

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



**“Estimación del caudal máximo en cuencas secas para diseño de
defensa ribereña - caso quebrada Casitas-Bocapán Tumbes-
2020”.**

TESIS

Para optar el título Profesional en Ingeniería Agrícola

Autor.

Bach. Annie Stefany Garabito Infante.

TUMBES-PERU

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



“Estimación del caudal máximo en cuencas secas para diseño de defensa ribereña - caso quebrada Casitas-Bocapán Tumbes- 2020”.

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. José Modesto Carrillo Sarango (Presidente):

Dr. Eber Gines Tafur (Secretario):

Ing. Deciderio Atoche Ortiz (Vocal):

Tumbes – Perú

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



**“Estimación del caudal máximo en cuencas secas para diseño de
defensa ribereña - caso quebrada Casitas-Bocapán Tumbes-
2020”.**

**Los suscritos declaramos que la tesis es origina en su contenido
y forma.**

Bach. Annie Stefany Garabito Infante (Autor):

Dr. Enrique Antonio Maceda Nicolini (Asesor):

Tumbes – Perú
2021



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**CAMPUS UNIVERSITARIO S/N "LA CRUZ"
SECRETARIA ACADÉMICA
TUMBES - PERU**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Tumbes, a los VEINTIUNO día (s) del mes de MAYO de dos mil veintiuno, se reunieron de manera virtual, los integrantes del jurado designados, según Resolución N° 023-2020/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (04-03-2020) y Resolución N° 039-2020/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (17-07-2020) donde se aprueba el Proyecto de Tesis y ratifica el jurado; con el objeto de evaluar la sustentación de la tesis denominada: **Estimación del caudal máximo en cuencas secas para diseño de defensa ribereña - caso quebrada Casitas - Bocapan - Tumbes - 2020**, para optar el Título de Ingeniero Agrícola. **Cuyo Asesor de la mencionada tesis es el Dr. Enrique Antonio Maceda Nicolini.**

A las SIETE horas con CUARENTA minutos y, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el presidente del jurado dio por iniciado el acto.

Luego de la exposición del trabajo, la formulación de preguntas y la deliberación del jurado lo declararon APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo de EXCELENTE.

Por lo tanto la Bachiller: **GARABITO INFANTE ANNIE STEFANY**, queda apta para que el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Tumbes, le expida el Título Profesional de INGENIERO AGRÍCOLA de conformidad con lo estipulado en el Artículo 90 del Estatuto de la Universidad Nacional de Tumbes y a lo normado en el Reglamento de Grados y Títulos.

Siendo las Diez horas con CERO minutos, el presidente del jurado dió por concluido el presente acto académico y para mayor constancia de lo actuado firman en señal de conformidad todos los integrantes de este jurado, presentes en el acto de sustentación.

Dr. JOSE MODESTO CARRILLO SARANGO
DNI N°00223850
Presidente

Dr. EBER GINES TAFUR
DNI N°17542075
Secretario

Dr. DECIDERIO ATOCHE ORTIZ
DNI N°00251292
Vocal

AGRADECIMIENTO

A Dios.

Por regalarme la oportunidad de vivir, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, por la satisfacción que siento al ver cristalizado uno de mis grandes anhelos, sobre todo por la maravillosa familia a la que me permitió llegar. ¡Los amo!

A mis padres

José Garavito y Carmen Infante por la vida, por apostar por mi futuro, por el amor, apoyo y confianza incondicional que me regalan cada día, porque nunca desistieron hasta verme como profesional; ¡este logro es de ustedes! Por las hermanas maravillosas mis compañeras.

A mi hija

Mi Ahise, gracias por llegar y dar rumbo a mi vida, por crear deseos de superación más intensos, por ser mi fortaleza para cumplir mis metas, y por enseñarme a valorar hasta lo más pequeño de la vida. ¡Te amo!

A mi asesor

Al Dr. Ing. Enrique Antonio Maceda Nicolini, por el apoyo incondicional que me brindó en esta etapa de tesis, por transmitir sus conocimientos en el trayecto académico, fortaleciendo capacidades profesionales.

INDICE

| | | |
|--------|--|----|
| I. | INTRODUCCIÓN | 13 |
| II. | ESTADO DEL ARTE | 15 |
| 2.1 | REVISIÓN LITERARIA | 15 |
| 2.1.1. | Máximas avenidas | 15 |
| 2.1.2. | Métodos de determinación de máximas avenidas | 16 |
| 2.1.2 | Los métodos estadísticos o probabilísticos..... | 20 |
| 2.1.3 | Defensa ribereña | 24 |
| 2.1.4 | Erosión..... | 27 |
| 2.1.5 | Inundaciones | 28 |
| 2.1.6 | Riesgo | 29 |
| 2.1.7 | Vulnerabilidad. | 29 |
| 2.1.8 | Hidrología | 30 |
| 2.2 | DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS..... | 36 |
| III. | MATERIALES Y MÉTODOS..... | 38 |
| 3.1 | UBICACIÓN DEL PROYECTO | 38 |
| 3.1.2 | Ubicación política | 38 |
| 3.1.3 | Ubicación geográfica | 39 |
| 3.2 | MATERIALES Y EQUIPOS | 40 |
| 3.2.1 | Materiales..... | 40 |
| 3.2.2 | Equipos | 40 |
| 3.2.3 | Software | 40 |
| 3.3 | MÉTODOS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS..... | 40 |
| 3.3.1 | Técnicas | 40 |
| 3.3.2 | Instrumento de recolección de datos | 41 |
| 3.3.3 | Método..... | 42 |
| 3.3.4. | Validacion de Caudal maximo..... | 72 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 76 |
| 4.1. | Resultados | 76 |
| 4.2 | Discusión | 79 |
| V. | CONCLUSIONES | 81 |
| VI. | RECOMENDACIONES | 82 |
| VII. | BIBLIOGRAFÍA..... | 83 |

| | | |
|-------|---|----|
| VIII. | ANEXOS | 85 |
| 8.1 | Panel fotográfico | 85 |
| 8.2 | Data de precipitación | 87 |
| 8.3. | Data de caudales maximos | 88 |
| 8.4. | Cuenca de la quebrada Casitas Bocapán. | 89 |
| 8.5. | Matriz de Consistencia. | 90 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----------|
| Tabla 1: Coeficientes adimensionales de escala, por regiones hidráulicas. | 17 |
| Tabla 2: Periodo de retorno de diseño recomendado para estructuras menores | 19 |
| Tabla 3: Valores de γ_n , σ_n en función de n (número de datos) | 21 |
| Tabla 4: Datos obtenidos para método de Creager. | 60 |
| Tabla 5: Datos estimados de caudales por método de Creager | 60 |
| Tabla 6: Caudal estimado por método de Izskowski. | 64 |
| Tabla 7: Caudales máximos de 30 años. | 65 |
| Tabla 8: Periodo de frecuencia por cada caudal. | 67 |
| Tabla 9: Caudal máximo según Gumbel. | 68 |
| Tabla 10: Parámetros hallados mediante método Log Pearson III. | 70 |
| Tabla 11: Caudal respecto al tiempo de retorno según Log Pearson III. | 71 |
| Tabla 12: Caudal de Diseño. | 71 |
| Tabla 13: Resultados de la Geomorfología de cuenca | 76 |
| Tabla 14: Área y perímetro entre curva de nivel..... | 76 |
| Tabla 15: Estimación de caudal según Creager | 76 |
| Tabla 16: Estimación de Caudal según Izskowski..... | 77 |
| <i>Tabla 17: Caudal máximo Según Gumbel.....</i> | <i>78</i> |
| Tabla 18: Caudal máximo según Log Pearson III. | 78 |
| Tabla 19: Caudal máximo de Diseño. | 78 |
| Tabla 20: Información obtenida por Manning | 79 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Figura 1 Mapa de Regiones Hidráulicas del Perú de Creager | 17 |
| Figura 2: Defensa Ribereña Permanente tipo Dique enrocado. | 25 |
| Figura 3: Defensa Ribereña Permanente tipo Gaviones. | 26 |
| Figura 4: Defensa Ribereña Temporales tipo Espigones. | 26 |
| Figura 5: Defensa Ribereña Temporales tipo Terraplenes. | 27 |
| Figura 6: Mecanismo de la erosión por agua | 28 |
| Figura 7: Vulnerabilidad de áreas agrícolas | 30 |
| Figura 8: Delimitación de cuenca | 31 |
| Figura 9 Perfil Longitudinal..... | 34 |
| <i>Figura 10: Jerarquización de red fluvial.....</i> | <i>35</i> |
| Figura 11: Ubicación política de la cuenca de Casitas - Bocapán. | 38 |
| Figura 12: Ubicación geográfica de la cuenca Casitas - Bocapán..... | 39 |
| Figura 13: Obtención del modelo digital de elevación | 42 |
| Figura 14: Ventana de ArcGIS 10.8 donde se insertó las curvas de nivel. | 43 |
| Figura 15: Ventana de ArcGIS donde se han fusionado las curvas de nivel..... | 43 |
| Figura 16: Ventana de ArcGIS donde se ingresaron los datos a procesar. | 44 |
| Figura 17: Ventana de ArcGIS donde se ha procesado la imagen TIN. | 44 |
| Figura 18: Obtención de la imagen RASTER con la herramienta de ArcGIS 10.8 CONVERT TIN TO RASTER | 45 |
| Figura 19: procesamiento de la herramienta Fill..... | 46 |
| Figura 20: Procesamiento del Flow Direction. | 47 |
| Figura 21: Flow Direction Creado..... | 47 |
| Figura 22: procesamiento del Flow Accumulation | 47 |
| Figura 23: Flow Accumulation Creado. | 48 |
| Figura 24: Creacion del Shapefile. | 48 |
| Figura 25: Procesamiento de ríos ya fusionados..... | 49 |
| Figura 26: Identificación de ríos principales. | 49 |
| Figura 27: Ubicación del punto en la desembocadura de la quebrada. | 50 |
| Figura 28: Procesamiento del Watershed | 51 |
| Figura 29: Watershed creado..... | 51 |

| | |
|--|----|
| Figura 30: Creación del polígono de la cuenca de Casitas - Bocapán..... | 51 |
| Figura 31: Uso del clip en curvas de nivel y rios..... | 52 |
| Figura 32: Presentación de la cuenca Casitas - Bocapán. | 52 |
| Figura 33: Determinación de área, perímetro de cuenca..... | 53 |
| Figura 34: procesamiento para curva hipsométrica y frecuencia de altitudes. | 54 |
| Figura 35: pendientes de la cuenca Casitas - Bocapán..... | 54 |
| Figura 36: Longitud del cauce principal. | 55 |
| Figura 37: Jerarquización de cuenca | 56 |
| Figura 38: Mapa de método de creager. | 59 |

RESUMEN

El presente estudio de investigación denominado, “ESTIMACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO EN CUENCAS SECAS PARA DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA - CASO QUEBRADA CASITAS-BOCAPÁN TUMBES-2020”. Se encuentra estructurado en los siguientes 8 capítulos: introducción, Estado del arte, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Recomendaciones, Referencias Bibliográficas y Anexos. La quebrada Casitas Bocapán ubicada en los distritos de Casitas y Zorritos, es una de las, más grandes y caudalosas del departamento de Tumbes además es impactada por los eventos extremos que presentan y generan grandes daños ya sean por inundaciones y erosión, afectando gravemente a la agricultura, la economía, y amenazando vidas humanas, viviendas, así como infraestructuras públicas. Por lo tanto el presente trabajo de investigación tiene como objetivo estimar el caudal máximo para diseño de defensas ribereñas en la quebrada Casitas-Bocapán, para ello se hizo uso de la data de precipitación meteorológica Cañaverál, del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI luego con el uso de los métodos: Creager, Izskowski, Gumbel y Log Pearson III, se obtuvo como resultado la generación de caudales máximos para un periodo de 30 años siendo el máximo caudal de 661.08 m³/s valor obtenido en el año de 1998 y el caudal mínimo de 29.10 m³/s para el año de 1996. Mientras que el caudal de diseño para el periodo de retorno de 50 años es de 635.83 m³/s, Conociendo el caudal máximo de diseño, servirá como una herramienta técnica, para que las instituciones públicas y/o privadas, puedan utilizar para proponer estructuras de protección en las márgenes ribereñas.

Palabras clave: Cuenca Casitas-Bocapán, Caudal Máximo, Método Izskowski, Método Creager, Método de Gumbel, Método de Pearson III.

ABSTRAC

The present research study called, "ESTIMATION OF THE MAXIMUM FLOW IN DRY BASINS FOR RIBERAN DEFENSE DESIGN - CASITAS CASITAS-BOCAPÁN TUMBES-2020 CASE". It is structured in the following 8 chapters: introduction, State of the art, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Recommendations, Bibliographic References and Annexes. The Casitas Bocapán stream located in the districts of Casitas and Zorritos, is one of the largest and most abundant in the department of Tumbes, and is also impacted by extreme events that present and generate great damage, whether due to flooding and erosion, seriously affecting the agriculture, the economy, and threatening human lives, housing, as well as public infrastructure. Therefore, the present research work aims to estimate the maximum flow for riparian defense design in the Casitas-Bocapán creek, for this purpose, the Cañaveral meteorological precipitation data was used, from the National Meteorology and Hydrology Service - SENAMHI then With the use of the methods: Creager, Izskowski, Gumbel and Log Pearson III, the result was the generation of maximum flows for a period of 30 years, the maximum flow of 661.08 m³ / s being the value obtained in the year 1998 and the Minimum flow of 29.10 m³ / s for the year 1996. Knowing the maximum design flow, it will serve as a technical tool for public and / or private institutions to use to propose protection structures on the riverbanks.

Keywords: Casitas-Bocapán Basin, Maximum Flow, Izskowski Method, Creager Method, Gumbel Method, Pearson III Method.

I. INTRODUCCIÓN

(Martínez, 2019, pág. 15) El estudio hidrológico inicia con la evaluación en campo del cual se obtiene el conteo total de las fuentes de recursos hídricos superficiales existentes. Para el cálculo de caudales máximos se determinó las características geomorfológicas de la subcuenca del río Sayacc con el uso de programas de ingeniería, se consideró los datos hidrológicos de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Sachabamba para la obtención de caudales máximos. Se aplicó el método de número de curva del servicio de conservación de suelos para estimar la escorrentía de los eventos de lluvia, teniendo énfasis en el cálculo del número de curva que depende de los diferentes usos de suelo, cobertura vegetal y condiciones climáticas. El volumen calculado de caudal máximo es de 105,4 m³ s para un periodo de retorno de 50 años en zonas agrícolas como es el caso de nuestro estudio. Los resultados de la simulación hidráulica con el software Iber 2.3.2 revelaron la existencia de desbordes en los márgenes del río Sayacc, por lo cual se realizó una evaluación del diseño hidráulico más conveniente, esto sugiere la construcción de espigones como medidas de control de encauzamiento, así también se recomienda como nueva implementación la instalación de 4 lagunas de detención como disipadores de caudales picos

(García, 2018, pág. 14) en su Tesis “Determinación Del Caudal Máximo para Diseño de Defensas Ribereñas en el sector Tamarindo – Rio Tumbes 2018”, se realizó en el distrito de San Jacinto con el fin de determinar el caudal máximo de creciente mediante los dos métodos probabilísticos GUMBEL Y LOG PEARSON TIPO III que determinó un caudal de 3592.66 m³/s. Fue necesario contar con la simulación y el modelamiento hidráulico para complementar los cálculos y criterios aplicados al diseño y determinación del caudal máximo. Observando de esta manera las áreas inundables con y sin defensa del sector de trabajo. Se concluyó que la determinación del caudal máximo previa al diseño de una obra hidráulica. Mejora drásticamente la eficiencia estructural de la defensa ribereña. De la mano de la simulación y el modelamiento hidráulico se hizo una mejora técnica con respecto al diseño basado al caudal máximo del sector de riego Tamarindo.

(ANA, 2019) La Quebrada Bocapán es una de las más grandes del norte de Perú. Nace en La Choza, por la unión de las quebradas Cherrelique y Gramadal, y desemboca en el océano Pacífico, discurriendo en su totalidad por territorio peruano. El área total de su cuenca de drenaje es de 986 km².

Esta quebrada es bastante accidentada y solo produce un escurrimiento de agua en épocas de lluvia. Las pendientes son más pronunciadas en la parte alta de la cuenca y menos importantes en la parte baja, donde se forma un gran valle denominado Casitas que presenta características desérticas debido al carácter intermitente del curso de agua y la escasa vegetación existente. No existen datos de caudal.

La investigación se motivó a partir de los antecedentes que se han registrado en cada avenida sobre todo en los Fenómenos del Niño de los años 1983 y 1998, y el Fenómeno del Niño Costero en el año 2017, donde muchos agricultores perdieron gran parte de predios agrícolas ya en producción, lo cual afecta tremendamente la economía familiar y distrital, resaltando que la agricultura es la principal actividad económica, seguida de la ganadería, de la misma manera se deterioran las vías de acceso, dejando caseríos aislados, perjudicando indirectamente el comercio, además se ve amenazada la población debido a que existen sectores vulnerables de ser inundados, afectando viviendas, infraestructuras públicas y sobre todo vidas humanas.

La importancia de la investigación consiste en que se estimó el caudal máximo que servirá de insumo para la propuesta de diseño de defensa ribereña en la quebrada Casitas Bocapán – Tumbes 2021, con ello se busca aportar información sobre el comportamiento hidráulico de cuencas secas para desarrollar diseños de defensa ribereña y proteger los centros de producción y otros proyectos. Así mismo los resultados del trabajo de investigación permitieron plantear una data de caudales máximos a partir de la precipitación los cuales serán útiles como fuente de información para realizar diferentes proyectos.

II. ESTADO DEL ARTE

2.1 REVISIÓN LITERARIA

2.1.1. MÁXIMAS AVENIDAS

(Mochica, 2013, pág. 32) nos recuerda que, “se entiende como máxima avenida “un caudal muy grande de escorrentía superficial que sobre pasan la capacidad de transporte del cauce generando la inundación de tierras aledañas”.

(Mochica, 2013, pág. 32) un estudio de máximas avenidas se realiza para conocer con cierto nivel de confianza, la magnitud de la descarga en un determinado punto del cauce, esta descarga servirá a los ingenieros para que puedan realizar un adecuado diseño de estructuras hidráulicas (presas, bocatomas, alcantarillas, puentes, defensas ribereñas, etc.). La selección de un caudal de diseño menor a esta magnitud, traerá como consecuencia el colpasamiento de la estructura; y, por el contrario, la selección de un caudal de diseño mayor a esta magnitud, implicará un sobredimensionamiento de la misma. En consecuencia, con la adecuada selección del caudal de diseño, se evitará las fallas por defecto, y los gastos innecesarios por sobredimensionamiento.

El conocimiento de la magnitud de una máxima avenida, nos permitirá además tomar las medidas necesarias en las que corresponde a infraestructura de defensas ribereñas, y así poder controlar las erosiones e inundaciones a los principales centros de producción etc.

(Villon, 2002) Indica que los “Caudales máximos permiten diseñar: las dimensiones de un cauce, sistema de drenaje, muros de encauzamiento para proteger ciudades plantaciones, alcantarillas, vertederos de demasía, luz de puentes, debe estimar el caudal de diseño, que, para esos casos, son los caudales máximos.”

La magnitud del caudal de diseño, es función directa del periodo de retorno que se le asigne, el que a su vez depende de la importancia de la obra y de la vida útil de la misma.

2.1.2. MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE MÁXIMAS AVENIDAS

a) *Método de Creager*

(García M. , 2011) “Este método, originalmente desarrollado por Creager, fue adaptado para el territorio peruano por Wolfgang Trau y Raúl Gutiérrez Yrigoyen.” Así mismo indica que “La aplicación de este método permite la estimación de los caudales máximos diarios en cuencas sin información, para diferentes periodos de retorno, tomando el área de la cuenca como el parámetro de mayor incidencia en la ocurrencia de caudales máximos.”

$$Q_{max} = (C1 + C2) * \log(T) * A^{mA^{-n}}$$

Donde:

Q_{max} : caudal máximo para un periodo de retorno T seleccionado, en m³/s

A: área de la cuenca aportante, en km²

T: periodo de retorno, en años

C1, C2: coeficientes adimensionales de escala, por regiones hidráulicas

m, n: exponentes adimensionales, por regiones hidráulicas



Figura 1 Mapa de Regiones Hidráulicas del Perú de Creager

Para cada una de las zonas identificadas, se establece el conjunto de coeficientes y exponentes indicados en el cuadro siguiente:

Tabla 1: Coeficientes adimensionales de escala, por regiones hidráulicas.

| Región | C_1 | C_2 | m | n |
|--------|-------|-------|------|------|
| 1 | 1.01 | 4.37 | 1.02 | 0.04 |
| 2 | 0.10 | 1.28 | 1.02 | 0.04 |
| 3 | 0.27 | 1.48 | 1.02 | 0.04 |
| 4 | 0.09 | 0.36 | 1.24 | 0.04 |
| 5 | 0.11 | 0.26 | 1.24 | 0.04 |
| 6 | 0.18 | 0.31 | 1.24 | 0.04 |
| 7 | 0.22 | 0.37 | 1.24 | 0.04 |

a. Método de Iszkowski

$$Q = m C P (A * 10^{-3})$$

Q= descarga máxima (m3/seg.)

A= área de la cuenca (Km2)

P= precipitación total anual promedio (mm.)

m= factor por el tamaño de la cuenca

C= coeficiente de la morfología de la cuenca

b. Fórmula racional modificada

(Garcia M. , 2011) Normalmente la fórmula racional tiene aplicación para cuencas pequeñas, de hasta 10 ó 20 km2 según señalan algunos autores. Ello hace de este método un procedimiento ideal para la determinación del caudal Qmax en el diseño de sistemas de drenaje pluvial o en el proyecto de las obras de drenaje de carreteras. Cuando se aplica la fórmula racional a cuencas de mayor tamaño, usualmente se obtiene valores del caudal bastante elevados.

$$Q = \frac{CIA}{3.6} * K$$

Q: caudal de diseño, correspondiente al periodo de retorno seleccionado, en m3/s

A = Superficie de la cuenca (en Km2)

K = Coeficiente de uniformidad.

I = Intensidad de lluvia, en mm/h, correspondiente a la duración y período de retorno considerados.

C = Coeficiente de escorrentía.

c. Método del H.U. Triangular

(Garcia M. , 2011) Este método fue originalmente desarrollado por Mockus y posteriormente adoptado por el Soil Conservation Service (S.C.S.). Proporciona los parámetros fundamentales del hidrograma, como son: caudal pico (Qp); tiempo base (tb) y tiempo en el que se produce el pico (tp).

$$Qp = 0.208 \frac{A \cdot Pe}{tp}$$

donde:

Q_p - caudal máximo o pico, en m^3/s

A - área de la cuenca, en Km^2

Pe - altura de precipitación en exceso, en mm

T_p - tiempo pico, en hr

T_b - tiempo base, en hr

PERIODO DE RETORNO

(Villon, 2002) refiere al periodo de retorno como el intervalo de tiempo, dentro del cual un evento de magnitud Q puede ser igualado o excedido por lo menos una vez en promedio,

Si un evento igual o mayor a Q , ocurre una vez en T años, su probabilidad de ocurrencia P , es igual a $1/T$ en casos, es decir:

$$P = \frac{1}{T} \text{ o } T = \frac{1}{P}$$

Donde:

P = Probabilidad de ocurrencia de un caudal Q .

T = Periodo de Retorno

Tabla 2: Periodo de retorno de diseño recomendado para estructuras menores

| Tipo de estructura | Periodo de retorno (años) |
|--|--------------------------------------|
| Puente sobre carretera importante | 50 – 100 |
| Puente, alcantarillas sobre carretera menos importante | 25 |
| Alcantarillas sobre camino secundario | 5 – 10 |
| Drenaje lateral de los pavimentos. | 1 – 2 |
| Drenaje urbano | 2 – 10 |
| Drenaje agrícola | 5 – 10 |
| Muros de encauzamiento | 2 – 50 |
| Puente sobre carretera importante | 50 – 100 |

Fuente: (Villon, M, 2002)

(Chávez, 2005), la selección de la avenida de diseño debe considerarse los beneficios que se espera obtener con la construcción de la obra, los problemas constructivos que influyen particularmente en la protección de zonas agrícolas y/o urbanas, los beneficios por la disminución en las pérdidas materiales y humanas, entre otros.

2.1.2 LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS O PROBABILÍSTICOS

(basados en la existencia de información hidrométrica o de aforos)

(Tenazoa, 2018) “Estos métodos permiten a través de un registro histórico de máximas avenidas, estimar la avenida de diseño mediante su probable distribución en diversos periodos de retorno.”

Cuanto mayor sea el tamaño del registro o extensión de la información, mayor será también la aproximación del cálculo del caudal de diseño.

Existen varios métodos estadísticos para realizar el estudio de caudales máximos y poder determinar el caudal de diseño, entre ellos y los usados tenemos:

a. Distribución Gumbel.

Las distribuciones de valores extremos del fenómeno de las máximas avenidas, pueden expresarse en la forma:

$$Q_{tr} = \bar{Q} + \frac{\sigma Q}{\sigma n} (\bar{W} - \bar{Y}_n)$$

Donde:

Q_{tr} = Caudal de diseño para un tiempo de retorno (Tr)

Q = La media de la serie Q

σ_Q = Desviación típica de la serie Q

W = Variable reducida

\bar{Y}_n = Media de la Variable Reducida

σ_n = Desviación de la variable reducida

Tabla 3: Valores de y_n, σ_n en función de n (número de datos)

| n | y_n | σ_n | n | y_n | σ_n | n | y_n | σ_n |
|----|--------|------------|----|--------|------------|------|--------|------------|
| 8 | 0.4843 | 0.9043 | 26 | 0.532 | 1.0961 | 44 | 0.5458 | 1.1499 |
| 9 | 0.4902 | 0.9288 | 27 | 0.5332 | 1.1004 | 45 | 0.5463 | 1.1519 |
| 10 | 0.4952 | 0.9497 | 28 | 0.5343 | 1.1047 | 46 | 0.5468 | 1.1538 |
| 11 | 0.4996 | 0.9676 | 29 | 0.5353 | 1.1086 | 47 | 0.5473 | 1.1557 |
| 12 | 0.5053 | 0.9833 | 30 | 0.5362 | 1.1124 | 48 | 0.5477 | 1.1574 |
| 13 | 0.507 | 0.9972 | 31 | 0.5371 | 1.1159 | 49 | 0.5481 | 1.159 |
| 14 | 0.51 | 1.0095 | 32 | 0.538 | 1.1193 | 50 | 0.5485 | 1.1607 |
| 15 | 0.5128 | 1.0206 | 33 | 0.5388 | 1.1226 | 100 | 0.56 | 1.2065 |
| 16 | 0.5157 | 1.0316 | 34 | 0.5396 | 1.1255 | 150 | 0.5646 | 1.2253 |
| 17 | 0.5181 | 1.0411 | 35 | 0.5403 | 1.1285 | 200 | 0.5672 | 1.236 |
| 18 | 0.5202 | 1.0493 | 36 | 0.541 | 1.1313 | 250 | 0.5688 | 1.2429 |
| 19 | 0.522 | 1.0566 | 37 | 0.5418 | 1.1339 | 300 | 0.5699 | 1.2479 |
| 20 | 0.5236 | 1.0628 | 38 | 0.5424 | 1.1363 | 400 | 0.5714 | 1.2545 |
| 21 | 0.5252 | 1.0696 | 39 | 0.543 | 1.1388 | 500 | 0.5724 | 1.2588 |
| 22 | 0.5268 | 1.0754 | 40 | 0.5436 | 1.1413 | 750 | 0.5738 | 1.2651 |
| 23 | 0.5283 | 1.0811 | 41 | 0.5442 | 1.1436 | 1000 | 0.5745 | 1.2685 |
| 24 | 0.5296 | 1.0864 | 42 | 0.5448 | 1.1458 | | | |
| 25 | 0.5309 | 1.0915 | 43 | 0.5453 | 1.148 | | | |

b. Distribución Log Pearson Tipo III

(MONSALVE, 1995) Existen métodos que simplifican todo el procedimiento de cálculo de los parámetros de Log Pearson, por la complejidad de desarrollar estas ecuaciones; una manera rápida es utilizando una forma simplificada, y utilizando tablas especialmente elaboradas, la cual relaciona el coeficiente de asimetría con la probabilidad y periodo de retorno, estableciéndose la siguiente ecuación:

$$\text{Log}Q_{tr} = \overline{\text{Log}Q} + K_{tr} \times \sigma \text{Log}Q$$

Donde:

- $\overline{\text{Log}Q}$: Logaritmo de la media

$$\overline{\text{Log}} = \frac{\sum \text{Log}Q_i}{n}$$

- Logaritmo de la desviación estandar

$$|\sigma \text{Log}Q = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log}Q - \overline{\text{Log}Q})^2}{n-1}}$$

- **Métodos históricos**

(Tenazoa, 2018) Este método está basado en que el cálculo de la avenida, está referida a los máximos niveles alcanzados por el agua y que quedan señalizados en algún punto del cauce del río o fuera de él.

Para ello será necesario recopilar los datos acerca de las avenidas ocurridas, pero presenta dificultades respecto la carencia de datos, así como la calidad de la información que se pueda percibir.

- **Métodos directos o hidráulicos**

(Tenazoa, 2018) Para determinar el caudal máximo, es necesario conocer ciertos parámetros, los mismos que se obtendrán directamente en el campo, es decir en el lugar de emplazamiento de la estructura proyectada o llamado también punto de interés, para lo cual será necesario disponer de:

Levantamiento topográfico a curvas de nivel y se presenta en los Planos en Planta.

Perfil longitudinal del cauce del río en una longitud mínima de 500 m agua arriba y 500m aguas abajo del punto de interés.

Plano de sección transversal del río, donde se debe indicar el nivel de aguas máximas extraordinarias.

Luego se determinan los siguientes parámetros:

- Área hidráulica máxima (A)
- Rugosidad del cauce en el punto de interés (n)
- Pendiente (s) del cauce en la sección de interés.
- Radio Hidráulico máximo (R)

Luego, estos valores se remplazarán en la ecuación de Manning, obteniéndose así el caudal máximo en m³/seg

- **Métodos estadísticos probabilísticos**

(Tenazoa, 2018) Permiten a través de un registro histórico de máximas avenidas, estimar la máxima avenida de diseño por si extrapolación mediante su probable distribución en diversos periodos de retorno. Se presentan dos casos:

➤ Con registro aceptable de 50 años, en este periodo se han dado avenidas de moderadas a bajas y al extrapolar un periodo de retorno, lo más probable es que de un valor bajo.

➤ Para las mismas condiciones de 50 años, se presentan avenidas extraordinarias.

La excesiva extrapolación puede acarrear errores de apreciación en ambos extremos.

- **Métodos hidrológicos**

(Tenazoa, 2018) Tienen como objetivo la representación matemática del proceso o fenómeno de la formación de la avenida. Se estiman precipitaciones pluviométricas de duración y periodo de retorno determinado, se calcula el escurrimiento que se genera en un punto de la corriente estudiada, hasta establecer o dibujar el probable hidrograma.

Reproducen en forma aceptable el fenómeno, en base a parámetros como precipitaciones máximas y características físicas de la cuenca. Existen desventajas al extrapolar algunas de sus variables, por la irregularidad de las lluvias en la cuenca, y determinar las pérdidas por infiltración, que pueden distorsionar al estimar las avenidas a partir de las lluvias. Entre los métodos hidrológicos sobresalen:

- Método de Hidrograma Unitario, triangulares, sintéticos, adimensionales, instantáneos, etc.
- Método de Isócronas(racional)
- Método de Isoyetas

Con la definición de la información hidrométrica de los cursos de agua que drenan en una cuenca, considerando las características fisiográficas, geomorfológicas y de

la cobertura vegetal, se podrá aplicar metodologías o relaciones matemáticas existentes, que más se ajustan a la realidad geográfica de la zona.

2.1.3 DEFENSA RIBEREÑA

(Teran, 1998) “Son estructuras que protegen de las crecidas de los ríos las áreas aledañas a estos cursos de agua. La protección contra inundaciones incluye tanto los medios estructurales como los no estructurales, que dan protección o reducen los riesgos de inundación.

a. Medidas de prevención

(Teran, 1998) “son el conjunto de medidas tendientes a solucionar o prevenir problemas generados por la energía erosiva del agua. Entre las medidas de prevención y control se tiene”.

b. Medidas agronómicas

(Teran, 1998) Estas son las mejores defensas contra la inundación y la erosión del río, y viene a ser el conjunto de variedades de árboles y arbustos de buena densidad, que existe en ambos márgenes del lecho de río, manteniendo espesores de 30 - 40 m, que es la garantía de su protección.

- Defensas vivas-forestadas
- Defensas vivas-naturales

c. Medidas estructurales.

(Teran, 1998) “Son todas aquellas medidas que consisten en estructuras diseñadas en base a los principios de la ingeniería, para controlar la erosión producto de la escorrentía superficial”.

En la hidrología, es necesario tener en cuenta los registros hidrológicos, es decir las descargas de los ríos y la frecuencia con las que estas se producen; por lo general se recomienda 50 años de registro anteriores al año de ejecución, para determinar el periodo de retorno y la descarga máxima de diseño.

En hidráulica, se debe recabar datos en lo concerniente a pendiente, sección estable, tirante, sedimentación, socavación, etc.; para el diseño de la estructura.

Los tipos de estructuras más utilizadas en la previsión y control de la erosión en las riberas de los ríos, son:

PERMANENTES

- **Diques enrocado**

(Teran, 1998) Son estructuras conformadas en base a material de río dispuesto en forma trapezoidal y revestido con roca pesada en su cara húmeda; pueden ser continuos o tramos priorizados donde se presenten flujos de agua que actúan con gran poder erosivo.

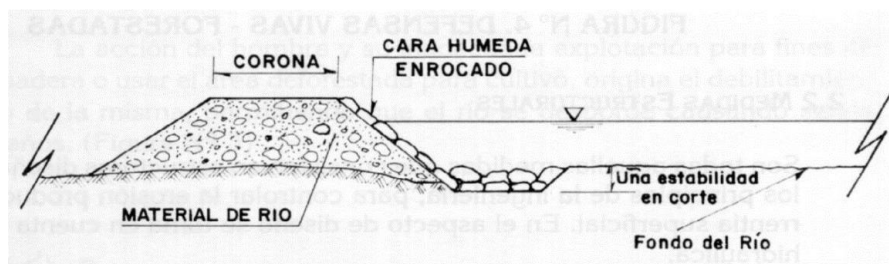


Figura 2: Defensa Ribereña Permanente tipo Dique enrocado.

- **Enrocados con roca al volteo**

(Teran, 1998) “Son los revestidos con roca pesada al volteo o colocado en forma directa por los volquetes, puede ser en forma parcial, solo la cara húmeda o en forma total, uña y cara húmeda”.

- **Con roca colocada**

(Teran, 1998) “Cuando la roca es colocada con empleo de cargador frontal, excavadora o pala mecánica, en la uña y cara húmeda de terraplén. El volumen de roca empleado es menor y el talud que se logra es estable y guarda las especificaciones de diseño”

- **Presas de regulación**

(Teran, 1998) “Se emplean en aquellos lugares donde la estabilización de los ríos no es suficiente con la protección de las riberas. Estas presas regulan el caudal de descarga, almacenando el agua en los momentos de descarga máxima”.

- **Gaviones**

(Teran, 1998) “Son estructuras flexibles construidas por una red de mallas hexagonal tejidas a doble torsión. Se compone de alambre galvanizado con un recubrimiento plastificado, que debe garantizar una vida útil adecuada del alambre.”

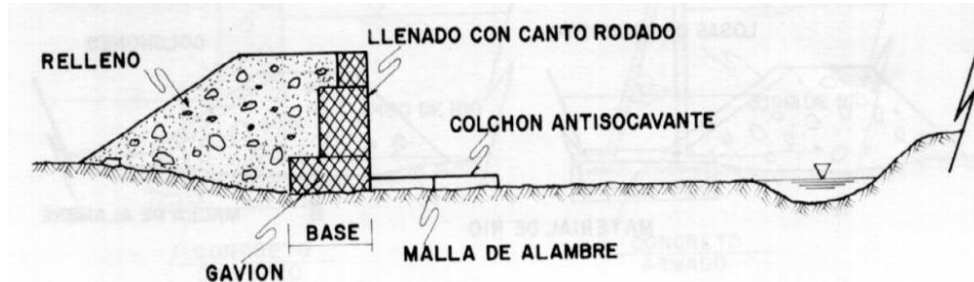


Figura 3: Defensa Ribereña Permanente tipo Gaviones.

TEMPORALES

- **Espigones**

(Teran, 1998) Dentro de las obras de carácter temporal, son las que demuestran mayor eficiencia de trabajo de control. En si vienen a ser acumulaciones de material de río dispuestos en forma trapezoidal, revestidas con roca pesada. Construidos con empleo de maquinaria, los espigones van dispuestos en forma perpendicular o paralelos al flujo del río, con longitudes variables de 50 a 100 m y espaciamientos entre sí de 50 a 200 m. , en este caso se denominan deflectores disipadores.

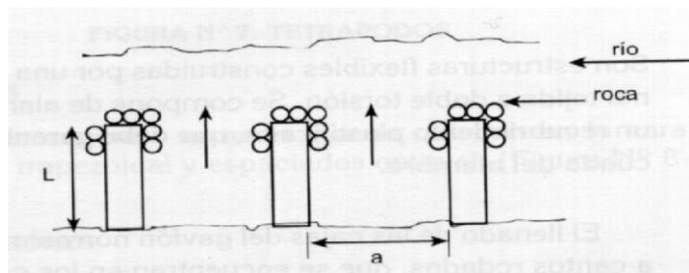


Figura 4: Defensa Ribereña Temporales tipo Espigones.

- **Rayado o terraplenes.**

(Teran, 1998) Consiste en la acumulación de material de río mediante maquinaria pesada, por lo general tractores de oruga; esta acumulación se hace

con el objeto de desviar el flujo y proteger terrenos de cultivo; este material arrimado por lo general toma la forma trapezoidal con dimensiones de 15 m de base mayor por 5 m de corona y alturas variables de 2 a 2.5 m en función de caudal, y sección estable. El material de acumulación no es compactado, en otros casos solo se acumulan frente a los terrenos de cultivo, tratando de profundizar el cauce. Estos trabajos son ejecutados anualmente ya sea por cuenta estatal o por los propios agricultores, siendo sus resultados bastante irregulares, ya que por lo general con una descarga de 400 m³/seg., fácilmente lo erosiona debido al flujo concentrado en la zona de trabajo

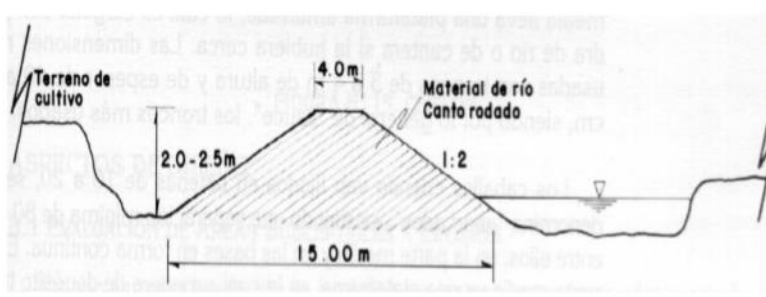


Figura 5: Defensa Ribereña Temporales tipo Terraplenes.

- **Limpieza de cauce**

(Teran, 1998) Consiste en la limpieza y uniformización del cauce del río mediante el empleo de maquinaria pesada para obtener así una sección estable, tratando de recuperar la pendiente de equilibrio del río en tramo crítico

La profundidad de corte de la parte central es en promedio 1.5 m con respecto al nivel de las formaciones de la terraza ultima o nivel de terreno a proteger; del a la formación de la terraza ultima o nivel de terreno a proteger; estableciendo un ancho mínimo estable de 60 m., lo cual permite en las primeras avenidas definir un cauce no erosivo.

2.1.4 EROSIÓN

(Teran, 1998) Es un proceso destructivo de los materiales de la corteza terrestre por acción de los procesos geológicos, que implica fractura miento, fisura miento,

alteración física y/o química hasta el momento de arranque de los materiales, sin considerar el transporte. Los agentes erosivos son: agua, viento y el hombre mismo.

La erosión es una fase del proceso de degradación, el cual tiene 3 fases: erosión, transporte y sedimentación.

La erosión fluvial es un trabajo continuo que realizan las aguas corrientes sobre la superficie terrestre. La erosión fluvial considerando el drenaje socava el valle en forma de V (perfil transversal), causando la profundización del cauce, el ensanchamiento y el alargamiento; según el estado de desarrollo hará más o menos intenso el proceso.

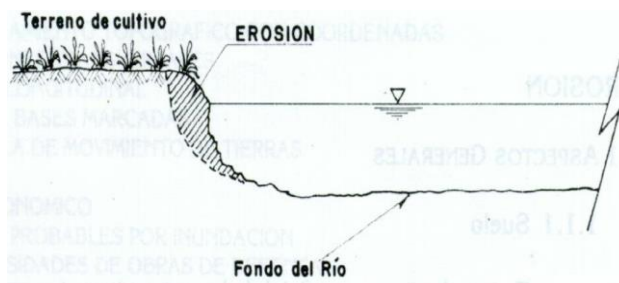


Figura 6: Mecanismo de la erosión por agua

- ***Mecanismo de la erosión por el agua.***
Los pasos principales de la erosión son:
 - ***La acción del agua en el suelo, el desprendimiento de las partículas y su transporte.***
 - El desprendimiento se produce por el impacto de las gotas de lluvia.

El transporte es el movimiento o traslado del suelo por el agua de escorrentía, llevándolo de un lugar a otro.

2.1.5 INUNDACIONES

Según (INDECI, 2008) “Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes”.

Las inundaciones generan daños para la vida de las personas, sus bienes e infraestructura, pero además causan daños sobre el medio ambiente y el suelo de las terrazas de los ríos. Las inundaciones son causas de la erosión y sedimentación de las fuentes de agua.

2.1.6 RIESGO

(INDECI, 2008) “es la estimación o evaluación matemática de pérdidas de vidas, daños a bienes materiales, a la propiedad económica, para un período específico y áreas conocidos, de un evento específico de emergencia. Se calcula en función del peligro y la vulnerabilidad”

2.1.7 VULNERABILIDAD.

(INDECI, 2008) Refiere como el grado de resistencia y exposición física social de un elemento o conjunto de elementos (vidas humanas, patrimonio, servicios vitales, infraestructura, áreas agrícolas y otros), como resultado de la ocurrencia de un peligro de origen natural o inducido por el hombre. Se expresa en términos de probabilidad en porcentaje de 0 a 100. Es el grado de facilidad con que estos elementos sufren daños por exposición al peligro.

a. Vulnerabilidad de las infraestructuras de servicio público.

(INDECI, 2008) Son infraestructura de servicio público, los puentes, bocatomas, carreteras, canales de irrigación, instalación de suministros de energía eléctrica, instalaciones de comunicaciones, etc. que están expuestos frente a la ocurrencia de un peligro y que pueden ser cuantificados matemáticamente, su colapso está en función del diseño bajo los conocimientos predominantes del juicio ingenieril.

b. Vulnerabilidad de la vida humana.

(INDECI, 2008) Las vidas humanas pueden o no estar expuestas a la ocurrencia de un peligro debido a que las reactivaciones de las alertas, salvo en casos de algún tipo de falla en el sistema de comunicaciones y alertas, por lo tanto, esta vulnerabilidad es casual.

c. Vulnerabilidad de las áreas agrícolas.

(INDECI, 2008) Las áreas agrícolas comprenden los suelos de cultivo, donde existen productos vegetales de sustento económico para la población, que están expuestos a la ocurrencia de un peligro y que pueden ser también cuantificados matemáticamente.

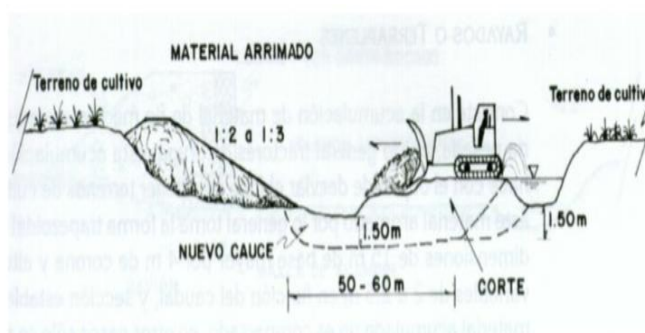


Figura 7: Vulnerabilidad de áreas agrícolas

2.1.8 HIDROLOGÍA

a. Cuenca hidrográfica

(Vasquez, 2016) “es definida como el área geográfica natural o unidad de territorio delimitada por una divisoria topográfica (Divortium Aquarum), que capta las precipitaciones y drena el agua de escorrentía hacia un colector común, denominado río principal.”

(Ordoñez, 2011) “se refiere a la definición geográfica de la misma, es el contorno o límite de la misma que drena agua en un punto en común.”

(Bateman, 2007) es un sistema dinámico de flujo de agua y sedimentos que controlan la función biológica de la tierra, son los corredores activos más importantes que tiene la naturaleza depende de estos para el equilibrio de la vida.

(Rocha, 1998), en “Introducción a la Hidráulica Fluvial”, menciona: “un río puede definirse como un sistema de canales naturales (cursos de agua) por medio de los cuales se descarga el agua de la cuenca” El Diccionario de la Lengua Española lo define como "corriente de agua continua, más o menos caudalosa que va a

desembocar en otra, en un lago o en el mar". La palabra río viene del latín riuus, rivus: arroyo. El río es, pues, el elemento de drenaje de la cuenca.

b. Parámetros de cuenca

- **Delimitación de cuenca (área)**

(Gamez, 2009) La cuenca está delimitada por una línea imaginaria llamada Divortium Aquarum, que es el lugar geométrico de todos los puntos de mayor nivel topográfico que divide el escurrimiento entre cuencas adyacentes.

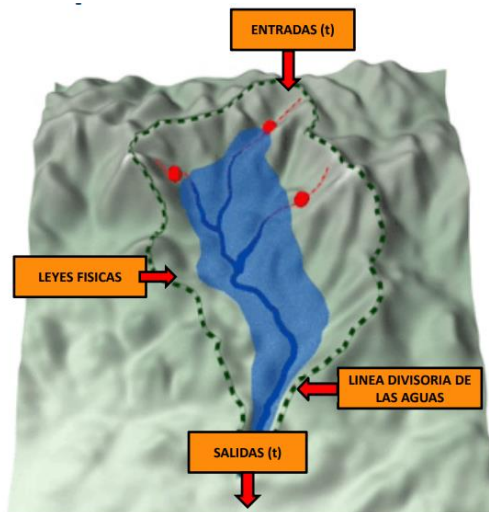


Figura 8: Delimitación de cuenca

- **Perímetro**

(Moreno, 2013) En cuanto al perímetro de la cuenca (P), informa sucintamente sobre la forma de la cuenca; para una misma superficie, los perímetros de mayor valor se corresponden con cuencas alargadas mientras que los de menor lo hacen con cuencas redondeadas.

- **Ancho**

(Moreno, 2013) Se define como la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L); se designa por la letra W de forma que:

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

Dónde:

A: superficie de la cuenca en km².

L: longitud de la cuenca en km.

- **Longitud del cauce principal**

(Moreno, 2013) La longitud L de la cuenca viene definida por la longitud de su cauce principal, siendo la distancia equivalente que recorre el río entre el punto de desagüe aguas abajo y el punto situado a mayor distancia topográfica aguas arriba. Al igual que la superficie, este parámetro influye enormemente en la generación de escorrentía y por ello es determinante para el cálculo de la mayoría de los índices morfométricos.

- **Desnivel altitudinal**

(Moreno, 2013) Es el valor de la diferencia entre la cota más alta de la cuenca y la más baja. Se relaciona con la variabilidad climática y ecológica puesto que una cuenca con mayor cantidad de pisos altitudinales puede albergar más ecosistemas al presentarse variaciones importantes en su precipitación y temperatura.

$$DA = Cota\ mayor - cota\ menor$$

- **Coeficiente de Gravelius**

(Tenazoa, 2018) Es la relación entre el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia de un círculo de área igual a la de la cuenca.

La ecuación se define de la siguiente manera:

$$K_C = 0.28 \frac{P}{A^{\frac{1}{2}}}$$

Donde:

KC = Índice de compacidad (adimensional)

A = Área de la cuenca en km²

P = Perímetro de la cuenca en km

- **Rectángulo equivalente**

Supone la transformación geométrica de la cuenca real en una superficie rectangular de lados L y l del mismo perímetro de tal forma que las curvas de nivel se convierten en rectas paralelas a los lados menores del rectángulo (l). Esta cuenca teórica tendrá el mismo Coeficiente de Gravelius y la misma distribución altitudinal de la cuenca original.

$$L = \frac{Cg \sqrt{A}}{1.12} \left[1 \pm \sqrt{1 - \frac{(1.12)^2}{Cg}} \right]$$

- **Pendiente media del cauce principal**

(Tenazoa, 2018) El agua superficial concentrada en los lechos fluviales, escurre con una velocidad que depende directamente del declive de estos, así a mayor declividad abra mayor velocidad de escurrimiento. La pendiente media de la quebrada, es un parámetro empleado para determinar la declividad del curso del agua entre dos puntos, que generalmente lo constituye la naciente y su desembocadura en otro río.

La fórmula es la siguiente:

$$S = \frac{HM - Hm}{L}$$

Siendo:

S = Pendiente media de la quebrada

L = Longitud del cauce principal en m

HM = Altitud maxima msnm

Hm = Altitud minima msnm

- **Pendiente media de la cuenca**

(Campomanes, 2015) Es el promedio ponderado entre todas las pendientes que corresponden a las áreas fundamentales en las que se pueda considerar constante a la pendiente Máxima. Esta pendiente se calcula desde tiempos antiguos al dividir el desnivel de cotas con la longitud del cauce Su fórmula matemática es:

$$S = \frac{\Delta H}{L}$$

- **Curva hipsométrica**

(Villon, 2002) “Es la curva que, puesta en coordenadas rectangulares, representa la relación entre la altitud y la superficie de la cuenca que queda por debajo de dicha altitud”. Para realizar esta curva se siguen los siguientes pasos:

- Se marcan sub áreas de la cuenca siguiendo las curvas o también llamadas ondas de nivel, por ejemplo, de 100 en 100 m.
- Con el planímetro o balanza analítica, se determinan las áreas parciales de esos contornos.
- Se determinan las áreas acumuladas, de las porciones de la cuenca.
- Se determina el área acumulada que queda sobre la altitud del contorno.
- Se plotean las altitudes, versus las correspondientes áreas acumuladas que quedan sobre las altitudes.

- **Perfil longitudinal**

(Villon, 2002) refiere, que esta grafica se puede obtener al plotear la proyección Horizontal del Cauce vs su altitud o cota.

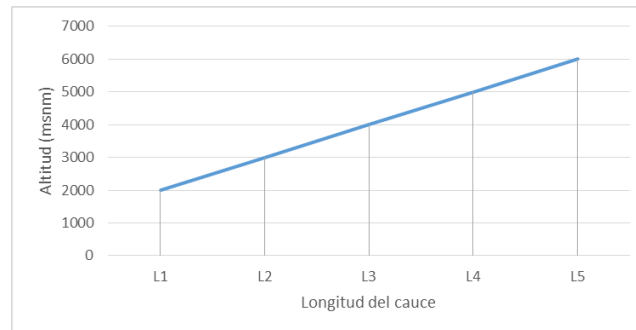


Figura 9 Perfil Longitudinal

- **Jerarquización de red fluvial**

(Villon, 2002) manifiesta, que antes de enfocarnos en el orden de las corrientes que pertenecen a la cuenca, debemos conocer la clasificación de cada una de ellas, que dependen exclusivamente de el escurrimiento y condiciones climáticas de la conocida Cuenca Hidrográfica.

Estas corrientes pueden ser:

- **Corriente Efímera:** Esta corriente solo conduce agua cuando hay precipitaciones, luego se seca

- **Corriente Intermittente:** Lleva agua la mayor parte del año, principalmente en épocas de precipitaciones fuertes, este aporte desciende cuando el Nivel Freático o la también conocida Tabla de Agua desciende por debajo del lecho del cauce
- **Corriente Perenne:** Contiene agua todo el año, ya que aun en épocas de sequía en abastecida por el Nivel Freático que se encuentra por encima del lecho del Cauce.

Por lo que llega a la conclusión, de que el orden de la cuenca, es una clasificación que nos da como resultado el grado de ramificación dentro de la cuenta. Para hacer esto debemos contar con unos planos donde estén bien definidos cada corriente o afluente ya sean Efímeras, Intermittentes o perennes

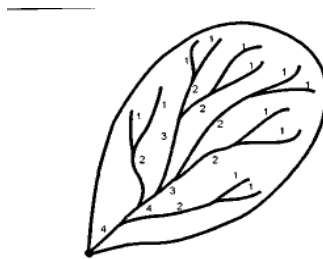


Figura 10: Jerarquización de red fluvial

- **Densidad de drenaje.**

(Tenazoa, 2018) Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total.

$$D_d = \frac{\sum Lu}{A}$$

Donde

D_d = Densidad de drenaje (en km/km²),

$\sum Lu$ = Longitud total de cauces (en km)

A = Área total de la cuenca en km².

2.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

Caudal: “Cantidad de agua que pasa por un punto específico en un sistema hidráulico en un momento o período dado”. (LLamas, 1993)

Caudal máximo: Para la determinación del caudal máximo instantáneo (q_{max}) ocurrido en una sección de control, en un lapso determinado, generalmente durante el transcurso del pasaje de una onda de avenida, debe disponerse de un instrumento registrador. Se expresan en m^3/s y se le asocia la fecha en que se ha registrado. (Ordoñez, 2011)

Cauce: “también denominado lecho, es el conducto descubierto o acequia por donde corren las aguas para riegos u otros usos”. (Ordoñez, 2011)

Defensa ribereña: “Las defensas ribereñas son estructuras construidas para proteger de las crecidas de los ríos las áreas aledañas a estos cursos de agua”. (Machuca, 2014)

Cuenca hidrográfica: Se refiere al espacio delimitado por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas (*Divortium aquarum*) que forman el río principal o el territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas a través de un único río. (Ordoñez, 2011)

Erosión: “Es la pérdida del suelo, principalmente por factores como las corrientes de agua y de aire, en particular en terrenos secos y sin vegetación, además el hielo y otros factores”. (Mamani, 2018)

Erosión hídrica: Producida por el agua de lluvia a través del golpeteo de sus gotas sobre la superficie del terreno y cambios en regímenes de humedad, generando desprendimiento y arrastre de partículas y masas de suelo. La intensidad de la lluvia es el factor primordial del fenómeno. (Mamani, 2018)

Inundación: Es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta, bien por desbordamientos de ríos, por la subida de los niveles de agua por encima del nivel habitual o por avalanchas causadas por maremotos. (INDECI, 2017)

Fenómeno del niño: provoca un aumento anormal de las temperaturas del mar debido al cambio en las corrientes marinas del océano Pacífico. (INDECI, 2017)

Periodo de retorno Refiere al periodo de retorno como el intervalo de tiempo, dentro del cual un evento de magnitud Q puede ser igualado o excedido por lo menos una vez en promedio. (Campomanes, 2015)

Precipitación: Se entiende así a la caída de partículas líquidas o sólidas de agua, conformando la fase de ciclo hidrológico que da origen a todas las corrientes superficiales y profundas. (Villon, 2002)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

La zona de estudio, la quebrada Casitas-Bocapán, se encuentra ubicada al norte del país en el departamento de Tumbes, provincia de Contralmirante Villar, en los distritos de Zorritos y Casitas. La provincia a la cual pertenecen ambos distritos limita por el norte y oeste con el océano pacifico, por el este con la provincia de Tumbes y por el sur con el departamento de Piura.

En la cuenca Casitas Bocapán se encuentran los siguientes caseríos pertenecientes al distrito de Casitas: La Choza, Cherrelique, Bellavista, El Palmo, Tacna Libre, Cañaverall, Casitas, La Rinconada, Huaquillas, Charanal, Tamarindo, Averías, Pueblo Nuevo, La Pampa y Trigal; y por el distrito de Zorritos abarca los caseríos de Suarez, Pedregal, Huacura y Bocapán lugar en donde desemboca la quebrada.

3.1.2 UBICACIÓN POLÍTICA

- **Región:** Tumbes
- **Departamento:** Tumbes
- **Provincia:** Contralmirante Villar.
- **Distritos:** Casitas y Zorritos



★ Distritos a los que pertenece la cuenca de la quebrada Casitas Bocapán

Figura 11: Ubicación política de la cuenca de Casitas - Bocapán.

3.1.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Coordenadas UTM: 531527.42 m E

9587967.74 m S

Límites:

Norte: Océano Pacífico

Sur: Cuenca Puyango Tumbes - Cuenca Fernández

Este: Cuenca Puyango Tumbes – Intercuenca 13939

Oeste: Cuenca quebrada, Seca – Intercuenca 13935



Figura 12: Ubicación geográfica de la cuenca Casitas - Bocapán.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua – ANA

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 MATERIALES

- **Libreta de campo:** para plasmar información obtenida en el campo
- **Lapicero:** para apuntes en la libreta
- **Encuestas:** para recolectar información de moradores de la zona, para luego ser analizada y procesada mediante cuadros estadísticos.
- **Data de precipitación:** mediante esta información se procedió a calcular caudales máximos. (anexos)
- **Cartas Nacionales:** para la parte hidrológica
- **Imágenes satelitales:** para georreferenciar

3.2.2 EQUIPOS

- **Cámara fotográfica:** para capturar evidencias del trabajo realizado
- **Laptop hp (CORE i5) :** para procesar la información recolectada en el campo, realizar el informe, y uso de software, ArcGIS, Word, Google Earth Pro, entre otros
- **Gps.** para georreferenciar ubicaciones

3.2.3 SOFTWARE

- **Google Earth Pro:** Para ubicar satelitalmente la cuenca a estudiar.
- **Google Mapper 18. (64 bits):** complemento del google Earth para la delimitación de cuenca
- **ArcGIS 10.8:** para hallar los parámetros geomorfológicos de la cuenca.
- **Excel versión 2016:** para realizar tablas y cálculos que se requiere
- **Word versión 2016:** para redactar el informe de tesis.
- **HCANALES:** para calcular caudal

3.3 MÉTODOS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 TECNICAS

Las técnicas que se emplearon fueron los sistemas de información geográfica, hidrológica, ArcGIS 10.8, métodos empíricos como modelo de Creager Iszkowski,

además de modelos matemáticos como es el modelo Gumbel y Pearson tipo III, así mismo se empleó la parte de recopilación de datos de campo, para desarrollar Manning que fue útil para validar la información obtenida por los métodos antes mencionados.

3.3.2 INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- a. Cartas nacionales:** Se utilizaron en la parte hidrológica, para la determinación de parámetros de cuenca, se descargaron de la siguiente página <http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/> una vez descargados los cuadrantes 8bc y 9bc, zona 17 donde se encuentra ubicada la cuenca de la quebrada Casitas Bocapán, se procesó la información en el software “ArcGIS 10.8” en donde se obtuvieron los parámetros de cuenca, principalmente se necesitó el área de cuenca, dato indispensable para continuar con los métodos de estimación de caudal como Creager e Iszkowski y posteriormente calcular un caudal de diseño mediante Gumbel y Pearson tipo III.
- b. Data de precipitación:** El ámbito de la quebrada Casitas Bocapán, carece de estación Limnimétrica o limnigrafica, presentada esta situación el único dato que tenemos es el registro que brinda la estación meteorológica de Cañaverál, el cual ha sido descargado de la página de SENAMHI (<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>) e información que brinda el Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes – PEBPT, La precipitación se encuentra registrada por hora, la cual se procesó en el software Excel para obtener una data de precipitación anual (adjunto en anexo 8.2), con esta información se pudo trabajar los métodos como lo es Iszkowski y por medio de este obtener una data de caudales máximos.
- c. Data de caudales:** se obtuvo mediante los métodos de Iszkowski y Creager a base de la data de precipitación, esta información nos fue útil para determinar el caudal máximo de diseño para defensas ribereñas en la quebrada Casitas Bocapán mediante los métodos de Gumbel y Pearson Tipo III.

d. Recopilación de datos de campo: como testimonio de personas de la zona además se identificó una sección estable de la quebrada para validar los datos obtenidos mediante Manning.

3.3.3 MÉTODO

c. Parámetros Geomorfológicos

Para obtener los parámetros geomorfológicos de cuenca se utilizaron cartas nacionales y el software ArcGIS, conforme a la siguiente metodología:

- **Obtención del Modelo Digital de Elevaciones DEM.**

Para obtener el DEM fué necesario contar con las cartas nacionales con información de Curvas de nivel de la zona en estudio disponibles en el portal del MINEDU PERÚ. Por lo tanto, se ubicó la zona de estudio en este caso las cartas identificadas con 08b, 08c, 09b, 09c de las cuales se descargó la información.

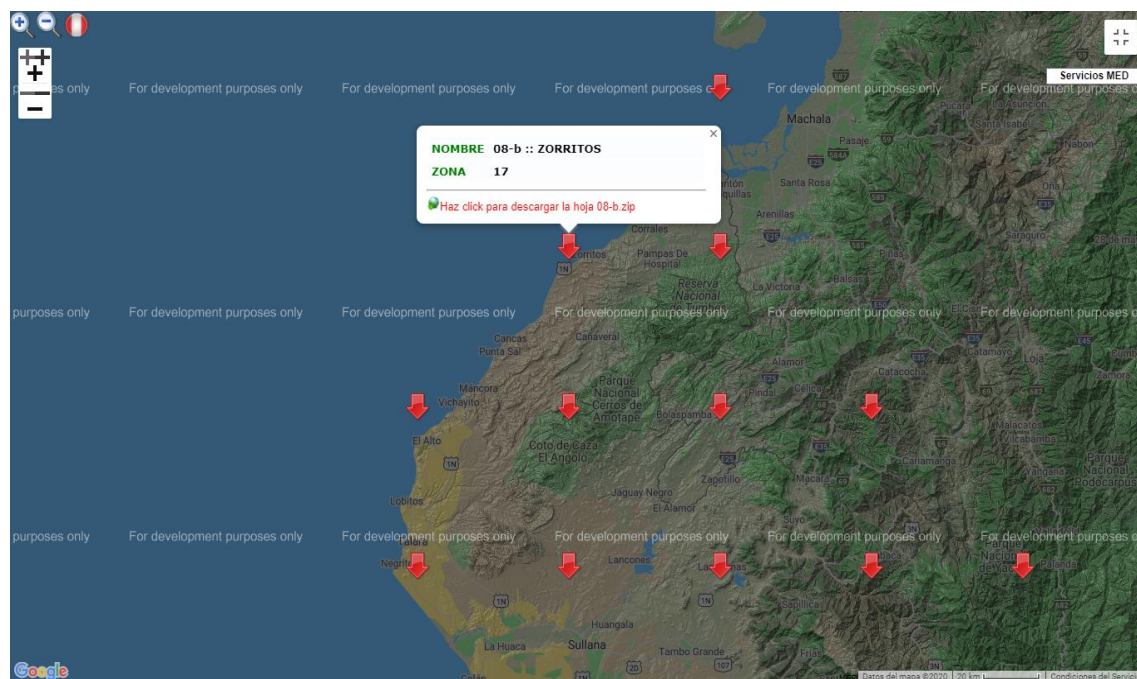


Figura 13: Obtención del modelo digital de elevación

- **Procesamiento de datos en ArcGIS.**

Insertar curvas de nivel

Una vez obtenida la información DEM, se utilizaron las curvas de nivel de cada una de las cartas descargadas, que fueron procesadas en ArcGIS 10.8

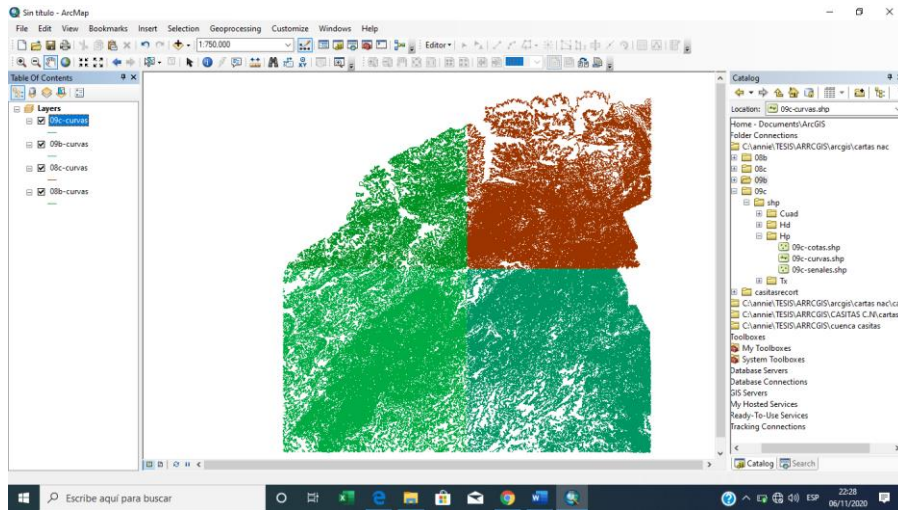


Figura 14: Ventana de ArcGIS 10.8 donde se insertó las curvas de nivel.

Fusión de curvas de nivel.

Considerando que las curvas de nivel están en 4 cuadrantes diferentes se procedió con la herramienta Merge a fusionar las curvas de nivel, tal como se muestra:

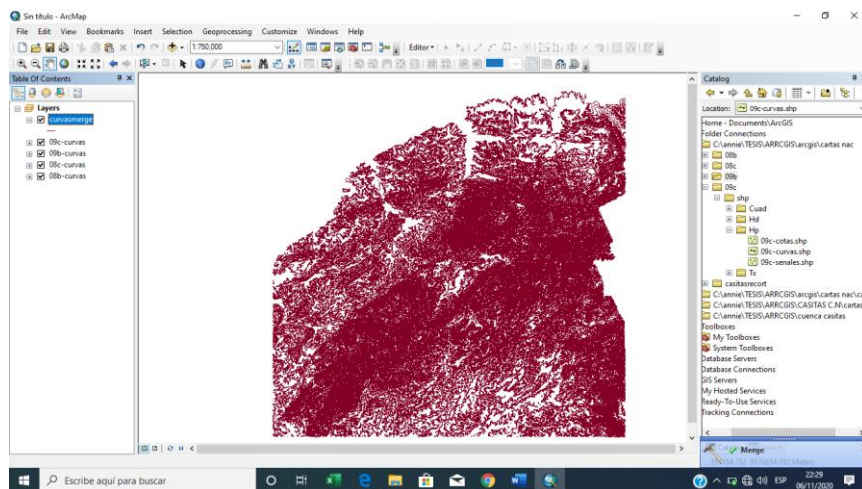


Figura 15: Ventana de ArcGIS donde se han fusionado las curvas de nivel

Imagen TIN

Las curvas de nivel se convierten en una imagen TIN, haciendo uso de la herramienta "Create TIN"

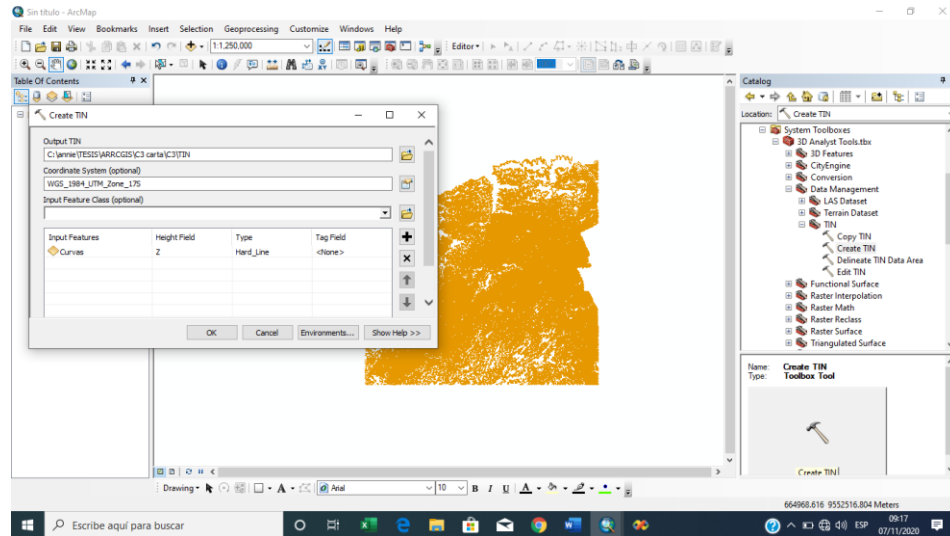


Figura 16: Ventana de ArcGIS donde se ingresaron los datos a procesar.

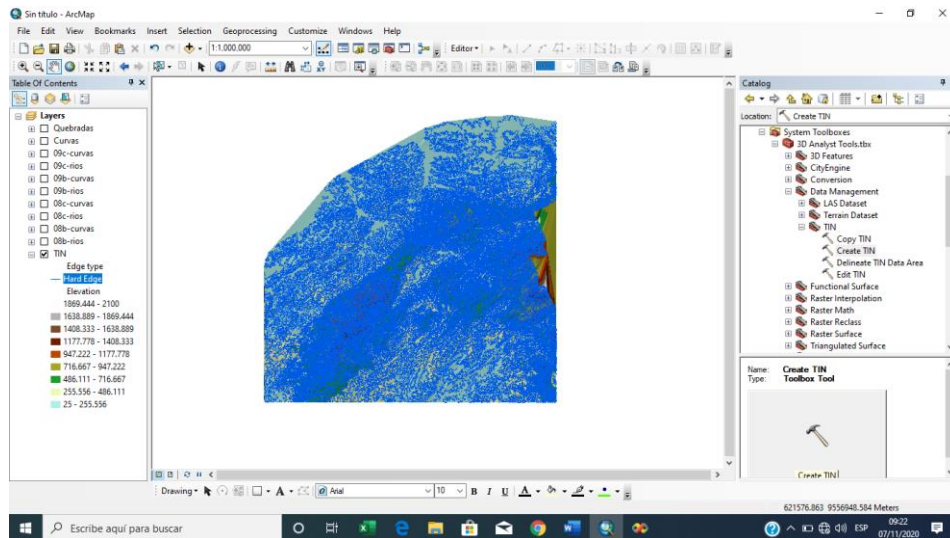


Figura 17: Ventana de ArcGIS donde se ha procesado la imagen TIN.

Imagen TIN a RASTER.

La imagen TIN se convierte a una imagen RASTER de modelo digital de elevaciones (DEM), haciendo uso de la herramienta del ArcGIS 10.8 "TIN TO RASTER"

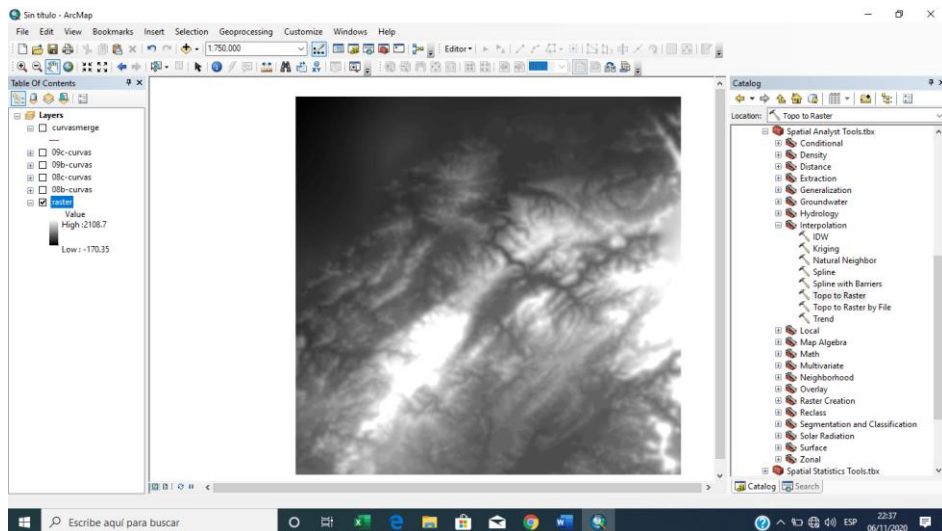


Figura 18: Obtención de la imagen RASTER con la herramienta de ArcGIS 10.8 CONVERT TIN TO RASTER

• **Delimitación de cuenca**

La delimitación de la cuenca, se hizo uso de las diferentes herramientas que posee ArcGIS 10.8 en base al Modelo Digital de Elevaciones que se obtuvo antes. Las herramientas que se usaron fueron:

- Arc Toolbox
- Spatial Analyst Tools (Herramientas de análisis espacial)
 - Hydrology (Hidrología)
 - Flow Direction (Dirección del flujo):
 - Flow Accumulation (Acumulación de flujo):
- 3D Analyst Tools (Herramientas de analista 3D)
- Functional Surface (Superficie funcional)
 - Interpolate Shape (Forma interpolada):
- Spatial Analyst Tools (Herramientas de análisis espacial)
- Hydrology (Hidrología)
 - Watershed (Cuenca):

Creación de Fill.

Las herramientas que se utilizaron fueron: Sistem toolboxes < Spatial Analyst Tools < Hidrology < Fill, luego se abrirá una ventana en donde se jalara el archivo DEM raster.

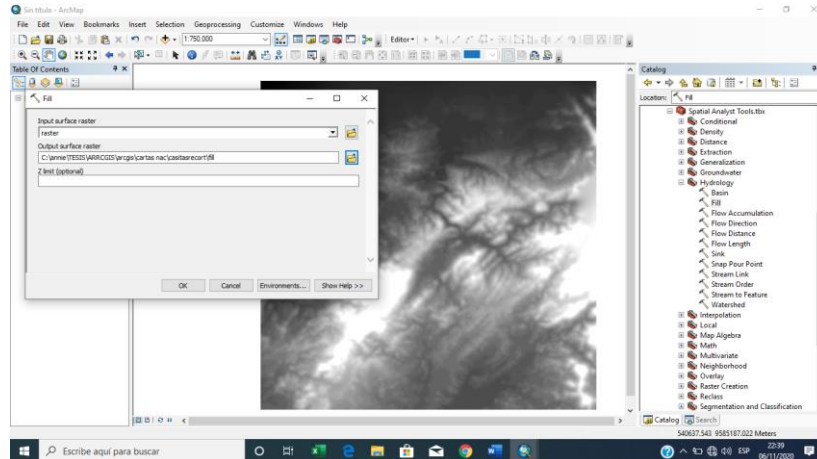


Figura 19: procesamiento de la herramienta Fill.

Creación del Flow Direction:

Se usaron las siguientes herramientas: Sistem toolboxes < Spatial Analyst Tools < Hidrology < Flow Direction, luego se abrió una ventana en donde se jalara el archivo Fill

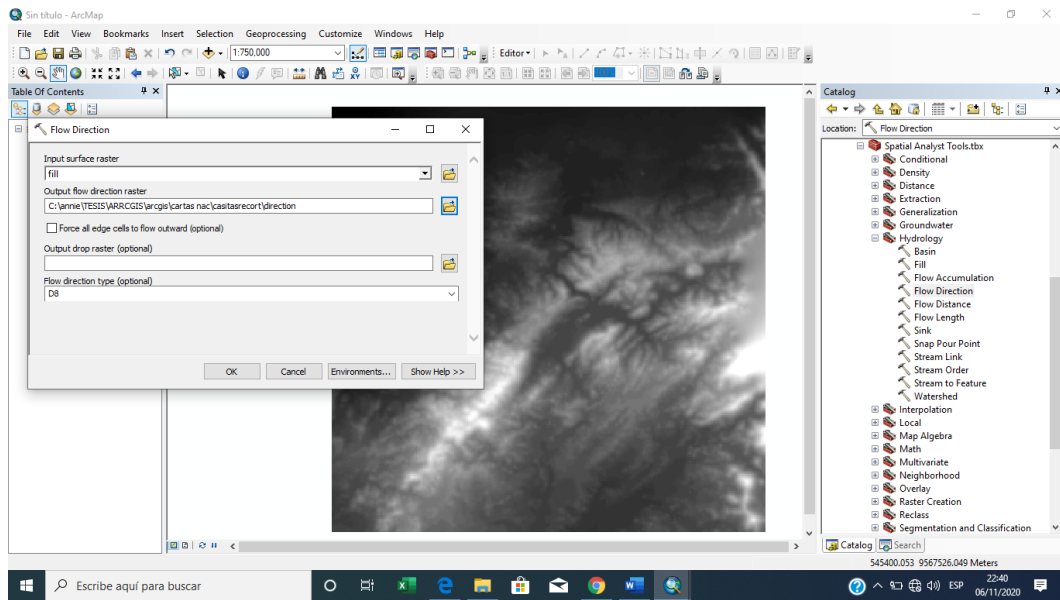


Figura 20: Procesamiento del Flow Direction.

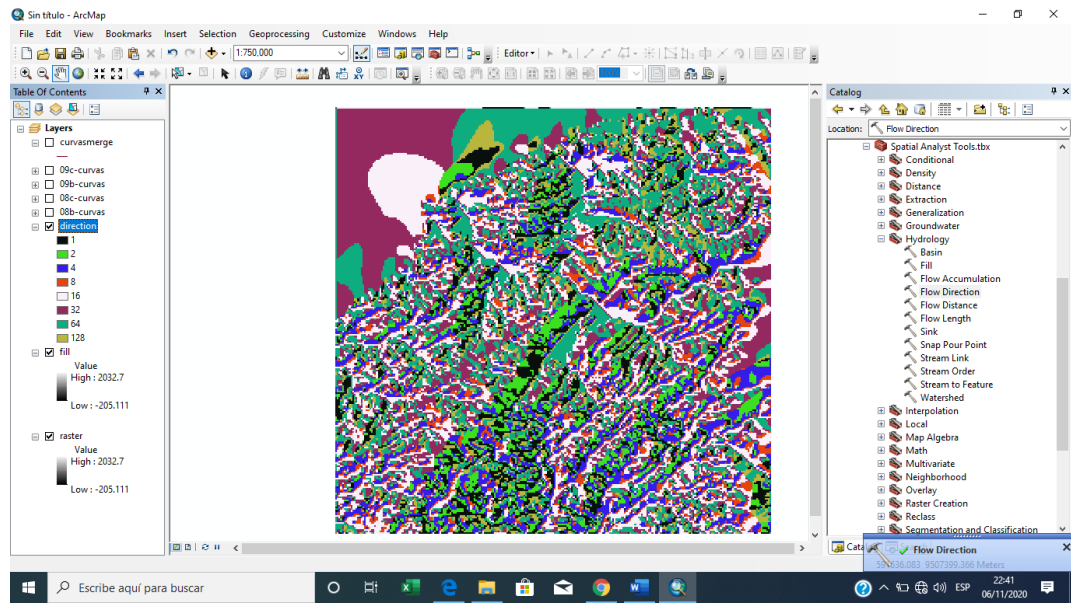


Figura 21: Flow Direction Creado.

Creación del Flow Acumulation:

Las herramientas a usadas fueron: Sistem toolboxes < Spatial Analyst Tools < Hidrology < Flow Acumulation, luego se abrirá una ventana en donde se jalara el archivo Flow Direction

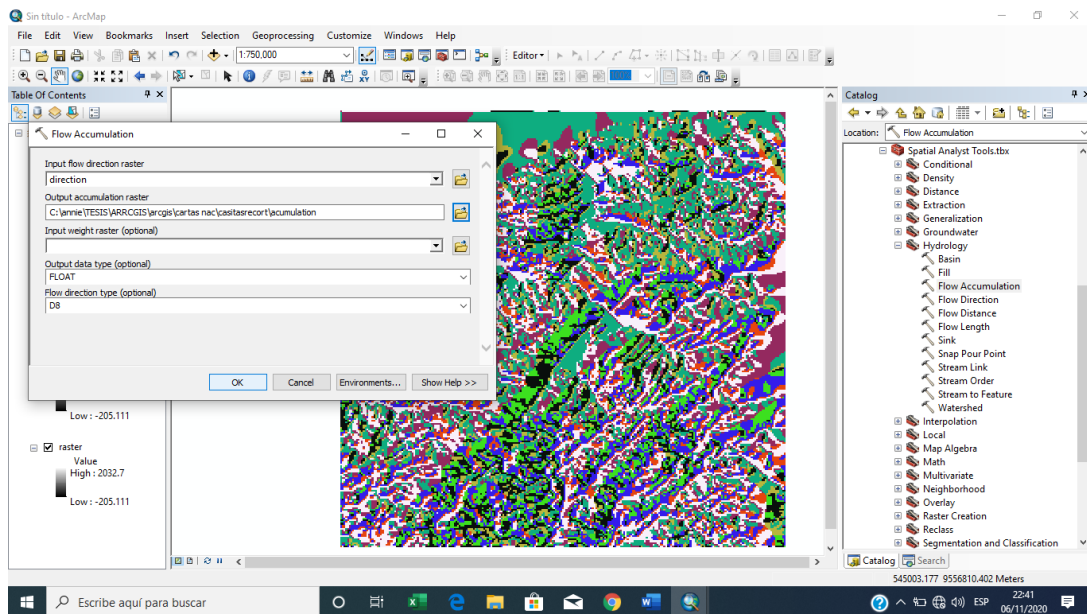


Figura 22: procesamiento del Flow Acumulation

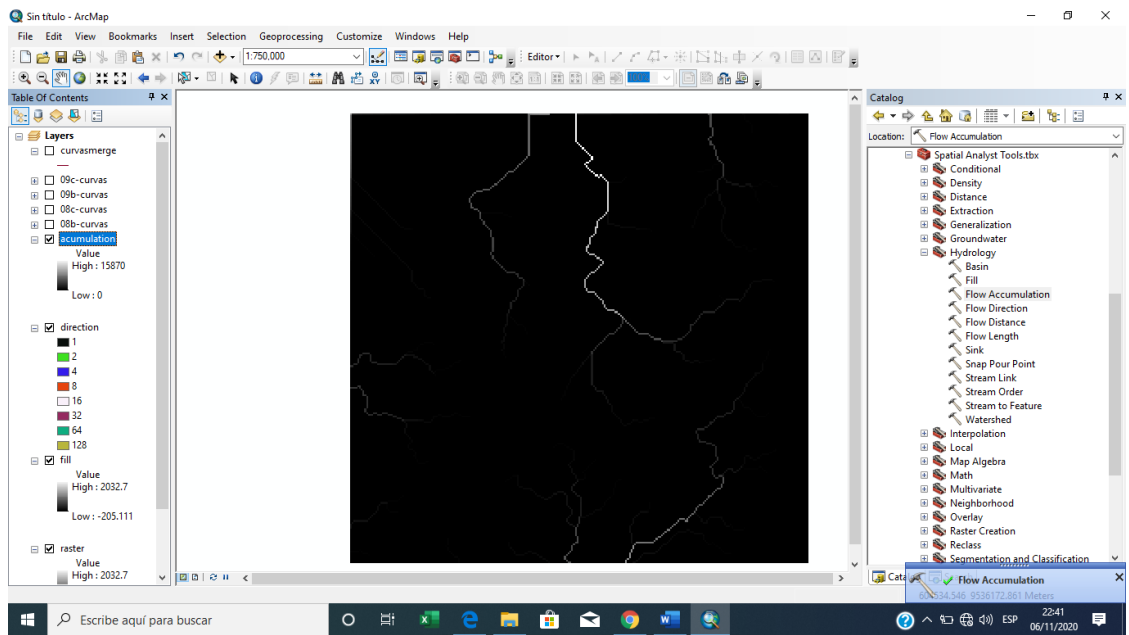


Figura 23: Flow Acumulation Creado.

Creación del Shapefile:

Esta herramienta es necesaria para marcar el punto de desemboque de la quebrada, se creó de la siguiente manera: em el folder conectado < New < shapefile

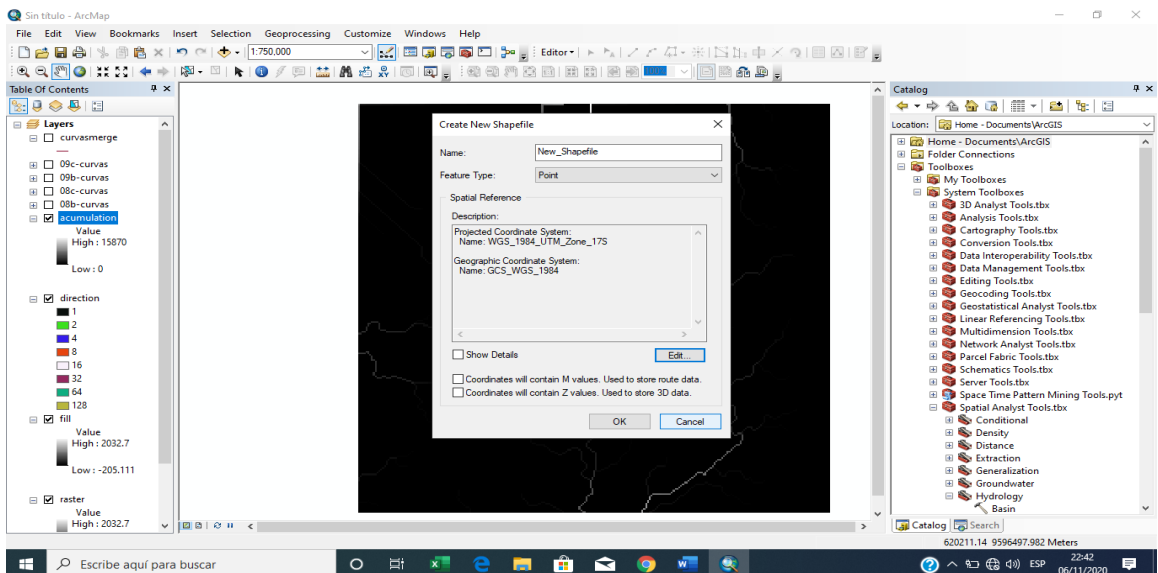


Figura 24: Creacion del Shapefile.

Ubicación del punto de desfogue.

Para activar esta herramienta haremos uso del editor < Start Editing, colocamos el punto < Save Edits < Stop Editing.

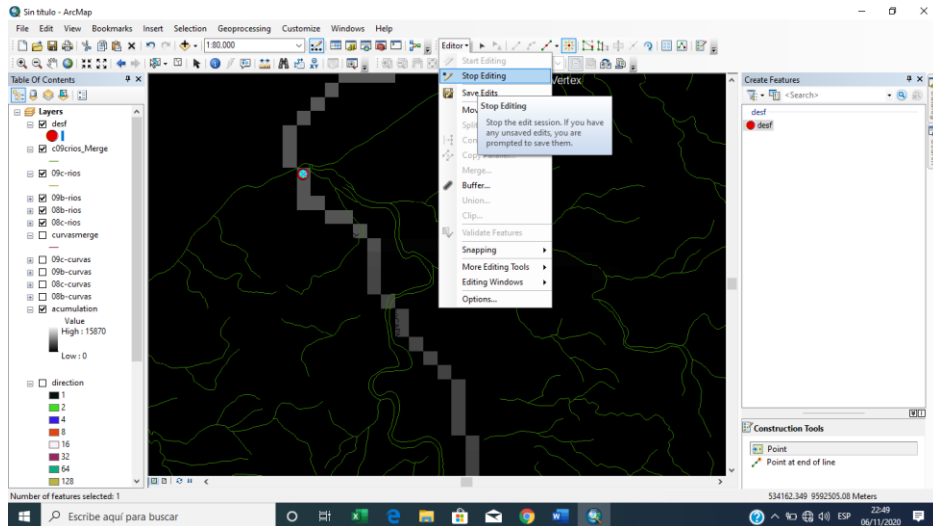


Figura 27: Ubicación del punto en la desembocadura de la quebrada.

Uso del Watershed:

Las herramientas a usar fueron: Sistem toolboxes < Spatial Analyst Tools < Hidrology < Watershed, luego se abrirá una ventana en donde se jalara el archivo Direction

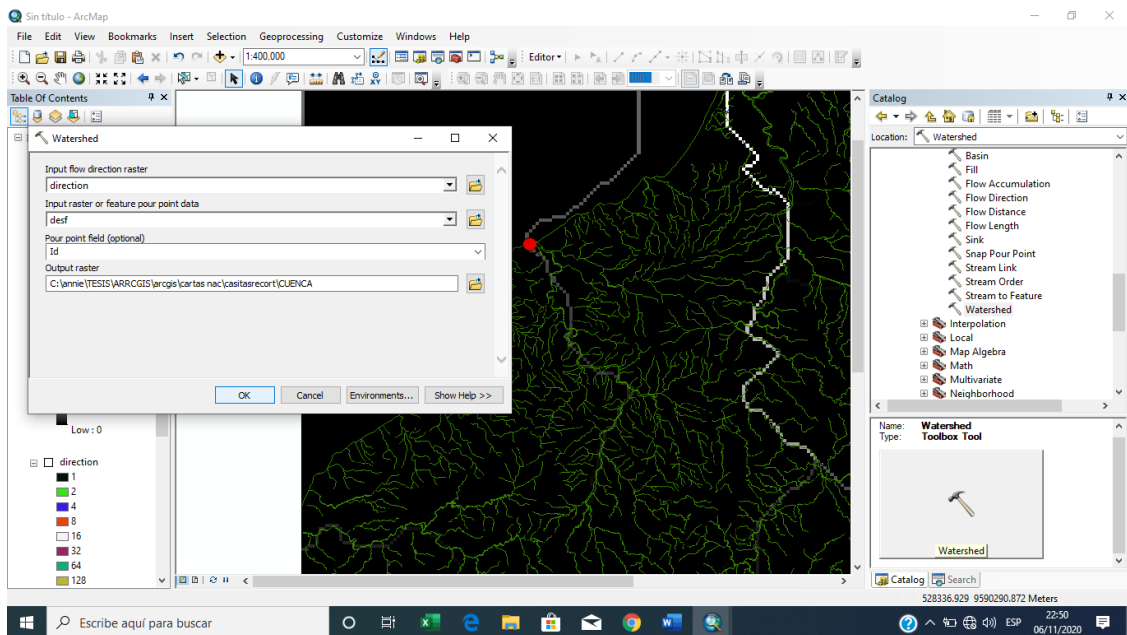


Figura 28: Procesamiento del Watershed

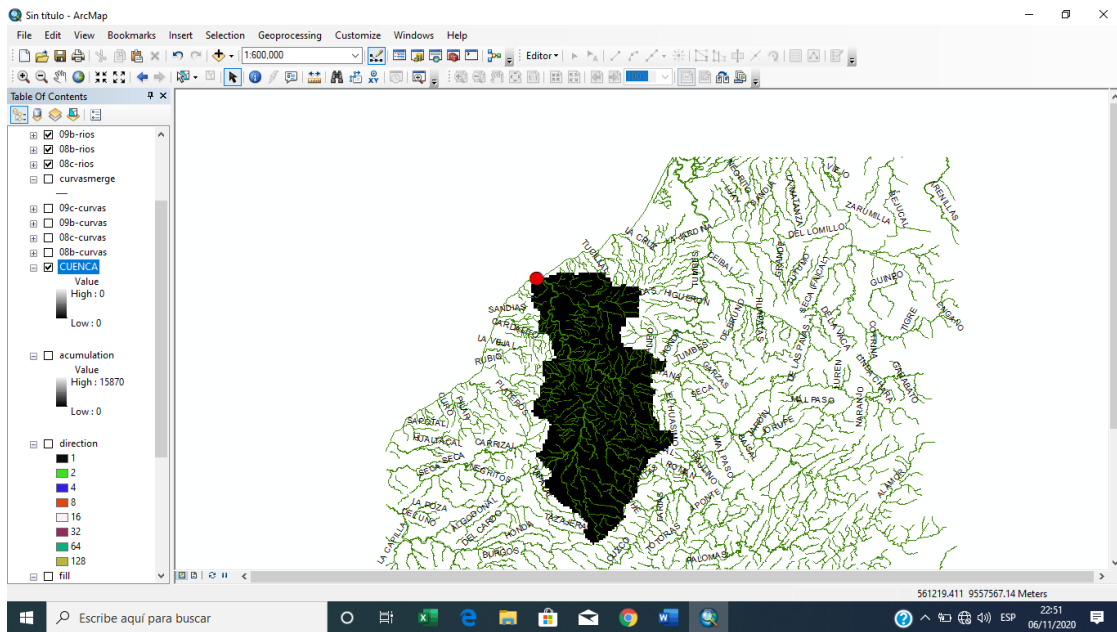


Figura 29: Watershed creado.

Raster to Polígono

Las herramientas a usar fueron: ArcToolbox < Conversion Tools < From Raster < Raster to Polígono, donde se jalara el archivo Watershed, que se le denomino “cuenca”

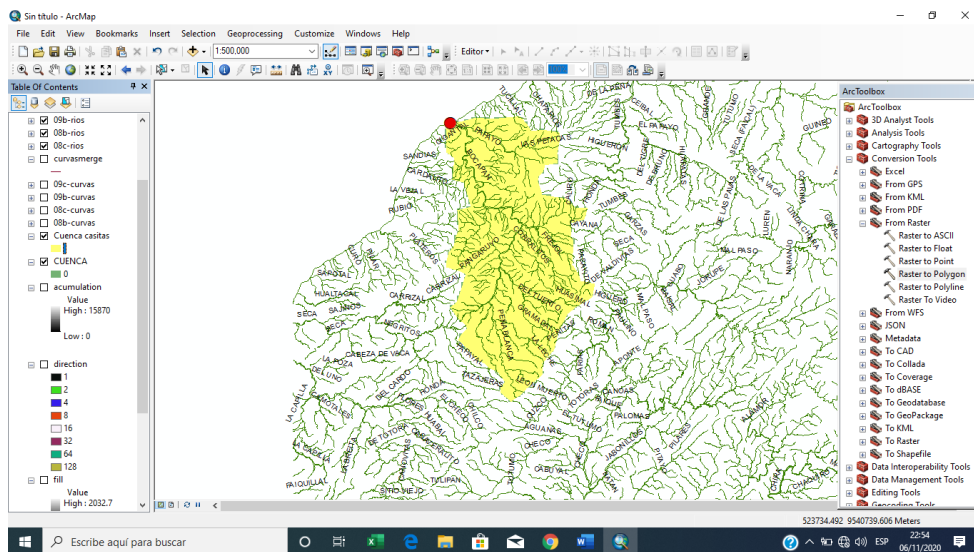


Figura 30: Creación del polígono de la cuenca de Casitas - Bocapán.

Clip de curvas y quebradas en cuenca.

La herramienta Clip permitió conservar las curvas de nivel y ríos que se encuentran dentro de la cuenca Casitas Bocapán.

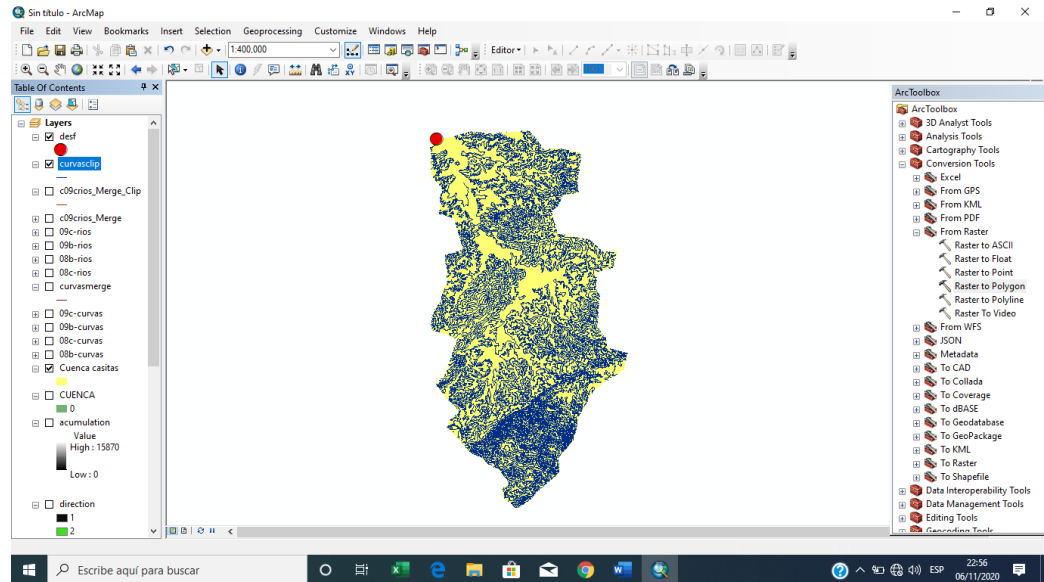


Figura 31: Uso del clip en curvas de nivel y ríos.

Presentación de Cuenca

Finalmente, la presentación de la cuenca es la siguiente:

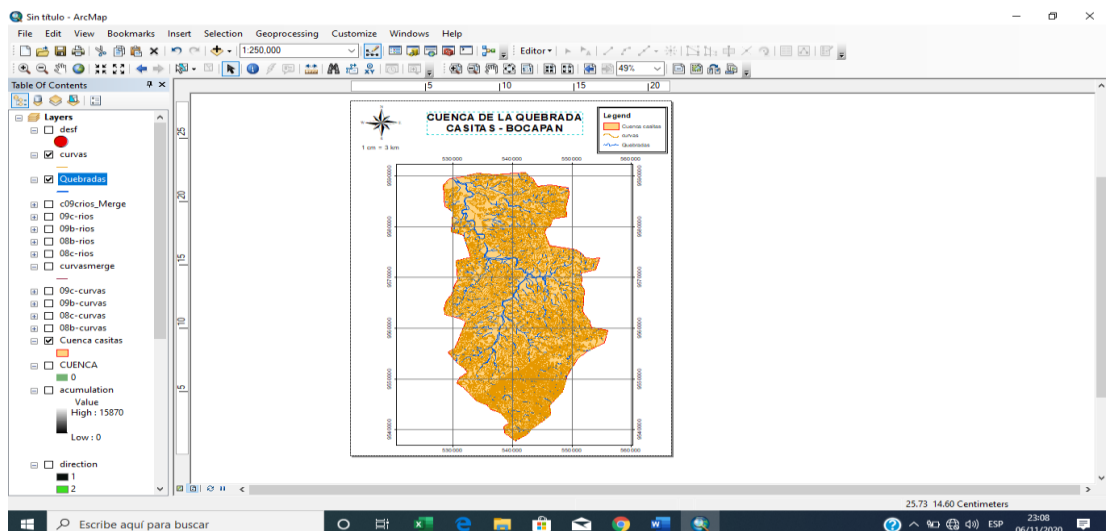


Figura 32: Presentación de la cuenca Casitas - Bocapán.

PARÁMETROS DE CUENCA:

Área, perímetro, Z máx., Z min y las coordenadas del Centroide.

Se obtuvieron a través de la Herramienta Open Attribute table de ArcGIS, en la cual se puede calcular cada una de estas características, ya que esta ventana cuenta con las siguientes funciones: (Add field “Agregue campo” Figura 27, calculate Geometry “calcular geometría” estas dos opciones son las que se usaron la obtener las características ya mencionadas.

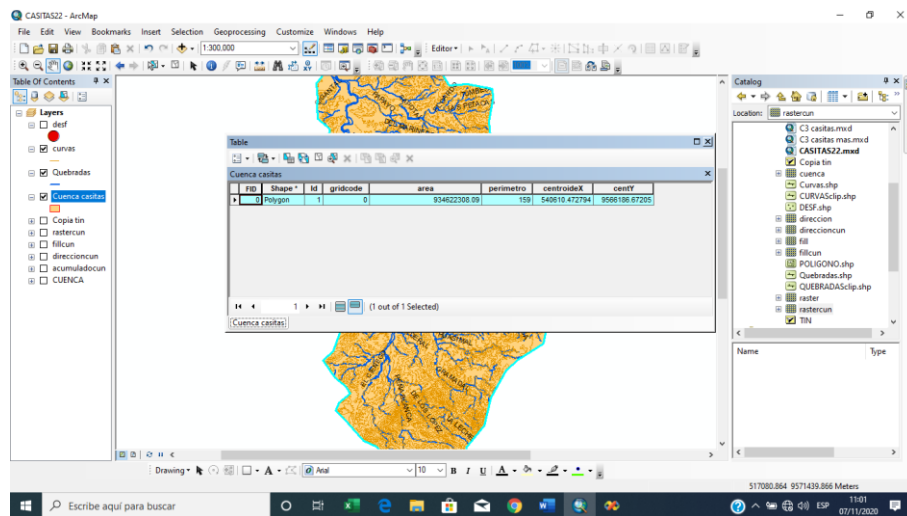


Figura 33: Determinación de área, perímetro de cuenca.

Curva Hipsométrica y frecuencia de altitudes.

Para obtener este parámetro se hizo uso de la herramienta Reclassify (Reclasificar), y se generó las áreas entre curvas Para ello el parámetro entre cotas fue de cada 200 metros y cuyos datos servirán para el diseño de la curva Hipsométrica que serán procesados en un archivo Excel, además se podrá observar la cota máxima, teniendo en cuenta que esta desemboca en el mar, se considera cota mínima 0.

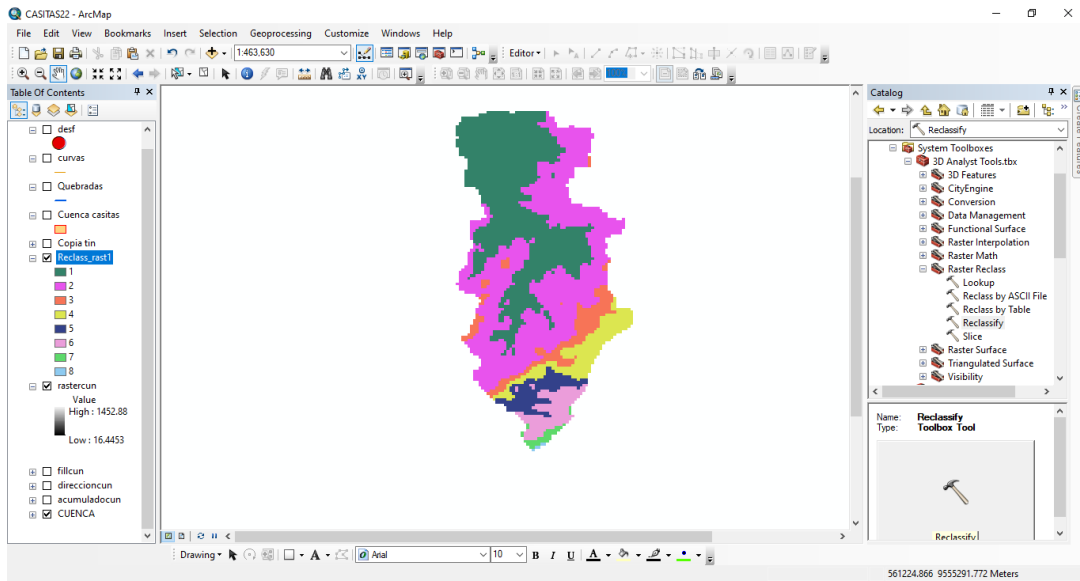


Figura 34: procesamiento para curva hipsométrica y frecuencia de altitudes.

Pendiente de cuenca

Se usó la herramienta “SLOPE” de ArcGis, donde se observa la variación de pendientes que se encuentran en la cuenca, posteriormente se usó de la herramienta “Reclasificar” para crear intervalos en este caso es cada 200 m . Obteniendo una pendiente mínima de 3.05 % y un máximo de 34.93%.

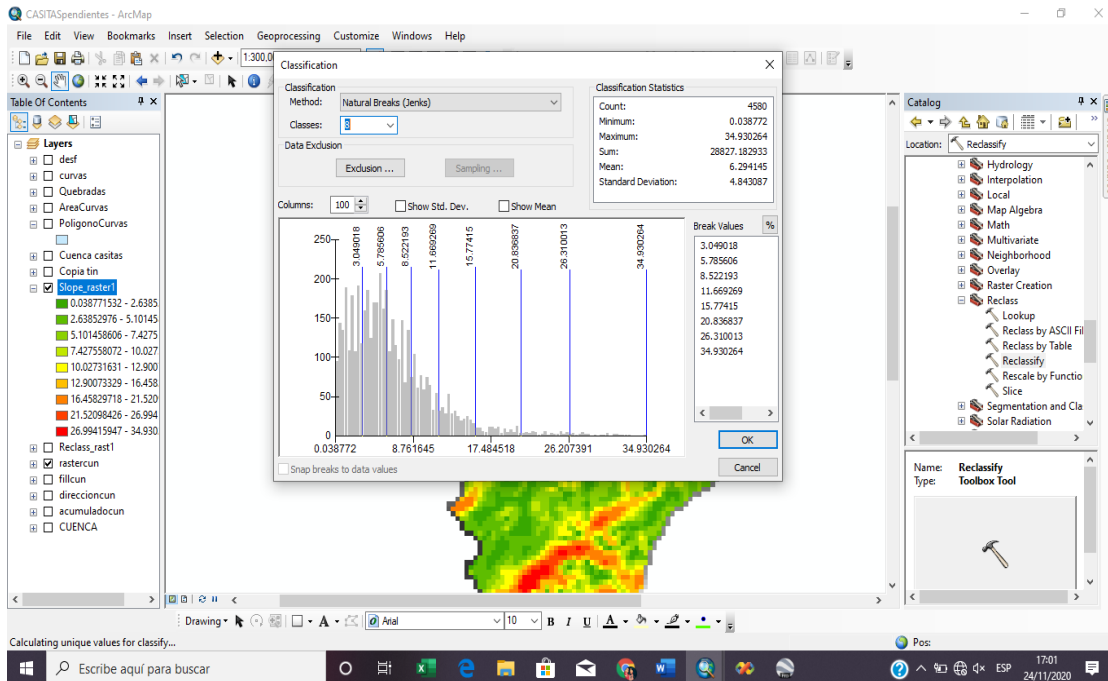


Figura 35: pendientes de la cuenca Casitas - Bocapán.

Longitud del cauce

En la tabla de contenidos se observa la longitud del cauce principal.

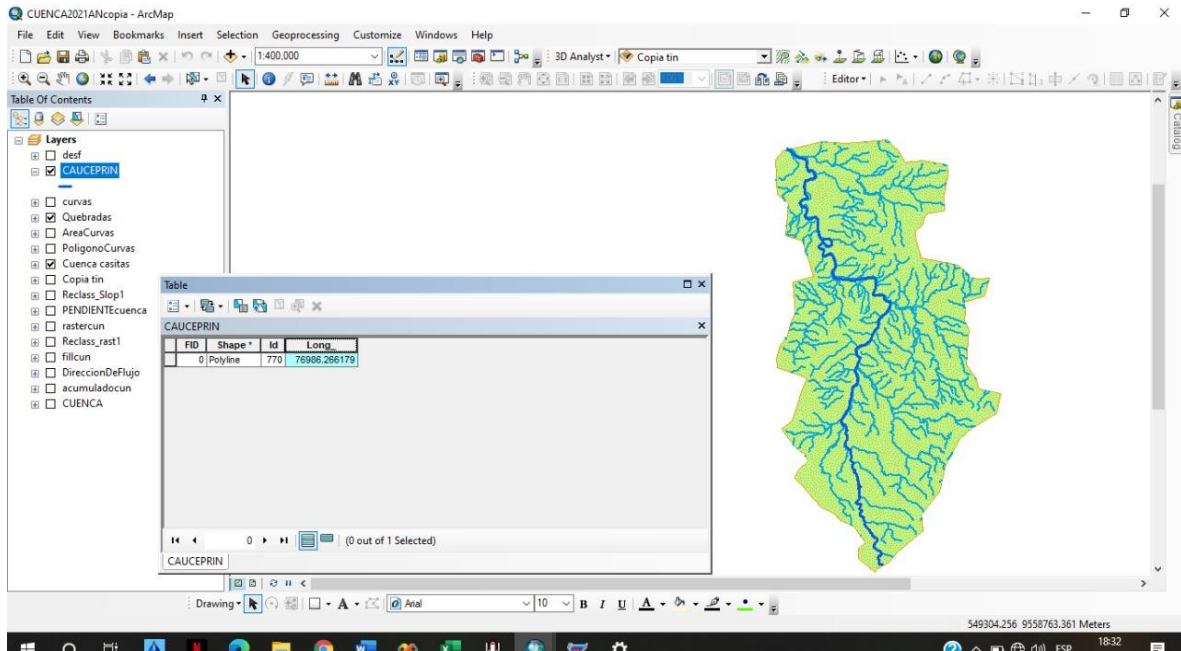
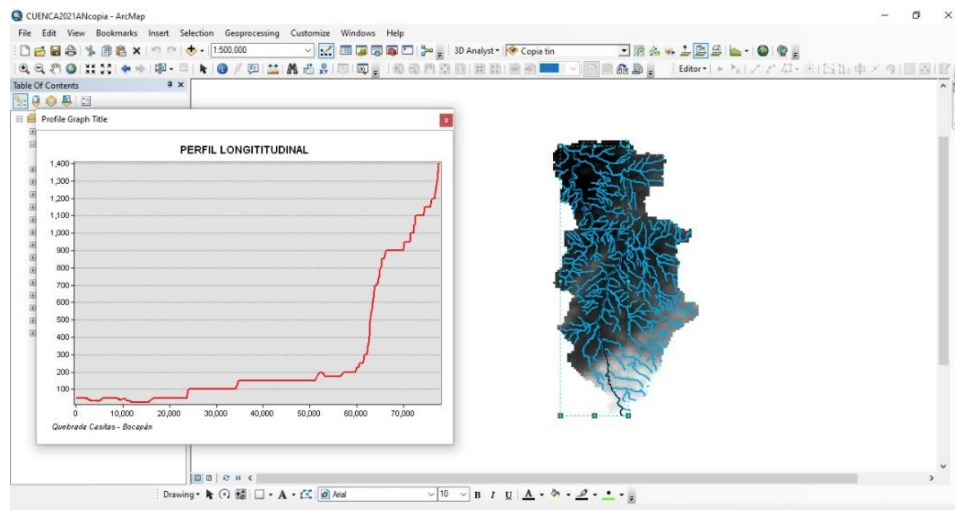


Figura 36: Longitud del cauce principal.

Perfil longitudinal



Jerarquización fluvial.

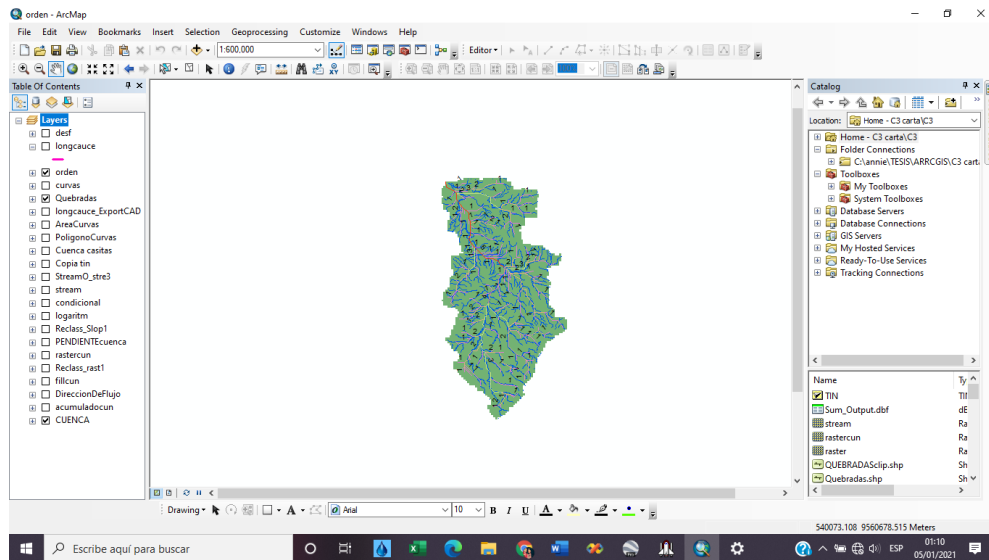


Figura 37: Jerarquización de cuenca

➤ **Desnivel altitudinal**

Obtenida la cuenca mediante el software ArcGis, se detecta la cota mayor, considerando que la cota menor es igual a 0 debido que la desembocadura es en el mar. Se aplicó la siguiente formula:

$$DA = Cota\ mayor - cota\ menor$$

$$DA = 1430 - 0$$

$$DA = 1430$$

➤ **Pendiente media del cauce**

Se obtendrá por la siguiente formula:

$$S = \frac{HM - Hm}{L}$$

Siendo:

S = Pendiente media de la quebrada

L = Longitud del cauce principal en m

HM = Altitud maxima msnm

Hm = Altitud minima msnm

$$S = \frac{1430 - 0}{76986.27}$$

$$S = 0.019$$

➤ **Tiempo de concentración**

Se obtuvo mediante la fórmula de Temez (para cuencas mayores a 13 km)

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

L = longitud de cauce principal

S = pendiente promedio de la cuenca

T_c = tiempo de concentración

$$T_c = 0.3 \left(\frac{76.9}{0.019^{0.25}} \right)^{0.76}$$

$$T_c = 17.27 \text{ horas.}$$

➤ **Densidad de drenaje.**

$$D_d = \frac{\sum Lu}{A}$$

Donde

D_d = Densidad de drenaje (en km/km²),

$\sum Lu$ = Longitud total de cauces (en km)

A = Área total de la cuenca en km².

$$D_d = \frac{931184.26 \text{ km}}{934.62 \text{ km}^2}$$

$$D_d = 995.26 \text{ km/km}^2$$

➤ **Factor de forma**

Con los datos obtenidos mediante el software Se calcula mediante formula siguiente:

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

Dónde:

A: superficie de la cuenca en km². = **934.62**

L: longitud de la cuenca en km. = **52.9**

$$Ff = \frac{934.62}{52.9^2}$$

$$Ff = 0.34$$

| Clases de valores de forma | |
|----------------------------|------------------------|
| Rangos de Kf | Clases de forma |
| 0.01-0.18 | Muy poco achatada |
| 0.18-0.36 | Ligeramente achatada |
| 0.36-0.54 | Moderadamente achatada |

➤ **Coefficiente de Gravelius**

Se obtiene aplicando la siguiente formula:

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

KC = Índice de compacidad (adimensional)

A = Area de la cuenca en km²

P = Perímetro de la cuenca en km

$$K_c = 0.28 \frac{159}{\sqrt{934.62}}$$

$$K_c = 1.46$$

| Rango de Kc | Clases de compacidad |
|-------------|---------------------------------------|
| 1-1.25 | Redonda a oval redonda |
| 1.25-1.50 | De oval redonda a oval oblonga |
| 1.50-1.75 | De oval oblonga a rectangular oblonga |

d. Estimación de caudal

Para estimar el caudal fue indispensable contar con la data de precipitación (anexo 8.2) la cual fue descargada de la página de SENAMHI, cuya información ha sido registrada en la estación meteorológica de Cañaverall.

- **Método de Creager.**

Estima el caudal máximo anual aplicando la siguiente formula.

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * \log T * A^{m*A^{-n}}$$

Dónde:

Q Max = para un periodo de retorno T seleccionado, en m3/s.

A = área de la cuenca aportante, en km2.

T = periodo de retorno, en años.

C1, C2 = coeficientes adimensionales de escala, por regiones hidráulicas.

m, n = exponentes adimensionales, por regiones hidráulicas.

En la siguiente imagen se aprecia las determinadas regiones y los coeficientes que corresponde para cada una de ellas.



| REGION | C1 | C2 | m | n |
|--------|------|------|------|------|
| 1 | 1.01 | 4.37 | 1.02 | 0.04 |
| 2 | 0.1 | 1.28 | 1.02 | 0.04 |
| 3 | 0.27 | 1.48 | 1.02 | 0.04 |
| 4 | 0.09 | 0.36 | 1.24 | 0.04 |
| 5 | 0.11 | 0.26 | 1.24 | 0.04 |
| 6 | 0.18 | 0.31 | 1.24 | 0.04 |
| 7 | 0.22 | 0.37 | 1.24 | 0.04 |

Fuente: (GARCIA M . 2011)

Figura 38: Mapa de método de creager.

Caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años.

$$Q_{max} = (1.0 + 4.37) * \log 50 * 934.62^{1.02 * 934.62^{-0.04}}$$

$$Q_{max} = (5.38 * 1.70 * 201.72)$$

$$Q_{max} = 1843.82 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se realizó el mismo procedimiento para los coeficientes y caudales que muestran a continuación haciendo uso de Excel.

Tabla 4: Datos obtenidos para método de Creager.

| | |
|------------------|--------|
| C1 | 1.01 |
| C2 | 4.37 |
| M | 1.02 |
| N | 0.04 |
| AREA | 934.62 |
| Tret. | 30 |
| $m * A^{-n}$ | 0.78 |
| $A^{m * A^{-n}}$ | 201.72 |

Fuente: elaboración propia

Tabla 5: Datos estimados de caudales por método de Creager

| Tr | C1+C2 | log | área | Qmax (m3/s) |
|------------|--------------|------------|-------------|--------------------|
| 2 | 5.38 | 0.30 | 934.62 | 326.70 |
| 5 | 5.38 | 0.70 | 934.62 | 758.56 |
| 10 | 5.38 | 1.00 | 934.62 | 1085.26 |
| 20 | 5.38 | 1.30 | 934.62 | 1411.96 |
| 25 | 5.38 | 1.40 | 934.62 | 1517.13 |
| 35 | 5.38 | 1.54 | 934.62 | 1675.71 |
| 50 | 5.38 | 1.70 | 934.62 | 1843.82 |
| 100 | 5.38 | 2.00 | 934.62 | 2170.52 |
| 200 | 5.38 | 2.30 | 934.62 | 2497.21 |
| 500 | 5.38 | 2.70 | 934.62 | 2929.08 |

Fuente: Elaboración propia

- **Método de Izsowski**

Para la determinación del caudal por el método de Izsowski emplearemos la siguiente fórmula.

$$Q = m C P (A * 10^{-3})$$

Q = descarga máxima (m³/seg.)

A = área de la cuenca (Km²)

P = precipitación total anual promedio

m = factor por el tamaño de la cuenca

C = coeficiente de la morfología de la cuenca.

Clasificamos la cuenca de acuerdo a las tablas de Izsowski:

- Se hace una interpolación con el área de la cuenca (934.62 km²), usando la tabla para determinar el valor de m

| | | |
|--------|-------|-----|
| 500 | ----- | 5.9 |
| 934.62 | ----- | x |
| 1000 | ----- | 4.7 |

$$\frac{500 - 1000}{934.62 - 1000} = \frac{5.9 - 4.7}{X - 4.7}$$

$$\frac{-500}{-65.38} = \frac{1.2}{X - 4.7}$$

$$7.64 (X - 4.7) = 1.2$$

$$7.64 X - 35.91 = 1.2$$

$$7.64 X = 37.11$$

$$X = \frac{37.11}{7.64}$$

$$X = 4.85$$

$$\mathbf{m = 4.85}$$

- Como la cuenca en estudio corresponde a montañosa con vegetación, se usó el coeficiente $k=0.2$, de acuerdo a la tabla de coeficientes de morfología de la cuenca.
- Luego se determinó los valores máximos de precipitación para cada año de acuerdo a la data Histórica, registrada en la estación meteorológica Cañaverál.

| MES/AÑO | Precipitación Máxima (mm) |
|----------------|--------------------------------------|
| Mar-75 | 173.7 |
| Mar-76 | 204 |
| Feb-77 | 222.7 |
| Mar-78 | 61.2 |
| Ene-79 | 22 |
| Abr-80 | 101.8 |
| Feb-81 | 46.2 |
| Feb-87 | 360 |
| Mar-92 | 717 |
| Feb-93 | 123.4 |
| Ene-94 | 104.5 |
| Feb-95 | 103.8 |
| Mar-96 | 32.1 |
| Mar-97 | 32.1 |
| Feb-98 | 729.2 |
| Feb-99 | 150 |
| Abr-00 | 100.1 |
| Abr-01 | 334.8 |
| Mar-04 | 36.5 |
| Mar-05 | 42.5 |
| Feb-06 | 196.2 |
| Mar-07 | 151.6 |

| | |
|---------------|-------|
| Feb-08 | 287.1 |
| Ene-09 | 237.6 |
| Mar-10 | 185.9 |
| Abr-11 | 108.8 |
| Mar-12 | 296.8 |
| Mar-13 | 167.2 |
| Feb-14 | 45.1 |
| Mar-16 | 44.9 |
| Feb-17 | 214.2 |
| Feb-18 | 61 |
| Mar-19 | 157.1 |
| Mar-20 | 68.3 |

Fuente: Elaboración propia

Empleamos la fórmula para cada uno de los datos de precipitación. (**Q año 1975**)

$$Q = m C P (A * 10^{-3})$$

$$Q = 4.85 * 0.2 * 173.7(934.62 * 0.001)$$

$$Q = 157.47 \text{ m}^3/\text{s}$$

La tabla de caudales en base a las precipitaciones será la siguiente

Tabla 6: Caudal estimado por método de Izskowski.

METODO DE ISZKOWSKI

| | | | |
|---------------|------|-----------|--------|
| DATOS: | | | |
| m | 4.85 | a | 934.62 |
| c | 0.2 | 10^{-3} | 0.001 |

| n° | AÑO | Precipitación | m | c | a | 10^{-3} | caudal |
|-----------|------------|----------------------|----------|----------|----------|-----------|---------------|
| 1 | 1975 | 173.7 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 157.47 |
| 2 | 1976 | 204 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 184.94 |
| 3 | 1977 | 222.7 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 201.90 |
| 4 | 1978 | 61.2 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 55.48 |
| 5 | 1980 | 101.8 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 92.29 |
| 6 | 1981 | 46.2 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 41.88 |
| 7 | 1987 | 360 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 326.37 |
| 8 | 1992 | 717 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 650.02 |
| 9 | 1993 | 123.4 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 111.87 |
| 10 | 1994 | 104.5 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 94.74 |
| 11 | 1996 | 32.1 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 29.10 |
| 12 | 1998 | 729.2 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 661.08 |
| 13 | 1999 | 150 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 135.99 |
| 14 | 2000 | 100.1 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 90.75 |
| 15 | 2001 | 334.8 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 303.52 |
| 16 | 2004 | 36.5 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 33.09 |
| 17 | 2006 | 196.2 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 177.87 |
| 18 | 2007 | 151.6 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 137.44 |
| 19 | 2008 | 287.1 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 260.28 |
| 20 | 2009 | 237.6 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 215.40 |
| 21 | 2010 | 185.9 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 168.53 |
| 22 | 2011 | 108.8 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 98.64 |
| 23 | 2012 | 296.8 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 269.07 |
| 24 | 2013 | 167.2 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 151.58 |
| 25 | 2014 | 45.1 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 40.89 |
| 26 | 2016 | 44.9 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 40.71 |
| 27 | 2017 | 214.2 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 194.19 |
| 28 | 2018 | 61 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 55.30 |
| 29 | 2019 | 157.1 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 142.42 |
| 30 | 2020 | 68.3 | 4.85 | 0.2 | 934.62 | 0.001 | 61.92 |

Fuente: Elaboración propia

▪ **Distribución Gumbel**

Obtenidos los datos de los caudales máximos en m³/seg, se procede al método para el cálculo del caudal máximo de diseño. Se utilizará el método de Gumbel Valor Extremo:

$$Q_{tr} = \bar{Q} + \frac{\sigma_Q}{\sigma_n} (\bar{W} - \bar{Y}_n)$$

Donde:

Q_{tr} = Caudal de diseño para un tiempo de retorno (Tr)

Q = La medida de la serie Q

σ_Q = Desviación típica de la serie Q

W = Variable reducida

\bar{Y}_n = Media de la Variable Reducida

σ_n = Desviación de la variable reducida

1. Ordenamos los caudales de mayor a menor

Tabla 7: Caudales máximos de 30 años.

| | AÑO | caudal | | | |
|----|-------------|---------------|----|--------------|---------|
| | | | 18 | 1993 | 111.87 |
| 1 | 1998 | 661.08 | 19 | 2011 | 98.64 |
| 2 | 1992 | 650.02 | 20 | 1994 | 94.74 |
| 3 | 1987 | 326.37 | 21 | 1980 | 92.29 |
| 4 | 2001 | 303.52 | 22 | 2000 | 90.75 |
| 5 | 2012 | 269.07 | 23 | 2020 | 61.92 |
| 6 | 2008 | 260.28 | 24 | 1978 | 55.48 |
| 7 | 2009 | 215.40 | 25 | 2018 | 55.30 |
| 8 | 1977 | 201.90 | 26 | 1981 | 41.88 |
| 9 | 2017 | 194.19 | 27 | 2014 | 40.89 |
| 10 | 1976 | 184.94 | 28 | 2016 | 40.71 |
| 11 | 2006 | 177.87 | 29 | 2004 | 33.09 |
| 12 | 2010 | 168.53 | 30 | 1996 | 29.10 |
| 13 | 1975 | 157.47 | | SUMA | 5184.74 |
| 14 | 2013 | 151.58 | | PROM | 172.82 |
| 15 | 2019 | 142.42 | | DESV. EST | 154.45 |
| 16 | 2007 | 137.44 | | | |
| 17 | 1999 | 135.99 | | | |

Fuente: Elaboración propia

2. Sumatoria y promedio de los caudales máximos
3. A cada caudal se resta el promedio y se eleva al cuadrado
4. Desviación estándar

$$\sqrt{\frac{1}{n-1} \Sigma (x_1 - \bar{x})^2}$$

$$\sqrt{\frac{1}{30-1} \Sigma (1587863.80)}$$

154.45

5. Periodo de retorno

$$t_r = \frac{n+1}{m}$$

Periodo de retorno para el caudal 665.41m³/s

$$t_r = \frac{30+1}{1}$$

$$t_r = 31$$

Un caudal mayor o igual 661.08 m³/s tiene una probabilidad de que se repita cada 31 años

e. Se realiza el mismo procedimiento para el cálculo de todos los datos

Tabla 8: Periodo de frecuencia por cada caudal.

METODO DE GUMBEL

| n | AÑO | caudal | PROM | $(Q_1 - \bar{Q})$ | $(Q_1 - \bar{Q})^2$ | Periodo de Retorno |
|----|------------------|-------------|--------|-------------------|---------------------|--------------------|
| 1 | 1998 | 661.08 | 157.84 | 503.24 | 253253.85 | 31.0 |
| 2 | 1992 | 650.02 | 157.84 | 492.18 | 242244.15 | 15.5 |
| 3 | 1987 | 326.37 | 157.84 | 168.53 | 28403.53 | 10.3 |
| 4 | 2001 | 303.52 | 157.84 | 145.69 | 21224.89 | 7.8 |
| 5 | 2012 | 269.07 | 157.84 | 111.24 | 12373.79 | 6.2 |
| 6 | 2008 | 260.28 | 157.84 | 102.44 | 10494.71 | 5.2 |
| 7 | 2009 | 215.40 | 157.84 | 57.57 | 3314.07 | 4.4 |
| 8 | 1977 | 201.90 | 157.84 | 44.06 | 1941.27 | 3.9 |
| 9 | 2017 | 194.19 | 157.84 | 36.35 | 1321.61 | 3.4 |
| 10 | 1976 | 184.94 | 157.84 | 27.11 | 734.78 | 3.1 |
| 11 | 2006 | 177.87 | 157.84 | 20.04 | 401.42 | 2.8 |
| 12 | 2010 | 168.53 | 157.84 | 10.70 | 114.44 | 2.6 |
| 13 | 1975 | 157.47 | 157.84 | -0.36 | 0.13 | 2.4 |
| 14 | 2013 | 151.58 | 157.84 | -6.26 | 39.13 | 2.2 |
| 15 | 2019 | 142.42 | 157.84 | -15.41 | 237.53 | 2.1 |
| 16 | 2007 | 137.44 | 157.84 | -20.40 | 416.08 | 1.9 |
| 17 | 1999 | 135.99 | 157.84 | -21.85 | 477.36 | 1.8 |
| 18 | 1993 | 111.87 | 157.84 | -45.96 | 2112.66 | 1.7 |
| 19 | 2011 | 98.64 | 157.84 | -59.20 | 3504.61 | 1.6 |
| 20 | 1994 | 94.74 | 157.84 | -63.10 | 3981.37 | 1.6 |
| 21 | 1980 | 92.29 | 157.84 | -65.55 | 4296.26 | 1.5 |
| 22 | 2000 | 90.75 | 157.84 | -67.09 | 4500.67 | 1.4 |
| 23 | 2020 | 61.92 | 157.84 | -95.92 | 9199.94 | 1.3 |
| 24 | 1978 | 55.48 | 157.84 | -102.35 | 10476.14 | 1.3 |
| 25 | 2018 | 55.30 | 157.84 | -102.53 | 10513.29 | 1.2 |
| 26 | 1981 | 41.88 | 157.84 | -115.95 | 13444.81 | 1.2 |
| 27 | 2014 | 40.89 | 157.84 | -116.95 | 13677.07 | 1.1 |
| 28 | 2016 | 40.71 | 157.84 | -117.13 | 13719.51 | 1.1 |
| 29 | 2004 | 33.09 | 157.84 | -124.75 | 15561.46 | 1.1 |
| 30 | 1996 | 29.10 | 157.84 | -128.73 | 16572.59 | 1.0 |
| | SUMA | 5185.74 | | | 698553.12 | |
| | PROM | 172.82 | | | | |
| | DESV. EST | 154.45 | | | | |
| | B | 120.4 | | | | |
| | media (u) | 103.3147641 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

6. Calculamos los caudales máximos para tiempos de retornos determinados.

$$Q_{tr} = \bar{Q} + \frac{\sigma Q}{\sigma n} (\bar{w} - \bar{Y}_n)$$

Q_{Tr} = Caudal de diseño para un periodo de retorno Tr

\bar{Q} = Media de la serie de valores de Q

σQ = Desviación estándar de la serie de valores Q

σn = Desviación típica de la variable reducida

w = Variable reducida tabla

\bar{w} = Media de la variable reducida

7. Con los datos obtenidos reemplazando en la formula se obtiene los siguientes resultados

Para un periodo de retorno de 2 años.

$$Q_{Tr} = \bar{Q} + \frac{\sigma Q}{\sigma n} \times (w - \bar{y}_n)$$

$$Q_{Tr} = 172.82 + \frac{154.45}{1.1124} \times (0.3665 - 0.5362)$$

$$Q_{Tr} = 149.2582$$

El caudal de retorno para un periodo de 2 años será 144.149.2582 m³/s

Aplicando a todos los datos se obtienen resultados que se presentan a continuación.

Tabla 9: Caudal máximo según Gumbel.

| Tr | w | Yn | σ_n | σ_Q | \bar{Q} | Q (m ³ /s) |
|------------|--------|--------|------------|------------|-----------|-----------------------|
| 2 | 0.3665 | 0.5343 | 1.1124 | 154.45 | 172.82 | 149.2582 |
| 5 | 1.4999 | 0.5343 | 1.1124 | 154.45 | 172.82 | 306.8877 |
| 10 | 2.2504 | 0.5343 | 1.1124 | 154.45 | 172.82 | 411.0901 |
| 25 | 3.1986 | 0.5343 | 1.1124 | 154.45 | 172.82 | 542.7419 |
| 50 | 3.9019 | 0.5343 | 1.1124 | 154.45 | 172.82 | 640.3909 |
| 100 | 4.6002 | 0.5343 | 1.1124 | 154.45 | 172.82 | 737.3456 |

Fuente: Elaboración propia

▪ **Distribución log Pearson III**

$$\text{Log}Q_{tr} = \overline{\text{Log}Q} + K_{tr} \times \sigma\text{Log}Q$$

a. Logaritmo de la media

$$\overline{\text{Log}} = \frac{\sum \text{Log}Q_i}{n}$$

b. Logaritmo de la desviación estandar

$$|\sigma\text{Log}Q = \sqrt{\frac{\sum(\text{Log}Q - \overline{\text{Log}Q})^2}{n-1}}$$

c. K_{tr} = factor de Skiw

$$K_{tr} = \frac{n \sum (\log Q_1 - \log \bar{Q})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma \log Q)^3}$$

1. Se ordenan los caudales en relación a los años
2. Calculo del log a cada caudal
3. Con estos datos calculamos logaritmo de la media

$$\overline{\text{Log}} = \frac{\sum \text{Log}Q_i}{n}$$

$$\overline{\text{Log}} = \frac{63}{30}$$

$$\overline{\text{Log}} = 2.1$$

4. Se hace la diferencia del log de cada caudal menos el logaritmo promedio
5. Este resultado se eleva al cuadrado para obtener *logaritmo de desviación*

$$\sigma\text{Log}Q = \sqrt{\frac{\sum(\text{Log}Q - \overline{\text{Log}Q})^2}{n-1}}$$

$$\sigma\text{Log}Q = \sqrt{\frac{3.64}{30-1}}$$

$$\sigma\text{Log}Q = 0.34823$$

6. El valor promedio de la diferencia del logaritmo de cada caudal menos el logaritmo promedio se eleva al cubo y se reemplaza en la fórmula para calcular el factor skiw.

$$K_{tr} = \frac{n \Sigma (\log Q_1 - \log \bar{Q})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma \log Q)^3}$$

$$K_{tr} = \frac{30 (0.0464)}{(30-1)(30-2)(0.34823)^3}$$

$$K_{tr} = 0.05673$$

7. El mismo procedimiento se aplicó dio como resultado la siguiente tabla.

Tabla 10: Parámetros hallados mediante método Log Pearson III.

| | AÑO | caudal | $\log Q_1$ | $\log Q_1 - \log \bar{Q}$ | $(\log Q_1 - \log \bar{Q})^2$ | $(\log Q_1 - \log \bar{Q})^3$ |
|----|-----------------------|---------------|------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 1975 | 157.47 | 2.20 | 0.10 | 0.01 | 0.0009 |
| 2 | 1976 | 184.94 | 2.27 | 0.17 | 0.03 | 0.0047 |
| 3 | 1977 | 201.90 | 2.31 | 0.21 | 0.04 | 0.0086 |
| 4 | 1978 | 55.48 | 1.74 | -0.36 | 0.13 | -0.0450 |
| 5 | 1980 | 92.29 | 1.97 | -0.13 | 0.02 | -0.0024 |
| 6 | 1981 | 41.88 | 1.62 | -0.48 | 0.23 | -0.1091 |
| 7 | 1987 | 326.37 | 2.51 | 0.41 | 0.17 | 0.0709 |
| 8 | 1992 | 650.02 | 2.81 | 0.71 | 0.51 | 0.3626 |
| 9 | 1993 | 111.87 | 2.05 | -0.05 | 0.00 | -0.0001 |
| 10 | 1994 | 94.74 | 1.98 | -0.12 | 0.02 | -0.0019 |
| 11 | 1996 | 29.10 | 1.46 | -0.64 | 0.40 | -0.2572 |
| 12 | 1998 | 661.08 | 2.82 | 0.72 | 0.52 | 0.3739 |
| 13 | 1999 | 135.99 | 2.13 | 0.03 | 0.00 | 0.0000 |
| 14 | 2000 | 90.75 | 1.96 | -0.14 | 0.02 | -0.0029 |
| 15 | 2001 | 303.52 | 2.48 | 0.38 | 0.15 | 0.0559 |
| 16 | 2004 | 33.09 | 1.52 | -0.58 | 0.34 | -0.1953 |
| 17 | 2006 | 177.87 | 2.25 | 0.15 | 0.02 | 0.0034 |
| 18 | 2007 | 137.44 | 2.14 | 0.04 | 0.00 | 0.0001 |
| 19 | 2008 | 260.28 | 2.42 | 0.32 | 0.10 | 0.0314 |
| 20 | 2009 | 215.40 | 2.33 | 0.23 | 0.05 | 0.0127 |
| 21 | 2010 | 168.53 | 2.23 | 0.13 | 0.02 | 0.0020 |
| 22 | 2011 | 98.64 | 1.99 | -0.11 | 0.01 | -0.0012 |
| 23 | 2012 | 269.07 | 2.43 | 0.33 | 0.11 | 0.0359 |
| 24 | 2013 | 151.58 | 2.18 | 0.08 | 0.01 | 0.0005 |
| 25 | 2014 | 40.89 | 1.61 | -0.49 | 0.24 | -0.1164 |
| 26 | 2016 | 40.71 | 1.61 | -0.49 | 0.24 | -0.1178 |
| 27 | 2017 | 194.19 | 2.29 | 0.19 | 0.04 | 0.0067 |
| 28 | 2018 | 55.30 | 1.74 | -0.36 | 0.13 | -0.0455 |
| 29 | 2019 | 142.42 | 2.15 | 0.05 | 0.00 | 0.0002 |
| 30 | 2020 | 61.92 | 1.79 | -0.31 | 0.09 | -0.0292 |
| | suma | | 63.00 | | 3.64 | 0.0464 |
| | $\overline{\log Q_1}$ | | 2.10 | | 0.12 | 0.0015 |

Fuente: Elaboración propia

8. Cálculo para obtener el tiempo de retorno
Resultados obtenidos

Tabla 11: Caudal respecto al tiempo de retorno según Log Pearson III.

| tr | ktr | $\overline{\log Q_1}$ | σQTr | log QTr | Q Tr |
|-----|--------|-----------------------|--------------|---------|--------|
| 2 | 0.0136 | 2.1 | 0.34823 | 2.1047 | 127.27 |
| 5 | 0.3372 | 2.1 | 0.34823 | 2.2174 | 164.98 |
| 10 | 1.2724 | 2.1 | 0.34823 | 2.5431 | 349.21 |
| 25 | 1.723 | 2.1 | 0.34823 | 2.7000 | 501.19 |
| 50 | 2.0108 | 2.1 | 0.34823 | 2.8002 | 631.28 |
| 100 | 2.2668 | 2.1 | 0.34823 | 2.8894 | 775.12 |

Fuente: Elaboración propia

Caudal de diseño

Una vez obtenido los caudales para determinados tiempos de retornos con ambos métodos, se calcula el promedio y se obtiene el caudal de diseño.

Tabla 12: Caudal de Diseño.

| Tr | Gumbel | Pearson | Qd |
|-----|----------|---------|-----------|
| 2 | 149.2582 | 127.27 | 138.2641 |
| 5 | 306.8877 | 164.98 | 235.93385 |
| 10 | 411.0901 | 349.21 | 380.15005 |
| 25 | 542.7419 | 501.19 | 521.96595 |
| 50 | 640.3909 | 631.28 | 635.83545 |
| 100 | 737.3456 | 775.12 | 756.2328 |

Fuente: Elaboración propia

3.3.4. VALIDACION DE CAUDAL MAXIMO

Para validar el caudal máximo que se obtuvo mediante los métodos empleados, se aplicó el método de Manning, para ello se identificó una sección estable de la quebrada Casitas Bocapán; y para complementar información, fue necesario el testimonio de una persona de la zona, la cual indicó la marca de agua en las máximas avenidas de la quebrada como lo fue en el fenómeno del niño en el año 1983 y 1998, el mismo que fue verificado in situ.

La sección rectangular identificada se ubicó en la parte baja de la cuenca, con las siguientes características:

- Caserío: Tamarindo
- Coordenadas UTM : 541760.44 m E y 9571451.00 m S
- Altitud: 96 msnm
- Tirante de Agua: 2.5 m
- Ancho de sección: 73

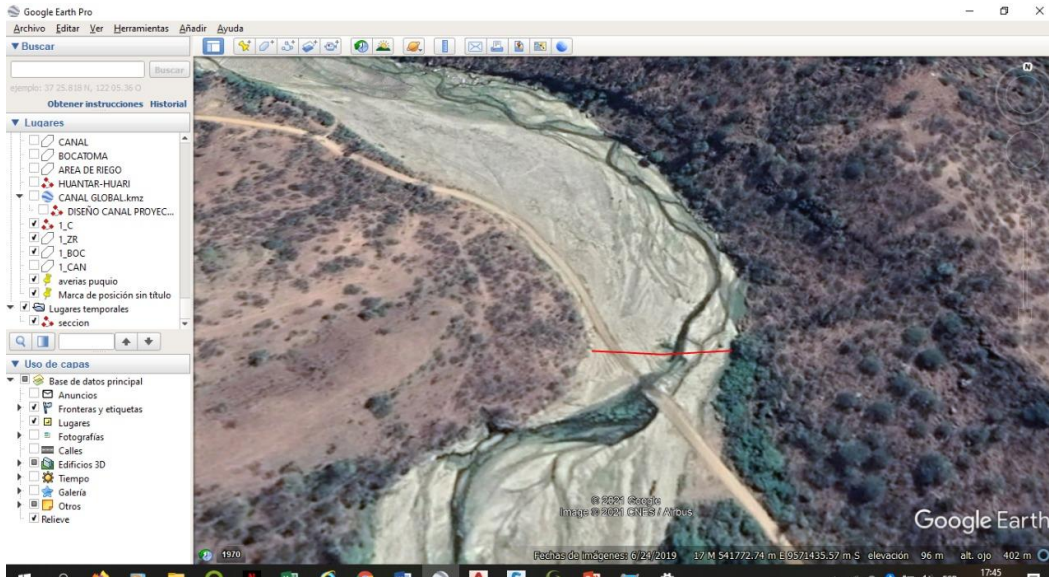


Figura: Imagen satelital de la sección estable de a Qda. Casitas Bocapán.

Calculo de Manning.

Formula aplicada:

$$Q = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A$$

Q= Caudal.

n = coeficiente de rugosidad.

R = Radio Hidráulico.

S = Pendiente.

A = Área.

DATOS PARA SECCION RECTANGULAR:

- **Coeficiente de rugosidad:** se considera n = 0.030 porque se trata de una quebrada como lo indica la tabla a continuación:

| Tipo de Material | n |
|---|----------|
| Madera bien trabajada | 0.009 |
| Cemento liso | 0.010 |
| Vidrio | 0.010 |
| Mortero de cemento con 1/3 de arena | 0.011 |
| Madera no trabajada | 0.012 |
| Mampostería y ladrillos bien trabajados | 0.013 |
| Para ladrillos rugosos | 0.015 |
| Mampostería de piedra labrada | 0.014 |
| Conductos de barro cocido | 0.014 |
| Hormigón moldeado in situ | 0.016 |
| Canales en grava fina | 0.020 |
| Canales y ríos en buen estado | 0.025 |
| Canales y ríos con piedras y hiervas | 0.030 |
| Canales y ríos en mal estado | 0.035 |

- **Ancho de sección:** Esta medida se de 73 m se obtuvo al medir de extremo a extremo las riberas de la sección identificada.
- **Tirante hidráulico:** 3m, dato obtenido del testimonio del morador de la zona.
- **Pendiente:** el cauce presenta 2 pendientes. los primeros 16.9 km es una pendiente (S1) bastante pronunciada de 7.2 % que se encuentra entre la cota 1230 a 1430, lo que respecta a la pendiente (S2) es leve de **0.3 %**, se encuentra entre las cotas 0 a la 200 y tiene una longitud de cauce de 60 km. Por lo tanto, considerando que la sección que se evaluó, se encuentra en la parte baja de la cuenca a una cota de 96 msnm, se realizó el cálculo utilizando la pendiente (S2).

$$S_2 = \frac{200 - 0}{60000}$$

$$S_2 = 0.0033$$

- **Área hidráulica:**

$$A = b * Y$$

$$A = 73 \text{ m} * 2.5 \text{ m}$$

$$A = 182.5 \text{ m}^2$$

- **Perímetro:**

$$P = b + 2 Y$$

$$P = 73\text{m} + 2 (2.5\text{m})$$

$$P = 78 \text{ m}$$

- **Radio Hidráulico**

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{182.5 \text{ m}^2}{78 \text{ m}}$$

$$R = 2.34 \text{ m}$$

- **Reemplazamos en formula General.**

$$Q = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A$$

$$Q = \frac{1}{0.030} * 2.34^{\frac{2}{3}} * 0.0033^{\frac{1}{2}} * 182.5 \text{ m}^2$$

$$Q = 615.95 \text{ m}^3/\text{s}$$

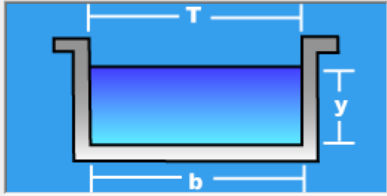
Mediante el software HCanales se logró verificar los resultados obtenidos a través de Manning.

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Tirante (y): m
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Coeficiente de rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m



Resultados:

| | | | | | |
|-----------------------|---|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|---------|
| Caudal (Q): | <input type="text" value="615.9008"/> | m ³ /s | Velocidad (v): | <input type="text" value="3.3748"/> | m/s |
| Area hidráulica (A): | <input type="text" value="182.5000"/> | m ² | Perímetro (p): | <input type="text" value="78.0000"/> | m |
| Radio hidráulico (R): | <input type="text" value="2.3397"/> | m | Espejo de agua (T): | <input type="text" value="73.0000"/> | m |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="0.6815"/> | | Energía específica (E): | <input type="text" value="3.0805"/> | m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | <input type="text" value="Subcrítico"/> | | | | |

Cuidado velocidad erosiva

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

Tabla 13: Resultados de la Geomorfología de cuenca

| DESCRIPCION | UND | VALOR |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|
| Área | Km2 | 934.62 |
| Perímetro de Cuenca | Km | 159.00 |
| Longitud del cauce | m | 76986.27 |
| Jerarquización fluvial. | Orden | 5 |
| | Corriente | Efímera |
| Desnivel altitudinal | M.s.n.m | 1430 |
| Pendiente del cauce principal | | 0.019 |
| Factor de forma | | Ligeramente achatada |
| Coef. De gravelius | | De oval redonda a oval oblonga |
| Cota máxima | Msnm | 1430 |
| Cota mínima | Msnm | 0 |
| Centroide X | M | 540610.4728 |
| Centroide Y | M | 9566186.672 |
| Pendiente mínima de la cuenca | | 0.003 |
| Pendiente promedio de la cuenca | | 0.018 |
| Pendiente máxima de la cuenca | | 0.034 |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La cuenca Casitas Bocapán abarca un área de 934.62 km², con una jerarquización fluvial de orden 5.

Tabla 14: Área y perímetro entre curva de nivel

| COTA | UND | AREA | PERIMETRO |
|-----------|-----|--------|-----------|
| 0-200 | km2 | 345.97 | 190.52 |
| 200-400 | km2 | 372.68 | 295.63 |
| 400-600 | km2 | 60.30 | 112.55 |
| 600-800 | km2 | 63.06 | 73.44 |
| 800-1000. | km2 | 40.85 | 54.55 |
| 1000-1200 | km2 | 41.42 | 53.20 |
| 1200-1400 | km2 | 8.38 | 25.72 |
| 1400-1600 | km3 | 0.88 | 6.87 |
| | | 933.54 | 812.48 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Estimación de caudal según Creager

| Tr | Qmax (m3/s) |
|------------|--------------------|
| 2 | 326.70 |
| 5 | 758.56 |
| 10 | 1085.26 |
| 20 | 1411.96 |
| 25 | 1517.13 |
| 50 | 1843.82 |
| 100 | 2170.52 |
| 200 | 2497.21 |
| 500 | 2929.08 |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Según Creager en la cuenca Casitas Bocapán se espera un caudal 1843.82 m3/s dentro de 50 años.

Tabla 16: Estimación de Caudal según Izskowski

| AÑO | caudal (m3/s) |
|------------|----------------------|
| 1 | 1998 661.08 |
| 2 | 1992 650.02 |
| 3 | 1987 326.37 |
| 4 | 2001 303.52 |
| 5 | 2012 269.07 |
| 6 | 2008 260.28 |
| 7 | 2009 215.40 |
| 8 | 1977 201.90 |
| 9 | 2017 194.19 |
| 10 | 1976 184.94 |
| 11 | 2006 177.87 |
| 12 | 2010 168.53 |
| 13 | 1975 157.47 |
| 14 | 2013 151.58 |
| 15 | 2019 142.42 |
| 16 | 2007 137.44 |
| 17 | 1999 135.99 |
| 18 | 1993 111.87 |
| 19 | 2011 98.64 |
| 20 | 1994 94.74 |
| 21 | 1980 92.29 |
| 22 | 2000 90.75 |
| 23 | 2020 61.92 |
| 24 | 1978 55.48 |
| 25 | 2018 55.30 |
| 26 | 1981 41.88 |
| 27 | 2014 40.89 |

| | | |
|-----------|------|-------|
| 28 | 2016 | 40.71 |
| 29 | 2004 | 33.09 |
| 30 | 1996 | 29.10 |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Según *Izskowski* en se obtuvo un caudal mínimo de 29.10 m³/s y un máximo de 661.08 m³/s.

Tabla 17: Caudal máximo Según Gumbel.

| Tr | Q (m ³ /S) |
|------------|-----------------------|
| 2 | 149.2582 |
| 5 | 306.8877 |
| 10 | 411.0901 |
| 25 | 542.7419 |
| 50 | 640.3909 |
| 100 | 737.3456 |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Según Gumbel en un periodo de 50 años se estima que el caudal será igual o mayor que de 640 m³/s

Tabla 18: Caudal máximo según Log Pearson III.

| Tr | Q Tr (m ³ /s) |
|------------|--------------------------|
| 2 | 127.27 |
| 5 | 164.98 |
| 10 | 349.21 |
| 25 | 501.19 |
| 50 | 631.28 |
| 100 | 775.12 |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Según Log Pearson III en un periodo de 50 años se estima que el caudal será igual o mayor que 631.28 m³/s

Tabla 19: Caudal máximo de Diseño.

| Tr | Gumbel | Pearson | Qd (m ³ /s) |
|------------|----------|---------|------------------------|
| 2 | 149.2582 | 127.27 | 138.2641 |
| 5 | 306.8877 | 164.98 | 235.93385 |
| 10 | 411.0901 | 349.21 | 380.15005 |
| 25 | 542.7419 | 501.19 | 521.96595 |
| 50 | 640.3909 | 631.28 | 635.83545 |
| 100 | 737.3456 | 775.12 | 756.2328 |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: el caudal de diseño para 50 años será de 635.83 m³/s.

Tabla 20: Información obtenida por Manning

| PARÁMETROS | UND | RESULTADO |
|------------------|-------------------|------------|
| Caudal | m ³ /s | 615.95 |
| Área hidráulica | m ² | 182.5 |
| Radio Hidráulico | m | 2.34 |
| Perímetro | m | 78 |
| Velocidad | m/s | 3.375 |
| | | Erosiva |
| Espejo de agua | m | 73 |
| Numero de Froude | | 0.6815 |
| Tipo de flujo | | Subcrítico |

Interpretación: el caudal que se obtuvo mediante Manning fue de 615.95 m³/s.

4.2 DISCUSIÓN

Determinación de características geomorfológicas de la cuenca seca quebrada Casitas Bocapán.

(ANA, 2015) Refiere que “la Quebrada Bocapán es una de las más grandes del norte de Perú. Nace en La Choza, por la unión de las quebradas Cherrelique y Gramadal, y desemboca en el océano Pacífico, discurriendo en su totalidad por territorio peruano. El área total de su cuenca de drenaje es de 986 km²”.

(TUMBES., 2004) En el estudio que realizó el gobierno regional menciona que “en la provincia de contralmirante Villar se tiene como principal quebrada estacional a Casitas-Bocapán con una cuenca aproximada de 1,030.21 Km². la que nace en las alturas del parque nacional Cerros de Amotape a unos 1538 m.s.n.m. en el cerro campana en el distrito de Casitas, la que discurre de sur a norte cortando a la provincia en cuyo recorrido se aúnan tributarios importantes al cauce principal, encontrándose en su trayecto en su cuenca media a los centros poblados de La Choza, Cherrelique, Tacna Libre, Cañaverál, Casitas, Trigal y desembocando al océano pacífico cercano al centro poblado Bocapán en el distrito de Zorritos.

Difiriendo que esta nace en las alturas de la Choza, y cuenta con un área total de 934.62 km². con una cota máxima de 1462.88 msnm, y una mínima de 0, ya que desemboca al océano pacífico.

Determinación de caudal máximo de diseño en la quebrada Casitas

Bocapán.

Según **(Gomes.)** en el estudio de Diseño hidráulico y obras de protección del puente Bocapán – Región Tumbes, menciona que : “el diseño hidráulico del Puente Bocapán, ubicado en la región Tumbes, y se planteó como defensa ribereña principal un sistema de diques guía. El río Bocapán no tiene registro de caudales máximos, por lo que se obtuvo los caudales de diseño a partir de datos de precipitación máxima de 24 horas, los caudales de diseño fueron: caudal con un periodo de retorno de 100 años para la determinación de la altura del puente ($Q_{100} = 1814.4 \text{ m}^3/\text{s}$), y caudal de 500 años de periodo de retorno para la verificación de la estabilidad del puente ($Q_{500} = 3389.7 \text{ m}^3/\text{s}$),

Difiriendo que según los cálculos realizados mediante el método de Gumbel y Log Pearson III el caudal de diseño para 50 años será de 635.83545 m³/s.

Validación de datos: Mediante información recopilada por moradores, en el año 1983 se alcanzó un tirante de 2.5 metros aproximadamente en una sección de 73 metros de ancho, con estos datos al aplicar la fórmula de Manning arroja un caudal de 615.95 m³/s.

Según los datos obtenidos mediante los métodos de Gumbel y Log Pearson III en un periodo de retorno de 50 años se espera un caudal máximo de 635.83545 m³/s.

V. CONCLUSIONES

1. El caudal máximo de diseño para un periodo de retorno de 50 años en la cuenca seca caso quebrada Casitas Bocapán es de: 635.84 m³/s
2. Se aplicó el método Creager para determinar el caudal máximo, donde se obtuvieron 1843.82 m³/s para un tiempo de retorno de 50 años, es necesario mencionar que Creager es un método general con parámetros a utilizar a nivel nacional, el único dato que requiere es el área de cuenca y no considera datos de precipitación ni las características fisiografías de la cuenta; por lo tanto, los resultados difieren considerablemente respecto a los métodos estadísticos de frecuencia y la validación de los mismos; teniendo en cuenta además que son métodos empíricos, siendo prácticos para cuencas pequeñas.

Con el método empírico de Izskowski a través de información de precipitación se logró elaborar una data histórica de 30 años, teniendo un caudal máximo de 661.08 m³/s en el año de 1998 y un caudal mínimo 29.10 m³/s en el año de 1996.

Mediante el método de Manning se validó la información obtenida por Gumbel y Log Pearson III obteniendo un caudal de 615.95m³/s y 635.84 m³/s respectivamente.

3. Se elaboró una data histórica de máximas avenidas con un registro de 30 años (anexos: tabla 8.3)
4. Conociendo el caudal máximo de diseño, este servirá como fuente de información para elaborar los diferentes proyectos como defensas ribereñas u otro tipo de infraestructuras, los cuales serán útiles para evitar inundaciones o erosiones.
5. Conforme a las condiciones de la zona en estudio, el tipo de defensa ribereña que se recomendaría desde el punto de vista hidráulico, estructural y económico para protección de predios agrícolas serian gaviones y para protección de viviendas e infraestructuras públicas serian diques enrocados, la diferencia entre ambas radica desde el punto de vista económico considerando que el alto costo que demanda la ejecución de un dique enrocado pero tratándose de vidas humanas, conociendo el caudal que la quebrada posee y las zonas vulnerables amerita este tipo de defensa ribereña.

VI. RECOMENDACIONES

1. Seguir realizando estudios hidrológicos e hidráulicos en la Cuenca Casitas Bocapán, así mismo realizar plan de manejo de cuencas.
2. Se recomienda a los organismos que le competen instalen estaciones hidrométricas en esta cuenca las cuales faciliten información hidrológica.
3. Este trabajo servirá como herramienta hidrológica para que a las autoridades locales, regionales y centrales puedan atender las zonas que están ubicadas dentro de la cuenca, generando diferentes proyectos con la finalidad de proteger predios agrícolas, producción, viviendas, accesos principales, de la fuerte erosión o inundación que genera esta caudalosa quebrada.
4. Se recomienda a los moradores de la zona, evitar realizar agricultura en las riberas de la quebrada, así reducir el riesgo de inundación y erosión que se pueda presentar.

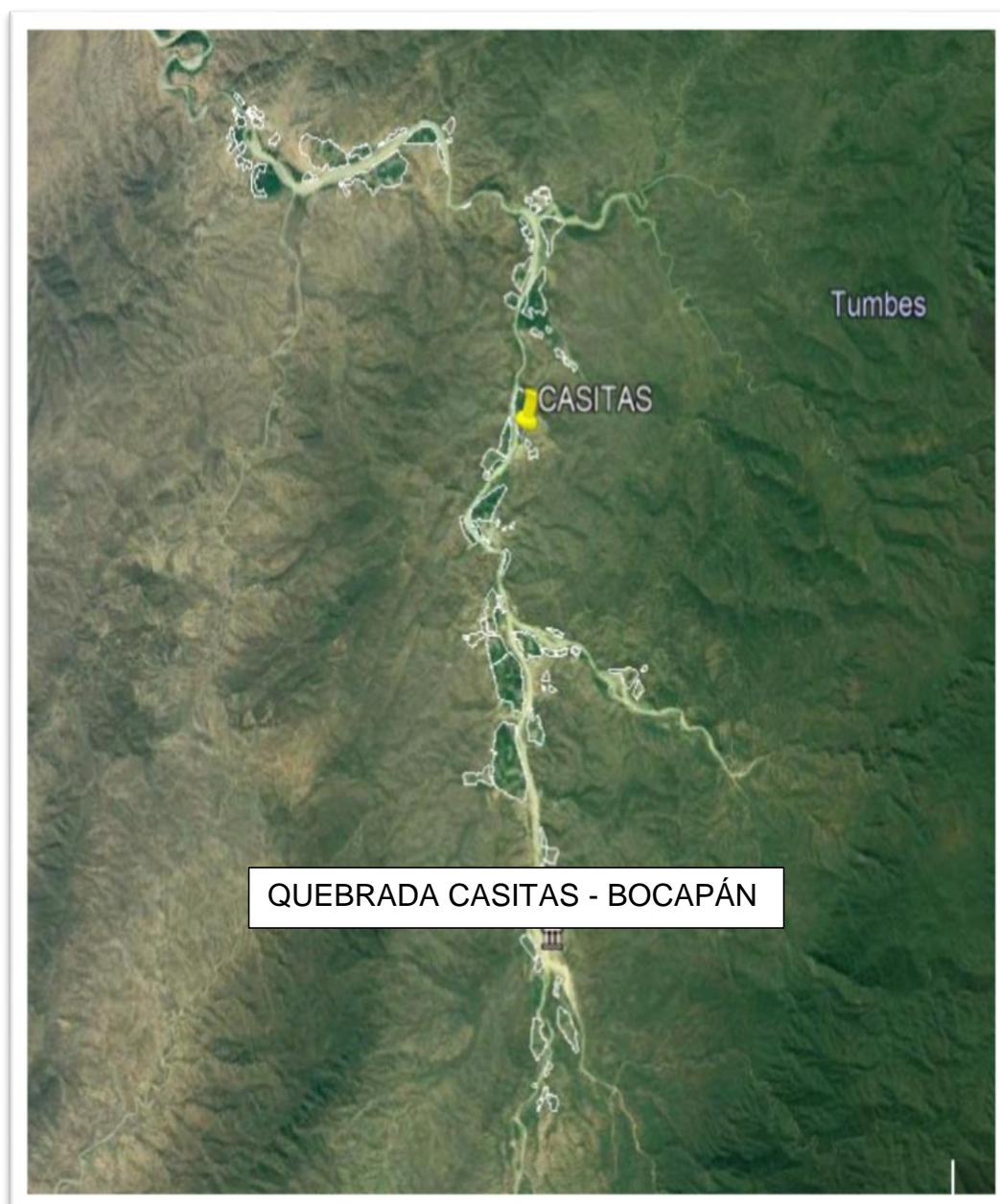
VII. BIBLIOGRAFÍA

- ANA. (2019). *Autoridad Nacional del Agua*. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe/2019/consejo-de-cuenca/tumbes/Hidrograf%C3%ADa>
- Aparicio Mijares. Franciso javier. (1997). *Fundamentos de Hidrología de suerficie*. Mexico.
- Arias, P. L. (2015). *Guía de Aplicaciones del Hec-Hms en cuencas urbanas. ejemplos prácticos*. La Habana-Cuba.: cujae.
- Atoche, G. (2019). *Estimación de caudales máximos en Cuencas secas y aplicación en diseños obras de defensas ribereñas: caso Quebrada Angostura, Tumbes, 2019*. Tumbes.
- Bateman, A. (2007). *Hidrologia Basica y Aplicada*. Lima-Peru: UPC.
- Campomanes. (2015). *hidrologia*.
- CHAVEZ, A. (2009). *Aplicación del metodo de regionalización para la determinacion de caudales en el puente Carrasquillo*.
- Gamez, M. W. (2009). *Texto basico de hidrologia*. Nicaragua.
- Garcia, C. A. (2018). *Determinacion de caudal maximo para diseño de defensa ribereña en el sector Tamarindo rio Tumbes - 2018*. Universidad Nacional de Tumbes., Tumbes.
- Garcia, M. (2011). *Estimacion de caudales maximos en cuenca sin informacion*. Cajamarca.
- Gomes., B. &. (s.f.). *Diseño hidraulico y obras de proteccion del puente Bocapan - Region Tumbes*. . Tumbes.
- HUAMAN, D. (2018). *"Hidrometría De Alta Precisión Durante Eventos Hidrológicos Extremos En El Norte Del Perú: Caso De Los Ríos Binacionales Puyango-Tumbes Y Zarumilla"*. Tumbes.
- INDECI. (2008). *Glosario de Terminos*. Perú.
- INDECI. (2017). *Boletin estadistico virtual de la gestión reactiva*. Lima.
- Jimenez, A. (2014). *Determinación de Zonas Vulnerables a la Inundación Por las Crecidas del Rio Camaná Propuesta de mitigación*. Puno-Peru: UNA-PUNO.
- LLamas, J. (1993). *Hidrología General*. Mexico: Universidad del estado de Mexico.
- Machuca, R. (2014). *"Cálculo De Daños Económicos Potenciales En Viviendas Por Inundaciones Durante La Ocurrencia Del Fenomeno Del Niño: Caso Norte Peruano"*. PIURA.

- Mamani, M. E. (2018). *“MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LA DEFENSA DE CALANA CON EL FIN DE DETERMINAR LA VULNERABILIDAD ANTE MAXIMAS AVENIDAS*. Universidad Privada de Tacna., Tacna - Perú.
- MARTINES, H. (2018). *Evaluacion hidrológica para la determinacion de caudales maximos en la subcuenca del rio Sayacc. Vischongo - Vilcashuaman - Ayacucho, 2018*. ayacucho.
- Martínez, M. H. (2019). *Evaluacion hidrológica para la determinacion de caudales maximos en la subcuenca del rio Sayacc. Vischongo - Vilcashuaman - Ayacucho, 2018*. Universidad Nacional San Crisatobal de Huamanga., Ayacucho - Perú.
- Mochica, M. E. (2013). *Analisis de maximas avenidas con fines de diseño de defensa ribereña del rio Chinhachanaco de la ciudad de Sandía*. Universidad Nacional del Antiplano Puno, Puno - Perú.
- Moreno, H. (2013). *Morfología de las cuencas hidrográficas*. valencia.
- Obando, O. (2007). *Anlisis Hidrológico de la cecida extraordinaria del 27 de febrero del 2006*. Lima.
- OFICINA REGIONAL DE DEFENSA CIVIL. (2009). *Sustento técnico para declaratoria en situación de emergencia Tumbes por peligro inminente ante las lluvias 2008-2009*. Tumbes: Sn.
- Ordoñez, G. J. (2011). *Aguas subterráneas - acuíferos*. Lima - Perú.
- Ramos, L. (2007). *Modelacion de cuencas con HEC-HMS y SIG (HEC Geo-HMS)*. Lima-Peru: UNALM.
- Rocha, F. A. (1998). *Introduccion a ala hidraulica fluvial*. Perú.
- SENAMHI. (2017).
- Tenazoa, C. P. (2018). *Propuestas de diseño de defensa ribereña en la localidad de Machungo, margen derecha del Río Huallaga, Distrito de Alberto Leveaú, Provincia San Martín, Región San Martín*. Universidad Nacional de San Martín., Tarapoto - Perú.
- Teran, R. (1998). *DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DEFENSAS RIBEREÑAS*. Perú.
- TUMBES., G. R. (2004). *Estudio De Diagnóstico Y Zonificación Para El Tratamiento De La Demarcación Territorial De La Provincia De Contralmirante Villar. .* Tumbes.
- Vasquez, V. A. (2016). *Manejo y gestion de cuencas hidrográficas*. Lima - Perú: UNALAM.
- Villon, B. M. (2002). *Hidrología*. Costa Rica.

VIII. ANEXOS.

8.1 PANEL FOTOGRAFICO



Toma de información de la sección estable de la quebrada Casitas Bocapán.



Marca referencial del tirante hidráulico en máximas avenidas, información obtenida por un morador de la zona.



8.2 DATA DE PRECIPITACIÓN

| n° | AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|------|-----|-----|------|-----|------|
| 1 | 1975 | 4.6 | 60.3 | 173.7 | 38 | 1.4 | 1.9 | 1 | 3 | 0.9 | 1 | 1.4 | 2 |
| 2 | 1976 | 107 | 107 | 204 | 31 | 22 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 1977 | 50 | 222.7 | 100.1 | 54.1 | 0 | 0 | 2.2 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 1978 | 6 | 37.1 | 61.2 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 5 | 1980 | 5 | 7.5 | 34 | 101.8 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 6 | 1981 | 0 | 46.2 | 40 | 29.8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 1987 | 123 | 360 | 322 | 54 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 1992 | 41.3 | 221.4 | 717 | 306.3 | 120.8 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 9 | 1993 | 6.8 | 123.4 | 72.8 | 74.1 | 11.1 | 3.5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2.9 |
| 10 | 1994 | 104.5 | 96.5 | 50.4 | 11.5 | 3.6 | 0 | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 17.2 |
| 11 | 1996 | 2.7 | 24.2 | 32.1 | 2 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 1998 | 502.3 | 729.2 | 447.6 | 427.4 | 79.3 | 7.7 | 0 | 0 | 1.7 | 0.5 | 0 | 3.6 |
| 13 | 1999 | 23.9 | 150 | 116.4 | 117.3 | 40.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 2000 | 1 | 70.1 | 60.8 | 100.1 | 30.8 | 3.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.2 |
| 15 | 2001 | 124.4 | 104.1 | 334.8 | 73.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 2004 | 1.9 | - | 36.5 | 24 | 0 | 0 | 0 | 9.3 | 0 | 17.1 | 0 | 9.3 |
| 17 | 2006 | 28.8 | 196.2 | 50.8 | 5.1 | 0 | 1.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 18 | 2007 | 62.5 | 3.3 | 151.6 | 19.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 2008 | 124.8 | 287.1 | 126.4 | 5.2 | 0 | 0 | 0.1 | 0 | 0 | 1.4 | 0 | 0 |
| 20 | 2009 | 237.6 | 130.2 | 57.5 | 41.9 | 3.2 | 6.9 | 0.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 2010 | 55.2 | 122.6 | 185.9 | 77.1 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.0 |
| 22 | 2011 | 3.3 | 77.3 | 0 | 108.8 | 0 | 0 | 17.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.2 |
| 23 | 2012 | 78.2 | 199.2 | 296.8 | 87.2 | 19.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.7 | 0.9 |
| 24 | 2013 | 22.2 | 36.4 | 167.2 | 4.6 | 5.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 25 | 2014 | 12.9 | 45.1 | 6.4 | 4.4 | 25.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.8 | 0 | 0 |
| 26 | 2016 | 1.5 | 0.1 | 44.9 | 37.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.2 |
| 27 | 2017 | 137.7 | 214.2 | 65.0 | 121.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 |
| 28 | 2018 | 0.0 | 61.0 | 18.7 | 1.7 | 19.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.7 |
| 29 | 2019 | 21.3 | 157.1 | 109.2 | 56.4 | 38.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 59.4 |
| 30 | 2020 | 58.8 | 38.3 | 68.3 | 4.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.2 |

Fuente: Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes

8.3. DATA DE CAUDALES MAXIMOS

| | AÑO | caudal (m3/s) |
|-----------|------------|----------------------|
| 1 | 1975 | 157.47 |
| 2 | 1976 | 184.94 |
| 3 | 1977 | 201.9 |
| 4 | 1978 | 55.48 |
| 5 | 1980 | 92.29 |
| 6 | 1981 | 41.88 |
| 7 | 1987 | 326.37 |
| 8 | 1992 | 650.02 |
| 9 | 1993 | 111.87 |
| 10 | 1994 | 94.74 |
| 11 | 1996 | 29.1 |
| 12 | 1998 | 661.08 |
| 13 | 1999 | 135.99 |
| 14 | 2000 | 90.75 |
| 15 | 2001 | 303.52 |
| 16 | 2004 | 33.09 |
| 17 | 2006 | 177.87 |
| 18 | 2007 | 137.44 |
| 19 | 2008 | 260.28 |
| 20 | 2009 | 215.4 |
| 21 | 2010 | 168.53 |
| 22 | 2011 | 98.64 |
| 23 | 2012 | 269.07 |
| 24 | 2013 | 151.58 |
| 25 | 2014 | 40.89 |
| 26 | 2016 | 40.71 |
| 27 | 2017 | 194.19 |
| 28 | 2018 | 55.3 |
| 29 | 2019 | 142.42 |
| 30 | 2020 | 61.92 |

Fuente: Elaboración propia

8.5. MATRIZ DE CONSISTENCIA.

| Titulo | Problema | Objetivos | Hipótesis | Variables | Unidades |
|--|---|---|---|--|---|
| “Estimación del caudal máximo en cuencas secas para diseño de defensa ribereña - caso quebrada Casitas-Bocapán Tumbes-2020”. | ¿La Estimación del caudal máximo en cuencas secas permitirá diseñar defensas ribereñas en el caso quebrada Casitas-Bocapán Tumbes-2020? | <p>OBJETIVO GENERAL Determinar caudales en cuencas secas</p> <p>OBJETIVO ESPECIFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estimar el caudal máximo para diseño de defensa ribereña en quebrada Casitas Bocapán. • Aplicar modelos de Creager e Iszkowski para determinar el caudal máximo. • Elaborar una data histórica de avenidas máximas para 30 años para el diseño de defensa ribereña. • Proponer tipos de defensas ribereñas. | <p>HIPÓTESIS GENERAL La estimación del caudal máximo permite el diseño de defensa ribereña en la quebrada Casitas - Bocapán Tumbes-2020.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • La estimación del caudal máximo define el diseño de defensa ribereña. • El modelo de Creager y modelo de Iszkowski permite el cálculo del caudal máximo en la quebrada Casitas Bocapán – Tumbes 2020. • En la cuenca Casitas Bocapán es posible plantear una data de caudales máximos por un periodo de 30 años | <p>VARIABLE INDEPENDIENTE Estimación de caudal máximo.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE. Diseño de defensa ribereñas.</p> | <p>POBLACIÓN La población está constituida por todas las cuencas secas de la región Tumbes.</p> <p>MUESTRA La muestra está constituida por la cuenca hidrográfica quebrada Casitas Bocapán.</p> |

Fuente: Elaboración propia

