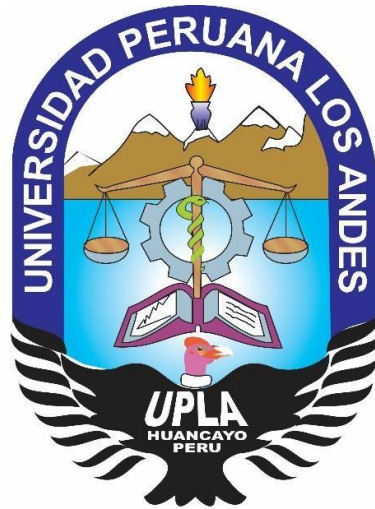


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**APLICACIÓN DEL MODELAMIENTO HIDRÁULICO  
PARA DELIMITAR LA FAJA MARGINAL DEL RIO  
ACHAMAYO EN EL TRAMO PUENTE MATAHUASI –  
FERROCARRIL CENTRAL, CONCEPCIÓN**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. RICAR DANIEL HUAMAN CANTORIN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2021**

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

---

Dr. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA  
Presidente

---

Mg. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL  
Jurado Revisor

---

Ing. RANDO PORRAS OLARTE  
Jurado Revisor

---

Ing. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES  
Jurado Revisor

---

MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA  
Secretario Docente

### **DEDICATORIA**

*A Dios por ser luz y guía en mi camino, a mi esposa Reyna por ser fortaleza en mi vida, a mis hijos Valeria y Alejandro por darme felicidad y alegría*

## ÍNDICE GENERAL

CARATULA .....	15
HOJA DE CONFORMACION DE JUARADOS .....	15
DEDICATORIA .....	15
INDICE .....	15
INDICE DE CUADROS .....	15
INDICE DE FIGURAS .....	15
RESUMEN .....	15
INTRODUCCION .....	15

### CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1.Problema General.....	15
1.2.2.Problemas Específicos.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.2.1.Objetivos General.....	15
1.2.2.Objetivos Específicos.....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	16
1.3.1.Practica o Social.....	16
1.3.2.Metodológica.....	16
1.5. DELIMITACIONES.....	16
1.5.1.Temporal.....	16
1.5.2.Espacial.....	16

### CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES.....	18
2.1.1.Antecedentes nacionales.....	18
2.1.2.Antecedentes Internacionales.....	19
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	20
2.2.1.ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	20
2.2.1.1.Ciclo hidrológico.....	20
2.2.2.CUENCA HIDROGRÁFICA.....	21

2.2.2.1. Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca.....	21
2.2.2.2. Propiedades de la Red Hídrica.....	23
2.2.3. ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	31
2.2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS HIDROLÓGICOS.....	32
2.2.4.1. Modelos de distribuciones de probabilidades utilizadas	32
2.2.4.2. Pruebas de bondad de ajuste.....	35
2.2.5. ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE MÁXIMA AVENIDA.....	36
2.2.5.1. Sistema de modelamiento hidrológico (HMS-Hydrologic Modeling System)	36
2.2.6. MODELAMIENTO HIDRÁULICO.....	38
2.2.6.1. HEC - RAS	38
2.2.7. FAJA MARGINAL.....	39

### **CAPITULO III METODOLOGÍA**

3.1. TIPO DE ESTUDIO.....	40
3.2. NIVEL DE ESTUDIO.....	40
3.3. DISEÑO DEL ESTUDIO.....	40
3.4. Población y muestra.....	40
3.4.1. Población.....	40
3.4.2. Muestra.....	40
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS DE DATOS.....	41
3.5.1. Técnicas.....	41
3.5.2. Instrumentos.....	41
3.6. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	41
3.6.1. Procesamientos de datos.....	41
3.6.2. Presentación de datos.....	42

### **CAPITULO IV DESARROLLO DEL INFORME**

4.1. GENERALIDADES.....	43
4.1.1. Introducción.....	43
4.1.2. Base legal.....	43
4.1.3. Alcances.....	44
4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRAMO DE ESTUDIO	45
4.2.1. Ubicación: Política Geográfica e Hidrográfica.....	45

4.2.2.Descripción del Tramo de Estudio.....	47
4.2.3.Aspectos Geomorfológicos de La Microcuenca del Rio Achamayo.....	47
4.2.3.1.Factor de forma:.....	48
4.2.3.2.Factor de compacidad (gravelious).....	49
4.2.3.3.Relieve – curva hipsométrica.....	50
4.2.3.4.Perfil longitudinal:.....	51
4.2.3.5.Pendiente.....	51
4.2.3.6.Mediciones lineales:.....	51
4.2.3.7.Longitud de la cuenca.....	52
4.2.3.8.Densidad de drenaje:.....	52
4.2.3.9.Tiempo de concentración.....	53
4.2.3.10.Características de la microcuenca del rio achamayo...	53
4.2.4.Estudio Climatológico de la Microcuenca del Rio Achamayo.....	54
4.2.4.1.Generación de la Precipitación Máxima Diaria en la Microcuenca del Rio Achamayo.....	54
4.2.5.Método de Distribución de Probabilidades.....	55
4.2.5.1.Distribución Normal 2 Parámetros.....	56
4.2.5.2.Distribución Log Normal 2 Parámetros.....	59
4.2.5.3.Distribución Log – Normal 3 Parámetros.....	62
5.1.1.1.Prueba de bondad y ajuste Kolmogorov – smirnov.....	65
5.1.1.2.Selección Del Período De Retorno.....	65
5.1.1.3.Determinación de la tormenta de diseño.....	66
5.1.1.4.Generación de intensidad y curvas idf.....	67
5.1.1.5.Generación de Hietogramas Método Bloque Alterno....	67
5.2. ANÁLISIS DE MÁXIMAS AVENIDAS.....	68
5.2.1.Selección del método para determinación de máximas avenidas.....	68
5.2.1.1.Modelamiento hidrológico con HEC-HMS de la microcuenca del Rio Achamayo.....	69
5.2.2.Determinación de caudales máximos.....	72
5.3. TOPOGRAFÍA.....	72
5.3.1.Puntos de control.....	72
5.3.2.Levantamiento topográfico.....	73
5.4. SIMULACIÓN HIDRÁULICA.....	74
5.4.1.Descripción del modelo.....	74
5.4.2.Configuración del modelo.....	74

5.4.2.1. Geometría del cauce – modelo digital MDT.....	75
5.4.2.2. Coeficientes de pérdidas de energía.....	76
5.4.2.3. Caudal de máxima avenida.....	77
5.4.2.4. Condiciones de frontera (aguas arriba y aguas abajo)...	77
5.4.3. Simulación hidráulica.....	78
5.5. GENERACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL LÍMITE SUPERIOR DE LA FRONTERA.....	82
5.6. DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL.....	82
CONCLUSIONES .....	90
RECOMENDACIONES .....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	92
ANEXOS.....	93

## ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1. Valores críticos para kolmogorov - Smirnov.....	36
Tabla 2. Ubicación del Tramo en Estudio, Datum – WGS 84 .....	45
Tabla 3. Características de Drenaje de la Microcuenca del Rio Achamyo .....	53
Tabla 4. Cálculos de Tiempo de Concentración.....	53
Tabla 5. Serie Histórica de precipitaciones anuales en 24 horas – Estación Ingenio .....	54
Tabla 6. Distribución Normal 2 Parámetros para precipitaciones máximas anuales en 24 horas, estación ingenio .....	57
Tabla 7. Distribución Log Normal 2 Parámetros para precipitaciones máximas anuales en 24 horas – Estación Ingenio .....	60
Tabla 8. Distribución Log Normal 3 Parámetros para precipitaciones máximas anuales en 24 horas, estación ingenio.....	62
Tabla 9. Datos de tablas .....	65
Tabla 10. Pruebas de Bondad y Ajuste Kolmogorov - Smirnov.....	65
Tabla 11. Periodo de Retorno para diferentes periodos de duración .....	65
Tabla 12. Tormentas de diseño utilizando el método ILLA SENAMHI-UNI .....	66
Tabla 13. Calculo del Hietograma mediante el método Bloque Alterno .....	67
Tabla 14. Coeficientes de Rugosidad para cauces naturales .....	76
Tabla 15. Niveles de tirantes.....	79
Tabla 16. Velocidades de flujo .....	80
Tabla 17. Ancho mínimo de faja marginal en cuerpos de agua .....	83
Tabla 18. Hitos de margen izquierda del rio Achamayo .....	83
Tabla 18. Hitos de margen derecha del rio Achamayo .....	84



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. El Ciclo Hidrológico .....	20
Figura 3. Curvas IDF para diferentes periodos de retorno .....	28
Figura 4. Hietograma de diseño .....	30
Figura 5. Programa hec-hms para modelamiento hidrológico.....	38
Figura 6. Esquema típico de sección de faja marginal.....	39
Figura 7. Mapa de Ubicación Geográfica.....	46
Figura 8. Mapa de Microcuenca Hidrográfica.....	46
Figura 9. Tramo de estudio .....	47
Figura 10. Delimitación de la Microcuenca del Rio Achamayo .....	47
Figura 11. Resultados de Área y Perímetro .....	49
Figura 12. Ingreso del factor de Compacidad en ArcGis.....	50
Figura 13. Ingreso de Datos en ArcGis para Curva Hipsometrica.....	50
Figura 14. Diagrama de Curva Hipsométrica – Microcuenca del Rio Achamayo .....	51
Figura 15. Perfil Longitudinal de rio Achamayo de la Microcuenca de Estudio	51
Figura 16. Pendiente de la Microcuenca del Rio Achamayo .....	52
Figura 17. Longitud del curso principal de la Microcuenca del Rio Achamayo	52
Figura 18. Función Densidad de la distribución Normal 2 Parámetros .....	58
Figura 19. Probabilidad Empírica y teórica de la Distribución Normal 2 Parámetros.....	59
Figura 20. Función Densidad de la distribución Log Normal 2 Parámetros .....	61
Figura 21. Probabilidad Empírica y teórica de la Distribución Log Normal 2 Parámetros.....	62
Figura 22. Función Densidad de la distribución Log Normal 3 Parámetros .....	64
Figura 23. Probabilidad Empírica y teórica de la Distribución Log Normal 2 Parámetros.....	64
Figura 24. Generación de Intensidades y curva IDF .....	67
Figura 25. Generación de Hietograma Normalizado TR=100 Años .....	68
Figura 26. Modelado de la Microcuenca del rio Achamayo con Hec-Hms .....	69
Figura 27. Colocación de datos meteorológicos en Hec-Hms .....	70

Figura 28. Especificaciones de control en Hec-Hms.....	70
Figura 29. Generación del Hietograma de diseño en Hec-Hms.....	71
Figura 30. Generación del caudal de diseño en Hec-Hms.....	71
Figura 31. Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años.....	72
Figura 32. Puntos de control del tramo de estudio.....	73
Figura 33. Levantamiento topográfico del Tramo estudio .....	73
Figura 34. Configuración del tramo en estudio con HEC-RAS.....	75
Figura 35. Modelo Digital de Tamo en estudio (MDT).....	75
Figura 36. Coeficientes de contracción y expansión .....	77
Figura 37. Condiciones de frontera aguas arriba y aguas abajo .....	78
Figura 38. Simulación de inundación para un periodo de retorno de 100 años	79
Figura 39. Simulación de inundación en sección transversal a 20 metros.....	81
Figura 40. Simulación de inundación en sección transversal a 640 metros.....	82

## RESUMEN:

El presente informe técnico tuvo como problema general: ¿cómo el modelamiento hidráulico permite delimitar la faja marginal del río Achamayo en el tramo Puente Matahuasi - Ferrocarril Central, Concepción – Junín?

El objetivo general fue: Realizar el modelamiento hidráulico para delimitar la faja marginal del río Achamayo en el tramo puente matahuasi – ferrocarril central, concepción - Junín. El tipo de estudio fue aplicada, con un nivel descriptivo explicativo, de diseño no experimental. La población estuvo conformada. Por toda la rivera del río Achamayo, en un total de 34,858.08 metros, El tipo de muestreo fue dirigido o intencional, y la muestra lo constituyó el tramo desde el puente matahuasi hasta el ferrocarril central con una longitud de 681.00 metros, La conclusión principal de este informe es que se realizó el modelamiento hidráulico el cual permitió delimitar la faja marginal, considerando las secciones transversales y el tirante máximo obtenidas en la simulación hidráulica, el cual fue desarrollado de acuerdo a la Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA, **(Reglamento para Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales)**, teniendo como ancho faja marginal 5 metros para ambas márgenes del río

La metodología utilizada consiste en realizar los estudios de tipo hidrológico, probabilístico, topográfico e hidráulico el cual se ajusta a los parámetros de la ley 29338 (ley de recursos hídricos), considerando la inundación del caudal de máxima avenida para un periodo de retorno de 100 años, obtenido como resultado la delimitación de la faja marginal el tramo de 681.00 metros con un ancho de faja marginal de 5 metros a ambos lados de la ribera del río

**Palabras claves:** Modelamiento Hidráulico, Faja Marginal, río Achamayo.

## **ABSTRACT:**

The present technical report had as a general problem: how does hydraulic modeling make it possible to delimit the marginal strip of the Achamayo river in the Matahuasi Bridge - Central Railway, Concepción - Junín section?

The general objective was: Carry out hydraulic modeling to delimit the marginal strip of the Achamayo river in the Matahuasi bridge - central railway, concepción - Junín section. The type of study was applied, with a descriptive explanatory level, of no-experimental design. The population was made up. Along the entire bank of the Achamayo river, in a total of 34858.08 meters, The type of sampling was directed or intentional, and the sample was made up of the section from the Matahuasi bridge to the central railway with a length of 681 meters, The main conclusion of In this report, the hydraulic modeling was carried out, which allowed the delimitation of the marginal belt, considering the cross sections and the maximum tie obtained in the hydraulic simulation, which was evaluated according to Chief Resolution No. 332-2016-ANA, (Regulation for Delimitation and Maintenance of Marginal Belts), having a marginal belt width of 5 meters for both banks of the river

The methodology used consists of carrying out hydrological, probabilistic, topographic and hydraulic studies which adjust to the parameters of law 29338 (water resources law), considering the flooding of the maximum avenue flow for a return period of 100 years, obtained as a result of the delimitation of the marginal strip the section of 681.00 meters with a marginal strip width of 5 meters on both sides of the river bank

**Keywords:** Hydraulic Modeling, Marginal Belt, Achamayo River.

## INTRODUCCIÓN:

El presente informe técnico tiene por finalidad proponer la delimitación de la faja marginal, pensando principalmente en el riesgo permanente que corren las poblaciones ante los huaycos, desbordes de ríos. Por eso se hace necesario profundizar el estudio para la aplicación de nuevas tecnologías que sea una alternativa para prevenir los desastres naturales hidrológicos

Nuestro país es vulnerable a desastres naturales, muchos de los cuales ha dejado grandes pérdidas materiales en los principales sectores productivos, siendo los huaycos, inundaciones y desbordes de los ríos que han ocasionado grandes daños

Este informe técnico está estructurado en 4 capítulos, que se describen a continuación:

Capítulo I: Planteamiento del problema, en este se describe la realidad problemática, la formulación del problema: General y Específicos, Los Objetivos: General y Específicos, La Justificación: Práctica o Social y Metodológica, y las delimitaciones: Temporal, Espacial y Económica

Capítulo II: Marco Teórico, Aquí se describe los antecedentes: nacionales e internacionales, el marco conceptual que incluye el estudio hidrológico, cuenca hidrográfica, estimación de máxima avenida y faja marginal

El capítulo III: se define la metodología de estudio en tal sentido se menciona el tipo, método, diseño de estudio, la población, muestra, técnicas e instrumentos de estudio.

capítulo IV: en este se desarrollan las generalidades, y la delimitación de la faja marginal

finalmente se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. Richar Daniel Huamán Cantorin

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Debido a las altas precipitaciones, se generan desbordes en las riberas de los ríos, trayendo como consecuencia inundaciones en las zonas de topografía de baja pendiente. Estos fenómenos naturales han estado siempre presentes en el mundo.

En el Perú los desastres naturales a causa de inundaciones, se va dando constantemente en los meses de (enero-marzo), debido que las regiones de la sierra presentan lluvias de gran intensidad, trayendo como consecuencia la activación de una serie de ríos.

Las riberas del río Achamayo perteneciente a la Microcuenca del río Achamayo no es ajeno a ocasionar daños severos en las áreas urbanas, vías, puentes, redes de agua, alcantarillados, red de alumbrado, viviendas y zonas agrícolas, debido a las máximas avenidas de caudal que pueden discurrir por sus riveras desbordadas.

Teniendo de conocimiento la problemática que podría ocasionar los desbordes de las riberas del río Achamayo, se plantea delimitar la faja en el tramo: Puente Matahuasi - Ferrocarril Central, Concepción - Junín como solución a un sistema de prevención

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿cómo el modelamiento hidráulico permite delimitar la faja marginal del río Achamayo en el tramo Puente Matahuasi - Ferrocarril Central, Concepción - Junín?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a. ¿Cuáles son los parámetros geomorfológicos de la microcuenca del río Achamayo?
- b. ¿Cuál es el caudal de máxima avenida del río achamayo en el tramo en estudio?
- c. ¿Qué resultados se obtuvieron del levantamiento topográfico del tramo en estudio?
- d. ¿Cuál es el resultado de la simulación hidráulica del tramo en estudio?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivos General**

- ✓ Realizar modelamiento hidráulico para delimitar la faja marginal del río Achamayo en el tramo puente matahuasi – ferrocarril central, concepción - Junín

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- a. Determinar los parámetros geomorfológicos de la microcuenca del río Achamayo
- b. Determinar el caudal de máxima avenida del tramo en estudio
- c. Especificar los resultados del levantamiento topográfico del tramo en estudio
- d. Estimar los resultados de la simulación hidráulica del tramo en estudio

## **1.4. JUSTIFICACIÓN**

### **1.3.1. Practica o Social**

El presente estudio tiene el propósito de delimitar la faja marginal del río Achamayo en el tramo puente Matahuasi – Ferrocarril central, con la estimación de los resultados de la simulación hidráulica a través del programa Hec ras ver. 5.0.3, se estaría logrando identificar las zonas de inundación, dichos resultados serán aplicados con la demarcación de hitos de toda la rivera del río del tramo en estudio, el mismo que se hará de conocimiento a los pobladores del entorno, y así tomen las precauciones necesarias para evitar pérdidas económicas, acompañado de lamentables pérdidas humanas.

### **1.3.2. Metodológica**

El análisis para la delimitación de la faja marginal del río Achamayo en el tramo puente Matahuasi – ferrocarril central, obedece al fundamento metodológico de la aplicación del Modelamiento Hidráulico, con ello se estaría aportando con la solución a un problema real de naturaleza hídrica. Metodología que sirve para realizar investigaciones similares en escenarios diversos.

## **1.5. DELIMITACIONES**

### **1.5.1. Temporal**

El presente informe se desarrolló durante el año 2018 desde enero a diciembre

### **1.5.2. Espacial**

El presente estudio se ha realizado en el río Achamayo en el tramo comprendido entre el Puente Matahuasi y el Ferrocarril Central. Con una longitud de 681.00 metros, ubicada en la Provincia de Concepción, Departamento de Junín.





### 1.5.3. Económica

Este estudio se desarrolló con recurso propios, no se tuvo financiamiento externo,

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES.

##### 2.1.1. Antecedentes nacionales

- a) Ballena. (2017) realizó la tesis denominada **“EVALUACIÓN DEL RIO GRANDE, CON FINES DE DELIMITACIÓN DE FAJA MARGINAL EN UN TRAMO DE LA ZONA URBANA DE HUAMACHUCO, EN LA PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN, REGIÓN LA LIBERTAD”** la presente tesis tuvo como objetivo evaluar el Rio Grande con fines de proponer su delimitación de faja marginal en un tramo de la zona urbana de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, la libertad, la metodología utilizada consistió en realizar estudios de tipo hidráulico, hidrológico, topográfico y social considerándose dentro de los parámetros de la ley 29338(Ley de Recursos Hídricos), como resultado de la evaluación del rio grande se determinó que es necesario hacer su delimitación de faja marginal en un tramo de 3 kilometros desde la progresiva 5+200 hasta la progresiva 8+200 con un ancho de faja marginal de 15 metros, a ambos lados de la rivera del rio.
  
- b) Hernández. (2018) realizo la tesis **“ZONIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES DE LA LOCALIDAD DE SANTA BÁRBARA OCASIONADO POR AVENIDAS EXTRAORDINARIAS DE LA QUEBRADA SAMBARBAMBA – BAÑOS DEL INCA”**, el objetivo del presente estudio es identificar y cuantificar las áreas a ser inundadas

en la localidad de Santa Bárbara por avenidas extraordinarias de la quebrada Sambarbamba mediante el modelo IBER, comprendido en un tramo de evaluación de 927 metros, la metodología aplicada fue de realizar el modelamiento Hidráulico e Hidrológico de la cuenca de la quebrada Sambarbamba, para dicho análisis se empleó las precipitaciones de la estación Augusto Weberbauer, el modelo GUMBEL fue el modelo utilizado para la distribución de probabilidades en diferentes periodos de retorno, obteniéndose las curvas IDF(Intensidad – Duración - Frecuencia). Para estimar el caudal de máxima avenida se aplicó el método racional determinándose los caudales de 53.41 m<sup>3</sup>/s, 66.06 m<sup>3</sup>/s, 72.39 m<sup>3</sup>/s y 79.33 m<sup>3</sup>/s para diferentes escenarios analizados, posteriormente empleando el modelo bidimensional IBER se identificó y cuantificó las áreas inundables siendo afectada la localidad de Santa Bárbara en 3.07 hectáreas

### **2.1.2. Antecedentes Internacionales**

- a) Baltazar. (2009) sustento **“DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DEL RIO COLINA Y ANÁLISIS DE SU ESTABILIDAD FRENTE A CRECIDAS PLUVIALES”**, el objeto para el estudio comprende la alteración que ha introducido la extracción de áridos en el cauce natural del Rio Colina, en los tramos rural y urbano de la Comuna de Colina, la metodología utilizada fue de definir el tramo en estudio, en segunda instancia se realizaron visitas terrestres al tramo del rio Colina a fin de describir y recopilar estudio de proyectos hidrológico, topográfico, sedimentológico, de acuerdo a los resultados obtenidos, se establece la inestabilidad del cauce, principalmente en la zona sometida a escisión, que comprende el tramo entre el puente esmeralda y el puente colina, en ese sector fluctúan erosiones y depósitos de gran magnitud, este efecto es marcado en torno al sector de máximo ensanchamiento (15 metros)

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL.

### 2.2.1. ESTUDIO HIDROLÓGICO

Villón (2002) indica que “la hidrología es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas físicas y su relación con el medio ambiente, incluye a los seres vivos”

#### 2.2.1.1. Ciclo hidrológico

Chereque (1996) menciona que “Se denomina ciclo hidrológico el conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso), como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.)

Chereque (1996) señala que “el ciclo hidrológico no es nada regular. Todo lo contrario. Una muestra de ello son los periodos de sequías y de inundaciones con los que estamos tan acostumbrados en el país. Prácticamente todos los años tenemos nosotros problemas de sequías en algunos lugares y problemas de inundaciones en otros. El ciclo hidrológico es completamente irregular, y es precisamente contra estas irregularidades que lucha el hombre”

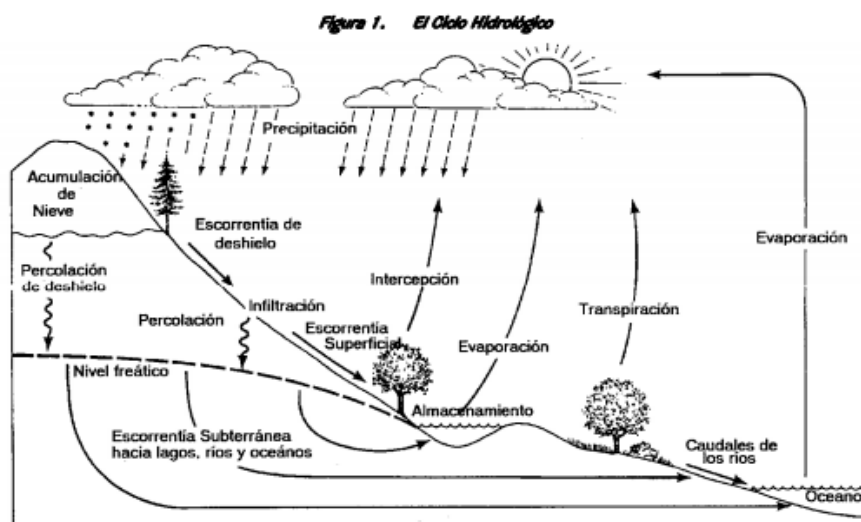


Figura 1. El Ciclo Hidrológico  
Fuente: Adaptado por Chereque, 2002

## **2.2.2. CUENCA HIDROGRÁFICA**

De acuerdo con Velásquez A (1999), Para fines de estimación de las descargas máximas de una fuente de agua superficial.

La cuenca hidrográfica se define como el área de drenaje delimitada por sus divisorias o parte aguas, desde los puntos o niveles de terreno no confinantes cuyas aguas drenan hacia un curso principal. En este espacio se desarrolla el ciclo hidrológico de las aguas, cuya única fuente principal, la precipitación en magnitud, intensidad y frecuencia, definen el régimen hidrológico de las descargas máximas del escurrimiento, manifestación que es consecuentemente a las características físicas de la cuenca

### **2.2.2.1. Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca**

- **Área de la cuenca**

De acuerdo con Ibáñez S, Genesis de Suelos el área de la cuenca está definida por el espacio delimitado por la curva del perímetro (P).

Esta línea se traza normalmente mediante fotointerpretación de fotografías aéreas en las que se aprecia el relieve, y por lo tanto las divisoras de agua o sobre un mapa topográfico en función a las curvas de nivel representadas. Probablemente sea el factor más importante en la relación esorrentía – características morfológicas. (2003).

- **Perímetro de la cuenca**

Villón (2002) “Se refiere al borde de la forma de la cuenca proyectada en un plano horizontal, es de forma muy irregular, se obtiene después de delimitar la cuenca” .

- **Cota de la cuenca**

De acuerdo con Vasquez (Comportamiento hidrológico de una Pequeña Cuenca), indica que.

la altura mediana de la cuenca tiene influencia fundamental en el régimen hidrológico puesto que las precipitaciones de la cuenca, generalmente presentan una buena correlación con la altitud. A partir de la curva hipsométrica, se puede determinar fácilmente la denominada elevación mediana de la cuenca, la cual equivale a la cota correspondiente al 50% del área de la cuenca (2017).

- **Curva hipsométrica**

Los autores Agustín B. y Marco J. (Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial), afirman lo siguiente.

es una curva que representa en ordenadas, las elevaciones o altitudes de la cuenca que se ubica a partir de las superficies de la descarga o salida en abscisa. Se puede considerar a esta curva como una superficie del perfil de la cuenca de análisis. La distribución espacial de la altitud en la cuenca es fundamental para caracterizar su condición morfológica, es decir, saber qué porcentaje de la cuenca corresponde a zonas montañosas, lomeríos, etc. Primero se requiere obtener un diagrama de frecuencias que asocie área – altitud; es decir, determinar el valor de área correspondiente en un intervalo de altitud, abarcando el rango comprendido entre las elevaciones del terreno mínima y máxima. (2006).

- **Pendiente de la cuenca**

En su libro el autor Maximo Villón menciona que la pendiente de la cuenca,

es un parámetro muy importante en el estudio de toda la cuenca, tiene una relación importante y compleja con la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo y la contribución del

agua subterránea a la escorrentía. Es uno de los factores, que controla el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje, y tiene una importancia directa en relación a la magnitud de crecidas (2002)

#### **2.2.2.2. Propiedades de la Red Hídrica**

- **Red de drenaje**

El autor Maximo Villón describe en su texto la red de drenaje de una cuenca, se refiere a las trayectorias o al arreglo que guarden entre sí, los cauces de las corrientes naturales dentro de ella.

Es otra característica importante en el estudio de la cuenca, ya que manifiesta la eficiencia del sistema del drenaje en el escurrimiento resultante, es decir la rapidez con la que se desaloja la cantidad de agua que recibe. La forma de drenaje, proporciona también indicios de condiciones del suelo y de la superficie de la cuenca. Las características de una red de drenaje, pueden describirse principalmente de acuerdo con (2002).

- El orden de las escorrentías
- Longitud de los tributarios
- Densidad de corriente
- Densidad de drenaje

- **Orden de drenaje**

El autor Villón (2002) señala que “antes de hablar del orden de las corrientes, conviene ver su clasificación, todas las corrientes pueden dividirse en tres clases generales dependiendo del tipo de escurrimiento, el cual está relacionado con las características físicas y condiciones climáticas de la cuenca”.

- Una corriente efímera
- Una corriente intermitente

- La corriente perenne

- **Longitud de los tributarios**

El autor Villón describe y hace mención en su texto que,

la longitud de los tributarios es una indicación de la pendiente de la cuenca, así como del grado de drenaje. Las áreas escarpadas y bien drenadas, usualmente tienen numerosos tributarios pequeños mientras que regiones planas, donde los suelos son profundos y permeables, se tienen tributarios largos, que generalmente son corrientes perennes (2002).

- **Longitud total de la red hídrica**

El autor Villón (2002) “La longitud de los tributarios se incrementa como una función de su orden. Este arreglo es también, aproximadamente, una ley de progresión geométrica. La relación no es válida para corrientes individuales”.

- **Pendiente promedio de la red hídrica**

El autor Villón menciona que el conocimiento de la pendiente del cauce principal de una cuenca.

Es un parámetro importante, en el estudio del comportamiento del recurso hídrico, como, por ejemplo, para la determinación de las características óptimas de su aprovechamiento hidroeléctrico, o en la solución de problemas de inundaciones, en general, la pendiente de un tramo de un cauce de un río, ese puede considerarse como el cociente, que resulta de dividir, el desnivel de los extremos del tramo, entre la longitud horizontal de dicho tramo (2002).

- **Coefficiente de compacidad.**

Villón (2002), menciona en su texto “el **índice de Grayelius (kc)**, el índice de compacidad de una cuenca, definida por Gravelius,



expresa la relación entre el perímetro de la cuenca, y el perímetro equivalente de una circunferencia que tiene la misma área de la cuenca” .

$$K = \frac{\text{perímetro de la cuenca}}{\text{perímetro de un círculo de igual área}}$$

<b>Kc</b>	<b>Forma de la cuenca</b>
1.00 - 1.25	Redonda
1.25 - 1.50	Ovalada
1.50 - 1.75	Oblonga
> 2	Alargada

Donde **Kc** es coeficiente de compacidad.

**P** = perímetro de la cuenca.

**A** = el área de la cuenca.

- **Rectángulo equivalente Q**

El autor Villón (2002) menciona que “es una transformación

$$K_c = \frac{0.282P}{A^{1/2}}$$

geométrica, que permite representar a la cuenca, en forma heterogénea, con la forma de un rectángulo, que tiene la misma área y perímetro y por lo tanto el mismo índice de compacidad” (p.88).

$$A = L * l$$

$$P = 2 * (L + l) = 2 * K_c * \sqrt{\pi * A}$$

$$L^2 - L * K_c * \sqrt{\pi * A} + A = 0$$

Obteniéndose:

$$L = \frac{K_c * \sqrt{\pi * A}}{2} * \left[ 1 + \sqrt{1 - \frac{4}{\pi * K_c^2}} \right] \quad l = \frac{K_c * \sqrt{\pi * A}}{2} * \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4}{\pi * K_c^2}} \right]$$

$$L = \frac{K_c * \sqrt{A}}{1.128377} * \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.128}{K_c} \right)^2} \right] \quad l = \frac{K_c * \sqrt{A}}{1.128377} * \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1.128}{K_c} \right)^2} \right]$$

**Donde:**

L = Lado mayor del rectángulo.

l = Lado menor del rectángulo.

Kc = Coeficiente de compacidad.

A = Área de la cuenca.

- **Forma de la cuenca**

El autor Villón (2002) indica “esta característica es importante pues se relaciona con el tiempo de concentración, o sea el tiempo que demora en llegar el agua desde el lugar más remoto al punto de desagüe”.

$$F_f = \frac{\text{Ancho medio}}{\text{Longitud mayor}} = \frac{A_m}{L} = \frac{(A/L)}{L} = \frac{A}{L^2}$$

- **Periodo de retorno**

El autor Villón indica. El periodo de retorno es uno de los parámetros, más significativos a ser tomado en cuenta en el momento de dimensionar una obra hidráulica destinada a soportar avenidas

como, por ejemplo; el vertedero de una presa, los diques para control de inundaciones; o una obra que requiera cruzar un río o arroyo con seguridad como por ejemplo un puente (2002)

$$P = \frac{1}{t_p}$$

- **Determinación de la tormenta de diseño**

Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje (2014) “Uno de los primeros pasos en muchos proyectos de diseño es la determinación del evento de lluvia a usar. Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de éste se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales”.

- a. **Curva intensidad - duración - frecuencia.**

El Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje menciona que La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia. Comúnmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como

$$i = P/Td$$

Donde P es la profundidad de lluvia [mm] y Td es la duración, dada usualmente en horas.

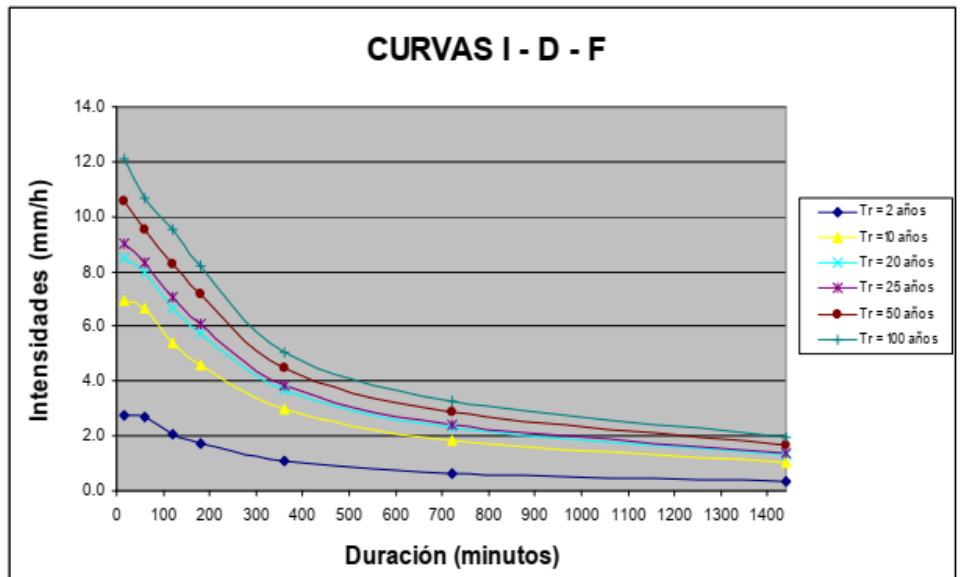


Figura 2. Curvas IDF para diferentes periodos de retorno  
Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC, 2014

Para el caso de duraciones de tormentas menores a 1 hora, o no se cuente con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas, estas pueden ser calculadas mediante la metodología de Dick Peschke (Guevara, 1991) que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente:

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

Dónde:

$P_d$  = precipitación total (mm)

$d$  = duración en minutos

$P_{24h}$  = precipitación máxima en 24 horas (mm)

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{K T^m}{t^n}$$

Dónde:

$I$  = Intensidad máxima (mm/h)

$K, m, n$  = factores característicos de la zona de estudio  $T$  =  
período de retorno en años

$t$  = duración de la precipitación equivalente al tiempo de  
concentración (min)

- **Hietograma de diseño**

Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje ( 2014), En ocasiones no es suficiente el dato de la precipitación máxima para las 5 horas más lluviosas es de 100 mm. Es posible que necesitemos conocer la evolución de esos 100 mm, a lo largo de esas 5 horas.

Los métodos hidrológicos más modernos requieren no sólo del valor de lluvia o intensidad de diseño, sino de una distribución temporal (tormenta), es decir el método estudia la distribución en el tiempo, de las tormentas observadas.

Una de las maneras de obtenerlo es a partir de las curvas IDF, dentro de ellas el Método del Bloque Alterno, es una manera sencilla., Chow (Hidrología Aplicada , 2000)

- a. Método del bloque alternativo**

El Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje menciona que el método del bloque alternativo es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva-duración-frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación en  $n$  intervalos de tiempo sucesivos de duración  $\Delta t$ , sobre una duración total de  $T_d = n \cdot \Delta t$ .

Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones  $\Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t, 4\Delta t, \dots$  y la profundidad de precipitación

Correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo  $\Delta t$ . Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida  $T_d$  y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño (2014).

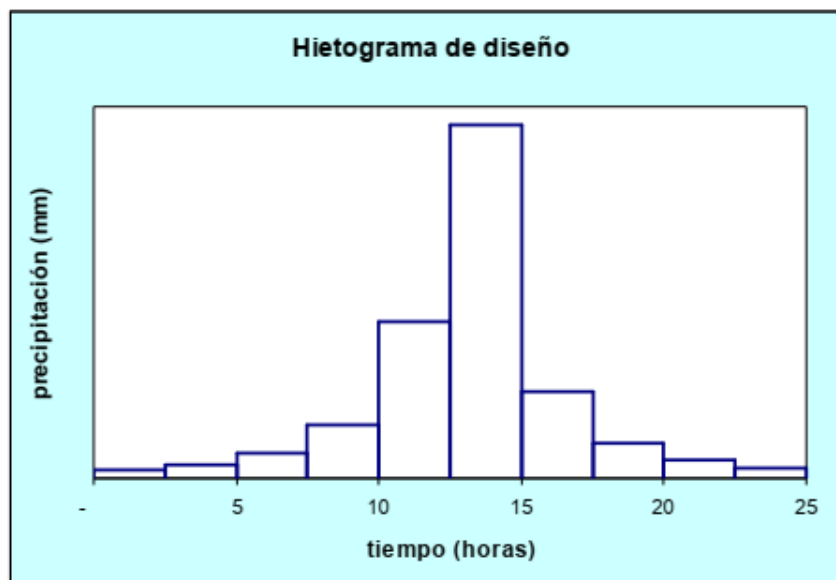


Figura 3. Hietograma de diseño

Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC, 2014

- **Tiempo de concentración (TC)**

En su libro el autor Villón menciona que Se denomina tiempo de concentración, al tiempo transcurrido, desde que una gota de agua cae, en el punto más alejado de la cuenca hasta que llega a la salida de ésta (estación de aforo). Este tiempo es función de ciertas características geográficas y topográficas de la cuenca.

El tiempo de concentración debe incluir los escurrimientos sobre terrenos, canales, cunetas y los recorridos sobre la misma estructura que se diseña.

Todas aquellas características de la cuenca tributaria, tales como dimensiones, pendientes, vegetación, y otras en menor grado, hacen variar el tiempo de concentración.

### **Kirpich**

$$TC = 0.06628 * L^{0.77} S^{0.385}$$

#### **Donde:**

L= Longitud del cauce principal (Km.).

S= Pendiente de la cuenca.

### **California (U.S.B.R)**

$$Tc = 0.066 * \left( \frac{L}{J^{0.5}} \right)^{0.77}$$

#### **Donde:**

L= Longitud del cauce principal (Km.).

J= Pendiente Promedio del cauce principal

## **2.2.3. ESTUDIO TOPOGRÁFICO**

En su libro drenaje de tierras el autor ARIAS, todo estudio constructivo de ingeniería empieza con un reconocimiento topográfico como aspecto preliminar de su factibilidad, a simple observación y con criterio apropiado; el reconocimiento in situ permitirá conocer la característica topográfica más resaltante, dando una idea del método a emplearse en los levantamientos topográficos.

En síntesis, el conocimiento topográfico es técnico, el cual abarca todas las superficies de estudio. En seguida se detallan sus finalidades:

- Estimar el área específica del estudio.
- Definir el método a emplearse en el levantamiento topográfico.

- Determinar tentativamente el curso del río de entrada y salida donde se va realizar el estudio del puente y ubicar el lugar adecuado para la infraestructura (puente) y obras complementarias.
- Emplear una escala adecuada en la elaboración de los planos.

## 2.2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS HIDROLÓGICOS

### 2.2.4.1. Modelos de distribuciones de probabilidades utilizadas

Del Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes funciones:

- Distribución Normal 2 Parámetros
  - Distribución Log Normal 2 parámetros
  - Distribución Log Normal 3 parámetros
- **Distribución Normal 2 parámetros**

En el libro de hidrologia aplicada el autor Mejía, por el teorema del límite central, si  $X$  es una variable aleatoria con distribución normal, se puede esperar una variable  $y = \ln x$ , también con distribución normal con media  $\mu_y$ , y varianza  $\sigma_y^2$  se usan estos parámetros para especificar que la distribución es logarítmica, puesto que también puede usarse la media y la varianza de  $x$ .

#### a. Función Densidad



La función densidad de distribución normal para Y es:

$$F(y) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2}$$

Para  $-\infty < x < +\infty$

Refiriendo la función de distribución de f(y) con f(x), se tiene:

$$f(x) = f(y) \left| \frac{dy}{dx} \right| \text{ Como: } y = \ln x \Rightarrow \left| \frac{dy}{dx} \right| = \frac{1}{x} \quad x > 0$$

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi x} \sigma_y} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2} \quad \text{Para } X > 0 \dots (11)$$

f(y) = es la función de densidad de la distribución normal para y con media  $\mu_y$ , y variancia  $\sigma_y^2$

Las tablas de distribución normal estándar pueden ser usadas para evaluar la distribución Log Normal.

Como  $f(x) = f(y)/x$ ; pero f(y) es una distribución normal tenemos:

$$f(x) = f(z)/x \sigma_y$$

## b. Función de la Distribución Acumulada

La función de distribución acumulada para X e Y es:

$$F(x) = \frac{1}{2\pi} \int_0^x \frac{1}{x \sigma_y} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2} dx$$

- **Distribución Log – Normal 2 parámetros**

Del Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje la función de distribución de probabilidad es:

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

Donde:

Donde X y S son los parámetros de la distribución. Si la variable x de la ecuación (2) se reemplaza por una función  $y=f(x)$ , tal que  $y=\log(x)$ , la función puede normalizarse, transformándose en una ley de probabilidades denominada log – normal,  $N(Y, S_y)$ . Los valores originales de la variable aleatoria x, deben ser transformados a  $y = \log x$ , de tal manera que:

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

Donde Y es la media de los datos de la muestra transformada.

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

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

Asimismo; se tiene las siguientes relaciones:

$$Cs = a / S^3 y$$

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

Donde Cs es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada. (Monsalve, 1999).

- **Distribución Log – Normal 3 parámetros**

La función de densidad de x es:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sqrt{(2\pi)S_y}} e^{-1/2 \left( \frac{\ln(x-x_0) - \mu_y}{S_y} \right)^2}$$

Para  $x > x_0$

Dónde:

$x_0$ : parámetro de posición

Uy: parámetro de escala o media

Sy<sup>2</sup>: parámetro de forma o varianza

#### **2.2.4.2. Pruebas de bondad de ajuste**

Del Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje (2014) “Las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida”.

- **Prueba Kolmogorov – Smirnov**

Del Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste.

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia entre la función de distribución de probabilidad observada  $F_o(x_m)$  y la estimada  $F(x_m)$ : (APARICIO MIJARES, 2018)

$$D = \text{máx} / F_o(x_m) - F(x_m)/$$

Con un valor crítico que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado (Tabla N° 03). Si  $D < d$ , se acepta la hipótesis nula. Esta prueba tiene la ventaja sobre la prueba de X<sup>2</sup> de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_o(x_m) = 1 - m / (n+1)$$

Donde m es el número de orden de dato  $x_m$  en una lista de mayor a menor y n es el número total de datos (2018)

Tabla 1. Valores críticos para kolmogorov - Smirnov

TAMAÑO DE LA MUESTRA	$\alpha= 0.10$	$\alpha= 0.05$	$\alpha= 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
35	0.20	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25

Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC, 2014

## 2.2.5. ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE MÁXIMA AVENIDA

Del Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje Cuando existen datos de aforo en cantidad suficiente, se realiza un análisis estadístico de los caudales máximos instantáneos anuales para la estación más cercana al punto de interés. Se calculan los caudales para los períodos de retorno de interés (2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años son valores estándar) usando la distribución Log Normal, Log Pearson III y Valor Extremo Tipo I (Gumbel), etc., según el ítem 3.7

Quando no existen datos de aforo, se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca y que producen un caudal Q. cuando ocurre la lluvia, la cuenca se humedece de manera progresiva, infiltrándose una parte en el subsuelo y luego de un tiempo, el flujo se convierte en flujo superficial (2018)

### 2.2.5.1. Sistema de modelamiento hidrológico (HMS-Hydrologic Modeling System)

Del Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje, El Sistema de Modelado Hidrológico es una aplicación desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers).

Con el modelo HEC-HMS, se puede simular la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su escurrimiento superficial, como producto de la precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos

Cada componente modela un aspecto del proceso de escurrimiento por precipitaciones dentro de una parte de la cuenca comúnmente referida como una Subcuenca. Un componente puede representar una identidad de escurrimiento superficial, un canal de flujo o embalse.

La representación de un componente requiere un conjunto de parámetros que especifiquen las características particulares del componente y las relaciones matemáticas que describen el proceso físico. El resultado del proceso del modelaje es el cálculo de los hidrógrafos del flujo en sitios elegidos de la cuenca del río

El HEC-HMS, representa la versión para Windows de la versión HEC-1, desarrollada para D.O.S, en la cual se han mejorado los conceptos hidrológicos, los resultados e hidrogramas producidos se almacenan en una base de datos que pueden usarse directamente por el HEC-RAS en la elaboración de estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, predicción del flujo, reducción de los daños de las avenidas, etc.

Para poder utilizar este programa se debe disponer de la siguiente información:

- Características de la precipitación, la intensidad se obtiene de las curvas I-d-f (Intensidad, duración, frecuencia), o puede ajustarse utilizando los procedimientos mencionados anteriormente. Es

importante señalar que las precipitaciones parciales deben introducirse en intervalos fijos.

- Características de la cuenca (Área, forma, Longitud del cauce principal, centro de gravedad, pendiente media del terreno, cobertura vegetal, tipo de prácticas de pastoreo, tipos de precipitación, etc (2018)

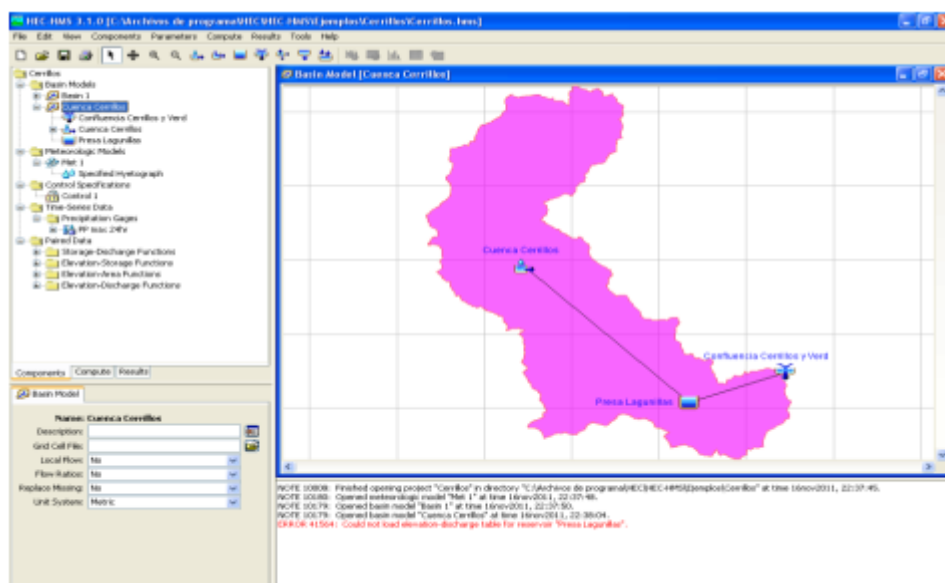


Figura 4. Programa hec-hms para modelamiento hidrológico  
Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC, 2014

## 2.2.6. MODELAMIENTO HIDRÁULICO

### 2.2.6.1. HEC - RAS

De la fuente de internet El programa Hec-Ras es un modelo hidráulico unidimensional creado por la USACE (United States Army Corps of Engineers), de libre distribución.

Estos programas y aplicaciones son muy importantes para el trabajo ingeniería/fluvial actual, pero no se debe olvidar que únicamente son elementos complementarios (pre y post proceso) de los verdaderos motores de cálculo hidráulico (Hec-Ras) e hidrológico (Hec-Hms). Un conocimiento a fondo de estos últimos programas es indispensable para la resolución de problemas

fluviales. Un estudio hidráulico consta de dos elementos fundamentales, que son por un lado la geometría del cauce, y por otra, las condiciones de flujo, definidas por el caudal y las condiciones de contorno. La combinación de distintas geometrías y condiciones de flujo provoca diferentes resultados, que pueden ser analizados por separado o conjuntamente. Esta es la filosofía de la estructura del proyecto Hec-Ras, donde un único proyecto puede contener multiplicidad de cálculos distintos. (2019)

### 2.2.7. FAJA MARGINAL

De acuerdo al reglamento del A.N.A. (2010). “Las fajas marginales son de dominio público hidráulico, están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de aguas naturales o artificiales”

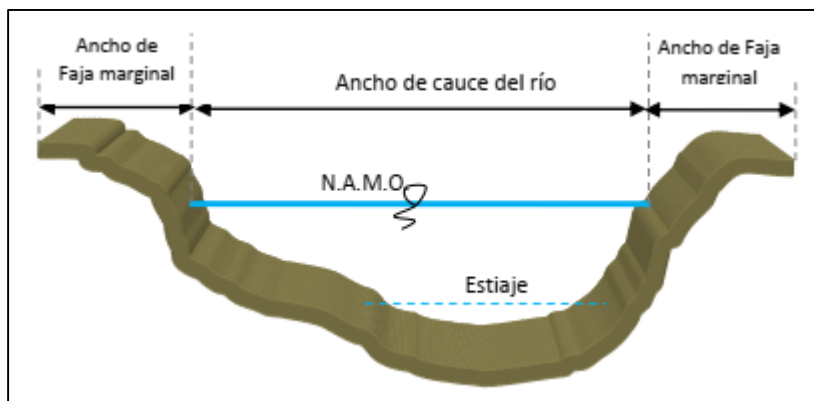


Figura 5. Esquema típico de sección de faja marginal  
Fuente: Manual Autoridad Nacional del Agua

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. TIPO DE ESTUDIO

De acuerdo a los propósitos del estudio es de tipo **aplicada**, dado que se utilizó la teoría y los softwares aplicativos para la solución de problemas reales.

#### 3.2. NIVEL DE ESTUDIO

El nivel de estudio es el nivel **descriptivo – explicativo**, porque se describe la realidad problemática y explica las causas de los hechos o fenómenos producidos en la aplicación de técnicas de ingeniería

#### 3.3. DISEÑO DEL ESTUDIO

El diseño del estudio fue **no - experimental**; debido a que no se manipularon las variables y se observó los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, así como se realizaron simulaciones con la información obtenida.

#### 3.4. Población y muestra

##### 3.4.1. Población

la población considerada está conformada por toda la rivera de rio Achamayo. En un total de 34858.08 metros

##### 3.4.2. Muestra



El tipo de muestreo fue dirigido o intencional constituida por el tramo del Rio Achamayo que comprende desde el Puente Matahuasi hasta el ferrocarril Central con una longitud de 681.00 metros.

### **3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS DE DATOS**

Para el presente estudio se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos:

#### **3.5.1. Técnicas:**

- **Observación:** es la técnica que consiste en observar atentamente un el fenómeno, para después tomar la información registrada para su posterior análisis
- **Evaluación:** Recabada la información mediante las técnicas de recolección de datos empezamos a filtrar o elegir datos que ayudaran a elaborar el estudio.

#### **3.5.2. Instrumentos:**

En el estudio se utilizó una serie de instrumentos en la recolección de datos, entre ellas

- Los libros, la cual sirvió de guía para la elaboración del estudio
- Hojas de cálculo que ayudaron a obtener resultados
- Datos obtenidos de SENAMHI de precipitaciones
- Datos cartográficos de minedu (carta nacional digitalizada)

### **3.6. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN**

#### **3.6.1. Procesamientos de datos**

Para la elaboración y procesamiento de datos se empleo los siguientes programas:

Oficce 2016

Autocad Civil 3d 2016

Hec- hms

Argis 10.5

Hec ras ver. 5.0.3

### **3.6.2. Presentación de datos**

Se utilizaron los cuadros de resultados proporcionados por los programas Autocad Civil 3d 2016, Hec- hms, ArcGis 10.5, Hec ras ver. 5.0.3, los que sirvieron para ordenar los datos obtenidos a fin de realizar las interpretaciones.

## **CAPITULO IV**

### **DESARROLLO DEL INFORME**

#### **4.1. GENERALIDADES**

##### **4.1.1. Introducción**

En materia de recursos hídricos, la Ley de Recursos Hídricos N° 29338 establece que, El Estado dentro de la gestión prospectivas de riesgos delega a la Autoridad Nacional de Aguas –ANA, la acción reguladora que acompaña a los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial y a la implementación de la gestión correctiva de riesgos.

Según el Art. 5.1 la Autoridad Administrativa del Agua – AAA, es la autoridad competente para aprobar la delimitación de la faja marginal, en base a un estudio de delimitación. El respaldo legal para la delimitación de cauces y fajas marginales se encuentra amparado desde el Art. 108 hasta el Art. 130 del capítulo III (causas, riberas y fajas marginales) del título V del reglamento de Ley 29338. La Resolución Jefatural R.J. N° 332-2016-ANA de la Autoridad Nacional del Agua aprueban Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales

##### **4.1.2. Base legal**

- *Ley de Recursos Hídricos N° 29338.*
- *Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, D. S. N° 001-2010 –AG.*
- *Resolución Jefatural N° 332 - 2016 - ANA: Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales.*

#### **4.1.3. Alcances**

##### **Ley de Recursos Hídricos N° 29338:**

Establece que El Estado dentro de la gestión prospectiva de riesgos delega a la Autoridad Nacional de Aguas -ANA, la acción reguladora que acompaña a los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial y a la implementación de la gestión correctiva de riesgos.

Ley de Recursos Hídricos en el Artículo 6° considera como bienes naturales asociados al agua las fajas Marginales. En el Artículo 74° precisa que, en los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios.

##### **Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, D. S. N° 001-2010 – AG:**

Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos en el Artículo 113, numeral 113.1. Precisa que las Fajas marginales son de Dominio Público hidráulico. Están conformados por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales. En el numeral 113.2, las dimensiones en una o ambas márgenes de un cuerpo de agua son fijadas por la Autoridad Administrativa del Agua, de acuerdo en los criterios establecidos en el Reglamento, respetando los Usos y Costumbres Establecidos.

##### **Resolución Jefatural N° 332 - 2016 - ANA: Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales:**

La R.J. N° 332-2016-ANA aprueban Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales. El reglamento tiene por objeto establecer metodologías y criterios aplicables para la delimitación de las fajas marginales de los cauces de agua naturales o artificiales

El Reglamento es de aplicación Nacional, para todas las personas naturales o jurídicas y toda entidad pública o privada que estén interesadas en el proceso.

## 4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRAMO DE ESTUDIO

### 4.2.1. Ubicación: Política Geográfica e Hidrográfica

#### A. Ubicación Política

Departamento : Junín  
 Provincia : Concepción  
 Distrito : Matahuasi  
 Región Geográfica : Sierra

#### B. Ubicación Geográfica

El tramo de estudio puente Matahuasi – Ferrocarril es parte del rio achamayo que pertenece a la Microcuenca del rio Achamayo, este se ubica el distrito de Matahuasi, Provincia de Concepción, Departamento de Junín. El distrito de Matahuasi se encuentra a una altitud aproximada de 3262 m.s.n.m, con una extensión territorial de 24.74 km<sup>2</sup>

Tabla 2. Ubicación del Tramo en Estudio, Datum – WGS 84

RIO	Tramo	Coordenadas UTM (m)	
		ESTE	NORTE
Achamayo	Inicial	462,900.27	8'685,013.89
	Final	462,416.62	8'684,535.54

Fuente: Elaboración Propia



Figura 6. Mapa de Ubicación Geográfica  
Fuente: internet

### C. Ubicación Hidrográfica

Vertiente	:	Atlántico
Cuenca	:	Mantaro
Subcuenca	:	Achamayo
Microcuenca	:	Rio Achamayo
Unidad Hidrográfica	:	Rio Achamayo

Para el tramo de estudio puente Matahiasi – Ferrocarril, se tiene como unidad hidrográfica la Microcuenca del Rio Achamayo, que tiene como afluente principal el Rio Achamayo, tiene tres afluentes principales, el rio Chia-Ingenio, Ranra y Rurupancha (Chicche), con una longitud de 34,808.12 m.l.

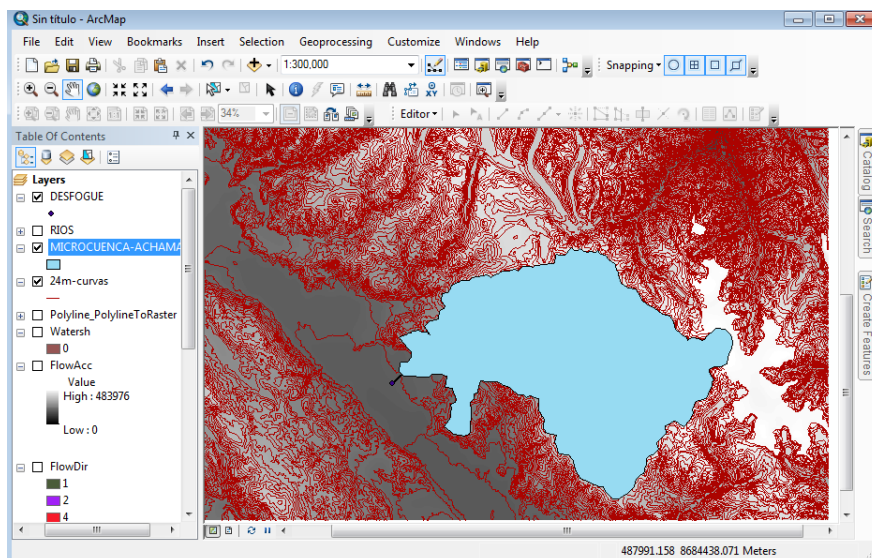


Figura 7. Mapa de Microcuenca Hidrográfica  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.2. Descripción del Tramo de Estudio

El tramo de estudio puente Matahiuasi – Ferrocarril es parte del Rio Achamayo tiene una longitud de 861.00 m.l. con un ancho de cauce entre los 30.00 y 50.00 metros, se aprecia marcas de los niveles de agua alcanzados entre 1.50 y 2.50 metros y generalmente sus aguas discurren entre los meses de noviembre a marzo.

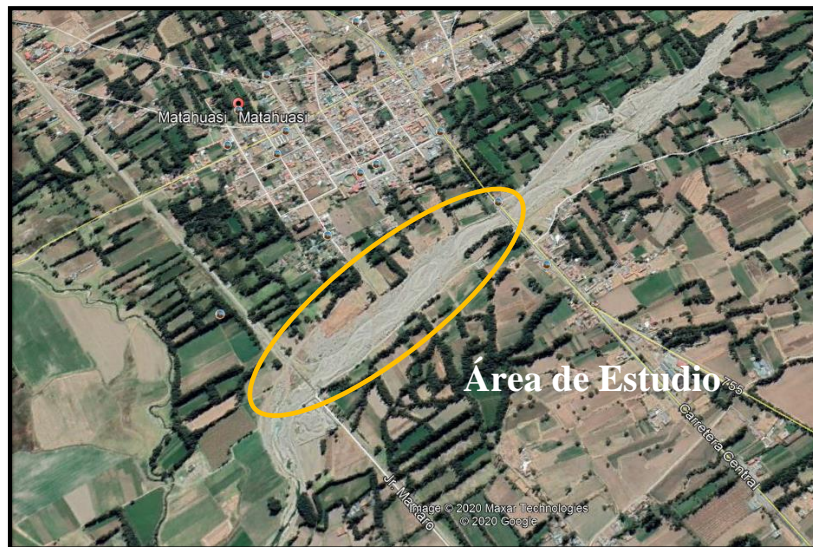


Figura 8. Tramo de estudio  
Fuente: Elaboración Propia

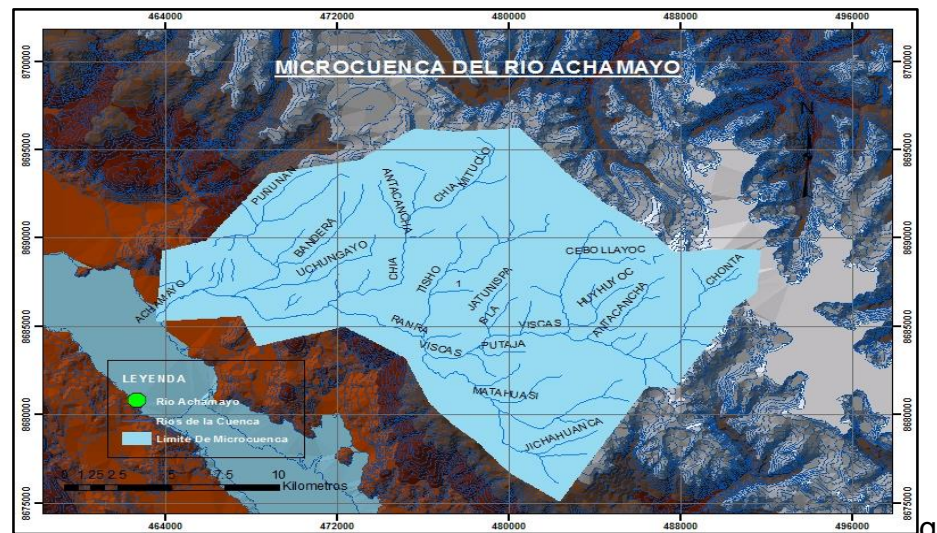
#### 4.2.3. Aspectos Geomorfológicos de La microcuenca del Rio Achamayo

Para la obtención de los parámetros geomorfológicos de la microcuenca del rio Achamayo se procedió a descargar la carta nacional zona 24m desde la página web del MINEDU.



Figura 9. Delimitación de la Microcuenca del Rio Achamayo  
Fuente: Elaboración Propia

- Obtenida los datos de la carta nacional se trabajo con el programa Argis ArcGis 10.5 que tiene un conjunto de herramientas de análisis geográfico e hidrológico, que permiten utilizar un modelo numérico del terreno para la delimitación automática de un área determinada a partir de un (DEM) Modelo de Elevación Digital entre ellos delimitación, área, perímetro, curva hipsométrica, pendiente, y longitud del rio principal.



#### 4.2.3.1. Factor de forma:

La microcuenca del rio Achamayo tiene la posibilidad de tener una tormenta intensa simultánea, sobre toda la extensión de la cuenca.

- **Factor de forma:**

Una descripción cuantitativa de la forma de una cuenca es proporcionada por la siguiente formula:

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

**l** = Lado menor del rectángulo equivalente

**L** = Lado mayor del rectángulo equivalente

**A** = Área de la cuenca



- **Coeficiente de compacidad (índice de gravelious)**

$$K = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$P$  = Perímetro de la cuenca en Km

$A$  = Area de la cuenca en Km<sup>2</sup>

- **Coeficiente de circularidad**

$$Rc = \frac{4\pi A}{P^2}$$

$P$  = Perímetro de la cuenca en Km

$A$  = Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

- **Razón de elongación**

La razón de elongación compara la longitud del eje mayor de la cuenca con el diámetro de un círculo de igual área.

$$Rc = \frac{1.129 A^{0.5}}{L}$$

$A$  = Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

$L$  = Longitud del recorrido del flujo desde la parte más extrema de la cuenca

Tabla: Características de Área y perímetro de la microcuenca del río Achamayo

FID	Shape *	Id	gridcode	Area	Perimetro
14	Polygon	15	0	1711.689399	188.645272
15	Polygon	16	0	307646503.349	98685.72555

Figura 10. Resultados de Área y Perímetro

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.3.2. Factor de compacidad (gravelious)

Para el Factor de compacidad de la microcuenca del río Achamayo:

Se obtuvo un  $k_c=1.664$  mayor que la unidad y sabiendo que el índice

de compacidad expresa la influencia del perímetro y el área de una cuenca en la escorrentía, decimos que la microcuenca del río Achamayo es de forma oblonga lo cual reduce la probabilidad de que sea cubierta en su totalidad por una tormenta, lo que afecta el tipo respuesta que se presenta en el río.

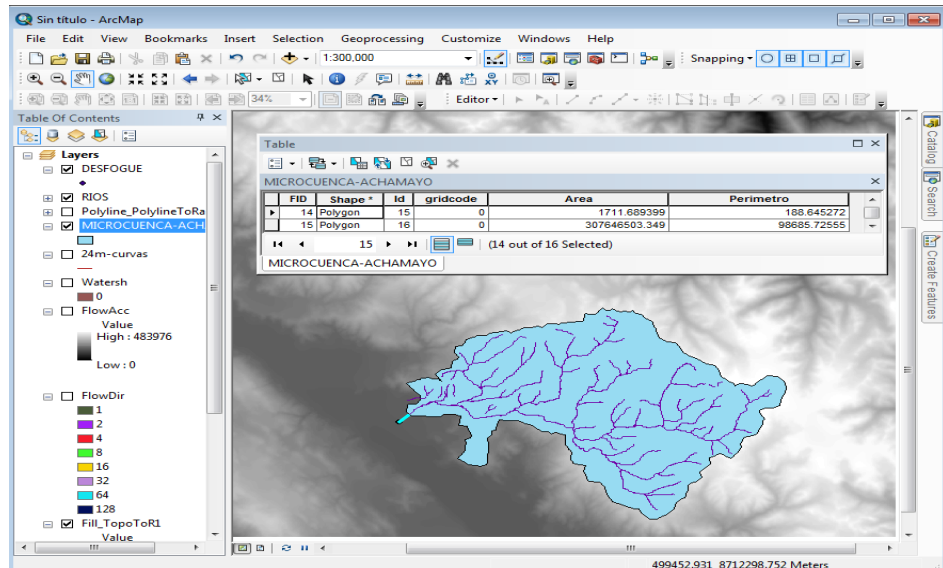


Figura 11. Ingreso del factor de Compacidad en ArcGis  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.3.3. Relieve – curva hipsométrica

El relieve total de la microcuenca del río Achamayo es descrito por análisis hipsométrico. Se constituyó a partir de los datos de la cota promedio vs el porcentaje acumulado del área comprendida entre las cotas de curvas de nivel.

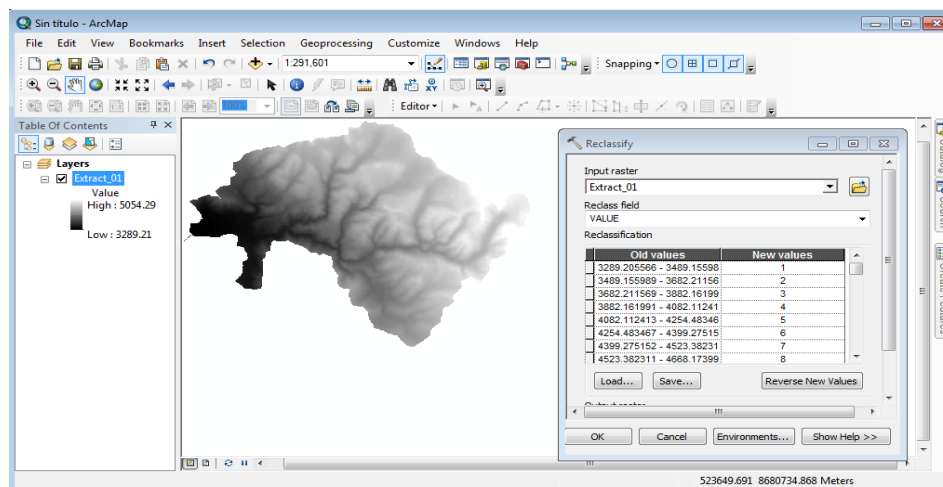


Figura 12. Ingreso de Datos en ArcGis para Curva Hipsometrica  
Fuente: Elaboración Propia

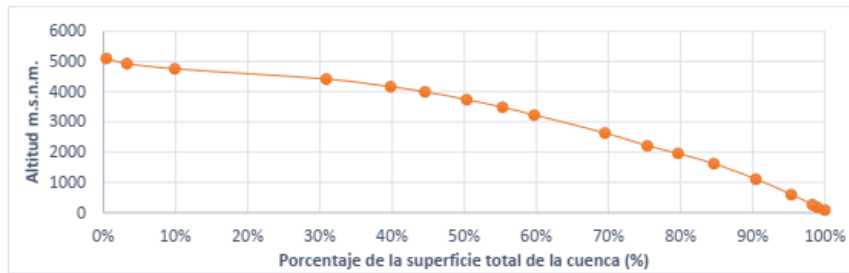


Figura 13. Diagrama de Curva Hipsométrica – Microcuenca del Río Achamayo  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.3.4. Perfil longitudinal:

Para el resultado del perfil longitudinal se consideró el tramo más largo del cauce principal que forma la microcuenca del río Achamayo.

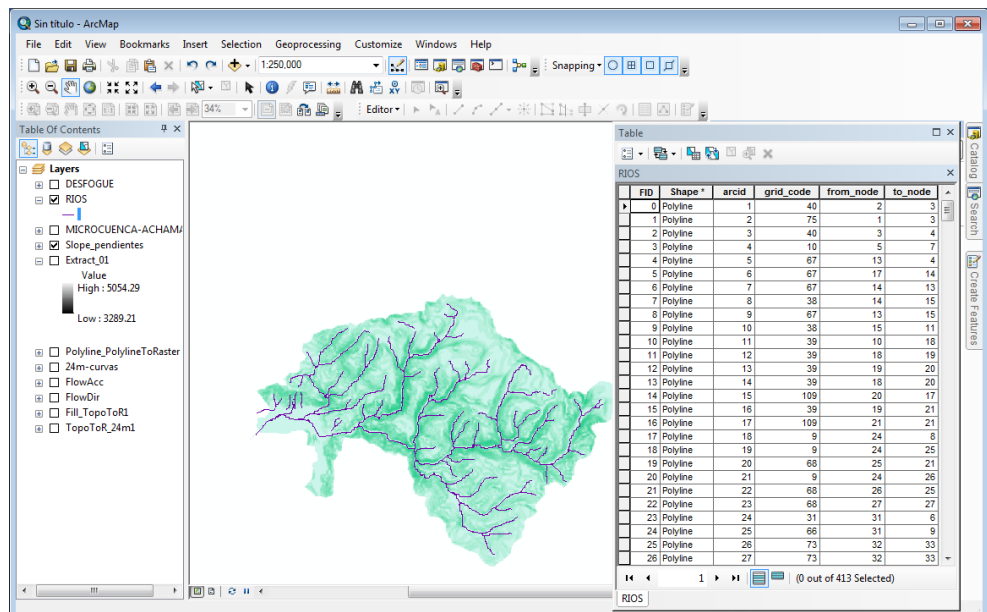


Figura 14. Perfil Longitudinal de río Achamayo de la Microcuenca de Estudio  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.3.5. Pendiente media de la microcuenca

Se considera la gradiente del cauce de un curso de agua principal de la microcuenca del río Achamayo. obtenida de las elevaciones máximas y mínima es referida como la pendiente, en el que se puede observar que tiene una pendiente promedio de 3.77%. La pendiente es ligera por lo cual no se genera mucha escorrentía.

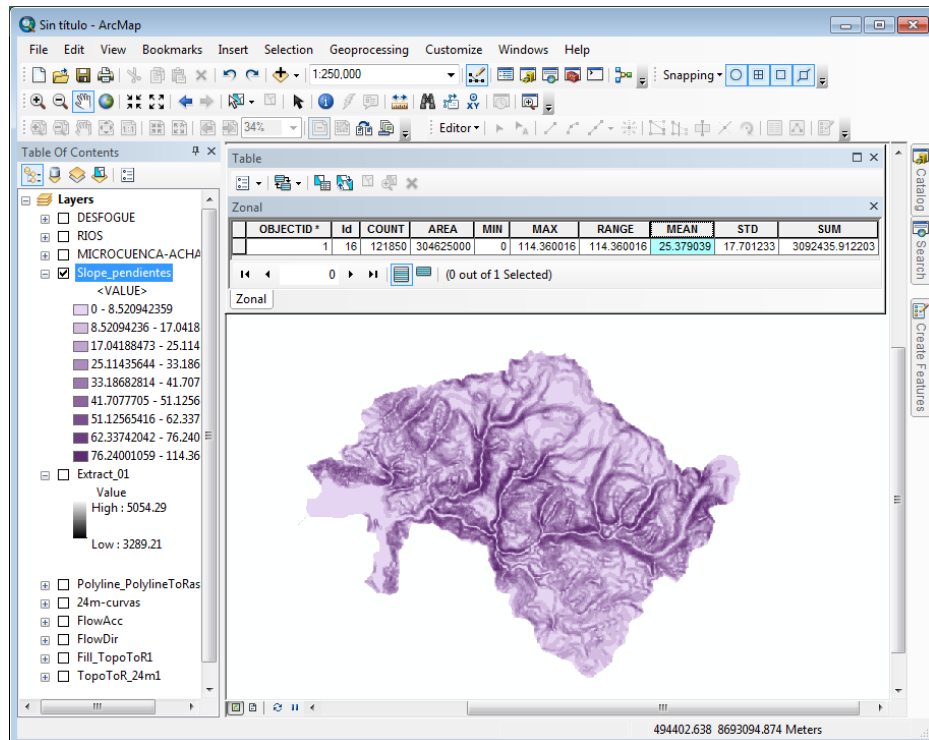


Figura 15. Pendiente de la Microcuenca del Rio Achamayo  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.3.6. Longitud de cauce principal de la microcuenca

La longitud del cauce principal de la microcuenca se consideró la medida a lo largo del curso de agua principal. Siendo este la única que conduce escorrentía hacia la salida.

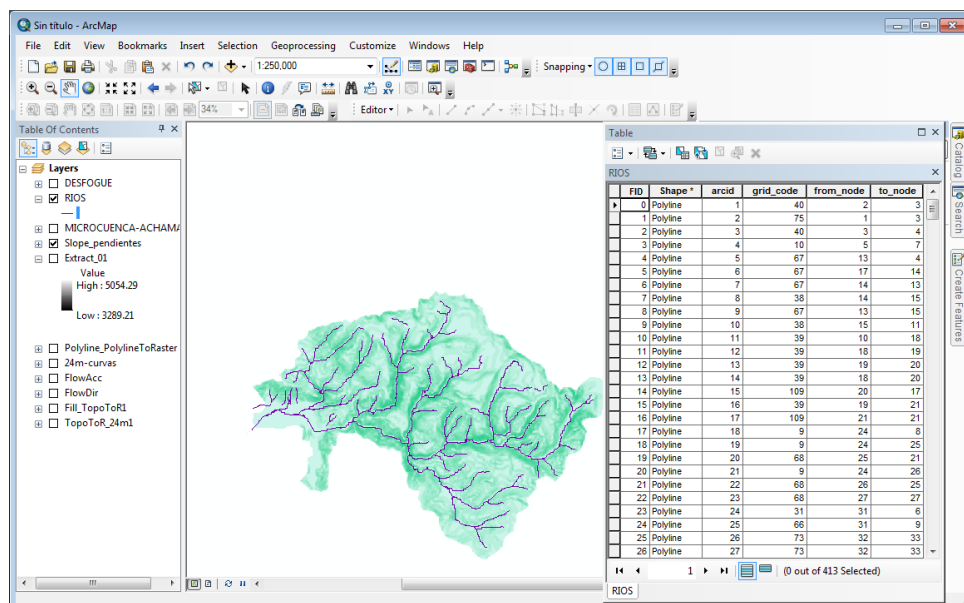


Figura 16. Longitud del curso principal de la Microcuenca del Rio Achamayo  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.3.7. Tiempo de concentración

También denominado "tiempo de respuesta" se define como el tiempo requerido para que, durante una lluvia o aguacero uniforme, se alcance el estado estacionario; es decir, el tiempo necesario para que todo el sistema (toda la cuenca) contribuya eficazmente a la generación de flujo en el desagüe.

Calculo del tiempo de concentración "TC"

$$t_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Dónde:

L: longitud del curso principal (m) y H diferencia de alturas entre la cota más alta y la cota más baja (m), del cauce principal de la microcuenca en estudio.

Tabla 3. Cálculos de Tiempo de Concentración

Microcuenca	Longitud (m)	Pendiente (%)	Tiempo de Concentración	
			TC (min)	TC (Horas)
Rio Achamayo	34858.09	0.041	209.51	3.49

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.3.8. Características de la Microcuenca del rio Achamayo

En la tabla 4 se muestra el resumen de la caracterización de la microcuenca del rio Achamayo,

Tabla 4. Características geomorfológicas de la Microcuenca

Caracterización de la microcuenca	Valor
Área (km <sup>2</sup> )	307.65
Perímetro (km)	98.69
Longitud de cauce principal (km)	34.86
Elevación media	3,319.79 msnm
Pendiente media del cauce principal (m/m)	0.041
Pendiente media de la cuenca	3.77%
Índice de forma	0.22
Índice de Gravelius	1.664

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.4. Estudio Climatológico de la Microcuenca del Rio Achamayo

La información meteorológica, ha sido obtenida del SENAMHI, la relación y datos principales de la estación ingenio se detallan en el presente documento. En los anexos se muestra la ubicación, datos y extensión de los registros.

##### 4.2.4.1. Generación de la Precipitación Máxima Diaria en la Microcuenca del Rio Achamayo

La información utilizada para los fines del estudio ha sido la serie histórica de precipitaciones máximas en 24 horas registradas en la estación meteorológica Ingenio, proporcionada por SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) los datos obtenidos son desde el período comprendido entre los años 1963 hasta el 2014.

*Tabla 5. Serie Histórica de precipitaciones anuales en 24 horas – Estación Ingenio*

N°	AÑOS	PRECIPITACION
		(mm)
1	1963	57.00
2	1964	25.80
3	1965	31.10
4	1966	24.70
5	1967	36.40
6	1968	28.00
7	1969	29.60
8	1970	31.00
9	1971	28.80
10	1972	38.30
11	1973	35.60
12	1974	35.70
13	1975	25.30
14	1976	28.90
15	1977	21.90
16	1978	22.90
17	1979	31.80
18	1980	23.30
19	1981	64.70
20	1982	31.00

21	1983	27.70
22	1984	33.10
23	1985	19.11
24	1986	26.00
25	1987	26.00
26	1988	10.00
27	1989	8.70
28	1990	21.10
29	1991	2.50
30	1992	4.10
31	1993	21.20
32	1994	12.60
33	1995	28.40
34	1996	18.20
35	1997	54.00
36	1998	20.30
37	1999	24.30
38	2000	22.00
39	2001	28.90
40	2002	21.70
41	2003	37.10
42	2004	38.60
43	2005	20.30
44	2006	21.00
45	2007	36.30
46	2008	17.00
47	2009	36.30
48	2010	23.80
49	2011	30.60
50	2012	36.90
51	2013	27.90
52	2014	27.22

*Fuente: Senamhi (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú)*

#### **4.2.5. Método de Distribución de Probabilidades**

Para el estudio realizado se utilizó los métodos estadísticos hidrológicos siguientes:

- Distribución Normal 2 Parámetros
- Distribución Log Normal 2 parámetros
- Distribución Log Normal 3 parámetros

Con la finalidad de ajustar la serie anual de precipitaciones máximas diarias del río achamayo, se analizó la serie disponible para las diferentes distribuciones referidas.

#### 4.2.5.1. Distribución Normal 2 Parámetros

Por el teorema del límite central, si X es una variable aleatoria con distribución normal, se puede esperar una variable  $y = \ln x$ , también con distribución normal con media  $\mu_y$ , y varianza  $\sigma_y^2$  se usan estos parámetros para especificar que la distribución es logarítmica, puesto que también puede usarse la media y la varianza de x.

##### a. Función Densidad

La función densidad de distribución normal para Y es:

$$f(y) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2}$$

Para  $-\infty < x < +\infty$

Refiriendo la función de distribución de f(y) con f(x), se tiene:

$$f(x) = f(y) \left| \frac{dy}{dx} \right| \text{ Como: } y = \ln x \Rightarrow \left| \frac{dy}{dx} \right| = \frac{1}{x} \quad x > 0$$

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi x} \sigma_y} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2} \quad \text{Para } X > 0 \dots (11)$$

$f(y)$  = es la función de densidad de la distribución normal para y con media  $\mu_y$ , y varianza  $\sigma_y^2$

Las tablas de distribución normal estándar pueden ser usadas para evaluar la distribución Log Normal.

Como  $f(x) = f(y)/x$ ; pero f(y) es una distribución normal tenemos:

$$f(x) = f(z)/xay$$



## b. Función de la Distribución Acumulada

La función de distribución acumulada para X e Y es:

$$F(x) = \frac{1}{2\pi} \int_0^x \frac{1}{x\sigma_y} e^{-\frac{1}{2} \left[ \frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2} dx$$

Tabla 6. Distribución Normal 2 Parámetros para precipitaciones máximas anuales en 24 horas, estación ingenio

DISTRIBUCION NORMAL 2 PARAMETROS					
n°	Precipitación (mm)	Función Densidad	Función de Distribución de Probabilidad	Distribución Teórica	Diferencia
1	3	0.0025	0.0105	0.0189	0.0084
2	4.1	0.0031	0.0136	0.0377	0.0242
3	12.6	0.0124	0.0735	0.0566	0.0169
4	14	0.0148	0.0925	0.0755	0.0170
5	17	0.0204	0.1451	0.0943	0.0508
6	18.2	0.0227	0.1709	0.1132	0.0577
7	20.09	0.0262	0.2172	0.1321	0.0851
8	20.3	0.0266	0.2228	0.1509	0.0718
9	21.1	0.0280	0.2446	0.1698	0.0748
10	21.2	0.0282	0.2474	0.1887	0.0588
11	21.7	0.0291	0.2618	0.2075	0.0542
12	22.3	0.0300	0.2795	0.2264	0.0531
13	22.7	0.0306	0.2916	0.2453	0.0464
14	23.3	0.0315	0.3103	0.2642	0.0461
15	23.8	0.0322	0.3262	0.2830	0.0432
16	24.3	0.0328	0.3425	0.3019	0.0406
17	24.7	0.0333	0.3557	0.3208	0.0349
18	25.3	0.0339	0.3758	0.3396	0.0362
19	25.4	0.0340	0.3792	0.3585	0.0207
20	25.6	0.0342	0.3860	0.3774	0.0087
21	25.8	0.0343	0.3929	0.3962	0.0033
22	26	0.0345	0.3998	0.4151	0.0153
23	26.4	0.0348	0.4136	0.4340	0.0203
24	27.7	0.0354	0.4593	0.4528	0.0065
25	27.8	0.0355	0.4629	0.4717	0.0088
26	27.9	0.0355	0.4664	0.4906	0.0241
27	28	0.0355	0.4700	0.5094	0.0395
28	28.4	0.0356	0.4842	0.5283	0.0441
29	28.4	0.0356	0.4842	0.5472	0.0630
30	28.8	0.0356	0.4984	0.5660	0.0676
31	28.9	0.0356	0.5020	0.5849	0.0829
32	29.6	0.0355	0.5269	0.6038	0.0769
33	29.68	0.0355	0.5298	0.6226	0.0929

34	30.3	0.0353	0.5517	0.6415	0.0898
35	30.6	0.0352	0.5623	0.6604	0.0981
36	31	0.0350	0.5763	0.6792	0.1029
37	31.1	0.0349	0.5798	0.6981	0.1183
38	33.1	0.0331	0.6481	0.7170	0.0689
39	33.3	0.0329	0.6547	0.7358	0.0812
40	34.4	0.0315	0.6901	0.7547	0.0646
41	35.6	0.0297	0.7268	0.7736	0.0467
42	36	0.0290	0.7386	0.7925	0.0539
43	36.3	0.0285	0.7472	0.8113	0.0641
44	36.3	0.0285	0.7472	0.8302	0.0830
45	36.9	0.0275	0.7641	0.8491	0.0850
46	37.1	0.0271	0.7695	0.8679	0.0984
47	38.3	0.0249	0.8008	0.8868	0.0860
48	38.6	0.0244	0.8082	0.9057	0.0975
49	51.2	0.0049	0.9771	0.9245	0.0525
50	54	0.0029	0.9877	0.9434	0.0443
51	57	0.0015	0.9940	0.9623	0.0318
52	64.7	0.0002	0.9993	0.9811	0.0182

Fuente: Elaboración Propia

### Estimación de datos matemáticos

Media Aritmética	28.84
Desviación Estándar	11.20

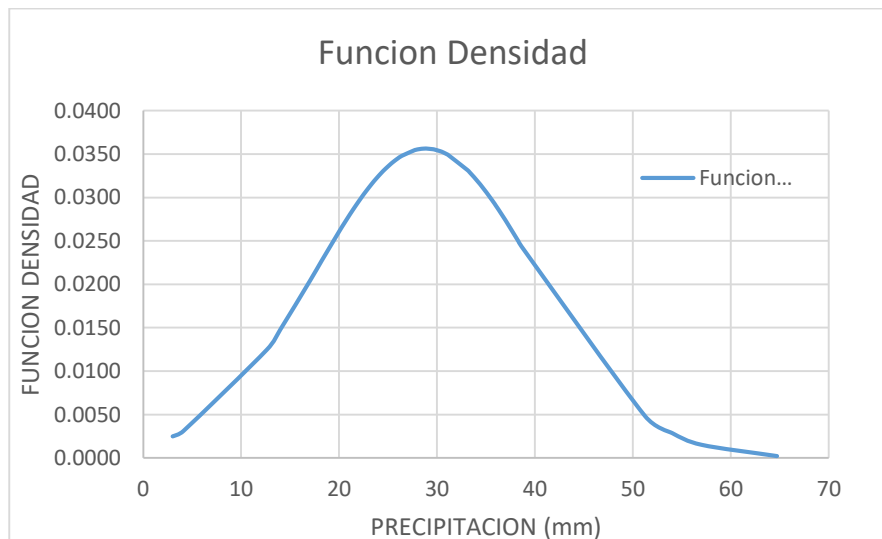


Figura 17. Función Densidad de la distribución Normal 2 Parámetros

Fuente: Elaboración Propia

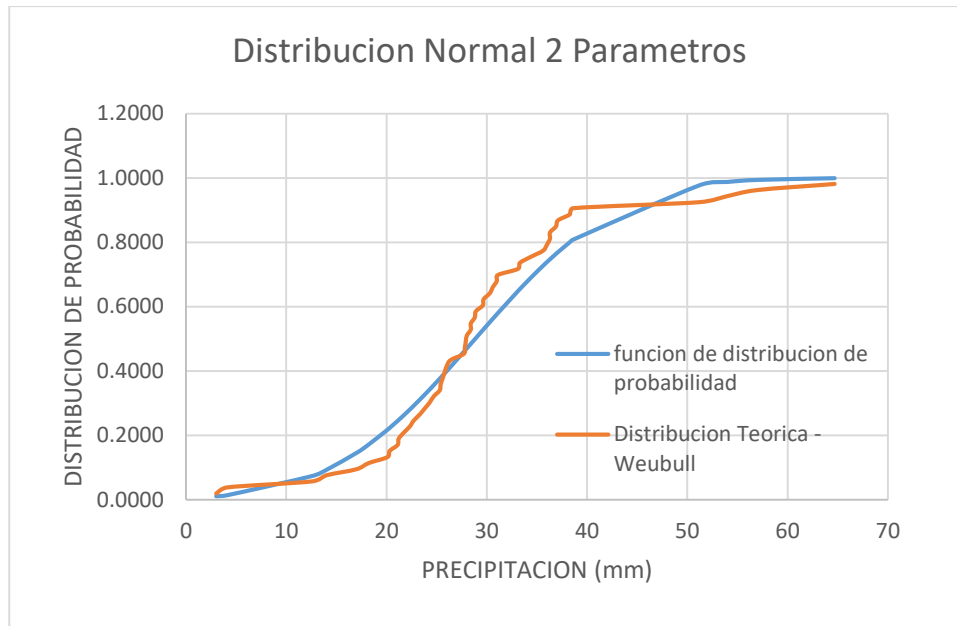


Figura 18. Probabilidad Empírica y teórica de la Distribución Normal 2 Parámetros  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.5.2. Distribución Log Normal 2 Parámetros

La función de distribución de probabilidad es:

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

Donde:

Donde X y S son los parámetros de la distribución. Si la variable x de la ecuación (2) se reemplaza por una función  $y=f(x)$ , tal que  $y=\log(x)$ , la función puede normalizarse, transformándose en una ley de probabilidades denominada log – normal,  $N(Y, S_y)$ . Los valores originales de la variable aleatoria x, deben ser transformados a  $y = \log x$ , de tal manera que:

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

Donde Y es la media de los datos de la muestra transformada.

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

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

Asimismo; se tiene las siguientes relaciones:

$$C_s = a / S^3 y$$

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

Donde  $C_s$  es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada. (Monsalve, 1999).

Tabla 7. Distribución Log Normal 2 Parámetros para precipitaciones máximas anuales en 24 horas – Estación Ingenio

DISTRIBUCION LOG NORMAL 2 PARAMETROS						
Nº	Precipitación (mm)	$y=\ln(x)$	Función Densidad	Función de Distribución de Probabilidad	Distribución Teórica	Diferencia
1	3	1.0986	0.0001	0.0000	0.0189	0.0189
2	4.1	1.4110	0.0011	0.0002	0.0377	0.0376
3	12.6	2.5337	0.2815	0.0770	0.0566	0.0204
4	14	2.6391	0.3693	0.1112	0.0755	0.0357
5	17	2.8332	0.5455	0.2000	0.0943	0.1056
6	18.2	2.9014	0.6047	0.2392	0.1132	0.1260
7	20.09	3.0002	0.6804	0.3028	0.1321	0.1708
8	20.3	3.0106	0.6875	0.3099	0.1509	0.1590
9	21.1	3.0493	0.7116	0.3370	0.1698	0.1672
10	21.2	3.0540	0.7143	0.3404	0.1887	0.1517
11	21.7	3.0773	0.7271	0.3572	0.2075	0.1496
12	22.3	3.1046	0.7403	0.3772	0.2264	0.1508
13	22.7	3.1224	0.7479	0.3904	0.2453	0.1451
14	23.3	3.1485	0.7576	0.4101	0.2642	0.1459
15	23.8	3.1697	0.7641	0.4262	0.2830	0.1432
16	24.3	3.1905	0.7693	0.4422	0.3019	0.1403
17	24.7	3.2068	0.7724	0.4547	0.3208	0.1340
18	25.3	3.2308	0.7757	0.4733	0.3396	0.1337
19	25.4	3.2347	0.7761	0.4764	0.3585	0.1179
20	25.6	3.2426	0.7767	0.4825	0.3774	0.1051
21	25.8	3.2504	0.7771	0.4885	0.3962	0.0923
22	26	3.2581	0.7774	0.4945	0.4151	0.0794
23	26.4	3.2734	0.7773	0.5064	0.4340	0.0724
24	27.7	3.3214	0.7728	0.5437	0.4528	0.0908
25	27.8	3.3250	0.7722	0.5465	0.4717	0.0748

26	27.9	3.3286	0.7715	0.5492	0.4906	0.0587
27	28	3.3322	0.7708	0.5520	0.5094	0.0426
28	28.4	3.3464	0.7678	0.5629	0.5283	0.0346
29	28.4	3.3464	0.7678	0.5629	0.5472	0.0157
30	28.8	3.3604	0.7642	0.5736	0.5660	0.0076
31	28.9	3.3638	0.7632	0.5763	0.5849	0.0086
32	29.6	3.3878	0.7556	0.5944	0.6038	0.0093
33	29.68	3.3905	0.7546	0.5965	0.6226	0.0262
34	30.3	3.4111	0.7466	0.6120	0.6415	0.0295
35	30.6	3.4210	0.7424	0.6193	0.6604	0.0410
36	31	3.4340	0.7365	0.6289	0.6792	0.0503
37	31.1	3.4372	0.7349	0.6313	0.6981	0.0668
38	33.1	3.4995	0.7004	0.6761	0.7170	0.0409
39	33.3	3.5056	0.6966	0.6803	0.7358	0.0556
40	34.4	3.5381	0.6749	0.7026	0.7547	0.0521
41	35.6	3.5723	0.6499	0.7253	0.7736	0.0483
42	36	3.5835	0.6413	0.7325	0.7925	0.0599
43	36.3	3.5918	0.6348	0.7378	0.8113	0.0735
44	36.3	3.5918	0.6348	0.7378	0.8302	0.0924
45	36.9	3.6082	0.6217	0.7481	0.8491	0.1009
46	37.1	3.6136	0.6173	0.7515	0.8679	0.1165
47	38.3	3.6454	0.5907	0.7707	0.8868	0.1161
48	38.6	3.6533	0.5840	0.7753	0.9057	0.1304
49	51.2	3.9357	0.3310	0.9044	0.9245	0.0202
50	54	3.9890	0.2875	0.9208	0.9434	0.0226
51	57	4.0431	0.2464	0.9352	0.9623	0.0270
52	64.7	4.1698	0.1644	0.9610	0.9811	0.0201

### Estimación de datos matemáticos

Media Aritmética	3.27
Desviación Estándar	0.51

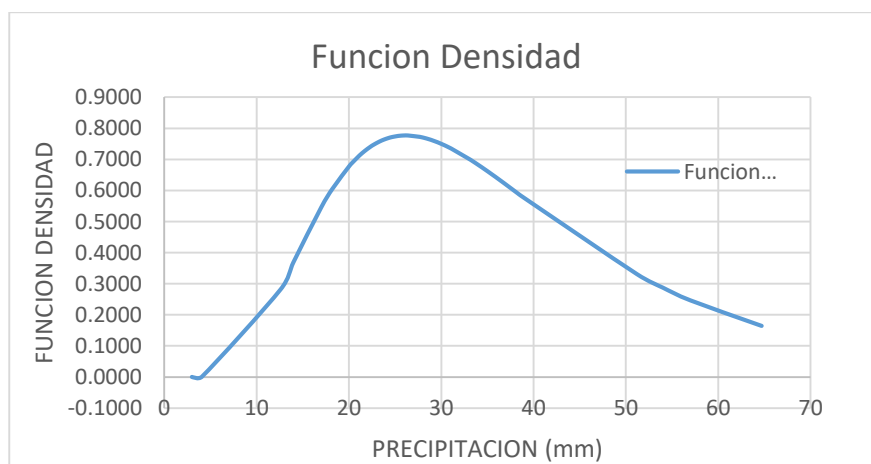


Figura 19. Función Densidad de la distribución Log Normal 2 Parámetros  
Fuente: Elaboración Propia

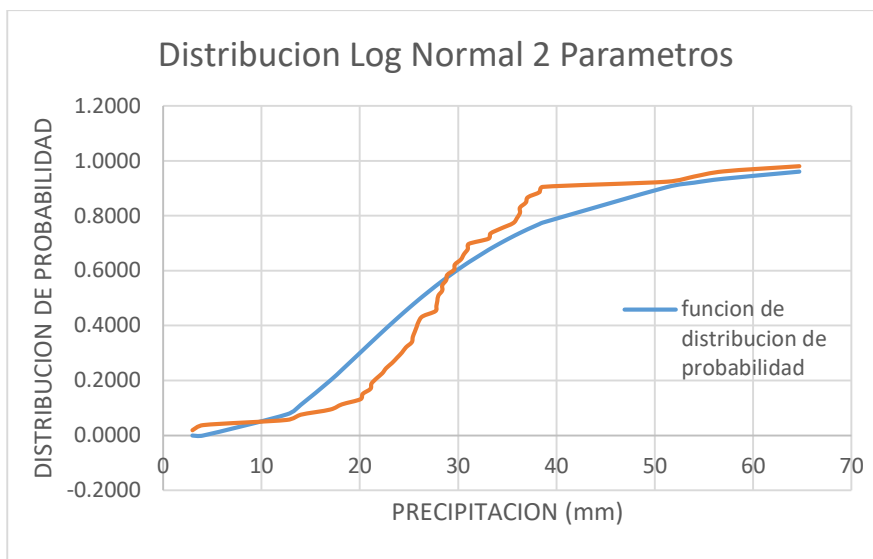


Figura 20. Probabilidad Empírica y teórica de la Distribución Log Normal 2 Parámetros  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.5.3. Distribución Log – Normal 3 Parámetros

La función de densidad de x es:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sqrt{(2\pi)S_y}} e^{-1/2 \left( \frac{\ln(x-x_0) - u_y}{S_y} \right)^2}$$

Para  $x > x_0$

Dónde:

$X_0$ : parámetro de posición

$U_y$ : parámetro de escala o media

$S_y^2$ : parámetro de forma o varianza

Las precipitaciones máximas en 24 horas obtenidas para diferentes períodos de recurrencia mediante las funciones de distribución empleadas se presentan en la Tabla N.º 2.

Tabla 8. Distribución Log Normal 3 Parámetros para precipitaciones máximas anuales en 24 horas, estación ingenio

DISTRIBUCION LOG NORMAL DE TRES PARAMETROS						
Nº	Precipitación (mm)	$y=\ln(X-X_0)$	Función Densidad	función de distribución de probabilidad	Distribución Teórica	Diferencia
1	3	3.9656	0.0612	0.0028	0.0189	0.0161
2	4.1	3.9863	0.0910	0.0044	0.0377	0.0334

3	12.6	4.1328	0.8158	0.0571	0.0566	0.0005
4	14	4.1550	1.0343	0.0776	0.0755	0.0021
5	17	4.2010	1.5615	0.1369	0.0943	0.0426
6	18.2	4.2188	1.7797	0.1667	0.1132	0.0535
7	20.09	4.2463	2.1093	0.2201	0.1321	0.0880
8	20.3	4.2493	2.1439	0.2265	0.1509	0.0755
9	21.1	4.2606	2.2706	0.2515	0.1698	0.0817
10	21.2	4.2620	2.2858	0.2548	0.1887	0.0661
11	21.7	4.2691	2.3596	0.2711	0.2075	0.0635
12	22.3	4.2774	2.4424	0.2912	0.2264	0.0647
13	22.7	4.2830	2.4941	0.3048	0.2453	0.0595
14	23.3	4.2912	2.5656	0.3257	0.2642	0.0615
15	23.8	4.2980	2.6194	0.3434	0.2830	0.0604
16	24.3	4.3048	2.6678	0.3613	0.3019	0.0594
17	24.7	4.3102	2.7024	0.3757	0.3208	0.0550
18	25.3	4.3182	2.7472	0.3976	0.3396	0.0580
19	25.4	4.3195	2.7539	0.4013	0.3585	0.0428
20	25.6	4.3222	2.7664	0.4086	0.3774	0.0313
21	25.8	4.3249	2.7780	0.4160	0.3962	0.0197
22	26	4.3275	2.7887	0.4233	0.4151	0.0082
23	26.4	4.3328	2.8070	0.4381	0.4340	0.0041
24	27.7	4.3497	2.8395	0.4859	0.4528	0.0331
25	27.8	4.3510	2.8403	0.4896	0.4717	0.0179
26	27.9	4.3523	2.8409	0.4932	0.4906	0.0027
27	28	4.3536	2.8412	0.4969	0.5094	0.0125
28	28.4	4.3587	2.8401	0.5115	0.5283	0.0168
29	28.4	4.3587	2.8401	0.5115	0.5472	0.0357
30	28.8	4.3638	2.8353	0.5260	0.5660	0.0401
31	28.9	4.3651	2.8335	0.5296	0.5849	0.0553
32	29.6	4.3739	2.8147	0.5546	0.6038	0.0492
33	29.68	4.3749	2.8118	0.5574	0.6226	0.0652
34	30.3	4.3827	2.7851	0.5792	0.6415	0.0623
35	30.6	4.3864	2.7694	0.5896	0.6604	0.0708
36	31	4.3914	2.7456	0.6033	0.6792	0.0760
37	31.1	4.3927	2.7391	0.6067	0.6981	0.0914
38	33.1	4.4171	2.5738	0.6717	0.7170	0.0453
39	33.3	4.4195	2.5539	0.6779	0.7358	0.0579
40	34.4	4.4327	2.4350	0.7107	0.7547	0.0440
41	35.6	4.4468	2.2907	0.7442	0.7736	0.0294
42	36	4.4515	2.2399	0.7548	0.7925	0.0376
43	36.3	4.4550	2.2011	0.7626	0.8113	0.0488
44	36.3	4.4550	2.2011	0.7626	0.8302	0.0676
45	36.9	4.4619	2.1220	0.7776	0.8491	0.0715
46	37.1	4.4642	2.0953	0.7824	0.8679	0.0855

47	38.3	4.4780	1.9322	0.8101	0.8868	0.0767
48	38.6	4.4814	1.8910	0.8166	0.9057	0.0891
49	51.2	4.6147	0.5115	0.9680	0.9245	0.0435
50	54	4.6420	0.3498	0.9797	0.9434	0.0363
51	57	4.6705	0.2262	0.9878	0.9623	0.0255
52	64.7	4.7402	0.0655	0.9970	0.9811	0.0158

### Estimación de datos matemáticos

Mediana	27.95
Xo	-49.7544
Media Aritmética	3.27
Desviación Estándar	0.51

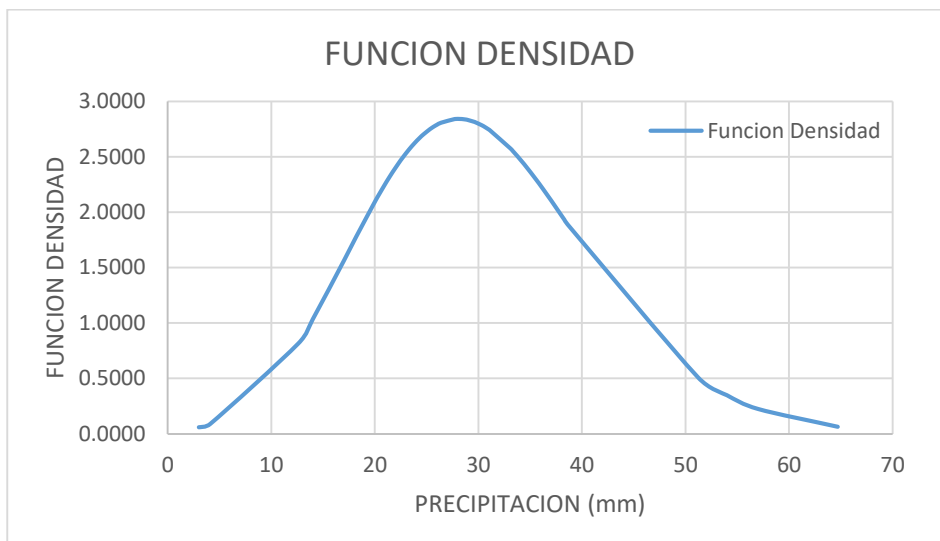


Figura 21. Función Densidad de la distribución Log Normal 3 Parámetros  
Fuente: Elaboración Propia

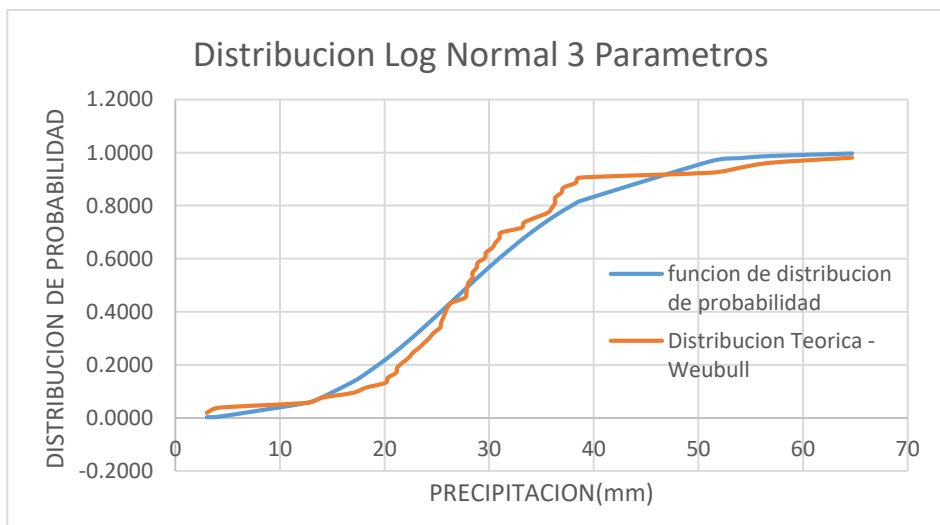


Figura 22. Probabilidad Empírica y teórica de la Distribución Log Normal 2 Parámetros  
Fuente: Elaboración Propia



### 6.1.1.1. Prueba de bondad y ajuste Kolmogorov – smirnov

Tabla 9. Datos de tablas

Datos de Tabla	
Tamaño de la muestra	0.05
Numero de Datos	52
Nivel de Significación	0.1886

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10. Pruebas de Bondad y Ajuste Kolmogorov - Smirnov

PRUEBA DE BONDAD Y AJUSTE - Kolmogorov - Smirnov			
Distribución	Diferencia Máxima	Nivel de Significación	Condición
NORMA 2 PARAMETROS	0.1183	0.1886	SI
LOG NORMAL 2 PARAMETROS	0.1708	0.1886	SI
LOG NORMAL 3 PARAMETROS	0.0914	0.1886	SI

Fuente: Elaboración Propia

### 6.1.1.2. Selección Del Período De Retorno

El tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada “T” años, se le denomina Período de Retorno “T”. Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de n años. Para el periodo de retorno de 100 años se va a diseñar con 58.1612 (mm) de lluvia

Tabla 11. Periodo de Retorno para diferentes periodos de duración

PERIODO DE RETORNO DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARÁMETROS				
Tiempo de Retorno	Probabilidad	W	KT	Precipitación Proyectada (mm)
2	0.5	1.1774	0.0000	28.0851
5	0.2	1.7941	0.8415	37.8470
10	0.1	2.1460	1.2817	43.4332
25	0.04	2.5373	1.7511	49.7811
50	0.02	2.7971	2.0542	54.1088
100	0.01	3.0349	2.3268	58.1612
200	0.005	3.2552	2.5762	62.0079
500	0.002	3.5255	2.8785	66.8533

Fuente: Elaboración Propia

### 6.1.1.3. Determinación de la tormenta de diseño

Uno de los primeros pasos en muchos proyectos de diseño es la determinación del evento de lluvia a usar. Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de éste se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales.

Tabla 12. Tormentas de diseño utilizando el método ILLA SENAMHI-UNI

TORMENTA DE DISEÑO UTILIZANDO ILLA SENAMHI UNI								
Duración (minutos)	Periodos de Retorno (Años)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
15	28.94	34.40	38.53	43.99	48.12	52.25	56.38	61.84
30	19.16	22.78	25.51	29.12	31.86	34.59	37.33	40.94
45	15.05	17.89	20.04	22.88	25.03	27.18	29.33	32.17
60	12.69	15.08	16.89	19.28	21.09	22.90	24.71	27.11
75	11.11	13.20	14.79	16.88	18.47	20.06	21.64	23.74
90	9.97	11.85	13.27	15.15	16.57	17.99	19.42	21.30
105	9.09	10.81	12.11	13.82	15.12	16.42	17.71	19.43
120	8.40	9.98	11.18	12.77	13.96	15.16	16.36	17.95
135	7.83	9.31	10.42	11.90	13.02	14.14	15.25	16.73
150	7.35	8.74	9.79	11.18	12.23	13.28	14.33	15.71
165	6.95	8.26	9.25	10.56	11.55	12.55	13.54	14.85
180	6.60	7.84	8.78	10.03	10.97	11.91	12.85	14.10
195	6.29	7.48	8.38	9.56	10.46	11.36	12.26	13.44
210	6.02	7.16	8.01	9.15	10.01	10.87	11.73	12.86
225	5.78	6.87	7.69	8.78	9.61	10.43	11.26	12.35
240	5.56	6.61	7.40	8.45	9.24	10.04	10.83	11.88
255	5.36	6.37	7.14	8.15	8.92	9.68	10.45	11.46
270	5.18	6.16	6.90	7.88	8.62	9.36	10.10	11.08
285	5.02	5.97	6.68	7.63	8.35	9.06	9.78	10.73
300	4.87	5.79	6.48	7.40	8.10	8.79	9.49	10.40
315	4.73	5.62	6.30	7.19	7.86	8.54	9.21	10.11
330	4.60	5.47	6.12	6.99	7.65	8.31	8.96	9.83
345	4.48	5.33	5.96	6.81	7.45	8.09	8.73	9.57
360	4.37	5.19	5.82	6.64	7.26	7.89	8.51	9.33

Fuente: Elaboración Propia

#### 6.1.1.4. Generación de intensidad y curvas idf

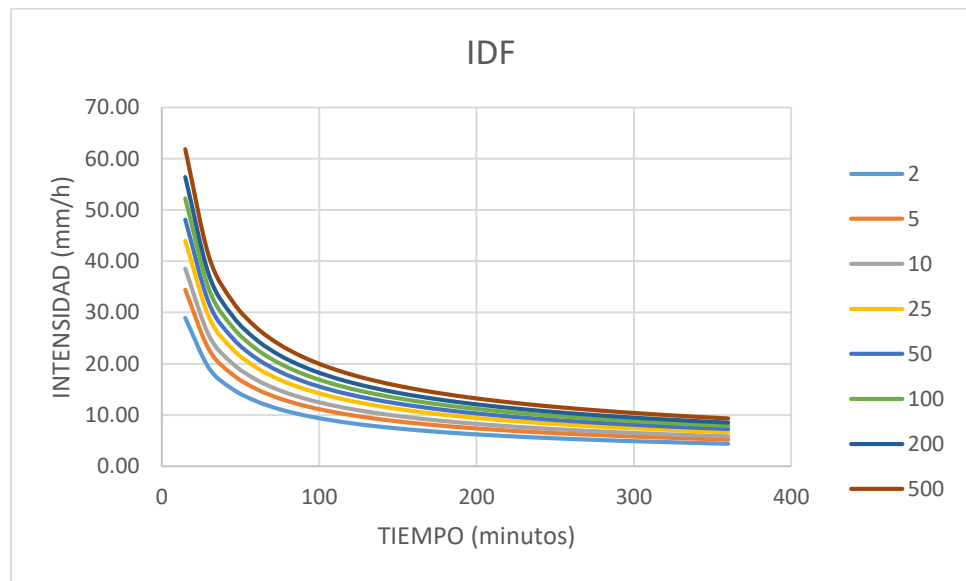


Figura 23. Generación de Intensidades y curva IDF  
Fuente: Elaboración Propia

#### 6.1.1.5. Generación de Hietogramas Método Bloque Alterno

Tabla 13. Calculo del Hietograma mediante el método Bloque Alterno

NORMALIZACIÓN DE DATOS - MÉTODO BLOQUE ALTERNO								
Tiempo	Intensidad (mm/h)	Precipitación (mm)	Incremento de Precipitación (mm)	Hietograma (mm)	Hietograma normalizado (mm)	Incremento de Precipitación (mm)	Precipitación (mm)	IDF Intensidad Normalizada (mm/hora)
15	52.25	13.0633	13.0633	0.8298	1.0200	16.0564	16.0564	64.2255
30	34.59	17.2970	4.2337	0.8771	1.0781	5.2037	21.2601	42.5201
45	27.18	20.3839	3.0869	0.9324	1.1460	3.7942	25.0543	33.4057
60	22.90	22.9028	2.5188	0.9981	1.2268	3.0960	28.1502	28.1502
75	20.06	25.0690	2.1662	1.0779	1.3249	2.6625	30.8127	24.6502
90	17.99	26.9901	1.9212	1.1775	1.4473	2.3613	33.1741	22.1160
105	16.42	28.7288	1.7387	1.3063	1.6056	2.1371	35.3112	20.1778
120	15.16	30.3253	1.5964	1.4816	1.8211	1.9622	37.2734	18.6367

135	14.14	31.8069	1.4816	1.7387	2.1371	1.8211	39.0945	17.3753
150	13.28	33.1935	1.3866	2.1662	2.6625	1.7043	40.7988	16.3195
165	12.55	34.4999	1.3063	3.0869	3.7942	1.6056	42.4045	15.4198
180	11.91	35.7373	1.2374	13.0633	16.0564	1.5210	43.9254	14.6418
195	11.36	36.9148	1.1775	4.2337	5.2037	1.4473	45.3727	13.9608
210	10.87	38.0395	1.1247	2.5188	3.0960	1.3824	46.7551	13.3586
225	10.43	39.1174	1.0779	1.9212	2.3613	1.3249	48.0800	12.8213
240	10.04	40.1534	1.0359	1.5964	1.9622	1.2733	49.3533	12.3383
255	9.68	41.1515	0.9981	1.3866	1.7043	1.2268	50.5801	11.9012
270	9.36	42.1152	0.9637	1.2374	1.5210	1.1845	51.7646	11.5032
285	9.06	43.0476	0.9324	1.1247	1.3824	1.1460	52.9106	11.1391
300	8.79	43.9512	0.9036	1.0359	1.2733	1.1106	54.0212	10.8042
315	8.54	44.8283	0.8771	0.9637	1.1845	1.0781	55.0993	10.4951
330	8.31	45.6809	0.8526	0.9036	1.1106	1.0479	56.1473	10.2086
345	8.09	46.5107	0.8298	0.8526	1.0479	1.0200	57.1672	9.9421
360	7.89	47.3194	0.8086	0.8086	0.9939	0.9939	58.1612	9.6935
PRECIPITACION DE ILLA SENAMHI UNI			47.3194		58.1612			
Precipitación de diseño (mm)			58.1612					

Fuente: Elaboración Propia

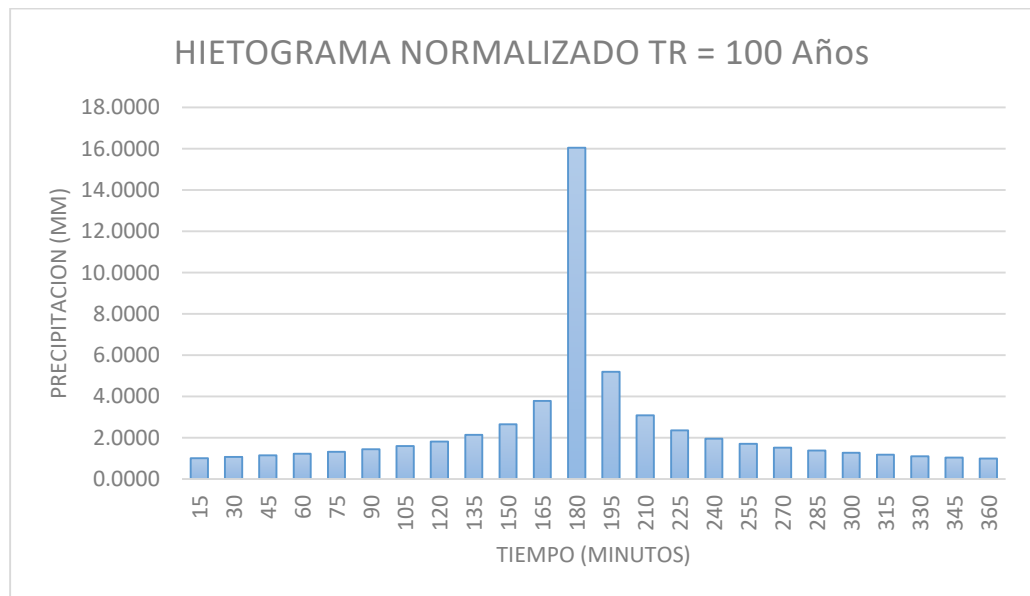


Figura 24. Generación de Hietograma Normalizado TR=100 Años

Fuente: Elaboración Propia

## 6.2. ANÁLISIS DE MÁXIMAS AVENIDAS

### 6.2.1. Selección del método para determinación de máximas avenidas

### 6.2.1.1. Modelamiento hidrológico con HEC-HMS de la microcuenca del Rio Achamayo

El centro de Ingeniería Hidrológica, del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EEUU, diseñó el programa de computación Sistema de Modelamiento Hidrológico (HEC-HMS), este provee una variedad de opciones para simular procesos de precipitación – escurrimiento y también tránsito de caudales entre otros (US Army, 2000)

**Modelado de la Microcuenca del rio achamayo:** Para estimar las pérdidas se utilizó el método del Numero se Curva de la SCS, para la trasformación de la precipitación efectiva en caudal se utilizó el método del Hidrograma Unitario de la SCS, adicionalmente como información básica para el modelo se considera el área de la cuenca de 307.65 km<sup>2</sup>. Debido a las pequeñas descargas promedio generalmente observadas en el río Achamayo se asumió que no había flujo base previo a la ocurrencia de máximas avenidas.

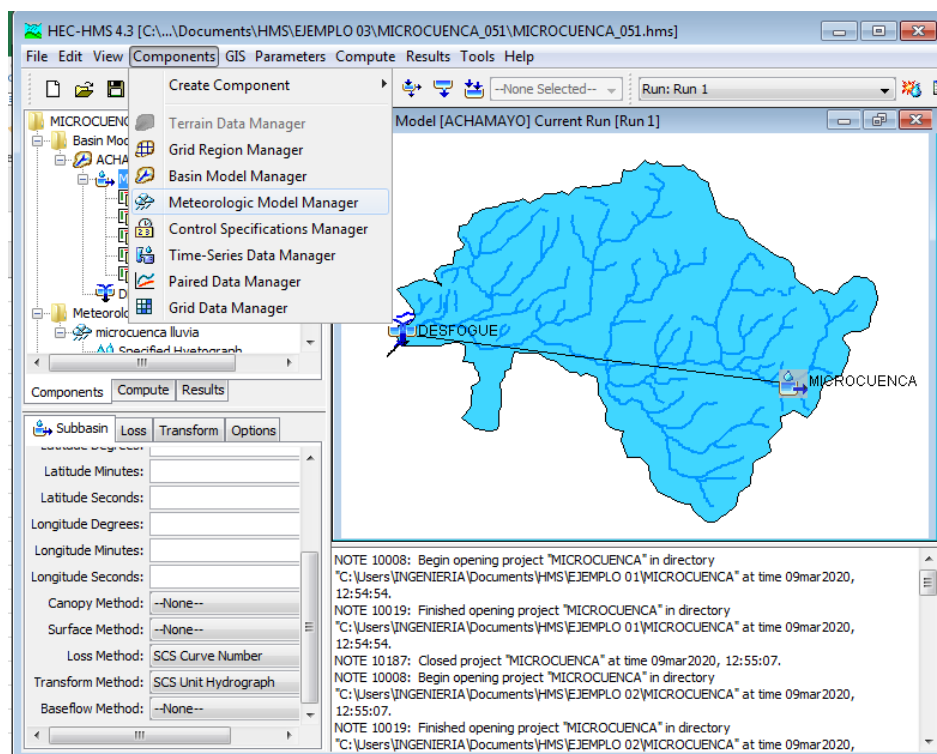


Figura 25. Modelado de la Microcuenca del rio Achamayo con Hec-Hms  
Fuente: Elaboración Propia

**Modelo Meteorológico:** De acuerdo a la calculado en el ítem. N° 3.2 Análisis de la Información Pluviométrica y Ley de Frecuencias, el modelo meteorológico se ingresan los hietogramas para la avenida de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 años, para una duración de tormenta de 17 horas

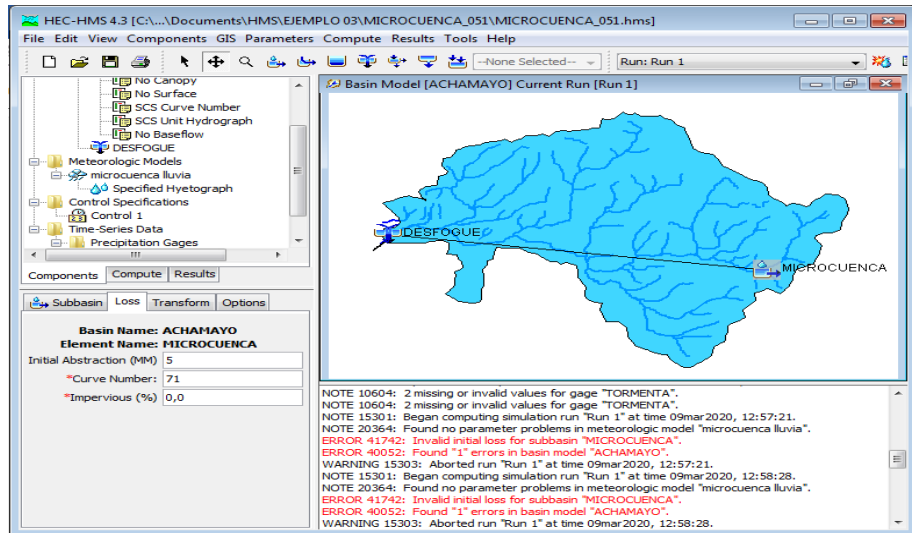


Figura 26. Colocación de datos meteorológicos en Hec-Hms

Fuente: Elaboración Propia

**Especificaciones de Control.** - Para realizar la simulación de la avenida se especifica una fecha de inicio y final dentro de este rango se presentarán los resultados de la simulación y el hidrograma de avenida, para este caso la fecha de inicio es el 17 de diciembre del 2019 a las 07:00 am horas y la fecha de fin es el 18 de diciembre del 2019 a las 00:00 am

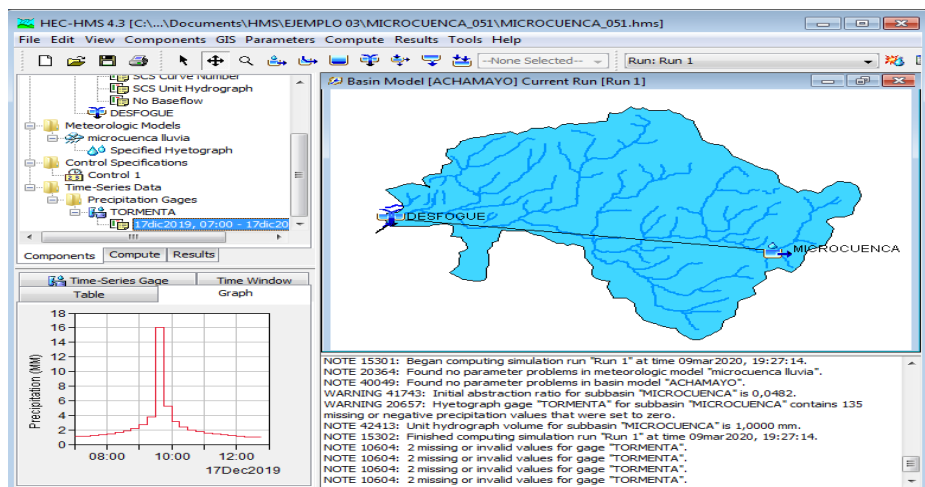


Figura 27. Especificaciones de control en Hec-Hms

Fuente: Elaboración Propia

En la parte superior se muestra el hietograma de diseño, la porción en rojo corresponde a la lluvia infiltrada, la porción en azul corresponde a la lluvia efectiva. La infiltración ha sido calculada con el programa HEC-HMS empleando el método del Número de la Curva de antiguo Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos

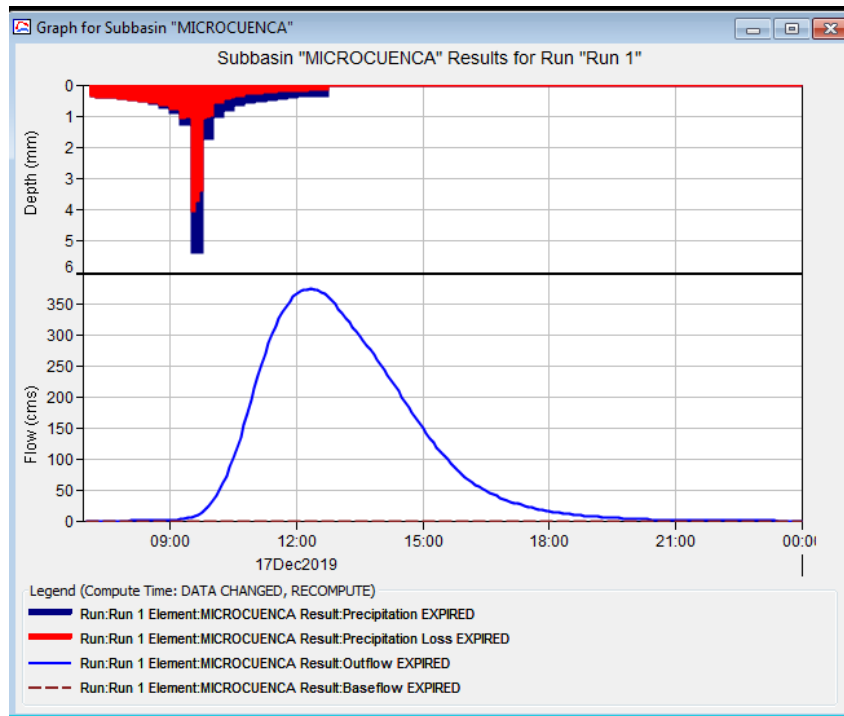


Figura 28. Generación del Hietograma de diseño en Hec-Hms  
Fuente: Elaboración Propia

Se tiene el caudal máximo calculado para un periodo de retorno de 100 años de 374.90 m<sup>3</sup>/s. La descarga máxima pasa aproximadamente a las 15 horas después de iniciada la tormenta en el tributario (para las condiciones extremas antes definidas).

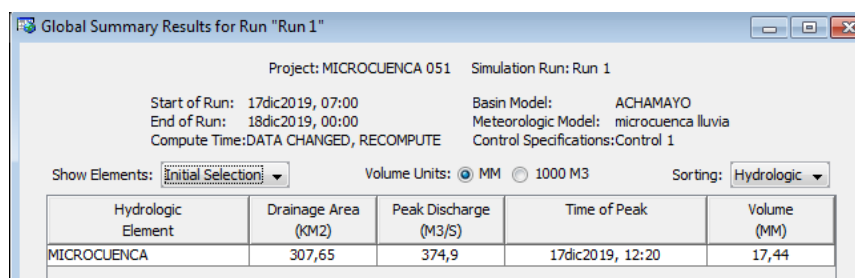


Figura 29. Generación del caudal de diseño en Hec-Hms  
Fuente: Elaboración Propia

Se presenta los valores del hidrograma de la avenida de un periodo de retorno de 100 años

Time-Series Results for Subbasin "MICROCUEENCA"

Project: MICROCUEENCA 051 Simulation Run: Run 1  
Subbasin: MICROCUEENCA

Start of Run: 17dic2019, 07:00 Basin Model: ACHAMAYO  
End of Run: 18dic2019, 00:00 Meteorologic Model: microcuenca lluvia  
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
17dic2019	07:00				0,0	0,0	0,0
17dic2019	07:05	0,36	0,36	0,00	0,0	0,0	0,0
17dic2019	07:10	0,36	0,36	0,00	0,0	0,0	0,0
17dic2019	07:15	0,36	0,36	0,00	0,0	0,0	0,0
17dic2019	07:20	0,38	0,38	0,00	0,0	0,0	0,0
17dic2019	07:25	0,38	0,38	0,00	0,0	0,0	0,0
17dic2019	07:30	0,38	0,38	0,00	0,0	0,0	0,0
17dic2019	07:35	0,41	0,41	0,00	0,0	0,0	0,0
17dic2019	07:40	0,41	0,41	0,00	0,0	0,0	0,0
17dic2019	07:45	0,41	0,41	0,00	0,0	0,0	0,0
17dic2019	07:50	0,44	0,44	0,00	0,0	0,0	0,0
17dic2019	07:55	0,44	0,44	0,00	0,0	0,0	0,0
17dic2019	08:00	0,44	0,44	0,00	0,0	0,0	0,0
17dic2019	08:05	0,48	0,48	0,00	0,0	0,0	0,0
17dic2019	08:10	0,48	0,48	0,00	0,0	0,0	0,0
17dic2019	08:15	0,48	0,47	0,01	0,0	0,0	0,0
17dic2019	08:20	0,54	0,52	0,02	0,0	0,0	0,0
17dic2019	08:25	0,54	0,51	0,02	0,0	0,0	0,0
17dic2019	08:30	0,54	0,51	0,03	0,1	0,0	0,1
17dic2019	08:35	0,61	0,57	0,04	0,1	0,0	0,1
17dic2019	08:40	0,61	0,57	0,04	0,2	0,0	0,2
17dic2019	08:45	0,61	0,56	0,05	0,3	0,0	0,3
17dic2019	08:50	0,71	0,65	0,06	0,5	0,0	0,5
17dic2019	08:55	0,71	0,64	0,07	0,7	0,0	0,7

Figura 30. Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años  
Fuente: Elaboración Propia

### 6.2.2. Determinación de caudales máximos

El caudal pico para el periodo de retorno de 100 años, aplicando el software HEC-HMS para la microcuenca del rio Achamayo, da como resultado de 374.90 m3/s

## 6.3. TOPOGRAFÍA

### 6.3.1. Puntos de control

Los puntos de control, se han determinado sobre estructura física, que se ubican entre el Puente matahuasi, y el ferrocarril central que es el área de estudio



FID	Shape *	FID_	Layer	Este	Norte	Elevation
0	Point ZM	0	BM_1	210379.35	8202869.8	2484.086
1	Point ZM	0	puntos_Puente	210540.52	8203408.1	2452.276
2	Point ZM	0	puntos_Puente	210557.14	8203396.58	2452.273

Figura 31. Puntos de control del tramo de estudio  
Fuente: Elaboración Propia

### 6.3.2. Levantamiento topográfico

El Área del levantamiento topográfico abarcó la sección del cauce, entre los detalles del puente matahuasi, ferrocarril central y algunas propiedades cercanas a las riberas del tramo en estudio, las curvas de nivel han sido generadas cada 0.5 metros. Se ha convertido la superficie ráster en una TIN y utilizarla para modelar superficies o para simplificar el modelo de superficie para la visualización.

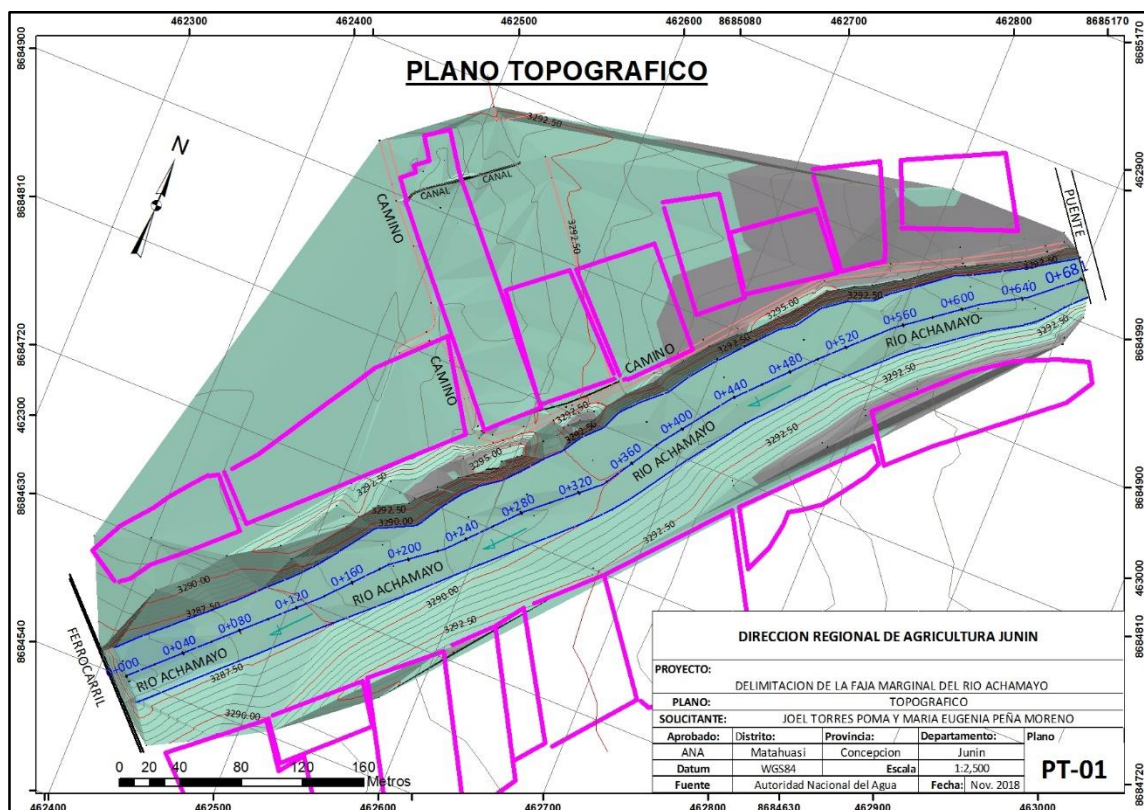


Figura 32. Levantamiento topográfico del Tramo estudio  
Fuente: Elaboración Propia

## **6.4. SIMULACIÓN HIDRÁULICA**

### **6.4.1. Descripción del modelo**

El modelo de simulación hidráulica se basa en ecuaciones diferenciales determinísticas, que al ser solucionadas en la estructura del modelo de simulación hidráulica Hec-Ras 5.0.3, permiten pronosticar la dinámica de los niveles de agua en los eventos hidrometeorológicos extremos de inundación, definiendo las cotas de inundación a través de perfiles transversales, simulando de manera aproximada el comportamiento de la dinámica del recurso hídrico y del cauce con características de: Secciones mojadas variables con cualquier geometría a lo largo del cauce, diferentes tipos de rugosidad para ciertas partes del perfil mojado, distintas profundidades del agua y con caudal variable a lo largo del cauce en condiciones de régimen de flujo sub-crítico o súper-crítico con efectos hidráulicos debido a obstáculos transversales naturales o artificiales en el cauce.

### **6.4.2. Configuración del modelo**

Determinado el caudal máximo de la microcuenca del río Achamayo con el valor de 374.9 m<sup>3</sup>/s, para un periodo de retorno de 100 años podremos realizar el modelamiento hidráulico facilitando los datos de entrada y visualizando gráficamente los resultados, exportando los resultados en tablas facilitando su interpretación

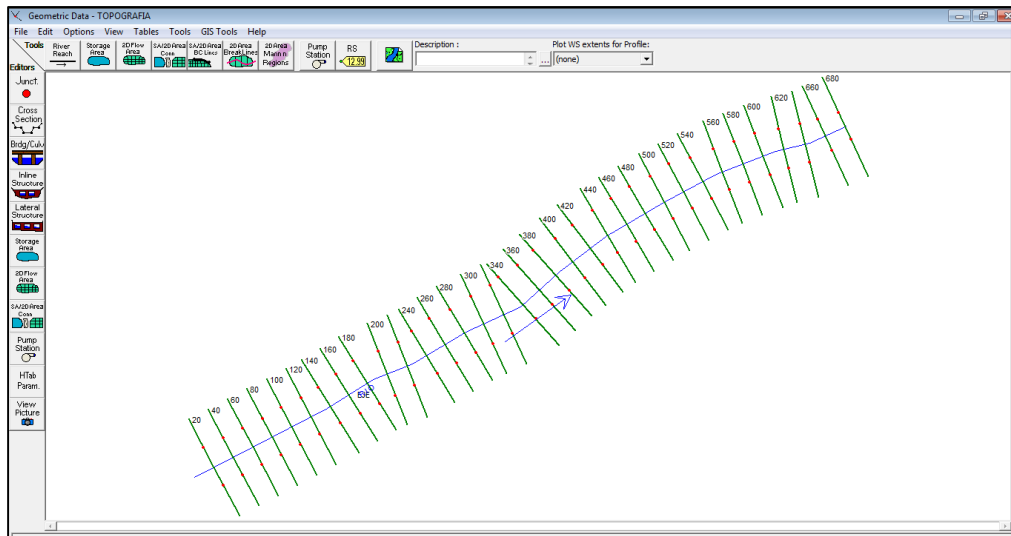


Figura 33. Configuración del tramo en estudio con HEC-RAS  
Fuente: Elaboración Propia

#### 6.4.2.1. Geometría del cauce – modelo digital MDT

Los resultados de la geometría del cauce seccionados cada 20 metros, en toda la longitud de 681.00 m del tramo de estudio en el río Achamayo

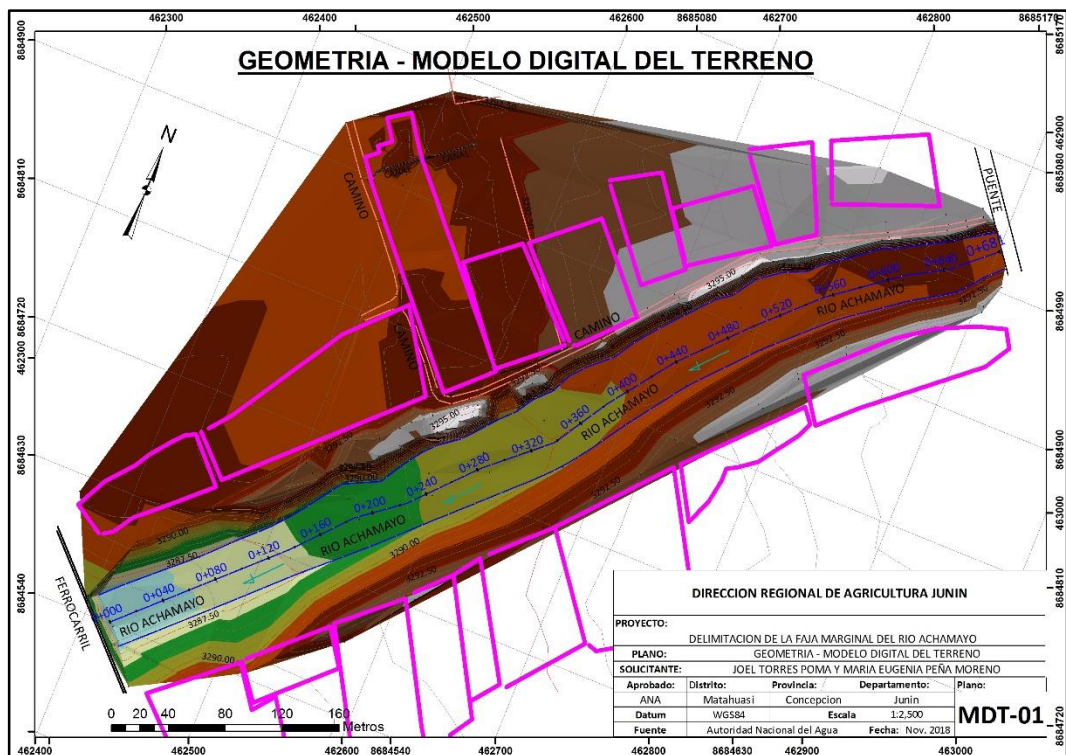


Figura 34. Modelo Digital de Tamo en estudio (MDT)  
Fuente: Elaboración Propia

### 6.4.2.2. Coeficientes de pérdidas de energía

La elección del coeficiente de rugosidad (“n” de Manning), se realizó mediante la observación en campo de las características del cauce principal del río Achamayo.

Tabla 14. Coeficientes de Rugosidad para cauces naturales

Valores de Manning			
Tipo de canal y descripción	Minimo	Normal	Máximo
<b>A. Cauces naturales</b>			
<b>1. Canales principales</b>			
a. Limpio, recto, lleno, sin fisuras, fondo profundo	0.025	0.03	0.033
b. Igual al anterior, pero con algo de piedras y	0.03	0.035	0.04
c. Limpio, sinuoso, poco profundo y bancos	0.033	0.04	0.045
d. Igual al anterior, pero con algo de hierba y	0.035	0.045	0.05
e. Igual al anterior, niveles inferiores, más pendientes y secciones menos efectivas	0.04	0.048	0.055
f. Como el "d" pero mas piedras	0.045	0.05	0.06
g. Tramo lento, hierbas, fondo profundo	0.05	0.07	0.08
h. Tramo con mayor maleza, fondo profundo, o recorrido de crecidas con soporte de madera y arbustos bajos	0.07	0.1	0.15
<b>2. Llanura de inundación</b>			
a. Pastura sin arbustos			
1. Pasto corto	0.025	0.03	0.035
2. Pasto alto	0.03	0.035	0.05
b. Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.02	0.03	0.04
2. Cultivo maduro alineado	0.025	0.035	0.045
3. Campo de cultivo maduro	0.03	0.04	0.05
c. Arbustos			
1. Arbustos escasos, mucha maleza,	0.035	0.05	0.07
2. Pequeños arbustos y árboles, en invierno	0.035	0.05	0.06
3. Pequeños arbustos y árboles, en verano	0.04	0.06	0.08
4. Arbustos mediano a denso, en invierno	0.045	0.07	0.11
5. Arbustos mediano a denso, en verano	0.07	0.1	0.16
d. Árboles			
1. Terreno despejado con tocones de árboles, sin brotes	0.03	0.04	0.05
2. igual que el anterior, pero con muchos brotes	0.05	0.06	0.08
3. Soporte de madera, algunos árboles caídos, pequeño crecimiento inferior, flujo por debajo de las ramas	0.08	0.1	0.12
4. Igual al anterior, pero con flujo por encima de las ramas	0.1	0.12	0.16
5. Sauces densos, en verano, rectos	0.11	0.15	0.2
<b>3. Cauces de montañas, sin vegetación en el canal, márgenes usualmente empinados, con árboles y arbustos sobre márgenes submergidos</b>			
a. Fondo: grava, guijarros, y algo de cantos radodos	0.03	0.04	0.05
b. Fondo: guijarros con mucho canto rodado	0.04	0.05	0.07

Fuente: Elaboración Propia

Para el coeficiente de contracción se está considerando 0.1 y el coeficiente de expansión se está considerando 0.3.

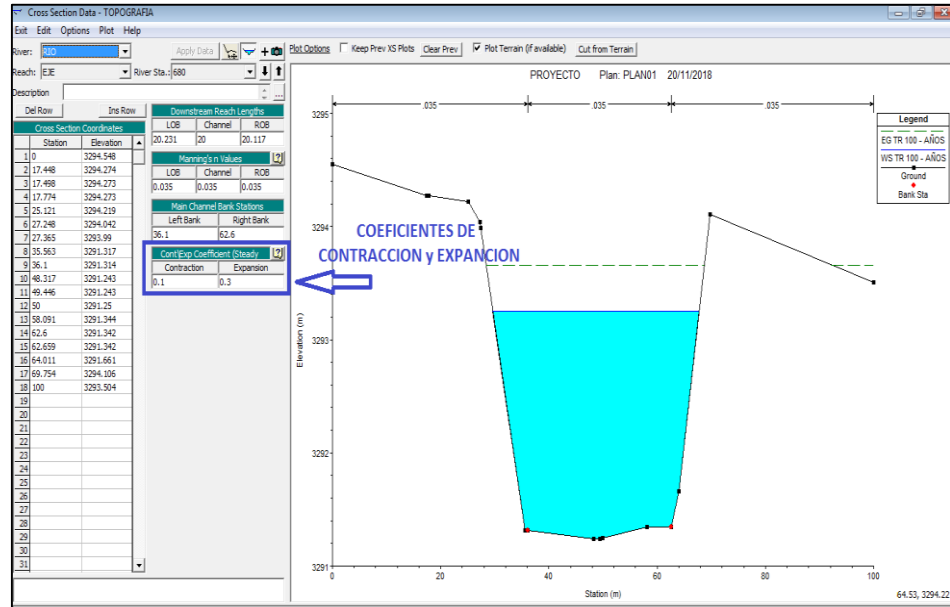


Figura 35. Coeficientes de contracción y expansión

Fuente: Elaboración Propia

#### 6.4.2.3. Caudal de máxima avenida

El caudal pico para el periodo de retorno de 100 años, aplicando el software hec-hms para la microcuenca del río Achamayo, da como resultado de 374.90 m<sup>3</sup>/s

#### 6.4.2.4. Condiciones de frontera (aguas arriba y aguas abajo)

Para el cálculo del nivel de inundación para los periodos de retomo definidos, se deben establecer las condiciones de frontera del modelo, tanto aguas arriba como aguas abajo, del tramo del río que se desea simular. Estas condiciones de frontera, se refieren principalmente a las condiciones del flujo a lo largo del tramo de análisis y las pendientes existentes en el cauce del río para ambas ubicaciones, la condición del flujo establecido es de tipo subcrítico y el caudal es establecido para todo el tramo de análisis y corresponde al caudal de máximas avenidas, para este caso se consideró un

caudal de 374.9 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 100 años. Con una pendiente de 0.04 %

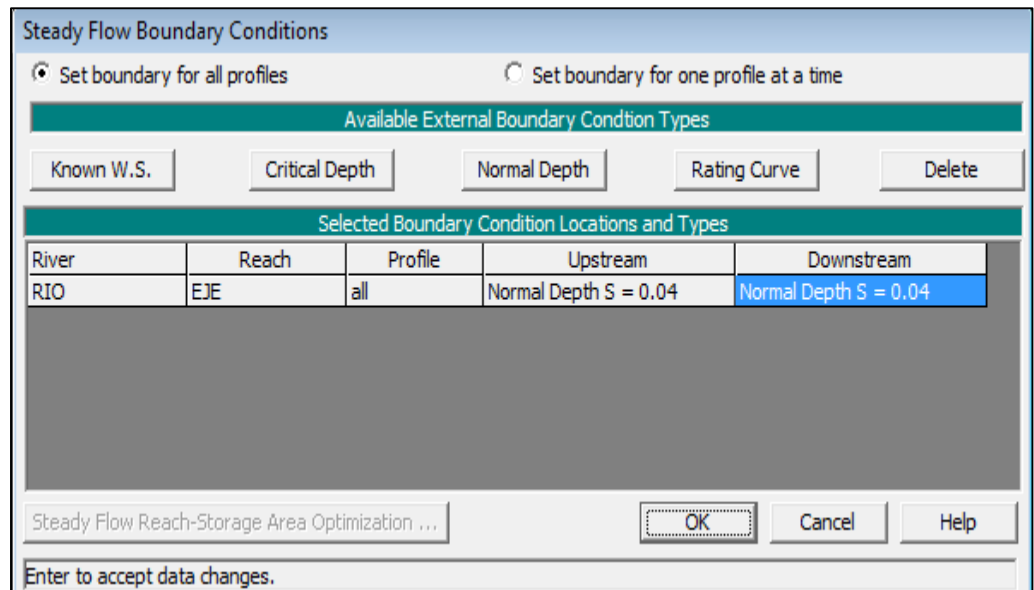


Figura 36. Condiciones de frontera aguas arriba y aguas abajo  
Fuente: Elaboración Propia

### 6.4.3. Simulación hidráulica

En el proceso de simulación se empleó el programa informático ArcGIS10.5 y el Autocad Civil 3d 2016 con las extensiones GeoRAS para exportar en formato GIS al programa de simulación de inundación HEC-RAS 5.0.3, obteniendo los siguientes resultados.

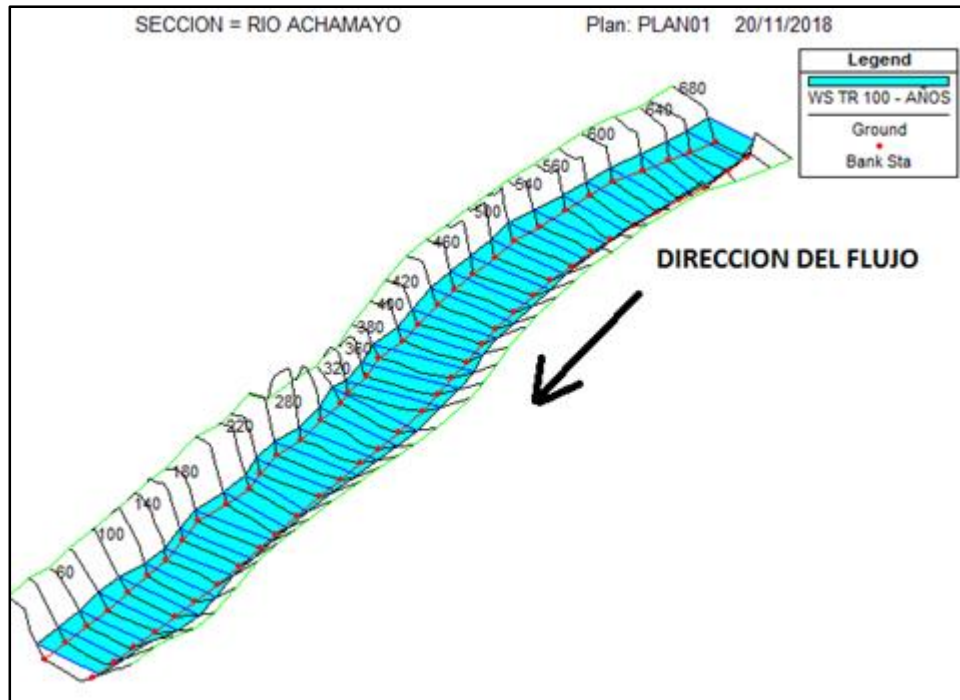


Figura 37. Simulación de inundación para un periodo de retorno de 100 años  
Fuente: Elaboración Propia

- **(parámetros hidráulicos del río entre ellos tirantes máximos, velocidades máximas, pendientes y niveles)**

En el cuadro siguiente se muestra los niveles de agua (en metros) para los caudales de 100 años de periodo de retorno.

Tabla 15. Niveles de tirantes

TRAMO	COTA BAJA DE NIVEL DE RIO	ELEVACION DEL TIRANTE	ALTURA TIRANTE
0+660 - 0+680	3293.25	3291.24	2.01
0+640 - 0+660	3293.21	3291.39	1.82
0+620 - 0+640	3293.15	3291.45	1.7
0+600 - 0+620	3293	3291.38	1.62
0+580 - 0+600	3292.89	3291.27	1.62
0+560 - 0+580	3292.8	3291.11	1.69
0+540 - 0+560	3292.62	3290.94	1.68
0+520 - 0+540	3292.52	3290.97	1.55
0+500 - 0+520	3292.47	3290.88	1.59
0+480 - 0+500	3292.33	3290.76	1.57
0+460 - 0+480	3292.26	3290.67	1.59
0+440 - 0+460	3292.15	3290.64	1.51
0+420 - 0+440	3292	3290.57	1.43

0+400 - 0+420	3291.74	3290.48	1.26
0+380 - 0+400	3291.61	3290.29	1.32
0+360 - 0+380	3291.57	3290.04	1.53
0+340 - 0+360	3291.45	3290.01	1.44
0+320 - 0+340	3291.27	3289.98	1.29
0+300 - 0+320	3291.16	3289.78	1.38
0+280 - 0+300	3290.97	3289.53	1.44
0+260 - 0+280	3290.66	3289.34	1.32
0+240 - 0+260	3290.59	3289.23	1.36
0+220 - 0+240	3290.41	3289.06	1.35
0+200 - 0+220	3290.07	3288.89	1.18
0+180 - 0+200	3289.79	3288.62	1.17
0+160 - 0+180	3289.57	3288.34	1.23
0+140 - 0+160	3289.29	3287.95	1.34
0+120 - 0+140	3289.01	3287.55	1.46
0+100 - 0+120	3288.73	3287.32	1.41
0+080 - 0+100	3288.59	3287.24	1.35
0+060 - 0+080	3288.42	3287.09	1.33
0+040 - 0+060	3288.1	3286.77	1.33
0+020 - 0+040	3287.83	3286.39	1.44
0+000 - 0+020	3287.57	3286.02	1.55

*Fuente: Elaboración Propia*

El tirante máximo varía de acuerdo a los tramos, el mayor tirante se encuentra en el kilometraje de 00+660 a 00+680. Para 100 años de periodo de retorno, el valor es 2.01 metros, respectivamente.

- **Velocidad de flujo máximo**

En el cuadro siguiente se muestra las velocidades máximas (en m/s) para caudales de 100 años de periodo de retorno.

*Tabla 16. Velocidades de flujo*

TRAMO	VELOCIDAD m/s	TRAMO	VELOCIDAD m/s
0+660 - 0+680	2.95	0+320 - 0+340	2.69
0+640 - 0+660	2.72	0+300 - 0+320	2.58
0+620 - 0+640	2.54	0+280 - 0+300	2.76
0+600 - 0+620	2.76	0+260 - 0+280	3.2
0+580 - 0+600	2.73	0+240 - 0+260	2.64



0+560 - 0+580	2.66	0+220 - 0+240	2.81
0+540 - 0+560	2.87	0+200 - 0+220	3.3
0+520 - 0+540	2.75	0+180 - 0+200	3.26
0+500 - 0+520	2.41	0+160 - 0+180	3.05
0+480 - 0+500	2.56	0+140 - 0+160	3.29
0+460 - 0+480	2.42	0+120 - 0+140	3.37
0+440 - 0+460	2.48	0+100 - 0+120	2.97
0+420 - 0+440	2.66	0+080 - 0+100	2.94
0+400 - 0+420	2.99	0+060 - 0+080	2.98
0+380 - 0+400	2.82	0+040 - 0+060	3.36
0+360 - 0+380	2.39	0+020 - 0+040	3.37
0+340 - 0+360	2.48	0+000 - 0+020	3.38

Fuente: Elaboración Propia

Las velocidades máximas varían de acuerdo al recorrido, la mayor velocidad se encuentra en el tramo del kilómetro 00+000 al 00+020. Para 100 años de periodo de retorno, el valor es 3.38 m/s metros.

- **Pendiente del cauce**

La pendiente del cauce en el tramo de estudio que recorre el río ACHAMAYO en su eje del río es de 100% (0.04).

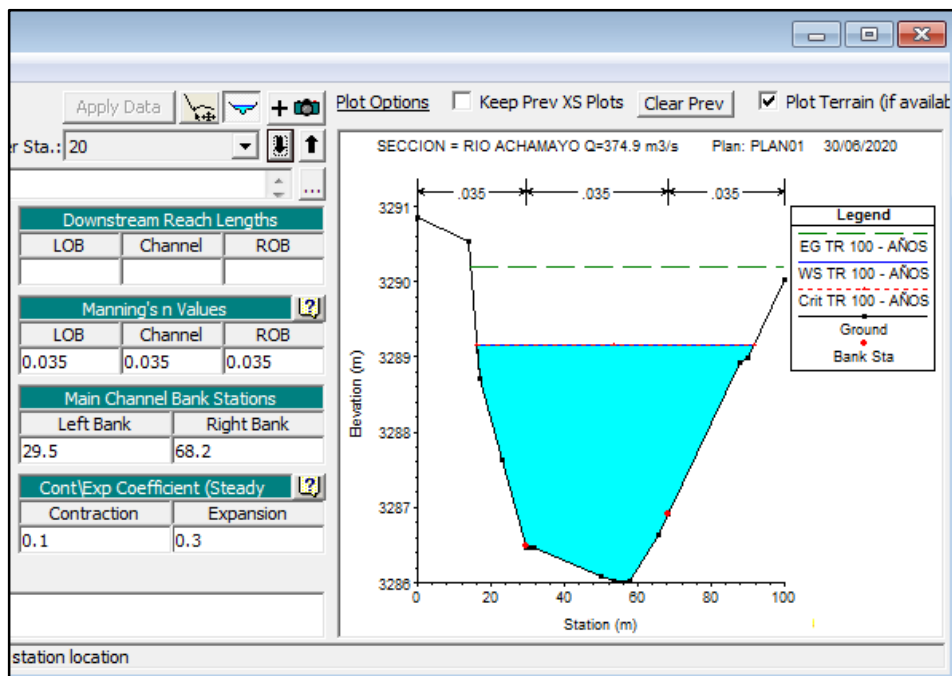


Figura 38. Simulación de inundación en sección transversal a 20 metros  
Fuente: Elaboración Propia

## 6.5. GENERACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL LÍMITE SUPERIOR DE LA FRONTERA

Con la información de topografía se procedió a la simulación hídrica del río Achamayo margen derecha generando el modelo digital de elevación del terreno (MDT). Para el análisis hidráulico se generaron 36 secciones transversales de seccionamiento a lo largo del eje del río en 681.0 ml. del eje del río Achamayo, se realizó el seccionamiento en tramos estratégicos para determinar el área inundabilidad de las márgenes del río, en base a criterios hidráulicos obtenidos con el programa HEC RAS 5.0.3

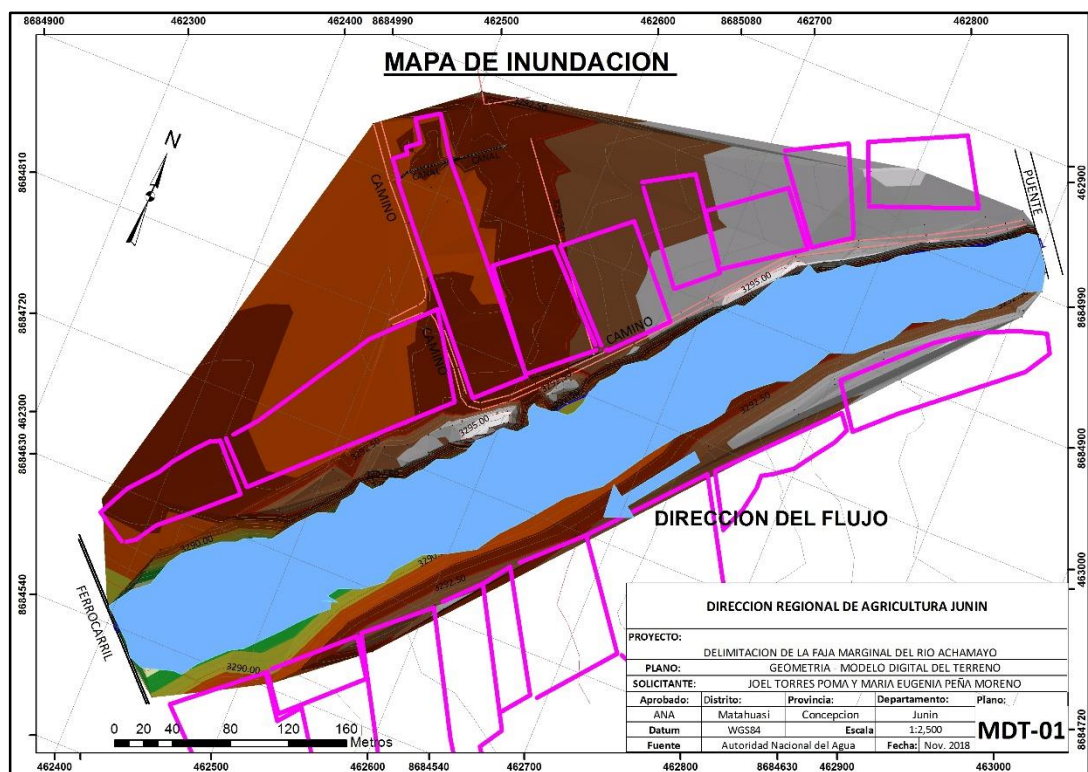


Figura 39. Simulación de inundación en sección transversal a 640 metros  
Fuente: Elaboración Propia

## 6.6. DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL

### Aplicación de criterios señalados en el artículo 12.

La propuesta de delimitación de la faja marginal se consideró de acuerdo a la **Resolución Jefatural N°332-2016-ANA (Reglamento para Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales)**, Título III - Capítulo II, donde se hace mención al Artículo 12, de criterios generales

para determinar el ancho mínimo de la faja marginal, se tomó en consideración como un tramo de río con pendiente media de (1-2%), donde nos menciona que el ancho mínimo es de 5 metros como mínimo, considerando dicho artículo el dimensionamiento de la Faja Marginal del río Achamayo de su margen derecha es de 5.00 m.

Tabla 17. Ancho mínimo de faja marginal en cuerpos de agua

tipo de fuente	ancho mínimo
Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) encañonados de material rocoso	3
quebradas y tramos de río de alta pendiente (mayores a 2%) material conglomerado	4
<b>Tramos de ríos con pendiente media (1-2%)</b>	<b>5</b>
Tramo de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y presencia de defensas vivas	6
Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y riberas desprotegidas	10
Tramos de ríos con estructuras de defensa ribereña (gaviones, diques, enrocados, muros, etc.), medios a partir del pie de talud externo	4
Tramos de ríos de selva con baja pendiente (menores a 1% )	25
Lagos y Lagunas	10
Reservorios embalses (Cota de vertedero de demasías)	10
(1) Medidos a partir del límite superior de la ribera	

Fuente: Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA. (Artículo N° 12)

## Límites de faja marginal

Tabla 18. Hitos de margen izquierda del río Achamayo

HITOS DE MARGEN IZQUIERDA			
Hito	Este	Norte	Progresiva
0	210545	8203377	0+00
1	210473	8203319	0+20
2	210480	8203251	0+40
3	210530	8203173	0+60
4	210549	8203064	0+80
5	210507	8202962	0+100
6	210504	8202893	0+120
7	210548	8202796	0+140
8	210542	8202683	0+160
9	210491	8202613	0+180

10	210414	8202534	0+200
11	210389	8202453	0+240
12	210411	8202363	0+260
13	210383	8202261	0+280
14	210329	8202194	0+300
15	210260	8202096	0+320
16	210521	8203398	0+340
17	210437	8203349	0+360
18	210432	8203238	0+380
19	210486	8203150	0+400
20	210495	8203068	0+420
21	210475	8202987	0+440
22	210461	8202871	0+460
23	210500	8202801	0+480
24	210484	8202727	0+500
25	210438	8202625	0+520
26	210386	8202565	0+540
27	210346	8202451	0+560
28	210369	8202346	0+580
29	210347	8202297	0+600
30	210291	8202205	0+620
31	210252	8202146	0+640
32	210484	8202727	0+660
33	210438	8202625	0+680

*Fuente: elaboración propia*

*Tabla 19. Hitos de margen derecha del río Achamayo*

HITOS DE MARGEN DERECHA			
Hito	Este	Norte	Progresiva
0	210521	8203398	0+00
1	210437	8203349	0+20
2	210432	8203238	0+40
3	210486	8203150	0+60
4	210495	8203068	0+80
5	210475	8202987	0+100
6	210461	8202871	0+120
7	210500	8202801	0+140
8	210484	8202727	0+160
9	210438	8202625	0+180
10	210386	8202565	0+200
11	210346	8202451	0+240
12	210369	8202346	0+260
13	210347	8202297	0+280
14	210291	8202205	0+300

15	210252	8202146	0+320
16	210545	8203377	0+340
17	210473	8203319	0+360
18	210480	8203251	0+380
19	210530	8203173	0+400
20	210549	8203064	0+420
21	210507	8202962	0+440
22	210504	8202893	0+460
23	210548	8202796	0+480
24	210542	8202683	0+500
25	210491	8202613	0+520
26	210414	8202534	0+540
27	210389	8202453	0+560
28	210411	8202363	0+580
29	210383	8202261	0+600
30	210329	8202194	0+620
31	210260	8202096	0+640
32	210545	8203377	0+660
33	210473	8203319	0+680

*Fuente: elaboración propia*

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- **De la Determinación de los parámetros geomorfológicos de la microcuenca del río Achamayo**

Los parámetros geomorfológicos de la microcuenca del río Achamayo, son obtenidos de la carta nacional zona 24m obtenida del MINEDU (ministerio de Educación), y conjuntamente con el desarrollo del programa Argis 10.5, se logró delimitar, y obtener de las características geomorfológicos de la microcuenca

- **De la Determinación del Caudal de Máxima Avenida**

los estudios realizados en el presente informe tienen por finalidad cumplir con los objetivos planteados al iniciar la investigación es decir conocer y definir el caudal de máxima avenida, mediante los estudios hidrológicos de la microcuenca del río Achamayo el cual servirá para delimitar la faja marginal del tramo puente matahuasi ferrocarril central obteniendo como resultado un caudal de 374.90 m<sup>3</sup>/s

- **Del Levantamiento Topográfico**

El levantamiento topográfico del tramo estudio se realizó utilizando la estación total FOIF modelo OTS-305, teniendo como base tres puntos de control (mojones), instalado por el investigador, procediendo después con levantamiento topográfico del tramo en estudio tomando como datos la base del río, posibles niveles de altura del río, y todo el contorno superior entre viviendas y caminos de acceso.

Los datos obtenidos por la estación total fueron llevados al programa CIVIL 3D-2016 para su procesamiento, realizándose el dibujo y generando curvas de nivel cada 0.50 m para una mayor precisión en la elaboración del modelo hidráulico.

- **De la estimación de resultados de la Simulación Hidráulica**

Para la simulación hidráulica con el programa HEC-RAS 5.0.3, se ha considerado el tramo del proyecto, desde el puente matahuasi hasta el

ferrocarril central con una longitud de 681.00 metros. Del total del levantamiento topográfico, comprendiendo de aguas abajo hacia aguas arriba. La simulación se efectuó con el caudal máxima avenida que fue de 374.90 m<sup>3</sup>/s, para un período de retorno de 100 años y con los datos de campo de las secciones del río, los resultados se muestran en el anexo 03

## CONCLUSIONES

- Se realizó el modelamiento hidráulico el cual permitió delimitar la faja marginal, considerando las secciones transversales y el tirante máximo obtenidas en la simulación hidráulica, el cual fue evaluada de acuerdo a la Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA, (**Reglamento para Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales**), teniendo como ancho de faja marginal 5 metros para ambas márgenes del río
- Se logró determinar los parámetros geomorfológicos de la microcuenca del río Achamayo, teniendo como dato la carta nacional zona 24m obtenida del MINEDU (ministerio de Educación), posteriormente se procedió mediante el programa Argis 10.5, con la delimitación, y obtención de las características de la microcuenca
- Se logró determinar el caudal de máxima avenida, utilizando los datos proporcionados por SENAMHI siendo estos calculados mediante el método de distribución probabilística Log Normal de tres parámetros, lográndose determinar el hietograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años. Obtenido este resultado se utilizó el programa Hec- Hms ver. 4.4 para el cálculo del caudal pico o máxima avenida, obteniendo como resultado el caudal de 374.90 m<sup>3</sup>/s
- Se realizó el levantamiento topográfico del tramo en estudio desde el puente matahuasi hasta el ferrocarril central con una longitud de 681.00 ml. Observando que el resultado muestra una topografía llana de baja pendiente.
- Se realizó la simulación hidráulica del tramo de estudio a través del programa hec-ras ver. 5.03, observando que los tirantes máximos en las secciones transversales no han sobrepasado el límite superior de la rivera del río, siendo este dato necesario, para la delimitación de la faja marginal



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar investigaciones en diferentes cuencas, microcuencas para poder identificar las zonas afectadas por una inundación lo cual permitirá prever acciones para evitar daños materiales.
- Se recomienda a los consultores de proyectos contemplar esta solución de delimitación de faja marginal, debido a que su desarrollo fue desde la delimitación de la microcuenca, análisis estadístico de datos hidrológicos, levantamiento topográfico, simulación hidráulica y obtención de resultados mediante coordenadas UTM, para la delimitación de la faja marginal
- Se recomienda a los Gobiernos Locales (municipalidades), que conjuntamente con la Autoridad Nacional del Agua (ANA), realicen estos tipos de estudios de delimitación de faja marginal, de este modo se estaría informado y concientizando a los pobladores que tienen propiedades cercanas a las riveras de los ríos, a tomar las precauciones necesarias.
- Espero que el presente estudio, sirva de guía para realizar nuevas investigaciones en los diferentes campos de acción que involucra a la fascinante carrera de ingeniería civil, contribuyendo así al desarrollo y beneficio de la sociedad

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.-AGUA, A. A. (2017). *Ley de Recursos Hidricos N° 29338* - . Lima - Peru: ANA.
- Agua, A. A. (2017). *Reglamento de la Ley de Recursos Hdricos D.S. N° 001 - 2010 - AG*. Lima - Peru: ANA.
- APARICIO MIJARES, F. (2018). *FUNDAMENTOS DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE*. Madrid - España: EDITORIAL LIMUSA S.A.
- Arias , A. (1992). *Drenaje de tierras* . Cali - Colombia : Universidad del Valle .
- Breña Puyol, A., & Jacobo Villa, M. (2006). *Principios y Fundamentos de la Hidrologia Superficial* . México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Chereque Moran, W. (1996). *Hidrologia*. Lima - Peru: CONCYTEC.
- Chow Ven , T. (2000). *Hidrologia Aplicada* . Santa fe de Bogota - Colombia: McGRAW - HILL INTERAMERICANA S.A.
- Ibañez Asensio, S. (2003). *Genesis de Suelos* . València: Editorial Universitat Politècnica de València.
- MEJIA MARCACUZCO, J. (2012). *HIDROLOGIA APLICADA*. Lima - Peru: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA .
- Ministerio, d. T. (2014). *MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE*. Lima.
- Velásquez Valle, M. (2017). *Comportamiento hidrológico de una Pequeña Cuenca* . Zacatecas: Campo Experimental Saltillo, CIR Noreste. INIFAP. México.
- Villón Béjar, M. (2002). *Hidrología*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Facultad de Ingeniería Agrícola.
- VILLON BEJAR, M. (2016). *HEC-RAS* . Lima - Peru: EDITORIAL VILLON.
- MANUEL BORJA SUAREZ (2012). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA PARA INGENIEROS* . Chiclayo - Peru: EDITORIAL -chiclayo

# Anexos

## Anexo 01

Fotografías del tramo de estudio

Foto 01. Puente matahuasi- inicio del tramo en estudio



Foto 02. Levantamiento Topográfico - inicio del tramo en estudio



Foto 03. Levantamiento Topográfico - Intermedio del tramo en estudio



Foto 04. Levantamiento Topográfico – toma de puntos áreas agrícolas



Foto 05. Levantamiento Topográfico – de carretera a lado del tramo en estudio



Foto 06. Ubicación del Mojón BM1 del tramo en estudio



Foto 07. Ubicación del Mojón BM2 del tramo en estudio



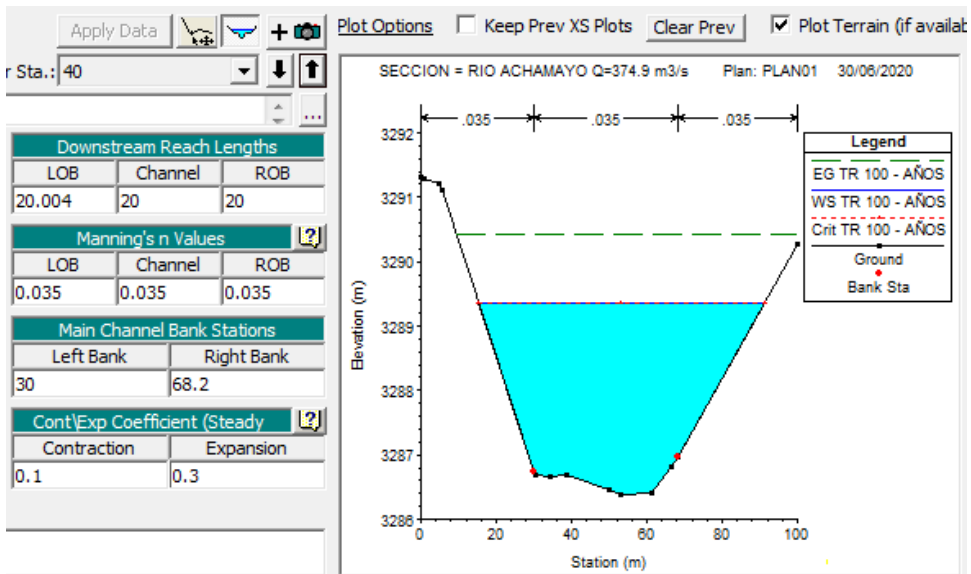
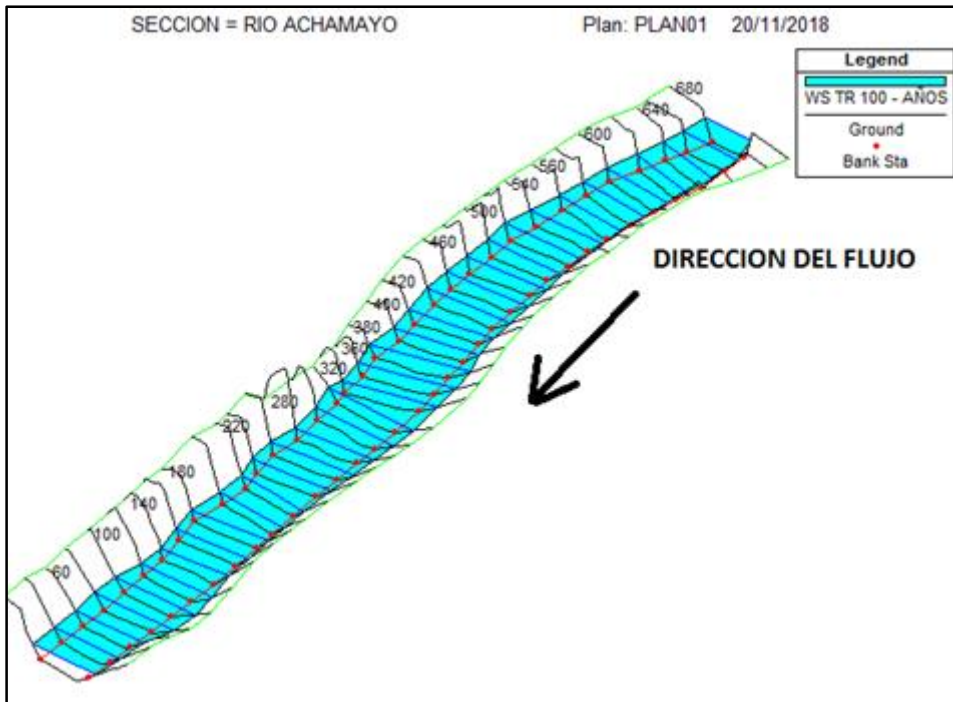
Foto 08. Ubicación del Mojón BM3 del tramo en estudio



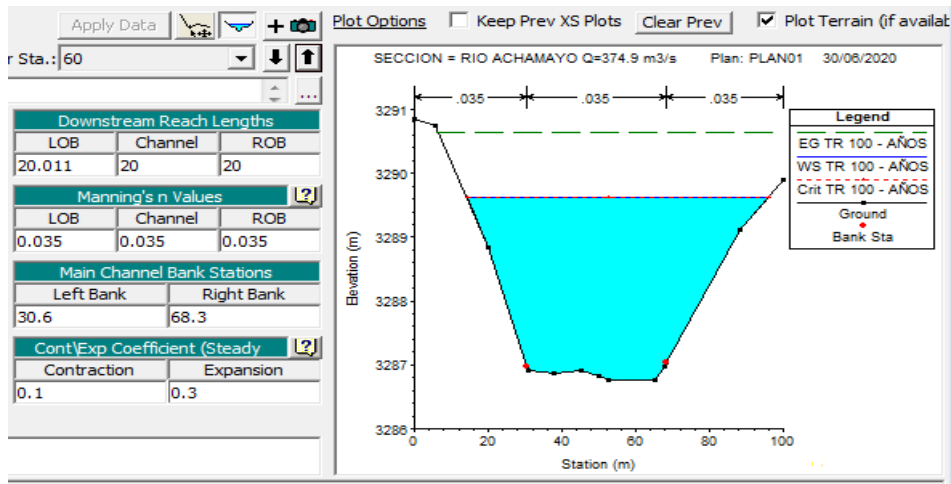


## Anexo 02

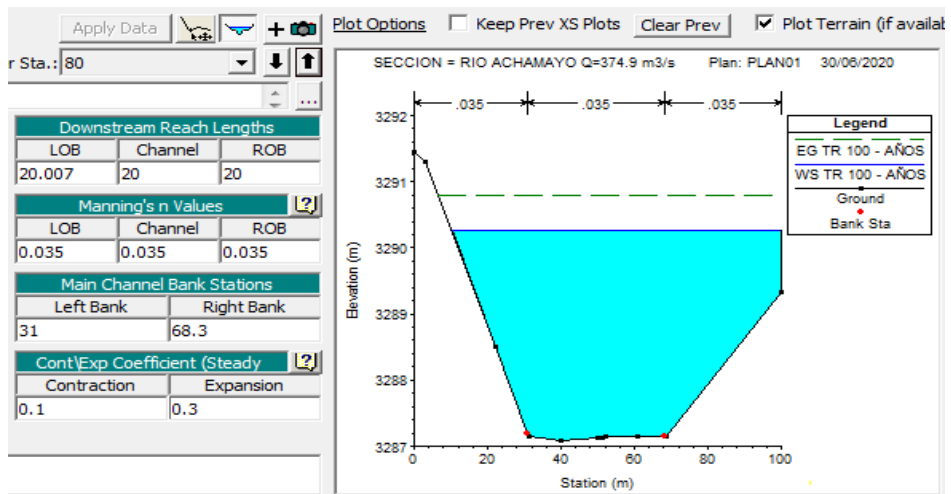
Simulación del flujo de agua con un caudal de  $m^3/s$  para el tramo des estudio con el programa Hec-Ras hidráulica y detalle de las secciones transversales



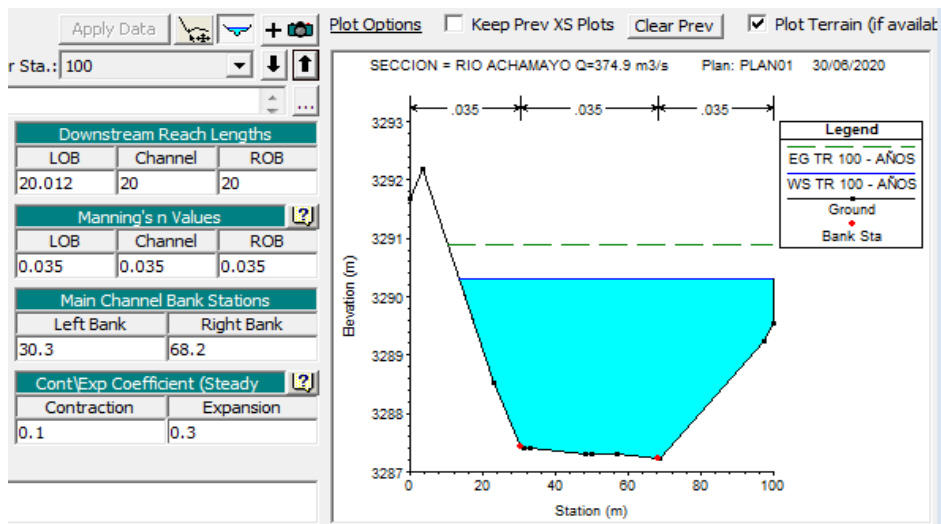
Simulación de inundación en sección transversal a 40 metros



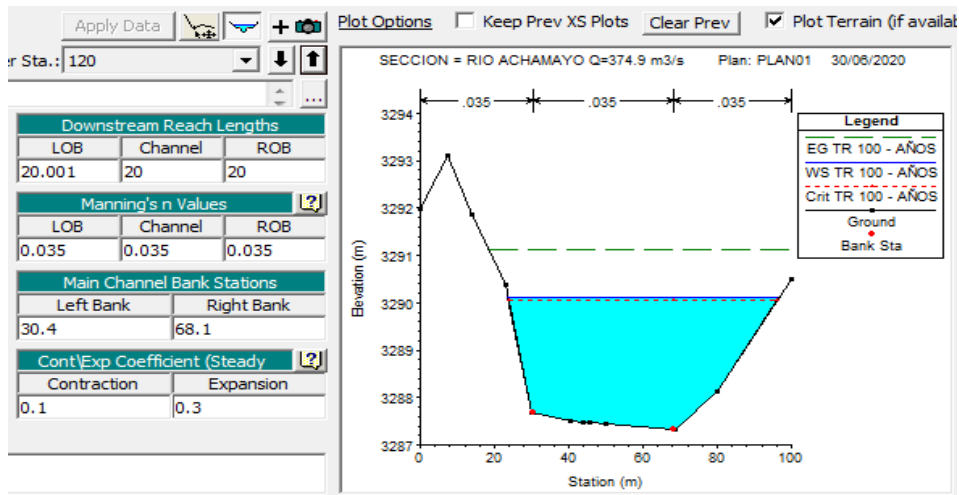
Simulación de inundación en sección transversal a 60 metros



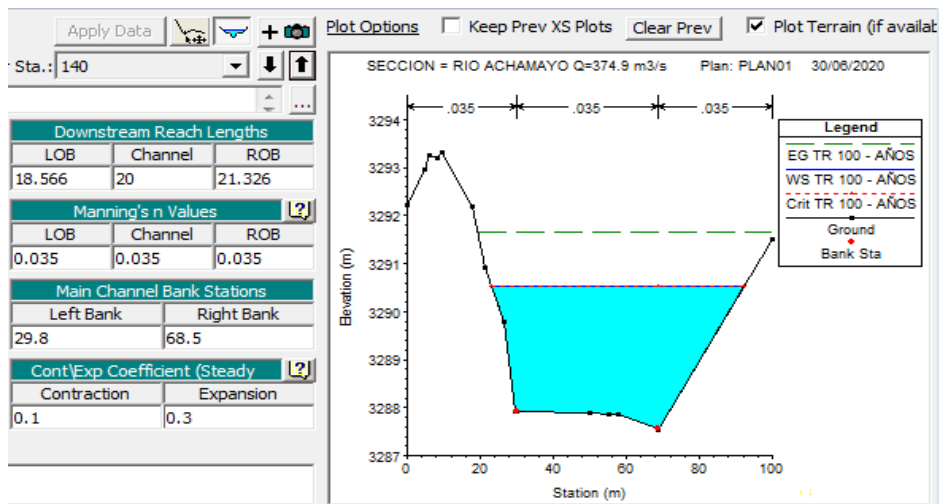
Simulación de inundación en sección transversal a 80 metros



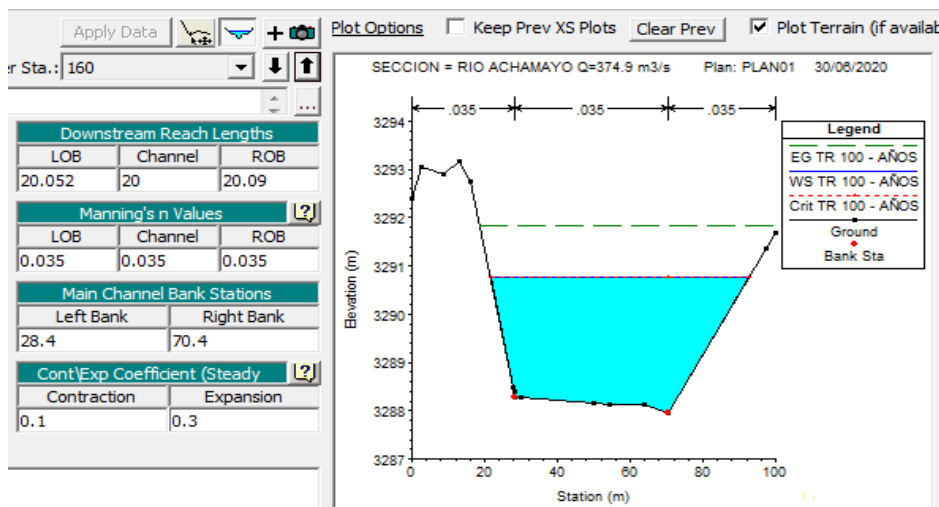
Simulación de inundación en sección transversal a 100 metros



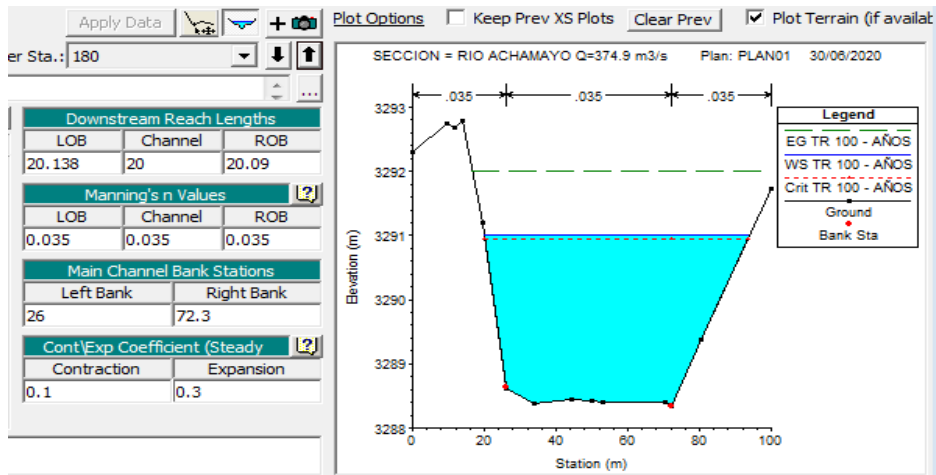
Simulación de inundación en sección transversal a 120 metros



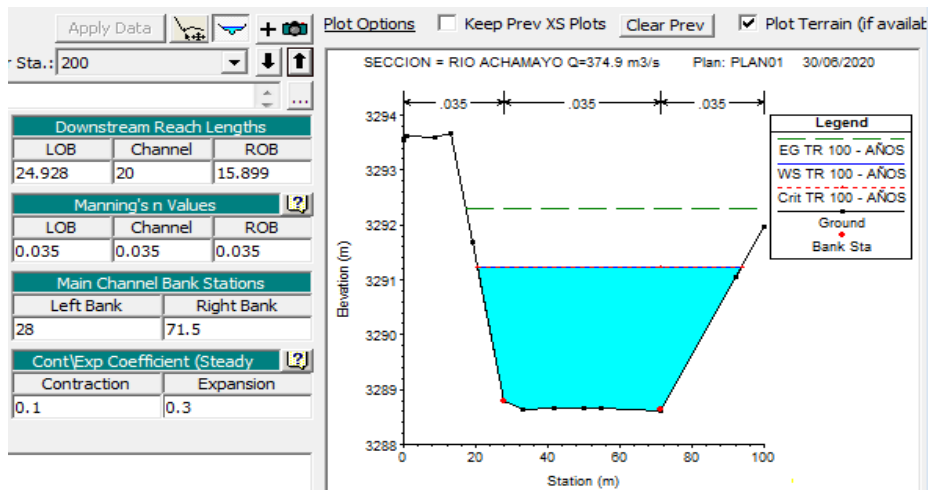
Simulación de inundación en sección transversal a 140 metros



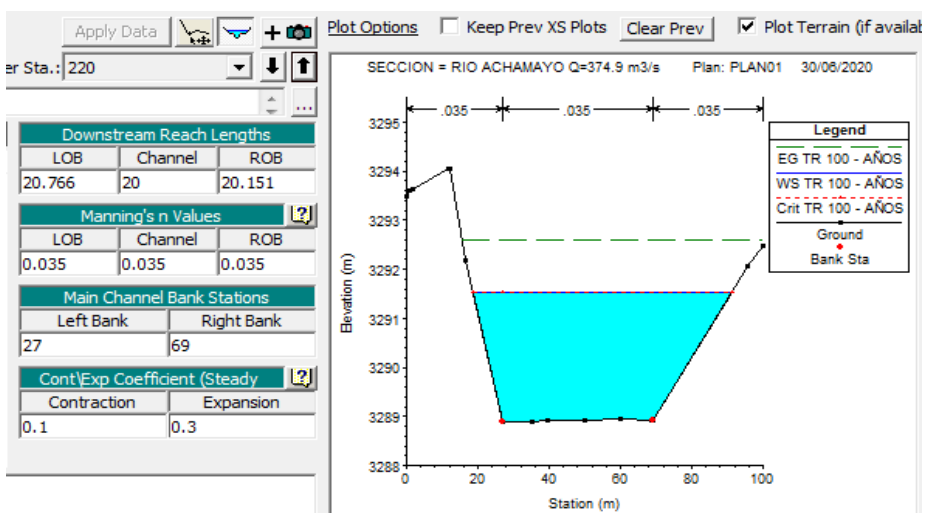
Simulación de inundación en sección transversal a 160 metros



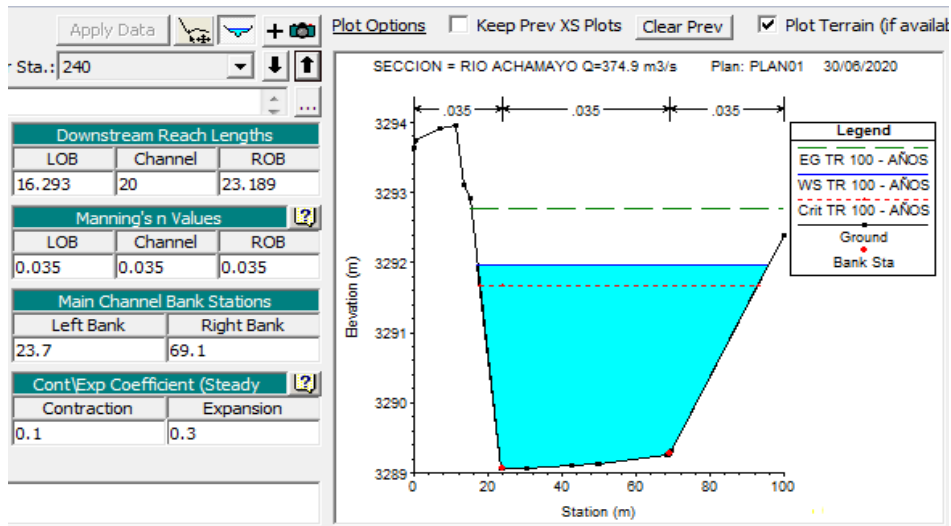
Simulación de inundación en sección transversal a 180 metros



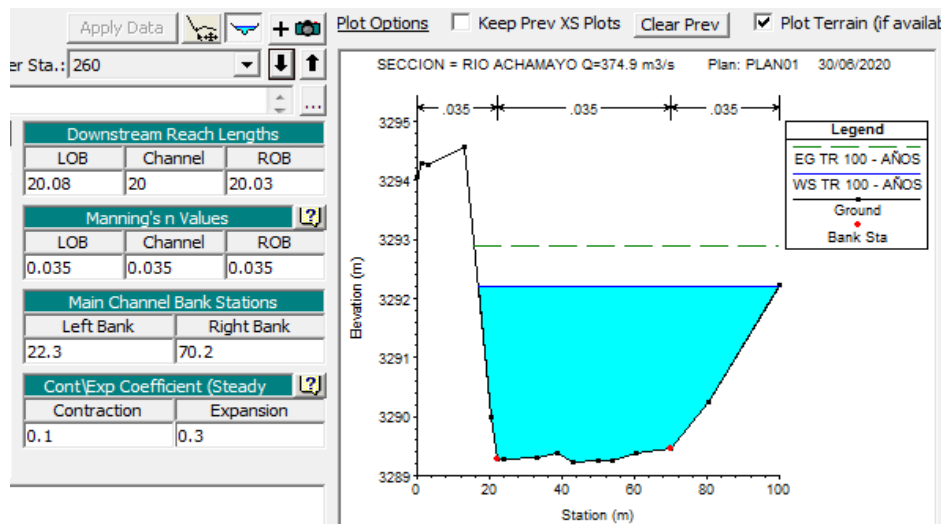
Simulación de inundación en sección transversal a 200 metros



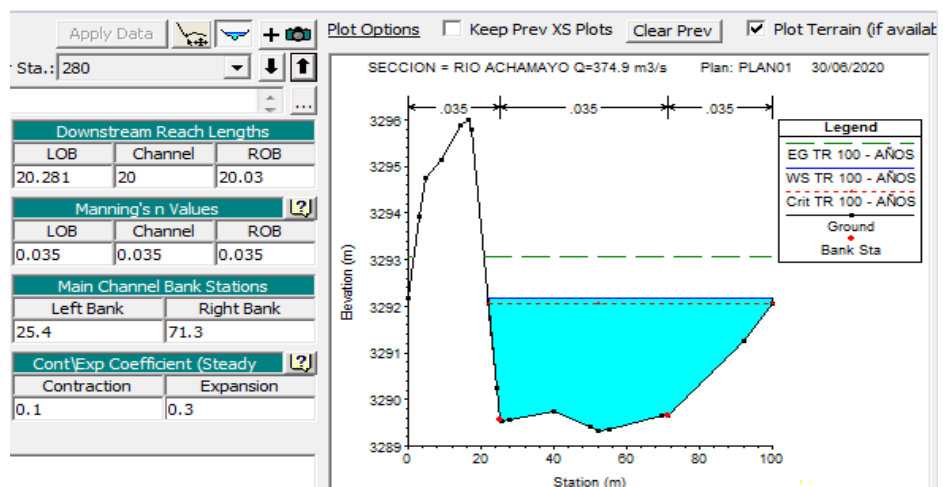
Simulación de inundación en sección transversal a 220 metros



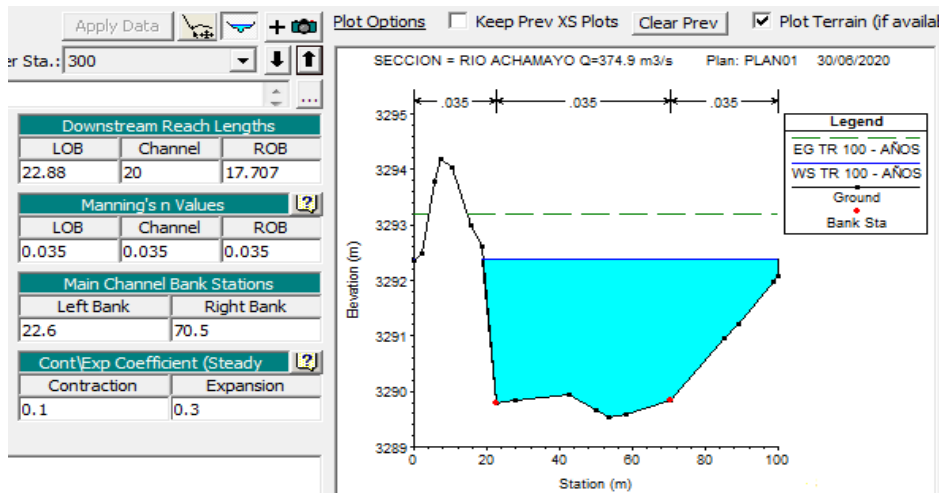
Simulación de inundación en sección transversal a 240 metros



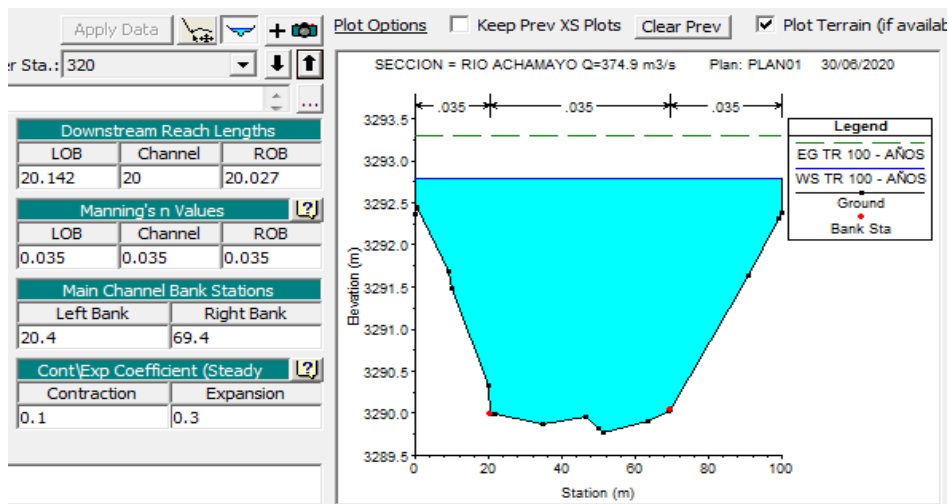
Simulación de inundación en sección transversal a 260 metros



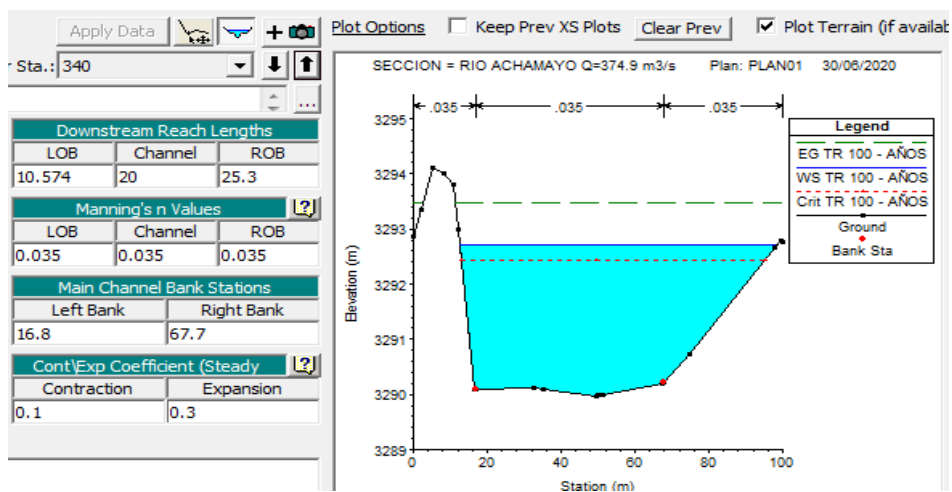
Simulación de inundación en sección transversal a 280 metros



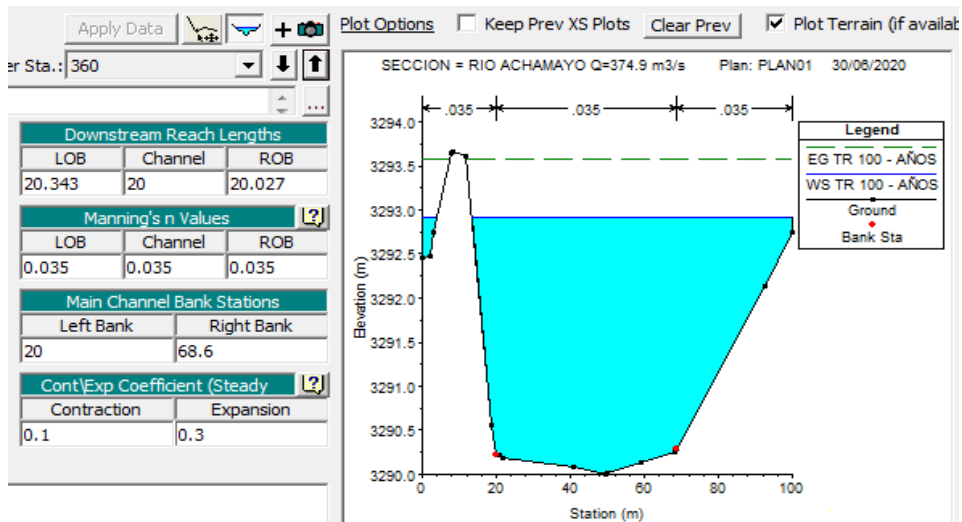
Simulación de inundación en sección transversal a 300 metros



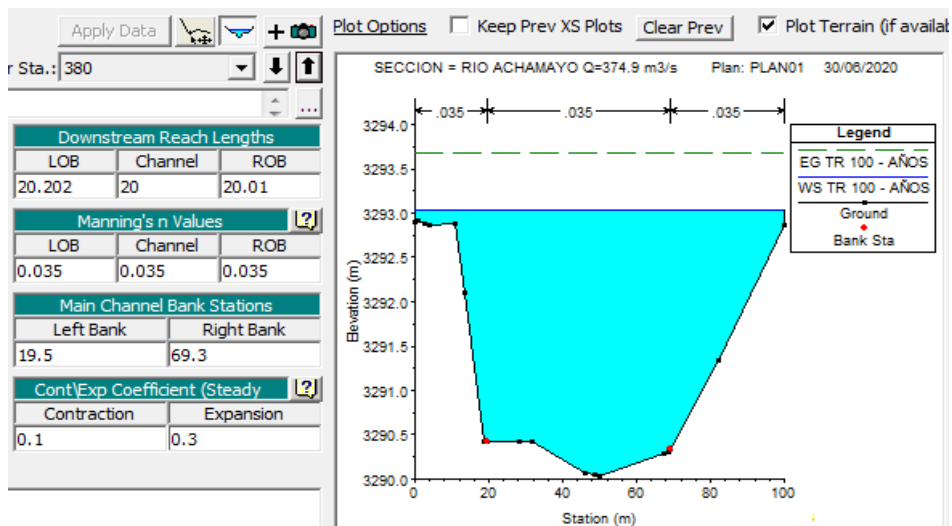
Simulación de inundación en sección transversal a 320 metros



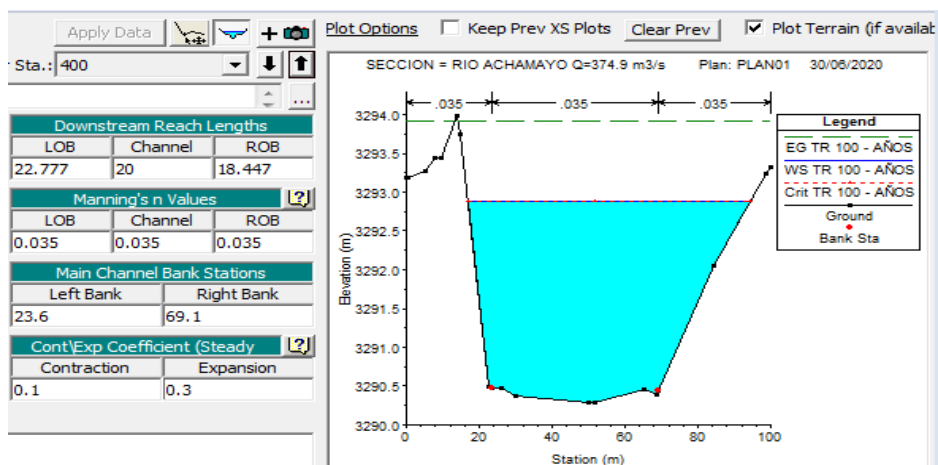
Simulación de inundación en sección transversal a 340 metros



Simulación de inundación en sección transversal a 360 metros

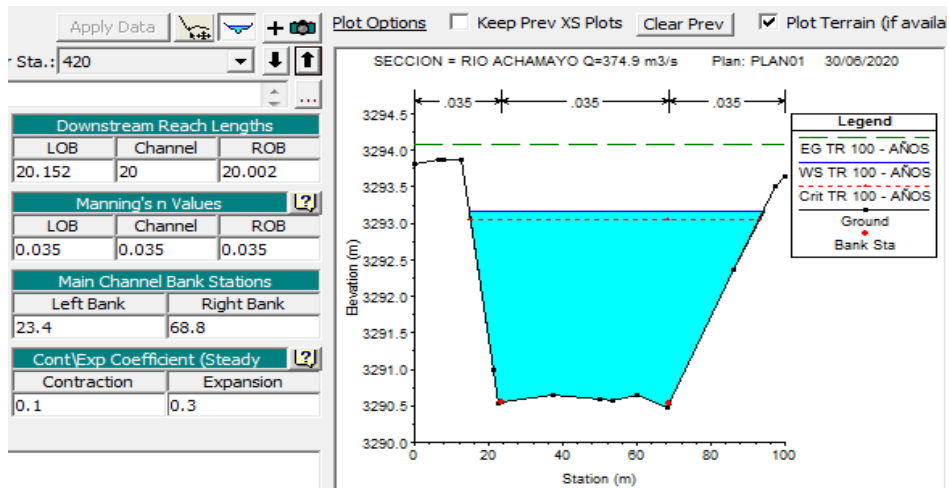


Simulación de inundación en sección transversal a 380 metros

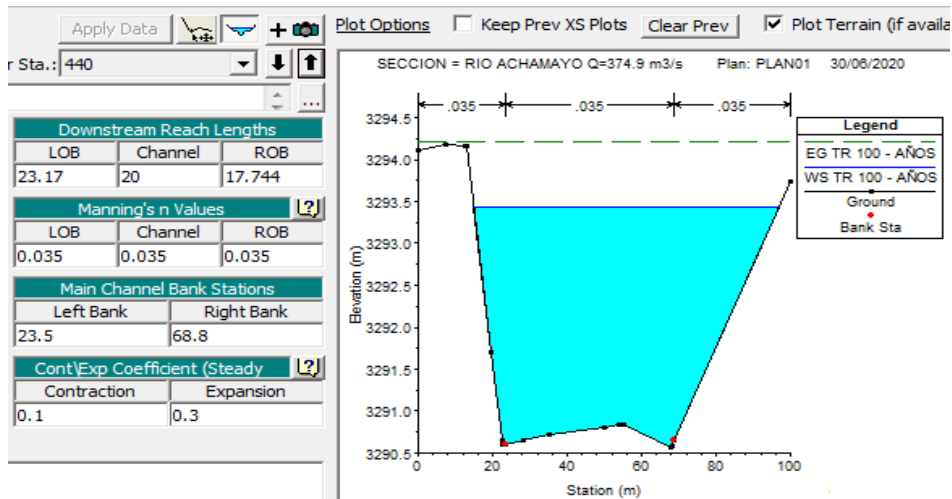


Simulación de inundación en sección transversal a 400 metros

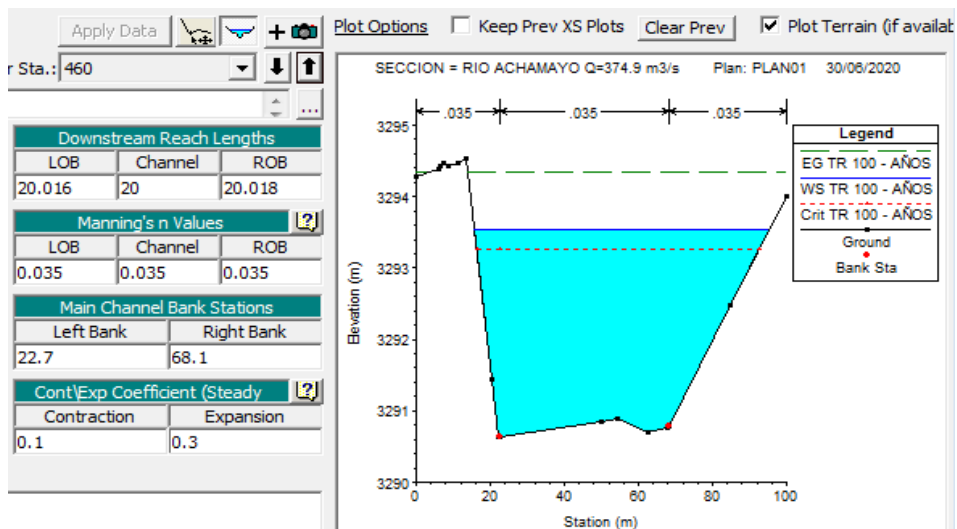




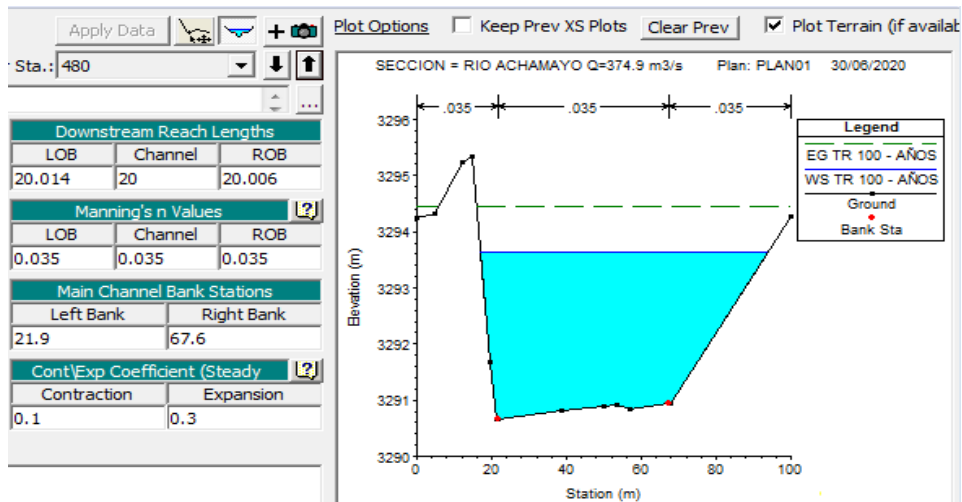
Simulación de inundación en sección transversal a 420 metros



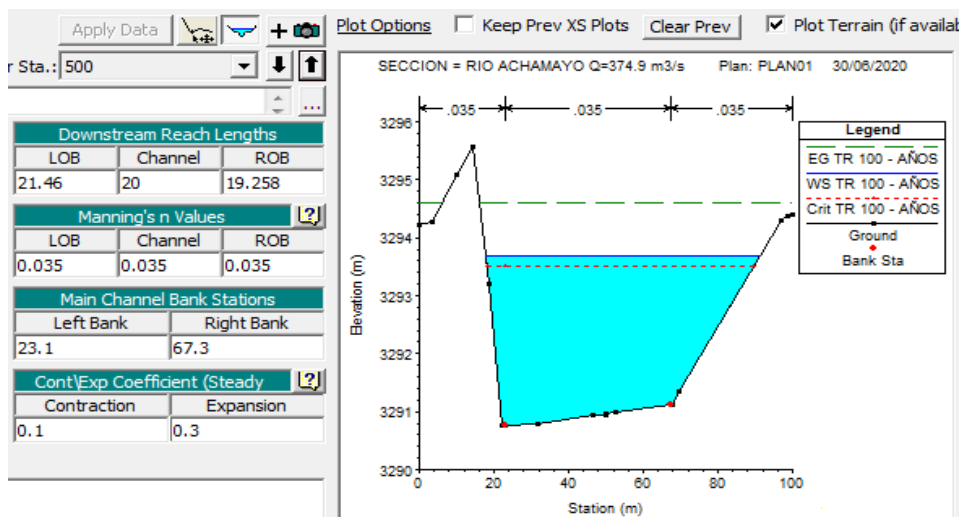
Simulación de inundación en sección transversal a 440 metros



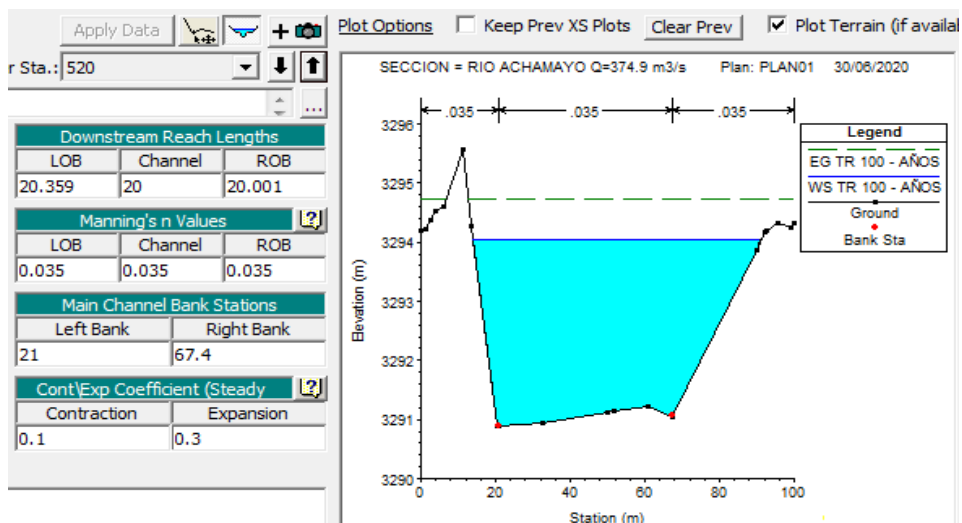
Simulación de inundación en sección transversal a 460 metros



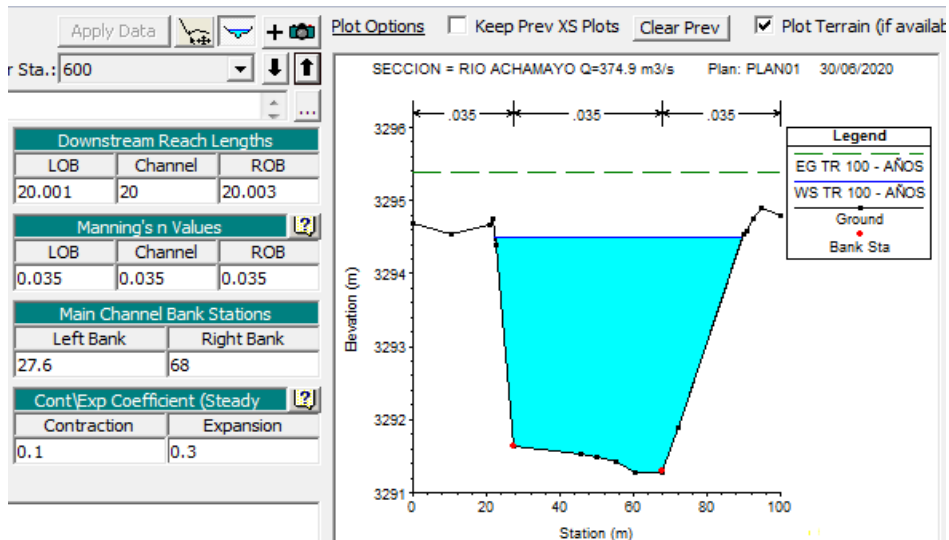
Simulación de inundación en sección transversal a 480 metros



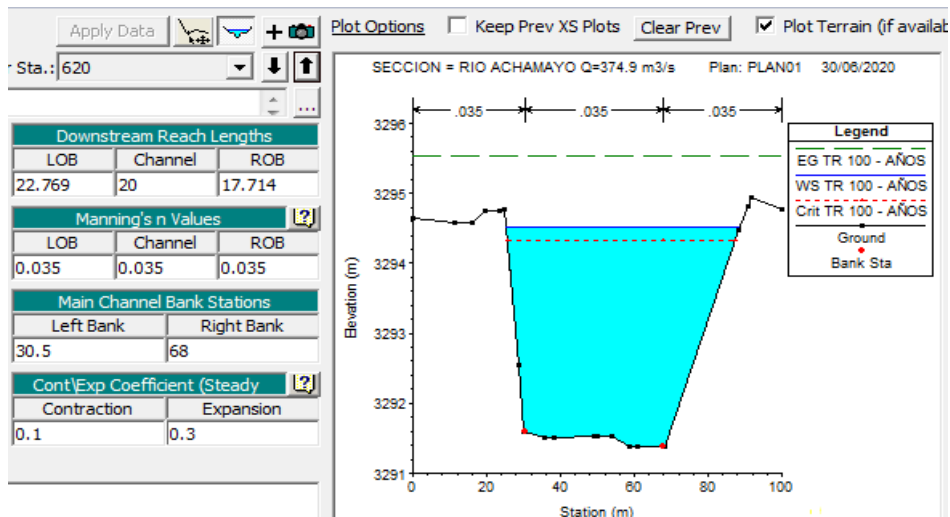
Simulación de inundación en sección transversal a 500 metros



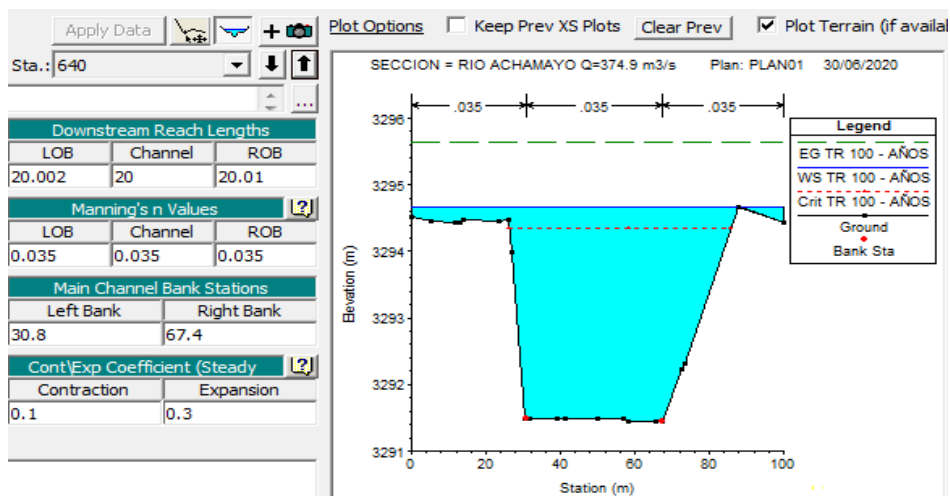
Simulación de inundación en sección transversal a 520 metros



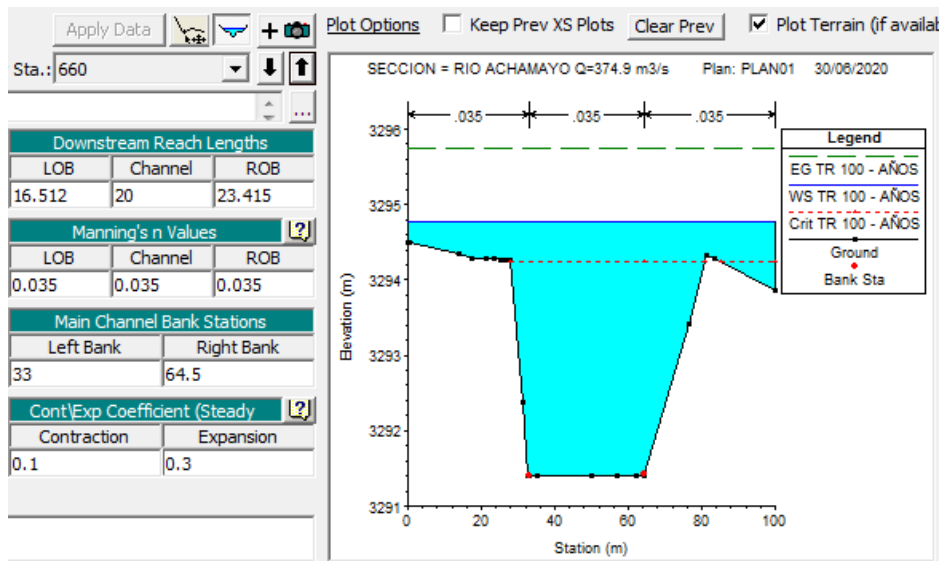
Simulación de inundación en sección transversal a 600 metros



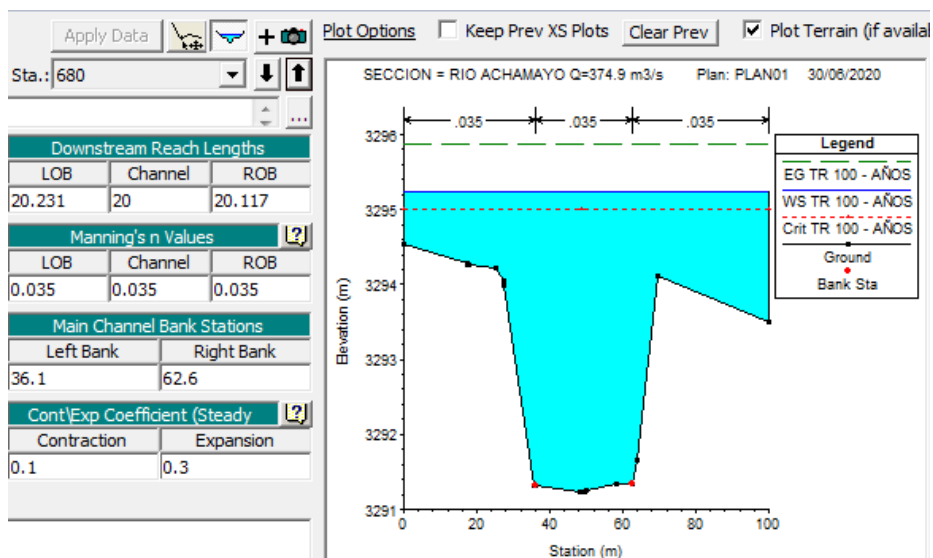
Simulación de inundación en sección transversal a 620 metros



Simulación de inundación en sección transversal a 640 metros



Simulación de inundación en sección transversal a 660 metros



Simulación de inundación en sección transversal a 680 metros

## Anexo 03

Calculo de las probabilidades estadísticas de diseño

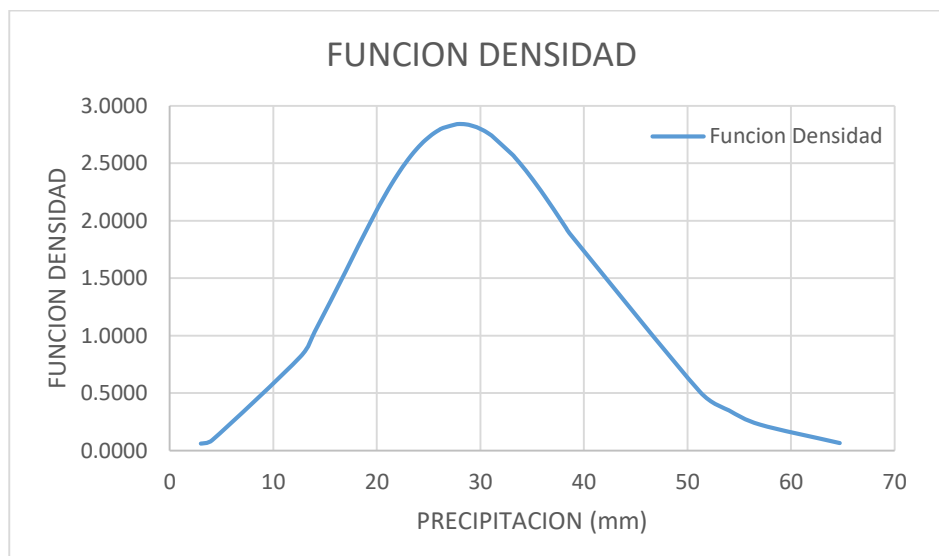
*Distribución Log Normal 3 Parámetros para precipitaciones máximas anuales en 24 horas, estación ingenio*

<b>DISTRIBUCION LOG NORMAL DE TRES PARAMETROS</b>						
Nº	Precipitación (mm)	$y=\ln(X-X_0)$	Función Densidad	función de distribución de probabilidad	Distribución Teórica	Diferencia
1	3	3.9656	0.0612	0.0028	0.0189	0.0161
2	4.1	3.9863	0.0910	0.0044	0.0377	0.0334
3	12.6	4.1328	0.8158	0.0571	0.0566	0.0005
4	14	4.1550	1.0343	0.0776	0.0755	0.0021
5	17	4.2010	1.5615	0.1369	0.0943	0.0426
6	18.2	4.2188	1.7797	0.1667	0.1132	0.0535
7	20.09	4.2463	2.1093	0.2201	0.1321	0.0880
8	20.3	4.2493	2.1439	0.2265	0.1509	0.0755
9	21.1	4.2606	2.2706	0.2515	0.1698	0.0817
10	21.2	4.2620	2.2858	0.2548	0.1887	0.0661
11	21.7	4.2691	2.3596	0.2711	0.2075	0.0635
12	22.3	4.2774	2.4424	0.2912	0.2264	0.0647
13	22.7	4.2830	2.4941	0.3048	0.2453	0.0595
14	23.3	4.2912	2.5656	0.3257	0.2642	0.0615
15	23.8	4.2980	2.6194	0.3434	0.2830	0.0604
16	24.3	4.3048	2.6678	0.3613	0.3019	0.0594
17	24.7	4.3102	2.7024	0.3757	0.3208	0.0550
18	25.3	4.3182	2.7472	0.3976	0.3396	0.0580
19	25.4	4.3195	2.7539	0.4013	0.3585	0.0428
20	25.6	4.3222	2.7664	0.4086	0.3774	0.0313
21	25.8	4.3249	2.7780	0.4160	0.3962	0.0197
22	26	4.3275	2.7887	0.4233	0.4151	0.0082
23	26.4	4.3328	2.8070	0.4381	0.4340	0.0041
24	27.7	4.3497	2.8395	0.4859	0.4528	0.0331
25	27.8	4.3510	2.8403	0.4896	0.4717	0.0179
26	27.9	4.3523	2.8409	0.4932	0.4906	0.0027
27	28	4.3536	2.8412	0.4969	0.5094	0.0125
28	28.4	4.3587	2.8401	0.5115	0.5283	0.0168
29	28.4	4.3587	2.8401	0.5115	0.5472	0.0357
30	28.8	4.3638	2.8353	0.5260	0.5660	0.0401
31	28.9	4.3651	2.8335	0.5296	0.5849	0.0553
32	29.6	4.3739	2.8147	0.5546	0.6038	0.0492
33	29.68	4.3749	2.8118	0.5574	0.6226	0.0652
34	30.3	4.3827	2.7851	0.5792	0.6415	0.0623
35	30.6	4.3864	2.7694	0.5896	0.6604	0.0708
36	31	4.3914	2.7456	0.6033	0.6792	0.0760
37	31.1	4.3927	2.7391	0.6067	0.6981	0.0914

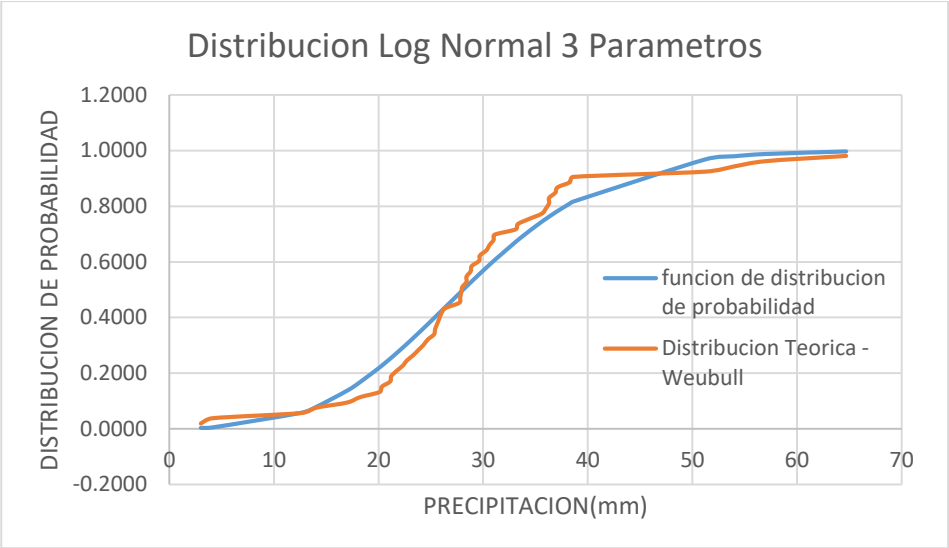
38	33.1	4.4171	2.5738	0.6717	0.7170	0.0453
39	33.3	4.4195	2.5539	0.6779	0.7358	0.0579
40	34.4	4.4327	2.4350	0.7107	0.7547	0.0440
41	35.6	4.4468	2.2907	0.7442	0.7736	0.0294
42	36	4.4515	2.2399	0.7548	0.7925	0.0376
43	36.3	4.4550	2.2011	0.7626	0.8113	0.0488
44	36.3	4.4550	2.2011	0.7626	0.8302	0.0676
45	36.9	4.4619	2.1220	0.7776	0.8491	0.0715
46	37.1	4.4642	2.0953	0.7824	0.8679	0.0855
47	38.3	4.4780	1.9322	0.8101	0.8868	0.0767
48	38.6	4.4814	1.8910	0.8166	0.9057	0.0891
49	51.2	4.6147	0.5115	0.9680	0.9245	0.0435
50	54	4.6420	0.3498	0.9797	0.9434	0.0363
51	57	4.6705	0.2262	0.9878	0.9623	0.0255
52	64.7	4.7402	0.0655	0.9970	0.9811	0.0158

### Estimación de datos matemáticos

Mediana	27.95
Xo	-49.7544
Media Aritmética	3.27
Desviación Estándar	0.51



*Función Densidad de la distribución Log Normal 3 Parámetros*

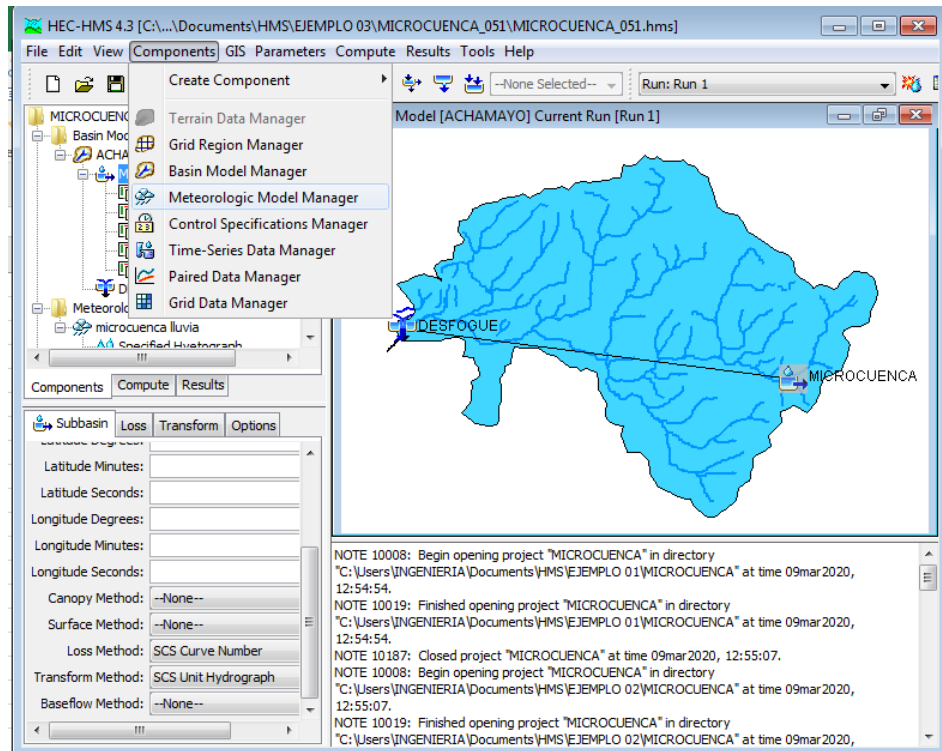


*Probabilidad Empírica y teórica de la Distribución Log Normal 2 Parámetros*



## Anexo 04

Calculo del caudal de máxima avenida



*Modelado de la Microcuenca del rio Achamayo con Hec-Hms*

The screenshot shows the 'Global Summary Results for Run "Run 1"' window. The project is 'MICROCUCUENCA 051' and the simulation run is 'Run 1'. The start of the run is 17dic2019, 07:00 and the end is 18dic2019, 00:00. The compute time is 'DATA CHANGED, RECOMPUTE'. The basin model is 'ACHAMAYO', the meteorologic model is 'microcuenca lluvia', and the control specifications are 'Control 1'. The volume units are set to 'MM' and the sorting is 'Hydrologic'. The table below shows the results for the 'MICROCUCUENCA' element.

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
MICROCUCUENCA	307,65	374,9	17dic2019, 12:20	17,44

*Generación del caudal de diseño en Hec-Hms*

## Anexo 05

Levantamiento topográfico del tramo estudio

ITEM	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
1	462593.231	8684758.36	3296	BM1
3	462586.836	8684754.85	3295.563	BM2
5	462584.93	8684752.04	3295.232	A
6	462561.854	8684730.6	3293.998	A
7	462549.994	8684719.81	3294.082	A
8	462547.861	8684715.39	3293.704	A
9	462539.868	8684719.47	3293.585	A
10	462531.374	8684724.27	3293.617	A
11	462504.448	8684696.39	3292.927	A
12	462511.25	8684691.23	3292.679	A
13	462515.127	8684685.99	3293.1	A
14	462498.468	8684650.8	3290.122	A
15	462490.08	8684653.13	3291.97	A
16	462480.221	8684658.3	3293.373	A
17	462449.961	8684638.86	3291.735	A
18	462433.882	8684617.58	3290.639	A
19	462415.037	8684600.69	3291.24	A
20	462604.458	8684636.21	3293.585	A
21	462396.426	8684551.35	3289.432	PU
22	462396.34	8684549.23	3289.394	PU
23	462423.155	8684524.01	3289.365	PU
24	462567.053	8684595.16	3293.373	A
25	462428.741	8684530.91	3286.476	RIO
26	462421.734	8684538.76	3285.659	RIO
27	462412.824	8684549.44	3286.065	RIO
28	462413.895	8684565.36	3286.393	RIO
29	462459.87	8684606.9	3287.093	RIO
30	462467.906	8684601.31	3287.041	RIO
31	462477.724	8684595.22	3287.142	RIO
32	462489.047	8684582.96	3287.146	RIO
33	462527.1	8684620.23	3287.376	RIO
34	462519.414	8684630.17	3287.79	RIO
35	462503.087	8684632.29	3287.496	RIO
36	462499.74	8684647.32	3287.829	RIO
37	462533.513	8684691.97	3288.764	RIO
38	462541.836	8684683.64	3288.428	RIO
39	462553.942	8684673.41	3288.528	RIO
40	462568.794	8684659.22	3288.514	RIO
41	462605.05	8684695.09	3289.262	RIO
42	462595.312	8684708.37	3289.183	RIO
43	462587.32	8684721.76	3289.164	RIO
44	462576.834	8684733.55	3289.174	RIO

45	462605.756	8684759.94	3289.753	RIO
46	462617.191	8684749.71	3289.914	RIO
47	462626.59	8684738.2	3289.378	RIO
48	462637.321	8684725.8	3289.714	RIO
49	462672.871	8684761.1	3290.178	RIO
50	462659.826	8684773.92	3289.97	RIO
51	462648.513	8684786.36	3290.121	RIO
52	462635.798	8684797.35	3290.106	RIO
53	462661.064	8684832.54	3290.484	RIO
54	462672.102	8684822.99	3290.467	RIO
55	462685.31	8684813.91	3290.045	RIO
56	462701.995	8684804.83	3290.319	RIO
57	462731.956	8684846.84	3290.566	RIO
58	462722.23	8684855.41	3290.843	RIO
59	462708.117	8684869.09	3290.723	RIO
60	462699.424	8684878.41	3290.6	RIO
61	462737.695	8684918.13	3290.714	RIO
62	462747.301	8684911.35	3290.782	RIO
63	462759.929	8684898.84	3290.954	RIO
64	462771.79	8684889.28	3291.116	RIO
65	462810.931	8684929.68	3290.918	RIO
66	462798.205	8684940.14	3291.404	RIO
67	462788.897	8684948.09	3291.559	RIO
68	462780.703	8684953.3	3291.143	RIO
69	462822.9	8684987.08	3291.645	RIO
70	462835.137	8684984.08	3291.54	RIO
71	462845.364	8684972.98	3291.557	RIO
72	462849.511	8684967.75	3291.357	RIO
73	462906.593	8685011.53	3291.34	RIO
74	462899.731	8685016.64	3291.238	RIO
75	462900.382	8685019.68	3291.3	PU
76	462890.08	8685033.51	3294.064	PU
77	462884.956	8685032.57	3294.042	CAR
79	462881.414	8685034.43	3294.273	CAR
80	462860.622	8685020.28	3294.366	CAR
81	462861.285	8685016.05	3294.368	CAR
82	462862.313	8685013.18	3294.395	BM3
83	462905.281	8684972.1	3294.368	CAR
84	462825.114	8684996.59	3294.731	CAR
85	462823.097	8684999.35	3294.709	CAR
86	462826.969	8684995.54	3294.958	B
87	462787.548	8684969.27	3294.933	B
88	462782.968	8684973.91	3294.063	CAR
89	462781.372	8684978.54	3293.908	CAR

90	462743.396	8684955.25	3294.205	CAR
91	462745.265	8684952.12	3294.366	CAR
92	462749.124	8684946.66	3295.579	B
93	462712.754	8684903.09	3294.972	B
94	462704.238	8684901.71	3294.463	CAR
95	462700.246	8684903.14	3294.39	CAR
96	462662.433	8684857.09	3293.342	CAR
97	462664.52	8684854.66	3293.516	CAR
98	462667.352	8684849.79	3294.064	CAR
99	462872.092	8684942.95	3294.958	B
100	462639.868	8684811.98	3293.912	B
101	462633.942	8684802.58	3293.039	B
102	462628.546	8684797	3293.908	B
103	462625.075	8684801.78	3294.113	B
104	462625.998	8684806.44	3293.923	B
105	462637.381	8684816.37	3293.64	B
106	462632.844	8684819.79	3292.491	CAR
107	462629.354	8684822.01	3292.44	CAR
108	462598.372	8684789.71	3292.233	CAR
109	462599.032	8684785.26	3292.474	CAR
110	462583.926	8684772.86	3292.144	CAR
111	462581.499	8684777.29	3292.029	CAR
112	462575.936	8684776.31	3292.086	CAR
113	462574.173	8684771.79	3292.028	CAR
114	462567.875	8684775.68	3291.986	CAR
115	462570.667	8684778.96	3292.048	CAR
116	462557.954	8684793.99	3291.849	CAR
117	462555.572	8684792.18	3291.805	CAR
118	462537.387	8684811.95	3291.645	CAR
119	462539.535	8684814.86	3291.728	CAR
120	462526.259	8684821.44	3291.489	CAR
121	462520.04	8684818.74	3291.415	CAR
122	462501.185	8684806.13	3290.896	CAR
123	462504.886	8684804	3291.16	CAR
124	462516.387	8684823.54	3291.224	CAR
125	462519.163	8684829.06	3291.332	CAR
126	462518.425	8684833.18	3291.272	CAR
127	462512.117	8684842.48	3291.307	CAR
128	462516.342	8684845.64	3291.405	CAR
129	462491.027	8684874.71	3291.478	CAR
130	462487.387	8684872.28	3291.361	CAR
131	462465.845	8684895.75	3291.171	PI
132	462469.969	8684899.14	3291.135	PI
133	462600.013	8684764.43	3294.262	B2

134	462602.51	8684766.86	3294.432	B2
135	462601.794	8684770.16	3295.995	B2
136	462604.522	8684771.92	3295.958	B2
137	462603.27	8684776.79	3295.604	B2
138	462601.088	8684778.91	3294.915	B2
139	462588.437	8684770.31	3294.904	B2
140	462574.651	8684760.46	3294.354	B2
141	462562.438	8684750.24	3293.828	B2
142	462556.603	8684743.35	3293.773	B2
143	462561.091	8684732.02	3294.029	B2
144	462571.399	8684743.18	3293.607	B2
145	462581.882	8684750.77	3295.321	B2
146	462588.323	8684752.11	3294.764	B2
147	462826.385	8684913.78	3293.908	CAR
148	462645.009	8684840.39	3293.007	LI
149	462803.242	8684880.58	3294.366	CAR
150	462630.621	8684825.9	3292.609	LIX
151	462618.699	8684814.27	3292.356	LIX
152	462608.211	8684806.46	3292.348	LIX
153	462783.781	8684853.47	3294.39	CAR
154	462740.454	8684805.84	3293.516	CAR
155	462601.729	8684801.53	3292.533	LIX
156	462584.214	8684785.77	3292.368	LIX
157	462676.135	8684716.82	3292.474	CAR
158	462574.45	8684777.23	3292.602	LIX
159	462521.152	8684840.63	3291.626	MU
160	462619.323	8684812.25	3292.356	LIX
161	462507.719	8684856.4	3291.15	AL
162	462489.616	8684876.83	3291.4	AL
163	462475.619	8684893.29	3291.34	AL
164	462471.483	8684897.84	3291.6	AL
165	462458.925	8684904.69	3291.167	AL
166	462441.053	8684928.2	3291.071	AL
168	462494.391	8684902.27	3291.275	D
170	462494.159	8684910.26	3291.335	C
173	462604.351	8684805.74	3291.827	LI8
175	462594.232	8684817.22	3291.751	LI8
176	462584.29	8684828.67	3291.535	LI8
177	462574.332	8684840.05	3291.56	LI8
178	462564.271	8684851.54	3291.26	LI8
179	462554.328	8684862.71	3291.33	LI8
180	462544.37	8684874.33	3291.11	LI8
181	462534.234	8684885.64	3291.36	LI8
182	462519.96	8684902.43	3291.023	LI8

183	462512.857	8684910.23	3291.019	LI8
184	462506.19	8684917.6	3291.172	LI8
185	462501.087	8684923.19	3291.381	LI8
189	462496.919	8684928.45	3291.177	LI8
191	462489.96	8684938.83	3291.288	LI8
194	462545.53	8684959.03	3292.456	AL
195	462554.438	8684947.75	3292.294	AL
196	462532.208	8684948.58	3292.053	CAN
197	462532.015	8684948.71	3291.376	CAN
198	462531.639	8684949.13	3291.46	CAN
200	462522.613	8684940.85	3291.822	CAN
201	462522.511	8684940.96	3291.41	CAN
202	462522.091	8684941.43	3291.412	CAN
203	462510.367	8684931.55	3291.87	CAN
204	462510.257	8684931.75	3291.405	CAN
205	462509.943	8684932.15	3291.167	CAN
206	462500.277	8684924.09	3291.854	CAN
207	462500.144	8684924.25	3291.311	CAN
208	462499.883	8684924.63	3291.302	CAN
209	462489.708	8684916.38	3291.829	CAN
210	462489.526	8684916.61	3291.234	CAN
211	462489.331	8684916.87	3291.154	CAN
212	462480.355	8684909.38	3291.627	CAN
213	462480.203	8684909.56	3290.983	CAN
214	462479.931	8684909.89	3290.974	CAN
215	462474.938	8684905.93	3291.331	CAN
216	462475.09	8684905.76	3290.957	CAN
217	462475.48	8684905.37	3290.892	CAN
218	462472.175	8684899.21	3291.377	CAN
219	462472.052	8684899.36	3290.764	CAN
220	462471.655	8684899.72	3290.83	CAN
222	462471.343	8684899.52	3291.4	LI9
224	462462.424	8684910.67	3291.182	LI9
226	462470.803	8684917.44	3291.272	LI9
228	462467.937	8684921.39	3291.55	LI9
229	462476.162	8684927.95	3291.28	LI9
230	462466.71	8684942.05	3291.345	LI9
232	462507.144	8684968.84	3292.342	CASA
233	462502.041	8684976.71	3292.942	CASA
235	462512.224	8684971.94	3291.607	CASA
236	462484.919	8684932.11	3291.591	R
237	462481.244	8684951.94	3291.35	LI8
238	462475.163	8684920.15	3291.379	R
240	462508.236	8684897.21	3291.244	R



241	462492.764	8684873.93	3291.35	PARE5
242	462472.201	8684897.77	3291.325	PARE5
243	462472.785	8684898.36	3291.18	PARE5
244	462470.395	8684901.3	3291.073	PARE5
245	462521.234	8684841.18	3291.59	PARE5
246	462911.599	8684993.34	3294.042	CAR
247	462904.619	8684976.33	3294.366	CAR
248	462870.237	8684944	3294.731	CAR
249	462827.981	8684909.15	3294.063	CAR
250	462801.373	8684883.7	3294.205	CAR
251	462787.773	8684852.04	3294.463	CAR
252	462738.367	8684808.28	3293.342	CAR
253	462725.322	8684776.41	3293.007	LI
254	462675.475	8684721.27	3292.233	CAR
255	462611.343	8684636	3294.082	A
256	462576.911	8684589.99	3291.97	A
257	462520.581	8684543.75	3290.639	A
258	462487.379	8684525.08	3291.24	A
259	462478.975	8684627.04	3287.463	RIO
260	462558.316	8684704.09	3288.8	RIO
261	462567.445	8684720.05	3288.98	RIO
262	462517.387	8684669	3288.29	RIO
263	462584.976	8684742.07	3289.3	RIO
264	462598.985	8684752.49	3289.5	RIO
265	462618.769	8684775.62	3289.8	RIO
266	462628.153	8684785.12	3289.99	RIO
267	462646.816	8684808.59	3290.2	RIO
268	462652.635	8684821.77	3290.35	RIO
269	462677.09	8684847.33	3290.484	RIO
270	462686.27	8684861.27	3290.55	RIO
271	462712.779	8684893.27	3290.64	RIO
272	462728.04	8684911.19	3290.67	RIO
273	462748.629	8684934.38	3290.84	RIO
274	462763.993	8684945.74	3290.95	RIO
275	462798.96	8684969.05	3291.47	RIO
276	462787.752	8684960.85	3291.3	RIO
277	462775.183	8684961.18	3294.933	B
278	462764.725	8684955.93	3294.933	B
279	462755.746	8684950.19	3294.933	B
280	462739.048	8684932.62	3295.579	B
281	462726.132	8684918.79	3295.579	B
282	462792.963	8684972.25	3294.933	B
283	462652.335	8684834.88	3293.007	LI
284	462821.33	8684992.87	3294.731	CAR

285	462529.78	8684706.21	3293.617	A
286	462520.359	8684694.9	3292.679	A
287	462593.633	8684763.57	3296	a
288	462569.588	8684755.75	3294.354	B2
289	462594.792	8684775.09	3294.904	B2
290	462589.302	8684776.71	3292.28	CAR
291	462593.944	8684780.8	3292.35	CAR
292	462628.935	8684812.04	3293.923	B
293	462633.479	8684815.09	3293.923	B
294	462607.007	8684789.03	3292.474	CAR
295	462573.928	8684765.88	3292.028	CAR
296	462567.026	8684763.86	3292.028	CAR
297	462558.333	8684768.75	3292.028	CAR
298	462611.706	8684803.87	3292.348	LIX
299	462614.924	8684800.91	3292.348	LIX
300	462624.478	8684811.07	3292.39	LIX
301	462622.573	8684814.82	3292.39	LIX
302	462620.031	8684806.64	3292.39	LIX
303	462628.733	8684816.37	3292.39	LIX
304	462614.013	8684785.82	3291.1474	CAR
305	462620.833	8684793.03	3291.1474	CAR
306	462622.942	8684799.07	3294.113	B
307	462637.941	8684822.5	3292.491	CAR
308	462643.324	8684822.16	3292.491	CAR
309	462630.932	8684807.64	3294.113	B
310	462679.147	8684868.96	3294	CAR
311	462674.266	8684872.38	3294	CAR
312	462670.262	8684856.36	3293.516	CAR
313	462686.314	8684886.79	3294.15	CAR
314	462691.481	8684884.34	3294.15	CAR
315	462705.281	8684898.19	3294.463	CAR
317	462819.224	8685005.57	3294.709	CAR
318	462856.224	8685026.25	3294.366	CAR
319	462878.727	8685039.98	3294.273	CAR
320	462771.174	8685026.03	3294.908	CAR
321	462801.091	8685039.39	3294.908	CAR
322	462855.092	8684960.4	3291.357	RIO
323	462830.973	8684990.83	3291.645	RIO
324	462869.11	8685002.08	3291.47	RIO
325	462864.818	8685009.58	3291.47	RIO
326	462879.803	8684986.68	3291.47	RIO
327	462883.979	8684978.18	3291.47	RIO
328	462877.733	8685018.14	3291.37	RIO
329	462897.169	8684995.31	3291.37	RIO

330	462873.234	8685024.37	3294.2	CAR
331	462870.738	8685027.45	3294.2	CAR
332	462874.678	8685022.43	3294.2	CAR
333	462894.679	8685028.97	3291.3	PU
334	462908.871	8685006.41	3291.34	RIO
335	462404.522	8684556.05	3286.065	RIO
336	462430.552	8684527.51	3286.476	RIO
337	462447.626	8684503.95	3289.365	PU
338	462399.908	8684631.34	3291.735	A
339	462364.485	8684618.31	3291.735	A
340	462537.639	8684744.78	3291.16	CAR
341	462507.852	8684713.2	3291.16	CAR
342	462545.813	8684731.59	3293.585	A
343	462557.064	8684761.87	3292.028	CAR
344	462531.541	8684949.26	3292.053	CAN
345	462521.949	8684941.61	3291.822	CAN
346	462509.783	8684932.37	3291.87	CAN
347	462499.747	8684924.89	3291.854	CAN
348	462489.061	8684917.21	3291.829	CAN
349	462479.69	8684910.17	3291.627	CAN
350	462475.665	8684905.19	3291.331	CAN
351	462471.489	8684900	3291.377	CAN
352	462473.125	8684901.25	3290.824	CAN
353	462472.774	8684901.4	3290.824	CAN
354	462473.404	8684901.14	3291.324	CAN
355	462472.477	8684901.54	3291.324	CAN
356	462474.374	8684903.37	3290.87	CAN
357	462473.856	8684903.57	3290.87	CAN
358	462474.613	8684903.29	3291.3	CAN
359	462473.607	8684903.69	3291.3	CAN

## Anexo 06

DATOS PARA PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA  
MICROCUCENCA

## Página para descargar los datos de la carta nacional – zona 24m

**Descarga de información espacial del MED**  
Aplicativo para la descarga de instituciones educativas, centros poblados y cartografía base - Versión 2.0.

Opciones

- ▼ **Locales Escolares e Instituciones Educativas**
  1. Locales escolares.

Pueden ser de 2 tipos según su fuente de procedencia:

    - a. Locales escolares urbanos, en principales ciudades, que son ubicadas según su dirección en base a planos de gobiernos regionales, municipalidades, cartografía urbana del INEI y a través de imágenes satélite.
    - b. Locales escolares rurales, que son georreferenciados (GPS) por el MINEDU desde el año 2010.

Formato: cobertura espacial tipo shape (\*.shp)
  2. Padrón de instituciones educativas asociadas a los locales escolares ubicados.

Instituciones educativas por código modular que deben vincularse a los locales escolares con el campo "CODLOCAL".

Formato: dBase (\*.dbf)
- ▶ Descarga de Locales Escolares
- ▶ Centros Poblados
- ▶ Cartografía Base
- ▶ Leyenda

NOMBRE 24-m :: JAUJA  
ZONA 18  
Haz click para descargar la hoja 24-m.zip

Datos de mapas ©2021 Google | 20 km | Términos de uso

## Delimitación de la microcuenca del río Achamayo

