

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“IDENTIFICACIÓN DE ZONAS INUNDABLES POR
LA QUEBRADA INGAMAYO, CASERÍO
AGOPAMPA – PROPUESTAS DE MEJORAS
ESTRUCTURALES”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Ernesto Chavez Villanueva
John Willam Tucto Chuquilin

Asesor:

Ing. Luis Vásquez Ramírez

Cajamarca - Perú

2021



DEDICATORIA

Dedicamos esta investigación a nuestros padres por el constante apoyo, confianza y por ser los motores para ser personas de provecho a través de sus consejos y enseñanzas. Por estar en los malos y buenos momentos, a ellos a nuestros padres les dedicamos este trabajo que también es suyo, esperamos siempre contar con cada uno de ustedes.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos la oportunidad de cumplir nuestras metas, brindándonos la humildad y la energía para superar cada adversidad.

También agradecemos a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte que influyeron de manera grata, transmitiendo sus conocimientos profesionales como también personales, sobre todo por formar parte de nuestra instancia dentro de la universidad.

Para concluir agradecemos a todos nuestros amigos que estuvieron con nosotros apoyándonos y sobre todo por todo su cariño y amistad verdadera que nos brindaron.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Formulación del problema	19
1.3. Objetivos.....	19
1.4. Hipótesis	19
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	20
2.1. Tipo de investigación.....	20
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	20
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	24
2.4. Procedimiento	24
CAPÍTULO III. RESULTADOS	58
3.1. Características geomorfológicas de la microcuenca.	59
3.2. Modelamiento Hidrológico	61
3.1. Modelamiento Hidráulico Bidimensional	75
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	92
4.1. Discusión	92
4.2. Conclusiones	97
REFERENCIAS	99
ANEXOS	101
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA	101
ANEXO 2: DATOS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BRINDADAS POR SENAMHI	102
ANEXO 3: PLANO TOPOGRÁFICO DE LA QUEBRADA INGAMAYO.....	103
ANEXO 4: PLANO TOPOGRÁFICO DE LA QUEBRADA INGAMAYO.....	104
ANEXO 5: ÁREA INUNDABLE PARA TR=10 AÑOS y Q=19.90 M3/S	105
ANEXO 6: ÁREA INUNDABLE PARA TR=25 AÑOS y Q=22.40 M3/S.....	106
ANEXO 7: ÁREA INUNDABLE PARA TR= 50 AÑOS Y Q=24.10 M3/S	107

ANEXO 8: ÁREA INUNDABLE PARA TR=100 AÑOS Y Q=25.80 M3/S	108
ANEXO 9: ÁREA INUNDABLE PARA TR= 140 AÑOS Y Q=26.60 M3/S	109
ANEXO 10: ÁREA INUNDABLE PARA TR= 500 AÑOS Y Q=29.50 M3/S	110
ANEXO 11: DELIMITACIÓN DE LA MICROCUENCA	111
ANEXO 12: CARGO RECIBIDO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS DE INTENSIDADES	112
ANEXO 13: RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	113
ANEXO 14: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON GPS DIFERENCIAL	114
ANEXO 15: VERIFICACIÓN EN EL PROCESO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación Estación Meteorológica Augusto Weberbauer	26
Tabla 2 Precipitaciones Máximas en 24 mm de la Estación Augusto Weberbauer	27
Tabla 3 Valores Críticos de Smirnov Kolmogorov	34
Tabla 4 Índice de Compacidad Para la Evaluación de la Forma	38
Tabla 5 Valores Correspondientes al Factor de Forma (Kf)	38
Tabla 6 Punto Emisor	42
Tabla 7 Cobertura Vegetal en Zona de Estudio	43
Tabla 8 Parámetros fisiográficos de la microcuenca Ingamayo	59
Tabla 9 Curvas características de la microcuenca (Quebrada Ingamayo)	59
Tabla 10 Prueba de Datos Dudosos de la Micro Cuenca (Quebrada Ingamayo)	61
Tabla 11 Cálculos de procedimientos de los Datos Dudosos	63
Tabla 12 Datos Para el Análisis Estadístico	63
Tabla 13 Análisis Estadístico	64
Tabla 14 Prueba de Bonda de Ajuste Kolomogorov – Smirnov	69
Tabla 15 Precipitaciones Máximas Anuales en 24 Horas	71
Tabla 16 Precipitaciones Máximas en 24 Horas	72
Tabla 17 Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 Horas	73
Tabla 18 Coeficiente de Escorrentía Método Racional	74
Tabla 19 Estimación de Caudales Máximos	74
Tabla 20 Determinación de Áreas de Inundación por Desborde de la Quebrada Ingamayo	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación Departamental.....	21
Figura 2 Ubicación Provincial.....	21
Figura 3 Ubicación Local.....	22
Figura 4 Plano Topográfico Escala 1/2000 en AutoCAD Civil 3D 2018.....	23
Figura1 Entorno del Programa IBER, 2019.....	44
Figura 2 Modelo de Malla Formada por Elementos Triangulares.....	45
Figura7 Ventana de Ingreso de Uso de Suelo.....	47
Figura 8 Asignación de Usos de Suelos.....	47
Figura 9 Ventana de Ingreso de Caudales.....	48
Figura 10	48
Figura 11 Grafica de los Caudales Ingresados.....	49
Figura 12 Vista de las Condiciones de Contorno.....	49
Figura 13 Mallado del Tramo en Estudio.....	50
Figura 14 Modelo de Elevaciones Digitales - 1.....	50
Figura15 Modelo de Elevaciones Digitales - 2.....	51
Figura 16 Calados de la Modelación - 1.....	52
Figura 17 Calados de la Modelación - 2.....	53
Figura 18 Velocidades - 1.....	54
Figura 19 Velocidades - 2.....	55
Figura 20 Zona Vulnerable 1.....	56
Figura 21 Zonas Vulnerables 2 y 3.....	57
Figura 22 Curva Hipsométrica.....	60
Figura 23 Características del Ciclo de Erosión.....	60
Figura 24 Polígono de Frecuencia de Altitudes.....	61
Figura 25 Ajuste estadístico para la Distribución Normal - Estación Augusto Weberbauer.....	67
Figura 26 Ajuste estadístico para la Distribución Gumbel - Estación Augusto Weberbauer.....	67
Figura 27 Ajuste estadístico para la distribución Long Normal - Estación Augusto Weberbauer.....	67
Figura 28 Ajuste Estadístico Para la Distribución Pearson Tipo III - E. Augusto Weberbauer.....	68
Figura 29 Ajuste Estadístico Para la Distribución Log Pearson Tipo III - E. Augusto Weberbauer.....	68
Figura 30 Precipitación máxima anual para diferentes periodos de retorno.....	72
Figura 31 Curva Intensidad – Duración – Frecuencia para TR= 10 años a mas.....	73
Figura 32 Desborde Entre la Progresiva 0+967.89 al Margen Derecho.....	75
Figura 33 Desborde Entre la Progresiva 1+167.83 Margen Derecho.....	76
Figura 34 Desborde Entre la Progresiva 1+383.67 Margen Izquierdo.....	76
Figura 35 Desborde Entre la Progresiva 0+996.82 Margen Izquierdo.....	77
Figura 36 Desborde Entre la Progresiva 1+159.67 Margen Derecho.....	78
Figura 37 Desborde Entre la Progresiva 1+383.67 Margen Izquierdo.....	78
Figura 38 Desborde Entre la Progresiva 0+967.13 Margen Izquierdo.....	79
Figura 39 Desborde Entre la Progresiva 1+169.58 Margen Derecho.....	80
Figura 40 Desborde Entre la Progresiva 1+386.66 Margen Izquierdo.....	80
Figura 41 Desborde Entre la Progresiva 0+077.87 Margen Derecho.....	81
Figura 42 Desborde Entre la Progresiva 0+124.05 Margen Derecho.....	82
Figura 43 Desborde Entre la Progresiva 0+953.68 Margen Derecho.....	82
Figura 44 Desborde Entre la Progresiva 0+968.47 Margen Derecho.....	83
Figura 45 Desborde Entre la Progresiva 1+169.57 Margen Derecho.....	83
Figura 46 Desborde Entre la Progresiva 1+383.67 Margen Derecho.....	84
Figura 47 Desborde Entre la Progresiva 0+077.87 Margen Derecho.....	85
Figura 48 Desborde Entre la Progresiva 0+124.05 Margen Derecho.....	85
Figura 49 Desborde Entre la Progresiva 0+934.67 Margen Izquierdo.....	86
Figura 50 Desborde Entre la Progresiva 0+953.68 Margen Derecho.....	86
Figura 51 Desborde Entre la Progresiva 0+968.47 Margen Izquierdo.....	87
Figura 52 Desborde Entre la Progresiva 1+172.95 Margen Derecho.....	87
Figura 53 Desborde Entre la Progresiva 1+383.67 Hacia Ambos Márgenes.....	88
Figura 54 Desborde Entre la Progresiva 0+077.87, +124.05, 0+171.36 Margen Derecho.....	89
Figura 55 Desborde Entre las Progresivas 0+934.01 Margen Izquierdo.....	89
Figura 56 Desborde Entre las Progresivas 0+954, 1+094 y 1+169 Margen Derecho.....	90
Figura 57 Desborde Entre las Progresivas 1+335.71 y 1+383.67.....	90

Figura 58 Reconocimiento de la Zona en Estudio.....	113
Figura 59 Reconocimiento de la Zona en Estudio.....	113
Figura 60 Inicio del Levantamiento Topográfico.....	114
Figura 61 Levantamiento Topográfico.....	114
Figura 62 Apoyo y Verificación del Levantamiento Topográfico.....	115
Figura 63 Apoyo y Verificación del Levantamiento Topográfico.....	115

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Distribución Normal	29
Ecuación 2 Distribución Log Normal 2.....	29
Ecuación 3 Distribución Gamma 3.....	30
Ecuación 4 Distribución Log Pearson Tipo III.....	31
Ecuación 5 Distribución Gumbel.....	32
Ecuación 6 Prueba de Bondad de Ajuste de Smirnov Kolmogorov	34
Ecuación 7 Precipitación Total	35
Ecuación 8 Intensidad Máxima	35
Ecuación 9 Coeficiente de Compacidad	37
Ecuación 10 Factor de Forma	38
Ecuación 11 Densidad de Drenaje.....	39
Ecuación 12 Altitud Media.....	39
Ecuación 13 Pendiente Media	39
Ecuación 14 Tiempo de Concentración Kirpich.....	40
Ecuación 15 Tiempo de Concentración Giandotti	40
Ecuación 16 Tiempo de Concentración SCS – Ranser	41
Ecuación 17 Tiempo de Concentración Ventura – Heras	41
Ecuación 18 Tiempo de Concentración Culvert Practice	41
Ecuación 19 Caudal Máximo Método Racional	42

RESUMEN

Esta investigación aborda el tema de inundaciones por máximas avenidas de la Quebrada Ingamayo, debido a que en el Perú se generan desastres extremos por inundaciones provocando pérdidas humanas, económicas y daños materiales.

El objetivo principal de la investigación es identificar las zonas inundables por desborde de la quebrada Ingamayo en el caserío Ayopampa, para diferentes tiempos de retornos. Se tuvo que seguir actividades relevantes como el levantamiento topográfico con GPS diferencial Rovers Base y un Dron DJI Pantom 4 Pro. Otra Nota de datos fueron las precipitaciones máximas brindados por SENAMHI, estos datos fueron procesados en gabinete para obtener datos hidrológicos como las intensidades máximas para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 140 y 500 años; obteniéndose a si máximos caudales de 19.9 m³/s, 22.40 m³/s, 24.1 m³/s, 25.80 m³/s, 26.60 m³/s y 29.50 m³/s respectivamente, para un Tc=25.75 min. A si mismo se realizó un modelamiento hidráulico usando el programa Iber determinando a si las áreas de inundación por la quebrada Ingamayo de 1.06, 1.33, 1.42, 1.63, 3.41 y 4.72 hectáreas en un tramo de estudio de 1.5 km.

De acuerdo con todo el análisis realizado las zonas de inundación más perjudicados para un tiempo de retorno de 140 años a más, están entre las progresivas 0+934.67, 0+953.68 y 1+383.67 que corresponden a zonas de cultivo y zonas urbanas.

Palabras claves: inundaciones, tiempo de retorno, levantamiento topográfico, intensidades máximas, modelamiento hidrológico, modelamiento hidráulico.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Las inundaciones son fenómenos naturales relacionados con la geodinámica de la tierra. Siempre han existido en la historia de nuestro planeta y han causado muchos daños en la actualidad e interfiriendo con las actividades humanas. Se supone que esta situación provoca grandes pérdidas económicas, de infraestructura y de vidas humanas (Mamani, 2014).

En el aprovechamiento del recurso hídrico los estudios de inundabilidad hacen parte importante de la planificación hidrológica para el diseño de las obras de protección contra inundaciones y para la determinación de la viabilidad del uso de las llanuras de inundación en las inmediaciones de los ríos (Muñoz, 2007).

Los modelos de transformación son una herramienta muy útil en la previsión de las avenidas. Contar con ellos en nuestros países es necesario, ya que se ven afectados con frecuencia por lluvias intensas, que provocan inundaciones en intervalos de tiempo relativamente cortos, las que traen consigo muchos daños sociales y económicos (Rodríguez, 2010).

La problemática asociada a las avenidas y las inundaciones que provocan es compleja, ya que intervienen numerosos factores entre los cuales se encuentran la magnitud y localización de las poblaciones, las obras y la actividad antropogénica en las zonas estudiadas, las características fisiográficas y morfométricas de la cuenca incluyendo su sistema fluvial (Rodríguez, 2010).

El Niño es un fenómeno climático a gran escala, que está relacionado con el aumento periódico de la temperatura de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial central y oriental. Este aumento ocurre aproximadamente cada cinco años, de diciembre a marzo. La consecuencia es un aumento de la temperatura atmosférica; un aumento de las precipitaciones y el caudal de los ríos, y según la intensidad, lluvias torrenciales, inundaciones y deslizamientos de tierra (Hernández et al., 2016).

La variabilidad climática se entiende como los cambios inherentes al clima, incluidos los cambios en el estado climático promedio en todas las escalas de tiempo y espacio, incluidos los eventos meteorológicos extremos que ocurren en ciclos específicos, como sequías prolongadas, eventos de lluvias destructivas, años inusualmente calurosos e inundaciones; causado por eventos periódicos de El Niño y La Niña (Torres y Gómez, 2008).

Triviño et al. (2004) en su artículo publicado en la Universidad de Alicante: “Metodología para la modelación distribuida de la escorrentía superficial y la delimitación de zonas inundables en ramblas y ríos-rambla mediterráneos” propone un método para poder estimar la propagación de caudales de niveles de agua para el tipo de cuenca que estudia que está basado en un modelo hidrológico distribuido que construye con un sistema de información geográfica SIG para el pre-proceso y post-proceso de variables hidrológicas y obtiene como resultados que la delimitación de zonas inundables en ramblas y ríos-rambla mediterráneos no puede fundamentarse en criterios subjetivos, ni tampoco en criterios científicos que no consideren como mínimo la altura del agua y el caudal punta según períodos de retorno.

El modelo hidrológico de parámetros distribuidos que propone en este artículo que ha sido construido con la ayuda de un SIG, ayuda a mejorar considerablemente la gestión y el análisis de la información espacial.

Bescos et al. (2000) en su artículo publicado en la Universidad de Alcalá: “Elaboración de cartografía de zonas inundables. Aplicación al llano de inundación del río Arga (Navarra)” determina que el método para realizar estas cartografías consiste en trazar mapas de riesgo inmediatamente después a una gran inundación, que le permite evaluar la altura alcanzada por el agua y las mareas que está a dejado por el flujo de desborde, además utiliza fotografías aéreas tomadas en el momento álgido de la avenida, también utiliza reportes periodísticos y crecidas historias y llega a la conclusión de que La delimitación de zonas inundables es una tarea difícil, aunque necesaria. El uso combinado de diferentes métodos (estadísticos, hidrometeorológicos, hidráulicos, cartográficos y geomorfológicos) constituye una vía de aproximación al problema, de tipo interdisciplinar, que ayuda a superar la notable deficiencia de información hidrológica.

De los métodos estadísticos utilizados para la estimación de precipitaciones y caudales máximos asedados a períodos de retorno - leyes de Gumbel y de valores extremos generalizados-, éste último se ha demostrado más eficaz. No sólo presenta un mayor ajuste con los registros de las estaciones, sino que reproduce mejor los valores de largo período de recurrencia.

Soria et al. (2015) en su artículo publicado en la Universidad Científica del Perú: “Riesgo de inundación de la ciudad de Iquitos, Perú”; toman como metodología al modelo propuesto por Camarasa y Soriano (2008, 2012) que se basan en cartografías de zonas inundables, estudios hidrológico para determinar el tiempo de retorno para caudales de diferentes magnitudes y análisis hidro geomorfológicos previo para la caracterización cualitativa del área conflictiva y llega a las siguientes conclusiones que la unidad de peligro de inundación alto es el que más predomina (23 837,88 ha), lo cual representa el 64,77% del área de estudio, constituido por depósitos fluviales y/o aluviales, complejos de orillares y terrazas bajas; mientras que el menor predominio lo tiene la unidad de peligro de inundación muy bajo (470,16 ha), representado el 1,28% del área de estudio, caracterizado por abarcar áreas como las colinas bajas y/o lomadas.

Una inundación es el aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce, provocando daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura (Salas y Jiménez, 2004).

Para llevar a cabo acciones en contra de los daños causados por inundaciones, es indispensable emprender acciones de protección. Éstas pueden ser de dos tipos: medidas estructurales (construcción de obras), o medidas no estructurales (indirectas o institucionales) (CENAPRED, 2014).

Un mapa de riesgo es la representación gráfica de los potenciales daños en un sitio (ciudad, localidad, vía de comunicación, etc.), generados por algún fenómeno natural

o antropogénico (inundación, sismo, explosión de material químico, etc.) que lo afecte (SINPAD, 2014).

Una cuenca hidrológica es un área limitada topográficamente, drenada por una vía fluvial o un sistema de vías fluviales conectadas, de modo que todas las aguas fluyen a través de una salida (Monsalve Sáenz, 1998).

El área de la cuenca se define como el área total proyectada en el plano horizontal, es decir contribuye con la corriente en tierra a la sección del río en un orden dado. Este parámetro se expresa generalmente en km^2 (Londoño, 2001).

El perímetro de una cuenca es la longitud a través del plano horizontal de la cuenca. Este parámetro se mide en unidades de longitud, generalmente expresadas en metros o kilómetros (Lux Cardona, 2016).

La longitud de la cuenca es la distancia horizontal desde el punto donde desemboca la cuenca hasta otro punto aguas arriba, y la dirección general del río principal se cruza con el contorno de la cuenca (Lux Cardona, 2016).

Gravelius (1914) describe al índice de compacidad como la comparación de la forma de la cuenca con la forma de una circunferencia, el círculo inscrito de la circunferencia es el mismo que el área de la cuenca en estudio.

Uno de los parámetros principales, es la pendiente media de la cuenca que caracteriza el relieve de esta y permite hacer comparaciones entre cuencas para observar fenómenos erosivos (Lux Cardona, 2016).

La curva hipsométrica es la curva representada en coordenadas rectangulares, donde se representa la relación entre la altura y la superficie de la cuenca que queda por encima de dicha altura (Villón Béjar, 2002).

El factor de masividad representa la relación entre la elevación promedio de la cuenca y su superficie. Dicho factor toma valores altos en cuencas de montaña y valores bajos en cuencas planas (Sánchez, 2008).

El tiempo de concentración representa el tiempo que demora una partícula de agua para trasladarse del punto más remoto de la cuenca hasta el punto de desagüe (Chereque Moran, 1989).

El período de retorno puede ser cualquier evento extremo, incluidas lluvias intensas, temperaturas extremas, huracanes, etc. Determinado por la cantidad de años, que iguala o supera a una cierta frecuencia de eventos (Gutiérrez et al., 2011).

El Método racional, este método se ha generalizado en todo el mundo, es uno de los más antiguos de la hidrología cuantitativa con más de 100 años. Este método puede ser aplicado en cuencas pequeñas menores a 13 km². Este límite está dado por las características de las lluvias en la zona (Villón Béjar, 2002).

Según el Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (2011):

Las curvas intensidad – duración – frecuencia son curvas de diseño que vinculan la intensidad y duración de la lluvia con la frecuencia, es decir, probabilidad de ocurrencia o período de regresión.

Intensidades máximas, se define como la mayor cantidad de agua caída en una determinada duración de tiempo. Finalmente, lo que más importa de cada tormenta es con la fuerza máxima que se haya dado (Villón Béjar, 2002).

El software ArcGIS es un sistema de información geográfica (SIG o GIS en inglés) integrado que consta de tres partes claves:

- Un conjunto integrado de aplicaciones SIG avanzadas.
- Un sistema de administración de bases de datos (DBMS).
- Un SIG orientado a Internet para distribuir datos y servicios (Hernández y Montaner, 2008).

El modelamiento hidráulico mediante IBER. Iber es un software que permite realizar una gran cantidad de modelos hidráulicos y formas de ríos. Algunas de sus aplicaciones son el cálculo del caudal de los ríos, la identificación de zonas de inundación, la evaluación de zonas de riesgo y la delimitación de rutas de drenaje fuertes (Jordán, 2013).

Pre proceso:

- Realizar una geometría.
- Establecer los parámetros de rugosidad de Manning.
- Fijar condiciones del perímetro en estudio.

- Disponer información del proceso (tiempo del proceso, datos precisos del dibujo, activar módulos especiales).
- Generación de la malla de cálculo.

Proceso: una vez fijado todos los parámetros correctamente, se procederá ejecutar el programa.

Post-Proceso: finalizado el proceso de cálculo, se puede acceder al pos proceso para visualizar, analizar y exportar los resultados.

Iber combina funciones de mallado estándar, como el uso de varios algoritmos de mallado para crear mallas en forma de triángulos y cuadriláteros estructurados y no estructurados. Además, se han desarrollado herramientas para crear y editar cuadrículas para satisfacer las necesidades de la investigación en hidráulica fluvial (Bladé et al., 2014).

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son las zonas inundables por desborde de la quebrada Ingamayo en el caserío Agopampa?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Identificar las zonas inundables por desborde de la quebrada Ingamayo en el caserío de Agopampa, para diferentes tiempos de retorno.

1.3.2. Objetivos específicos

Evaluar la cuenca de la quebrada Ingamayo, caserío de Agopampa, mediante sistemas de información geográfica.

Elaborar el modelamiento hidrológico y precisar caudales máximos para los diferentes periodos de retornos; 10, 25, 50, 100, 140 y 500 años.

Elaborar el modelamiento hidráulico de la quebrada Ingamayo, ubicado en el caserío de Agopampa - Cajamarca.

Determinar zonas críticas de desborde para los diferentes periodos de retorno; 10, 25, 50 100, 140 y 500 años.

Identificar las mejores propuestas estructurales para prevenir pérdidas materiales y humanas.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Las zonas inundables por desborde de la quebrada Ingamayo están entre las progresivas 0+934.67, 0+953.68 y 1+383.67 que corresponden a zonas de cultivo y zonas urbanas.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo descriptiva ya que se basa en un estudio con criterios teóricos, de manera que permitan poner en claro las variables buscadas.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

La presente investigación, tiene como población al caserío de Agopampa, ubicado en la provincia de Cajamarca. Y como muestra, un área de 375 hectáreas, correspondiente a un muestreo probabilístico por conglomerados.

Ubicación Política:

Departamento	: Cajamarca.
Provincia	: Cajamarca.
Caserío	: Agopampa.

Ubicación Geográfica del Caserío Agopampa: Coordenadas UTM - WGS 84

Este	: 779669.220m
Norte	: 9202429.070m
Altitud	: 2666.360

Figura 1

Ubicación Departamental



Nota: Google, 2018.

Figura 2

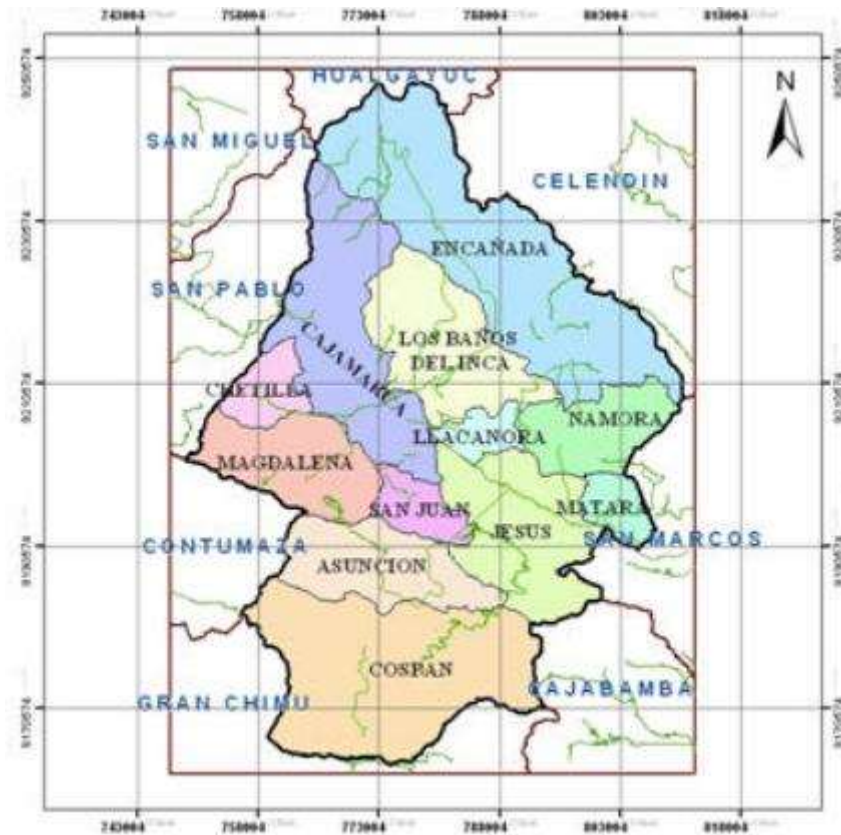
Ubicación Provincial



Nota: Google, 2018.

Figura 3

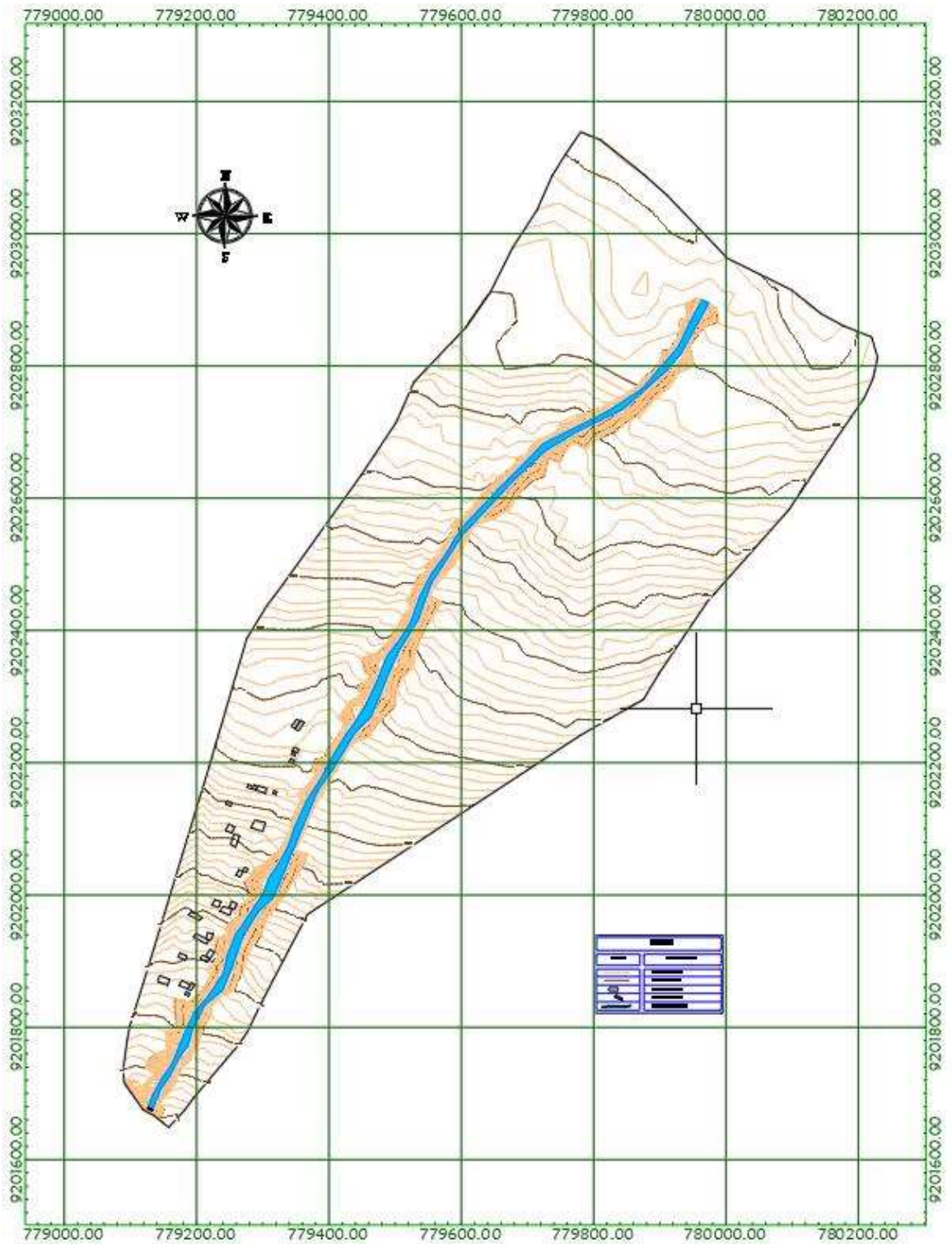
Ubicación Local



Nota: Provias, 2015.

Figura 4

Plano Topográfico Escala 1/2000 en AutoCAD Civil 3D 2018



Nota: Elaboración Propia.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Se utilizó la técnica de la observación ya que para la investigación se observó la zona a estudiar, la recolección de datos de precipitaciones máximas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y el levantamiento topográfico.

Los instrumentos fueron el formato de precipitaciones máximas (SENAMHI), el GPS diferencial Trimble R8 y adicionalmente se utilizó un Dron DJI Phantom 4 Pro, que nos permitió obtener información precisa y detallada para poder generar un modelo digital del terreno.

La técnica e instrumentos para el análisis de datos en la presente investigación fue la estadística descriptiva; ya que se utilizaron hojas de cálculo con el software Excel para procesar y determinar el promedio, desviación estándar, tablas de frecuencia y gráficos. También se utilizó la fotogrametría que nos permitió obtener información espacial del área en estudio utilizando medidas hechas sobre una o varias fotografías.

2.4. Procedimiento

Con la finalidad de reunir los criterios adecuados, conocer las características hidrológicas, hidráulicas y de drenaje de la zona; se realizó el estudio en las siguientes etapas:

Fase I: Recopilación de Información

- Recolección, evaluación y análisis de la información tales como: información cartográfica y meteorológica.

Fase II: Trabajos de Campo

- Reconocimiento de la cuenca y afluentes principales con el apoyo de información satelital.
- Recorrido de la zona en estudio para la evaluación del comportamiento hidráulico de la quebrada Ingamayo.
- Ubicación del punto de control para delimitar la Unidad Hidrográfica.

Fase III: Trabajos de Gabinete

- Consistió en el procesamiento y análisis estadístico de las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación A. Weberbauer.
- Delimitación del área de la microcuenca.
- Cálculo de los parámetros geomorfológicos de la microcuenca.
- Cálculo del caudal mediante el método racional, por ser un área menor a 10 km².
- Simulación hidráulica del tramo en estudio.
- Identificación de las zonas propensas a inundación ante máximas avenidas.
- Redacción del informe de estudio investigación.

Información cartográfica y meteorológica.

Información Cartográfica.

- Se usaron las cartas del IGN (15f y 15g) y las imágenes ASTER GDEM de la NASA con resolución de 30 x 30 metros, para la delimitación y cálculo de los parámetros geomorfológicos de la microcuenca de la quebrada Ingamayo, con el software Arcgis,
- Cartografía digital temática de cobertura vegetal de Cajamarca elaborado por la DGAA (Dirección General de Asuntos Ambientales).

Información Meteorológica.

Para el presente estudio se trabajó con las precipitaciones máximas en 24 horas en mm de la estación meteorológica Augusto Weberbauer por ser las más cercana a la zona en estudio, la cual es administrada por SENAMHI.

Tabla 1

Ubicación Estación Meteorológica Augusto Weberbauer

Estación Meteorológica			
Estación	Este	Norte	Altitud
Augusto Weberbauer	776880.9	9206978.4	2536

Nota: Elaboración Propia.

Elección del Período de Retorno

Para el presente estudio se adoptaron periodos de retorno de 10 años a más para la zona de inundación en estudio, según como lo indica el manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

Análisis estadístico de los datos hidrológicos

En este subcapítulo se realizará el análisis de frecuencias referido a precipitaciones máximas en 24 horas, con el objetivo de evaluar dichas precipitaciones para diferentes períodos de retorno, aplicando los modelos probabilísticos.

Para el cálculo del caudal se estudió la frecuencia del evento hidrológico máximo, aplicada al caudal de la crecida y a la precipitación máxima, debido a que no hubo registro de aforo del sitio estudiado.

Se realizó el siguiente proceso:

- Utilización de precipitaciones máximas en 24 horas.
- Procesar las distribuciones de frecuencia más comunes y obtenga la distribución más adecuada para registros históricos.

- Estudio estadístico de la precipitación máxima durante los períodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 140 y 500 años.
- Y finalmente la obtención de intensidades para diferentes tiempos de duración.

El desarrollo del análisis estadístico de precipitaciones máximas en 24 horas se presenta en la sección del ANEXO 02.

Análisis de la precipitación máxima diaria en 24 horas

Las precipitaciones máximas diarias registradas en la estación Augusto Weberbauer, fueron analizadas mediante la prueba de datos dudosos por el Método de Water Resources Council. En el cual se observó que no hay datos dudosos, para mayor detalle Ver Anexo 01, a continuación, se presenta las planillas de precipitaciones máximas en 24 horas.

Tabla2

Precipitaciones Máximas en 24 mm de la Estación Augusto Weberbauer

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1968	10.8	26.9	10.2	13	S/D	1.4	1.3	4.7	18.3	14.8	29.5	15.4
1969	13.1	S/D	10.8	21.8	S/D	6.3	0.3	S/D	9.2	S/D	17.9	42.4
1970	18.1	9.3	17.9	8.2	10.2	8.7	1.7	2.5	7.6	26	15.3	8.4
1971	10.7	29.6	27.8	12.1	3.4	3.2	6.6	3.3	9.5	19	7.6	S/D
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
1973	22.9	16.2	11.2	15	10.7	5.4	3.3	5.2	20	9.8	11.7	12.9
1974	12.4	16.8	14.2	18.2	3.7	6.4	2.6	9.7	8.5	20	10.3	17
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
1976	36.5	22.5	16	15.2	19.7	11.4	0.1	2.8	3.9	8.8	24	12.8
1977	40.5	20.1	29	22.9	11.6	2.4	7.1	0.1	6.6	10.6	12	11.3
1978	4.6	11.9	10	9.5	18.1	3.8	2	3.8	8	5.9	12	14.8
1979	20.6	10.5	28	5.8	5.2	1.8	3.9	7.3	9.4	10	7.5	17.2
1980	9.8	7.8	13.3	8.1	3	10.7	2.1	2.3	2.2	28.8	16.7	19.2
1981	21.4	23.1	39.3	12.2	4.9	2.3	2.6	4.8	8	15.2	11.9	29.5
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
1983	19.4	28	28.1	16.8	8.2	4.7	6.5	1.2	8.9	18.9	6.8	29.8
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

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1985	7.7	7	11.2	11.9	19.8	0.4	3.4	5.9	13.3	16.2	5.4	8.3
1986	17	12	27.4	16.7	4.5	0.5	1	5.1	1.1	11.6	11	8
1987	12.5	14.9	9.6	17.2	2.8	2.6	4	10.1	9.8	12.8	24.3	18.2
1988	15.8	18.2	11	16	2.4	3.3	0	0.4	5.4	10.5	11.2	11.9
1989	14.7	30	13.5	16.6	15.5	4.8	1.4	2.8	11.5	20	16.3	1.1
1990	18	24.7	11.7	6.5	9.5	7.1	0.8	6.2	13.2	14.6	20.5	25.4
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
1992	10.8	9.7	12	11.9	6.7	12.8	2.3	3.8	10.5	17.7	7.9	6.7
1993	9.2	12.5	20.6	12.8	8	1.5	3.3	1.9	22.5	17	20.2	13.9
1994	14.2	18.7	24.5	22.7	4.9	1.4	0	0.2	3.1	8.7	21.3	28.5
1995	8.3	19.3	16.4	20.6	3.9	1.3	7.8	6.1	3	16.1	19.5	16
1996	11.3	25.6	16.6	15.7	3.4	0.4	0.4	6.4	3.7	13	35.1	10.5
1997	16.3	16.3	7.1	8.3	7.5	6.6	0.2	0	7.6	10.2	27.6	23.8
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
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
2000	17.3	36.1	18.6	19.7	14.4	5.3	1.8	5	10.9	3.3	17.9	20.4
2001	27.6	17.7	28.2	14.3	14.7	1	6.9	0	5.7	14.7	20.3	15.9
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
2003	18.7	18.4	20.1	8.8	6.7	7	1.6	6.1	8.9	19.2	17.1	20.8
2004	11.9	21.5	10.5	12.4	6.5	0.9	6	10.2	4	9.5	28.1	22.7
2005	20.2	10	19.7	10.8	3.6	3.5	0.3	3.5	14.3	9.3	11.6	15.3
2006	15.2	13.5	18.8	17	2.2	6.2	1.6	5.4	10.2	4	20.6	12.3
2007	15.6	6.8	25.4	21	5.2	1.4	3	4	10.2	19	15.7	16.7
2008	20.2	17.1	23.6	27	7.4	6	1.3	4.8	11.6	10.8	19.7	S/D
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
2010	14.6	36.4	34	21.6	12.6	2.8	2.2	1.3	10.5	16.8	12.8	21.9
2011	14.9	16.4	25.5	22.4	9.7	0.4	5.1	0	12.7	9.3	5.2	27.7
2012	18	27.9	26.7	11.3	10.8	0.3	0	1.9	12.8	24.2	27.3	17.6
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
2014	13.7	15.3	22.1	24.4	6.8	2.4	2	1.7	5.8	13.5	11.1	20.2
2015	23.3	14	25.4	11.9	19.5	2.3	3.2	0.1	25.2	4.6	20.5	10.7
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
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
2018	16.9	33.5	18.3	12.1	8.7	5	0.4	0	11.2	13.7	14	16.2
2019	14.6	14.8	25.5	12.9	8.5	4.9	4.4	0	2.2	19	15.7	20.2

Nota: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Funciones de Distribución de Probabilidad

En estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; y obviamente no es posible probar todas. Por ello, se ha elegido de esa variedad de

funciones, las que se adaptan mejor para fines del estudio, habiéndose considerado utilizar para nuestro caso en particular (estimación de precipitaciones para diferentes periodos de recurrencia para el diseño hidráulico de los puentes, obras de protección y estudios de socavación) las funciones de distribución de probabilidad que se describen a continuación:

- Distribución Normal.
- Distribución Log Normal 2 parámetros.
- Distribución Gamma 3 parámetros.
- Distribución Log Pearson tipo III.
- Distribución Gumbel.

Distribución Normal

Esta función se define como:

Ecuación 1 Distribución Normal

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{S}\right)^2}$$

Donde:

f(x): función densidad normal de la variable x.

x: variable independiente.

μ : parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

S: parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

Distribución Log Normal 2 Parámetros

La expresión de distribución es:

Ecuación 2 Distribución Log Normal 2

$$P(x \leq x_i) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} \int_{-\infty}^{x_i} e^{\left(\frac{-(x-\bar{x})^2}{2S^2}\right)} dx$$

Donde \bar{X} y S son los datos de la distribución.

Si la variable x en la Ecuación 1 se reemplaza por la función $y = f(x)$, de modo que $y = \log(x)$, la expresión se puede normalizar y transformar en una ley de probabilidad llamada log-normal, $N(Y, S_y)$. El valor original de la variable aleatoria x debe transformarse en $y = \log x$, de manera que:

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n \log x_i / n$$

Donde \bar{Y} es la medida de los datos de la muestra transformada.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n - 1}}$$

Donde S_y es la desviación estándar de los datos de la muestra transformada.

Asimismo; se tiene las siguientes relaciones:

$$C_s = \frac{a}{S^3} y$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^3$$

Donde C_s es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada.

(Monsalve, 1999).

Distribución Gamma 3 Parámetros

La expresión de densidad es:

Ecuación 3 Distribución Gamma 3

$$f(x) = \frac{(x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{x-x_0}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)}$$

Válido para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Dónde:

x_0 : origen de la variable x , parámetro de posición.

γ : parámetro de forma.

β : parámetro de escala.

Distribución Log Pearson Tipo III

La función de densidad es:

Ecuación 4 Distribución Log Pearson Tipo III

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{\left(\frac{\ln x - x_0}{\beta}\right)}}{x\beta^\gamma \tau(\gamma)}$$

Válido para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Donde:

x_0 : parámetro de posición.

γ : parámetro de forma.

β : parámetro de escala.

Distribución Gumbel

La disposición de valores de tipo I se denomina distribución de Gumbel o distribución exponencial doble, tiene la siguiente expresión como función de distribución de probabilidad:

Ecuación 5 Distribución Gumbel

$$f(x) = e^{-e^{\alpha(x-\beta)}}$$

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma$$

Donde:

α : Parámetro de concentración.

β : Parámetro de localización.

La distribución la podemos expresar de la forma siguiente según Ven Te

Chow:

$$x = \bar{x} - k\sigma_x$$

Donde:

x: Valor con una probabilidad dada.

\bar{x} : Media de la serie.

k: Factor de frecuencia.

Prueba de Bondad de Ajuste de Smirnov Kolmogorov

La naturaleza de la prueba de bondad de ajuste, depende de si la muestra ha sido agrupada o no. Si la muestra es agrupada, la prueba que corresponde es la de “Chi Cuadrado”: pero sí en cambio, la muestra no está agrupada, la prueba es la de “Smirnov-Kolmogorov”. Las muestras hidrológicas muy grandes (mayores de 100 datos) resultan inmanejables si se las agrupa en intervalos de clase; las pequeñas en

cambio (menos de 100 datos), frecuentemente se cometen excesivos errores si se las agrupa, por lo que es conveniente trabajarlas sin agrupar.

Para el caso de la información, la muestra es pequeña con tan sólo de 55 años, por lo que no es conveniente agruparla y entonces la prueba que corresponde es la de Smirnov-Kolmogorov, cuyo procedimiento se describe brevemente.

- Se ordenan los datos de la muestra de mayor a menor o viceversa, asignando una probabilidad empírica a cada orden ocupado por cada dato, conocida como Probabilidad Observada. El modelo de probabilidad empírica más usado para muestras pequeñas, como en este caso, es el de Weibull, porque elimina errores de frontera.
- Con los parámetros del Modelo ya determinados en la etapa anterior, mediante la relación funcional del Modelo, reemplazando el valor de cada dato de la muestra ordenada, se obtiene la probabilidad teórica $[F(x<X)]$ para cada valor de la variable observada x .
- A este resultado se le denomina Probabilidad Simulada de cada variable ordenada.
- Se obtienen las diferencias, en valor absoluto, entre las probabilidades simuladas y observadas para cada columna de cada periodo de duración estándar.
- Se determina la máxima desviación absoluta y se compara con el valor crítico de la Probabilidad de Kolmogorov, obtenida de la tabla correspondiente al 5% de significación.
- **Criterios de decisión.** Si el valor de la Probabilidad Crítica de Kolmogorov (DELTA) es menor que la máxima diferencia absoluta entonces **aceptar la hipótesis planteada HP** (prueba no significativa). De lo contrario, **aceptar la hipótesis alterna HA** (prueba significativa). Este último criterio, según el

flujograma, implica regresar nuevamente a la primera etapa del modelamiento (selección del modelo), hasta el cumplimiento de la HP.

Ecuación 6 Prueba de Bondad de Ajuste de Smirnov Kolmogorov

$$\text{Máx}|F(x < X) - P(x < X)| < \Delta_0$$

Δ_0 : probabilidad crítica de Kolmogorov, al 5% de significación (cuadro 3, en función del grado de significación y tamaño de muestra).

Tabla 3

Valores Críticos de Smirnov Kolmogorov

Tamaño Muestral	Niveles de Significación α			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
34	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N > 50	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

Nota: Yevjevich 1972.

Curvas Intensidad Duración Frecuencia

- ✓ Intensidades de lluvia

Según el Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (2011):

Nos indica que, cuando la duración de la tormenta es menor a 1 hora o no se tenga las intensidades máximas del registro de lluvia, estas se pueden calcular

utilizando el método de Dick Peschke (Guevara, 1991), que se relaciona con la duración de la tormenta la lluvia más fuerte en 24 horas.

Tenemos la siguiente expresión:

Ecuación 7 Precipitación Total

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Dónde:

Pd: Precipitación total (mm).

d: Duración (min).

P_{24h}: Precipitación máxima en 24 horas (mm).

La intensidad se obtiene dividiendo la precipitación Pd por la duración d. La curva intensidad-duración-frecuencia se calcula indirectamente mediante la siguiente expresión:

Ecuación 8 Intensidad Máxima

$$I = \frac{KT^m}{t^n}$$

Dónde:

I: Intensidad máxima (mm/h).

K, m, n: Factores característicos de la zona de estudio.

T: Período de retorno (años).

t: Duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min).

Usualmente la duración de la lluvia diseñada; es igual al tiempo de concentración (Tc) del área de la cuenca en estudio, porque al final de esta duración, la esorrentía alcanza su valor más alto porque toda el área contribuye al flujo de salida.

✓ Tormenta de Diseño

El modelo calibrado o ajustado simula un rango muy amplio de condiciones para eventos esperados que puedan ocurrir y selecciona las variables de diseño que mejor se adaptan a la importancia de la estructura a proyectar, optimizando así la durabilidad y funcionalidad con la mayor economía posible. No es un problema de estructura de sobreprotección, sino un diseño optimizado, cuanto menor es la incertidumbre, mayor es el riesgo de pérdida. Cuando el riesgo de pérdida es bajo, la frecuencia de las variables de diseño debe ser consistente con el período de mantenimiento estructural y la inconveniencia ocasionada, lo cual tiene trascendencia técnica y económica.

Método del Bloque Alterno

El manual de hidrología, hidráulica y drenaje (2011) describe al método de bloque alternativo como un método simple para formar y diseñar hietogramas usando curvas de duración de frecuencia. El hietograma diseñado de esta manera, precisa la profundidad de la precipitación en "n" tiempos consecutivos de duración Δt , y la duración total de $T_d = n \cdot \Delta t$.

Una vez determinado el tiempo de retorno, se lee la intensidad de cada duración Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$, $4\Delta t$ de la curva IDF y se obtiene la altura de la precipitación correspondiente, realizando el producto de la intensidad y la duración. Se cojera la diferencia entre los datos continuos de la altura de precipitación y encontraremos la precipitación que debe sumarse por cada tiempo adicional Δt . Dichos aumentos se reorganizan en orden cronológico para que la máxima intensidad se encuentre en medio del tiempo deseado T_d , el resto de bloques se disponen alternativamente a la derecha e izquierda del bloque central en orden descendente para formar el diseño.

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DEL ÁREA DE DRENAJE

Con la información base de las cartas geográficas (curvas de nivel, ríos, lagunas, modelo de elevación de terreno) se realizó la determinación de los parámetros geomorfológicos apoyados del Sistema de Información Geográfica y las fórmulas tradicionales.

Área y perímetro de la cuenca

El área se define como el total de la superficie proyectada sobre un plano horizontal (Londoño Arango, 2001). El perímetro de la cuenca es la longitud del contorno o divisoria de aguas del área de la cuenca (Ordoñez, 2011).

Índice de compacidad

El índice de compacidad expresa una comparación entre la forma de la cuenca y la forma de una circunferencia, el círculo inscrito de dicha circunferencia es de igual área que de la cuenca (Villón, 2002).

Ecuación 9 Coeficiente de Compacidad

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

Donde:

Kc: coeficiente de compacidad.

P: perímetro de la cuenca (km).

A: área de la cuenca (Km²).

Si el valor del coeficiente es igual a uno, la cuenca es de forma circular. Si el coeficiente es mayor que uno, la cuenca será de forma rectangular (Villón, 2002).

Tabla 4

Índice de Compacidad Para la Evaluación de la Forma

Rango	Forma
1.0 a 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 a 1.5	Redonda a oval redonda
1.5 A 1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga
> 1.75	Casi rectangular (alargada)

Nota: Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, 2017.

Factor de forma

Este factor expresa el cociente entre el área de la cuenca y su longitud axial máxima elevada al cuadrado. La longitud axial es una línea recta que une el punto más alto, con el punto más bajo de la cuenca (Dolores y Gabriel, 2018).

Ecuación 10 Factor de Forma

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

Tabla 5

Valores Correspondientes al Factor de Forma (Kf)

Factor de Forma	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: Perez, 1979.

Densidad de drenaje

La densidad de drenaje es un índice para cuantificar el grado de desarrollo de la red hidrológica y está relacionado con las precipitaciones y la pendiente de la superficie del suelo.

Esta densidad permite comprender mejor la complejidad y el desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. En términos generales, cuanto mayor es la densidad de escorrentía, mayor es la estructura de la red fluvial o mayor es la posibilidad de erosión (Ibáñez et al. 2011).

Ecuación 11 Densidad de Drenaje

$$D_d = \frac{\text{Long. curso de agua}}{\text{Superficie de la cuenca}} = \frac{L_i}{A}$$

Altitud media de la cuenca (H)

Este valor permite representar aspectos climáticos y naturales que están interrelacionados en la cuenca, a través de un patrón climático de la zona (ANA, 2010).

Ecuación 12 Altitud Media

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

Donde:

Hmed: altitud media de la cuenca en msnm.

Hi: altitud media de cada tramo de área contenido entre las curvas de nivel.

Si: área contenida entre las curvas de nivel.

A: área total de la cuenca en km².

Pendiente media del cauce principal

La pendiente media se obtiene del cociente entre diferencia de alturas y la longitud del cauce principal (Dolores y Gabriel, 2018).

Ecuación 13 Pendiente Media

$$l_c = \frac{HM - Hm}{1000 * L}$$

Donde:

l_c : pendiente media del cauce (m).

L: longitud del cauce (km).

HM: altura máxima de la cuenca.

Hm: altura mínima de la cuenca.

Tiempo de concentración

Es el tiempo necesario que emplea una gota de agua para trasladarse desde la parte más alta de la cuenca hasta la salida de esta (Lux Cardona, 2016).

Ecuación 14 Tiempo de Concentración Kirpich

$$T_c = 0.01947 L^{0.77} S^{-0.385}$$

Donde:

Tc: tiempo de concentración (h).

L: longitud del cauce principal (m).

S: pendiente del cauce principal (m/m).

Ecuación 15 Tiempo de Concentración Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{25.3\sqrt{S * L}}$$

Donde:

Tc: tiempo de concentración (h).

L: longitud del cauce (km).

A: área de la cuenca (km²).

S: pendiente del cauce (m/m).

Ecuación 16 Tiempo de Concentración SCS – Ranser

$$T_c = 0,97 \cdot \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración (h).

L: Longitud del cauce principal (km).

H: Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente principal (m).

Ecuación 17 Tiempo de Concentración Ventura – Heras

$$T_c = 0,30 \cdot \left(\frac{L}{S^{0,25}} \right)^{0,75}$$

Donde:

T_c: Tiempo de concentración (h).

L: Longitud del cauce principal (km).

S: Pendiente total del cauce principal (%).

Ecuación 18 Tiempo de Concentración Culvert Practice

$$T_c = \left(0,87 \cdot \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Donde:

T_c: Tiempo de concentración (h).

L: Longitud del cauce principal (km).

H: Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente principal (m).

Delimitación de la cuenca hidrográfica

Las características geomorfológicas de la cuenca colectora se han obtenido de las cartas nacionales 15f y 15g, además de las imágenes satelitales ASTER GDEM de la NASA, mediante el uso del software ArcGis. A continuación, se presenta la ubicación del punto emisor y parámetros geomorfológicos de la microcuenca de la quebrada Ingamayo.

✓ Ubicación del punto emisor

El punto emisor de la microcuenca de la quebrada Ingamayo, se encuentra en las siguientes coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17S.

Tabla 6

Punto Emisor

Descripción	Coordenadas UTM WGS - 84		
	Este	Norte	Cota (msnm)
Punto Emisor	779123.42	920169.4	2735.276

Nota: Elaboración propia.

Caudal de máxima avenida por el método racional

Según el Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (2011):

Se debe estimar el caudal máximo de precipitación, incluyendo todas las extracciones de agua en un único coeficiente "c" (coeficiente de escorrentía) estimado en función de la cuenca y sus particularidades. Utilizadas generalmente en cuencas de áreas menores a 10 km². Se considera que la duración será igual al tiempo de concentración.

Ecuación 19 Caudal Máximo Método Racional

$$Q = 0.278CIA$$

Donde:

Q: Descarga máxima de diseño (m^3/s).

C: coeficiente de escorrentía.

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h).

A: Área de la cuenca en (km^2).

Según las características hidrológicas y geomorfológicas de la zona en estudio; es como se establecerá el valor del coeficiente de escorrentía.

Tabla 7

Cobertura Vegetal en Zona de Estudio

Cobertura Vegetal	Símbolo	Área (Km^2)
Matorral arbustivo	Ma	1.16
Agricultura andina	Agri	2.41

Nota: Elaboración propia.

Por lo tanto, para el presente estudio dado que la mayor parte es agricultura andina, se utilizó cobertura vegetal de cultivos, tipo de suelo semipermeable, pendiente mayor a 20%, por lo tanto, un coeficiente de escorrentía de 0.55.

Modelización con el programa iber 2.5.1

Se consideró un tramo de estudio de 3.95 km, y un ancho promedio de 0.90 km, con una pendiente media de 20.17%.

Figura5

Entorno del Programa IBER, 2019



Nota: Elaboración Propia.

✓ Análisis en flujo no permanente

Se simuló con el programa bidimensional Iber como un escenario, para posteriormente interpretar y analizar sus resultados. Este proceso se realizó en tres partes; pre-proceso, procesamiento y post-proceso los cuales a continuación describimos:

Pre-Proceso:

Importar o crear una geometría: Se creó una interfaz en Iber donde se creó una geometría desde el inicio importando un archivo shapefile.

Malla de cálculo: Se creó una malla no estructurada. A las zonas propensas a inundaciones se le asignó una malla de 2.0 m, al lecho de la quebrada se le asignó una malla de 1.0 m.

Rugosidad: En este caso se asignó un coeficiente de rugosidad para cada uso de suelo de los datos que trae cargado el programa. Se asignó 0.08 a las riberas y 0.038 al lecho de la quebrada. Con ayuda del programa ArcGis se creó regiones, identificando por cada una de estas, una rugosidad característica de la zona.

Modelo digital del terreno: Se asignó un modelo de elevación, el cual se trabajó en ArcGis y se guardó en formato ASCII.

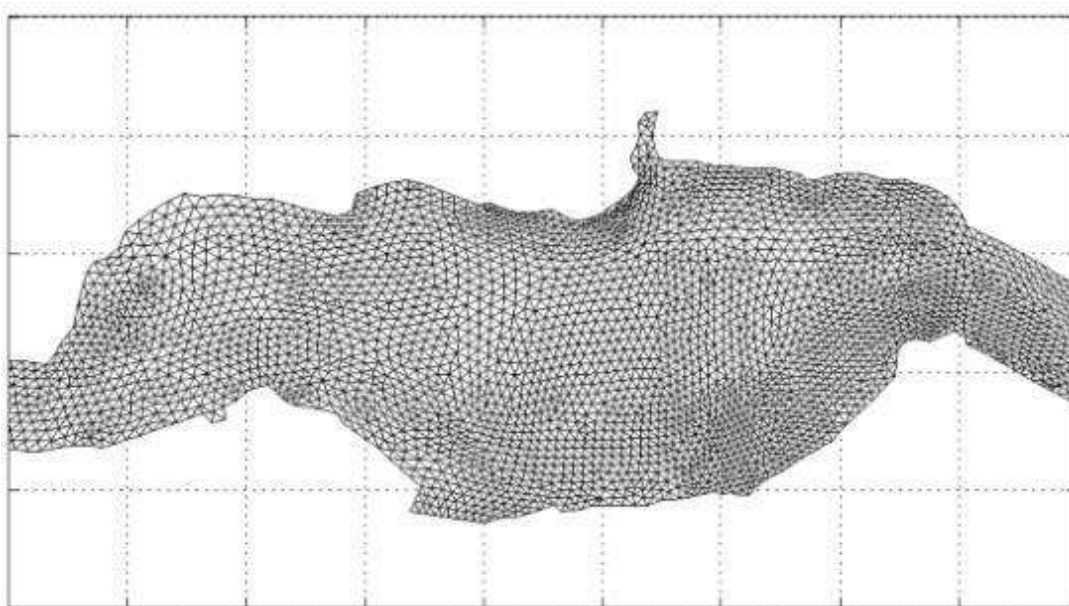
Tiempo e intervalo de simulación: Se asignó un tiempo máximo de simulación de 4000 segundos, para intervalos de resultados de 60 segundos.

Condiciones de contorno: Se asignará al modelo las condiciones de contorno, en la entrada se puede presentar un régimen crítico/subcrítico y un caudal máximo de ingreso de 29.5 m³/s para periodo de retorno de 500 años.

Para salidas, condiciones de flujo críticas/supercríticas y varias salidas posibles, como partes de la quebrada y áreas de baja altitud.

Figura 6

Modelo de Malla Formada por Elementos Triangulares.



Nota: UPC, 2018.

Procesamiento:

Para iniciar con el cálculo, se fijó primeramente los datos del problema, mediante las diferentes cintas del menú Datos > Datos del problema. El proceso de cálculo comenzará con el menú Calcular > Ver información del proceso. Se puede consultar dicha información para detectar posibles avisos de errores.

Post-proceso:

Una vez el cálculo haya terminado, se puede acceder para visualizar y analizar los resultados. El cambio entre las interfaces de pre-proceso y post-proceso se realizará mediante los botones correspondientes de la barra de herramientas.

Visualización de Resultados:

En Iber tenemos varias opciones para obtener y analizar los resultados, una opción es mediante el menú Ventana > ver resultados; dicha ventana nos permite ingresar a diferentes tipos de resultados que se pueden visualizar en cualquier momento; como áreas coloreadas o vectores.

- ✓ Resultados en flujo no permanente

Se ingresó el uso de suelo al cauce y las márgenes.

Figura7

Ventana de Ingreso de Uso de Suelo

Nota: Elaboración Propia.

Figura 8

Asignación de Usos de Suelos



Nota: Elaboración Propia.

Se ingresó las condiciones de contorno de entrada y salida, en la cual se ingresó los caudales calculados para diferentes tiempos de retorno.

Figura 9

Ventana de Ingreso de Caudales

Análisis 2D

Entrada 2D

Entrada Caudal Total

Régimen Crítico/Subcrítico

Caudal Total Tiempo [s] Q [m3/s]

Entrada Num 1

Asignar Entidades Dibujar Desasignar

Cerrar

Nota: Elaboración propia.

Figura 10

Ventana de Salida de Caudales

Análisis 2D

Salida 2D

Condición del Flujo Supercrítico/Crítico

Salida Número 1

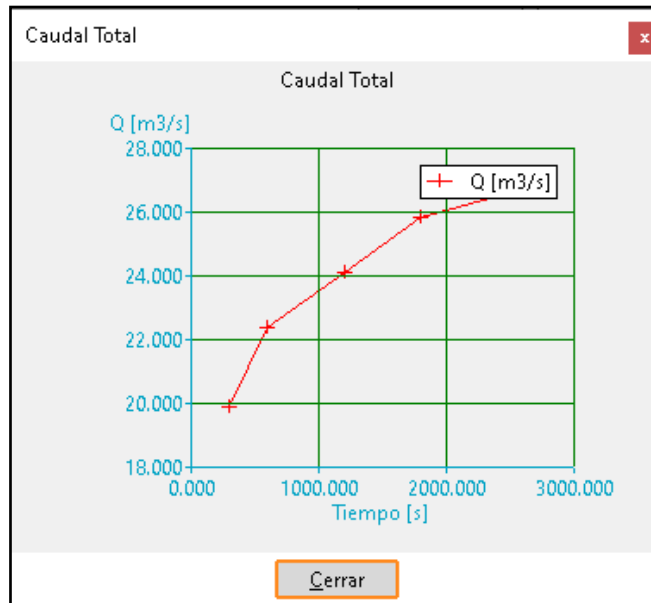
Asignar Entidades Dibujar Desasignar

Cerrar

Nota: Elaboración propia.

Figura 11

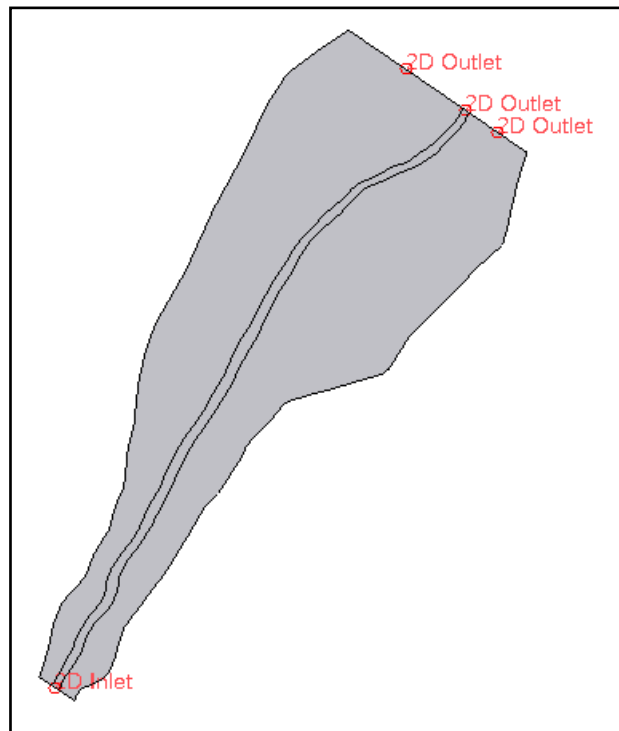
Grafica de los Caudales Ingresados



Nota: Elaboración propia.

Figura 12

Vista de las Condiciones de Contorno

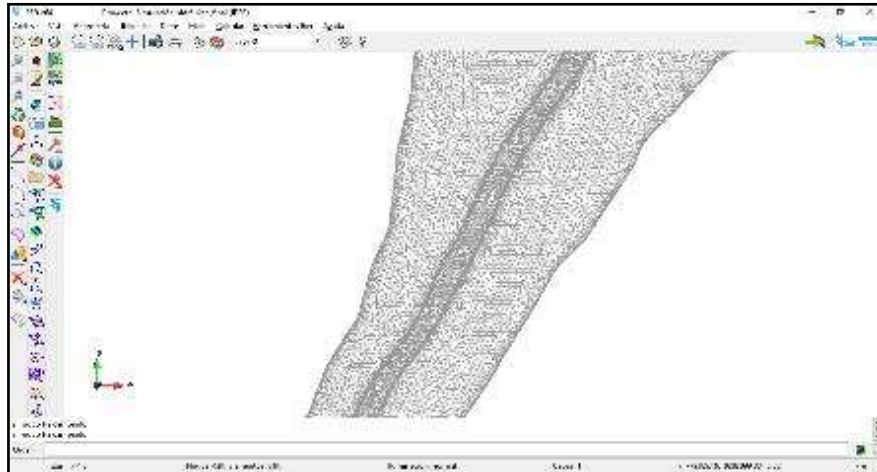


Nota: Elaboración propia.

Se ingresó un mallado de 1.0 m en el lecho de la quebrada y 2.0 m en las márgenes.

Figura 13

Mallado del Tramo en Estudio



Nota: Elaboración propia.

Se asignó elevaciones desde el formato ASCII.

Figura 14

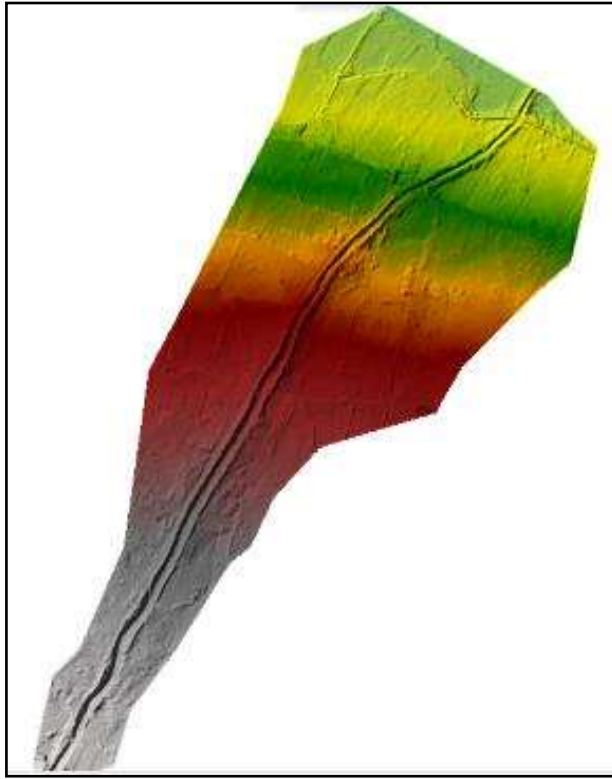
Modelo de Elevaciones Digitales - 1



Nota: Elaboración propia.

Figura15

Modelo de Elevaciones Digitales - 2

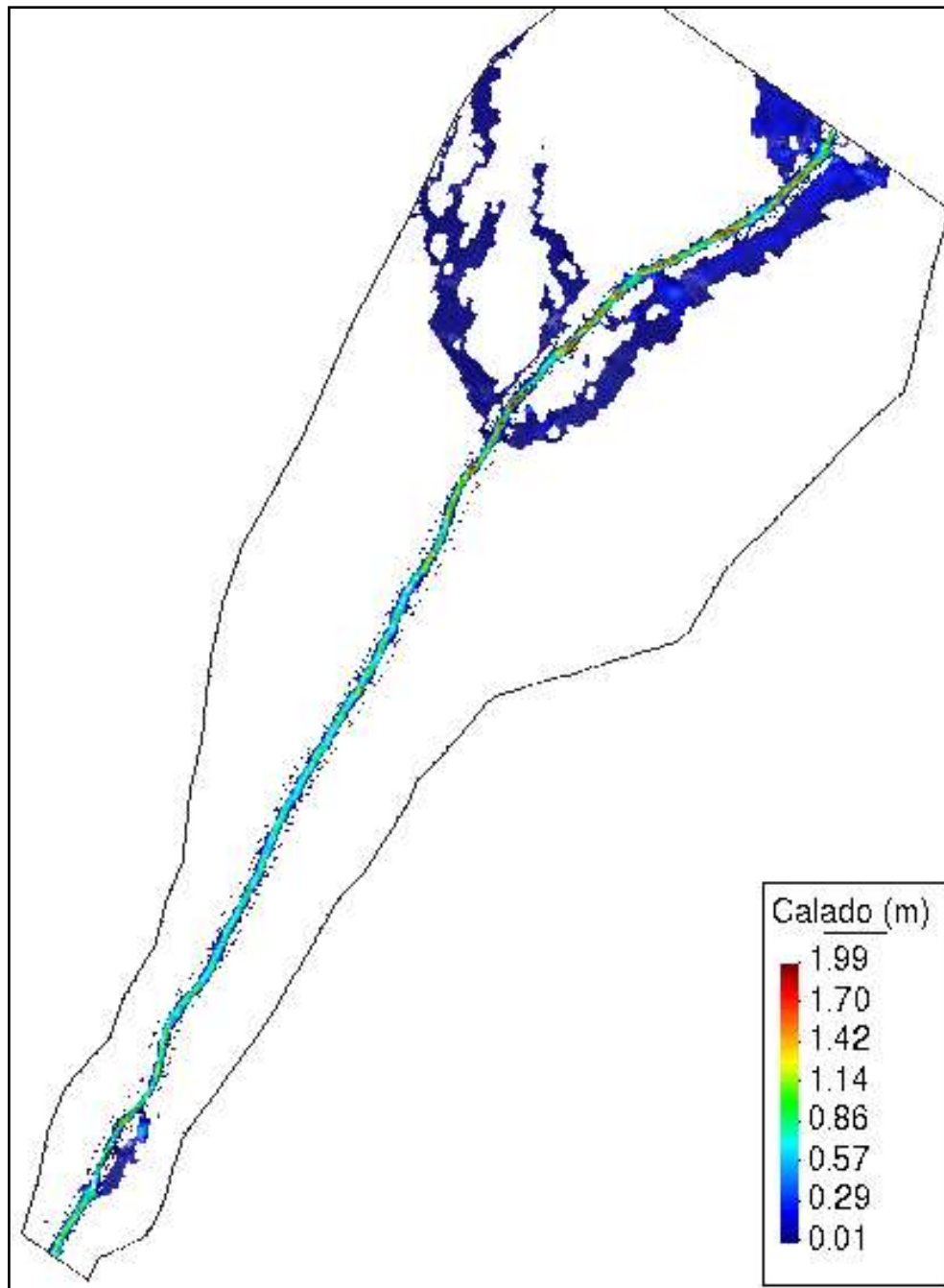


Nota: Elaboración propia.

Se corrió la simulación hidráulica para los diferentes caudales calculados, dando como resultados las zonas de desborde e inundación del tramo en estudio.

Figura 16

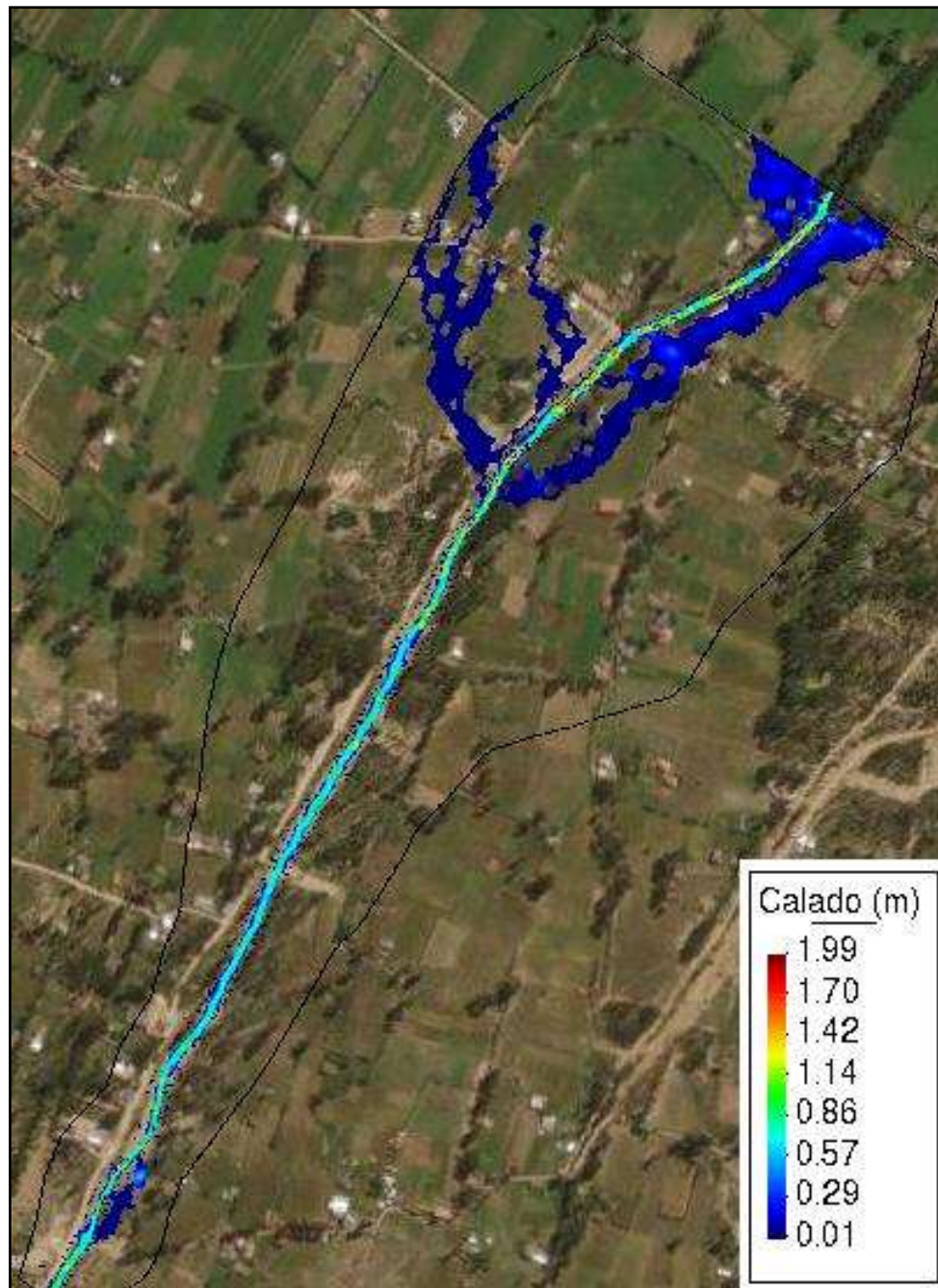
Calados de la Modelación - 1



Nota: Elaboración propia.

Figura 17

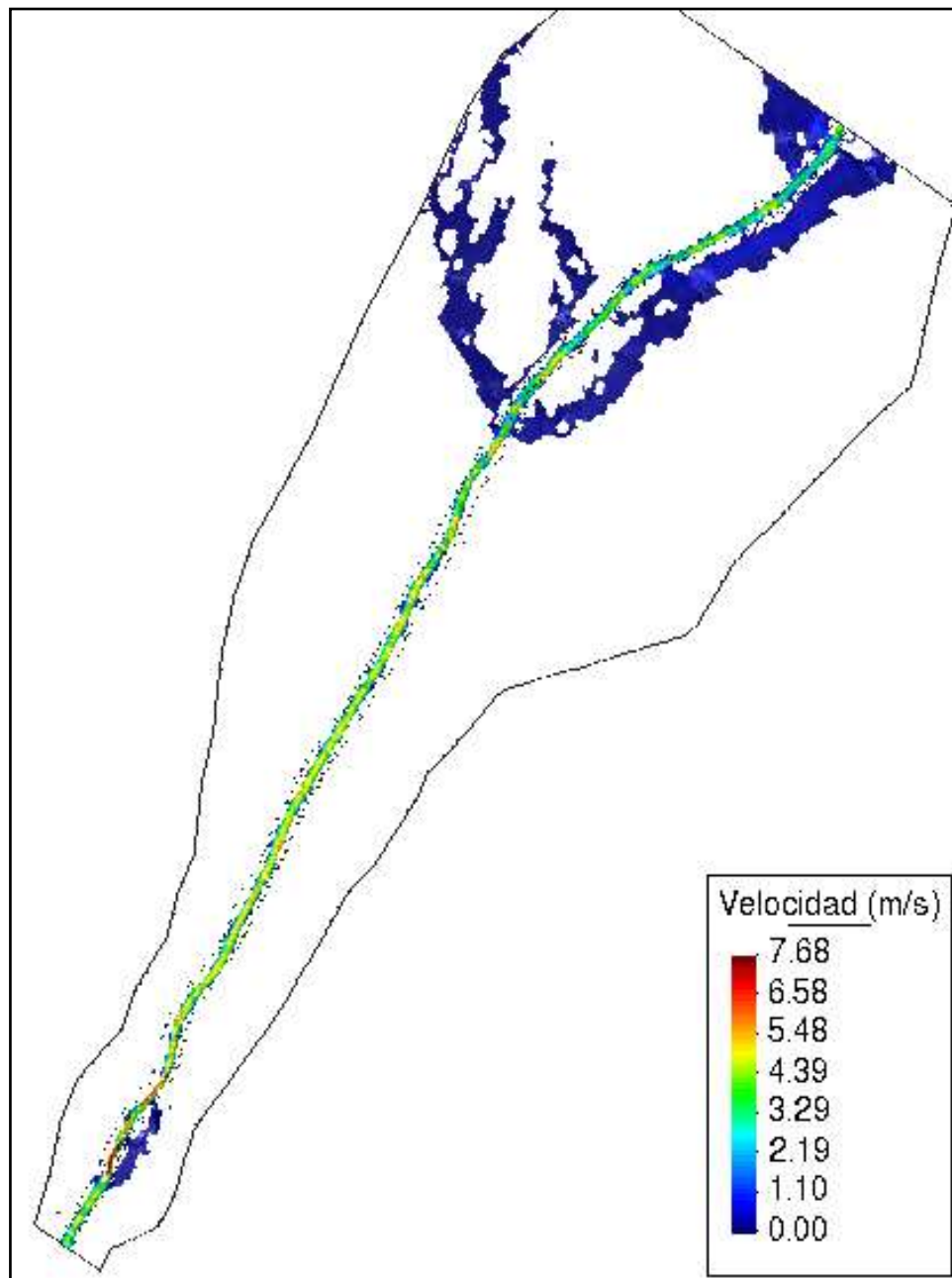
Calados de la Modelación - 2



Nota: Elaboración propia.

Figura 18

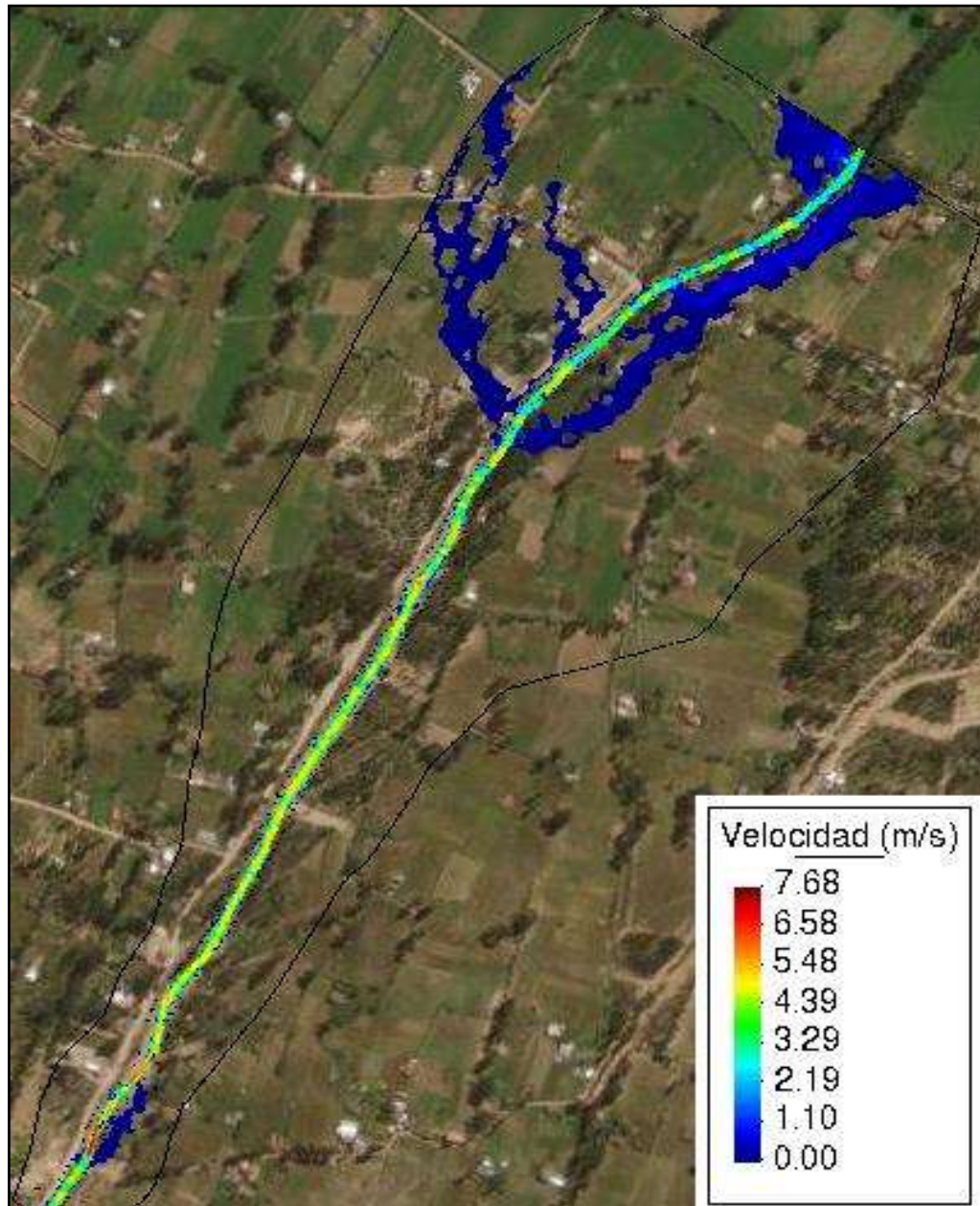
Velocidades - 1



Nota: Elaboración propia.

Figura 19

Velocidades - 2

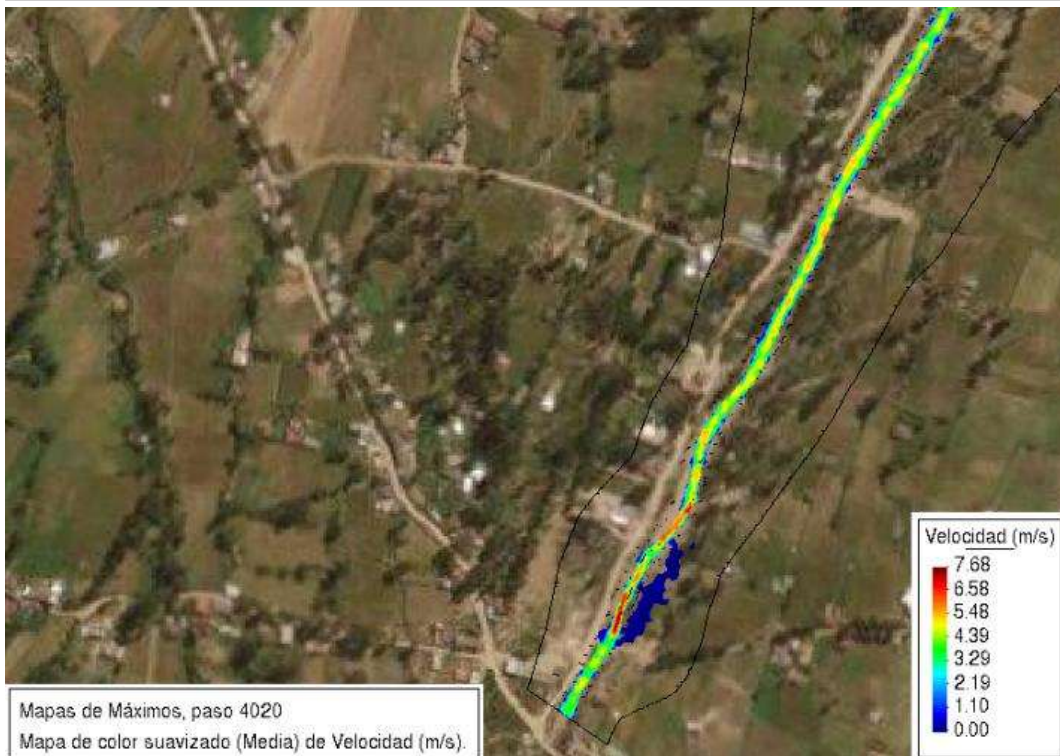
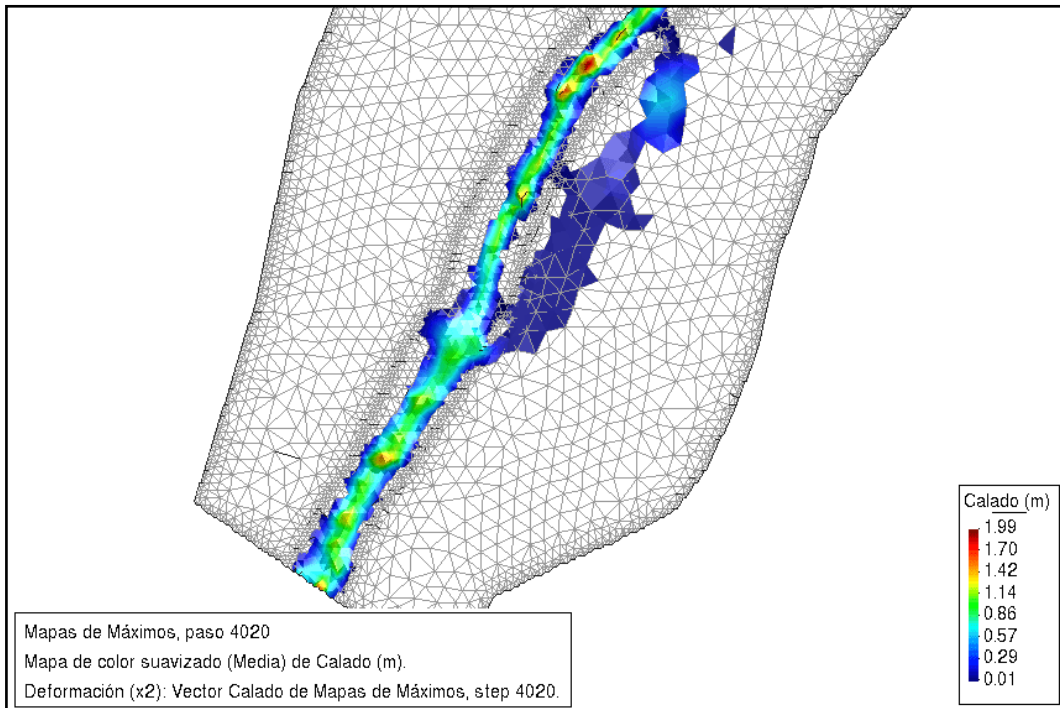


Nota: Elaboración propia.

Sectores Críticos o Zonas Vulnerables Ante una Máxima Avenida.

Figura 20

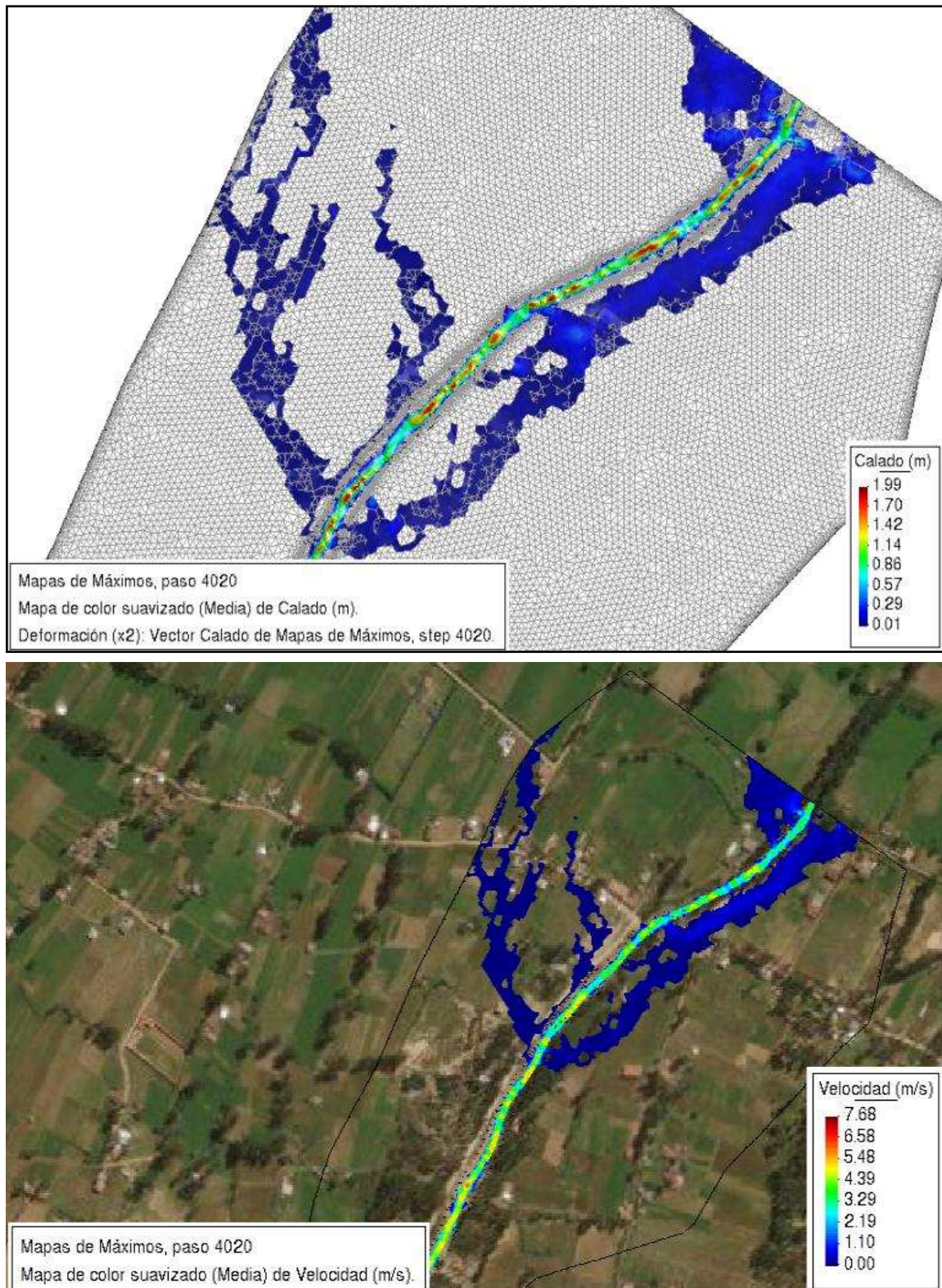
Zona Vulnerable 1



Nota: Elaboración propia.

Figura 21

Zonas Vulnerables 2 y 3



Nota: Elaboración propia.

Aspectos Éticos

La presente investigación se realizó con los principios éticos basados en el respeto, la honestidad y armonía hacia los pobladores del caserío agopampa.

También como muestra que el trabajo se realizó con total transparencia, se tuvo el seguimiento del asesor el cual nos vino asesorando, revisando y corrigiendo en todo el proceso de la elaboración de la tesis.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Características geomorfológicas de la microcuenca.

3.1.1. Parámetros geomorfológicos.

Tabla 8

Parámetros fisiográficos de la microcuenca Ingamayo

Parámetro	Medida	Unidad
Área	3.57	km ²
Perímetro	8.7	km
Longitud de río principal	3.95	km
Ancho promedio de la cuenca	0.9	km
Coefficiente de compacidad	1.3	-
Factor de forma	0.23	-
Radio de Circularidad	0.59	km
Cota máxima del cauce	3507	m.s.n.m.
Cota mínima del cauce	2710	m.s.n.m.
Pendiente del Cauce Principal	0.2	m/m
Altura media del río principal	399	msnm
Altitud media de la cuenca	3102.03	msnm
Tc Adoptado	0.43	horas

Nota: Elaboración propia.

3.1.2. Curva hipsométrica.

Tabla 9

Curvas características de la microcuenca (Quebrada Ingamayo)

N°	COTA (msnm)			Área (km ²)					Ci*Ai
	Mínima	Máxima	Promedio "Ci"	Área Parcial (km ²) "Ai"	Área Acumulada (km ²)	Área que queda sobre la superficie (km ²)	Porcentaje de área entre Curva de Nivel	Porcentaje de área sobre Curva de Nivel	
1	2710	2790	2750.0	0.27	0.27	3.56	7.53%	100.0	736.93
2	2791	2880	2835.5	0.31	0.58	3.29	8.70%	92.5	878.82
3	2881	2960	2920.5	0.50	1.08	2.98	14.14%	83.8	1470.54
4	2961	3040	3000.5	0.38	1.46	2.48	10.61%	69.6	1133.12
5	3041	3120	3080.5	0.37	1.82	2.10	10.26%	59.0	1125.14
6	3121	3200	3160.5	0.47	2.30	1.74	13.31%	48.8	1497.95
7	3201	3280	3240.5	0.34	2.64	1.26	9.59%	35.5	1106.32
8	3281	3350	3315.5	0.30	2.94	0.92	8.44%	25.9	995.97
9	3351	3430	3390.5	0.37	3.31	0.62	10.50%	17.4	1267.46
10	3431	3549	3490.0	0.25	3.56	0.25	6.94%	6.9	862.01
				3.57			100%		11074.26

Nota: Elaboración propia.

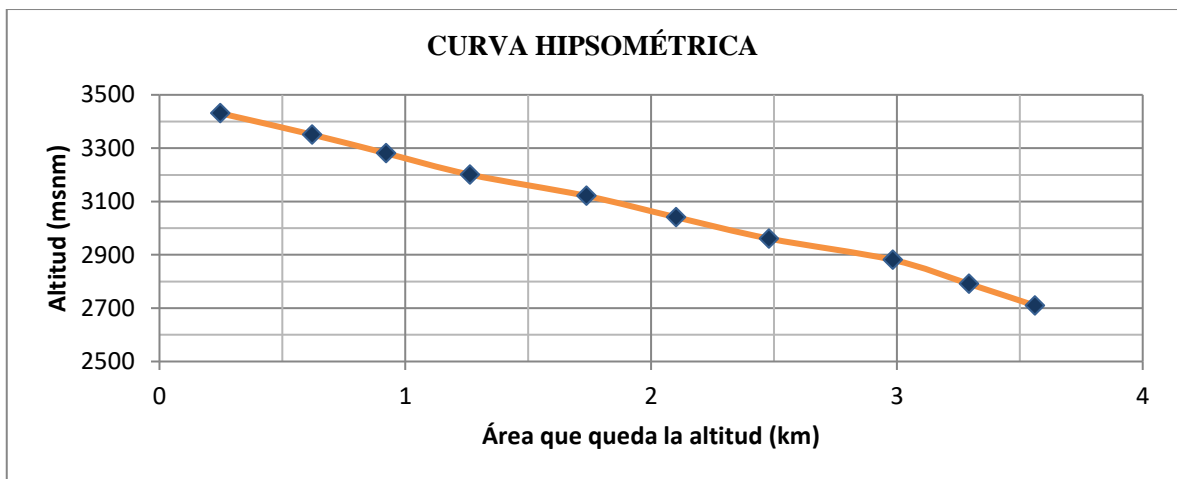
Entonces la altitud media de la cuenca será.

$$Hm = \frac{11074.26}{3.57}$$

$$Hm = 3102.03 \text{ msnm}$$

Figura 22

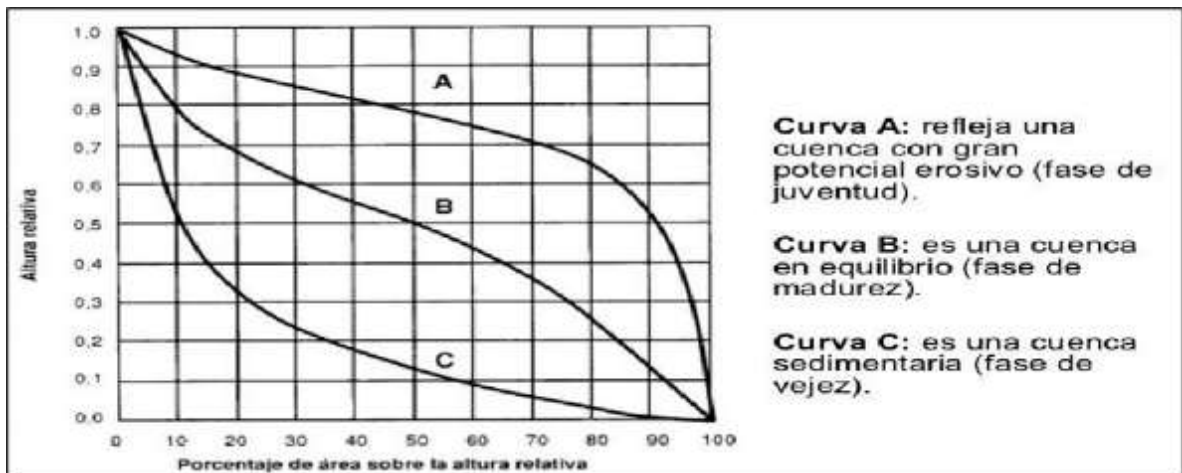
Curva Hipsométrica



Nota: Elaboración propia.

Figura 23

Características del Ciclo de Erosión



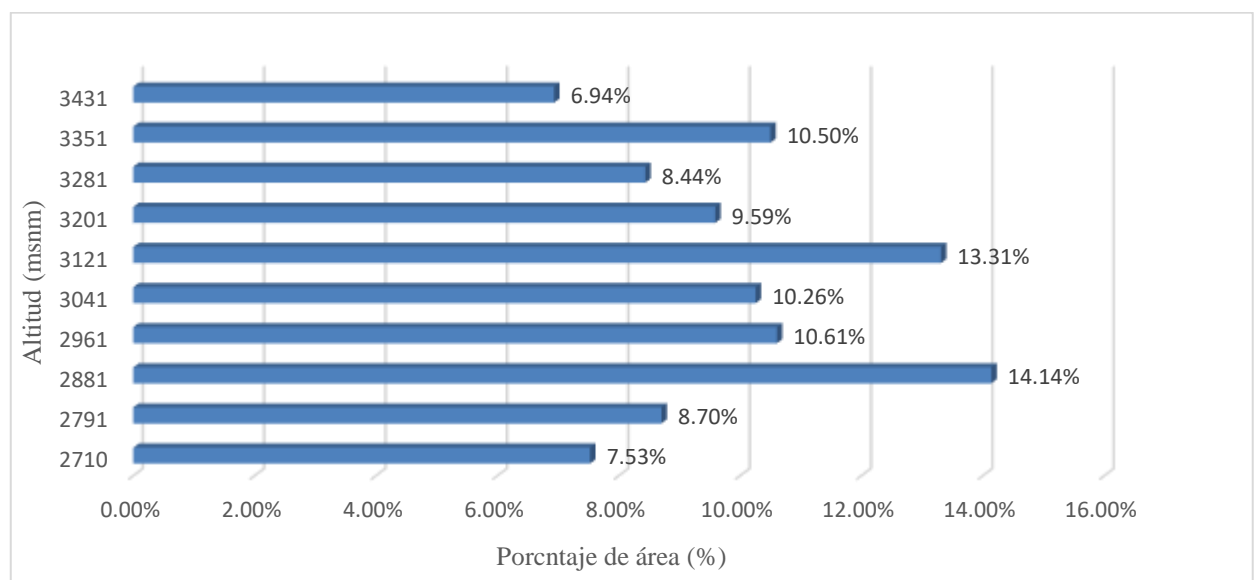
Nota: Características del ciclo de erosión (Strahler, 1964)

Según la gráfica de la curva hipsométrica nos encontramos en la Curva A, la cual refleja una cuenca con gran potencial erosivo.

3.1.3. Polígono de frecuencia de altitudes.

Figura 24

Polígono de Frecuencia de Altitudes



Nota: Elaboración propia.

3.2. Modelamiento Hidrológico

3.2.1. Prueba de datos dudosos

Tabla 10

Prueba de Datos Dudosos de la Micro Cuenca (Quebrada Ingamayo)

N.º	AÑO	ORDEN	P24	log(P24)
1	1968	20	29.5	1.4698
2	1969	2	42.4	1.6274
3	1970	32	26	1.415
4	1971	19	29.6	1.4713
5	1972	37	25.2	1.4014
6	1973	40	22.9	1.3598
7	1974	48	20	1.301
8	1975	6	37.7	1.5763
9	1976	7	36.5	1.5623
10	1977	3	40.5	1.6075

N.º	AÑO	ORDEN	P24	log(P24)
11	1978	51	18.1	1.2577
12	1979	25	28	1.4472
13	1980	21	28.8	1.4594
14	1981	4	39.3	1.5944
15	1982	15	30.5	1.4843
16	1983	17	29.8	1.4742
17	1984	28	27.6	1.4409
18	1985	49	19.8	1.2967
19	1986	30	27.4	1.4378
20	1987	39	24.3	1.3856
21	1988	50	18.2	1.2601
22	1989	16	30	1.4771
23	1990	34	25.4	1.4048
24	1991	18	29.7	1.4728
25	1992	52	17.7	1.248
26	1993	41	22.5	1.3522
27	1994	22	28.5	1.4548
28	1995	45	20.6	1.3139
29	1996	11	35.1	1.5453
30	1997	29	27.6	1.4409
31	1998	14	31.7	1.5011
32	1999	5	38.8	1.5888
33	2000	9	36.1	1.5575
34	2001	23	28.2	1.4502
35	2002	42	22.3	1.3483
36	2003	44	20.8	1.3181
37	2004	24	28.1	1.4487
38	2005	47	20.2	1.3054
39	2006	46	20.6	1.3139
40	2007	35	25.4	1.4048
41	2008	31	27	1.4314
42	2009	43	22.2	1.3464
43	2010	8	36.4	1.5611
44	2011	27	27.7	1.4425
45	2012	26	27.9	1.4456
46	2013	10	35.3	1.5478
47	2014	38	24.4	1.3874
48	2015	36	25.4	1.4048
49	2016	13	32.4	1.5105
50	2017	1	51.8	1.7143
51	2018	12	33.5	1.525
52	2019	33	25.5	1.4065

Nota: Elaboración propia.

Tabla 11

Cálculos de procedimientos de los Datos Dudosos

Numero de datos n	52	52
Suma Σ	1480.9	74.9999
Máximo	51.8	1.7143
Mínimo	17.7	1.2480
Promedio \bar{x}	28.5	1.4423
Desviación estándar s	6.9970	0.1033
Coficiente asimetría Cs	0.8733	0.1959
Cs/6 k	0.1456	0.0327

Nota: Elaboración propia.

3.2.2. Análisis estadístico y graficas probabilísticas.

Tabla 12

Datos Para el Análisis Estadístico

Datos:	P24	log(P24)
Numero de datos: n	52	
Promedio: x	28.48	1.44
Desviación estándar: s	7.00	0.10
Coficiente asimetría: Cs	0.87	0.20
Cs/6: k	0.15	0.03

Nota: Elaboración propia

Tabla 13

Análisis Estadístico

N	T	P($X \leq x_T$)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNORMAL		PEARSON III		LOGPEARSON III	
			P24	log(P24)	K_T	ESPERADO	K_T	ESPERADO	K_T	ESPERADO	K_T	ESPERADO	K_T	ESPERADO
1	53.00	1.89%	51.80	1.7143	2.0777	43.00	2.6382	46.90	2.0777	45.40	2.5265	46.20	2.1847	46.60
2	26.50	3.77%	42.40	1.6274	1.7776	40.90	2.0902	43.10	1.7776	42.30	2.0505	42.80	1.8462	43.00
3	17.67	5.66%	40.50	1.6075	1.5839	39.60	1.7664	40.80	1.5839	40.40	1.7606	40.80	1.6312	40.80
4	13.25	7.55%	39.30	1.5944	1.4362	38.50	1.5343	39.20	1.4362	39.00	1.5483	39.30	1.4689	39.30
5	10.60	9.43%	38.80	1.5888	1.3145	37.70	1.3524	37.90	1.3145	37.90	1.3792	38.10	1.3362	38.00
6	8.83	11.32%	37.70	1.5763	1.2096	36.90	1.2022	36.90	1.2096	36.90	1.2375	37.10	1.2228	37.00
7	7.57	13.21%	36.50	1.5623	1.1166	36.30	1.0738	36.00	1.1166	36.10	1.1148	36.30	1.1228	36.20
8	6.63	15.09%	36.40	1.5611	1.0324	35.70	0.9613	35.20	1.0324	35.40	1.0063	35.50	1.0327	35.40
9	5.89	16.98%	36.10	1.5575	0.9549	35.20	0.861	34.50	0.9549	34.80	0.9085	34.80	0.9503	34.70
10	5.30	18.87%	35.30	1.5478	0.8828	34.70	0.7702	33.90	0.8828	34.20	0.8192	34.20	0.8739	34.10
11	4.82	20.75%	35.10	1.5453	0.815	34.20	0.687	33.30	0.815	33.60	0.7368	33.60	0.8025	33.50
12	4.42	22.64%	33.50	1.525	0.7507	33.70	0.6102	32.70	0.7507	33.10	0.6601	33.10	0.735	33.00
13	4.08	24.53%	32.40	1.5105	0.6894	33.30	0.5386	32.20	0.6894	32.60	0.5881	32.60	0.6709	32.50
14	3.79	26.42%	31.70	1.5011	0.6306	32.90	0.4714	31.80	0.6306	32.20	0.5201	32.10	0.6097	32.00
15	3.53	28.30%	30.50	1.4843	0.5739	32.50	0.408	31.30	0.5739	31.70	0.4556	31.70	0.5509	31.60
16	3.31	30.19%	30.00	1.4771	0.519	32.10	0.3479	30.90	0.519	31.30	0.3941	31.20	0.4941	31.10
17	3.12	32.08%	29.80	1.4742	0.4656	31.70	0.2906	30.50	0.4656	30.90	0.3352	30.80	0.4391	30.70
18	2.94	33.96%	29.70	1.4728	0.4135	31.40	0.2358	30.10	0.4135	30.60	0.2786	30.40	0.3856	30.30
19	2.79	35.85%	29.60	1.4713	0.3625	31.00	0.1831	29.80	0.3625	30.20	0.2239	30.00	0.3334	30.00
20	2.65	37.74%	29.50	1.4698	0.3124	30.70	0.1324	29.40	0.3124	29.80	0.171	29.70	0.2823	29.60
21	2.52	39.62%	28.80	1.4594	0.2631	30.30	0.0833	29.10	0.2631	29.50	0.1196	29.30	0.2322	29.30
22	2.41	41.51%	28.50	1.4548	0.2145	30.00	0.0358	28.70	0.2145	29.10	0.0696	29.00	0.1829	28.90

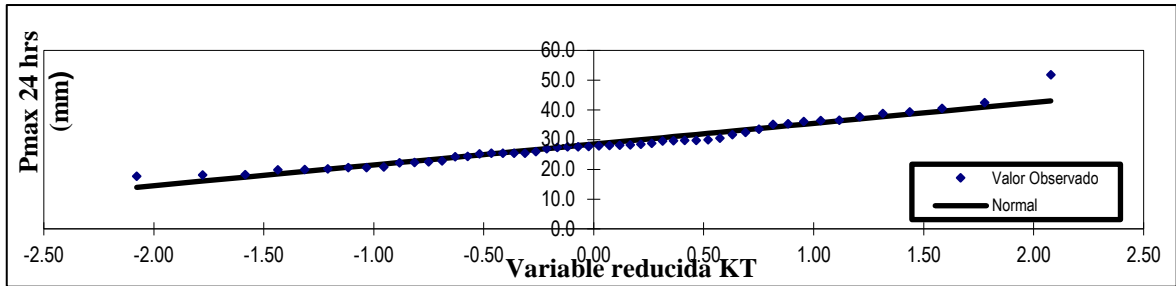
N	T	P(X≤xT)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNORMAL		PEARSON III		LOGPEARSON III	
			P24	log(P24)	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO
23	2.30	43.40%	28.20	1.4502	0.1663	29.60	-0.0105	28.40	0.1663	28.80	0.0208	28.60	0.1342	28.60
24	2.21	45.28%	28.10	1.4487	0.1185	29.30	-0.0556	28.10	0.1185	28.50	-0.0269	28.30	0.0861	28.30
25	2.12	47.17%	28.00	1.4472	0.071	29.00	-0.0997	27.80	0.071	28.20	-0.0737	28.00	0.0384	27.90
26	2.04	49.06%	27.90	1.4456	0.0236	28.60	-0.143	27.50	0.0236	27.80	-0.1197	27.60	-0.009	27.60
27	1.96	50.94%	27.70	1.4425	-0.0236	28.30	-0.1854	27.20	-0.0236	27.50	-0.165	27.30	-0.0562	27.30
28	1.89	52.83%	27.60	1.4409	-0.071	28.00	-0.2272	26.90	-0.071	27.20	-0.2098	27.00	-0.1033	27.00
29	1.83	54.72%	27.60	1.4409	-0.1185	27.60	-0.2685	26.60	-0.1185	26.90	-0.254	26.70	-0.1504	26.70
30	1.77	56.60%	27.40	1.4378	-0.1663	27.30	-0.3093	26.30	-0.1663	26.60	-0.2979	26.40	-0.1977	26.40
31	1.71	58.49%	27.00	1.4314	-0.2145	27.00	-0.3497	26.00	-0.2145	26.30	-0.3414	26.10	-0.2451	26.10
32	1.66	60.38%	26.00	1.415	-0.2631	26.60	-0.3899	25.80	-0.2631	26.00	-0.3848	25.80	-0.2929	25.80
33	1.61	62.26%	25.50	1.4065	-0.3124	26.30	-0.4299	25.50	-0.3124	25.70	-0.4281	25.50	-0.3412	25.50
34	1.56	64.15%	25.40	1.4048	-0.3625	25.90	-0.4699	25.20	-0.3625	25.40	-0.4714	25.20	-0.3901	25.20
35	1.51	66.04%	25.40	1.4048	-0.4135	25.60	-0.51	24.90	-0.4135	25.10	-0.5147	24.90	-0.4397	24.90
36	1.47	67.92%	25.40	1.4048	-0.4656	25.20	-0.5502	24.60	-0.4656	24.80	-0.5583	24.60	-0.4902	24.60
37	1.43	69.81%	25.20	1.4014	-0.519	24.80	-0.5907	24.30	-0.519	24.50	-0.6023	24.30	-0.5418	24.30
38	1.39	71.70%	24.40	1.3874	-0.5739	24.50	-0.6316	24.10	-0.5739	24.20	-0.6467	24.00	-0.5946	24.00
39	1.36	73.58%	24.30	1.3856	-0.6306	24.10	-0.6731	23.80	-0.6306	23.80	-0.6917	23.60	-0.649	23.70
40	1.33	75.47%	22.90	1.3598	-0.6894	23.70	-0.7154	23.50	-0.6894	23.50	-0.7376	23.30	-0.7052	23.40
41	1.29	77.36%	22.50	1.3522	-0.7507	23.20	-0.7585	23.20	-0.7507	23.20	-0.7844	23.00	-0.7635	23.10
42	1.26	79.25%	22.30	1.3483	-0.815	22.80	-0.8029	22.90	-0.815	22.80	-0.8324	22.70	-0.8244	22.80
43	1.23	81.13%	22.20	1.3464	-0.8828	22.30	-0.8488	22.50	-0.8828	22.40	-0.882	22.30	-0.8883	22.40
44	1.20	83.02%	20.80	1.3181	-0.9549	21.80	-0.8966	22.20	-0.9549	22.10	-0.9336	21.90	-0.9561	22.10
45	1.18	84.91%	20.60	1.3139	-1.0324	21.30	-0.9467	21.90	-1.0324	21.70	-0.9875	21.60	-1.0284	21.70
46	1.15	86.79%	20.60	1.3139	-1.1166	20.70	-0.9999	21.50	-1.1166	21.20	-1.0445	21.20	-1.1067	21.30
47	1.13	88.68%	20.20	1.3054	-1.2096	20.00	-1.0572	21.10	-1.2096	20.80	-1.1054	20.70	-1.1926	20.80
48	1.10	90.57%	20.00	1.301	-1.3145	19.30	-1.1198	20.60	-1.3145	20.30	-1.1717	20.30	-1.2888	20.40

N	T	P(X≤xT)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNORMAL		PEARSON III		LOGPEARSON III	
			P24	log(P24)	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO
49	1.08	92.45%	19.80	1.2967	-1.4362	18.40	-1.1902	20.20	-1.4362	19.70	-1.2455	19.80	-1.3995	19.80
50	1.06	94.34%	18.20	1.2601	-1.5839	17.40	-1.2725	19.60	-1.5839	19.00	-1.3306	19.20	-1.5328	19.20
51	1.04	96.23%	18.10	1.2577	-1.7776	16.00	-1.3755	18.90	-1.7776	18.10	-1.435	18.40	-1.7053	18.50
52	1.02	98.11%	17.70	1.248	-2.0777	13.90	-1.5251	17.80	-2.0777	16.90	-1.5814	17.40	-1.9683	17.30

Nota: Elaboración propia.

Figura 25

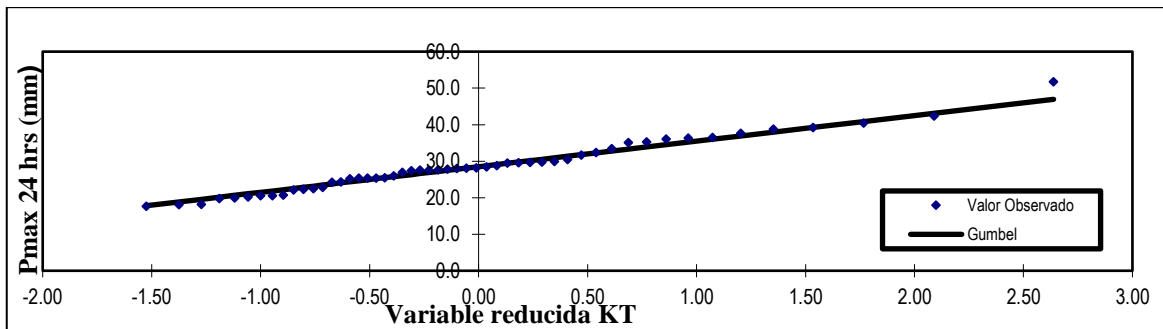
Ajuste estadístico para la Distribución Normal - Estación Augusto Weberbauer



Nota: Elaboración propia.

Figura 26

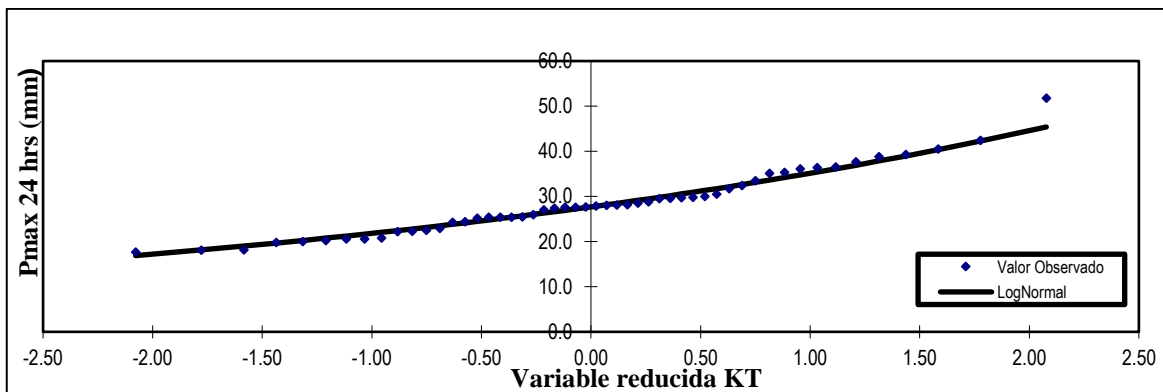
Ajuste estadístico para la Distribución Gumbel - Estación Augusto Weberbauer



Nota: Elaboración propia.

Figura 27

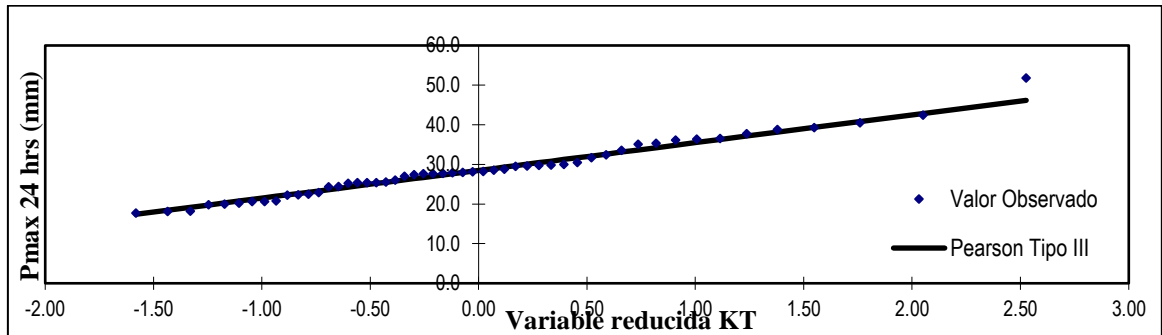
Ajuste estadístico para la distribución Long Normal - Estación Augusto Weberbauer



Nota: Elaboración propia.

Figura 28

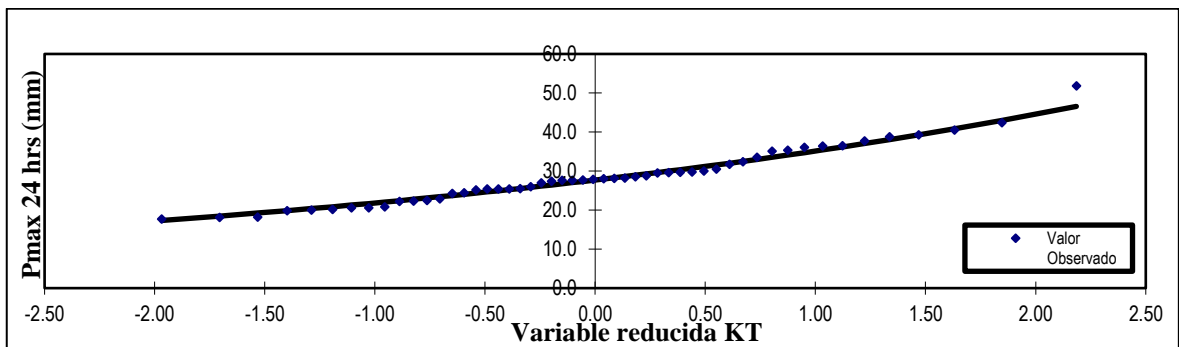
Ajuste Estadístico Para la Distribución Pearson Tipo III - E. Augusto Weberbauer



Nota: Elaboración propia.

Figura 29

Ajuste Estadístico Para la Distribución Log Pearson Tipo III - E. Augusto Weberbauer



Nota: Elaboración propia.

Tabla 14

Prueba de Bonda de Ajuste Kolomogorov – Smirnov

m	xm	Fo(xm)	Z=(x-X)/S	F(xm) Normal	Fo(xm)- F(xm) Normal	F(ym) Log - Normal	Fo(ym)- F(ym) Log - Normal	F(ym) Pearson III	Fo(ym)- F(ym) Pearson III	F(ym) Log Pearson III	Fo(ym)- F(ym) Log Pearson III	F(xm) GEV I	Fo(xm)- F(xm) GEV I
1	51.8	0.9811	3.333016	0.9996	0.0184	0.9958	0.0146	0.9945	0.0134	0.9932	0.012	0.9922	0.0111
2	42.4	0.9623	1.989586	0.9767	0.0144	0.9634	0.0011	0.9588	0.0035	0.958	0.0043	0.9572	0.0051
3	40.5	0.9434	1.718041	0.9571	0.0137	0.945	0.0016	0.94	0.0034	0.9399	0.0035	0.9399	0.0035
4	39.3	0.9245	1.546539	0.939	0.0145	0.9295	0.005	0.9244	0.0002	0.9249	0.0004	0.9257	0.0011
5	38.8	0.9057	1.47508	0.9299	0.0242	0.9219	0.0163	0.9168	0.0111	0.9177	0.012	0.9188	0.0132
6	37.7	0.8868	1.31787	0.9062	0.0194	0.9028	0.016	0.8977	0.011	0.8995	0.0127	0.9016	0.0148
7	36.5	0.8679	1.146369	0.8742	0.0063	0.8773	0.0093	0.873	0.0051	0.8754	0.0075	0.8789	0.011
8	36.4	0.8491	1.132077	0.8712	0.0221	0.8749	0.0258	0.8708	0.0217	0.8732	0.0242	0.8768	0.0278
9	36.1	0.8302	1.089201	0.862	0.0318	0.8676	0.0374	0.8637	0.0335	0.8664	0.0362	0.8703	0.0401
10	35.3	0.8113	0.974867	0.8352	0.0239	0.8463	0.035	0.8433	0.032	0.8464	0.0351	0.8515	0.0401
11	35.1	0.7925	0.946283	0.828	0.0355	0.8406	0.0482	0.8376	0.0452	0.8411	0.0486	0.8464	0.0539
12	33.5	0.7736	0.717614	0.7635	0.0101	0.7884	0.0148	0.7879	0.0144	0.7924	0.0188	0.7996	0.026
13	32.4	0.7547	0.560404	0.7124	0.0423	0.7455	0.0092	0.7473	0.0074	0.7518	0.0029	0.7606	0.0059
14	31.7	0.7358	0.460361	0.6774	0.0585	0.7152	0.0206	0.7186	0.0172	0.7229	0.0129	0.7326	0.0032
15	30.5	0.717	0.28886	0.6137	0.1033	0.6578	0.0592	0.6642	0.0528	0.6681	0.0489	0.6787	0.0383
16	30	0.6981	0.217401	0.5861	0.1121	0.6319	0.0662	0.6397	0.0584	0.6433	0.0549	0.6539	0.0442
17	29.8	0.6792	0.188817	0.5749	0.1044	0.6213	0.058	0.6296	0.0497	0.633	0.0463	0.6436	0.0357
18	29.7	0.6604	0.174525	0.5693	0.0911	0.6159	0.0445	0.6245	0.0359	0.6278	0.0326	0.6384	0.022
19	29.6	0.6415	0.160233	0.5637	0.0779	0.6105	0.031	0.6189	0.0226	0.6225	0.019	0.6331	0.0084
20	29.5	0.6226	0.145941	0.558	0.0646	0.605	0.0176	0.614	0.0087	0.6169	0.0058	0.6277	0.0051
21	28.8	0.6038	0.045899	0.5183	0.0855	0.5657	0.0381	0.576	0.0278	0.5783	0.0255	0.589	0.0148
22	28.5	0.5849	0.003023	0.5012	0.0837	0.5483	0.0366	0.5593	0.0256	0.5612	0.0237	0.5716	0.0133
23	28.2	0.566	-0.039852	0.4841	0.0819	0.5306	0.0354	0.5424	0.0237	0.5437	0.0223	0.5538	0.0122

m	xm	Fo(xm)	Z=(x-X)/S	F(xm) Normal	Fo(xm)- F(xm) Normal	F(y) Log - Normal	Fo(y)- F(y) Log - Normal	F(y) Pearson III	Fo(y)- F(y) Pearson III	F(y) Log Pearson III	Fo(y)- F(y) Log Pearson III	F(xm) GEV I	Fo(xm)- F(xm) GEV I
24	28.1	0.5472	-0.054144	0.4784	0.0688	0.5247	0.0225	0.5366	0.0105	0.5378	0.0094	0.5478	0.0006
25	28	0.5283	-0.068436	0.4727	0.0556	0.5187	0.0096	0.5309	0.0026	0.5319	0.0036	0.5417	0.0134
26	27.9	0.5094	-0.082728	0.467	0.0424	0.5127	0.0033	0.5251	0.0157	0.5259	0.0165	0.5356	0.0262
27	27.7	0.4906	-0.111311	0.4557	0.0349	0.5007	0.0101	0.5131	0.0225	0.5139	0.0233	0.5233	0.0327
28	27.6	0.4717	-0.125603	0.45	0.0217	0.4946	0.0229	0.5072	0.0355	0.5078	0.0361	0.5171	0.0454
29	27.6	0.4528	-0.125603	0.45	0.0028	0.4946	0.0418	0.5072	0.0544	0.5078	0.055	0.5171	0.0642
30	27.4	0.434	-0.154187	0.4387	0.0048	0.4824	0.0485	0.4953	0.0614	0.4956	0.0617	0.5045	0.0705
31	27	0.4151	-0.211354	0.4163	0.0012	0.4578	0.0427	0.4709	0.0558	0.471	0.0559	0.4789	0.0638
32	26	0.3962	-0.354272	0.3616	0.0347	0.3957	0.0006	0.4091	0.0129	0.4071	0.0109	0.413	0.0167
33	25.5	0.3774	-0.425731	0.3352	0.0422	0.3646	0.0128	0.3778	0.0004	0.3749	0.0025	0.3793	0.002
34	25.4	0.3585	-0.440023	0.33	0.0285	0.3584	0.0001	0.3715	0.013	0.3685	0.01	0.3726	0.0141
35	25.4	0.3396	-0.440023	0.33	0.0097	0.3584	0.0188	0.3715	0.0319	0.3685	0.0288	0.3726	0.033
36	25.4	0.3208	-0.440023	0.33	0.0092	0.3584	0.0377	0.3715	0.0507	0.3685	0.0477	0.3726	0.0519
37	25.2	0.3019	-0.468607	0.3197	0.0178	0.3461	0.0442	0.3589	0.057	0.3556	0.0537	0.3591	0.0572
38	24.4	0.283	-0.582941	0.28	0.0031	0.2975	0.0145	0.3089	0.0259	0.3044	0.0214	0.3055	0.0225
39	24.3	0.2642	-0.597233	0.2752	0.011	0.2916	0.0274	0.3027	0.0386	0.2981	0.034	0.2989	0.0347
40	22.9	0.2453	-0.797318	0.2126	0.0326	0.2124	0.0329	0.2185	0.0268	0.2122	0.033	0.2099	0.0354
41	22.5	0.2264	-0.854486	0.1964	0.03	0.1915	0.0349	0.1955	0.0309	0.1896	0.0368	0.1864	0.04
42	22.3	0.2075	-0.883069	0.1886	0.0189	0.1814	0.0261	0.1844	0.0232	0.1784	0.0291	0.1751	0.0325
43	22.2	0.1887	-0.897361	0.1848	0.0039	0.1765	0.0122	0.1788	0.0098	0.173	0.0157	0.1695	0.0192
44	20.8	0.1698	-1.097447	0.1362	0.0336	0.1146	0.0552	0.1088	0.061	0.1042	0.0656	0.1009	0.069
45	20.6	0.1509	-1.12603	0.1301	0.0209	0.1069	0.0441	0.0999	0.051	0.0956	0.0553	0.0926	0.0584
46	20.6	0.1321	-1.12603	0.1301	0.002	0.1069	0.0252	0.0999	0.0321	0.0956	0.0364	0.0926	0.0395
47	20.2	0.1132	-1.183197	0.1184	0.0052	0.0925	0.0207	0.0833	0.0299	0.0794	0.0338	0.0772	0.036
48	20	0.0943	-1.211781	0.1128	0.0185	0.0857	0.0086	0.0755	0.0189	0.072	0.0224	0.0702	0.0241
49	19.8	0.0755	-1.240365	0.1074	0.0319	0.0793	0.0038	0.068	0.0074	0.0649	0.0106	0.0636	0.0119
50	18.2	0.0566	-1.469034	0.0709	0.0143	0.0389	0.0177	0.0215	0.0351	0.0215	0.0351	0.0249	0.0317

m	xm	Fo(xm)	Z=(x-X)/S	F(xm) Normal	Fo(xm)- F(xm) Normal	F(y) Log - Normal	Fo(y)- F(y) Log - Normal	F(y) Pearson III	Fo(y)- F(y) Pearson III	F(y) Log Pearson III	Fo(y)- F(y) Log Pearson III	F(xm) GEV I	Fo(xm)- F(xm) GEV I
51	18.1	0.0377	-1.483326	0.069	0.0313	0.037	0.0008	0.0195	0.0183	0.0196	0.0181	0.0232	0.0145
52	17.7	0.0189	-1.540493	0.0617	0.0429	0.03	0.0111	0.0123	0.0066	0.013	0.0059	0.0174	0.0014

Nota: Elaboración propia.

Tabla 15

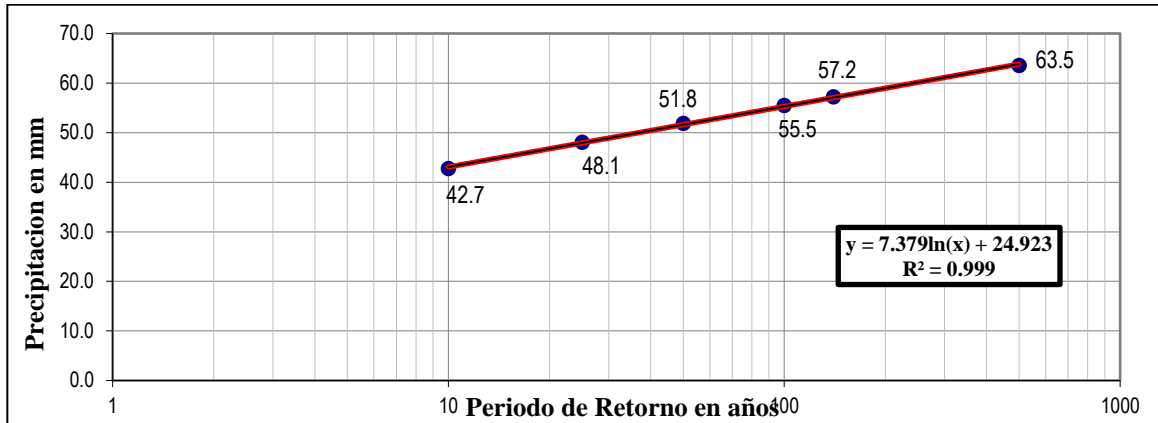
Precipitaciones Máximas Anuales en 24 Horas

T (años)	P(X≤xT)	DISTRIB. NORMAL		DISTRIB. GUMBELL		DISTRIB. LOGNORMAL			DISTRIB. PEARSON III		DISTRIB. LOG PEARSON III			P _{MAX} mm	P _{MAX} (corregida) mm
		K _T	x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	10 ^{x_T}	K _T	x _T	K _T	X _t	10 ^{x_T}		
10	0.900	1.2816	37.4	1.3046	37.6	1.28	1.5747	37.6	1.3342	37.8	1.3005	1.5767	37.7	37.8	42.7
25	0.960	1.7507	40.7	2.0438	42.8	1.75	1.6232	42.0	2.0094	42.5	1.8162	1.6299	42.7	42.5	48.1
50	0.980	2.0537	42.8	2.5923	46.6	2.05	1.6545	45.1	2.4873	45.9	2.1574	1.6652	46.3	45.9	51.8
100	0.990	2.3263	44.8	3.1367	50.4	2.33	1.6826	48.2	2.9463	49.1	2.4698	1.6975	49.8	49.1	55.5
140	0.993	2.4500	45.6	3.4001	52.3	2.45	1.6954	49.6	3.1639	50.6	2.6132	1.7123	51.6	50.6	57.2
500	0.998	2.8782	48.6	4.3947	59.2	2.88	1.7397	54.9	3.9636	56.2	3.1181	1.7644	58.1	56.2	63.5

Nota: Elaboración propia.

Figura 30

Precipitación máxima anual para diferentes periodos de retorno



Nota: Elaboración propia.

Tabla 16

Precipitaciones Máximas en 24 Horas

TR años	Ppt. Máx. 24 horas	Duración (minutos)					
		5	10	15	20	30	60
500	63.5	15.42	18.34	20.29	21.81	24.13	28.70
140	57.2	13.88	16.51	18.27	19.64	21.73	25.84
100	55.5	13.47	16.01	17.72	19.04	21.08	25.06
50	51.8	12.59	14.97	16.56	17.80	19.70	23.42
25	48.1	11.67	13.88	15.36	16.50	18.26	21.72
10	42.7	10.37	12.34	13.65	14.67	16.23	19.31

Nota: Elaboración propia.

Tabla 17

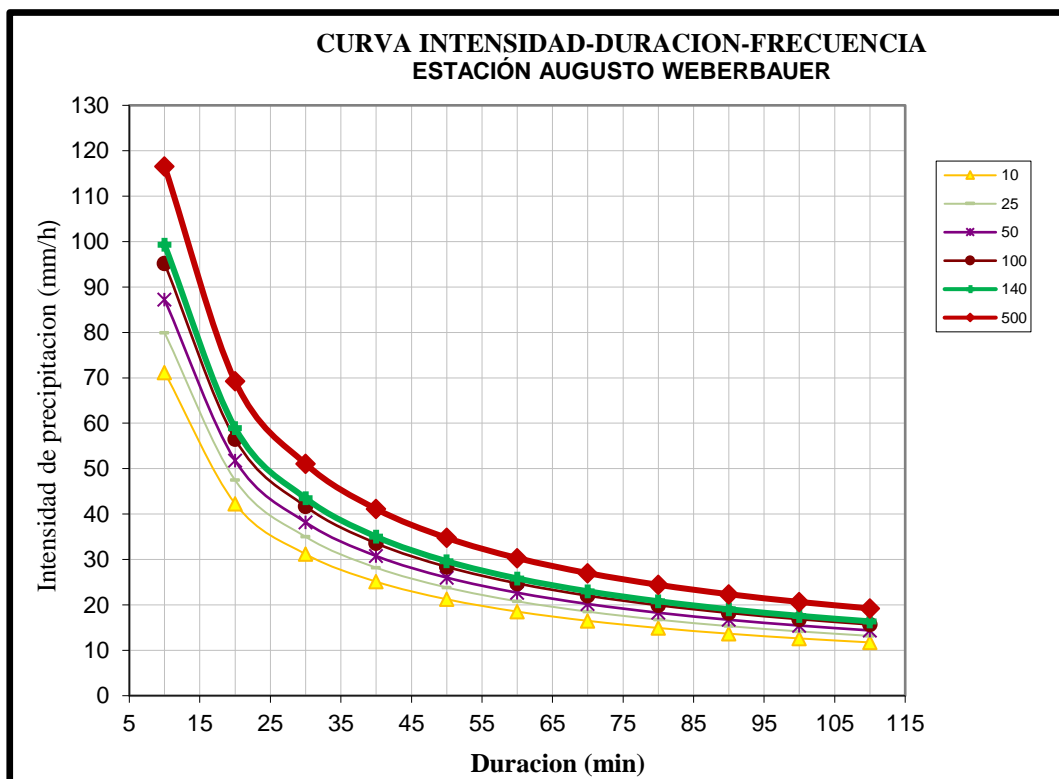
Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 Horas

DURACIÓN		PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
Hr	min	10	25	50	100	140	500
0.17	10	71.2	79.9	87.2	95.2	99.3	116.6
0.33	20	42.3	47.5	51.8	56.5	59.0	69.2
0.50	30	31.2	35.0	38.2	41.7	43.5	51.0
0.67	40	25.1	28.2	30.8	33.6	35.0	41.1
0.83	50	21.2	23.8	26.0	28.4	29.6	34.8
1.00	60	18.5	20.8	22.7	24.7	25.8	30.3
1.17	70	16.5	18.5	20.2	22.0	23.0	27.0
1.33	80	14.9	16.7	18.3	19.9	20.8	24.4
1.50	90	13.6	15.3	16.7	18.2	19.0	22.3
1.67	100	12.6	14.2	15.4	16.9	17.6	20.6
1.83	110	11.7	13.2	14.4	15.7	16.4	19.2

Nota: Elaboración propia.

Figura 31

Curva Intensidad – Duración – Frecuencia para TR= 10 años a mas



Nota: Elaboración propia.

Tabla 18

Coefficiente de Escorrentía Método Racional

Cobertura Vegetal	Tipo De Suelo	Pendiente Del Terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		>50%	>20%	>5%	>1%	<1%
Sin Vegetación	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
Cultivos	Impermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
Pasto, vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
Hierba, grama	Impermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

Nota: Manual de hidrología, Hidráulica y Drenaje MTC 2011.

Según las características morfológicas, el tipo de suelo y pendiente del terreno; se determinó el coeficiente de escorrentía ponderado:

$$C = 0.55$$

Tabla 19

Estimación de Caudales Máximos

TR	10	25	50	100	140	500
Coef.						
Escorrentía I (mm/h)	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Área (km²)	36.4	41	44.2	47.3	48.7	54.10
Qmáx (m³/s)	3.57	3.57	3.57	3.57	3.57	3.57
	19.9	22.4	24.1	25.8	26.6	29.5

Nota: Elaboración propia.

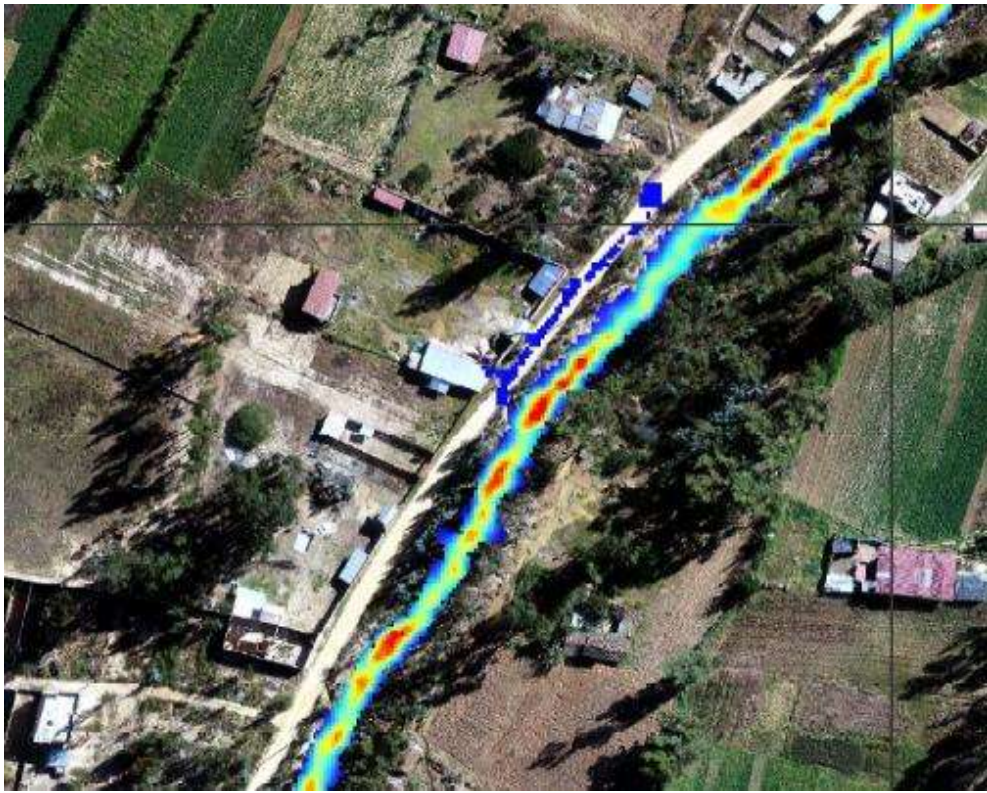
3.1. Modelamiento Hidráulico Bidimensional

3.1.1. Escenario N°1: $Q_{max} = 19.90 \text{ m}^3/\text{s}$, obtenido para $Tr = 10$ años.

Nivel de agua máximo alcanzado es de 2.21 m. Además, se observa dos desbordes a lo largo de la quebrada. La primera se tiene en la progresiva 0+967.89 al margen izquierdo de la quebrada.

Figura 32

Desborde Entre la Progresiva 0+967.89 al Margen Derecho

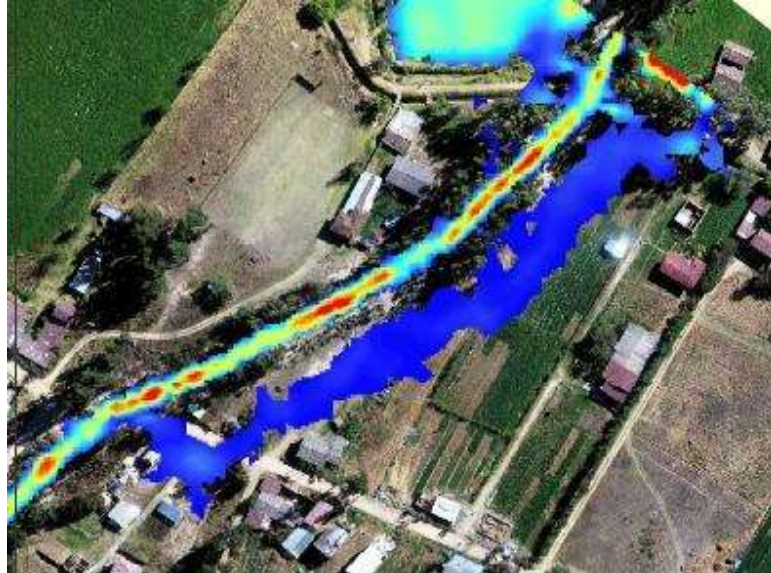


Nota: Elaboración propia.

El segundo desborde se tiene en la progresiva 1+167.83 al margen derecho

Figura 33

Desborde Entre la Progresiva 1+167.83 Margen Derecho

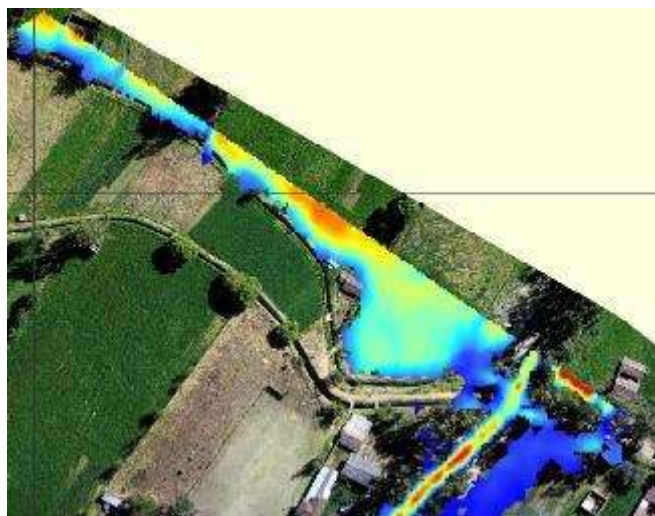


Nota: Elaboración propia.

El tercer punto de desborde se ocasiona por baja altura ubicada en la progresiva 1+383.67 del margen izquierdo.

Figura 34

Desborde Entre la Progresiva 1+383.67 Margen Izquierdo



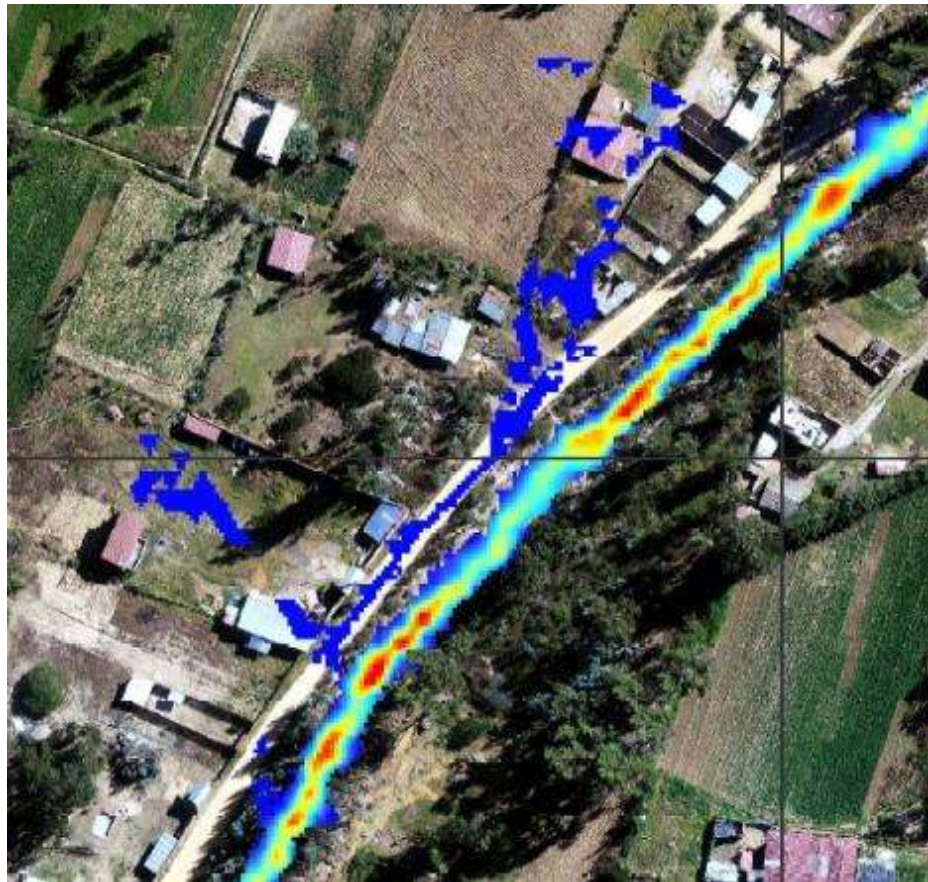
Nota: Elaboración propia.

3.1.2. Escenario N°2: $Q_{max} = 22.40 \text{ m}^3/\text{s}$, obtenido para $Tr=25$ años.

Nivel de agua máximo alcanzado es de 2.83 m. Además, se observa desbordes, en varios puntos a lo largo de la quebrada: la primera se tiene en la progresiva 0+996.82 al margen izquierdo de la quebrada.

Figura 35

Desborde Entre la Progresiva 0+996.82 Margen Izquierdo

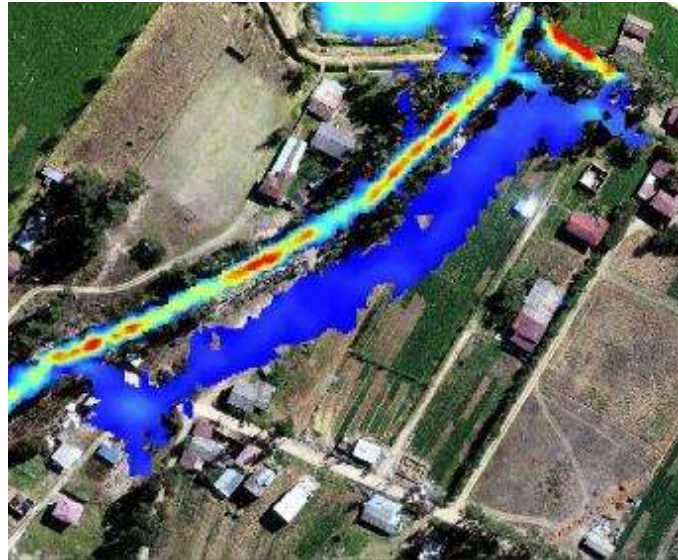


Nota: Elaboración propia.

El segundo desborde se tiene en la progresiva 1+159.67 al margen derecho.

Figura 36

Desborde Entre la Progresiva 1+159.67 Margen Derecho

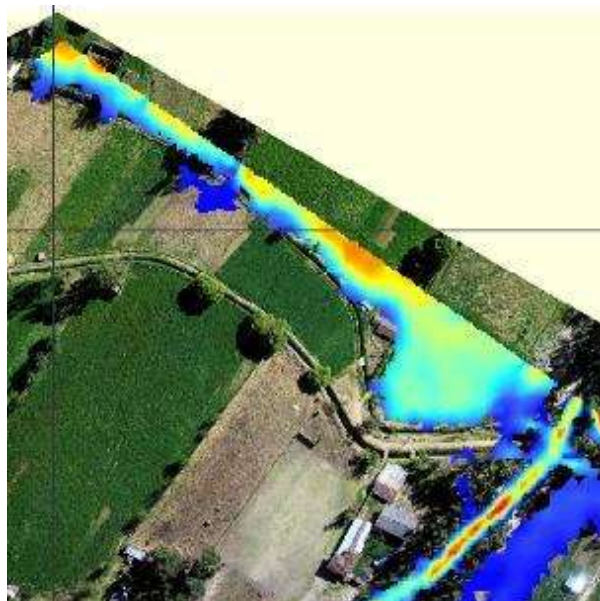


Nota: Elaboración propia.

El tercer punto de desborde se ocasiona por baja altura ubicada en la progresiva 1+383.67 del margen izquierdo.

Figura 37

Desborde Entre la Progresiva 1+383.67 Margen Izquierdo



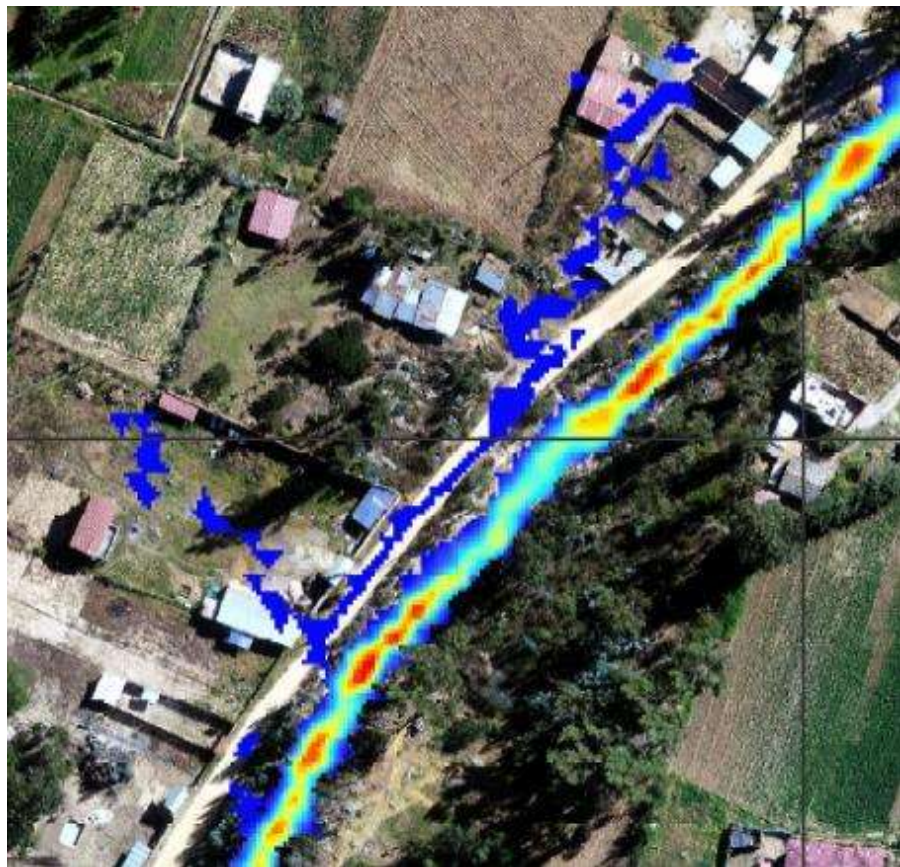
Nota: Elaboración propia.

3.1.3. Escenario N°3: $Q_{max} = 24.10 \text{ m}^3/\text{s}$, obtenido para $Tr=50.00$ años.

Nivel de agua máximo alcanzado es de 3.15 m. observándose desbordes, en varios puntos a lo largo de la quebrada: la primera se tiene en la progresiva 0+967.13 al margen izquierdo de la quebrada.

Figura 38

Desborde Entre la Progresiva 0+967.13 Margen Izquierdo

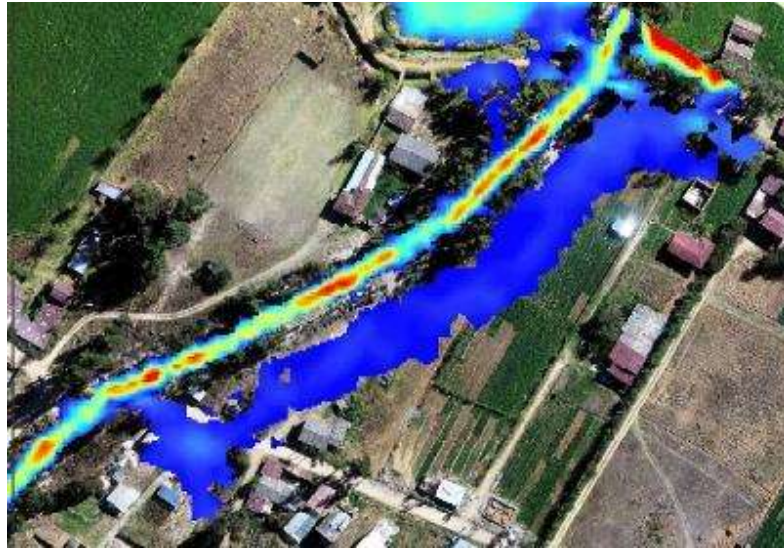


Nota: Elaboración propia.

El segundo desborde se tiene en la progresiva 1+169.58 al margen derecho.

Figura 39

Desborde Entre la Progresiva 1+169.58 Margen Derecho

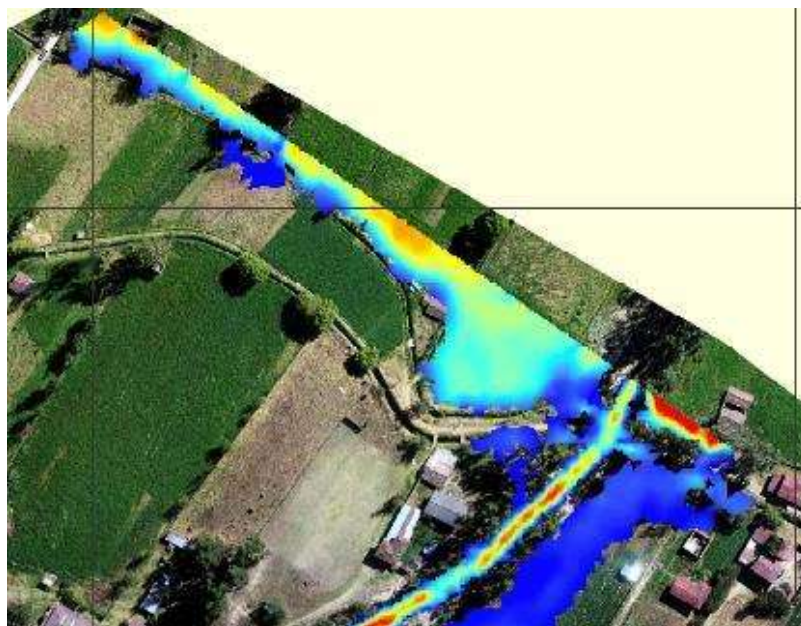


Nota: Elaboración propia.

El tercer punto de desborde se ocasiona en la progresiva 1+383.66 a ambos márgenes de la quebrada, siendo el margen izquierdo el más afectado.

Figura 40

Desborde Entre la Progresiva 1+386.66 Margen Izquierdo



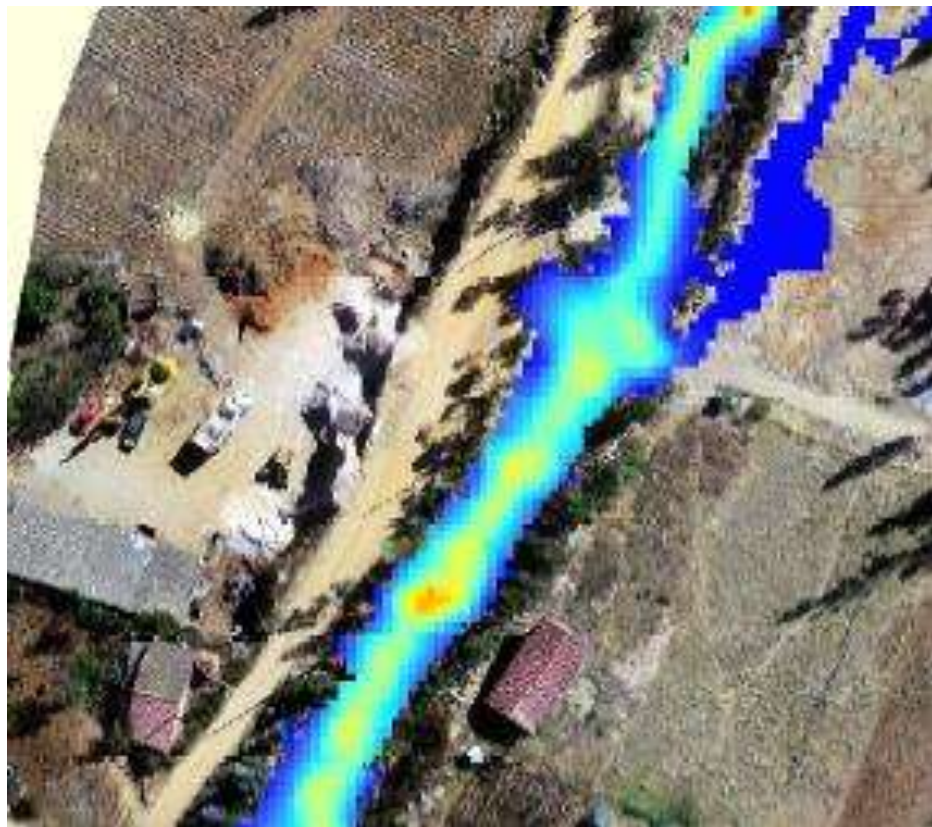
Nota: Elaboración propia.

3.1.4. Escenario N°4: $Q_{max} = 25.80 \text{ m}^3/\text{s}$, obtenido para $Tr=100$ años.

Nivel de agua máximo alcanzado es de 3.41 m. Además, se observa desbordes, en varios puntos a lo largo de la quebrada: la primera se tiene en la progresiva 0+077.87 al margen derecho de la quebrada.

Figura 41

Desborde Entre la Progresiva 0+077.87 Margen Derecho

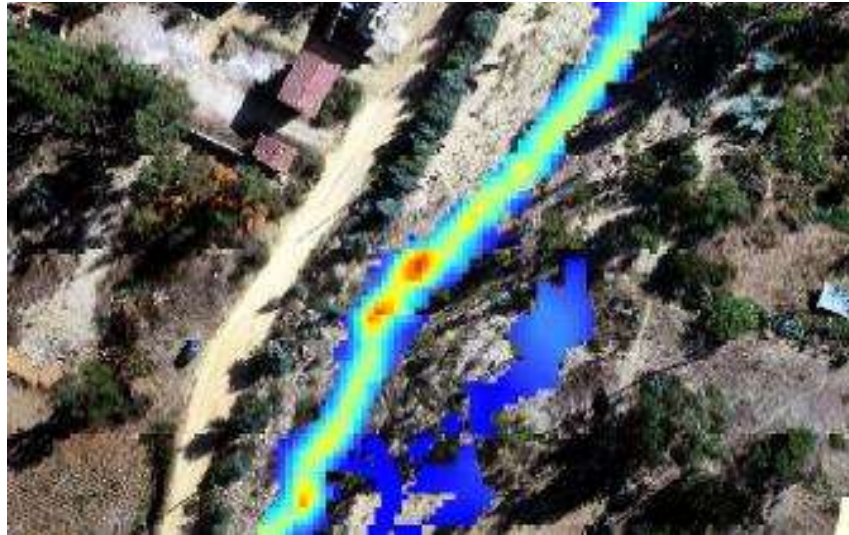


Nota: Elaboración propia.

El segundo desborde se tiene en la progresiva 0+124.05 al margen derecho.

Figura 42

Desborde Entre la Progresiva 0+124.05 Margen Derecho

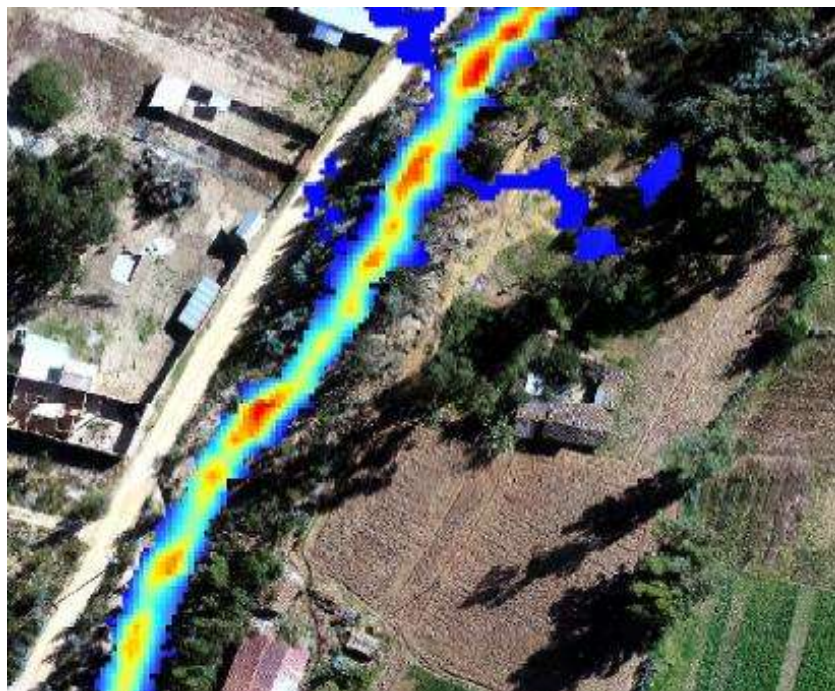


Nota: Elaboración propia.

El tercer desborde se tiene en la progresiva 0+953.68 al margen derecho.

Figura 43

Desborde Entre la Progresiva 0+953.68 Margen Derecho

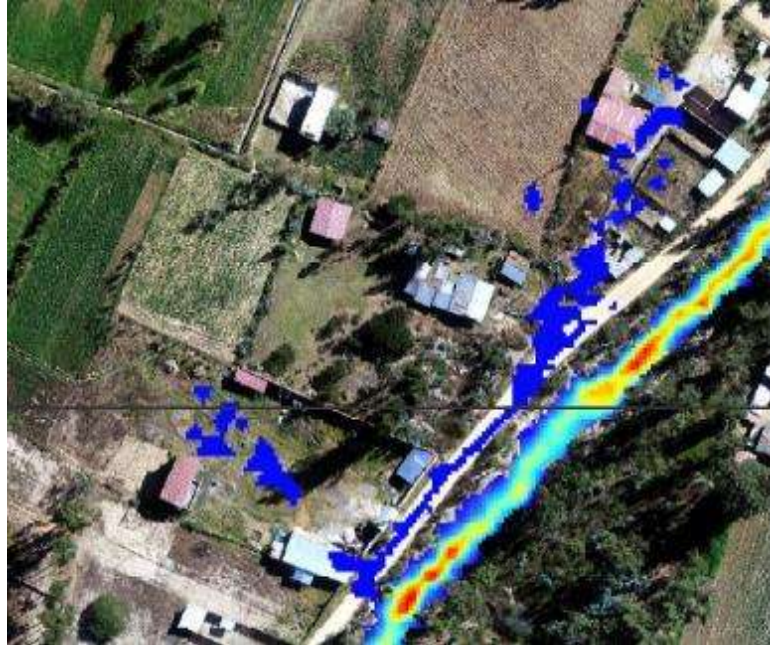


Nota: Elaboración propia.

El cuarto punto de desborde es en la progresiva 0+968.47 al margen derecho.

Figura 44

Desborde Entre la Progresiva 0+968.47 Margen Derecho

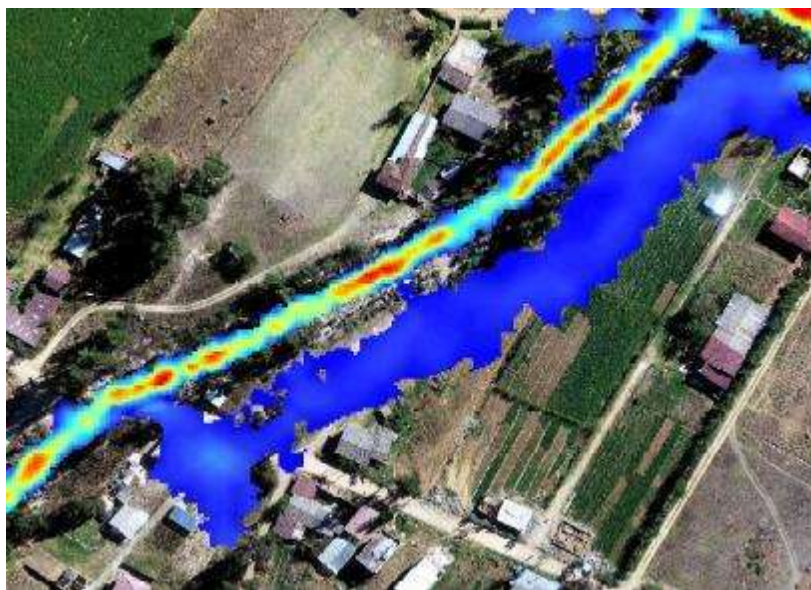


Nota: Elaboración propia.

El quinto punto de desborde es en la progresiva 1+169.57 al margen derecho.

Figura 45

Desborde Entre la Progresiva 1+169.57 Margen Derecho

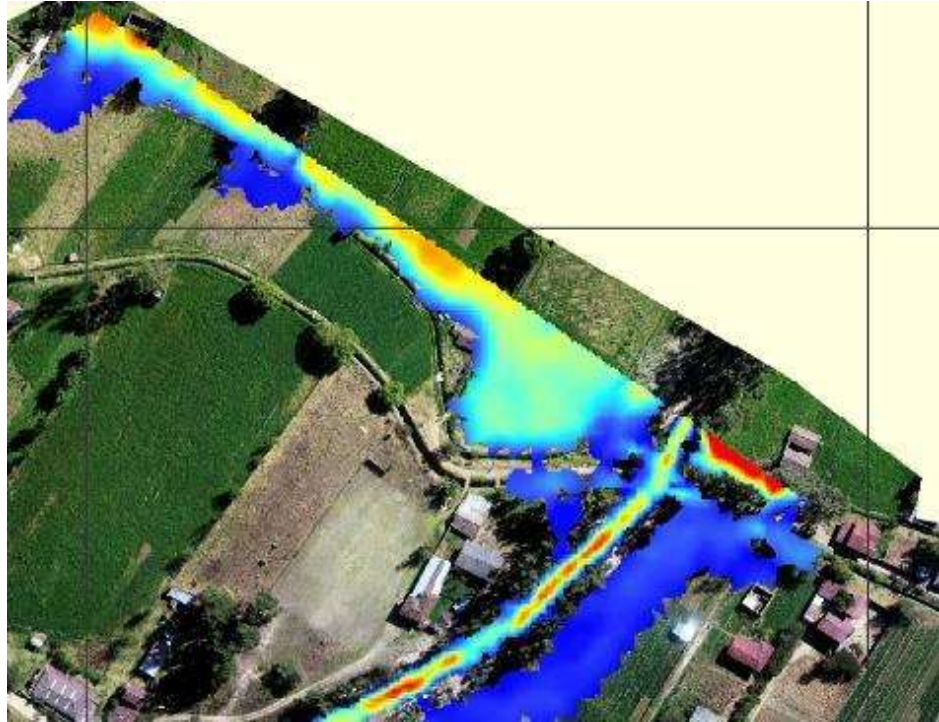


Nota: Elaboración propia.

El sexto desborde se produce en la progresiva 1+383.67 hacia ambos márgenes de la quebrada afectando al canal existente.

Figura 46

Desborde Entre la Progresiva 1+383.67 Margen Derecho



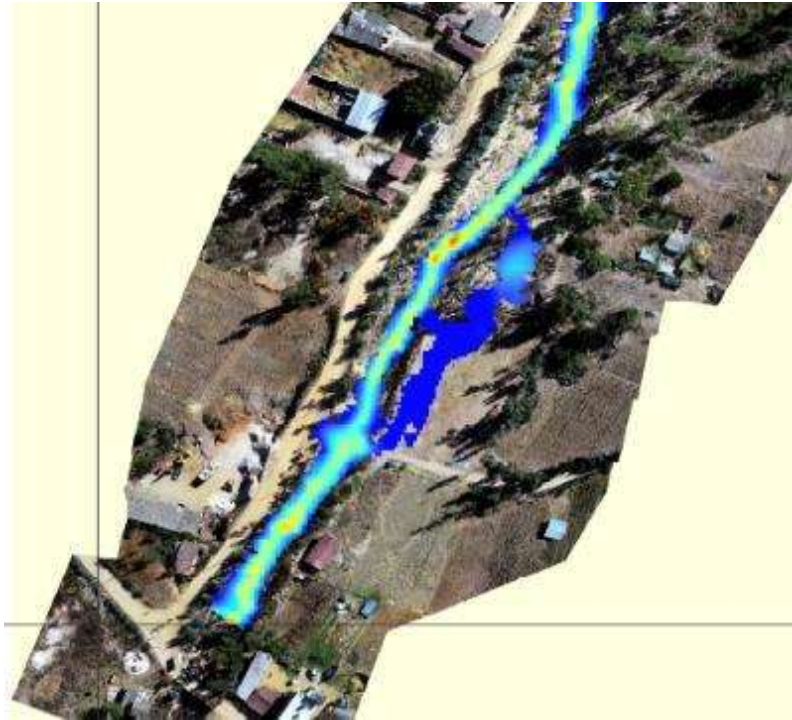
Nota: Elaboración propia.

3.1.5. Escenario N°5: $Q_{max} = 26.60 \text{ m}^3/\text{s}$, obtenido para $Tr=140$ años.

Nivel de agua máximo alcanzado es de 3.94 m. Además, se observa desbordes, en varios puntos a lo largo de la quebrada: la primera se tiene en la progresiva 0+077.87 al margen derecho de la quebrada.

Figura 47

Desborde Entre la Progresiva 0+077.87 Margen Derecho

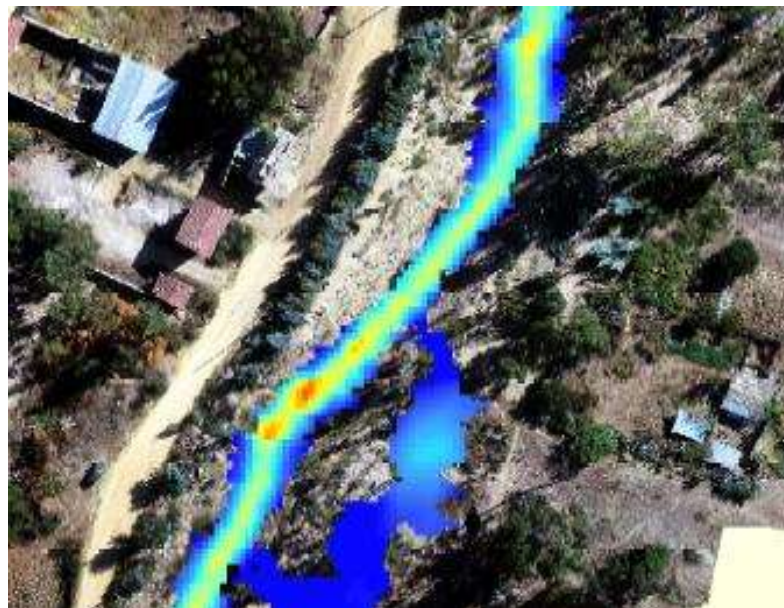


Nota: Elaboración propia.

El segundo desborde se tiene en la progresiva 0+124.05 al margen derecho.

Figura 48

Desborde Entre la Progresiva 0+124.05 Margen Derecho



Nota: Elaboración propia.

El tercer punto de desborde es en la progresiva 0+934.67 del margen izquierdo.

Figura 49

Desborde Entre la Progresiva 0+934.67 Margen Izquierdo

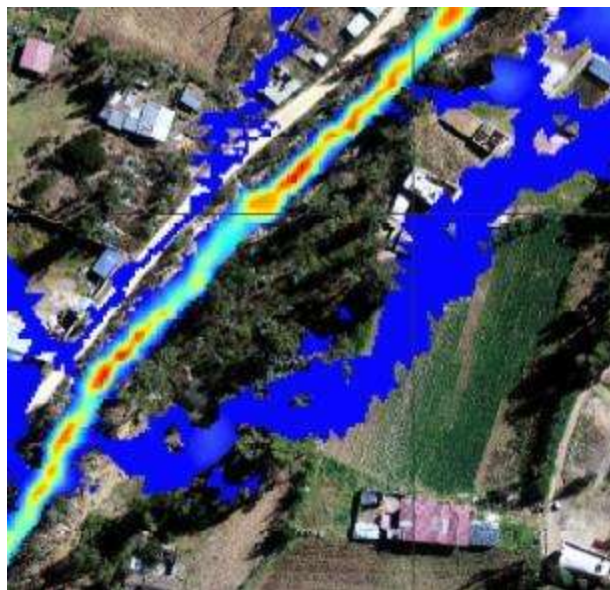


Nota: Elaboración propia.

El cuarto punto de desborde es en la progresiva 0+953.68 al margen derecho.

Figura 50

Desborde Entre la Progresiva 0+953.68 Margen Derecho

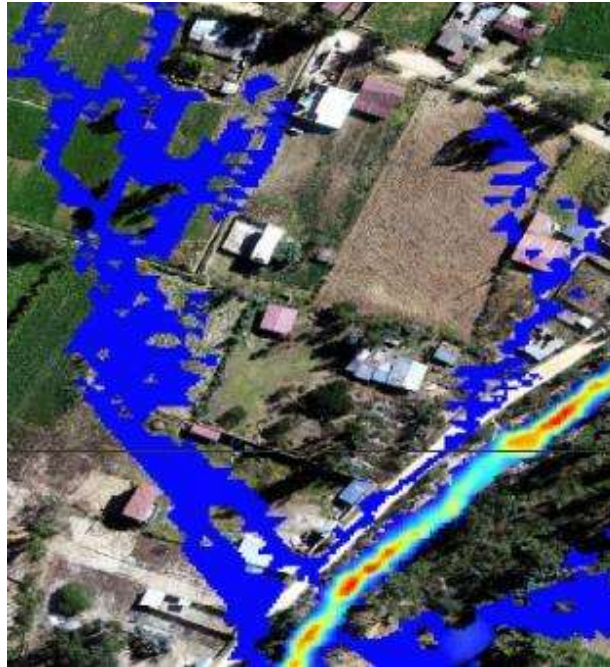


Nota: Elaboración propia.

El quinto punto de desborde es en la progresiva 0+968.47 al margen izquierdo.

Figura 51

Desborde Entre la Progresiva 0+968.47 Margen Izquierdo

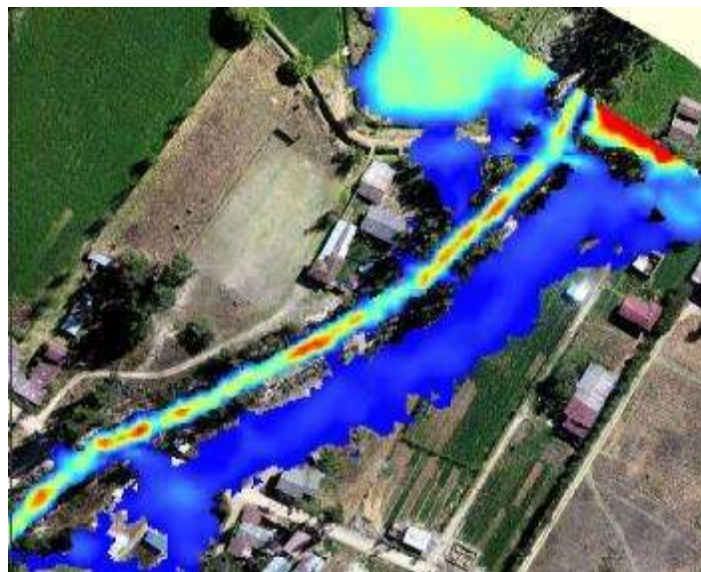


Nota: Elaboración propia.

El sexto desborde se produce en la progresiva 1+172.95 al margen derecho.

Figura 52

Desborde Entre la Progresiva 1+172.95 Margen Derecho

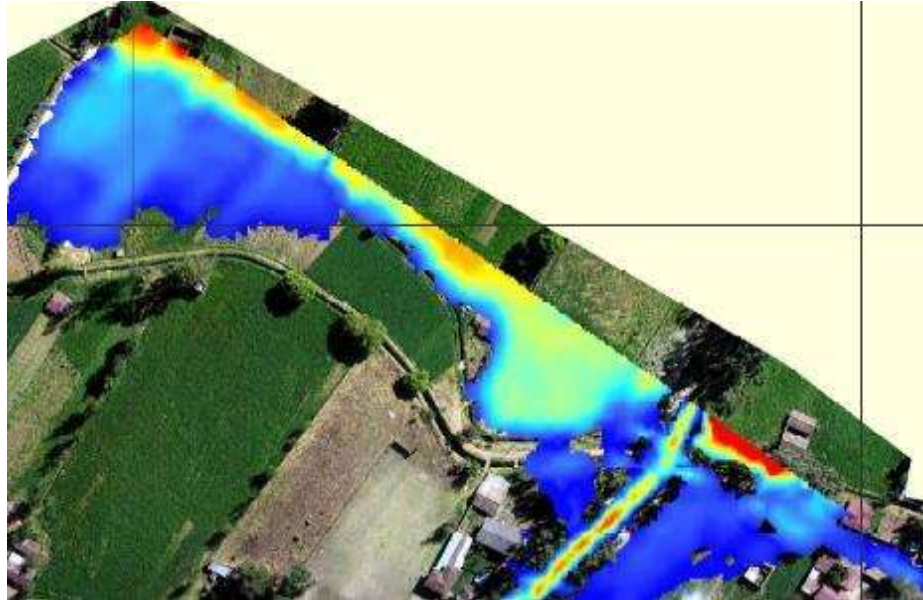


Nota: Elaboración propia.

El séptimo desborde se produce en la progresiva 1+383.67 hacia ambos márgenes de la quebrada afectando al canal existente.

Figura 53

Desborde Entre la Progresiva 1+383.67 Hacia Ambos Márgenes



Nota: Elaboración propia.

3.1.6. Escenario N°6: $Q_{max} = 29.50 \text{ m}^3/\text{s}$, obtenido para $Tr=500$ años.

Nivel de agua máximo alcanzado es de 4.01 m. Además, se observa desbordes, en varios puntos a lo largo de la quebrada: la primera se tiene en las progresivas 0+077.87, 0+124.05 y 0+171.36 al margen derecho de la quebrada.

Figura 54

Desborde Entre la Progresiva 0+077.87, +124.05, 0+171.36 Margen Derecho



Nota: Elaboración propia.

El segundo desborde se tiene en las progresivas 0+934.01 al margen izquierdo.

Figura 55

Desborde Entre las Progresivas 0+934.01 Margen Izquierdo

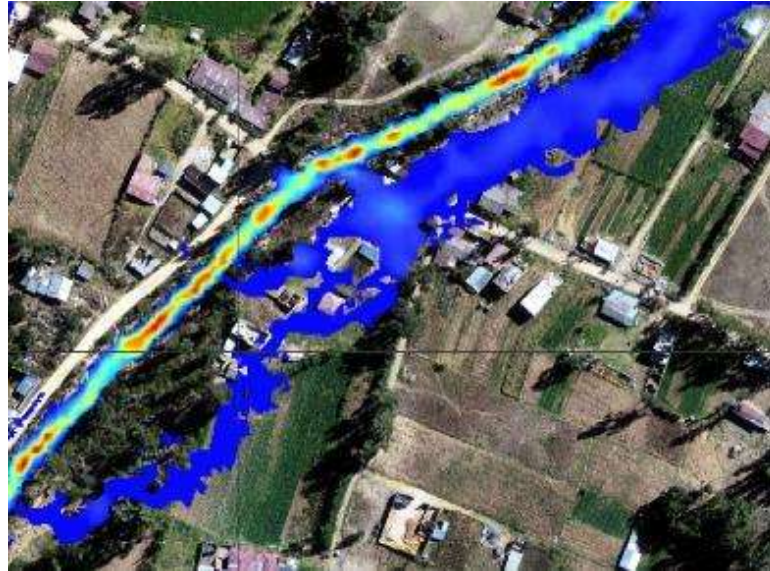


Nota: Elaboración propia.

El tercer desborde se tiene en las progresivas 0+954.40, 1+094.05 y 1+169.57 al margen derecho.

Figura 56

Desborde Entre las Progresivas 0+954, 1+094 y 1+169 Margen Derecho

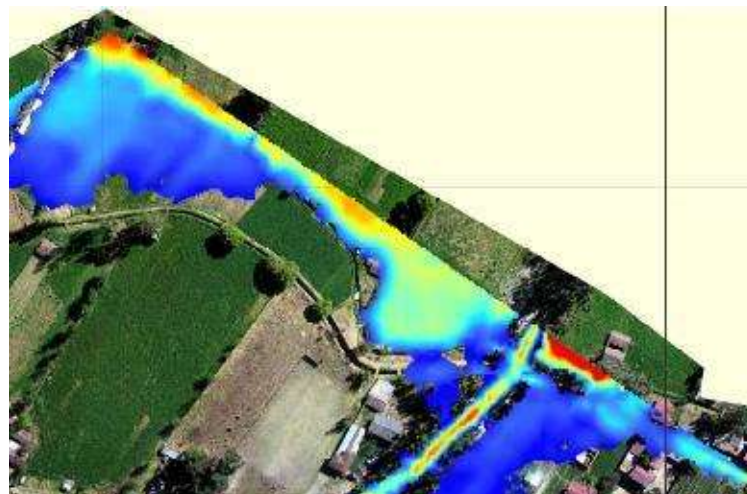


Nota: Elaboración propia.

El cuarto desborde se produce en la progresiva 1+335.71 y en la progresiva 1+383.67 hacia ambos márgenes de la quebrada afectando al canal existente.

Figura 57

Desborde Entre las Progresivas 1+335.71 y 1+383.67



Nota: Elaboración propia.

Tabla 20

Determinación de Áreas de Inundación por Desborde de la Quebrada Ingamayo

Tr (Años)	Imáx (mm/h)	Q (m³/s)	Área (m²)	Área (Ha)
10	42.7	19.9	10618	1.06
25	48.1	22.4	13302	1.33
50	51.8	24.1	14247	1.42
100	55.5	25.8	16332	1.63
140	57.2	26.6	34083	3.41
500	63.5	29.5	47189	4.72

Nota: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

- **Escenario N°1:** Se ingresó un caudal de entrada de $Q_{max} = 19.90 \text{ m}^3/\text{s}$, obtenido para $Tr=10$ años.

Nivel de agua máximo alcanzado es de 2.21 m. Además, se observa desbordes, en varios puntos a lo largo de la quebrada: el primero se tiene en la progresiva 0+967.89 al margen derecho de la quebrada, el segundo desborde se tiene en la progresiva 1+167.83 al margen derecho de la quebrada, el tercer desborde se tiene en la progresiva 1+383.67 hacia ambos márgenes de la quebrada afectando a un canal existente

- **Escenario N°2:** Se ingresó un caudal de entrada de $Q_{max} = 22.40 \text{ m}^3/\text{s}$, obtenido para $Tr=25$ años.

Nivel de agua máximo alcanzado es de 2.83 m. Además, se observa desbordes, en varios puntos a lo largo de la quebrada: el primero se tiene en la progresiva 0+996.82 al margen izquierdo de la quebrada, el segundo desborde se tiene en la progresiva 1+159.67 al margen derecho, el tercer desborde se tiene en la progresiva 1+383.67 hacia ambos márgenes de la quebrada afectando a un canal existente.

- **Escenario N°3:** Se ingresó un caudal de entrada de $Q_{max} = 24.10 \text{ m}^3/\text{s}$, obtenido para $Tr=50$ años.

Nivel de agua máximo alcanzado es de 3.15 m. Además, se observa desbordes, en varios puntos a lo largo de la quebrada: el primero se tiene en la progresiva 0+967.13 al margen izquierdo de la quebrada, el segundo desborde se tiene en

la progresiva 1+169.58 al margen derecho, el tercer desborde se tiene en la progresiva 1+383.67 hacia ambos márgenes de la quebrada afectando a un canal existente.

- **Escenario N°4:** Se ingresó un caudal de entrada de $Q_{max} = 25.80 \text{ m}^3/\text{s}$, obtenido para $Tr=100$ años.

Nivel de agua máximo alcanzado es de 3.41 m. Además, se observa desbordes, en varios puntos a lo largo de la quebrada: el primer desborde se tiene en la progresiva 0+077.87 al margen derecho de la quebrada, el segundo desborde se ocasiona en la progresiva 0+124.05 del margen derecho, el tercer desborde se da en la progresiva 0+953.68 al margen derecho, el cuarto desborde se produce en la progresiva 0+968.47 del margen izquierdo de la quebrada existente, el quinto desborde se producen en la progresiva 1+169.57 hacia el margen derecho de la quebrada, afectando a varias viviendas y el tercer desborde se tiene en la progresiva 1+383.67 hacia ambos márgenes de la quebrada afectando a un canal existente y viviendas existentes.

- **Escenario N°5:** Se ingresó un caudal de entrada de $Q_{max} = 26.60 \text{ m}^3/\text{s}$, obtenido para $Tr=140$ años.

Nivel de agua máximo alcanzado es de 3.94 m. Además, se observa desbordes, en varios puntos a lo largo de la quebrada: el primer desborde se tiene en la progresiva 0+077.87 al margen derecho de la quebrada donde no existen viviendas a tomar en consideración, el segundo desborde se tiene en la progresiva 0+124.05 al margen derecho de la quebrada, el tercer punto de desborde se ocasiona en la progresiva 0+934.67 del margen izquierdo afectando a sembríos y viviendas del Caserío Ingmayo, el cuarto punto de

desborde en la progresiva 0+953.68 al margen derecho afectando viviendas existentes, el quinto desborde se produce en la progresiva 0+968.47 al margen izquierdo de la quebrada afectando a viviendas y la vía pública ubicada perpendicularmente a la quebrada, el sexto desborde se produce en la progresiva 1+172.95 al margen derecho de la quebrada afectando a viviendas y la vía pública que esta transversalmente a la quebrada y el séptimo desborde se tiene en la progresiva 1+383.67 hacia ambos márgenes de la quebrada afectando a un canal existente y viviendas existentes.

- **Escenario N°6:** Se ingresó un caudal de entrada de $Q_{max} = 29.50 \text{ m}^3/\text{s}$, obtenido para $Tr=500$ años.

Nivel de agua máximo alcanzado es de 4.01 m. Además, se observa desbordes, en varios puntos a lo largo de la quebrada: el primer desborde se tiene en la progresivas 0+077.87, en la progresiva 0+124.05 y en la progresiva 0+171.36 al margen derecho de la quebrada afectando viviendas existentes, el segundo desborde se tiene en la progresiva 0+934.01 al margen izquierdo afectado viviendas del caserío Ingmayo, el tercer desborde se tiene en la progresiva 0+954, en la progresiva 1+094 y en la progresiva 1+169 al margen derecho afectado viviendas del caserío Ingmayo y la vía pública ubicada perpendicularmente a la quebrada y el cuarto desborde se tiene en la progresiva 1+335.71 y en la progresiva 1+383.67 hacia ambos márgenes de la quebrada afectando a un canal existente y viviendas existentes.

- Triviño acierta indudablemente que la delimitación de zonas inundables en ramblas y ríos-rambla no puede fundamentarse únicamente en criterios

subjetivos, ni tampoco en criterios científicos donde no consideren como mínimo la altura del tirante hidráulico y avenidas máximas de agua según los períodos de retorno, tanto la construcción de un modelo distribuido mediante un sistema de información geográfica (SIG) como el modelamiento hidráulico usando el software Iber son herramientas que permiten hacer una identificación de zonas de inundación causadas por este fenómeno, logrando así un control del riesgo existente.

- Bescos menciona que la combinación de métodos estadísticos, hidráulicos, cartográficos y geomorfológicos ayudan a la aproximación del problema y contribuyen a superar la deficiencia y falta de información hidrológica, además se concuerda que el manejo de fotografía aérea en la actualidad es una herramienta esencial para generar modelos digitales del terreno, el cual brindan una mejor información en el procesamiento de datos.
- Se recomienda como propuesta de mejora realizar los respectivos estudios de mecánica de suelos, de erosión y sedimentación para elaborar construcción de defensas ribereñas en las zonas donde la inundación de la quebrada Ingamayo son evidentes, de tal manera que permitan un control del riesgo de inundaciones de la zona en estudio.
- Se recomienda que para el diseño y protección de las estructuras que se deberán proyectar, se debería tener en cuenta que la obtención de caudales por el método racional; se deberá tener en consideración la probabilidad del tiempo de retorno ya que los eventos de máximas avenidas están relacionados a estos parámetros.

- Se recomienda implementar estaciones meteorológicas, ya que la zona de influencia es considerada en Cajamarca como zona de expansión territorial, de tal manera que pueda obtenerse mejores registros hidrológicos que permitan contrastar los modelos hidrológicos e hidráulicos para la realización de proyectos futuros.
- Se recomienda que el presente trabajo de investigación, sirva de guía para realizar futuros proyectos de prevención ante inundaciones; evitando así pérdidas económicas y sobre todo pérdidas humanas.
- Los resultados de la presente investigación fomentan la utilización de nuevas tecnologías en la identificación de zonas inundables, promoviendo explícitamente, un mejor estudio hidrológico e hidráulico, que conlleva a la proyección de elementos estructurales para la defensa de los bienes inmuebles de los habitantes.
- Limitaciones para tomar la mayor cantidad de puntos topográficos, por la presencia de abundante vegetación que presenta la zona en estudio.
- Limitaciones en la entrega de datos de las precipitaciones actualizadas por parte de SENAMI.

4.2. Conclusiones

- Una vez finalizado el modelamiento bidimensional hidráulico se determinó que las áreas de inundación por la quebrada Ingamayo fueron de 1.06, 1.33, 1.42, 1.63, 3.41 y 4.72 hectáreas para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 140 y 500 años respectivamente; correspondientes a zonas de cultivo y zonas urbanas.
- La cuenca hidrográfica de la quebrada Ingamayo presenta un área total de 357 ha, un perímetro de 8.7 km que comprende la cota mínima de 2710 a la cota 3507 en el cual su cauce principal es de 4.00 km además la altitud media de 3102.03 y el tiempo de concentración según Kirpich es de 25.75 minutos.
- Se recopiló la información para posteriormente realizar el respectivo análisis y procesamiento de la información hidrológica, la cual se obtuvo caudales de 19.9m³/s, 22.40m³/s, 24.10m³/s, 25.80m³/s, 26.60m³/s, 29.50m³/s para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 140 y 500 años respectivamente.
- Se determinó las zonas más críticas de inundación de la quebrada Ingamayo para un Tr = 140 años un tramo total de 534.03 m. en el margen derecho y 677.74 m. para el margen izquierdo, para un Tr = 500 un tramo de 763.01 m. hacia el margen derecho y 816.05 m. De tal manera que el margen derecho de la quebrada en estudio es el más perjudicado del Caserío Agopampa.
- Se deberá proyectar como alternativa económica la construcción de muro de gaviones en las progresivas 0+077.87, 0+934.01, 0+954.40, 1+169.57 y 1+383.67 donde el desborde del cauce de la quebrada Ingamayo es evidente, teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se tendrá que tener en cuentas la elaboración de un estudio de mecánica de suelo para poder definir el tipo de

infraestructura que se proyectara a futuro para controlar y minimizar el riesgo de inundación, de tal manera que nos permita evitar pérdidas económicas como humanas.

- Se implementará un plan de contingencia para la zona de afectación por la quebrada Ingamayo, como ordenamiento territorial, medidas de prevención y concientización de los habitantes del caserío Agopampa que permita dar respuesta inmediata ante un eventual fenómeno de inundación.

REFERENCIAS

Bladé E., Cea L., Corestein G., Escolano E., Puertas J., Dolz J., Coll A. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería. Universidad Politécnica de Catalunya, 30(01),1-10.

Chereque Moran, W. (1989). HIDROLOGÍA para estudiantes de ingeniería civil.

García R., Conesa C. (2011). Estimación de caudales de avenidas y delimitación de áreas inundables mediante métodos hidrometeorológicos e hidráulicos y técnicas S.I.G., estudio aplicado al litoral sur de la región de Murcia. Universidad de Murcia, pp. 107-123.

Gutierrez eat all. (2011). Periodos de retorno de lluvias torrenciales para el estado de Tamaulipas, México.

Lux Cardona, B. (2016). Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas. Guatemala.

Maidment, D., Djokic, D. (2000). Hydrologic and hydraulic modeling support with Geographic Information Systems. ESRI. Redlands (EE.UU.), 216 pp.

Martínez, V, García, A., Ayuga, F. (2000): «Modelación distribuida de la escorrentía superficial en pequeñas cuencas mediante SIG. Evaluación experimental», en Ingeniería Civil, n° 117, pp. 49-58.

MTC (2011), Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje.

Mateu, J. (1989). Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo. Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante y Caja de Ahorros del Mediterráneo. Alicante, pp. 133- 150.

Monsalve Sáenz, G. (1998). Hidrología en la Ingeniería.

Rodríguez, Y. (2010). Modelo lluvia-escorrentamiento para la cuenca del río Reno.

Triviño, A., Ortiz, S. (2004). Metodología para la modelación distribuida de la escorrentía superficial y la delimitación de zonas inundables en ramblas y ríos-rambla mediterráneos. Universidad de Alicante, pp. 67-83.

Villón Béjar, M. (2002). Hidrología.

ANEXOS

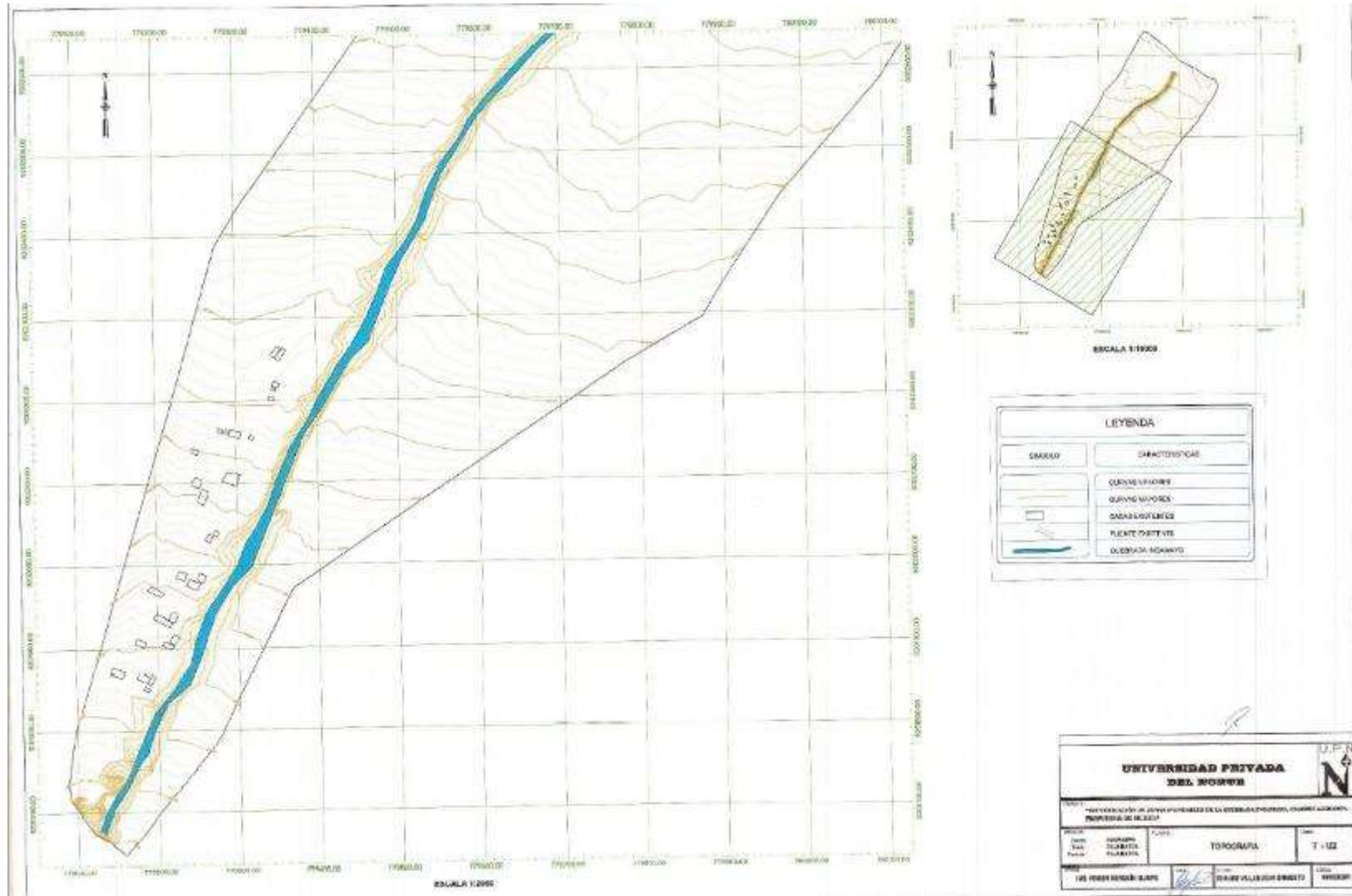
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MUESTRA
<p>Pregunta general</p> <p>¿Cuáles son las zonas inundables por desborde de la quebrada Ingamayo en el caserío Agopampa?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Identificar las zonas inundables por desborde de la quebrada Ingamayo en el caserío de Agopampa para diferentes tiempos de retorno.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>Las zonas inundables por desborde de la quebrada Ingamayo están entre las progresivas 0+934.67, 0+953.68 y 1+383.67 que corresponden a zonas de cultivo y zonas urbanas.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Precipitaciones máximas.</p>	<p>La presente investigación, tiene como muestra un área de 357 hectáreas.</p>
	<p>Objetivos específicos</p> <p>Evaluar la cuenca de la quebrada Ingamayo, caserío de Agopampa, mediante sistemas de información geográfica.</p> <p>Elaborar el modelamiento hidrológico y precisar caudales máximos para los diferentes periodos de retornos; 10, 25, 50, 100, 140 y 500 años.</p> <p>Elaborar el modelamiento hidráulico de la quebrada Ingamayo, ubicado en la localidad de Agopampa - Cajamarca.</p> <p>Determinar zonas críticas de desborde para los diferentes periodos de retorno; 10, 25, 50 100, 140 y 500 años.</p> <p>Identificar las mejores propuestas estructurales para prevenir pérdidas materiales y humanas.</p>		<p>Variable dependiente</p> <p>Zonas inundables por la quebrada Ingamayo.</p>	

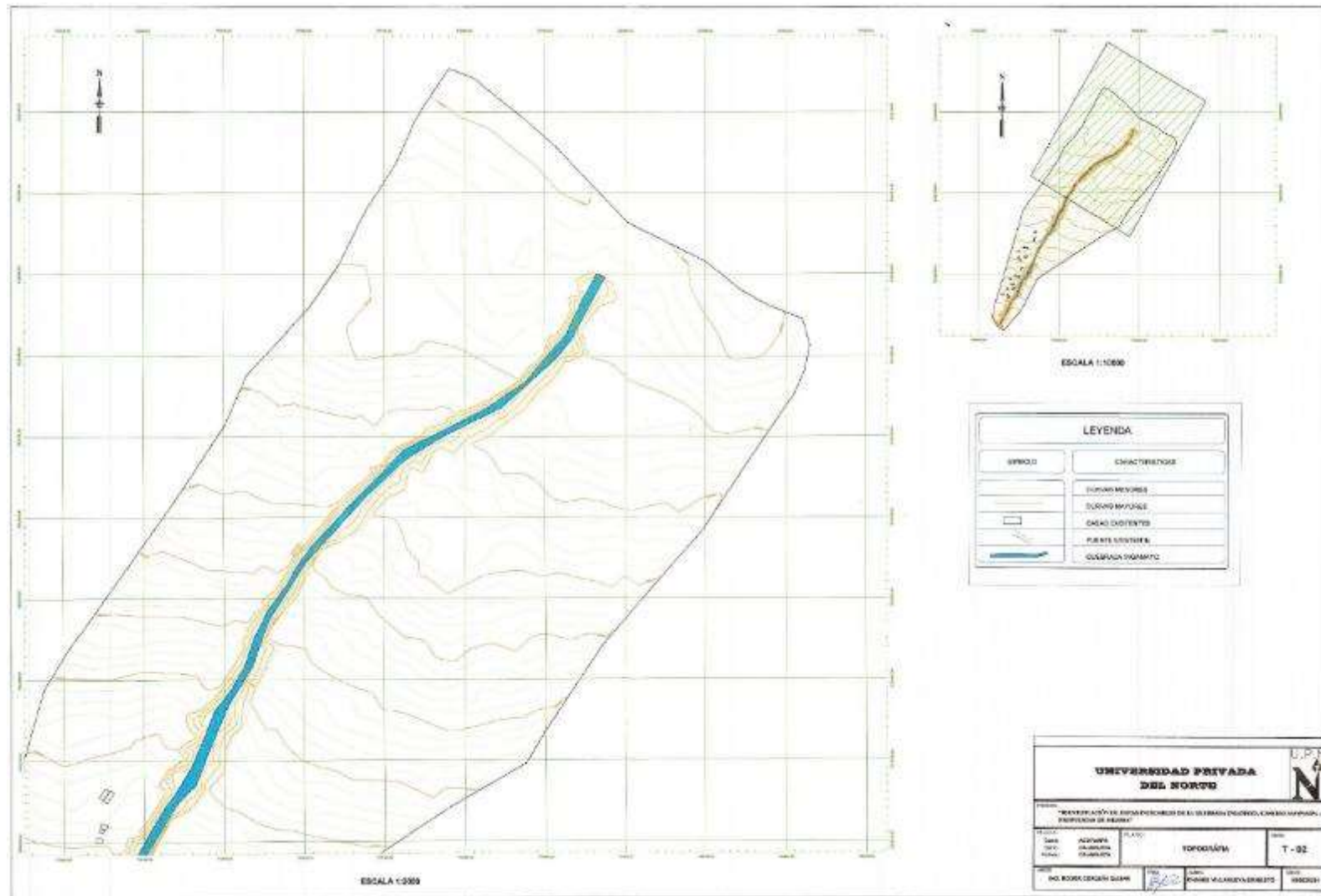
ANEXO 2: DATOS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BRINDADAS POR SENAMHI.

ESTACIÓN	AUGUSTO WEBERBAUER												
PARÁMETRO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)												
LATITUD	7° 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	PPmax
1968	10.8	26.9	10.2	13.0	S/D	1.4	1.3	4.7	18.3	14.8	29.5	15.4	29.5
1969	13.1	S/D	10.8	21.8	S/D	6.3	0.3	S/D	9.2	S/D	17.9	42.4	42.4
1970	18.1	9.3	17.9	8.2	10.2	8.7	1.7	2.5	7.6	26.0	15.3	8.4	26.0
1971	10.7	29.6	27.8	12.1	3.4	3.2	6.6	3.3	9.5	19.0	7.6	S/D	29.6
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	25.2
1973	22.9	16.2	11.2	15.0	10.7	5.4	3.3	5.2	20.0	9.8	11.7	12.9	22.9
1974	12.4	16.8	14.2	18.2	3.7	6.4	2.6	9.7	8.5	20.0	10.3	17.0	20.0
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	37.7
1976	36.5	22.5	16.0	15.2	19.7	11.4	0.1	2.8	3.9	8.8	24.0	12.8	36.5
1977	40.5	20.1	29.0	22.9	11.6	2.4	7.1	0.1	6.6	10.6	12.0	11.3	40.5
1978	4.6	11.9	10.0	9.5	18.1	3.8	2.0	3.8	8.0	5.9	12.0	14.8	18.1
1979	20.6	10.5	28.0	5.8	5.2	1.8	3.9	7.3	9.4	10.0	7.5	17.2	28.0
1980	9.8	7.8	13.3	8.1	3.0	10.7	2.1	2.3	2.2	28.8	16.7	19.2	28.8
1981	21.4	23.1	39.3	12.2	4.9	2.3	2.6	4.8	8.0	15.2	11.9	29.5	39.3
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	30.5
1983	19.4	28.0	28.1	16.8	8.2	4.7	6.5	1.2	8.9	18.9	6.8	29.8	29.8
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	27.6
1985	7.7	7.0	11.2	11.9	19.8	0.4	3.4	5.9	13.3	16.2	5.4	8.3	19.8
1986	17.0	12.0	27.4	16.7	4.5	0.5	1.0	5.1	1.1	11.6	11.0	8.0	27.4
1987	12.5	14.9	9.6	17.2	2.8	2.6	4.0	10.1	9.8	12.8	24.3	18.2	24.3
1988	15.8	18.2	11.0	16.0	2.4	3.3	0.0	0.4	5.4	10.5	11.2	11.9	18.2
1989	14.7	30.0	13.5	16.6	15.5	4.8	1.4	2.8	11.5	20.0	16.3	1.1	30.0
1990	18.0	24.7	11.7	6.5	9.5	7.1	0.8	6.2	13.2	14.6	20.5	25.4	25.4
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	29.7
1992	10.8	9.7	12.0	11.9	6.7	12.8	2.3	3.8	10.5	17.7	7.9	6.7	17.7
1993	9.2	12.5	20.6	12.8	8.0	1.5	3.3	1.9	22.5	17.0	20.2	13.9	22.5
1994	14.2	18.7	24.5	22.7	4.9	1.4	0.0	0.2	3.1	8.7	21.3	28.5	28.5
1995	8.3	19.3	16.4	20.6	3.9	1.3	7.8	6.1	3.0	16.1	19.5	16.0	20.6
1996	11.3	25.6	16.6	15.7	3.4	0.4	0.4	6.4	3.7	13.0	35.1	10.5	35.1
1997	16.3	16.3	7.1	8.3	7.5	6.6	0.2	0.0	7.6	10.2	27.6	23.8	27.6
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	31.7
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	38.8
2000	17.3	36.1	18.6	19.7	14.4	5.3	1.8	5.0	10.9	3.3	17.9	20.4	36.1
2001	27.6	17.7	28.2	14.3	14.7	1.0	6.9	0.0	5.7	14.7	20.3	15.9	28.2
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	22.3
2003	18.7	18.4	20.1	8.8	6.7	7.0	1.6	6.1	8.9	19.2	17.1	20.8	20.8
2004	11.9	21.5	10.5	12.4	6.5	0.9	6.0	10.2	4.0	9.5	28.1	22.7	28.1
2005	20.2	10.0	19.7	10.8	3.6	3.5	0.3	3.5	14.3	9.3	11.6	15.3	20.2
2006	15.2	13.5	18.8	17.0	2.2	6.2	1.6	5.4	10.2	4.0	20.6	12.3	20.6
2007	15.6	6.8	25.4	21.0	5.2	1.4	3.0	4.0	10.2	19.0	15.7	16.7	25.4
2008	20.2	17.1	23.6	27.0	7.4	6.0	1.3	4.8	11.6	10.8	19.7	S/D	27.0
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	22.2
2010	14.6	36.4	34.0	21.6	12.6	2.8	2.2	1.3	10.5	16.8	12.8	21.9	36.4
2011	14.9	16.4	25.5	22.4	9.7	0.4	5.1	0.0	12.7	9.3	5.2	27.7	27.7
2012	18.0	27.9	26.7	11.3	10.8	0.3	0.0	1.9	12.8	24.2	27.3	17.6	27.9
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	35.3
2014	13.7	15.3	22.1	24.4	6.8	2.4	2.0	1.7	5.8	13.5	11.1	20.2	24.4
2015	23.3	14.0	25.4	11.9	19.5	2.3	3.2	0.1	25.2	4.6	20.5	10.7	25.4
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	32.4
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	51.8
2018	16.9	33.5	18.3	12.1	8.7	5.0	0.4	0.0	11.2	13.7	14.0	16.2	33.5
2019	14.6	14.8	25.5	12.9	8.5	4.9	4.4	0.0	2.2	19.0	15.7	20.2	25.5

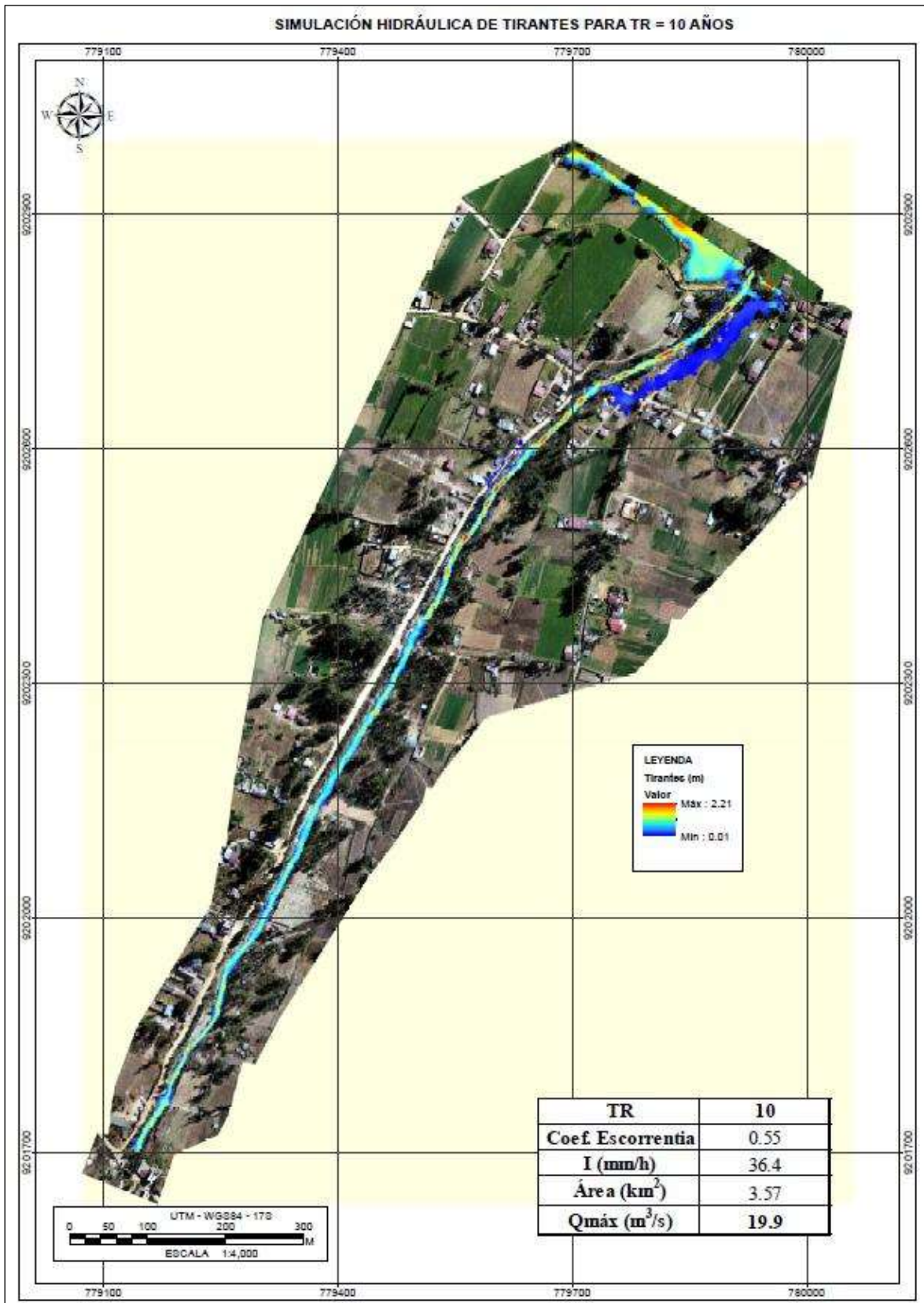
ANEXO 3: PLANO TOPOGRÁFICO DE LA QUEBRADA INGAMAYO



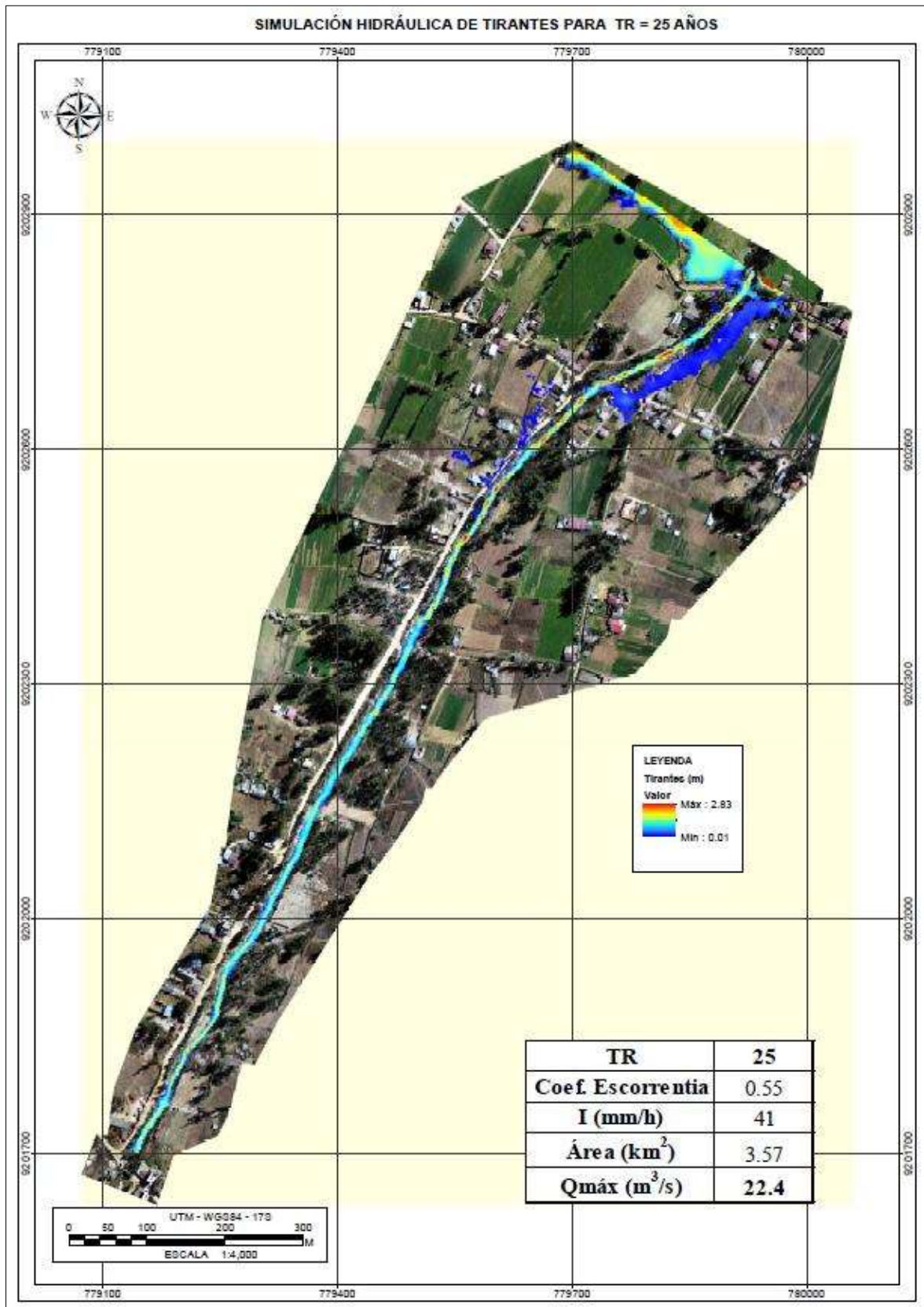
ANEXO 4: PLANO TOPOGRÁFICO DE LA QUEBRADA INGAMAYO



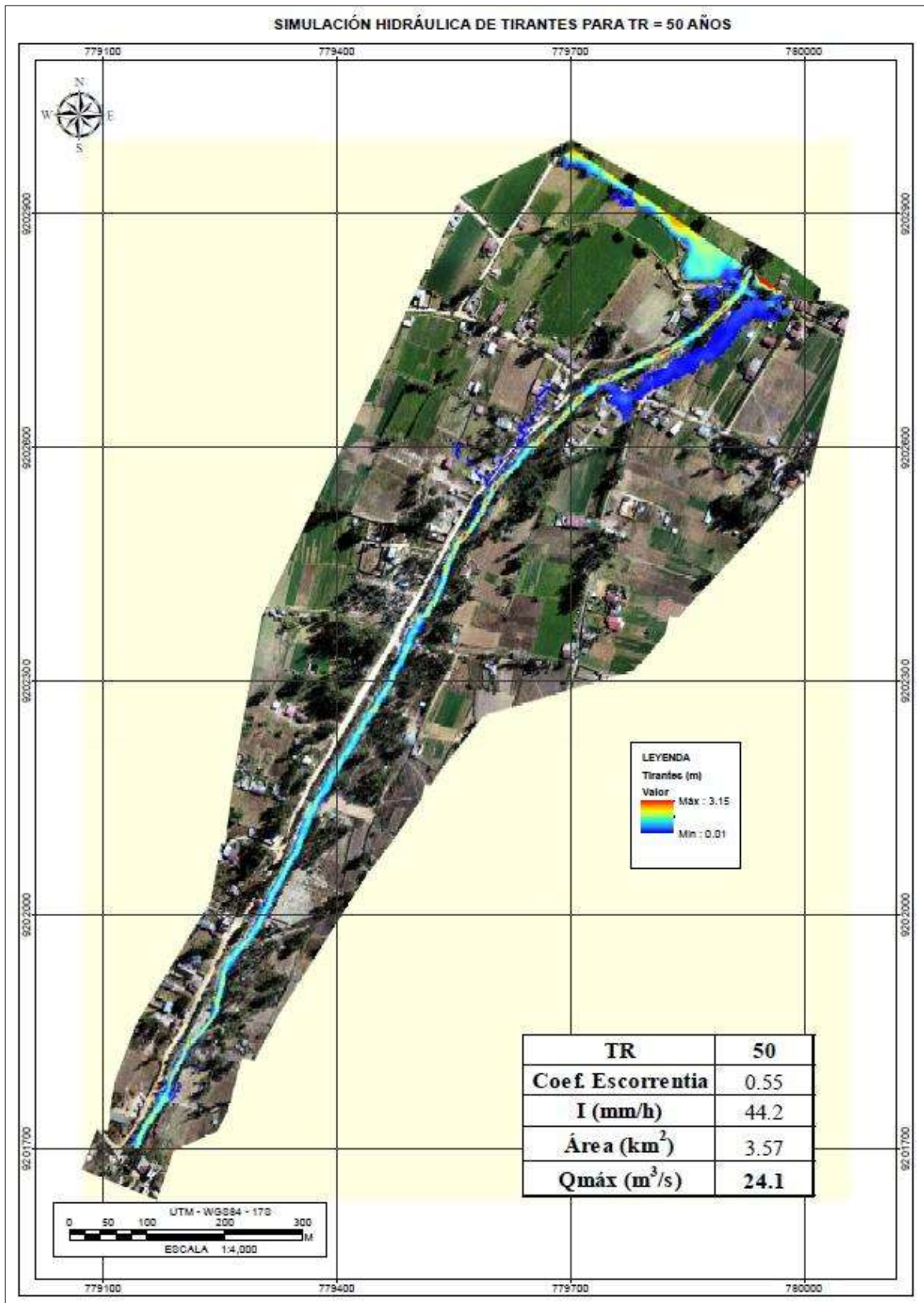
ANEXO 5: ÁREA INUNDABLE PARA TR=10 AÑOS y Q=19.90 M3/S



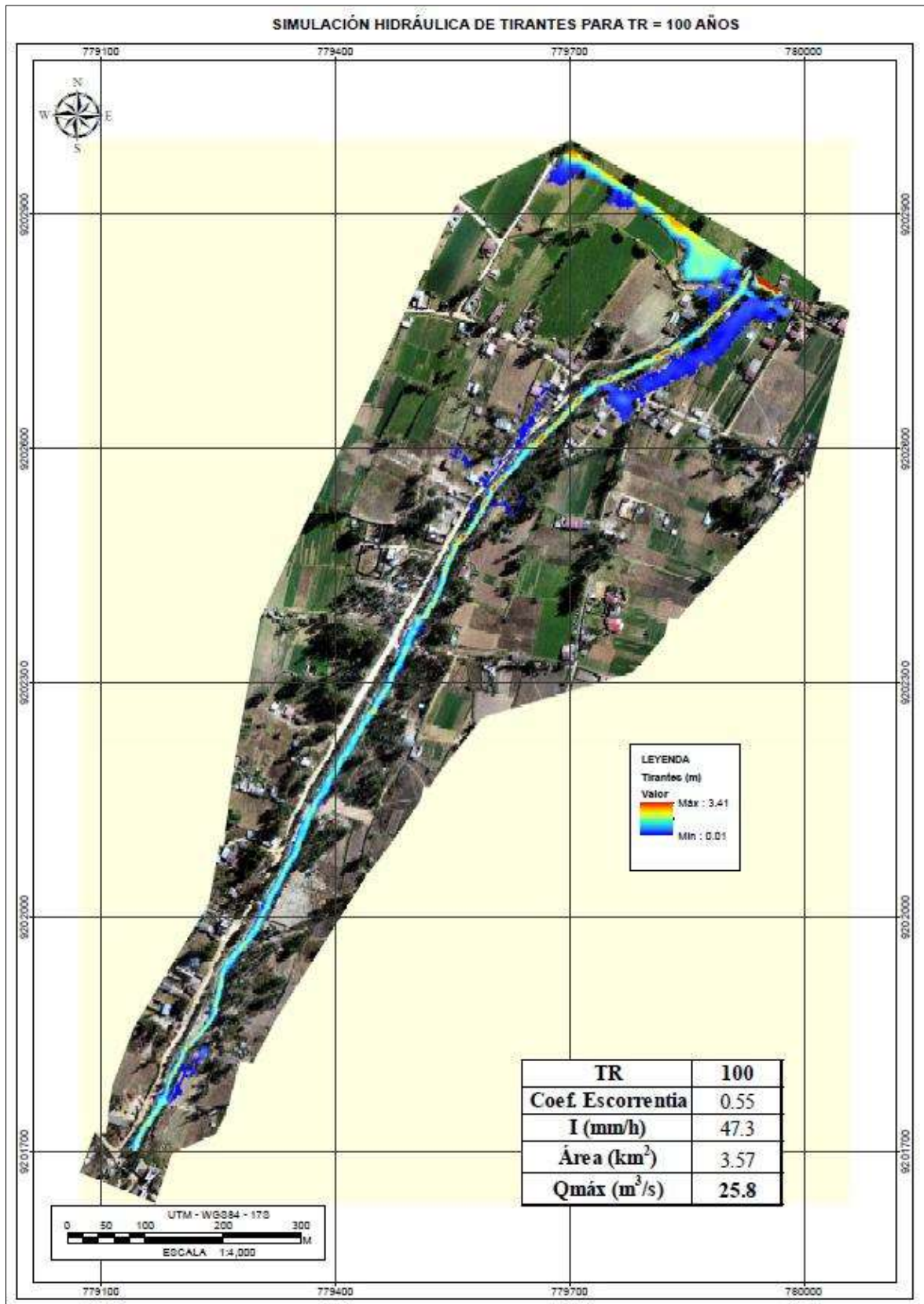
ANEXO 6: ÁREA INUNDABLE PARA TR=25 AÑOS y Q=22.40 M3/S



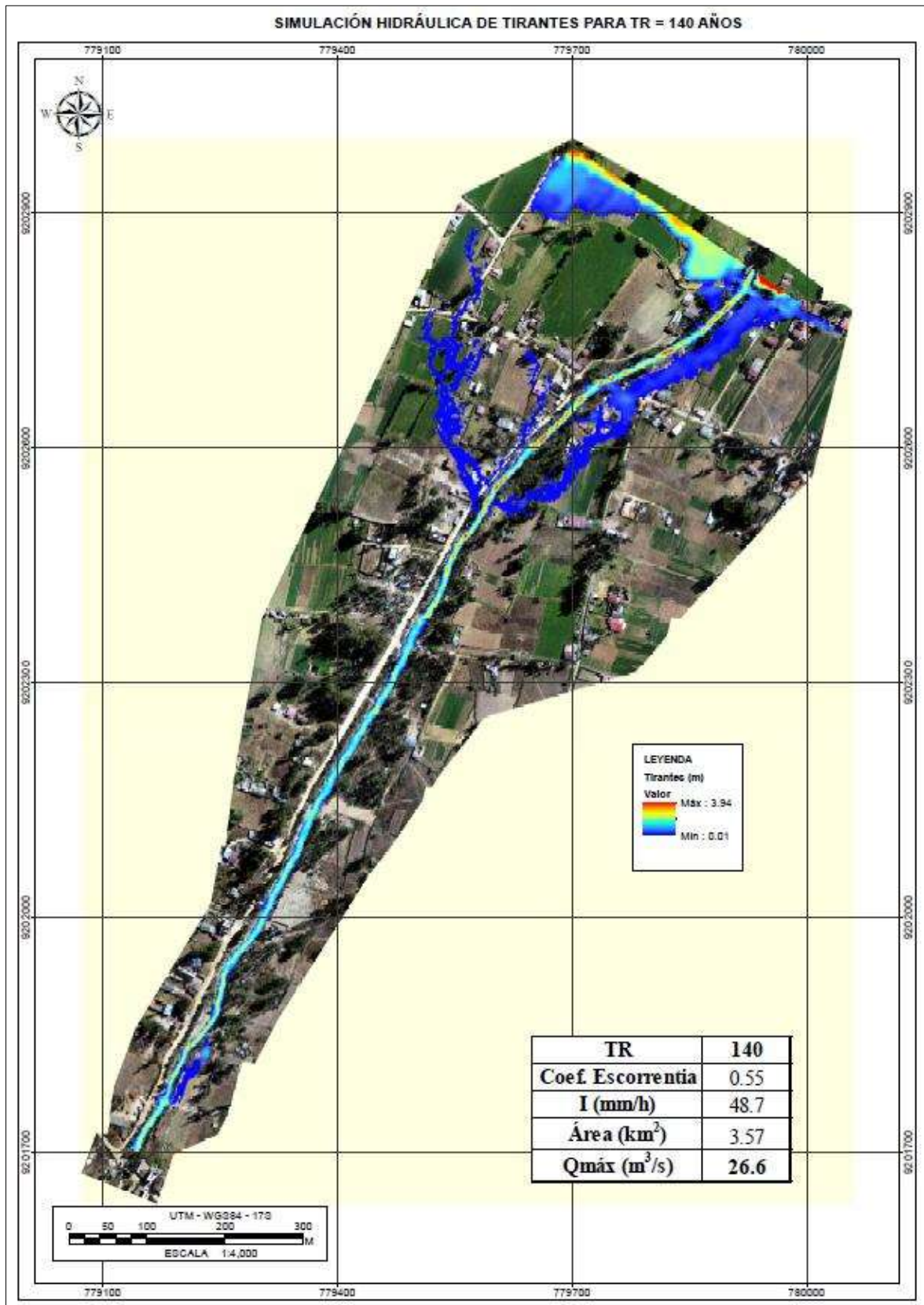
ANEXO 7: ÁREA INUNDABLE PARA TR= 50 AÑOS Y Q=24.10 M3/S



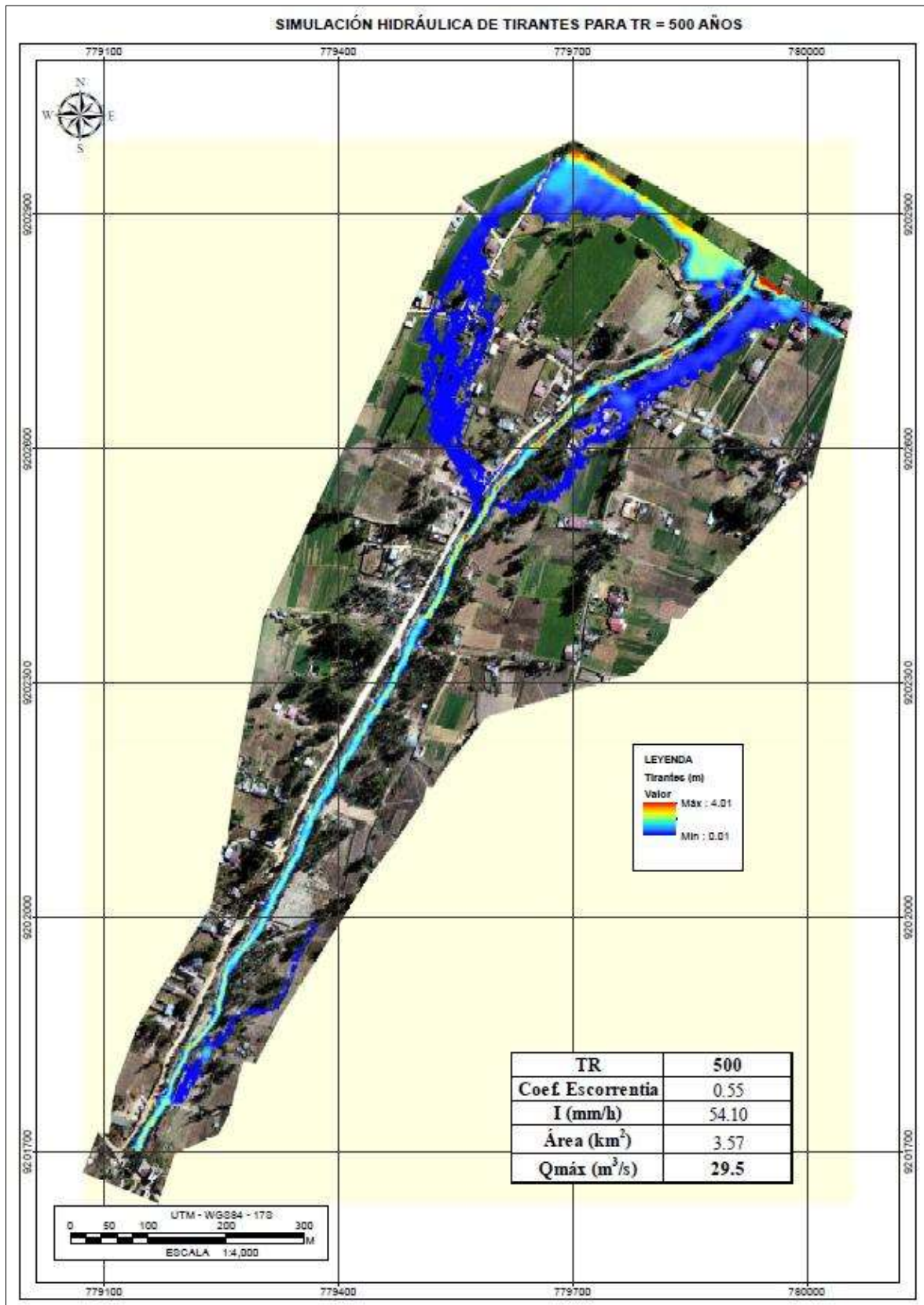
ANEXO 8: ÁREA INUNDABLE PARA TR=100 AÑOS Y Q=25.80 M3/S



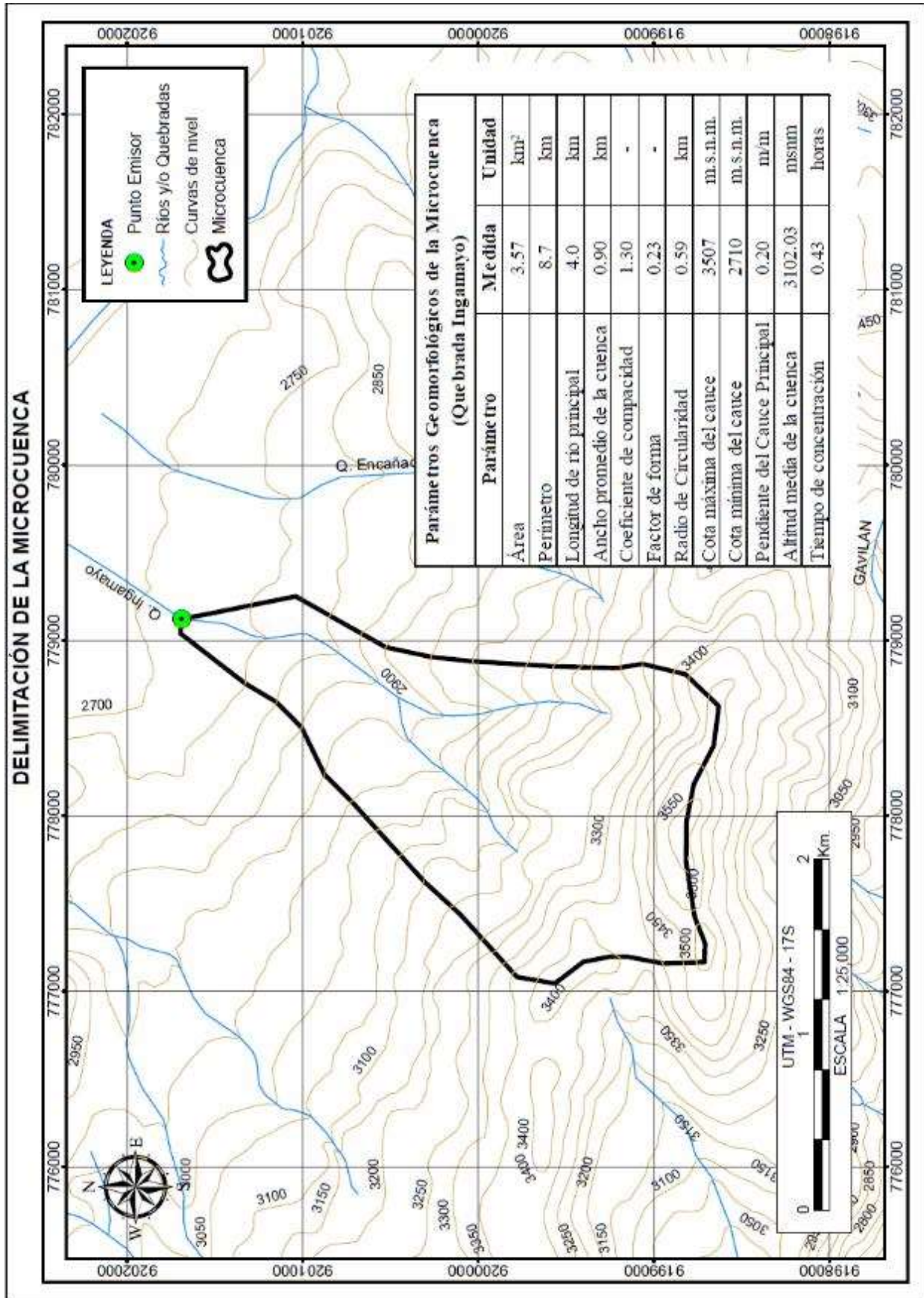
ANEXO 9: ÁREA INUNDABLE PARA TR= 140 AÑOS Y Q=26.60 M3/S



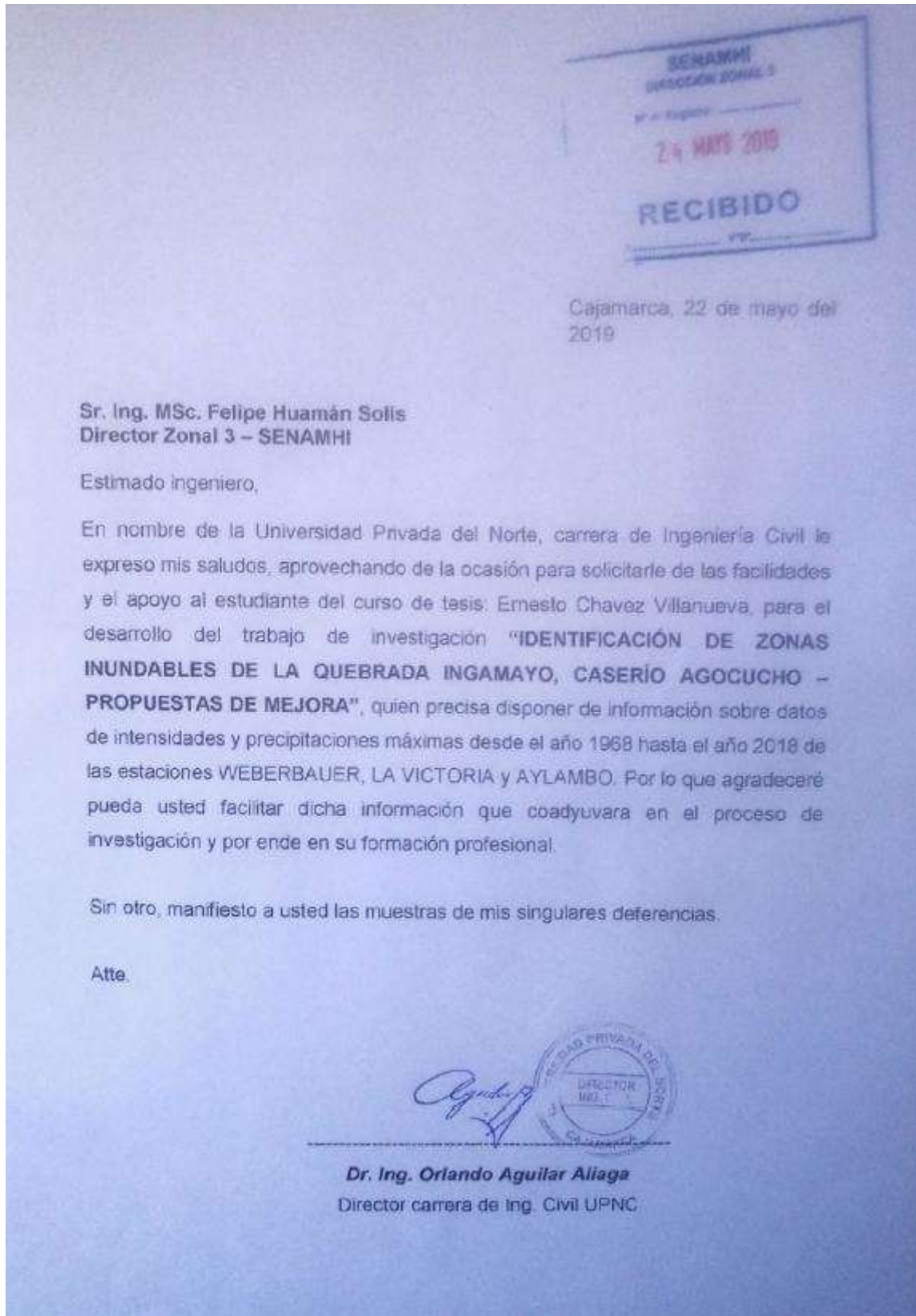
ANEXO 10: ÁREA INUNDABLE PARA TR= 500 AÑOS Y Q=29.50 M3/S



ANEXO 11: DELIMITACIÓN DE LA MICROCUENCA



ANEXO 12: CARGO RECIBIDO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS DE INTENSIDADES



ANEXO 13: RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Figura 58

Reconocimiento de la Zona en Estudio



Nota: Elaboración Propia.

Figura 59

Reconocimiento de la Zona en Estudio



Nota: Elaboración Propia.

ANEXO 14: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON GPS DIFERENCIAL

Figura 60

Inicio del Levantamiento Topográfico



Nota: Elaboración Propia.

Figura 61

Levantamiento Topográfico



Nota: Elaboración Propia.

ANEXO 15: VERIFICACIÓN EN EL PROCESO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Figura 62

Apoyo y Verificación del Levantamiento Topográfico



Nota: Elaboración Propia.

Figura 63

Apoyo y Verificación del Levantamiento Topográfico



Nota: Elaboración Propia.