

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA  
MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**



**“ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO PARA LA  
IDENTIFICACION DE LA VULNERABILIDAD A DESBORDES DE  
LA CUENCA BAJA DEL RIO COATA - PUNO”**

Presentado por:

**ERICK VLADIMIR LOBO REYES**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRICOLA**

---

Lima - Perú

2017

## **DEDICATORIA**

A mis hermanas Karen, Kevelin, Sayuri, y en especial a mis padres Sofia Esperanza Reyes Atoccsa y Jorge Lobo Poma.

## **AGRADECIMIENTOS**

Estoy muy agradecido por las palabras de aliento y apoyo en todo momento de mis padres, hermanas y amigos.

Un agradecimiento especial al Ing. Pablo Quispe Ing. Manuel Barreno y a mi asesor el Ingeniero Gonzalo Fano por su orientación y confianza.

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	JUSTIFICACIÓN .....	2
1.2	OBJETIVOS .....	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1	HIDROLOGÍA.....	3
2.2	CICLO HIDROLÓGICO .....	3
2.3	CUENCA HIDROGRAFICA .....	4
2.4	MODELO HIDROLÓGICO.....	4
2.5	MODELACIÓN DE CUENCAS .....	4
2.6	INUNDACIONES.....	5
2.7	SISTEMA DE MODELAMIENTO GEOGRÁFICO SIG.....	6
2.8	PRECIPITACIÓN.....	9
2.9	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	9
2.10	PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE .....	14
2.11	DETERMINACIÓN DE LLUVIA MÁXIMA .....	16
2.12	HIETOGRAMA DE DISEÑO UTILIZADO EN ANÁLISIS DE TORMENTA 19	
2.13	ESTIMACIÓN DE CAUDALES .....	21
2.14	MODELO DE ESCORRENTÍA DIRECTA .....	22
2.15	MODELO DE TRANSITO DE FLUJO DE CAUCE.....	27
2.16	CALIBRACIÓN DE MODELO HIDROLÓGICO .....	28
2.17	SISTEMA DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO (Hec – Ras).....	29
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	31
3.1	ZONA DE ESTUDIO.....	31
3.2	MATERIALES .....	35
3.3	METODOLOGÍA .....	38
IV.	RESULTADO Y DISCUSIÓN .....	63
4.1	MODELO HIDRÓGICO.....	63
4.2	MODELO HIDRÁULICO .....	70
V.	CONCLUSIONES .....	76
VI.	RECOMENDACIONES .....	77
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	78

VIII. ANEXOS .....	80
8.1 ANEXO 1: CAUDALES MÁXIMOS ANUALES ESTACIÓN PUENTE UNOCOLLA COATA .....	80
8.2 ANEXO 2: CALCULO DEL AJUSTE DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD CON EL SOFTWARE HYDROGNOMON .....	81
8.3 ANEXO 3: PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE SMIRNOV KOLGONOROV CON SOFTWARE HYDROGNOMON .....	93
8.4 ANEXO 4: CALCULO DE HIETOGRAMA .....	99
8.5 ANEXO 5: SECCIONES REPRESENTATIVAS DEL RIO COATA.....	102
8.6 ANEXO 6: ALTURA DE ÁREA DE INUNDACIÓN A DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO.....	104
8.7 ANEXO 7 : PANEL FOTOGRÁFICO .....	109

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de Kn para la prueba de datos dudosos.....	10
Tabla 2 Valores Críticos “d” Para la Prueba Kolmogorov – Smirnov .....	15
Tabla 3 Valores de factor de rugosidad.....	24
Tabla 4: Método de Cowan para Determinar Diversos Factores que Influyen Sobre el Coeficiente n.....	30
Tabla 5 Población Total Según Sexo y Tipo de Población Cueca del Rio Coata .....	33
Tabla 6 Estaciones Meteorológicas .....	35
Tabla 7 coordenadas de ubicación de estación hidrométrica .....	36
Tabla 8: coordenadas de ubicación de estación hidrométrica .....	43
Tabla 9 Uso Valores de Kn para la prueba de datos dudosos .....	45
Tabla 10: Identificación de datos dudosos .....	46
Tabla 11: Distribución de probabilidad y bondad de ajuste de cada estación.....	48
Tabla 12: Distribución de Precipitaciones Máximas en cada Subcuenca .....	49
Tabla 13: Distribución de Lluvias SCS.....	50
Tabla 14: Curva Numero Húmedo por Subcuencas .....	53
Tabla 15 Tiempo de Concentración por Subcuenca .....	54
Tabla 16: Retardo estándar de Snyder por Subcuenca.....	55
Tabla 17: Coeficiente de Manning en Cauces Naturales .....	59
Tabla 18: Caudales Observados Estación Puente Unocolla Coata para Diferentes Periodos de Retorno .....	69
Tabla 19: Caudales Simulados Estación Puente Unocolla Coata para Diferentes Periodos de Retorno .....	69
Tabla 20: Calibración Por método de Porcentaje de Error.....	69
Tabla 21: Caudales de Ingreso al Modelo Hidráulico .....	69
Tabla 22: Área Vulnerable a Inundación Cuenca Baja del Rio Coata.....	70
Tabla 23: caudales Máximos anuales Estación Puente Unocolla Coata.....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Representación del ciclo hidrológico .....	3
Figura 2 :Mapa ráster de unidades espaciales areales (cuatro polígonos) .....	7
Figura 3 : Mapa vectorial de unidades espaciales areales (cuatro polígonos).....	8
Figura 4 :Trazo de Polígono de Thiessen.....	17
Figura 5 : Trazo de curvas de Isoyetas.....	18
Figura 6 :Efectos de las Medidas de ajuste sobre la calibración de un modelo.....	28
Figura 7: Ubicación Geográfica.....	32
Figura 8:Inundación del Distrito de Coata 2010 .....	34
Figura 9 : Ubicación hidrográfica de la Cuenca Coata .....	37
Figura 10: Representación del fill Sinks .....	39
Figura 11: Representación del flow direction .....	40
Figura 12: Delimitación de subcuencas y vectorización.....	41
Figura 13: Delimitación de sub cuencas del área de influencia .....	42
Figura 14: Polígonos de Thiessen en la Cuenca Coata .....	48
Figura 15: Curva Numero Húmedo Cuenca Coata.....	51
Figura 16: Curva Numero Normal cuenca Coata .....	52
Figura 17: Curva Numero Seco cuenca Coata .....	52
Figura 18: Modelo Hidrológico en Hec Hms .....	56
Figura 19: Modelo Hidrológico en Hec Hms caudal de inundación .....	57
Figura 20: Tin del área de análisis .....	58
Figura 21: Secciones y delimitación de cauce de Análisis.....	58
Figura 22: Identificación de características del cauce del rio y área de posible Inundación .....	60
Figura 23: Geometría de cauce del rio Coata en estudio .....	60

Figura 24: Caudales a diferentes periodos de retorno.....	61
Figura 25: Condiciones de contorno .....	61
Figura 26: Simulación de Modelo Hidráulico .....	62
Figura 27: Hidrograma simulado para periodo de retorno de 25 años .....	64
Figura 28: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 25 años .....	64
Figura 29: Hidrograma simulado para periodo de retorno de 50 años .....	65
Figura 30: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 50 años .....	65
Figura 31: Hidrograma simulado para periodo de retorno de 100 años.....	66
Figura 32: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 100 años .....	66
Figura 33: Hidrograma simulado para periodo de retorno de 200 años.....	67
Figura 34: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 200 años .....	67
Figura 35: Hidrograma simulado para periodo de retorno de 500 años.....	68
Figura 36: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 500 años .....	68
Figura 37: Área de Inundación Periodo de retorno 25 años.....	71
Figura 38: Área de Inundación Periodo de retorno 50 años.....	72
Figura 39: Área de Inundación Periodo de retorno 100 años.....	73
Figura 40: Área de Inundación Periodo de retorno 200 años.....	74
Figura 41: Área de Inundación Periodo de retorno 500 años.....	75
Figura 42: Altura de Inundación Periodo de retorno 25 años .....	104
Figura 43: Altura de Inundación Periodo de retorno 50 años .....	105
Figura 44: Altura de Inundación Periodo de retorno 100 años .....	106
Figura 45: Altura de Inundación Periodo de retorno 200 años .....	107
Figura 46: Altura de Inundación Periodo de retorno 500 años .....	108
Figura 47: Poblado de Almozanche a las Orillas del Rio Coata .....	109
Figura 48: Cauce del rio Coata.....	109
Figura 49: Áreas de cultivo y localidad de Coata.....	109



## RESUMEN

Para iniciar el presente trabajo se realizará el acopio de documentación bibliográfica y estudios de la zona, ubicación de estaciones meteorológicas e hidrométricas, de los cuales se solicitará datos de precipitaciones y caudales máximos diarios a las instituciones pertinentes como son el SENAMHI (servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú) y el ANA (autoridad nacional del agua), adicional a esto se obtendrán imágenes satelitales.

Al tener las precipitaciones máximas mensuales a 24 horas de las estaciones se procederá a realizar un análisis de datos dudosos, por otro lado, con la imagen satelital que se obtendrá anteriormente se realizará la delimitación de la cuenca del río Coata con la ayuda del software ArGis 10.2.

Con la cuenca ya delimitada se procederá a determinar la distribución de la precipitación por el método de Polígono de Thiessen, para posteriormente ajustar estas precipitaciones máximas distribuidas a una ecuación de tendencia, lo que finalmente nos permitirá obtener las precipitaciones máximas a diferentes periodos de retorno.

Las precipitaciones máximas a diferentes periodos de retorno sumado a algunas características de la cuenca nos permitirán calcular los caudales máximos a diferentes periodos de retorno, para ello se utilizará el software HEC HMS 5.1, para determinar la confiabilidad del modelo se calibrará con la ayuda de datos registrados in situ en una estación hidrométrica.

Los caudales máximos a diferentes periodos de retorno, sumado a la topográfica de la zona permitirá simular el comportamiento del cauce del río, que permitirá identificar las áreas que se encuentran en peligro al desborde del río Coata. Finalmente, para identificar las zonas vulnerables.

Al concluir el presente trabajo se espera identificar las zonas afectadas por desbordes ya sean áreas de cultivo, población, infraestructura, etc. que permita posteriormente generar planes de control u obras con el fin de reducir la vulnerabilidad frente a este peligro.

**Palabra clave:** estudio hidrológico , estudio hidráulico, áreas vulnerables a inundación.

## ABSTRACT

To start this work collecting bibliographic documentation and studies of the area, location of meteorological and hydrometric stations, of which rainfall data and maximum daily flows will be asked to relevant institutions such as the SENAMHI (national meteorology and hydrology service of Peru) and the ANA (national water authority), in addition to this, satellite images will be obtained.

Having monthly maximum rainfall within 24 hours of the stations will proceed to an analysis of questionable data, on the other hand, the satellite image to be obtained before the delimitation of the river basin Coata be carried out with the help of the software Arc Gis 10.2.

With the basin delimited will proceed to determine the distribution of precipitation by the method of Polygon Thiessen later adjust these maximum precipitations distributed to a trend equation, eventually allow us to obtain maximum precipitation to different return periods.

The maximum rainfall at different periods coupled with some features of the basin return will allow us to calculate maximum flows at different return periods, for which the HEC HMS 5.1 software will be used to determine the reliability of the model was calibrated with the help of data registered in situ in a gauging station.

The peaks at different return periods, combined with the topographic area will allow simulate the behavior of the riverbed, which will help identify areas that are at risk Coata overflowing river flows. Finally, to identify vulnerable areas.

At the conclusion of this study is expected to identify areas affected by overflows whether growing areas, population, infrastructure, etc. allowing subsequently generate control plans or works in order to reduce vulnerability to this danger.

**Keyword:** hydrology study, hydraulic study, areas vulnerable to flooding.

## RESUMO

Para iniciar este trabalho coleta de documentação e estudos da área, localização das estações meteorológicas e hidrométricas, dos quais dados de chuva e vazão máxima diária será solicitado a instituições relevantes, como o SENAMHI (serviço nacional de meteorologia e Hidrologia do Peru) e ANA (autoridade nacional da água), além de este imagens de satélite será obtida.

Tendo precipitação máxima mensal no prazo de 24 horas das estações irá proceder a uma análise dos dados questionáveis, por outro lado, com a imagem de satélite que será obtida anteriormente, a delimitação da bacia do rio Coata será feita com a ajuda do software Arc Gis 10.2.

Com a bacia delimitada, continuaremos a determinar a distribuição da precipitação pelo método Polygon Thiessen, depois de ajustar essas precipitações máximas distribuídas a uma equação de tendência, o que finalmente nos permitirá obter a precipitação máxima para diferentes períodos de retorno.

A precipitação máxima em diferentes períodos de retorno, juntamente com algumas características da bacia nos permitirá calcular os caudales máximos em diferentes períodos de retorno, para o qual foi utilizados o software HEC HMS 5.1, para determinar a confiabilidade do modelo foi calibrado com a ajuda de dados registrados in situ em uma estação de medição.

Os fluxos máximos em diferentes períodos de retorno, adicionados à topografia da área, simularão o comportamento do canal do rio, o que permitirá identificar as áreas que correm o perigo de transbordar o rio Coata. Finalmente, para identificar as áreas vulneráveis.

Na conclusão do estudo está prevista para identificar áreas afetadas por transbordamentos se áreas de cultivo, a população, infra-estrutura, etc. permitindo, posteriormente, gerar planos de controle ou obras, a fim de reduzir a vulnerabilidade a esse perigo.

**Palavra chave:** estudo hidrologia, estudo hidraulico, áreas vulneráveis a inundações.

## I. INTRODUCCIÓN

El instituto nacional de defensa civil (INDECI) conceptualiza la inundación como el desborde lateral del agua de los ríos, cubriendo temporalmente los terrenos bajos adyacentes a sus riberas. Llamadas zonas inundables, los cuales suelen ocurrir en épocas de grandes precipitaciones, por lo cual para poder identificar estas zonas inundables es necesario el registro y estudio de máximas avenidas anuales que permita determinar la probabilidad de ocurrencia de avenidas de una cierta magnitud que cause una inundación.

Se debe tener en cuenta que las avenidas son fenómenos originados por carácter aleatorio de las descargas de los ríos. la ocurrencia de crecidas de los ríos se describe en términos probabilísticos, es decir, que cada avenida está asociada a una probabilidad de ocurrencia (MTC).

El modelo hidrológico es una herramienta de gran importancia para el estudio de avenidas, pues puede ayudar a manejar hipótesis suficientemente realistas con un grado de confianza que permita realizar un análisis y prevención de inundaciones.

En el presente trabajo se utilizará Sistema de Modelación Hidrológica del Centro de Ingeniería Hidrológica del cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU.(HEC-HMS), por ser un programa computacional gratuito y de amplia utilización en el estudio de avenidas, el cual provee una variedad de opciones para simular procesos de precipitación – escurrimiento y tránsito de caudales (Feldman, 2000).

Este modelo permite utilizar métodos de precipitación- escorrentía para estimar los hidrogramas de escorrentía directa generados por precipitaciones de la cuenca en un periodo determinado, este programa permite que el usuario seleccione diferentes métodos para el cálculo de perdidas, hidrogramas, flujo base y propagación de cauces. Posibilita realizar simulación de eventos máximos que es lo que se requiere en el presente estudio.

Para el modelo hidráulico en el presente trabajo se utilizará el software Hec Ras, por ser un modelo cuyo objetivo es el análisis de zonas inundables, para lo cual requiere datos de

secciones del río, los cuales son obtenidos de la topografía del cauce del río, flujo de agua y las especificaciones técnicas de simulación, este software permitir simular y hallar las zonas vulnerables a inundaciones en el tramo de estudio.

## **1.1 JUSTIFICACIÓN**

Las inundaciones por desbordes de ríos es un problema recurrente en el Perú que ocasiona pérdidas humanas, viviendas e infraestructura; esto se debe a la estacionalidad de las precipitaciones en la región andina, la cual tiene una época seca y una otra de lluvias bien diferenciados, estas últimas ocurren de diciembre a marzo, sumado a los años de fenómeno del niño hacen que los caudales de los ríos aumenten su magnitud ocasionando desbordes y daños en las ciudades ubicadas en la parte baja de las cuencas, razón por la cual es importante la identificación de áreas en peligro a desbordes y vulnerabilidad en que se encuentran las personas y los bienes expuesto y susceptibles al impacto de dicho peligro, para posteriormente generar planes de control de riesgos.

La cuenca baja del río Coata – Puno sufre constantemente de desbordes, por lo expuesto anteriormente y la baja topografía de esta zona, que ocasiona pérdidas de infraestructura, áreas de cultivo, etc. a las poblaciones ubicadas en dicho tramo del río. A fin de dar solución a este problema en el presente trabajo se identificará las áreas o zonas en peligro a desbordes y la vulnerabilidad de la población que vive en dicha zona.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar el estudio hidrológico e hidráulico para identificar la vulnerabilidad a desbordes de la cuenca baja del río Coata.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar precipitaciones máximas anuales a diferentes periodos de retorno.
- Formular y simular un modelo hidrológico de la cuenca Coata, para determinar caudales máximos a diferentes periodos de retorno.
- Formular y simular un modelo hidráulico que permita identificar las áreas vulnerables a desbordes.

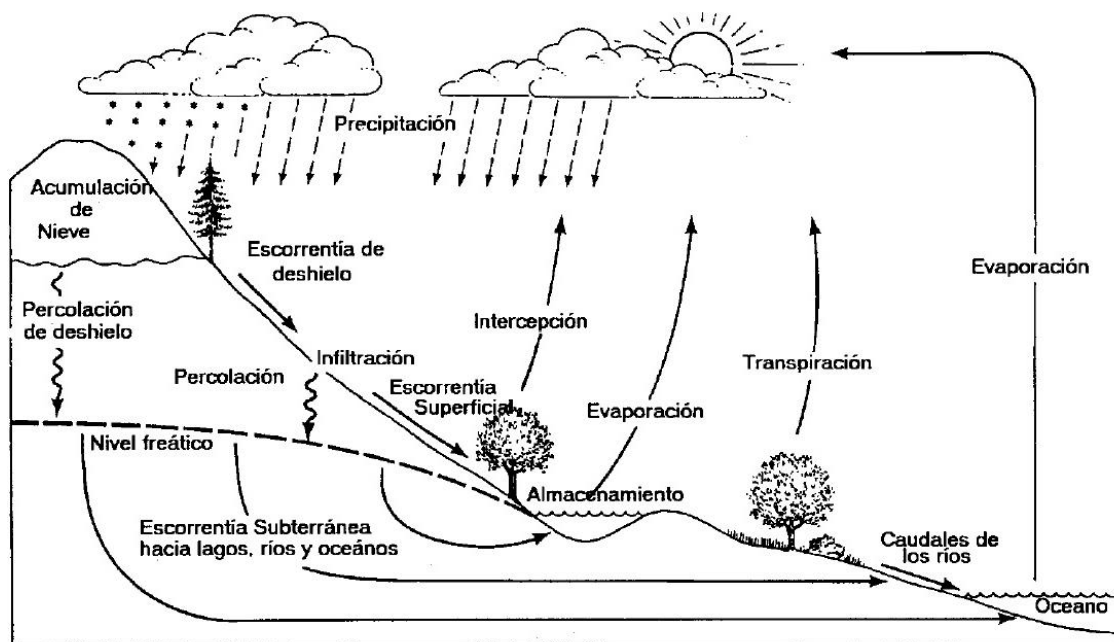
## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 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 (Chow *et al.* 1994)

### 2.2 CICLO HIDROLÓGICO

Es el foco central de la hidrología, sus diversos procesos se dan forma continua, es decir, el ciclo no tiene principio ni fin, a pesar de ser un concepto simple, el ciclo hidrológico es un ciclo grande y complejo, que tiene pequeños ciclos que conjuntamente conforman el ciclo hidrológico. En la figura N°1 podemos apreciar un esquema del ciclo hidrológico.



**Figura 1:** Representación del ciclo hidrológico

Fuente: Tomado del libro de Hidrología – Universidad de Cuyo

## **2.3 CUENCA HIDROGRAFICA**

Cuenca hidrográfica o cuenca de drenaje de un río, es el área limitada por un entorno al interior de la cual las aguas de lluvia que caen se dirigen hacia un mismo punto, ya sea de salida o interés particular (Jimenez,1992).

Cuenca es el área de alimentación de una red natural de drenaje cuyas aguas son recogidas por un colector común (Linsley Ray, 1971).

Es un espacio geográfico cuyos aportes de agua son alimentados exclusivamente por precipitaciones que caen en el interior y el excedente de agua o en materia sólida transportadas por el agua forman, en un punto especial único, una desembocadura, una estación de aforo o un punto arbitrario (Llamas, 1993)

Las cuencas por su funcionamiento hídrico se pueden dividir en: zona de cabecera, zona de captación – transporte y zona de emisión.

Un mejor concepto de definición sería que la cuenca hidrográfica es una unidad morfológica donde se incluyen las aguas superficiales y subterráneas. Cada cuenca hidrográfica posee características propias.

## **2.4 MODELO HIDROLÓGICO**

La base del estudio de la hidrología es la comprensión del ciclo hidrológico, de sus procesos e interrelaciones tanto superficiales y sub superficiales, y esta comprensión implica “medir” .si bien los métodos y técnicas de medición de caudales y precipitaciones han evolucionado en el tiempo, también es cierto que otras componentes del ciclo hidrológico no han corrido la misma suerte pues se presentan bajo el suelo. La infiltración, la percolación profunda, el flujo sub superficial, el flujo subterráneo, entre otros, son procesos que se miden usualmente de manera indirecta, lo que conlleva a una fuerte incertidumbre respecto al funcionamiento del ciclo hidrológico.

## **2.5 MODELACIÓN DE CUENCAS**

Los modelos de cuenca son un reflejo de cómo entendemos el sistema cuenca y su respuesta. Su capacidad predictiva depende de cómo se construye y cómo se aplica, además de que también la calidad de la predicción es generalmente consistente con la calidad de comprensión que se tenga del sistema y del modelo que lo representa. Esto significa que no existe un modelo universal aplicable para todas las cuencas del mundo,

sino que cada cuenca posee condiciones particulares ya sean de clima, geografía, geología, etc. que incrementan o disminuyen la importancia de las variables y condicionan la estructura del modelo ( Chow, *et al.* 1994)

## **2.6 INUNDACIONES**

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

### **2.6.1 Tipos de Inundaciones**

Las inundaciones se pueden clasificar por su duración y por su origen.

Por su duración:

a. **Inundaciones dinámicas o rápidas**

Se produce en ríos cuyas cuencas presentan fuertes pendientes por efecto de las lluvias intensas. Las crecidas de los ríos son repentinas y de corta duración

b. **Inundaciones estáticas o lentas**

Generalmente se produce cuando las lluvias son persistentes y generalizadas, producen un aumento paulatino del caudal del río hasta superar su capacidad máxima de transporte, por lo cual el río se desborda, inundando áreas planas cercanos al mismo.

Por su origen:

c. **Inundaciones pluviales**

Se produce cuando el agua de lluvia se acumula en un determinado lugar o área geográfica sin que este fenómeno coincida necesariamente con el desborde de un río. Este fenómeno se genera por la concentración de un elevado volumen de lluvias en un intervalo de tiempo muy breve y/o por un volumen moderado de lluvias en un intervalo de tiempo pronunciado sobre un suelo poco permeable.

d. **Inundaciones fluviales**

Es causada por el aumento brusco del volumen de agua en un río, más allá de su capacidad de transportar sin desbordarse, ocasionado por exceso de lluvias.



## 2.6.2 Zonas Inundables

“Estadísticamente, los ríos igualarán o excederán la inundación media anual, cada 2.33 años” (Leopold,1984). Las inundaciones son el resultado de lluvias fuertes o continuas que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad máxima de carga de los ríos. El área que ocupa el agua al desbordarse un río se llama zona inundable.

## 2.7 SISTEMA DE MODELAMIENTO GEOGRÁFICO SIG

SIG es un elemento que permite “analizar, presentar e interpretar hechos relativos a la superficie terrestre, no obstante, esta es una definición muy amplia, y habitualmente se emplea otra más concreta. En palabras habituales, un SIG es un conjunto de software y hardware diseñado específicamente para la adquisición, mantenimiento y usos de datos cartográficos”. (tomlin, 1990)

Entonces se puede definir el SIG como un conjunto de hardware, software, datos geográficos y personal capacitado, organizados para capturar, almacenar, consultar, analizar y presentar todo tipo de información que pueda tener una referencia geográfica. Un SIG es una base de datos espacial.

### 2.7.1 Componentes

Los componentes computacionales se clasifican bajo las definiciones de software (programas – materiales intangibles) y hardware (equipamiento – materiales intangibles). Ambos combinados acertadamente posibilitan tener un alto porcentaje de éxito en la aplicación estrictamente técnica. En el modelo (figura 3) el primer reservorio es lineal para la contribución de la nieve, el segundo es no lineal que representa el agua subterránea y el tercero también es no lineal que es para la escorrentía directa.

#### **Software**

Se refiere a componentes intangibles conformados por los programas de aplicación que se utilizan para el tratamiento de datos y la búsqueda de resultados.

#### **Hardware**

Hace referencia a los elementos físicos de una computadora como mouse, impresora, teclado, etc.

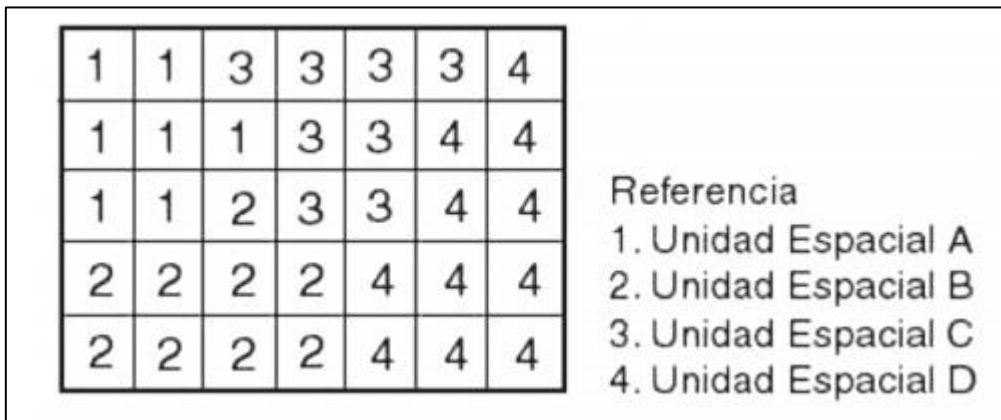
### 2.7.2 Estructura de representación espacial

para representar la información obtenida de diferentes unidades espaciales en una computadora se utilizan dos modelos.

#### Modelo Ráster

Divide el espacio geográfico mediante una matriz cuadriculada en donde cada celda contiene información correspondiente a la característica dominante en ella. Cada celda es una localización, técnicamente se denomina pixel, el cual es la unidad mínima de representación espacial.

Al ser un modelo de estructura simple permite realizar fácilmente procedimientos de análisis, además de poseer un formato compatible directamente con las imágenes satelitales. En la figura N°2 se puede apreciar el mapa ráster de unidades espaciales areales.



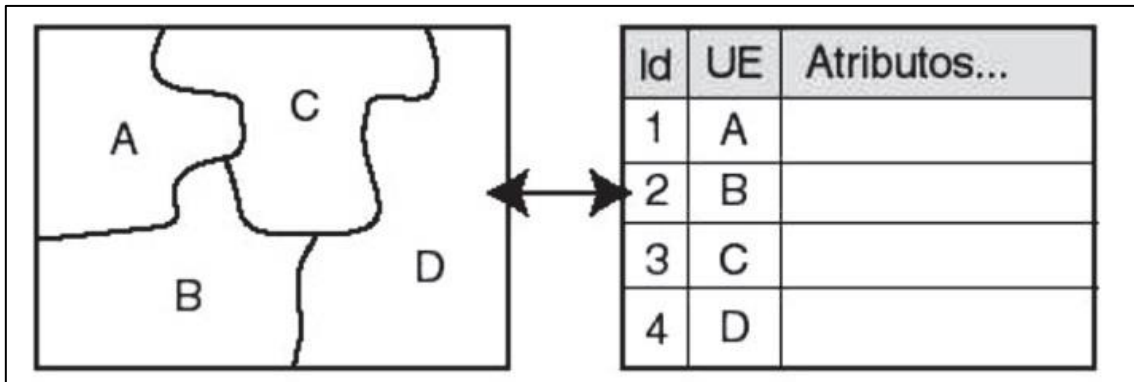
**Figura 2** :Mapa ráster de unidades espaciales areales (cuatro polígonos)  
Fuente: Tomado de Buisa, G. universidad nacional de lujan 2013

#### Modelo Vectorial

Organiza los datos geográficos en base a la perspectiva de bases de datos relacionadas y a partir de esto permite trabajar digitalmente utilizando las tres entidades graficas las cuales son puntos, líneas y polígonos.

Este modelo permite una estructura que genera diseños reales del espacio geográfico, además que permite realizar operaciones en base de datos alfanuméricos y representarlas en mapa. Su característica de inventario es prácticamente inagotable, y nos genera diseños

cartográficos de excelente calidad. En la figura N°3 se aprecia el mapa vectorial de unidades espaciales areales.



**Figura 3 :** Mapa vectorial de unidades espaciales areales (cuatro polígonos)  
Fuente: Tomado de Buisa, G. universidad nacional de Luján 2013

### 2.7.3 ARCGIS

Es un sistema de información geográfica, el cual posee una interface gráfica de usuario, manejo sencillo con el mouse, posibilidad de cargar con facilidad datos espaciales y tabulares para ser mostrados en forma de mapas, tablas y gráficos, también provee las herramientas necesarias para consultar y analizar los datos y presentar los resultados como mapas con calidad de presentación. Lo que se puede obtener con este software es cartografía temática, creación y edición de datos, análisis espacial, geo codificación de direcciones, etc. “ ArcGis se compone de tres aplicaciones que están incluidas en Arcinfo, ArcEditor y ArcView, las cuales son ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox (Corcuña. 2007).

### Archydro

Es un modelo de datos geoespacial y temporal para la aplicación de recursos de agua que opera en ArcGis y prepara para simulación hidrológica. Desarrollado por el centro de investigación de recursos de agua (CRWR) de la universidad de Texas, Austin. Lo que hace el Archydro es unir análisis espacial con los recursos de agua para trabajar juntos en un modelo de datos geoespaciales.

## **2.8 PRECIPITACIÓN**

Se denomina precipitación, a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (roció, la helada blanca, etc.). Ellas son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión. La precipitación constituye la única entrada principal al sistema hidrológico continental (Musy,2001).

Para la formación de la precipitación se requiere la condensación del vapor de agua atmosférico. La saturación es una condición esencial para desbloquear la condensación. Los varios procesos termodinámicos son convenientes para realizar la saturación de las partículas atmosféricas inicialmente no saturadas y causar su condensación.

### **2.8.1 Precipitación Efectiva**

El exceso de precipitación o precipitación efectiva, es aquella que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. Después de fluir a través de la superficie de la cuenca, el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa a la salida de la cuenca (Chow. Ven al, 1994)

### **2.8.2 Infiltración**

Es el proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. Existen diversos factores que influye en la tasa de infiltración, tales como la condición del suelo y la cubierta vegetal, propiedades del suelo como conductividad hidráulica o la porosidad, el contenido de humedad entre otros (Chow *et al*, 1994).

## **2.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

### **2.9.1 Prueba de Datos Dudosos**

Los datos dudosos son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de información restante. la retención o eliminación de estos parámetros puede variar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados para la información, especialmente e muestras pequeñas. Los procedimientos para tratar los datos dudosos requieren un criterio que involucra consideraciones matemáticas e hidrológicas (Water Resources Council, 1981).

Para datos dudosos altos se emplea la siguiente ecuación de frecuencia:

$$Yh = \bar{y} + Kn * Sy$$

Para datos dudosos bajos se emplea la siguiente ecuación de frecuencia

$$Yh = \bar{y} - Kn * Sy$$

Donde:

Yh: umbral de datos dudosos altos (unidades logarítmicas)

$$\bar{y} = \frac{y}{n}$$

Donde:

y = log (precipitación)

n= número de datos disponibles

$$Sy = \left( \frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n (yi - \bar{y})^2 \right)^{0.5}$$

Los valores de Kn para prueba de datos dudosos se puede apreciar en la tabla N°1.

**Tabla 1** Valores de Kn para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	Kn	Tamaño de muestra n	Kn	Tamaño de muestra n	Kn	Tamaño de muestra n	Kn
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

**Fuente:** Tomado de U.S. Water Council 1981

### 2.9.2 Análisis de Frecuencia

Es un método basado en el procesamiento estadístico que permite calcular la magnitud del caudal asociado a un periodo de retorno. Su confiabilidad depende de la longitud y calidad de la serie histórica, además de la incertidumbre propia de la distribución de probabilidades seleccionadas. Cuando se pretende realizar extrapolaciones, periodo de retorno mayor que la longitud de la serie disponible, el error relativo asociado a la distribución de probabilidades utilizada es más importante, mientras que interpolaciones la incertidumbre está asociada principalmente a la calidad de los datos a modelar; en ambos casos la incertidumbre es alta dependiendo de la cantidad de datos disponibles (Ashkar et al, 1994).

### 2.9.3 Periodo de Retorno

Es necesario saber dos conceptos; uno de ellos es el periodo de retorno (T) que es el número promedio de años dentro del cual se espera que un evento sea igualado o excedido solo una vez. El segundo concepto es la probabilidad de excedencia, que es la probabilidad asociada al periodo de retorno, donde las variaciones aleatorias toma un valor igual o superior a cierto número (x) (Pizarro y Novoa, 1986).

Es también conocido como intervalo de recurrencia y es un estimado de la probabilidad de un evento esta estimación estadística se basa en la data histórica y muestra el intervalo promedio de recurrencia sobre un periodo extendido de tiempo. El periodo de retorno es la inversa de la probabilidad que el evento sea excedido en un año determinado.

### 2.9.4 Distribución de Probabilidad

Ven Te Chow en su libro “Hidrología Aplicada” nos menciona las siguientes distribuciones de probabilidad utilizadas en eventos máximos.

#### Distribución Normal

La función de la densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{u}}{s}\right)^2} \quad (1)$$

Donde:

$f(x)$  = función densidad normal de la variable  $x$

X = variable independiente

$\mu$  = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x

S = parámetro escala, igual a la desviación estándar de x

### Distribución Log Normal 2 Parámetros

La función de distribución de probabilidad es:

$$P(x \leq Xi) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} \int_{-\alpha}^{xi} e^{[-(x-\bar{x})^2/2S^2]} dx$$

Donde  $\bar{x}$  y S son parámetros de la distribución.

Si la variable x de la ecuación normal 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, Sy). 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  $\bar{y}$  es la media de los datos de muestra transformada

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n 1(y_i - \bar{y})^2}{\Sigma_{n-1}}}$$

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

Asimismo, se tiene las siguientes relaciones:

$$C_5 = a / s_y^3$$

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

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

### **Distribución Gamma**

El tiempo que toma la ocurrencia de un número  $\beta$  de eventos en un proceso de poisson esta descrito por la distribución de gamma, la cual es la distribución de una suma de  $\beta$  variables aleatorias independientes e idénticas, distribuidas exponencialmente. La distribución gamma tiene una forma que varía suavemente similar a la función de densidad de probabilidad típica y es muy útil para la descripción de variables hidrológicas asimétricas sin el uso de la transformación log. Se ha aplicado a la descripción de la distribución de profundidades de precipitación en tormenta. La distribución gamma de dos parámetros tiene como límite inferior cero, lo cual es una desventaja para la aplicación a variables hidrológicas que tienen un límite inferior superior a cero (Abramowitz y Stegun, 1965).

Su función densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{\lambda^\beta x^{\beta-1} e^{-\lambda x}}{\Gamma(\beta)}, \text{ Tiene un rango } x \geq 0$$

Donde

$\Gamma$ = función gamma

$$\lambda = \frac{\bar{x}}{s_x^2}$$

$$\beta = \frac{\bar{x}^2}{s_x^2} = \frac{1}{CV^2}$$

### **Distribución Gumbel**

La distribución de valores tipo I conocida como distribución Gumbel o doble exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

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

Utilizando el método de momentos, se obtiene las siguientes relaciones

$$\alpha = 1.2825/\sigma$$

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



Donde

$\alpha$  es el parámetro de concentración;  $\beta$ , es el parámetro de localización.

Ven Te Chow dice que la distribución puede expresarse como:

$$x = \bar{x} + k\sigma x$$

Donde:

X, es el valor con una probabilidad dada;  $\bar{x}$ , es la media de la serie; k, es el factor de frecuencia.

## 2.10 PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

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. En el presente trabajo se utilizará para probar a que distribución probabilística se ajusta mejor los datos existentes.

### 2.10.1 Prueba Chi Cuadrado

Es la prueba más común utilizada para verificar la bondad de ajuste de distribución empírica a una distribución teórica conocida está dada por la siguiente prueba estadística:

$$X_C^2 = \sum \frac{n(\theta_i - \varepsilon_i)^2}{\varepsilon_i}$$

Donde:

$\theta_i$  : frecuencia observada en intervalo i

$\varepsilon_i$  : frecuencia esperada en intervalo i, de acuerdo con la distribución de frecuencias que se quiere probar.

Para lo cual se aplica un procedimiento de prueba de hipótesis la cual es:

H<sub>0</sub>: la variable o los datos se ajustan a una distribución normal

H<sub>1</sub>: la variable no se ajusta a una distribución normal.

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$  o  $\alpha = 0.01$ , donde  $\alpha$  es el error permitido.

### 2.10.2 Prueba de Smirnov – Kolmogorov

La prueba de ajuste de Smirnov - Kolmogorov, consiste en comparar las diferencias existentes entre la probabilidad empírica de datos de la muestra y la probabilidad teórica, tomando el valor máximo del valor absoluto, de la diferencia entre el valor observado y el valor de la recta teórica del modelo, es decir:

$$D = \max(F_o(x_m) - F(x_m))$$

Con un valor crítico  $d$ , que depende del número de datos y el valor de significancia seleccionado (los cuales pueden ser apreciados en la tabla N°2). Si  $D < d$ , se acepta la hipótesis nula. Esta prueba tiene la ventaja sobre la prueba de chi-cuadrado, de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos (MTC,2008). La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_o = 1 - \frac{m}{(n - 1)}$$

**Tabla 2** Valores Críticos “d” Para la Prueba Kolmogorov – Smirnov

tamaño de 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	0.3	0.34	0.4
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
35	0.2	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25

**Fuente:** Adaptado de Aparicio 1995

## **2.11 DETERMINACIÓN DE LLUVIA MÁXIMA**

Si bien el método de Thiessen e isoyetas son utilizados para hallar la precipitación media en una zona, también pueden ser utilizados para calcular la precipitación máxima por zonas.

### **2.11.1 Precipitación Promedio Sobre un Área**

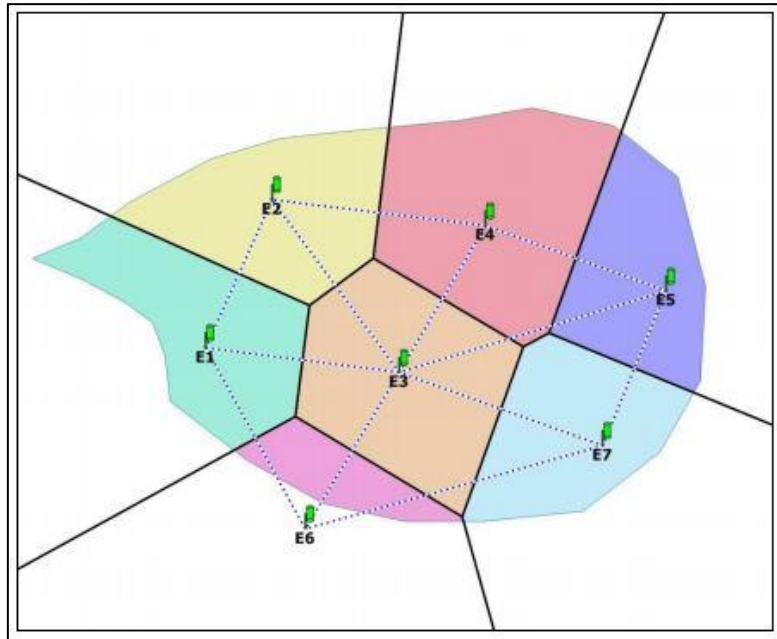
Para evaluar la cantidad promedio de precipitación un área en un intervalo de tiempo determinado es necesario basarse en los valores puntuales registrados en cada medidor que conforma la red, pero como la contribución de cada instrumento al total de la tormenta es desconocida, ha surgido varios métodos que intentan dar una aproximación de la distribución de la precipitación dentro del área en consideración (Chow *et al*, 994)

#### **Método de la media aritmética**

Es una forma sencilla para determinar la lluvia promedio sobre un área. Consiste en hallar la media aritmética de las cantidades conocidas para todos los puntos en el área. Este método proporciona buenos resultados, si la distribución de tales puntos sobre el área es uniforme y la variación en las cantidades individuales de los medidores no es muy grande.

#### **Método de Polígono de Thiessen**

Se emplea cuando la distribución de los pluviómetros no es uniforme dentro del área en consideración. Para su cálculo se define la zona de influencia de cada estación mediante el trazo de líneas entre estaciones cercanas, estas líneas se bisecan con perpendiculares y se asume que toda el área encerrada dentro de los límites formados por intersección de estas perpendiculares en torno a la estación ha tenido una precipitación de la misma cantidad que la de la estación. Calculando el área encerrada por cada estación y relacionándola con el área total, se sacan pesos relativos para cada estación meteorológica y posteriormente el valor de la precipitación promedio se obtiene a partir de un promedio ponderado. En la figura N°4 se aprecia el trazo del polígono de Thiessen.



**Figura 4 :** Trazo de Polígono de Thiessen  
 Fuente: Tomado de Giovane Perez 2014

$$p = \frac{p_1 * a_1 + p_2 * a_2 + \dots + p_n * a_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n}$$

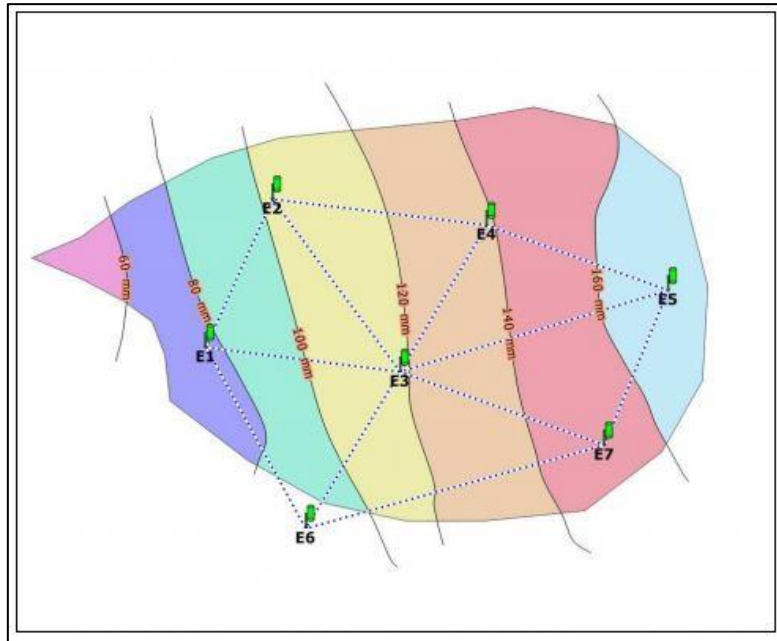
Donde:

P = es precipitación anual media

p1, p2, ..., pn = precipitaciones anuales máximas de cada sub cuenca

### Método de Isoyetas

las isoyetas son contornos de igual altura de precipitación, que se calculan a partir de interpolación entre pluviómetros adyacentes. Las áreas entre isoyetas sucesivas son medidas y se multiplica por el promedio de precipitación entre las isoyetas adyacentes, el promedio total para el área es entonces la sumatoria de este producto entre área total considerada. Utiliza las áreas abarcadas entre isoyetas. En la figura N°5 se aprecia el cálculo por método de isoyetas.



**Figura 5 :** Trazo de curvas de Isoyetas  
Fuente: Tomado Giovane Perez 2014

### 2.11.2 Segmentación o discretización de una Cuenca

La división de una cuenca en áreas de menor tamaño, llamadas sub cuencas o microcuencas (discretización espacial), se requiere para modelar la respuesta hidrológica de esta. La exactitud de la respuesta es sensible al tamaño espacial y temporal de la discretización (Martz y Garbrech, 1992; Morore et al, Tarboton et al, 1991).

Para subdividir una cuenca existen dos métodos más usados: el método de sub cuencas y el método de mallas. En el primer método, la cuenca se divide en sub áreas con propiedades uniformes, las cuales están conectadas a una red de drenaje representadas por líneas de flujo concentradas (ríos, arroyos, riachuelos, etc.). en el segundo método, la cuenca se divide en cuadros de tamaño constante, lo cual forma una malla regular (Sasowsky y Gardner, 1991).

un elemento de flujo concentrado (arroyo). El tamaño o densidad o densidad de la malla se distingue como la escala física y la resolución computacional. El tamaño de la discretización espacial a seleccionar debe cumplir con dos condiciones: primero, representar adecuadamente las variaciones físicas de la lluvia, tipo de suelo y las condiciones de uso de suelo de la cuenca; segundo, debe llevar a cálculos numéricos satisfactorios (Srinivasan y Arnold, 1993).

La escala mínima que representa adecuadamente la heterogeneidad espacial de una cuenca a ser utilizada en modelación hidrológica, ha sido sujeto de interés, Así ( Bathurst, 1986) sugirió dividir en elementos no mayores al uno por ciento del área de la cuenca que sean más o menos homogéneos.

Zhang y Montgomery (1994) probaron el efecto del tamaño de la malla de un DEM sobre la representación de la superficie del suelo y la simulación hidrológica en dos cuencas pequeñas. Los datos de elevación fueron agregados a escala de 2, 4, 10, 30 y 90 metros. Los resultados indicaron que el tamaño de la malla del DEM afecto significativamente la representación de la superficie del suelo y la simulación hidrológica. Un tamaño de malla menor que la longitud de pendiente, fue necesario para simular adecuadamente los procesos controlados por la forma de relieve. Los autores proponen una malla de 10 metros como un tamaño razonable que representa la resolución espacial y el requerimiento de datos para modelar procesos superficiales de suelo, en la actualidad los GIS incluyen un algoritmo que permita la demarcación sintética de cuencas y microcuencas a partir de un valor umbral(martinez,1999). Este algoritmo tiene como base principal al modelo digital de elevación de terreno, las principales unidades de suelo, asi como los tipos de vegetación presentes (Di Luzio, 2002).

## **2.12 HIETOGRAMA DE DISEÑO UTILIZADO EN ANÁLISIS DE TORMENTA**

El servicio de conservación de suelos del departamento de agricultura de os estados unidos(SCS), desarrollo hietogramas sintéticos de tormentas para realizarse en los Estados Unidos con duración de tormenta de 6 y 24. Estos hietogramas se dedujeron al utilizar la información presentada por Hershfield (1961) y Miller (1973) y datos de tormentas adicionales. (Chow *et al*, 2000).

Se desarrollaron cuatro tormentas de 24 horas de duración:

Tipo I: corresponde a climas con inviernos húmedos y veranos secos (climas del pacífico)

Tipo IA: son tormentas de menor duración.

Tipo III: climas donde predominan las tormentas tropicales las cuales producen grandes profundidades de lluvia en 24h (climas del golfo de México y costas atlánticas).

Tipo II. Climas correspondientes al resto de los Estados Unidos.

### **2.12.1 Precipitación efectiva**

La precipitación efectiva ( $P_e$ ), es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. Después de fluir a través de la cuenca, el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa a la salida de la cuenca.

Las gráficas de exceso de precipitación vs tiempo o hietogramas de excesos de precipitación es un componente clave para el estudio de las relaciones lluvia- escorrentía. La precipitación es una abstracción o pérdida, las pérdidas son principalmente agua absorbida por absorción con algo de intercepción y almacenamiento superficial. (Atanacio, 2013).

### **2.12.2 Método del scs para abstracciones**

el servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos de America (SCS), desarrollo un método, denominado método de la curva de escorrentía CN, para calcular las abstracciones de una tormenta, las cuales incluyen la intercepción, la detención superficial y la infiltración propiamente dicha. En este método la profundidad de escorrentía (es decir, la profundidad efectiva de precipitaciones) es una función de la profundidad tota de precipitación, y de un parámetro de abstracción referido al número de curva de escorrentía, numero de curva o CN. (Monsalve,1999).

El número de curva varia de 1 a 100, siendo desarrollado en función a las siguientes propiedades que produce la escorrentía en la cuenca:

- Tipo de suelo hidrológico, utilización y tratamiento de suelo.
- Condiciones de la superficie del terreno.
- Condiciones de humedad antecedentes del suelo.

Para la tormenta como un todo, la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa  $P_e$  es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación  $P$ , de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca  $F_a$  es menor o igual a alguna retención potencial máxima  $S$ .

### **2.12.3 Tormenta**

Se entiende por tormenta al conjunto de lluvias que obedece a una misma perturbación meteorológica y de características bien definidas. De acuerdo a esta definición una tormenta puede durar desde unos pocos minutos hasta varias horas aun días; pueden

abarcar extensiones de terrenos muy variables, desde pequeñas zonas hasta varias regiones.

### **2.13 ESTIMACIÓN DE CAUDALES**

Existen dos formas de trabajar uno cuando se cuenta con caudales máximas instantáneas, se realiza un análisis estadístico para determinar el caudal a diferentes periodos de retorno que sea de interés, ajustando a una distribución que represente mejor el comportamiento.

Cuando no se cuenta con datos suficientes de caudales se utiliza las precipitaciones como dato de entrada para poder calcular un caudal, bajo el criterio de que cuando ocurre la precipitación, la cuenca se humedece infiltrándose una parte a al subsuelo y luego de un tiempo se convierte en un flujo superficial. (MTC,2008) que permite calcular un caudal a diferentes periodos de retorno.

#### **2.13.1 Hidrograma unitario**

Es un modelo lineal simple que puede usarse para deducir el hidrograma resultante de cualquier cantidad de exceso de lluvia, propuesto por Sherman en 1932, como un hidrograma típico para una cuenca.

El hidrograma unitario de una cuenca es el hidrograma de esorrentía directa que se produciría en la salida de una cuenca si en ella se produjera una precipitación unitaria neta en u periodo de tiempo determinado, que pueden ser de 1mm durante 1 hora, etc

Matemáticamente, el hidrograma unitario es la función kernel  $U(t-T)$  dada por:

$$q(t) = \int i(t)U(t-T)dt$$

Donde:

$Q(t)$ : función del hidrograma de salida.

$I(t)$ : función del hidrograma de entrada.

Una tormenta consta de las siguientes características: duración de la lluvia, distribución espacial de la lluvia, patrón intensidad tiempo y la cantidad de esorrentía.

Para representar el fenómeno hidrológico de una cuenca que permita calcular un caudal pico de diseño, el hidrograma unitario de una cuenca se puede medir por medio de valores



registrados (hidrograma natural) o por medio de una simulación de los parámetros y características de fisiográficas de la cuenca (hidrograma sintético).

### **2.13.2 Modelo de cálculo de caudal**

Relaciona algo desconocido con algo conocido. En el caso de modelos incluidos en el HEC-HMS, la entrada conocida es la precipitación y la desconocida y la desconocida salida es la escorrentía o la conocida entrada, es el flujo aguas arriba y la salida desconocida es el flujo aguas abajo. (hydrologic Engineering center, HEC, 2000)

El objetivo del análisis hidrológico, es estudiar la operación del sistema y predecir su salida. Un modelo de sistema hidrológico es una aproximación del sistema real; sus entradas y salidas son variables hidrológicas mensurables y su estructura es un conjunto de ecuaciones que conectan las entradas y salidas (Chow V. T., Maidment D. R., y Mays L. W.).

### **2.13.3 Sistema de modelamiento hidrológico (Hec- Hms)**

El HEC – HMS es un programa desarrollado por el centro de ingeniería hidrológica, del cuerpo de ingenieros de los estados unidos, simula procesos de precipitación – escorrentía y tránsito en canales abiertos. HEC- HMS es sucesor y reemplaza a todas las versiones del HEC-1.

El sistema de modelamiento hidrológico (HMS), se diseñó para simular el proceso precipitación – escorrentía superficial, en el sistema de cuencas. Es aplicable a un amplio rango de área geográficos, para la solución de múltiples problemas; incluyendo a grandes cuencas hidrográficas, inundaciones, áreas urbanas. Los histogramas producidos por el programa son usados directamente o en unión con otro software para estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, pronóstico de flujo, impacto de futuras urbanizaciones, diseño de vertederos de reservorios, reducción de daños de inundación, regulación de inundaciones y sistemas de operaciones.

## **2.14 MODELO DE ESCORRENTÍA DIRECTA**

### **2.14.1 Modelo de Clark**

Este modelo al transformar el exceso de precipitación en hidrograma de escorrentía superficial utiliza dos tipos de fenómenos: la primera es una traslación o movimiento del exceso de agua desde el punto en que se origina hasta el punto de desagüe de la cuenca, a través de la red de drenaje de la misma y la segunda una laminación, o reducción del

caudal punta del hidrograma, debido al almacenamiento transitorio del agua en el conjunto de la cuenca (Ramos, 2012).

El hidrograma unitario de Clark es empleado cuando no se cuentan con datos de caudales de una creciente desencadenada por una tormenta (Fattorelli y Fernandez, 2007).

### **Tiempo de concentración**

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más alejado hasta la salida de la cuenca.

Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida. Ya que existe una relación inversa entre la duración e intensidad de una tormenta, por lo cual se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración  $T_c$ .

El tiempo de concentración real depende de muchos factores, como la geometría en la planta de la cuenca, de su pendiente, del área, etc. Aunque, las fórmulas más comunes solo incluyen la pendiente, la longitud del cauce mayor des de las divisorias y el área de la cuenca. El tiempo de concentración se puede calcular por los siguientes métodos:

#### **a. Método de Kirpich**

$$T_c = 0.02 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde:

$T_c$ : tiempo de concentración (minutos)

$L$ : longitud máxima de salida (m)

$S$ : pendiente (m/m)

#### **b. Método de Hathaway**

$$T_c = 0.61 * (L * n)^{0.467} * S^{-0.234}$$

Donde:

$T_c$ : tiempo de concentración (horas)

$L$ : longitud de cauce principal (Km)

$n$ : factor de rugosidad

$S$ : pendiente(m/m)

El valor del factor de rugosidad (n) está dado por la tabla N°3.

**Tabla 3** Valores de factor de rugosidad

<b>Tipos de Superficies</b>	<b>Valor de n</b>
Suelo liso impermeable	0.02
Suelo desnudo	0.1
Pastos pobres cultivos en hileras o suelo desnudo algo rugoso	0.2
Pastizales	0.4
Bosque de Frondosas	0.6
Bosque de coníferas o frondosas con una capa densa de residuos organicos o de cesped	0.8

**Fuente:** Adaptado de Cayo 2012

**c. Método del US Corps Of Engineers**

$$Tc = 0.3 * L^{0.76} * S^{-0.19}$$

Donde:

Tc: tiempo de concentración (horas)

L: longitud del cauce principal (Km)

S: pendiente (m/m)

**d. Método del US Soil Conservation Service (1973)**

Donde:

Tc: tiempo de concentración (min)

L: longitud hidráulica de la cuenca (pies)

N: número de curva

S: pendiente de la cuenca (%)

## **Coefficiente de Almacenamiento**

El coeficiente de almacenamiento representa el retardo que la cuenca impone a la escorrentía superficial para desplazarse, Cayo Ramos en su libro titulado “Métodos de Análisis en Recursos Hídricos Aplicaciones del Hec Hms y Hec Ras” nos propone la ecuación empírica siguiente:

$$\lambda = \frac{R}{Tc + R}$$

Donde:

Tc= tiempo de concentración en horas

R= coeficiente de almacenamiento en horas.

$\lambda$ = parámetro cuyo valor se sitúa en un rango de variación comprendido entre 0.1 y 0.9, correspondiente el ultimo valor a zonas de poca pendiente y uso agrícola.

Algunos autores suponen que es una fracción del tiempo de concentración, multiplicando este por un factor de orden de 0.75, lo cual también es aceptado por Clark quien propone la siguiente ecuación para su cálculo:

$$R = 0.5 \text{ a } 0.8 * Tc$$

Donde:

R= coeficiente de almacenamiento (Hr)

Tc= tiempo de concentración (Hr)

### **2.14.2 Modelo Hidrograma Unitario de Snyder**

En 1938 Snyder publica una descripción de un hidrograma paramétrico que el desarrolla para el análisis de cuencas sin estaciones de aforo.

#### **Tiempo de Retardo de Snyder**

Esta dado por la siguiente ecuación:

$$Tp(hr) = 0.75 * Ct(L * Lc)^{0.3}$$

Donde:

Tp= retardo estándar de Snyder (hr)

L = longitud del curso principal del río (km).

Lc = longitud del curso principal al centro de gravedad, medida sobre cauce principal del río (km).

Ct = coeficiente de retardo de Snyder, depende de las características físicas de la cuenca. Varía generalmente en rango de 1.8 a 2.2, se toman valores bajos para zonas alta pendiente y valores altos para zonas con baja pendiente, pero no es el único rango por ejemplo en Estados Unidos en zonas montañosas varía 0.4 a 8 a lo largo del golfo de México. Una forma práctica de determinarlo consiste en aplicar la fórmula propuesta por Taylor – Schwartz.

$$Ct = \frac{1.65}{(\sqrt{i})^{0.38}}$$

Donde:

I = pendiente del curso principal

Ct = coeficiente de retardo de Snyder

Coeficiente de Almacenamiento de Snyder (Cp)

Varía en el rango de 0.4 a 0.8, donde el valor más grande de Cp son asociados a valores pequeños de Ct.

Cp puede ser también calculado por el caudal pico del hidrograma:

$$Cp = \frac{Qp * Tp}{2.75 * A}$$

Donde:

Qp= caudal pico del hidrograma (m<sup>3</sup>/s)

A= área de drenaje (km<sup>2</sup>)

## 2.15 MODELO DE TRANSITO DE FLUJO DE CAUCE

es el movimiento del flujo de escurrimiento desde las salidas de la sub cuenca hasta la salida de la cuenca.

### 2.15.1 Modelo lag

Es un modelo de transito simple, utilizado para los cauces más cortos, el hidrograma de ingreso se retrasa un tiempo para obtener el hidrograma de salida (Olivera, 1998). El tiempo de retardo es igual al tiempo de flujo promedio (K) en el cauce. Este método asume solamente una traslación pura, pero no considera los efectos del almacenamiento en los cauces. Debido a esta razón, el hidrograma se conserva, el modelo está representado por:

$$O_{(t+tlag)} = I(t)$$

Donde:

$O_t$  = hidrograma de salida

$I(t)$  = hidrograma de ingreso

$T_{lag}$  = tiempo de retardo, el cual se calcula como.

$$tlag = \frac{1}{60V}$$

Donde, V es la velocidad media del canal.

### 2.15.2 Modelo Muskingum

Está basado en la ecuación de continuidad y la relación de almacenamientos, caudales de ingreso y salida. El método asume estos volúmenes de almacenamiento en el canal en un instante de tiempo como una función lineal ponderado al caudal de ingreso y salida, el cual esta expresado en la siguiente ecuación:

$$S = K(xI + (1 - x)O)$$

Donde:

I = caudal de ingreso al inicio de intervalo de tiempo

O = caudal de salida al final de intervalo de tiempo

x, K = parámetro de Muskingum

## 2.16 CALIBRACIÓN DE MODELO HIDROLÓGICO

La calibración es el proceso por el cual se identifican los valores de los parámetros para los cuales la serie de datos simulados se ajusta de mejor manera a la serie de datos observados, este proceso se puede realizar de dos formas:

### 2.16.1 Prueba de error

Este método implica el ajuste manual de parámetros basados en criterios del investigador, el más utilizado y recomendado.

### 2.16.2 Automática

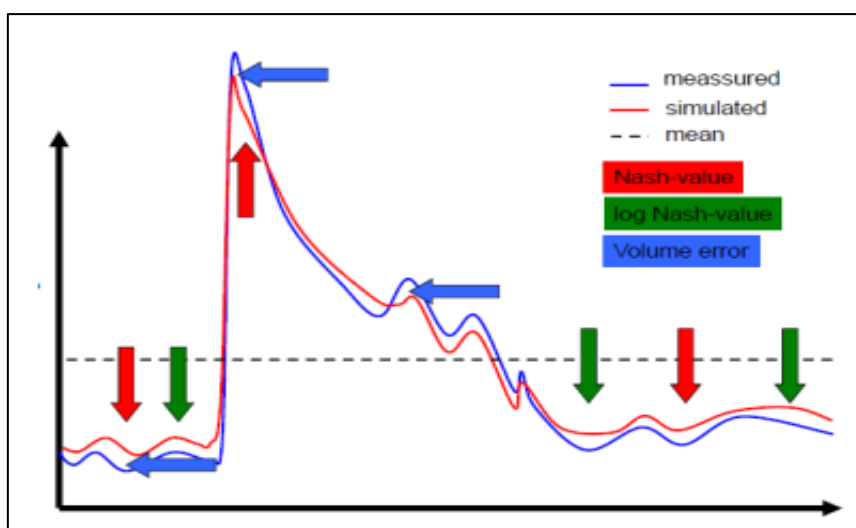
Optimiza valores de los parámetros utilizando técnicas numéricas, es más rápido y objetivo, pero complejo a la vez.

### Función objetivo

Para iniciar el proceso de calibración se requiere definir la “función objetivo”, la cual permitirá estimar la incertidumbre de series de caudales simulados respecto a observados.

La función objetivo es usualmente una prueba de bondad de ajuste (error de balance de masas, coeficiente de correlación, eficiencia de Nash-Sutcliffe, etc.), pero también pueden ser una combinación de estas (Juan Cabrera).

En la figura N°6 se aprecia la representación de los efectos de las medidas de ajuste sobre la calibración de un modelo.



**Figura 6 :**Efectos de las Medidas de ajuste sobre la calibración de un modelo

Fuente: Tomado de Finger 2011

## **2.17 SISTEMA DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO (Hec – Ras)**

HEC RAS es un software creado por el centro de ingeniería hidrológica, la primera versión fue llamada HEC-2 y salió en 1990, el cual permitía simular flujos en estado permanente, posteriormente se fue mejorando hasta que se convirtió en el software HEC-RAS el cual permite un modelamiento hidráulico con interfaz gráfico.

El HEC-RAS permite calcular los perfiles de superficie de agua de flujo permanente unidimensional, el cual es utilizado en el estudio de máximas avenidas y control de inundaciones.

### **2.17.1 Coeficiente de Rugosidad de Manning**

El valor de  $n$  es muy variable en un río, pues depende de diversos factores los cuales pueden ser: rugosidad de la superficie, vegetación, irregularidades del cauce, alineamiento del río, depósitos, socavaciones, obstrucciones, tamaño y forma del río, nivel y caudal, cambio estacional, material suspendido y transporte de fondo.

Ven Te Chow en su libro titulado “Hidráulica de canales Abiertos” nos menciona tres métodos para determinar el coeficiente de Manning los cuales son;

Consultar una tabla de valores típicos de  $n$  para varios tipos de canales.

Examinar y comparar el canal en estudio con la apariencia de ciertos canales típicos cuyos coeficientes de rugosidad son conocidos.

Considerar el valor de  $n$  como el resultado de la acción combinada de una serie de factores que la afectan, el cual es más conocido como el método de Cowan.

En la tabla N°3 se puede apreciar los diversos factores que influyen sobre el coeficiente de rugosidad ( $n$ ).



**Tabla 4:** Método de Cowan para Determinar Diversos Factores que Influyen Sobre el Coeficiente n

Superficie del Canal	Tierra	$n_0$	0,020
	Roca		0,025
	Grava fina		0,024
	Grava gruesa		0,028
Irregularidad	Suave	$n_1$	0,000
	Menor		0,005
	Moderada		0,010
	Severa		0,020
Variación de la Sección	Gradual	$n_2$	0,000
	Ocasional		0,005
	Frecuente		0,010 – 0,015
Efecto de la Obstrucción	Despreciable	$n_3$	0,000
	Menor		0,010 – 0,015
	Apreciable		0,020 – 0,030
	Severo		0,040 – 0,060
Vegetación	Bajo	$n_4$	0,005 – 0,010
	Medio		0,010 – 0,025
	Alto		0,025 – 0,050
	Muy alto		0,050 – 0,1
Intensidad de Meandros	Menor	$m_5$	1,000
	Apreciable		1,150
	Severo		1,300

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

**Fuente:** Tomado de Ven Te Chow 1994

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

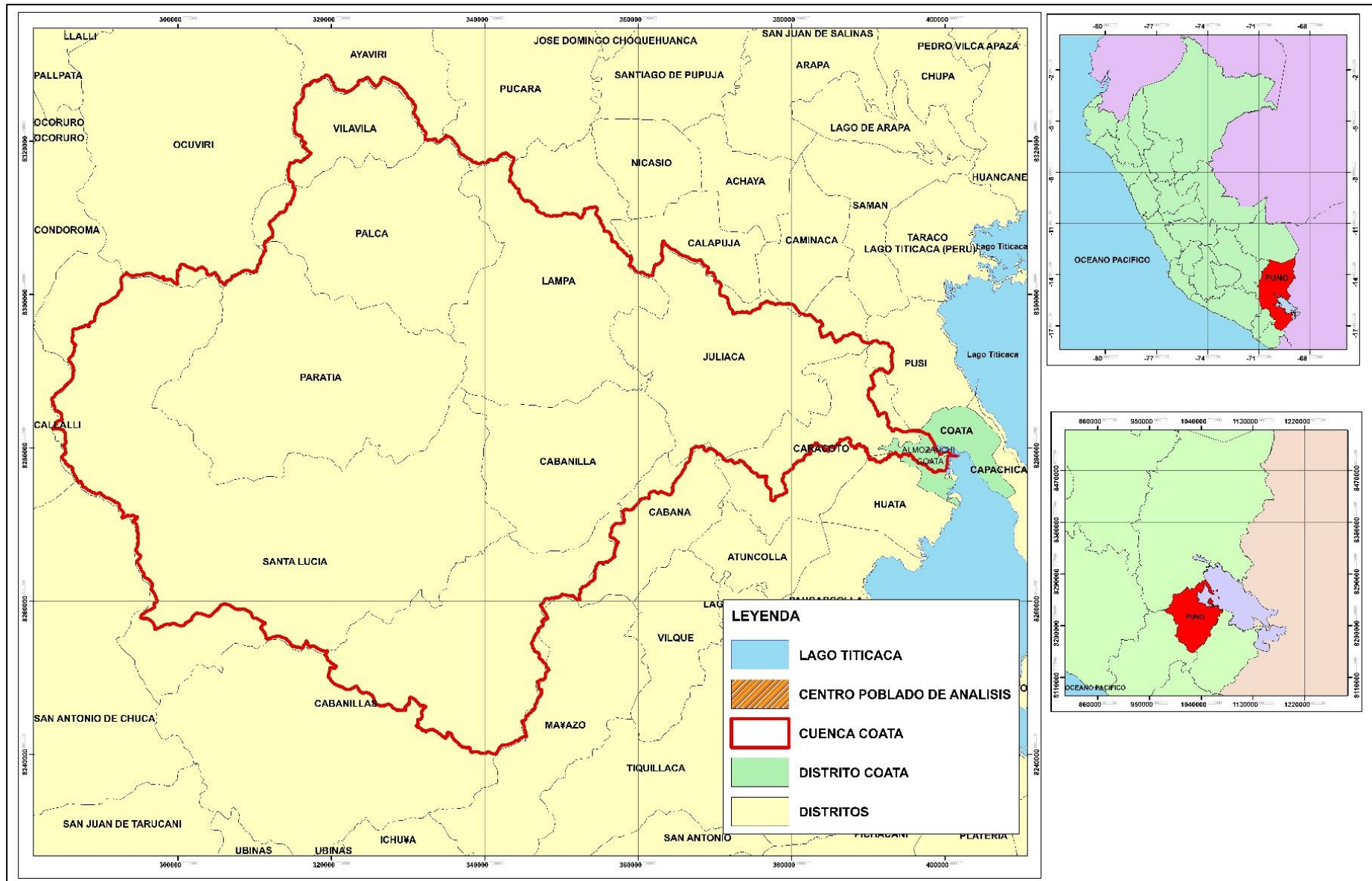
#### **3.1 ZONA DE ESTUDIO**

##### **3.1.1 Ubicación**

El presente estudio se desarrolló en la cuenca baja del río Coata, dicha cuenca se encuentra ubicada íntegramente dentro de la región de Puno, ocupa las superficies de las provincias de San Román, Lampa y parte de las provincias de Puno y Huancané.

El 24.30% de área de la cuenca se ubica en San Roman, el 74.98% en lampa, el 0.52% en Puno y 0.20% en Huancane.

El área de análisis se ubica en el distrito de Coata, Provincia de Puno, región Puno como se aprecia en el siguiente mapa N°7



**Figura 7:** Ubicación Geográfica

### 3.1.2 Población

La población total de la cuenca del río Coata es de 221.097 habitantes. El 70.49% de población total, se ubica dentro del área urbana y el 29.51% en zona rural; mientras que el 49.51% es de sexo masculino, y el 50.49% es de sexo femenino.

Por otro lado, la población está conformada por habitantes cuyas edades oscilan entre 15 y 29 años (28.35%), esto se puede apreciar en la tabla N°05 que es resultado del XI censo nacional de población efectuada el 2003.

**Tabla 5** Población Total Según Sexo y Tipo de Población Cuenca del Río Coata

Descripción	Población			Urbana			Rural		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Menores de 5 años	28,395	14,476	13,919	19,493	9,945	9,548	8,902	4,531	4,371
De 5 a 14 años	59,911	30,513	29,398	42,144	21,479	20,665	17,767	9,034	8,733
De 15 a 29 años	62,690	30,550	32,140	48,273	23,994	24,279	14,417	6,556	7,861
De 30 a 44 años	37,167	18,065	19,102	28,303	14,050	14,253	8,864	4,015	4,849
De 45 a 64 años	23,879	11,601	12,278	13,871	7,150	6,721	10,008	4,451	5,557
De 65 a mas años	9,055	4,259	4,796	3,778	1,767	2,011	5,277	2,492	2,785
<b>TOTAL</b>	<b>221,097</b>	<b>109,464</b>	<b>111,633</b>	<b>155,862</b>	<b>78,385</b>	<b>77,477</b>	<b>65,235</b>	<b>31,079</b>	<b>34,156</b>

**Fuente:** Tomado del INEI-Censo Nacional IX de poblaciones y X de viviendas 2003

### 3.1.3 Embalse Lagunillas

El embalse de Lagunillas es una presa de gravedad construida en la salida del cauce de una laguna natural del mismo nombre, posee un volumen útil aproximado de 500 MMC, con una capacidad de descarga máxima de 20 m<sup>3</sup>/s. Esta presa viene funcionando desde 1999.

En un eventual suceso de precipitaciones máximas, se busca cuidar la infraestructura de esta, es por ello que en un evento máximo todo el caudal entrante a la presa será igual al caudal de salida, es decir, que en el modelo hidrológico planteado en el presente trabajo no se considera el funcionamiento de la presa.

### 3.1.4 Área de Análisis

El área de Análisis del Presente estudio se encuentra entre las localidades de Almozanche y Coata, distrito de Coata. Esta zona cuenta con cultivo de pastos para ganado, el cual por registros estadísticos de la dirección agraria de Puno tiene un rendimiento de 14300 kg/ha, su precio de venta en chacra es de S/ 0.26 kg.

El Instituto Nacional de defensa civil ( INDECI ) registra los siguientes eventos de inundación en el distrito de Coata

- En marzo del 2010 se registró el desborde del rio Coata dejando 500 ha de cultivo, 60 familias damnificadas y 140 familias afectadas
- En marzo del 2012 el desborde del rio Coata afecto a 400 viviendas de la localidad de Almozanche.



**Figura 8:**Inundación del Distrito de Coata 2010  
Fuente: Tomado del INDECI 2010

## 3.2 MATERIALES

### 3.2.1 Información Pluviométrica

La precipitación en el río Coata es estacional dándose los mayores registros en periodos húmedos entre los meses de noviembre a abril y menores precipitaciones en periodos secos entre los meses de mayo octubre.

La red de estaciones identificadas con datos pluviométricos con registro de precipitaciones máximas a 24 horas son Cabanillas, Lagunillas, Juliaca, Santa Lucía (co), Santa Lucía (plu), Quillisani, Jarpana, Pampahuata, Paratia Lampa, Hacienda Colini, los datos de estas estaciones fueron adquiridas en las instituciones públicas como el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y la Autoridad Nacional del Agua - ANA. La ubicación de las estaciones pluviométricas utilizadas se aprecian en la tabla N°6.

**Tabla 6** Estaciones Meteorológicas

Estación Pluviométricas	Norte(m)	Este (m)	z (m)
Cabanillas	8270484.8	355674.9	3865
Hacienda colini	8268832.1	298083.2	4380
Jarpana	8283679.1	308682.5	4361
Juliaca	8288835.3	374544.9	3830
Lagunillas	8256004.8	322022.7	4177
Lampa	8301829.0	352644.9	3865
Pampahuata	8286598.9	320045.2	4348
Paratia	8291211.1	328297.3	4364
Quillisani	8298462.6	312138.9	4758
Santa Lucía (CO)	8262281.0	327502.0	4034
Santa Lucía (PLU)	8263548.9	328504.8	4080

### 3.2.2 Información hidrométrica

La cuenca del río Coata cuenta con periodos bien definidos entre aguas altas entre los meses de enero a abril y de aguas bajas entre los meses de junio y octubre.

La estación Hidrométrica Puente Unocolla – Coata, operada por el SENAHMI posee datos de caudales máximos anuales de 1965 – 1978 y 1989 – 2015, no hay registro de 10 años comprendido de 1979-1988.

Esta información fueron obtenidas de la autoría nacional del agua (ANA) y del servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI). La ubicación de esta estación se puede apreciar en la tabla 7.

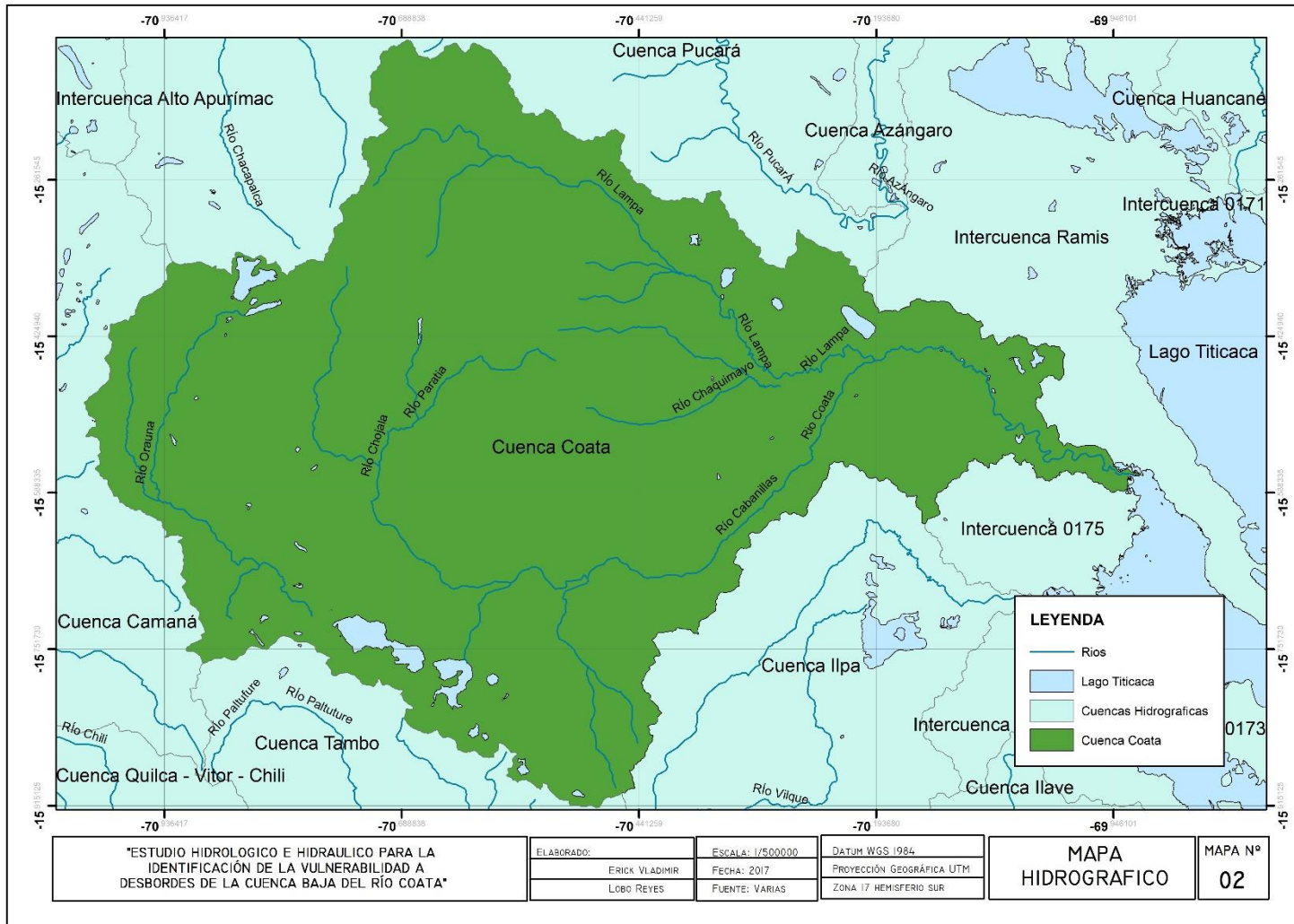
**Tabla 7** coordenadas de ubicación de estación hidrométrica

Estación Hidrométrica	Norte (m)	Este (m)	Altura (msnm)
Puente Unocolla - Coata	8285652	385973	3829

### 3.2.3 Hidrografía

La cuenca del río Coata está ubicada casi en su totalidad en la región de Puno entre las latitudes sur  $15^{\circ} 06' 36''$  y sur  $15^{\circ} 55' 12''$  y las longitudes oeste  $71^{\circ} 12' 00''$  y oeste  $69^{\circ} 55' 12''$ . Posee dos grandes sub cuencas principales la del río Cabanillas y la del río Lampa las cuales al confluir forman el río Coata que tiene una longitud de 56km hasta su desembocadura en el lago Titicaca. La variación altitudinal de la cuenca es de 5300 en el nevado Quillisanía a 3800 en su desembocadura.

En la figura N°9 se muestra la Ubicación hidrográfica de la cuenca Coata.



**Figura 9 :** Ubicación hidrográfica de la Cuenca Coata



### **3.2.4 Topografía de Cauce**

La sección del tramo del río a estudiar es un dato básico que utiliza el software HEC-RAS, por lo cual se trabajó con una imagen satelital de mayor resolución libre que es de 12.5 obtenida Alaska Satellite Facility, que permitió realizar las curvas de nivel del tramo del río con el software ArcGis 10.2 y su posterior seccionamiento con la extensión de Geo Ras, para finalmente darle un formato adecuado para exportar al HEC RAS.

### **3.2.5 Equipos y Programas**

Equipos:

- Computadora
- Impresora
- Útiles de escritorio

Softwares

- Microsoft Excel 2013
- Microsoft Word 2013
- Hydrognomon
- ArcGIS 10.2
- Arc Hydro (extensión para ArcGis)
- Google Earth Pro
- Hec Hms
- Hec Ras

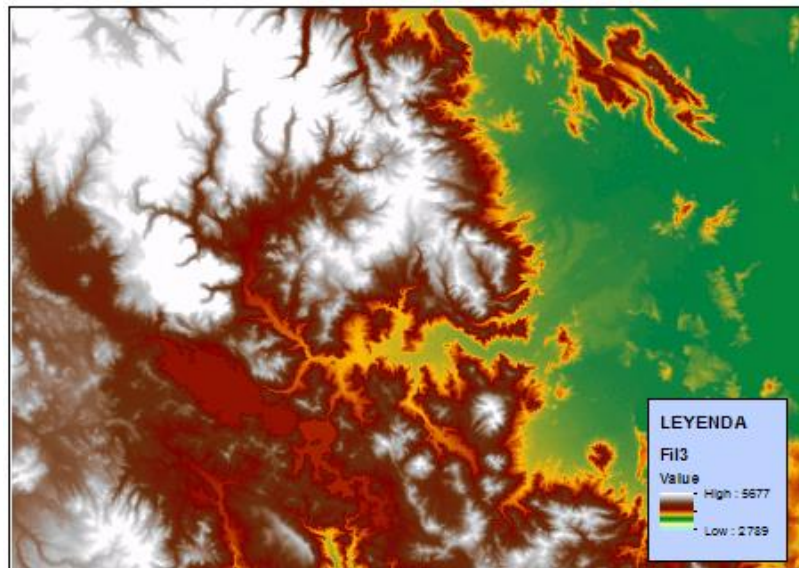
## **3.3 METODOLOGÍA**

El proceso desarrollado para el análisis de la vulnerabilidad a desborde consiste de tres fases los cuales son modelamiento hidrológico, modelamiento hidráulico y análisis de la vulnerabilidad.

### **3.3.1 Procesamiento del área de estudio**

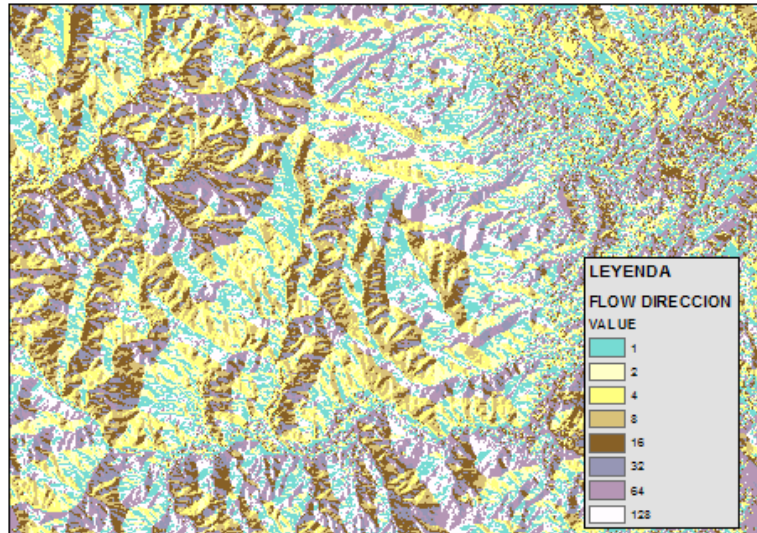
Para el procesamiento del área de estudio se utiliza un DEM de 12.5x12.5m el cual nos permitió realizar un análisis detallado de la cuenca en estudio.

- a) Al tener el DEM en el software ArcGis 10.2 con ayuda de la extensión Arc Hydro procedemos a rellenar las imperfecciones existentes en la superficie del modelo digital de elevación con la herramienta hidrología Fill Sinks, de tal forma que las celdas en depresión alcancen el nivel del terreno de alrededor, con el objetivo de poder determinar de forma adecuada la dirección del flujo. En la figura N°10 se aprecia la representación del fill sinks.



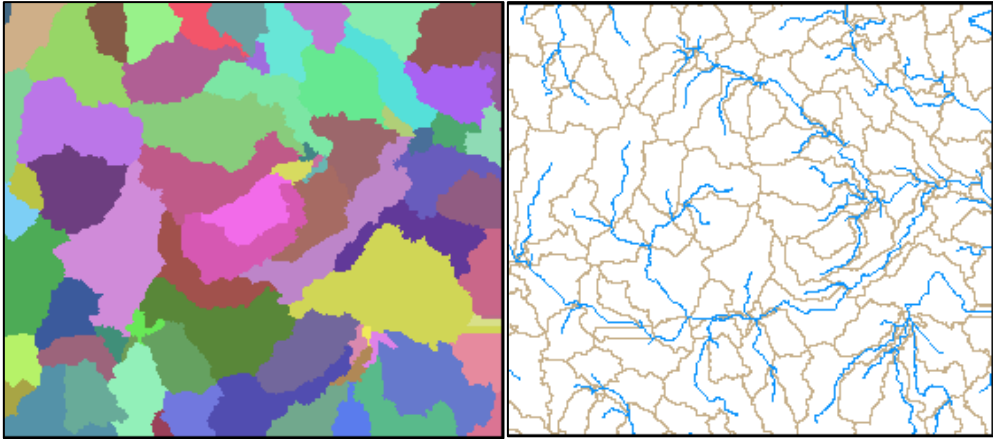
**Figura 10:** Representación del fill Sinks

- b) Utilizando el Flow direction (Dirección del flujo): se crea un raster entero cuyos valores varían de 1 a 255 con la dirección de flujo de cada una de sus celdas hasta su vecina cuesta abajo. Se define aquí la dirección del flujo buscando el camino descendente de una celda a otra como se muestra en la figura 11.



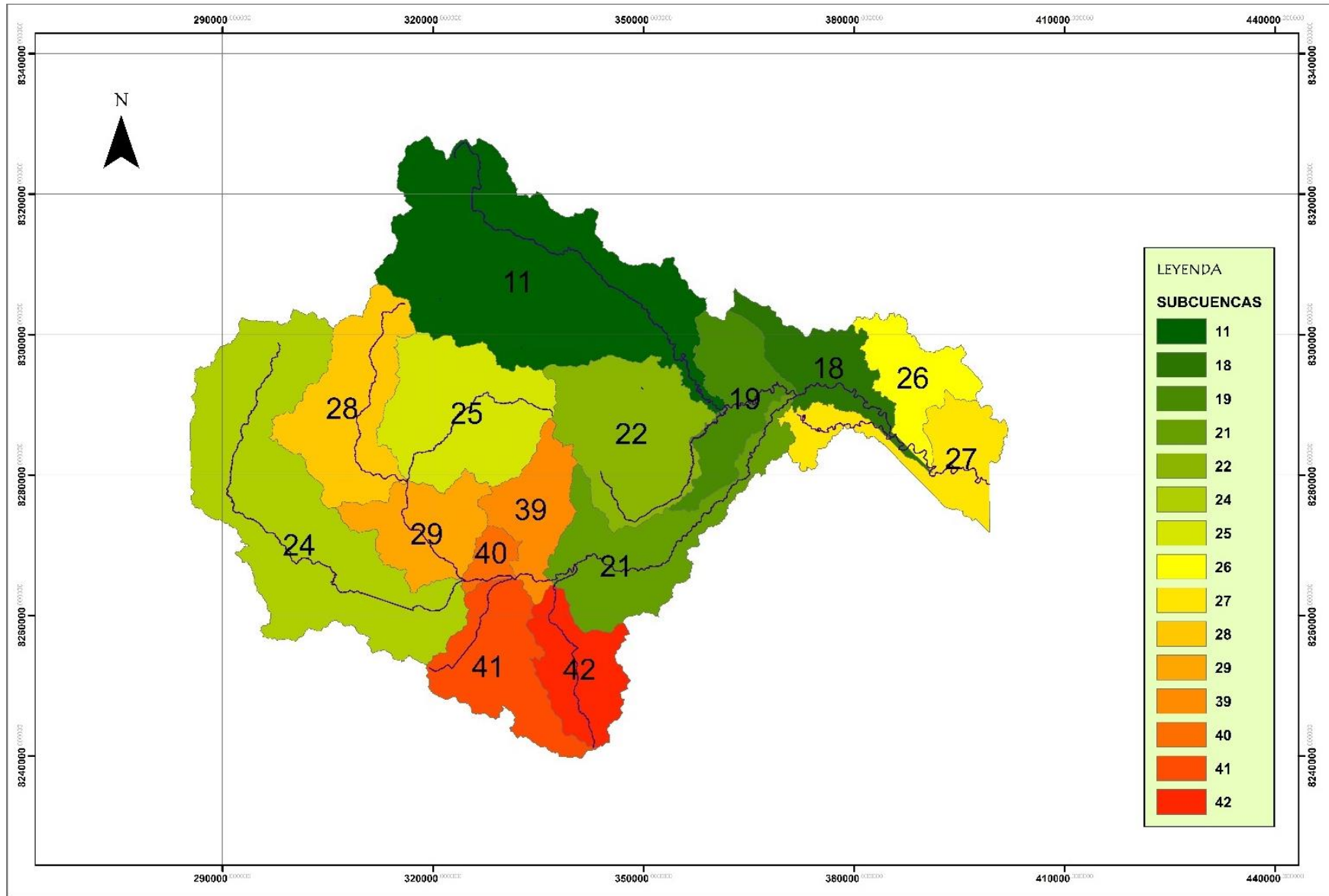
**Figura 11:** Representación del flow direction

- c) Empleando el Flow accumulation (acumulación de flujo): Crea el raster de acumulación de flujo en cada celda. Se determina el número de celdas de aguas arriba que vierten sobre cada una de las celdas inmediatamente aguas abajo de ella.
- d) Aplicando el Stream definition (definición de la red de drenaje): En esta fase se crea un mapa raster y se clasifican las celdas con acumulación de flujo superior a un umbral especificado por el usuario como celdas pertenecientes a la red de flujo para este caso es uno.
- e) Utilizando el Stream segmentation (segmentación de la red de drenaje): En este proceso se divide el cauce en segmentos no interrumpidos.
- f) Delimitación de cuencas: En la figura 12 se muestra el proceso crea un raster en el cual delinea las subcuencas por cada uno de los segmentos de cauce definidos.
- g) Vectorización de la cuenca: En este proceso convierte las subcuencas en formato shapefile (.shp) o formato vectorial. Asimismo, se crean los formatos vectoriales de las líneas de drenaje y los puntos de confluencia. En la figura 12 se muestra la vectorización.



**Figura 12:** Delimitación de subcuencas y vectorización

- h) Finalmente se delimito las subcuencas que intervienen en el área de estudio cabe mencionar que se tomaron sus nombres por defecto que salieron en la delimitación



**Figura 13:** Delimitación de sub cuencas del área de influencia

### 3.3.2 Parámetros geomorfológicos del área de estudio

En este proceso se determinara los parámetros geomorfológicos de la cuenca requeridos para el modelamiento hidrológico posterior.

- Área, perímetro de la cuenca y sub cuencas: Estos parámetros son requeridos para el modelo hidrológico en Hec Hms. Estos parámetros son calculados con la ayuda del software ArcGIS 10.2.
- Longitud del cauce principal y sus afluentes: Este parámetro se obtuvo con la ayuda del software ArcGIS 10.2.
- Pendiente de cauce principal. Para determinar la pendiente del río principal en cada sub cuenca se utilizó el siguiente método.

método de pendiente uniforme

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

Donde

S: pendiente

H: diferencia entre cota máxima y cota mínima (m)

L: longitud del cauce (m)

En la tabla 8 se muestran el área, perímetro, longitud y pendiente de cada una de las 15 subcuencas

**Tabla 8:** coordenadas de ubicación de estación hidrométrica

NOMBRE	ÁREA(Km2)	PERIMETRO (Km)	LONGITUD DE CAUCE PRINCIPAL(m)	PENDIENTE DE CAUCE PRINCIPAL
SUB CUENCA 11	952.87	250.23	78483.06	0.0135107
SUB CUENCA 18	192.41	144.39	24773.28	0.00023043
SUB CUENCA 19	213.92	134.42	17893.46	0.00064623
SUB CUENCA 21	357.17	201.40	55955.27	0.00256513
SUB CUENCA 22	395.96	132.62	53580.71	0.01978535
SUB CUENCA 24	861.96	256.49	75923.25	0.01015928
SUB CUENCA 25	406.95	123.28	31588.69	0.02266198
SUB CUENCA 26	173.21	120.99	19682.31	0.00016219
SUB CUENCA 27	225.58	173.50	21107.84	0.00046011
SUB CUENCA 28	342.00	135.95	38573.38	0.02120537
SUB CUENCA 29	211.53	101.33	19682.31	0.00727279
SUB CUENCA 39	172.22	101.94	24628.29	0.03326356
SUB CUENCA 40	46.98	43.62	8223.49	0.0657744
SUB CUENCA 41	268.49	129.35	20676.15	0.01991875
SUB CUENCA 42	197.43	100.12	33767.75	0.01916937
<b>CUENCA TOTAL</b>	<b>5018.67</b>	<b>2149.62</b>		

d) Cotas de la cuenca: Esta información se obtiene del DEM (modelo digital de elevación).

### 3.3.3 Análisis de datos meteorológicos

La información meteorológica que se obtuvo para la cuenca en estudio fueron precipitaciones máximas anuales. Se recopiló información existente de precipitaciones máximas entre los años de 1964 y 2014. Esta información fue brindada por las instituciones del ANA (Autoridad Nacional del Agua) y el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú).

### 3.3.4 Prueba de Datos Dudosos

La precipitación de la precipitación máxima en 24 horas, debe ser evaluada por prueba de datos dudosos con el fin de encontrar puntos que se alejan de la tendencia de la información restante, esto debido a que la retención o eliminación de estos datos puede afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados para la información, especialmente en las muestras pequeñas. El cálculo lo hacemos de acuerdo con el Water Resources Council (1981).

Para datos dudosos altos se emplea la siguiente ecuación de frecuencia:

$$Yh = \bar{y} + Kn * Sy$$

Para datos dudosos bajos se emplea la siguiente ecuación de frecuencia

$$Yh = \bar{y} - Kn * Sy$$

Donde:

Yh: umbral de datos dudosos altos (unidades logarítmicas)

$$\bar{y} = \frac{y}{n}$$

Donde:

y = log (precipitación)

n= número de datos disponibles

$$S_y = \left( \frac{1}{n-1} \right)^{0.5} * \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

Los valores de  $K_n$  utilizados se aprecian en la tabla 9.

**Tabla 9** Uso Valores de  $K_n$  para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra $n$	$K_n$	Tamaño de muestra $n$	$K_n$	Tamaño de muestra $n$	$K_n$	Tamaño de muestra $n$	$K_n$
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

**Fuente:** Tomado de U.S. Water Council 1981

La prueba de datos dudosos se realizó en cada uno de las 11 estaciones ubicadas en la cuenca de estudio, en el cual se identificaron:

Un dato dudoso alto en la cuenca de Cabanillas, el cual no fue tomado en cuenta para cálculos posteriores, y dos datos dudosos bajos, uno en la estación Juliaca y el otro en la estación Quillisani que también fueron descartados de la serie de datos de precipitaciones.

En la tabla 10 se aprecian los datos identificados como dudosos.



**Tabla 10:** Identificación de datos dudosos

AÑO	CABANILLAS	SANTA LUCIA(CO)	SANTA LUCIA(PLU)	HAACIENDA COLINI	JARPANA	JULIACA(CO)	LAGUNILLAS	LAMPA(CO)	PAMPAHUATA	PARATIA	QUILLISANI
1964	35.1							26.0			
1965	27.8							41.0			
1966	25.0							21.0			
1967	29.9							38.9			
1968	26.0							31.5			
1969	28.2							35.6			
1970	30.5						36.5	24.7			
1971	32.9		37.4	16.6	36.0		23.9	20.5	33.5	41.2	30.3
1972	27.2		38.8	41.1	31.1		23.2	41.3	24.2	40.9	44.4
1973	40.0		34.4	32.4	35.0		45.1	39.0	29.5	27.5	27.7
1974	28.3		50.8	37.7	27.4		41.1	28.1	33.6	30.0	37.4
1975	28.8		45.0	17.7	31.7		39.4	38.3	26.5	42.3	34.6
1976	39.2		32.6	20.7	40.0		19.8	35.0	40.0	42.0	37.5
1977	44.8		41.0	26.0	22.2		28.9	35.0	22.2	41.9	25.7
1978	29.7		30.3	26.8	27.4		30.0	43.0	27.4	47.6	30.9
1979	30.0		31.5	31.2	32.1		21.7	39.3	32.1		33.6
1980	25.2		28.6		41.8		25.3	43.0	37.3	29.1	44.3
1981	19.0		23.2	27.0			37.9		44.6	32.9	35.3
1982	16.5		24.4				23.1	62.0	22.7	23.6	25.2
1983	19.0		23.3				21.1		26.0	15.7	8.1
1984	27.0		29.4				28.1	50.4	31.6	44.1	43.9
1985	22.0		25.0				33.2	58.3	34.9	35.1	45.4
1986	40.5		33.2				30.5	32.0	29.9	30.0	43.8
1987	27.0		24.6				29.4	32.3	26.1	16.5	21.5
1988	30.8		35.8				21.0	35.7	23.8	34.4	24.0
1989	22.4		34.1				28.1	27.6	26.9	32.4	
1990	27.8		30.8				28.9	28.5	26.0	38.1	
1991	22.0						23.1	33.1	33.8		
1992	22.4						22.1	42.3	32.6		
1993	40.4						40.0	28.5	40.6		
1994	34.2						32.6	33.2	25.9		
1995	23.8						20.7	25.5	20.1		
1996	35.1						24.8	36.2	28.5		
1997	34.0						23.5	36.2	31.7		
1998	42.2						31.2	46.8	38.0		
1999	30.3						30.0	32.5	26.3		
2000	27.9						25.0	51.9	31.7		
2001	37.0							26.5	37.3		
2002	31.1	26.3				37.1		28.5	29.7		
2003	38.8	37.8				34.4		32.8	26.3		
2004	28.8	35.8				34.8		36.2	36.3		
2005	59.8	39.4				51.2		50.7	41.2		
2006	32.3	22.3				34.3		35.8	24.9		
2007	32.2	17.7				37.9		40.1	24.0		
2008	35.9	41.0				61.6		41.3	28.5		
2009	32.7	26.6				38.0		56.8	24.5		
2010	28.1	17.5				17.1		21.6	25.3		
2011	79.7	35.0				38.2		34.6	30.4		
2012	31.1	24.1				33.6		30.1	46.5		
2013	45.8					28.4		25.1	21.3		

### 3.3.5 Análisis Estadístico

#### a. Ajuste a Distribución de Probabilidad

Al tener las precipitaciones máximas anuales a 24 horas proporcionadas por el ANA, después de haber evaluado y descartado los datos dudosos, se procede a ajustar cada subcuencia a una distribución de frecuencia que represente comportamiento probabilístico de cada estación. Las distribuciones de probabilidad utilizadas en cada estación se muestran en la tabla N°11.

#### b. Prueba de Bondad de ajuste

Para la prueba de bondad de ajuste se utilizó la prueba de Smirnov Kolmogorov el cual consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia (D) entre la función de distribución de probabilidad observada  $F_o(x_m)$  y la estimada  $F(x_m)$ .

$$D = \max(F_o(x_m) - F(x_m))$$

Con un criterio(d) que depende del número de datos y el nivel de significancia. Si D es mayor a d, se acepta la hipótesis nula

$$F_o = 1 - \frac{m}{(n - 1)}$$

En la tabla N°10 se muestran los datos obtenidos por cada subcuencia de acuerdo al valor ajustado por la prueba de Smirnov Kolmogorov, para ello se utilizó el software Hydrognomon.

#### c. Periodo de Retorno

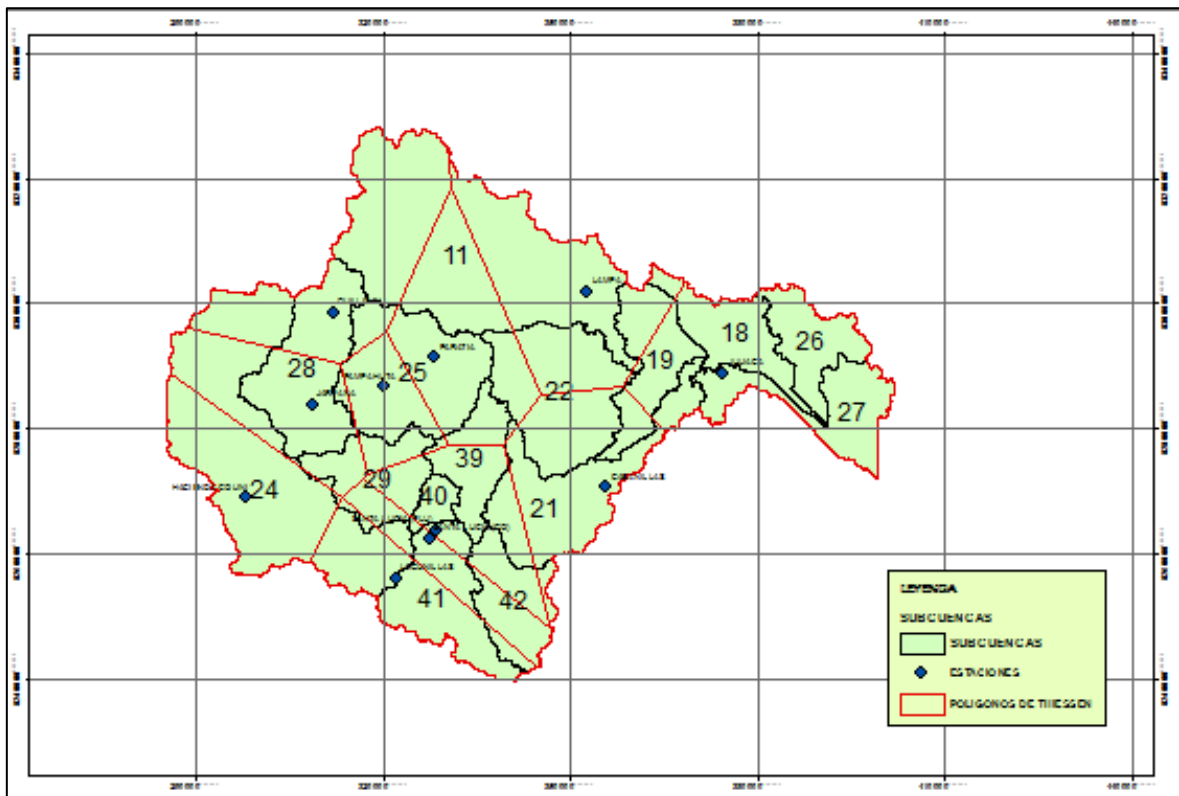
Para identificar la vulnerabilidad a desbordes se consideró realizar el modelamiento para periodos de retorno de 25, 50, 100, 200 y 500 años.

**Tabla 11:** Distribución de probabilidad y bondad de ajuste de cada estación

Estaciones	Perido de Retorno					Kolmogorov Smirnov	Distribucion
	25	50	100	200	500		
CABANILLAS	46.1	49.3	52.2	55.0	58.5	91.9%	Gamma
SANTA LUCIA(CO)	45.4	50.6	50.6	52.9	55.6	90.7%	Normal
SANTA LUCIA(PLU)	46.7	49.6	52.3	54.8	58.0	97.4%	Gamma
HACIENDA COLINI	43.4	46.8	49.9	53.0	56.8	99.9%	Gamma
JARPANA	43.7	45.9	48.0	49.9	52.4	100.0%	Gamma
JULIACA(CO)	53.6	56.1	58.4	60.5	63.0	22.8%	Normal
LAGUNILLAS	43.3	47.2	51.0	54.9	60.0	97.0%	Gumbel
LAMPA(CO)	55.7	61.0	66.2	71.4	78.3	99.8%	Gumbel
PAMPAHUATA	44.0	47.6	51.3	54.9	59.6	95.1%	Gumbel
PARATIA	49.9	52.7	55.2	57.5	60.2	84.7%	Normal
QUILLISANI	52.5	57.3	62.2	67.1	73.8	79.1%	Log Pearson III

### 3.3.6 Distribución de Precipitaciones Máximas por Subcuenca

Para el cálculo de las precipitaciones máximas a 24 horas en cada una de las 15 subcuencas se realizó por el método del polígono de Thiessen, para periodos de retorno de 25, 50, 100, 200 y 500 años, el cual se realizó con la ayuda del software ArcGIS y Excel.



**Figura 14:** Polígonos de Thiessen en la Cuenca Coata

A partir del polígono de Thissen se calculó las precipitaciones máximas en milímetros a diferentes periodos de retorno en cada subcuenca como se muestra en la tabla N°12.

**Tabla 12:** Distribución de Precipitaciones Máximas en cada Subcuenca

N°	NOMBRE	PRECIPITACION MAXIMA A PERIODOS DE RETORNO				
		25	50	100	200	500
1	Subcuenca 11	53.3	57.8	62.3	66.7	72.6
2	Subcuenca 18	53.8	56.5	59.1	61.4	64.3
3	Subcuenca 19	52.7	56.3	59.7	63.0	67.2
4	Subcuenca 21	47.3	50.3	53.1	55.7	59.0
5	Subcuenca 22	50.5	54.4	58.1	61.6	66.2
6	Subcuenca 24	44.7	48.2	51.4	54.6	58.7
7	Subcuenca 25	47.6	50.9	54.1	57.2	61.1
8	Subcuenca 26	53.6	56.1	58.4	60.5	63.0
9	Subcuenca 27	53.6	56.1	58.4	60.5	63.0
10	Subcuenca 28	47.2	50.5	53.7	56.8	61.0
11	Subcuenca 29	44.8	48.2	50.5	53.2	56.5
12	Subcuenca 39	47.7	50.6	53.2	55.7	58.8
13	Subcuenca 40	46.6	49.6	52.1	54.7	57.8
14	Subcuenca 41	44.1	48.3	51.1	54.4	58.7
15	Subcuenca 42	45.7	49.8	51.4	54.0	57.2

### 3.3.7 Calculo de Hietograma de Diseño

El Soil Conservation Service del U. S. Departament of Agriculture (1986) desarrollo el hietograma sintético de tormentas para utilizarse en los Estados Unidos con duración de tormenta de 6 y 24 horas. Estas tormentas se dedujeron al utilizar la información presentada por Hershfield 1961) y Miller, Frederick y Traccy (1973) y datos de tormentas adicionales (Ven Te Chow, 1994). En el Perú no se cuenta con estudio de tormentas tipo, del cual se pueda diseñar tormentas sintéticas, razón por la cual al tener precipitaciones máximas a 24 horas las ajustamos a uno de los hietogramos sintéticos desarrollados por El Soil Conservation Service, para lo cual se utiliza la siguiente tabla:

**Tabla 13:** Distribución de Lluvias SCS

Tormenta de 24 horas						Tormenta de 6 horas		
$P_t/P_{24}$								
Hora $t$	$t/24$	Tipo I	Tipo IA	Tipo II	Tipo III	Hora $t$	$t/6$	$P_t/P_6$
0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	0.083	0.035	0.050	0.022	0.020	0.60	0.10	0.04
4.0	0.167	0.076	0.116	0.048	0.043	1.20	0.20	0.10
6.0	0.250	0.125	0.206	0.080	0.072	1.50	0.25	0.14
7.0	0.292	0.156	0.268	0.098	0.089	1.80	0.30	0.19
8.0	0.333	0.194	0.425	0.120	0.115	2.10	0.35	0.31
8.5	0.354	0.219	0.480	0.133	0.130	2.28	0.38	0.44
9.0	0.375	0.254	0.520	0.147	0.148	2.40	0.40	0.53
9.5	0.396	0.303	0.550	0.163	0.167	2.52	0.42	0.60
9.75	0.406	0.362	0.564	0.172	0.178	2.64	0.44	0.63
10.0	0.417	0.515	0.577	0.181	0.189	2.76	0.46	0.66
10.5	0.438	0.583	0.601	0.204	0.216	3.00	0.50	0.70
11.0	0.459	0.624	0.624	0.235	0.250	3.30	0.55	0.75
11.5	0.479	0.654	0.645	0.283	0.298	3.60	0.60	0.79
11.75	0.489	0.669	0.655	0.357	0.339	3.90	0.65	0.83
12.0	0.500	0.682	0.664	0.663	0.500	4.20	0.70	0.86
12.5	0.521	0.706	0.683	0.735	0.702	4.50	0.75	0.89
13.0	0.542	0.727	0.701	0.772	0.751	4.80	0.80	0.91
13.5	0.563	0.748	0.719	0.799	0.785	5.40	0.90	0.96
14.0	0.583	0.767	0.736	0.820	0.811	6.00	1.0	1.00
16.0	0.667	0.830	0.800	0.880	0.886			
20.0	0.833	0.926	0.906	0.952	0.957			
24.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			

**Fuente:** Tomado de U.S.Dept. of Agriculture. Soil Conservation Service 1973

Para este proyecto se utilizó el tipo I, por ser una tormenta que representa las suscitadas en la parte del pacifico y guarda una cierta semejanza con nuestro país.

### 3.3.8 Modelo Hidrológico Hec – Hms

Con la ayuda del HEC-HMS, se modelo la respuesta que tendría el rio Coata a precipitaciones máximas de diferentes periodos de retorno (25,50,100,200 y 500 años), dando como resultado el escurrimiento superficial respectivo; para lo cual la cuenta se presentó como un sistema de sub cuencas interconectadas.

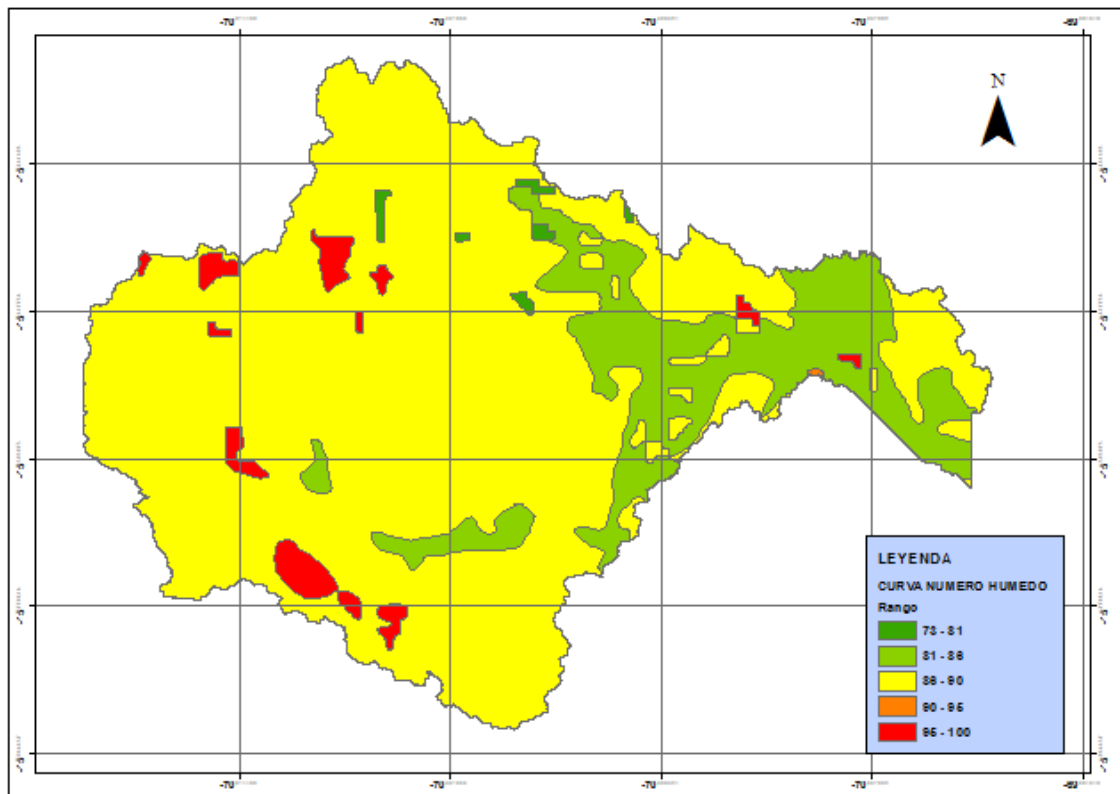
Como primer paso se procedió a importar el esquema gráfico de la cuenca, que previamente fue obtenido con la ayuda del software ArcGis 10.2, posteriormente se definió otros parámetros requeridos que se detalla a continuación:

#### 4.3.8.1. Infiltración

Se define como infiltración al paso del agua de la superficie hacia el interior del suelo. Es un proceso que depende fundamentalmente del agua disponible a infiltrar, naturaleza del suelo, el estado de la superficie y las cantidades de agua inicialmente presentes en su interior.

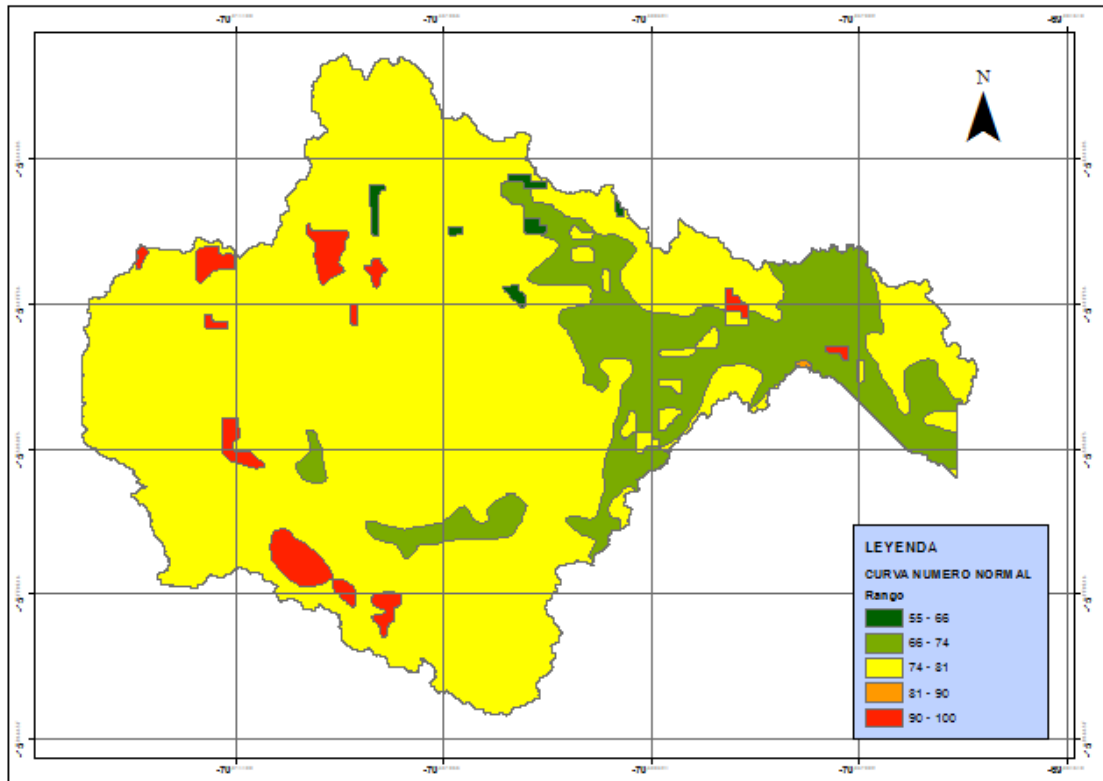
En el presente trabajo para condiciones de pérdida (Loss Method) se utilizó el método de Curva Numero (CN).

En las imágenes 15, 16, 17 se aprecia la Curva Numero húmeda, normal y seca de la cuenca Coata, para la presente simulación se utilizó la Curva Numero húmedo, por ser el que representa en épocas de precipitaciones, y justamente en estos meses se producen la vulnerabilidad a desbordes.



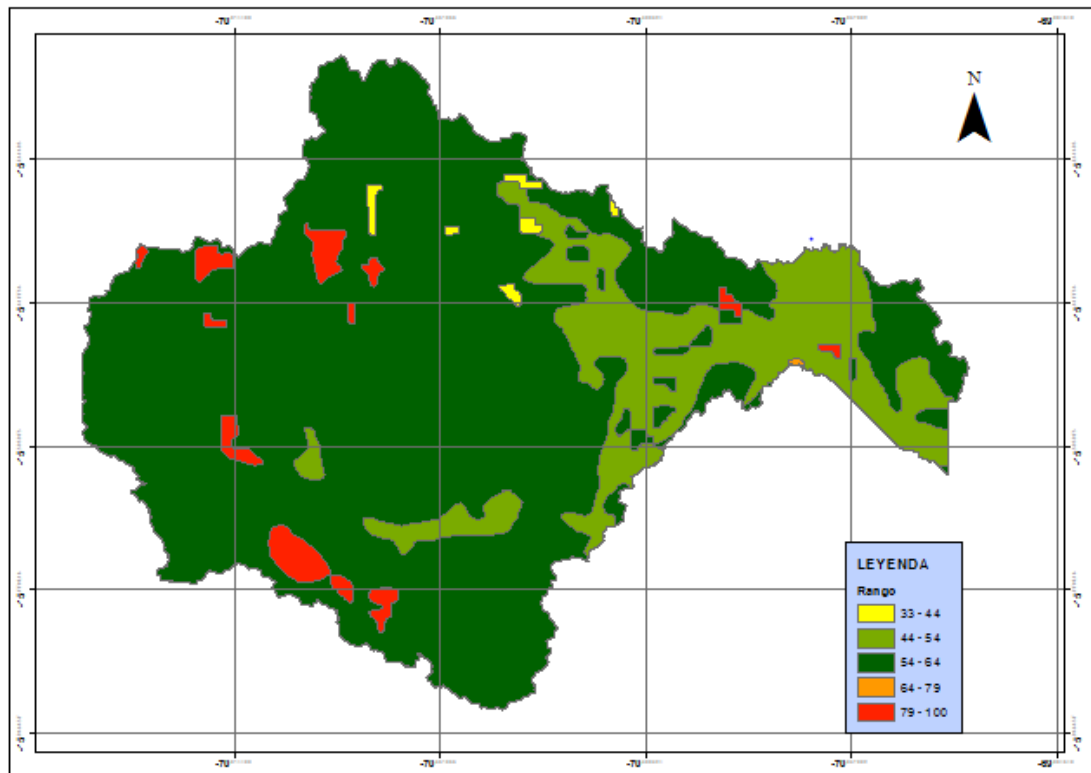
**Figura 15:** Curva Numero Húmedo Cuenca Coata

Fuente: Elaborado en base del Geo – Snir de la Autoría Nacional del Agua



**Figura 16:** Curva Numero Normal cuenca Coata

Fuente: Elaborado en base del Geo – Snir de la Autoría Nacional del Agua



**Figura 17:** Curva Numero Seco cuenca Coata

Fuente: Elaborado en base del Geo – Snir de la Autoría Nacional del Agua

En la tabla 14 se aprecia el valor de curva número (CN) utilizado por subcuenca para el modelo hidrológico.

**Tabla 14:** Curva Numero Húmedo por Subcuencas

N°	NOMBRE	CN
1	SUBCUENCA 11	86.00
2	SUBCUENCA 18	84.60
3	SUBCUENCA 19	83.52
4	SUBCUENCA 21	84.30
5	SUBCUENCA 22	84.82
6	SUBCUENCA 24	86.85
7	SUBCUENCA 25	86.27
8	SUBCUENCA 26	83.15
9	SUBCUENCA 27	83.80
10	SUBCUENCA 28	86.45
11	SUBCUENCA 29	86.12
12	SUBCUENCA 39	85.60
13	SUBCUENCA 40	85.65
14	SUBCUENCA 41	86.05
15	SUBCUENCA 42	85.95

#### 4.3.8.2. Tiempo de Concentración

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca.

Para calcular el tiempo de concentración de cada sub cuenca se utilizó el método de Kirpich que está dada por la fórmula:

$$Tc = 0.02 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde:

Tc: tiempo de concentración (minutos)

L: longitud máxima de salida (m)

S: pendiente (m/m)



En la tabla 15, se observa el tiempo de concentración calculado para cada subcuenca.

**Tabla 15** Tiempo de Concentración por Subcuenca

N°	NOMBRE	Tc (hr)
1	SUB CUENCA 11	10.1
2	SUB CUENCA 18	20.8
3	SUB CUENCA 19	10.7
4	SUB CUENCA 21	14.8
5	SUB CUENCA 22	5.3
6	SUB CUENCA 24	11.0
7	SUB CUENCA 25	4.2
8	SUB CUENCA 26	20.1
9	SUB CUENCA 27	15.9
10	SUB CUENCA 28	5.0
11	SUB CUENCA 29	4.5
12	SUB CUENCA 39	4.3
13	SUB CUENCA 40	2.1
14	SUB CUENCA 41	3.1
15	SUB CUENCA 42	4.7

#### **4.3.8.3. Método Hidrograma Unitario Sintético de Snyder**

Se calculó el hidrograma unitario con la ayuda del software HEC-HMS, para lo cual se utilizó el método Unitario sintético de Snyder siguiendo los conceptos del MTC como se escribe a continuación:

$$T_p(\text{hr}) = 0.75 * C_t(L * L_c)^{0.3}$$

Donde:

$T_p$  = retardo estándar de Snyder (hr)

$L$  = longitud del curso principal del río (km).

$L_c$  = longitud del curso principal al centro de gravedad, medida sobre cauce principal del río (km)

$C_t$  = coeficiente de retardo de Snyder, como la teoría dice que varía de 1.8 a 2.2, se ha considerado para el presente estudio el valor de 2.

En la tabla 16, se precia el tiempo de retardo estándar de Snyder calculado para cada subcuenca.

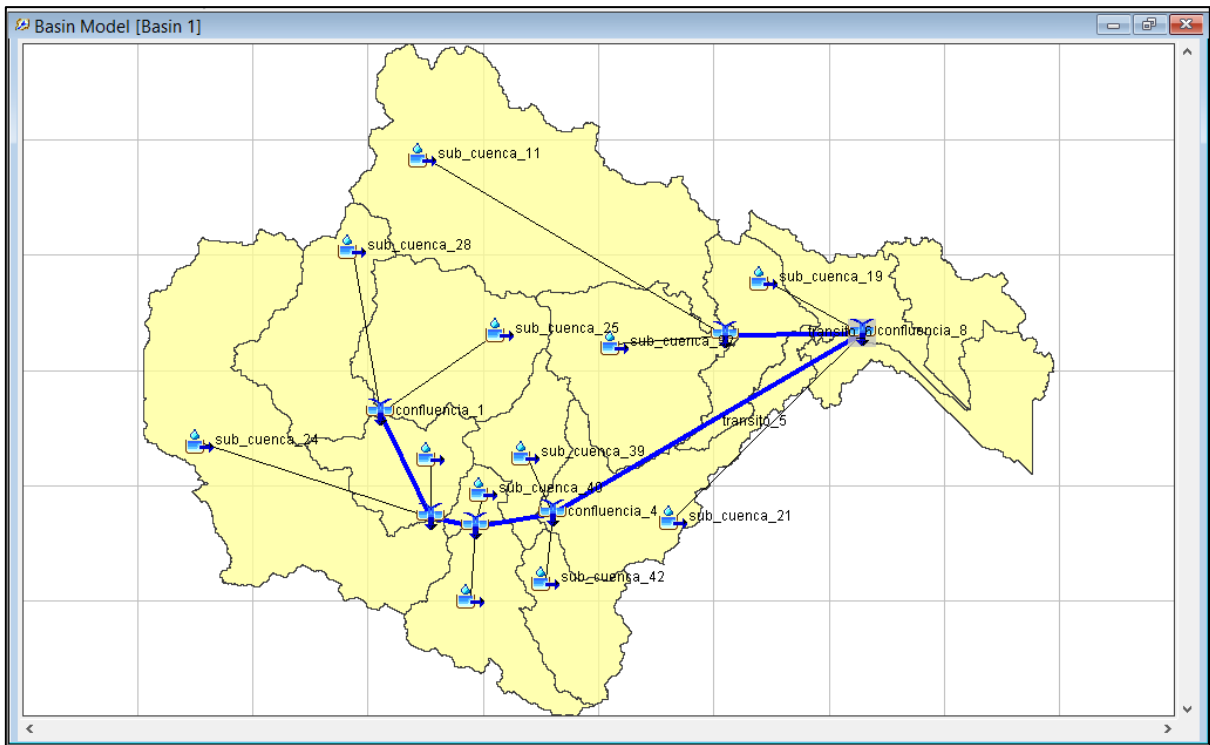
**Tabla 16:** Retardo estándar de Snyder por Subcuenca

N°	NOMBRE	Tp(hr)
1	SUBCUENCA 11	16.59
2	SUBCUENCA 18	8.36
3	SUBCUENCA 19	6.89
4	SUBCUENCA 21	13.25
5	SUBCUENCA 22	11.05
6	SUBCUENCA 24	16.39
7	SUBCUENCA 25	9.76
8	SUBCUENCA 26	6.83
9	SUBCUENCA 27	8.07
10	SUBCUENCA 28	10.93
11	SUBCUENCA 29	7.30
12	SUBCUENCA 39	5.66
13	SUBCUENCA 40	3.99
14	SUBCUENCA 41	7.52
15	SUBCUENCA 42	10.09

#### **4.3.8.4. Especificaciones de control**

se fijó el tiempo de duración de la corrida de simulación, mediante una especificación de control colocando una fecha de inicio, fecha final y duración del modelo, que permitió calcular e identificar los caudales máximos de los diferentes periodos de retorno (25, 50, 100, 200 y 500 años), para posteriormente evaluar la inundación.

El modelo de Simulación se aprecia en la figura N°18, en donde se aprecia la confluencia 8 que es donde se ubica la estación hidrométrica Puente Unocolla Coata, en dicha estación se realizó la calibración del modelo.



**Figura 18:** Modelo Hidrológico en Hec Hms

### 3.3.9 Calibración de Modelo Hidrológico

Todo modelo requiere una calibración que permita identificar en cuanto difieren los valores simulados y observados y su confiabilidad. Por lo cual para la calibración de los caudales máximos se utilizó el criterio de porcentaje de error, ya que es el único que permite evaluar máximas, el cual está dado por la siguiente ecuación:

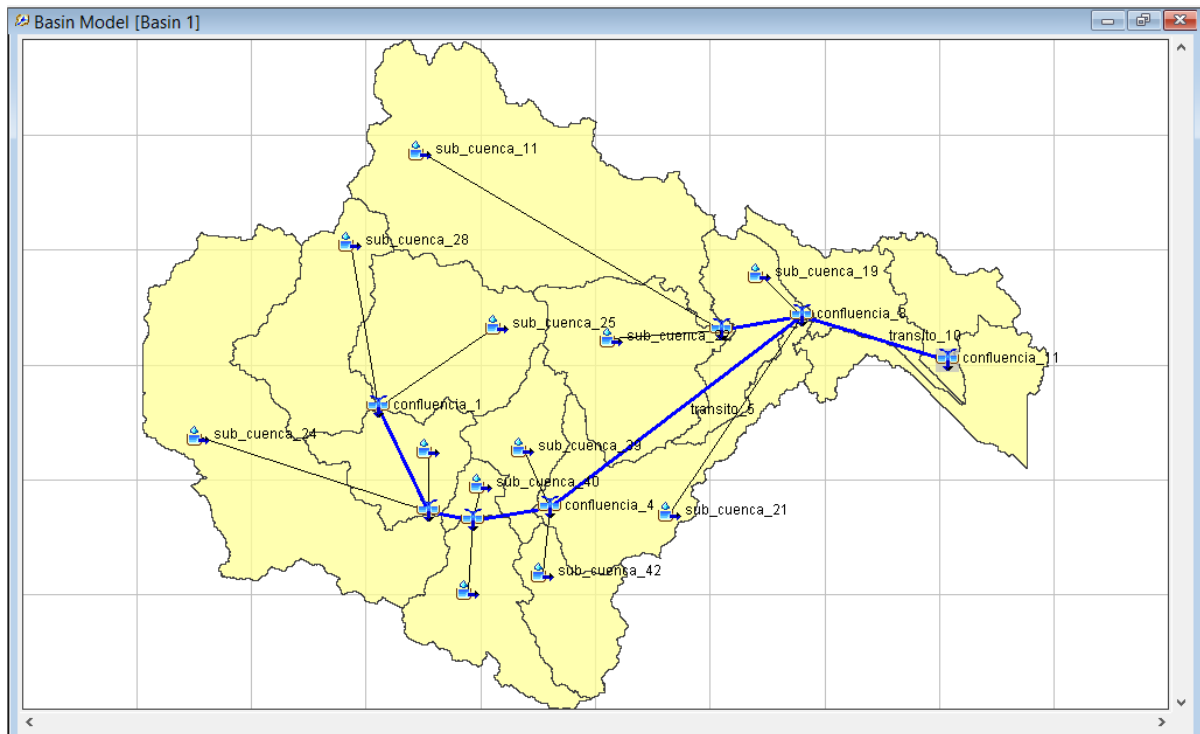
$$E = \frac{(Q_{obs} - Q_{sim})100}{Q_{obs}}$$

Para lo cual utilizamos datos de caudales máximos anuales observados de la estación hidrométrica Unocolla – Coata.

### 3.3.10 Calculo de Caudal de Ingreso al Área de Análisis

Al calibrar el modelo hidrológico se obtuvo caudales máximos, que sin embargo no son los caudales que se utilizó para el modelo hidráulico, porque el área de análisis se encuentra a 40km aguas debajo de la estación Unocolla Coata; y en este tramo hay pérdidas de caudal, para determinar cuánto se pierde y obtener el verdadero caudal de ingreso al modelo hidráulico se incluyó un tránsito Muskingum al modelo hidrológico

que permitió calcular los caudales para la simulación hidráulica. En la figura N°19 se puede apreciar el modelo hidrológico final.

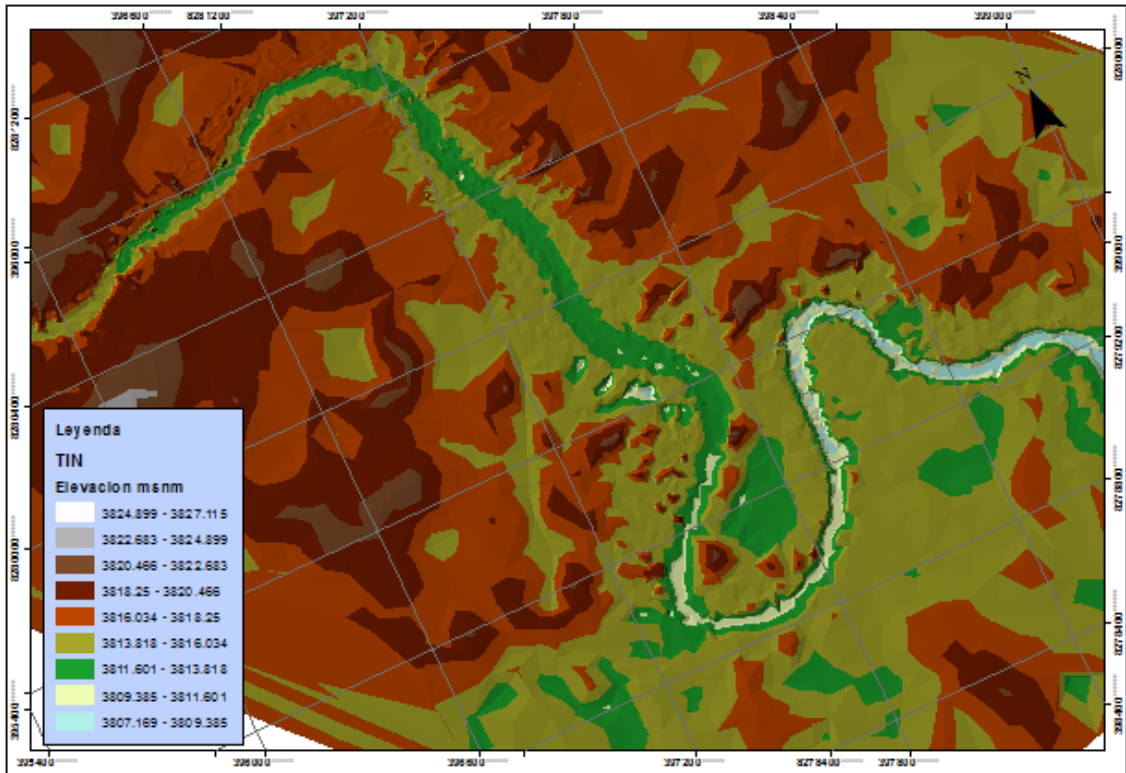


**Figura 19:** Modelo Hidrológico en Hec Hms caudal de inundación

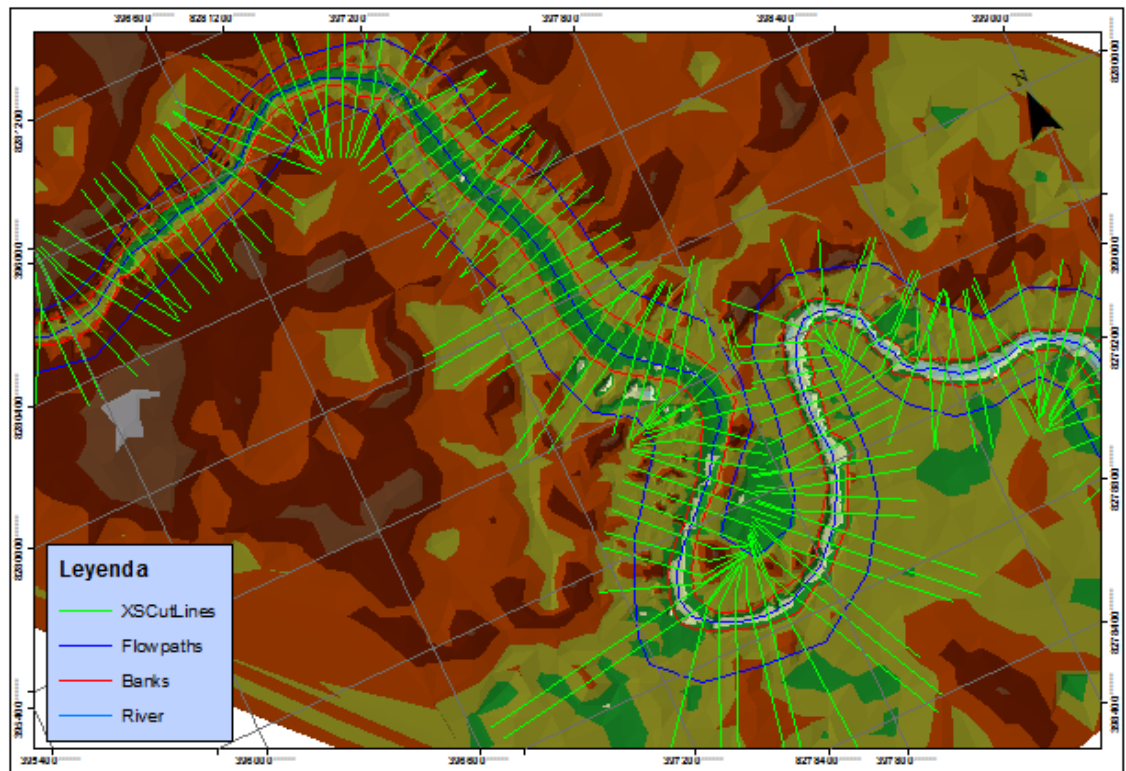
### 3.3.11 Calculo de Geometría de cauce

Para calcular la geometría del tramo del cauce que se simuló se realizó con la ayuda de la extensión GeoRas, el seccionamiento se hizo cada 50m por un ancho de 250m ambos lados del eje del cauce.

El tramo de análisis tiene 8km, en la Figura N°20 se aprecia el Tin utilizado en el análisis, donde se puede apreciar la variaciones de cotas del terreno.



**Figura 20:** Tin del área de análisis



**Figura 21:** Secciones y delimitación de cauce de Análisis

### 3.3.12 Calculo de Coeficiente de Manning

Ven te Chow en su libro “Hidráulica de Canales Abiertos” proporciona una tabla para cauces naturales, el cual fue tomado en cuenta para determinar el coeficiente de Manning en el modelo hidrológico.

El cauce del rio Coata en el tramo de análisis posee meandros por lo cual se consideró un coeficiente de 0.035, mientras que el área de posible inundación posee cultivos de pastos para ganado vacuno por lo cual su Manning fue tomado como 0.035, este criterio se tomó en función a la tabla 17 que indica los coeficientes de Manning en cauces naturales.

**Tabla 17:** Coeficiente de Manning en Cauces Naturales

Descripcion de Corriente	Mínimo	Normal	Máximo
<b>A Cauces Naturales</b>			
<b>A1 Cursos Secundarios (Ancho de las superficies libre en crecida &lt; 30m)</b>			
<b>A1.1 Cursos en Planicies</b>			
Limpio, rectos, sin fallas ni pozos	0.0250	0.030	0.033
Rectos con algunas piedras y pastos	0.0300	0.035	0.040
Limpios con Meandros, con algunos pozos y bancos	0.0330	0.040	0.045
Meandros con algunas piedras y pastos	0.0350	0.045	0.050
Meandros con muchas piedras	0.0450	0.050	0.060
Tramos sucios, con piedras y pozos profundos	0.0500	0.070	0.080
Tramo con mucho pasto, pozos profundos y cauce en crecida con mucho arbusto y matorral	0.0750	0.100	0.150
<b>A1.2 Cursos Montañosos, carentes de vegetación en el fondo, laderas con pendiente pronunciada y arboles y arbustos en laderas que se sumergen en niveles de crecida</b>			
cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas	0.0300	0.040	0.050
cauce de cantos rodados, con grandes rocas	0.0400	0.050	0.070
<b>A2 Cursos en Planicies Inundadas</b>			
<b>A2.1 Zonas de pastos, sin arbustos</b>			
pasto corto	0.0250	0.030	0.035
pasto alto	0.0300	0.035	0.050
<b>A2.2 Zonas cultivadas</b>			
sin cultivo	0.0200	0.030	0.030
cultivos sembrados en linea en fase de madurez fisiologica	0.0250	0.035	0.045
cultivos sembrados a voleo en fase de madurez fisiologica	0.0300	0.040	0.050
<b>A2.3 Zonas Arbustivos</b>			
Escaseos arbustos y pastos abundantes	0.0350	0.050	0.070
Pequeños árboles y arbustos sin follaje (parada invernal)	0.0350	0.050	0.060
Pequeños árboles y arbustos con follaje (fase vegetativa)	0.0400	0.060	0.080
Arbustos medianos a densos durante la parada invernal	0.0450	0.070	0.110
Arbustos medianos a densos durante la fase vegetativa	0.0700	0.100	0.160
<b>A2.4 Zonas arbóreas</b>			
Sauces densos, temporda invernal	0.1100	0.150	0.200
Terreno claro con ramas sin brotes	0.0300	0.040	0.050
Terreno claro con ramas con grandes crecidas de brotes	0.0500	0.060	0.080
Zonas de explotacion maderera con árboles caidos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación por debajo de las ramas	0.0800	0.100	0.120
Zonas de explotacion maderera con árboles caidos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación que alcanza las ramas	0.1000	0.120	0.160
<b>A3 Cursos Importantes (ancho de la superficie libre en crecida &gt; 30m)</b>			
En este caso, los valores del coeficiente n son inferiores a los correspondientes de cauces secundarios análogos, ya que los bancos ofrecen una resistencia efectiva menor			
Seccion regular sin rocas ni arbustos	0.0250		0.060
Seccion irregular y rugosa	0.0350		0.010

Fuente: Tomado de Hidráulica de canales Abiertos – Ven Te Chow 1994

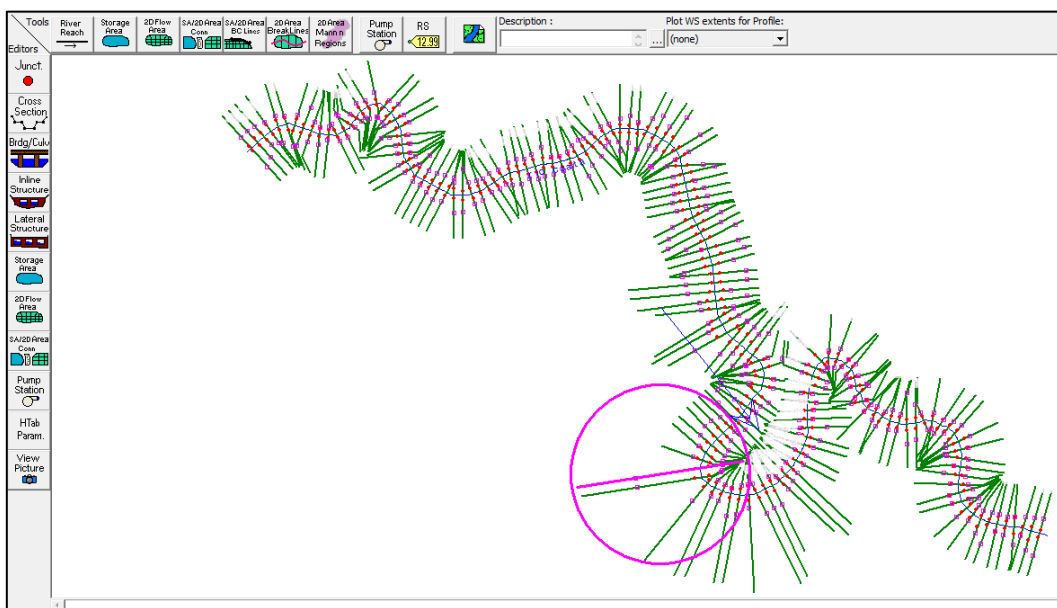


**Figura 22:** Identificación de características del cauce del río y área de posible Inundación

### 3.3.13 Modelo Hidráulico Hec Ras

Con la ayuda del HEC-RAS, se modeló la respuesta que tendría el cauce del río Coata en el tramo de análisis, para ello se utilizó los caudales a diferentes periodos de retorno (25, 50, 100, 200 y 500 años) previamente calculados y calibrados en el modelo hidrológico, dando como resultado el área que se encuentra en peligro a desborde.

Como primer paso se procedió a importar la geometría del tramo de análisis del cauce del río Coata, que previamente fue obtenido con ayuda de la extensión Geo Ras del software ArcGis. En la figura 23 se aprecia la geometría del cauce en Hec Ras.

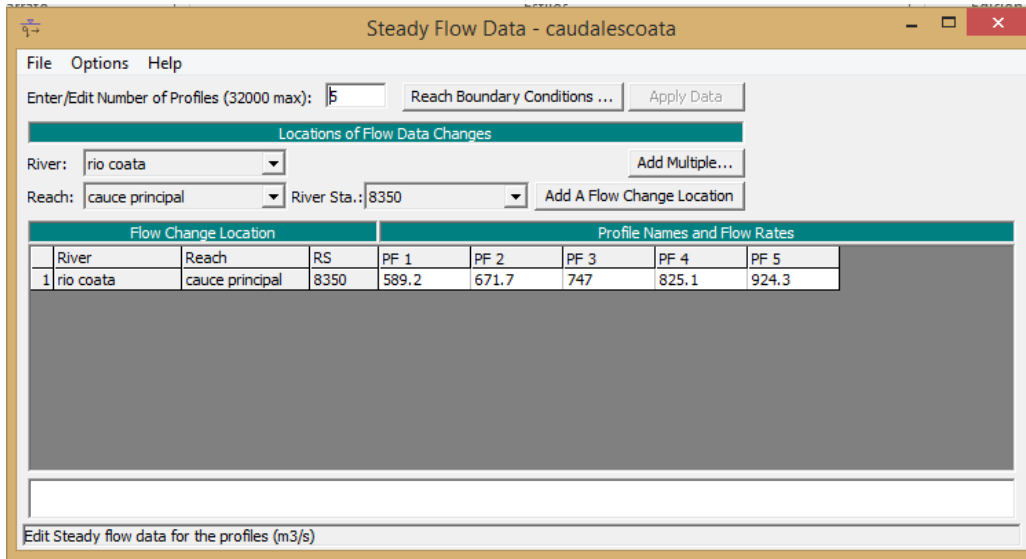


**Figura 23:** Geometría de cauce del río Coata en estudio

Posteriormente se definió otros parámetros requeridos que se detalla a continuación:

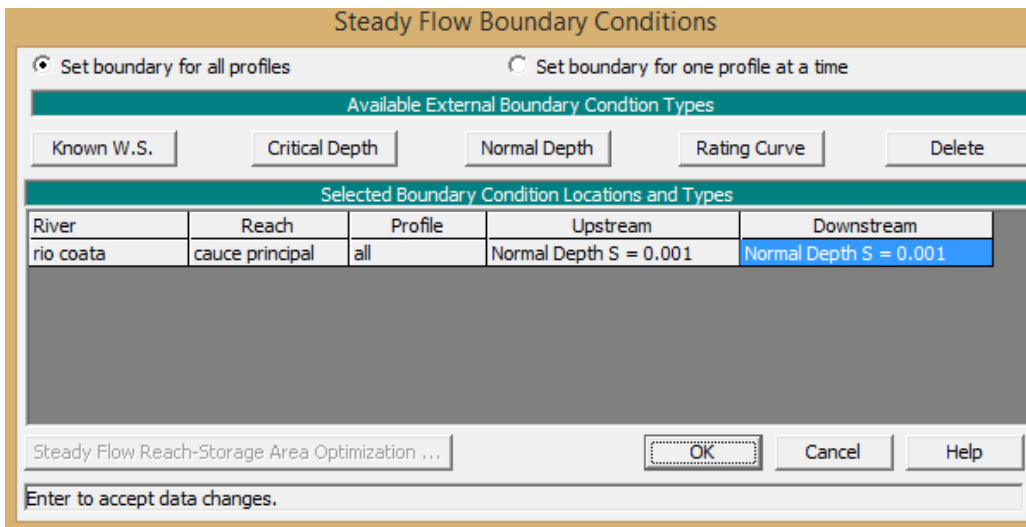
### 3.3.13.1 Caudal y Condiciones de contorno

El modelo hidráulico fue realizado con flujo contante, para el cual se utilizó los caudales a diferentes periodos de retorno (25, 50, 100, 200 y 500 años) obtenidos de la modelación hidrológica.



**Figura 24:** Caudales a diferentes periodos de retorno

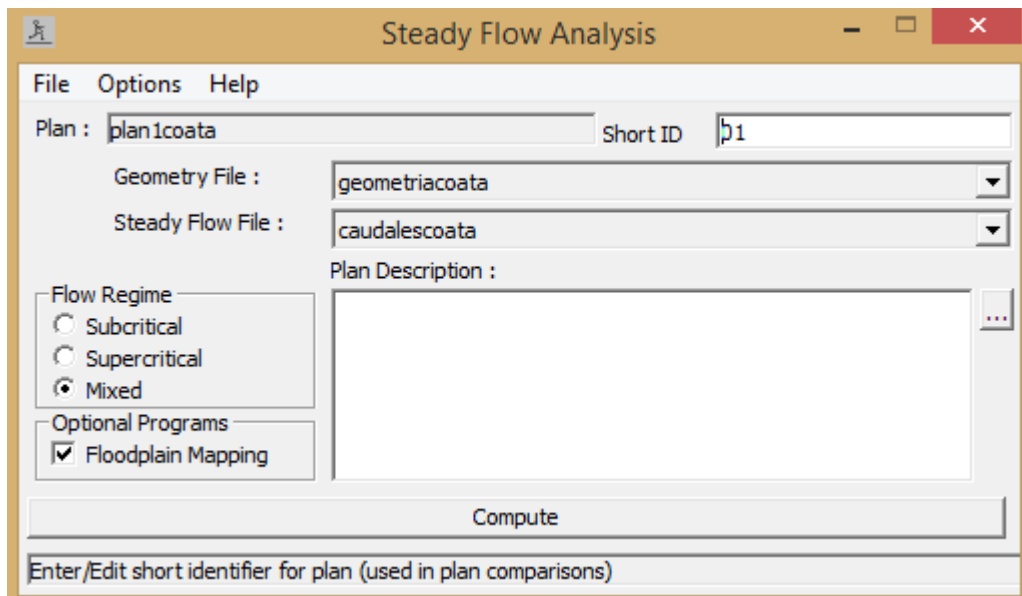
Un dato de suma importancia son las condiciones de contorno del análisis del área de estudio, el cual son las condiciones de entrada y salida de flujo en el tramo de estudio.



**Figura 25:** Condiciones de contorno



Por último se procedió a simular el modelo hidráulico con un régimen de flujo mixto como se aprecia en la figura 26



**Figura 26:** Simulación de Modelo Hidráulico

## **IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN**

Para el presente estudio se puede clasificar en dos fases la parte hidrológica e hidráulica. En la modelación hidráulica se Utilizó datos de precipitaciones máximas a diferentes periodos de retorno, los cuales fueron calibrados con datos de máximas históricas registradas en la estación hidrométrica Puente Unocolla Coata.

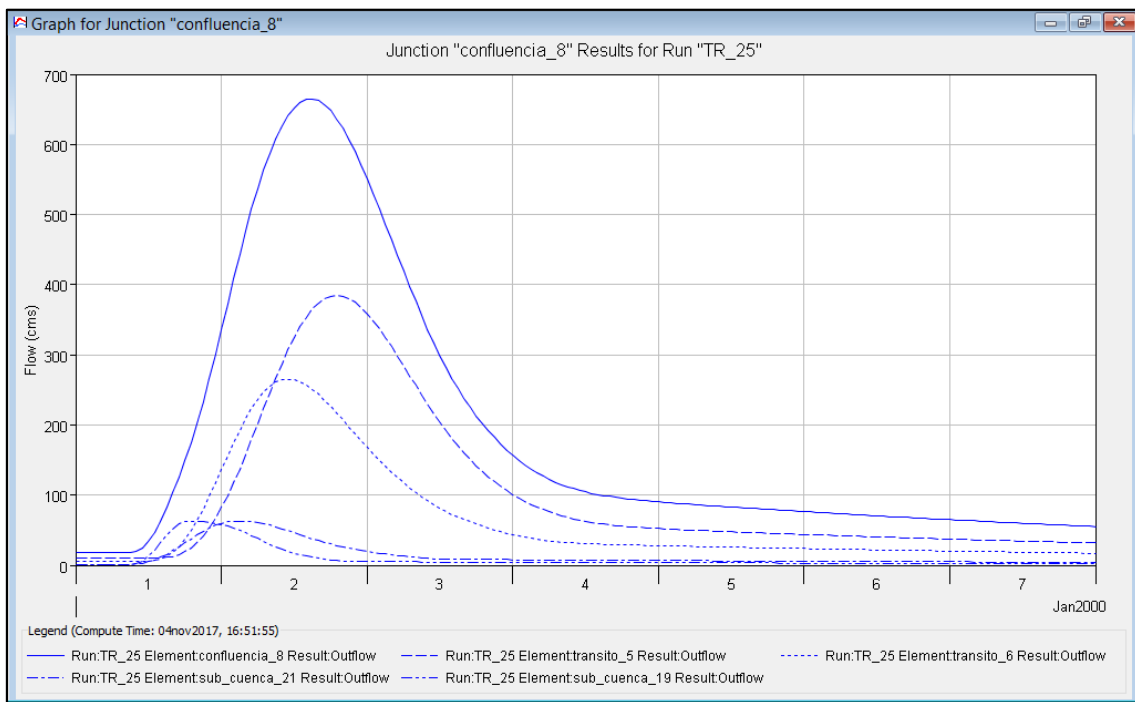
La modelación Hidráulica se realizó con datos de relieve de un tramo de 8km del rio Coata, sumado a ello se usó los datos de caudales obtenidos de la modelación hidrológica, que dio como resultado la identificación del área de inundación.

### **4.1 MODELO HIDRÓGICO**

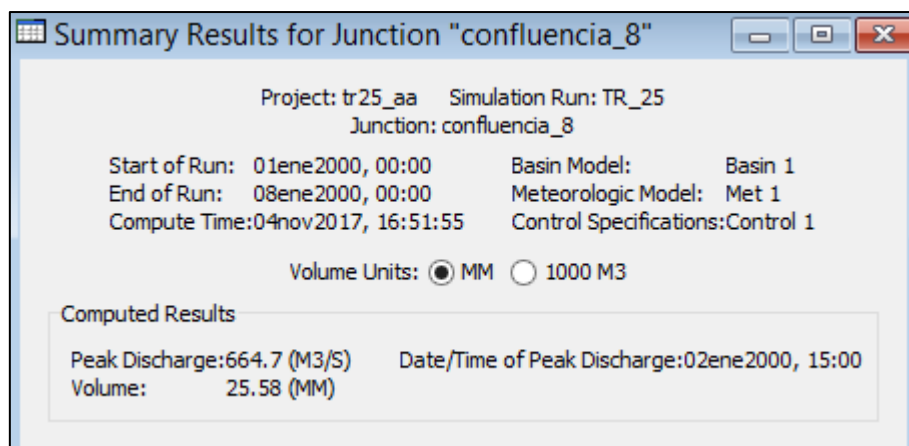
El modelo hidrológico se realizó para diferentes periodos de retorno (25, 50, 100, 200 y 500 años) , esta modelación permitió calcular los caudales máximos por cada uno de estos periodos de retorno, los cuales fueron calibrados por datos de caudales máximos históricos registrados en la estación hidrométrica Puente Unocolla Coata

#### **4.1.1 Modelamiento Hidrológico Periodo de Retorno 25 Años**

La modelación hidrológica para un periodo de retorno de 25 años dio como resultado un caudal máximo de 664.7 m<sup>3</sup>/s .



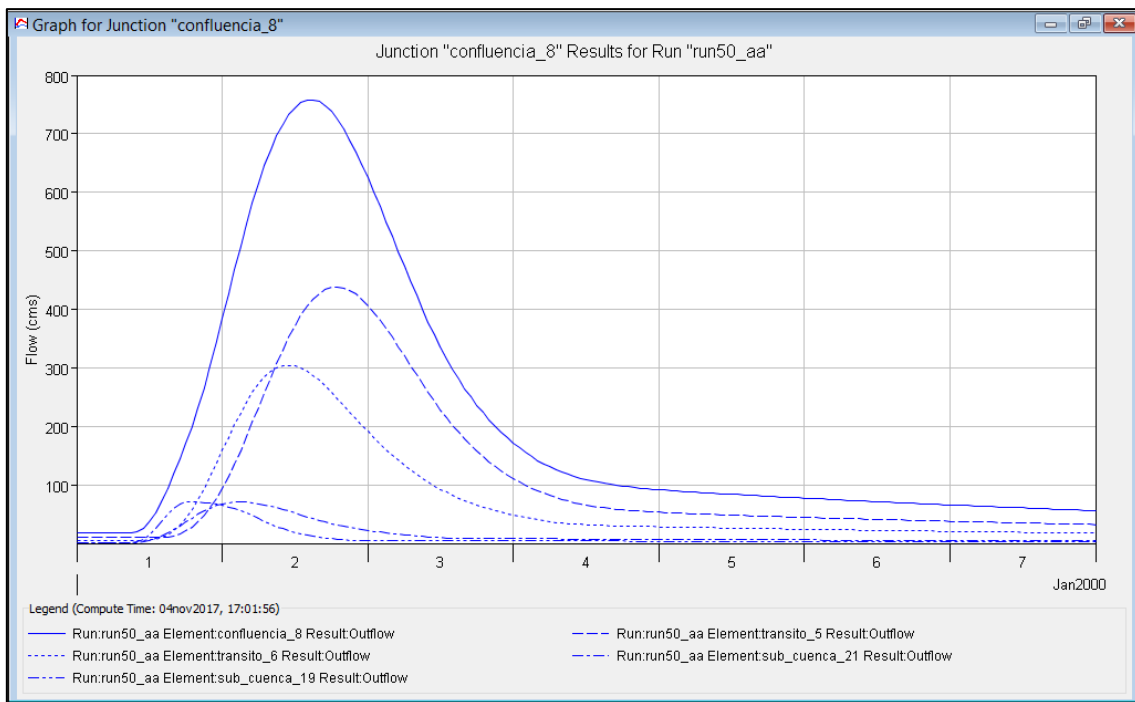
**Figura 27:** Hidrograma simulado para periodo de retorno de 25 años



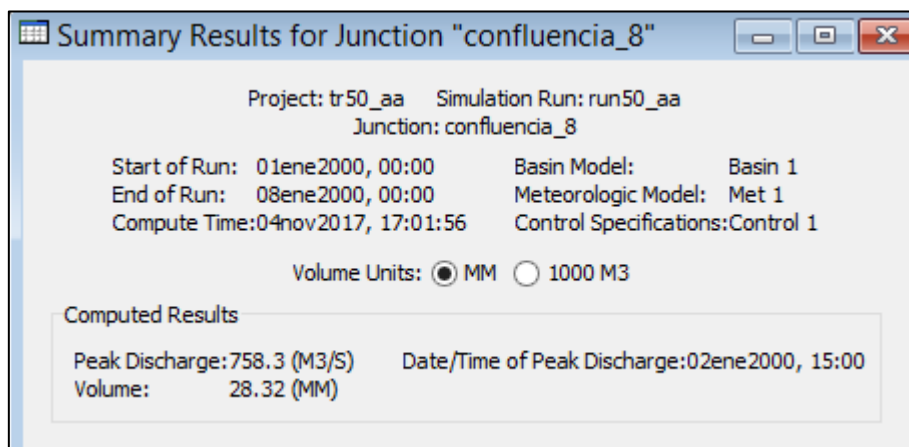
**Figura 28:** Caudal Máximo para un periodo de retorno de 25 años

#### 4.1.2 Modelamiento Hidrológico Periodo de Retorno 50 Años

La modelación hidrológica para un periodo de retorno de 50 años dio como resultado un caudal máximo de 758.3 m<sup>3</sup>/s .



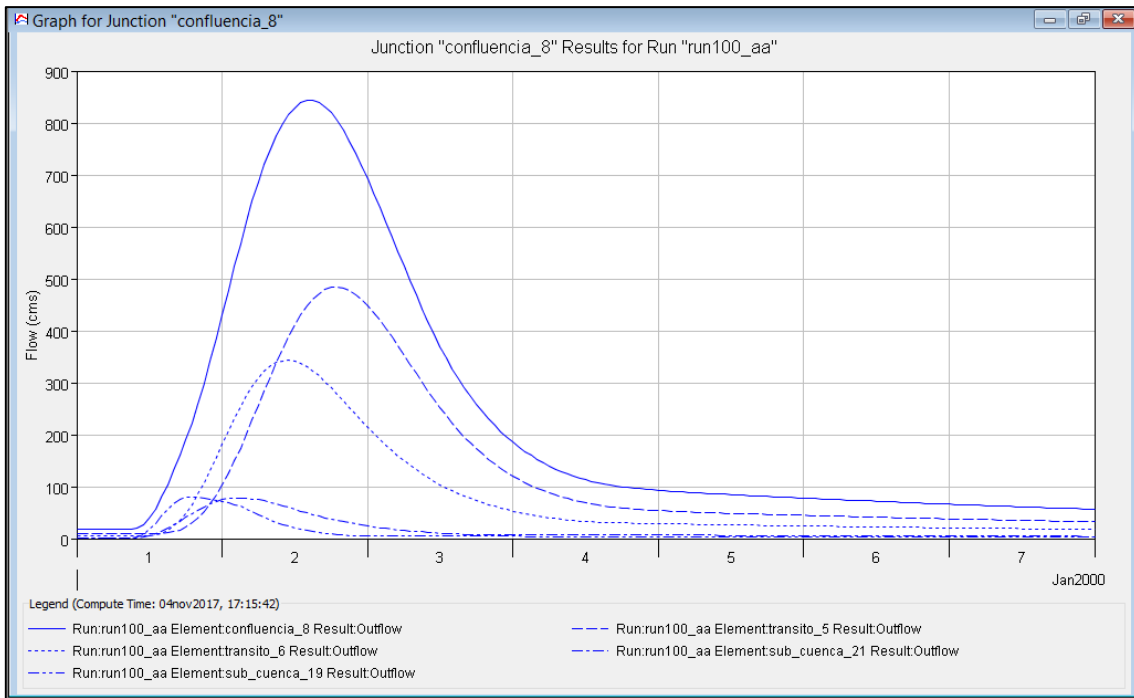
**Figura 29:** Hidrograma simulado para periodo de retorno de 50 años



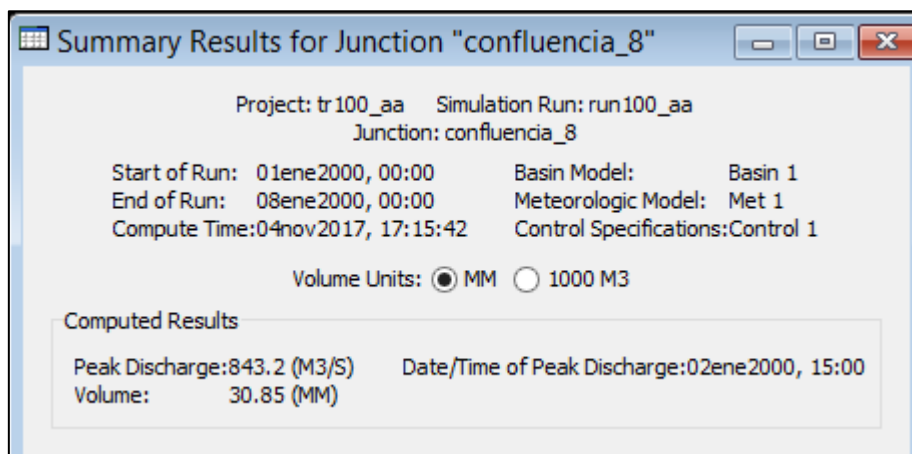
**Figura 30:** Caudal Máximo para un periodo de retorno de 50 años

#### 4.1.3 Modelamiento Hidrológico Periodo de Retorno 100 Años

La modelación hidrológica para un periodo de retorno de 100 años dio como resultado un caudal máximo de 843.2 m<sup>3</sup>/s .



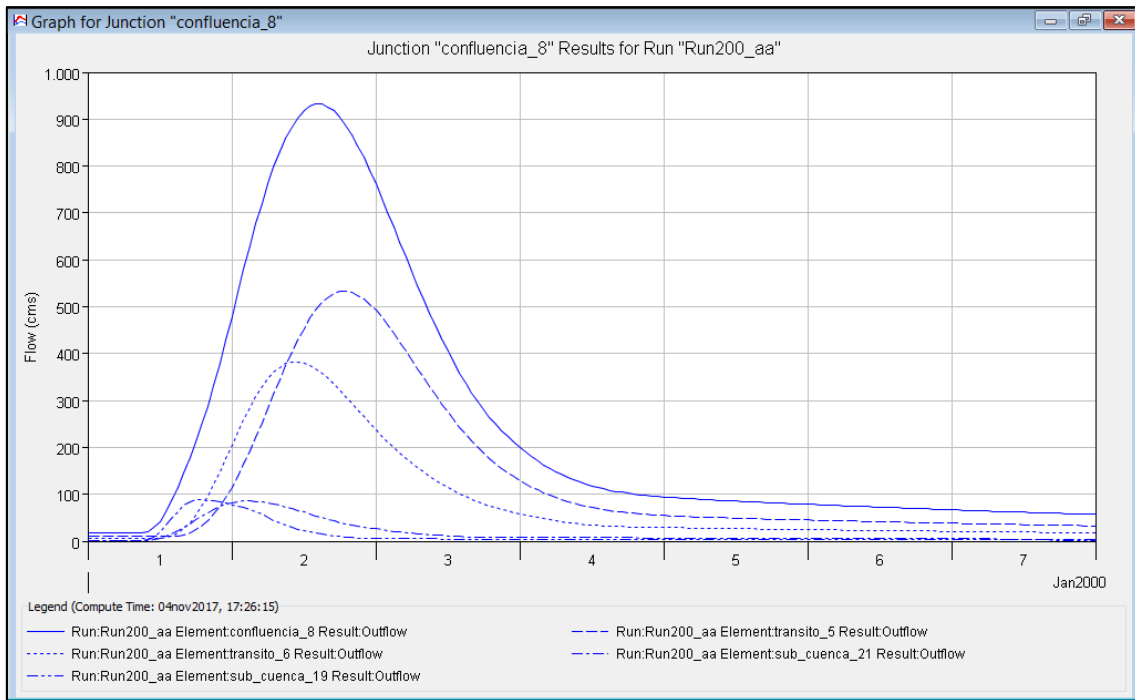
**Figura 31:** Hidrograma simulado para periodo de retorno de 100 años



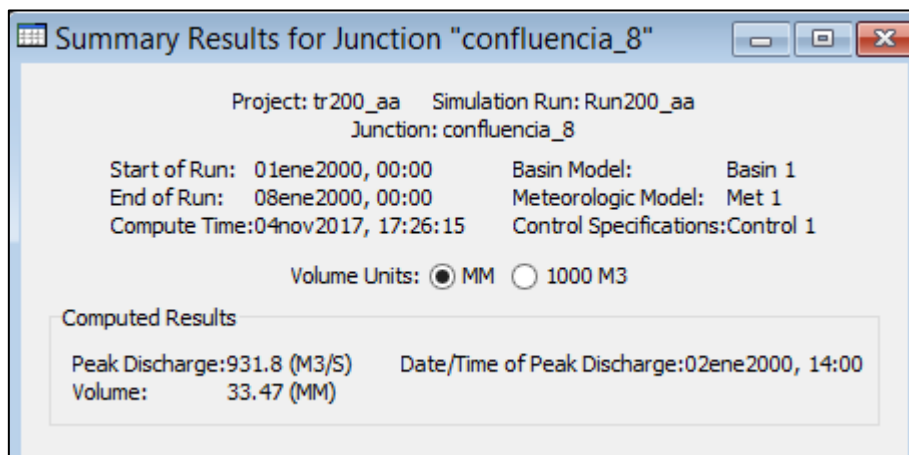
**Figura 32:** Caudal Máximo para un periodo de retorno de 100 años

#### 4.1.4 Modelamiento Hidrológico Periodo de Retorno 200 Años

La modelación hidrológica para un periodo de retorno de 200 años dio como resultado un caudal máximo de 931.8 m<sup>3</sup>/s .



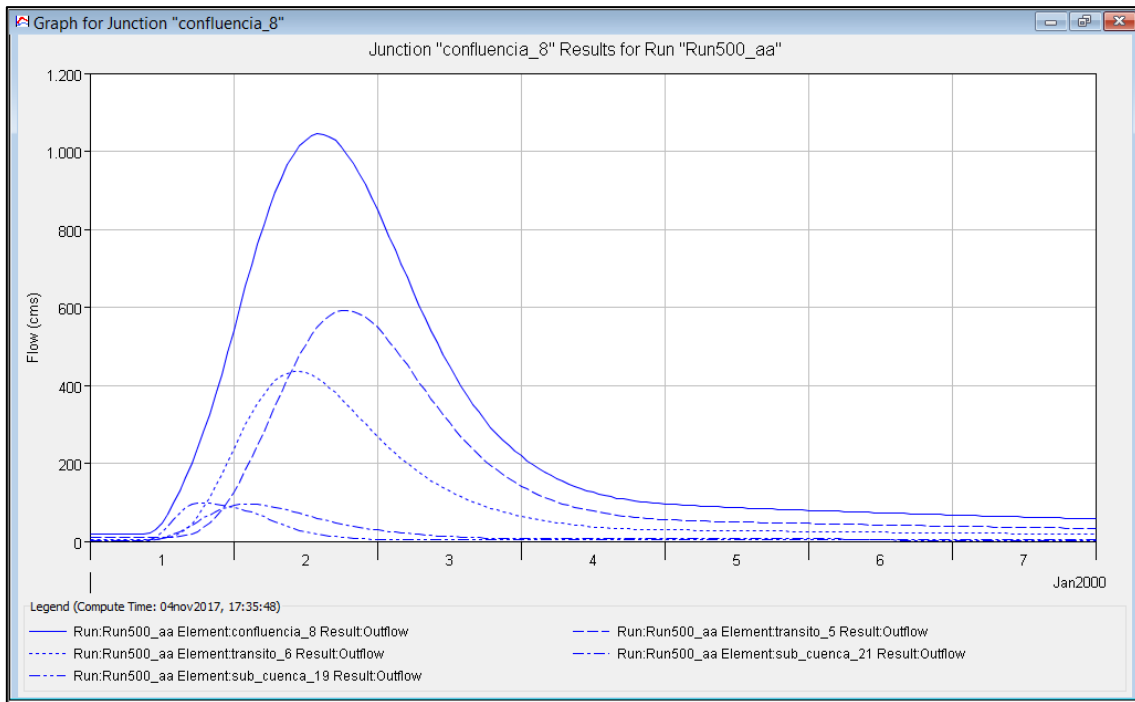
**Figura 33:** Hidrograma simulado para periodo de retorno de 200 años



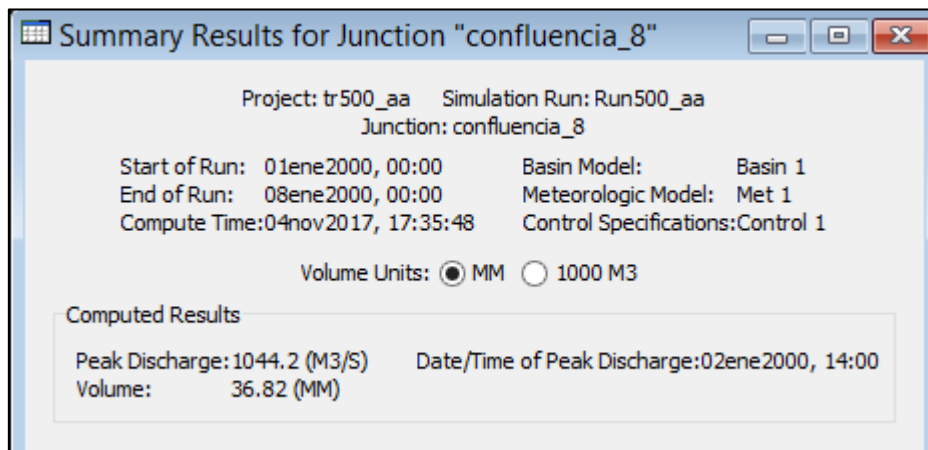
**Figura 34:** Caudal Máximo para un periodo de retorno de 200 años

#### 4.1.5 Modelamiento Hidrológico Periodo de Retorno 500 Años

La modelación hidrológica para un periodo de retorno de 200 años dio como resultado un caudal máximo de 1044.2 m<sup>3</sup>/s .



**Figura 35:** Hidrograma simulado para periodo de retorno de 500 años



**Figura 36:** Caudal Máximo para un periodo de retorno de 500 años

#### 4.1.6 Calibración de Modelo Hidráulico

Para la calibración del modelo se utilizó el criterio de porcentaje de error, el cual permite relacionar los caudales picos máximos observados y simulados, es el único método que se puede utilizar al poseer datos puntuales de cada año. EL método de calibración esta dado por la siguiente Ecuación:

$$E = \frac{(Q_{obs} - Q_{sim})100}{Q_{obs}}$$

Para calibrar previamente se ajustó a una distribución los caudales observados en la estación Puente Unocolla Coata. En la tabla 18 y 19 se aprecia el caudal observado y simulado respectivamente.

**Tabla 18:** Caudales Observados Estación Puente Unocolla Coata para Diferentes Periodos de Retorno

ESTACION	PERIODOS DE RETORNO (Años)				
	PR 25 (m3/s)	PR 50 (m3/s)	PR 100(m3/s)	PR 200 (m3/s)	PR 500 (m3/s)
PUENTE UNOCOLLA COATA	645.6	735.5	824.8	913.8	1031.2

**Tabla 19:** Caudales Simulados Estación Puente Unocolla Coata para Diferentes Periodos de Retorno

ESTACION	PERIODOS DE RETORNO (Años)				
	PR 25 (m3/s)	PR 50 (m3/s)	PR 100(m3/s)	PR 200 (m3/s)	PR 500 (m3/s)
PUENTE UNOCOLLA COATA	664.7	758.3	843.2	931.8	1044.2

Se puede apreciar en la tabla N°20 que el porcentaje de error menor a un 5% lo cual es bueno.

**Tabla 20:** Calibración Por método de Porcentaje de Error

PORCENTAJE DE ERROR	PERIODOS DE RETORNO (Años)				
	PR 25	PR 50	PR 100	PR 200	PR 500
E (%)	3.0	3.1	2.2	2.0	1.3

#### 4.1.7 Caudal de Ingreso al Modelo Hidráulico

La segunda simulación con la incorporación de un tránsito maskingum de 43 km, que es la distancia entre la estación hidrométrica Puente Unocolla Coata y el área de análisis, este tránsito permitió calcular los caudales de ingreso al modelo hidráulico los cuales se aprecia en la tabla 21, los cuales son un 11% menores que en la estación de calibración, ello se debe a que el río Coata es un río con baja pendiente y meandros.

**Tabla 21:** Caudales de Ingreso al Modelo Hidráulico

ESTACION	PERIODOS DE RETORNO (Años)				
	PR 25 (m3/s)	PR 50 (m3/s)	PR 100(m3/s)	PR 200 (m3/s)	PR 500 (m3/s)
Caudal de ingreso al modelo hidraulico	589.2	671.7	747.0	825.1	924.3



## 4.2 MODELO HIDRÁULICO

El modelo Hidráulico permitió hallar las posibles áreas con peligros a desborde en la cuenca baja del río Coata el cual permite observar la cantidad de hectáreas de cultivo afectadas, así como también como afecta al área urbana de las localidades de Coata y Almozanche, los cuales se aprecian en la tabla 22.

**Tabla 22:** Área Vulnerable a Inundación Cuenca Baja del Río Coata

AREA VULNERABLE A INUNDACION					
DESCRIPCION	AREA (HA)				
	TR 25	TR 50	TR 100	TR 200	TR 500
POBLADO ALMOZANCHE	3.00	3.31	3.31	3.45	3.55
POBLADO COATA	0.05	0.17	0.17	0.26	0.32
CULTIVO	217.92	239.05	239.05	258.27	278.13
INUNDACION TOTAL	220.97	242.53	242.53	261.98	282.00

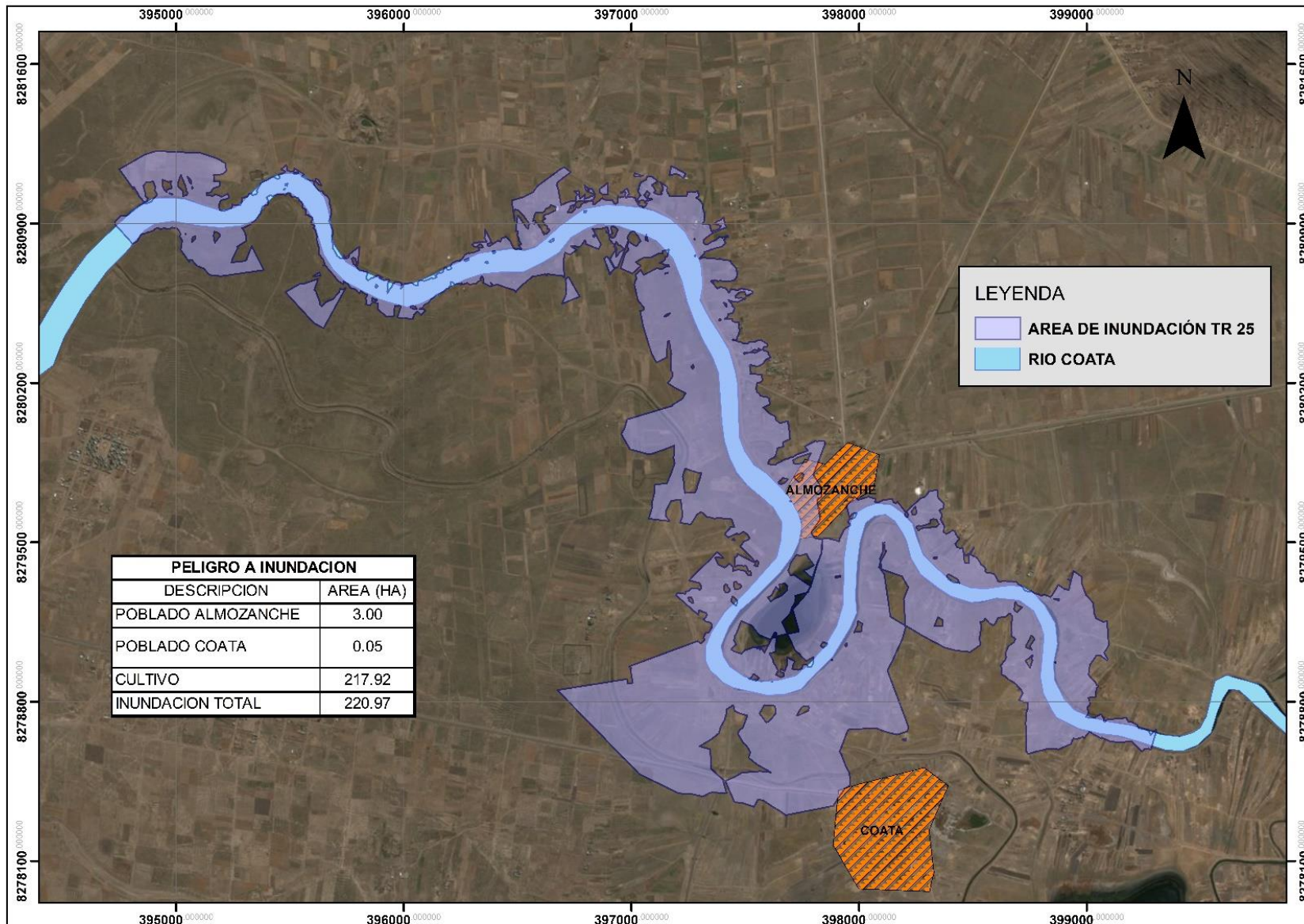
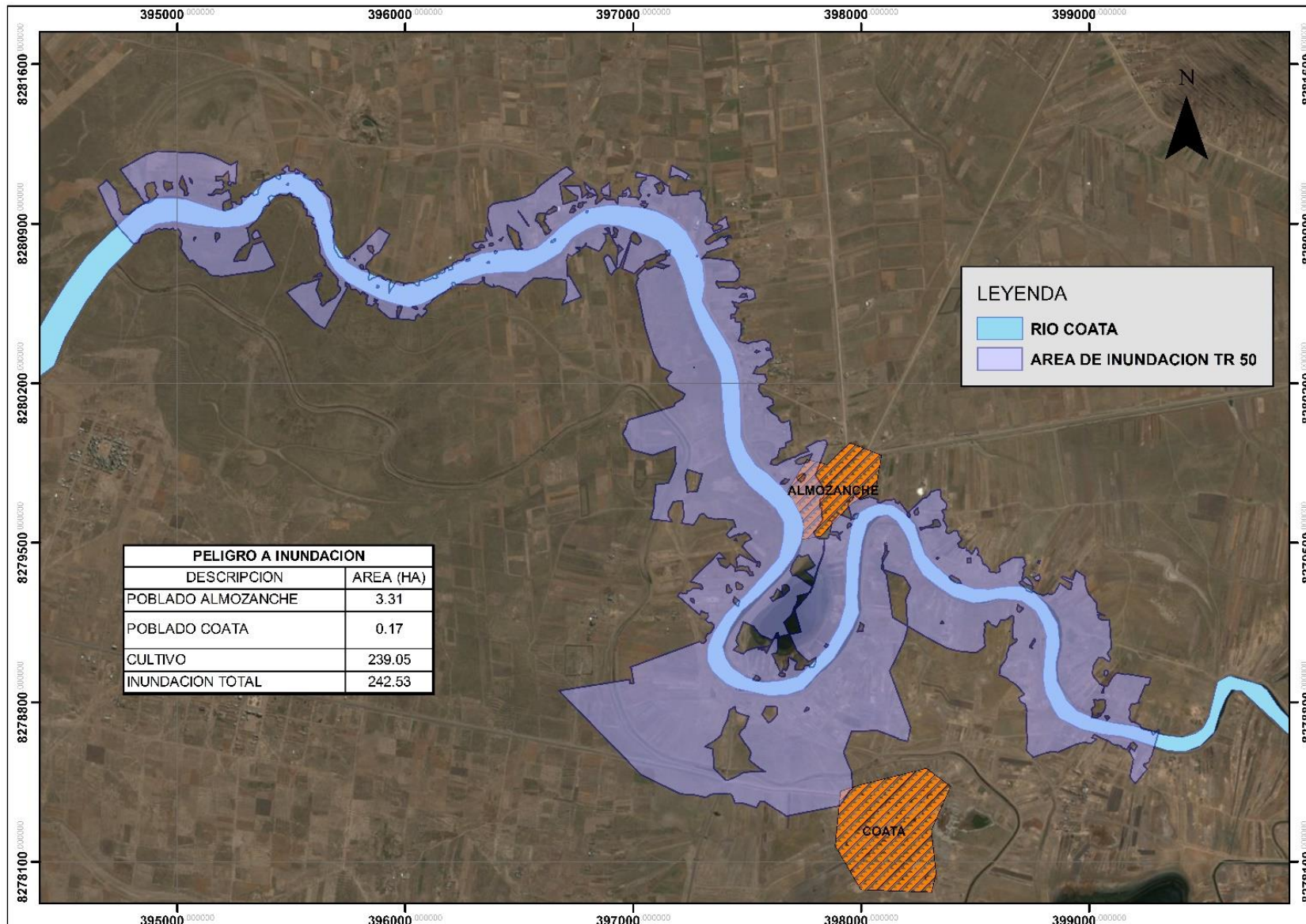


Figura 37: Área de Inundación Periodo de retorno 25 años



**Figura 38:** Área de Inundación Periodo de retorno 50 años

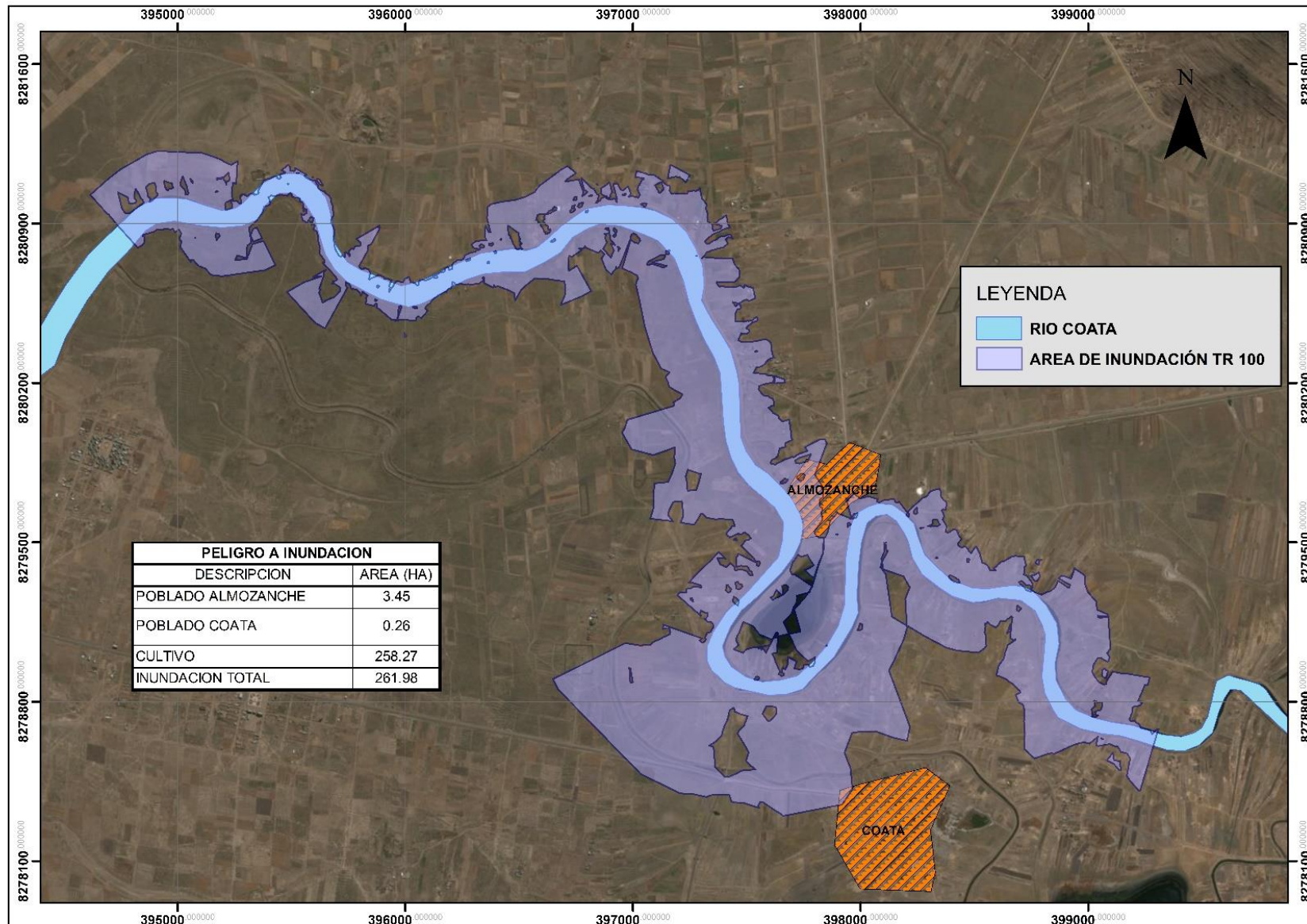
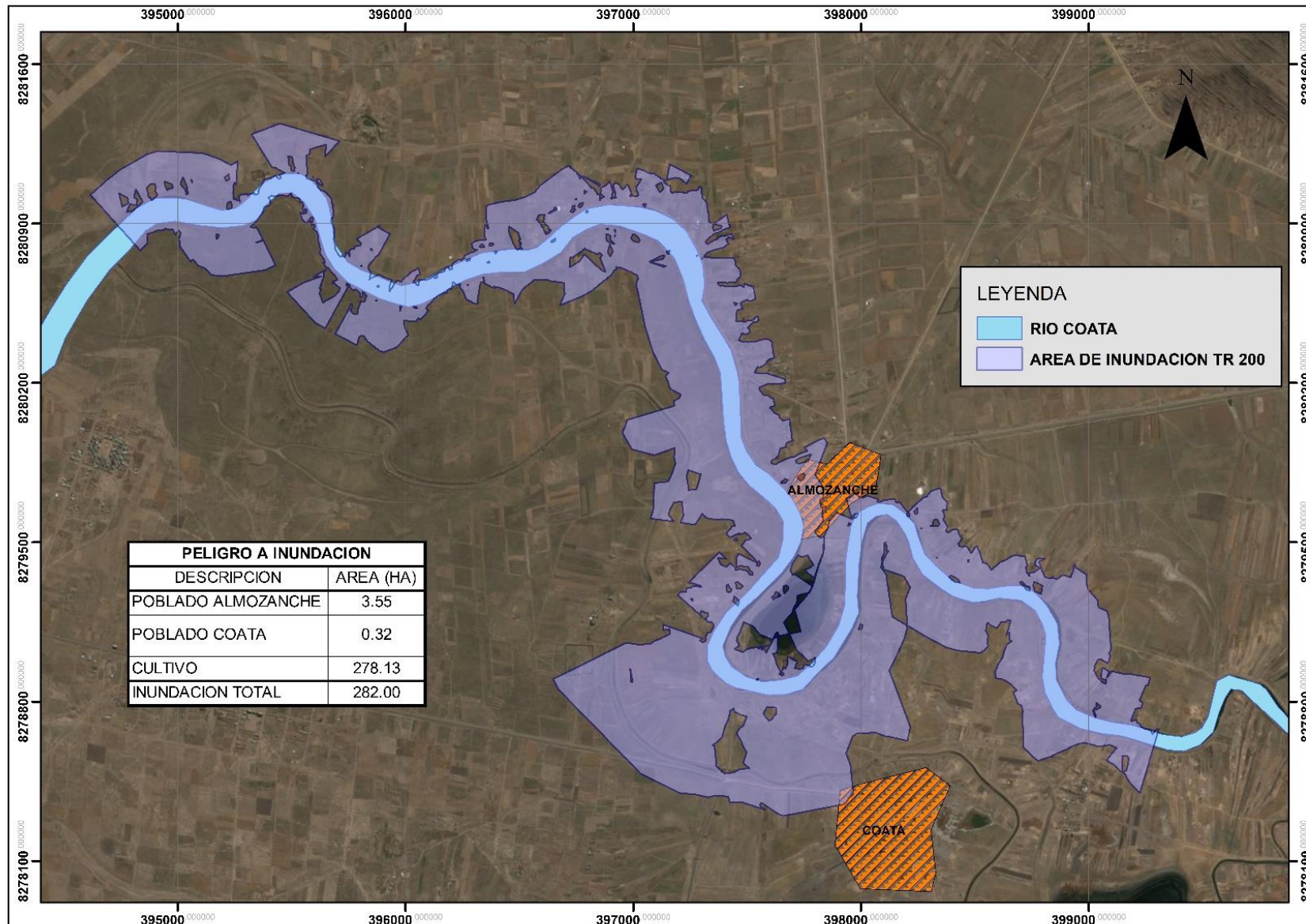
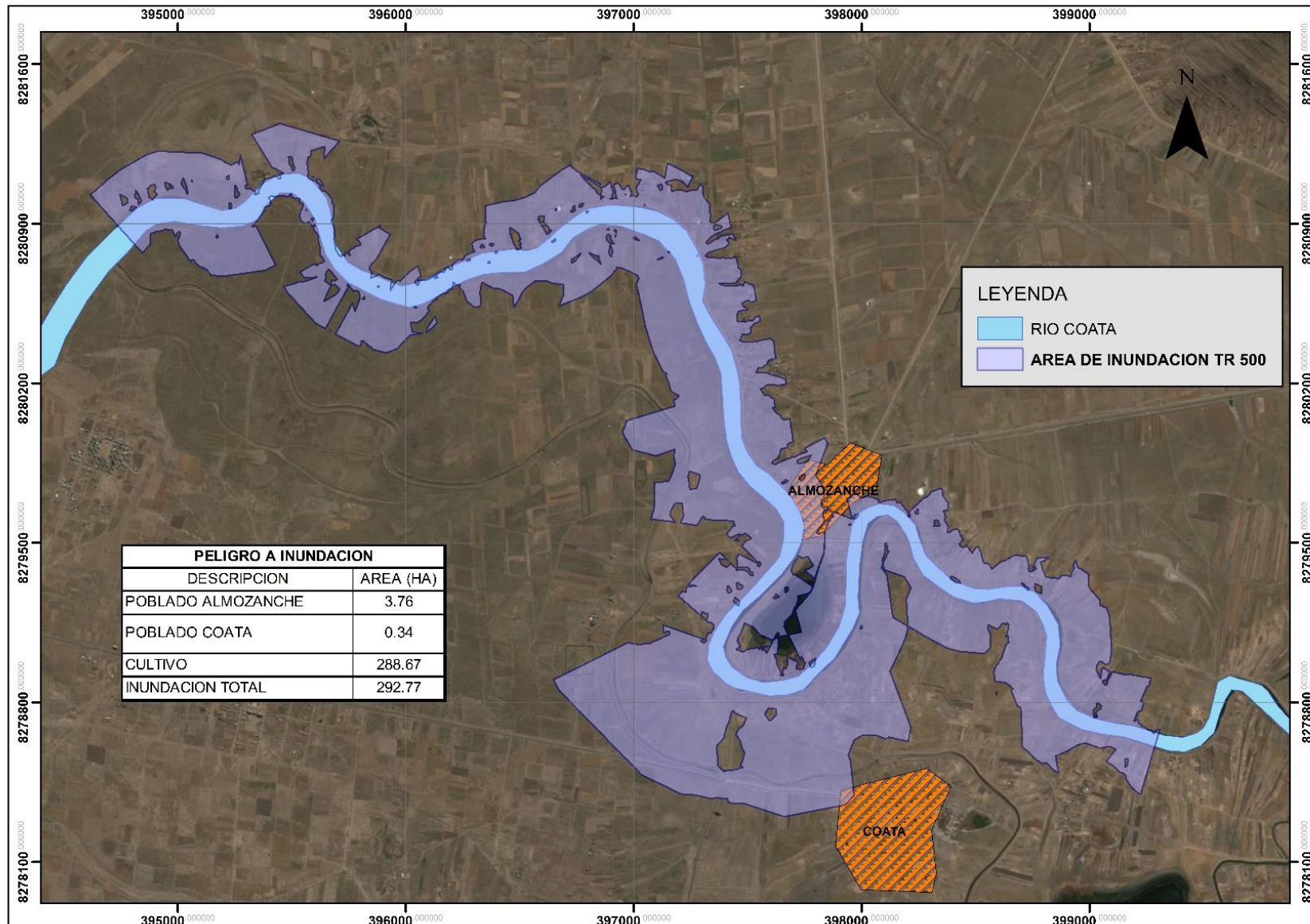


Figura 39: Área de Inundación Periodo de retorno 100 años



**Figura 40:** Área de Inundación Periodo de retorno 200 años



**Figura 41:** Área de Inundación Periodo de retorno 500 años

## V. CONCLUSIONES

1. Se logro simular de manera satisfactoria el comportamiento Hidrológico e Hidráulico para identificar las áreas vulnerables a desbordes en la cuenca baja del rio Coata, para periodos de retorno de 25, 50, 100, 200 y 500 años.
2. El Modelo Hidrológico, permitió el cálculo de los caudales máximos, para diferentes periodos de retorno ( 25, 50, 100, 200 y 500 años), los cuales fueron 664.7, 758.3, 843.2, 931.8, 1044.2 m<sup>3</sup>/s con porcentajes de error de 3, 3.1, 2.2, 2 y 1.3 que son porcentajes menores al 5% entre el caudal y simulado y observado por lo cual se concluye que el modelo hidrológico esta calibrado.
3. El Modelo Hidráulico permitió identificar las áreas en peligro de desborde para diferentes periodos de retorno ( 25, 50, 100, 200 y 500 años), concluyendo que el poblado de Almozanche es vulnerable a desborde de rio con 3, 3.31, 3.45, 3.55 y 3.76 ha, lo cual ocasionaría daños materiales y la posibilidad de presentarse perdida humanas si no se cumple con un plan de alerta temprana para una evacuación del área.
4. El Modelo Hidráulico permitió identificar las áreas en desborde para diferentes periodos de retorno ( 25, 50, 100, 200 y 500 años), concluyendo que el poblado de Coata es vulnerable a desborde de rio con 0.05, 0.17, 0.26, 0.32 y 0.34 ha. lo cual ocasionaría daños materiales y la posibilidad de presentarse perdida humanas si no se cumple con un plan de alerta temprana para una evacuación del área.
5. El Modelo Hidráulico permitió identificar las áreas en desborde para diferentes periodos de retorno ( 25, 50, 100, 200 y 500 años), concluyendo que el área agrícola es vulnerable con 217.92, 239.05, 258.27, 278.13, 288.67 ha. Lo cual ocasionaría la perdida de cultivo de pastos para ganadería, que en términos económicos es aproximadamente de S/. 872551.7, S/. 957156.2, S/. 1034113.1, S/. 1113632.5, S/. 1155834.7 respectivamente.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda la implementación de estaciones pluviométricas e hidrométricas automáticas, de modo que tenga un mejor registro de las precipitaciones y caudales que permitan una mejor calibración de los modelos matemáticos aplicados para el modelo hidrológico como hidráulico.
2. Uno de los limitantes es la resolución que tiene el DEM ( modelo de elevación digital), con mayor resolución permitirá una delimitación más precisa del área de estudio.
3. Se recomienda realizar un plan de alerta temprana que permita estar preparado a la posible llegada de estos eventos de máximas avenidas, y así reducir sus efectos en el Cuenca Baja del río Coata.
4. Se recomienda la construcción de estructuras de defensas ribereñas y encauzamiento principalmente en las áreas vulnerables cercanas a la localidad de Almozanche.
5. El presente estudio se pone a disposición de las entidades estatales competentes con fin de cuantificar el riesgo y su posterior mitigación.
6. Se recomienda realizar el análisis de tránsito de las redes de flujo mediante métodos difusivos o dinámicos.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ANA (Autoridad Nacional del Agua). 2007. Evaluación de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Cabanillas y Lampa.
2. Aparicio, M.F.J.1995. Fundamentos de hidrología de superficies. México D.F. editorial Limosa.
3. Apaella. R. 2010. Estudio de máximas avenidas en las cuencas de la zona centro de la vertiente del pacifico. 185p
4. Cárdenas. A.I.2000 Aplicación del Sistema de Información Geográfica para Modelamiento de Zonas con Riesgo de Inundación, Caso Estudio Rio Lurín. Tesis Ing. Agri. La Molina. Lima. Perú.
5. Chow, V.T. Maidment, D. y Mays, L. 1994. Hidráulica de canales abiertos. 655p. Trad. Santa fe de Bogotá. Colombia.
6. Chow, V.T. Maidment, D. y Mays, L. 1994. Hidrología Aplicada. 582p. trad. Saldarriaga. J. Santa fe de Bogotá. Colombia.
7. Córdova. P.D.2003. Modelamiento Hidrológico de la Cuenca del Rio Huallaga con Fines de Estimación de áreas en la Zona de Ambo. Tesis Ing. Agri.. La Molina. Lima. Perú.

8. Coloma A.P.. 2015. Simulación Hidrológica e Hidráulica del Rio Tambo, Sector Santa Rosa, Distrito de Cocachacra, Provincia de Islay, Departamento de Arequipa. Tesis Ing. Agri. La Molina. Lima. Perú.
9. Llamas. J. 1993. Hidrologia general. Principios y Aplicaciones. Universidad del Pais Vasco. Quebec. Canada.
10. MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú). 2008. Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.
11. Monsalve, G. 1999. Hidrología en la Ingeniería. Santa fe de Bogotá. Colombia. Editorial Tercer Mundo.
12. Pizarro. R y Novoa. P. 1986. Determinación de valores probabilísticos para variables hidrológicas. Santiago. Chile. 78p.
13. Ramos C.L.2012 Métodos de Análisis en Recursos Hídricos Aplicaciones Del Hec Hms y Hec Ras. La Molina. Lima. Peru. 233p. Q y P Impresores S.L.R.
14. SCS (Soil Conservation Service). 1972. National Engineering Handbook. Section 4 Hydrology. SCS, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.
15. Tarazona H.G. 2016 Modelamiento Hidrológico de la Cuenca del Rio Ica Con Fines de Prevención de Inundaciones en la Ciudad de Ica. Tesis Ing. Agri. La Molina. Lima. Perú.
16. Velásquez A.A. 2015. Modelamiento Hidrológico e Hidráulico del Rio Santa, Tramo Asentamiento Humano las Flores, Distrito de Carhuaz, Ancash. Tesis Ing. Agri. La Molina. Lima. Perú.

## VIII. ANEXOS

### 8.1 ANEXO 1: CAUDALES MÁXIMOS ANUALES ESTACIÓN PUENTE UNOCOLLA COATA

**Tabla 23:** caudales Máximos anuales Estación Puente Unocolla Coata

años	Q (m3/s)
1958	282.2
1959	365
1960	292.2
1961	469.5
1962	337.5
1963	453.8
1964	138.15
1965	117.5
1966	135
1967	326.5
1968	238.4
1969	151.8
1970	428
1971	986
1972	315
1973	624
1974	410
1975	420
1976	300
1977	350
1978	527.5
1979	229.8
1991	121.75
1993	97.5
1994	260.42
1995	103.82
1996	277.25
1997	501.39
1998	107.5
1999	225.26
2000	296.76
2001	338.56
2002	166.98
2003	254.69
2004	377.16
2005	365.25
2006	212.36
2007	244.74
2008	327.55
2009	235.87
2010	662.28
2011	280.23
2012	439.72
2013	282.8
2014	227.97
2015	228.96

**Fuente:** Los datos de 1958 a 2006 fueron obtenidas de la Autoría Nacional del Agua (ANA) , del estudio Evaluación de Recursos Hídricos de los ríos Cabanillas y Lampa. Los datos del 2007 al 2015 fueron obtenida del Servicio Nacional de Meteorológico e hidrología del Perú (SENHAMI)

## 8.2 ANEXO 2: CALCULO DEL AJUSTE DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD CON EL SOFTWARE HYDROGNOMON

Estación Cabanillas

All data - T(Max)= 25.0	Value	All data - T(Max)= 50.0	Value	All data - T(Max)= 100.0	Value	All data - T(Max)= 200.0	Value	All data - T(Max)= 500.0	Value
Normal	44.8602	Normal	47.233	Normal	49.3674	Normal	51.3207	Normal	53.6878
Normal (L-Moments)	44.306	Normal (L-Moments)	46.5829	Normal (L-Moments)	48.631	Normal (L-Moments)	50.5054	Normal (L-Moments)	52.7768
LogNormal	46.5981	LogNormal	50.2276	LogNormal	53.7331	LogNormal	57.1553	LogNormal	61.5959
Galton	47.0202	Galton	51.113	Galton	55.1599	Galton	59.1958	Galton	64.5525
Exponential	48.5259	Exponential	53.9529	Exponential	59.38	Exponential	64.807	Exponential	71.9812
Exponential (L-Moments)	49.9637	Exponential (L-Moments)	55.8399	Exponential (L-Moments)	61.7161	Exponential (L-Moments)	67.5923	Exponential (L-Moments)	75.3602
<b>Gamma</b>	<b>46.1153</b>	<b>Gamma</b>	<b>49.2561</b>	<b>Gamma</b>	<b>52.1956</b>	<b>Gamma</b>	<b>54.9819</b>	<b>Gamma</b>	<b>58.4829</b>
Pearson III	47.2446	Pearson III	51.2374	Pearson III	55.0892	Pearson III	58.8339	Pearson III	63.6574
Log Pearson III	46.3662	Log Pearson III	49.9232	Log Pearson III	53.3552	Log Pearson III	56.7025	Log Pearson III	61.0416
EV1-Max (Gumbel)	47.1617	EV1-Max (Gumbel)	51.4574	EV1-Max (Gumbel)	55.7215	EV1-Max (Gumbel)	59.9699	EV1-Max (Gumbel)	65.575
EV2-Max	47.085	EV2-Max	52.9592	EV2-Max	59.5147	EV2-Max	66.8531	EV2-Max	77.9369
EV1-Min (Gumbel)	41.8174	EV1-Min (Gumbel)	43.0084	EV1-Min (Gumbel)	44.0046	EV1-Min (Gumbel)	44.8609	EV1-Min (Gumbel)	45.8351
EV3-Min (Weibull)	44.163	EV3-Min (Weibull)	46.1045	EV3-Min (Weibull)	47.794	EV3-Min (Weibull)	49.2955	EV3-Min (Weibull)	51.0611
GEV-Max	47.0861	GEV-Max	51.2351	GEV-Max	55.3101	GEV-Max	59.3277	GEV-Max	64.5638
GEV-Min	47.4347	GEV-Min	51.2689	GEV-Min	54.8773	GEV-Min	58.3048	GEV-Min	62.6098
Pareto	48.0748	Pareto	51.4974	Pareto	54.3785	Pareto	56.8039	Pareto	59.4315
GEV-Max (L-Moments)	46.6896	GEV-Max (L-Moments)	50.485	GEV-Max (L-Moments)	54.1303	GEV-Max (L-Moments)	57.6453	GEV-Max (L-Moments)	62.1103
GEV-Min (L-Moments)	46.4405	GEV-Min (L-Moments)	49.7064	GEV-Min (L-Moments)	52.7233	GEV-Min (L-Moments)	55.544	GEV-Min (L-Moments)	59.0317
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	47.1832	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	51.4847	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	55.7544	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	60.0086	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	65.6212
EV2-Max (L-Moments)	48.9417	EV2-Max (L-Moments)	55.7059	EV2-Max (L-Moments)	63.3444	EV2-Max (L-Moments)	71.9965	EV2-Max (L-Moments)	85.2451
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	41.8317	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	43.0243	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	44.0219	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	44.8793	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	45.8548
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	43.5565	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	45.3862	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	46.9756	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	48.3861	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	50.0424
Pareto (L-Moments)	45.9226	Pareto (L-Moments)	47.7444	Pareto (L-Moments)	49.0248	Pareto (L-Moments)	49.9246	Pareto (L-Moments)	50.7175
GEV-Max (kappa specification)	47.1805	GEV-Max (kappa specification)	52.9067	GEV-Max (kappa specification)	59.2206	GEV-Max (kappa specification)	66.2047	GEV-Max (kappa specification)	76.6077
GEV-Min (kappa specification)	43.4982	GEV-Min (kappa specification)	45.1867	GEV-Min (kappa specification)	46.6375	GEV-Min (kappa specification)	47.9132	GEV-Min (kappa specification)	49.3976
GEV-Max (kappa specification)	48.6527	GEV-Max (kappa specification)	54.9049	GEV-Max (kappa specification)	61.7987	GEV-Max (kappa specification)	69.4244	GEV-Max (kappa specification)	80.7829
GEV-Min (kappa specification)	43.0512	GEV-Min (kappa specification)	44.6787	GEV-Min (kappa specification)	46.077	GEV-Min (kappa specification)	47.3065	GEV-Min (kappa specification)	48.7371

Estación Santa Lucia (CO)

All data - T(Max)=25.0	Value	All data - T(Max)=50.0	Value	All data - T(Max)=100.0	Value	All data - T(Max)=200.0	Value	All data - T(Max)=500.0	Value
Normal	44.5896	Normal	47.2175	Normal	49.5812	Normal	51.7445	Normal	54.3661
Normal (L-Moments)	45.3698	Normal (L-Moments)	48.1328	Normal (L-Moments)	50.6181	Normal (L-Moments)	52.8926	Normal (L-Moments)	55.6489
LogNormal	46.7627	LogNormal	51.0389	LogNormal	55.2183	LogNormal	59.3424	LogNormal	64.7553
Invalid		Invalid		Invalid		Invalid		Invalid	
Exponential	48.6493	Exponential	54.6597	Exponential	60.6701	Exponential	66.6805	Exponential	74.6258
Exponential (L-Moments)	52.2353	Exponential (L-Moments)	59.3659	Exponential (L-Moments)	66.4965	Exponential (L-Moments)	73.6271	Exponential (L-Moments)	83.0532
Gamma	46.1969	Gamma	49.8241	Gamma	53.2377	Gamma	56.4886	Gamma	60.5926
Pearson III	44.5896	Pearson III	47.2175	Pearson III	49.5812	Pearson III	51.7445	Pearson III	54.3661
Log Pearson III	50.4321	Log Pearson III	56.6189	Log Pearson III	63.0229	Log Pearson III	69.6958	Log Pearson III	78.9982
EV1-Max (Gumbel)	47.1385	EV1-Max (Gumbel)	51.896	EV1-Max (Gumbel)	56.6183	EV1-Max (Gumbel)	61.3234	EV1-Max (Gumbel)	67.5309
EV2-Max	46.851	EV2-Max	53.558	EV2-Max	61.1648	EV2-Max	69.818	EV2-Max	83.1349
EV1-Min (Gumbel)	41.2197	EV1-Min (Gumbel)	42.5388	EV1-Min (Gumbel)	43.6421	EV1-Min (Gumbel)	44.5904	EV1-Min (Gumbel)	45.6692
EV3-Min (Weibull)	44.2688	EV3-Min (Weibull)	46.6012	EV3-Min (Weibull)	48.6463	EV3-Min (Weibull)	50.4756	EV3-Min (Weibull)	52.6406
GEV-Max	44.501	GEV-Max	46.666	GEV-Max	48.4141	GEV-Max	49.8327	GEV-Max	51.3103
GEV-Min	44.2903	GEV-Min	46.6202	GEV-Min	48.6622	GEV-Min	50.4882	GEV-Min	52.6485
Pareto	42.8723	Pareto	43.382	Pareto	43.6263	Pareto	43.7434	Pareto	43.8104
GEV-Max (L-Moments)	44.924	GEV-Max (L-Moments)	47.0415	GEV-Max (L-Moments)	48.7254	GEV-Max (L-Moments)	50.0714	GEV-Max (L-Moments)	51.4493
GEV-Min (L-Moments)	44.8411	GEV-Min (L-Moments)	47.2223	GEV-Min (L-Moments)	49.3047	GEV-Min (L-Moments)	51.1632	GEV-Min (L-Moments)	53.358
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	48.8612	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	54.081	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	59.2622	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	64.4245	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	71.2352
EV2-Max (L-Moments)	51.4382	EV2-Max (L-Moments)	60.579	EV2-Max (L-Moments)	71.2581	EV2-Max (L-Moments)	83.7701	EV2-Max (L-Moments)	103.7
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	42.3674	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	43.8146	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	45.0251	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	46.0655	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	47.2492
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	45.1322	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	47.6407	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	49.8456	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	51.8222	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	54.1664
Pareto (L-Moments)	43.1219	Pareto (L-Moments)	43.616	Pareto (L-Moments)	43.8493	Pareto (L-Moments)	43.9595	Pareto (L-Moments)	44.0216
GEV-Max (kappa specification)	47.1593	GEV-Max (kappa specification)	53.501	GEV-Max (kappa specification)	60.4936	GEV-Max (kappa specification)	68.2284	GEV-Max (kappa specification)	79.7496
GEV-Min (kappa specification)	43.0811	GEV-Min (kappa specification)	44.9512	GEV-Min (kappa specification)	46.558	GEV-Min (kappa specification)	47.9708	GEV-Min (kappa specification)	49.6147
GEV-Max (kappa specification)	50.6444	GEV-Max (kappa specification)	58.2312	GEV-Max (kappa specification)	66.5968	GEV-Max (kappa specification)	75.8503	GEV-Max (kappa specification)	89.6336
GEV-Min (kappa specification)	43.8472	GEV-Min (kappa specification)	45.822	GEV-Min (kappa specification)	47.5188	GEV-Min (kappa specification)	49.0108	GEV-Min (kappa specification)	50.7468

## Estación Santa Lucia (Plu)

All data - T(Max)= 25.0	Value	All data - T(Max)= 50.0	Value	All data - T(Max)= 100.0	Value	All data - T(Max)= 200.0	Value	All data - T(Max)= 500.0	Value
Normal	45.6169	Normal	47.8512	Normal	49.861	Normal	51.7003	Normal	53.9292
Normal (L-Moments)	45.6969	Normal (L-Moments)	47.9451	Normal (L-Moments)	49.9673	Normal (L-Moments)	51.818	Normal (L-Moments)	54.0607
LogNormal	47.116	LogNormal	50.4043	LogNormal	53.5576	LogNormal	56.616	LogNormal	60.5575
Galton	47.265	Galton	50.6939	Galton	54.0078	Galton	57.2447	Galton	61.4474
Exponential	49.0686	Exponential	54.1789	Exponential	59.2891	Exponential	64.3993	Exponential	71.1546
Exponential (L-Mome	51.2832	Exponential (L-Mome	57.0852	Exponential (L-Momen	62.8872	Exponential (L-Moment	68.6892	Exponential (L-Moment	76.359
<b>Gamma</b>	<b>46.6858</b>	<b>Gamma</b>	<b>49.5679</b>	<b>Gamma</b>	<b>52.256</b>	<b>Gamma</b>	<b>54.7965</b>	<b>Gamma</b>	<b>57.9792</b>
Pearson III	47.3601	Pearson III	50.7171	Pearson III	53.9107	Pearson III	56.98	Pearson III	60.8899
Log Pearson III	47.8111	Log Pearson III	51.6851	Log Pearson III	55.5298	Log Pearson III	59.3815	Log Pearson III	64.5253
EV1-Max (Gumbel)	47.7841	EV1-Max (Gumbel)	51.829	EV1-Max (Gumbel)	55.8441	EV1-Max (Gumbel)	59.8446	EV1-Max (Gumbel)	65.1224
EV2-Max	47.7849	EV2-Max	53.1956	EV2-Max	59.1721	EV2-Max	65.7945	EV2-Max	75.6787
EV1-Min (Gumbel)	42.7518	EV1-Min (Gumbel)	43.8733	EV1-Min (Gumbel)	44.8113	EV1-Min (Gumbel)	45.6176	EV1-Min (Gumbel)	46.5349
EV3-Min (Weibull)	44.7261	EV3-Min (Weibull)	46.466	EV3-Min (Weibull)	47.9732	EV3-Min (Weibull)	49.3076	EV3-Min (Weibull)	50.871
GEV-Max	47.4187	GEV-Max	50.8565	GEV-Max	54.1084	GEV-Max	57.1968	GEV-Max	61.0519
GEV-Min	47.4918	GEV-Min	50.6489	GEV-Min	53.5651	GEV-Min	56.2915	GEV-Min	59.6627
Pareto	48.0207	Pareto	50.4665	Pareto	52.3521	Pareto	53.8056	Pareto	55.2291
GEV-Max (L-Moments	48.3468	GEV-Max (L-Moments	52.3917	GEV-Max (L-Moments)	56.3551	GEV-Max (L-Moments)	60.2535	GEV-Max (L-Moments)	65.3206
GEV-Min (L-Moments	48.1137	GEV-Min (L-Moments	51.5244	GEV-Min (L-Moments)	54.6964	GEV-Min (L-Moments)	57.679	GEV-Min (L-Moments)	61.388
EV1-Max (Gumbel, L-N	48.5378	EV1-Max (Gumbel, L-N	52.785	EV1-Max (Gumbel, L-M	57.0008	EV1-Max (Gumbel, L-Mc	61.2013	EV1-Max (Gumbel, L-Mc	66.743
EV2-Max (L-Mommen	50.1899	EV2-Max (L-Mommen	56.7126	EV2-Max (L-Momments	64.0253	EV2-Max (L-Momments	72.249	EV2-Max (L-Momments	84.7362
EV1-Min (Gumbel, L-N	43.2539	EV1-Min (Gumbel, L-N	44.4314	EV1-Min (Gumbel, L-M	45.4164	EV1-Min (Gumbel, L-Mc	46.263	EV1-Min (Gumbel, L-Mc	47.2261
EV3-Min (Weibull, L-N	44.8462	EV3-Min (Weibull, L-N	46.6074	EV3-Min (Weibull, L-M	48.1335	EV3-Min (Weibull, L-Mc	49.4852	EV3-Min (Weibull, L-Mc	51.0691
Pareto (L-Moments)	47.7039	Pareto (L-Moments)	49.7634	Pareto (L-Moments)	51.2669	Pareto (L-Moments)	52.3645	Pareto (L-Moments)	53.3744
GEV-Max (kappa speci	47.8018	GEV-Max (kappa speci	53.1937	GEV-Max (kappa specif	59.139	GEV-Max (kappa specifi	65.7154	GEV-Max (kappa specifi	75.5111
GEV-Min (kappa speci	44.3344	GEV-Min (kappa speci	45.9244	GEV-Min (kappa specif	47.2905	GEV-Min (kappa specifi	48.4917	GEV-Min (kappa specifi	49.8894
GEV-Max (kappa speci	49.9887	GEV-Max (kappa speci	56.1619	GEV-Max (kappa specif	62.9688	GEV-Max (kappa specifi	70.4982	GEV-Max (kappa specifi	81.7133
GEV-Min (kappa speci	44.458	GEV-Min (kappa speci	46.0649	GEV-Min (kappa specif	47.4455	GEV-Min (kappa specifi	48.6595	GEV-Min (kappa specifi	50.072

Estación Hacienda Colini

All data - T(Max)= 25.000	Value	All data - T(Max)= 50.000	Value	All data - T(Max)= 100.000	Value	All data - T(Max)= 200.000	Value	All data - T(Max)= 500.000	Value
Normal	41.8982	Normal	44.3526	Normal	46.5603	Normal	48.5808	Normal	51.0293
Normal (L-Moments)	42.711	Normal (L-Moments)	45.3061	Normal (L-Moments)	47.6403	Normal (L-Moments)	49.7766	Normal (L-Moments)	52.3655
LogNormal	43.9144	LogNormal	47.8934	LogNormal	51.7796	LogNormal	55.6119	LogNormal	60.6381
Galton	42.4623	Galton	45.254	Galton	47.8159	Galton	50.2035	Galton	53.1531
Exponential	45.6899	Exponential	51.3035	Exponential	56.9171	Exponential	62.5307	Exponential	69.9514
Exponential (L-Moments)	49.1593	Exponential (L-Moments)	55.8566	Exponential (L-Moments)	62.554	Exponential (L-Moments)	69.2513	Exponential (L-Moments)	78.1047
<b>Gamma</b>	<b>43.3871</b>	<b>Gamma</b>	<b>46.7663</b>	<b>Gamma</b>	<b>49.9453</b>	<b>Gamma</b>	<b>52.9721</b>	<b>Gamma</b>	<b>56.792</b>
Pearson III		Pearson III		Pearson III		Pearson III		Pearson III	
Log Pearson III	46.5196	Log Pearson III	51.8147	Log Pearson III	57.221	Log Pearson III	62.7816	Log Pearson III	70.4225
EV1-Max (Gumbel)	44.2789	EV1-Max (Gumbel)	48.7222	EV1-Max (Gumbel)	53.1328	EV1-Max (Gumbel)	57.5273	EV1-Max (Gumbel)	63.325
EV2-Max	44.0265	EV2-Max	50.2817	EV2-Max	57.3693	EV2-Max	65.4245	EV2-Max	77.8074
EV1-Min (Gumbel)	38.7509	EV1-Min (Gumbel)	39.9828	EV1-Min (Gumbel)	41.0133	EV1-Min (Gumbel)	41.899	EV1-Min (Gumbel)	42.9066
EV3-Min (Weibull)	41.5737	EV3-Min (Weibull)	43.7415	EV3-Min (Weibull)	45.6413	EV3-Min (Weibull)	47.3401	EV3-Min (Weibull)	49.3497
GEV-Max	42.6384	GEV-Max	45.2062	GEV-Max	47.4014	GEV-Max	49.2865	GEV-Max	51.3821
GEV-Min	42.4043	GEV-Min	44.9392	GEV-Min	47.1956	GEV-Min	49.2398	GEV-Min	51.69
Pareto	41.9212	Pareto	42.92	Pareto	43.501	Pareto	43.839	Pareto	44.0794
GEV-Max (L-Moments)	43.8449	GEV-Max (L-Moments)	46.8333	GEV-Max (L-Moments)	49.4495	GEV-Max (L-Moments)	51.7501	GEV-Max (L-Moments)	54.3779
GEV-Min (L-Moments)	43.6076	GEV-Min (L-Moments)	46.4927	GEV-Min (L-Moments)	49.0824	GEV-Min (L-Moments)	51.4454	GEV-Min (L-Moments)	54.2975
EV1-Max (Gumbel, L-Mo	45.9902	EV1-Max (Gumbel, L-Mo	50.8928	EV1-Max (Gumbel, L-Mo	55.7592	EV1-Max (Gumbel, L-Mo	60.6079	EV1-Max (Gumbel, L-Mo	67.0047
EV2-Max (L-Momments)	48.4047	EV2-Max (L-Momments)	56.976	EV2-Max (L-Momments)	66.9845	EV2-Max (L-Momments)	78.7047	EV2-Max (L-Momments)	97.3613
EV1-Min (Gumbel, L-Mo	39.8909	EV1-Min (Gumbel, L-Mo	41.2502	EV1-Min (Gumbel, L-Mo	42.3871	EV1-Min (Gumbel, L-Mo	43.3644	EV1-Min (Gumbel, L-Mo	44.4762
EV3-Min (Weibull, L-Mo	42.4775	EV3-Min (Weibull, L-Mo	44.829	EV3-Min (Weibull, L-Mo	46.8956	EV3-Min (Weibull, L-Mo	48.7478	EV3-Min (Weibull, L-Mo	50.9442
Pareto (L-Moments)	42.4693	Pareto (L-Moments)	43.5165	Pareto (L-Moments)	44.1275	Pareto (L-Moments)	44.4841	Pareto (L-Moments)	44.7385
GEV-Max (kappa specifie	44.2983	GEV-Max (kappa specifie	50.2213	GEV-Max (kappa specifie	56.7522	GEV-Max (kappa specifie	63.9764	GEV-Max (kappa specifie	74.7369
GEV-Min (kappa specifie	40.4894	GEV-Min (kappa specifie	42.236	GEV-Min (kappa specifie	43.7367	GEV-Min (kappa specifie	45.0562	GEV-Min (kappa specifie	46.5916
GEV-Max (kappa specifie	47.665	GEV-Max (kappa specifie	54.7909	GEV-Max (kappa specifie	62.6482	GEV-Max (kappa specifie	71.3394	GEV-Max (kappa specifie	84.2853
GEV-Min (kappa specifie	41.2808	GEV-Min (kappa specifie	43.1357	GEV-Min (kappa specifie	44.7294	GEV-Min (kappa specifie	46.1307	GEV-Min (kappa specifie	47.7613

# Estación Jarpana

All data - T(Max)= 25.0	Value	All data - T(Max)= 50.0	Value	All data - T(Max)= 100.0	Value	All data - T(Max)= 200.0	Value	All data - T(Max)= 500.0	Value
Normal	42.9433	Normal	44.7563	Normal	46.3871	Normal	47.8796	Normal	49.6883
Normal (L-Moments)	43.4926	Normal (L-Moments)	45.4007	Normal (L-Moments)	47.117	Normal (L-Moments)	48.6878	Normal (L-Moments)	50.5913
LogNormal	43.9692	LogNormal	46.4726	LogNormal	48.8458	LogNormal	51.1238	LogNormal	54.0273
Invalid		Invalid		Invalid		Invalid		Invalid	
Exponential	45.7442	Exponential	49.8909	Exponential	54.0375	Exponential	58.1842	Exponential	63.6658
Exponential (L-Moments)	48.2339	Exponential (L-Moments)	53.1583	Exponential (L-Moments)	58.0827	Exponential (L-Moments)	63.0072	Exponential (L-Moments)	69.5169
Gamma	43.6616	Gamma	45.9035	Gamma	47.9826	Gamma	49.9378	Gamma	52.3749
Pearson III	42.9433	Pearson III	44.7563	Pearson III	46.3871	Pearson III	47.8796	Pearson III	49.6883
Log Pearson III	45.8489	Log Pearson III	49.397	Log Pearson III	52.9545	Log Pearson III	56.5526	Log Pearson III	61.4085
EV1-Max (Gumbel)	44.7018	EV1-Max (Gumbel)	47.9841	EV1-Max (Gumbel)	51.2421	EV1-Max (Gumbel)	54.4883	EV1-Max (Gumbel)	58.771
EV2-Max	44.7884	EV2-Max	49.0153	EV2-Max	53.6053	EV2-Max	58.6061	EV2-Max	65.9244
EV1-Min (Gumbel)	40.6184	EV1-Min (Gumbel)	41.5284	EV1-Min (Gumbel)	42.2896	EV1-Min (Gumbel)	42.9438	EV1-Min (Gumbel)	43.6882
EV3-Min (Weibull)	41.9147	EV3-Min (Weibull)	43.2181	EV3-Min (Weibull)	44.3393	EV3-Min (Weibull)	45.3263	EV3-Min (Weibull)	46.4759
GEV-Max	42.9352	GEV-Max	44.4605	GEV-Max	45.698	GEV-Max	46.7071	GEV-Max	47.7641
GEV-Min	42.7812	GEV-Min	44.4075	GEV-Min	45.8344	GEV-Min	47.1116	GEV-Min	48.6241
Pareto	41.8575	Pareto	42.2337	Pareto	42.4172	Pareto	42.5066	Pareto	42.5589
GEV-Max (L-Moments)	43.6004	GEV-Max (L-Moments)	45.3078	GEV-Max (L-Moments)	46.7153	GEV-Max (L-Moments)	47.8812	GEV-Max (L-Moments)	49.1247
GEV-Min (L-Moments)	43.494	GEV-Min (L-Moments)	45.3009	GEV-Min (L-Moments)	46.8958	GEV-Min (L-Moments)	48.3307	GEV-Min (L-Moments)	50.0384
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	45.9037	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	49.5085	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	53.0867	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	56.6518	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	61.3553
EV2-Max (L-Moments)	47.1336	EV2-Max (L-Moments)	52.3704	EV2-Max (L-Moments)	58.1438	EV2-Max (L-Moments)	64.529	EV2-Max (L-Moments)	74.0383
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	41.419	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	42.4185	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	43.2545	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	43.973	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	44.7905
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	42.5597	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	43.9699	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	45.1853	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	46.2568	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	47.5067
Pareto (L-Moments)	42.4257	Pareto (L-Moments)	42.8944	Pareto (L-Moments)	43.1346	Pareto (L-Moments)	43.2576	Pareto (L-Moments)	43.3335
GEV-Max (kappa specification)	44.7162	GEV-Max (kappa specification)	49.0914	GEV-Max (kappa specification)	53.9158	GEV-Max (kappa specification)	59.2522	GEV-Max (kappa specification)	67.2009
GEV-Min (kappa specification)	41.9026	GEV-Min (kappa specification)	43.1928	GEV-Min (kappa specification)	44.3013	GEV-Min (kappa specification)	45.2761	GEV-Min (kappa specification)	46.4102
GEV-Max (kappa specification)	47.1352	GEV-Max (kappa specification)	52.3747	GEV-Max (kappa specification)	58.152	GEV-Max (kappa specification)	64.5425	GEV-Max (kappa specification)	74.0613
GEV-Min (kappa specification)	42.441	GEV-Min (kappa specification)	43.8049	GEV-Min (kappa specification)	44.9767	GEV-Min (kappa specification)	46.0071	GEV-Min (kappa specification)	47.206



## Estación Juliaca

All data - T(Max)= 25.00	Value	All data - T(Max)= 50.00	Value	All data - T(Max)= 100.00	Value	All data - T(Max)= 200.00	Value	All data - T(Max)= 500.00	Value
Normal	55.3602	Normal	58.1844	Normal	60.7248	Normal	63.0497	Normal	65.8672
Normal (L-Moments)	53.624	Normal (L-Moments)	56.1477	Normal (L-Moments)	58.4177	Normal (L-Moments)	60.4952	Normal (L-Moments)	63.0128
LogNormal	57.3454	LogNormal	61.5854	LogNormal	65.6664	LogNormal	69.6379	LogNormal	74.774
Galton	58.5914	Galton	64.6543	Galton	70.9517	Galton	77.5188	Galton	86.6586
Exponential	59.7233	Exponential	66.1827	Exponential	72.6422	Exponential	79.1017	Exponential	87.6407
Exponential (L-Moment)	59.8948	Exponential (L-Moment)	66.4079	Exponential (L-Moments)	72.9209	Exponential (L-Moments)	79.434	Exponential (L-Moments)	88.0438
Gamma	56.7848	Gamma	60.4766	Gamma	63.9261	Gamma	67.1911	Gamma	71.2877
Pearson III	59.4225	Pearson III	65.444	Pearson III	71.4165	Pearson III	77.3521	Pearson III	85.1552
Log Pearson III	59.7946	Log Pearson III	67.3664	Log Pearson III	75.6783	Log Pearson III	84.8305	Log Pearson III	98.3952
EV1-Max (Gumbel)	58.0996	EV1-Max (Gumbel)	63.2125	EV1-Max (Gumbel)	68.2877	EV1-Max (Gumbel)	73.3444	EV1-Max (Gumbel)	80.0157
EV2-Max	58.0547	EV2-Max	64.9732	EV2-Max	72.6557	EV2-Max	81.2136	EV2-Max	94.0652
EV1-Min (Gumbel)	51.7386	EV1-Min (Gumbel)	53.1562	EV1-Min (Gumbel)	54.3419	EV1-Min (Gumbel)	55.3611	EV1-Min (Gumbel)	56.5205
EV3-Min (Weibull)	54.385	EV3-Min (Weibull)	56.6407	EV3-Min (Weibull)	58.5992	EV3-Min (Weibull)	60.3365	EV3-Min (Weibull)	62.3759
GEV-Max	58.3133	GEV-Max	64.396	GEV-Max	70.7994	GEV-Max	77.5636	GEV-Max	87.1136
GEV-Min	59.5363	GEV-Min	65.5308	GEV-Min	71.4359	GEV-Min	77.2663	GEV-Min	84.8768
Pareto	59.7835	Pareto	65.7764	Pareto	71.5812	Pareto	77.2039	Pareto	84.3668
GEV-Max (L-Moments)	59.8051	GEV-Max (L-Moments)	70.5366	GEV-Max (L-Moments)	84.2309	GEV-Max (L-Moments)	101.748	GEV-Max (L-Moments)	132.669
GEV-Min (L-Moments)	61.6252	GEV-Min (L-Moments)	69.9465	GEV-Min (L-Moments)	78.6107	GEV-Min (L-Moments)	87.5769	GEV-Min (L-Moments)	99.8411
EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	56.813	EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	61.5807	EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	66.3132	EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	71.0284	EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	77.2493
EV2-Max (L-Momments)	58.5758	EV2-Max (L-Momments)	65.7344	EV2-Max (L-Momments)	73.7051	EV2-Max (L-Momments)	82.6078	EV2-Max (L-Momments)	96.0192
EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	50.8815	EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	52.2034	EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	53.309	EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	54.2594	EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	55.3406
EV3-Min (Weibull, L-Mo)	52.5535	EV3-Min (Weibull, L-Mo)	54.4838	EV3-Min (Weibull, L-Mo)	56.1527	EV3-Min (Weibull, L-Mo)	57.6279	EV3-Min (Weibull, L-Mo)	59.3535
Pareto (L-Moments)	61.097	Pareto (L-Moments)	70.4315	Pareto (L-Moments)	81.0483	Pareto (L-Moments)	93.1235	Pareto (L-Moments)	111.668
GEV-Max (kappa specific)	58.1219	GEV-Max (kappa specific)	64.9375	GEV-Max (kappa specific)	72.4525	GEV-Max (kappa specific)	80.7653	GEV-Max (kappa specific)	93.1474
GEV-Min (kappa specific)	53.7391	GEV-Min (kappa specific)	55.7489	GEV-Min (kappa specific)	57.4757	GEV-Min (kappa specific)	58.9941	GEV-Min (kappa specific)	60.7608
GEV-Max (kappa specific)	58.4417	GEV-Max (kappa specific)	65.3715	GEV-Max (kappa specific)	73.0126	GEV-Max (kappa specific)	81.4647	GEV-Max (kappa specific)	94.0543
GEV-Min (kappa specific)	52.2332	GEV-Min (kappa specific)	54.037	GEV-Min (kappa specific)	55.5868	GEV-Min (kappa specific)	56.9496	GEV-Min (kappa specific)	58.5355

## Estación Lagunillas

All data - T(Max)= 25.0	Value	All data - T(Max)= 50.0	Value	All data - T(Max)= 100.0	Value	All data - T(Max)= 200.0	Value	All data - T(Max)= 500.0	Value
Normal	40.6276	Normal	42.6952	Normal	44.555	Normal	46.257	Normal	48.3196
Normal (L-Moments)	40.6375	Normal (L-Moments)	42.7068	Normal (L-Moments)	44.5681	Normal (L-Moments)	46.2715	Normal (L-Moments)	48.3358
LogNormal	42.0769	LogNormal	45.1771	LogNormal	48.1604	LogNormal	51.063	LogNormal	54.816
Galton	42.1354	Galton	45.2916	Galton	48.3388	Galton	51.3127	Galton	55.17
Exponential	43.8218	Exponential	48.5506	Exponential	53.2795	Exponential	58.0084	Exponential	64.2596
Exponential (L-Moment)	45.7792	Exponential (L-Moment)	51.1196	Exponential (L-Moment)	56.46	Exponential (L-Moment)	61.8003	Exponential (L-Moment)	68.8599
Gamma	41.6672	Gamma	44.3677	Gamma	46.8906	Gamma	49.2785	Gamma	52.2742
Pearson III	42.2199	Pearson III	45.3107	Pearson III	48.2492	Pearson III	51.0719	Pearson III	54.6657
Log Pearson III	42.9574	Log Pearson III	46.874	Log Pearson III	50.8358	Log Pearson III	54.8763	Log Pearson III	60.3788
EV1-Max (Gumbel)	42.6331	EV1-Max (Gumbel)	46.3762	EV1-Max (Gumbel)	50.0916	EV1-Max (Gumbel)	53.7935	EV1-Max (Gumbel)	58.6775
EV2-Max	42.6003	EV2-Max	47.6606	EV2-Max	53.278	EV2-Max	59.5332	EV2-Max	68.923
EV1-Min (Gumbel)	37.9763	EV1-Min (Gumbel)	39.0141	EV1-Min (Gumbel)	39.8821	EV1-Min (Gumbel)	40.6283	EV1-Min (Gumbel)	41.4771
EV3-Min (Weibull)	39.9082	EV3-Min (Weibull)	41.5573	EV3-Min (Weibull)	42.9888	EV3-Min (Weibull)	44.2586	EV3-Min (Weibull)	45.7489
GEV-Max	42.2802	GEV-Max	45.4416	GEV-Max	48.4268	GEV-Max	51.257	GEV-Max	54.7825
GEV-Min	42.3389	GEV-Min	45.2429	GEV-Min	47.9233	GEV-Min	50.4276	GEV-Min	53.522
Pareto	42.8191	Pareto	45.0495	Pareto	46.7611	Pareto	48.0747	Pareto	49.3544
GEV-Max (L-Moments)	43.6287	GEV-Max (L-Moments)	47.9668	GEV-Max (L-Moments)	52.3957	GEV-Max (L-Moments)	56.9337	GEV-Max (L-Moments)	63.118
GEV-Min (L-Moments)	43.4699	GEV-Min (L-Moments)	46.9977	GEV-Min (L-Moments)	50.3264	GEV-Min (L-Moments)	53.4951	GEV-Min (L-Moments)	57.4838
EV1-Max (Gumbel, L-M)	43.2523	EV1-Max (Gumbel, L-M)	47.1615	EV1-Max (Gumbel, L-M)	51.0419	EV1-Max (Gumbel, L-M)	54.9082	EV1-Max (Gumbel, L-M)	60.009
EV2-Max (L-Moments)	44.8338	EV2-Max (L-Moments)	50.9499	EV2-Max (L-Moments)	57.8457	EV2-Max (L-Moments)	65.6445	EV2-Max (L-Moments)	77.5646
EV1-Min (Gumbel, L-M)	38.3888	EV1-Min (Gumbel, L-M)	39.4727	EV1-Min (Gumbel, L-M)	40.3792	EV1-Min (Gumbel, L-M)	41.1585	EV1-Min (Gumbel, L-M)	42.045
EV3-Min (Weibull, L-M)	39.934	EV3-Min (Weibull, L-M)	41.5878	EV3-Min (Weibull, L-M)	43.0235	EV3-Min (Weibull, L-M)	44.2971	EV3-Min (Weibull, L-M)	45.7919
Pareto (L-Moments)	43.2719	Pareto (L-Moments)	45.7427	Pareto (L-Moments)	47.6887	Pareto (L-Moments)	49.2214	Pareto (L-Moments)	50.7598
GEV-Max (kappa specific)	42.6494	GEV-Max (kappa specific)	47.639	GEV-Max (kappa specific)	53.1406	GEV-Max (kappa specific)	59.2263	GEV-Max (kappa specific)	68.291
GEV-Min (kappa specific)	39.4408	GEV-Min (kappa specific)	40.9121	GEV-Min (kappa specific)	42.1763	GEV-Min (kappa specific)	43.2879	GEV-Min (kappa specific)	44.5813
GEV-Max (kappa specific)	44.5878	GEV-Max (kappa specific)	50.2698	GEV-Max (kappa specific)	56.5351	GEV-Max (kappa specific)	63.4654	GEV-Max (kappa specific)	73.7882
GEV-Min (kappa specific)	39.4971	GEV-Min (kappa specific)	40.9761	GEV-Min (kappa specific)	42.2469	GEV-Min (kappa specific)	43.3643	GEV-Min (kappa specific)	44.6645

# Estación Lampa

All data - T(Max)= 25.0	Value	All data - T(Max)= 50.0	Value	All data - T(Max)= 100.0	Value	All data - T(Max)= 200.0	Value	All data - T(Max)= 500.0	Value
Normal	52.9086	Normal	55.8129	Normal	58.4253	Normal	60.8162	Normal	63.7135
Normal (L-Moments)	52.6901	Normal (L-Moments)	55.5567	Normal (L-Moments)	58.135	Normal (L-Moments)	60.4948	Normal (L-Moments)	63.3544
LogNormal	55.127	LogNormal	59.66	LogNormal	64.0548	LogNormal	68.3601	LogNormal	73.967
Galton	55.0193	Galton	59.4457	Galton	63.718	Galton	67.8862	Galton	73.2913
Exponential	57.3954	Exponential	64.038	Exponential	70.6807	Exponential	77.3233	Exponential	86.1044
Exponential (L-Moments)	59.8128	Exponential (L-Moments)	67.2106	Exponential (L-Moments)	74.6085	Exponential (L-Moments)	82.0063	Exponential (L-Moments)	91.7856
Gamma	54.5225	Gamma	58.4193	Gamma	62.073	Gamma	65.5416	Gamma	69.9066
Pearson III	55.1365	Pearson III	59.4716	Pearson III	63.5922	Pearson III	67.5498	Pearson III	72.5878
Log Pearson III	55.0817	Log Pearson III	59.5944	Log Pearson III	63.9685	Log Pearson III	68.2524	Log Pearson III	73.8301
EV1-Max (Gumbel)	55.7257	EV1-Max (Gumbel)	60.9836	EV1-Max (Gumbel)	66.2027	EV1-Max (Gumbel)	71.4028	EV1-Max (Gumbel)	78.2632
EV2-Max	55.5672	EV2-Max	62.8332	EV2-Max	70.9849	EV2-Max	80.1585	EV2-Max	94.0995
EV1-Min (Gumbel)	49.1843	EV1-Min (Gumbel)	50.6421	EV1-Min (Gumbel)	51.8614	EV1-Min (Gumbel)	52.9095	EV1-Min (Gumbel)	54.1019
EV3-Min (Weibull)	52.2137	EV3-Min (Weibull)	54.6529	EV3-Min (Weibull)	56.7804	EV3-Min (Weibull)	58.6751	EV3-Min (Weibull)	60.9077
GEV-Max	55.2247	GEV-Max	59.6586	GEV-Max	63.8435	GEV-Max	67.8093	GEV-Max	72.7471
GEV-Min	55.3028	GEV-Min	59.3752	GEV-Min	63.1331	GEV-Min	66.6434	GEV-Min	70.9799
Pareto	55.9731	Pareto	59.0922	Pareto	61.4827	Pareto	63.3148	Pareto	65.097
GEV-Max (L-Moments)	55.7338	GEV-Max (L-Moments)	60.5537	GEV-Max (L-Moments)	65.1935	GEV-Max (L-Moments)	69.6775	GEV-Max (L-Moments)	75.3883
GEV-Min (L-Moments)	55.4214	GEV-Min (L-Moments)	59.5591	GEV-Min (L-Moments)	63.3842	GEV-Min (L-Moments)	66.9627	GEV-Min (L-Moments)	71.3904
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	56.3123	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	61.7277	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	67.1031	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	72.4588	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	79.5247
EV2-Max (L-Moments)	58.6734	EV2-Max (L-Moments)	67.4766	EV2-Max (L-Moments)	77.5205	EV2-Max (L-Moments)	89.0143	EV2-Max (L-Moments)	106.826
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	49.5751	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	51.0766	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	52.3324	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	53.4119	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	54.6399
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	51.9514	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	54.3407	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	56.4233	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	58.2771	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	60.4603
Pareto (L-Moments)	54.7842	Pareto (L-Moments)	57.1137	Pareto (L-Moments)	58.7579	Pareto (L-Moments)	59.9185	Pareto (L-Moments)	60.9462
GEV-Max (kappa specification)	55.7486	GEV-Max (kappa specification)	62.7574	GEV-Max (kappa specification)	70.4856	GEV-Max (kappa specification)	79.0341	GEV-Max (kappa specification)	91.7672
GEV-Min (kappa specification)	51.2415	GEV-Min (kappa specification)	53.3083	GEV-Min (kappa specification)	55.0841	GEV-Min (kappa specification)	56.6455	GEV-Min (kappa specification)	58.4623
GEV-Max (kappa specification)	58.1623	GEV-Max (kappa specification)	66.0335	GEV-Max (kappa specification)	74.7125	GEV-Max (kappa specification)	84.3128	GEV-Max (kappa specification)	98.6126
GEV-Min (kappa specification)	51.1104	GEV-Min (kappa specification)	53.1593	GEV-Min (kappa specification)	54.9197	GEV-Min (kappa specification)	56.4676	GEV-Min (kappa specification)	58.2686

## Estación Pampahuata

All data - T(Max)= 25.00	Value	All data - T(Max)= 50.00	Value	All data - T(Max)= 100.00	Value	All data - T(Max)= 200.00	Value	All data - T(Max)= 500.00	Value
Normal	41.505	Normal	43.4395	Normal	45.1796	Normal	46.772	Normal	48.7018
Normal (L-Moments)	41.5165	Normal (L-Moments)	43.453	Normal (L-Moments)	45.1948	Normal (L-Moments)	46.7889	Normal (L-Moments)	48.7207
LogNormal	42.7312	LogNormal	45.514	LogNormal	48.1716	LogNormal	50.7396	LogNormal	54.0357
Galton	42.8295	Galton	45.7007	Galton	48.4584	Galton	51.137	Galton	54.5941
Exponential	44.4936	Exponential	48.918	Exponential	53.3424	Exponential	57.7669	Exponential	63.6156
Exponential (L-Moment)	46.3283	Exponential (L-Moments)	51.3258	Exponential (L-Moments)	56.3234	Exponential (L-Moments)	61.321	Exponential (L-Moments)	67.9274
Gamma	42.3733	Gamma	44.8311	Gamma	47.1189	Gamma	49.2772	Gamma	51.9762
Pearson III	42.8926	Pearson III	45.7086	Pearson III	48.377	Pearson III	50.9329	Pearson III	54.1781
Log Pearson III	43.3441	Log Pearson III	46.6712	Log Pearson III	49.969	Log Pearson III	53.2688	Log Pearson III	57.6701
EV1-Max (Gumbel)	43.3814	EV1-Max (Gumbel)	46.8835	EV1-Max (Gumbel)	50.3598	EV1-Max (Gumbel)	53.8234	EV1-Max (Gumbel)	58.3929
EV2-Max	43.4163	EV2-Max	48.0387	EV2-Max	53.1135	EV2-Max	58.7029	EV2-Max	66.9868
EV1-Min (Gumbel)	39.0244	EV1-Min (Gumbel)	39.9954	EV1-Min (Gumbel)	40.8076	EV1-Min (Gumbel)	41.5056	EV1-Min (Gumbel)	42.2998
EV3-Min (Weibull)	40.6162	EV3-Min (Weibull)	42.0798	EV3-Min (Weibull)	43.3444	EV3-Min (Weibull)	44.4617	EV3-Min (Weibull)	45.7679
GEV-Max	42.9761	GEV-Max	45.8377	GEV-Max	48.5148	GEV-Max	51.0295	GEV-Max	54.129
GEV-Min	42.9895	GEV-Min	45.6231	GEV-Min	48.0441	GEV-Min	50.2982	GEV-Min	53.074
Pareto	43.3985	Pareto	45.3362	Pareto	46.79	Pareto	47.8809	Pareto	48.9166
GEV-Max (L-Moments)	43.9341	GEV-Max (L-Moments)	47.5607	GEV-Max (L-Moments)	51.1523	GEV-Max (L-Moments)	54.7225	GEV-Max (L-Moments)	59.4201
GEV-Min (L-Moments)	43.7427	GEV-Min (L-Moments)	46.7701	GEV-Min (L-Moments)	49.5958	GEV-Min (L-Moments)	52.2612	GEV-Min (L-Moments)	55.5858
EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	43.9635	EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	47.6218	EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	51.2532	EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	54.8712	EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	59.6446
EV2-Max (L-Momments)	45.3024	EV2-Max (L-Momments)	50.7712	EV2-Max (L-Momments)	56.8524	EV2-Max (L-Momments)	63.6356	EV2-Max (L-Momments)	73.8386
EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	39.4122	EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	40.4265	EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	41.2749	EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	42.0041	EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	42.8337
EV3-Min (Weibull, L-Mo)	40.6782	EV3-Min (Weibull, L-Mo)	42.1525	EV3-Min (Weibull, L-Mo)	43.4267	EV3-Min (Weibull, L-Mo)	44.5525	EV3-Min (Weibull, L-Mo)	45.869
Pareto (L-Moments)	43.4351	Pareto (L-Moments)	45.3382	Pareto (L-Moments)	46.7554	Pareto (L-Moments)	47.8109	Pareto (L-Moments)	48.8044
GEV-Max (kappa specific)	43.3967	GEV-Max (kappa specific)	48.065	GEV-Max (kappa specific)	53.2125	GEV-Max (kappa specific)	58.9064	GEV-Max (kappa specific)	67.3875
GEV-Min (kappa specific)	40.3947	GEV-Min (kappa specific)	41.7713	GEV-Min (kappa specific)	42.9541	GEV-Min (kappa specific)	43.9941	GEV-Min (kappa specific)	45.2042
GEV-Max (kappa specific)	45.2133	GEV-Max (kappa specific)	50.5306	GEV-Max (kappa specific)	56.3937	GEV-Max (kappa specific)	62.8791	GEV-Max (kappa specific)	72.5393
GEV-Min (kappa specific)	40.4494	GEV-Min (kappa specific)	41.8335	GEV-Min (kappa specific)	43.0227	GEV-Min (kappa specific)	44.0684	GEV-Min (kappa specific)	45.2851

## Estación Paratia

All data - T(Max)= 25.000	Value	All data - T(Max)= 50.000	Value	All data - T(Max)= 100.000	Value	All data - T(Max)= 200.000	Value	All data - T(Max)= 500.000	Value
Normal	49.6826	Normal	52.4038	Normal	54.8514	Normal	57.0915	Normal	59.8062
Normal (L-Moments)	49.9482	Normal (L-Moments)	52.7154	Normal (L-Moments)	55.2044	Normal (L-Moments)	57.4824	Normal (L-Moments)	60.2429
LogNormal	51.7559	LogNormal	55.9978	LogNormal	60.1094	LogNormal	64.1364	LogNormal	69.3797
Invalid		Invalid		Invalid		Invalid		Invalid	
Exponential	53.8864	Exponential	60.1102	Exponential	66.334	Exponential	72.5578	Exponential	80.7851
Exponential (L-Moments)	56.8241	Exponential (L-Moments)	63.9655	Exponential (L-Moments)	71.107	Exponential (L-Moments)	78.2484	Exponential (L-Moments)	87.6889
Gamma	51.1902	Gamma	54.8383	Gamma	58.2583	Gamma	61.5048	Gamma	65.5899
Pearson III	51.3922	Pearson III	55.1799	Pearson III	58.7483	Pearson III	62.1499	Pearson III	66.448
Log Pearson III	62.3817	Log Pearson III	73.848	Log Pearson III	87.0148	Log Pearson III	102.167	Log Pearson III	125.793
EV1-Max (Gumbel)	52.322	EV1-Max (Gumbel)	57.2484	EV1-Max (Gumbel)	62.1384	EV1-Max (Gumbel)	67.0105	EV1-Max (Gumbel)	73.4384
EV2-Max	52.1744	EV2-Max	58.9766	EV2-Max	66.6052	EV2-Max	75.1872	EV2-Max	88.2241
EV1-Min (Gumbel)	46.1931	EV1-Min (Gumbel)	47.559	EV1-Min (Gumbel)	48.7014	EV1-Min (Gumbel)	49.6834	EV1-Min (Gumbel)	50.8006
EV3-Min (Weibull)	49.0247	EV3-Min (Weibull)	51.3068	EV3-Min (Weibull)	53.2971	EV3-Min (Weibull)	55.0694	EV3-Min (Weibull)	57.1574
GEV-Max	47.322	GEV-Max	48.5176	GEV-Max	49.3586	GEV-Max	49.9535	GEV-Max	50.4835
GEV-Min	47.5983	GEV-Min	49.3631	GEV-Min	50.8679	GEV-Min	52.1824	GEV-Min	53.7022
Pareto	44.1383	Pareto	44.1818	Pareto	44.1932	Pareto	44.1961	Pareto	44.197
GEV-Max (L-Moments)	47.083	GEV-Max (L-Moments)	48.0989	GEV-Max (L-Moments)	48.7855	GEV-Max (L-Moments)	49.2524	GEV-Max (L-Moments)	49.6499
GEV-Min (L-Moments)	47.3354	GEV-Min (L-Moments)	48.9166	GEV-Min (L-Moments)	50.2488	GEV-Min (L-Moments)	51.4009	GEV-Min (L-Moments)	52.7196
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	53.4449	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	58.6726	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	63.8617	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	69.0318	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	75.8529
EV2-Max (L-Moments)	55.771	EV2-Max (L-Moments)	64.3647	EV2-Max (L-Moments)	74.2039	EV2-Max (L-Moments)	85.5028	EV2-Max (L-Moments)	103.083
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	46.9411	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	48.3905	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	49.6029	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	50.6449	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	51.8304
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	49.3036	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	51.6391	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	53.6773	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	55.4934	EV3-Min (Weibull, L-Moments)	57.6344
Pareto (L-Moments)	45.1309	Pareto (L-Moments)	45.2257	Pareto (L-Moments)	45.2554	Pareto (L-Moments)	45.2647	Pareto (L-Moments)	45.2681
GEV-Max (kappa specified)	52.3435	GEV-Max (kappa specified)	58.9104	GEV-Max (kappa specified)	66.1512	GEV-Max (kappa specified)	74.1607	GEV-Max (kappa specified)	86.0909
GEV-Min (kappa specified)	48.1206	GEV-Min (kappa specified)	50.057	GEV-Min (kappa specified)	51.7209	GEV-Min (kappa specified)	53.1838	GEV-Min (kappa specified)	54.8861
GEV-Max (kappa specified)	55.2308	GEV-Max (kappa specified)	62.8292	GEV-Max (kappa specified)	71.2074	GEV-Max (kappa specified)	80.475	GEV-Max (kappa specified)	94.2793
GEV-Min (kappa specified)	48.4232	GEV-Min (kappa specified)	50.4011	GEV-Min (kappa specified)	52.1005	GEV-Min (kappa specified)	53.5947	GEV-Min (kappa specified)	55.3334

## Estación Quillisani

All data - T(Max)= 25.000	Value	All data - T(Max)= 50.000	Value	All data - T(Max)= 100.000	Value	All data - T(Max)= 200.000	Value	All data - T(Max)= 500.000	Value
Normal	48.464	Normal	50.8915	Normal	53.075	Normal	55.0734	Normal	57.495
Normal (L-Moments)	49.0504	Normal (L-Moments)	51.5794	Normal (L-Moments)	53.8542	Normal (L-Moments)	55.9361	Normal (L-Moments)	58.4591
LogNormal	50.135	LogNormal	53.7463	LogNormal	57.2164	LogNormal	60.5881	LogNormal	64.9416
Invalid		Invalid		Invalid		Invalid		Invalid	
Exponential	52.2142	Exponential	57.7662	Exponential	63.3183	Exponential	68.8704	Exponential	76.2098
Exponential (L-Moment)	55.3345	Exponential (L-Moment)	61.8613	Exponential (L-Moments)	68.3881	Exponential (L-Moments)	74.9149	Exponential (L-Moments)	83.5428
Gamma	49.6595	Gamma	52.8135	Gamma	55.758	Gamma	58.5431	Gamma	62.0351
Pearson III	48.464	Pearson III	50.8915	Pearson III	53.075	Pearson III	55.0734	Pearson III	57.495
<b>Log Pearson III</b>	<b>52.4997</b>	<b>Log Pearson III</b>	<b>57.3329</b>	<b>Log Pearson III</b>	<b>62.1921</b>	<b>Log Pearson III</b>	<b>67.1193</b>	<b>Log Pearson III</b>	<b>73.7867</b>
EV1-Max (Gumbel)	50.8186	EV1-Max (Gumbel)	55.2133	EV1-Max (Gumbel)	59.5755	EV1-Max (Gumbel)	63.9218	EV1-Max (Gumbel)	69.656
EV2-Max	50.8035	EV2-Max	56.7213	EV2-Max	63.277	EV2-Max	70.5622	EV2-Max	81.4723
EV1-Min (Gumbel)	45.3512	EV1-Min (Gumbel)	46.5696	EV1-Min (Gumbel)	47.5888	EV1-Min (Gumbel)	48.4648	EV1-Min (Gumbel)	49.4614
EV3-Min (Weibull)	47.5662	EV3-Min (Weibull)	49.4825	EV3-Min (Weibull)	51.1446	EV3-Min (Weibull)	52.6178	EV3-Min (Weibull)	54.3455
GEV-Max	48.4662	GEV-Max	50.516	GEV-Max	52.1808	GEV-Max	53.5394	GEV-Max	54.9639
GEV-Min	48.2589	GEV-Min	50.4413	GEV-Min	52.3567	GEV-Min	54.0715	GEV-Min	56.1026
Pareto	47.0264	Pareto	47.5343	Pareto	47.7825	Pareto	47.9038	Pareto	47.9747
GEV-Max (L-Moments)	48.5485	GEV-Max (L-Moments)	50.4345	GEV-Max (L-Moments)	51.9251	GEV-Max (L-Moments)	53.109	GEV-Max (L-Moments)	54.3125
GEV-Min (L-Moments)	48.4845	GEV-Min (L-Moments)	50.6289	GEV-Min (L-Moments)	52.5012	GEV-Min (L-Moments)	54.17	GEV-Min (L-Moments)	56.1382
EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	52.2462	EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	57.0239	EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	61.7664	EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	66.4916	EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	72.7255
EV2-Max (L-Momments)	54.2066	EV2-Max (L-Momments)	61.7335	EV2-Max (L-Momments)	70.2382	EV2-Max (L-Momments)	79.8768	EV2-Max (L-Momments)	94.6458
EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	46.3022	EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	47.6268	EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	48.7348	EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	49.6872	EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	50.7706
EV3-Min (Weibull, L-Mo)	48.2277	EV3-Min (Weibull, L-Mo)	50.2641	EV3-Min (Weibull, L-Mo)	52.0333	EV3-Min (Weibull, L-Mo)	53.6037	EV3-Min (Weibull, L-Mo)	55.448
Pareto (L-Moments)	46.8855	Pareto (L-Moments)	47.3127	Pareto (L-Moments)	47.5116	Pareto (L-Moments)	47.6042	Pareto (L-Moments)	47.6555
GEV-Max (kappa specific)	50.8378	GEV-Max (kappa specific)	56.6959	GEV-Max (kappa specific)	63.1553	GEV-Max (kappa specific)	70.3003	GEV-Max (kappa specific)	80.9429
GEV-Min (kappa specific)	47.0706	GEV-Min (kappa specific)	48.7981	GEV-Min (kappa specific)	50.2823	GEV-Min (kappa specific)	51.5874	GEV-Min (kappa specific)	53.106
GEV-Max (kappa specific)	53.8783	GEV-Max (kappa specific)	60.8228	GEV-Max (kappa specific)	68.4799	GEV-Max (kappa specific)	76.9499	GEV-Max (kappa specific)	89.566
GEV-Min (kappa specific)	47.6567	GEV-Min (kappa specific)	49.4643	GEV-Min (kappa specific)	51.0174	GEV-Min (kappa specific)	52.3831	GEV-Min (kappa specific)	53.9721

## Estación Hidrométrica Puente Unocolla Coata

All data - T(Max)= 25.000	Value	All data - T(Max)= 50.000	Value	All data - T(Max)= 100.000	Value	All data - T(Max)= 200.000	Value	All data - T(Max)= 500.000	Value
Normal	606.059	Normal	657.262	Normal	703.318	Normal	745.468	Normal	796.547
Normal (L-Moments)	585.389	Normal (L-Moments)	633.013	Normal (L-Moments)	675.851	Normal (L-Moments)	715.055	Normal (L-Moments)	762.565
LogNormal	664.969	LogNormal	776.016	LogNormal	891.658	LogNormal	1012.53	LogNormal	1181.18
Galton	662.753	Galton	767.525	Galton	875.086	Galton	986.068	Galton	1138.79
Exponential	685.16	Exponential	802.268	Exponential	919.376	Exponential	1036.48	Exponential	1191.29
Exponential (L-Moment)	703.726	Exponential (L-Moment)	826.633	Exponential (L-Moments)	949.541	Exponential (L-Moments)	1072.45	Exponential (L-Moments)	1234.92
Gamma	658.869	Gamma	746.201	Gamma	830.586	Gamma	912.734	Gamma	1018.68
Pearson III	674.867	Pearson III	778.081	Pearson III	879.792	Pearson III	980.369	Pearson III	1111.99
Log Pearson III	806.302	Log Pearson III	1022.7	Log Pearson III	1279.21	Log Pearson III	1583.18	Log Pearson III	2072.26
EV1-Max (Gumbel)	655.723	EV1-Max (Gumbel)	748.419	EV1-Max (Gumbel)	840.43	EV1-Max (Gumbel)	932.106	EV1-Max (Gumbel)	1053.05
EV2-Max	616.849	EV2-Max	758.665	EV2-Max	931.66	EV2-Max	1143.25	EV2-Max	1497.62
EV1-Min (Gumbel)	540.4	EV1-Min (Gumbel)	566.101	EV1-Min (Gumbel)	587.598	EV1-Min (Gumbel)	606.075	EV1-Min (Gumbel)	627.096
EV3-Min (Weibull)	645.394	EV3-Min (Weibull)	714.858	EV3-Min (Weibull)	778.67	EV3-Min (Weibull)	838.052	EV3-Min (Weibull)	911.135
GEV-Max	659.349	GEV-Max	765.129	GEV-Max	874.824	GEV-Max	988.981	GEV-Max	1147.38
GEV-Min	678.074	GEV-Min	780.175	GEV-Min	879.597	GEV-Min	976.802	GEV-Min	1102.45
Pareto	685.864	Pareto	787.021	Pareto	882.257	Pareto	971.921	Pareto	1082.45
GEV-Max (L-Moments)	652.162	GEV-Max (L-Moments)	749.556	GEV-Max (L-Moments)	848.317	GEV-Max (L-Moments)	948.83	GEV-Max (L-Moments)	1084.74
GEV-Min (L-Moments)	648.22	GEV-Min (L-Moments)	727.855	GEV-Min (L-Moments)	802.811	GEV-Min (L-Moments)	874.017	GEV-Min (L-Moments)	963.464
EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	645.568	EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	735.539	EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	824.846	EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	913.827	EV1-Max (Gumbel, L-Mo)	1031.22
EV2-Max (L-Momments)	702.175	EV2-Max (L-Momments)	906.179	EV2-Max (L-Momments)	1167.25	EV2-Max (L-Momments)	1502.15	EV2-Max (L-Momments)	2095.29
EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	533.636	EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	558.581	EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	579.446	EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	597.38	EV1-Min (Gumbel, L-Mo)	617.783
EV3-Min (Weibull, L-Mo)	617.837	EV3-Min (Weibull, L-Mo)	679.192	EV3-Min (Weibull, L-Mo)	735.167	EV3-Min (Weibull, L-Mo)	786.952	EV3-Min (Weibull, L-Mo)	850.315
Pareto (L-Moments)	643.024	Pareto (L-Moments)	697.522	Pareto (L-Moments)	739.92	Pareto (L-Moments)	772.904	Pareto (L-Moments)	805.546
GEV-Max (kappa specific)	656.128	GEV-Max (kappa specific)	779.692	GEV-Max (kappa specific)	915.937	GEV-Max (kappa specific)	1066.64	GEV-Max (kappa specific)	1291.13
GEV-Min (kappa specific)	576.668	GEV-Min (kappa specific)	613.105	GEV-Min (kappa specific)	644.412	GEV-Min (kappa specific)	671.94	GEV-Min (kappa specific)	703.97
GEV-Max (kappa specific)	676.304	GEV-Max (kappa specific)	807.076	GEV-Max (kappa specific)	951.27	GEV-Max (kappa specific)	1110.77	GEV-Max (kappa specific)	1348.35
GEV-Min (kappa specific)	559.143	GEV-Min (kappa specific)	593.183	GEV-Min (kappa specific)	622.43	GEV-Min (kappa specific)	648.147	GEV-Min (kappa specific)	678.07

### 8.3 ANEXO 3: PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE SMIRNOV

#### KOLGONOROV CON SOFTWARE HYDROGNOMON

Estación Cabanillas

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	67.62%	0.1027
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	67.48%	0.10282
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	87.02%	0.08478
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	80.52%	0.09134
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	32.72%	0.13546
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	16.34%	0.15957
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	91.94%	0.07876
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	69.28%	0.10129
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.67%	0.08047
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	81.81%	0.09011
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	60.08%	0.1091
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	10.49%	0.17315
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	49.33%	0.11855
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	82.52%	0.08943
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	53.68%	0.11465
Pareto	REJECT	REJECT	REJECT	%	0.51683
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	87.37%	0.0844
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	73.72%	0.09747
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	81.46%	0.09045
EV2-Max (L-Momments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	52.56%	0.11564
			ACCEPT	10.49%	0.17314
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	46.79%	0.1209
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	0.07%	0.28583
Pareto (L-Moments)	REJECT	REJECT	ACCEPT	69.01%	0.10152
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	32.90%	0.13526
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	58.11%	0.11079
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	32.81%	0.13536

Estación Santa Lucia (CO)

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.54%	0.15713
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.71%	0.14681
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	70.21%	0.18919
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	51.26%	0.22361
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	62.49%	0.20303
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	77.24%	0.17624
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.54%	0.15713
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	73.84%	0.18259
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	64.82%	0.19886
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	40.89%	0.24435
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	69.60%	0.19029
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.80%	0.14921
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.16%	0.14827
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.11%	0.14841
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.69%	0.09804
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.15%	0.13628
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.70%	0.13783
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	72.85%	0.1844
EV2-Max (L-Momments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	50.95%	0.22418
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.82%	0.18077
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.85%	0.14058
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.72%	0.09714
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	46.10%	0.23362
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88.29%	0.15302
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	58.85%	0.20957
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.62%	0.14705



## Estación Santa Lucia (Plu)

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.26%	0.09026
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.51%	0.08877
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.40%	0.10161
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.37%	0.10449
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.57%	0.10893
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	56.80%	0.16222
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.38%	0.09459
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.12%	0.10242
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	91.54%	0.11117
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.20%	0.12113
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	43.87%	0.18063
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	75.26%	0.13748
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.59%	0.09767
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.76%	0.10607
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.36%	0.09465
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.76%	0.09284
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.12%	0.10244
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.40%	0.08946
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.36%	0.10453
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	78.21%	0.13335
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.62%	0.14244
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.48%	0.09808
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.42%	0.08097
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	44.78%	0.17925
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.32%	0.10717
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	81.70%	0.12825
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.90%	0.10815

## Estación Hacienda Colini

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.99%	0.08088
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.99%	0.07896
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.59%	0.10464
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.99%	0.0781
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	78.62%	0.18144
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	70.73%	0.19681
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.94%	0.0897
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.99%	0.07795
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.06%	0.12286
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.70%	0.11743
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	81.43%	0.17563
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	91.38%	0.15139
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.96%	0.0864
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.99%	0.0772
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	100.00%	0.07085
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.88%	0.09446
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.98%	0.08238
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.98%	0.08191
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.93%	0.12379
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	75.70%	0.18724
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.44%	0.14814
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.99%	0.08108
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.83%	0.09717
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	85.87%	0.16576
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.13%	0.11257
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.88%	0.16334
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.27%	0.11058

## Estación Jarpana

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.99%	0.07775
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	100.00%	0.06889
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.99%	0.07888
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	82.28%	0.17381
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.16%	0.19024
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	100.00%	0.07305
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.99%	0.07775
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.36%	0.10907
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.46%	0.10728
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.58%	0.1319
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.56%	0.14077
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.74%	0.10056
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	100.00%	0.07173
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	100.00%	0.07619
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.99%	0.08084
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	100.00%	0.06245
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	100.00%	0.0658
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.78%	0.11657
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.89%	0.15563
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.11%	0.13857
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.84%	0.09675
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.99%	0.08078
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.79%	0.13564
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.69%	0.10216
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.87%	0.15569
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.73%	0.10087

## Estación Juliaca

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	24.21%	0.28614
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.84%	0.29043
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	42.89%	0.24015
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	69.80%	0.18993
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	78.70%	0.17343
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	77.05%	0.1766
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	36.25%	0.25462
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	80.73%	0.16945
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	84.30%	0.1621
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	54.36%	0.21779
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76.53%	0.17757
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.32%	0.35664
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18.91%	0.30385
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	65.90%	0.19692
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	78.16%	0.17447
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	75.27%	0.17994
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.61%	0.14132
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	66.42%	0.19599
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	52.84%	0.22062
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	77.71%	0.17535
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	7.97%	0.35919
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	16.44%	0.31344
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	1.35%	0.45313
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	75.16%	0.18013
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	15.41%	0.31781
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	75.55%	0.17941
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	14.51%	0.32177

## Estación Lagunillas

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	63.02%	0.12755
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	63.16%	0.12741
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	87.49%	0.09947
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88.33%	0.09828
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	40.57%	0.15315
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	56.65%	0.13441
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	82.19%	0.10636
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	91.45%	0.0934
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.96%	0.0866
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.22%	0.09207
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	61.31%	0.12939
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.76%	0.18034
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	54.89%	0.13633
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.44%	0.09662
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.18%	0.0806
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.68%	0.07436
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.93%	0.07786
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.07%	0.07728
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.97%	0.08127
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	72.01%	0.11794
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	26.10%	0.17431
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	55.26%	0.13593
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.40%	0.07983
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	65.54%	0.12487
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	45.39%	0.1472
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	80.36%	0.10857
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	46.07%	0.14639

## Estación Lampa

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	60.73%	0.10938
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	60.77%	0.10935
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.69%	0.0575
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.39%	0.06059
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	49.42%	0.1194
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	37.04%	0.1317
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.16%	0.07412
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.59%	0.05873
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.61%	0.05849
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.85%	0.05485
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	59.56%	0.11039
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.84%	0.17966
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	46.37%	0.12227
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.69%	0.05752
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.57%	0.05897
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	5.54%	0.19268
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.96%	0.05039
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.60%	0.05868
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.78%	0.05628
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	60.31%	0.10974
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.82%	0.17975
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	45.56%	0.12304
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	32.32%	0.13705
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.41%	0.09758
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	28.32%	0.14201
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76.75%	0.09549
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	28.34%	0.14199

## Estación Pampahuata

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	61.22%	0.11359
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	61.43%	0.1134
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	82.86%	0.09328
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	84.14%	0.09191
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	45.91%	0.12811
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	75.43%	0.10062
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	78.80%	0.09738
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	87.78%	0.08777
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88.53%	0.08685
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	87.00%	0.0887
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	72.11%	0.1037
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18.60%	0.16403
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	47.86%	0.12616
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	85.66%	0.09024
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.34%	0.07424
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	21.62%	0.15865
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.97%	0.07716
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.64%	0.05999
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.15%	0.07681
EV2-Max (L-Momments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	81.20%	0.09499
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	21.87%	0.15824
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	48.94%	0.1251
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	30.05%	0.1462
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	70.62%	0.10507
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	42.58%	0.13155
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	84.26%	0.09178
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	43.42%	0.13066

## Estación Paratia

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	82.35%	0.13011
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	84.73%	0.12629
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	67.78%	0.15094
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	46.98%	0.1801
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	52.62%	0.17185
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.48%	0.1417
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	73.14%	0.14358
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	50.59%	0.17478
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	59.84%	0.16178
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	36.02%	0.19779
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	82.76%	0.12948
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.97%	0.12248
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.36%	0.10679
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	87.55%	0.12145
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.57%	0.09019
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.54%	0.09585
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.62%	0.11118
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	67.09%	0.15189
EV2-Max (L-Momments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	47.45%	0.1794
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.04%	0.11018
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88.96%	0.11884
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.53%	0.10001
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	39.33%	0.19215
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	87.99%	0.12065
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	52.68%	0.17177
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.89%	0.11499

## Estación Quillisani

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	69.27%	0.15646
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	75.88%	0.14674
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	70.15%	0.15518
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	64.44%	0.16342
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.44%	0.1533
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.47%	0.15327
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	69.27%	0.15646
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	79.12%	0.14176
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	66.95%	0.1598
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	53.11%	0.17997
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	42.58%	0.19661
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	66.56%	0.16036
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.04%	0.14949
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.16%	0.15371
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.04%	0.11549
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	79.23%	0.14159
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76.02%	0.14652
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76.51%	0.14578
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	69.27%	0.15646
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	59.93%	0.16993
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.85%	0.14827
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.98%	0.11009
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	55.13%	0.17696
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	62.83%	0.16574
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	70.93%	0.15404
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.67%	0.15297

## Estación Hidrométrica Puente Unocola coata

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	70.68%	0.10162
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	77.79%	0.09525
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	67.54%	0.10435
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	69.81%	0.10238
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	29.64%	0.14152
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	19.89%	0.15579
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	66.56%	0.1052
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	44.15%	0.12543
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	16.36%	0.16231
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	80.29%	0.0929
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.48%	0.17922
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	14.91%	0.16531
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.57%	0.10084
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	78.40%	0.09469
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	36.14%	0.1338
Pareto	REJECT	REJECT	REJECT	%	0.49638
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	83.32%	0.08992
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	63.41%	0.10792
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	87.24%	0.08574
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.60%	0.15138
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	15.99%	0.16305
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.67%	0.08157
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.47%	0.21531
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	73.84%	0.09884
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	37.51%	0.13229
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	64.42%	0.10705
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	42.07%	0.12751

## 8.4 ANEXO 4: CALCULO DE HIETOGRAMA

SUB CUENCA 11				
TIPO I				
P_25	P_50	P_100	P_200	P_500
0.932	1.011	1.090	1.167	1.270
0.932	1.011	1.090	1.167	1.270
1.092	1.185	1.276	1.367	1.487
1.092	1.185	1.276	1.367	1.487
1.305	1.416	1.525	1.634	1.778
1.305	1.416	1.525	1.634	1.778
1.651	1.792	1.930	2.068	2.249
2.024	2.196	2.366	2.535	2.757
3.195	3.467	3.736	4.002	4.354
13.899	15.083	16.250	17.408	18.938
5.804	6.299	6.786	7.270	7.909
3.089	3.352	3.611	3.869	4.209
2.396	2.601	2.802	3.001	3.265
2.130	2.312	2.490	2.668	2.902
1.677	1.820	1.961	2.101	2.286
1.677	1.820	1.961	2.101	2.286
1.278	1.387	1.494	1.601	1.741
1.278	1.387	1.494	1.601	1.741
1.278	1.387	1.494	1.601	1.741
1.278	1.387	1.494	1.601	1.741
0.985	1.069	1.152	1.234	1.342
0.985	1.069	1.152	1.234	1.342
0.985	1.069	1.152	1.234	1.342
0.985	1.069	1.152	1.234	1.342

SUB CUENCA 18				
TIPO I				
P_25	P_50	P_100	P_200	P_500
0.941	0.990	1.034	1.075	1.125
0.941	0.990	1.034	1.075	1.125
1.103	1.159	1.211	1.259	1.318
1.103	1.159	1.211	1.259	1.318
1.318	1.385	1.447	1.504	1.575
1.318	1.385	1.447	1.504	1.575
1.668	1.753	1.831	1.903	1.993
2.044	2.149	2.244	2.333	2.443
3.228	3.393	3.544	3.684	3.857
14.041	14.759	15.416	16.026	16.777
5.864	6.164	6.438	6.693	7.006
3.120	3.280	3.426	3.561	3.728
2.421	2.545	2.658	2.763	2.893
2.152	2.262	2.363	2.456	2.571
1.695	1.781	1.861	1.934	2.025
1.695	1.781	1.861	1.934	2.025
1.291	1.357	1.418	1.474	1.543
1.291	1.357	1.418	1.474	1.543
1.291	1.357	1.418	1.474	1.543
1.291	1.357	1.418	1.474	1.543
0.995	1.046	1.093	1.136	1.189
0.995	1.046	1.093	1.136	1.189
0.995	1.046	1.093	1.136	1.189
0.995	1.046	1.093	1.136	1.189

SUB CUENCA 19				
TIPO I				
P_25	P_50	P_100	P_200	P_500
0.923	0.985	1.045	1.102	1.175
0.923	0.985	1.045	1.102	1.175
1.081	1.154	1.224	1.291	1.377
1.081	1.154	1.224	1.291	1.377
1.292	1.379	1.462	1.543	1.645
1.292	1.379	1.462	1.543	1.645
1.634	1.745	1.850	1.952	2.082
2.003	2.139	2.268	2.393	2.552
3.163	3.377	3.582	3.778	4.029
13.759	14.692	15.580	16.435	17.527
5.746	6.136	6.506	6.864	7.320
3.058	3.265	3.462	3.652	3.895
2.372	2.533	2.686	2.834	3.022
2.109	2.252	2.388	2.519	2.686
1.661	1.773	1.880	1.983	2.115
1.661	1.773	1.880	1.983	2.115
1.265	1.351	1.433	1.511	1.612
1.265	1.351	1.433	1.511	1.612
1.265	1.351	1.433	1.511	1.612
1.265	1.351	1.433	1.511	1.612
0.975	1.041	1.104	1.165	1.242
0.975	1.041	1.104	1.165	1.242
0.975	1.041	1.104	1.165	1.242
0.975	1.041	1.104	1.165	1.242

SUB CUENCA 21				
TIPO I				
P_25	P_50	P_100	P_200	P_500
0.827	0.880	0.929	0.975	1.033
0.827	0.880	0.929	0.975	1.033
0.969	1.030	1.088	1.142	1.210
0.969	1.030	1.088	1.142	1.210
1.158	1.232	1.300	1.365	1.446
1.158	1.232	1.300	1.365	1.446
1.465	1.558	1.645	1.727	1.829
1.796	1.910	2.016	2.117	2.242
2.836	3.016	3.184	3.342	3.541
12.335	13.119	13.850	14.539	15.401
5.151	5.479	5.784	6.072	6.432
2.741	2.915	3.078	3.231	3.423
2.127	2.262	2.388	2.507	2.655
1.890	2.011	2.123	2.228	2.360
1.489	1.583	1.672	1.755	1.859
1.489	1.583	1.672	1.755	1.859
1.134	1.206	1.274	1.337	1.416
1.134	1.206	1.274	1.337	1.416
1.134	1.206	1.274	1.337	1.416
1.134	1.206	1.274	1.337	1.416
0.874	0.930	0.982	1.031	1.092
0.874	0.930	0.982	1.031	1.092
0.874	0.930	0.982	1.031	1.092
0.874	0.930	0.982	1.031	1.092

SUB CUENCA 22				
TIPO I				
P_25	P_50	P_100	P_200	P_500
0.884	0.951	1.016	1.079	1.159
0.884	0.951	1.016	1.079	1.159
1.035	1.114	1.190	1.263	1.358
1.035	1.114	1.190	1.263	1.358
1.237	1.332	1.422	1.510	1.623
1.237	1.332	1.422	1.510	1.623
1.566	1.685	1.800	1.911	2.053
1.919	2.065	2.206	2.342	2.517
3.030	3.261	3.483	3.698	3.974
13.181	14.187	15.151	16.086	17.287
5.505	5.925	6.328	6.718	7.220
2.929	3.153	3.367	3.575	3.842
2.273	2.446	2.612	2.774	2.981
2.020	2.174	2.322	2.465	2.649
1.591	1.712	1.829	1.941	2.086
1.591	1.712	1.829	1.941	2.086
1.212	1.305	1.393	1.479	1.590
1.212	1.305	1.393	1.479	1.590
1.212	1.305	1.393	1.479	1.590
1.212	1.305	1.393	1.479	1.590
0.934	1.006	1.074	1.140	1.225
0.934	1.006	1.074	1.140	1.225
0.934	1.006	1.074	1.140	1.225
0.934	1.006	1.074	1.140	1.225

SUB CUENCA 24				
TIPO I				
P_25	P_50	P_100	P_200	P_500
0.782	0.843	0.900	0.956	1.028
0.782	0.843	0.900	0.956	1.028
0.916	0.988	1.054	1.120	1.204
0.916	0.988	1.054	1.120	1.204
1.095	1.180	1.260	1.338	1.439
1.095	1.180	1.260	1.338	1.439
1.386	1.494	1.594	1.693	1.821
1.699	1.831	1.954	2.075	2.232
2.682	2.891	3.085	3.277	3.524
11.668	12.576	13.420	14.253	15.328
4.873	5.252	5.605	5.953	6.401
2.593	2.795	2.982	3.167	3.406
2.012	2.168	2.314	2.457	2.643
1.788	1.927	2.057	2.184	2.349
1.408	1.518	1.620	1.720	1.850
1.408	1.518	1.620	1.720	1.850
1.073	1.156	1.234	1.311	1.409
1.073	1.156	1.234	1.311	1.409
1.073	1.156	1.234	1.311	1.409
1.073	1.156	1.234	1.311	1.409
0.827	0.891	0.951	1.010	1.086
0.827	0.891	0.951	1.010	1.086
0.827	0.891	0.951	1.010	1.086
0.827	0.891	0.951	1.010	1.086

SUB CUENCA 25				
TIPO I				
P_25	P_50	P_100	P_200	P_500
0.833	0.891	0.947	1.000	1.069
0.833	0.891	0.947	1.000	1.069
0.976	1.044	1.109	1.172	1.252
0.976	1.044	1.109	1.172	1.252
1.166	1.248	1.325	1.400	1.497
1.166	1.248	1.325	1.400	1.497
1.476	1.579	1.677	1.772	1.894
1.809	1.935	2.055	2.172	2.322
2.856	3.055	3.245	3.429	3.666
12.425	13.290	14.117	14.917	15.946
5.189	5.550	5.896	6.230	6.659
2.761	2.953	3.137	3.315	3.544
2.142	2.291	2.434	2.572	2.749
1.904	2.037	2.164	2.286	2.444
1.500	1.604	1.704	1.800	1.924
1.500	1.604	1.704	1.800	1.924
1.143	1.222	1.298	1.372	1.466
1.143	1.222	1.298	1.372	1.466
1.143	1.222	1.298	1.372	1.466
1.143	1.222	1.298	1.372	1.466
0.881	0.942	1.001	1.057	1.130
0.881	0.942	1.001	1.057	1.130
0.881	0.942	1.001	1.057	1.130
0.881	0.942	1.001	1.057	1.130

SUB CUENCA 26				
TIPO I				
P_25	P_50	P_100	P_200	P_500
0.938	0.983	1.022	1.059	1.103
0.938	0.983	1.022	1.059	1.103
1.099	1.151	1.198	1.240	1.292
1.099	1.151	1.198	1.240	1.292
1.314	1.376	1.431	1.482	1.544
1.314	1.376	1.431	1.482	1.544
1.662	1.741	1.811	1.875	1.953
2.038	2.134	2.220	2.299	2.394
3.217	3.369	3.505	3.630	3.781
13.996	14.655	15.247	15.789	16.446
5.845	6.120	6.368	6.594	6.868
3.110	3.257	3.388	3.509	3.655
2.413	2.527	2.629	2.722	2.836
2.145	2.246	2.337	2.420	2.521
1.689	1.769	1.840	1.906	1.985
1.689	1.769	1.840	1.906	1.985
1.287	1.348	1.402	1.452	1.512
1.287	1.348	1.402	1.452	1.512
1.287	1.348	1.402	1.452	1.512
1.287	1.348	1.402	1.452	1.512
0.992	1.039	1.081	1.119	1.166
0.992	1.039	1.081	1.119	1.166
0.992	1.039	1.081	1.119	1.166
0.992	1.039	1.081	1.119	1.166

SUB CUENCA 27				
TIPO I				
P_25	P_50	P_100	P_200	P_500
0.938	0.983	1.022	1.059	1.103
0.938	0.983	1.022	1.059	1.103
1.099	1.151	1.198	1.240	1.292
1.099	1.151	1.198	1.240	1.292
1.314	1.376	1.431	1.482	1.544
1.314	1.376	1.431	1.482	1.544
1.662	1.741	1.811	1.875	1.953
2.038	2.134	2.220	2.299	2.394
3.217	3.369	3.505	3.630	3.781
13.996	14.655	15.247	15.789	16.446
5.845	6.120	6.368	6.594	6.868
3.110	3.257	3.388	3.509	3.655
2.413	2.527	2.629	2.722	2.836
2.145	2.246	2.337	2.420	2.521
1.689	1.769	1.840	1.906	1.985
1.689	1.769	1.840	1.906	1.985
1.287	1.348	1.402	1.452	1.512
1.287	1.348	1.402	1.452	1.512
1.287	1.348	1.402	1.452	1.512
1.287	1.348	1.402	1.452	1.512
0.992	1.039	1.081	1.119	1.166
0.992	1.039	1.081	1.119	1.166
0.992	1.039	1.081	1.119	1.166
0.992	1.039	1.081	1.119	1.166

SUB CUENCA 28				
TIPO I				
P_25	P_50	P_100	P_200	P_500
0.826	0.883	0.939	0.994	1.067
0.826	0.883	0.939	0.994	1.067
0.968	1.035	1.100	1.165	1.250
0.968	1.035	1.100	1.165	1.250
1.156	1.237	1.315	1.392	1.493
1.156	1.237	1.315	1.392	1.493
1.463	1.565	1.664	1.762	1.890
1.794	1.918	2.040	2.159	2.316
2.832	3.029	3.220	3.409	3.657
12.319	13.175	14.009	14.831	15.910
5.145	5.502	5.851	6.194	6.644
2.738	2.928	3.113	3.296	3.536
2.124	2.272	2.415	2.557	2.743
1.888	2.019	2.147	2.273	2.438
1.487	1.590	1.691	1.790	1.920
1.487	1.590	1.691	1.790	1.920
1.133	1.212	1.288	1.364	1.463
1.133	1.212	1.288	1.364	1.463
1.133	1.212	1.288	1.364	1.463
1.133	1.212	1.288	1.364	1.463
0.873	0.934	0.993	1.051	1.128
0.873	0.934	0.993	1.051	1.128
0.873	0.934	0.993	1.051	1.128
0.873	0.934	0.993	1.051	1.128

SUB CUENCA 29				
TIPO I				
P_25	P_50	P_100	P_200	P_500
0.785	0.843	0.884	0.930	0.989
0.785	0.843	0.884	0.930	0.989
0.919	0.988	1.036	1.090	1.159
0.919	0.988	1.036	1.090	1.159
1.098	1.181	1.238	1.303	1.385
1.098	1.181	1.238	1.303	1.385
1.390	1.494	1.566	1.648	1.753
1.704	1.831	1.920	2.020	2.148
2.690	2.892	3.031	3.190	3.392
11.702	12.579	13.185	13.877	14.755
4.887	5.253	5.507	5.795	6.162
2.600	2.795	2.930	3.084	3.279
2.018	2.169	2.273	2.393	2.544
1.793	1.928	2.021	2.127	2.261
1.412	1.518	1.591	1.675	1.781
1.412	1.518	1.591	1.675	1.781
1.076	1.157	1.212	1.276	1.357
1.076	1.157	1.212	1.276	1.357
1.076	1.157	1.212	1.276	1.357
1.076	1.157	1.212	1.276	1.357
0.829	0.892	0.935	0.984	1.046
0.829	0.892	0.935	0.984	1.046
0.829	0.892	0.935	0.984	1.046
0.829	0.892	0.935	0.984	1.046

SUB CUENCA 39				
TIPO I				
P_25	P_50	P_100	P_200	P_500
0.835	0.885	0.931	0.975	1.029
0.835	0.885	0.931	0.975	1.029
0.978	1.036	1.091	1.142	1.205
0.978	1.036	1.091	1.142	1.205
1.169	1.239	1.304	1.364	1.440
1.169	1.239	1.304	1.364	1.440
1.479	1.567	1.649	1.726	1.822
1.812	1.921	2.022	2.116	2.234
2.862	3.034	3.192	3.341	3.527
12.448	13.196	13.887	14.535	15.341
5.199	5.511	5.800	6.070	6.407
2.766	2.933	3.086	3.230	3.409
2.146	2.275	2.394	2.506	2.645
1.908	2.022	2.128	2.228	2.351
1.502	1.593	1.676	1.754	1.851
1.502	1.593	1.676	1.754	1.851
1.145	1.213	1.277	1.337	1.411
1.145	1.213	1.277	1.337	1.411
1.145	1.213	1.277	1.337	1.411
1.145	1.213	1.277	1.337	1.411
0.882	0.935	0.984	1.030	1.087
0.882	0.935	0.984	1.030	1.087
0.882	0.935	0.984	1.030	1.087
0.882	0.935	0.984	1.030	1.087

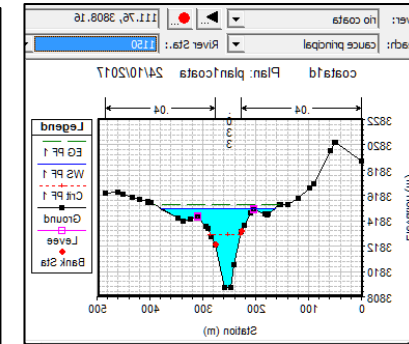
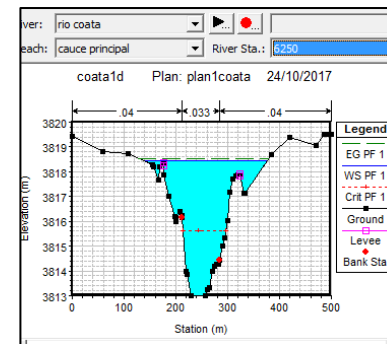
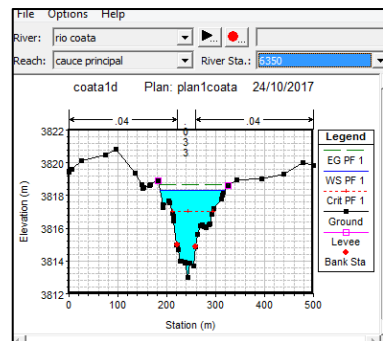
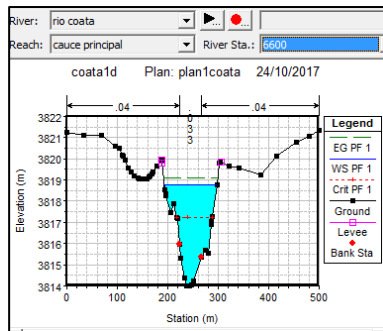
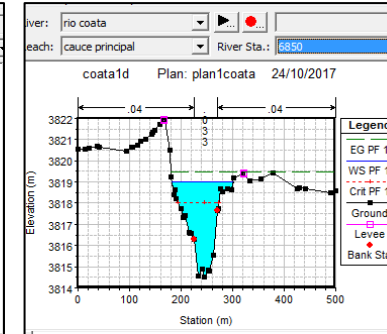
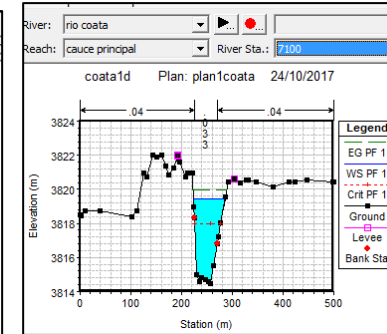
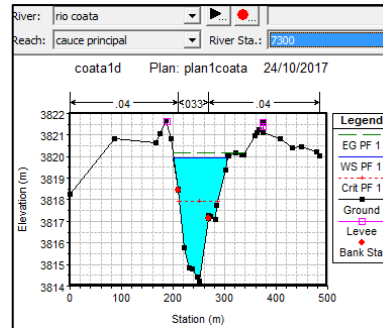
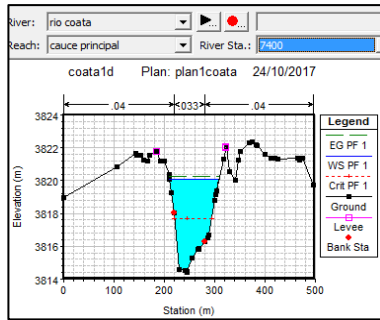
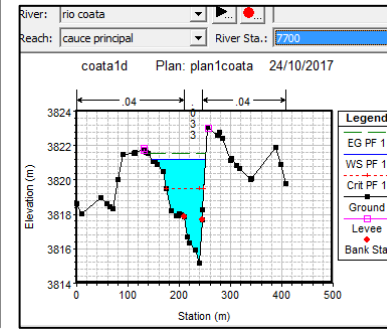
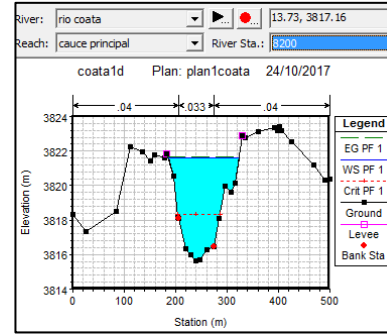
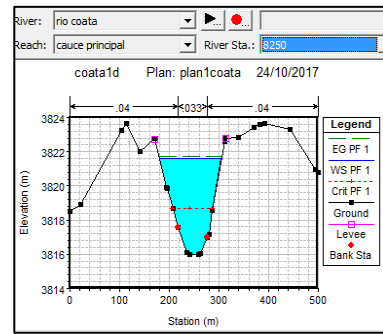
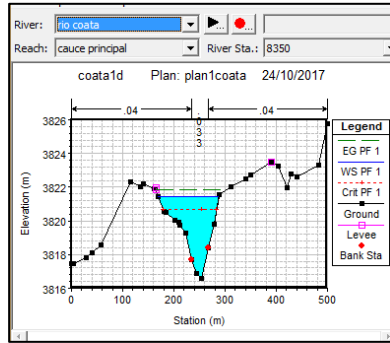


SUB CUENCA 40				
TIPO I				
P_25	P_50	P_100	P_200	P_500
0.815	0.869	0.912	0.956	1.012
0.815	0.869	0.912	0.956	1.012
0.955	1.018	1.069	1.120	1.185
0.955	1.018	1.069	1.120	1.185
1.141	1.216	1.277	1.339	1.416
1.141	1.216	1.277	1.339	1.416
1.444	1.539	1.616	1.694	1.792
1.770	1.887	1.981	2.077	2.197
2.795	2.979	3.128	3.279	3.468
12.159	12.958	13.607	14.265	15.087
5.078	5.412	5.682	5.957	6.301
2.702	2.880	3.024	3.170	3.353
2.096	2.234	2.346	2.459	2.601
1.863	1.986	2.085	2.186	2.312
1.467	1.564	1.642	1.722	1.821
1.467	1.564	1.642	1.722	1.821
1.118	1.192	1.251	1.312	1.387
1.118	1.192	1.251	1.312	1.387
1.118	1.192	1.251	1.312	1.387
1.118	1.192	1.251	1.312	1.387
0.862	0.918	0.964	1.011	1.069
0.862	0.918	0.964	1.011	1.069
0.862	0.918	0.964	1.011	1.069
0.862	0.918	0.964	1.011	1.069

SUB CUENCA 41				
TIPO I				
P_25	P_50	P_100	P_200	P_500
0.772	0.844	0.894	0.952	1.028
0.772	0.844	0.894	0.952	1.028
0.904	0.989	1.047	1.115	1.204
0.904	0.989	1.047	1.115	1.204
1.081	1.182	1.251	1.333	1.439
1.081	1.182	1.251	1.333	1.439
1.368	1.496	1.583	1.686	1.821
1.676	1.834	1.940	2.067	2.232
2.647	2.895	3.064	3.264	3.524
11.515	12.594	13.327	14.199	15.330
4.809	5.259	5.565	5.930	6.402
2.559	2.799	2.961	3.155	3.407
1.985	2.171	2.298	2.448	2.643
1.765	1.930	2.042	2.176	2.349
1.390	1.520	1.608	1.714	1.850
1.390	1.520	1.608	1.714	1.850
1.059	1.158	1.225	1.306	1.410
1.059	1.158	1.225	1.306	1.410
1.059	1.158	1.225	1.306	1.410
1.059	1.158	1.225	1.306	1.410
0.816	0.893	0.945	1.006	1.087
0.816	0.893	0.945	1.006	1.087
0.816	0.893	0.945	1.006	1.087
0.816	0.893	0.945	1.006	1.087

SUB CUENCA 42				
TIPO I				
P_25	P_50	P_100	P_200	P_500
0.801	0.871	0.900	0.945	1.001
0.801	0.871	0.900	0.945	1.001
0.938	1.020	1.054	1.107	1.173
0.938	1.020	1.054	1.107	1.173
1.121	1.219	1.260	1.323	1.402
1.121	1.219	1.260	1.323	1.402
1.418	1.542	1.594	1.674	1.774
1.738	1.891	1.955	2.052	2.174
2.745	2.985	3.086	3.241	3.433
11.940	12.987	13.424	14.096	14.935
4.986	5.424	5.606	5.887	6.237
2.653	2.886	2.983	3.133	3.319
2.059	2.239	2.315	2.430	2.575
1.830	1.990	2.057	2.160	2.289
1.441	1.567	1.620	1.701	1.802
1.441	1.567	1.620	1.701	1.802
1.098	1.194	1.234	1.296	1.373
1.098	1.194	1.234	1.296	1.373
1.098	1.194	1.234	1.296	1.373
1.098	1.194	1.234	1.296	1.373
0.846	0.921	0.952	0.999	1.059
0.846	0.921	0.952	0.999	1.059
0.846	0.921	0.952	0.999	1.059
0.846	0.921	0.952	0.999	1.059

## 8.5 ANEXO 5: SECCIONES REPRESENTATIVAS DEL RIO COATA



## 8.6 ANEXO 6: ALTURA DE ÁREA DE INUNDACIÓN A DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

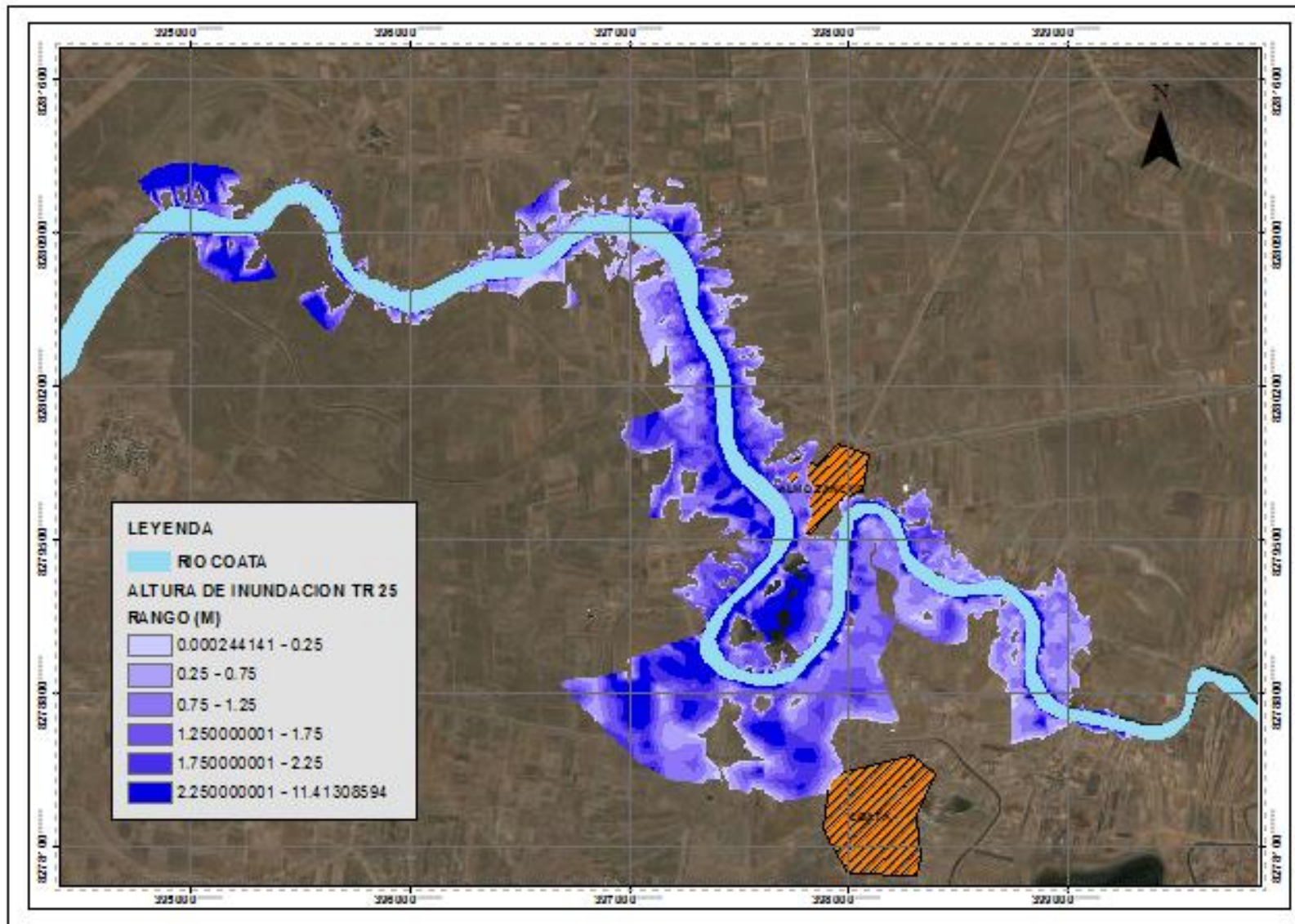
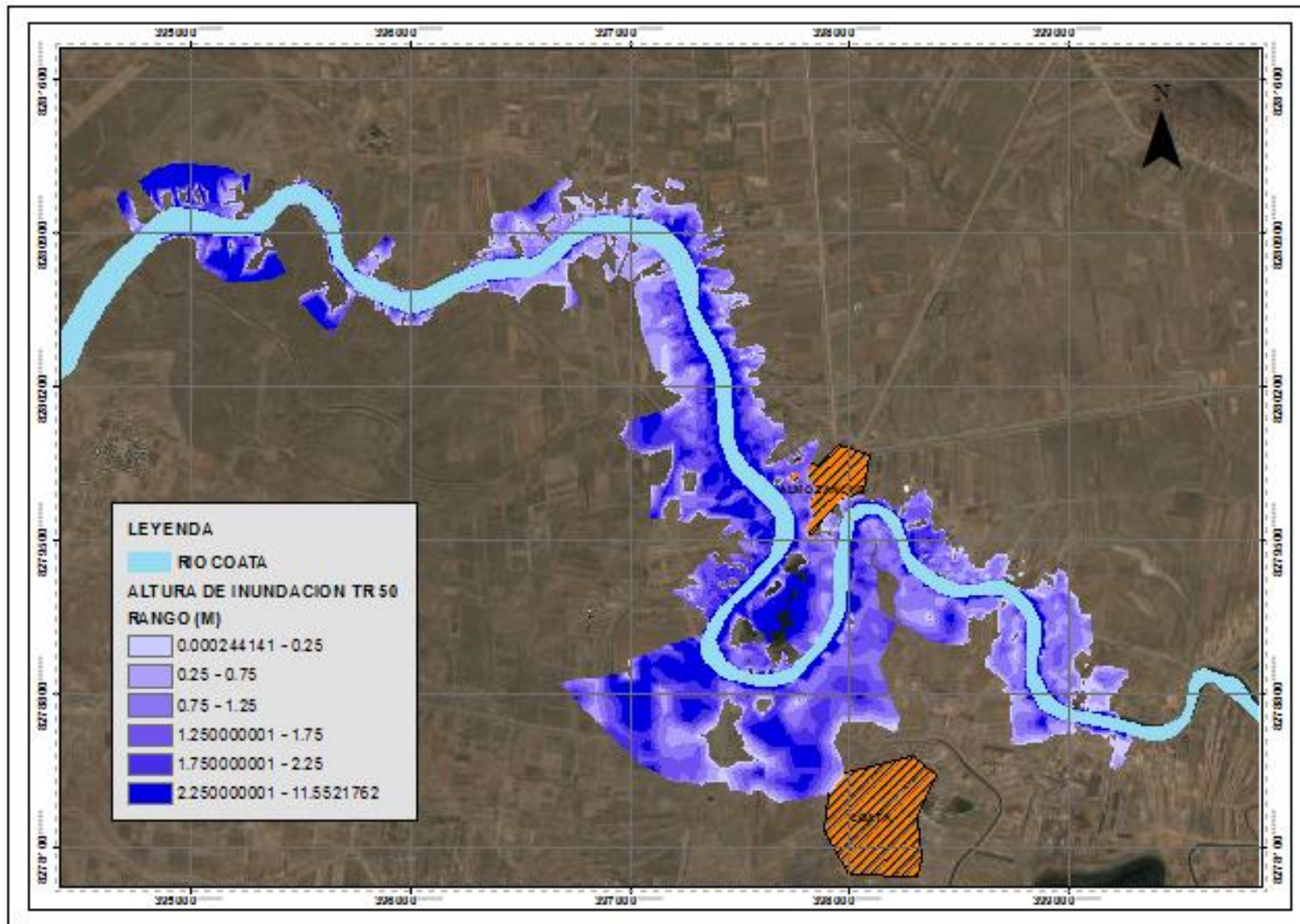
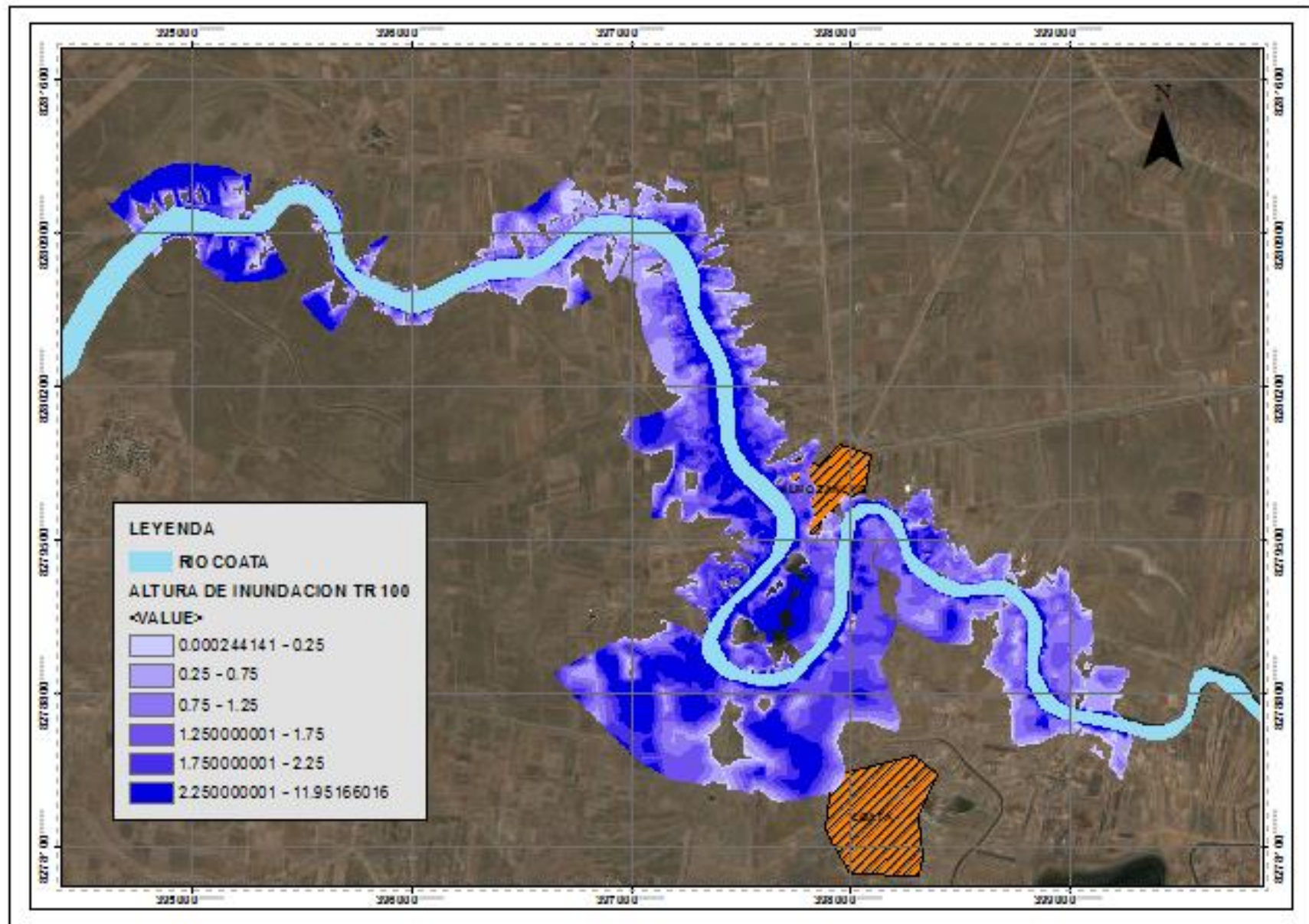


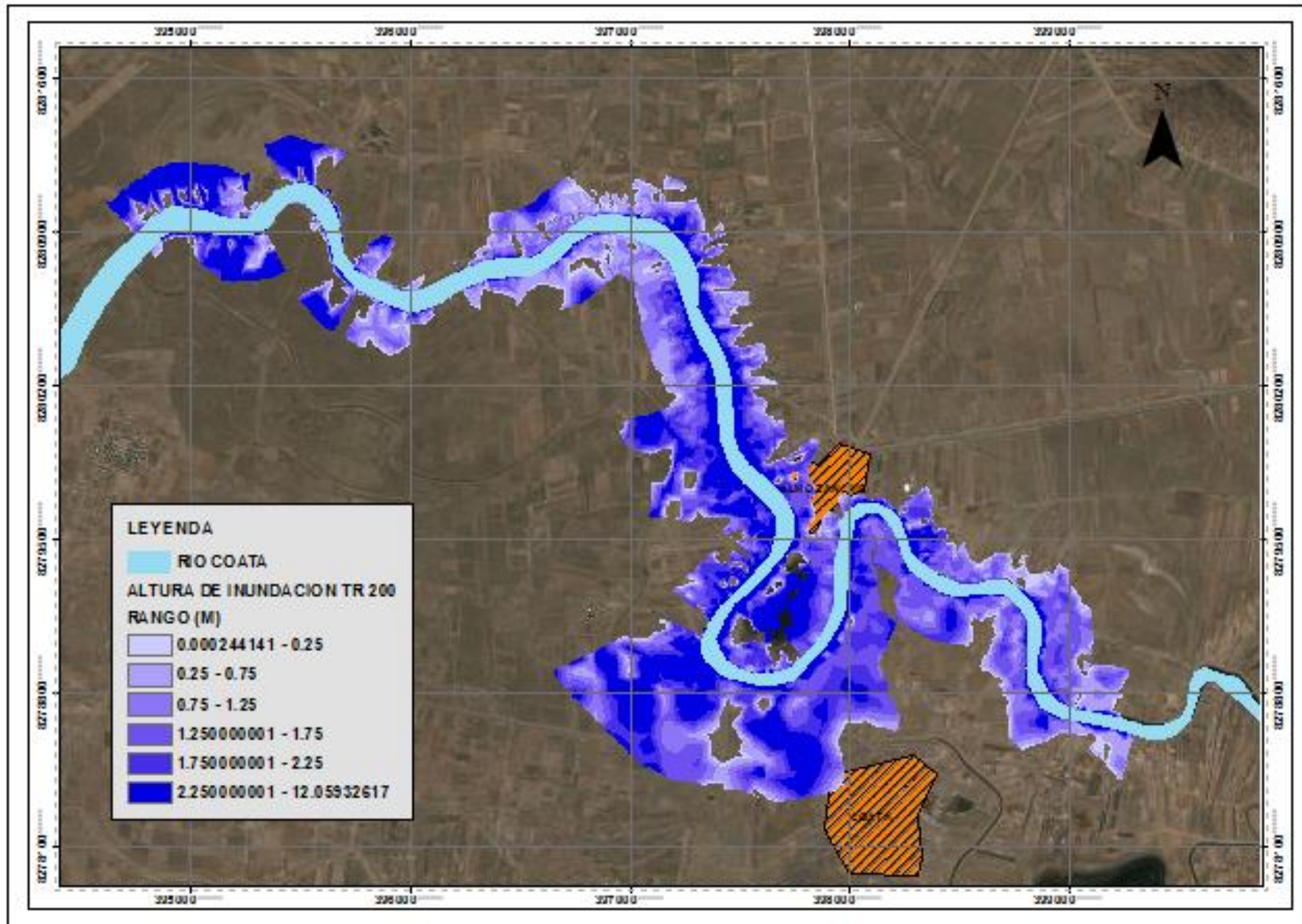
Figura 42: Altura de Inundación Periodo de retorno 25 años



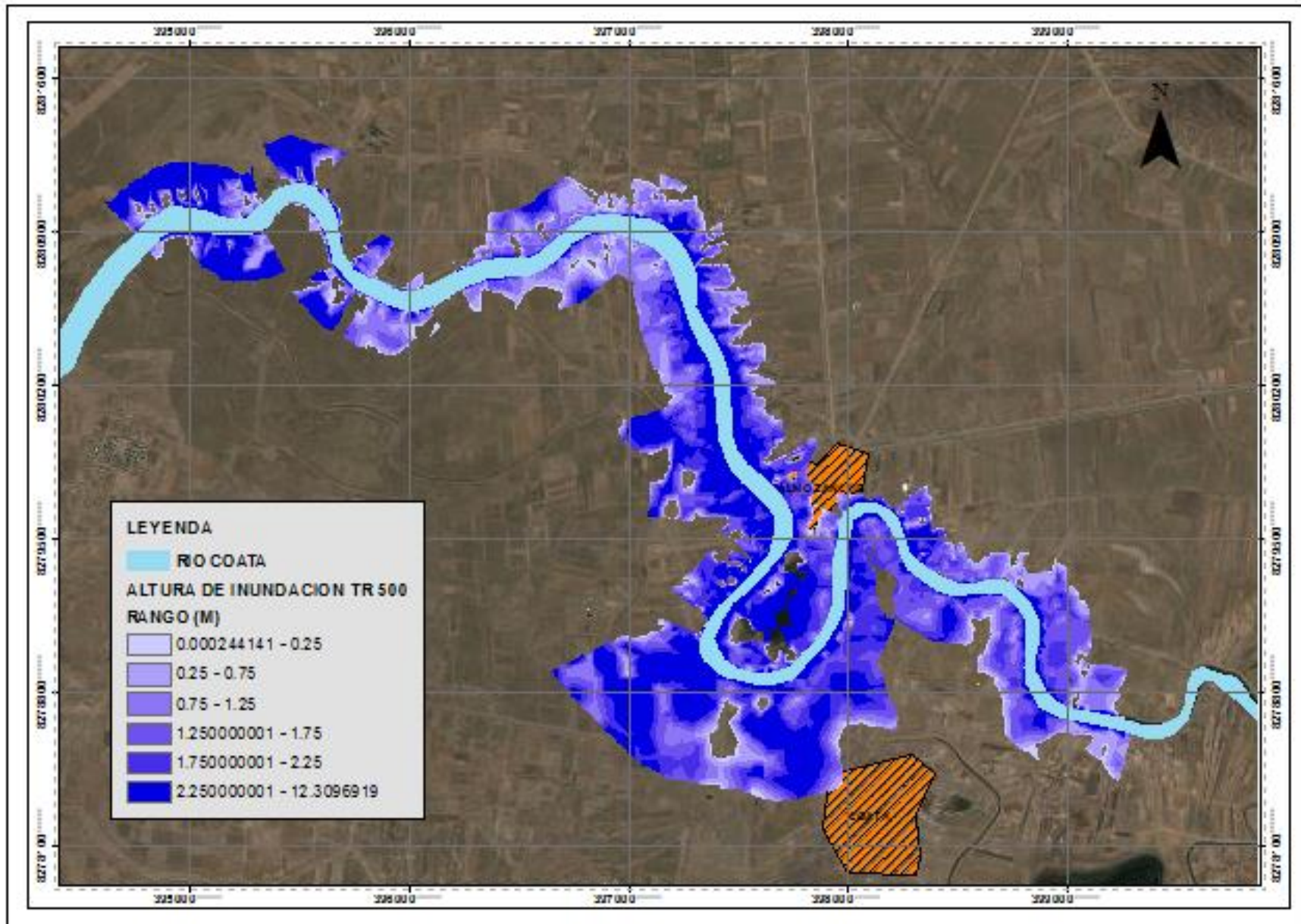
**Figura 43:** Altura de Inundación Periodo de retorno 50 años



**Figura 44:** Altura de Inundación Periodo de retorno 100 años



**Figura 45:** Altura de Inundación Periodo de retorno 200 años



**Figura 46:** Altura de Inundación Periodo de retorno 500 años

## 8.7 ANEXO 7 : PANEL FOTOGRÁFICO



**Figura 47:** Poblado de Almozanche a las Orillas del Rio Coata



**Figura 48:** Cauce del rio Coata



**Figura 49:** Áreas de cultivo y localidad de Coata