



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Modelamiento hidráulico del río cascás, tramo Chuchalac - Palmira  
con fines de prevención de inundaciones, Gran Chimú - La  
Libertad, 2020”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Diaz Gutierrez, Jean Sleiter (ORCID: 0000-0002-8637-8519)

**ASESORES:**

ING. Ramirez Roldan Raul Neil (ORCID: 0000-0002-5788-472X)

ING. Marin Cubas Percy Lethelier (ORCID: 0000-0002-9103-9490)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

**TRUJILLO - PERÚ**

**2020**

# DEDICATORIA

A Dios Padre por ser el refugio y fortaleza en mis tribulaciones y ayudarme a crecer cada día.

A mis amados padres, por brindarme su apoyo en todo momento y en todas las etapas de mi vida.

A mi hermana, quien con su ejemplo y cariño me ha hecho un hombre de bien.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Cesar Vallejo, porque cada día me imparten conocimientos, para poder cumplir la meta de poder terminar la carrera

A todos los interesados y personas de bien que contribuyeron a la realización de esta tesis, ya que gracias a su dadiva intelectual es posible incrementar la investigación en nuestro país.

Las gracias a mis padres y hermana por su apoyo día a día, para poder emprender esta meta y poder culminar con éxito.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. MARCO TEÓRICO.....	11
III. METODOLOGÍA .....	23
3.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	23
3.2. Variables y Operacionalización .....	23
3.3. Población, Muestra y Muestreo:.....	25
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos:.....	26
3.5. Procedimientos: .....	26
3.6. Métodos de Análisis de Datos: .....	26
3.7. Aspectos éticos:.....	27
IV. RESULTADOS.....	28
V. DISCUSIÓN.....	29
VI. CONCLUSIONES.....	34
VII. RECOMENDACIONES.....	35
REFERENCIAS .....	36
ANEXOS .....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Coeficientes de escorrentía método racional.....	46
<b>Tabla 2:</b> Formas de la cuenca de acuerdo al coeficiente de compacidad.....	46
<b>Tabla 3:</b> Valores críticos de $\Delta 0$ del estadístico Smirnov-Kolmogorov $\Delta$ , para varios valores de $n$ y niveles de significación. ....	47
<b>Tabla 4:</b> Valores de coeficiente de rugosidad $n$ de Manning. ....	48
<b>Tabla 5:</b> Fricción de pared.....	51
<b>Tabla 6:</b> Condiciones de contorno implementadas en los contornos abiertos.....	52
<b>Tabla 7:</b> Ecuaciones de la condición de contorno interna de compuerta. ....	52
<b>Tabla 8:</b> Rangos para cada nivel de inundación.....	53
<b>Tabla 9:</b> Coordenadas de ubicación de zona de estudio. ....	53
<b>Tabla 10:</b> Intensidades máximas de la estación meteorológica Augusto Weberbauer en <i>mm/hr</i> . ....	53
<b>Tabla 11:</b> Escenarios para el modelamiento hidráulico.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> curvas de nivel, red de triangulo. ....	41
<b>Figura 2:</b> Río rectos. ....	41
<b>Figura 3:</b> Ríos trezados ....	41
<b>Figura 4:</b> Ríos con meandro. ....	42
<b>Figura 5:</b> Flujos secundarios (izquierda) y perfil vertical de velocidad (derecha). ....	42
<b>Figura 6:</b> Esquema de la condición de contorno interna de compuerta. ....	42
<b>Figura 7:</b> Esquema de la condición de contorno interna de vertedero. ....	43
<b>Figura 8:</b> Esquema y ecuaciones de la condición de contorno interna de pérdida de carga localizada. ....	43
<b>Figura 9:</b> Croquis de ubicación. ....	43
<b>Figura 10:</b> Flujograma del proceso de modelamiento para intensidades máximas. ....	44
<b>Figura 11:</b> Rugosidades del modelo en Iber. ....	45

## RESUMEN

La presente tesis tiene como principal objetivo ubicar los lugares inundables del río Cascas, principal río de la Provincia de GRAN CHIMÚ – La Libertad, esto fue posible gracias al modelamiento con el software Iber 2D Hidráulico. Para el respectivo modelamiento se procedió primero con la generación del Modelo de Terreno obteniendo por la topografía exacta del río Cascas y de la cuenca, después se realizó un modelamiento hidrológico, transformando las precipitaciones máximas de la estación meteorológica Augusto Weberbauer en caudales máximos para la cuenca de río Cascas. El objeto del estudio tiene una longitud de 1.7 *km* y se ejecutó el levantamiento topográfico de 55 *ha*, en el margen derecho tenemos la zona urbana en su totalidad y en el izquierdo terrenos de cultivos. Se tomaron tres caudales para el modelamiento, considerando un riesgo de 10% válidos para diez, veinticinco y cincuenta años de validez para la predicción, los cuales nos dieron unos periodos de retorno de 95, 238 y 475 en años, para finalmente obtener 460, 511 y 548 *m<sup>3</sup>/s*. El área de inundación máxima fue de 18.33 hectáreas, distribuidos de la siguiente manera: 4.68 hectáreas de terreno de cultivo, 5.48 *ha* de zona eriaza de 8.17 *ha* del pueblo de Cascas. Por último, elaboró mapas de alcancé de la inundación, mapas de alerta y prevención de desastres.

**Palabras claves:** Cuenca, hidrológico, inundación.

## ABSTRACT

The main objective of this thesis is to locate the floodplains of the Cascas River, the main river of the Province of GRAN CHIMÚ - La Libertad, this was possible thanks to the modeling with the Iber 2D Hydraulic software. For the respective modeling, we proceeded first with the generation of the Terrain Model, obtaining the exact topography of the Cascas river and the basin, then a hydrological modeling was carried out, transforming the maximum rainfall of the Augusto Weberbauer meteorological station into maximum flows for the basin from the Cascas river. The object of the study has a length of 1.7 *km* and the topographic survey of 55 *ha* was carried out, on the right margin we have the urban area in its entirety and on the left, farmland. Three flows were taken for the modeling, considering a risk of 10% valid for ten, twenty-five and fifty years of validity for the prediction, which gave us return periods of 95, 238 and 475 in years, to finally obtain 460, 511 and 548 *m<sup>3</sup> / s*. The maximum flood area was 18.33 hectares, distributed as follows: 4.68 hectares of farmland, 5.48 *ha* of uncultivated area of 8.17 *ha* of the town of Cascas. Lastly, it produced maps of the extent of the flood, warning maps and disaster prevention.

**Keywords:** Basin, hydrological, flood.



## I. INTRODUCCIÓN

En Perú, en los meses de enero a marzo, las lluvias provocaron desastres en la cuenca principal, que causaron pérdidas y parecieron destruir el proyecto. Los principales factores que inciden en este sorprendente fenómeno en este tramo son los campos de uva, las carreteras y los pueblos rodeados de cuencas.

Cuando algunos desastres hídricos se relajan, rápidamente se vislumbra el fenómeno de El Niño (1925; 1982-83 y 1997-98), que es la intensa lluvia que provocó la crecida del río. No podemos generalizar la especie, pero es más adecuado Debemos tener un cambio inmunológico.

Las fuertes lluvias provocadas por el fenómeno de El Niño u otros eventos climáticos han provocado un aumento significativo de las precipitaciones en las márgenes del río Bailiaje en Bacasje. Esta agua se derramó en el río, destruyó áreas de siembra, casas y principales rutas de transporte, haciéndolas vulnerables, creando problemas que salvan vidas humanas, pierden rebaños, viajes al jardín y dañan la economía.

El aumento de pobladores en la zona constituye una educación para nuevos espacios de semillero, la mayoría de los cuales se encuentran dispersos en la playa fluvial, pero esto no es un romance anacrónico, sino principalmente porque estas afluencias han dañado las carreteras, y no se permiten las pantomimas y atascos de vehículos. Aislamiento del pueblo de Skas. Para todos, esta es una dificultad inimaginable, y la investigación será el primer paso en el que el gobierno provincial de GRANCHIMÚ traza el trazo de la defensa fluvial en el río Casacas.

El problema de investigación en la presente es el siguiente: **¿Cuáles son las áreas de propicia inundación generado por la máxima avenida del río Cascas– tramo Chuchala - Palmira, que constituyen un riesgo para las zonas adjuntas, y cómo prevenir estos que se generen desastres?**

La **justificación** recae sobre los siguientes extremos: desde el 7 de febrero de 1990 GRANCHIMÚ se ha convertido en una provincia obvia, en términos agradables, los límites urbanos se han expandido de manera desproporcionada (especialmente en las riberas rectas del río Cascas). Es una condición necesaria para que las personas se trasladen a la mayoría de las áreas urbanas, por lo que existe una necesidad creciente de zonificación urgente de las áreas habitacionales en el área de Cascas. El uso del software Iber 2D para el modelado hidráulico es una decisión extraordinaria, que puede autorizar una revisión de qué áreas están inundadas.

La **delimitación** de la investigación es que: El modelo hidráulico se enfoca en el tramo del río Cascas que pasa por el área urbana del distrito de Cascas, este tramo se limita al área urbana mencionada al norte, al sur con la aldea de Huaranchal y al este con la Casca. Las fronteras de la zona del río. Contumazá, finalmente ubicada en la región de Casagrande al oeste.

Encontrándose como **limitaciones**: la investigación se basa principalmente en la información de intensidad proporcionada por el Departamento Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, la imagen satelital topográfica del mapa Bing de la Administración del Espacio y la Aeronáutica de Japón, ortofotos georreferenciadas y datos del MINAM. Mapa temático de caracterización de suelos.

Otro punto a considerar es que solo el terreno y las ortofotos son la información de 2018, y en términos de intensidad se ha estado vigente información de 42 años (1973-2015).

- 1) Los **objetivos** de la presente investigación son, **general**: zonificar las Zonas inundables ocasionadas por el desborde del río Cascas- tramo Chuchala Palmira producto del Incremento de las Lluvias en sus Máximas Avenidas, mediante modelamiento hidráulico e identificar cual sería la principal prevención a realizar; en donde los **objetivos específicos** son: primero, explicar la situación hidrológica que representa los principales conflictos en el sector tramo Chuchalac - Palmira; segundo, identificar áreas en riesgo de inundación para diferentes periodos de retorno; tercero, analizar las medidas de prevención para mitigar los daños ante un posible desastre relacionado con el desborde del río Cascas.

## II. MARCO TEÓRICO

Los antecedentes teóricos son:

En España, Ténicay Proyectos S.A. (2007-2011) participó en la producción de la "tela de planificación para columnas húmedas en la Cuenca del Besós", que fue cofinanciada por el software operativo de tablero ciego FEDER 2007-2013. El torrente del río Bezos se encuentra entre la costa delantera de Cataluña y el Litoral, y la Cueva de los Valles se encuentra entre los dos. El cauce principal de la huerta nace en el frente de la costa y discurre por el terreno hasta llegar a la cueva del Vallés y luego confluir con el río Besós. Esta noticia ocupa el principal informativo de la felicidad y la depresión, superó recientemente la Sierra Litoral, alcanzó el valor de Montcada y Reixac, y llegó al Mediterráneo en el extremo norte de la entrada a Barcelona.

El objetivo específico del PEF es delinear el flujo de contorno de la carretera, determinar las áreas inundadas de diferentes períodos de remanso, evaluar el paisaje rural del ecosistema fluvial, la apreciación de la forma del brazo de potencia y la división regional del agua. Se proponen una serie de medidas, dirigidas a Transmitir los problemas encontrados y determinar los estándares de conciertos, intervención y aprovechamiento

de las oportunidades oceánicas, y luego neutralizar el trabajo de propaganda, publicidad y sensibilización de la población.

La transmisión de noticias más grande en el río de 270 kilómetros incluida en el diagnóstico hidráulico PEF de Bezos se ha modelado utilizando un dimensionamiento hidráulico unidimensional (HEC-RAS). Sin captar, en el telediario de la margen baja del río Besós, existen determinadas condiciones que restringen el uso de prototipos unidimensionales, en este caso el software utilizado para el ajuste 2D es Delft Hydraulics Software La versión traducida de SOBEK es 2.12.001 en mayo de 2009. WL Delft Hydraulics hizo regulaciones detalladas en este proyecto de ley para proteger a la Asociación Nacional Holandesa de Manejo de Aguas Interiores y Tratamiento de Aguas Residuales (RIZA) y la principal compañía consultora holandesa de ingeniería de aguas.

Según Velásquez (2015), mencionó que, para obtener el título profesional de ingeniero agrónomo en la Universidad Agrícola de La Molina, realizó un estudio sobre el modelo hidrológico e hidráulico denominado "Río Santa, Hábitat de Las Flores", Área de Caruas, investigación ANCASH ". El aparador en cuestión, como director imparcial, obtuvo el nivel de inundación en el tramo del río Santa entre el asentamiento humano de Las Flores y Bruga Cubrada.

Armanan pertenece al departamento de Ancash de la provincia de Carhuaz. Para ello, como primer paso, se elaboró el modelo húmedo de la cuenca para ayudar a las balas en el mostrador. En este movimiento, se discretizó la llanura en 13 márgenes sub-fluviales. Esto se debe a que estos parámetros geomórficos fueron descubiertos y basados en su alcance. Se realizó a posteriori. De acuerdo con la inferencia del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de América (SCS), se determinó la abstracción inicial y meta-signo (CN) de la subcuenca mencionada ayer, finalizando así la operación del programa HEC-HMS a través del diagrama hidrográfico abreviado de SCS. El entusiasmo

transformó los rápidos en forma de red en torrentes y obtuvo un excelente valor de  $674 \text{ m}^3 / \text{s}$ , que provocaría inundaciones en el tramo de investigación. Como segunda batalla se elaboró el arquetipo hidráulico del tramo del río Santa entre las Flores y la Qda, Bruja Armanan, con el programa HEC-RAS, el cual tuvo de datos de principio la topografía del tramo, el número de Manning (n) y fortuna prestigio, obteniéndose los perfiles hidráulicos del tramo sabio, de los cuales el software HEC-GEORAS se valió para ocasionar el carta de inundaciones que se buscaba imaginar, del cual se obtuvo que en average el barranco del río Santa se incrementa en 10 metros, lo cual afectará las áreas pobladas del margen recto del río y causará daños materiales y capital pérdidas de vidas humanas.

Las bases teóricas que sustentan el presente trabajo de investigación son:

Topografía:

Se trata de una clase de geometría, adecuada para la inyección de una tierra relativamente pequeña en ingeniería, que suele tener dos actividades obvias. Los datos estimulan la cordura uniforme o inversa. Los métodos y equipos utilizados para estas actividades se pueden recordar de manera uniforme, desde el desarrollo de la parcela hasta el pago de los gastos técnicos. (Fuente 2012).

Levantamiento topográfico:

Un levantamiento topográfico se realiza con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la Tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre. En un levantamiento topográfico se toman los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración del mapa del área de estudio. (Casanova 2002).

### Topografías con drones:

En los últimos años, la aeronave no tripulada es el Remote Navigation Aircraft System (RPAS, su abreviatura en inglés), que se ha convertido en una herramienta muy útil y feliz para tomar notas que puede salvar la legislatura, reducir costos y producir resultados muy satisfactorios. Los datos espaciales adquiridos serán el núcleo de varios procesos que se utilizarán para generar los dibujos requeridos. (Sarns, 2015).

### Fotogrametría:

Puede calibrar las fotos para que las características geométricas y las condiciones espaciales del objeto puedan cronometrarse de acuerdo con la imagen fotográfica. Si usa fotos, puede instalar anuncios en la primera solicitud de geometría de intención, que es un informe bidimensional flexible. Si trabaja con dos fotos, encontrará irrealidad tridimensional en las áreas donde estas fotos son más populares (límites superpuestos), o en otras palabras, encontrará un nuevo sentido de tridimensionalidad. Básicamente, se trata de una tecnología de exploración de coordenadas 3D que utiliza fotos u otros sistemas de observación remota en tiempo real con puntos de notificación topográfica en la pista como principal medio de detección. (Sarns, 2015).

### Fotointerpretación:

Esta es otra herramienta muy útil para dibujar particiones porque puede calcular los elementos involucrados en el área. Para ello, se deben realizar tareas regionales para diluir los activos que son los objetos y conceptos a mapear, y descartar aquellos que causen confusión en el resultado final. (Sarns, 2015).

### Tecnología GNSS:

Son siglas en inglés de Global Navigation Satellite System cuyo sistema más gastado, que no el mero, es el GPS (Global Positioning System) permite cronometrar las coordenadas de cualquier puesto de la

apariencia terreno con gran delimitación. Este sistema tiene un prestigio regular significativa en lo que concierne a la cartografía. Para aprobación circunscribir de una manera precisa los instrumentos que se pretenden digitalizar y no cometer errores en cuanto a la situación de estos en el área. (Sáenz 2015).

Modelo Digital elevación:

La cama de rejilla se utiliza para representar la topografía del techo, incluida la infraestructura, los edificios, la vegetación, etc. Aunque el modelo de terreno digital ario (DTM) representa la superficie del terreno, no hay ningún costo artificial. Por tanto, son los encargados de deshacerse de los pinos y liquidar o modificar aquellos puntos donde lleven a árboles, edificios y otros objetos. Hay 3 formas de seguir utilizando estos modelos para proporcionar comunicación: curva de elevación, triangulación irregular y formato de cuadrícula. (Sarns, 2015).

Mapa topográfico:

Además del relieve, el plano del terreno aún contiene otras novedades muy diversas, como redes hidrológicas, obra civil, edificaciones y otras fundaciones humanas, todas ellas representadas por símbolos y signos. Los mapas topográficos son componentes energéticos que cambian con el tiempo, por lo que deben modernizarse continuamente. (Sarns, 2015).

Usos de suelo:

Con la ayuda de RPAS, se puede analizar cada Kudat en el camino y, basándose en estrellas más bajas y recompensas temporales, se pueden considerar objetivos clichés. Podemos referirnos a cuestiones relacionadas con la liquidación, medio ambiente, medio ambiente, urbanismo, entrada o eventos industriales. (Sarns, 2015).

### Hidrología:

En nuestro territorio, es precisamente por la inercia de los avisos hidrometeorológicos que “en las cuencas hidrológicas, las tormentas en escorrentía producen residuos, que deben ser utilizados para mostrar o perfilar la estructura hidráulica que participa de sus oportunidades” (BREÑA, A. ; JACOBO, M.2006). Esta es la razón por la que se lleva a cabo la fluidoterapia en la obra oriental, usaremos la dialéctica positiva a partir de la lista de "Trueno y Delgadez".

### Método Racional:

El uso de naciente dialéctica se ha ido mejorando a través de las primaveras. En mayo de 1989, la Universidad de Virginia, realizó una Conferencia Internacional, en conmemoración del Centenario de la Fórmula Racional. En el lógico metódico, se supone que el refrán desagüe ocasionada por una borrasca, se produce cuando la persistencia de esta es parejo al plazo de aglutinamiento ( $tc$ ). Cuando así ocurre, toda la crecida contribuye con los bienes en el lugar de afán. Si la perdurabilidad es máxima que el  $tc$ , contribuye igualmente todo el valle, no obstante, en ese albur el énfasis de la afluencia es benjamín, por ser mayor su longevidad y, por tanto, asimismo es benjamín el acervo. Si la persistencia de la tromba es pequeña que el  $tc$  el realce del chaparrón es mayor, pero en el santiamén en el que acaba la tempestad, el brabaje desviación en los puntos más alejados aún no ha llegado al futuro; exclusivamente contribuye un noticiario de la huerta a la escorrentía, por lo que el bien será benjamín. Aceptando levante planteamiento, el capital mayor se calcula por medio de la venidera cara: (Villón 2002). *Fórmula Nª1.*

### Coefficiente de escorrentía:

La escorrentía es el líquido que llega al canal de descarga y representa una pequeña parte del flujo total de precipitación. Este segmento se llama ejecutor semilla, no tiene tamaño y está representado por el pagaré. CLa



valentía depende del terreno, factores geográficos, cobertura vegetal, etc. (Villon 2002). *Fórmula 2.*

Intensidad de lluvias:

Es el símbolo de actualización eliminado por el dispositivo de conferencia ( $mm / hr$ ). Lo que es particularmente interesante en cada fiesta es el proverbio ritual que ha aparecido, es la categoría más grande de jugo de cuerno en cada mecanismo de conversación y se puede medir con un odómetro o pluviómetro. (Villon 2002). *Fórmula 3*

Es el tiempo transcurrido de principio a fin. Una tormenta. Aquí es conveniente definir la duración, que es un período de tiempo específico dentro de la duración general de la tormenta, en minutos u horas. Esto es muy importante para determinar la intensidad máxima y por tanto el caudal máximo. (Villon 2002).

Frecuencia de tormentas:

La cantidad de veces que se repite una tormenta, su intensidad y duración se definen como períodos de tiempo más o menos largos, generalmente en años. (Villon 2002).

Periodo de devolución:

Como todos sabemos, el período de retorno es el intervalo de tiempo promedio en años, dentro de este intervalo de tiempo, los eventos del tamaño  $x$  pueden ser iguales o exceder el valor promedio, al menos una vez. Por lo tanto, si un evento igual o mayor que  $1/3$  ocurre cada  $1/3$  año, entonces en el caso de  $1/3$ , la probabilidad de que ocurra es igual a 1. (Villon 2012). *Fórmula 4.*

En nuestro país, debido a la falta de información hidrometeorológica, regional y nacional, esto nos ha llevado a buscar métodos sencillos para generar escorrentías a partir de la mayor información disponible (precipitaciones) y parámetros de la cuenca. En este sentido, nos interesa comprender los parámetros más relevantes de una cuenca (como su

altura promedio) y cómo estos parámetros se relacionan con la variable de entrada (precipitación) para dar una respuesta (escorrentía) en función de la naturaleza intrínseca de cada cuenca. sistema. (Ortiz, 2015).  
*Fórmula 5.*

El Ministerio de Transporte (2008) mencionó en su "Manual Vial, Hidrológico, Hidráulico y Drenaje": "Se trata de una reunión de emergencia. El propósito es salvar el deseo por la ribera del río desde el momento en que la energía hidráulica es la más escasa. Después de la reunión concentrada, se considera El flujo contribuye a la curiosidad. Dado que existe una lista inversa entre la duración del aguacero y su agravamiento (cuanto mayor es la duración, más débil es la vitalidad), se puede considerar que la durabilidad considerada cuando el polipirazol durante el período de aglutinación es Suave. La verdadera legislación de aglutinación depende de muchos factores, incluida la geometría congestionada de la avenida (el desbordamiento extendido tendrá más puntos de confluencia), su pendiente, porque la caída más grande producirá un flujo más rápido y es La profesión sindical más joven, las características de los adoquines, los trapos vegetales.

Pendiente de Cuenca:

La reducción de las inundaciones es un parámetro muy interesante en todo cóctel de ribera, que está estrechamente relacionado con la infiltración, el drenaje, la humedad del suelo y la escorrentía subterránea del ternero. Es uno de los factores que controlan la acumulación de escorrentía en la zanja de drenaje y la inundación de lluvias torrenciales, tiene una ventaja directa en listar la resonancia de la inundación. (Villon 2002).

Curva de presión y polígono de frecuencia de altitud:

Villón (2002) mencionó que la curva apostada por coordenadas cartesianas representa una lista entre la elevación y la envolvente del

barranco, y la curva permanece en la línea horizontal. El polígono de frecuencias de altura es una farsa gráfica en la estructura porcentual de la superficie ocupada por diferentes alturas.

Elevación media de la cuenca:

En la curva de bombeo, la ordenada correspondiente al 50% del área de la cuenca está por encima de la elevación y el 50% por debajo. (Villon 2002).

Coeficiente de estanqueidad o índice de compacidad de Gravelius:

Mide la etapa circular del canal y tiene mayor potencia de procesamiento en términos de concurrencia. Matemáticamente, correlacionó los contornos con las condiciones previstas de la llanura: (Ortiz 1994).

*Fórmula 7.*

Este parámetro adimensional tiene una relación directa con el flujo de agua, es decir, tiene una relación directa con la forma geométrica del diagrama del nivel del agua. Para un sistema delgado, es un arco de punta plana, para un sistema circular, es una forma ligeramente arqueada. Las características ásperas similares del flujo de entrada corresponden al sistema delgado. Y el valor cat muy atenuado del sistema bruto de redondeo. (Ortiz 1994).

Coeficiente de Masividad:

Es la relación entre la altura media del relieve y la superficie de proyección. Con la ayuda del software de mapeo, la altitud promedio se puede obtener de la curva de medición de presión y el área proyectada. (Ortiz 1994). *Fórmula 8*

A medida que aumenta el factor de calidad, mientras que la categoría de terreno promedio aumenta, la envolvente esperada de la avenida disminuye. Por tanto, tiene un gran valor inteligible para pequeñas cuencas de montaña, no merece la pena descender por las inundaciones.

Muestra las ventajas de la vulnerabilidad del nivel de agua bajo y el desempeño hidroeléctrico del sistema evaluado. (Ortiz 1994).

Coeficiente de terreno:

El autor vincula el prestigio (que influye en la supuesta acumulación de lixivantes) y el factor de calidad (hecho de que los rayos de precipitación actúan sobre la puesta del sol en escorrentía directa). De esta forma, el relieve del cañón puede presentar un aspecto más refinado, evitando los efectos adversos de utilizar únicamente el factor de importancia promedio y el factor de calidad (Ortiz 1994). *Fórmula 9*

Independientemente del volumen del sistema, medirá una lista de fuerzas potenciales, por lo que es un ajuste dinámico uniforme entre sistemas hidrológicos. La Cuenca Tang con el mismo coeficiente hidrológico es un sistema con dinámica similar. (1994, Ortiz)

YO. Distribuciones de probabilidad:

El ingeniero hidráulico suele obtener suficientes tiras de datos hidrometeorológicos (aceleración, flujo, evapotranspiración, temperatura, etc.) y, a través de sus dificultades físicas, elegirá una ubicación común aleatoria que pueda representar satisfactoriamente el nivel del agua. Voluble. (Villon 2002).

Distribución de Gumbel:

Villón (2002) mencionó que la distribución de Gumbel es una de las distribuciones de valor extremo, también conocida como valor extremo tipo I, tipo I de Fisher-Tippett o distribución doble exponencial. *Fórmula 10*.

Ingeniería Fluvial:

La ingeniería offshore es la renovación de las actividades que las personas realizan en el río para permitirles generar activos o reducir bonificaciones perjudiciales. El río es el estado deductivo del río, las

actividades humanas a menudo se contraponen, la responsabilidad y el objetivo del ingeniero es acercar el río y compatibilizarlo (Martínez 2001; Martín 2006).

#### Hidráulica Fluvial:

En los proyectos de conservación de agua, hay un proyecto hidráulico como un canal, así como un proyecto de energía hidráulica para una membrana de base y una toma de agua para un proyecto de base. Un error prudente es pensar que el sistema hidráulico offshore está relacionado con la situación del sistema hidráulico de tanque libre, porque se ignora el análisis de la ingeniería del canal como si fuera un canal. Este río no puede ser asimilado por el concepto de zanja, porque es mucho más que un miembro del exprimidor. Este río es parte de la naturaleza, recoge agua de una calle y lleva sedimentos a la desembocadura del río. Respecto al exterior, se puede evitar que el río combine aspectos topográficos, hidrológicos, hidráulicos y sedimentológicos (Martínez 2001; Martín 2006).

#### Hidrología Fluvial:

Los ríos en las diferencias de barranco muestran propiedad inconsistente. Esta es una escalera de condiciones hidrológicas desbordantes. A través de la hidrología de fluidos, podemos conocer el agua en el lugar apetitoso de la imagen que muestra el río abierto, y estamos hablando del estado del agua (lluvioso, p nival, tropical ...) para citar la explicación causal de la regla. En nuestro departamento los cambios de caudal son muy malos y nadie puede salir a divertirse durante la época de lluvias y carreteras extraordinarias.

#### Morfología Fluvial:

Es el aparador del crecimiento de la forma del despeñadero del río baza en donaire como en sedicioso. Existen dos escalas de plazo que dan manera a un sistema aguado: la primera es la escala geológica que

zurcido como se ha iniciado, el desarrollo ordinario y las condiciones de su batiente geológico; y una segunda escala más escasa que está marcada por los ciclos mojado que amago el proceso más próximo del sistema mojado. (Martínez 2001).

Modelo Iber:

Iber se desarrolló originalmente como resultado de la protección entre el Centro de Investigaciones Hidrológicas (CEDEX, Administración Pública Española), el Grupo de Ingeniería de Caldo y Medio Ambiente (GEAMA), el Instituto Flumen y el Centro Internacional de Ingeniería de Métodos Numéricos (CIMNE). Los directores inexactos desarrollan estereotipos bidimensionales para engañar a los ríos rápidos y libres de riesgos. Este es un cliché matemático que simula el impulso no impulsado en la capa libre y el proceso ambiental de la hidráulica fluvial en un estado no popular. La escalera de esfuerzo de Iber difundió la dinámica de los fluidos oceánicos, el desenrollamiento y enredo de presas, precios razonables en áreas inundadas, piedras que roban sedimentos y quema de mareas en estuarios. El tema Iber contiene actualmente 3 módulos principales de cálculo: módulo de dinámica de fluidos (un módulo para hacer regalos), módulo de turbulencia y módulo de éxtasis de sedimentos.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación

- Tipo: Desde una perspectiva metodológica se entiende que es de corte básico, toda vez que sólo nos interesa estudiar las variables a fin de llegar a una conclusión válida.

A diferencia de la investigación aplicada, esta necesita desarrollarse en la práctica para que a partir de tal experiencia podamos concluir con certeza; en cambio, conforme a lo que planteamos se elige el modelo básico debido a que no es necesario que representemos el resultado en el mundo fáctico a fin de poder concluir.

- Diseño: El diseño de la presente se encuentra orientado a ser no experimental, justo por la naturaleza del tipo de investigación antes mencionado; ya que en base a ello nos corresponde aplicar un diseño fenomenológico.

#### 3.2. Variables y Operacionalización

**MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

<b>VARIABLES</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Modelamiento hidráulico	Es la simulación de situaciones reales que se producen en el prototipo y cuyo comportamiento se desea conocer; puesto que modelo y prototipo están ligados el uno con el otro, las observaciones y estudio del modelo constituyen la información necesaria para comprender la naturaleza. Apacla (2014)	Mediante la representación que más se ajusta a la realidad que expone la presente investigación.	Manejo adecuado del software conforme a los datos obtenidos.	Resultados de los cálculos hidráulicos.
Prevención de Inundaciones	Mecanismo suficiente que puedan cautelar las inclemencias naturales a fin de poder establecer un procedimiento de protección. (fuente propia)	Mediante la recomendación de una política que pretenda dar solución a la los inclemencias naturales.	Necesidad pública de protección de recursos del sector.	Creación de recomendación en favor de cautelar un mecanismo idóneo.



### 3.3. Población, Muestra y Muestreo:

- Población: Respecto a la población nos referimos a todos los sectores que se ven amenazados por este tipo de circunstancias que describimos en la presente investigación; aquellos sectores que tiene susceptibilidad de poder verse amenazados por las inundaciones que hay al momento del aumento de los caudales, perjudicando gravemente a la población aledaña.

- Muestra: Para la presente se ha tomado en consideración a aquella relacionada al sector Chuchalac – Palmira, ubicado en el distrito de Cascas, es la capital de la provincia de Gran Chimú. Cascas pertenece a una de las trece provincias del departamento peruano de La Libertad. Políticamente hablando, el área de investigación se ubica en:

Departamento: La Libertad.

Provincia: GRANCHIMÚ.

Región: Cascas

Capital regional: Cascas

La elevación de esta parte es de aproximadamente 1250m.s.n.m. En promedio, el estudio se centró en la sección del río Cascas que pasa por el área urbana de la región de Cascas:

Norte: el área urbana de la región de Cascas.

Sur: pueblo de Palmira.

Este: Cortijo Cascas.

Oeste: Cuenca del río Casas.

El área de aprendizaje es de 1.7km, partiendo de Chuchalac y terminando en el inicio de Caserío Palmira.

- Muestreo: Este se encuentra ceñido en base al modelo no probabilístico, toda vez que se hará uso de técnicas relacionadas a

bases estadísticas que nos ayuden a poder establecer promedios respecto al problema de investigación; ya que como se ha explicado con anteriores, esta investigación se encuentra relacionada con la situación fáctica del tramo en mención y las medidas preventivas suficientes.

#### 3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos:

En el presente trabajo de investigación se ha tomado en consideración a la ficha de observación como mecanismo metodológico de complemento para alcanzar un resultado confiable.

#### 3.5. Procedimientos:

Se realizó en un primero momento un título que englobe la situación problemática que engloba la situación problemática, representando la misma en la formulación del problema, la cual plantea la fórmula se pretende dar una solución ideal, luego se estableció la justificación que dota de importancia a la investigación dando razones válidas del porqué es investigable, para luego establecer los objetivos específicos que muestran lo principal forma de encontrar un camino de solución al problema planteado; con ello se ha mostrado un contenido teórico que sustente las variables involucradas, para luego establecer los resultados obtenidos en base a la aplicación del instrumento de la ficha de observación sobre las principales tablas relacionadas a la investigación, para luego pasar a ser discutidos en base a una estructura de conflicto entre las bases teóricas y los principales resultados obtenidos en base a la ficha de observación, pasando finalmente a concluir conforme a cada uno de los objetivos,

#### 3.6. Métodos de Análisis de Datos:

Aquellos se interpretan conforme a las tablas incluidas en la sección anexos y conforme han sido descritas en el apartado de resultados, las cuales dicho sea de paso han sido abordadas conforme a cada objetivo

específico teniendo en cuenta la información recaba por la ficha de observación.

3.7. Aspectos éticos:

Respecto a este punto, la investigación se ha diseñado conformado en razón de un proceso transparente de la información así como de los sujetos involucrados, respetando tanto la integridad de información como de los personajes implícitos.

## IV. RESULTADOS

- **Explicar la situación hidrológica que representa los principales conflictos en el sector tramo chuchalac – palmira.**

Mediante la tabla de rangos para cada nivel de inundación: esta se divide en dos medidas de flujo.

Profundidad del flujo en inundaciones estáticas y profundidad por velocidad del flujo en inundaciones dinámicas por lo tanto se recomienda siempre y cuando los valores sean cada vez más altos, para ambos los niveles de intensidad son muy altos, altos, medios y bajos los cuales se representan cada cierta altura definida.

El presente objetivo se muestra mediante la ficha de observación informa que los causados desbordamientos del río cascás en el tramo chuchalac – palmira es atribuido por el incremento de los caudales en las temporadas de lluvia o cambio de estación que son mayormente en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo de cada año el cual se denomina crecida de volumen del caudal y lo que afecta y más dañino es para la comunidad, agricultura, y principales vías de transporte.

- **Identificar áreas en riesgo de inundación para diferentes periodos de retorno.**

Respecto a la tabla de intensidades de estación meteorológica agosto weberbauer mm/hr.

En el presente objetivo se muestra mediante la ficha de observación de la tabla referida a las intensidades máximas de la estación meteorológica, las cuales nos comunican el siguiente resultado que para el año 2012 solo se contó con información del mes de enero y en el año 2013 no se contó con los datos de información suficiente muy aparte de eso en el año 2014 y 2015 sus datos obtenidos solo fueron sacados de bandas semanales para los diferentes periodos, esta información fue trabajada

con las intensidades máximas anuales con duraciones de 5, 10, 30, 60 y 120 minutos desde el año 1973 al 2015.

Teniendo en cuenta esta información se da a conocer que la cuenca del río Cascas no cuenta con ninguna estación que mida la precipitación mediante un pluviógrafo, por tal motivo decidimos trabajar con las intensidades de la estación weberbauer ya que esta es la más cercana y cuenta con pluviógrafo.

- **Analizar las medidas de prevención para mitigar los daños ante un posible desastre relacionado con el desborde del río Cascas.**

En el presente objetivo se muestra mediante la ficha de observación de la presente figura indica el contenido del caudal del río Cascas y sector hídrico en estudio, albergando áreas de hormigón, campos de cultivo, matorrales con árboles, río irregular y canales con graba sección uniforme; pudiendo causar grandes perjuicios al sector de la población que se ubica en tal espacio geográfico; justo esa es la intención del presente trabajo de investigación poder identificar la necesidad de la creación de una defensa ribereña que pueda cautelar los principales valores de supervivencia de los pobladores de tal sector, entiéndase como las fuentes de producción agrícola y de transporte así como los demás recursos básicos.

## V. DISCUSIÓN

- **Explicar la situación hidrológica que representa los principales conflictos en el sector tramo chuchalac – palmira.**

La presente investigación tiene como principales resultados los obtenidos en el acápite anterior los cuales versan sobre la siguiente temática.

Mediante la tabla de rangos para cada nivel de inundación: esta se divide en dos medidas de flujo.

Hondura del flujo en inundaciones fijas y hondura por rapidez del flujo en inundaciones dinámicas por consiguiente se ofrece continuamente y una vez que los valores sean cada vez más elevados, para los dos los niveles de magnitud resultan muy elevados, elevados, medios y bajos los cuales se representan cada cierta altura definida.

El presente objetivo se muestra por medio de la ficha de observación la cual informa que los generados desbordamientos del río Cascas en el tramo Chuchalac – Palmira es atribuido por el crecimiento de los caudales en las temporadas de lluvia o cambio de estación que son en su mayoría en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo de todos los años el cual se llama crecida de volumen del caudal, el cual perjudica de manera nociva a la sociedad, agricultura, y primordiales vías de transporte.

Es necesario que el contenido de este punto también refiera a la parte teórica, la cual se sustenta en los siguientes puntos:

Los ríos en los distintos precipicios presentan diversas propiedades inconsistentes, ya que de esta manera se observa una escalera de circunstancias hidráulicas desbordantes. Por lo tanto, la hidrología de fluidos, nos ayuda a entender el impacto del agua que muestra el río abierto en una imagen, y estamos refiriéndonos a los estados del agua (lluvioso, p nival, tropical).

Se trata de un aparador en forma de acantilado del río Baza lleno de pasión. Hay dos escalas de tiempo para reducir el agua en el sistema hídrico: la primera es la escala geológica que se arruinó al principio, el desarrollo normal y las condiciones de cambio geológico. La segunda escala escasa está marcada por el ciclo húmedo, que amenaza el proceso cercano al sistema húmedo. (Martínez2001).

Desde mi punto de vista estoy de acuerdo con lo que se establece tanto en los resultados conjuntamente con los conceptos abordados en el marco teórico del presente trabajo, por lo tanto, mi opinión es que el flujo

en inundaciones estáticas y profundidad por velocidad del flujo en inundaciones dinámicas son importantes para el conocimiento de todo ser humano ya que demuestra cuando el caudal del río aumenta en específicas fechas las cuales causan daños a la población por los diferentes riesgos de inundación y desborde de tal magnitud.

- **Identificar áreas en riesgo de inundación para diferentes periodos de retorno.**

En relación con nuestro siguiente resultado tomado en nuestro estudio se establece que respecto a la tabla de intensidades de estación meteorológica agosto weberbauer mm/hr.

El presente objetivo, se muestra haciendo referencia a la tabla de observación de la tabla de la intensidad máxima de la estación meteorológica, que transmite los siguientes resultados: 2012 contiene solo la información de enero y 2013, y no hay suficientes datos de información, excepto para 2014 y 2015. Los datos obtenidos se toman únicamente de las bandas de frecuencias semanales en diferentes periodos, la intensidad máxima anual de esta información es de 5, 10, 30 y 60 minutos y 120 minutos respectivamente desde 1973 a 2015. Teniendo en cuenta esta información, encontramos que no existen estaciones en la Cuenca del Río Cascas que utilicen pluviómetros para medir la precipitación, por lo que decidimos utilizar la fuerza de la estación Webbauer porque es la estación más cercana y tiene un medidor de contracción.

Por otro lado, se relacionará la parte teórica, para sustentar los puntos tratados.

Según (Villon 2012), nos menciona que, el transcurso de regreso es el intervalo de estación mediante un año, durante este espacio de tiempo, los acontecimientos de la forma  $x$  pueden ser idénticos o sobrepasar el valor promedio, al menos un periodo. Por lo tanto, si un evento semejante

o superior que  $1/3$  ocurre en frecuencia de  $1/3$  año, entonces en el suceso de  $1/3$ , la posibilidad de suceder es semejante a 1.

Por ello, a tamaño que aumenta el factor de calidad, la categoría de terreno promedio aumentará, pero la categoría deseada del desbordamiento disminuirá. Por consiguiente, tiene una gran comprensibilidad para pequeñas cuencas montañosas y no merece la sanción de declive por inundaciones. Muestra las ventajas de la vulnerabilidad de la altura del agua bajo y el desempeño hidroeléctrico del del método (Ortiz 1994).

Mi punto de vista de acuerdo al presente asunto acotado anteriormente respecto a las áreas en riesgo de inundación para diferentes periodos de retorno, es que en nuestro país podemos observar que no estamos capacitados con la información adecuada para realizar las prevenciones tras las inundaciones en los diferentes sectores como lo es en la provincia Gran Chimú.

- **Analizar las medidas de prevención para mitigar los daños ante un posible desastre relacionado con el desborde del río Cascas.**

Respecto a lo mencionado en los resultados del objetivo tres de la investigación se demuestra que mediante la ficha de información de la actual representación o imagen indica el contenido del caudal del río Cascas y tramo hídrico en desarrollo, el cual alberga áreas de cemento, campos de siembra, matorrales con árboles, río anormal y canales con un mecanismo igual; pudiendo producir grandes perjuicios al nivel de población que se ubica en tal territorio geográfico; ya que la finalidad del actual trabajo de indagación es reconocer la necesidad de la fundación de una defensa ribereña que pueda prevenir los principales valores, para que los habitantes de este territorio sobrevivan, la productividad agrícola y de transporte asimismo como los restantes medios básicos.



Para resaltar este argumento, se relacionará lo indagado teóricamente en el trascurso de la investigación.

En el país, debido a la falta de conocimientos hidrometeorológica, nos ha llevado a indagar métodos simples para crear escorrentías a partir de los antecedentes de información aprovechable para (precipitaciones) y parámetros de la cuenca. Por este motivo nos importa comprender En este sentido, nos interesa comprender los criterios más resaltantes de un canal (como su nivel promedio) y patrones de relación con la variable de acceso (precipitación) para proporcionar una respuesta (escorrentía) en función del ambiente propio de cada cuenca. (Ortiz, 2015).

La depreciación de las inundaciones es una variable estrechamente importante, que está relacionado con la introducción, el desagüe, la humedad de la superficie y la escorrentía subterránea del terreno. Es particularmente uno de los factores que controlan la aglomeración de escorrentía en el cauce de drenaje y el derramamiento de lluvias torrenciales, la cual tiene una delantera directa de catalogar la repercusión del desbordamiento. (Villon 2002).

Por consiguiente, luego de interpretar el resultado y comparar con la teoría mi punto acerca las medidas de prevención para mitigar los daños ante un posible desastre relacionado con el desborde del río Cascas, es que al elaborarse una riverseña ayudaría significativamente a la población de esta localidad, ya que en épocas de lluvia se puede presenciar el aumento, desborde del río en grandes magnitudes en los tramos del río antes mencionados causando efectos secundarios para el sector agrícola y transporte.

## VI. CONCLUSIONES

- Se recopiló la información hidrológica de intensidades máximas de la estación Augusto Weberbauer proporcionadas por el SENAMHI, fueron 42 años de intensidades máximas para periodos de duración de lluvia de 5, 10, 30, 60 y 120 min, las cuales fueron trasferidas a nuestra cuenca por similitud de sistemas hidrológicos a partir de parámetros conocidos en ambas cuencas. Se aplicó el modelo probabilístico de Gumbel y mediante la prueba de bondad y ajustes de Smirnov Kolmogorov se procedió a modelar las intensidades de precipitación para la cuenca Cascas, las intensidades usadas para el cálculo de los caudales fueron 28, 31 y 34 *mm/hr*; se eligieron 3 caudales para poder tener una idea clara del posible desastre, se consideró un riesgo de falla de 10% y 10, 25 y 50 años para los años de validez de la predicción, esto resultó en periodos de retorno de 95, 238 y 475 años. Los caudales finales fueron de 460, 511 y 548 *m<sup>3</sup>/s*.
- Se modeló hidráulicamente a la zona de estudio con el software Iber en base a la topografía, el modelamiento hidrológico y los caudales máximos elegidos. También se consideró colocar diferente rugosidad según la zona, los cuales se obtuvieron de la tabla N° 4 río irregular rugoso 0.035 (Chow), hormigón 0.018 en el fondo y 0.015 para el rozamiento lateral (Iber), matorrales con árboles 0.060 (Chow), campos de cultivo maduros 0.040 (Chow) y canal con gravas sección uniforme 0.025 (Chow). Al procesar los cálculos con todas las condiciones introducidas en el modelo, se obtuvieron archivos ráster de tirante hidráulico y velocidades en cada punto cada 0.20 *m*.
- Se identificaron medidas preventivas de desastres considerando 4 aspectos: defensas ribereñas, planeamiento urbano, concientización a la población y seguir con el estudio del río Cascas. Las propuestas fueron enfocadas en base a los problemas observados en las diferentes etapas de la investigación desde el reconocimiento visual

de la zona, el recojo de algunos testimonios y obtención de resultados del modelamiento hidráulico.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los resultados de esta investigación sean tomados en cuenta en especial por la Municipalidad Provincial de GRAN CHIMU para su plan de defensas ribereñas que está en proceso. Puesto que en la Provincia de GRAN CHIMU se han realizado numerosas investigaciones por parte de profesionales de diferentes carreras con el fin de contribuir con el desarrollo y bienestar de dicha provincia, pero muchas veces no son tomadas en cuenta por las principales autoridades y sus equipos técnicos a la hora de tomar decisiones importantes en la realización de futuros planes y proyectos.
- Se recomienda la protección del puente Cascas y las viviendas próximas a él, debido a que su magnitud de inundación es muy alta y es muy probable que la luz libre del puente no soporte una avenida extraordinaria. También se tiene que tener en cuenta que al margen izquierdo del río existen viviendas que también estarían la zona de inundación.
- Se recomienda aumentar el interés por los profesionales de GRAN CHIMU en la realización de investigaciones para la prevención de un desastre provocado por esta posible inundación. No solo se debería pensar en soluciones estructurales como un muro de contención, sino en soluciones administrativas o en educar a los más pequeños para que sepan de la magnitud del peligro y las consecuencias que podría haber si no tomamos conciencia y seguimos contaminando las aguas y reduciendo el cauce natural del río Cascas. También debería pensar en encontrar la mejor forma de difundir la información e investigaciones como esta para que llegue de forma clara a todos los pobladores de las zonas críticas en caso de desastre.

## REFERENCIAS

- APACLLA, R. Hidráulica Fluvial, Primera edición, Lima: Fondo Editorial – UNALM, 2014.
- ACOSTA, P. Evaluación de métodos de construcción de curvas ISF a partir de las distribuciones de probabilidad. Revista de la Facultad de Ingeniería.
- APARICIO, F. Fundamentos de Hidrología de Superficie. México DF. Limusa.
- ARGIBAY, Juan. Muestra en Investigación cuantitativa. Universidad de Ciencias Empresariales y sociales.
- ARIAS, F. El Proyecto de Investigación. Caracas. Episteme.
- BALESTRINI, Miriam. Como se elabora un proyecto. Caracas.
- BAUTISTA, María. Manual de Metodología de Investigación: Talitip.
- BERLANGA, Vanessa. Clasificación de pruebas no paramétricas.
- BREÑA, A.; JACOBO, M. Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial, México: Casa abierta al Tiempo – UAM, 2006.
- BERNAL, C. Metodología de la investigación para la administración.
- BISQUERA, R. Metodología de la Investigación Educativa. Madrid. La Muralla. 2004
- CAJAHUANCA, J. Teledetección y Sistemas de Información Geográfica aplicados a la identificación de zonas con riesgo de inundación. Tramo puente las balas. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería Civil.
- CALVO, G. Evaluación y clasificación preliminar de la calidad del agua de la cuenca del río Tárcoles. Revista Tecnológica en Mancha.
- CAMPOS, D. Transferencia de la Información hidrológica mediante regresión lineal múltiple, con selección óptima de regresores.
- CARRASCO, E. El rigor metodológico en la investigación. Colombia Médica.

CASTRO, M. Promoción del crecimiento vegetal en suelos degradados por minería urbana mediante la adicción de residuos de construcción y demolición. Universidad de San Buena Ventura. Facultad de Ingeniería.

CECCON, E. Los Bosques Ribereños y la restauración de las cuencas hidrográficas. Colombia. 2014. Arts

CHEREQUE, W. Hidrología para estudiantes de Ingeniería Civil. Madrid. MC Graw Hill.

ESCARSENA, Freiker. Determinación de las áreas inundables de la parte media de la microcuenca del río Zapatilla, Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Agrícola.

ESCOBAR, J. La contaminación en los ríos y efectos de las áreas costeras y el mar, Santiago de Chile: Naciones Unidas.

GERALDI, A. Delimitación y estudio de cuencas hidrográficas con modelos hidrológicos. Investigaciones geográficas.

GIL, V. Influencia de la Litología en la variación de los parámetros morfométricos, sistema de ventana. Argentina.

CASANOVA, L. Topografía Plana, Mérida: Taller de publicaciones de Ingeniería ULA, 2002

CHOW, V., et al., Hidráulica de canales abiertos, Colombia: Editorial Nomos S. A., 2004.

FUENTES, J. Topografía, Estado de México: Red Tercer Milenio S.C., 2012.

Manual de carreteras hidrología hidráulica y drenaje. Perú: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2002.

Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales. Lima: INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL. Dirección Nacional de Prevención, 2011.

MARTÍN, J. Ingeniería de Ríos, Segunda edición, España: Edición de la Universidad Politécnica de Catalunya – UPC, 2002.

MARTÍNEZ, E. Hidráulica Fluvial. Principios y Práctica, Primera edición, Madrid: Rigorma Grafic, S. L., 2001.

Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas. Manual básico de usuario. España: CEDEX Administración Pública Español, et al., 2010.

Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas. Manual de referencia hidráulico. España: CEDEX Administración Pública Español, et al., 2012.

ORTIZ, O. Hidrología de Superficie, Perú, 1994.

ORTIZ, O. Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica, Perú. 2015

PLZA, A., et al., Modelo hidráulico bidimensional del río Besós, desde la confluencia de los ríos Congost y Mogent hasta la desembocadura. España: Técnica y Proyectos S.A. 2011.

Reglamento del Dominio Público Hidráulico que desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V, VI, VII y VIII del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio. España: MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO.

SAENZ, D. Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil. Aplicaciones cartográficas, Madrid: Gráficas Arias Montano, S. A., 2015.

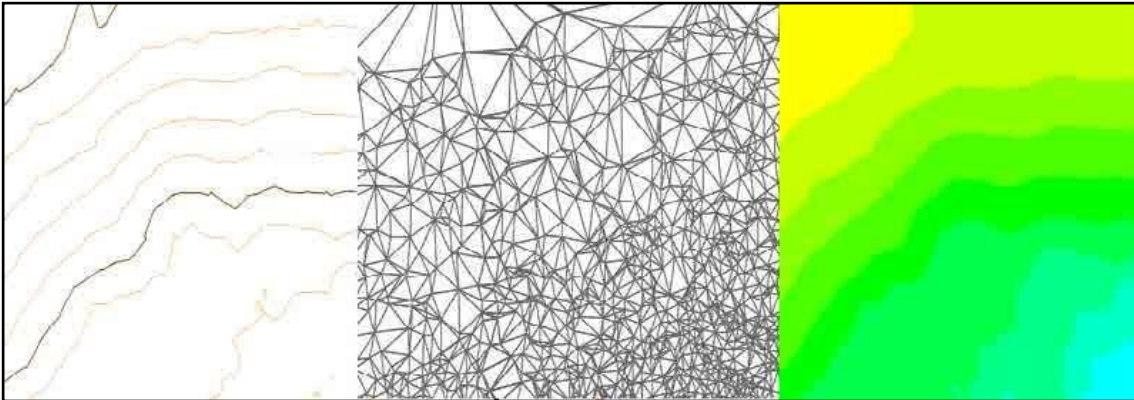
VELASQUEZ, A. Modelamiento hidrológico e hidráulico del rio santa, tramo asentamiento humano las flores, distrito de Carhuaz, Ancash. Lima: UNALM. 2015.

VOLLON, M. Hidroesta 2. Cálculos hidrológicos. Manual de Usuario, Lima: Editorial Vollon, 2012.

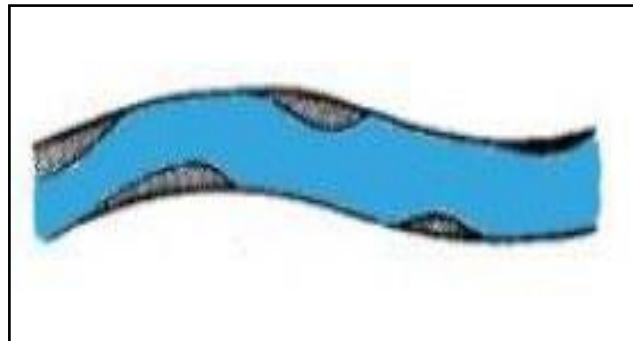
VOLLON, M. Hidrología estadística, Segunda edición, Lima: Editorial Vollon, 2002.  
VILLON, M. Hidrología, Segunda edición, Lima: Editorial Vollon, 2002.

## ANEXOS

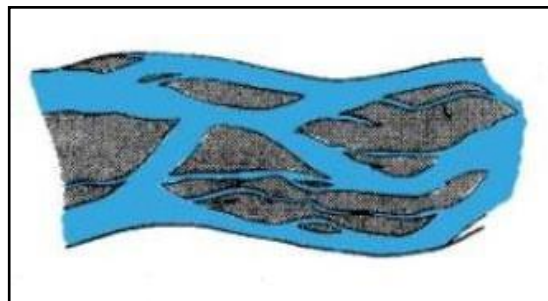
## FIGURAS



**Figura 1:** curvas de nivel, red de triangulo.

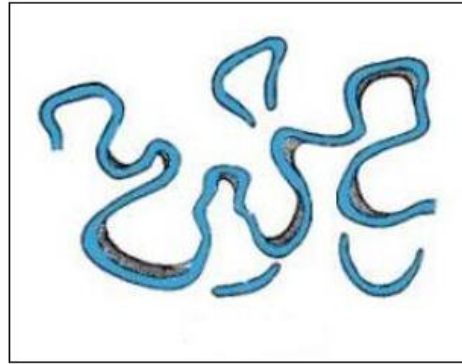


**Figura 2:** Río rectos.

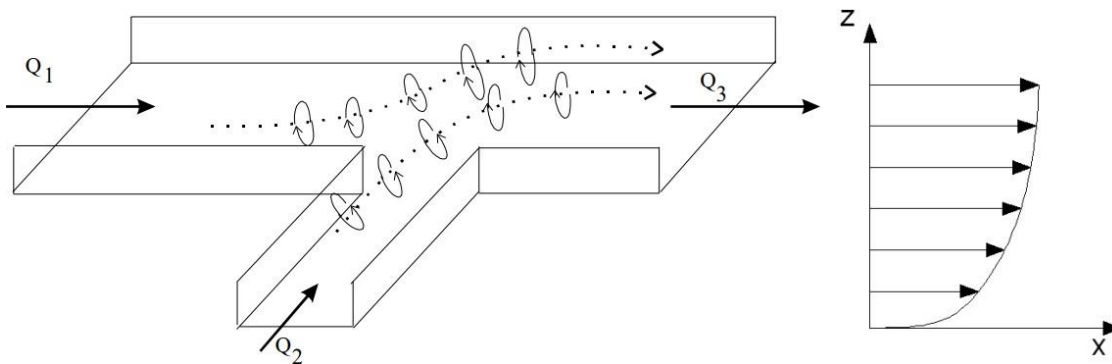


**Figura 3:** Ríos trenzados

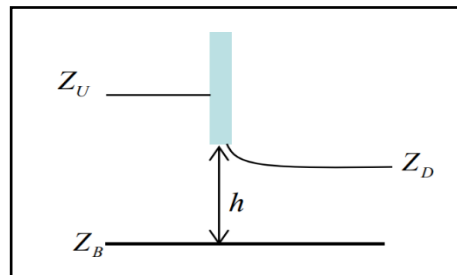




**Figura 4:** Ríos con meandro.

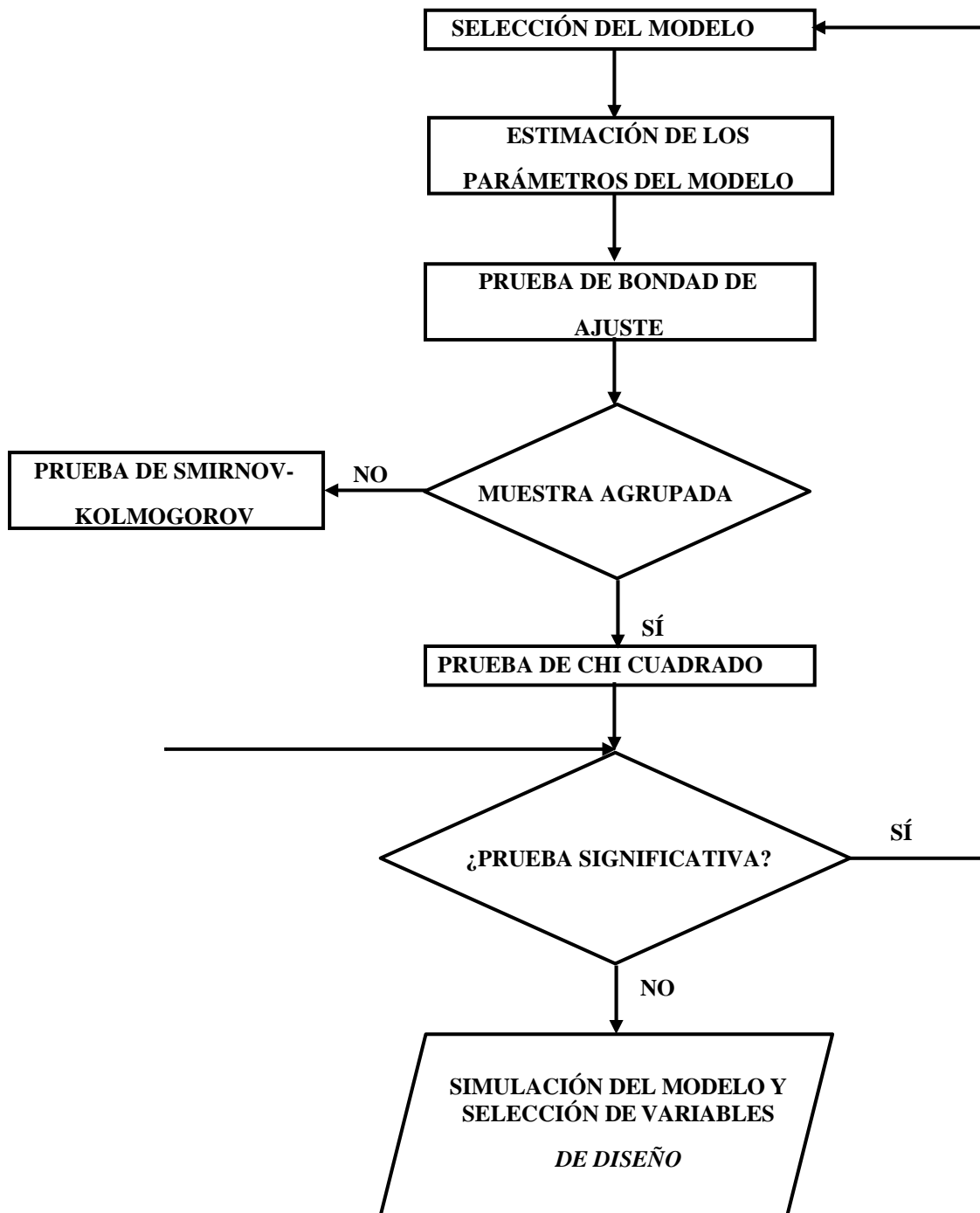


**Figura 5:** Flujos secundarios (izquierda) y perfil vertical de velocidad (derecha).

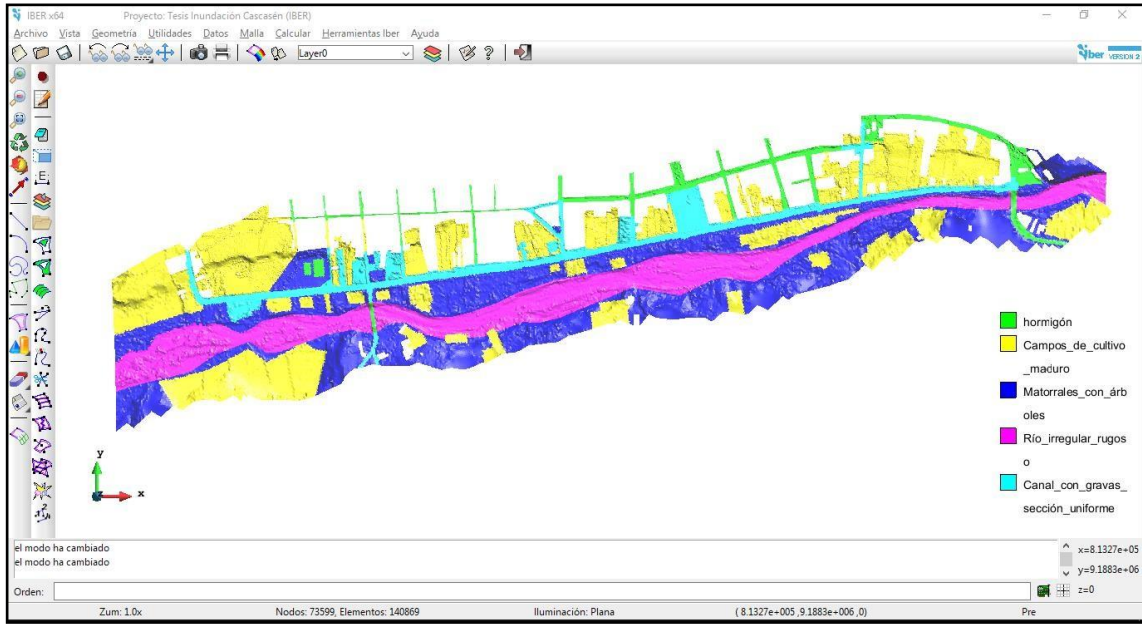


**Figura 6:** Esquema de la condición de contorno interna de compuerta.





**Figura 10:** Flujograma del proceso de modelamiento para intensidades máximas.



**Figura 11:** Rugosidades del modelo en Iber.

## TABLAS

**Tabla 1:** Coeficientes de escorrentía método racional.

COBERTUR A VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUN CIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPREC IABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

**Fuente:** Manual de Carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC, (2008)

**Tabla 2:** Formas de la cuenca de acuerdo al coeficiente de compacidad.

Clase de forma	Rangos de clase	Forma de la cuenca
$K_{c1}$	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval – redonda
$K_{c2}$	1.25 a 1.50	Oval - redonda a oval – oblonga
$K_{c3}$	1.50 a 1.75	Oval - oblonga a rectangular – oblonga

**Fuente:** HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE – Oswaldo Ortiz, (1994).

**Tabla 3:** Valores críticos de  $\lambda_0$  del estadístico Smirnov-Kolmogorov  $\lambda$ , para varios valores de  $n$  y niveles de significación.

Tamaño muestral $n$	Nivel de significación $\alpha$				
	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
1	0,900	0,925	0,950	0,975	0,995
2	0,684	0,726	0,776	0,842	0,929
3	0,565	0,597	0,642	0,708	0,628
4	0,494	0,525	0,584	0,624	0,733
5	0,446	0,474	0,510	0,565	0,669
6	0,410	0,436	0,470	0,521	0,618
7	0,381	0,405	0,438	0,486	0,577
8	0,358	0,381	0,411	0,457	0,543
9	0,339	0,360	0,388	0,432	0,514
10	0,322	0,342	0,368	0,410	0,490
11	0,307	0,326	0,352	0,391	0,468
12	0,295	0,313	0,338	0,375	0,450
13	0,284	0,302	0,325	0,361	0,433
14	0,274	0,292	0,314	0,349	0,418
15	0,266	0,283	0,304	0,338	0,404
16	0,258	0,274	0,295	0,328	0,392
17	0,250	0,266	0,286	0,318	0,381
18	0,244	0,259	0,278	0,309	0,371
19	0,237	0,252	0,272	0,301	0,363
20	0,231	0,246	0,264	0,294	0,356
25	0,210	0,220	0,240	0,270	0,320
30	0,190	0,200	0,220	0,240	0,290
35	0,180	0,190	0,210	0,230	0,270
$n \geq 35$	$1.07/\sqrt{n}$	$1.14/\sqrt{n}$	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$

**Fuente:** Hidrología estadística –ñ Máximo Villón (2002)

**Tabla 4:** Valores de coeficiente de rugosidad  $n$  de Manning.

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
B. Canales revestidos o desarmables			
B.1. Metal			
a. Superficie lisa de acero			
1 sin pintar	0.011	0.012	0.014
2 pintada	0.012	0.013	0.017
b. Corrugado	0.021	0.025	0.030
B.2. No metal			
a. Cemento			
1 superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2 mortero	0.011	0.013	0.015
b. Madera			
1 cepillada, sin tratar	0.010	0.012	0.014
2 cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3 sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4 láminas con listones	0.012	0.015	0.018
5 forrada con papel impermeabilizante	0.010	0.014	0.017
c. Concreto			
1 terminado con lana metálica (palustre)	0.011	0.013	0.015
2 terminado con lana de madera	0.013	0.015	0.016
3 Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
4 sin pulir	0.014	0.017	0.020
5 lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6 lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7 lanzado sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8 sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
d. Fondo de concreto terminado con lana de madera			
1 piedra labrada, en mortero	0.015	0.017	0.020
2 piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.017	0.020	0.024
3 mampostería de piedra cementada, recubierta	0.016	0.020	0.024
4 mampostería de piedra cementada, recubierta	0.020	0.025	0.030
5 piedra suelta o riprap	0.020	0.030	0.035
e. Fondo de gravas con lados de			
1 concreto encofrado	0.017	0.020	0.025
2 piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.020	0.023	0.026
3 piedra suelta o riprap	0.023	0.033	0.036
f. Ladrillo			

1 barnizado o lacado	0.011	0.013	0.015
2 en mortero de cemento	0.012	0.015	0.018
g. Mampostería			
1 piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
2 piedra suelta	0.023	0.032	0.035
h. Bloques de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
i. Asfalto			
1 liso	0.013	0.013	
2 rugoso	0.016	0.016	
j. Revestimiento vegetal	0.030	...	0.500
C. Excavado o dragado			
a. En tierra, recto y uniforme	0.016	0.018	0.020
1 Limpio, recientemente terminado			
2 Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	0.022	0.025
3 Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4 Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
b. En tierra, serpenteante y lento			
1 Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2 Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033
3 Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4 Fondo en tierra con lados en piedra			
5 Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.028	0.030	0.035
6 Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.025	0.035	0.040
c. Excavado con pala o dragado	0.030	0.040	0.050
1 Sin vegetación			
2 Matorrales ligeros en las bancas	0.025	0.028	0.033
d. Cortes en roca	0.035	0.050	0.060
1 Lisos y uniformes			
2 Afilados e irregulares	0.025	0.035	0.040
	0.035	0.040	0.050



D. Corrientes naturales				
D.1. Corrientes menores (ancho superficial en nivel)				
a. Corrientes en planicies				
1.	Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2.	Igual al anterior, pero con más piedras y malezas			
3.	Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.030	0.035	0.040
4.	Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras	0.033	0.040	0.045
5.	Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.035	0.045	0.050
6.	Igual al 4, pero con más piedras	0.040	0.048	0.055
7.	Tramos lentos con malezas y pozos profundos	0.045	0.050	0.060
	Tramos con muchas malezas, pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8.	o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150
b. Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal,				
1	Fondo: gravas, cantos rodados y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2	Fondo: cantos rodados con rocas grandes	0.040	0.050	0.070
D.2. Planicies de inundación				
a. Pastizales, sin matorrales				
1	Pasto corto	0.030	0.035	0.050
2	Pasto alto			
b. Áreas cultivadas				
1	Sin cultivo	25.000	0.025	0.045
2	Cultivos en línea maduros	0.030	0.040	0.050
3	Campos de cultivo maduro			
c. Matorrales				
1	Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.060
2	Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.040	0.060	0.080
3	Pocos matorrales y árboles, en verano	0.045	0.070	0.110
4	Matorrales medios a densos, en invierno	0.070	0.100	0.160
5	Matorrales medios a densos, en verano			

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Norma	Máximo
d. Árboles			
1 Sauces densos, rectos y en vano	0.110	0.150	0.200
2 Terreno limpio, con troncos sin retoños	0.030	0.040	0.050
3 Igual que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080
Gran cantidad de árboles, algunos troncos	0.080	0.100	0.120
4 caídos con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas	0.100	0.120	0.160
5 Igual que el anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.025	...	0.060
D.3. Corrientes mayores (ancho superficial en nivel de	0.035	...	0.100
a. Secciones regulares, sin cantos rodados ni			
b. Sección irregular y rugosa			

**Fuente:** Hidráulica de canales abiertos -Ven te Chow-Traducción de Juan G. Saldarriaga (2004).

**Tabla 5:** Fricción de pared.

Tipo de régimen	$K_s^+ = \frac{k_s u_*}{k}$	$ U  = \frac{u_*}{k} \ln(Ey^+)$
Turbulento liso	$K_s^+ < 5$	$E = 9.0$
Turbulento rugoso	$5 < K_s^+ < 70$	$E = \frac{30}{k_s^+}$
Transición liso-rugoso	$k_s^+ > 70$	$E = \frac{1}{0.11 + 0.033 * k_s^+}$

**Fuente:** Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas -CEDEX et al (2012).

**Tabla 6:** Condiciones de contorno implementadas en los contornos abiertos.

Contorno		Régimen	Condiciones impuestas
Entrada	Costo total	Subcrítico/Crítico	Caudal total en dirección normal al contorno
		Supercrítico	Caudal total en dirección normal al contorno y velocidad media.
	Caudal específico	Subcrítico/Crítico	Caudal específico en dirección normal al contorno.
		Supercrítico	a. Caudal específico en dirección normal al contorno y calado. b. Caudal específico en dirección normal al contorno y cota de agua.
salida	Subcrítico		a) Calado b) Cota de agua c) Vertedero (cota y coeficiente de descarga) Curva de gasto
	Supercrítico/Crítico		No es necesario imponer ninguna condición

**Fuente:** Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas - CEDEX et al. (2012).

**Tabla 7:** Ecuaciones de la condición de contorno interna de compuerta.

	$(Z_D - Z_B) / (Z_U - Z_B)$	Ecuación de descarga
<b>Compuerta Libre</b>	0.00 – 0.67	$Q = CdBh\sqrt{2g(ZU - ZB)}$
<b>Transición</b>	0.67 – 0.80	$Q = CdBh\sqrt{6g(ZU - ZD)}$
<b>Compuerta Anegada</b>	0.80 – 1.00	$Q = CdBh\sqrt{2g(ZU - ZD)}$

**Fuente:** Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas - CEDEX et al. (2012).

**Tabla 8:** Rangos para cada nivel de inundación.

Niveles de intensidad	Profundidad del flujo (H) (m) (inundación esestáticas)	Profundidad x velocidad. Del flujo (m <sup>2</sup> /s) (inundaciones dinámicas)
<b>Muy alta</b>	H > 1.50 m	H*V > 1.50 m
<b>Alta</b>	0.50 m > H > 1.50 m	0.50 m > H*V > 1.50 m
<b>Media</b>	0.25 m > H > 0.50 m	0.25m > H*V > 0.50 m
<b>Baja</b>	H < 0.25 m	H*V < 0.25 m

**Fuente:** Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales – INDECI.

**Tabla 9:** Coordenadas de ubicación de zona de estudio.

COORDENADAS UTM		
REFERENCIA	N	E
Inicio Tramo	740487.65	9169258.69
Fin de la zona urbana	741402.15	9167861.95

**Tabla 10:** Intensidades máximas de la estación meteorológica Augusto Weberbauer en *mm/hr*.

Año	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
1973	101.00	71.00	24.00	14.00	11.00
1974	73.00	58.00	34.00	18.00	19.00
1975	90.00	50.00	24.00	16.00	10.00
1976	68.00	63.00	37.00	19.00	9.00
1977	65.00	53.00	37.00	21.00	11.00
1978	26.00	24.00	21.00	12.00	6.00
1979	60.00	60.00	38.00	23.00	14.00
1980	73.02	60.10	33.80	21.08	9.24
1981	67.20	54.80	29.13	15.54	13.02
1982	88.29	75.15	37.20	23.10	13.27
1983	75.30	50.40	31.40	23.71	13.99
1984	112.80	71.80	27.60	15.63	9.80
1985	59.31	54.40	25.56	14.70	8.05
1986	84.60	65.40	30.11	15.60	8.23
1987	76.00	49.20	21.60	13.20	7.95
1988	70.40	52.80	23.00	13.79	7.85

1989	73.60	47.80	28.00	16.00	9.60
1990	111.60	75.00	37.94	23.00	12.00
1991	83.00	73.00	41.00	26.00	14.00
1992	56.00	39.00	19.00	10.00	5.00
1993	58.00	51.00	28.00	18.00	10.00
1994	91.49	64.18	36.22	19.04	12.91
1995	71.11	56.25	28.66	16.72	9.32
1996	81.30	60.21	32.44	17.88	11.12
1997	82.20	68.10	35.04	17.86	8.94
1998	92.00	66.34	40.60	27.10	13.50
1999	70.80	38.30	13.80	9.90	6.40
2000	46.80	32.40	23.00	15.81	7.95
2001	67.20	49.90	25.40	17.28	9.70
2002	28.20	20.60	13.80	8.70	4.40
2003	70.80	42.60	15.90	9.80	6.10

Continuación de tabla...

Año	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
2004	84.60	84.60	33.00	18.70	9.40
2005	45.60	43.80	20.50	11.10	6.50
2006	30.00	30.00	15.00	10.30	6.90
2007	72.00	64.00	32.70	19.40	12.30
2008	47.00	33.24	22.80	13.66	9.83
2009	68.00	49.20	32.04	22.00	4.05
2010	86.40	38.50	30.67	20.28	10.89
2011	62.40	36.60	26.80	16.60	10.00
2012*	64.00	42.20	23.60	15.20	6.80
2014	119.10	69.30	27.24	15.87	9.23
2015	100.00	63.89	27.28	15.90	9.89
<b>Promedio</b>	<b>72.69</b>	<b>53.64</b>	<b>28.21</b>	<b>16.94</b>	<b>9.72</b>
<b>Desv. Estándar</b>	<b>21.01</b>	<b>14.85</b>	<b>7.25</b>	<b>4.46</b>	<b>3.01</b>
<b>Años de obs.</b>	42	42	42	42	42

- Para el año 2012 solo se contó con información desde el mes de enero y para el año 2013 no se cuenta con información suficiente.

- Los años 2014 y 2015 han sido obtenidos de bandas semanales.

**Fuente:** Información solicitada al SENAMHI – 2018.

**Tabla 11:** Escenarios para el modelamiento hidráulico.

<b>N°</b>	<b>Zona de interés</b>	<b>N (años)</b>	<b>J (%)</b>	<b>T (años)</b>
1°	Vía de intenso desagüe	10	10	95
2°	Zonas agrícolas	25	10	238
3°	Uso residencial	50	10	475

Fórmula 1:

$$Q = \frac{CIA}{360} \quad (1)$$

**Dónde:**

$Q$  = caudal máximo, en  $m^3/s$ .

$C$  = coeficiente de escorrentía, que depende de la cobertura vegetal, tipo de suelo y pendiente, sin dimensiones.

$I$  = intensidad máxima de la lluvia, para una duración igual al tiempo de concentración, y para un período de retorno dado, en  $mm/hr$ .

$A$  = área de la cuenca, en  $has$ .

Fórmula 2:

- Si trabajamos con zonas de diferentes características, la decisión de  $C$  se obtiene como una average ponderada.
- Si trabajamos con zonas de diferentes características, el valor de  $C$  se obtiene como una media ponderada.

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n C_iA_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2)$$

$i=1$

**Dónde:**

$C$  = coeficiente de escorrentía ponderado.

$C_i$  = coeficiente de escorrentía para el área  $A_i$ .

$A_i$  = área parcial  $i$ .

$n$  = número de áreas parciales.

Fórmula 3:

$$i_{\max} = P/t \quad (3)$$

Donde:

$i_{\max}$  = intensidad máxima, en *mm/hr*.

$P$  = precipitación en altura de agua, en *mm*.

$t$  = tiempo, en *horas*.

Fórmula 4:

$$T = 1/(P ( X \geq x)) \quad (4)$$

Dónde:

$T$  = periodo de retorno, en años.

$P ( X \geq x )$  = probabilidad de ocurrencia de un evento  $\geq x$ .

El tiempo de retorno, en función de la incertidumbre de predicción, se expresa mediante la ecuación: (Ortiz 1994).

$$T = 1/(1 - [(1-j)]^{1/N}) \quad (5)$$

Dónde:

$T$  = periodo de retorno, en años.

$j$  = probabilidad de ocurrencia de un evento mayor que  $x$  en un período de  $N$  años consecutivos.

Fórmula 5:

$$I_s = (H_s / (H_c)) (t_c / (t_s)) I_c \quad (6)$$

Dónde:

$I_s$  = intensidad de precipitación en la cuenca sin información.

$H_s$  = altura media de la cuenca sin información.

$H_c$  = altura media de la cuenca con información.

$t_c$  = Duración de la precipitación en la cuenca con información.

$t_s$  = Duración de la precipitación en la cuenca sin información.

$I_c$  = intensidad de precipitación en la cuenca con información.



Fórmula 6:

$$t_c = 0.0195 (L^3/H)^{0.77} \quad (7)$$

Dónde:

$t_c$  = tiempo de concentración, en *min.*

$L$  = máxima longitud del recorrido, en *m.*

$H$  = diferencia de elevación del cauce principal, en *m.*

Fórmula 7:

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \quad (8)$$

Dónde:

$K_c$  = coeficiente de compacidad.

$P$  = perímetro de la cuenca.

$A$  = área proyectada de la cuenca.

Fórmula 8

$$C_n = \frac{H}{A} \quad (9)$$

Dónde:

$C_n$  = coeficiente de masividad.

$H$  = altitud media de la cuenca, *m. s. n. m.*

$A$  = área proyectada de la cuenca, *km<sup>2</sup>.*

### Fórmula 9

$$C_o = \frac{H^2}{A} \quad (10)$$

Dónde:

$C_o$  = coeficiente de orográfico.

$H$  = altitud media de la cuenca, *m. s. n. m.*

$A$  = área proyectada de la cuenca, *m<sup>2</sup>.*

### Fórmula 10

- Función acumulada:

$$F(x) = EXP(-EXP(-(x - \mu)/\alpha)) \quad (11)$$

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{(x-\mu)}{\alpha}}} \quad (12)$$

**Para:**  $-\infty < x < \infty$

Dónde:

- $0 < \alpha < \infty$ , es el parámetro de escala.
- $-\infty < \mu < \infty$ , es el parámetro de posición, llamado también valor central o moda.
- Función densidad, derivando la función de distribución acumulada, ecuación (11), con respecto a  $x$ , se obtiene la función densidad de probabilidad, es decir:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx} \quad (13)$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} EXP\left(-\frac{(x-\mu)}{\alpha} - EXP\left(-\frac{(x-\mu)}{\alpha}\right)\right) \quad (14)$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} e^{-e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}}} \quad (15)$$

**Para:**  $-\infty < x < \infty$

La variable aleatoria reducida, se define como:

$$v = \frac{x - \mu}{\alpha} \quad (16)$$

Con lo cual, la función densidad reducida Gumbel es:

$$g(x) = EXP(-y - EXP(-y)) = e^{-y-e^{-y}} \quad (17)$$

Y la función acumulada reducida Gumbel, es:

$$G(x) = EXP(-EXP(-y)) = e^{-e^{-y}} \quad (18)$$

Los valores correspondientes x e y, están relacionados por:

$$F(x) = G(y) \quad (19)$$

Y la relación:

$$y = \frac{x - \mu}{\alpha} \text{ ó } x = \mu + \alpha y \quad (20)$$

Estimación de parámetros, método de momentos:

$$\text{Moda: } x_{moda} = \mu$$

$$\text{Media: } E(x) = \bar{x} = \mu + \alpha C \quad (21)$$

Dónde C, es la constante de Euler, cuyo valor es:

$$C = \lim_{n \rightarrow \infty} \left[ 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{n} - \ln n \right]$$

$$n \rightarrow \infty$$

$$C = 0.5772156649$$

Por lo tanto, de la ecuación (21), se tiene:

$$\bar{x} = \mu + 0.5772156649 \alpha \quad (22)$$

$$\text{Varianza: } E[(x - E(x))^2] = S^2 = \frac{\pi^2 \alpha^2}{6} \quad (23)$$

De dónde se obtiene:

$$\alpha = \frac{\sqrt{0}}{\pi} S = 0.78S \quad (24)$$

$$\mu = \bar{x} - 0.57721\alpha = \bar{x} - 0.45S \quad (25)$$

Los parámetros de la distribución Gumbel  $\alpha$  y  $\mu$ , se calculan con las ecuaciones (24) y (25), en función de los parámetros  $\bar{x}$  y  $S$  de la muestra.

- **Probabilidad de Weibull**

Villón (2002) utiliza la siguiente fórmula:

$$P = \frac{m}{n + 1} \quad (26)$$

Dónde:

$P$  = probabilidad experimental acumulada o frecuencia relativa empírica.

$m$  = número de orden.

$n$  = número de datos.

- **Prueba de bondad y ajuste de Smirnov-Kolmogorov**

Según Villón (2002) esta prueba consta de comparar las diferencias existentes, entre la probabilidad empírica de los datos de la muestra y la probabilidad teórica, tomando el valor máximo del valor absoluto, la diferencia entre el valor observado y el valor de la recta teórica del modelo, es decir:

$$\Delta = \text{máx } |F(x) - P(x)| \quad (27)$$

Dónde:

$\Delta$  = estadístico de Smirnov-Kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima existente entre la probabilidad.

$F(x)$  = probabilidad de distribución teórica.

$P(x)$  = probabilidad experimental o empírica de los datos, denominada también acumulada.

El estadístico  $\Delta$  tiene su función de distribución de probabilidades.

Si  $\Delta_0$  es un valor crítico para un nivel de significación  $\alpha$ , se tiene que:

$$P[\max_x |F(x) - P(x)| \geq \Delta_0] = \alpha \quad \text{ó} \quad P(\Delta \geq \Delta_0) = 1 - \alpha \quad (28)$$

También:

$$P(\Delta < \Delta_0) = 1 - \alpha \quad (29)$$

El procedimiento para efectuar el ajuste, mediante el estadístico de Smirnov-Kolmogorov, es el siguiente:

- ✓ 1ro Calcular la probabilidad empírica o experimental  $P(x)$  con Weibull.
- ✓ 2do Calcular la probabilidad teórica  $F(x)$ .
- ✓ 3ro Calcular las diferencias  $F(x) - P(x)$ , para los valores de  $x$ .
- ✓ 4to seleccionar la máxima diferencia:

$$\Delta_n = \max_x |F(x) - P(x)|$$

- ✓ 5to calcular el valor crítico de estadístico  $\Delta$ , es decir  $\Delta_0$ , para un  $\alpha = 0.05$  y  $n$  igual al número de datos. Los valores de  $\Delta_0$ , se muestran en la tabla N°3.
- ✓ 6to comprobar el valor del estadístico  $\Delta$ , con el valor crítico  $\Delta_0$  de la tabla N°3, con los siguientes criterios de decisión deducidos en la ecuación (28):

Si  $\Delta_n < \Delta_0 \Rightarrow$  el ajuste es bueno, al nivel de significación seleccionado.

$\Delta \tilde{n} \geq \Delta 0 \tilde{n} \Rightarrow \tilde{n}$  el ajuste no es bueno al nivel de significación seleccionado, siendo necesario probar con otra distribución.

Fórmula 11

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial U_x}{\partial x} + \frac{\partial U_y}{\partial y} = Ms \quad (30)$$

$$\frac{\partial h U_x}{\partial t} + \frac{\partial U_x^2}{\partial x} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial y} =$$

Fórmula 12

$$uf = \frac{Tb}{\sqrt{P}} \quad (31)$$

Dónde:

$uf$  = módulo de la fuerza de fricción de fondo.

$\rho$  = densidad del agua.

$\tau b$  = tensión de fondo.

Fórmula 13

$$Tb \tilde{n} = \tilde{n} \rho u^2 \tilde{n} = \tilde{n} \rho C_f |U|^2 \quad (32)$$

Dónde:

$\tau b$  = tensión de fondo.

$\rho$  = densidad del agua.

$u_f$  =módulo de la fuerza de fricción de fondo.

$C_f$ = coeficiente de fricción de fondo.

Fórmula 14

$$Rh = \frac{A}{Pm} = \frac{hx}{\Delta x} \quad (33)$$

Dónde:

$Rh$ = radio hidráulico.

$Añ$  = área hidráulica.

$Pm$ = perímetro mojado.

$h$  = calado (tirante hidráulico).

Fórmula 15

$$C_f = \frac{g^{n^2}}{h^{\frac{1}{2}}} \quad (34)$$

Dónde:

$C_f$ = coeficiente de fricción de fondo.

$g$  =aceleración de la gravedad.

$h$  = calado (tirante hidráulico).

Fórmula 16

$$\tau = \rho Cvd V2_{10} \quad (35)$$

Dónde:

$\tau$  = fuerza de rozamiento realizada por el viento sobre la superficie libre.

$\rho$  = densidad del agua.

$V10$  = velocidad del viento a 10 metros de altura.

$Cvd$  = coeficiente de arrastre superficial. (Por defecto se toma un coeficiente de arrastre de  $2.5 \cdot 10^{-6}$ ).

Fórmula 17

$$Te_{ij} = \tau v_{ij} - \overline{u' u'_{ij}} + D_{ij} \quad (36)$$

Dónde,

$Te_{ij}$  = tensión efectiva horizontal.

$\tau v_{ij}$  = tensiones viscosas.

$\overline{u' u'_{ij}}$  = tensiones turbulentas (también llamadas tensiones de Reynolds).

$D_{ij}$  = términos de dispersión lateral:

Fórmula 18

$$\partial u_{ij} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \frac{v \partial u_i}{\partial x_j t_{\partial x_j}} \right) \quad (37)$$



Fórmula 19

$$U_* = \frac{\tau_w}{\sqrt{\rho}} \quad (38)$$

Datos:

$u_*$  = velocidad de fricción de pared.

$\tau_w$  = fricción de pared.

$\rho$  = densidad del agua.

Fórmula 20

$$|u| = \frac{\mu_*}{k} \ln(Ey^+) \quad (39)$$

$$Y^+ = \frac{yu_*}{\nu} \quad (40)$$

Fórmula 21

$$k_s^+ = \frac{k_s u_*}{\nu} < 5$$

Dónde  $K_s$  es la altura de rugosidad de la pared, que es una medida de la rugosidad de la pared, y tiene unidades de longitud. En dichas condiciones la velocidad tangencial a la pared puede expresarse como una función de la velocidad de fricción y de la viscosidad cinemática como:(CEDEX et al., 2012).

$$|U| = \frac{u_*}{k} \ln\left(9.0 \frac{yu_*}{\nu}\right)$$

Se define régimen turbulento rugoso cuando se cumple la siguiente relación:

$$k_s^+ = \frac{k_s u_*}{k} > 70$$

En dichas condiciones la velocidad tangencial a la pared puede expresarse como una función de la velocidad de fricción y de la altura de rugosidad de fondo como:(CEDEX et al.,2012).

$$|u| = \frac{u_*}{k} \operatorname{Ln} \left( 30 \frac{y}{k_s} \right) \quad (41)$$

En la transición entre régimen turbulento liso y régimen turbulento rugoso, la velocidad tangencial a la pared se puede expresar en función de la velocidad de fricción, de la viscosidad cinemática y de la altura de rugosidad como: (CEDEX et al., 2012).

$$|U| = \frac{u_*}{k} \operatorname{Ln} \left( \frac{y}{0.11 \frac{u_*}{k} + 0.033 * k_s} \right) \quad (42)$$

