minutos u horas.

La frecuencia, es la cantidad de veces que se genera un tornado, con características de intensidad y duración definidas en un lapso de tiempo que mayormente se toma en años.

El periodo de retorno, se considera el intervalo de tiempo con la probabilidad de distribución de manera uniforme ante la ocurrencia de un evento que puede ser igualado o

excedido, en un año cualquiera.

Las avenidas o caudales máximas en el diseño obras de ingeniería hidráulica como dimensiones de un cauce, sistema de drenaje, alcantarillas, muros de encauzamiento, vertederos, puentes, así como también en la determinación de áreas inundables de una área de estudio; se debe calcular el caudal de diseño o el caudal máximo (Villon Béjar, 2002).

Villon Béjar (2002), define algunos métodos para calcular caudales máximos como: Método directo, métodos empíricos, métodos del número de curva, método racional. Este último será utilizado en la presente investigación.

Método racional. Este método se usa en una antigüedad de 100 años a más. Este método se emplea en cuencas donde su superficie no exceda las 1300 hectáreas o 13 Km². En este método se admite que la escorrentía máxima ocasionada por la lluvia, ocurre cuando su duración de esta es igual al tiempo de concentración (T_c).

El modelamiento hidráulico es el que describe el caudal de ríos, canales abiertos, lagos. También está enfocada en los niveles, velocidades del agua en causes mediante cálculos hidráulicos complejos (SENAMHI, 2019).

El software HEC-RAS dispone de una serie de procesos, herramientas y beneficios diseñados para el procesamiento de datos georreferenciados que permite ejecutar la elaboración de los datos geométricos para luego importarlos (JIE Y, RONALD D, BAHRAM D, 2016).

Según (INDECI, 2015) tras el desborde de la quebrada Pariapuquio causada por las fuertes lluvias ocasiono el derrumbe de 8 viviendas que quedaron inhabitables, 12 quedaron afectadas. Hubo 61 personas afectadas, 39 personas damnificadas y 1 herido que se lesionó al querer rescatar sus propiedades. Esta quebrada es identificada como uno de los 12 puntos críticos de los principales ríos y quebradas que podrían ocasionar inundaciones en la ciudad

de Cajamarca (Ministerio Público Fiscalía de la Nación, 2021).

Por tal motivo se realiza esta investigación que permitirá a los pobladores de la zona de influencia tomar las precauciones y las medidas necesarias, de los eventos que puede generarse a causa de las inundaciones; asimismo, las autoridades planteen posibles soluciones como defensas ribereñas, muros de contención, replanteo de la zona urbana, con la finalidad de prevenir y evitar pérdidas humanas, económicas, como también posibles enfermedades.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la zonificación de las áreas inundables ocasionadas por el desborde de la quebrada Pariapuquio en diferentes periodos de retorno?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

- ✓ Zonificar las áreas inundables por desborde de la quebrada Pariapuquio para diferentes periodos de retorno.

1.3.2. Objetivos específicos.

- ✓ Zonificar las áreas inundables por desborde de la quebrada Pariapuquio en el sector 22 de Samanacruz – Cajamarca, para diferentes periodos de retorno.
- ✓ Determinar los parámetros geomorfológicos y la información hidrometeorológica para la cuenca de la quebrada Pariapuquio.
- ✓ Modelar hidráulicamente la quebrada Pariapuquio, para diferentes periodos de retorno.

- ✓ Proponer alternativas de solución para la prevención de desastres en épocas de lluvia ocasionadas por el desborde de la quebrada Pariapuquio.

1.4. Hipótesis

El desborde de la quebrada Pariapuquio genera áreas inundables tanto en su margen derecho e izquierdo; ocasionando niveles de peligro alto de acuerdo al periodo de retorno.

1.5. Variables.

1.5.1. Variable independiente.

$X =$ Caudales máximos por periodo de retorno.

1.5.2. Variable dependiente.

$Y =$ Áreas inundables.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

El desarrollo de esta tesis será a partir de un análisis descriptivo porque se realizará un levantamiento topográfico, se describirán todos los datos recolectados del campo, áreas inundables y la situación del cauce de la quebrada.

Así mismo, el diseño de la investigación será no experimental, y se realizará un modelamiento hidráulico con el software Hec-Ras para zonificar las superficies inundables por desborde de la quebrada Pariapuquio en diversos periodos de retorno.

2.1. Población y muestra.

2.1.1. Población.

Quebrada Pariapuquio ubicada en la zona urbana de la ciudad de Cajamarca.

2.1.2. Muestra.

La Quebrada Pariapuquio que se encuentra ubicado en el sector 22 de Samanacruz de la ciudad de Cajamarca en el tramo Jr. José Villanueva - Río Mashcón. Cuya área de estudio se encuentra en las siguientes coordenadas UTM:

- **Este:** 773434.79 E
- **Norte:** 9209922.61 N
- **Altitud:** 2724 m.s.n.m

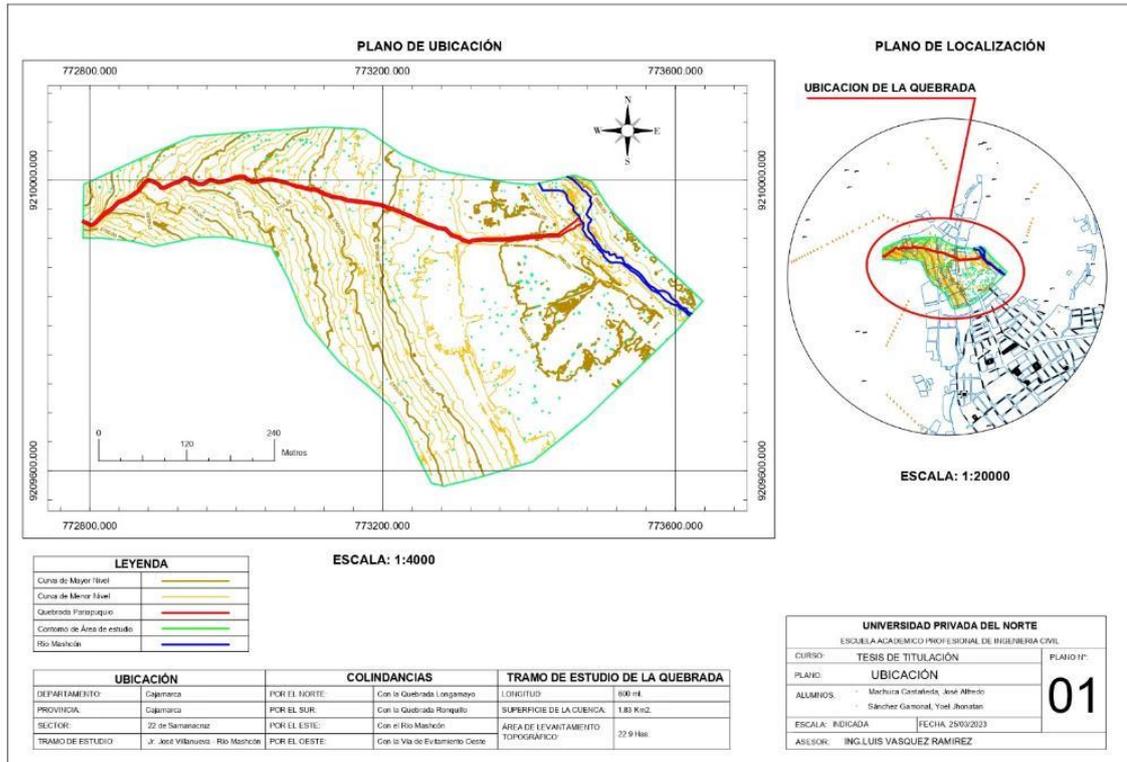
La Quebrada Pariapuquio tiene los siguientes Límites:

- **Por el norte:** Limita con la Quebrada Longamayo.
- **Por el sur:** Limita con Quebrada Ronquillo.
- **Por el este:** Limita con el Río Mashcón.
- **Por el oeste:** Limita con la Vía de Evitamiento.

PLANO DE UBICACIÓN

Figura 1

Plano de ubicación del área de estudio.



Nota: La imagen indica el plano del área de estudio de la presente investigación. Autoría propia

QUEBRADA PARIAPUQUIO

Figura 2

Croquis de la quebrada Pariapuquio



Nota: La imagen indica el plano de la Quebrada Pariapuquio. Tomado de la Municipalidad Provincial de Cajamarca

2.2. Materiales, instrumentos y métodos.

2.2.1. Materiales.

Para la zonificación de las áreas inundables de la quebrada Pariapuquio, mediante un modelamiento hidráulico, se hizo un levantamiento topográfico de 22.9 has aproximadamente, para la obtención de posibles áreas inundables que genera el desborde de la quebrada, en diferentes periodos de retorno; para ello se utilizaron los siguientes materiales.

Spray. Sirvió para marcar los puntos de control.

Machete: Se utilizó para cortar ramas de arbustos que impedían el pase cuando se hizo la inspección de la zona de estudio.

Libreta topográfica: Sirvió para la copia de coordenadas de los puntos de control.

2.2.2. Instrumentos.

Precipitaciones máximas en 24 h (SENAMHI): Sirvió para realizar la transposición a las precipitaciones máximas en la microcuenca en estudio.

GPS diferencial Trimble R8S: Sirvió para colocar puntos de control, como los Bms; en zonas estratégicas.

Dron Marvic Air 2. Permite determinar la tipología del área de estudio a partir de una fotogrametría de imágenes captadas en los vuelos, lo que permite tener una información precisa para la generación de un modelo digital.

El uso de programas para la elaboración del trabajo de indagación como: ArcGis 10.5, Hidro Calc, Hydrognomon, AutoCAD Civil 3D, Hec-Ras y Office2019, todos en versión estudiantil. Así mismo, el Internet.

2.2.3. Método.

El trabajo de investigación se realizó de manera cuantitativa, porque se zonificará a través un modelamiento hidráulico áreas inundables, en el cual intervendrá datos como parámetros morfológicos de la cuenca y tiempos de retorno.

Para obtener los parámetros morfológicos de la cuenca, se usaron imágenes ASTER-GDEM del Geoservidor del Ministerio de Ambiente, en el software ArcGIS 10.5, en versión estudiantil.

El análisis de Precipitaciones Máximas a Diferentes Tiempos de Retorno de la Microcuenca, se realiza con Software HYDROGNOMON; teniendo como base las precipitaciones máximas a 24 horas de la Estación Augusto Weberbauer comprendiendo los años de 1970 al 2021, obtenidas del SENAMHI.

La elección de los periodos de retorno se consideró lo indicado en el Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje, que son de 10 años a más.

La microcuenca de estudio tiene un área de 1.83 km², por lo que se utilizó el método racional Clásico, determinando caudales máximos en tiempos de retorno: 10, 25, 50, 100, 150 y 200 años.

2.3. Procedimiento de recolección de datos.

El desarrollo de este trabajo de investigación siguió un procedimiento basado en las siguientes fases:

2.3.1. Trabajo de campo.

Fase 1: Se identificó el área de estudio, realizando un recorrido de la quebrada Pariapuquio, y observar las condiciones actuales del cauce y sección de la quebrada; con el fin de determinar a simple vista los posibles puntos de desbordamiento.

Figura 3
Inspección de la zona de estudio



Nota: Las imágenes muestran la condición actual de la quebrada en la fecha de inspección de campo.
Autoría propia.

Fase 2: Selección del tramo para realizar el modelamiento hidráulico. Luego de realizar el recorrido, se eligió un tramo para desarrollar este trabajo de investigación: desde el puente del Jr. José Villanueva, Hasta el Río Mashcón, porque desde este tramo se observa la parte más crítica de la quebrada y sobre todo se da el inicio de los asentamientos humanos,

que pueden ser afectados por las posibles inundaciones que puede generar el desborde de la quebrada.

Fase 3: Establecimiento del P-Emisor (Punto de control) para delimitar la cuenca.

Fase 4: Se realizó el estudio topográfico de 22.9 has de área de influencia y aproximadamente 600 m de la quebrada, con el fin de modelar hidráulicamente la quebrada a partir del emplazamiento del cauce. La topografía consistió de la siguiente manera.

Con el GPS diferencial se ubicó 8 puntos control en zonas estratégicas con mayor visibilidad, como los BMs; los cuales fueron marcados con spray, de tal forma que puedan ser vistos fácilmente en las imágenes del Dron para la posterior corrección de las cámaras y validación durante el procesamiento en gabinete.

Figura 4

Ubicación y toma de datos de los BMs



Nota: En las imágenes se pueden observar la demarcación de BMs. Autoría propia

Figura 5

Puntos de control terrestre.



Nota: La imagen indica los puntos de control o Bms tomados. Autoría propia

Con el Dron se realizaron 3 vuelos, desde 2 puntos diferentes de despegue capturando un total de 610 fotografías aéreas. El primero que corresponde a la zona baja de la cuenca, el segundo que corresponde la parte alta de la cuenca y el tercero y último a la parte del cauce de la quebrada.

Figura 6

Levantamiento topográfico del área de estudio



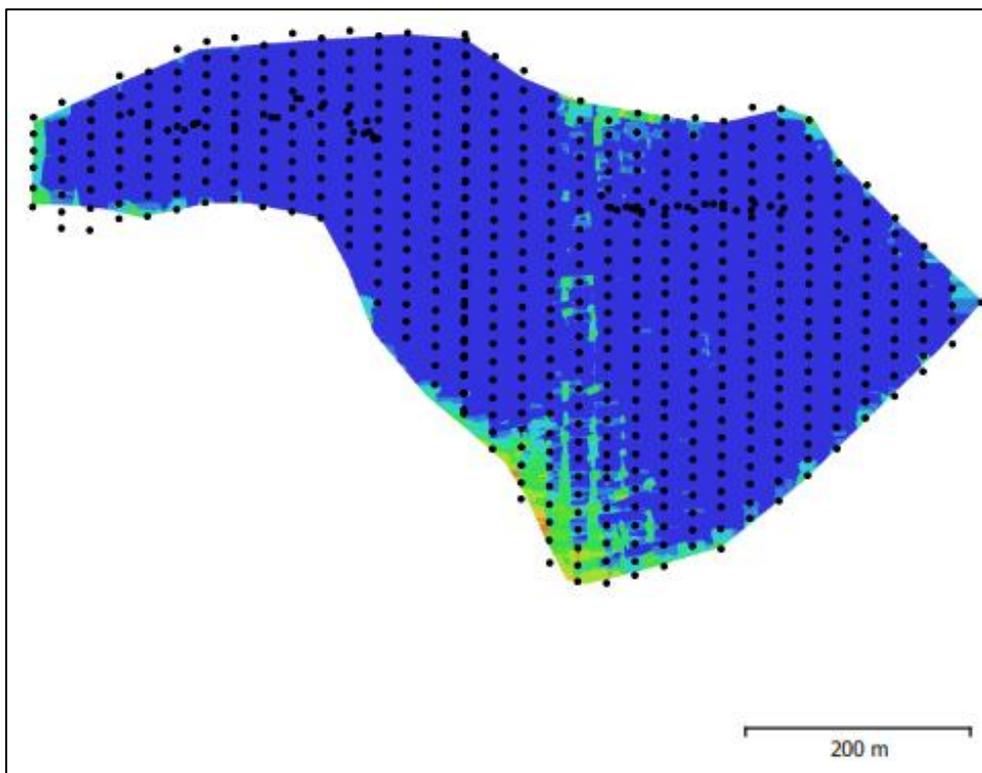
Nota: La imagen muestra el levantamiento topográfico del área de estudio con el dron. Autoría propia

2.3.2. Trabajo de gabinete.

Fase 1: Procesamiento de datos topográfico. Las imágenes obtenidas por el dron fueron procesadas con el software Agisoft Metashape Professional y rectificadas con los 8 puntos de control obtenidos del GPS diferencial. Posteriormente se generó la Ortofoto, los modelos digitales de superficie y terreno (DCM, DTM).

Figura 7

Posicionamiento de cámaras y solapamiento de imágenes.

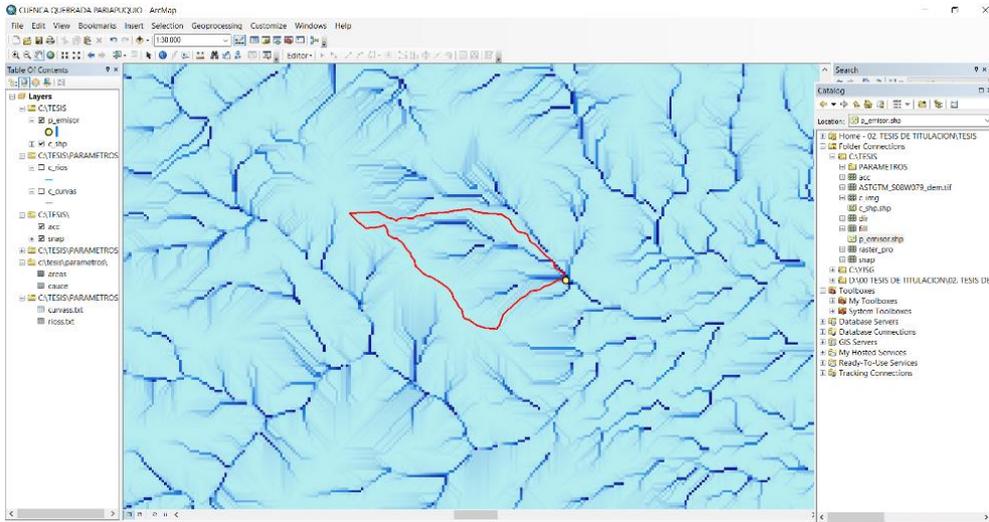


Nota: Imágenes obtenidas del levantamiento topográfico con el dron: Autoría propia

Fase 2: Delimitación de la Subcuenca. Se realizó utilizando el Software ArcGIS y las imágenes ASTER-GDEM, correspondiente a ASTGTM_S08W079.

Figura 8

Delimitación de la subcuenca de la quebrada Pariapuquio.



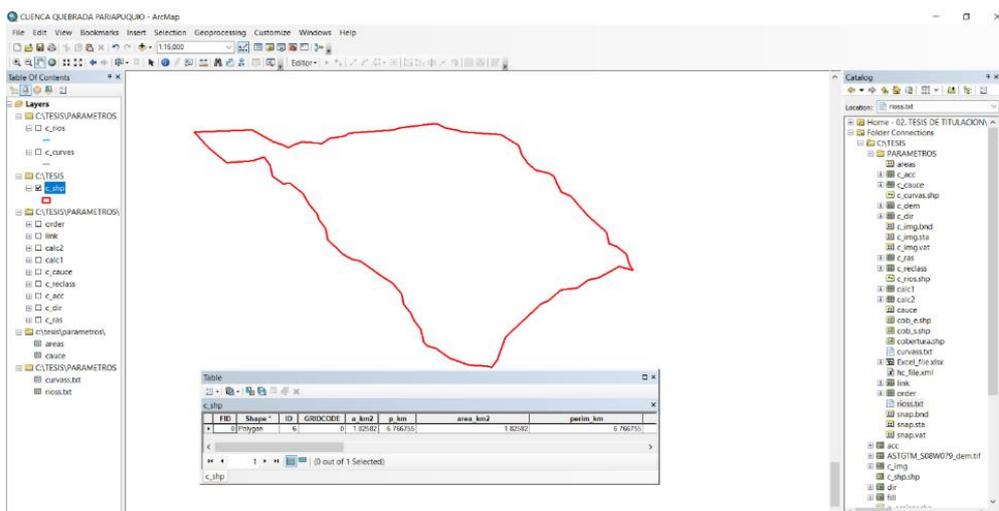
Nota: En la imagen podemos observar la delimitación de la microcuenca de la quebrada Pariapuquio el software ArcGIS. Autoría propia.

Fase 3: Se determinó algunos parámetros de la microcuenca, como:

- ✓ **Superficie de la cuenca y perímetro.**

Figura 9

Area de la cuenca. y perímetro

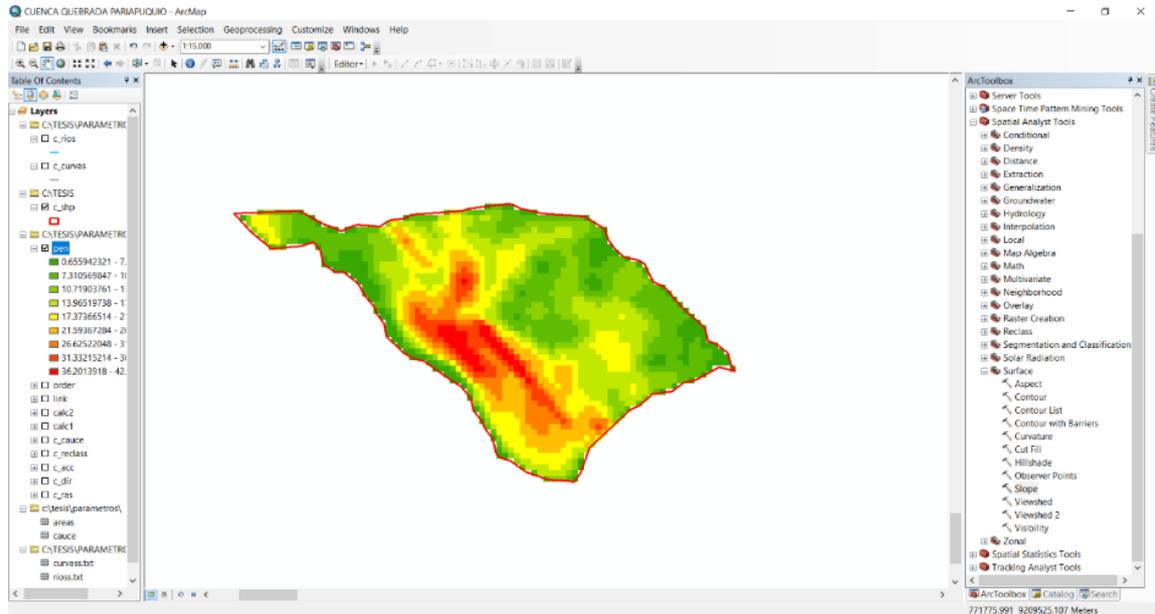


Nota: Área y perímetro de la microcuenca obtenidos en el ArcGIS. Autoría propia

✓ **Pendiente de la cuenca.**

Figura 10

Pendiente de la cuenca.

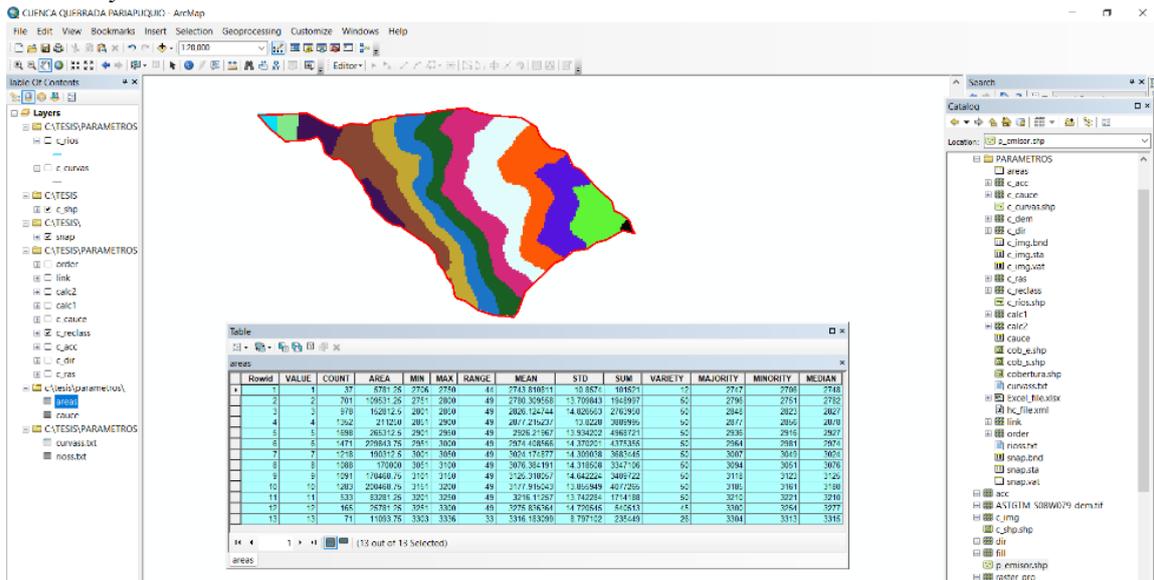


Nota: Pendiente de la microcuenca obtenidos en el ArcGIS. Autoría propia

✓ **Obtención de áreas y altitudes cada 50 m.**

Figura 11:

Áreas y altitudes de la cuenca.

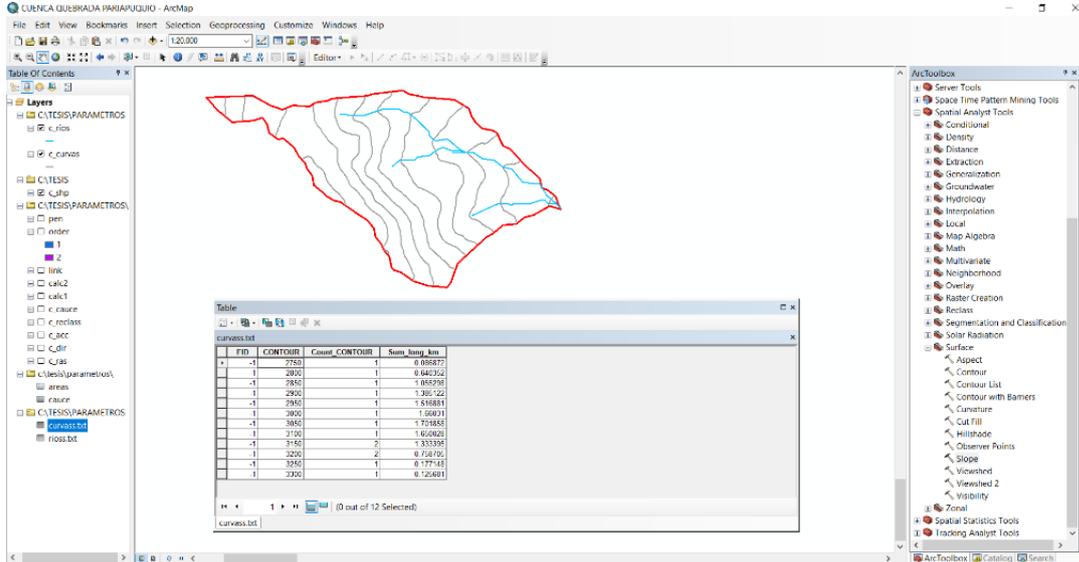


Nota: Áreas y altitudes cada 50 m de la microcuenca obtenidos en el ArcGIS. Autoría propia

✓ **Longitud de curvas de nivel.**

Figura 12

Longitud de las curvas de nivel

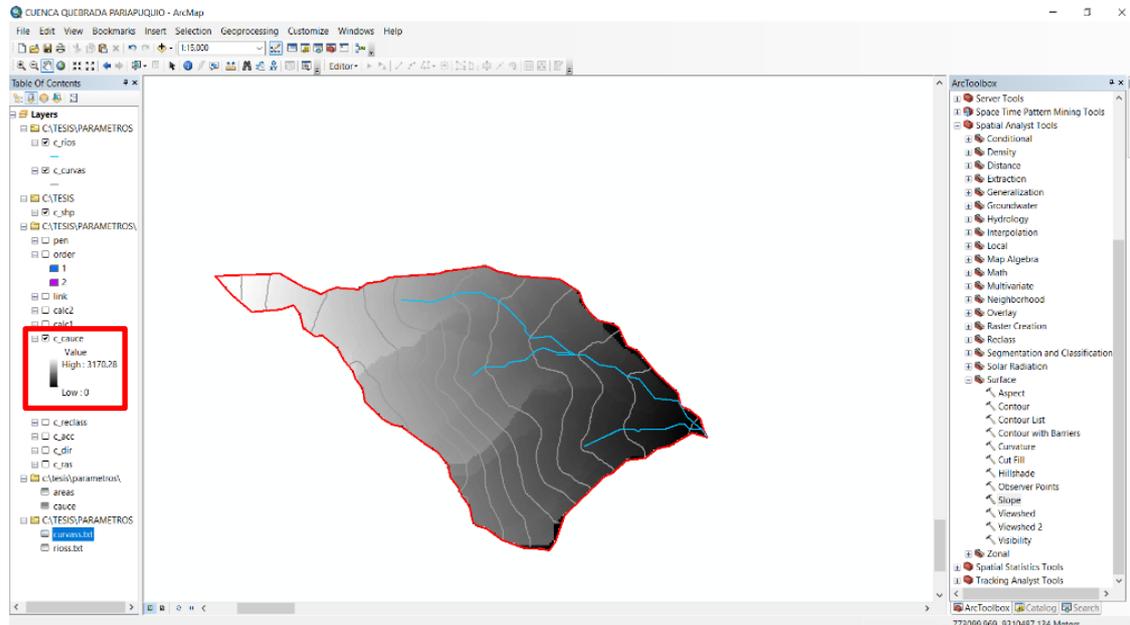


Nota: Longitud de las curvas de nivel de la microcuenca obtenidos en el ArcGIS. Autoría propia

✓ **Longitud del cauce principal.**

Figura 13

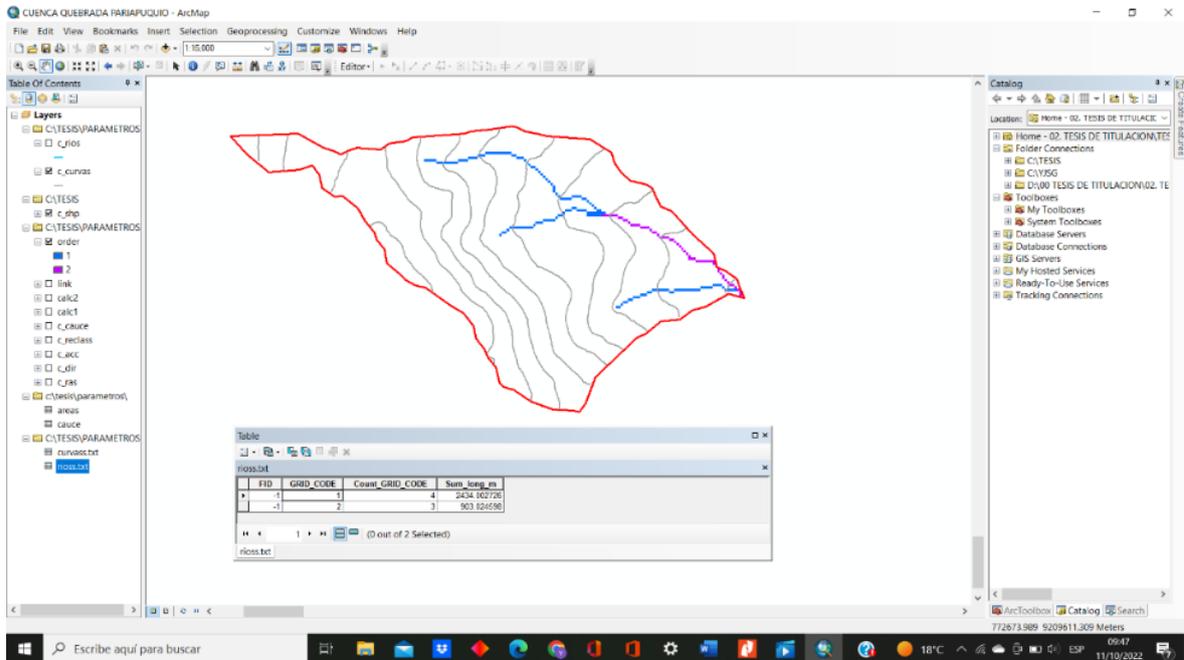
Longitud del cauce principal



Nota: Longitud del cauce principal de la microcuenca obtenidos en el ArcGIS. Autoría propia

✓ **Ríos de la cuenca y su orden.**

Figura 14
Orden y longitudes de los cauces.



Nota: Orden de los ríos de la microcuenca obtenidos en el ArcGIS. Autoría propia

✓ **Ancho promedio (B):** Resulta de correlación entre la superficie de la cuenca y la longitud del río principal, la fórmula es la siguiente:

Ecuación 1: Ancho promedio

$$Ap = \frac{A}{L}$$

Donde:

Ap = Ancho promedio.

L= Longitud del río principal (Km).

A = Superficie de la cuenca (Km²).

- ✓ **Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius:** Este representa la forma de la cuenca, según su delimitación (LÓPEZ C & MINTEGUI A, 1987).

Ecuación 2: Coeficiente de compacidad

$$k_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

K_c = Coeficiente de compacidad.

P = Perímetro de la cuenca en Km.

A = Área de la cuenca en Km².

- ✓ **Factor de forma:** Indica la elongación que tiene una cuenca. Resulta de la correlación entre el área y perímetro de la cuenca.

Ecuación 3: Factor Forma

$$F_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

F_f = Factor de forma.

A = Área de la cuenca en Km².

L = Perímetro de la cuenca en Km.

Tabla 1:

Rangos aproximados del Factor Forma (Ff)

Tabla Factor de forma (Valores aproximados)	Forma de la cuenca
< 0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
> 1.20	Rodeando el desagüe

Nota: Datos obtenidos de Pérez (1979)

- ✓ **Altitud media de la cuenca:** Esta se representa de acuerdo a los aspectos climáticos y naturales que están interconectados en la cuenca, mediante un patrón climático de la zona (ANA, 2010).

Ecuación 4: Altitud media de la cuenca

$$H_{med} = \frac{\sum(h_i \cdot S_i)}{A}$$

Donde:

H_{med} = Altitud media de la cuenca.

h_i = Altitud media entre las curvas de nivel.

S_i = Área entre las curvas de nivel.

A = Área total de la cuenca en Km².

- ✓ **Pendiente media de la cuenca:** Representa a un valor medio de todas las pendientes que conforman las distintas zonas topográficas de la cuenca (PÉREZ, J. 1979).

Tabla 2:

Rangos de la pendiente media de la cuenca

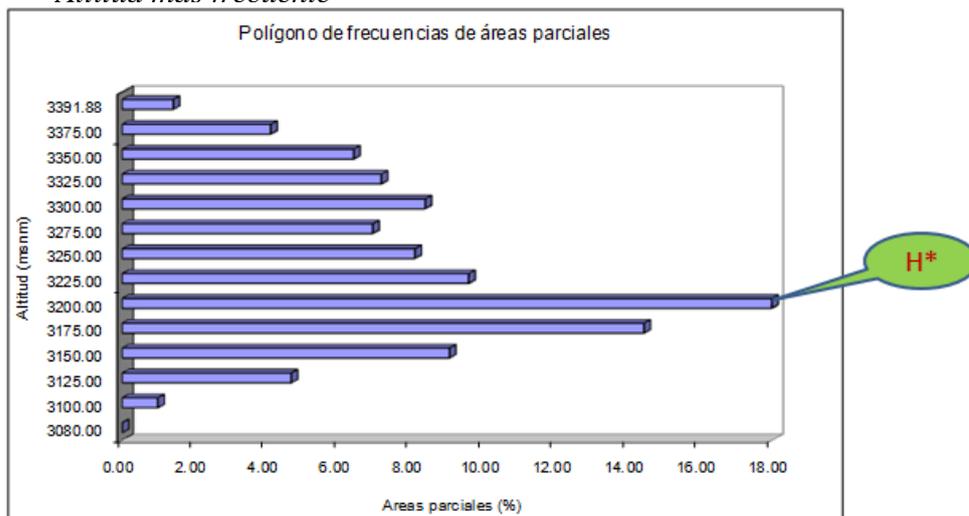
Pendiente media (%)	Terrenos
0 a 2	Llano
2 a 5	Suave
5 a 10	Accidentado medio
10 a 15	Accidentado
15 a 25	Fuertemente accidentado
25 a 50	Escarpado
> 50	Muy escarpado

Nota: Datos obtenidos de Pérez (1979)

- ✓ **Altitud más frecuente:** Es la altitud que corresponde al máximo valor porcentual en la de frecuencia de altitudes.

Figura 15

Altitud más frecuente



Nota: Información obtenida de UPN (2020)

- ✓ **Coefficiente de Masividad:** Es el resultado de la correlación entre la altitud media y la superficie de la cuenca (MARTONNE, 1940). Su fórmula es la siguiente:

Ecuación 5: Coeficiente de masividad

$$Cm = \frac{Hmed}{A}$$

Donde:

Cm = Coeficiente de masividad.

Hmed = Altitud media de la cuenca en msnm.

A = Área de la cuenca en Km².

- ✓ **Coefficiente orográfico:** Resulta de multiplicar la altitud media y el coeficiente de masividad.

Ecuación 6: Coeficiente orográfico

$$Co = Hmed * Cm$$

Donde:

Co = Coeficiente orográfico.

Hmed = Altitud media de la cuenca en msnm.

Cm = Coeficiente de masividad.

Leyes de Horton.

- ✓ **Densidad de drenaje (Dd),** Viene a ser el resultado de la relación entre la longitud total de los cursos y la superficie total de la cuenca. (LÓPEZ C, 1998).

Ecuación 7: Densidad de drenaje

$$Dd = \frac{Li}{A}$$

Donde:

Dd = Densidad de drenaje.

Li = Largo total de los cursos de agua en Km.

A = Superficie de la cuenca en Km².

Fase 4: Se obtuvo datos de las precipitaciones máximas a 24 horas de la Estación meteorológica Weberbauer (Cajamarca) de los años de 1970 al 2021 brindados por SENAMHI, lo que sirvió para transposición de datos de la microcuenca en estudio (Tabla 5).

Ecuación 8: Transposición de precipitaciones

$$I2 = I1 * \frac{Hmedia}{H1}$$

Donde:

I2 = Precipitaciones de la cuenca de Pariapuquio.

Hmedia = Altitud media de la subcuenca Pariapuquio.

H1 = Altura de la estación Weberbauer.

I1 = Precipitaciones de la estación Weberbauer.

Precipitaciones Máximas para 24 horas en la Estación Meteorológica Augusto

Weberbauer.

ESTACIÓN:	WEBERBAWER	DEPARTAMENTO:	CAJAMARCA
ALTITUD:	2536 msnm	PROVINCIA:	CAJAMARCA
LATITUD:	07 ° 10´ 03"S	LONGITUD:	78 ° 29´ 35"W

Tabla 3:

Precipitaciones máximas a 24 horas de la estación meteorológica Augusto Weberbauer

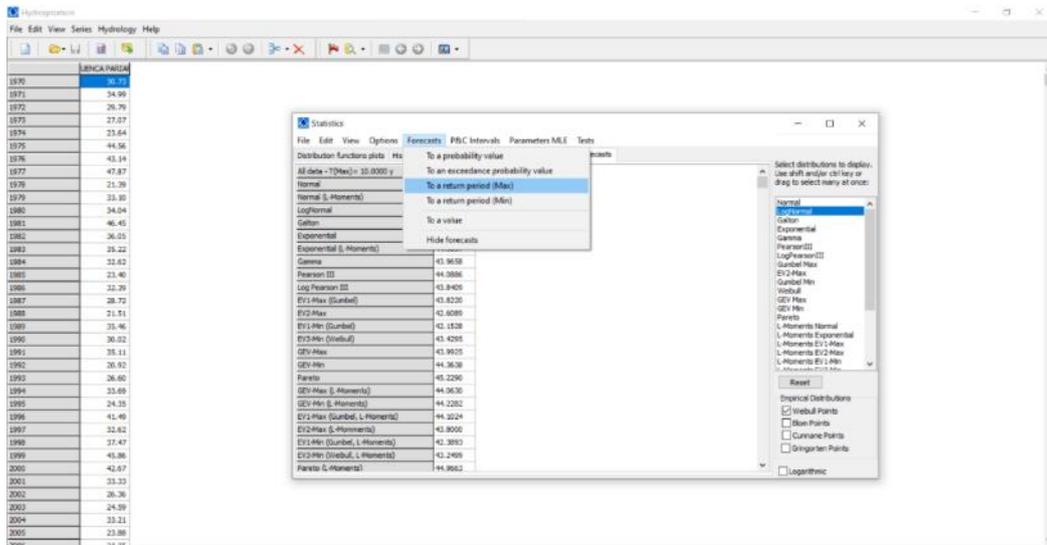
AÑO	PP max	AÑO	PP max	AÑO	PP max	AÑO	PP max
1970	26.00	1983	29.80	1996	35.10	2009	22.20
1971	29.60	1984	27.60	1997	27.60	2010	36.40
1972	25.20	1985	19.80	1998	31.70	2011	27.70
1973	22.90	1986	27.40	1999	38.80	2012	27.90
1974	20.00	1987	24.30	2000	36.10	2013	35.30
1975	37.70	1988	18.20	2001	28.20	2014	24.40
1976	36.50	1989	30.00	2002	22.30	2015	25.40
1977	40.50	1990	25.40	2003	20.80	2016	32.40
1978	18.10	1991	29.70	2004	28.10	2017	51.80
1979	28.00	1992	17.70	2005	20.20	2018	33.50
1980	28.80	1993	22.50	2006	20.60	2019	25.50
1981	39.30	1994	28.50	2007	25.40	2020	17.20
1982	30.50	1995	20.60	2008	27.00	2021	32.60

Nota: Datos obtenidos de SENAMHI

Fase 5: Se determinó las precipitaciones máximas en 24 h por periodo de retorno con el software Hydrognomon.

Figura 16

Determinación de precipitaciones máximas en 24 horas por cada periodo de retorno

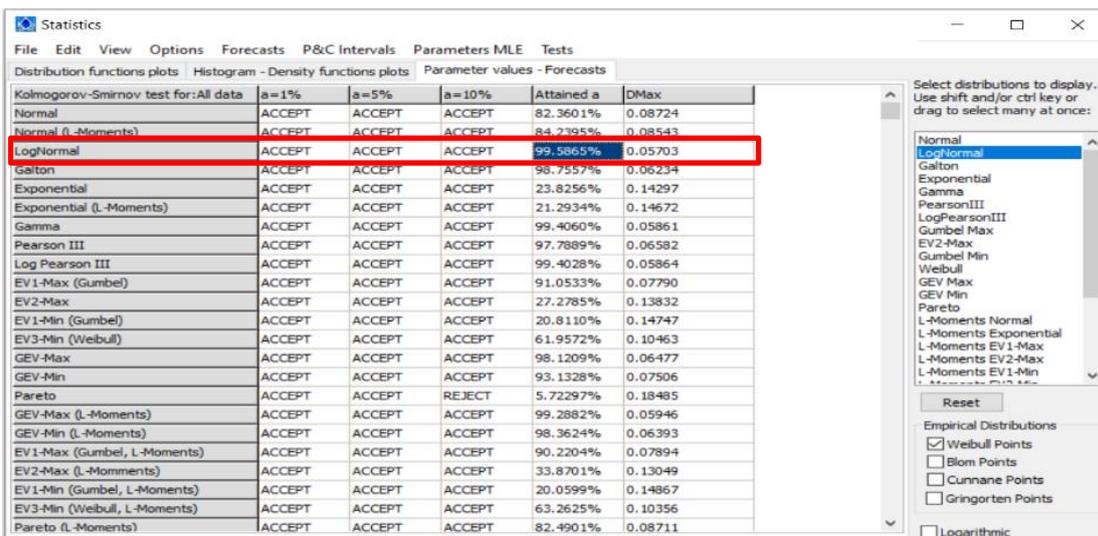


Nota: Se determina las precipitaciones máximas en el software Hydrognomon. Autoría propia.

Elección de la distribución de mayor ajuste para el cálculo de precipitaciones máximas por periodo de retorno.

Figura 17

Elección de la distribución de mayor ajuste



Nota: Se elige la distribución de Log Normal, porque es la distribución que más se ajusta. Autoría propia.

Una vez determinada la distribución de bondad de ajuste, se obtuvieron las precipitaciones máximas a 24 horas para cada tiempo de retorno.

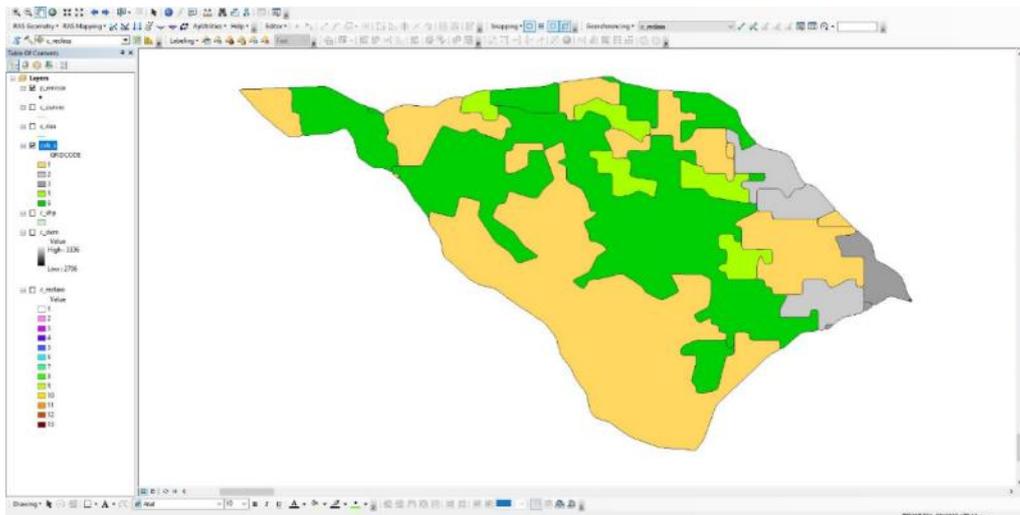
Fase 6: Cálculos del Número de curva. Descargamos de Globis la imagen satelital y seleccionamos las bandas 4, 5 y 6, para análisis de vegetación, luego agregamos dichas bandas al ArcGis y las combinamos, ordenándolas de mayor a menor, y recortamos la imagen satelital con nuestra cuenca y seleccionamos los puntos de muestreo, considerando:

- Sin vegetación (Color Piel).
- Arenas y gravas (Color Plomo Oscuro)
- Infraestructura (Color Plomo Claro)
- Bosques (Color Verde)
- Cultivos (Verde Limón)

Obteniendo finalmente la Cobertura vegetal.

Figura 18

Cobertura vegetal de la microcuenca de la quebrada Pariapuquio



Nota: Se observa la cobertura vegetal de la microcuenca. Autoría propia.

Fase 7: Cálculo de caudal máximo a través del Método Racional Clásico.

Se realizó el cálculo para tiempos de retorno de 10, 25, 50, 100, 150 y 200 años.

Tiempo de concentración: Es el tiempo requerido por una sola gota de agua para fluir desde el punto mas remoto en la cuenca hasta el punto de interés.

Ecuación 9: Tiempo de concentración

$$T_c = 0.98 * \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración (h)

C= Longitud del cauce principal (km)

H= Diferencia de elevación en m entre el comienzo del cauce principal y el punto estudiado

Coefficiente de escorrentía: Este valor se establece teniendo en cuenta las características geomorfológicas e hidrológicas de la quebrada.

Figura 19

Coefficiente de escorrentía método racional clásico

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA > 50%	ALTA > 20%	MEDIA > 5%	SUAVE > 1%	DESPRECIABLE < 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Nota: Se observa la cobertura vegetal de la microcuenca. Autoría propia.

Método racional clásico: Este método es utilizado en cuencas $A < 10 \text{ Km}^2$; en el el caudal máximo se estima a partir de la precipitación, coeficiente c (coef. escorrentía) y área de la cuenca.

Ecuación 10: Caudal máximo por el método racional clásico

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3.60}$$

Donde:

Q = Caudal máximo (m^3/s).

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Precipitación máxima en 24 horas (mm).

A = Superficie de la cuenca (Km^2).

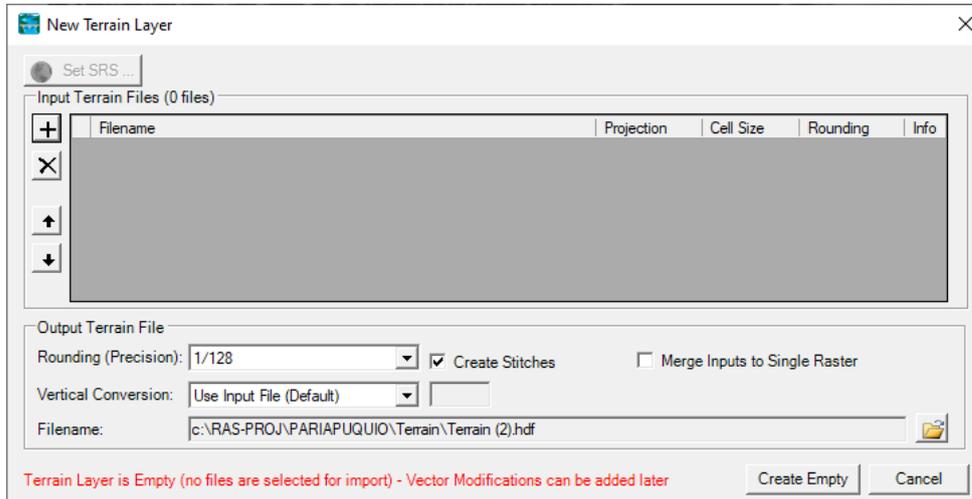
Simulación hidráulica del tramo en estudio: considerado como las propiedades, distribución y circulación del agua en el suelo, subsuelo y en la atmósfera. Teniendo en cuenta el ciclo hidrológico y variables hidrológicas como la evaporación, transpiración, precipitación, infiltración y escorrentía.

Fase 8: En 22.9 has se realiza la zonificación de áreas inundable con el software HEC – RAS para los tiempos de retorno de 10, 25, 50, 100, 150 y 200 años.

- Ventana de importación del terreno MDT obtenido del levantamiento topográfico.

Figura 20

Importación del terreno MDT

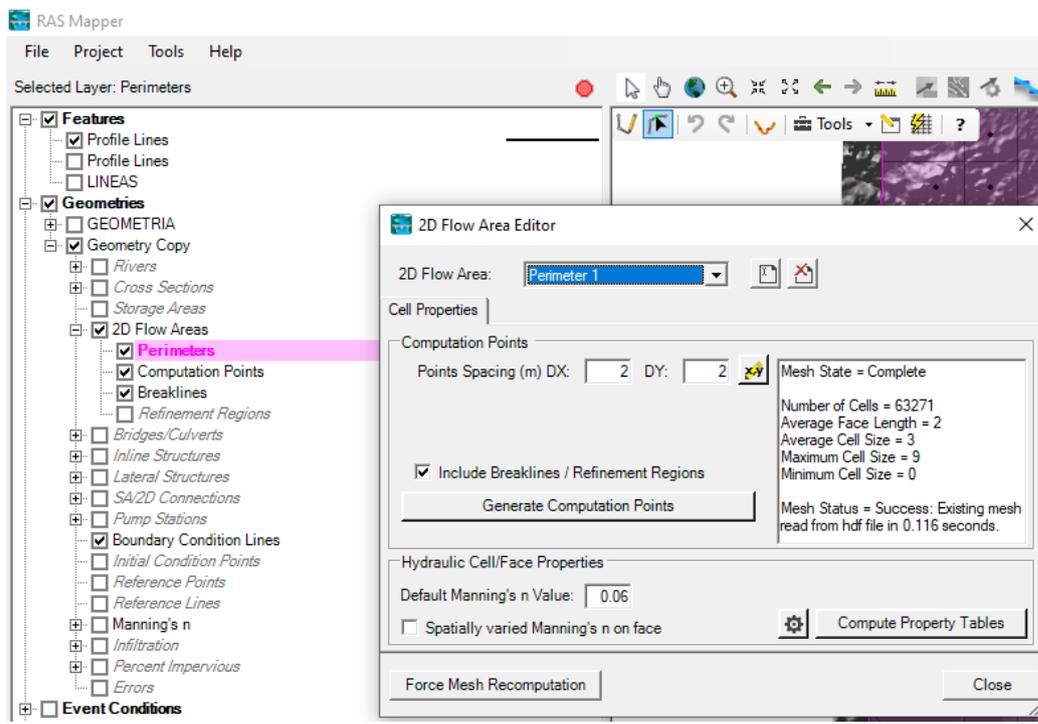


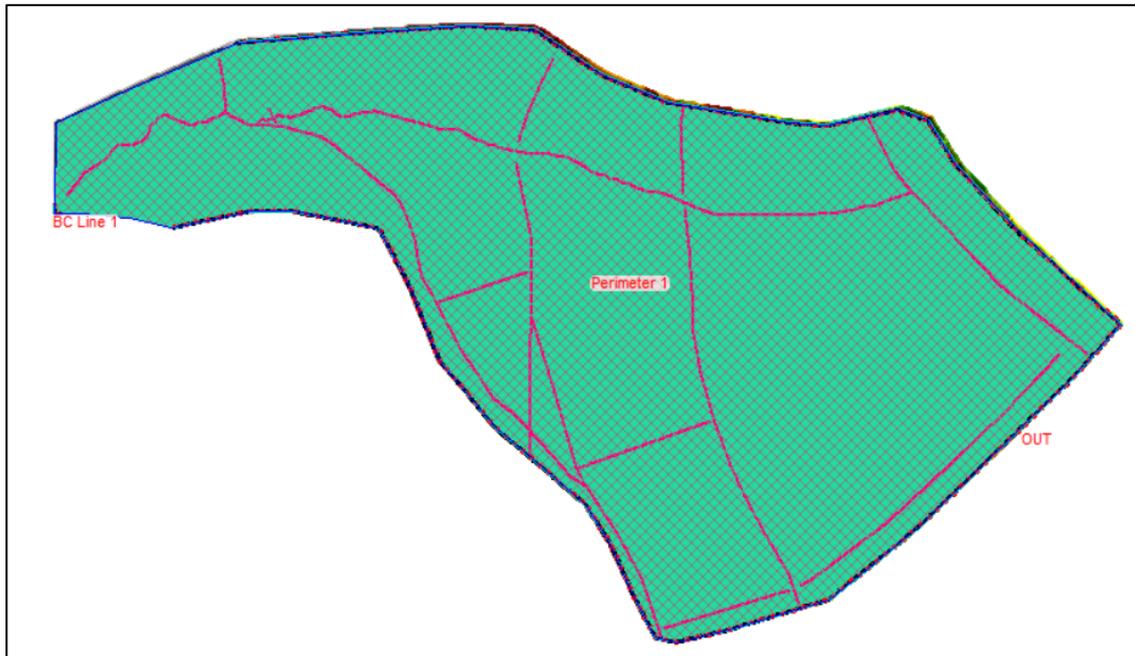
Nota: Autoría propia.

- Se generó la malla 2D al terreno.

Figura 21

Malla 2D en el terreno

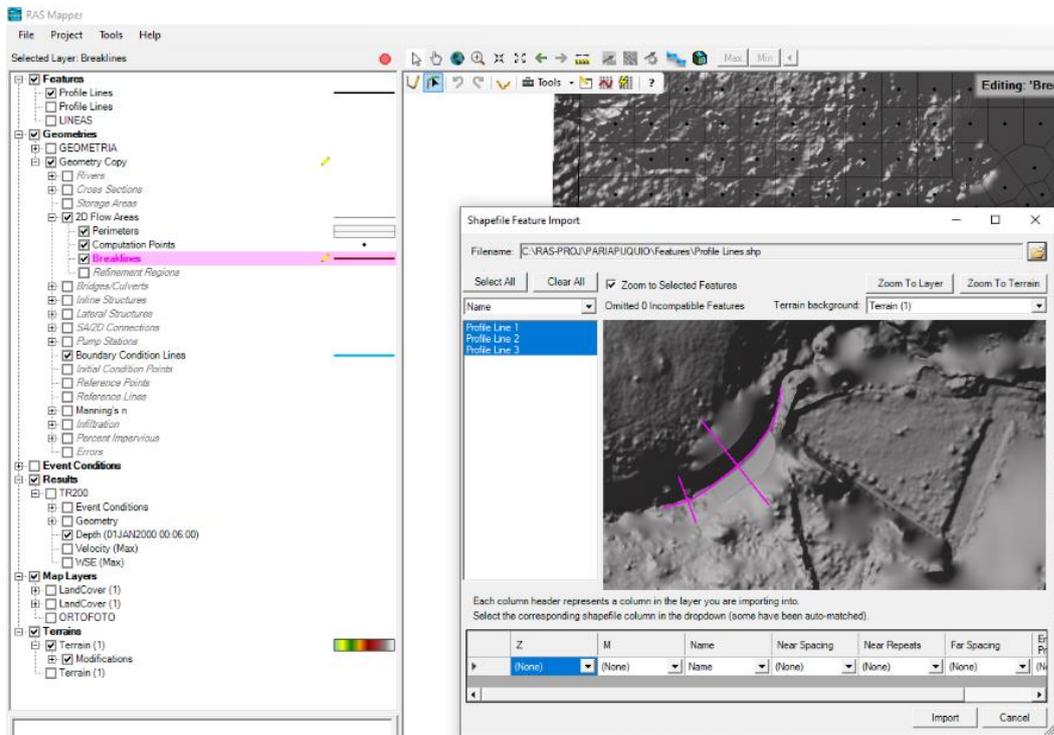




Nota: Autoría propia.

- Se agregó líneas de rotura al modelo.

Figura 22
Líneas de rotura.

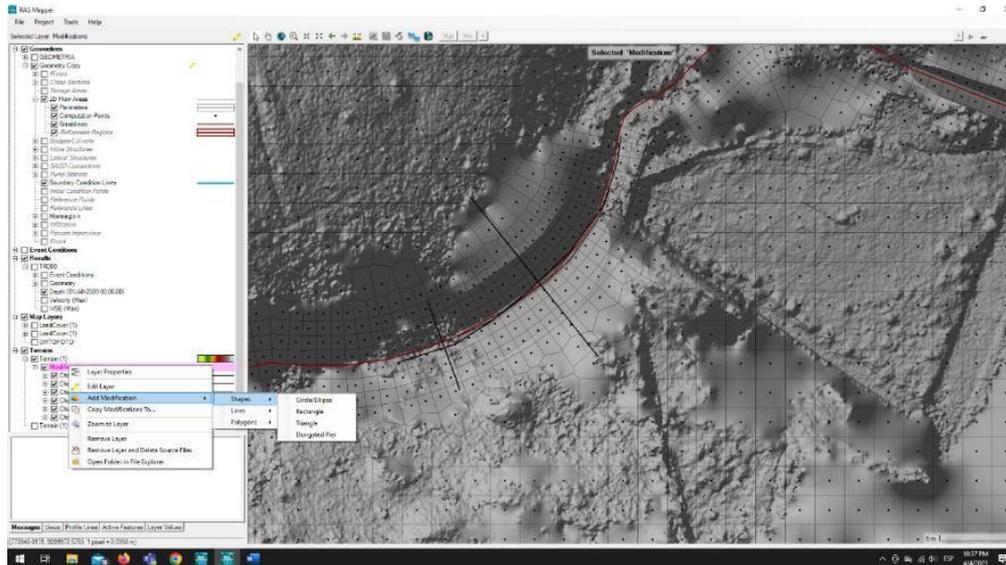


Nota: Autoría propia.

- Se procedió a editar zonas especiales del terreno, como puentes, alcantarillas y obstrucciones de vegetación.

Figura 23

Edición de las Zonas especiales del terreno

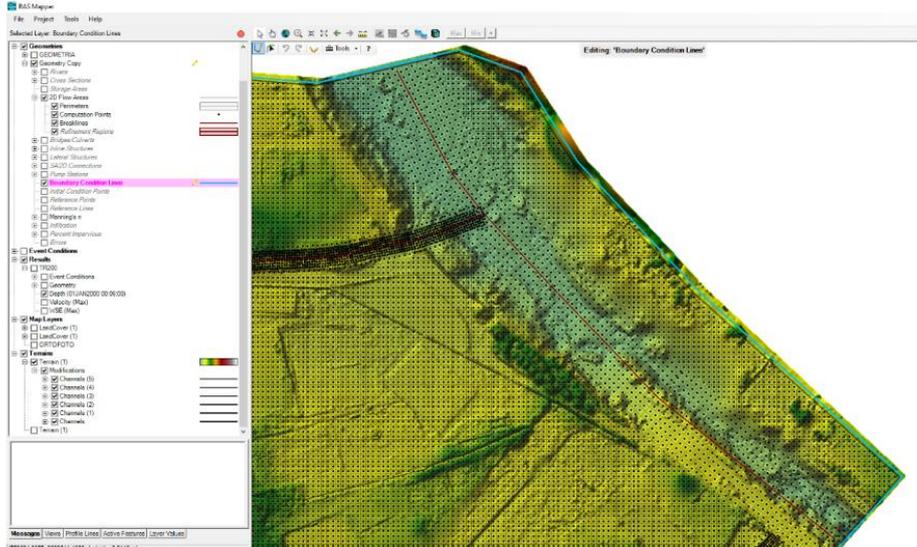


Nota: Autoría propia.

- Se agregó los escenarios de contorno en la salida del modelo.

Figura 24

Condiciones de contorno en la salida del modelo

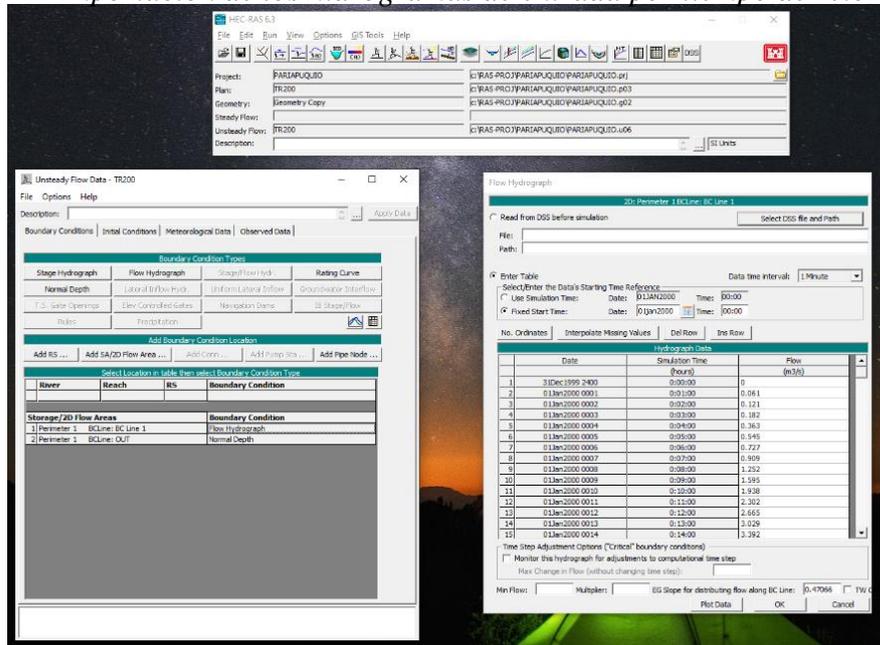


Nota: Autoría propia.

- Se agrega los hidrogramas de entrada por tiempo de retorno.

Figura 25

Importación de los hidrogramas de entrada por tiempo de retorno, al modelo

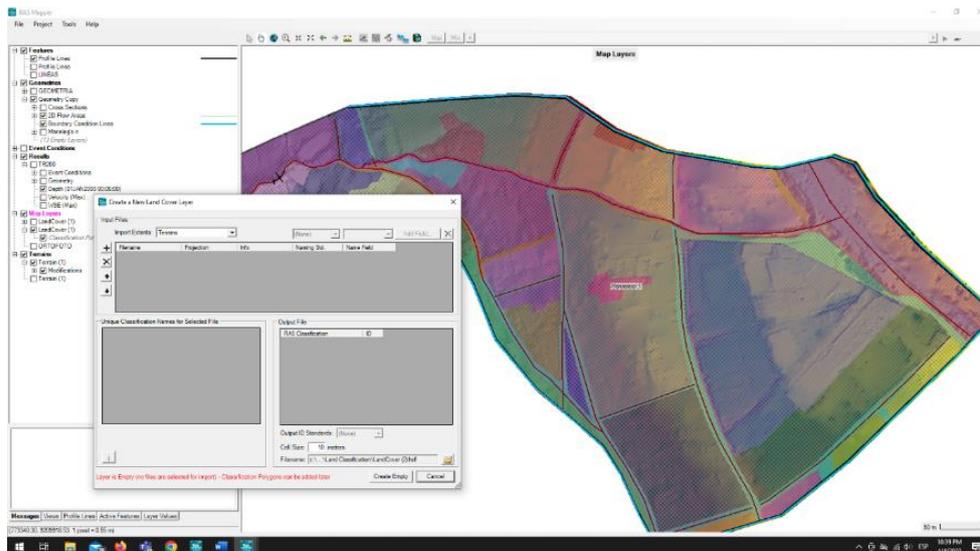


Nota: Autoría propia.

- Se agregó la rugosidad al terreno.

Figura 26

Incorporación de rugosidad al terreno

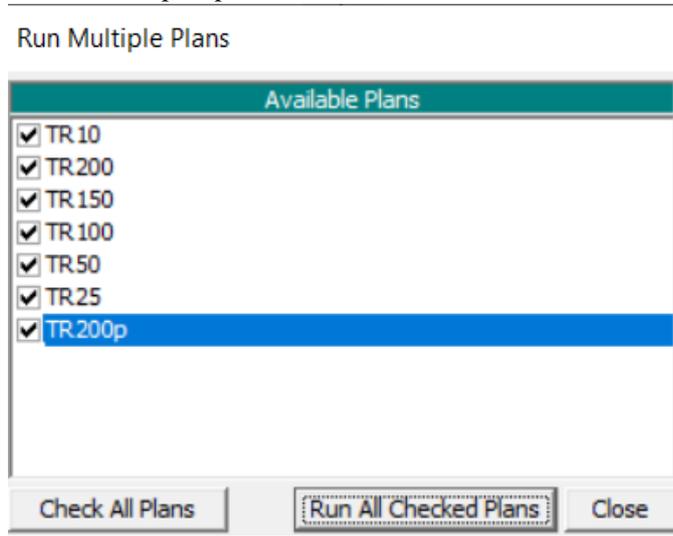


Nota: Autoría propia.

- Finalmente se ejecuta la simulación para todos los tiempos de retorno.

Figura 27

Simulación por periodo de retorno

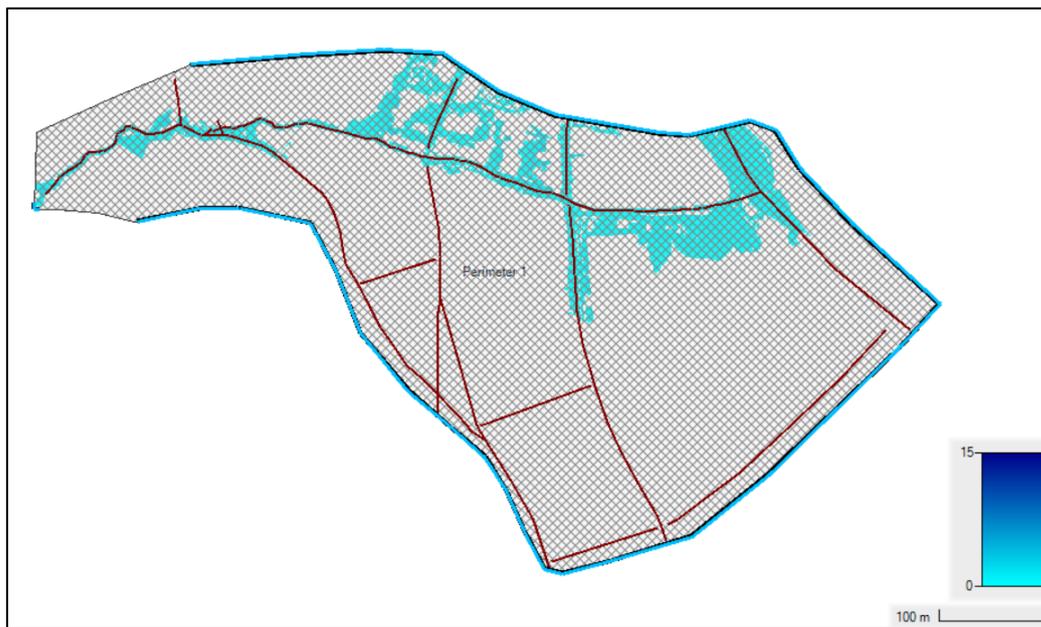


Nota: Autoría propia.

Altura de inundación resultante de la simulación del modelo por periodo de retorno.

Figura 28

Altura de inundación

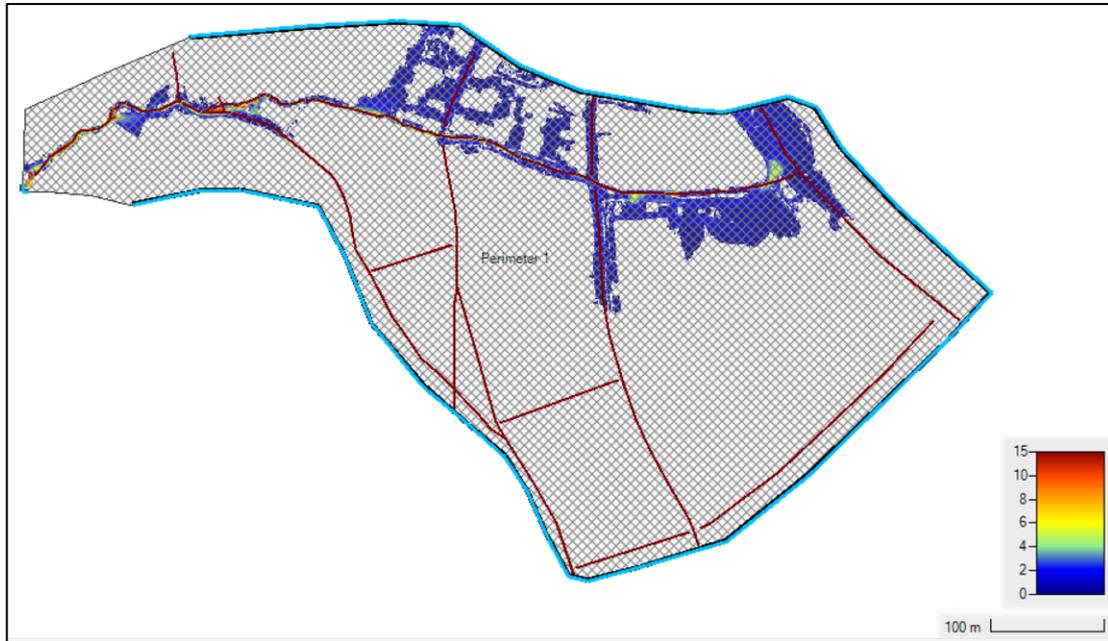


Nota: Autoría propia.

Velocidad con la que inunda el desborde de la quebrada.

Figura 29

Velocidad de inundación



Nota: Autoría propia.

Niveles de peligro en función a la velocidad y el calado del desborde de la quebrada en estudio.

Figura 30

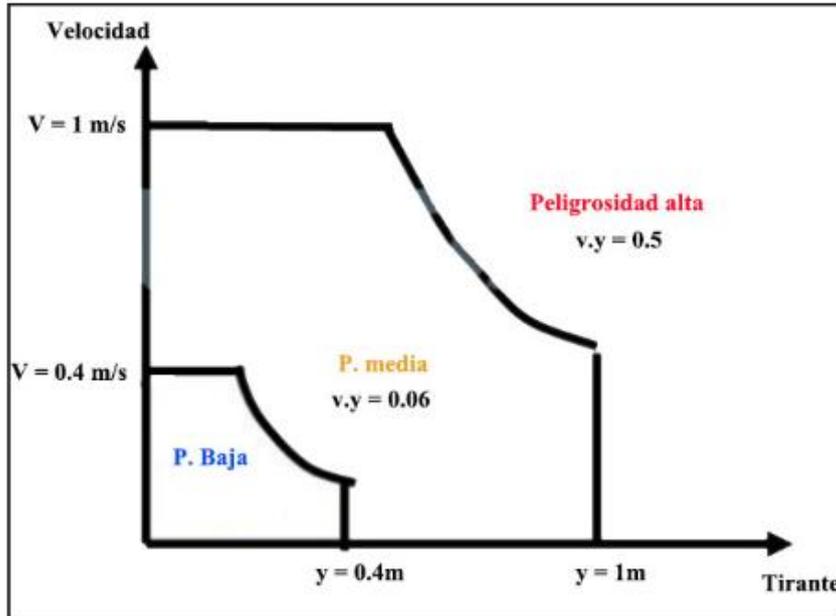
Niveles de peligro de inundación de la quebrada Pariapuquio



Nota: Autoría propia.

Figura 31

Rangos del nivel de peligro en función a la velocidad y el tirante



Nota: Datos tomados de Gutiérrez García et al (2022).

2.4. Procedimiento de tratamiento y análisis de datos.

En la realización de esta investigación se tuvo que realizar tanto trabajo de campo como trabajo de gabinete.

- El levantamiento topográfico del terreno se ha realizado con una precisión topográfica altimétrica $\leq 0.15 \text{ m}$ y una precisión horizontal $< 0.15 \text{ m}$.
- Con las precipitaciones máximas a 24 h de la estación Augusto Weberbauer se calcularon las precipitaciones de la microcuenca en estudio utilizando el método de transferencia de información, el cual es típico para cuencas altoandinas.
- Luego de transferir la información de precipitaciones a la microcuenca, se genera la Prueba de Bondad de Ajuste de Kolomogorov-Smirnov con el software Hydrognomon, y determinamos la distribución que tiene mayor

porcentaje de ajuste; es decir cuando el D_{max} es el menor posible. Y en nuestro caso el modelo que más se ajusta es el LogNormal con un porcentaje de ajuste del 99.59% y un D_{max} de 0.05703.

- Para determinar la zonificación de áreas inundables se eligieron tiempos de retorno a partir de 10 años, teniendo en cuenta el manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.
- El cálculo del caudal de diseño se realizó con el método racional clásico, porque la microcuenca en estudio es menor a 10 km².
- La Zonificación de áreas inundables por periodo de retorno se hizo mediante un modelo bidimensional con el software Hec – Ras 6.1.0.
- Los de niveles de peligro de inundación se hizo en función al artículo elaborado por (Gutiérrez et al., 2022); ya que, en esta investigación el nivel de peligro se identificó de acuerdo a la velocidad y el calado, como es nuestro caso.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Características geomorfológicas de la microcuenca

3.1.1. Parámetros geomorfológicos.

Tabla 4

Parámetros Geomorfológicos de la cuenca

PARAMETROS	UND	VALOR
Superficie total	Km ²	1.82582
Perímetro	Km	6.766755
Longitud del Cauce Principal	Km	3.17
Coefficiente de Compacidad	S/U	1.402
Factor Forma	S/U	0.182
Pendiente de la cuenca	%	33.11
Altitud Media	msnm	2997.557
Pendiente del Cauce Principal	%	19.9
Ancho Promedio	Km	0.546
Altitud más frecuente	msnm	2950
Coefficiente De Masividad	S/U	1.642
Coefficiente Orográfico	S/U	4.921
Relación de Confluencias	S/U	1.333
Relación de Longitudes	S/U	0.495
Densidad de Drenaje	S/U	1.828
Frecuencia de ríos	S/U	3.834

Nota: Autoría propia.

3.2. Curva hipsométrica.

Tabla 5

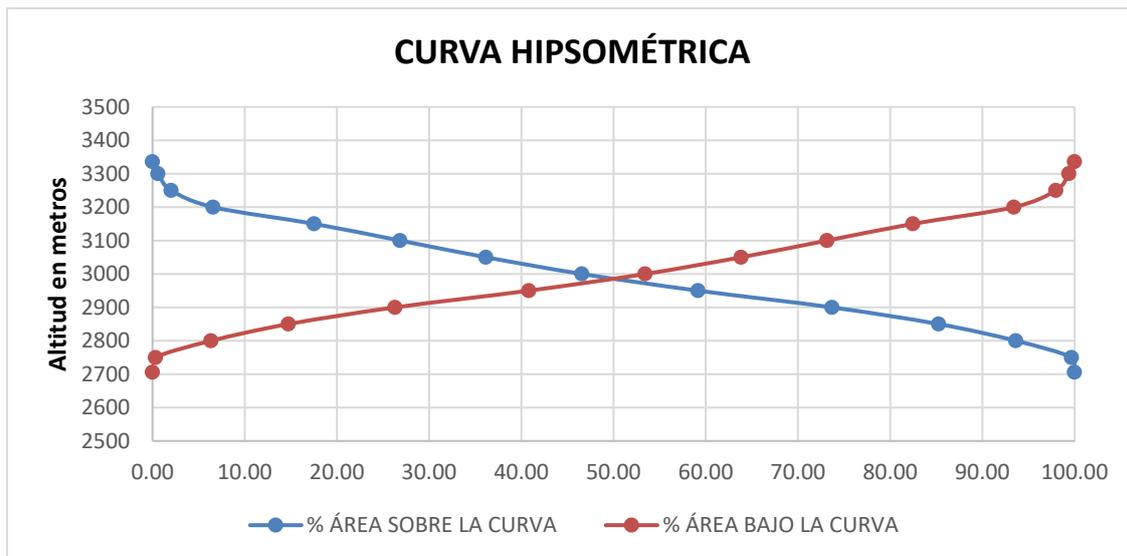
Características de la microcuenca

ELEVACIONES (msnm)	ÁREAS PARCIALES (km2)	ÁREA SOBRE LA CURVA (km2)	ÁREA BAJO LA CURVA (km2)	% ÁREAS PARCIALES	% ÁREA SOBRE LA CURVA	% ÁREA BAJO LA CURVA
2706	0.006	1.83	0.00	0.33	100.00	0.00
2750	0.110	1.82	0.01	6.03	99.67	0.33
2800	0.153	1.71	0.12	8.38	93.64	6.36
2850	0.211	1.56	0.27	11.56	85.26	14.74
2900	0.265	1.35	0.48	14.52	73.70	26.30
2950	0.230	1.08	0.75	12.60	59.18	40.82
3000	0.190	0.85	0.98	10.41	46.58	53.42
3050	0.170	0.66	1.17	9.32	36.16	63.84
3100	0.170	0.49	1.34	9.32	26.85	73.15
3150	0.200	0.32	1.51	10.96	17.53	82.47
3200	0.083	0.12	1.71	4.55	6.58	93.42
3250	0.026	0.04	1.79	1.42	2.03	97.97
3300	0.011	0.01	1.81	0.60	0.60	99.40
3336	0.000	0.00	1.83	0.00	0.00	100.00
TOTAL:	1.83			100.00		

Nota: Autoría propia.

Figura 32

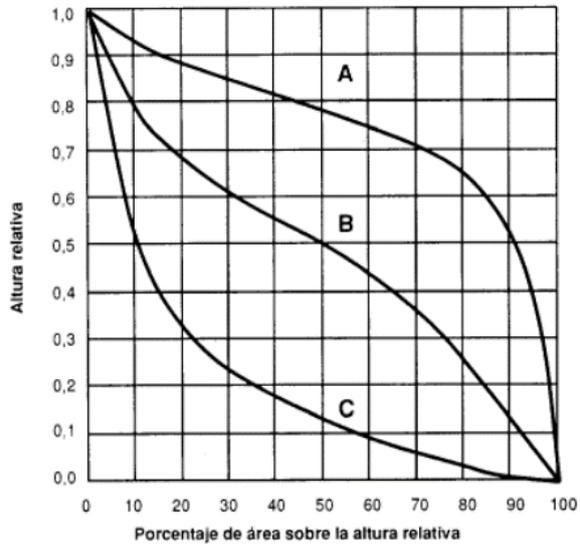
Curva hipsométrica



Nota: Autoría propia.

Figura 33

Ciclo de erosión de una cuenca.



Curva A: refleja una cuenca con gran potencial erosivo (fase de juventud).

Curva B: es una cuenca en equilibrio (fase de madurez).

Curva C: es una cuenca sedimentaria (fase de vejez).

Nota: Información tomada de UPN (2020).

3.3. Polígono de frecuencia de altitudes.

Tabla 6

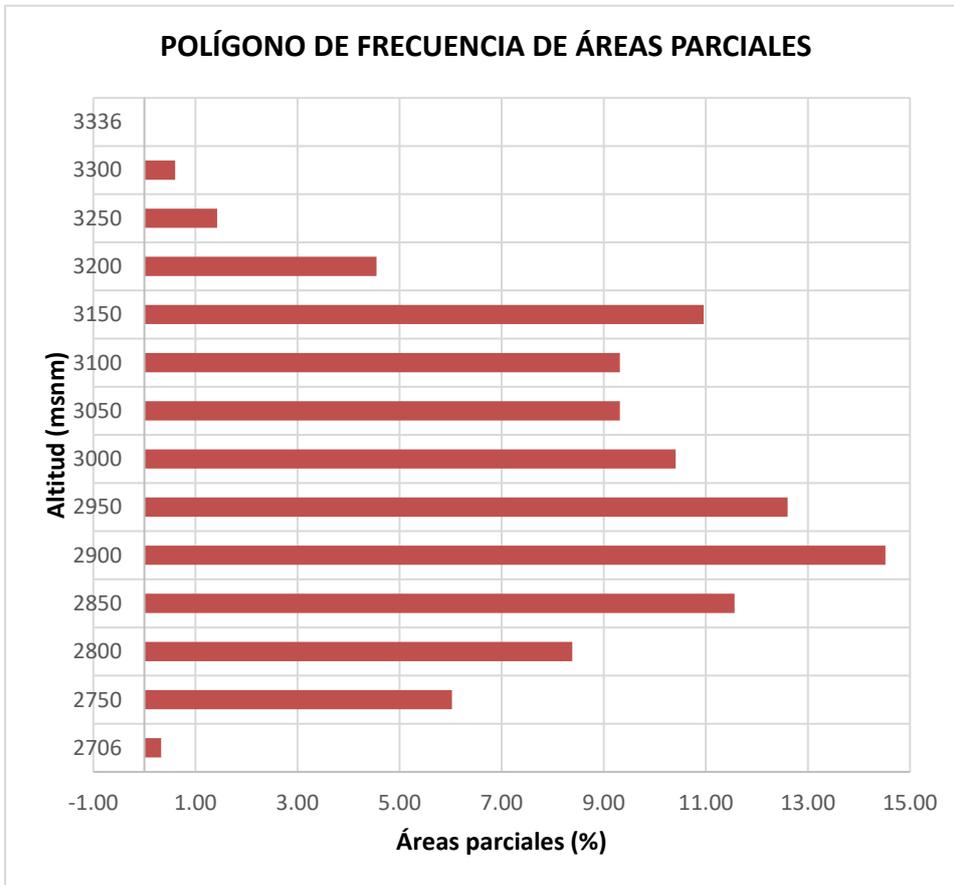
Polígono de frecuencia de altitudes

ELEVACIONES (msnm)	% ÁREAS PARCIALES
2706	0.33
2750	6.03
2800	8.38
2850	11.56
2900	14.52
2950	12.60
3000	10.41
3050	9.32
3100	9.32
3150	10.96
3200	4.55
3250	1.42
3300	0.60
3336	0.00

Nota: Autoría propia.

Figura 34

Polígono de frecuencia de altitudes

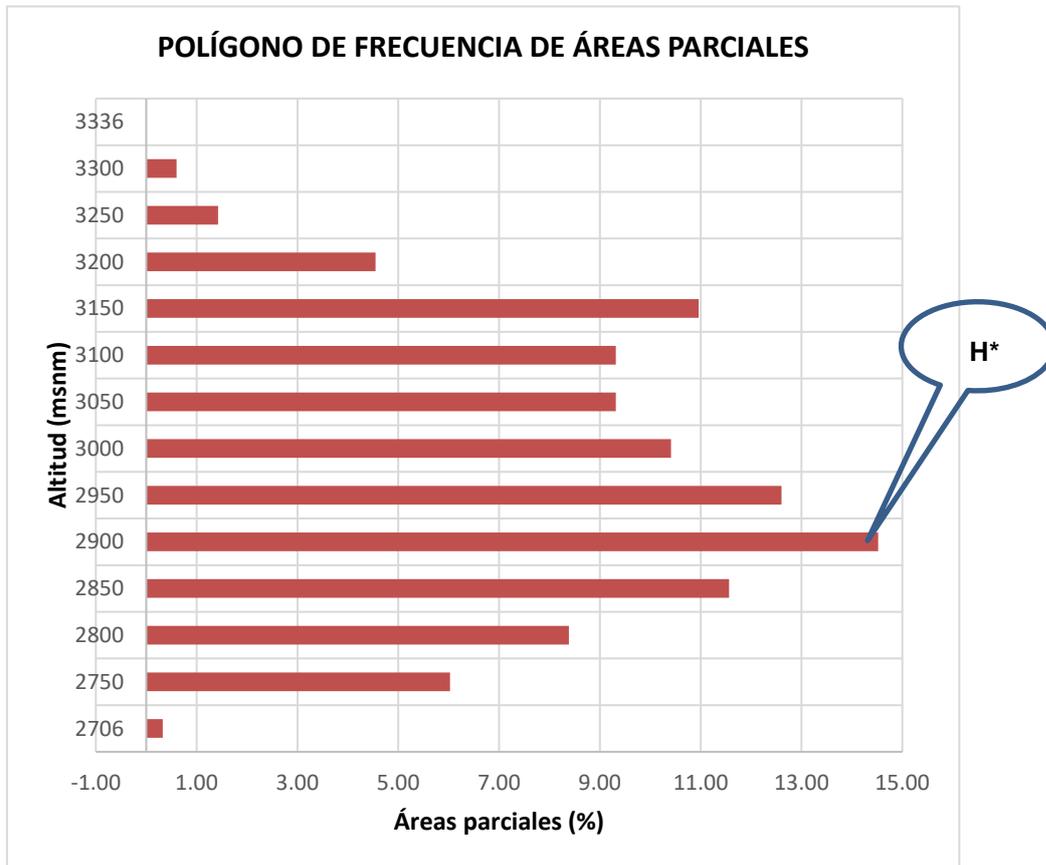


Nota: Autoría propia.

3.4. Altitud más frecuente.

Figura 35

Altitud más frecuente



Nota: Autoría propia.

3.5. Número de curva.

3.5.1. Porcentaje de áreas de cobertura vegetal.

Tabla 7

Cobertura vegetal de la cuenca

Cobertura	Área Km²	Porcentaje
Sin vegetación	0.67	36.65%
Infraestructura	0.24	12.89%
Arenas	0.11	6.15%
Bosques	0.71	38.63%
Cultivos	0.10	5.68%
TOTAL	1.83	100%

Nota: Autoría propia.

3.6. Cálculo de CN.

Tabla 8

Cálculo del CN

Cobertura	Área Km²	CN
Sin vegetación	0.67	80
Infraestructura	0.24	77
Arenas	0.11	30
Bosques	0.71	45
Cultivos	0.10	61
CN ponderado =		61.94

Nota: Autoría propia.

3.7. Modelamiento Hidrológico.

3.7.1. Análisis de datos dudosos de la estación Weberbauer.

Tabla 9

Precipitaciones de la estación Weberbauer

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP max	Log(P24hr)
1970	18.1	9.3	17.9	8.2	10.2	8.7	1.7	2.5	7.6	26	15.3	8.4	26.00	1.41
1971	10.7	29.6	27.8	12.1	3.4	3.2	6.6	3.3	9.5	19	7.6	S/D	29.60	1.47
1972	9.3	25.2	24.4	S/D	S/D	1.3	1.8	S/D	S/D	10.3	19.9	10.6	25.20	1.40
1973	22.9	16.2	11.2	15	10.7	5.4	3.3	5.2	20	9.8	11.7	12.9	22.90	1.36
1974	12.4	16.8	14.2	18.2	3.7	6.4	2.6	9.7	8.5	20	10.3	17	20.00	1.30
1975	20.4	20.8	37.7	30.1	9.9	3.5	3.9	5.6	11	14.6	18.4	0.3	37.70	1.58
1976	36.5	22.5	16	15.2	19.7	11	0.1	2.8	3.9	8.8	24	12.8	36.50	1.56
1977	40.5	20.1	29	22.9	11.6	2.4	7.1	0.1	6.6	10.6	12	11.3	40.50	1.61
1978	4.6	11.9	10	9.5	18.1	3.8	2	3.8	8	5.9	12	14.8	18.10	1.26
1979	20.6	10.5	28	5.8	5.2	1.8	3.9	7.3	9.4	10	7.5	17.2	28.00	1.45
1980	9.8	7.8	13.3	8.1	3	11	2.1	2.3	2.2	28.8	16.7	19.2	28.80	1.46
1981	21.4	23.1	39.3	12.2	4.9	2.3	2.6	4.8	8	15.2	11.9	29.5	39.30	1.59
1982	29.9	25.1	S/D	28.2	13.2	3.6	1.1	6.4	7.6	18.5	20.7	30.5	30.50	1.48
1983	19.4	28	28.1	16.8	8.2	4.7	6.5	1.2	8.9	18.9	6.8	29.8	29.80	1.47
1984	6.8	25.1	23.3	13.3	21.2	9.5	10.8	13.9	17	16.3	27.6	23.5	27.60	1.44
1985	7.7	7	11.2	11.9	19.8	0.4	3.4	5.9	13	16.2	5.4	8.3	19.80	1.30
1986	17	12	27.4	16.7	4.5	0.5	1	5.1	1.1	11.6	11	8	27.40	1.44
1987	12.5	14.9	9.6	17.2	2.8	2.6	4	10.1	9.8	12.8	24.3	18.2	24.30	1.39
1988	15.8	18.2	11	16	2.4	3.3	0	0.4	5.4	10.5	11.2	11.9	18.20	1.26
1989	14.7	30	13.5	16.6	15.5	4.8	1.4	2.8	12	20	16.3	1.1	30.00	1.48
1990	18	24.7	11.7	6.5	9.5	7.1	0.8	6.2	13	14.6	20.5	25.4	25.40	1.40
1991	10.4	29.7	20.5	19.4	7.1	0.3	0.4	0.3	3.7	9.7	9.3	18.7	29.70	1.47
1992	10.8	9.7	12	11.9	6.7	13	2.3	3.8	11	17.7	7.9	6.7	17.70	1.25
1993	9.2	12.5	20.6	12.8	8	1.5	3.3	1.9	23	17	20.2	13.9	22.50	1.35
1994	14.2	18.7	24.5	22.7	4.9	1.4	0	0.2	3.1	8.7	21.3	28.5	28.50	1.45
1995	8.3	19.3	16.4	20.6	3.9	1.3	7.8	6.1	3	16.1	19.5	16	20.60	1.31
1996	11.3	25.6	16.6	15.7	3.4	0.4	0.4	6.4	3.7	13	35.1	10.5	35.10	1.55
1997	16.3	16.3	7.1	8.3	7.5	6.6	0.2	0	7.6	10.2	27.6	23.8	27.60	1.44
1998	12.5	16.5	31.7	22.3	6.3	4.1	1.3	3.5	4.6	17.7	14.6	9.8	31.70	1.50
1999	15.9	38.8	13.5	10.4	13.9	6.4	11.6	0.5	22	14.3	18.6	13.1	38.80	1.59
2000	17.3	36.1	18.6	19.7	14.4	5.3	1.8	5	11	3.3	17.9	20.4	36.10	1.56
2001	27.6	17.7	28.2	14.3	14.7	1	6.9	0	5.7	14.7	20.3	15.9	28.20	1.45
2002	8.2	10.8	15.7	18.2	12.7	5.4	4.7	3.4	7.7	22.3	16.8	10.6	22.30	1.35
2003	18.7	18.4	20.1	8.8	6.7	7	1.6	6.1	8.9	19.2	17.1	20.8	20.80	1.32
2004	11.9	21.5	10.5	12.4	6.5	0.9	6	10.2	4	9.5	28.1	22.7	28.10	1.45

2005	20.2	10	19.7	10.8	3.6	3.5	0.3	3.5	14	9.3	11.6	15.3	20.20	1.31
2006	15.2	13.5	18.8	17	2.2	6.2	1.6	5.4	10	4	20.6	12.3	20.60	1.31
2007	15.6	6.8	25.4	21	5.2	1.4	3	4	10	19	15.7	16.7	25.40	1.40
2008	20.2	17.1	23.6	27	7.4	6	1.3	4.8	12	10.8	19.7	S/D	27.00	1.43
2009	21.9	16.4	20.5	17.8	18.2	9.1	5.3	0.9	5.2	18.1	22.2	12.6	22.20	1.35
2010	14.6	36.4	34	21.6	12.6	2.8	2.2	1.3	11	16.8	12.8	21.9	36.40	1.56
2011	14.9	16.4	25.5	22.4	9.7	0.4	5.1	0	13	9.3	5.2	27.7	27.70	1.44
2012	18	27.9	26.7	11.3	10.8	0.3	0	1.9	13	24.2	27.3	17.6	27.90	1.45
2013	11.7	13.1	35.3	15.9	10.2	4.5	2.5	5.7	1.9	19.4	6.1	9.6	35.30	1.55
2014	13.7	15.3	22.1	24.4	6.8	2.4	2	1.7	5.8	13.5	11.1	20.2	24.40	1.39
2015	23.3	14	25.4	11.9	19.5	2.3	3.2	0.1	25	4.6	20.5	10.7	25.40	1.40
2016	13.1	16.7	32.4	12.6	2.6	0.7	1.4	1.1	18	17.3	4.5	11.9	32.40	1.51
2017	12.9	11.6	14.3	14.1	9.6	6.3	2.3	8.2	10	21.7	18.2	51.8	51.80	1.71
2018	16.9	33.5	18.3	12.1	8.7	5	0.4	0	11	13.7	14	16.2	33.50	1.53
2019	14.6	14.8	25.5	12.9	8.5	4.9	4.4	0	2.2	19	15.7	20.2	25.50	1.41
2020	11.4	6.5	S/D	S/D	S/D	S/D	10.9	0.4	5.1	14.6	17.2	14.4	17.20	1.24
2021	15.5	32.6	29.1	31.5	9.8	2.7	1.6	4.7	5.7	20.6	17.2	11.9	32.60	1.51

Nota: Autoría propia.

Tabla 10

Análisis de datos dudosos

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P_{máx} 24hr	Log (P_{máx} 24hr)
Número de datos (N)	52.00	52.000
Sumatoria	1458.80	74.651
Valor Máximo	40.50	1.607
Valor Mínimo	17.20	1.236
Media:	28.05	1.436
Varianza:	47.78	0.011
Desviación Estándar:	6.91	0.104
Coefficiente Variación:	0.25	0.073
Coefficiente de Sesgo:	0.85	0.1243
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

Nota: Autoría propia.

$$n = 52.00$$

$$K_n = 2.7824$$

K_n : Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos **altos** (x_H : unidad. Logarítmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad x_H = 1.73$$

Precipitación máxima aceptaba

$$P_H = 10^{x_H} \quad P_H = 53.19 \text{ mm}$$

EN ESTA MUESTRA NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTOS

Umbral de datos dudosos **bajos** (x_L : unidad. Logarítmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s$$

$$x_L = 1.15$$

Precipitación mínima aceptaba

$$P_L = 10^{x_L} \quad P_L = 13.98 \text{ mm}$$

EN ESTA MUESTRA NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMOS

3.8. Precipitaciones máximas para 24 horas.

3.8.1. Transposición de Precipitación (mm) en la Cuenca de Pariapuquio.

MICRO CUENCA: Pariapuquio
ALTITUD MEDIA: 2997.557 msnm

DEPARTAMENTO: Cajamarca
PROVINCIA: Cajamarca

Tabla 11

Transposición de Precipitaciones a la cuenca Pariapuquio

AÑO	PP max						
1970	30.73	1983	35.22	1996	41.49	2009	26.24
1971	34.99	1984	32.62	1997	32.62	2010	43.02
1972	29.79	1985	23.40	1998	37.47	2011	32.74
1973	27.07	1986	32.39	1999	45.86	2012	32.98
1974	23.64	1987	28.72	2000	42.67	2013	41.72
1975	44.56	1988	21.51	2001	33.33	2014	28.84
1976	43.14	1989	35.46	2002	26.36	2015	30.02
1977	47.87	1990	30.02	2003	24.59	2016	38.30
1978	21.39	1991	35.11	2004	33.21	2017	61.23
1979	33.10	1992	20.92	2005	23.88	2018	39.60
1980	34.04	1993	26.60	2006	24.35	2019	30.14
1981	46.45	1994	33.69	2007	30.02	2020	20.33
1982	36.05	1995	24.35	2008	31.91	2021	38.53

Nota: Autoría propia.

3.8.2. Prueba de bondad de ajuste kolomogorov - Smirnov.

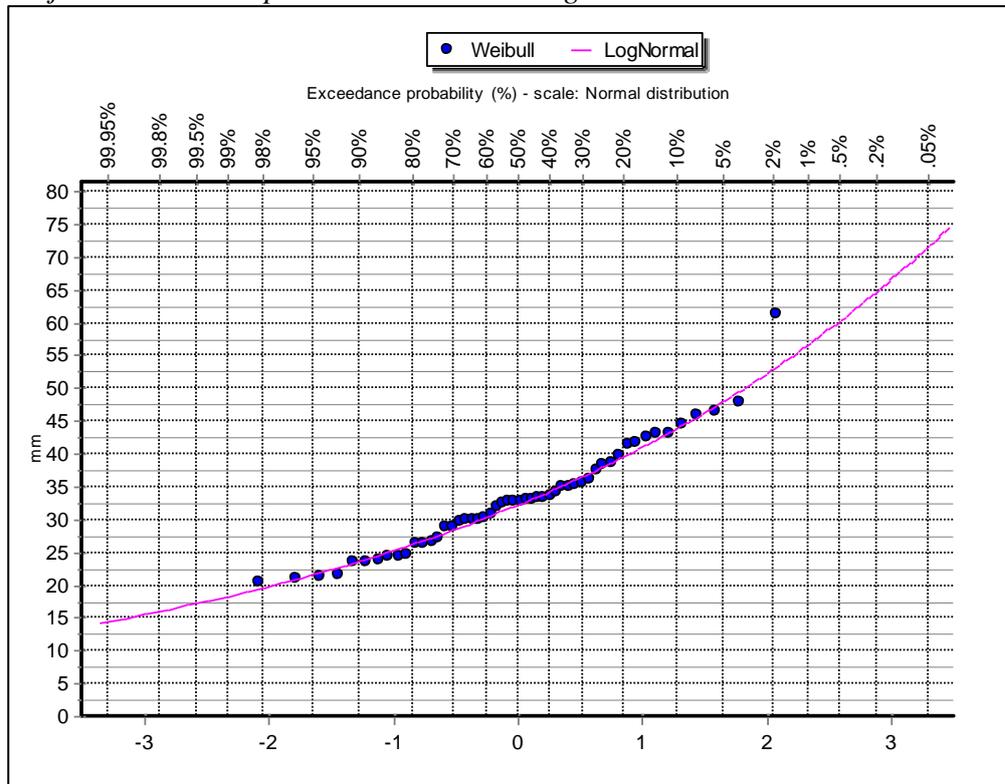
Tabla 12

Prueba de bondad de ajuste kolomogorov – Smirnov

Kolomogorov-Smirnov test for: All data	Attained a	DMax
Normal	82.36%	0.08724
LogNormal	99.59%	0.05703
Gamma	99.41%	0.05861
Pearson III	97.79%	0.06582
Log Pearson III	99.40%	0.05864
EV1-Max (Gumbel)	91.05%	0.0779

Nota: Autoría propia.

Figura 36
Ajuste estadístico para la distribución LogNormal



Nota: Autoría propia.

3.8.3. Resultados para las precipitaciones máximas para 24 h, para la Distribución Log-Normal.

Tabla 13

Precipitaciones máximas para 24 h, para la Distribución Log-Normal en diferentes periodos de retorno

Periodo de Retorno	PP Máx.
10	43.95
25	49.25
50	53.01
100	56.64
150	58.71
200	60.17

Nota: Autoría propia.

3.9. Determinación de caudales máximos.

3.9.1. Tiempo de concentración según la fórmula de Kirpich.

Tabla 14

Tiempo de concentración

Tc=	0.32	horas
Tc=	18.90	minutos

Nota: Autoría propia.

3.9.2. Coeficiente de escorrentía.

Tabla 15

Coeficiente de escorrentía

COBERTURA	TIPO DE SUELO	ÁREA (Km2)	C	C*A
SIN VEGETACIÓN	Semipermeable	1.02	0.6	0.612
CULTIVOS	Semipermeable	0.10	0.50	0.05
BOSQUE	Semipermeable	0.71	0.35	0.25
	SUMA	1.83		0.91
	C		0.50	

Nota: Autoría propia.

3.9.3. Caudales máximos para diversos tiempos de retorno.

Tabla 16

Caudales máximos según los tiempos de retorno.

Tr	P_{máx 24} Horas(mm)	Q máx(m³/s)
10	43.95	5.85
25	49.25	7.72
50	53.01	9.17
100	56.64	10.61
150	58.71	11.48
200	60.17	12.11

Nota: Autoría propia.

3.10. Inundación.

Se identificaron una serie de Zonas que sufrirán inundación a en diferentes tiempos de retorno (10, 25, 50, 100, 150 y 200 años); cabe mencionar que, si bien la quebrada sufre un incremento de su caudal, solo algunas se inundan al momento de desbordarse.

El desborde de la quebrada se analizado a partir de la velocidad y la altura de inundación con el objetivo de evaluar el nivel de peligro a partir de los siguientes rangos.

Tabla 17

Rangos de niveles de peligro

NIVELES DE PELIGRO	
Bajo	$0 > P < 0.06$
Medio	$0.06 \geq P < 0.5$
Alto	$P \geq 0.5$

Nota: Autoría propia.

3.10.1. Modelamiento N° 1: Caudal máx. = 5.85 m³/s, alcanzado en un Tr = 10 años.

El caudal obtenido en este periodo de retorno inunda un total de 1.30 ha; en dónde el nivel máximo de inundación alcanzado es de 1.77 m y una velocidad máxima de 6.54 m/s.

Figura 37:

Mapa de niveles de peligro para el TR=10 años



Nota: Autoría propia.

Tabla 18

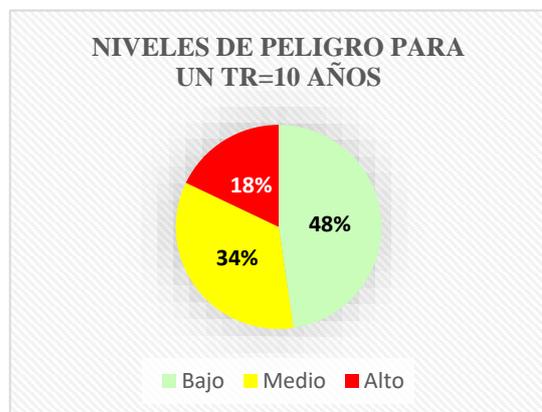
Áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 10 años

TR=10 años		
Nivel	Área (ha)	% Área
Bajo	0.619	47.70%
Medio	0.447	34.42%
Alto	0.232	17.88%
Total	1.30	100.00%

Nota: Autoría propia.

Figura 38

Porcentaje de las áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 10 años



Nota: Autoría propia.

3.10.2. Modelamiento N° 2: Caudal máx. = 7.72 m³/s, alcanzado en un Tr = 25 años.

El caudal obtenido en este periodo de retorno inunda un total de 1.60 ha; en dónde el nivel máximo de inundación alcanzado es de 1.93 m y una velocidad máxima de 7.24 m/s.

Figura 39

Mapa de niveles de peligro para el TR=25 años



Nota: Autoría propia.

Tabla 19

Áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 25 años

	TR=25 años	
Nivel	Área (ha)	%Área
Bajo	0.686	42.97%
Medio	0.638	39.94%
Alto	0.273	17.09%
Total	1.60	100.00%

Nota: Autoría propia.

Figura 40

Porcentaje de las áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 25 años



Nota: Autoría propia.

3.10.3. Modelamiento N° 3: Caudal máx. = 9.17 m³/s, alcanzado en un Tr = 50 años.

En este periodo de retorno el caudal obtenido inunda un total de 1.72 ha; en dónde el nivel máximo de inundación alcanzado es de 2.01 m y una velocidad máxima de 8.28 m/s.

Figura 41

Mapa de niveles de peligro para el TR=50 años



Nota: Autoría propia.

Tabla 20

Áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 50 años

TR=50 años		
Nivel	Área (ha)	% Area
Bajo	0.675	39.17%
Medio	0.735	42.63%
Alto	0.314	18.20%
Total	1.72	100.00%

Nota: Autoría propia.

Figura 42

Porcentaje de las áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 50 años



Nota: Autoría propia.

3.10.4. Modelamiento N° 4: Caudal máx. = 10.61 m³/s, alcanzado en un Tr = 100 años.

En este periodo de retorno el caudal obtenido inunda un total de 1.87 ha; en dónde el nivel máximo de inundación alcanzado es de 2.06 m y una velocidad máxima de 8.95 m/s.

Figura 43

Mapa de niveles de peligro para el TR=100 años



Nota: Autoría propia.

Figura 44

Porcentaje de las áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 100 años

Tabla 21

Áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 100 años

TR=100 años		
Nivel	Área (ha)	% Área
Bajo	0.700	37.50%
Medio	0.809	43.39%
Alto	0.357	19.11%
Total	1.87	100.00%

Nota: Autoría propia.



Nota: Autoría propia.

3.10.5. Modelamiento N° 5: Caudal máx. = 11.48 m³/s, alcanzado en un Tr = 150 años.

En este periodo de retorno el caudal obtenido inunda un total de 1.92 ha; en dónde el nivel máximo de inundación alcanzado es de 2.10 m y una velocidad máxima de 9.31 m/s.

Figura 45
Mapa de niveles de peligro para el TR=150 años



Nota: Autoría propia.

Tabla 22
Áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 150 años

TR=150 años		
Nivel	Área (ha)	% Área
Bajo	0.699	36.37%
Medio	0.840	43.71%
Alto	0.383	19.92%
Total	1.92	100.00%

Nota: Autoría propia.

Figura 46
Porcentaje de las áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 150 años



Nota: Autoría propia.

3.10.6. Modelamiento N° 6: Caudal máx. = 12.11 m³/s, alcanzado en un Tr = 200 años.

En este periodo de retorno el caudal obtenido inunda un total de 1.96 ha; en dónde el nivel máximo de inundación alcanzado es de 2.12 m y una velocidad máxima de 9.93 m/s.

Figura 47
Mapa de niveles de peligro para el TR=200 años



Nota: Autoría propia.

Tabla 23

Áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 200 años

TR=200 años		
Nivel	Área (ha)	% Área
Bajo	0.690	35.22%
Medio	0.869	44.35%
Alto	0.401	20.43%
Total	1.96	100.00%

Nota: Autoría propia.

Figura 48

Porcentaje de las áreas inundadas de acuerdo al nivel de peligro en un TR= 200 años



Nota: Autoría propia.

3.10.7. Cuadro resumen de los niveles de peligro por tiempo de retorno de la quebrada Pariapuquio.

Tabla 24

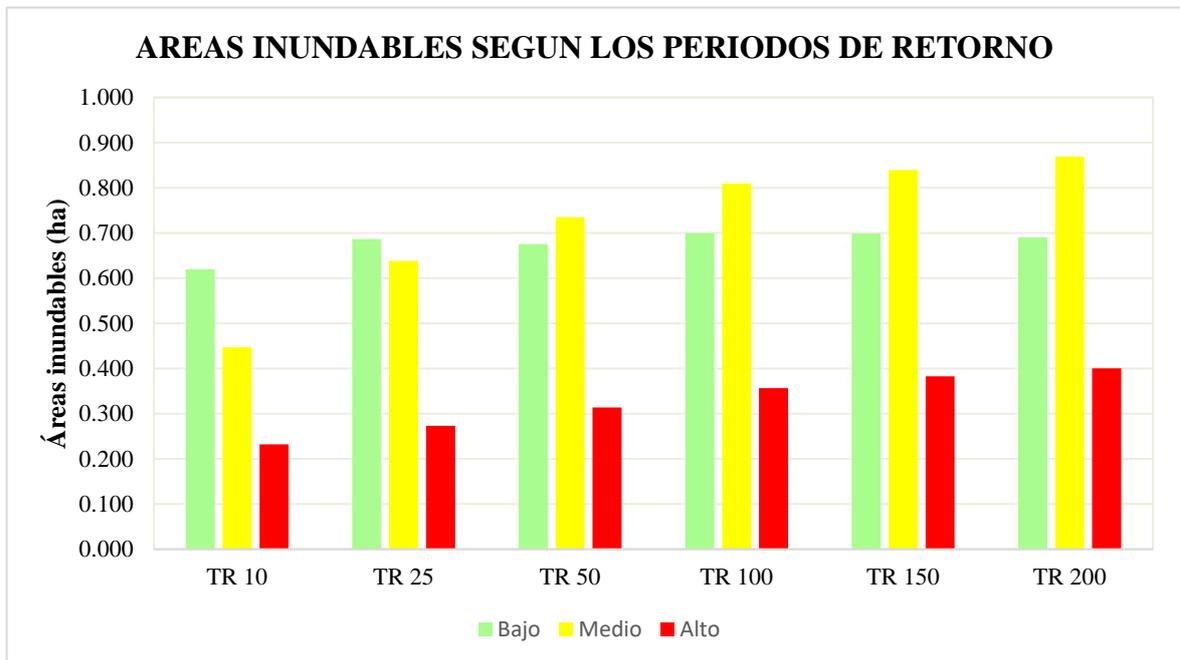
Cuadro resumen de peligrosidad por tiempo de retorno de la quebrada Pariapuquio

Nivel de Peligro	TR 10 Años	TR 25 Años	TR 50 Años	TR 100 Años	TR 150 Años	TR 200 Años
Bajo	0.619	0.686	0.675	0.700	0.699	0.690
Medio	0.447	0.638	0.735	0.809	0.840	0.869
Alto	0.232	0.273	0.314	0.357	0.383	0.401
Total	1.30	1.60	1.72	1.87	1.92	1.96

Nota: Autoría propia.

Figura 49

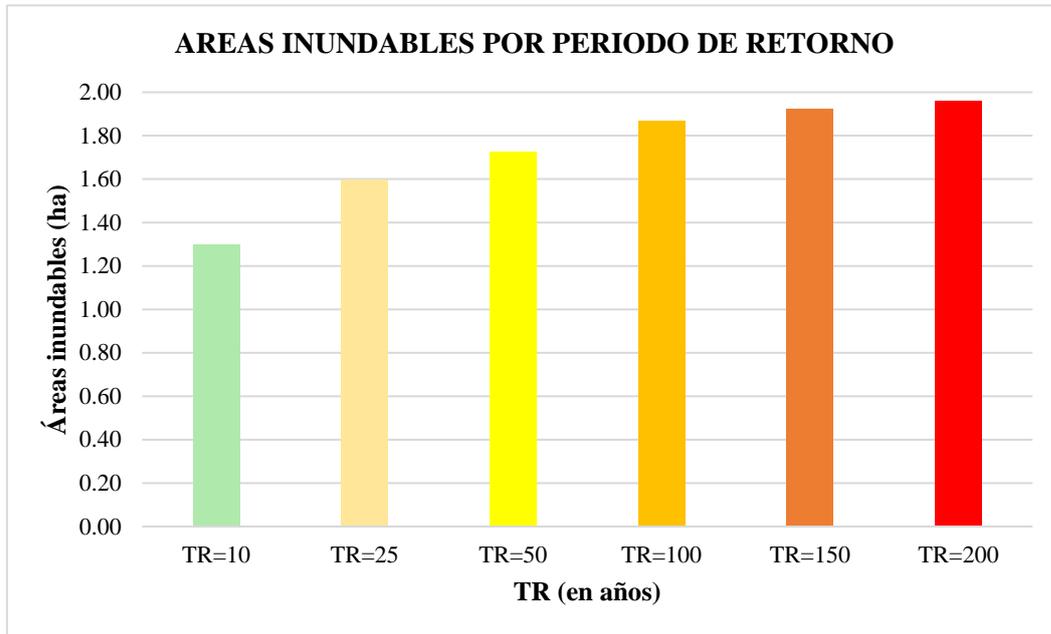
Niveles de peligro por periodo de retorno de la quebrada Pariapuquio



Nota: Autoría propia.

Figura 50

Total de áreas inundadas por periodo de retorno



Nota: Autoría propia.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión.

- El TR10 alcanzó un máximo caudal de 5.85 m³/s, lo que generó inundar con un nivel máximo de agua de 1.77 m y una velocidad de 6.54 m/s ocasionando el desborde a lo largo de la quebrada en ambos márgenes, obteniéndose mayor inundación en las calles Yanacocha hasta Hermano Manuel Carducci.
- El TR25 generó un máximo caudal de 7.72 m³/s, teniendo un máximo nivel de agua de 1.77 m y una velocidad de 6.54 m/s causando el desborde a lo largo de la quebrada en ambos márgenes, obteniéndose mayor inundación en las calles Yanacocha, Hermano Manuel Carducci y Mashcón.
- El TR50 generó un máximo caudal de 9.17 m³/s, teniendo un máximo nivel de agua de 2.01 m y una velocidad de 8.28 m/s causando el desborde a lo largo de la quebrada en ambos márgenes, obteniéndose mayor inundación en las calles Yanacocha, Hermano Manuel Carducci y Mashcón.
- Para el TR100 se alcanzó un máximo caudal de 10.61 m³/s, lo que generó inundar con un nivel máximo de agua de 2.06 m y una velocidad de 8.95 m/s ocasionando el desborde a lo largo de la quebrada en ambos márgenes, obteniéndose mayor inundación en las calles desde Yanacocha hasta Mashcón.
- El TR150 generó un máximo caudal de 11.48 m³/s, teniendo un máximo nivel de agua de 2.10 m y una velocidad de 9.31 m/s causando el desborde a lo largo de la quebrada en ambos márgenes, obteniéndose mayor inundación en las calles Yanacocha, Hermano Manuel Carducci y Mashcón.
- El TR200 alcanzó un máximo caudal de 12.11 m³/s, lo que generó inundar con un nivel

máximo de agua de 2.12 m y una velocidad de 9.93 m/s ocasionando el desborde a lo largo de la quebrada en ambos márgenes, obteniéndose mayor inundación en las calles desde Yanacocha hasta Mashcón, en este periodo se observa que el colegio Sama Cruz sufre mayor inundación que los periodos antes mencionados.

- Según SENAMHI (2019) en la evaluación de zonas de inundables del Río Tumbes realizó 2 modelos hidráulicos con RRI y HEC-RAS; con el modelo hidráulico RRI obtuvo un panorama de la inundación a nivel de toda la cuenca mientras que el modelo HEC-RAS les brindó mayor detalle que les permitió obtener e identificar zonas de inundación con más precisión; en tal sentido nuestra investigación se modeló con el software Hec-Ras con el propósito de lograr datos confiables y con mayor precisión.
- Según el Esparza (2019), menciona que los problemas de inundación se deben fundamentalmente a la falta de un plan hidráulico integral, el cambio climático y ausencia de una planificación urbana; por tanto, en el área de influencia de esta investigación se verificó que hace falta una planificación urbana, debido a que los asentamientos urbanos están al margen de la quebrada y propensos a sufrir inundaciones en épocas de lluvia.
- En esta investigación los mapas de niveles de peligro por cada tiempo de retorno se han realizado a partir del tirante y la velocidad de inundación; así mismo, Gutiérrez et al. (2022) utilizó la metodología española que corresponde a los criterios de peligro en función al tirante y velocidad del agua.
- Las limitaciones presentadas en el proceso de este trabajo de indagación, es en la obtención de los datos hidrometeorológicos de la estación Weberbauer por parte de SENAMHI.

- Se presento limitaciones en la toma de datos topográficos de la zona de estudio por la vegetación al borde del cauce de la quebrada.
- Se tuvo limitación en el levantamiento topográfico con Estación Total por la presencia de edificaciones y cobertura vegetal; por lo cual se optó el uso del Dron Marvic Air 2.
- Los resultados obtenidos en el estudio de esta investigación impulsan el uso de nuevas herramientas tecnológicas para zonificar las áreas inundables, con el fin de prevenir los posibles daños que puedan generarse en los asentamientos humanos.
- La presente investigación promueve realizar la construcción de estructuras hidráulicas, teniendo en cuenta los análisis hidrológicos de la zona de estudio.

4.2. Conclusiones.

- Se realizó un modelamiento hidráulico bidimensional con el software Hec-Ras en varios periodos de retorno 10, 25, 50, 100, 150 y 200 años, en los que se zonificó las áreas inundables por nivel de peligro a partir del tirante y velocidad obteniendo un total de 1.30, 1.60, 1.72, 1.87, 1.92 y 1.96 has, que en su mayoría corresponde a zonas urbanas.
- Se obtuvieron los parámetros de la subcuenca de la quebrada Pariapuquio obteniendo una superficie total de 1.83 km², un perímetro de 6.77 km, longitud de cauce principal de 3.17 km, pendiente de 33.11%, altitud media de 2997.557 msnm.
- Se realizo un modelamiento hidráulico de la quebrada Pariapuquio para los diversos tiempos de retorno 10, 25, 50, 100, 150, 200 años con el software Hec-Ras a partir de los caudales máximos de 5.85, 7.72, 9.17, 10.61, 11.98 y 12.11 m³/s.
- Como alternativa de solución, para prevenir las inundaciones en los tramos afectados es la construcción de muros de contención, descolmatación y limpieza del lecho de la quebrada como también concientizar a la población que no construyan al margen de la

quebrada para evitar daños posteriores.

REFERENCIAS

- Aparicio, F. J. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie*.
- Arreguín, F., López, M., & Marengo, H. (2016). Flooding in a context of climate uncertainty | Las inundaciones en un marco de incertidumbre climática. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7(5), 5-13.
- Aversa, M., Rotger, D. V., & Senise, F. (2020). Vivir en las márgenes del riesgo. Inundación y resiliencia en La Plata. *Bitácora Urbano Territorial*, 30(3), 219-232. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v30n3.86792>
- Cajamarca Noticias. (2019). *Alcalde de Cajamarca inspeccionó situación de quebrada Pariapuquio en el sector Samanacruz*. <https://www.cajamarcanoticias.com/2019/03/25/alcalde-de-cajamarca-inspecciono-situacion-de-quebrada-pariapuquio-en-el-sector-samanacruz/>
- Ceballos Bernal, A. I., Baró Suárez, J. E., & Díaz Delgado, C. (2016). Estimación de pérdidas económicas directas provocadas por inundación. Aplicación de las curvas inundación-daños en países en desarrollo. *Investigaciones Geográficas*, 65, 169. <https://doi.org/10.14198/INGEO2016.65.10>
- Cerna, J. Z. (2015). NIVEL DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA ZONA DE CALISPUQUIO - SECTOR V – CAJAMARCA, 2015. En *UPN*.
- Chávez Cortés, M. M., Binnqüist-Cervantes, G., & Salas-Flores, A. C. (2016). Evaluación multicriterio de la vulnerabilidad biofísica ante inundaciones en la subcuenca río Atoyac-Oaxaca de Juárez. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(10), 97. <https://doi.org/10.19136/era.a4n10.816>

- Contreras, F. I., & Fantín, M. A. (2015). El riesgo de la población a inundaciones por lluvias como consecuencia de la dinámica de expansión urbana sobre paisajes anegadizos. El caso de la ciudad de Corrientes (Argentina). *Folia Histórica del Nordeste*, 23, 97. <https://doi.org/10.30972/fhn.02336>
- Córdova, M. (2016). *PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS*. 148, 148-162. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112011000300003
- Delgado, E. P. M. (2013). *EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DE INUNDACIÓN .POR EL Río AMOJÚ EN LA PARTE BAJA DE LA CIUDAD DE JAÉN*.
- Díaz, L., & Rodríguez, A. (2016). Evaluación del riesgo por inundación en la comunidad Pradera Alta , municipio Flood Risk Assessment in the Community of Pradera Alta , Municipality of Maracaibo , Venezuela. *Minería y Geología*, v.32, 1-15. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223547677001%0ACómo>
- Esparza, J. B. (2019). *Identificación y análisis de áreas inundables a partir de una metodología de integración de escalas espaciales*. <http://www.scielo.org.ar/pdf/cuba/v27n27/1666-6186-cuba-27-27-00135.pdf>
- Esquea Valencia, L. A., Domínguez-Haydar, Y., Sanjuan, S., & Pellufo, D. R. . (2020). Cambios en las coberturas de la tierra en el periodo 1984 – 2017 y análisis de la amenaza ante inundaciones en el municipio de Campo de la Cruz, Atlántico- Colombia. *Revista de Ciencias*, 23(2), 0-3. <https://doi.org/10.25100/rc.v23i2.9348>

- Fernández Arce, M., Méndez Ocampo, I., & Muñoz Jiménez, R. (2018). Exposición a inundaciones en Moravia, San José, Costa Rica. *Revista Reflexiones*, 98(1), 7-21. <https://doi.org/10.15517/rr.v98i1.32492>
- Gutiérrez, J. V. G., Rubiños, J. E. P., Fernández, D. S. R., Ramírez, C. A., Roblero, R. H., Gutiérrez, F. G. G., & Romero, M. E. S. (2022). Hydraulic modeling in Iber for flood prevention in the Tesechoacán river basin. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(71), 159-181. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i71.1238>
- Hernández-Uribe, R. E., Barrios-Piña, H., & Ramírez, A. I. (2017). Análisis de riesgo por inundación: metodología y aplicación a la cuenca Atemajac. *Tecnología y ciencias del agua*, 08(3), 05-25. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-03-01>
- Hernández, J., & Vieyra, A. (2010). Riesgo por inundaciones en asentamientos precarios del periurbano. Morelia, una ciudad media mexicana. ¿el desastre nace o se hace? *Revista de Geografía Norte Grande*, 62(47), 45-62. <https://doi.org/10.4067/s0718-34022010000300003>
- Huerta-Loera, S. F., & Domínguez-Mora, R. (2016). Metodología para la estimación del riesgo aguas abajo de una presa en función de las políticas de operación a largo plazo. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 17(3), 343-356. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.07.005>
- Idagarrá, F. L. F. (2010). Respuestas y propuestas ante el riesgo de inundación de las ciudades colombianas. *Revista de Ingeniería*, 31, 97-108. <https://doi.org/10.16924/revinge.31.10>

Loyola Morales, J. (2019). Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del Río Grande, tramo desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión – La Libertad. En *Universidad César Vallejo*.

Mendoza Tinoco, D., & Méndez Delgado, A. V. (2018). Evaluación de los costos económicos totales de los desastres naturales: inundación en la ciudad de Sheffield, 2007. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 33(3), 699.
<https://doi.org/10.24201/edu.v33i3.1786>

Ministerio Público Fiscalía de la Nación. (2021, enero 27). *Cajamarca: fiscalía inició procedimiento preventivo ante detección de puntos críticos con riesgo de inundación* - Gobierno del Perú.
<https://www.gob.pe/institucion/mpfn/noticias/326666-cajamarca-fiscalia-inicio-procedimiento-preventivo-ante-deteccion-de-puntos-criticos-con-riesgo-de-inundacion>

Piperno, A., & Sierra, P. (2013). Estrategias de intervención en áreas urbanas inundables: El caso Bella Unión, Uruguay. *Eure*, 39(116), 221-241.
<https://doi.org/10.4067/s0250-71612013000100009>

RPP. (2015). *Cajamarca: 20 viviendas inundadas por desborde de quebrada* | RPP Noticias. <https://rpp.pe/peru/actualidad/cajamarca-20-viviendas-inundadas-por-desborde-de-quebrada-noticia-775687>

SENAMHI. (2019). *EVALUACIÓN DE ZONAS DE INUNDACIÓN UTILIZANDO UN MODELO HIDROLÓGICO-HIDRÁULICO EN TUMBES*. 148, 148-162.
<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-80.pdf>

Sin Rodeos. (2021). *Cajamarca tiene 12 puntos críticos con riesgos de inundación.*

<https://sinrodeoscajamarca.com/cajamarca-tiene-12-puntos-criticos-con-riesgos-de-inundacion/>

Soria Díaz, H. F., Camarasa Belmonte, A., & Carmona González, P. (2015). Riesgo

de inundación de la ciudad de Iquitos, Perú. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 5(1),

11. <https://doi.org/10.22386/ca.v5i1.86>

Vergara Tenorio, M. del C., Ellis, E. A., Cruz Aguilar, J. A., Alarcón Sánchez, L. del

C., & Galván del Moral, U. (2011). La conceptualización de las inundaciones y

la percepción del riesgo ambiental. *Política y Cultura*, 36, 45-69.

Villon Béjar, M. (2002). *HIDROLOGIA*.

Yépez, C. (2016). Comportamiento de las máximas avenidas y las posibles áreas

de inundación producidas en la quebrada Cruz Blanca para la zona urbana del

distrito de Cajamarca, 2016. *Universidad Privada del Norte*, 1-19.

Zavala Carrión, Bilberto Luis, Rosado Seminario, M. (2015). Riesgo geológico en la

región de Cajamarca. *Syria Studies*, 7(1), 37-72.

ANEXOS

ANEXO N° 1. Matriz de consistencia.

Tabla 25

Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y = f(x)	METODOLOGÍA
ZONIFICACIÓN DE LAS AREAS INUNDABLES POR DESBORDE DE LA QUEBRADA PARIAPUQUIO PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO	¿Cuál es la zonificación de las áreas inundables ocasionadas por el desborde de la quebrada Pariapuquio en diferentes periodos de retorno?	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p><input type="checkbox"/> Zonificar las áreas inundables por desborde de la quebrada Pariapuquio para diferentes periodos de retorno</p>	Las áreas inundables ocasionadas por el desborde de la quebrada Pariapuquio en el sector 22 Samanacruz de la Ciudad de Cajamarca, generan niveles de peligros altos en los diferentes periodos de retorno.	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)</p> <p>Caudales máximos por periodo de retorno.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Enfoque: Mixto.</p> <p>Alcance: Investigación exploratoria y descriptiva.</p> <p>Diseño: Investigación aplicada</p>
		<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Determinar los parámetros geomorfológicos y la información hidrometeorológica para la cuenca de la quebrada Pariapuquio</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modelar hidráulicamente la quebrada Pariapuquio, para diferentes periodos de retorno</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Proponer alternativas de solución para la prevención de desastres en épocas de lluvia ocasionadas por el desborde de la quebrada Pariapuquio.</p>		<p>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</p> <p>Áreas inundables.</p>	<p>POBLACIÓN Y MUESTRA</p> <p>Población:</p> <p>Quebrada Pariapuquio ubicada en la zona urbana de la ciudad de Cajamarca.</p> <p>Muestra:</p> <p>La Quebrada Pariapuquio que se encuentra ubicado en el sector 22 de Samanacruz de la ciudad de Cajamarca en el tramo Jr. José Villanueva - Río Mashcón. Cuya área de estudio se encuentra en las coordenadas UTM siguientes: ESTE: 773434.79 E NORTE: 9209922.61 N ALTITUD: 2724 m.s.n.m</p>

Nota: Autoría propia.

**ANEXO N° 2. Datos de las precipitaciones máximas en 24 horas brindadas por
SENAMHI.**

ESTACIÓN	AUGUSTO WEBERBAUER												
PARAMETRO	RECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS (mm)												
LATITUD	07° 10' 03" S						DEPARTAMENTO			CAJAMARCA			
LONGITUD	78° 29' 35" O						PROVINCIA			CAJAMARCA			
ALTITUD	2536		m.s.n.m				DISTRITO			CAJAMARCA			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP max
1970	18.1	9.3	17.9	8.2	10.2	8.7	1.7	2.5	7.6	26	15.3	8.4	26.00
1971	10.7	29.6	27.8	12.1	3.4	3.2	6.6	3.3	9.5	19	7.6	S/D	29.60
1972	9.3	25.2	24.4	S/D	S/D	1.3	1.8	S/D	S/D	10.3	19.9	10.6	25.20
1973	22.9	16.2	11.2	15	10.7	5.4	3.3	5.2	20	9.8	11.7	12.9	22.90
1974	12.4	16.8	14.2	18.2	3.7	6.4	2.6	9.7	8.5	20	10.3	17	20.00
1975	20.4	20.8	37.7	30.1	9.9	3.5	3.9	5.6	10.9	14.6	18.4	0.3	37.70
1976	36.5	22.5	16	15.2	19.7	11.4	0.1	2.8	3.9	8.8	24	12.8	36.50
1977	40.5	20.1	29	22.9	11.6	2.4	7.1	0.1	6.6	10.6	12	11.3	40.50
1978	4.6	11.9	10	9.5	18.1	3.8	2	3.8	8	5.9	12	14.8	18.10
1979	20.6	10.5	28	5.8	5.2	1.8	3.9	7.3	9.4	10	7.5	17.2	28.00
1980	9.8	7.8	13.3	8.1	3	10.7	2.1	2.3	2.2	28.8	16.7	19.2	28.80
1981	21.4	23.1	39.3	12.2	4.9	2.3	2.6	4.8	8	15.2	11.9	29.5	39.30
1982	29.9	25.1	S/D	28.2	13.2	3.6	1.1	6.4	7.6	18.5	20.7	30.5	30.50
1983	19.4	28	28.1	16.8	8.2	4.7	6.5	1.2	8.9	18.9	6.8	29.8	29.80
1984	6.8	25.1	23.3	13.3	21.2	9.5	10.8	13.9	16.5	16.3	27.6	23.5	27.60
1985	7.7	7	11.2	11.9	19.8	0.4	3.4	5.9	13.3	16.2	5.4	8.3	19.80
1986	17	12	27.4	16.7	4.5	0.5	1	5.1	1.1	11.6	11	8	27.40
1987	12.5	14.9	9.6	17.2	2.8	2.6	4	10.1	9.8	12.8	24.3	18.2	24.30
1988	15.8	18.2	11	16	2.4	3.3	0	0.4	5.4	10.5	11.2	11.9	18.20
1989	14.7	30	13.5	16.6	15.5	4.8	1.4	2.8	11.5	20	16.3	1.1	30.00
1990	18	24.7	11.7	6.5	9.5	7.1	0.8	6.2	13.2	14.6	20.5	25.4	25.40
1991	10.4	29.7	20.5	19.4	7.1	0.3	0.4	0.3	3.7	9.7	9.3	18.7	29.70
1992	10.8	9.7	12	11.9	6.7	12.8	2.3	3.8	10.5	17.7	7.9	6.7	17.70
1993	9.2	12.5	20.6	12.8	8	1.5	3.3	1.9	22.5	17	20.2	13.9	22.50
1994	14.2	18.7	24.5	22.7	4.9	1.4	0	0.2	3.1	8.7	21.3	28.5	28.50
1995	8.3	19.3	16.4	20.6	3.9	1.3	7.8	6.1	3	16.1	19.5	16	20.60
1996	11.3	25.6	16.6	15.7	3.4	0.4	0.4	6.4	3.7	13	35.1	10.5	35.10
1997	16.3	16.3	7.1	8.3	7.5	6.6	0.2	0	7.6	10.2	27.6	23.8	27.60
1998	12.5	16.5	31.7	22.3	6.3	4.1	1.3	3.5	4.6	17.7	14.6	9.8	31.70
1999	15.9	38.8	13.5	10.4	13.9	6.4	11.6	0.5	21.8	14.3	18.6	13.1	38.80
2000	17.3	36.1	18.6	19.7	14.4	5.3	1.8	5	10.9	3.3	17.9	20.4	36.10
2001	27.6	17.7	28.2	14.3	14.7	1	6.9	0	5.7	14.7	20.3	15.9	28.20
2002	8.2	10.8	15.7	18.2	12.7	5.4	4.7	3.4	7.7	22.3	16.8	10.6	22.30
2003	18.7	18.4	20.1	8.8	6.7	7	1.6	6.1	8.9	19.2	17.1	20.8	20.80
2004	11.9	21.5	10.5	12.4	6.5	0.9	6	10.2	4	9.5	28.1	22.7	28.10
2005	20.2	10	19.7	10.8	3.6	3.5	0.3	3.5	14.3	9.3	11.6	15.3	20.20
2006	15.2	13.5	18.8	17	2.2	6.2	1.6	5.4	10.2	4	20.6	12.3	20.60
2007	15.6	6.8	25.4	21	5.2	1.4	3	4	10.2	19	15.7	16.7	25.40
2008	20.2	17.1	23.6	27	7.4	6	1.3	4.8	11.6	10.8	19.7	S/D	27.00
2009	21.9	16.4	20.5	17.8	18.2	9.1	5.3	0.9	5.2	18.1	22.2	12.6	22.20
2010	14.6	36.4	34	21.6	12.6	2.8	2.2	1.3	10.5	16.8	12.8	21.9	36.40
2011	14.9	16.4	25.5	22.4	9.7	0.4	5.1	0	12.7	9.3	5.2	27.7	27.70
2012	18	27.9	26.7	11.3	10.8	0.3	0	1.9	12.8	24.2	27.3	17.6	27.90
2013	11.7	13.1	35.3	15.9	10.2	4.5	2.5	5.7	1.9	19.4	6.1	9.6	35.30
2014	13.7	15.3	22.1	24.4	6.8	2.4	2	1.7	5.8	13.5	11.1	20.2	24.40
2015	23.3	14	25.4	11.9	19.5	2.3	3.2	0.1	25.2	4.6	20.5	10.7	25.40
2016	13.1	16.7	32.4	12.6	2.6	0.7	1.4	1.1	17.9	17.3	4.5	11.9	32.40
2017	12.9	11.6	14.3	14.1	9.6	6.3	2.3	8.2	10.4	21.7	18.2	51.8	51.80
2018	16.9	33.5	18.3	12.1	8.7	5	0.4	0	11.2	13.7	14	16.2	33.50
2019	14.6	14.8	25.5	12.9	8.5	4.9	4.4	0	2.2	19	15.7	20.2	25.50
2020	11.4	6.5	S/D	S/D	S/D	S/D	10.9	0.4	5.1	14.6	17.2	14.4	17.20
2021	15.5	32.6	29.1	31.5	9.8	2.7	1.6	4.7	5.7	20.6	17.2	11.9	32.60

ANEXO N° 3. Carta dirigida Al directos de la Zonal 3 de SENAMHI que se solicitó los datos de las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Augusto Weberbauer.



DA/IC-0010-2023

Cajamarca, 10 de febrero del 2023

**Ing.MSc.
Felipe Huamán Solís
Director Zonal 3
SENAMHI Cajamarca**

Presente. –

Es grato dirigirme a usted en nombre de la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca, para saludarle cordialmente y al mismo tiempo presentarle a nuestros estudiantes de la Carrera de Ingeniería Civil, curso de tesis, quienes solicitan información sobre los datos de las precipitaciones máximas en 24 horas del año 1970 al 2021 de la Estación Augusto Weberbauer, para desarrollar la tesis "ZONIFICACIÓN DE LAS AREAS INUNDABLES POR DESBORDE DE LA QUEBRADA PARIAPUQUIO PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO , CAJAMARCA 2022". Toda información que se brinde a nuestros estudiantes tiene fines estrictamente académicos.

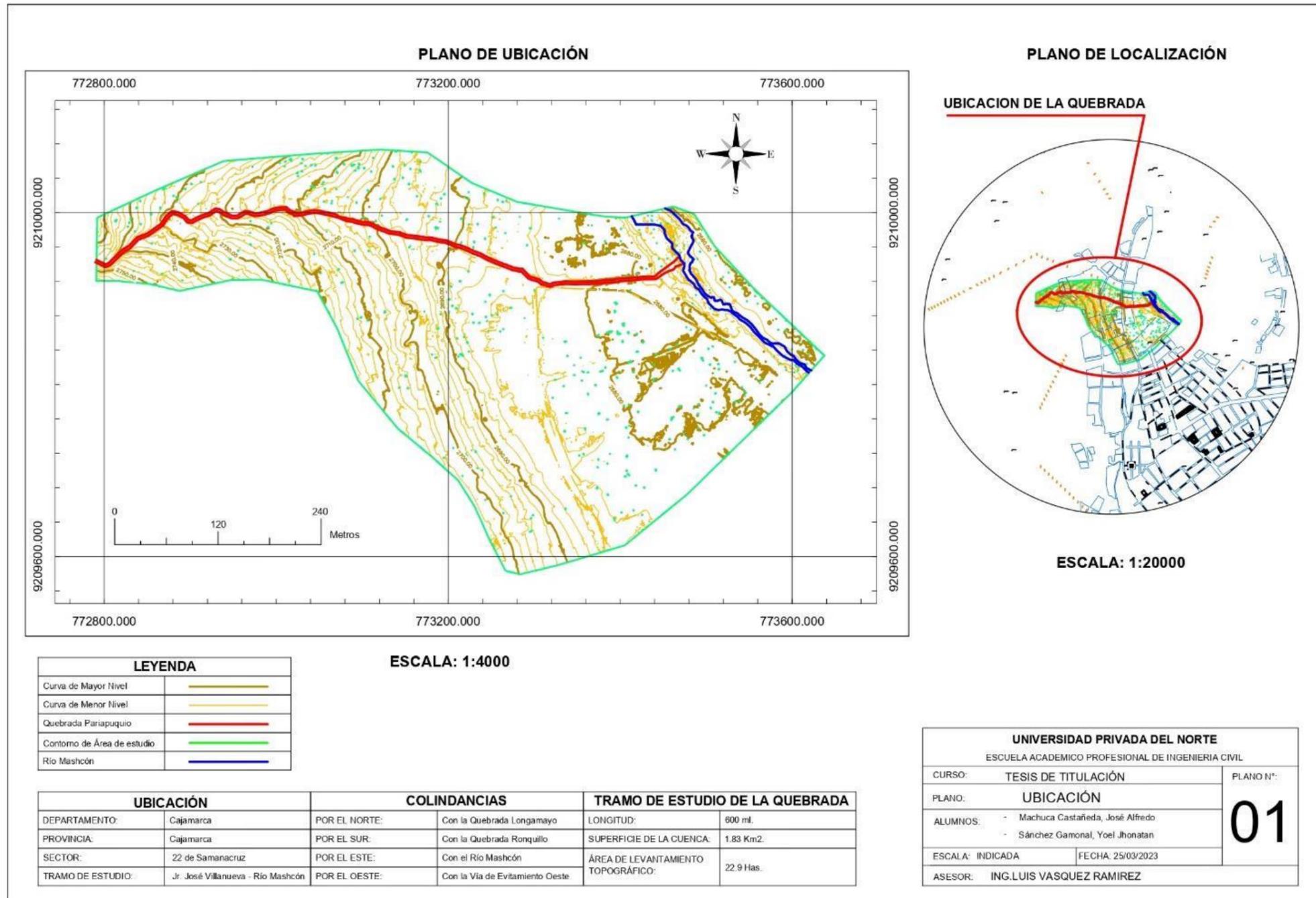
Los estudiantes que tienen a cargo el trabajo en mención son:

Apellidos y Nombres	Código
Yoel Jhonatan Sánchez Gamonal	N00033841
José Alfredo Machuca Castañeda	N00027044

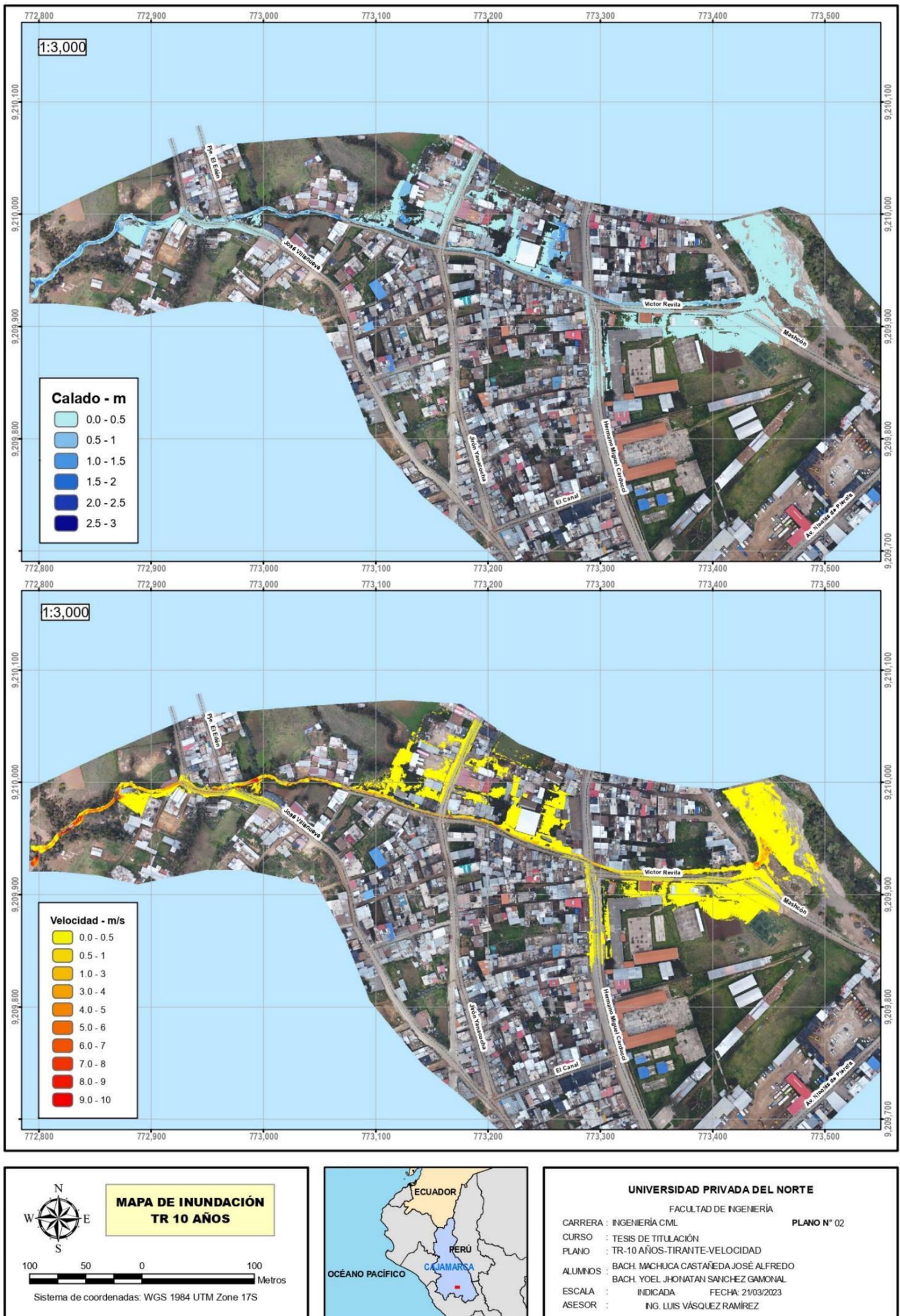


Orlando Aguilar Aliaga
Director de la Carrera de Ing. Civil
UPN – Cajamarca

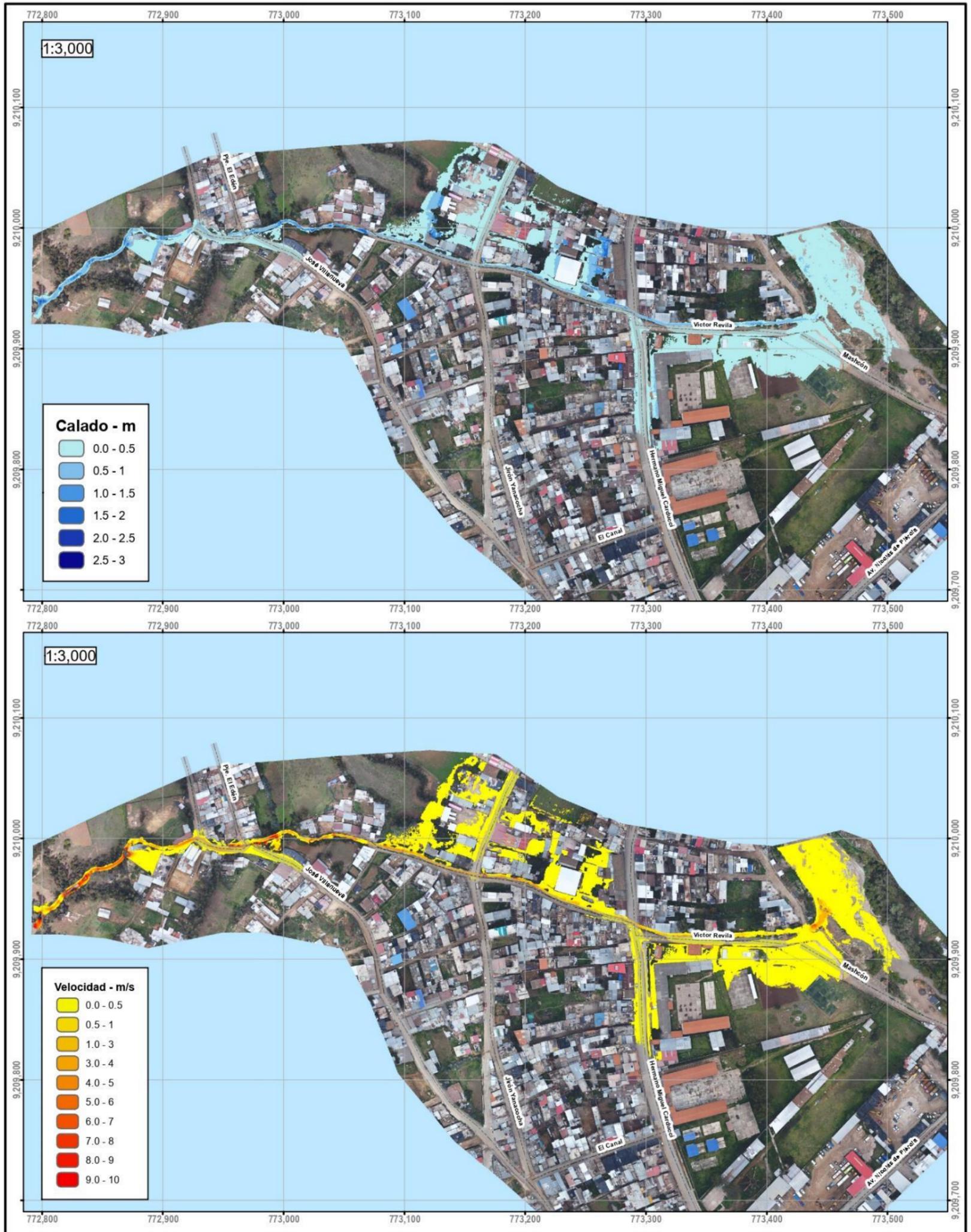
ANEXO N° 4. Plano topográfico de la quebrada Pariapuquio.



ANEXO N° 5. Zonificación de áreas inundables para el periodo de retorno de 10 años.



ANEXO N° 6. Zonificación de áreas inundables para el periodo de retorno de 25 años.



MAPA DE INUNDACIÓN TR 25 AÑOS

100 50 0 100 Metros

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 17S



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA : INGENIERÍA CML PLANO N° 03

CURSO : TESIS DE TITULACIÓN

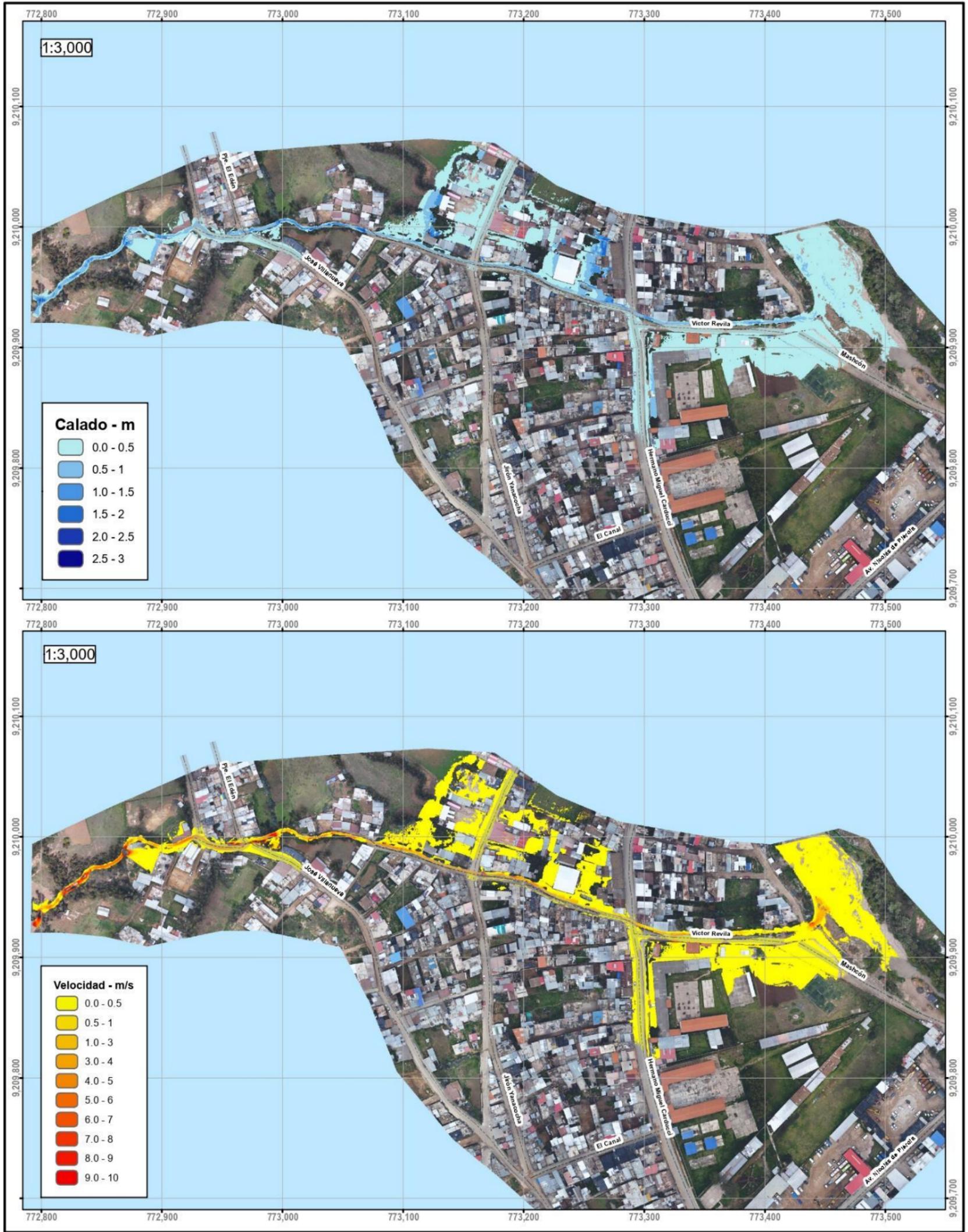
PLANO : TR-25 AÑOS-TIRANTE-VELOCIDAD

ALUMNOS : BACH. MACHUCA CASTAÑEDA JOSÉ ALFREDO
BACH. YOEL JHONATAN SANCHEZ GAMONAL

ESCALA : INDICADA FECHA: 21/03/2023

ASESOR : ING. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ

ANEXO N° 7. Zonificación de áreas inundables para el periodo de retorno de 50 años.



MAPA DE INUNDACIÓN TR 50 AÑOS

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 17S



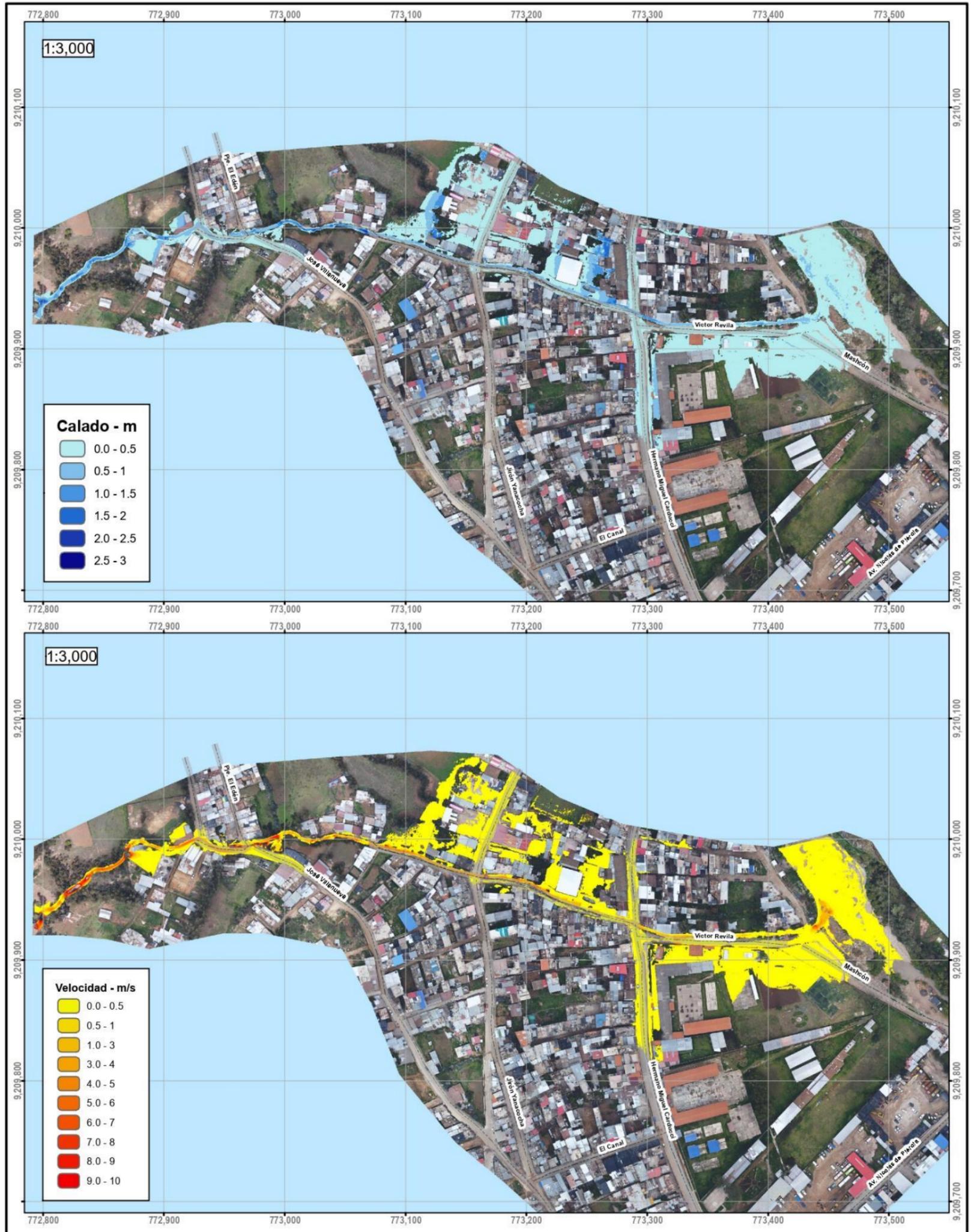
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA : INGENIERÍA CML PLANO N° 04
CURSO : TESIS DE TITULACIÓN
PLANO : TR-50 AÑOS-TIRANTE-VELOCIDAD

ALUMNOS : BACH. MACHUCA CASTAÑEDA JOSÉ ALFREDO
BACH. YOEL JHONATAN SANCHEZ GAMONAL

ESCALA : INDICADA FECHA: 21/03/2023
ASESOR : ING. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ

ANEXO N° 8. Zonificación de áreas inundables para el periodo de retorno de 100 años.



MAPA DE INUNDACIÓN TR 100 AÑOS

100 50 0 100 Metros

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 17S



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA : INGENIERÍA CIVIL PLANO N°05

CURSO : TESIS DE TITULACIÓN

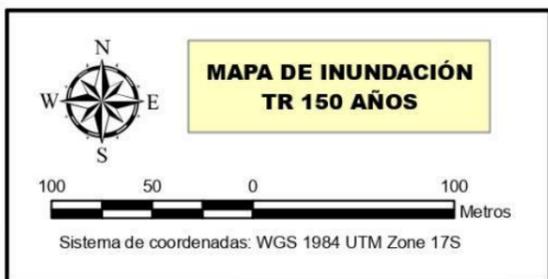
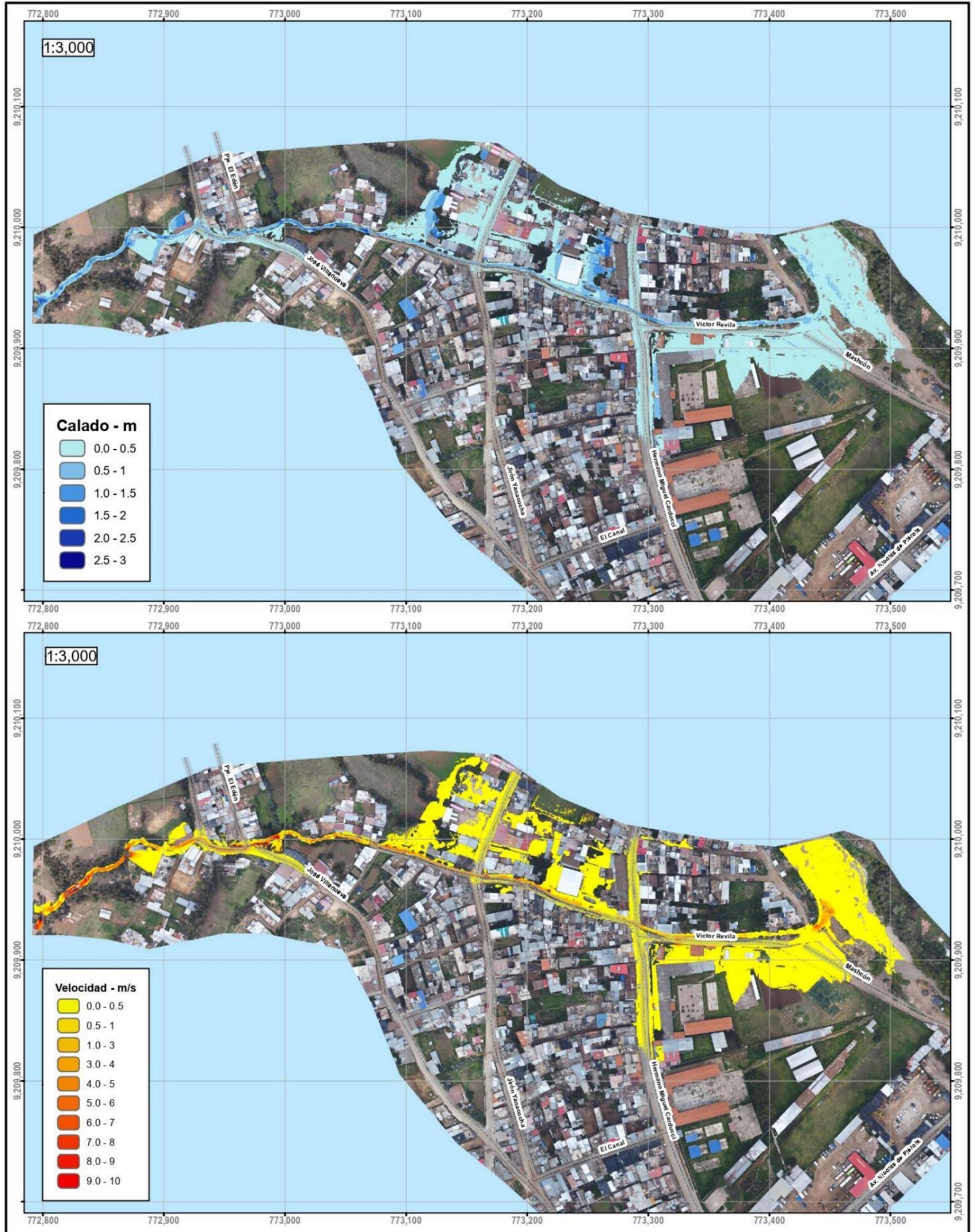
PLANO : TR-100-TIRANTE-VELOCIDAD

ALUMNOS : BACH. MACHUCA CASTAÑEDA JOSÉ ALFREDO
BACH. YOEL JHONATAN SANCHEZ GAMONAL

ESCALA : INDICADA FECHA: 21/03/2023

ASESOR : ING. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ

ANEXO N° 9. Zonificación de áreas inundables para el periodo de retorno de 150 años.

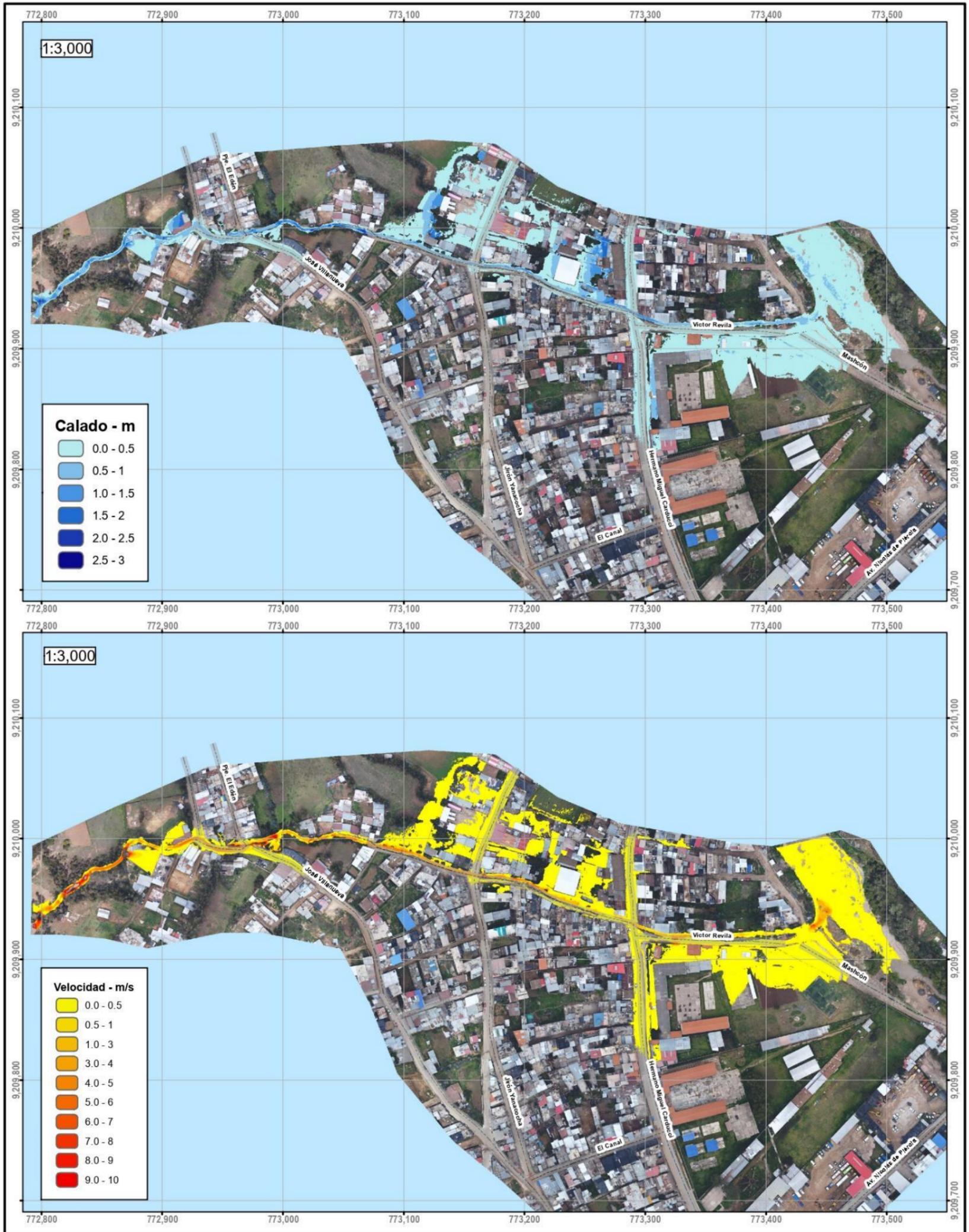


**MAPA DE INUNDACIÓN
TR 150 AÑOS**



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA : INGENIERÍA CML
CURSO : TESIS DE TITULACIÓN
PLANO : TR-150 AÑOS-TIRANTE-VELOCIDAD
ALUMNOS : BACH. MACHUCA CASTAÑEDA JOSÉ ALFREDO
BACH. YOEL JHONATAN SANCHEZ GAMONAL
ESCALA : INDICADA FECHA: 21/03/2023
ASESOR : ING. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ

ANEXO N° 10. Zonificación de áreas inundables para el periodo de retorno de 200



MAPA DE INUNDACIÓN TR 200 AÑOS

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 17S



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA : INGENIERÍA CIVIL PLANO N° 07
CURSO : TESIS DE TITULACIÓN
PLANO : TR-200 AÑOS-TIRANTE-VELOCIDAD

ALUMNOS : BACH. MACHUCA CASTAÑEDA JOSÉ ALFREDO
BACH. YOEL JHONATAN SANCHEZ GAMONAL

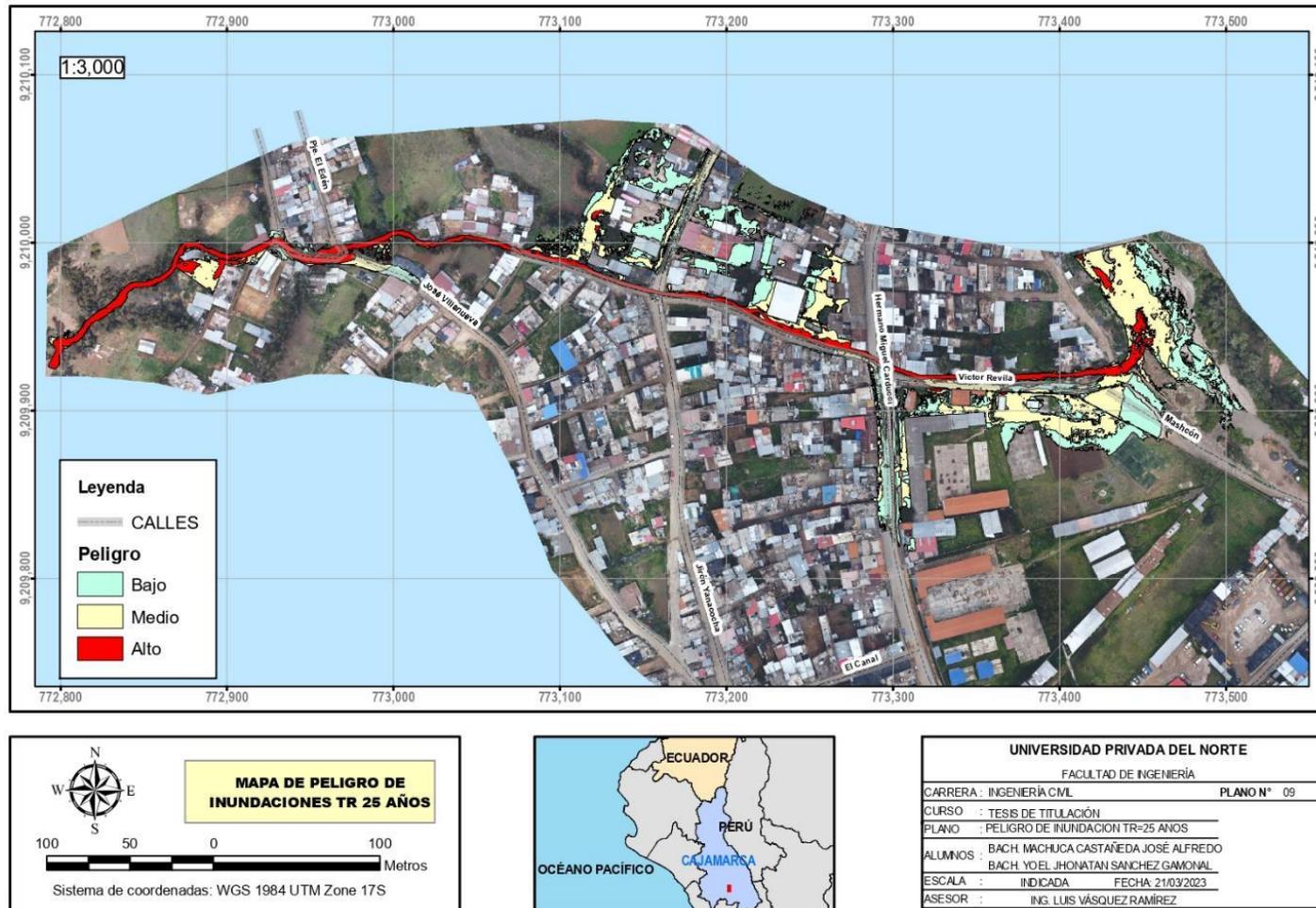
ESCALA : INDICADA FECHA: 21/03/2023
ASESOR : ING. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ

ANEXO N° 11. Mapa de peligro para el periodo de retorno de 10 años.

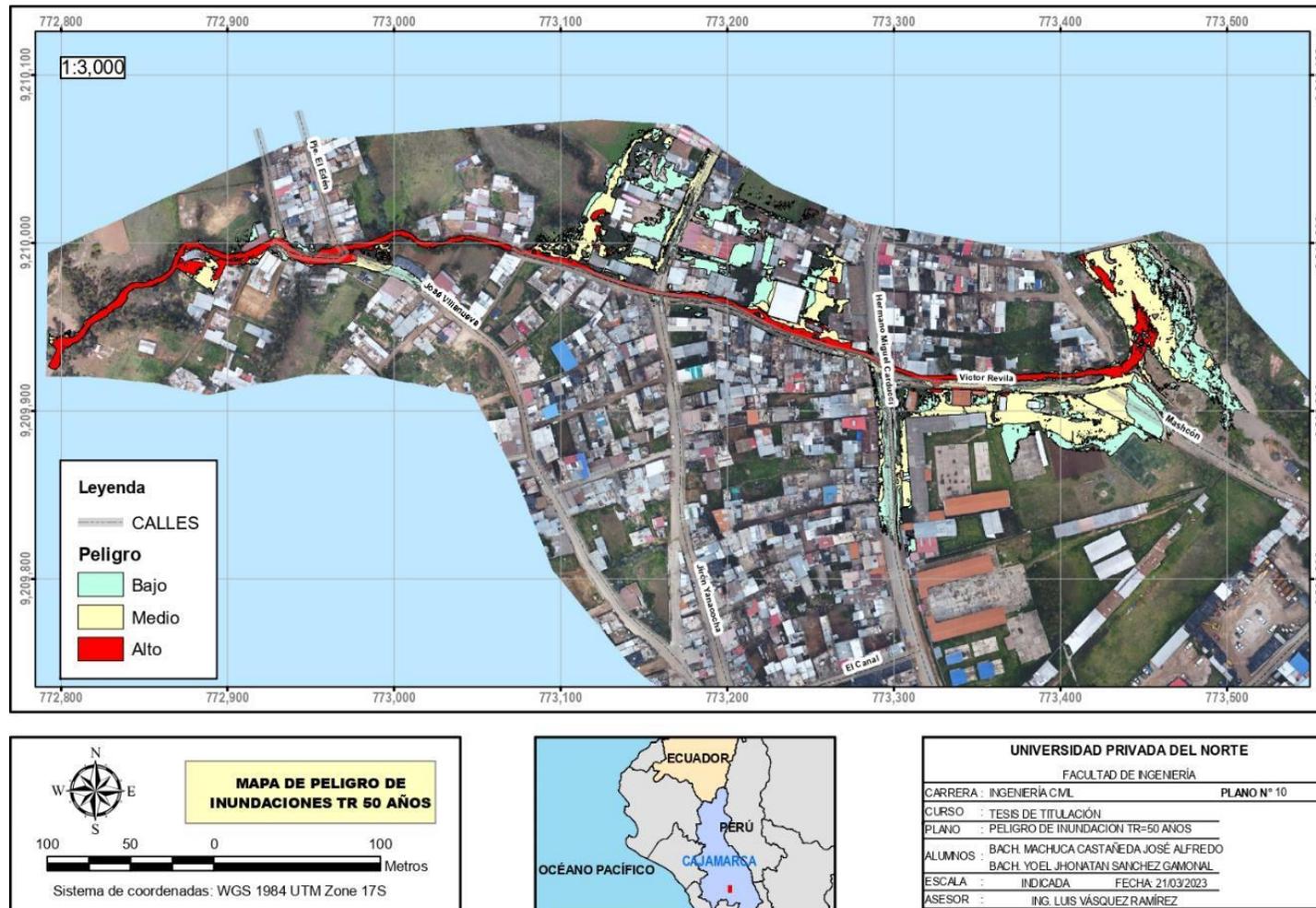


UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
FACULTAD DE INGENIERIA	
CARRERA : INGENIERIA CIVIL	PLANO N° 08
CURSO : TESIS DE TITULACION	
PLANO : PELIGRO DE INUNDACION TR=10 AÑOS	
ALUMNOS : BACH. MACHUCA CASTAÑEDA JOSÉ ALFREDO	
: BACH. YOEL JHONATAN SANCHEZ GAMONAL	
ESCALA : INDICADA	FECHA: 21/03/2023
ASESOR : ING. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ	

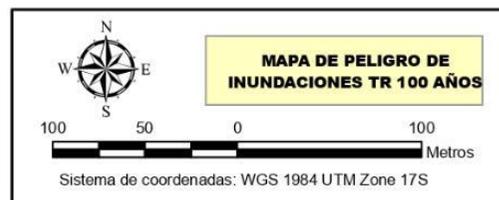
ANEXO N° 12. Mapa de peligro para el periodo de retorno de 25 años.



ANEXO N° 13. Mapa de peligro para el periodo de retorno de 50 años.

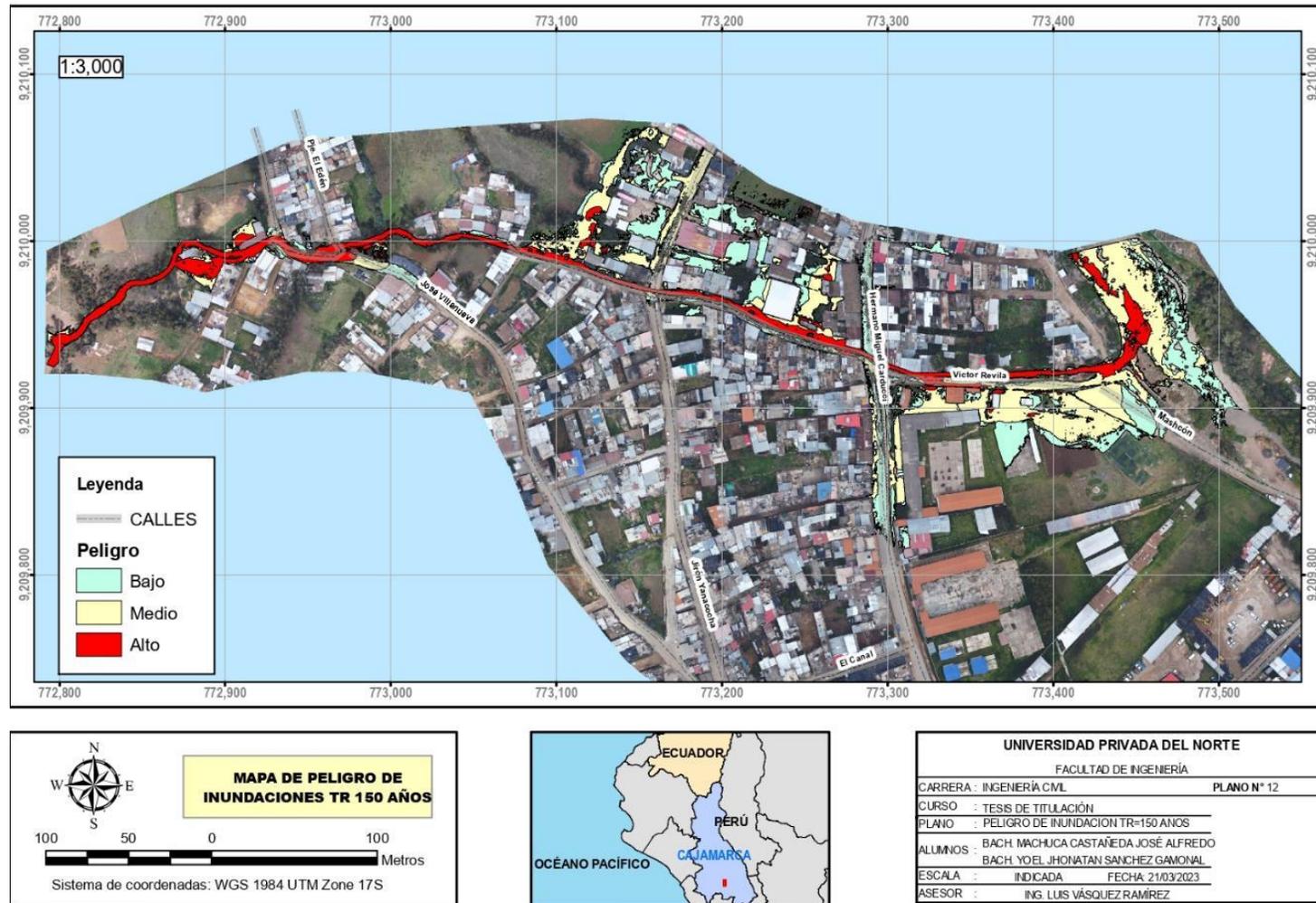


ANEXO N° 14. Mapa de peligro para el periodo de retorno de 100 años.



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
CARRERA : INGENIERÍA CIVIL	PLANO N° 11
CURSO : TESIS DE TITULACIÓN	
PLANO : PELIGRO DE INUNDACION TR=100 AÑOS	
ALUMNOS : BACH. MACHUCA CASTAÑEDA JOSÉ ALFREDO	
BACH. YOEL JHONATAN SANCHEZ GAMONAL	
ESCALA : INDICADA	FECHA : 21/03/2023
ASESOR : ING. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ	

ANEXO N° 15. Mapa de peligro para el periodo de retorno de 150 años.



ANEXO N° 16. Mapa de peligro para el periodo de retorno de 200 años.



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
CARRERA : INGENIERÍA CIVIL	PLANO N° 13
CURSO : TESIS DE TITULACIÓN	
PLANO : PELIGRO DE INUNDACION TR=200 AÑOS	
ALUMNOS : BACH. MACHUCA CASTAÑEDA JOSÉ ALFREDO BACH. YOEL JHONATAN SANCHEZ GAMONAL	
ESCALA : INDICADA	FECHA: 21/03/2023
ASESOR : ING. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ	

ANEXO N° 17. Mapa de peligro para el periodo de retorno de 200 años.



Dron utilizado en el Levantamiento Topográfico de la Quebrada Pariapuquio; además, se muestra el despegue del Dron para empezar a tomar los puntos mediante Fotografías Aéreas



Toma de punto de Control en la calle Mashcón.



Toma de punto de Control
en la Calle Victor Revilla.



Toma de Punto de Control con GPS
Diferencial en la Calle el Canal.



Toma de Punto de Control con GPS
Diferencial en el Pasaje El Edén.