

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

**“MODELO HIDRAULICO PARA DELIMITACION DE FAJA MARGINAL RIO  
CAPLINA SECTOR RIO SECO, DISTRITO G. ALBARRACIN L. - TACNA - 2020”.**

**PARA OPTAR:**  
**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

Bach. IRMA SANTOS MAMANI  
Bach. EUDALIA COAQUIRA TICONA

TACNA – PERÚ  
2020

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**


**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**TESIS**

**“MODELO HIDRAULICO PARA DELIMITACION DE FAJA MARGINAL  
RIO CAPLINA SECTOR RIO SECO, DISTRITO G. ALBARRACIN L. -  
TACNA - 2020”.**

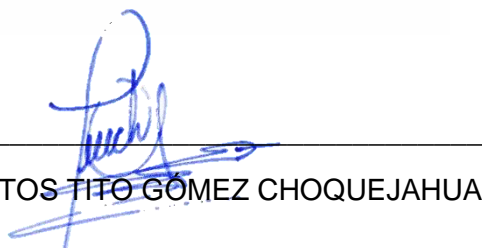
Tesis sustentada y aprobada el 07 de Noviembre del 2020; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE:**



Mtro. EDGAR HIPÓLITO CHAPARRO QUISPE

**SECRETARIO:**



Mtro. SANTOS TITO GÓMEZ CHOQUEJAHUA

**VOCAL:**



MAG. MARTÍN PAUCARA ROJAS

**ASESOR:**



MSc. ALEXANDER NICOLAS VILCANQUI ALARCÓN

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo IRMA SANTOS MAMANI y EUDALIA COAQUIRA TICONA, en calidad de: BACHILLERES de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI N°00683049 y N°41724716

Declaro bajo juramento que:

1. Somos los autores de la tesis:

"MODELO HIDRAULICO PARA DELIMITACION DE FAJA MARGINAL RIO CAPLINA SECTOR RIO SECO, DISTRITO G. ALBARRACIN L. - TACNA - 2020."

la misma que presentamos para optar el título de INGENIERO CIVIL

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, nos hacemos responsables frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

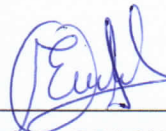
De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, Noviembre del 2020



IRMA SANTOS MAMANI

DNI N° 00683049



EUDALIA COAQUIRA TICONA

DNI N° 41724716

## **DEDICATORIA**

A nuestra familia por el apoyo incondicional y a todos los que nos apoyaron para la realización y concluir la tesis

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por  
guiarnos en nuestro camino y  
por permitirnos concluir con  
nuestro objetivo

## INDICE GENERAL

|   |     |
|---|-----|
| <b>DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD</b> .....                 | i   |
| <b>DEDICATORIA</b> .....  | ii  |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....                                     | iii |
| <b>INDICE GENERAL</b> .....                                     | iv  |
| <b>RESUMEN</b> .....  | x   |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | xi  |
| <b>INTRODUCCION</b> .....                                       | 1   |
| <b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....             | 2   |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....                             | 2   |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....                             | 2   |
| 1.2.1. Interrogante General .....                               | 2   |
| 1.2.2. Interrogante Específicos .....                           | 2   |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....      | 3   |
| 1.4. OBJETIVOS .....  | 3   |
| 1.4.1. Objetivo General .....                                   | 3   |
| 1.4.2. Objetivos Específicos .....                              | 3   |
| 1.5. Hipótesis .....  | 3   |
| 1.5.1. Hipótesis General .....                                  | 3   |
| 1.5.2. Hipótesis Especificas .....                              | 3   |
| <b>CAPITULO II: MARCO TEORICO</b> .....                         | 5   |
| 2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....                             | 5   |
| 2.1.1. A nivel Local .....                                      | 5   |
| 2.1.2. A nivel Nacional .....                                   | 5   |
| 2.1.3. A nivel Internacional .....                              | 6   |
| 2.2. BASES TEÓRICAS .....                                       | 7   |
| 2.2.1. Aspectos Generales .....                                 | 7   |
| 2.2.2. Clasificación de Flujos .....                            | 7   |
| 2.2.3. Hidrología .....   | 8   |
| 2.2.4. Hidrografía .....  | 8   |
| 2.2.5. Morfología .....   | 9   |
| a) Cuenca .....   | 9   |
| b) Características Morfológicas de la cuenca hidrográfica ..... | 9   |
| 2.2.6. Climatología .....                                       | 18  |
| 2.2.7. Escurrimiento Superficial .....                          | 18  |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.2.8. Temperatura .....  | 19        |
| 2.2.9. Humedad relativa.....  | 19        |
| 2.2.10. Modelo hidrológico en ArcGis de la cuenca .....                         | 19        |
| 2.2.11. HidroEsta 2, Software para Cálculos Hidrológicos. ....                  | 19        |
| 2.2.12. Modelos de Distribución.....  | 20        |
| 2.2.13. Modelo hidrológico en HEC HMS.....                                      | 20        |
| 2.2.14. Modelo Hidráulico en HEC RAS.....                                       | 20        |
| 2.2.15. Esguerrimiento Superficial .....  | 21        |
| 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....  | 21        |
| <b>CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO .....</b>                                   | <b>23</b> |
| 3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....                                       | 23        |
| 3.1.1. Tipo de investigación .....  | 23        |
| 3.1.2. Diseño de investigación .....  | 23        |
| 3.1.3. Ubicación .....  | 23        |
| 3.2. POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIOS .....                                    | 24        |
| 3.2.1. Características de la cuenca.....  | 24        |
| 3.2.2. Población Beneficiada.....   | 25        |
| 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....                                       | 26        |
| 3.3.1. Matriz de variables.....   | 26        |
| 3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....                  | 26        |
| 3.4.1. Aspectos generales .....   | 26        |
| 3.4.2. Técnicas e Instrumentos.....   | 26        |
| 3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....                                     | 30        |
| 3.5.1. Topografía del terreno.....  | 30        |
| a) Inventario de campo existentes en la Zona de estudio .....                   | 30        |
| b) Levantamiento Topográfico .....  | 31        |
| c) Información del Levantamiento en Gabinete.....                               | 31        |
| 3.5.2. Modelamiento hidrológico de la cuenca Caplina – Uchusuma.....            | 31        |
| 3.5.3. Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos con Software HidroEsta2.....  | 32        |
| 3.5.4. Modelamiento hidrológico en HEC HMS .....                                | 33        |
| 3.5.5. Modelamiento hidráulico en HEC RAS y delimitación de faja marginal ..... | 34        |
| <b>CAPITULO IV: RESULTADOS .....</b>  | <b>35</b> |
| 4.1. MODELAMIENTO HIDROLOGICO .....   | 35        |
| 4.1.1. PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA CUENCA.....                             | 36        |
| 4.1.2. Software para Análisis Estadísticos de datos Hidrológicos .....          | 38        |
| 4.2. PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS .....  | 39        |
| 4.3. HIDROESTA 2, SOFTWARE PARA CÁLCULOS HIDROLOGICOS .....                     | 40        |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.3.1. Modelamiento hidrológico en HEC HMS .....                               | 48        |
| 4.3.2. Modelamiento hidráulico en HEC RAS y Delimitación de faja marginal..... | 52        |
| <b>CAPITULO V: DISCUSION .....</b>   | <b>57</b> |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>  | <b>59</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>  | <b>60</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>   | <b>61</b> |
| <b>ANEXOS</b>  |           |



## Índice de Tablas

|   |    |
|---|----|
| <i>Tabla 1: Tamaño de la Cuenca</i> .....   | 10 |
| <i>Tabla 2: Coeficiente de Gravelius</i> .....  | 11 |
| <i>Tabla 3: Coeficiente de Compacidad (Kc)</i> .....  | 13 |
| <i>Tabla 4: Pendiente Media de la Cuenca</i> .....  | 14 |
| <i>Tabla 5: Numero de Curva (CN)</i> .....  | 16 |
| <i>Tabla 6: Condición Hidrológica</i> .....   | 17 |
| <i>Tabla 7: Condición de Antecedente de Humedad-SCS</i> .....                                 | 18 |
| <i>Tabla 8: Registro de las estaciones meteorológicas de la zona de estudio</i> .....         | 25 |
| <i>Tabla 9: Matriz de Variables</i> .....   | 26 |
| <i>Tabla 10: Ancho mínimo de faja marginal en cuerpos de agua</i> .....                       | 29 |
| <i>Tabla 11: Ancho faja marginal</i> .....  | 30 |
| <i>Tabla 12: Modelo de Distribución</i> .....   | 32 |
| <i>Tabla 13: Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca Caplina</i> .....                        | 36 |
| <i>Tabla 14: Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca Uchusuma</i> .....                       | 37 |
| <i>Tabla 15: Relación de estaciones seleccionadas para el análisis de la precipitación</i> .. | 39 |
| <i>Tabla 16: Estaciones Meteorológicas</i> .....  | 40 |
| <i>Tabla 17: Distribución log normal 2 parámetros: Estación Calana.</i> .....                 | 44 |
| <i>Tabla 18: Resumen de Cálculos Hidrológicos</i> .....                                       | 45 |
| <i>Tabla 19: Periodo de Retorno de las Estaciones</i> .....                                   | 46 |

## Índice de Figuras

|   |           |
|---|-----------|
| <i>Figura 1: Orden de cauces y método de Horton.....</i>  | <i>15</i> |
| <i>Figura 2: Ubicación de la Zona de Estudio Rio Caplina (Sector Rio Seco).....</i>                         | <i>24</i> |
| <i>Figura 3: Levantamiento Topográfico con GPS Diferencial.....</i>   | <i>27</i> |
| <i>Figura 4: Estacionamiento de la base del Drone margen izquierdo como se aprecia en la imagen.....</i>    | <i>27</i> |
| <i>Figura 5: Plan de vuelo Altura 60m, Velocidad 4.00 m/s y solapamiento lateral 70%..</i>                  | <i>28</i> |
| <i>Figura 6: Se observa el Puente en estado regular debido a la socavación. ....</i>                        | <i>30</i> |
| <i>Figura 7: Se observa el colapso de los diques producto de las avenidas en el Cauce del Rio Seco.....</i> | <i>30</i> |
| <i>Figura 8: Delimitación de Cuenca Caplina .....</i>   | <i>35</i> |
| <i>Figura 9: Delimitación de Cuenca Uchusuma .....</i>  | <i>36</i> |
| <i>Figura 10: Curva Hipsométrica Caplina .....</i>  | <i>37</i> |
| <i>Figura 11: Curva Hipsométrica Uchusuma.....</i>  | <i>38</i> |
| <i>Figura 12: Estaciones pluviométricas utilizadas en el análisis de la precipitación .....</i>             | <i>39</i> |
| <i>Figura 13: Precipitación Máxima 24 Horas.....</i>  | <i>40</i> |
| <i>Figura 14: Distribución Normal Estación Bocatoma .....</i>   | <i>41</i> |
| <i>Figura 15: Distribución Normal Estación de Toquela.....</i>  | <i>41</i> |
| <i>Figura 16: Distribución log Normal 3 parámetros Estación Palca.....</i>                                  | <i>42</i> |
| <i>Figura 17: Distribución log Normal 3 parámetros Estación Calientes .....</i>                             | <i>42</i> |
| <i>Figura 18: Distribución log Normal 2 parámetros Estación Calana.....</i>                                 | <i>43</i> |
| <i>Figura 19: Distribución log Normal 2 parámetros Estación Jorge Basabre.....</i>                          | <i>43</i> |
| <i>Figura 20: Correlación PptMáx24hr vs Altitud – Tr 2 años .....</i>                                       | <i>46</i> |
| <i>Figura 21: Correlación PptMáx24hr vs Altitud – Tr 50 años .....</i>                                      | <i>46</i> |
| <i>Figura 22: Correlación PptMáx24hr vs Altitud – Tr 100 años .....</i>                                     | <i>47</i> |
| <i>Figura 23: Correlación PptMáx24hr vs Altitud – Tr 200 años .....</i>                                     | <i>47</i> |
| <i>Figura 24: Correlación PptMáx24hr vs Altitud – Tr 500 años .....</i>                                     | <i>48</i> |
| <i>Figura 25: Correlación PptMáx24hr vs Altitud – Tr 1000 años .....</i>                                    | <i>48</i> |
| <i>Figura 26: Resultado simulación hidrológica Tr =50 años – cuenca Caplina.....</i>                        | <i>49</i> |
| <i>Figura 27: Histograma de la cuenca Caplina. ....</i>   | <i>49</i> |
| <i>Figura 28: Resultado Simulación Hidrológica Tr =100 años – Cuenca Caplina.....</i>                       | <i>49</i> |
| <i>Figura 29: Histograma de la Cuenca Caplina.....</i>  | <i>50</i> |
| <i>Figura 30: Resultado simulación hidrológica Tr 50 años – cuenca Uchusuma.....</i>                        | <i>50</i> |

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Figura 31: Histograma de la cuenca Uchusuma.....</i>                                | <i>50</i> |
| <i>Figura 32: Resultado Simulación Hidrológica Tr 100 años – Cuenca Uchusuma. ....</i> | <i>51</i> |
| <i>Figura 33: Histograma de la Cuenca Uchusuma.....</i>                                | <i>51</i> |
| <i>Figura 34: confluencia de cuencas Caplina - Uchusuma.....</i>                       | <i>51</i> |
| <i>Figura 35: Vista en 3D el Modelo Hidráulico .....</i>                               | <i>52</i> |
| <i>Figura 36: Caudal de Diseño 91.30 m<sup>3</sup>/s. ....</i>                         | <i>52</i> |
| <i>Figura 37: Sección Transversal km 0+020.00.....</i>                                 | <i>53</i> |
| <i>Figura 38: Tirante 1.23m del Km 0+020.00.....</i>                                   | <i>53</i> |
| <i>Figura 39: Sección Transversal km 0+430.00.....</i>                                 | <i>54</i> |
| <i>Figura 40: Tirante 4.00m del Km 0+430.00.....</i>                                   | <i>54</i> |
| <i>Figura 41: Sección Transversal km 0+990.00.....</i>                                 | <i>55</i> |
| <i>Figura 42: Tirante 3.46m del km 0+990.00.....</i>                                   | <i>55</i> |
| <i>Figura 43: Parámetros Hidráulicos.....</i>  | <i>56</i> |
| <i>Figura 44: Sección Transversal km 0+970.00.....</i>                                 | <i>57</i> |
| <i>Figura 45: Tirante 3.71m del km 0+970.00.....</i>                                   | <i>58</i> |

## RESUMEN

El propósito de este trabajo es desarrollar el modelo hidráulico y determinar la delimitación de la faja marginal del río Caplina sector Río Seco, para salvaguardar la vida humana y la protección de zonas intangibles de propiedad marginal para nuestro análisis se consideró la cuenca Caplina y la cuenca Uchusuma que confluyen los ríos para continuar con su recorrido el río Caplina sector Río Seco distrito G. Albarracín L.; en el procesamiento de datos se usó los programas: Hidroesta 2, ArcGis, HEC HMS, y finalmente HEC RAS para la obtención caudales máximos, inundaciones para la delimitación de la faja marginal para este caso se trabajó con un periodo de retorno de 100 años según indica el reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales del año 2016 para ríos en zona urbana, obteniendo un resultado satisfactorio para la población ya que el río seguirá su cauce con normalidad.

Palabras claves: Modelo hidráulico, cuenca, delimitación, faja marginal, HidroEsta 2, ArcGis, HEC HMS, HEC RAS.

## **ABSTRACT**

The purpose of this work is to develop the hydraulic model and determine the delimitation of the marginal strip of the Caplina river, Rio Seco sector, to safeguard human life and the protection of intangible areas of marginal property. For our analysis, the Caplina basin and the basin were considered. Uchusuma where the rivers converge to continue their journey along the Caplina river, Rio Seco sector, distrito G. Albarracín L .; In data processing, the following programs were used: Hidroesta, ArcGis, HEC HMS, and finally HEC RAS to obtain maximum flows, floods for the delimitation of the marginal belt, for this case, a return period of 100 years was used as indicated the regulation for the delimitation and maintenance of marginal stripes of 2016 for rivers in urban areas, obtaining a satisfactory result for the population since the river will continue its course normally.

Keywords: Hydraulic model, basin, delimitation, marginal belt, HidroEsta 2, ArcGis, HEC HMS; HEC RAS.

## INTRODUCCION

Los recursos naturales que existe en nuestro alrededor son magnífica y maravillosa, así como también existe los embastes ante ella. Si bien es cierto la población en distintos puntos del planeta han sufrido estragos; las precipitaciones han ido en aumento en distintos puntos del país y han ocasionado daños en los pobladores.

El rio Caplina, sector Rio Seco también tuvo crecida en los temporales de lluvia de aumento causando destrozos en el mismo cauce del rio discurriendo con fuerza socavando laderas y también afectó a los pobladores que construyeron sus viviendas sin autorización ya que son viviendas provisionales.

Por ello es necesario determinar a través del modelo hidráulico la delimitación de la faja marginal del rio Caplina sector Rio Seco Distrito G. Albarracín L.; que permitirá conocer datos que serán de gran utilidad como son los parámetros morfológicos, caudal de diseño, para elaborar un diseño optimo con los programas que actualmente se utilizan para delimitar la faja marginal, de esa manera considerar el ancho de la faja marginal para su delimitación para zona urbana.

## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El principal problema que afecta en la zona de estudio se debe a la causa de los fenómenos naturales de máximas avenidas de las crecidas de los cursos de agua en la época de lluvias (ríos, quebradas) producen inundaciones en tramos vulnerables, los cuales afectan a las poblaciones y la infraestructura de servicio.

La actividad humana produce impactos negativos sobre estas zonas de alto riesgo expuestas a peligros naturales sin la debida precaución técnicas de edificación y localización ya que generalmente el objeto de los pobladores se centra en tener una mayor área habitable.

En la actualidad la ampliación de la zona urbana ha desarrollado un crecimiento poblacional y económico espontáneamente con dirección hacia la zona ribereña que están expuestos al peligro ante las crecidas del caudal del río. Ante tal situación debería existir un plan de contingencia.

Por otro lado, la extracción impropia de agregados dentro de la zona del cauce del río, así como el acopio de desmotes o desperdicios; ha originado la alteración del cauce normal del río Caplina.

### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1. Interrogante General**

¿De qué manera el modelo hidráulico permite la delimitación de su faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, Distrito G. Albarracín L. - Tacna - 2020?

#### **1.2.2. Interrogante Específicos**

¿Cómo se calculará el caudal de diseño para la delimitación de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, Distrito G. Albarracín L. - Tacna – 2020?

¿Cómo determinar el ancho de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, distrito G. Albarracín L. - Tacna - 2020?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

Debido a los desastres causados por las precipitaciones pluviales en la zona de estudio, en el distrito G. Albarracín Lanchipa viene causando daños sociales, económicos y ambientales todas ellas ocasionados por las inundaciones de avenidas impactando negativamente para el desarrollo de la población.

La presente investigación es modelar el comportamiento hidráulico en el tramo Río Seco del distrito G. Albarracín L. - Tacna para verificar los niveles de agua alcanzados bajo condiciones extremas de precipitación pluviales y la delimitación de faja marginal.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar mediante un modelo hidráulico la delimitación de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, distrito G. Albarracín L. - Tacna – 2020.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Calcular el caudal de diseño para la delimitación de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, distrito G. Albarracín L. - Tacna – 2020.
- Desarrollar el ancho de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, distrito G. Albarracín L. - Tacna – 2020.

### **1.5. Hipótesis**

#### **1.5.1. Hipótesis General**

El modelo hidráulico permitirá adecuadamente la delimitación de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, distrito G. Albarracín L. - Tacna – 2020.

#### **1.5.2. Hipótesis Específicas**

- El caudal de diseño se calculará a través del modelo hidráulico para la delimitación del río Caplina sector del Río Seco, distrito G. Albarracín L. - Tacna – 2020.



- El modelo hidráulico determinará el ancho de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, distrito G. Albarracín L. - Tacna – 2020.

## **CAPITULO II: MARCO TEORICO**

### **2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

#### **2.1.1. A nivel Local**

- (Mayta & Mamani, 2015), Tesis de pre grado de la Universidad Privada de Tacna. En síntesis, a través del modelo matemático HEC RAS ha permitido calcular el caudal máximo 35 m<sup>3</sup>/s para la estructura y zonas expuestas a inundaciones.
- (Frisancho, 2015) Tesis de posgrado de Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna. Se resume de las tres sub cuencas: Caplina, Palca y Vilavilani Yungane. Al analizar y realizar el modelamiento hidrodinámico y obteniéndose como resultado que los pobladores asentados a lo largo del río Seco sufrirían desborde e inundaciones por ser altamente vulnerables.
- (Tisnado, 2013) tesis de pre grado de la Universidad Jorge Basadre Grohmann, Tacna. Por el programa HEC RAS se determina el colapso del muro de contención por medio de la simulación hidrodinámica de cauce natural del Río Seco.
- (Vilcanqui, 2016) Tesis de posgrado de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, con el programa utilizado HMS se logró estimar y comparar los caudales promedios mensuales de la bocatoma Calientes a través de la modelación y observaciones en la estación hidrométrica con el fin de gestionar.

#### **2.1.2. A nivel Nacional**

- (Ballena & Villanueva, 2017) Tesis de pre grado de Universidad Nacional de Trujillo. En su trabajo propone evaluar la delimitación de la faja marginal con la finalidad de proyectarse a la población y la agricultura para establecer el aprovechamiento de la instalación de hitos.
- (Lima, 2018), Tesis de pre grado de Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Propone establecer un análisis hidrológico espacial por ende definir la faja marginal del embalse Lagunillas que está ubicada en la sub cuenca Lagunillas.

se usaron modelos de elevación digital (DEM), imágenes satelitales y se determinó las características hidrológicas de las máximas avenidas del embalse aplicando HEC-HMS.

- (López, 2018) Tesis de pre grado de Universidad Nacional de Piura. Propone determinar los límites de las fajas marginales del río Piura un tramo de 9.5 kilómetro, basado en el modelamiento hidráulico de dicho tramo, se obtendrá análisis y procesamiento de información hidrométrica y data topográfica y modelamiento hidráulico, el cual permitirán delimitar las fajas marginales. Usando los métodos estadísticos Gumbel y Pearson tipo III. Se determinó el ancho de la faja marginal según el ancho variable en el que se consideró características geológicas, vegetación, presencia de defensas ribereñas que están en los márgenes del río, además señala que el ancho varía de 10 a 50 metros.
- (Ccanccapa, 2018) Proyecto de Investigación de pre grado de Universidad Católica de Santa María, Arequipa. a través del análisis realizado en el río Socabaya se quiere garantizar la protección de los terrenos aledaños al río para tal fin se calculó con software HEC MMS, HEC RAS, IBER para el modelamiento hidráulico lo cual permitió generar un mapa de riesgo y vulnerabilidad ante inundación por un periodo de 100 años para fajas marginales y también se identificó un área de posible inundación en la zona cerca al puente Socabaya para luego realizar una defensa ribereña.
- (Mendoza, 2017) Tesis de pre grado de Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. Al evaluar el nivel de riesgo por inundación se quiere reducir el impacto negativo, razón por lo cual se ha efectuado una investigación descriptiva en la cual se ha analizado y evaluado los datos obtenidos. Para dicho estudio se utilizó la técnica de la observación y obtención de datos meteorológicos llegando a determinar que el nivel de peligrosidad y de vulnerabilidad es alto.

### **2.1.3. A nivel Internacional**

- (Salinas, 2015) Tesis de pre grado de Universidad Cuenca, Ecuador. Dicho brevemente para el modelamiento del río Quevedo se usaron programas el IBER y HEC-RAS para medir niveles de flujo que permitan captar caudal. Por tanto, los resultados con IBER en las obras de disipación tendrán buen funcionamiento y mientras que los niveles de agua en obras hidráulicas son más altos.

- (Zuazo, 2015) Tesis de postgrado de Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. El siguiente punto trata sobre la modelación de la cuenca para determinar los caudales a través de simulación numérica y programas con HEC-HMS para cálculo de periodo de retorno, hidrogramas y con el programa HEC-RAS en la evaluación de la zona inundada. De esta manera descartaron que no perdía capacidad hidráulica de transporte total de caudales para caso de eventos extremos por ende descartan inundación.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. Aspectos Generales

Cuenca se denomina al área permanente o temporario de concentración de aguas superficiales y de un río en curso, donde los recursos hídricos son fundamentales para el sostenimiento de la población, así como de los recursos natural.

La zona que abarca la cuenca tiene gran influencia sobre la naturaleza y los habitantes en la que existe una relación debido a que el sistema hídrico abastece a los seres que habitan y comparten acceso a las vías como a los peligros que acechan. Pero ello no detiene el crecimiento poblacional socio – económico.

### 2.2.2. Clasificación de Flujos

#### Flujo permanente y no permanente

El flujo permanente es más simple de analizar que él no permanente, por la complejidad que le adiciona el tiempo como variable independiente según.(Villon, 2007).

$$\frac{\partial y}{\partial t} = 0; \frac{\partial v}{\partial t} = 0; \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

Si los paramentos cambian con respecto al tiempo se le llama flujo no permanente.

$$\frac{\partial y}{\partial t} \neq 0; \frac{\partial v}{\partial t} \neq 0; \frac{\partial A}{\partial t} \neq 0; \text{ etc.}$$

#### Flujo Uniforme y Variado

El flujo es uniforme si los parámetros (tirante, velocidad, área, etc.) no cambian con respecto al espacio y si los parámetros varían se le llama no uniforme o variado. Cuando un flujo es gradualmente variado el parámetro hidráulico es diferente o progresivamente y cuando los parámetros varían repentinamente en distancia corta se considera flujo rápidamente variado. (Villon, 2007).

### **Flujo Laminar y Turbulento**

El flujo laminar y turbulento, está relacionado con la viscosidad del fluido. Cuando el movimiento de las partículas sigue trayectoria separadas perfectamente definidas, no necesariamente paralelas, es un flujo laminar y será turbulento si las partículas se mueven sin tener un orden establecido, con trayectorias erráticas (Villon, 2007).

### **Flujo Crítico, Subcrítico y Supercrítico**

En relación con el efecto de la gravedad el flujo puede ser crítico, subcrítico y supercrítico, la fuerza de gravedad se mide a través del número de Froude (F), se relaciona fuerzas de inercia de velocidad, con fuerzas gravitatorias. (Villon, 2007).

## **2.2.3. Hidrología**

Hidrología es la ciencia geográfica que se dedica al estudio de la distribución, espacial y temporal y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, escorrentía, humedad del suelo, evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares (INGEMMET, 2009).

Las características hidrológicas de la ciencia del río Caplina están determinadas en gran medida por su configuración fisiográfica. La altura media sobre el nivel del mar, la orientación predominante de la cuenca noreste suroeste y la presencia de abras, cordilleras y quebradas son los principales factores condicionantes del clima y la precipitación. (Vilcanqui, 2016).

## **2.2.4. Hidrografía**

La hidrografía del río Caplina se encuentra determinada por las nacientes del río Caplina (las cuales corresponden a la vertiente del Pacífico), originadas en la divisoria de las aguas de las cuencas Sama y Uchusuma que se desplazan predominantemente en dirección Nor – Este a Sur-Oeste.

El río Caplina nace en las alturas de los nevados Achacollo y Huancune con el nombre de quebrada Piscullani; posteriormente a la altura de la confluencia con la quebrada Chupiquiña a unos 16 km de su origen, toma el nombre de río Caplina.

## **2.2.5. Morfología**

### **a) Cuenca**

Está considerado como cuenca, al área que está conformada por la acumulación de agua debido a las precipitaciones que discurren en ella y que dan a un curso importante de agua.

### **b) Características Morfológicas de la cuenca hidrográfica**

Las características más importantes de la cuenca definen básicamente en tres grandes tipos según establece (Gámez, 2009).

- Parámetro de forma
- Parámetro de relieve
- Parámetro relativo a la red de drenaje

#### **A) Parámetros de forma:**

##### **Tamaño de la cuenca.**

Esta netamente relacionado con la extensión superficial drenada que cubre el perímetro de la extensión de la cuenca y sus dimensiones se establece en km<sup>2</sup> o también en hectáreas cuando las cuencas son pequeñas.

Para calcular el área de la cuenca o también denominado el área de drenaje, se puede estimar a través de fotografías aéreas, planos regionales, topográficos, o de estimación hecha en campo; en los planos se delimitará las líneas parteaguas de la cuenca las cuales posteriormente serán procesados por planímetro u otros métodos con el cual se puede obtener el área requerida.

El escurrimiento superficial dependerá del tamaño de la cuenca, cuando se acrecienta el tamaño por ende aumentará el volumen escurrido y también los escurrimientos máximos. Según establece (Gámez, 2009).

El tamaño de la cuenca es una característica que influye en el escurrimiento superficial, ya que al incrementarse el tamaño se aumenta el volumen escurrido y los escurrimientos máximos. Según (Gamez,2009).

Tabla 1: Tamaño de la Cuenca

| Carácter | Área (Km2)   |
|----------|--------------|
| Pequeñas | Menor de 250 |
| Grandes  | Mayor de 250 |

Fuente: Villon,2002

### Forma de la cuenca.

La esorrentía es importante tanto para el área como por la intensidad de lluvia, teniendo en cuenta que una cuenca pequeña y redondeada son las que concentran con gran rapidez sus escurrimientos, en cambio una cuenca alargada demorara más tiempo en llegar al punto de aforo o salida.

Cuando las cuencas son pequeñas y en especial redondas pueden causar inundaciones, más aún cuando presentan pendientes elevadas la velocidad de las aguas será mayor.

El caudal de aforo depende estrictamente de la forma de la hondura, el cual puede enunciar por el factor “K” que es adimensional, denominado índice de compacidad o también llamado coeficiente de Gravelius:

$$K = 0.28P/A^{0.5}$$

Donde:

K: Coeficiente de compacidad o de Gravelius, adimensional.

P: Perímetro de la cuenca (Km)

A: Área de la cuenca (Km2)

El coeficiente de Gravelius debe ser mayor o igual a 1, cuanto más cercano a la unidad, la forma de la cuenca se asemejará a un círculo. Cuando el índice de compacidad tome valores superiores a la unidad, dicha cuenca será alargada y tendrá forma circular siempre y cuando el índice se acerque a la unidad.

Casi siempre, la cuenca grande tiene una forma como de pera y las que son pequeña toma forma de un abanico, pero es mejor aplicar datos numéricos.

En cuanto a los tipos o clases de formas, según el índice de compacidad o Gravelius.

Tabla 2: Coeficiente de Gravelius

| Valores de K   | Tipos de clases de formas             |
|----------------|---------------------------------------|
| De 1.00 a 1.25 | Casi redonda a oval redonda           |
| De 1.26 a 1.50 | De oval redonda a oval oblonga        |
| De 1.51 a 1.75 | De oval oblonga a rectangular oblonga |

Fuente Gamez,2009.

### Delimitación de la cuenca hidrológica

Esta se realiza sobre planos y también sobre curvas a nivel, la línea imaginaria que divide a las cuencas contiguas se denomina (parteaguas) y que intercambian el escurrimiento originado por las precipitaciones y van fluyendo a la salida o aforo de la cuenca.

Lo que corresponde a parte aguas se encuentra delimitada por puntos de gran nivel topográfico y intersectan los puntos de salida que también se llama estación de aforo. (Villon, 2002).

### Importancia de la cuenca

Es de gran importancia establecer características mecánicas de la cuenca tales como: área, forma de cuenca, sistema de aforo, suelo, relieve, entre otros. Estas características penden de la morfología (forma, relieve, drenaje y otros) el tipo de suelo, cobertura vegetal, geología, etc. (INGEMMET, 2009).

## MORFOMETRÍA DE UNA CUENCA

### PARÁMETRO DE FORMA

Estos conceptos son dados por: (Lux, 2016).

- a) **Área de la cuenca (A):** Se define el área de la cuenca como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por la divisoria de aguas. Según (Ven To Chow 1993). Se expresa en **Km<sup>2</sup>**.
- b) **Perímetro (P):** Se refiere al borde la forma de la cuenca proyectada en un plano horizontal de forma muy irregular, se obtiene después de delimitar (Máximo Villon, 2002). Se expresa en **Km**.



**c) Longitud de la cuenca (L):** Distancia horizontal desde la desembocadura (punto de aforo) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia del río principal corte la línea de contorno de la cuenca. Se expresa normalmente en **Km**.

**d) Ancho de la cuenca (W):** Se define como la relación entre el área y la longitud de la cuenca. Se expresa en **Km**.

$$W = \frac{area}{longitud}$$

**e) Orientación:** Se determina de acuerdo a la orientación del río principal, y está en relación al norte; influyen las cadenas montañosas con respecto a las corrientes de aire.

**f) Factor de forma (Kf):** Es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud.

$$Kf = \frac{area}{L^2}$$

**a) Coeficiente de Compacidad (Kc):** Según Gravelius, es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área igual a la de la cuenca.

$$Kc = \frac{P}{P_c} = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P = Perímetro de la cuenca (km).

A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>).

Tabla 3: Coeficiente de Compacidad (Kc)

| Kc          | Forma               |
|-------------|---------------------|
| 1.00 - 1.25 | Redonda             |
| 1.25 - 1.50 | Ovalada redonda     |
| 1.5 - 1.7   | Rectangular oblonga |
| > 1.7       | Alargada            |

Fuente: Lux, 2016

**b) Relación de elongación (Re):** Es la relación entre el diámetro de un círculo que posea la misma área de la cuenca y la longitud de la cuenca:

$$Re = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L_{\text{cuenca}}}$$

#### PARAMETRO DE RELIEVE:

El estudio de parámetros es más importante de forma debido a que influyen más en la escorrentía respuesta hidrológica de la cuenca. La pendiente es la principal variable puesto que a mayor pendiente habrá un menor tiempo de concentración de las aguas en la red de drenaje y afluentes del curso principal. (Villon, 2002).

#### Curva hipsométrica

Considera la característica del relieve, que se obtiene a partir de las cotas de altitud registradas en los MDE (Modelo Digital de Elevaciones) y complementando con la estimación de la superficie acumulada por cada cota. (Villon, 2002).

#### Pendiente media de la cuenca

Es uno de los parámetros más importantes debido a la relación con el comportamiento hidrológico de la red de drenaje, lo que influye en las magnitudes de las crecidas de los ríos. Se determina de la siguiente manera:

$$S_m = \frac{H}{L_m}$$

Donde:

Sm = Pendiente media de la cuenca.

H = Desnivel total (cota en la parte más alta-cota en la parte más baja) en km.

Lm = Lado mayor del rectángulo equivalente (km).

Para determinar la clase de pendiente de la cuenca se tiene:

*Tabla 4: Pendiente Media de la Cuenca*

| Pendiente de la cuenca (%) | Clase                   |
|----------------------------|-------------------------|
| <b>1 a 15</b>              | Accidentado             |
| <b>15 a 30</b>             | Fuertemente accidentado |
| <b>30 a 50</b>             | Escarpado               |
| <b>&gt; 50</b>             | Muy escarpado           |

*Fuente: Villon, 2002*

### **Elevación media**

Desde la curva hipsométrica, se determina la elevación media que equivale al 50% del área de la cuenca.

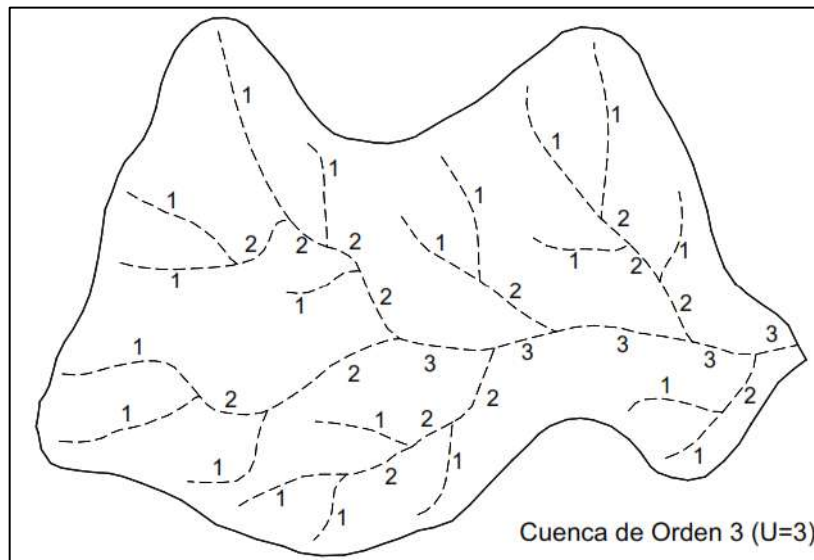
## **PARÁMETROS RELATIVOS AL DRENAJE**

### **Orden de los cauces**

Es la clasificación que proporciona el grado de cruce dentro de la cuenca. Para el caso en estudio tomamos el método de Horton. Según refiere (Villodas, 2008) Que tiene ciertos criterios:

- Cauces más cortos tendrán número de orden 1.
- La unión de dos cauces de orden 1, se juntan y forman un orden 2 con dirección aguas abajo.
- En el caso de cauce de orden bajo fluye a uno de mayor orden da como resultado hacia aguas abajo toma el número inmediato superior.
- Cuando el cauce principal que cuenta la cuenca tomara el orden de mayor número.

Figura 1: Orden de cauces y método de Horton



Fuente: Villodas, 2008.

### **Longitud de los cauces de orden uno**

Cuando se tiene el número de orden uno de los cauces, se procede con la medición de dicho flujo. Según (Villodas, 2008).

### **Tiempo de concentración**

Es el tiempo transcurrido en que llega una gota de agua desde el extremo más alejado de la cuenca a la sección de salida (estación de aforo). Este tiempo está en función de ciertas características geográficas y topográficas de la cuenca.

### **Estación de aforo**

Es el punto o sección de control del canal o río ya sea natural o preparado para tal efecto que servirán de base a posteriores estudios de caudales característicos, curvas cronológicas, etc.

### **Número de curva**

El número de curva se basa en las características, calculado a partir de la cobertura vegetal y el uso de suelos de la cuenca. Este número representa los coeficientes de escorrentía, así un CN=100, indica que toda la lluvia escurre, mientras que en CN=1, señala que toda la lluvia se infiltra. (Villon, 2002).

Como alternativa, y como valor referencial, el parámetro CN puede estimarse mediante el siguiente procedimiento:

Se define un número adimensional de curva CN, tal que  $0 \leq CN \leq 100$ . Para superficies impermeables y superficies de agua  $CN = 100$ ; para superficies naturales  $CN < 100$ . El número de curva y S se relacionan por:

Tabla 5: Numero de Curva (CN)

| Cobertura   |                               |                       | Número de Curva |    |    |    |
|---|-------------------------------|-----------------------|-----------------|----|----|----|
| Uso de la Tierra                                    | Tratamiento o Práctica        | Condición Hidrológica | A               | B  | C  | D  |
| Descuidado, en descanso, sin cultivos               | Surcos rectos                 | -----                 | 77              | 86 | 91 | 94 |
| Cultivos  | Surcos rectos                 | Pobre                 | 72              | 81 | 88 | 91 |
|   | Surcos rectos                 | Buena                 | 67              | 78 | 85 | 89 |
|   | Curvas de nivel               | Pobre                 | 70              | 79 | 84 | 88 |
|   | Curvas de nivel               | Buena                 | 65              | 75 | 82 | 86 |
|   | Curvas de nivel y en terrazas | Pobre                 | 66              | 74 | 80 | 82 |
|   | Curvas de nivel y en terrazas | Buena                 | 62              | 71 | 78 | 81 |
| Pequeños Granos                                     | Surcos rectos                 | Pobre                 | 65              | 76 | 84 | 88 |
|   | Surcos rectos                 | Buena                 | 63              | 75 | 83 | 87 |
|   | Curvas de nivel               | Pobre                 | 63              | 74 | 82 | 85 |
|   | Curvas de nivel               | Buena                 | 61              | 73 | 81 | 84 |
|   | Curvas de nivel y en terrazas | Pobre                 | 61              | 72 | 79 | 82 |
|   | Curvas de nivel y en terrazas | Buena                 | 59              | 70 | 78 | 81 |
| Sembríos cerrados, legumbres o sembríos en rotación | Surcos rectos                 | Pobre                 | 66              | 77 | 85 | 89 |
|   | Surcos rectos                 | Buena                 | 58              | 72 | 81 | 85 |
|   | Curvas de nivel               | Pobre                 | 64              | 75 | 83 | 85 |
|   | Curvas de nivel               | Buena                 | 55              | 69 | 78 | 83 |
|   | Curvas de nivel y en terrazas | Pobre                 | 63              | 73 | 80 | 83 |
|   | Curvas de nivel y en terrazas | Buena                 | 51              | 67 | 76 | 80 |
| Pastizales o similares                              | Curvas de nivel               | Pobre                 | 68              | 79 | 86 | 89 |
|   | Curvas de nivel               | Regular               | 49              | 69 | 79 | 84 |
|   | Curvas de nivel               | Buena                 | 39              | 61 | 74 | 80 |
|   | Curvas de nivel               | Pobre                 | 47              | 67 | 81 | 88 |
|   | Curvas de nivel               | Regular               | 25              | 59 | 75 | 83 |
|   | Curvas de nivel               | Buena                 | 6               | 35 | 70 | 79 |
| Pradera   |                               | Buena                 | 30              | 58 | 71 | 78 |
| Bosques   |                               | Pobre                 | 45              | 66 | 77 | 83 |
|   |                               | Regular               | 36              | 60 | 73 | 79 |
|   |                               | Buena                 | 25              | 55 | 70 | 77 |
| Patios  |                               | -----                 | 59              | 74 | 82 | 86 |
| Caminos, incluyendo derecho de vía                  | Cieno                         | -----                 | 72              | 82 | 87 | 89 |
|   | Superficie firme              | -----                 | 74              | 84 | 90 | 92 |

Fuente: SCS (SOIL CONVERSATION SERVICE).

La condición hidrológica se refiere a la capacidad de la superficie de la cuenca para favorecer o dificultar el escurrimiento directo, esto se encuentra en función de la cobertura vegetal y uso de suelos puede aproximarse como:

Tabla 6: Condición Hidrológica

| Cobertura Vegetal        | Condición Hidrológica |
|--------------------------|-----------------------|
| > 75% del área           | Buena                 |
| Entre 50% y 75% del área | Regular               |
| < 50% del área           | Pobre                 |

Fuente: SCS (SOIL CONVERSATION SERVICE).

Definición según (Villon, 2002) grupo hidrológico de suelo:

- **GRUPO A:** Suelos que tienen altas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de arenas y gravas profundas, con bueno o excesivo drenaje. Estos tienen altas velocidades de transmisión de agua.
- **GRUPO B:** Suelos con moderada velocidad de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos con cantidades moderadas de texturas finas y gruesa, con drenaje medio y algo profundo. Son básicamente suelos arenosos.
- **GRUPO C:** Suelos que tiene bajas velocidades de infiltración cuando están mojados, consisten principalmente de suelos que tiene un estrato que impide el flujo del agua, son suelos con texturas finas.
- **GRUPO D:** Suelos que tienen bajas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos arcillosos con alto potencial de hinchamiento, suelos con nivel freático alto y permanente. Estos suelos tienen muy bajas velocidades de transmisión de agua.

La condición o estado de humedad tiene en cuenta a los antecedentes de humedad de la cuenca que determina la lluvia en el periodo de cinco días anteriores a la tormenta. (Villon, 2002).

El SCS usa tres intervalos de condición de humedad antecedentes (CHA):

CHA-I, es el límite de humedad o el límite superior de S. con potencial mínimo de escurrimiento

CHA-II, es el promedio según cuadro de condición de humedad.

CHA-III, es el límite superior de humedad o el límite inferior de S. existe máxima potencia de escurrimiento.

Tabla 7: Condición de Antecedente de Humedad-SCS

| Condición de Humedad Antecedente (CHA) | Precipitación Acumulada de los 5 días previos al Evento en consideración (cm) |                         |
|--|---|-------------------------|
|  | Estación Seca   | Estación de Crecimiento |
| I (seca)                               | Menor de 1.3  | Menor de 3.5            |
| II (media)                             | 1.3 a 2.5   | 3.5 a 5                 |
| III (húmeda)                           | Más de 2.5  | Más de 5                |

Fuente: SCS (SOIL CONVERSATION SERVICE).

### 2.2.6. Climatología

Es el principal factor que controla la hidrología de la cuenca por la variedad de clima y los cambios en los recursos hídricos observada en los afluentes, dependiendo de la región y la escala de tiempo.

Por lo tanto, es importante establecer el régimen de ocurrencia y la intensidad de estos factores que nos permitirán determinar con claridad su importancia dentro del conjunto de factores que originan el funcionamiento de los acuíferos.

En la cuenca Caplina las precipitaciones anuales son muy escasas, hasta nulas y su variación de la temperatura depende de la altitud y la morfología de la zona, por el cambio de las estaciones y de la variedad de las precipitaciones pluviales.

### 2.2.7. Escurrimiento Superficial

Es la relación entre el área de la cuenca y la longitud total de la red hídrica de la misma cuenca.

También se puede definir como la distancia promedio en línea recta que el agua precipitada tendría que recorrer para llegar al lecho de un curso de agua.

$$E = \frac{A}{L_T}$$

Donde:

$L_T$  = Longitud total de ríos de la cuenca (km).

A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>).

### **2.2.8. Temperatura**

En el valle de Tacna la temperatura media anual fluctúa en orden de los 18°C con máximas que pueden alcanzar del 28°C en los meses de verano y mínimas que alcanzan los 7°C en los meses de invierno.

La temperatura media anual que se presentan en el valle va disminuyendo con la altitud siendo de 12°C a 3000 m.s.n.m. con máximas de 22°C en verano y mínimas de 4°C en invierno, mientras que para altitudes mayores a 4000 m.s.n.m. la temperatura media anual alcanza los 3°C con máximas de 20°C en verano y mínimas de -15°C en inviernos. (Ministerio de Agricultura, 2002)

### **2.2.9. Humedad relativa**

La humedad relativa es más alta en la zona baja debido al contenido de humedad relativa del aire es un indicador de evaporación, transpiración y probabilidad de lluvia.

La humedad relativa media anual en las pampas de la Yarada y Hospicios y en el valle de Tacna es de 75% con máximas mensuales que alcanzan el 90% en los meses de invierno y una mínima mensual que llega a 55% en los meses de verano. (Ministerio de Agricultura, 2002)

### **2.2.10. Modelo hidrológico en ArcGis de la cuenca**

Para el modelamiento hidrológico se requiere definir el área de la cuenca a través de la delimitación y la unión con referente a los puntos más altos con las curvas de altitudes para determinar el área de trabajo en este caso se requerirá obtener los datos morfométricos de la cuenca.

### **2.2.11. HidroEsta 2, Software para Cálculos Hidrológicos.**

HidroEsta 2, programa para cálculos hidrológicos, utilizando Visual Basic. El cual nos permite calcular los parámetros estadísticos, cálculos de regresión lineal, no lineal, simple y múltiple, evalúa si es que la serie de datos concuerdan con una serie de distribuciones, calcular a partir de una curva de variación estacional o



de duración, eventos de diseño con determinada probabilidad de ocurrencia, realizando el análisis de tormenta y cálculo de intensidad máxima.

#### **2.2.12. Modelos de Distribución**

El análisis de frecuencias tiene como finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos para diferentes periodos de retorno, mediante la aplicación de modelo de distribución probabilística discretos o continuos.

Los modelos discretos son aquellas cuya función densidad de probabilidad y función acumulada se encuentran definidas para determinados valores que puede tomar la variable, estas son las siguientes funciones:

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

#### **2.2.13. Modelo hidrológico en HEC HMS**

El programa permite el cálculo de pérdidas, estimar los hidrogramas de escorrentía directa, flujo base y propagación en cauces; utiliza métodos de precipitación-escorrentía para generados por las precipitaciones en una cuenca o región durante un período especificado. La simulación continua puede comprender un período de tiempo con varios de estos eventos. Según indica Hydrological modeling with HEC-HMS. (Elaboración propia)

#### **2.2.14. Modelo Hidráulico en HEC RAS**

El programa HEC RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) que realiza modelamientos hidráulicos permitiéndonos simular los flujos en cauces naturales o canales artificiales el cual determina el nivel del agua y determinar estudios y zonas de inundabilidad. (Elaboración propia)

### 2.2.15. Escurrimiento Superficial

Es aquel que proviene de la precipitación no infiltra y que escurre sobre la superficie del suelo. El efecto sobre el escurrimiento total inmediato y existirá durante la tormenta e inmediatamente después de que este termine. (Villon, 2002)

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Cauce o álveo**

Área de terreno que contiene un cuerpo de agua, pudiendo ser este de régimen permanente o temporal. El límite superior del cauce o álveo está constituido por el nivel Promedio de Máximas Avenidas o crecientes Ordinarias. (ANA, 2010)

- **Márgenes**

Zonas laterales de los terrenos que colindan inmediatamente con los cauces, estas son: margen izquierda y margen derecha. (ANA, 2010)

- **Riberas**

Se entiende un área de terreno comprendido entre el nivel mínimo de las aguas y el Nivel Promedio de Avenidas o crecientes Ordinarios. Esta área está comprendida dentro del cauce o álveo. En el caso de cauces temporales o estacionales, la ribera constituye la totalidad del cauce. (ANA, 2010)

- **Nivel de aguas mínimas**

Nivel bajo el cual el cauce se encuentra permanente ocupado de agua. En el caso particular de cauces estacionales o temporales, el nivel de aguas corresponde del cauce. (ANA 2010)

- **Nivel promedio de máximas avenidas**

Es el promedio de los niveles alcanzados por la superficie libre del cuerpo de agua, considerando todos aquellos niveles que superen el Nivel Medio de las aguas. (ANA, 2010)

- **Avenida**

Se entiende por avenida a un caudal muy grande de escorrentía superficial que sobrepasa la capacidad de transporte del canal generado desbordamiento en las tierras aledañas. (ANA, 2010)

- **Pendiente de un cauce**

La pendiente de tramo de un cauce de un río, se puede asumir como el cociente, que resulta de dividir, el desnivel del punto de inicio y final del tramo, entre la longitud horizontal de dicho punto de inicio y final del tramo. (Villon, 2002)

- **Pendiente critica**

Es el valor específico de la pendiente del fondo del canal, para la cual este conduce un caudal Q en régimen uniforme y con energía específica mínima, o sea, que en toda su sección se tiene el tirante crítico, formándose el flujo crítico uniforme. (Villon, 2002)

- **Coeficiente de rugosidad**

El coeficiente de rugosidad de Manning es un índice el cual determina la resistencia de un flujo en un canal, es por esto, y por la posibilidad de calcular este coeficiente que se pretende determinar la influencia de la pendiente de un canal en el coeficiente de rugosidad.

$$n = 0.0487D^{(1/6)}$$

Donde:

n: Coeficiente de rugosidad.

D: Diámetro medio de las partículas en el cauce.

- **Marco legal regulatorio**

Para la delimitación de la faja marginal se toma criterios hidráulicos e hidrológicas lo que requiere el caudal para determinar periodos de retornos.

La **Ley N° 29338** Ley de Recursos Hídricos, en su Título V: Protección del Agua, establece en la faja Marginal, en los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una Faja Marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia y otros servicios. El reglamento determina su extensión. (ANA, 2002)

## **CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO**

### **3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1. Tipo de investigación**

Es considerado aplicativa, de nivel innovativo ya que se utilizará softwares con el que se desea obtener resultados óptimos en la zona de estudio y determinar la faja marginal del cauce del Rio Seco.

#### **3.1.2. Diseño de investigación**

Busca innovar y mejorar dando solución al problema a través del tipo aplicativo eso hará que la población se mantenga ante peligros que puedan ocurrir.

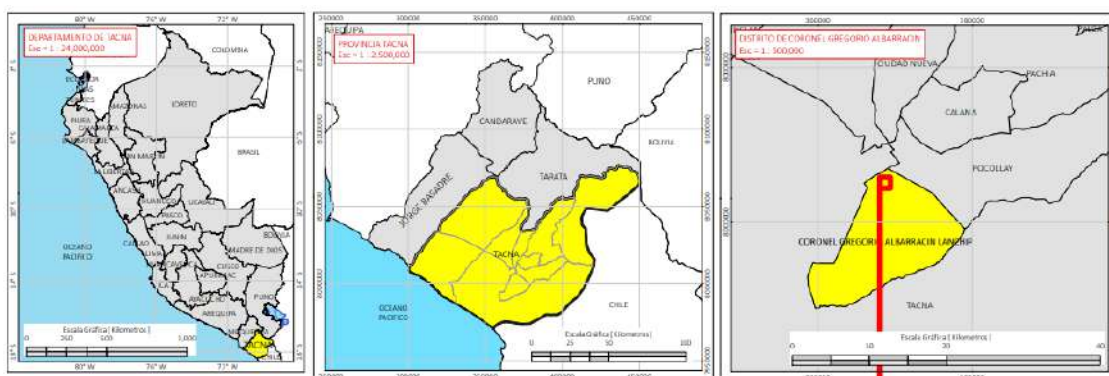
Se realiza el reconocimiento en la zona de estudio tomando en cuenta las características geométricas del cauce: la longitud, el ancho, el fondo de cauce, la pendiente, las propiedades de los materiales de cauce del río Caplina y con todas las características se procede al modelamiento hidráulico y de las secciones transversales se obtiene el tirante para el periodo de retorno 100 años. Según reglamento para la delimitación y mantenimiento de las fajas marginales en cursos fluviales y cuerpos de agua naturales y artificiales.

#### **3.1.3. Ubicación**

La zona de estudio se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas de latitud 18°1'49.78" y longitud 70°14'18.41" y se ubica en la cota promedio de 560 m.s.n.m. que pertenece políticamente a:

- ✓ Departamento : Tacna
- ✓ Provincia : Tacna
- ✓ Distrito : Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa.
- ✓ Lugar : Rio Caplina Sector Rio Seco.

Figura 2: Ubicación de la Zona de Estudio Río Caplina (Sector Río Seco)



Fuente: Elaboración Propia

## 3.2. POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIOS

### 3.2.1. Características de la cuenca

Es importante determinar las características físicas de las cuencas como son: el área, forma de la cuenca, sistemas de drenaje, características del relieve, suelos, etc. Estas características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelos, la cobertura vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc. (INGEMMET, 2009)

Tabla 8: Registro de las estaciones meteorológicas de la zona de estudio

| Variable Hidrológica  | Estación      | Norte     | Este    | Altitud | Periodo   | Fuente  |
|---|---------------|-----------|---------|---------|-----------|---------|
| 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7   | Calana        | 8 017 500 | 375 800 | 848     | 1964-2003 | SENAMHI |
| 1, 2, 3, 4, 5   | La Yarada     | 7 984 800 | 353 000 | 58      | 1972-2003 | SENAMHI |
| 1, 2, 3, 4  | Magollo       | 8 002 000 | 356 000 | 288     | 1964-2002 | SENAMHI |
| 1, 3, 4, 8  | Calientes     | 8 022 950 | 381 850 | 1 300   | 1964-2003 | SENAMHI |
| 1,  | Palca         | 8 034 800 | 398 400 | 3 142   | 1965-2003 | SENAMHI |
| 1,  | Toquela       | 8 048 500 | 402 000 | 3 650   | 1964-2003 | SENAMHI |
| 1,  | Lluta         | 8 026 850 | 391 300 | 1 950   | 1964-1966 | SENAMHI |
| 1, 3  | Corpac        | 8 003 906 | 364 758 | 875     | 1950-1972 | CORPACT |
| 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.  | Jorge Basadre | 8 006 400 | 367 400 | 560     | 1993-2003 | SENAMHI |
| 1   | Sama          | 8 030 547 | 337 821 | 4 600   | 1946-2003 | SENAMHI |
| 1   | Tarata        | 8 066 300 | 392 000 | 3 068   | 1964-2003 | SENAMHI |
| 1   | Paucarani     | 8 063 609 | 418 115 | 4 600   | 1946-2003 | SENAMHI |
| 1: Precipitación; 2: Evaporación; 3: Temperatura, 4: Humedad Relativa, 5: Vientos,<br>6: Presión Atmosférica, 7: Helafonia, 8: Descargas/caudales |               |           |         |         |           |         |

Fuente: SENAMHI,2007

### Geomorfología de la cuenca

La morfología de las cuencas del río Caplina y Uchusuma están relacionados con distintas formaciones geológicas de la edad mesozoica a cenozoica que afloran en las cuencas y con la presencia de accidentes tectónicos regionales siempre activos (fallas y pliegues) que han modelado el relieve de las cuencas.

La estrecha relación existente entre la morfología y las aguas subterráneas, condicionada por la geología a la distribución de permeabilidades, la disposición de las áreas de recarga y descarga, así como las condiciones de almacenamiento de los acuíferos. Por otro lado, los aportes de precipitación y escorrentía superficial se encuentran condicionados a la pendiente del terreno y a los componentes hidrogeológicos de suelos y rocas. (INGEMMET, 2009)

#### 3.2.2. Población Beneficiada

Las asociaciones que se beneficiaran con el proyecto de estudio de investigación son las Asociaciones Vivienda: La Rinconada Baja I Etapa, La Rinconada Baja II Etapa, Los Valientes de Tacna, El Puentecito y el Cerro Arunta.

### 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.3.1. Matriz de variables

Tabla 9: Matriz de Variables

| VARIABLES                     | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | INDICADORES   |
|-------------------------------|--|---|
| <b>Variable Independiente</b> |  | <b>Indicadores de VI</b>  |
| Modelamiento Hidráulico       | Es la simulación del flujo de agua en un río consiste en conocer los valores que toman las variables hidráulicas como él (caudal, velocidad etc.)  | - Longitud (m)<br>- Pendiente (m/m).<br>- Caudal (m <sup>3</sup> /s).<br>- Sección<br>- Rugosidad |
| <b>Variable Dependiente</b>   |  | <b>Indicadores de VD</b>  |
| Faja marginal                 | Área inmediata superior al cauce de la fuente de agua, natural, en su máxima creciente, sin considerar los niveles de las crecientes por causas de eventos extraordinarios, constituye bien de dominio público hidráulico. | - Límite superior de la ribera.<br>- Ancho de la faja marginal.                                   |

Fuente Elaboración Propia

### 3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.4.1. Aspectos generales

Para la recolección de datos ha sido necesario realizar para el trabajo de investigación en campo y gabinete. Se requirió de los siguientes datos:

- Topografía del terreno obtenidas (en campo)
- Software para análisis estadísticos de datos hidrológicos (en Gabinete)
- Modelamiento hidrológico obtenidos (en Gabinete)
- Modelamiento hidráulico obtenidos (en Gabinete)
- Delimitación de faja marginal obtenidas (en Gabinete)

#### 3.4.2. Técnicas e Instrumentos

### 3.4.2.1. Topografía del terreno

Se ha realizado el levantamiento topográfico para la obtención de pendiente, curvas de nivel y secciones; con los siguientes equipos: GPS Diferencial y Drone Dji - Phantom 4 RTK.

*Figura 3: Levantamiento Topográfico con GPS Diferencial*



*Fuente: Elaboración Propia*

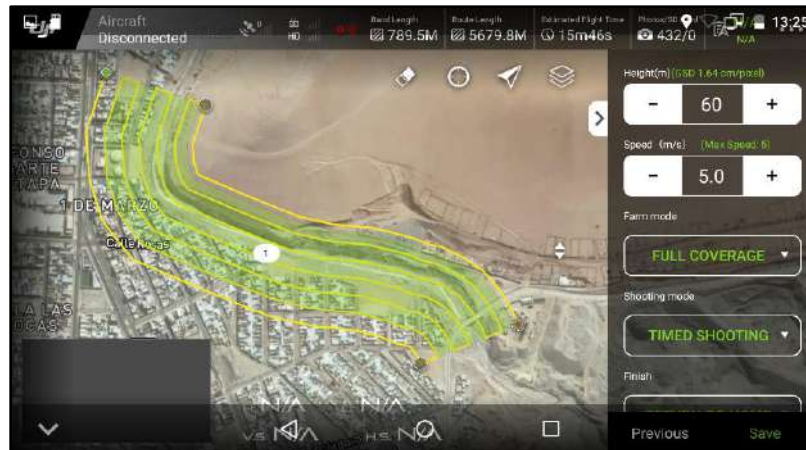
*Figura 4: Estacionamiento de la base del Drone margen izquierdo como se aprecia en la imagen.*



*Fuente: Elaboración Propia*



Figura 5: Plan de vuelo Altura 60m, Velocidad 4.00 m/s y solapamiento lateral 70%.



Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.2.2. Modelamiento hidrológico de cuenca Caplina – Uchusuma

El modelo hidrológico requiere para su procesamiento los siguientes requerimientos básicos para obtener un resultado óptimo:

- Imagen satelital de Alos Palsar de 12.5 metros de resolución espacial generadas durante los años 2010 y 2011.
- Empalmes de la carta nacional del Instituto Geográfico Nacional.
- Software ArcGis 10.3.1.
- Computadora Asus core i7.

### 3.4.2.3. Análisis Estadísticos de datos Hidrológicos

El procedimiento del análisis estadístico se recomienda utilizar las funciones de modelo de distribución.

- HidroEsta 2, Software para cálculos Hidrológicos.
- Computadora Asus core i7.

### 3.4.2.4. Modelamiento hidrológico en HEC HMS

Para desarrollar el modelo hidrológico en HEC HMS requiere para su procesamiento los siguientes requerimientos básicos para obtener un resultado óptimo:

- Software HEC HMS vs. 4.3.
- Computadora Asus corei7.
- Análisis Estadísticos de datos Hidrológicos.

### 3.4.2.5. Modelamiento Hidráulico y Delimitación de la Faja Marginal

Para desarrollar el modelo hidráulico en HEC RAS se requiere para su procesamiento los siguientes requerimientos básicos para obtener un resultado óptimo:

- Software HEC RAS vs. 5.06
- Computadora Asus corei7
- Caudal de diseño

Una vez determinado el límite superior de la ribera, se establecerá el ancho mínimo de la faja marginal de acuerdo a lo señalado en la Tabla:

*Tabla 10: Ancho mínimo de faja marginal en cuerpos de agua*

| <b>Tipo de fuente</b>   | <b>Ancho mínimo (m)</b> |
|---|-------------------------|
| Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) encañonados de material rocoso.   | 3                       |
| Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) material conglomerado.  | 4                       |
| Tramos de ríos con pendiente media (1 -2%)  | 5                       |
| Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y presencia de defensas vivas  | 6                       |
| Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y riberas desprotegidas  | 10                      |
| Tramos de ríos con estructuras de defensa ribereña (gaviones, diques, enrocadas, muros, etc.), medidas a partir del pie de talud externa. | 4                       |
| Tramos de ríos de selva con baja pendiente (menores a 1%)   | 25                      |
| Lagos y lagunas   | 10                      |
| Reservorios o embalses (cota de vertedero de demasías)  | 10                      |

*Fuente: Resolución Jefatural ANA (2016)*

Faja de terreno inmediata y contigua a la ribera de los cuerpos de agua naturales o artificiales, que permite el uso primario de las aguas, la protección, operación, rehabilitación, mantenimiento, vigilancia y libre acceso a dichos cuerpos de agua. (ANA, 2010).

Tabla 11: Ancho faja marginal

| ANCHO DE CAUCE    | ANCHO DE FAJA MARGINAL |
|-------------------|------------------------|
| Menor de 10 m     | 5 m                    |
| Entre 10 y 50 m   | 10 m                   |
| Entre 50 y 100 m  | 25 m                   |
| Entre 100 y 200 m | 30 m                   |
| Entre 200 y 500 m | 40 m                   |
| Mayor de 500 m    | 100 m                  |

Fuente: Procedimiento y guía de faja marginal (ANA, 2010)

### 3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

#### 3.5.1. Topografía del terreno

##### a) Inventario de campo existentes en la Zona de estudio

Figura 6: Se observa el Puente en estado regular debido a la socavación.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 7: Se observa el colapso de los diques producto de las avenidas en el Cauce del Rio Seco.



Fuente: Elaboración Propia.

## **b) Levantamiento Topográfico**

Como primer paso en el trabajo se realizó una inspección visual de todo el terreno, lo cual permitió la realización el replanteo de la zona de estudio, permitiendo a la brigada ubicar estratégicamente los puntos donde se realizará el levantamiento topográfico.

Con el propósito de registrar los datos necesarios para ejecutar la representación de las diferentes características de la zona de estudio, se realiza un levantamiento topográfico que consiste en ubicar puntos de interés para determinar su posición y cota correspondiente. Para iniciar fijamos nuestros puntos de estación o base que nos permita levantar el terreno sin recurrir a innecesarios cambios de estación y en el plano se indican los valores de Este, Norte y Elevación.

## **c) Información del Levantamiento en Gabinete**

El procesamiento de la información topográfica se desarrolló con el software AutoCAD civil 3d 2019, seguidamente se procedió a generar y editar las mallas de triangulación generada en función a las coordenadas y cotas de los puntos tomando como criterio dicha edición la forma del terreno observada en campo.

### **3.5.2. Modelamiento hidrológico de la cuenca Caplina – Uchusuma**

Para delimitar la cuenca se realizó en base a un modelo digital de elevación (MDE) el cual se generó de un TIN (Red de triángulos irregulares) y este a partir de las curvas de nivel elaborados por IGN (Instituto Geográfico Nacional). los parámetros morfológicos se obtuvieron aplicando las siguientes herramientas del programa ArcGis:

Para delimitación de la cuenca: Flow direction, Flow accumulation, y Stream Link. parámetros relativos a la forma y el índice de compacidad: el área de la cuenca, el perímetro, largo y ancho de la cuenca están en km<sup>2</sup>, km respectivamente.

Parámetros relativos al relieve: la pendiente media de la cuenca y pendiente media del cauce principal se obtuvo con los datos (cota mayor, cota menor).

Las áreas parciales se dividieron en 12 intervalos cada uno de acuerdo a la altitud.

Parámetros relativos al drenaje: las densidades de drenaje están en función de la longitud total de los tributarios, también se identificó el orden de los ríos.

### 3.5.3. Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos con Software HidroEsta2

Para desarrollar el análisis estadístico se requiere contar con el software Hidroesta2, es una herramienta que permite realizar cálculos, simulaciones rápidas, y determinar los caudales o precipitaciones de diseño; el software desarrolla bajo ciertas funciones de probabilidades que a continuación se detallan.

Tabla 12: Modelo de Distribución

| <b>Distribución Normal</b>                  |  |
|---|--|
| Función de densidad de probabilidad.        | $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-u}{\sigma}\right)^2}$   |
| Función de distribución acumulada.          | $F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-u}{\sigma}\right)^2} dx$                     |
| <b>Distribución Log Normal 2 Parámetros</b> |  |
| Función de densidad de probabilidad.        | $f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2\right]$                   |
| Función de distribución acumulada.          | $F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x \frac{1}{x\sigma_y} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{y-\mu_y}{\sigma_y}\right]^2} dx$         |
| <b>Distribución Log Normal 3 Parámetros</b> |  |
| Función de densidad de probabilidad.        | $f(x) = \frac{1}{(x-x_0)\sigma_y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln(x-x_0)-\mu_y}{\sigma_y}\right]^2}$                 |
| Función de distribución acumulada.          | $F(x) = \frac{1}{(x-x_0)\sigma_y\sqrt{2\pi}} \int_{x_0}^x e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln(x-x_0)-\mu_y}{\sigma_y}\right]^2} dx$ |
|   | $x_0 = \frac{x_1 x_n - x_{mediana}^2}{x_1 + x_n - 2x_{mediana}}$   |
| <b>Distribución Gumbel</b>                  |  |
| Función de densidad de probabilidad.        | $f(x) = \alpha e^{\left[\pm\alpha(x-\beta) - e^{\alpha(x-\beta)}\right]}$  |

---

Función de distribución acumulada.  $F(x) = e^{-e^{[-\alpha(x-\beta)]}}$

---

$$x = \beta - \frac{\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right)}{\alpha}$$


---

### Distribución Gamma 3 Parámetros o Pearson Tipo III

Función de densidad de probabilidad.  $f(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)}\left(\frac{x-\delta}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\frac{(x-\delta)}{\alpha}}$

---

Función de distribución acumulada.  $F(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)}\int_0^x e^{-\frac{(x-\delta)}{\alpha}}\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)dx$

---

### Distribución Log Pearson Tipo III

Función de densidad de probabilidad.  $f(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)}\left(\frac{\log x - x}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-(\log x - x)/\alpha}$

---

Función de distribución acumulada  $F(z) = \int_{z_0}^z \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)}\left(\frac{z - z_0}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\frac{(z-z_0)}{\alpha}} dz$

---

$$\text{Log } x = \log x + K\sigma_{\log x}$$


---

Fuente: Manual de Transporte

### 3.5.4. Modelamiento hidrológico en HEC HMS

Para el procesamiento del programa de HEC HMS se introduce los siguientes datos:

#### a. Configuración Cuenca (Modelo de Cuenca)

- Área de la Cuenca (Km<sup>2</sup>)
- Número de Curva (Curve Number)
- Initial Abstraction (mm)
- Tiempo de Retardo (hr)
  - 0.60\*Tc (Tiempo de concentración)

#### b. Time Series Data

- Bloque Alterno de Precipitaciones

Ejecutamos el modelo y obtenemos resultado del programa que calcula el hidrograma producido por una cuenca la evolución de la escorrentía a lo largo del tiempo vs caudal a diferentes periodos de retorno especificado.

### **3.5.5. Modelamiento hidráulico en HEC RAS y delimitación de faja marginal**

Para el procesamiento del programa de HEC HAS se introduce los siguientes datos:

- Características geométricas de las Secciones Transversales.
- Coeficiente n de Manning
- Caudal obtenido del programa HEC HMS

El modelamiento del programa HEC RAS realiza el cálculo hidráulico simulando el caudal para distintos periodos de retorno obteniendo resultados como inundaciones y riesgos en la zona de estudio.

#### **Delimitación de la faja marginal**

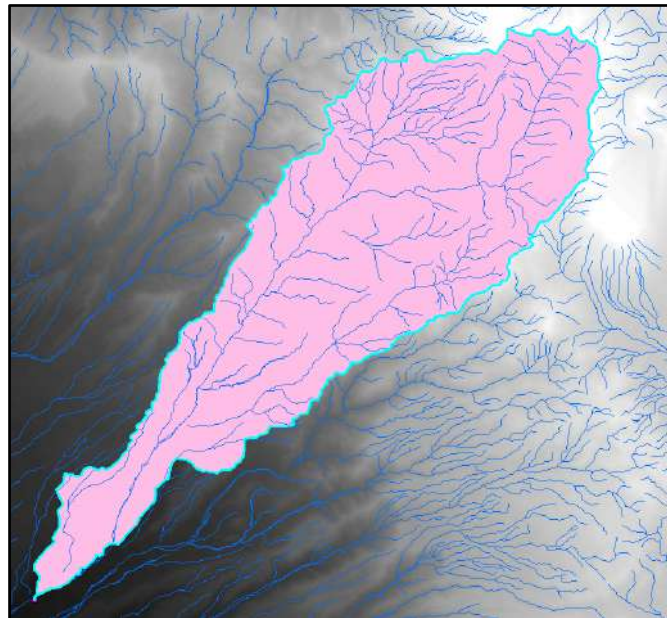
- Para la modelación existen 2 metodologías: Modelamiento hidráulico y Huella máxima.
- Para delimitación de fajas marginales la AAA da instrucciones como: ejecución de estudio, verificación técnica de campo del estudio, emisión de resolución directoral por la AAA, difusión de la delimitación a los actores de cuenca interesados.
- La señalización o también conocido como monumentación (hitos) de faja marginal serán colocadas por los gobiernos regionales y locales u otro en coordinación con AAA. Para realizar la delimitación existe una longitud mínima requerida en zonas urbanas es 1+000.00 km.

## CAPITULO IV: RESULTADOS

### 4.1. MODELAMIENTO HIDROLOGICO

El modelamiento con el programa ArcGis permitió establecer los parámetros morfométricos de la cuenca Caplina, Uchusuma los cuales han sido necesarios para determinar el proceso y secuencia para los cálculos posteriores. De igual modo nos da a conocer características físicas de la cuenca, un modelo meteorológico y específicamente de control, que son muy importantes para el proceso de simulación de eventos.

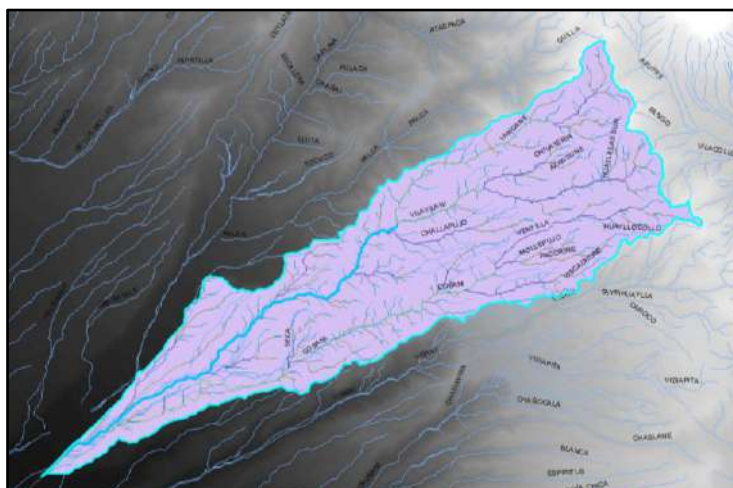
*Figura 8: Delimitación de Cuenca Caplina*



*Fuente: Elaboración Propia*



Figura 9: Delimitación de Cuenca Uchusuma



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.1. PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA CUENCA

A continuación, se dan a conocer los datos más importantes sobre los parámetros de la cuenca Caplina y Uchusuma.

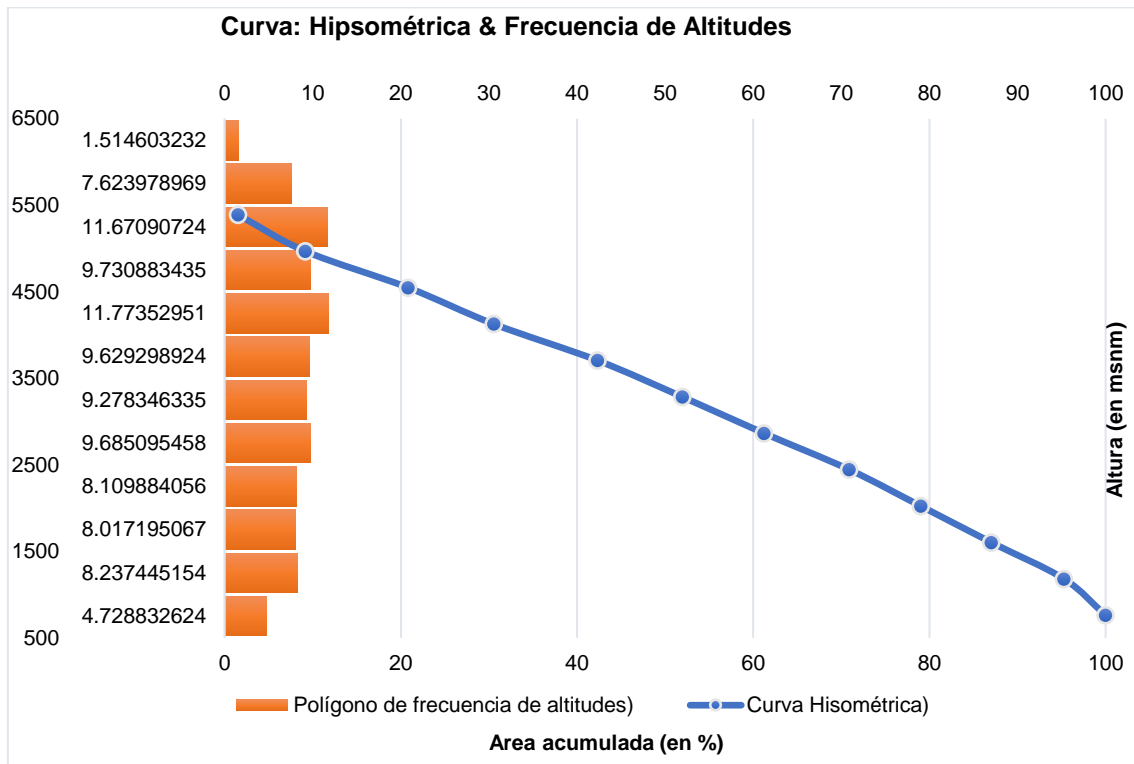
Tabla 13: Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca Caplina

| DESCRIPCION                     | UNIDAD          | VALOR       |
|---------------------------------|-----------------|-------------|
| <b>SUPERFICIE</b>               |                 |             |
| Área                            | km <sup>2</sup> | 810.3012    |
| Perímetro                       | km              | 176.0147    |
| Cota máxima                     | m.s.n.m.        | 5600        |
| Cota mínima                     | m.s.n.m.        | 550         |
| Centroide x                     | m               | 393356.5434 |
| Centroide Y                     | m               | 803568.507  |
| Centroide z                     | m.s.n.m.        | 3222.753572 |
| Altitud media                   | m.s.n.m.        | 3222753572  |
| Altitud más frecuente           | m.s.n.m.        | 4004.17     |
| Altitud de frecuencia media     | m.s.n.m.        | 3561.38     |
| Pendiente promedio de la cuenca | %               | 26.69       |
| <b>RED HIDRICA</b>              |                 |             |
| Longitud del curso principal    | km              | 47.45       |
| Orden de la red                 | und             | 6           |
| Longitud de la red              | km              | 1120.79     |
| Pendiente promedio de la red    | %               | 2.23        |

|                               |      |          |
|-------------------------------|------|----------|
| Tiempo de concentración       | min  | 81.63    |
| Pendiente del cauce principal | m/km | 106.4278 |

Fuente: *Elaboración Propia*

Figura 10: Curva Hipsométrica Caplina



Fuente: *Elaboración propia*

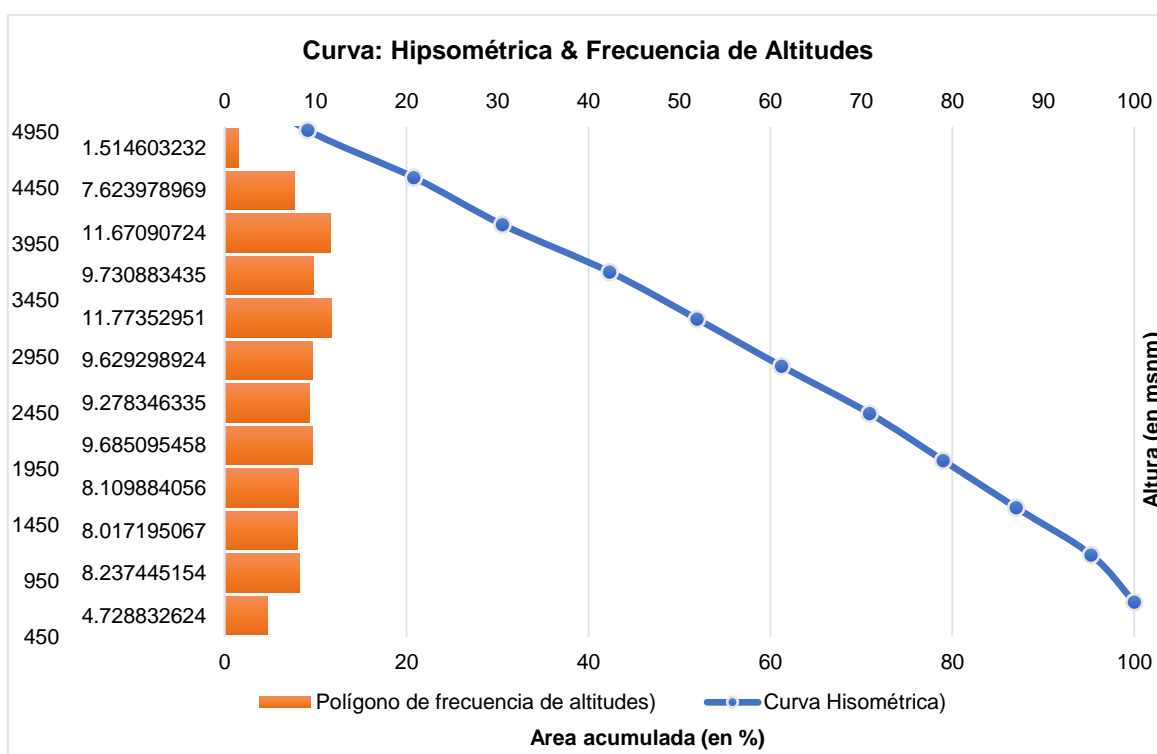
Tabla 14: Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca Uchusuma

| DESCRIPCION                     | UNIDAD          | VALOR       |
|---------------------------------|-----------------|-------------|
| <b>SUPERFICIE</b>               |                 |             |
| Área                            | km <sup>2</sup> | 492.1149    |
| Perímetro de la cuenca          | km              | 148.0490    |
| Cota máxima                     | m.s.n.m.        | 4900        |
| Cota mínima                     | m.s.n.m.        | 495.3615    |
| Centroide x                     | m.s.n.m.        | 394092.0026 |
| Centroide y                     | m.s.n.m.        | 8021951.038 |
| Centroide z                     | m.s.n.m.        | 2777.7923   |
| Altitud media                   | m.s.n.m.        | 2950        |
| Altitud más frecuente           | m.s.n.m.        | 4004.17     |
| Altitud de frecuencia media     | m.s.n.m.        | 2850.3      |
| Pendiente promedio de la cuenca | %               | 31.34       |

| <b>RED HIDRICA</b>            |      |         |
|-------------------------------|------|---------|
| Longitud del curso            | km   | 37.95   |
| Orden del curso               | und  | 5       |
| Longitud de la red            | km   | 712.52  |
| Pendiente promedio            | %    | 2.28    |
| Tiempo de concentración       | min  | 74.00   |
| Pendiente del cauce principal | m/km | 116.064 |

Fuente: Elaboración Propia

Figura 11: Curva Hipsométrica Uchusuma



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.2. Software para Análisis Estadísticos de datos Hidrológicos

Para el análisis de precipitación se seleccionaron un total de 6 estaciones, las cuales cuentan con un registro de información mayor a 20 años en promedio, ubicadas dentro y próximas a la región Tacna. La fuente de información corresponde al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI, y el

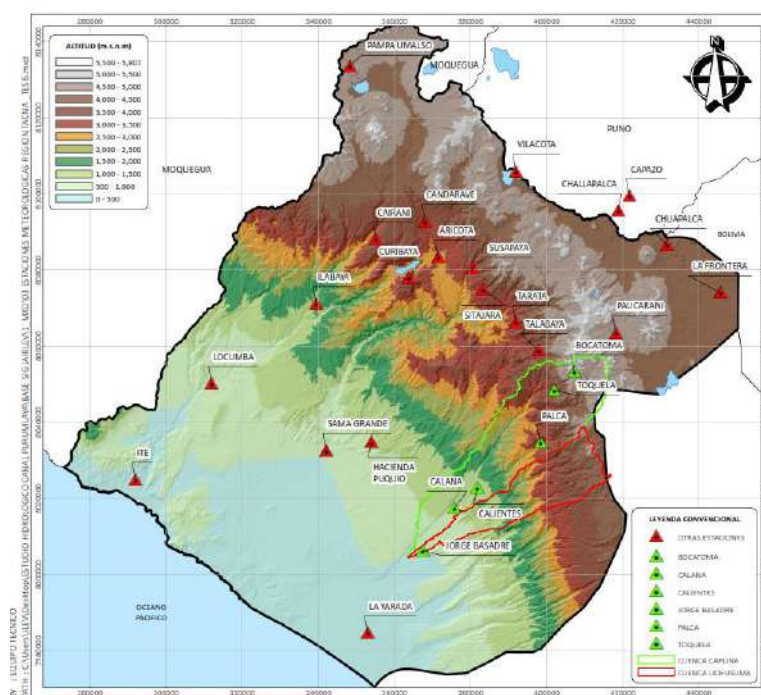
servidor SNIRH (Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos) de la Autoridad Nacional del Agua.

Tabla 15: Relación de estaciones seleccionadas para el análisis de la precipitación

| N° | ESTACION      | CUENCA  | ESTE   | NORTE   | ALTITUD | PERIODO DE REGISTRO | FUENTE          |
|----|---------------|---------|--------|---------|---------|---------------------|-----------------|
| 1  | BOCATOMA      | CAPLINA | 407301 | 8053390 | 4260    | 1997 - 2018         | SENAMHI - TACNA |
| 2  | TOQUELA       | CAPLINA | 402000 | 8048500 | 3445    | 1963 - 2017         | SENAMHI - TACNA |
| 3  | PALCA         | CAPLINA | 398400 | 8034800 | 3142    | 1965 - 2016         | SENAMHI - TACNA |
| 4  | CALIENTES     | CAPLINA | 381850 | 8022950 | 1325    | 1965 - 2018         | SENAMHI - TACNA |
| 5  | CALANA        | CAPLINA | 375800 | 8017500 | 848     | 1963 - 2018         | SENAMHI - TACNA |
| 6  | JORGE BASADRE | CAPLINA | 367400 | 8006400 | 560     | 1993 - 2018         | SENAMHI - TACNA |

Fuente: Elaboración Propia

Figura 12: Estaciones pluviométricas utilizadas en el análisis de la precipitación



Fuente: Elaboración Propia

## 4.2. PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS

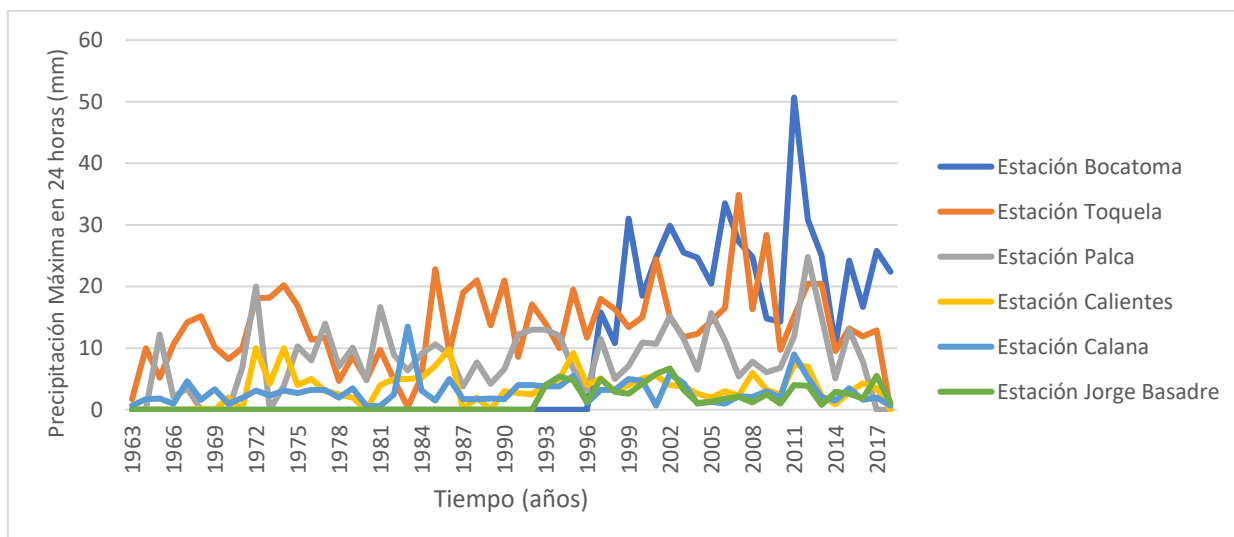
Para el presente estudio se ha evaluado 6 estaciones meteorológicas que se encuentra en la cuenca Caplina y la cuenca Uchusuma.

Tabla 16: Estaciones Meteorológicas

| N° | ESTACION      | ALTITUD | PERIODO DE REGISTRO | NUMERO DE AÑOS DE REGISTRO | PptMáx24Horas (mm) | FUENTE          |
|----|---------------|---------|---------------------|----------------------------|--------------------|-----------------|
| 1  | BOCATOMA      | 4260    | 1997 - 2018         | 22                         | 34.2               | SENAMHI - TACNA |
| 2  | TOQUELA       | 3445    | 1963 - 2017         | 55                         | 34.9               | SENAMHI - TACNA |
| 3  | PALCA         | 3142    | 1965 - 2016         | 48                         | 24.8               | SENAMHI - TACNA |
| 4  | CALIENTES     | 1325    | 1965 - 2018         | 45                         | 10.0               | SENAMHI - TACNA |
| 5  | CALANA        | 848     | 1963 - 2018         | 56                         | 13.5               | SENAMHI - TACNA |
| 6  | JORGE BASADRE | 560     | 1993 - 2018         | 26                         | 6.7                | SENAMHI - TACNA |

Fuente: Elaboración Propia

Figura 13: Precipitación Máxima 24 Horas



Fuente: Elaboración Propia.

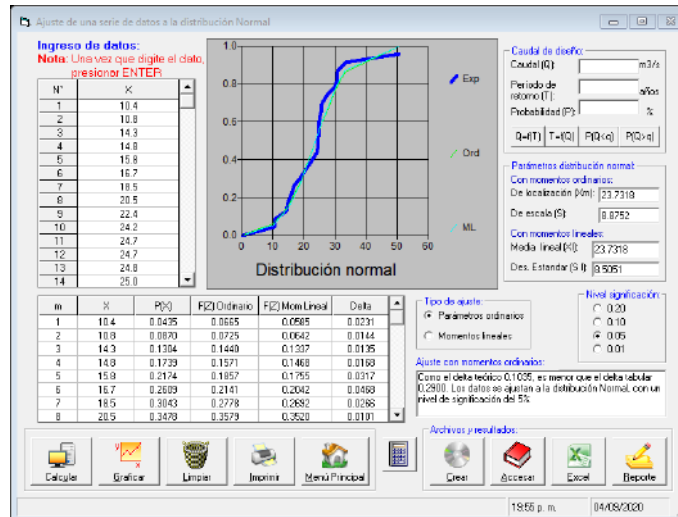
### 4.3. HIDROESTA 2, SOFTWARE PARA CÁLCULOS HIDROLOGICOS

Presentamos los resultados que se ajustan a los análisis de valores de los seis estaciones:

#### Distribución normal: Estación de Bocatoma

Como el delta teórico 0.1035, es menor que el delta tabular 0.2900. Los datos se ajustan a la distribución normal, con un nivel de significación del 5%.

Figura 14: Distribución Normal Estación Bocatoma

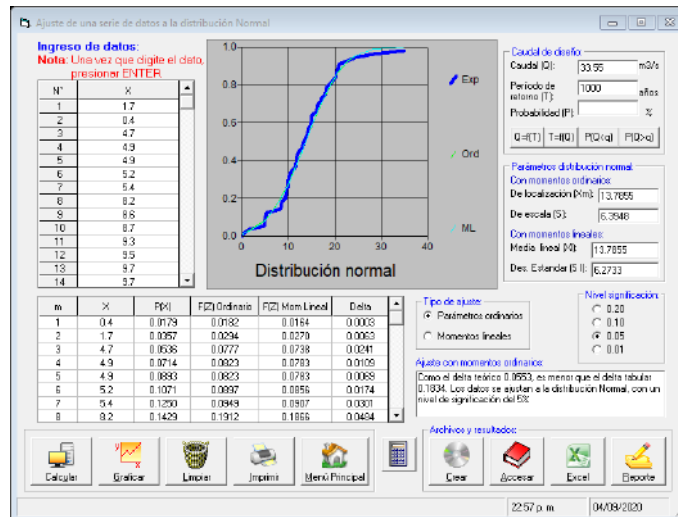


Fuente: Elaboración Propia

### Distribución Normal: Estación de Toquela

Como el delta teórico 0.0553, es menor que el delta tabular 0.1834. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%.

Figura 15: Distribución Normal Estación de Toquela

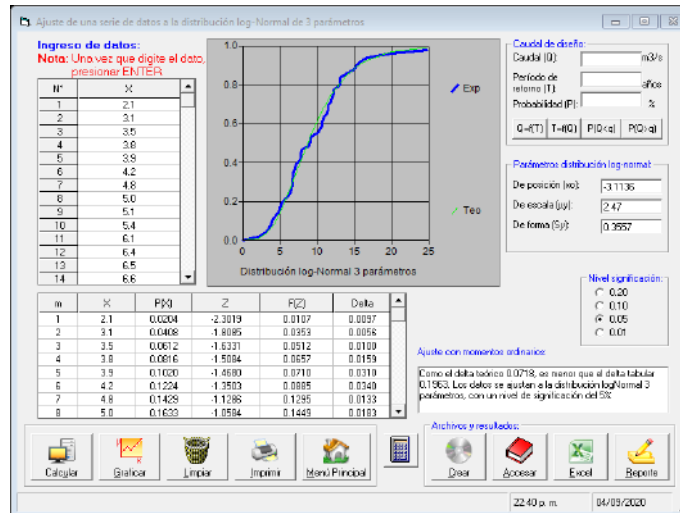


Fuente: Elaboración Propia

### Distribución log Normal 3 parámetros: Estación Palca

Como el delta teórico 0.0718, es menor que el delta tabular 0.1963. Los datos se ajustan a la distribución log Normal 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Figura 16: Distribución log Normal 3 parámetros Estación Palca

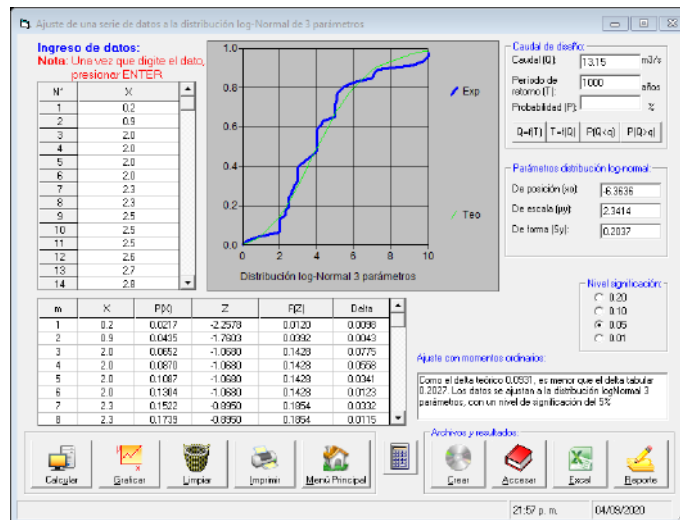


Fuente: Elaboración Propia

### Distribución log Normal 3 parámetros: Estación Calientes

Como el delta teórico 0.0931, es menor que el delta tabular 0.2027. Los datos se ajustan a la distribución log Normal 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%.

Figura 17: Distribución log Normal 3 parámetros Estación Calientes

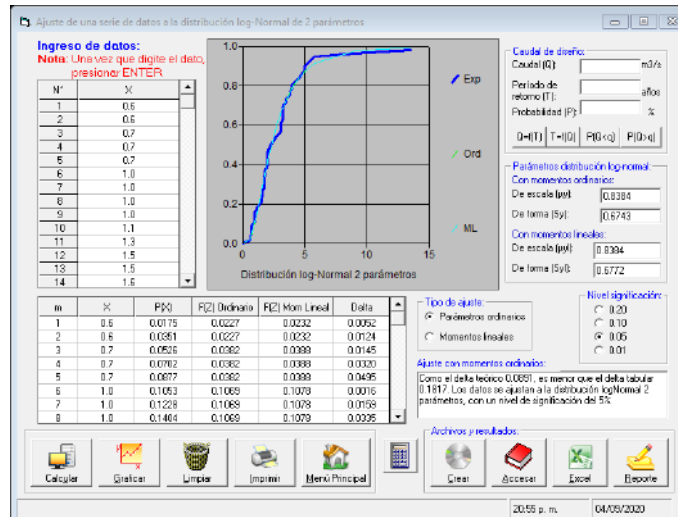


Fuente: Elaboración Propia.

### Distribución log Normal 2 parámetros: Estación Calana

Como el delta teórico 0.0891, es menor que el delta tabular 0.1817. Los datos se ajustan a la distribución log normal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%.

Figura 18: Distribución log Normal 2 parámetros Estación Calana

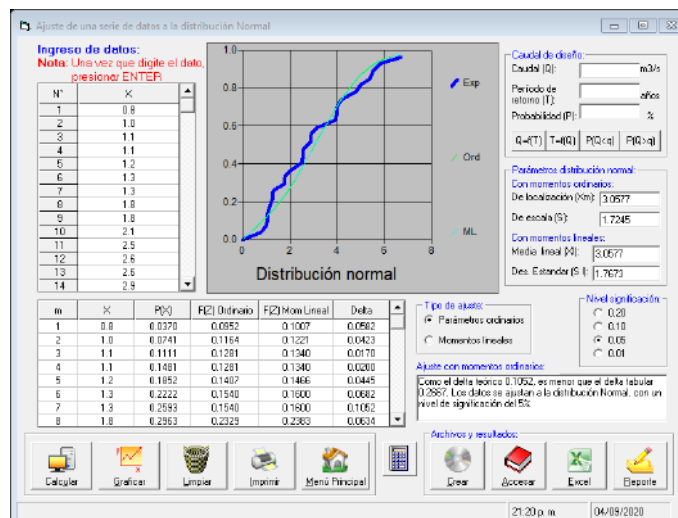


Fuente: Elaboración Propia.

### Distribución log Norma: Estación Jorge Basabre

Como el delta teórico 0.1052, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%.

Figura 19: Distribución log Normal 2 parámetros Estación Jorge Basabre.



Fuente: Elaboración Propia.

Se desarrolló también de forma manual las Funciones de modelos hidrológicos de las seis cuencas donde se obtiene los mismos resultados haciendo una comparación estación de Calana.



Tabla 17: Distribución log normal 2 parámetros: Estación Calana.

| <b>C1</b>     | <b>C2</b>              | <b>C3</b>    | <b>C4</b>                              | <b>C5</b>                                  | <b>C6</b>               | <b>C7</b>               |
|---------------|------------------------|--------------|--|--|-------------------------|-------------------------|
| <b>Número</b> | $P_{\max}$ (24h)<br>mm | $y = \ln(x)$ | Función<br>densidad de<br>probabilidad | Función<br>distribución de<br>probabilidad | Distribución<br>teórica | Diferencia<br>(C5 - C6) |
| 1             | 0.60                   | -0.5108      | 0.0799                                 | 0.0227                                     | 0.0175                  | 0.0052                  |
| 2             | 0.60                   | -0.5108      | 0.0799                                 | 0.0227                                     | 0.0351                  | 0.0124                  |
| 3             | 0.70                   | -0.3567      | 0.1230                                 | 0.0382                                     | 0.0526                  | 0.0145                  |
| 4             | 0.70                   | -0.3567      | 0.1230                                 | 0.0382                                     | 0.0702                  | 0.0320                  |
| 5             | 0.70                   | -0.3567      | 0.1230                                 | 0.0382                                     | 0.0877                  | 0.0495                  |
| 6             | 1.00                   | 0.0000       | 0.2731                                 | 0.1069                                     | 0.1053                  | 0.0016                  |
| 7             | 1.00                   | 0.0000       | 0.2731                                 | 0.1069                                     | 0.1228                  | 0.0159                  |
| 8             | 1.00                   | 0.0000       | 0.2731                                 | 0.1069                                     | 0.1404                  | 0.0335                  |
| 9             | 1.00                   | 0.0000       | 0.2731                                 | 0.1069                                     | 0.1579                  | 0.0510                  |
| 10            | 1.10                   | 0.0953       | 0.3223                                 | 0.1352                                     | 0.1754                  | 0.0402                  |
| 11            | 1.30                   | 0.2624       | 0.4107                                 | 0.1965                                     | 0.1930                  | 0.0035                  |
| 12            | 1.50                   | 0.4055       | 0.4814                                 | 0.2604                                     | 0.2105                  | 0.0499                  |
| 13            | 1.50                   | 0.4055       | 0.4814                                 | 0.2604                                     | 0.2281                  | 0.0323                  |
| 14            | 1.60                   | 0.4700       | 0.5096                                 | 0.2924                                     | 0.2456                  | 0.0468                  |
| 15            | 1.60                   | 0.4700       | 0.5096                                 | 0.2924                                     | 0.2632                  | 0.0292                  |
| 16            | 1.70                   | 0.5306       | 0.5331                                 | 0.3240                                     | 0.2807                  | 0.0433                  |
| 17            | 1.70                   | 0.5306       | 0.5331                                 | 0.3240                                     | 0.2982                  | 0.0258                  |
| 18            | 1.70                   | 0.5306       | 0.5331                                 | 0.3240                                     | 0.3158                  | 0.0082                  |
| 19            | 1.70                   | 0.5306       | 0.5331                                 | 0.3240                                     | 0.3333                  | 0.0093                  |
| 20            | 1.80                   | 0.5878       | 0.5521                                 | 0.3551                                     | 0.3509                  | 0.0042                  |
| 21            | 1.80                   | 0.5878       | 0.5521                                 | 0.3551                                     | 0.3684                  | 0.0134                  |
| 22            | 1.90                   | 0.6419       | 0.5670                                 | 0.3853                                     | 0.3860                  | 0.0006                  |
| 23            | 2.00                   | 0.6931       | 0.5781                                 | 0.4147                                     | 0.4035                  | 0.0112                  |
| 24            | 2.00                   | 0.6931       | 0.5781                                 | 0.4147                                     | 0.4211                  | 0.0063                  |
| 25            | 2.00                   | 0.6931       | 0.5781                                 | 0.4147                                     | 0.4386                  | 0.0239                  |
| 26            | 2.00                   | 0.6931       | 0.5781                                 | 0.4147                                     | 0.4561                  | 0.0414                  |
| 27            | 2.10                   | 0.7419       | 0.5856                                 | 0.4431                                     | 0.4737                  | 0.0306                  |
| 28            | 2.20                   | 0.7885       | 0.5900                                 | 0.4705                                     | 0.4912                  | 0.0208                  |
| 29            | 2.30                   | 0.8329       | 0.5916                                 | 0.4967                                     | 0.5088                  | 0.0120                  |
| 30            | 2.50                   | 0.9163       | 0.5877                                 | 0.5460                                     | 0.5263                  | 0.0196                  |
| 31            | 2.70                   | 0.9933       | 0.5762                                 | 0.5908                                     | 0.5439                  | 0.0469                  |
| 32            | 3.00                   | 1.0986       | 0.5492                                 | 0.6502                                     | 0.5614                  | 0.0888                  |
| 33            | 3.10                   | 1.1314       | 0.5383                                 | 0.6680                                     | 0.5789                  | 0.0891                  |
| 34            | 3.10                   | 1.1314       | 0.5383                                 | 0.6680                                     | 0.5965                  | 0.0715                  |
| 35            | 3.10                   | 1.1314       | 0.5383                                 | 0.6680                                     | 0.6140                  | 0.0540                  |
| 36            | 3.20                   | 1.1632       | 0.5269                                 | 0.6849                                     | 0.6316                  | 0.0534                  |
| 37            | 3.20                   | 1.1632       | 0.5269                                 | 0.6849                                     | 0.6491                  | 0.0358                  |
| 38            | 3.20                   | 1.1632       | 0.5269                                 | 0.6849                                     | 0.6667                  | 0.0183                  |
| 39            | 3.20                   | 1.1632       | 0.5269                                 | 0.6849                                     | 0.6842                  | 0.0007                  |
| 40            | 3.30                   | 1.1939       | 0.5149                                 | 0.7010                                     | 0.7018                  | 0.0008                  |
| 41            | 3.50                   | 1.2528       | 0.4899                                 | 0.7305                                     | 0.7193                  | 0.0112                  |
| 42            | 3.50                   | 1.2528       | 0.4899                                 | 0.7305                                     | 0.7368                  | 0.0063                  |
| 43            | 3.80                   | 1.3350       | 0.4511                                 | 0.7693                                     | 0.7544                  | 0.0149                  |
| 44            | 3.80                   | 1.3350       | 0.4511                                 | 0.7693                                     | 0.7719                  | 0.0027                  |

| C1     | C2                     | C3           | C4                                     | C5   | C6                      | C7                      |
|--------|------------------------|--------------|--|--|-------------------------|-------------------------|
| Número | $P_{\max}$ (24h)<br>mm | $y = \ln(x)$ | Función<br>densidad de<br>probabilidad | Función<br>distribución de<br>probabilidad | Distribución<br>teórica | Diferencia<br>(C5 - C6) |
| 45     | 4.00                   | 1.3863       | 0.4253                                 | 0.7917                                     | 0.7895                  | 0.0023                  |
| 46     | 4.00                   | 1.3863       | 0.4253                                 | 0.7917                                     | 0.8070                  | 0.0153                  |
| 47     | 4.30                   | 1.4586       | 0.3876                                 | 0.8211                                     | 0.8246                  | 0.0034                  |
| 48     | 4.60                   | 1.5261       | 0.3518                                 | 0.8461                                     | 0.8421                  | 0.0040                  |
| 49     | 4.70                   | 1.5476       | 0.3403                                 | 0.8535                                     | 0.8596                  | 0.0061                  |
| 50     | 5.00                   | 1.6094       | 0.3077                                 | 0.8736                                     | 0.8772                  | 0.0036                  |
| 51     | 5.00                   | 1.6094       | 0.3077                                 | 0.8736                                     | 0.8947                  | 0.0212                  |
| 52     | 5.20                   | 1.6487       | 0.2874                                 | 0.8852                                     | 0.9123                  | 0.0270                  |
| 53     | 5.50                   | 1.7047       | 0.2592                                 | 0.9006                                     | 0.9298                  | 0.0293                  |
| 54     | 5.80                   | 1.7579       | 0.2335                                 | 0.9136                                     | 0.9474                  | 0.0337                  |
| 55     | 9.00                   | 2.1972       | 0.0777                                 | 0.9781                                     | 0.9649                  | 0.0131                  |
| 56     | 13.50                  | 2.6027       | 0.0193                                 | 0.9956                                     | 0.9825                  | 0.0131                  |
|        |                        |              |  |  |                         | <b>0.0891</b>           |

Fuente: Elaboración Propia

Obteniendo los siguientes Resultados:

Tabla 18: Resumen de Cálculos Hidrológicos

| ESTACIONES    | DELTA<br>TEORICO<br>< | DELTA TABULAR<br>> | MODELOS DE<br>DISTRIBUCION              |
|---------------|-----------------------|--------------------|---|
| BOCATOMA      | 0.1035                | 0.2900             | DISTRIBUCIÓN NORMAL                     |
| TOQUELA       | 0.0553                | 0.1834             | DISTRIBUCIÓN NORMAL                     |
| PALCA         | 0.0718                | 0.1963             | DISTRIBUCIÓN LOG<br>NORMAL 3 PARÁMETROS |
| CALIENTES     | 0.0931                | 0.2027             | DISTRIBUCIÓN LOG<br>NORMAL 3 PARÁMETROS |
| CALANA        | 0.0891                | 0.1817             | DISTRIBUCIÓN LOG<br>NORMAL 2 PARÁMETROS |
| JORGE BASADRE | 0.1052                | 0.2667             | DISTRIBUCIÓN NORMAL                     |

Fuente: Elaboración Propia

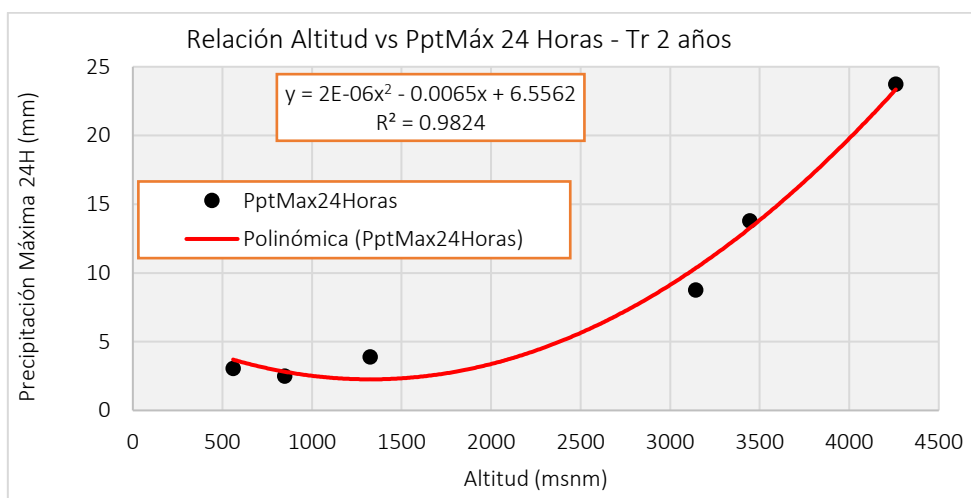
Se analizó la relación existente entre la precipitación máxima 24 horas con la altitud mediante un análisis de regresión para las diferentes funciones, para determinar la lámina de precipitación máxima 24 horas, para diferentes periodos de retorno (Tr).

Tabla 19: Periodo de Retorno de las Estaciones

| Tr   | BOCATOMA | TOQUELA | PALCA | CALIENTES | CALANA | JORGE BASADRE |
|------|----------|---------|-------|-----------|--------|---------------|
|      | 4260     | 3445    | 3142  | 1325      | 848    | 560           |
| 1000 | 51.16    | 33.55   | 29.78 | 15.69     | 12.00  | 8.39          |
| 500  | 49.28    | 32.19   | 27.87 | 14.44     | 11.07  | 8.02          |
| 200  | 46.60    | 30.26   | 25.23 | 12.78     | 9.81   | 7.50          |
| 100  | 44.38    | 28.66   | 23.16 | 11.52     | 8.83   | 7.07          |
| 50   | 41.96    | 26.92   | 21.01 | 10.26     | 7.83   | 6.60          |
| 2    | 23.73    | 13.79   | 8.76  | 3.88      | 2.50   | 3.06          |

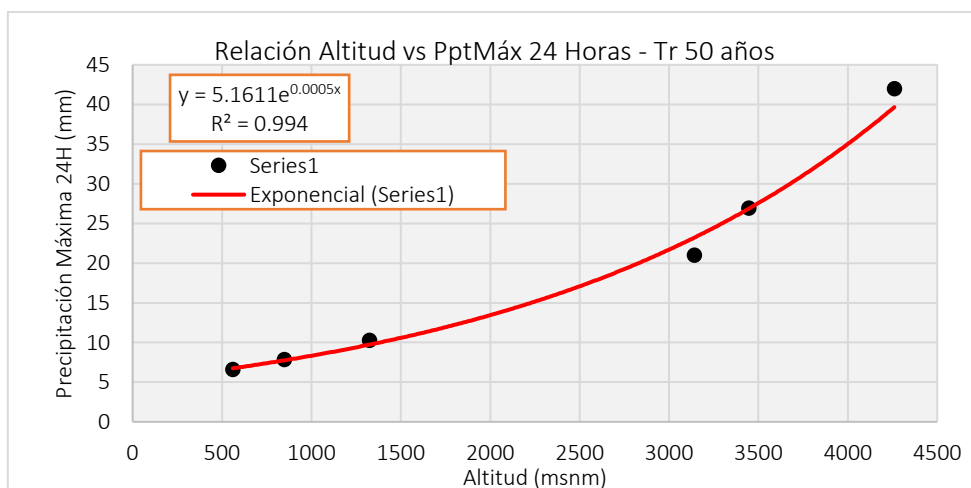
Fuente: Elaboración Propia

Figura 20: Correlación PptMáx24hr vs Altitud – Tr 2 años



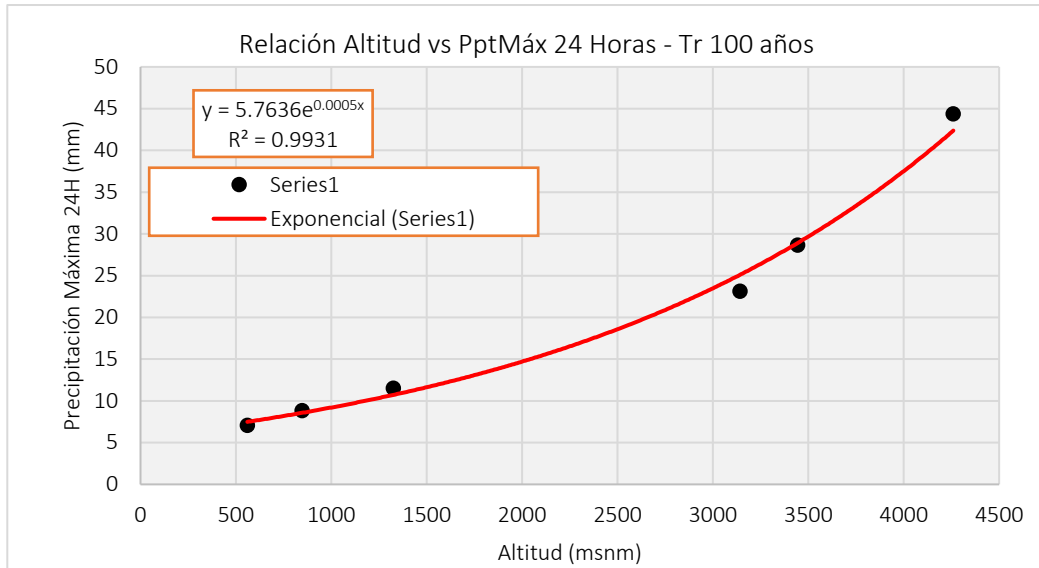
Fuente: Elaboración Propia

Figura 21: Correlación PptMáx24hr vs Altitud – Tr 50 años



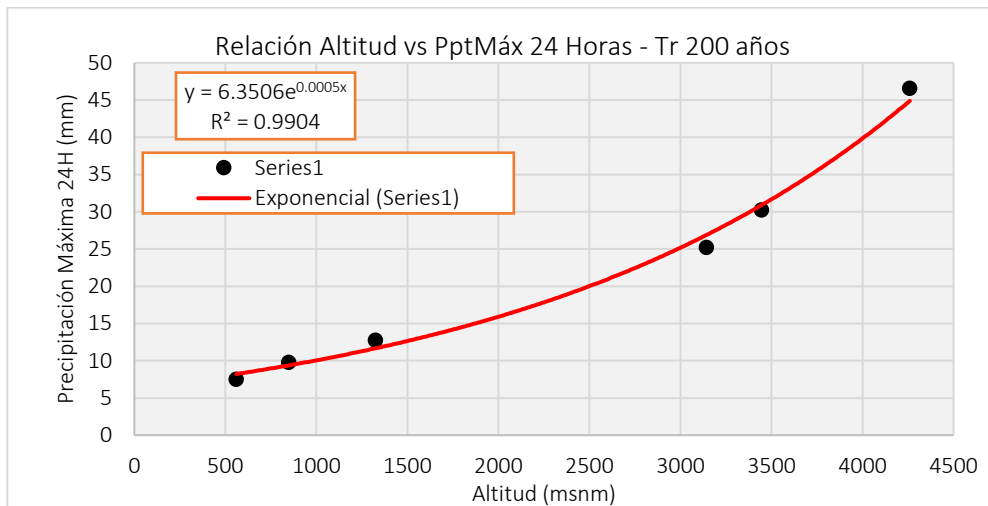
Fuente: Elaboración Propia

Figura 22: Correlación PptMáx24hr vs Altitud – Tr 100 años



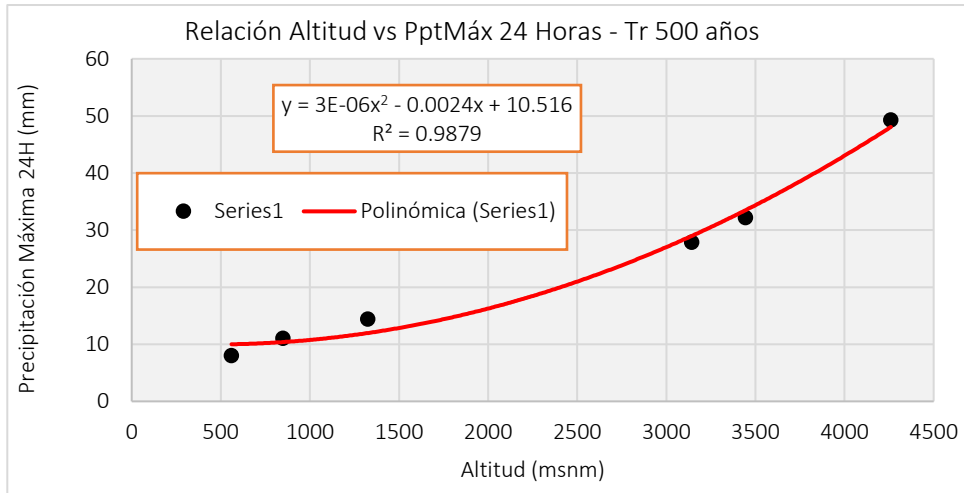
Fuente: Elaboración Propia

Figura 23: Correlación PptMáx24hr vs Altitud – Tr 200 años



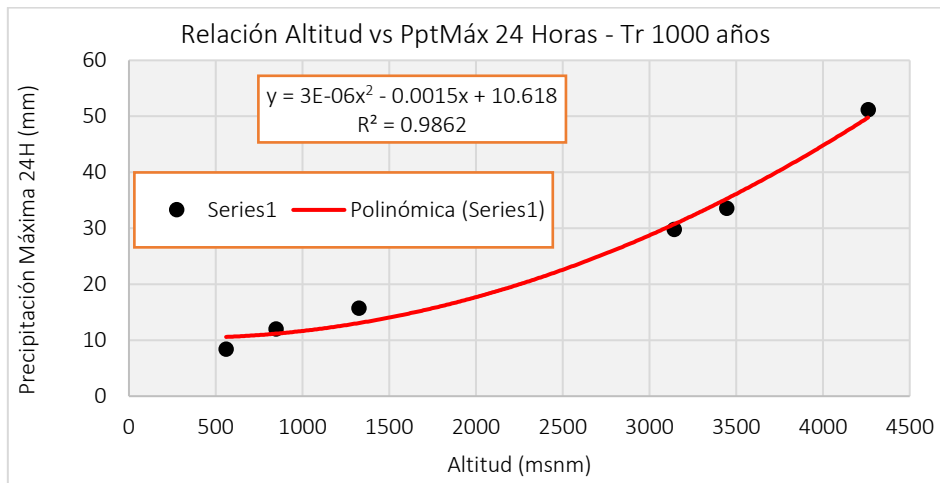
Fuente: Elaboración Propia

Figura 24: Correlación PptMáx24hr vs Altitud – Tr 500 años



Fuente: Elaboración Propia

Figura 25: Correlación PptMáx24hr vs Altitud – Tr 1000 años

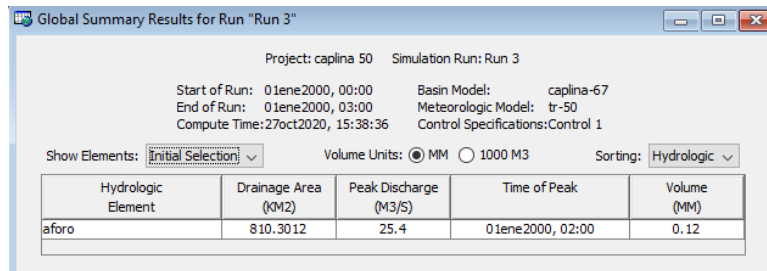


Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.1. Modelamiento hidrológico en HEC HMS

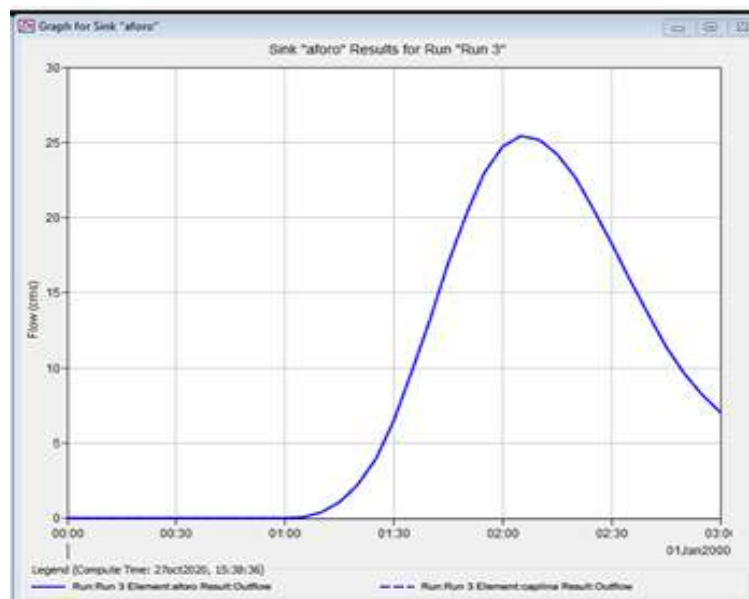
A través del programa se analizó el Caudal de la Cuenca Caplina y de la Cuenca Uchusuma.

Figura 26: Resultado simulación hidrológica  $Tr = 50$  años – cuenca Caplina.



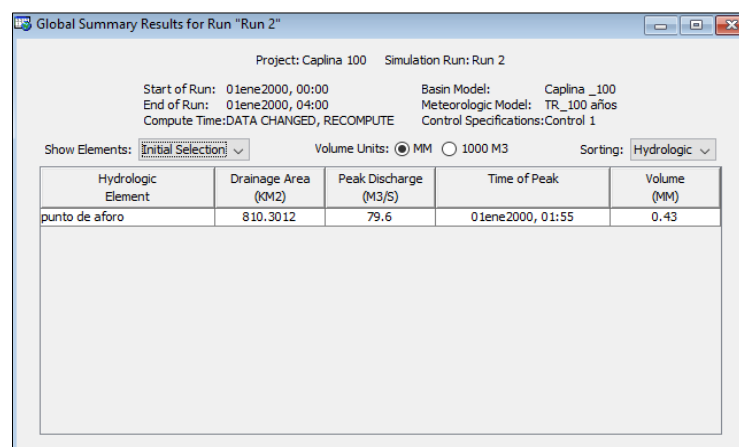
Fuente: Elaboración Propia

Figura 27: Histograma de la cuenca Caplina.



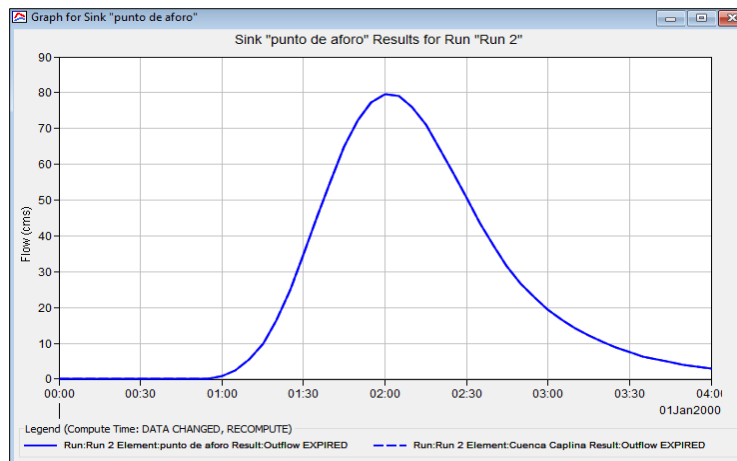
Fuente: Elaboración Propia

Figura 28: Resultado Simulación Hidrológica  $Tr = 100$  años – Cuenca Caplina.



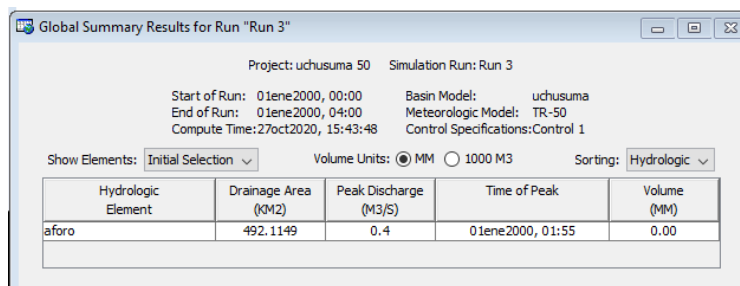
Fuente: Elaboración Propia

Figura 29: Histograma de la Cuenca Caplina



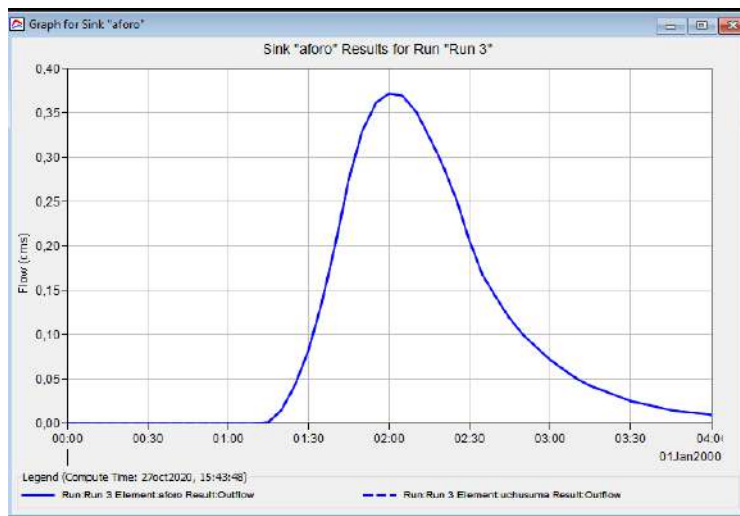
Fuente: Elaboración Propia

Figura 30: Resultado simulación hidrológica Tr 50 años – cuenca Uchusuma



Fuente: Elaboración Propia

Figura 31: Histograma de la cuenca Uchusuma



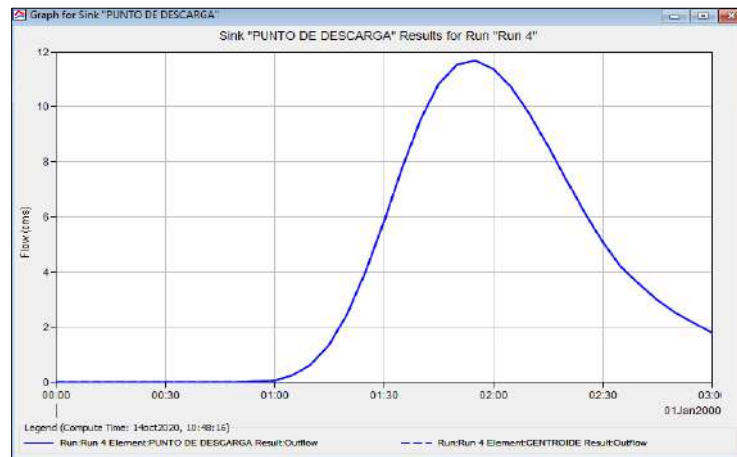
Fuente: Elaboración Propia

Figura 32: Resultado Simulación Hidrológica Tr 100 años – Cuenca Uchusuma.



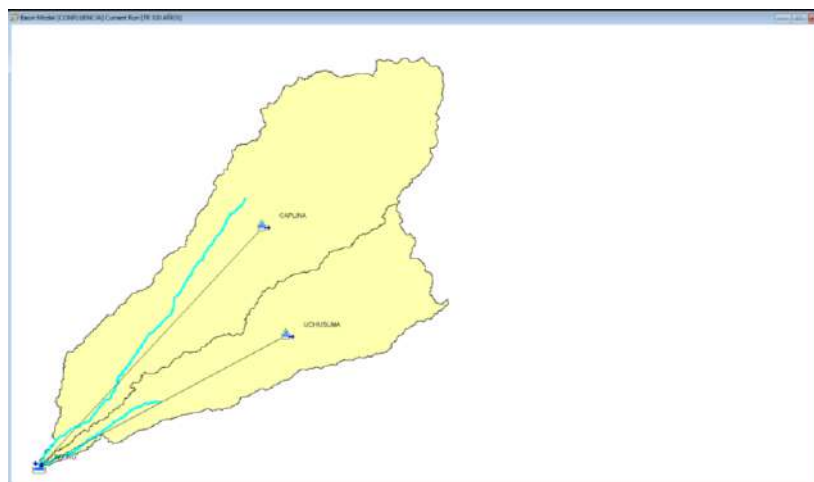
Fuente: Elaboración Propia

Figura 33: Histograma de la Cuenca Uchusuma



Fuente: Elaboración Propia

Figura 34: confluencia de cuencas Caplina - Uchusuma



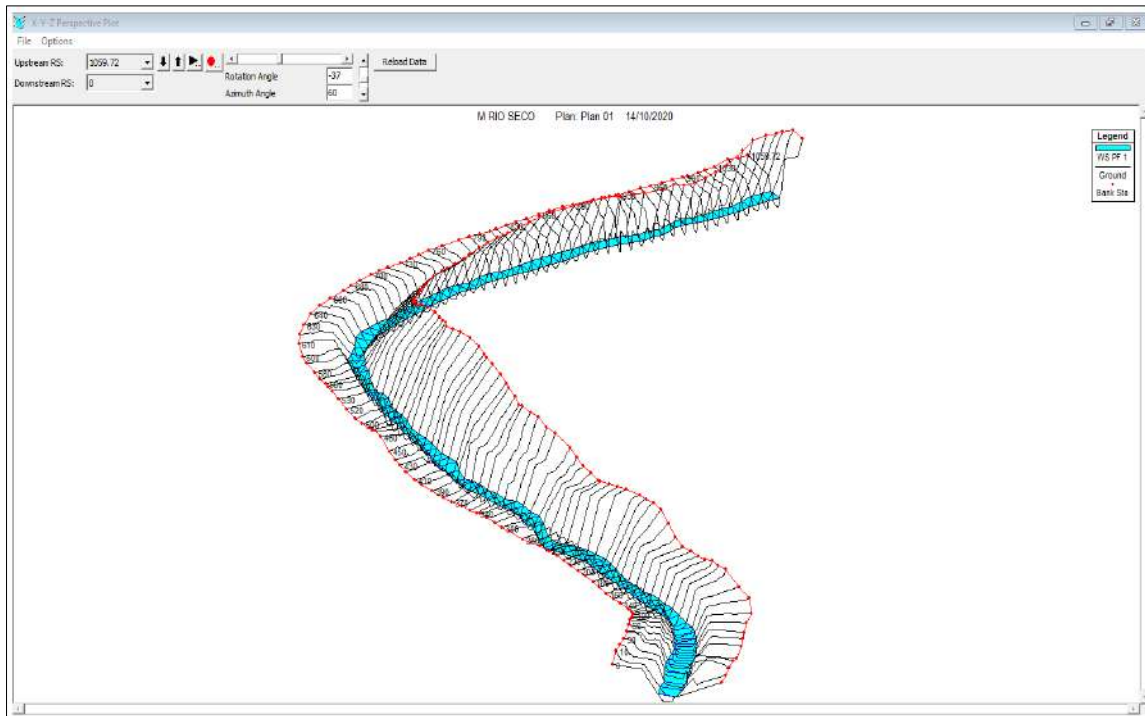
Fuente: Elaboración Propia



### 4.3.2. Modelamiento hidráulico en HEC RAS y Delimitación de faja marginal

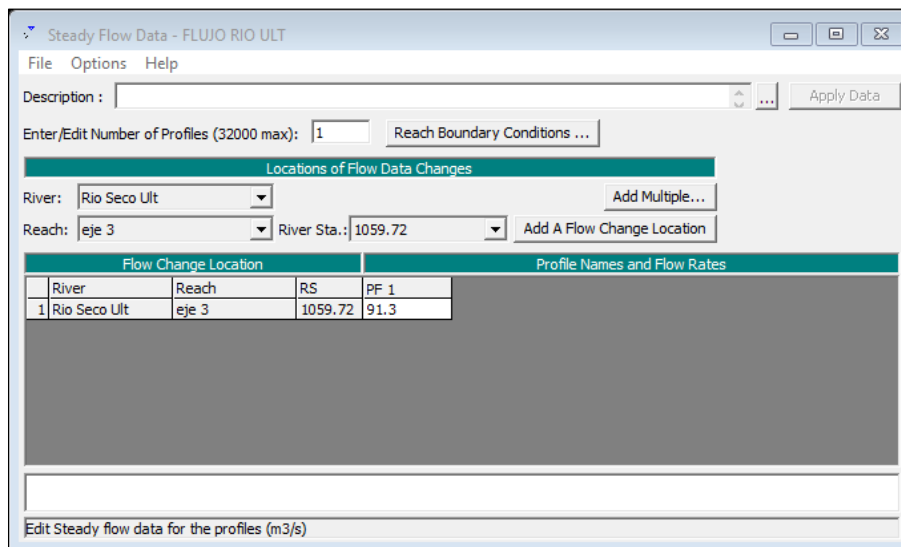
Obteniendo los datos de caudal de diseño de la cuenca Caplina y Uchusuma con el programa HEC HMS. Luego se procedió hacer el modelamiento hidráulico con el programa HEC RAS donde se obtuvo los parámetros Hidráulicos.

Figura 35: Vista en 3D el Modelo Hidráulico



Fuente: Elaboración Propia

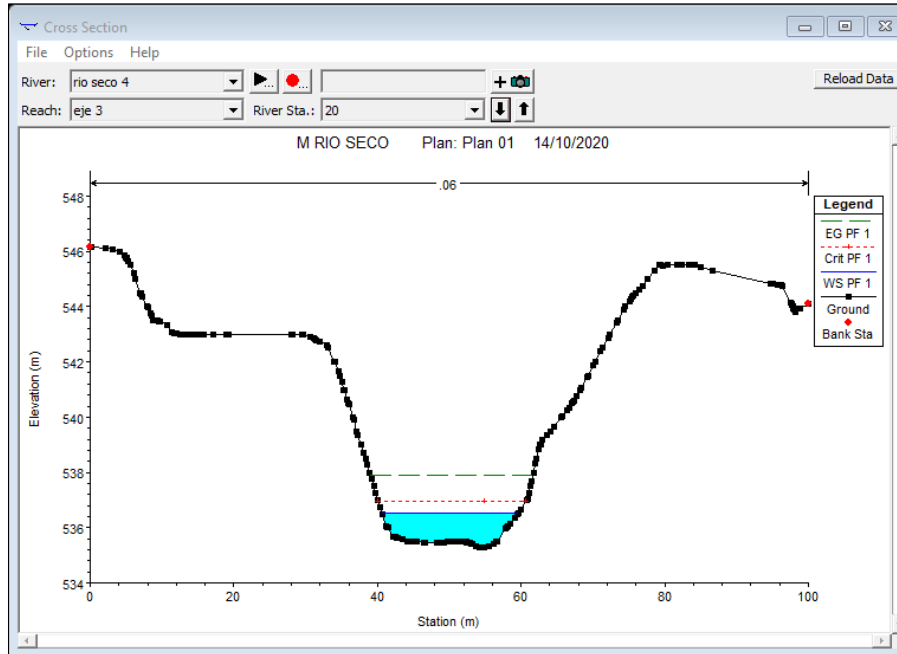
Figura 36: Caudal de Diseño 91.30 m3/s.



Fuente: Elaboración Propia

Se muestra en la figura la simulación hidráulica de la sección transversal en el tramo 0+020.00 km para periodo de retorno TR=100 años con Q diseño = 91.30 m<sup>3</sup>/s

Figura 37: Sección Transversal km 0+020.00



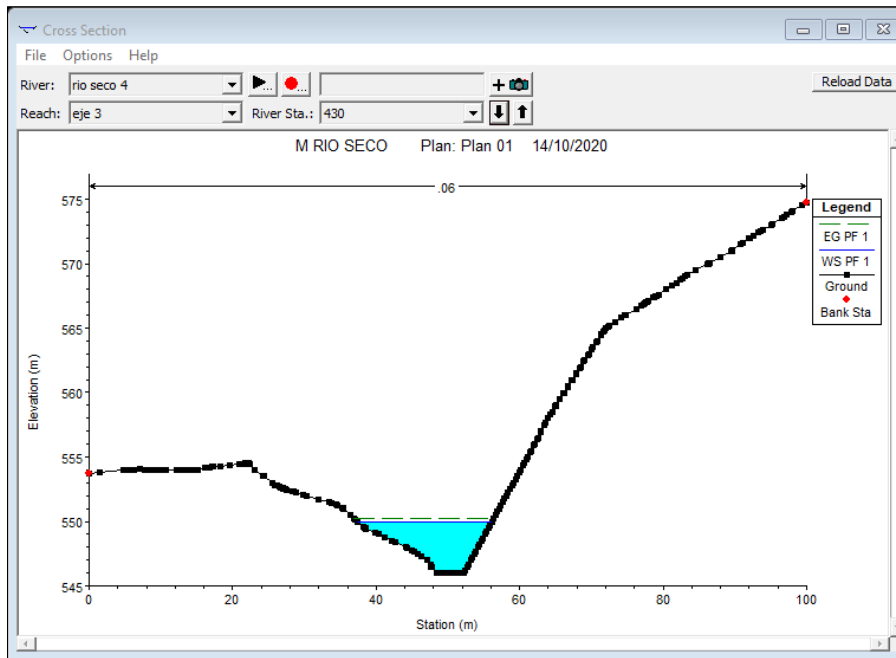
Fuente: Elaboración Propia

Figura 38: Tirante 1.23m del Km 0+020.00.

| Cross Section Output  |            |                                   |         |               |
|---|------------|-----------------------------------|---------|---------------|
| File Type Options Help  |            |                                   |         |               |
| River:  | rio seco 4 | Profile:                          | PF 1    |               |
| Reach:  | eje 3      | RS:                               | 20      | Plan: Plan 01 |
| Plan: Plan 01 rio seco 4 eje 3 RS: 20 Profile: PF 1   |            |                                   |         |               |
| E.G. Elev (m)   | 537.92     | Element                           | Left OB | Channel       |
| Vel Head (m)  | 1.40       | Wt. n-Val.                        |         | 0.060         |
| W.S. Elev (m)   | 536.52     | Reach Len. (m)                    | 10.00   | 10.00         |
| Crit W.S. (m)   | 536.95     | Flow Area (m <sup>2</sup> )       |         | 17.42         |
| E.G. Slope (m/m)  | 0.114134   | Area (m <sup>2</sup> )            |         | 17.42         |
| Q Total (m <sup>3</sup> /s)   | 91.30      | Flow (m <sup>3</sup> /s)          |         | 91.30         |
| Top Width (m)   | 18.95      | Top Width (m)                     |         | 18.95         |
| Vel Total (m/s)   | 5.24       | Avg. Vel. (m/s)                   |         | 5.24          |
| Max Chl Dpth (m)  | 1.23       | Hydr. Depth (m)                   |         | 0.92          |
| Conv. Total (m <sup>3</sup> /s)   | 270.2      | Conv. (m <sup>3</sup> /s)         |         | 270.2         |
| Length Wtd. (m)   | 10.00      | Wetted Per. (m)                   |         | 19.39         |
| Min Ch El (m)   | 535.29     | Shear (N/m <sup>2</sup> )         |         | 1005.30       |
| Alpha   | 1.00       | Stream Power (N/m s)              |         | 5269.45       |
| Frctn Loss (m)  | 0.17       | Cum Volume (1000 m <sup>3</sup> ) |         | 0.59          |
| C & E Loss (m)  | 0.10       | Cum SA (1000 m <sup>2</sup> )     |         | 0.38          |
| Errors, Warnings and Notes  |            |                                   |         |               |
| <b>Warning:</b> The velocity head has changed by more than 0.5 ft (0.15 m). This may indicate the need for additional cross sections.   |            |                                   |         |               |
| <b>Warning:</b> The conveyance ratio (upstream conveyance divided by downstream conveyance) is less than 0.7 or greater than 1.4. This may indicate the need for additional cross sections. |            |                                   |         |               |
| <b>Warning:</b> The energy loss was greater than 1.0 ft (0.3 m). between the current and previous cross section. This may indicate the need for additional cross sections.                  |            |                                   |         |               |
| Enter to move to next upstream river station location   |            |                                   |         |               |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 39: Sección Transversal km 0+430.00.



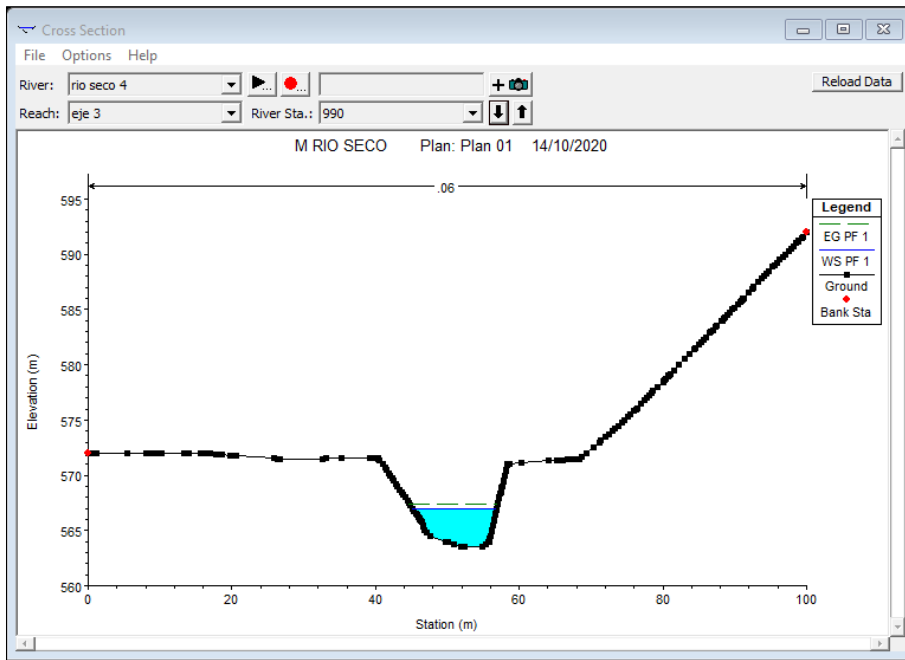
Fuente: Elaboración Propia

Figura 40: Tirante 4.00m del Km 0+430.00.

| Cross Section Output  |            |                      |         |               |
|---|------------|----------------------|---------|---------------|
| File Type Options Help  |            |                      |         |               |
| River:  | rio seco 4 | Profile:             | PF 1    |               |
| Reach:  | eje 3      | RS:                  | 430     | Plan: Plan 01 |
| Plan: Plan 01 rio seco 4 eje 3 RS: 430 Profile: PF 1  |            |                      |         |               |
| E.G. Elev (m)   | 550.23     | Element              | Left OB | Channel       |
| Vel Head (m)  | 0.24       | Wt. n-Val.           |         | 0.060         |
| W.S. Elev (m)   | 550.00     | Reach Len. (m)       | 10.00   | 10.00         |
| Crit W.S. (m)   |            | Flow Area (m2)       |         | 42.51         |
| E.G. Slope (m/m)  | 0.006604   | Area (m2)            |         | 42.51         |
| Q Total (m3/s)  | 91.30      | Flow (m3/s)          |         | 91.30         |
| Top Width (m)   | 18.78      | Top Width (m)        |         | 18.78         |
| Vel Total (m/s)   | 2.15       | Avg. Vel. (m/s)      |         | 2.15          |
| Max Ch Dpth (m)   | 4.00       | Hydr. Depth (m)      |         | 2.26          |
| Conv. Total (m3/s)  | 1123.5     | Conv. (m3/s)         |         | 1123.5        |
| Length Wtd. (m)   | 10.00      | Wetted Per. (m)      |         | 21.29         |
| Min Ch El (m)   | 545.99     | Shear (N/m2)         |         | 129.30        |
| Alpha   | 1.00       | Stream Power (N/m s) |         | 277.68        |
| Frctn Loss (m)  | 0.13       | Cum Volume (1000 m3) |         | 13.23         |
| C & E Loss (m)  | 0.07       | Cum SA (1000 m2)     |         | 6.73          |
| Errors, Warnings and Notes  |            |                      |         |               |
| <b>Warning:</b> The velocity head has changed by more than 0.5 ft (0.15 m). This may indicate the need for additional cross sections.   |            |                      |         |               |
| <b>Warning:</b> The conveyance ratio (upstream conveyance divided by downstream conveyance) is less than 0.7 or greater than 1.4. This may indicate the need for additional cross sections. |            |                      |         |               |
| Maximum main channel depth.   |            |                      |         |               |

Fuente: Elaboración Propia

Figura 41: Sección Transversal km 0+990.00.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 42: Tirante 3.46m del km 0+990.00.

| Plan: Plan 01 rio seco 4 eje 3 RS: 990 Profile: PF 1 |          |                      |         |         |
|--|----------|----------------------|---------|---------|
| E.G. Elev (m)  | 567.41   | Element              | Left OB | Channel |
| Vel Head (m)   | 0.45     | Wt. n-Val.           |         | 0.060   |
| W.S. Elev (m)  | 566.96   | Reach Len. (m)       | 10.00   | 10.00   |
| Crit W.S. (m)  |          | Flow Area (m2)       |         | 30.59   |
| E.G. Slope (m/m)                                     | 0.012506 | Area (m2)            |         | 30.59   |
| Q Total (m3/s)                                       | 91.30    | Flow (m3/s)          |         | 91.30   |
| Top Width (m)  | 11.70    | Top Width (m)        |         | 11.70   |
| Vel Total (m/s)                                      | 2.98     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 2.98    |
| Max Chl Dpth (m)                                     | 3.46     | Hydr. Depth (m)      |         | 2.61    |
| Conv. Total (m3/s)                                   | 816.4    | Conv. (m3/s)         |         | 816.4   |
| Length Wtd. (m)                                      | 10.00    | Wetted Per. (m)      |         | 15.10   |
| Min Ch El (m)  | 563.50   | Shear (N/m2)         |         | 248.49  |
| Alpha  | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 741.61  |
| Frctn Loss (m)                                       | 0.14     | Cum Volume (1000 m3) |         | 28.01   |
| C & E Loss (m)                                       | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     |         | 13.87   |

Errors, Warnings and Notes

Enter to move to next upstream river station location

Fuente: Elaboración Propia

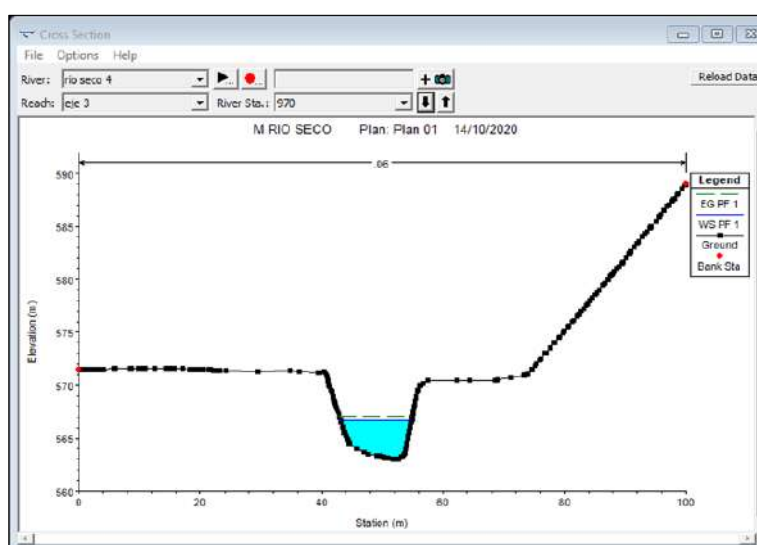
Figura 43: Parámetros Hidráulicos

| Profile Output Table - Standard Table 1                            |           |         |                |              |               |               |               |                  |                |                |               |             |
|--|-----------|---------|----------------|--------------|---------------|---------------|---------------|------------------|----------------|----------------|---------------|-------------|
| File Options Std. Tables Locations Help                            |           |         |                |              |               |               |               |                  |                |                |               |             |
| HEC-RAS Plan: Plan 01 River: rio seco 4 Reach: eje 3 Profile: PF 1 |           |         |                |              |               |               |               |                  |                |                |               |             |
| Reach  | River Sta | Profile | Q Total (m³/s) | Min Ch B (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m²) | Top Width (m) | Froude # Ch |
| eje 3  | 1050      | PF 1    | 91.30          | 565.00       | 568.17        |               | 568.60        | 0.012010         | 2.89           | 31.64          | 13.13         | 0.59        |
| eje 3  | 1040      | PF 1    | 91.30          | 564.97       | 568.07        |               | 568.47        | 0.011863         | 2.82           | 32.38          | 14.61         | 0.60        |
| eje 3  | 1030      | PF 1    | 91.30          | 564.48       | 567.85        |               | 568.33        | 0.013927         | 3.07           | 29.73          | 12.59         | 0.64        |
| eje 3  | 1020      | PF 1    | 91.30          | 564.00       | 567.11        | 567.04        | 568.08        | 0.034437         | 4.35           | 20.97          | 9.92          | 0.96        |
| eje 3  | 1010      | PF 1    | 91.30          | 563.99       | 567.20        |               | 567.72        | 0.015664         | 3.20           | 28.50          | 12.13         | 0.67        |
| eje 3  | 1000      | PF 1    | 91.30          | 563.96       | 567.06        |               | 567.57        | 0.014788         | 3.16           | 28.87          | 11.79         | 0.65        |
| eje 3  | 990       | PF 1    | 91.30          | 563.50       | 566.96        |               | 567.41        | 0.012306         | 2.98           | 30.59          | 11.70         | 0.59        |
| eje 3  | 980       | PF 1    | 91.30          | 563.49       | 566.73        |               | 567.26        | 0.016647         | 3.23           | 28.25          | 11.03         | 0.64        |
| eje 3  | 970       | PF 1    | 91.30          | 563.00       | 566.71        |               | 567.09        | 0.009835         | 2.75           | 33.23          | 11.72         | 0.52        |
| eje 3  | 960       | PF 1    | 91.30          | 562.96       | 565.77        | 565.77        | 566.85        | 0.038860         | 4.59           | 19.89          | 9.28          | 1.00        |
| eje 3  | 950       | PF 1    | 91.30          | 562.50       | 564.35        | 564.91        | 566.21        | 0.090862         | 6.03           | 15.15          | 10.12         | 1.57        |
| eje 3  | 940       | PF 1    | 91.30          | 562.43       | 564.79        | 564.79        | 565.73        | 0.035586         | 4.29           | 21.28          | 11.46         | 1.01        |
| eje 3  | 930       | PF 1    | 91.30          | 562.00       | 564.18        | 564.38        | 565.30        | 0.047160         | 4.69           | 19.48          | 11.75         | 1.16        |
| eje 3  | 920       | PF 1    | 91.30          | 561.50       | 564.39        | 563.88        | 564.90        | 0.016061         | 3.15           | 28.98          | 13.50         | 0.69        |
| eje 3  | 910       | PF 1    | 91.30          | 561.37       | 564.03        | 563.83        | 564.68        | 0.026275         | 3.57           | 25.54          | 14.33         | 0.86        |
| eje 3  | 900       | PF 1    | 91.30          | 561.00       | 563.68        | 563.50        | 564.38        | 0.032450         | 3.73           | 24.50          | 13.19         | 0.87        |
| eje 3  | 890       | PF 1    | 91.30          | 560.98       | 563.18        | 563.18        | 564.04        | 0.034029         | 4.10           | 22.28          | 12.97         | 1.00        |
| eje 3  | 880       | PF 1    | 91.30          | 560.49       | 562.93        | 562.83        | 563.70        | 0.028587         | 3.88           | 23.55          | 13.15         | 0.93        |
| eje 3  | 870       | PF 1    | 91.30          | 560.00       | 562.75        |               | 563.41        | 0.022893         | 3.61           | 25.31          | 13.14         | 0.83        |
| eje 3  | 860       | PF 1    | 91.30          | 559.93       | 562.57        |               | 563.17        | 0.021389         | 3.43           | 26.59          | 14.42         | 0.81        |
| eje 3  | 850       | PF 1    | 91.30          | 559.50       | 562.51        |               | 562.95        | 0.013482         | 2.94           | 31.07          | 14.96         | 0.65        |
| eje 3  | 840       | PF 1    | 91.30          | 559.46       | 562.42        |               | 562.82        | 0.011573         | 2.79           | 32.76          | 14.99         | 0.60        |
| eje 3  | 830       | PF 1    | 91.30          | 559.00       | 562.33        |               | 562.70        | 0.010050         | 2.68           | 34.06          | 14.70         | 0.56        |
| eje 3  | 820       | PF 1    | 91.30          | 558.50       | 561.99        |               | 562.55        | 0.019283         | 3.31           | 27.57          | 14.04         | 0.75        |
| eje 3  | 810       | PF 1    | 91.30          | 558.00       | 561.79        |               | 562.36        | 0.017998         | 3.33           | 27.38          | 12.70         | 0.73        |
| eje 3  | 800       | PF 1    | 91.30          | 558.00       | 561.44        |               | 562.13        | 0.024859         | 3.69           | 24.74          | 12.76         | 0.85        |
| eje 3  | 790       | PF 1    | 91.30          | 557.99       | 561.37        |               | 561.88        | 0.016072         | 3.18           | 28.72          | 13.54         | 0.70        |
| eje 3  | 780       | PF 1    | 91.30          | 557.97       | 560.74        | 560.74        | 561.62        | 0.034589         | 4.15           | 22.01          | 12.64         | 1.00        |
| eje 3  | 770       | PF 1    | 91.30          | 557.70       | 559.81        | 560.14        | 561.13        | 0.059683         | 5.09           | 17.94          | 11.66         | 1.31        |
| eje 3  | 760       | PF 1    | 91.30          | 557.49       | 560.13        | 559.85        | 560.77        | 0.022387         | 3.56           | 25.64          | 13.44         | 0.82        |
| eje 3  | 750       | PF 1    | 91.30          | 557.23       | 560.06        |               | 560.54        | 0.015041         | 3.08           | 29.66          | 14.15         | 0.68        |
| eje 3  | 740       | PF 1    | 91.30          | 556.99       | 559.92        |               | 560.39        | 0.014640         | 3.05           | 29.92          | 14.14         | 0.67        |
| eje 3  | 730       | PF 1    | 91.30          | 556.94       | 559.49        |               | 560.18        | 0.024358         | 3.69           | 24.71          | 12.85         | 0.85        |
| eje 3  | 720       | PF 1    | 91.30          | 556.49       | 559.33        |               | 559.94        | 0.020429         | 3.44           | 26.50          | 13.58         | 0.79        |
| eje 3  | 710       | PF 1    | 91.30          | 556.00       | 559.03        |               | 559.71        | 0.024156         | 3.65           | 25.03          | 13.28         | 0.85        |
| eje 3  | 700       | PF 1    | 91.30          | 555.50       | 559.01        |               | 559.46        | 0.013771         | 2.94           | 31.01          | 15.00         | 0.65        |
| eje 3  | 690       | PF 1    | 91.30          | 555.49       | 558.38        | 558.30        | 559.22        | 0.031288         | 4.05           | 22.53          | 12.17         | 0.95        |
| eje 3  | 680       | PF 1    | 91.30          | 555.11       | 558.06        | 557.99        | 558.90        | 0.031736         | 4.07           | 22.46          | 12.18         | 0.96        |
| eje 3  | 670       | PF 1    | 91.30          | 554.50       | 558.07        |               | 558.57        | 0.016957         | 3.15           | 28.96          | 14.81         | 0.72        |
| eje 3  | 660       | PF 1    | 91.30          | 554.51       | 557.92        |               | 558.40        | 0.015641         | 3.07           | 29.78          | 14.95         | 0.69        |
| eje 3  | 650       | PF 1    | 91.30          | 554.00       | 557.93        |               | 558.24        | 0.008919         | 2.47           | 37.00          | 16.95         | 0.53        |
| eje 3  | 640       | PF 1    | 91.30          | 553.96       | 557.71        |               | 558.12        | 0.012840         | 2.83           | 32.28          | 15.67         | 0.63        |
| eje 3  | 630       | PF 1    | 91.30          | 553.50       | 556.87        | 556.87        | 557.86        | 0.037397         | 4.40           | 20.75          | 10.59         | 1.00        |
| eje 3  | 620       | PF 1    | 91.30          | 553.21       | 556.25        | 556.46        | 557.41        | 0.048969         | 4.78           | 19.10          | 11.23         | 1.17        |
| eje 3  | 610       | PF 1    | 91.30          | 551.99       | 556.08        | 555.16        | 556.43        | 0.010249         | 2.64           | 34.59          | 15.51         | 0.56        |
| eje 3  | 600       | PF 1    | 91.30          | 551.50       | 555.72        |               | 556.28        | 0.018432         | 3.30           | 27.70          | 12.97         | 0.72        |
| eje 3  | 590       | PF 1    | 91.30          | 551.29       | 555.63        |               | 556.09        | 0.013531         | 3.00           | 30.47          | 13.12         | 0.63        |
| eje 3  | 580       | PF 1    | 91.30          | 551.00       | 554.80        | 554.80        | 555.82        | 0.038399         | 4.48           | 20.40          | 10.10         | 1.01        |
| eje 3  | 570       | PF 1    | 91.30          | 549.50       | 551.80        | 552.77        | 554.91        | 0.165451         | 7.82           | 11.68          | 7.83          | 2.04        |
| eje 3  | 560       | PF 1    | 91.30          | 549.20       | 552.82        | 552.21        | 553.39        | 0.016528         | 3.32           | 27.51          | 11.68         | 0.69        |
| eje 3  | 550       | PF 1    | 91.30          | 548.54       | 552.76        |               | 553.21        | 0.012356         | 2.96           | 30.83          | 12.31         | 0.60        |
| eje 3  | 540       | PF 1    | 91.30          | 548.50       | 551.91        | 551.91        | 552.95        | 0.037392         | 4.52           | 20.19          | 9.75          | 1.00        |
| eje 3  | 530       | PF 1    | 91.30          | 547.98       | 552.00        | 551.17        | 552.51        | 0.014438         | 3.17           | 28.85          | 11.29         | 0.63        |
| eje 3  | 520       | PF 1    | 91.30          | 547.50       | 551.98        |               | 552.36        | 0.009953         | 2.73           | 33.46          | 12.54         | 0.53        |
| eje 3  | 510       | PF 1    | 91.30          | 547.50       | 551.73        |               | 552.22        | 0.014761         | 3.13           | 29.20          | 11.74         | 0.63        |
| eje 3  | 500       | PF 1    | 91.30          | 547.69       | 550.90        | 550.90        | 551.95        | 0.037485         | 4.53           | 20.16          | 9.67          | 1.00        |
| eje 3  | 490       | PF 1    | 91.30          | 547.47       | 550.21        | 550.46        | 551.49        | 0.051504         | 4.99           | 18.28          | 9.98          | 1.18        |
| eje 3  | 480       | PF 1    | 91.30          | 547.00       | 550.48        | 550.15        | 551.17        | 0.023370         | 3.69           | 24.76          | 11.89         | 0.82        |
| eje 3  | 470       | PF 1    | 91.30          | 546.93       | 550.34        |               | 550.93        | 0.018863         | 3.42           | 26.68          | 12.05         | 0.73        |
| eje 3  | 460       | PF 1    | 91.30          | 546.49       | 550.21        |               | 550.74        | 0.016149         | 3.23           | 28.29          | 12.07         | 0.67        |
| eje 3  | 450       | PF 1    | 91.30          | 546.31       | 549.92        |               | 550.55        | 0.019709         | 3.51           | 26.03          | 11.41         | 0.74        |
| eje 3  | 440       | PF 1    | 91.30          | 546.00       | 550.02        |               | 550.33        | 0.008726         | 2.47           | 36.90          | 15.80         | 0.52        |
| eje 3  | 430       | PF 1    | 91.30          | 545.99       | 550.00        |               | 550.23        | 0.006604         | 2.15           | 42.51          | 18.78         | 0.46        |
| eje 3  | 420       | PF 1    | 91.30          | 545.52       | 549.06        | 549.06        | 550.03        | 0.038628         | 4.36           | 20.94          | 10.88         | 1.00        |
| eje 3  | 410       | PF 1    | 91.30          | 545.50       | 547.83        | 548.30        | 549.43        | 0.076226         | 5.61           | 16.27          | 9.97          | 1.40        |
| eje 3  | 400       | PF 1    | 91.30          | 545.00       | 548.99        | 548.00        | 549.12        | 0.016695         | 3.24           | 28.20          | 12.72         | 0.69        |
| eje 3  | 390       | PF 1    | 91.30          | 544.80       | 548.62        |               | 548.94        | 0.008684         | 2.50           | 36.46          | 15.44         | 0.52        |
| eje 3  | 380       | PF 1    | 91.30          | 544.84       | 547.74        | 547.74        | 548.72        | 0.035707         | 4.38           | 20.85          | 10.67         | 1.00        |
| eje 3  | 370       | PF 1    | 91.30          | 544.49       | 547.79        | 547.28        | 548.35        | 0.017501         | 3.30           | 27.66          | 13.02         | 0.72        |
| eje 3  | 360       | PF 1    | 91.30          | 544.41       | 547.13        | 547.13        | 548.07        | 0.035168         | 4.29           | 21.30          | 11.38         | 1.00        |
| eje 3  | 350       | PF 1    | 91.30          | 543.94       | 547.33        | 546.57        | 547.70        | 0.011404         | 2.70           | 33.78          | 16.38         | 0.60        |
| eje 3  | 340       | PF 1    | 91.30          | 543.50       | 547.11        |               | 547.56        | 0.013932         | 2.97           | 30.69          | 14.51         | 0.65        |
| eje 3  | 330       | PF 1    | 91.30          | 543.49       | 546.52        | 546.41        | 547.33        | 0.029994         | 4.00           | 22.83          | 12.21         | 0.93        |
| eje 3  | 320       | PF 1    | 91.30          | 543.00       | 546.66        |               | 547.02        | 0.011417         | 2.67           | 34.24          | 17.05         | 0.60        |
| eje 3  | 310       | PF 1    | 91.30          | 542.92       | 545.88        | 545.88        | 546.78        | 0.034835         | 4.21           | 21.69          | 12.10         | 1.00        |
| eje 3  | 300       | PF 1    | 91.30          | 541.24       | 543.38        | 544.18        | 545.96        | 0.198659         | 7.12           | 12.83          | 10.34         | 2.04        |
| eje 3  | 290       | PF 1    | 91.30          | 540.96       | 542.30        | 542.92        | 544.30        | 0.140276         | 6.26           | 14.59          | 13.94         | 1.95        |
| eje 3  | 280       | PF 1    | 91.30          | 540.48       | 542.67        | 542.37        | 543.20        | 0.019663         | 3.22           | 28.32          | 16.19         | 0.78        |
| eje 3  | 270       | PF 1    | 91.30          | 540.14       | 542.52        |               | 542.99        | 0.017412         | 3.06           | 29.85          | 16.98         | 0.74        |
| eje 3  | 260       | PF 1    | 91.30          | 539.99       | 542.50        |               | 542.82        | 0.009858         | 2.51           | 36.39          | 17.60         | 0.56        |
| eje 3  | 250       | PF 1    | 91.30          | 539.44       | 542.39        |               | 542.72        | 0.009722         | 2.55           | 35.86          | 17.05         | 0.56        |
| eje 3  | 240       | PF 1    | 91.30          | 538.97       | 542.37        |               | 542.61        | 0.006589         | 2.19           | 41.63          | 18.27         | 0.47        |
| eje 3  | 230       | PF 1    | 91.30          | 538.50       | 542.23        |               | 542.53        | 0.008524         | 2.44           | 37.49          | 16.73         | 0.52        |
| eje 3  | 220       | PF 1    | 91.30          | 538.45       | 542.16        |               | 542.45        | 0.007818         | 2.40           | 38.12          | 16.06         | 0.50        |
| eje 3  | 210       | PF 1    | 91.30          | 537.98       | 541.79        |               | 542.32        | 0.016247         | 3.21           | 28.45          | 12.66         | 0.68        |
| eje 3  | 200       | PF 1    | 91.30          | 537.93       | 541.09        | 541.09        | 542.04        | 0.035653         | 4.33           | 21.10          | 11.12         | 1.00        |
| eje 3  | 190       | PF 1    | 91.30          | 537.50       | 541.04        | 540.57        | 541.65        | 0.019202         | 3.46           | 26.40          | 12.13         | 0.75        |
| eje 3  | 180       | PF 1    | 91.30          | 537.50       | 540.60        | 540.42        | 541.41        | 0.027927         | 3.97           | 22.99          | 11.42         | 0.89        |
| eje 3  | 170       | PF 1    | 91.30          | 537.50       | 540.72        |               | 541.11        | 0.011362         | 2.80           | 32.63          | 14.29         | 0.59        |
| eje 3  | 160       | PF 1    | 91.30          | 537.50       | 540.71        |               | 540.99        | 0.007286         | 2.35           | 38.78          | 16.00         | 0.48        |
| eje 3  | 150       | PF 1    | 91.30          | 537.50       | 540.52        |               | 540.89        | 0.010506         | 2.70           | 33.81          | 14.85         | 0.57        |
| eje 3  | 140       | PF 1    | 91.30          | 537.00       | 540.35        |               | 540.77        | 0.012545         | 2.88           | 31.69          | 14.64         | 0.63        |
| eje 3  | 130       | PF 1    | 91.30          | 537.00       | 539.64        | 539.64        | 540.53        | 0.0              |                |                |               |             |

## CAPITULO V: DISCUSION

- El modelo hidráulico nos permite delimitar la faja marginal del río Caplina sector del Rio Seco, en primera instancia se realizó la delimitación de la cuenca con el programa ArcGis los resultados se trabajaron con el Modelo de Elevación Digital (MED) de 12.5 x12.5m ya que tiene mejor aproximación que las cartas nacionales y los resultados sean más precisos en cuanto a áreas, longitud de cauce, pendientes y entre otros. Se consideró dos cuencas que convergen y dan al Rio Seco: Caplina con  $Q=79.60$  m<sup>3</sup>/s y Uchusuma  $Q=11.70$  m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 100 años considerando las estaciones cercanas a las cuencas como: Bocatoma, Toquela, Palca, Calientes, Calana y Jorge Basadre. En la Tesis de Frisancho (2015) consideró la sub cuenca Caplina área de drenaje 539.05 km<sup>2</sup>, sub cuenca de la quebrada Palca área de drenaje 135.52 km<sup>2</sup>, sub cuenca del río Vilavilani – Yungane con área de drenaje 431.95 km<sup>2</sup>, con estaciones Calientes, Piedra Blanca y Jorge Basadre obteniendo el caudal de diseño con el TR=100 años con  $Q_{max} = 117.00$  m<sup>3</sup>/s.
- A partir del modelo hidrológico obtenemos el caudal de diseño de 91.30 m<sup>3</sup>/s con periodo de retorno TR= 100 años de acuerdo al trabajo que se realizó en campo donde se aforo y se procesó para obtener un resultado de tirante de 3.71m que es adecuado para el cauce.

Figura 44: Sección Transversal km 0+970.00.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 45: Tirante 3.71m del km 0+970.00.

Plan: Plan 01 rio seco 4 eje 3 RS: 970 Profile: PF 1

| Element                           | Left OB  | Channel | Right OB |
|-----------------------------------|----------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)                     | 567.09   |         |          |
| Vel Head (m)                      | 0.38     | 0.060   |          |
| W.S. Elev (m)                     | 566.71   |         |          |
| Crit W.S. (m)                     |          | 10.00   | 10.00    |
| E.G. Slope (m/m)                  | 0.009835 |         |          |
| Q Total (m <sup>3</sup> /s)       | 91.30    |         |          |
| Top Width (m)                     | 11.72    |         |          |
| Vel Total (m/s)                   | 2.75     |         |          |
| Max Ch Dpth (m)                   | 3.71     |         |          |
| Conv. Total (m <sup>3</sup> /s)   | 920.6    |         |          |
| Length Wtd. (m)                   | 10.00    |         |          |
| Min Ch El (m)                     | 563.00   |         |          |
| Alpha                             | 1.00     |         |          |
| Frcn Loss (m)                     | 0.17     |         |          |
| C & E Loss (m)                    | 0.07     |         |          |
| Wt. n-Val.                        |          | 0.060   |          |
| Reach Len. (m)                    | 10.00    | 10.00   | 10.00    |
| Flow Area (m <sup>2</sup> )       |          | 33.23   |          |
| Area (m <sup>2</sup> )            |          | 33.23   |          |
| Flow (m <sup>3</sup> /s)          |          | 91.30   |          |
| Top Width (m)                     |          | 11.72   |          |
| Avg. Vel. (m/s)                   |          | 2.75    |          |
| Hydr. Depth (m)                   |          | 2.84    |          |
| Conv. (m <sup>3</sup> /s)         |          | 920.6   |          |
| Wetted Per. (m)                   |          | 15.50   |          |
| Shear (N/m <sup>2</sup> )         |          | 206.71  |          |
| Stream Power (N/m s)              |          | 567.95  |          |
| Cum Volume (1000 m <sup>3</sup> ) |          | 27.41   |          |
| Cum SA (1000 m <sup>2</sup> )     |          | 13.64   |          |

**Errors, Warnings and Notes**

**Warning:** The velocity head has changed by more than 0.5 ft (0.15 m). This may indicate the need for additional cross sections.

**Warning:** The conveyance ratio (upstream conveyance divided by downstream conveyance) is less than 0.7 or greater than 1.4. This may indicate the need for additional cross sections.

Select Profile

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados que obtuvieron los tesisas anteriores como es el caso de Frisancho (2015) obtuvo un caudal con periodo de retorno TR=100 años  $Q_{max} = 117.00 \text{ m}^3/\text{s}$  y Tisnado (2013) se obtuvo un caudal con periodo de retorno TR=100 años  $Q_{max} = 42.10 \text{ m}^3/\text{s}$ . a diferencia de nuestro caso se debe a que hubo mayor precipitación en los últimos años.

- Con el modelo hidráulico se determinó el ancho de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco dando como resultado 30.00m a lado derecho aguas abajo y 10.00m lado izquierdo aguas abajo.
- El modelamiento hidráulico que se realizó nos permitió delimitar la faja marginal del río Caplina Sector del Río Seco y con los criterios del Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales donde nos da 4.00m de ancho mínimo de acuerdo a su estructura. Para salvaguardar el cauce y población se tomó como ancho según se indica en conclusiones que son tomadas desde la cota de máximo tirante en vertederos de demasías.

## CONCLUSIONES

- En esta tesis se determinó a través del modelo hidráulico según el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de las Fajas Marginales y con la Resolución Jefatural N° 332 - 2016 – ANA. de acuerdo a la Autoridad Nacional del Agua se consideró los criterios para la delimitación de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, el tramo que se analizó está ubicado a lado de las Asociación de Vivienda La Rinconada Baja I Etapa, La Rinconada Baja II Etapa, Los Valientes de Tacna, El Puentequito y el Cerro Arunta para el cual se determinó el ancho de la faja marginal con 30.00 m del lado derecho del cauce aguas abajo, y lado izquierdo con 10.00 m aguas abajo tales criterios se asumen de tal forma que la población que se establece entorno a las riberas, respeten el espacio de la faja marginal.
- Se Identificó un caudal máximo para delimitar la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, de 91.30 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de TR=100 años, que se consideró de acuerdo ANA para asentamientos poblacionales.
- Se determinó a través del modelo hidráulico la delimitación de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, mediante software (ArcGis) se obtuvo los datos más resaltantes de la Cuenca Caplina área de 810.3012 km<sup>2</sup>, pendiente 2.58 % longitud 47.50 km, tiempo de concentración 81.63 min. y en la Cuenca Uchusuma el área es de 492.1149 km<sup>2</sup>, pendiente 2.28 % longitud 37.95 km, tiempo de concentración 74.00 min. Para determinar los periodos de retorno se trabajó con datos estadísticos no menores a 20 años (Hidroesta 2). Se calculó el caudal de diseño con el software (HEC HMS), luego se realizó el procesamiento de datos del levantamiento topográfico para la obtención de secciones transversales (Civil 3D) y con ello finalmente se procesó los datos para la obtención del caudal máximo con el software Hec Ras.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda la delimitación de la faja marginal según establecido en el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de las Fajas Marginales y con la Resolución Jefatural N° 332 - 2016 – ANA en zona urbana como mínimo es de 1+000.00 km, consideramos que es necesario la delimitación total del cauce del río Caplina sector río Seco para resguardar la integridad de los pobladores como del cauce mismo.
- La Municipalidad Distrital Gregorio Albarracín Lanchipa debería construir gaviones y Defensas ribereñas para evitar el colapso ante avenidas de mayor intensidad ya que se requiere tener las medidas de protección y realizar labores de limpieza y sobre todo en el km 0+140.00 del río Caplina.
- El ancho de la Faja Marginal que se proyecta debe ser delimitado a través de Hitos con el apoyo del Gobierno Regional, Local y ANA quienes son los que deben velar por la protección de los pobladores y el cauce del Río Caplina para evitar las alteraciones antrópicas y las invasiones existentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ballena & Villanueva, (2017). Evaluacion del rio grande, con fines de delimitacion de faja marginal en un tramo de la zona urbana de huamachoco, en la Provincia Sanches Carrion, region la Llibertad. Tesis de pre grado de Universidad Nacional de Trujillo.

Ccancapa, (2018). "Modelamiento hidrológico e hidráulico aplicado a la delimitación de la faja marginal Yumina – Socabaya (km 12 + 500.00) y protección contra inundaciones en máximas avenidas en el Distrito de Socabaya, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa." Universidad Católica de Santa María.

Frisancho, (2015). Análisis de Vulnerabilidad mediante modelamiento hidrodinámico del cauce del río seco del Cono Sur de la Ciudad de Tacna. Tesis de posgrado de Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna.

Lima, (2018). Análisis hidrológico espacial para definir la faja marginal del embalse lagunillas. Tesis de pre grado de Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

Lopez, (2018). Delimitacion de las fajas marginales del rio Piura, en el tramo comprendido entre la presa lo ejidos y puente Miguel Grau; Distrito de Piura y Castilla Provincia de Piura, Region Piura. Tesis de pre grado de Universidad Nacional de Piura.

Mayta & Mamani (2015). Modelación hidráulica de la defensa de calana con el fin de determinar la vulnerabilidad ante máximas avenidas. Tesis de pre grado de la Universidad Privada de Tacna.

Mendoza, (2017). Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada Romero, del Distrito de Cajamarca, periodo 2011-2016 Universidad privada Antonio Guillermo Urrelo.

Salinas (2015). Evaluacion del comportamiento hidraulico de obras de captacion mediante modelamiento hidrodinamico del flujo en 1-d y 2-d. Tesis de pre grado de Universidad Cuenca, Ecuador.

Tisnado, (2013). Modelamiento hidrodinámico para determinar zonas vulnerables en el Cauce del Río Seco Zona Urbana - Tacna. Tesis de pre grado de Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna.

Villon, (2007). Hidráulica de canales. book, 1.

Zuazo, (2015). "Modelación de la cuenca del río Jillusaya para la determinación de caudales de crecida en el centro experimental de cota empleando modelos de simulación". Tesis de postgrado de Universidad Mayor de San Andres, Bolivia.

Villodas, (2008). Hidrologia.

Peña, Cotrina & Acosta Harmuth (2009). Hidrologia de la Cuenca del Rio Caplina. Ingemmet

Vilcanqui, Alexander (201). "Modelacion Hidrologica con Fines de Gestion de Riberas en la Cuenca del Rio Caplina - Tacna" Tesis de pre grado de Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna.

Gamez, William (2009). Texto Basicos de Hidrologia.

Lux, Benjamin (2012). Conceptos Basicos de morfometria de cuencas Hidrograficas

ANA, (2016). Reglamento para la Delimitacion y Mantenimiento de Fajas Marginales.

# ANEXOS

# ANEXO 1.

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**TEMA : MODELO HIDRAULICO PARA DELIMITACION DE FAJA MARGINAL RIO CAPLINA SECTOR RIO SECO, DISTRITO G. ALBARRACIN L. - TACNA - 2020.**

| <b>PROBLEMA</b>  | <b>OBJETIVOS</b>  | <b>HIPOTESIS</b>   | <b>VARIABLES</b>              | <b>INDICADORES</b>   | <b>METODOLOGICO</b>   |
|--|---|--|-------------------------------|--|---|
| <b>Interrogante General</b>  | <b>Objetivo General</b>   | <b>Hipótesis General</b>   | <b>Variable Independiente</b> | <b>Indicadores de VI</b>   | -Tipo de Investigación: Aplicativa.<br><br>-Diseño de Investigación: Nivel Innovativo.<br><br>- Observación: directa.<br><br>-Levantamiento de datos en campo y archivos de consulta. |
| ¿De qué manera el modelo hidráulico permite la delimitación de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, Distrito G. Albarracín L. - Tacna - 2020? | Determinar mediante un modelo hidráulico la delimitación de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, distrito G. Albarracín L. - Tacna – 2020. | El modelo hidráulico permitirá adecuadamente la delimitación de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, Distrito G. Albarracín L. - Tacna – 2020.                                | Modelamiento Hidráulico       | - Longitud (m)<br>- Pendiente (m/m).<br>- Caudal (m3/s).<br>- Sección<br>- Rugosidad |   |
| <b>Interrogantes Específicos</b>   | <b>Objetivo Específicos</b>   | <b>Hipótesis Específicos</b>   | <b>Variable Dependiente</b>   | <b>Indicadores de VD</b>   |   |
| ¿Cómo se calculará el caudal de diseño para la delimitación de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, Distrito G. Albarracín L. - Tacna – 2020? | Calcular el caudal de diseño para la delimitación de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, Distrito G. Albarracín L. - Tacna – 2020.        | El caudal de diseño se calculará a través del modelamiento hidrológico para la delimitación de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, Distrito G. Albarracín L. - Tacna – 2020. | Faja marginal                 | - Límite superior de la ribera.<br>- Ancho de la faja marginal.                      |   |
| ¿Cómo determinar el ancho de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, Distrito G. Albarracín L. - Tacna - 2020?                                   | Desarrollar el ancho de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, Distrito G. Albarracín L. - Tacna – 2020.                                     | El modelo hidráulico determinará el ancho de la faja marginal del río Caplina sector del Río Seco, Distrito G. Albarracín L. - Tacna – 2020.   |                               |  |   |

## ANEXO 2.

- PRECIPITACIONES ESTACION BOCATOMA
- PRECIPITACIONES ESTACION JORGE BASABRE
- PRECIPITACIONES ESTACION PALCA
- PRECIPITACIONES ESTACION TOQUELA
- PRECIPITACIONES ESTACION CALIENTES
- PRECIPITACIONES ESTACION CALANA

| <b>Estación Bocatoma</b>                |            |                                 |
|---|------------|---------------------------------|
| <b>Precipitación máxima en 24 horas</b> |            |                                 |
| <b>N°</b>                               | <b>Año</b> | <b>P<sub>max</sub> (24h) mm</b> |
| 1                                       | 1997       | 15.80                           |
| 2                                       | 1998       | 10.80                           |
| 3                                       | 1999       | 31.00                           |
| 4                                       | 2000       | 18.50                           |
| 5                                       | 2001       | 24.70                           |
| 6                                       | 2002       | 29.90                           |
| 7                                       | 2003       | 25.50                           |
| 8                                       | 2004       | 24.70                           |
| 9                                       | 2005       | 20.50                           |
| 10                                      | 2006       | 33.50                           |
| 11                                      | 2007       | 27.30                           |
| 12                                      | 2008       | 24.80                           |
| 13                                      | 2009       | 14.80                           |
| 14                                      | 2010       | 14.30                           |
| 15                                      | 2011       | 50.70                           |
| 16                                      | 2012       | 30.80                           |
| 17                                      | 2013       | 25.00                           |
| 18                                      | 2014       | 10.40                           |
| 19                                      | 2015       | 24.20                           |
| 20                                      | 2016       | 16.70                           |
| 21                                      | 2017       | 25.80                           |
| 22                                      | 2018       | 22.40                           |



| <b>Estación Jorge Basadre</b>           |            |                                 |
|---|------------|---------------------------------|
| <b>Precipitación máxima en 24 horas</b> |            |                                 |
| <b>N°</b>                               | <b>Año</b> | <b>P<sub>max</sub> (24h) mm</b> |
| 1                                       | 1993       | 4.00                            |
| 2                                       | 1994       | 5.40                            |
| 3                                       | 1995       | 4.80                            |
| 4                                       | 1996       | 1.30                            |
| 5                                       | 1997       | 5.00                            |
| 6                                       | 1998       | 2.90                            |
| 7                                       | 1999       | 2.60                            |
| 8                                       | 2000       | 4.20                            |
| 9                                       | 2001       | 5.80                            |
| 10                                      | 2002       | 6.70                            |
| 11                                      | 2003       | 3.20                            |
| 12                                      | 2004       | 1.10                            |
| 13                                      | 2005       | 1.30                            |
| 14                                      | 2006       | 1.80                            |
| 15                                      | 2007       | 2.10                            |
| 16                                      | 2008       | 1.20                            |
| 17                                      | 2009       | 2.50                            |
| 18                                      | 2010       | 1.00                            |
| 19                                      | 2011       | 4.00                            |
| 20                                      | 2012       | 3.90                            |
| 21                                      | 2013       | 0.80                            |
| 22                                      | 2014       | 2.90                            |
| 23                                      | 2015       | 2.60                            |
| 24                                      | 2016       | 1.80                            |
| 25                                      | 2017       | 5.50                            |
| 26                                      | 2018       | 1.10                            |

| <b>Estación Palca</b>                   |            |                                 |
|---|------------|---------------------------------|
| <b>Precipitación máxima en 24 horas</b> |            |                                 |
| <b>N°</b>                               | <b>Año</b> | <b>P<sub>max</sub> (24h) mm</b> |
| 1                                       | 1965       | 12.20                           |
| 2                                       | 1966       | 2.10                            |
| 3                                       | 1967       | 3.50                            |
| 4                                       | 1968       | 0.00                            |
| 5                                       | 1969       | 0.00                            |
| 6                                       | 1970       | 0.00                            |
| 7                                       | 1971       | 6.80                            |
| 8                                       | 1972       | 20.00                           |
| 9                                       | 1973       | 0.00                            |
| 10                                      | 1974       | 3.90                            |
| 11                                      | 1975       | 10.30                           |
| 12                                      | 1976       | 8.00                            |
| 13                                      | 1977       | 14.00                           |
| 14                                      | 1978       | 7.00                            |
| 15                                      | 1979       | 10.10                           |
| 16                                      | 1980       | 4.80                            |
| 17                                      | 1981       | 16.70                           |
| 18                                      | 1982       | 8.90                            |
| 19                                      | 1983       | 6.40                            |
| 20                                      | 1984       | 9.10                            |
| 21                                      | 1985       | 10.60                           |
| 22                                      | 1986       | 9.00                            |
| 23                                      | 1987       | 3.80                            |
| 24                                      | 1988       | 7.70                            |
| 25                                      | 1989       | 4.20                            |
| 26                                      | 1990       | 6.60                            |
| 27                                      | 1991       | 12.20                           |

| <b>Estación Palca</b>                   |            |                                 |
|---|------------|---------------------------------|
| <b>Precipitación máxima en 24 horas</b> |            |                                 |
| <b>N°</b>                               | <b>Año</b> | <b>P<sub>max</sub> (24h) mm</b> |
| 28                                      | 1992       | 13.00                           |
| 29                                      | 1993       | 13.00                           |
| 30                                      | 1994       | 12.00                           |
| 31                                      | 1995       | 6.60                            |
| 32                                      | 1996       | 3.10                            |
| 33                                      | 1997       | 11.50                           |
| 34                                      | 1998       | 5.00                            |
| 35                                      | 1999       | 7.10                            |
| 36                                      | 2000       | 10.90                           |
| 37                                      | 2001       | 10.70                           |
| 38                                      | 2002       | 15.20                           |
| 39                                      | 2003       | 11.50                           |
| 40                                      | 2004       | 6.50                            |
| 41                                      | 2005       | 15.70                           |
| 42                                      | 2006       | 11.30                           |
| 43                                      | 2007       | 5.40                            |
| 44                                      | 2008       | 7.80                            |
| 45                                      | 2009       | 6.10                            |
| 46                                      | 2010       | 6.80                            |
| 47                                      | 2011       | 11.90                           |
| 48                                      | 2012       | 24.80                           |
| 49                                      | 2013       | 15.00                           |
| 50                                      | 2014       | 5.10                            |
| 51                                      | 2015       | 13.00                           |
| 52                                      | 2016       | 7.80                            |

| <b>Estación Toquela</b>                 |            |                                 |
|---|------------|---------------------------------|
| <b>Precipitación máxima en 24 horas</b> |            |                                 |
| <b>N°</b>                               | <b>Año</b> | <b>P<sub>max</sub> (24h) mm</b> |
| 1                                       | 1963       | 1.70                            |
| 2                                       | 1964       | 10.00                           |
| 3                                       | 1965       | 5.20                            |
| 4                                       | 1966       | 10.60                           |
| 5                                       | 1967       | 14.20                           |
| 6                                       | 1968       | 15.20                           |
| 7                                       | 1969       | 10.20                           |
| 8                                       | 1970       | 8.20                            |
| 9                                       | 1971       | 10.00                           |
| 10                                      | 1972       | 18.10                           |
| 11                                      | 1973       | 18.20                           |
| 12                                      | 1974       | 20.20                           |
| 13                                      | 1975       | 16.90                           |
| 14                                      | 1976       | 11.40                           |
| 15                                      | 1977       | 11.70                           |
| 16                                      | 1978       | 4.70                            |
| 17                                      | 1979       | 8.70                            |
| 18                                      | 1980       | 4.90                            |
| 19                                      | 1981       | 9.70                            |
| 20                                      | 1982       | 4.90                            |
| 21                                      | 1983       | 0.40                            |
| 22                                      | 1984       | 5.40                            |
| 23                                      | 1985       | 22.80                           |
| 24                                      | 1986       | 9.30                            |
| 25                                      | 1987       | 19.00                           |
| 26                                      | 1988       | 21.00                           |
| 27                                      | 1989       | 13.70                           |
| 28                                      | 1990       | 21.00                           |

| <b>Estación Toquela</b>                 |            |                                 |
|---|------------|---------------------------------|
| <b>Precipitación máxima en 24 horas</b> |            |                                 |
| <b>N°</b>                               | <b>Año</b> | <b>P<sub>max</sub> (24h) mm</b> |
| 29                                      | 1991       | 8.60                            |
| 30                                      | 1992       | 17.10                           |
| 31                                      | 1993       | 14.00                           |
| 32                                      | 1994       | 10.00                           |
| 33                                      | 1995       | 19.50                           |
| 34                                      | 1996       | 11.70                           |
| 35                                      | 1997       | 18.00                           |
| 36                                      | 1998       | 16.30                           |
| 37                                      | 1999       | 13.40                           |
| 38                                      | 2000       | 15.00                           |
| 39                                      | 2001       | 24.40                           |
| 40                                      | 2002       | 15.00                           |
| 41                                      | 2003       | 11.80                           |
| 42                                      | 2004       | 12.30                           |
| 43                                      | 2005       | 14.40                           |
| 44                                      | 2006       | 16.50                           |
| 45                                      | 2007       | 34.90                           |
| 46                                      | 2008       | 16.30                           |
| 47                                      | 2009       | 28.40                           |
| 48                                      | 2010       | 9.70                            |
| 49                                      | 2011       | 15.20                           |
| 50                                      | 2012       | 20.50                           |
| 51                                      | 2013       | 20.40                           |
| 52                                      | 2014       | 9.50                            |
| 53                                      | 2015       | 13.20                           |
| 54                                      | 2016       | 11.90                           |
| 55                                      | 2017       | 12.90                           |

| <b>Estación Calientes</b>               |            |                                 |
|---|------------|---------------------------------|
| <b>Precipitación máxima en 24 horas</b> |            |                                 |
| <b>N°</b>                               | <b>Año</b> | <b>P<sub>max</sub> (24h) mm</b> |
| 1                                       | 1968       | 0.20                            |
| 2                                       | 1969       | 0.00                            |
| 3                                       | 1970       | 2.00                            |
| 4                                       | 1971       | 0.00                            |
| 5                                       | 1972       | 10.00                           |
| 6                                       | 1973       | 4.20                            |
| 7                                       | 1974       | 10.00                           |
| 8                                       | 1975       | 4.00                            |
| 9                                       | 1976       | 5.00                            |
| 10                                      | 1977       | 3.00                            |
| 11                                      | 1978       | 2.50                            |
| 12                                      | 1979       | 2.00                            |
| 13                                      | 1980       | 0.00                            |
| 14                                      | 1981       | 4.00                            |
| 15                                      | 1982       | 5.00                            |
| 16                                      | 1983       | 5.00                            |
| 17                                      | 1984       | 5.20                            |
| 18                                      | 1985       | 7.10                            |
| 19                                      | 1986       | 9.80                            |
| 20                                      | 1987       | 0.00                            |
| 21                                      | 1988       | 2.00                            |
| 22                                      | 1989       | 0.00                            |
| 23                                      | 1990       | 3.00                            |
| 24                                      | 1991       | 2.70                            |
| 25                                      | 1992       | 2.50                            |

| <b>Estación Calientes</b>               |            |                                 |
|---|------------|---------------------------------|
| <b>Precipitación máxima en 24 horas</b> |            |                                 |
| <b>N°</b>                               | <b>Año</b> | <b>P<sub>max</sub> (24h) mm</b> |
| 26                                      | 1993       | 4.00                            |
| 27                                      | 1994       | 5.00                            |
| 28                                      | 1995       | 9.20                            |
| 29                                      | 1996       | 4.00                            |
| 30                                      | 1997       | 5.10                            |
| 31                                      | 1998       | 3.00                            |
| 32                                      | 1999       | 4.00                            |
| 33                                      | 2000       | 5.10                            |
| 34                                      | 2001       | 5.50                            |
| 35                                      | 2002       | 4.00                            |
| 36                                      | 2003       | 3.80                            |
| 37                                      | 2004       | 2.60                            |
| 38                                      | 2005       | 2.00                            |
| 39                                      | 2006       | 3.00                            |
| 40                                      | 2007       | 2.30                            |
| 41                                      | 2008       | 6.00                            |
| 42                                      | 2009       | 3.20                            |
| 43                                      | 2010       | 2.50                            |
| 44                                      | 2011       | 7.30                            |
| 45                                      | 2012       | 7.00                            |
| 46                                      | 2013       | 2.30                            |
| 47                                      | 2014       | 0.90                            |
| 48                                      | 2015       | 2.80                            |
| 49                                      | 2016       | 4.30                            |
| 50                                      | 2017       | 3.50                            |

| <b>Estación Calana</b>                  |            |                                 |
|---|------------|---------------------------------|
| <b>Precipitación máxima en 24 horas</b> |            |                                 |
| <b>N°</b>                               | <b>Año</b> | <b>P<sub>max</sub> (24h) mm</b> |
| 1                                       | 1963       | 0.7                             |
| 2                                       | 1964       | 1.70                            |
| 3                                       | 1965       | 1.80                            |
| 4                                       | 1966       | 1.00                            |
| 5                                       | 1967       | 4.60                            |
| 6                                       | 1968       | 1.60                            |
| 7                                       | 1969       | 3.30                            |
| 8                                       | 1970       | 1.00                            |
| 9                                       | 1971       | 1.90                            |
| 10                                      | 1972       | 3.10                            |
| 11                                      | 1973       | 2.30                            |
| 12                                      | 1974       | 3.10                            |
| 13                                      | 1975       | 2.70                            |
| 14                                      | 1976       | 3.20                            |
| 15                                      | 1977       | 3.20                            |
| 16                                      | 1978       | 2.00                            |
| 17                                      | 1979       | 3.50                            |
| 18                                      | 1980       | 0.60                            |
| 19                                      | 1981       | 0.60                            |
| 20                                      | 1982       | 2.50                            |
| 21                                      | 1983       | 13.50                           |
| 22                                      | 1984       | 3.10                            |
| 23                                      | 1985       | 1.50                            |
| 24                                      | 1986       | 5.00                            |
| 25                                      | 1987       | 1.70                            |
| 26                                      | 1988       | 1.70                            |
| 27                                      | 1989       | 1.80                            |
| 28                                      | 1990       | 1.70                            |

| <b>Estación Calana</b>                  |            |                                 |
|---|------------|---------------------------------|
| <b>Precipitación máxima en 24 horas</b> |            |                                 |
| <b>N°</b>                               | <b>Año</b> | <b>P<sub>max</sub> (24h) mm</b> |
| 29                                      | 1991       | 4.00                            |
| 30                                      | 1992       | 4.00                            |
| 31                                      | 1993       | 3.80                            |
| 32                                      | 1994       | 3.80                            |
| 33                                      | 1995       | 5.50                            |
| 34                                      | 1996       | 1.10                            |
| 35                                      | 1997       | 3.20                            |
| 36                                      | 1998       | 3.20                            |
| 37                                      | 1999       | 5.00                            |
| 38                                      | 2000       | 4.70                            |
| 39                                      | 2001       | 0.70                            |
| 40                                      | 2002       | 5.80                            |
| 41                                      | 2003       | 4.30                            |
| 42                                      | 2004       | 1.00                            |
| 43                                      | 2005       | 1.30                            |
| 44                                      | 2006       | 1.00                            |
| 45                                      | 2007       | 2.20                            |
| 46                                      | 2008       | 2.10                            |
| 47                                      | 2009       | 3.00                            |
| 48                                      | 2010       | 2.00                            |
| 49                                      | 2011       | 9.00                            |
| 50                                      | 2012       | 5.20                            |
| 51                                      | 2013       | 2.00                            |
| 52                                      | 2014       | 1.50                            |
| 53                                      | 2015       | 3.50                            |
| 54                                      | 2016       | 1.60                            |
| 55                                      | 2017       | 2.00                            |
| 56                                      | 2018       | 0.70                            |

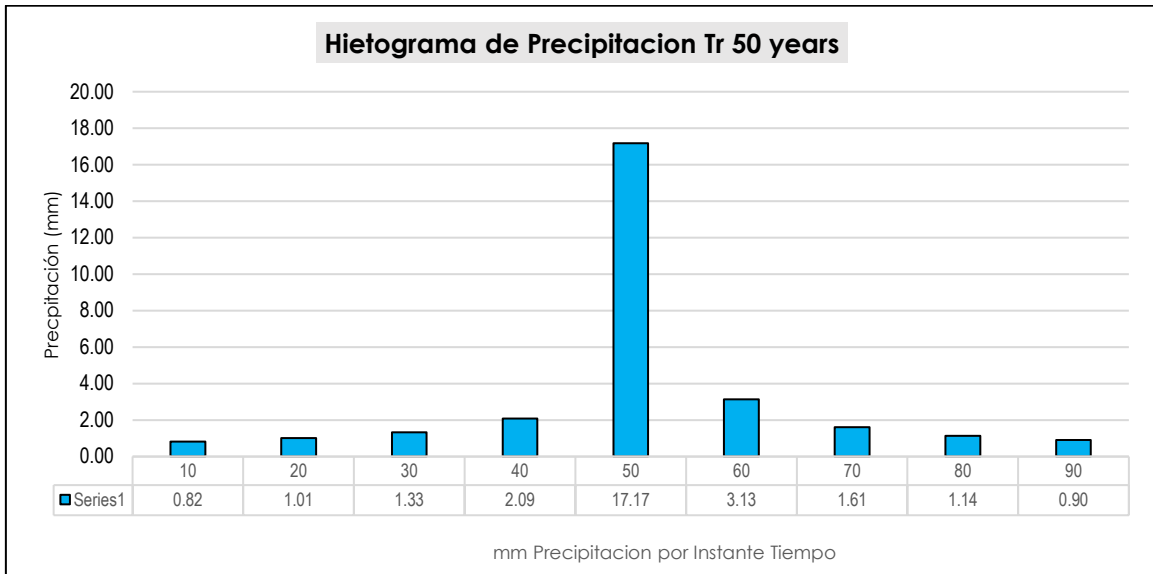
## ANEXO 3.

- BLOQUE DE PRECIPITACIONES Tr 50 AÑOS – CUENCA CAPLINA
- BLOQUE DE PRECIPITACIONES Tr 100 AÑOS – CUENCA CAPLINA
- BLOQUE DE PRECIPITACIONES Tr 50 AÑOS – CUENCA UCHUSUMA
- BLOQUE DE PRECIPITACIONES Tr 100 AÑOS – CUENCA UCHUSUMA

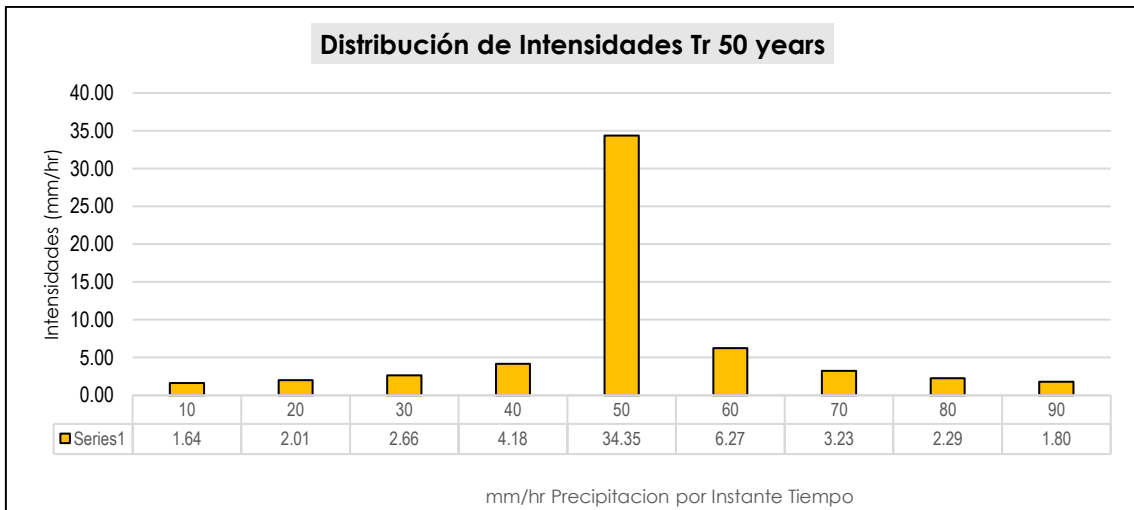
**PRECIPITACIONES E INTENSIDADES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS – CUENCA CAPLINA**

| t<br>(min) | Intensidad<br>(mm/hr) | Precipitación<br>Acumulada<br>(mm) | Incremento de<br>Precipitación<br>(mm) | Intensidad<br>Bloque<br>(mm/hr) | Precipitación<br>Alternada<br>(mm) | Intensidad<br>Alternada<br>(mm) | P acum<br>(mm) | P/Pacum<br>(mm) | P/Pacum*Pmax | P (mm) | I (mm) |
|------------|-----------------------|------------------------------------|--|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------------|-----------------|--------------|--------|--------|
|            |                       |                                    |  |                                 |                                    |                                 |                |                 | 29.22        |        |        |
| 10         | 87.45                 | 14.58                              | 14.58                                  | 174.90                          | 0.70                               | 8.36                            | 0.70           | 0.03            | 0.82         | 0.82   | 1.64   |
| 20         | 51.71                 | 17.24                              | 2.66                                   | 31.92                           | 0.85                               | 10.25                           | 1.55           | 0.06            | 1.83         | 1.01   | 2.01   |
| 30         | 38.02                 | 19.01                              | 1.78                                   | 21.31                           | 1.13                               | 13.56                           | 2.68           | 0.11            | 3.16         | 1.33   | 2.66   |
| 40         | 30.57                 | 20.38                              | 1.37                                   | 16.44                           | 1.78                               | 21.31                           | 4.46           | 0.18            | 5.25         | 2.09   | 4.18   |
| 50         | 25.81                 | 21.51                              | 1.13                                   | 13.56                           | 14.58                              | 174.90                          | 19.03          | 0.77            | 22.42        | 17.17  | 34.35  |
| 60         | 22.48                 | 22.48                              | 0.97                                   | 11.64                           | 2.66                               | 31.92                           | 21.69          | 0.87            | 25.56        | 3.13   | 6.27   |
| 70         | 20.00                 | 23.33                              | 0.85                                   | 10.25                           | 1.37                               | 16.44                           | 23.06          | 0.93            | 27.17        | 1.61   | 3.23   |
| 80         | 18.08                 | 24.10                              | 0.77                                   | 9.19                            | 0.97                               | 11.64                           | 24.03          | 0.97            | 28.31        | 1.14   | 2.29   |
| 90         | 16.53                 | 24.80                              | 0.70                                   | 8.36                            | 0.77                               | 9.19                            | 24.80          | 1.00            | 29.22        | 0.90   | 1.80   |

**PRECIPITACIONES DE DISEÑO PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 50 AÑOS – CUENCA CAPLINA**



**INTENSIDADES DE DISEÑO PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 50 AÑOS – CUENCA CAPLINA**

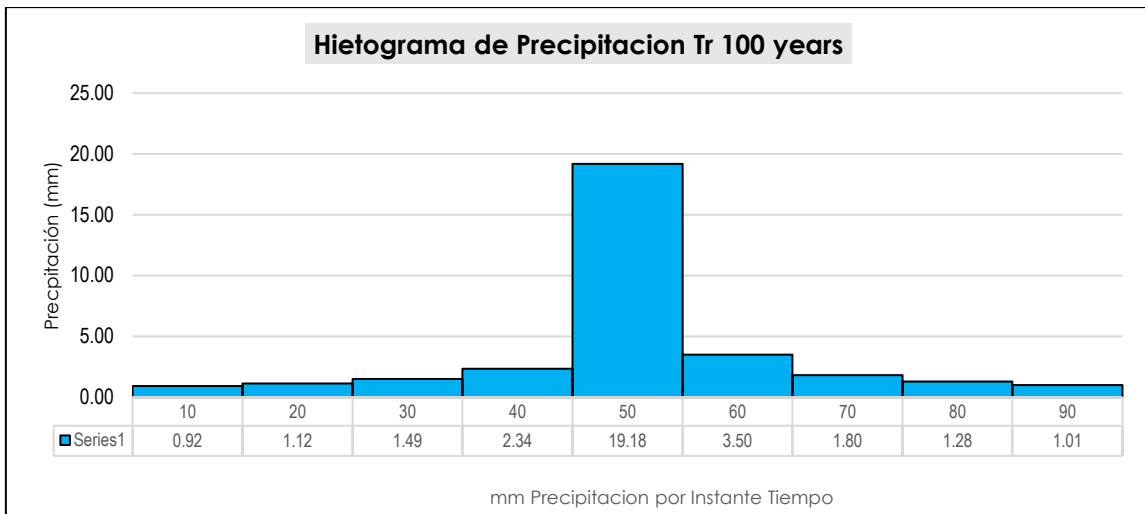




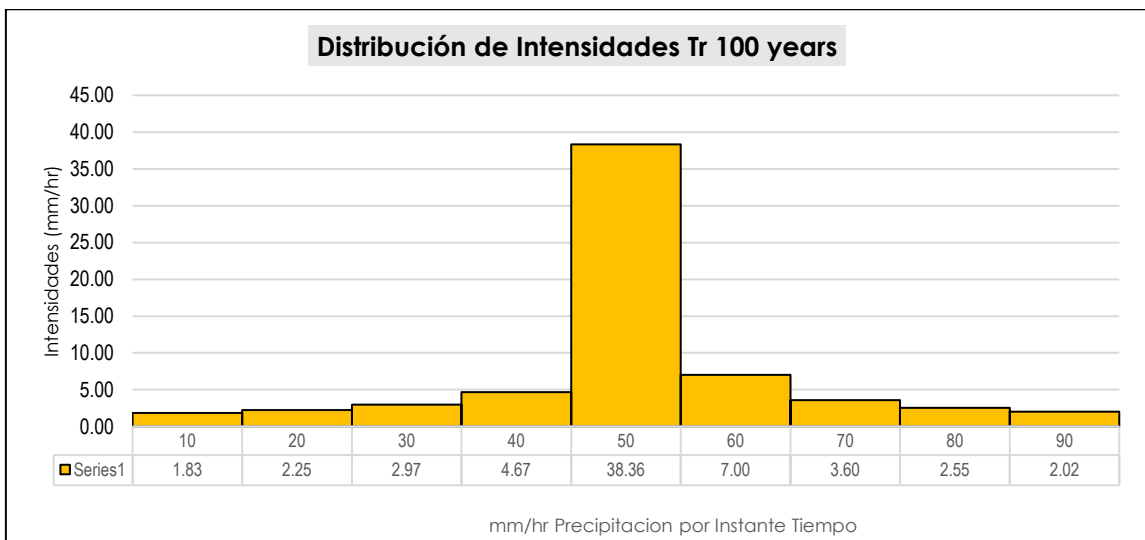
**PRECIPITACIONES E INTENSIDADES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS – CUENCA CAPLINA**

| t (min) | Intensidad (mm/hr) | Precipitación Acumulada (mm) | Incremento de Precipitación (mm) | Intensidad Bloque (mm/hr) | Precipitación Alternada (mm) | Intensidad Alternada (mm) | P acum (mm) | P/Pacum (mm) | P/Pacum*Pmax | P (mm) | I (mm/hr) |
|---------|--------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------|--------------|--------------|--------|-----------|
|         |                    |                              |                                  |                           |                              |                           |             |              | 32.63        |        |           |
| 10      | 93.11              | 15.52                        | 15.52                            | 186.22                    | 0.74                         | 4.45                      | 0.74        | 0.03         | 0.92         | 0.92   | 1.83      |
| 20      | 55.05              | 18.35                        | 2.83                             | 33.99                     | 0.91                         | 5.46                      | 1.65        | 0.06         | 2.04         | 1.12   | 2.25      |
| 30      | 40.48              | 20.24                        | 1.89                             | 22.69                     | 1.20                         | 7.22                      | 2.85        | 0.11         | 3.53         | 1.49   | 2.97      |
| 40      | 32.55              | 21.70                        | 1.46                             | 17.50                     | 1.89                         | 11.34                     | 4.74        | 0.18         | 5.86         | 2.34   | 4.67      |
| 50      | 27.48              | 22.90                        | 1.20                             | 14.44                     | 15.52                        | 93.11                     | 20.26       | 0.77         | 25.04        | 19.18  | 38.36     |
| 60      | 23.94              | 23.94                        | 1.03                             | 12.39                     | 2.83                         | 16.99                     | 23.10       | 0.87         | 28.54        | 3.50   | 7.00      |
| 70      | 21.30              | 24.85                        | 0.91                             | 10.91                     | 1.46                         | 8.75                      | 24.55       | 0.93         | 30.34        | 1.80   | 3.60      |
| 80      | 19.25              | 25.66                        | 0.82                             | 9.79                      | 1.03                         | 6.19                      | 25.59       | 0.97         | 31.62        | 1.28   | 2.55      |
| 90      | 17.60              | 26.40                        | 0.74                             | 8.90                      | 0.82                         | 4.89                      | 26.40       | 1.00         | 32.63        | 1.01   | 2.02      |

**PRECIPITACIONES DE DISEÑO PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS – CUENCA CAPLINA**



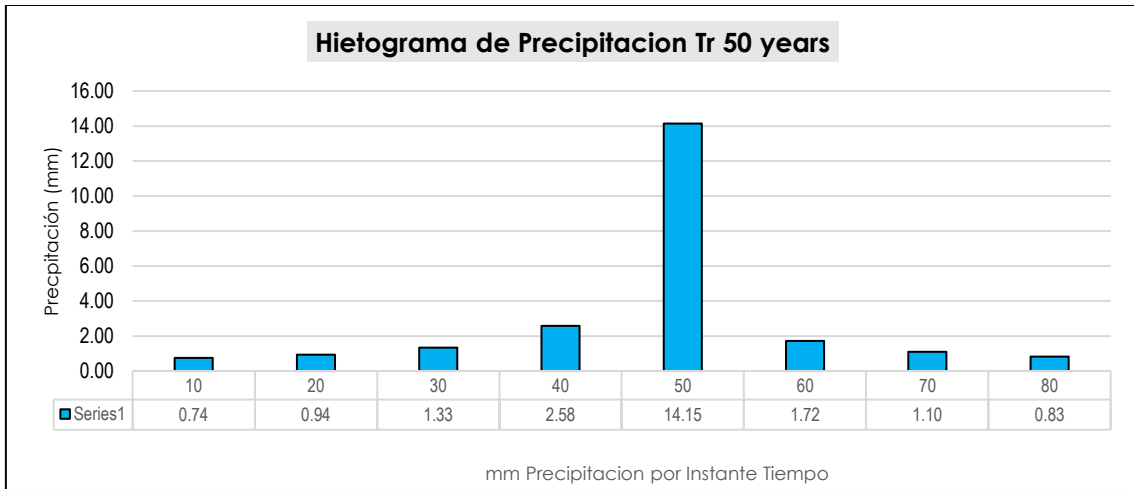
**INTENSIDADES DE DISEÑO PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS – CUENCA CAPLINA**



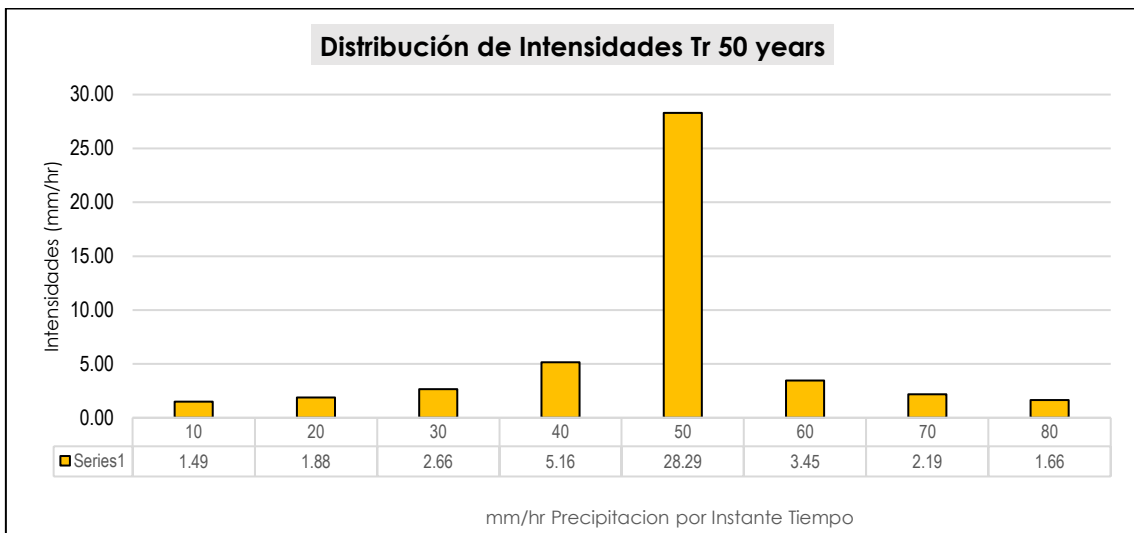
**PRECIPITACIONES E INTENSIDADES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS – CUENCA UCHUSUMA**

| t (min) | Intensidad (mm/hr) | Precipitación Acumulada (mm) | Incremento de Precipitación (mm) | Intensidad Bloque (mm/hr) | Precipitación Alternada (mm) | Intensidad Alternada (mm) | P acum (mm) | P/Pacum (mm) | P/Pacum*Pmax | P (mm) | I (mm) |
|---------|--------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------|--------------|--------------|--------|--------|
|         |                    |                              |                                  |                           |                              |                           |             |              | 23.39        |        |        |
| 10      | 87.45              | 14.58                        | 14.58                            | 174.90                    | 0.77                         | 9.19                      | 0.77        | 0.03         | 0.74         | 0.74   | 1.49   |
| 20      | 51.71              | 17.24                        | 2.66                             | 31.92                     | 0.97                         | 11.64                     | 1.74        | 0.07         | 1.68         | 0.94   | 1.88   |
| 30      | 38.02              | 19.01                        | 1.78                             | 21.31                     | 1.37                         | 16.44                     | 3.11        | 0.13         | 3.01         | 1.33   | 2.66   |
| 40      | 30.57              | 20.38                        | 1.37                             | 16.44                     | 2.66                         | 31.92                     | 5.77        | 0.24         | 5.60         | 2.58   | 5.16   |
| 50      | 25.81              | 21.51                        | 1.13                             | 13.56                     | 14.58                        | 174.90                    | 20.34       | 0.84         | 19.74        | 14.15  | 28.29  |
| 60      | 22.48              | 22.48                        | 0.97                             | 11.64                     | 1.78                         | 21.31                     | 22.12       | 0.92         | 21.46        | 1.72   | 3.45   |
| 70      | 20.00              | 23.33                        | 0.85                             | 10.25                     | 1.13                         | 13.56                     | 23.25       | 0.96         | 22.56        | 1.10   | 2.19   |
| 80      | 18.08              | 24.10                        | 0.77                             | 9.19                      | 0.85                         | 10.25                     | 24.10       | 1.00         | 23.39        | 0.83   | 1.66   |

## PRECIPITACIONES DE DISEÑO PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 50 AÑOS – CUENCA UCHUSUMA



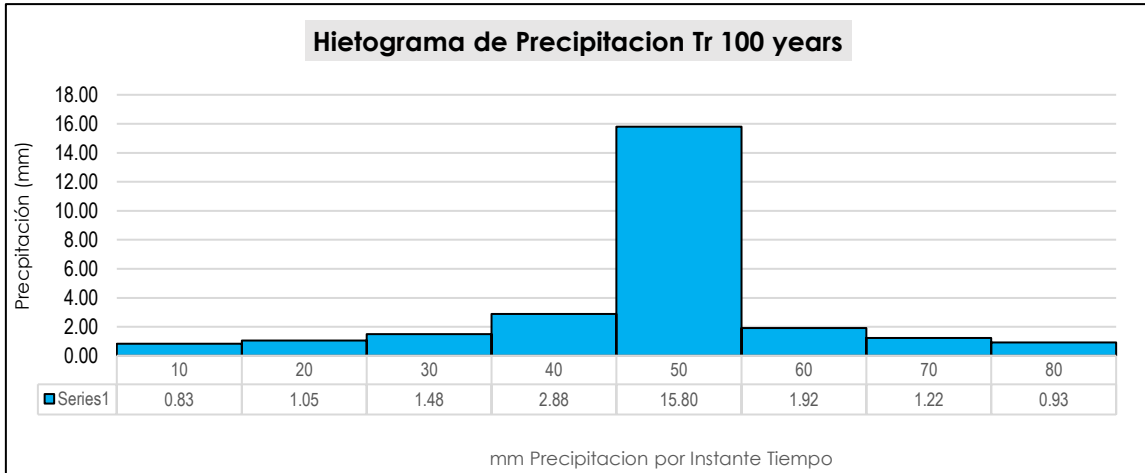
## INTENSIDADES DE DISEÑO PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 50 AÑOS – CUENCA UCHUSUMA



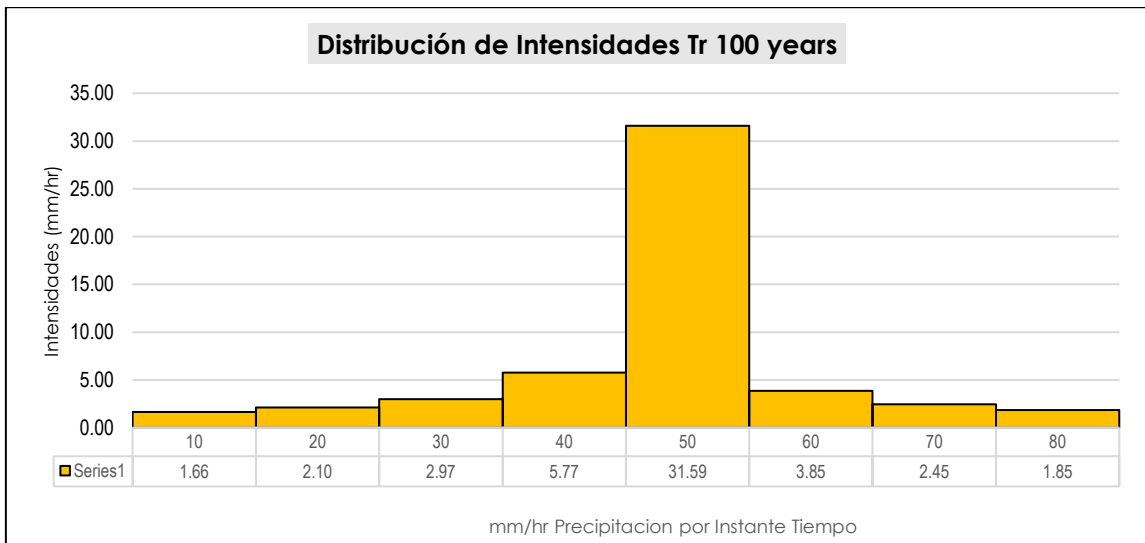
**PRECIPITACIONES E INTENSIDADES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS – CUENCA UCHUSUMA**

| t (min) | Intensidad (mm/hr) | Precipitación Acumulada (mm) | Incremento de Precipitación (mm) | Intensidad Bloque (mm/hr) | Precipitación Alternada (mm) | Intensidad Alternada (mm) | P acum (mm) | P/Pacum (mm) | P/Pacum*Pmax | P (mm) | I (mm/hr) |
|---------|--------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------|--------------|--------------|--------|-----------|
|         |                    |                              |                                  |                           |                              |                           |             |              | 26.12        |        |           |
| 10      | 93.11              | 15.52                        | 15.52                            | 186.22                    | 0.82                         | 4.89                      | 0.82        | 0.03         | 0.83         | 0.83   | 1.66      |
| 20      | 55.05              | 18.35                        | 2.83                             | 33.99                     | 1.03                         | 6.19                      | 1.85        | 0.07         | 1.88         | 1.05   | 2.10      |
| 30      | 40.48              | 20.24                        | 1.89                             | 22.69                     | 1.46                         | 8.75                      | 3.31        | 0.13         | 3.37         | 1.48   | 2.97      |
| 40      | 32.55              | 21.70                        | 1.46                             | 17.50                     | 2.83                         | 16.99                     | 6.14        | 0.24         | 6.25         | 2.88   | 5.77      |
| 50      | 27.48              | 22.90                        | 1.20                             | 14.44                     | 15.52                        | 93.11                     | 21.66       | 0.84         | 22.04        | 15.80  | 31.59     |
| 60      | 23.94              | 23.94                        | 1.03                             | 12.39                     | 1.89                         | 11.34                     | 23.55       | 0.92         | 23.97        | 1.92   | 3.85      |
| 70      | 21.30              | 24.85                        | 0.91                             | 10.91                     | 1.20                         | 7.22                      | 24.75       | 0.96         | 25.19        | 1.22   | 2.45      |
| 80      | 19.25              | 25.66                        | 0.82                             | 9.79                      | 0.91                         | 5.46                      | 25.66       | 1.00         | 26.12        | 0.93   | 1.85      |

## PRECIPITACIONES DE DISEÑO PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS – CUENCA UCHUSUMA



## INTENSIDADES DE DISEÑO PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS – CUENCA UCHUSUMA

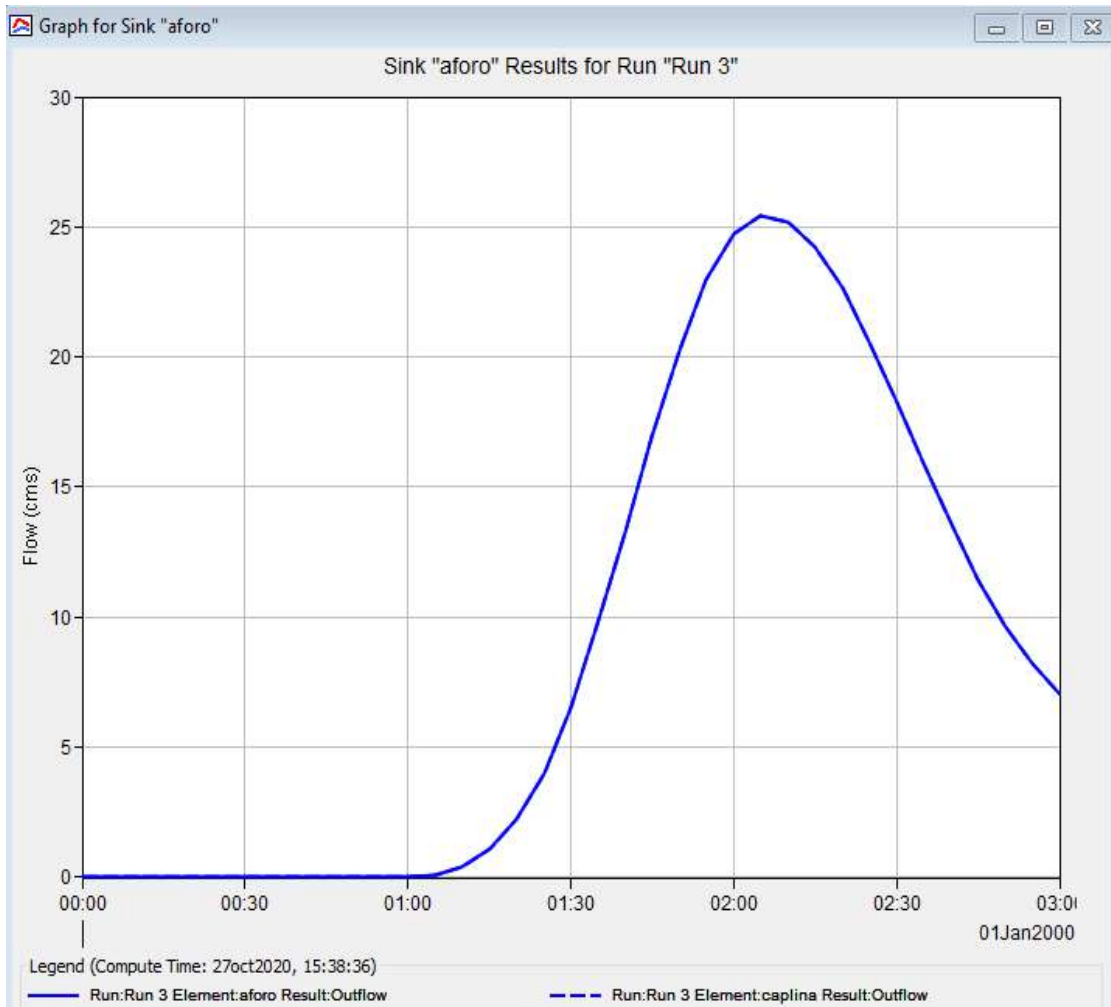
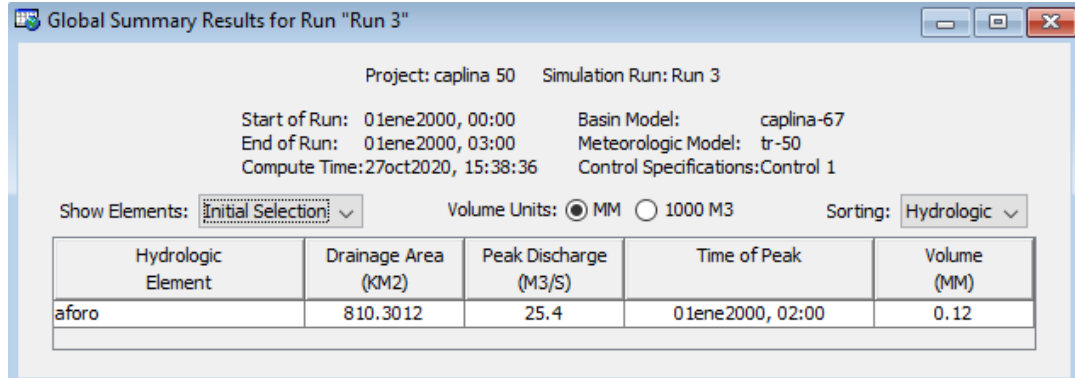


## ANEXO 4.

### RESULTADOS DEL MODELAMIENTO HIDROLOGICO CON HEC – HMS

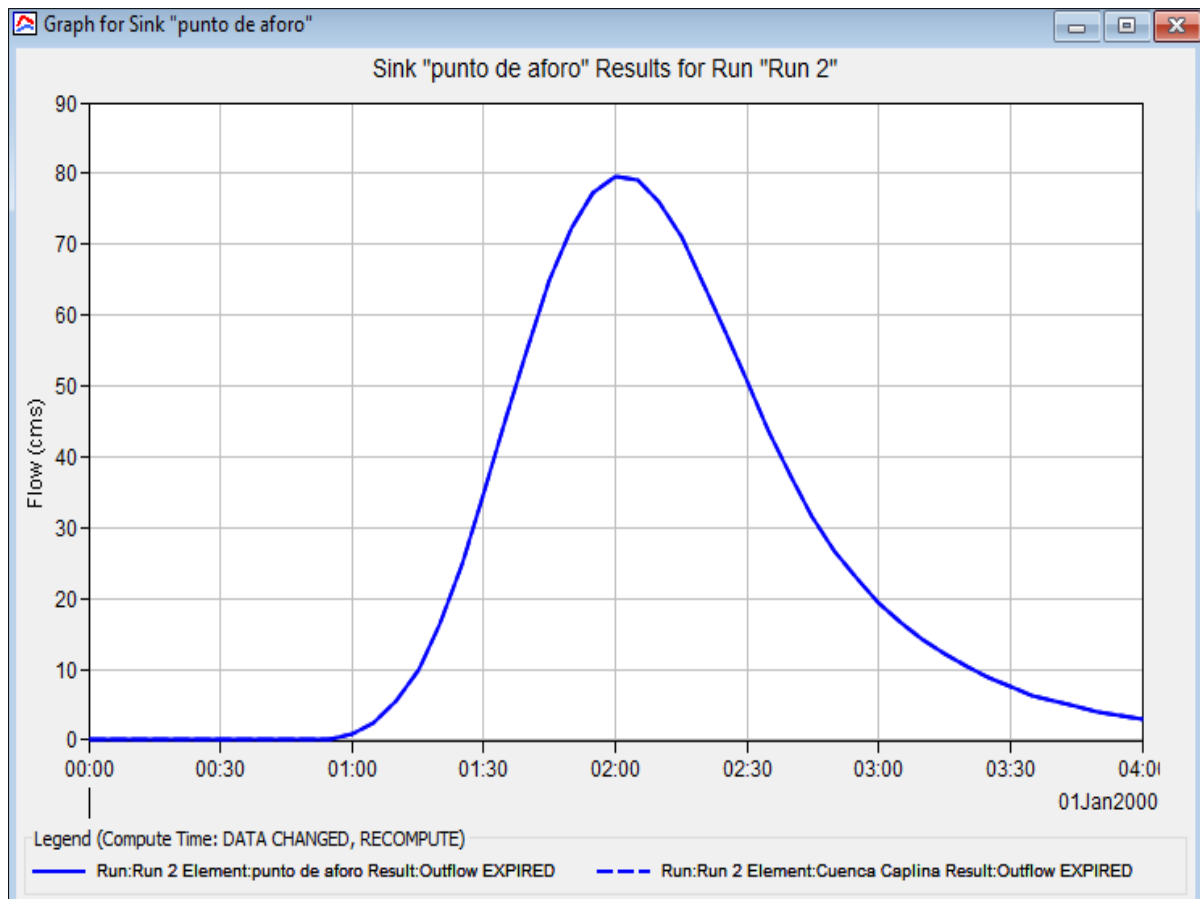
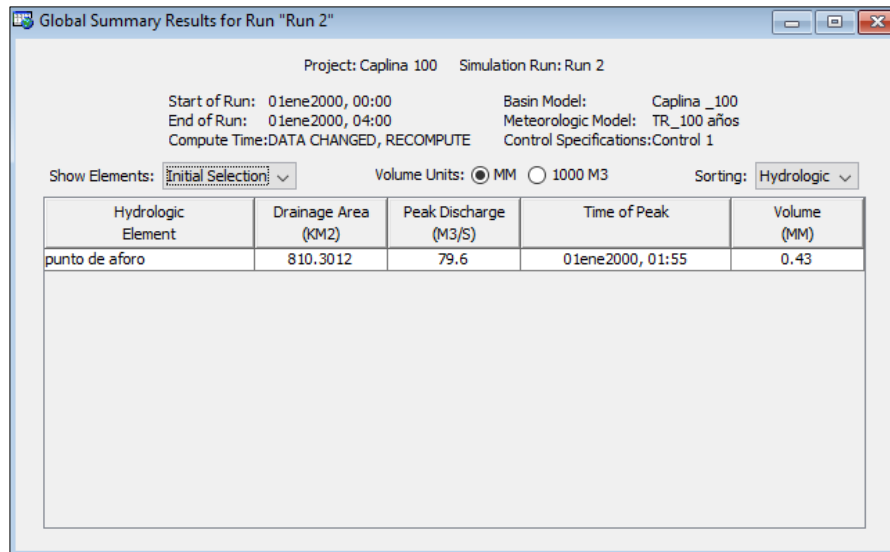
- RESULTADO SIMULACIÓN HIDROLÓGICA TR 50 AÑOS – CUENCA CAPLINA
- RESULTADO SIMULACIÓN HIDROLÓGICA TR 100 AÑOS – CUENCA CAPLINA
- RESULTADO SIMULACIÓN HIDROLÓGICA TR 50 AÑOS – CUENCA UCHUSUMA
- RESULTADO SIMULACIÓN HIDROLÓGICA TR 100 AÑOS – CUENCA UCHUSUMA

## Resultado simulación hidrológica Tr =50 años – Cuenca Caplina.

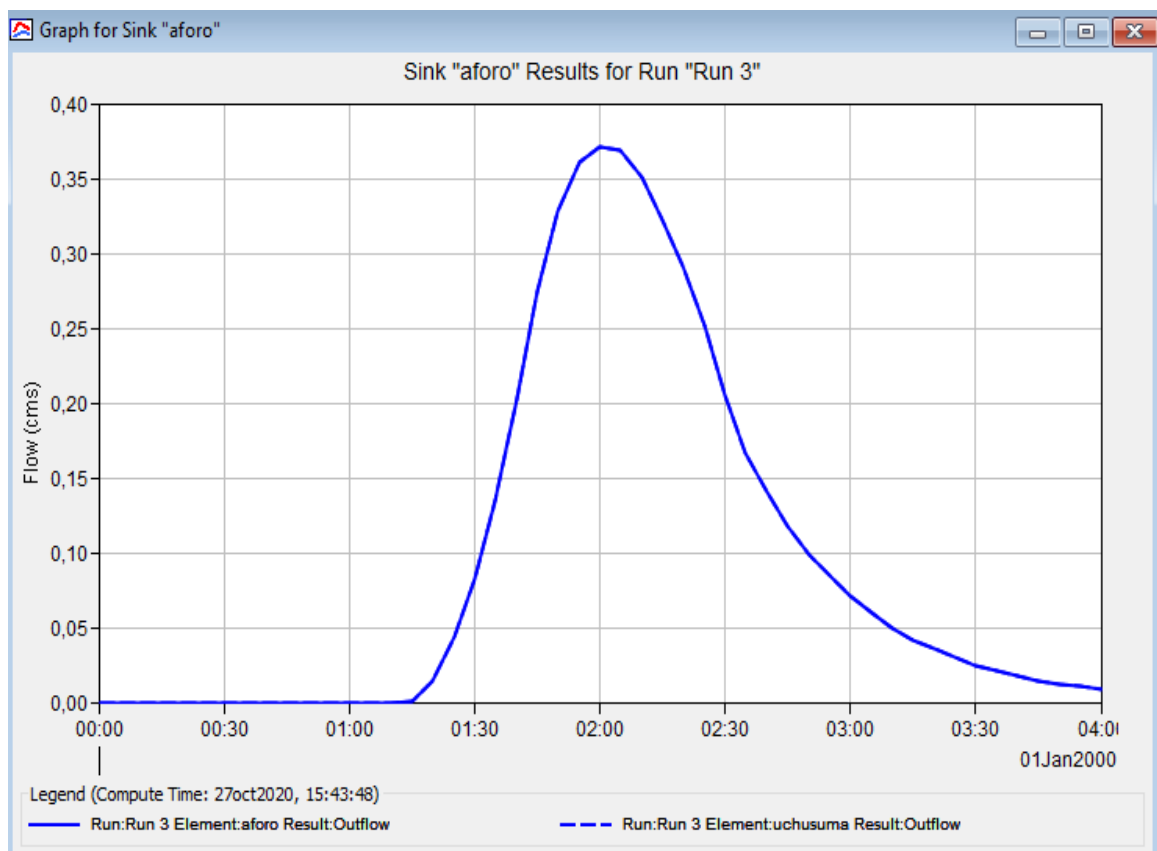
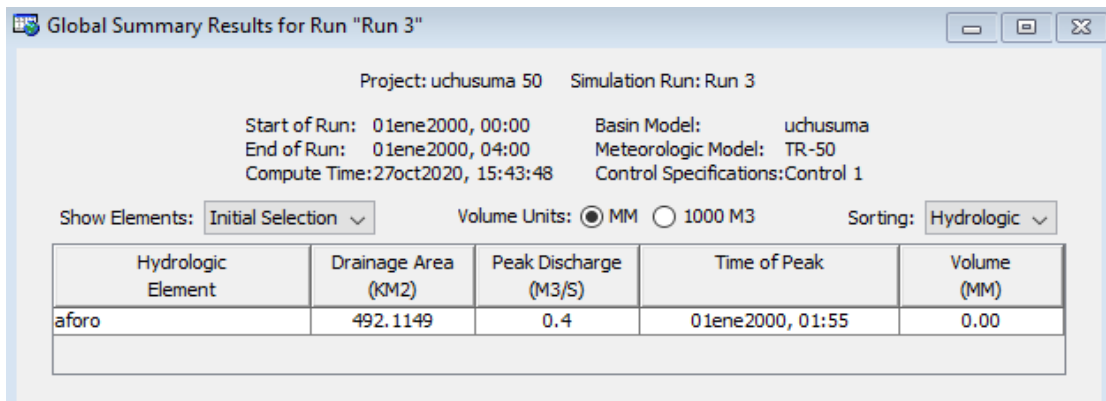




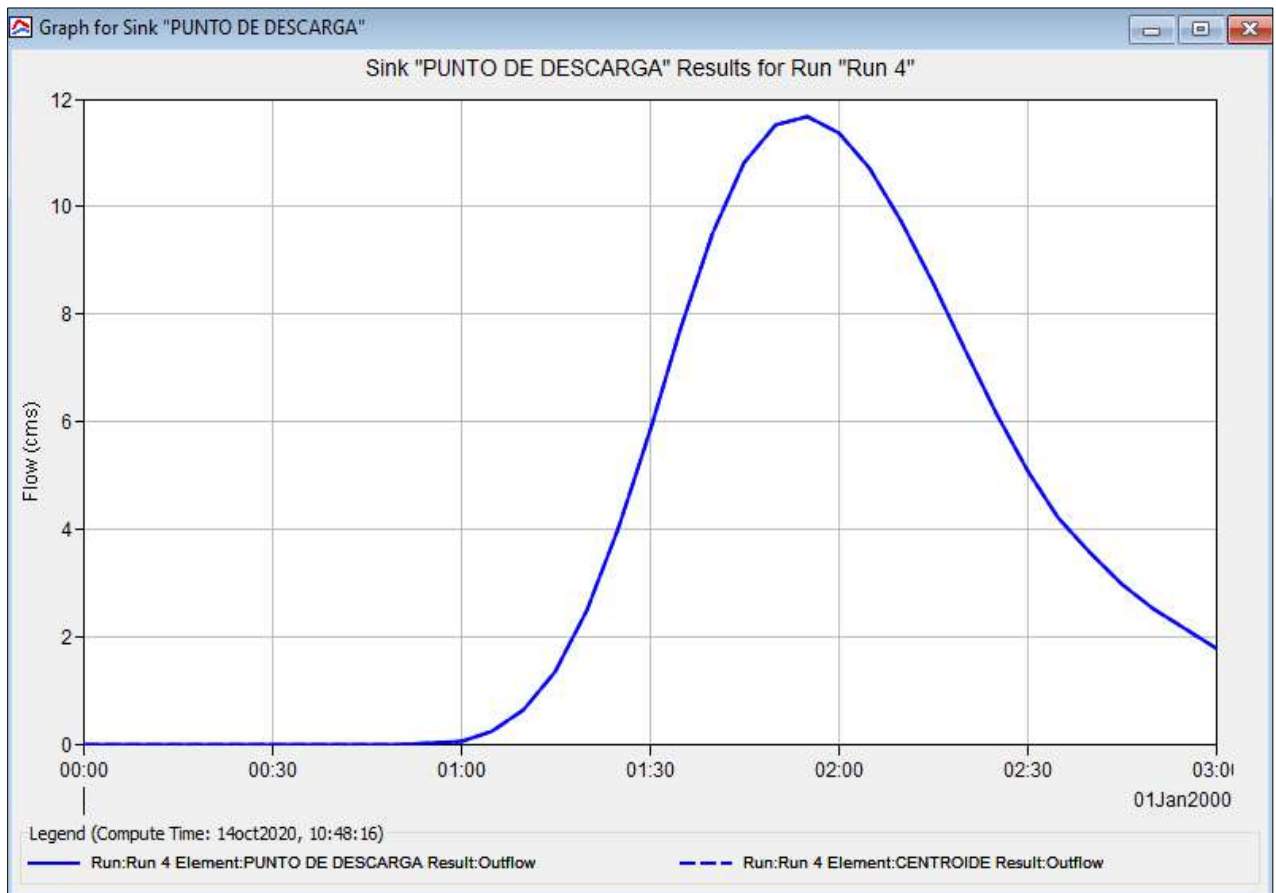
## Resultado simulación hidrológica Tr =100 años – Cuenca Caplina.



## Resultado simulación hidrológica Tr 50 años – Cuenca Uchusuma



## Resultado simulación hidrológica Tr 100 años – cuenca Uchusuma.



## ANEXO 5.

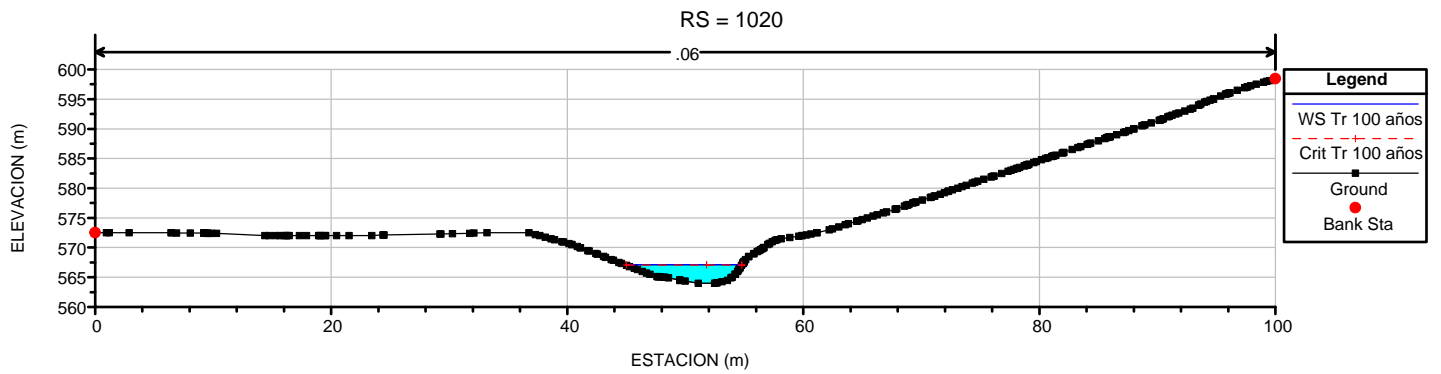
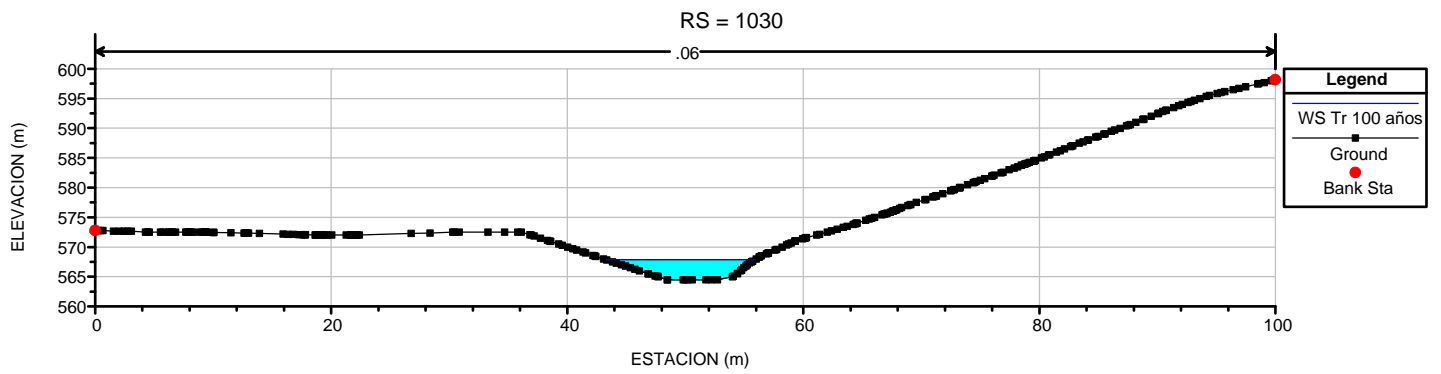
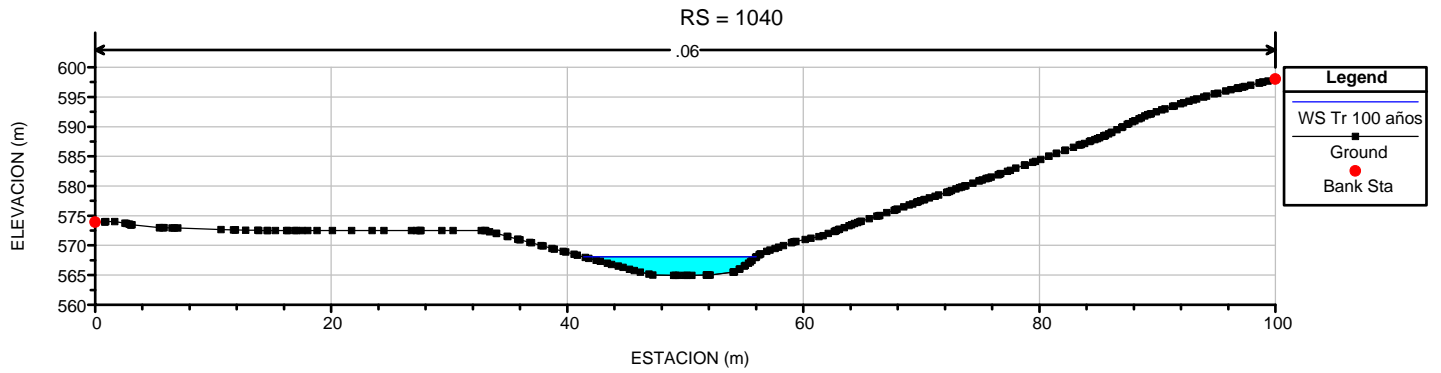
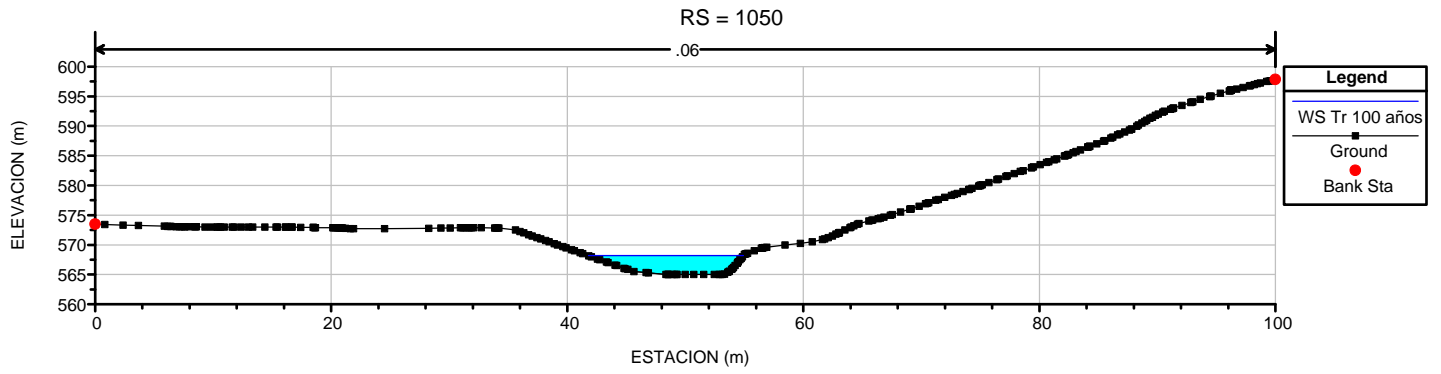
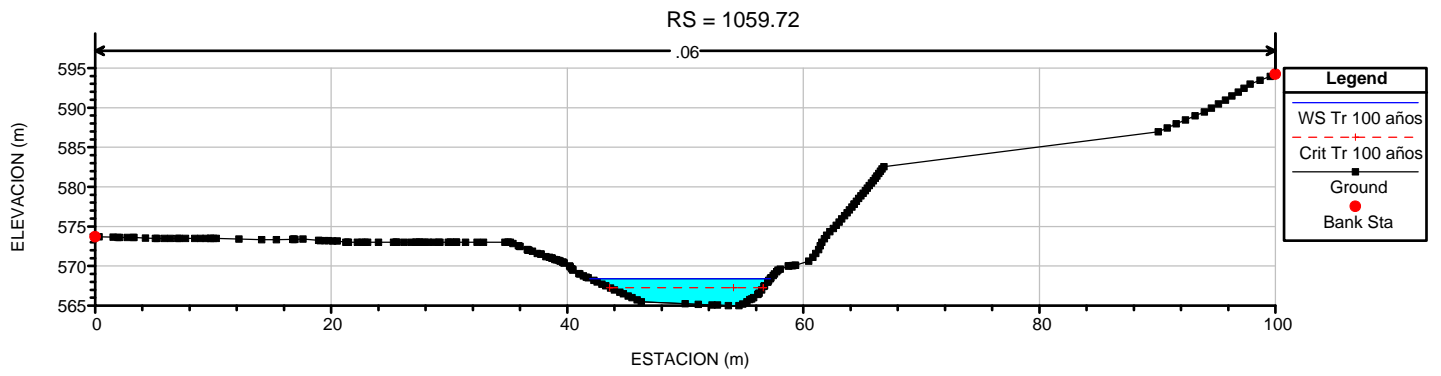
RESULTADOS DEL MODELAMIENTO HIDRAULICO CON HEC – RAS

## RESULTADOS DEL MODELAMIENTO HIDRAULICO CON HEC – RAS

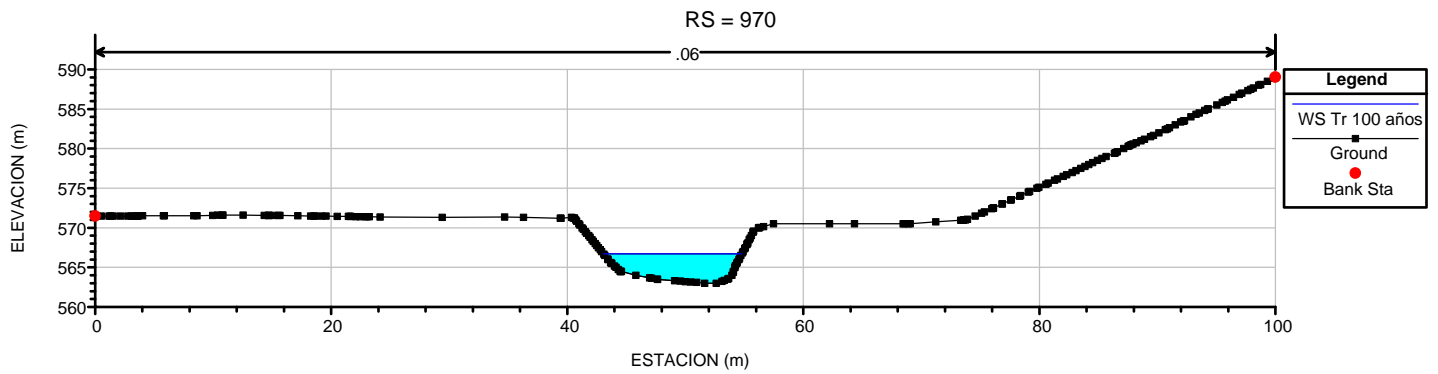
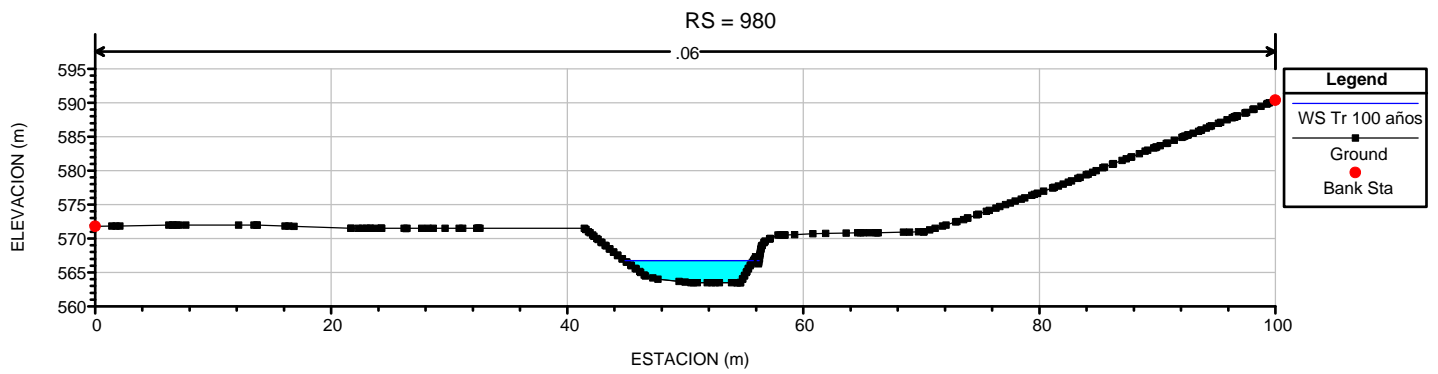
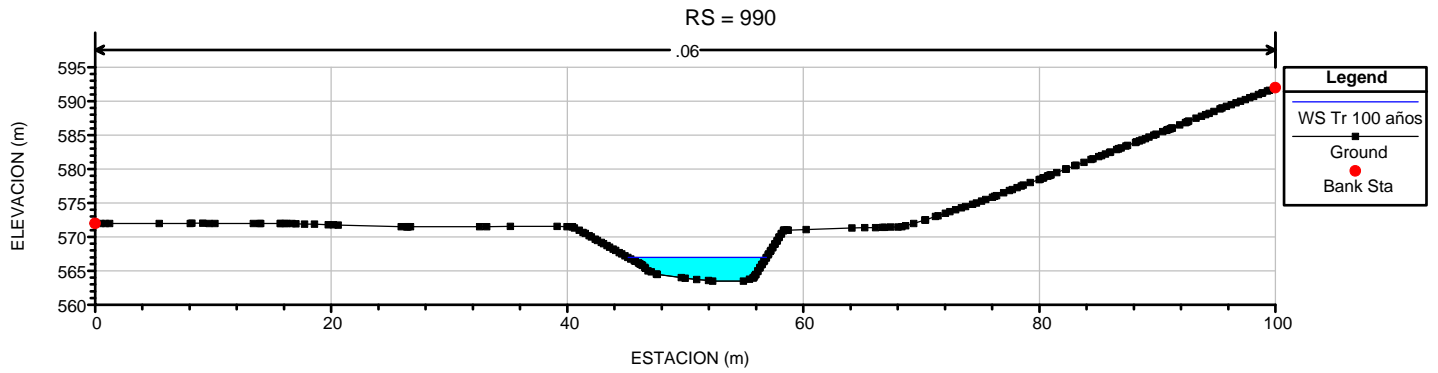
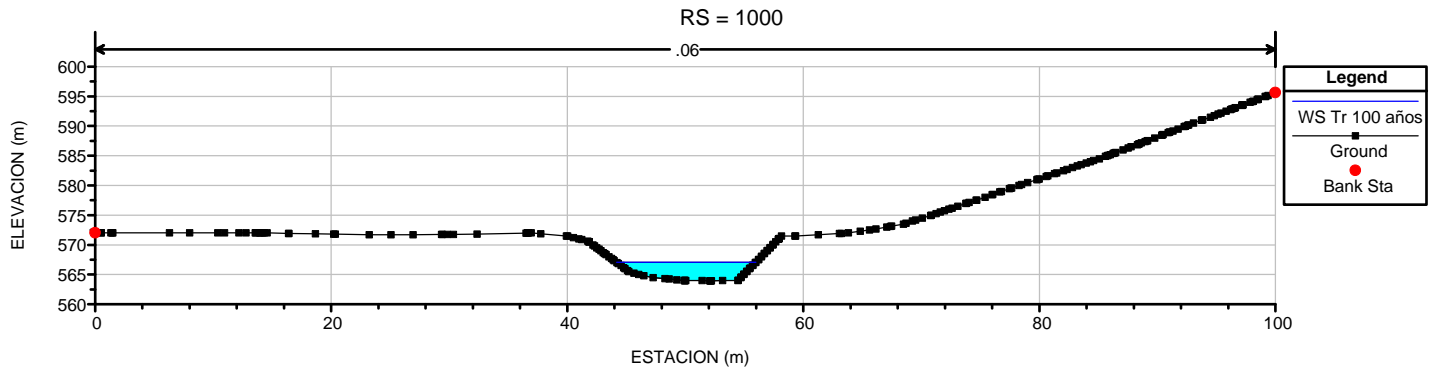
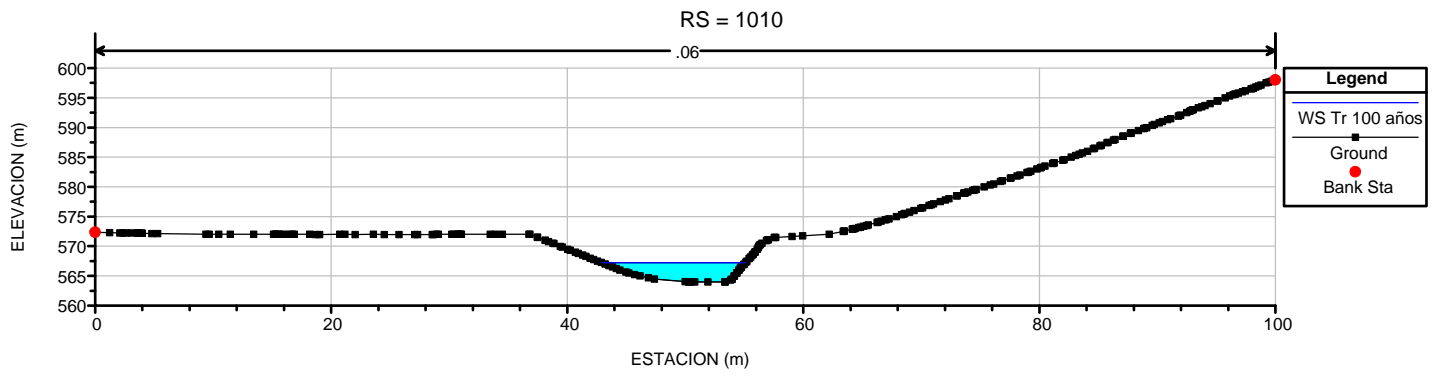
| RIO      | River Sta | Profile | Q Total | Min Ch El | W.S. Elev | Crit W.S. | E.G. Elev | E.G. Slope | Vel Chnl | Flow Area | Top Width | Froude # Chl | TIRANTE |
|----------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|--------------|---------|
|          |           |         | (m3/s)  | (m)       | (m)       | (m)       | (m)       | (m/m)      | (m/s)    | (m2)      | (m)       |              | (m)     |
| RIO SECO | 1059.72   | PF 1    | 91.3    | 565       | 568.41    | 567.28    | 568.7     | 0.007      | 2.39     | 38.24     | 15.3      | 0.48         | 3.41    |
| RIO SECO | 1050      | PF 1    | 91.3    | 565       | 568.17    |           | 568.6     | 0.012      | 2.89     | 31.64     | 13.13     | 0.59         | 3.17    |
| RIO SECO | 1040      | PF 1    | 91.3    | 564.97    | 568.07    |           | 568.47    | 0.012      | 2.82     | 32.38     | 14.61     | 0.6          | 3.1     |
| RIO SECO | 1030      | PF 1    | 91.3    | 564.48    | 567.85    |           | 568.33    | 0.014      | 3.07     | 29.73     | 12.59     | 0.64         | 3.37    |
| RIO SECO | 1020      | PF 1    | 91.3    | 564       | 567.11    | 567.04    | 568.08    | 0.034      | 4.35     | 20.97     | 9.92      | 0.96         | 3.11    |
| RIO SECO | 1010      | PF 1    | 91.3    | 563.99    | 567.2     |           | 567.72    | 0.016      | 3.2      | 28.5      | 12.13     | 0.67         | 3.21    |
| RIO SECO | 1000      | PF 1    | 91.3    | 563.96    | 567.06    |           | 567.57    | 0.015      | 3.16     | 28.87     | 11.79     | 0.65         | 3.1     |
| RIO SECO | 990       | PF 1    | 91.3    | 563.5     | 566.96    |           | 567.41    | 0.013      | 2.98     | 30.59     | 11.7      | 0.59         | 3.46    |
| RIO SECO | 980       | PF 1    | 91.3    | 563.49    | 566.73    |           | 567.26    | 0.017      | 3.23     | 28.25     | 11.03     | 0.64         | 3.24    |
| RIO SECO | 970       | PF 1    | 91.3    | 563       | 566.71    |           | 567.09    | 0.010      | 2.75     | 33.23     | 11.72     | 0.52         | 3.71    |
| RIO SECO | 960       | PF 1    | 91.3    | 562.96    | 565.77    | 565.77    | 566.85    | 0.039      | 4.59     | 19.89     | 9.28      | 1            | 2.81    |
| RIO SECO | 950       | PF 1    | 91.3    | 562.5     | 564.35    | 564.91    | 566.21    | 0.091      | 6.03     | 15.15     | 10.12     | 1.57         | 1.85    |
| RIO SECO | 940       | PF 1    | 91.3    | 562.43    | 564.79    | 564.79    | 565.73    | 0.036      | 4.29     | 21.28     | 11.46     | 1.01         | 2.36    |
| RIO SECO | 930       | PF 1    | 91.3    | 562       | 564.18    | 564.38    | 565.3     | 0.047      | 4.69     | 19.48     | 11.75     | 1.16         | 2.18    |
| RIO SECO | 920       | PF 1    | 91.3    | 561.5     | 564.39    | 563.88    | 564.9     | 0.016      | 3.15     | 28.98     | 13.5      | 0.69         | 2.89    |
| RIO SECO | 910       | PF 1    | 91.3    | 561.37    | 564.03    | 563.83    | 564.68    | 0.026      | 3.57     | 25.54     | 14.33     | 0.86         | 2.66    |
| RIO SECO | 900       | PF 1    | 91.3    | 561       | 563.68    | 563.5     | 564.38    | 0.032      | 3.73     | 24.5      | 13.19     | 0.87         | 2.68    |
| RIO SECO | 890       | PF 1    | 91.3    | 560.98    | 563.18    | 563.18    | 564.04    | 0.034      | 4.1      | 22.28     | 12.97     | 1            | 2.2     |
| RIO SECO | 880       | PF 1    | 91.3    | 560.49    | 562.93    | 562.83    | 563.7     | 0.029      | 3.88     | 23.55     | 13.15     | 0.93         | 2.44    |
| RIO SECO | 870       | PF 1    | 91.3    | 560       | 562.75    |           | 563.41    | 0.023      | 3.61     | 25.31     | 13.14     | 0.83         | 2.75    |
| RIO SECO | 860       | PF 1    | 91.3    | 559.93    | 562.57    |           | 563.17    | 0.021      | 3.43     | 26.59     | 14.42     | 0.81         | 2.64    |
| RIO SECO | 850       | PF 1    | 91.3    | 559.5     | 562.51    |           | 562.95    | 0.013      | 2.94     | 31.07     | 14.96     | 0.65         | 3.01    |
| RIO SECO | 840       | PF 1    | 91.3    | 559.46    | 562.42    |           | 562.82    | 0.012      | 2.79     | 32.76     | 14.99     | 0.6          | 2.96    |
| RIO SECO | 830       | PF 1    | 91.3    | 559       | 562.33    |           | 562.7     | 0.010      | 2.68     | 34.06     | 14.7      | 0.56         | 3.33    |
| RIO SECO | 820       | PF 1    | 91.3    | 558.5     | 561.99    |           | 562.55    | 0.019      | 3.31     | 27.57     | 14.04     | 0.75         | 3.49    |
| RIO SECO | 810       | PF 1    | 91.3    | 558       | 561.79    |           | 562.36    | 0.018      | 3.33     | 27.38     | 12.7      | 0.73         | 3.79    |
| RIO SECO | 800       | PF 1    | 91.3    | 558       | 561.44    |           | 562.13    | 0.025      | 3.69     | 24.74     | 12.76     | 0.85         | 3.44    |
| RIO SECO | 790       | PF 1    | 91.3    | 557.99    | 561.37    |           | 561.88    | 0.016      | 3.18     | 28.72     | 13.54     | 0.7          | 3.38    |
| RIO SECO | 780       | PF 1    | 91.3    | 557.97    | 560.74    | 560.74    | 561.62    | 0.035      | 4.15     | 22.01     | 12.64     | 1            | 2.77    |
| RIO SECO | 770       | PF 1    | 91.3    | 557.7     | 559.81    | 560.14    | 561.13    | 0.060      | 5.09     | 17.94     | 11.66     | 1.31         | 2.11    |
| RIO SECO | 760       | PF 1    | 91.3    | 557.49    | 560.13    | 559.85    | 560.77    | 0.022      | 3.56     | 25.64     | 13.44     | 0.82         | 2.64    |
| RIO SECO | 750       | PF 1    | 91.3    | 557.23    | 560.06    |           | 560.54    | 0.015      | 3.08     | 29.66     | 14.15     | 0.68         | 2.83    |
| RIO SECO | 740       | PF 1    | 91.3    | 556.99    | 559.92    |           | 560.39    | 0.015      | 3.05     | 29.92     | 14.14     | 0.67         | 2.93    |
| RIO SECO | 730       | PF 1    | 91.3    | 556.94    | 559.49    |           | 560.18    | 0.024      | 3.69     | 24.71     | 12.85     | 0.85         | 2.55    |
| RIO SECO | 720       | PF 1    | 91.3    | 556.49    | 559.33    |           | 559.94    | 0.020      | 3.44     | 26.5      | 13.58     | 0.79         | 2.84    |
| RIO SECO | 710       | PF 1    | 91.3    | 556       | 559.03    |           | 559.71    | 0.024      | 3.65     | 25.03     | 13.28     | 0.85         | 3.03    |
| RIO SECO | 700       | PF 1    | 91.3    | 555.5     | 559.01    |           | 559.46    | 0.014      | 2.94     | 31.01     | 15        | 0.65         | 3.51    |
| RIO SECO | 690       | PF 1    | 91.3    | 555.49    | 558.38    | 558.3     | 559.22    | 0.031      | 4.05     | 22.53     | 12.17     | 0.95         | 2.89    |
| RIO SECO | 680       | PF 1    | 91.3    | 555.11    | 558.06    | 557.99    | 558.9     | 0.032      | 4.07     | 22.46     | 12.18     | 0.96         | 2.95    |
| RIO SECO | 670       | PF 1    | 91.3    | 554.5     | 558.07    |           | 558.57    | 0.017      | 3.15     | 28.96     | 14.81     | 0.72         | 3.57    |
| RIO SECO | 660       | PF 1    | 91.3    | 554.51    | 557.92    |           | 558.4     | 0.016      | 3.07     | 29.78     | 14.95     | 0.69         | 3.41    |
| RIO SECO | 650       | PF 1    | 91.3    | 554       | 557.93    |           | 558.24    | 0.009      | 2.47     | 37        | 16.95     | 0.53         | 3.93    |
| RIO SECO | 640       | PF 1    | 91.3    | 553.96    | 557.71    |           | 558.12    | 0.013      | 2.83     | 32.28     | 15.67     | 0.63         | 3.75    |
| RIO SECO | 630       | PF 1    | 91.3    | 553.5     | 556.87    | 556.87    | 557.86    | 0.037      | 4.4      | 20.75     | 10.59     | 1            | 3.37    |
| RIO SECO | 620       | PF 1    | 91.3    | 553.21    | 556.25    | 556.46    | 557.41    | 0.049      | 4.78     | 19.1      | 11.23     | 1.17         | 3.04    |
| RIO SECO | 610       | PF 1    | 91.3    | 551.99    | 556.08    | 555.16    | 556.43    | 0.010      | 2.64     | 34.59     | 15.51     | 0.56         | 4.09    |
| RIO SECO | 600       | PF 1    | 91.3    | 551.5     | 555.72    |           | 556.28    | 0.018      | 3.3      | 27.7      | 12.97     | 0.72         | 4.22    |
| RIO SECO | 590       | PF 1    | 91.3    | 551.29    | 555.63    |           | 556.09    | 0.014      | 3        | 30.47     | 13.12     | 0.63         | 4.34    |

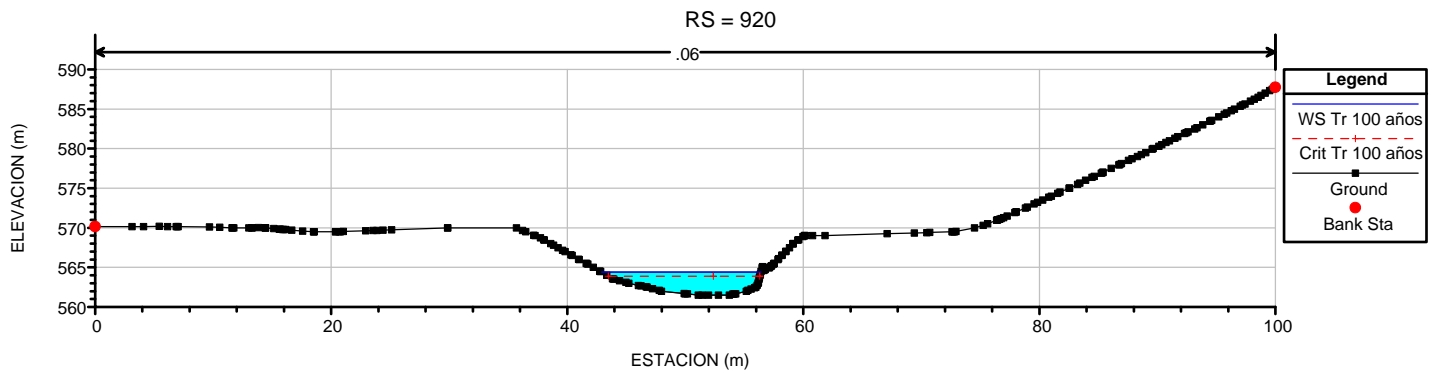
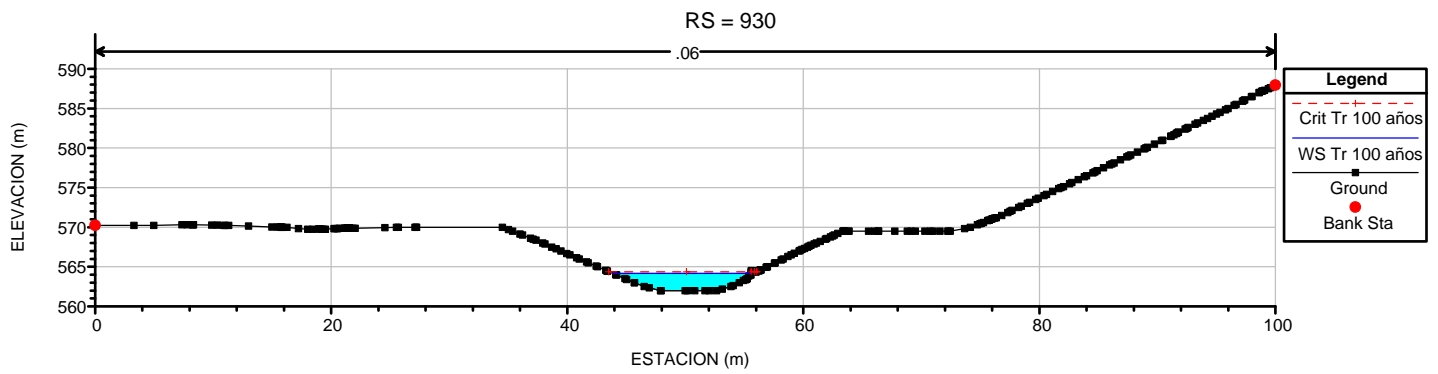
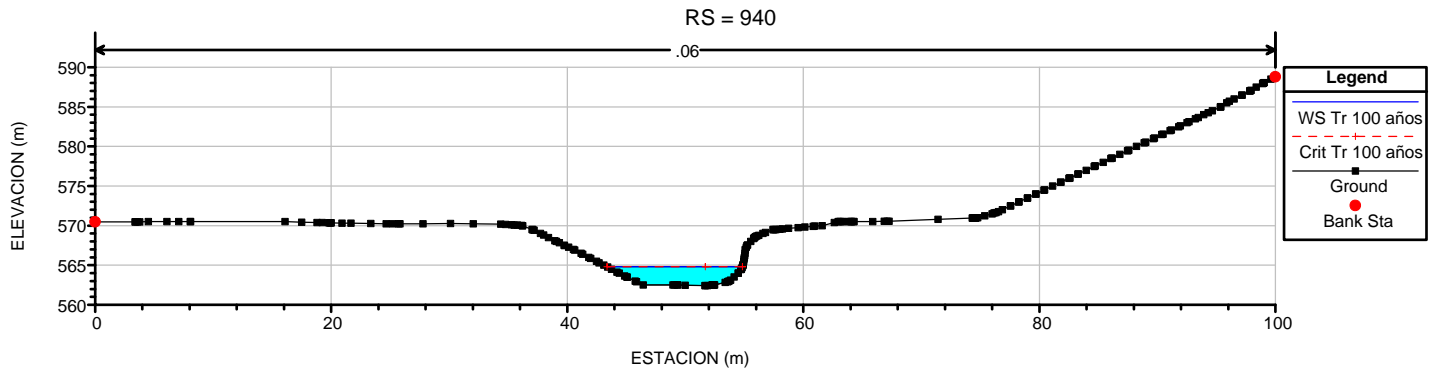
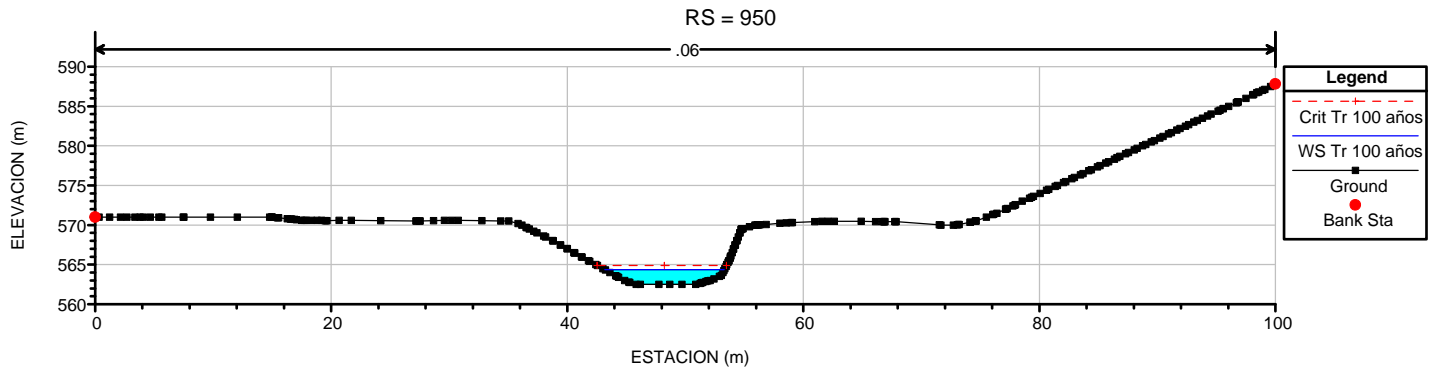
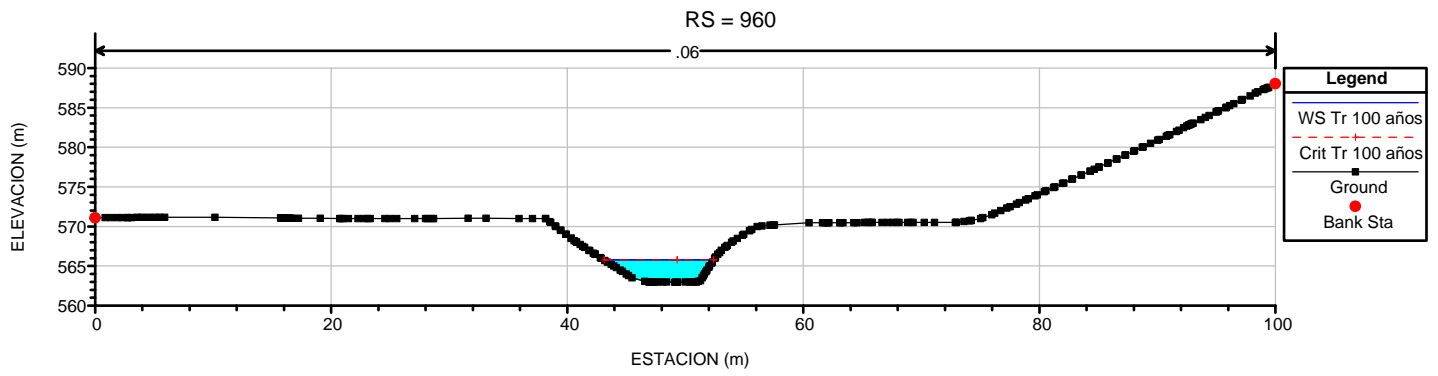
| RIO      | River Sta | Profile | Q Total | Min Ch El | W.S. Elev | Crit W.S. | E.G. Elev | E.G. Slope | Vel Chnl | Flow Area | Top Width | Froude # Chl | TIRANTE |
|----------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|--------------|---------|
|          |           |         | (m3/s)  | (m)       | (m)       | (m)       | (m)       | (m/m)      | (m/s)    | (m2)      | (m)       |              | (m)     |
| RIO SECO | 580       | PF 1    | 91.3    | 551       | 554.8     | 554.8     | 555.82    | 0.038      | 4.48     | 20.4      | 10.1      | 1.01         | 3.8     |
| RIO SECO | 570       | PF 1    | 91.3    | 549.5     | 551.8     | 552.77    | 554.91    | 0.165      | 7.82     | 11.68     | 7.83      | 2.04         | 2.3     |
| RIO SECO | 560       | PF 1    | 91.3    | 549.2     | 552.82    | 552.21    | 553.39    | 0.017      | 3.32     | 27.51     | 11.68     | 0.69         | 3.62    |
| RIO SECO | 550       | PF 1    | 91.3    | 548.54    | 552.76    |           | 553.21    | 0.012      | 2.96     | 30.83     | 12.31     | 0.6          | 4.22    |
| RIO SECO | 540       | PF 1    | 91.3    | 548.5     | 551.91    | 551.91    | 552.95    | 0.038      | 4.52     | 20.19     | 9.75      | 1            | 3.41    |
| RIO SECO | 530       | PF 1    | 91.3    | 547.98    | 552       | 551.17    | 552.51    | 0.014      | 3.17     | 28.85     | 11.29     | 0.63         | 4.02    |
| RIO SECO | 520       | PF 1    | 91.3    | 547.5     | 551.98    |           | 552.36    | 0.010      | 2.73     | 33.46     | 12.54     | 0.53         | 4.48    |
| RIO SECO | 510       | PF 1    | 91.3    | 547.5     | 551.73    |           | 552.22    | 0.015      | 3.13     | 29.2      | 11.74     | 0.63         | 4.23    |
| RIO SECO | 500       | PF 1    | 91.3    | 547.69    | 550.9     | 550.9     | 551.95    | 0.037      | 4.53     | 20.16     | 9.67      | 1            | 3.21    |
| RIO SECO | 490       | PF 1    | 91.3    | 547.47    | 550.21    | 550.46    | 551.49    | 0.052      | 4.99     | 18.28     | 9.98      | 1.18         | 2.74    |
| RIO SECO | 480       | PF 1    | 91.3    | 547       | 550.48    | 550.15    | 551.17    | 0.023      | 3.69     | 24.76     | 11.89     | 0.82         | 3.48    |
| RIO SECO | 470       | PF 1    | 91.3    | 546.93    | 550.34    |           | 550.93    | 0.019      | 3.42     | 26.68     | 12.05     | 0.73         | 3.41    |
| RIO SECO | 460       | PF 1    | 91.3    | 546.49    | 550.21    |           | 550.74    | 0.016      | 3.23     | 28.29     | 12.07     | 0.67         | 3.72    |
| RIO SECO | 450       | PF 1    | 91.3    | 546.31    | 549.92    |           | 550.55    | 0.020      | 3.51     | 26.03     | 11.41     | 0.74         | 3.61    |
| RIO SECO | 440       | PF 1    | 91.3    | 546       | 550.02    |           | 550.33    | 0.009      | 2.47     | 36.9      | 15.8      | 0.52         | 4.02    |
| RIO SECO | 430       | PF 1    | 91.3    | 545.99    | 550       |           | 550.23    | 0.006604   | 2.15     | 42.51     | 18.78     | 0.46         | 4.01    |
| RIO SECO | 420       | PF 1    | 91.3    | 545.52    | 549.06    | 549.06    | 550.03    | 0.038628   | 4.36     | 20.94     | 10.88     | 1            | 3.54    |
| RIO SECO | 410       | PF 1    | 91.3    | 545.5     | 547.83    | 548.3     | 549.43    | 0.076226   | 5.61     | 16.27     | 9.97      | 1.4          | 2.33    |
| RIO SECO | 400       | PF 1    | 91.3    | 545       | 548.59    | 548       | 549.12    | 0.016695   | 3.24     | 28.2      | 12.72     | 0.69         | 3.59    |
| RIO SECO | 390       | PF 1    | 91.3    | 544.8     | 548.62    |           | 548.94    | 0.008684   | 2.5      | 36.46     | 15.44     | 0.52         | 3.82    |
| RIO SECO | 380       | PF 1    | 91.3    | 544.84    | 547.74    | 547.74    | 548.72    | 0.035707   | 4.38     | 20.85     | 10.67     | 1            | 2.9     |
| RIO SECO | 370       | PF 1    | 91.3    | 544.49    | 547.79    | 547.28    | 548.35    | 0.017501   | 3.3      | 27.66     | 13.02     | 0.72         | 3.3     |
| RIO SECO | 360       | PF 1    | 91.3    | 544.41    | 547.13    | 547.13    | 548.07    | 0.035168   | 4.29     | 21.3      | 11.38     | 1            | 2.72    |
| RIO SECO | 350       | PF 1    | 91.3    | 543.94    | 547.33    | 546.57    | 547.7     | 0.011404   | 2.7      | 33.78     | 16.38     | 0.6          | 3.39    |
| RIO SECO | 340       | PF 1    | 91.3    | 543.5     | 547.11    |           | 547.56    | 0.013932   | 2.97     | 30.69     | 14.51     | 0.65         | 3.61    |
| RIO SECO | 330       | PF 1    | 91.3    | 543.49    | 546.52    | 546.41    | 547.33    | 0.029994   | 4        | 22.83     | 12.21     | 0.93         | 3.03    |
| RIO SECO | 320       | PF 1    | 91.3    | 543       | 546.66    |           | 547.02    | 0.011417   | 2.67     | 34.24     | 17.05     | 0.6          | 3.66    |
| RIO SECO | 310       | PF 1    | 91.3    | 542.92    | 545.88    | 545.88    | 546.78    | 0.034835   | 4.21     | 21.69     | 12.1      | 1            | 2.96    |
| RIO SECO | 300       | PF 1    | 91.3    | 541.24    | 543.38    | 544.18    | 545.96    | 0.158659   | 7.12     | 12.83     | 10.34     | 2.04         | 2.14    |
| RIO SECO | 290       | PF 1    | 91.3    | 540.96    | 542.3     | 542.92    | 544.3     | 0.140276   | 6.26     | 14.59     | 13.94     | 1.95         | 1.34    |
| RIO SECO | 280       | PF 1    | 91.3    | 540.48    | 542.67    | 542.37    | 543.2     | 0.019663   | 3.22     | 28.32     | 16.19     | 0.78         | 2.19    |
| RIO SECO | 270       | PF 1    | 91.3    | 540.14    | 542.52    |           | 542.99    | 0.017412   | 3.06     | 29.85     | 16.98     | 0.74         | 2.38    |
| RIO SECO | 260       | PF 1    | 91.3    | 539.99    | 542.5     |           | 542.82    | 0.009858   | 2.51     | 36.39     | 17.6      | 0.56         | 2.51    |
| RIO SECO | 250       | PF 1    | 91.3    | 539.44    | 542.39    |           | 542.72    | 0.009722   | 2.55     | 35.86     | 17.05     | 0.56         | 2.95    |
| RIO SECO | 240       | PF 1    | 91.3    | 538.97    | 542.37    |           | 542.61    | 0.006589   | 2.19     | 41.63     | 18.37     | 0.47         | 3.4     |
| RIO SECO | 230       | PF 1    | 91.3    | 538.5     | 542.23    |           | 542.53    | 0.008524   | 2.44     | 37.49     | 16.73     | 0.52         | 3.73    |
| RIO SECO | 220       | PF 1    | 91.3    | 538.45    | 542.16    |           | 542.45    | 0.007818   | 2.4      | 38.12     | 16.06     | 0.5          | 3.71    |
| RIO SECO | 210       | PF 1    | 91.3    | 537.98    | 541.79    |           | 542.32    | 0.016247   | 3.21     | 28.45     | 12.66     | 0.68         | 3.81    |
| RIO SECO | 200       | PF 1    | 91.3    | 537.93    | 541.09    | 541.09    | 542.04    | 0.035653   | 4.33     | 21.1      | 11.12     | 1            | 3.16    |
| RIO SECO | 190       | PF 1    | 91.3    | 537.5     | 541.04    | 540.57    | 541.65    | 0.019202   | 3.46     | 26.4      | 12.13     | 0.75         | 3.54    |
| RIO SECO | 180       | PF 1    | 91.3    | 537.5     | 540.6     | 540.42    | 541.41    | 0.027927   | 3.97     | 22.99     | 11.42     | 0.89         | 3.1     |
| RIO SECO | 170       | PF 1    | 91.3    | 537.5     | 540.72    |           | 541.11    | 0.011362   | 2.8      | 32.63     | 14.29     | 0.59         | 3.22    |
| RIO SECO | 160       | PF 1    | 91.3    | 537.5     | 540.71    |           | 540.99    | 0.007286   | 2.35     | 38.78     | 16        | 0.48         | 3.21    |
| RIO SECO | 150       | PF 1    | 91.3    | 537.5     | 540.52    |           | 540.89    | 0.010506   | 2.7      | 33.81     | 14.85     | 0.57         | 3.02    |
| RIO SECO | 140       | PF 1    | 91.3    | 537       | 540.35    |           | 540.77    | 0.012545   | 2.88     | 31.69     | 14.64     | 0.63         | 3.35    |
| RIO SECO | 130       | PF 1    | 91.3    | 537       | 539.64    | 539.64    | 540.53    | 0.034082   | 4.18     | 21.85     | 12.28     | 1            | 2.64    |
| RIO SECO | 120       | PF 1    | 91.3    | 537.01    | 538.61    | 539       | 539.99    | 0.079142   | 5.2      | 17.57     | 14.21     | 1.49         | 1.6     |
| RIO SECO | 110       | PF 1    | 91.3    | 536.5     | 539.04    | 538.24    | 539.33    | 0.008696   | 2.39     | 38.28     | 18.51     | 0.53         | 2.54    |
| RIO SECO | 100       | PF 1    | 91.3    | 536.48    | 538.97    |           | 539.24    | 0.008075   | 2.3      | 39.78     | 19.47     | 0.51         | 2.49    |
| RIO SECO | 90        | PF 1    | 91.3    | 536.42    | 538.89    |           | 539.16    | 0.008026   | 2.3      | 39.72     | 19.13     | 0.51         | 2.47    |

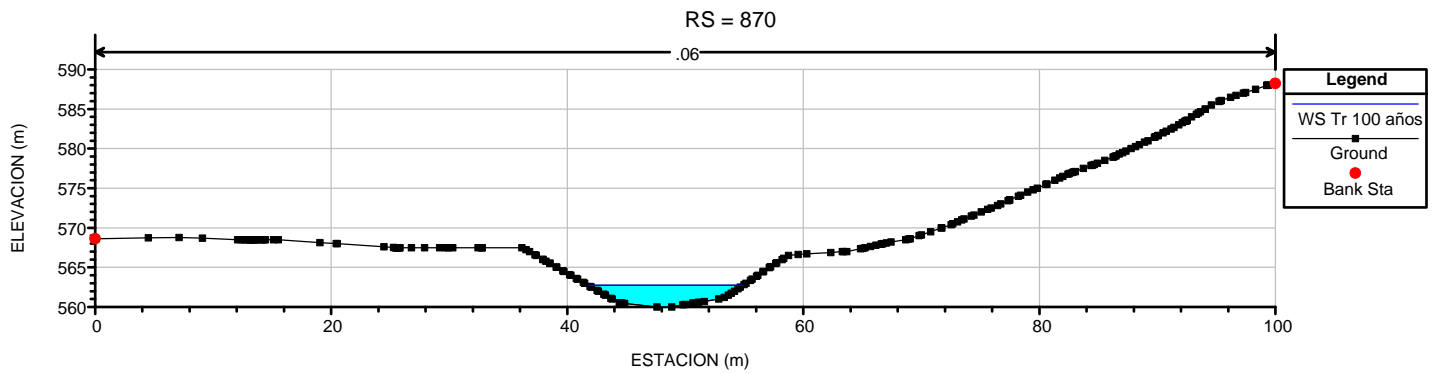
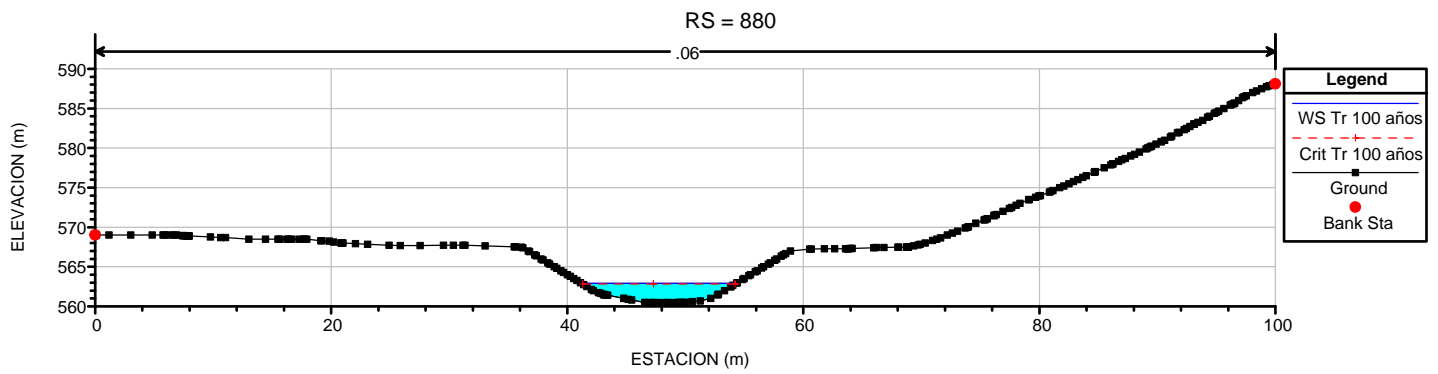
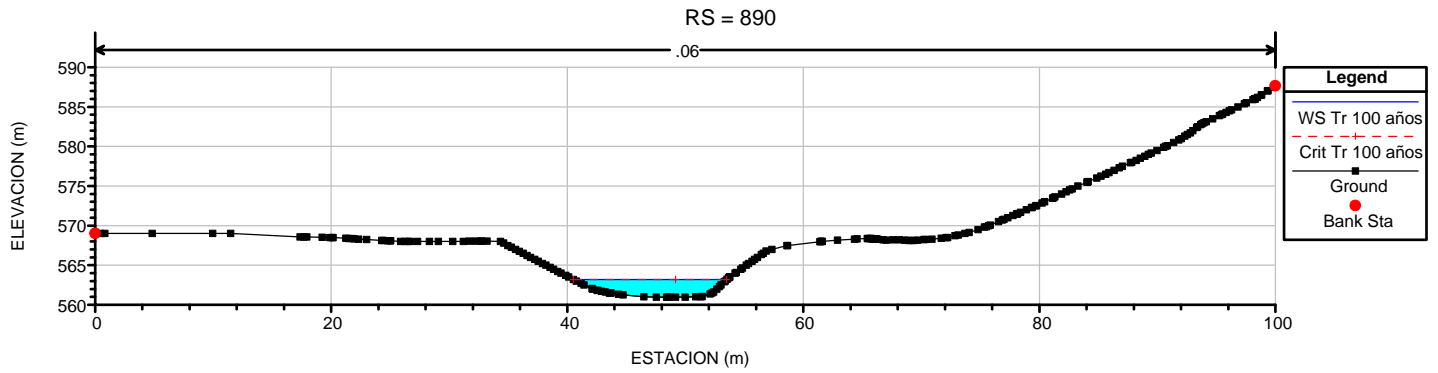
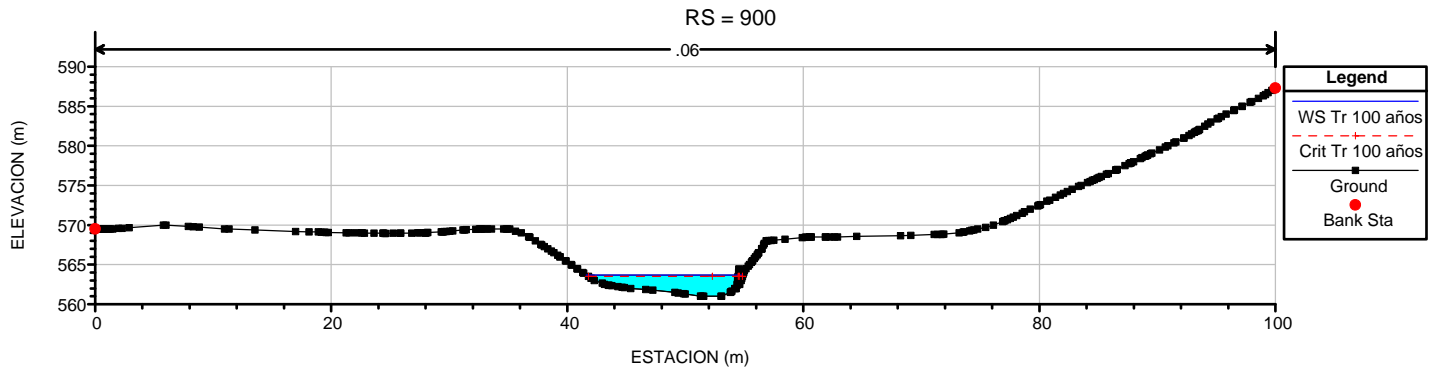
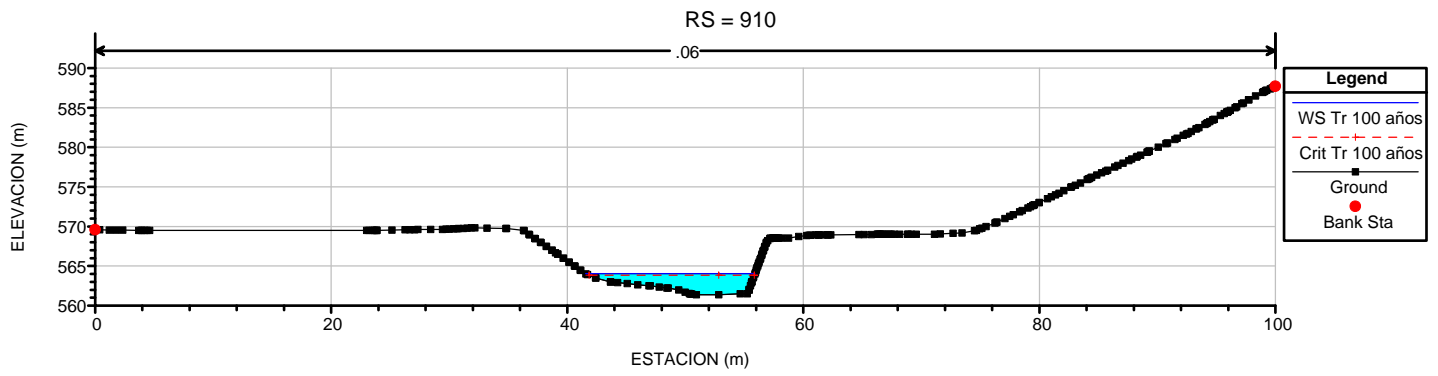
| RIO      | River Sta | Profile | Q Total | Min Ch El | W.S. Elev | Crit W.S. | E.G. Elev | E.G. Slope | Vel Chnl | Flow Area | Top Width | Froude # Chl | TIRANTE |
|----------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|--------------|---------|
|          |           |         | (m3/s)  | (m)       | (m)       | (m)       | (m)       | (m/m)      | (m/s)    | (m2)      | (m)       |              | (m)     |
| RIO SECO | 80        | PF 1    | 91.3    | 536       | 538.86    |           | 539.07    | 0.005765   | 2.07     | 44.02     | 19.17     | 0.44         | 2.86    |
| RIO SECO | 70        | PF 1    | 91.3    | 536       | 538.78    |           | 539.01    | 0.006389   | 2.15     | 42.51     | 18.92     | 0.46         | 2.78    |
| RIO SECO | 60        | PF 1    | 91.3    | 536       | 538.77    |           | 538.94    | 0.00436    | 1.81     | 50.42     | 22.2      | 0.38         | 2.77    |
| RIO SECO | 50        | PF 1    | 91.3    | 536       | 538.67    |           | 538.88    | 0.006098   | 2.04     | 44.82     | 21.51     | 0.45         | 2.67    |
| RIO SECO | 40        | PF 1    | 91.3    | 536.43    | 538.59    |           | 538.82    | 0.007301   | 2.09     | 43.6      | 22.7      | 0.48         | 2.16    |
| RIO SECO | 30        | PF 1    | 91.3    | 536.28    | 538.01    | 538.01    | 538.63    | 0.040157   | 3.51     | 26.05     | 20.81     | 1            | 1.73    |
| RIO SECO | 20        | PF 1    | 91.3    | 535.29    | 536.52    | 536.95    | 537.92    | 0.114134   | 5.24     | 17.42     | 18.95     | 1.75         | 1.23    |
| RIO SECO | 10        | PF 1    | 91.3    | 533.82    | 536.4     | 535.69    | 536.69    | 0.009858   | 2.4      | 38.09     | 20.79     | 0.57         | 2.58    |
| RIO SECO | 0         | PF 1    | 91.3    | 533.5     | 535.73    | 535.73    | 536.48    | 0.035176   | 3.82     | 23.91     | 16.1      | 1            | 2.23    |
| RIO SECO | 75        | Tr 500  | 157.49  | 1076.28   | 1077.62   | 1077.82   | 1078.43   | 0.057832   | 3.98     | 39.63     | 40.18     | 1.26         | 1.34    |
| RIO SECO | 70        | Tr 500  | 157.49  | 1076.15   | 1077.63   | 1077.65   | 1078.14   | 0.033238   | 3.18     | 51.58     | 55.5      | 0.97         | 1.48    |
| RIO SECO | 65        | Tr 500  | 157.49  | 1076.03   | 1077.65   | 1077.51   | 1077.94   | 0.017642   | 2.42     | 70.25     | 76.74     | 0.72         | 1.62    |
| RIO SECO | 60        | Tr 500  | 157.49  | 1075.89   | 1077.62   |           | 1077.85   | 0.012834   | 2.43     | 79.71     | 76.47     | 0.64         | 1.73    |
| RIO SECO | 55        | Tr 500  | 157.49  | 1075.74   | 1077.59   |           | 1077.78   | 0.009859   | 2.12     | 83.08     | 65.44     | 0.56         | 1.85    |
| RIO SECO | 50        | Tr 500  | 157.49  | 1075.58   | 1077.55   |           | 1077.73   | 0.007854   | 1.99     | 84.48     | 54.77     | 0.51         | 1.97    |
| RIO SECO | 48        | Tr 500  | 157.49  | 1075.52   | 1077.43   |           | 1077.7    | 0.011603   | 2.44     | 68.77     | 44.02     | 0.62         | 1.91    |
| RIO SECO | 46        | Tr 500  | 157.49  | 1075.46   | 1077.39   |           | 1077.68   | 0.011749   | 2.57     | 67.06     | 41.87     | 0.63         | 1.93    |
| RIO SECO | 44        | Tr 500  | 157.49  | 1075.4    | 1077.34   |           | 1077.65   | 0.012256   | 2.7      | 64.98     | 40.07     | 0.65         | 1.94    |
| RIO SECO | 42        | Tr 500  | 157.49  | 1075.34   | 1077.28   |           | 1077.62   | 0.013087   | 2.84     | 62.69     | 38.59     | 0.67         | 1.94    |
| RIO SECO | 40        | Tr 500  | 157.49  | 1075.28   | 1077.22   |           | 1077.59   | 0.014282   | 3        | 60.24     | 37.35     | 0.7          | 1.94    |
| RIO SECO | 38        | Tr 500  | 157.49  | 1075.21   | 1077.15   |           | 1077.56   | 0.01601    | 3.18     | 57.55     | 36.34     | 0.74         | 1.94    |
| RIO SECO | 36        | Tr 500  | 157.49  | 1075.14   | 1077.12   |           | 1077.53   | 0.017403   | 3.11     | 56.53     | 35.57     | 0.74         | 1.98    |
| RIO SECO | 34        | Tr 500  | 157.49  | 1075.07   | 1077.01   |           | 1077.48   | 0.018944   | 3.45     | 54.08     | 35.44     | 0.81         | 1.94    |
| RIO SECO | 32        | Tr 500  | 157.49  | 1075      | 1077      |           | 1077.43   | 0.018633   | 3.23     | 55.27     | 35.54     | 0.76         | 2       |
| RIO SECO | 30        | Tr 500  | 157.49  | 1074.93   | 1076.91   |           | 1077.39   | 0.019431   | 3.53     | 53.64     | 35.48     | 0.82         | 1.98    |
| RIO SECO | 28        | Tr 500  | 157.49  | 1074.86   | 1076.87   |           | 1077.35   | 0.018793   | 3.52     | 54.05     | 35.5      | 0.81         | 2.01    |
| RIO SECO | 26        | Tr 500  | 157.49  | 1074.82   | 1076.87   |           | 1077.3    | 0.016538   | 2.97     | 54.9      | 35.46     | 0.74         | 2.05    |
| RIO SECO | 25        | Tr 500  | 157.49  | 1074.79   | 1076.74   | 1076.62   | 1077.28   | 0.021062   | 3.48     | 51.02     | 35.4      | 0.85         | 1.95    |
| RIO SECO | 20        | Tr 500  | 157.49  | 1074.7    | 1076.75   |           | 1077.14   | 0.015335   | 3.09     | 61.97     | 46.87     | 0.73         | 2.05    |
| RIO SECO | 15        | Tr 500  | 157.49  | 1074.61   | 1076.7    |           | 1077.06   | 0.014011   | 2.99     | 64.46     | 46.99     | 0.7          | 2.09    |
| RIO SECO | 10        | Tr 500  | 157.49  | 1074.51   | 1076.64   |           | 1076.98   | 0.01457    | 3.27     | 65.24     | 47.11     | 0.72         | 2.13    |
| RIO SECO | 5         | Tr 500  | 157.49  | 1074.42   | 1076.54   |           | 1076.9    | 0.015306   | 3.12     | 63.39     | 47.22     | 0.73         | 2.12    |
| RIO SECO | 0         | Tr 500  | 157.49  | 1074.33   | 1076.26   | 1076.26   | 1076.79   | 0.02631    | 3.79     | 53.59     | 47.28     | 0.94         | 1.93    |

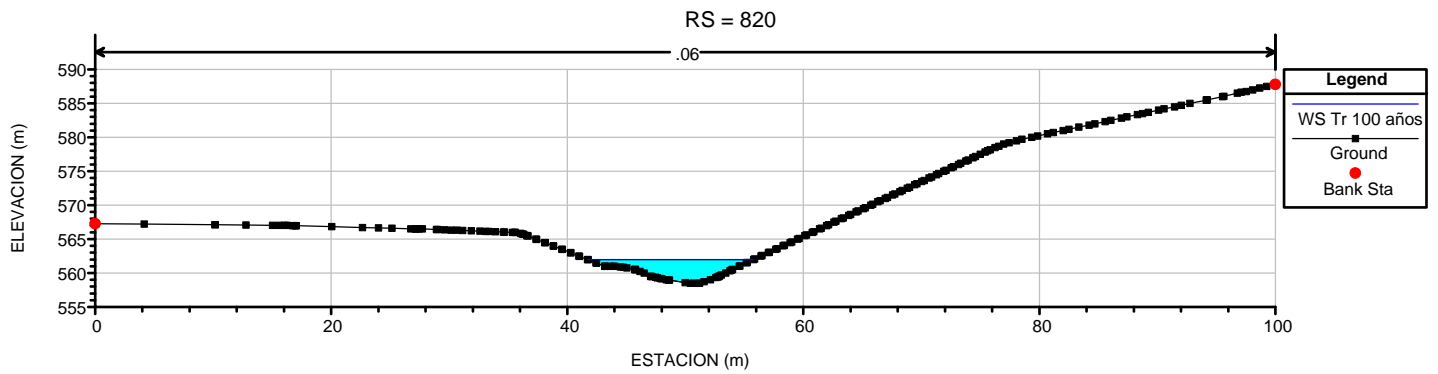
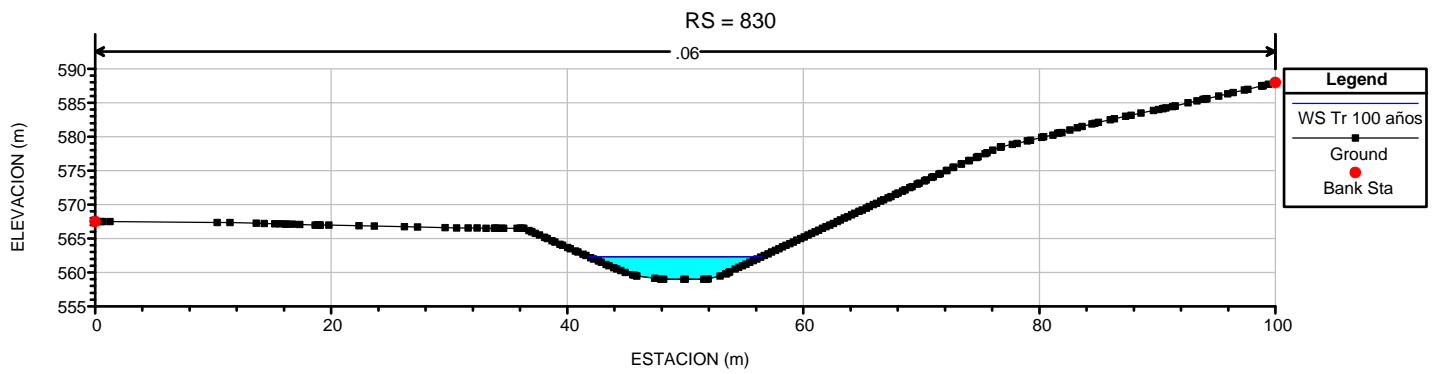
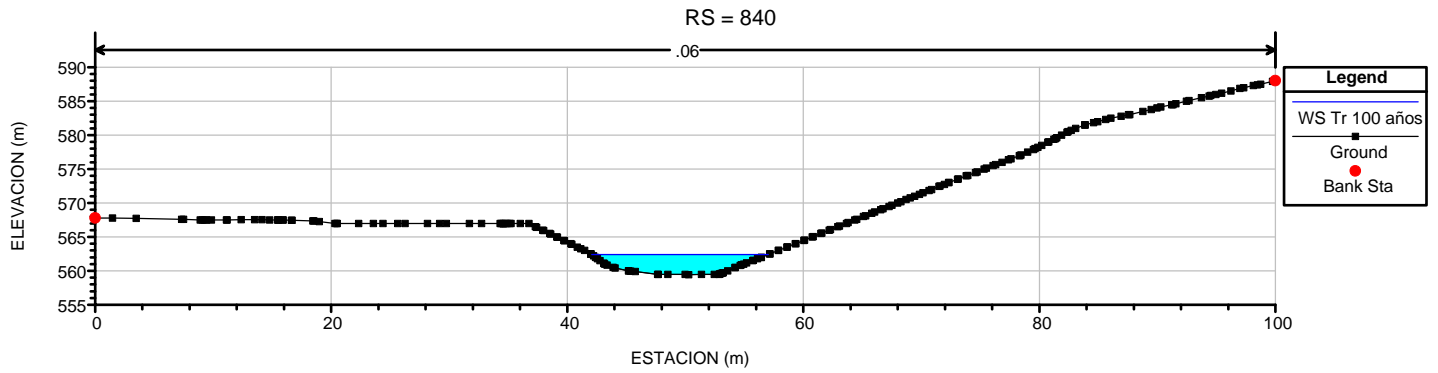
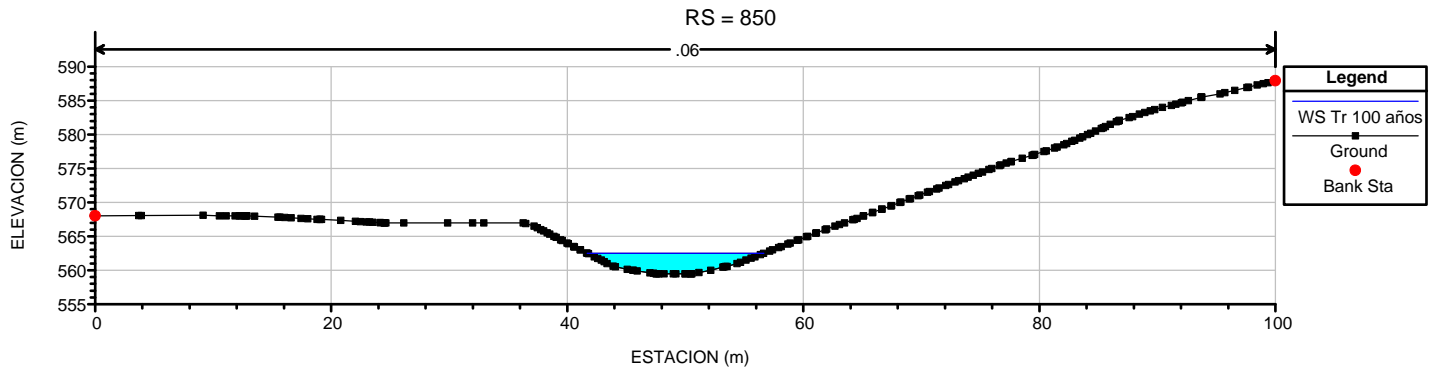
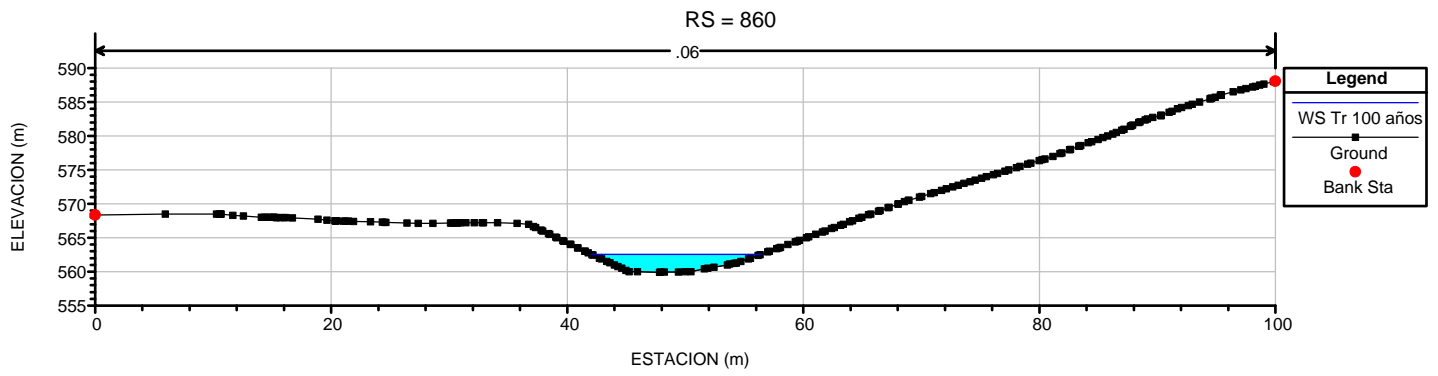


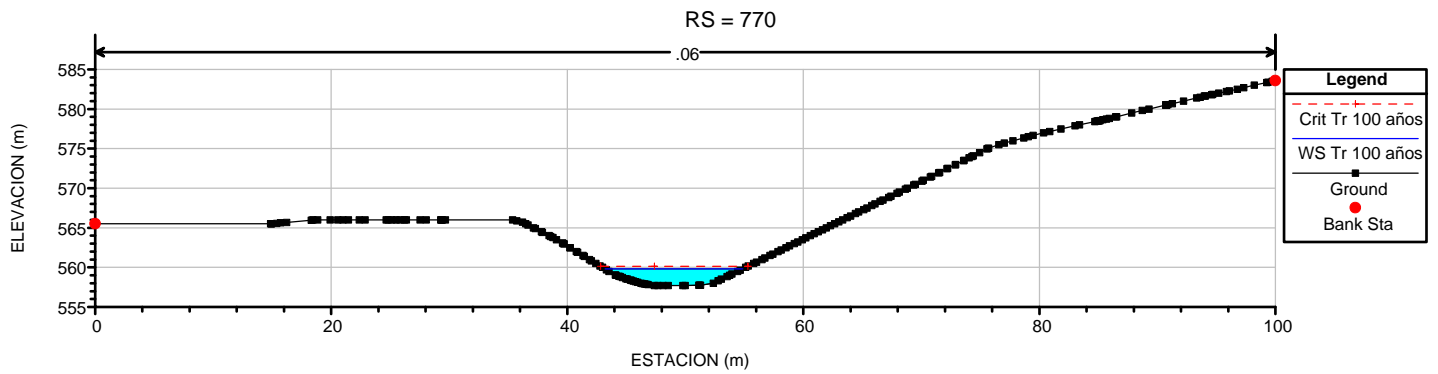
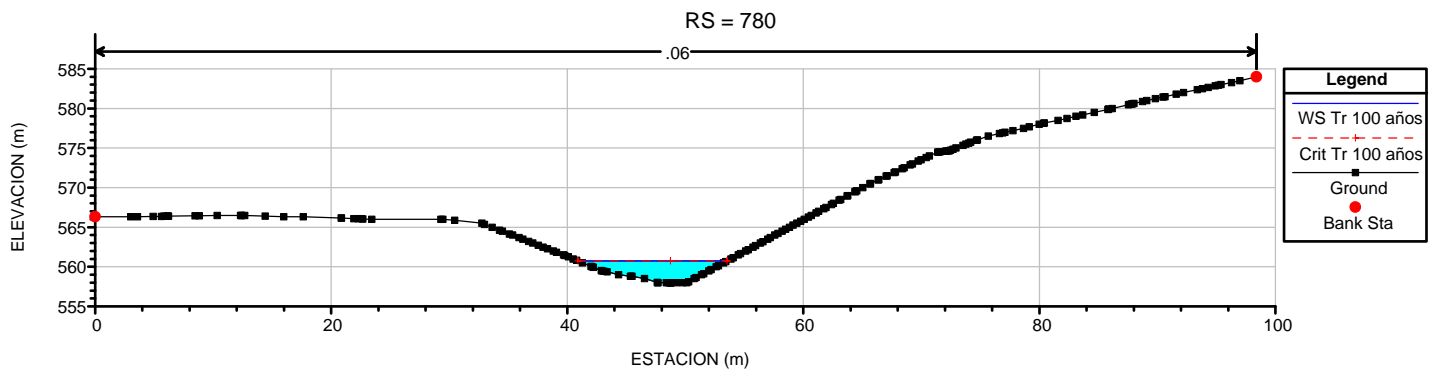
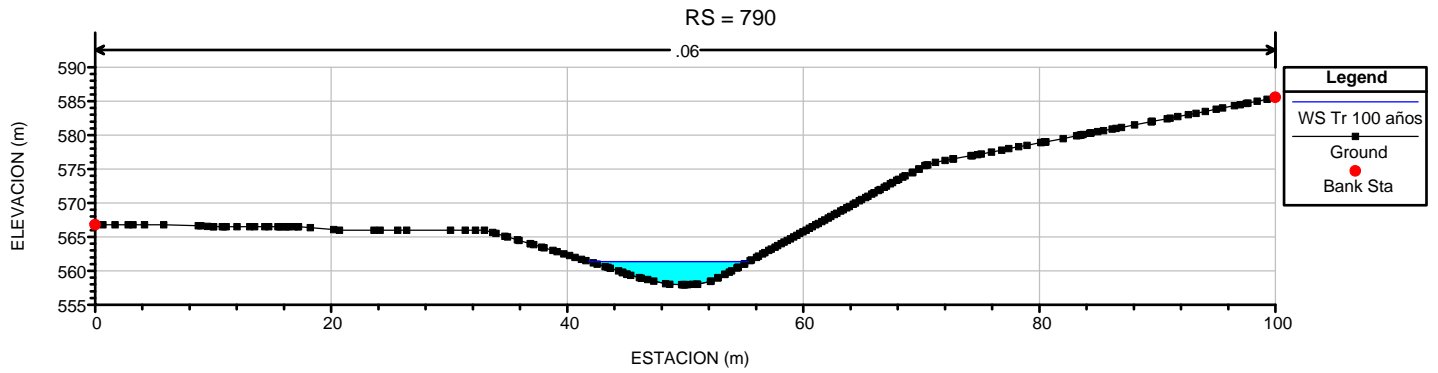
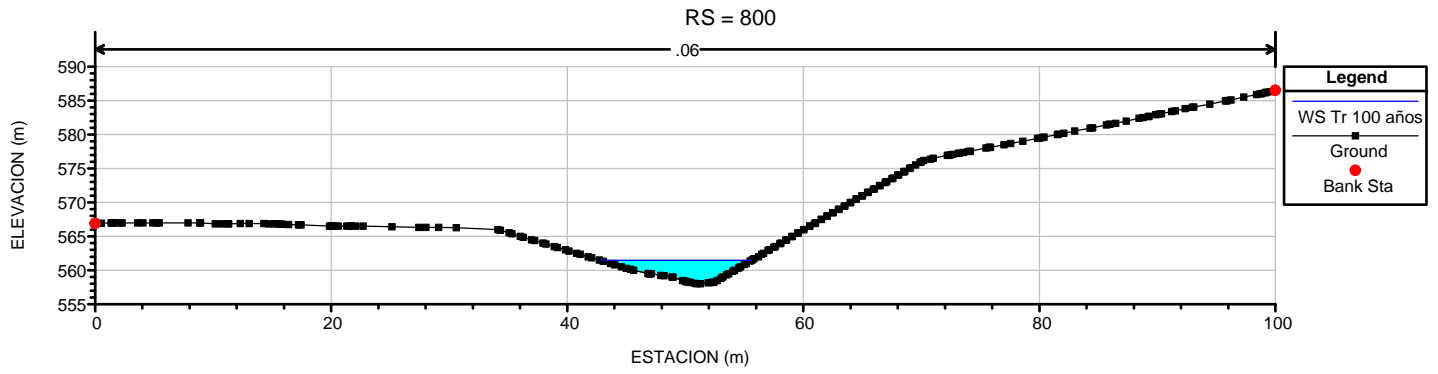
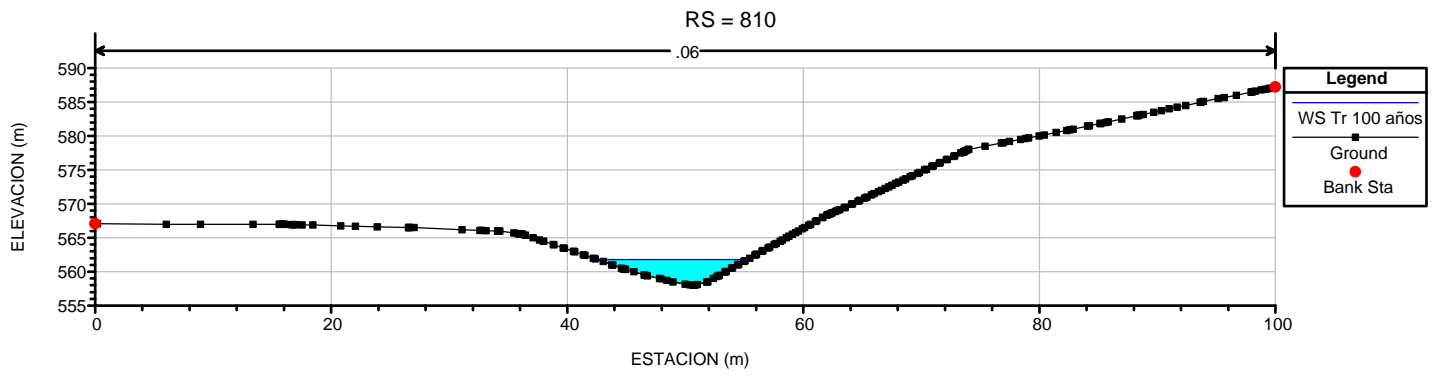


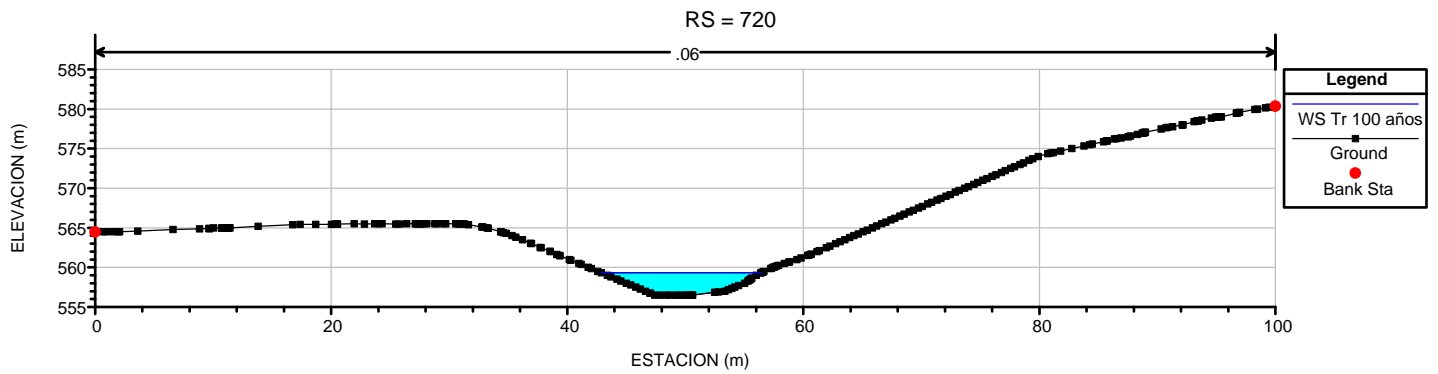
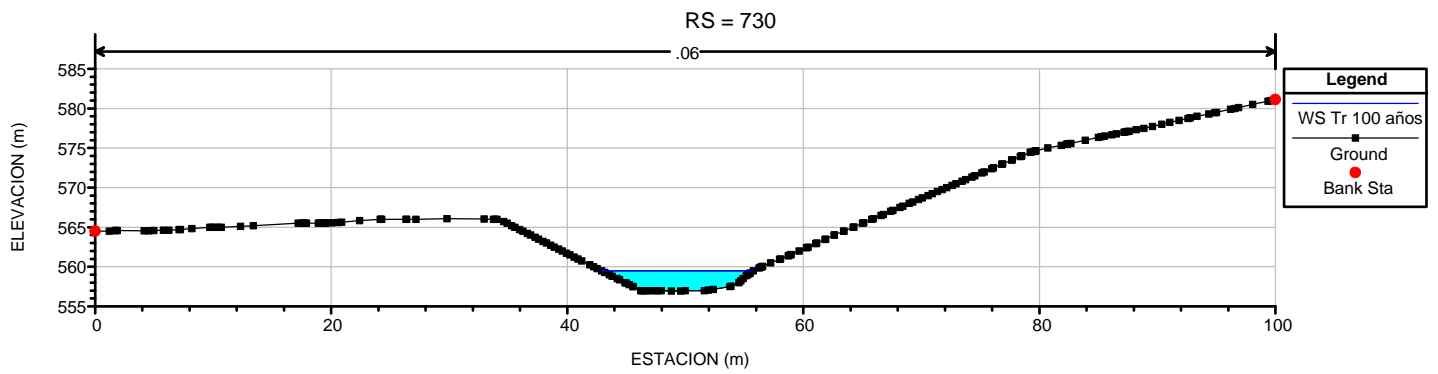
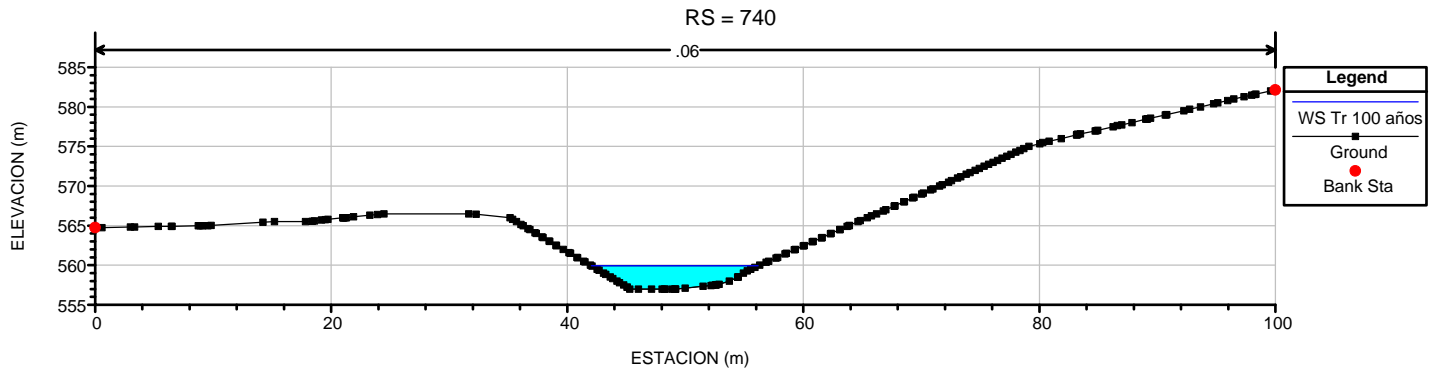
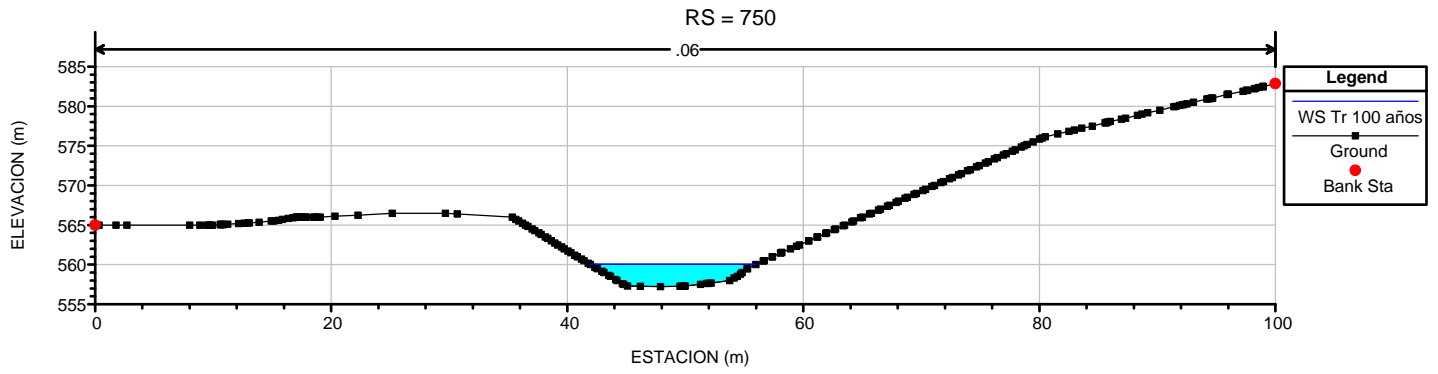
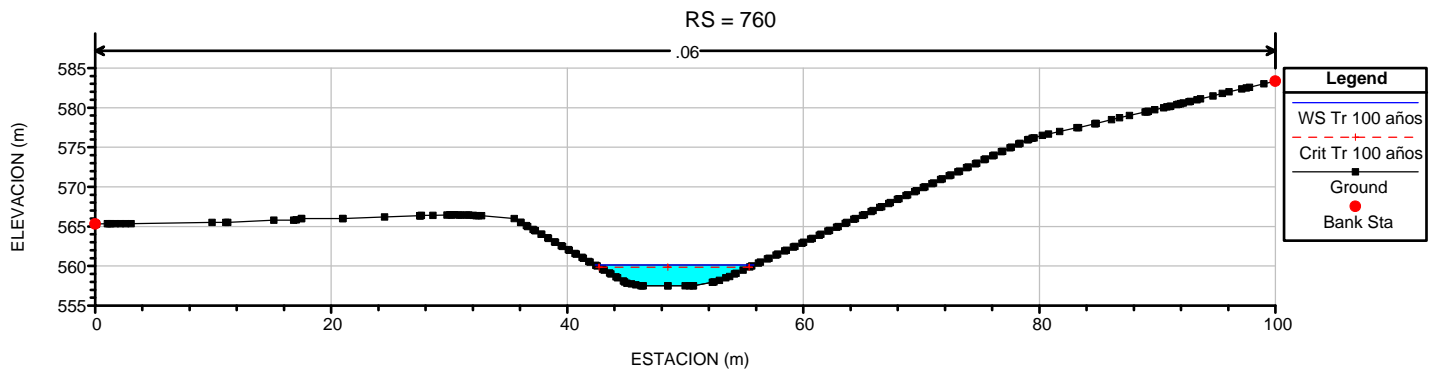


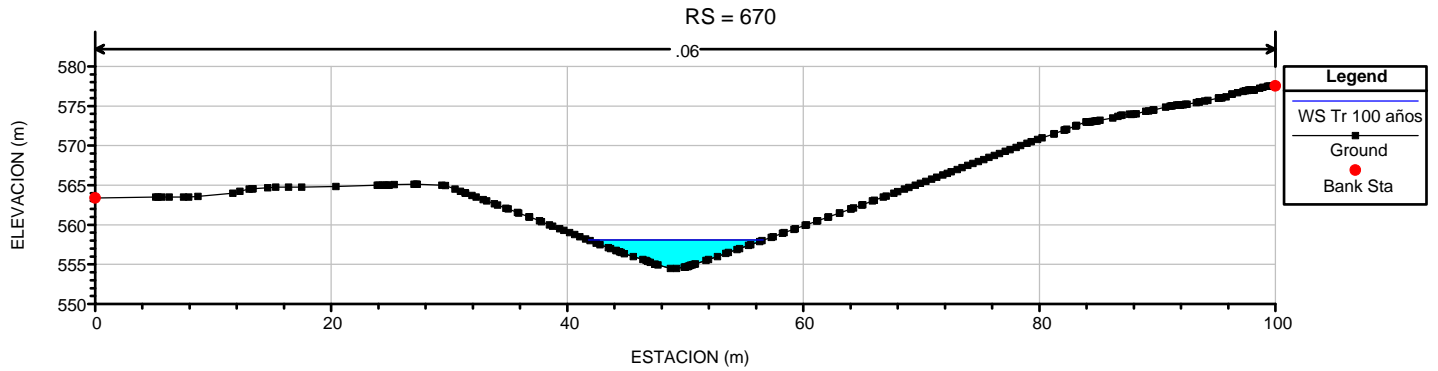
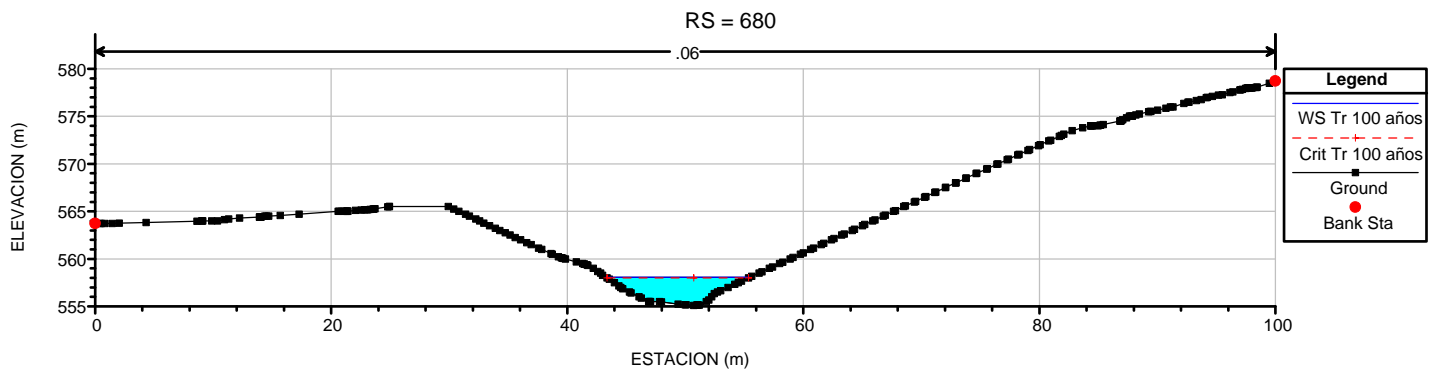
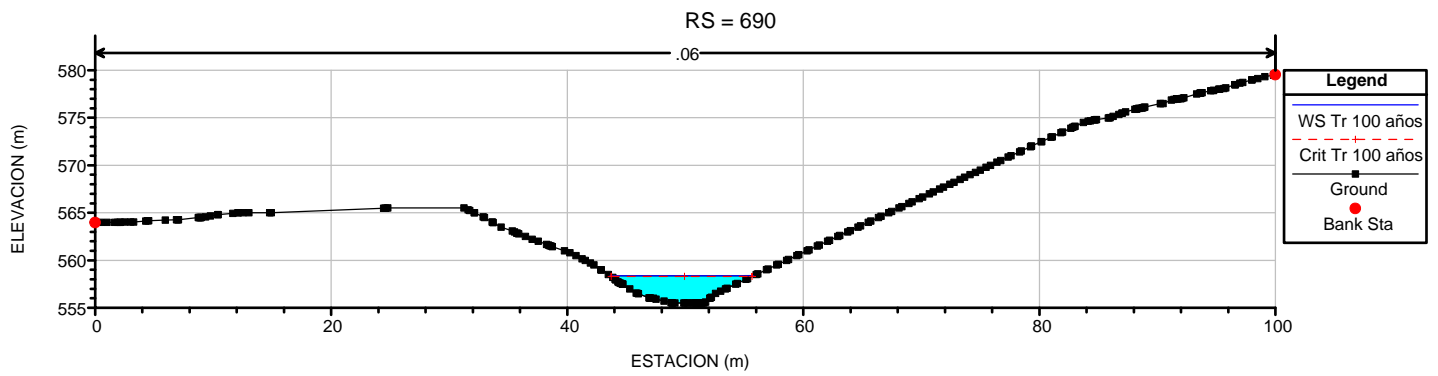
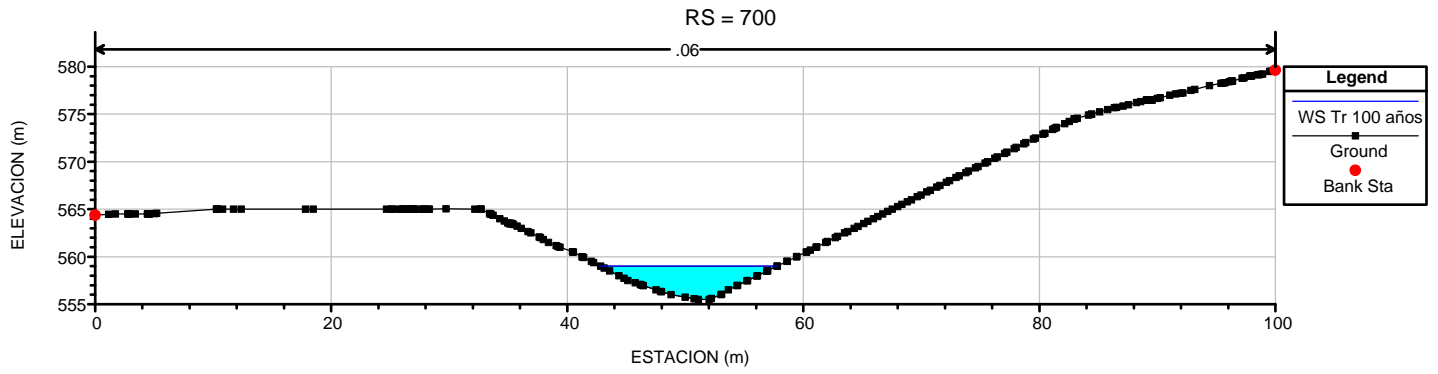
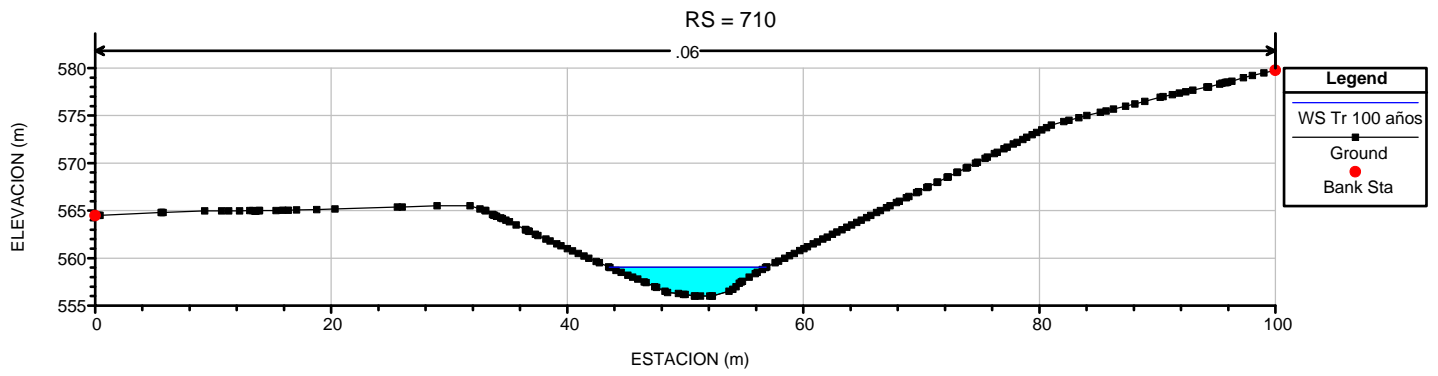


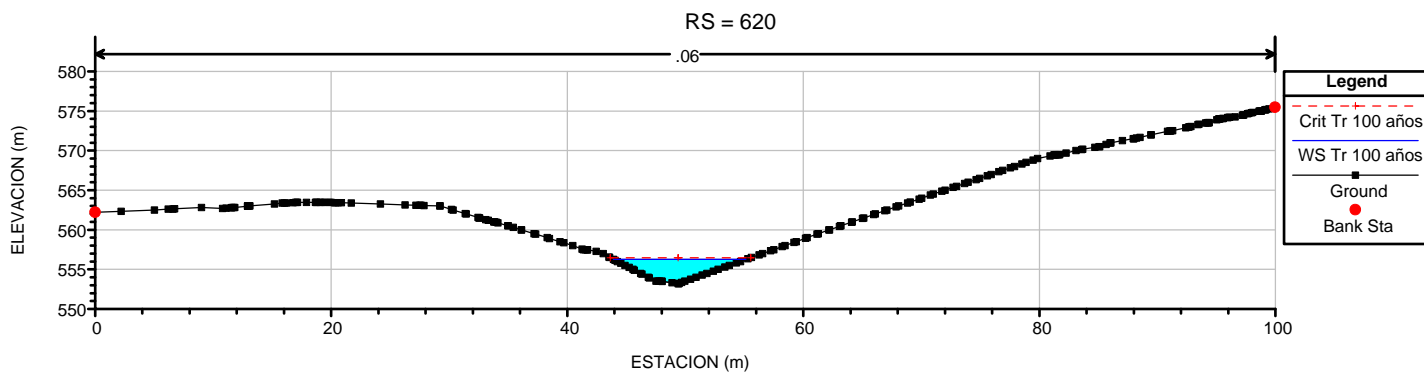
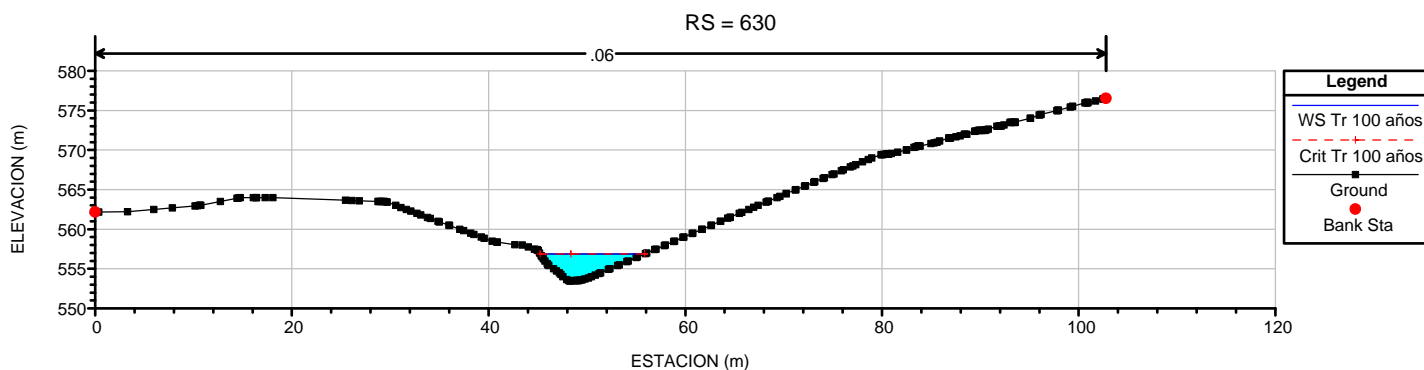
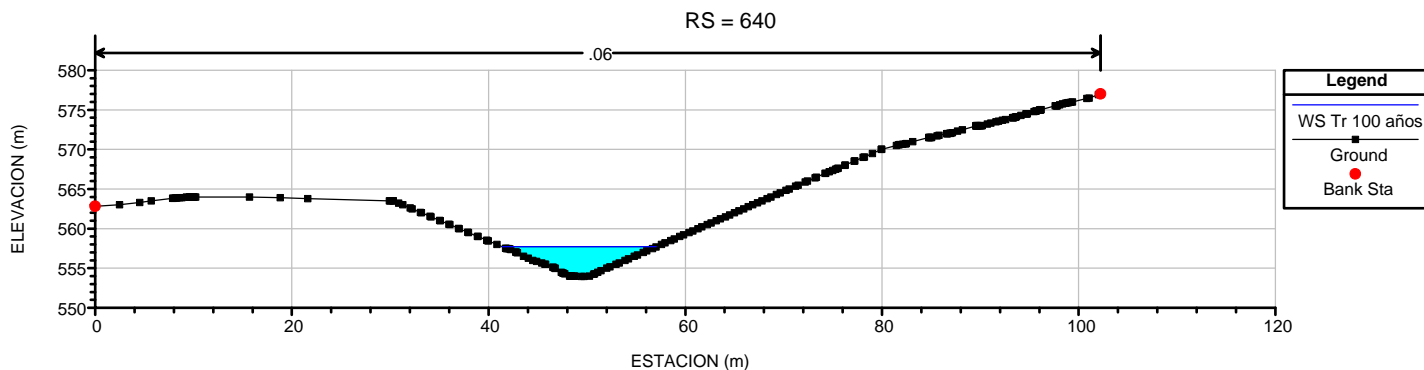
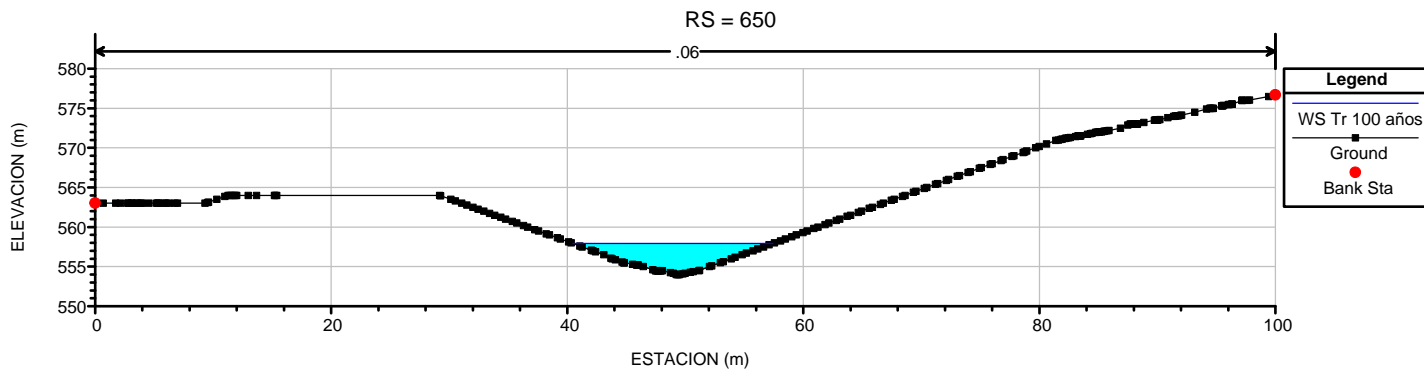
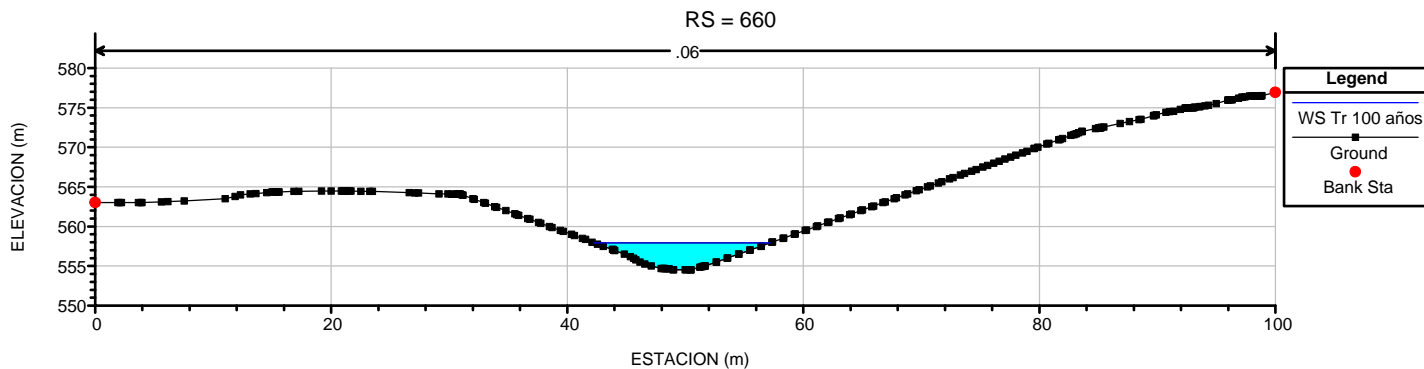




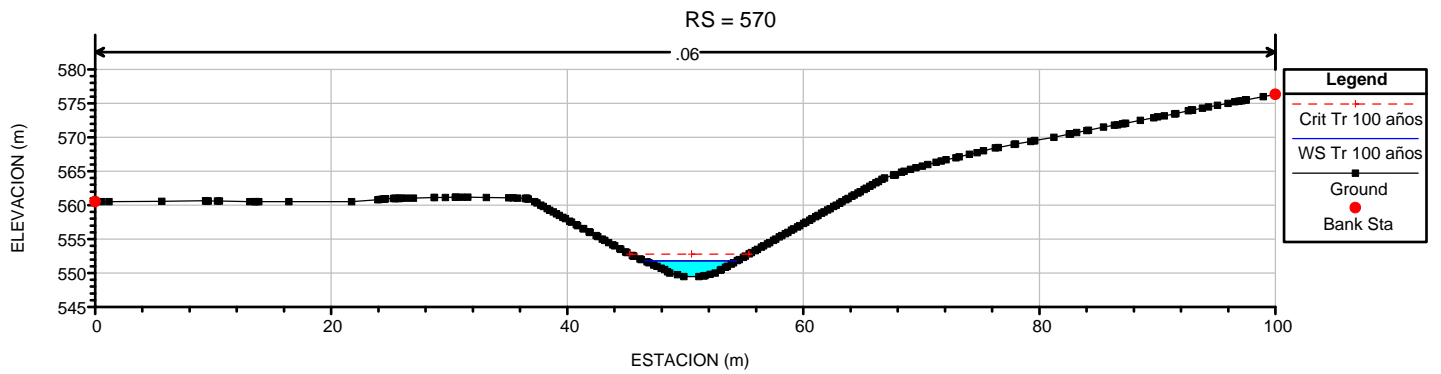
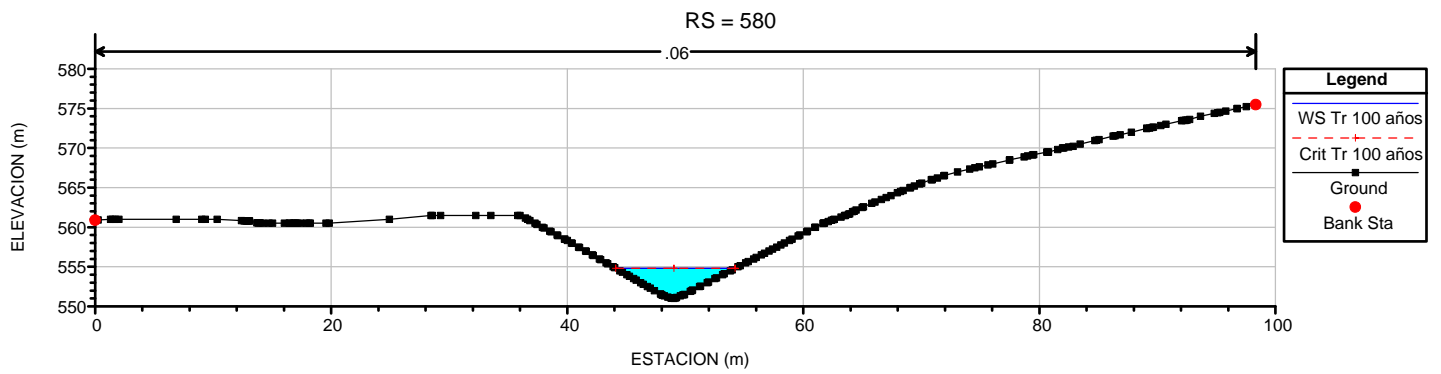
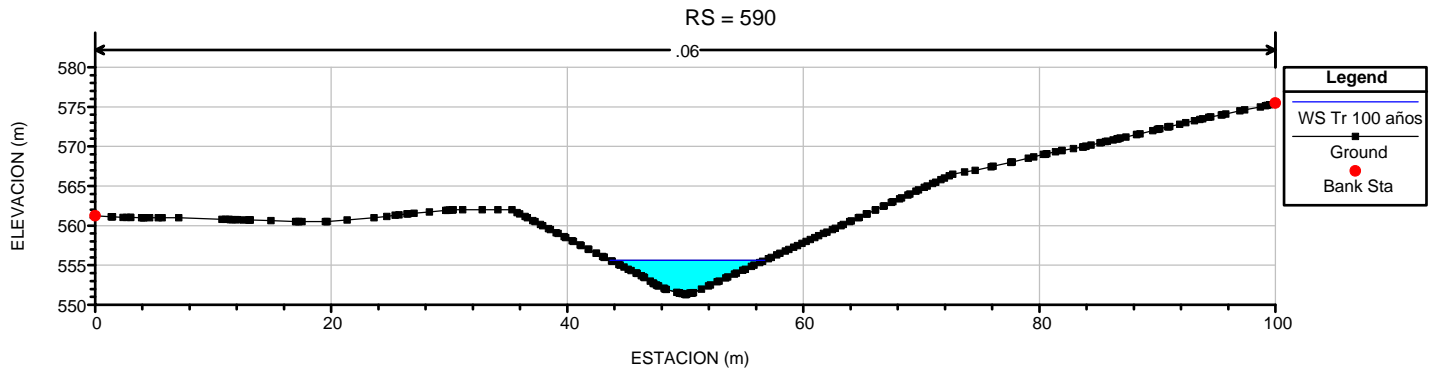
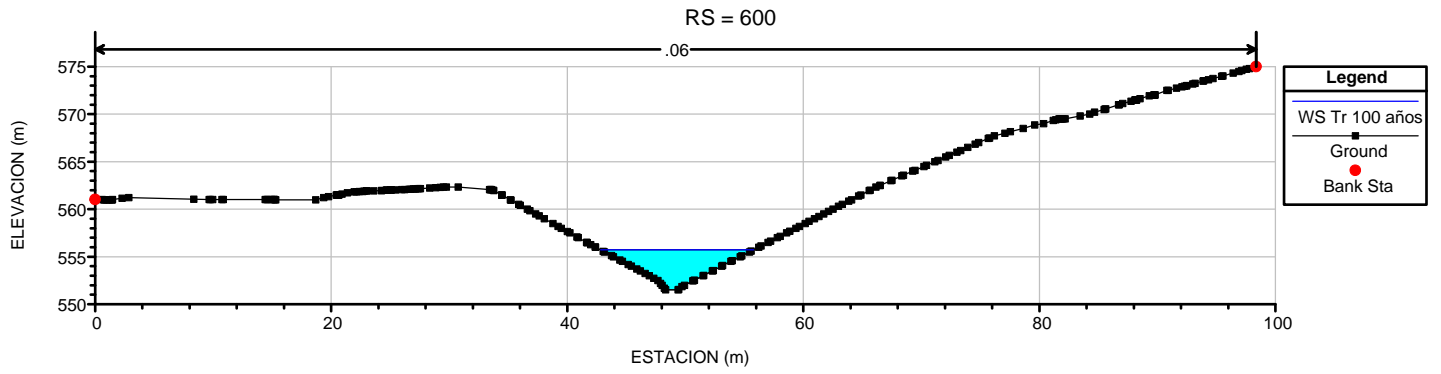
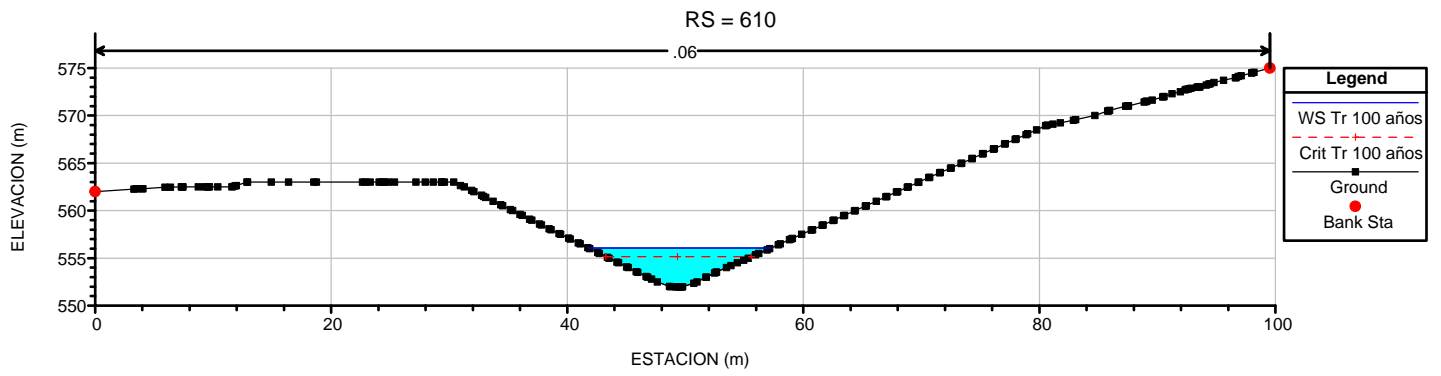


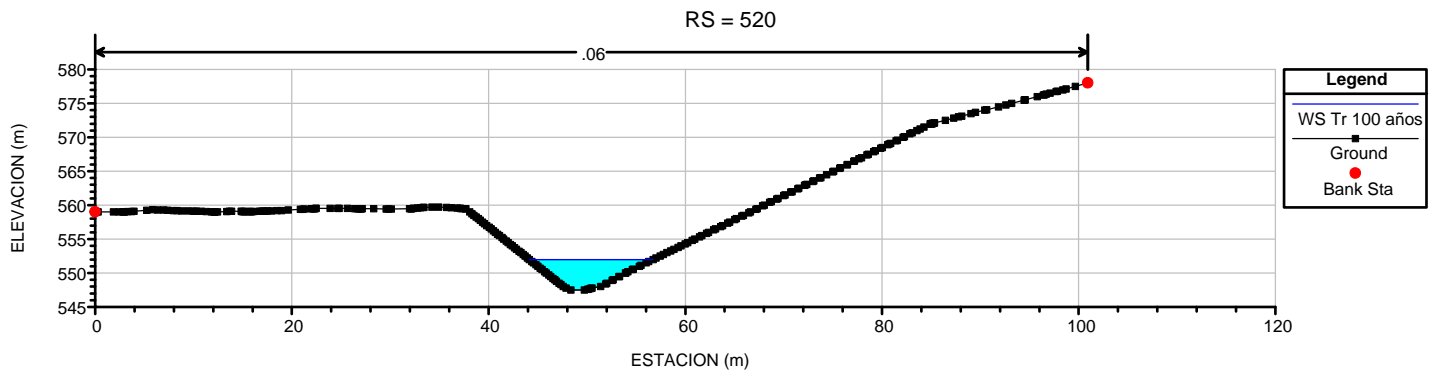
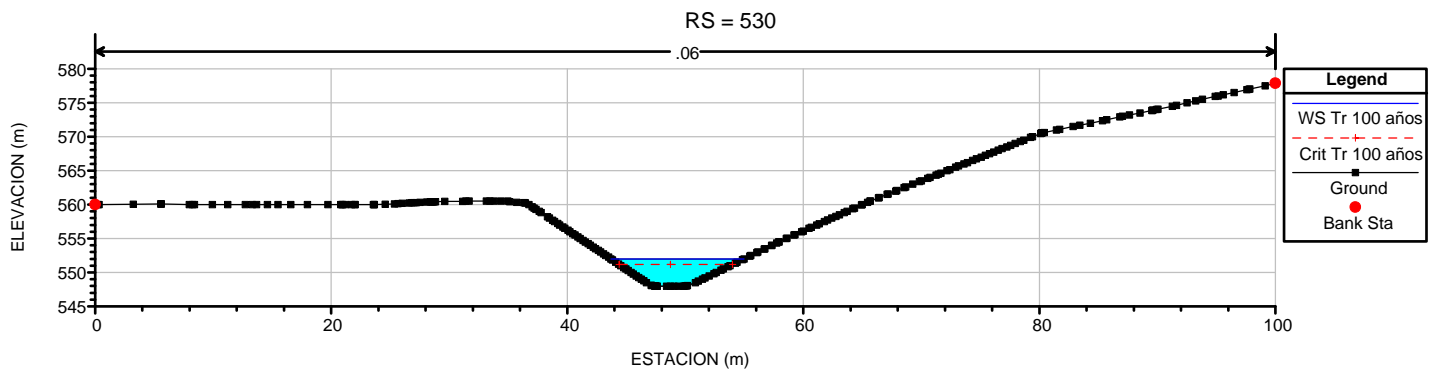
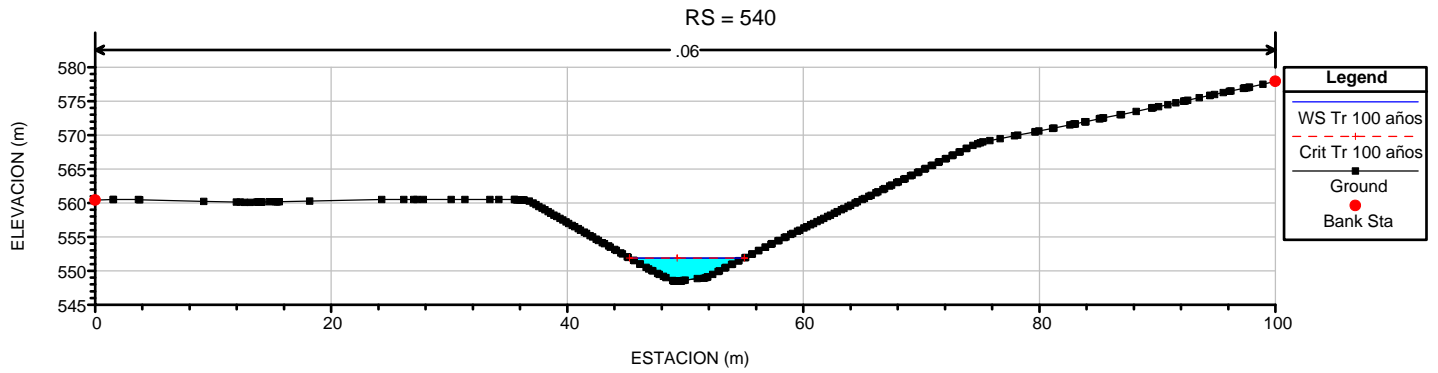
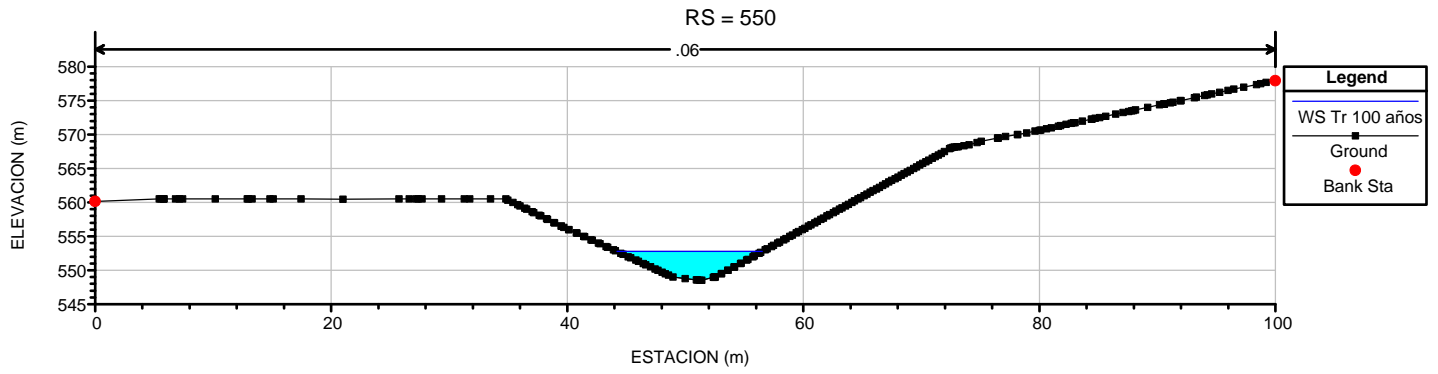
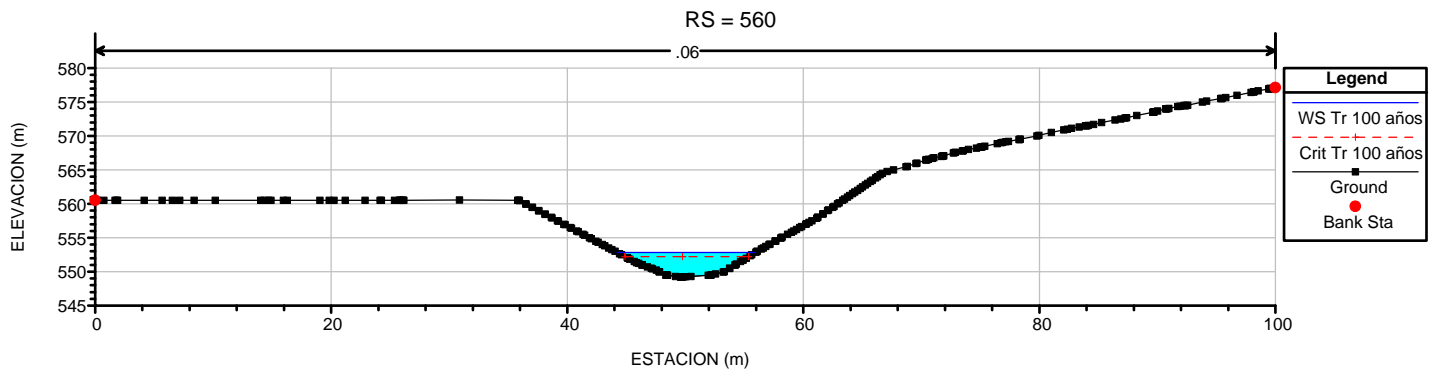


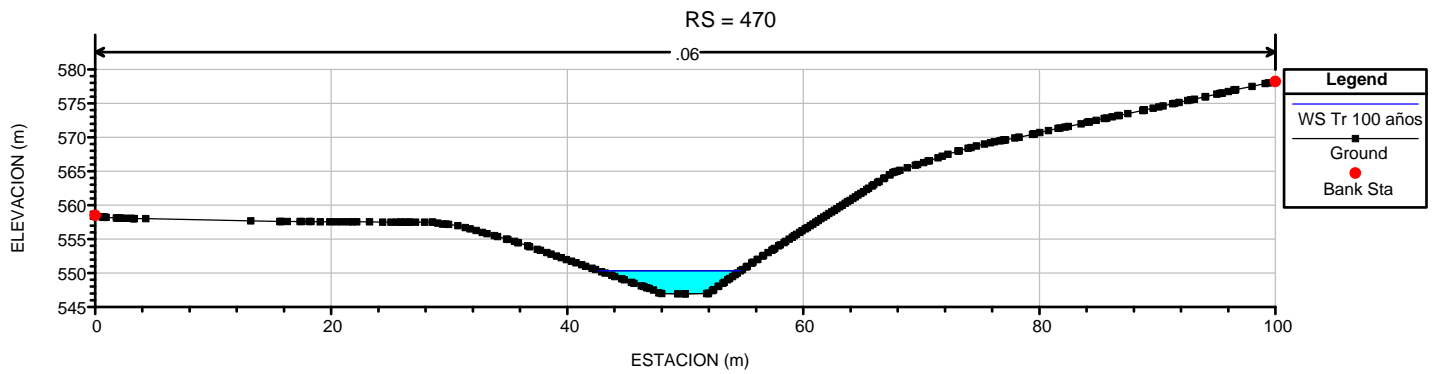
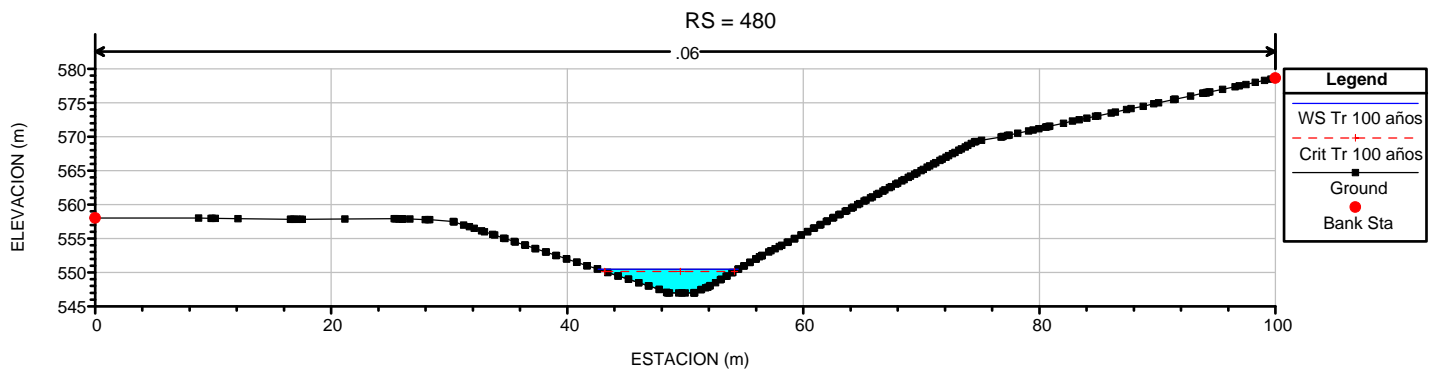
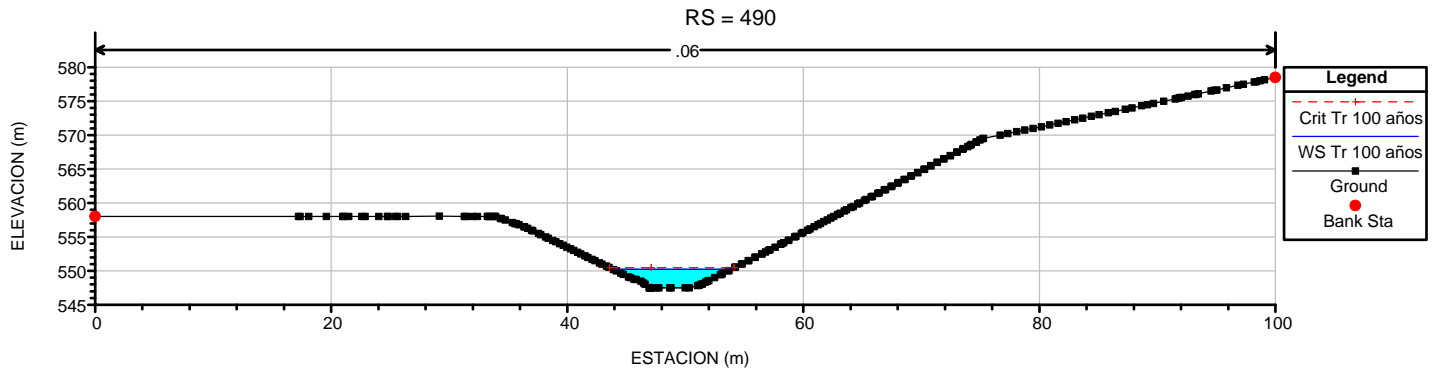
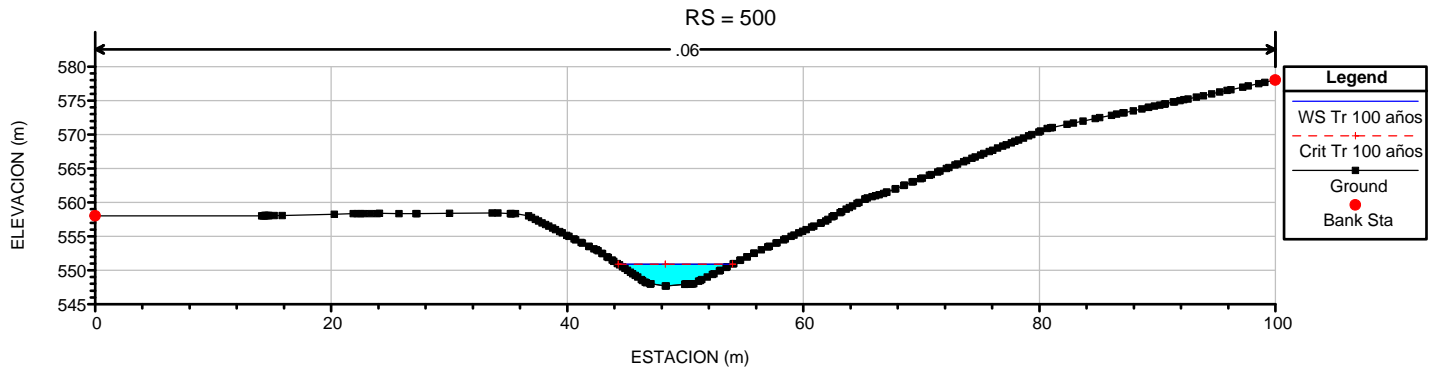
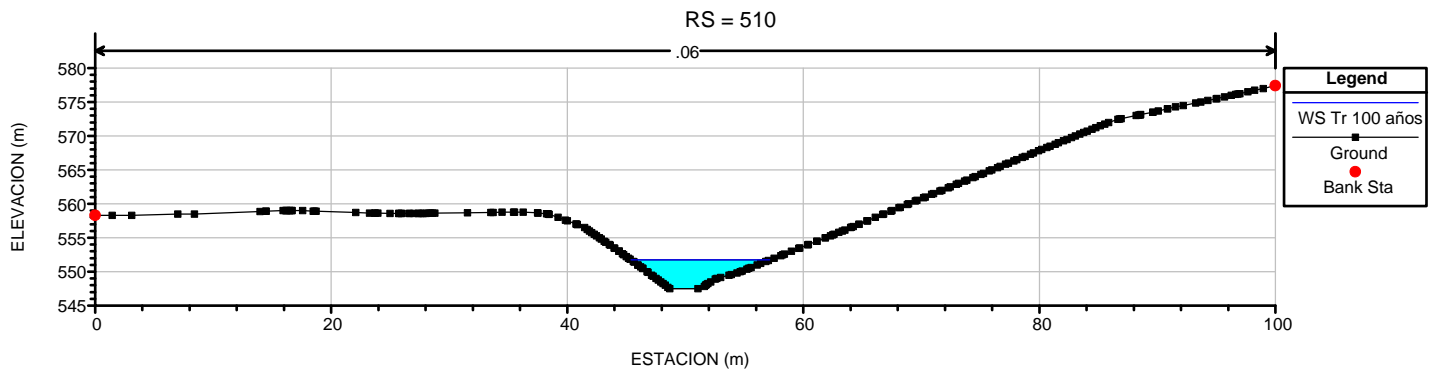


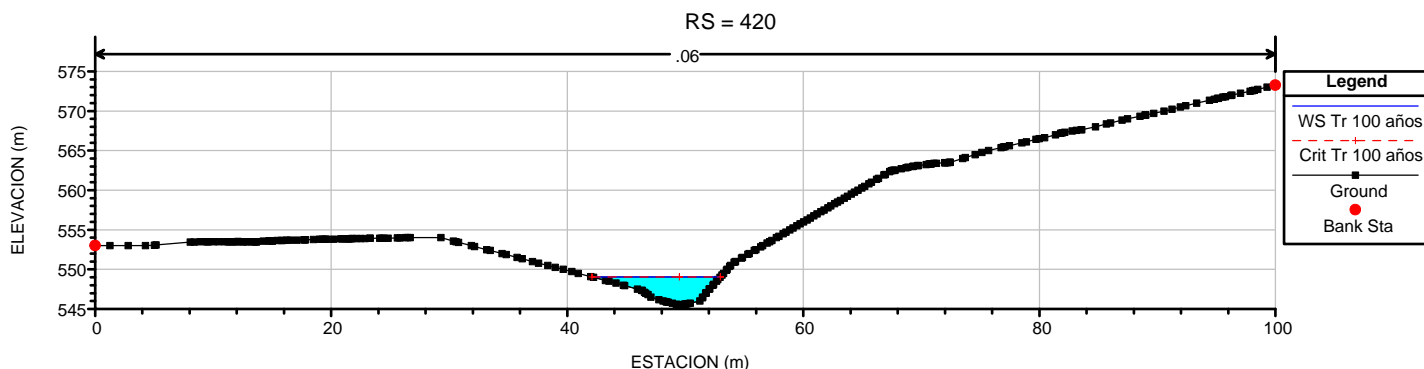
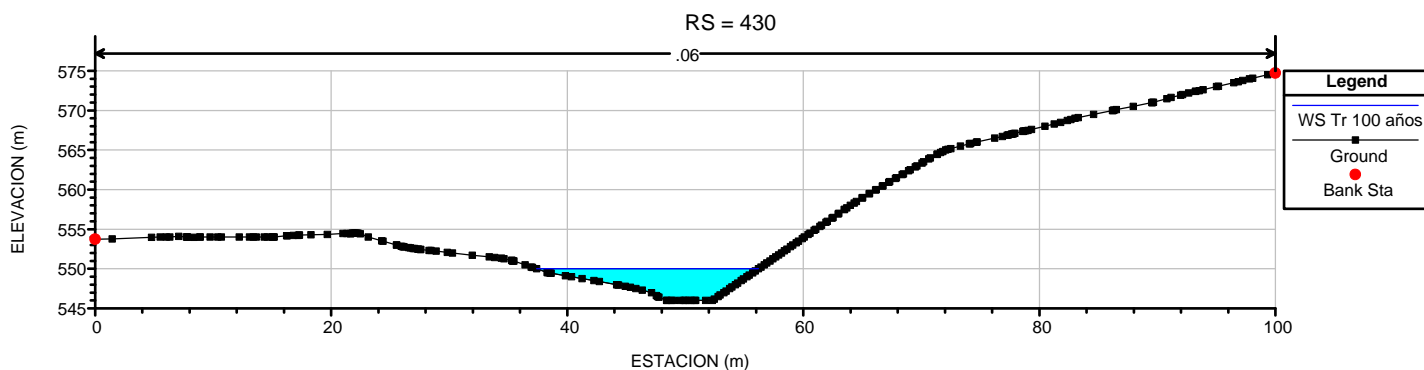
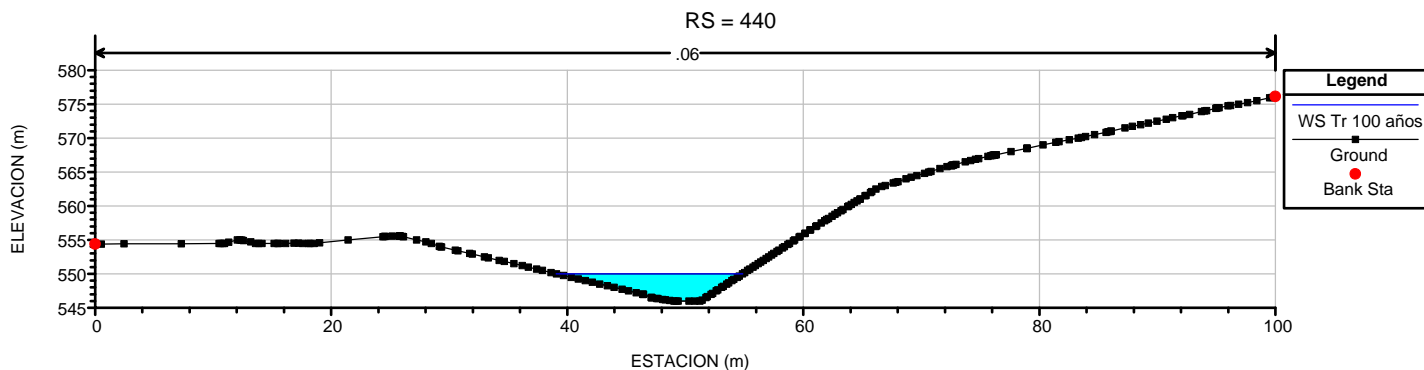
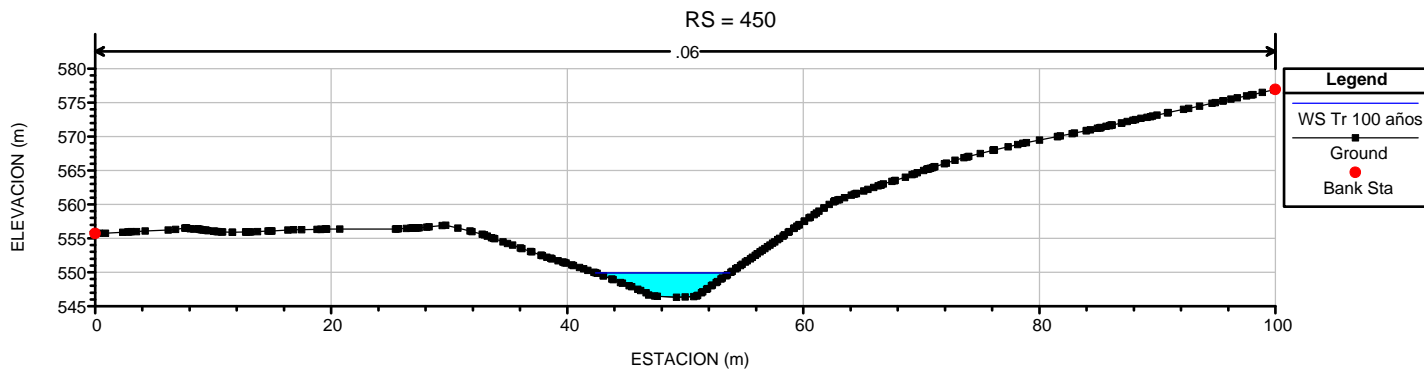
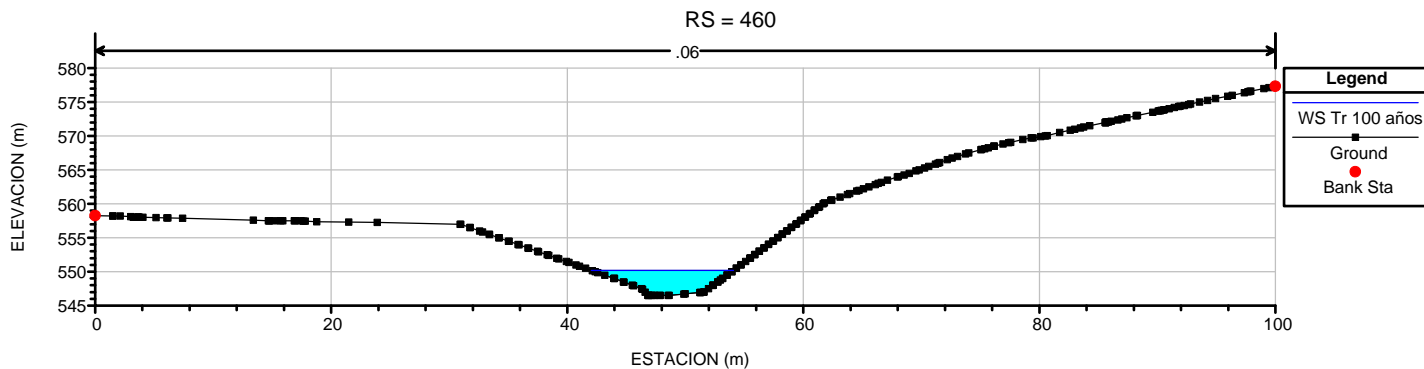


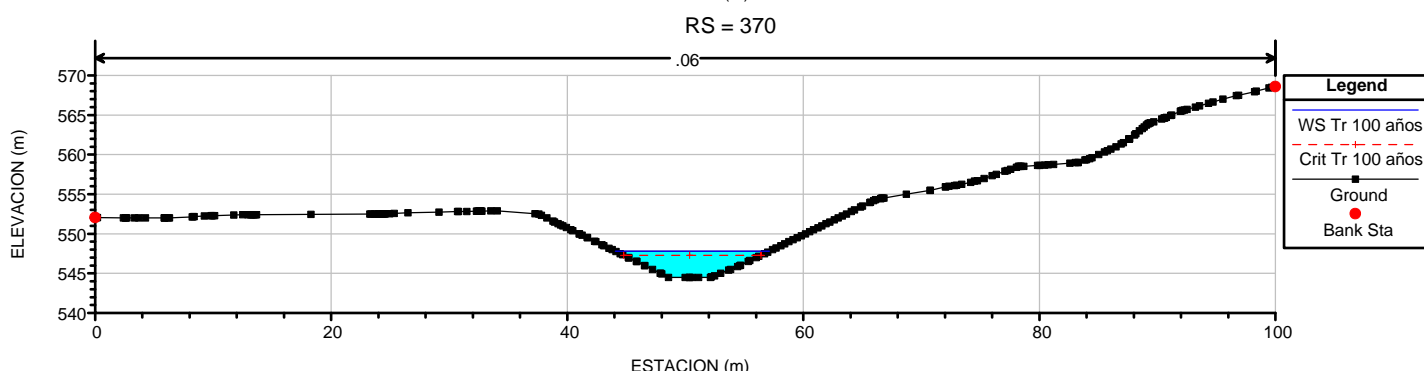
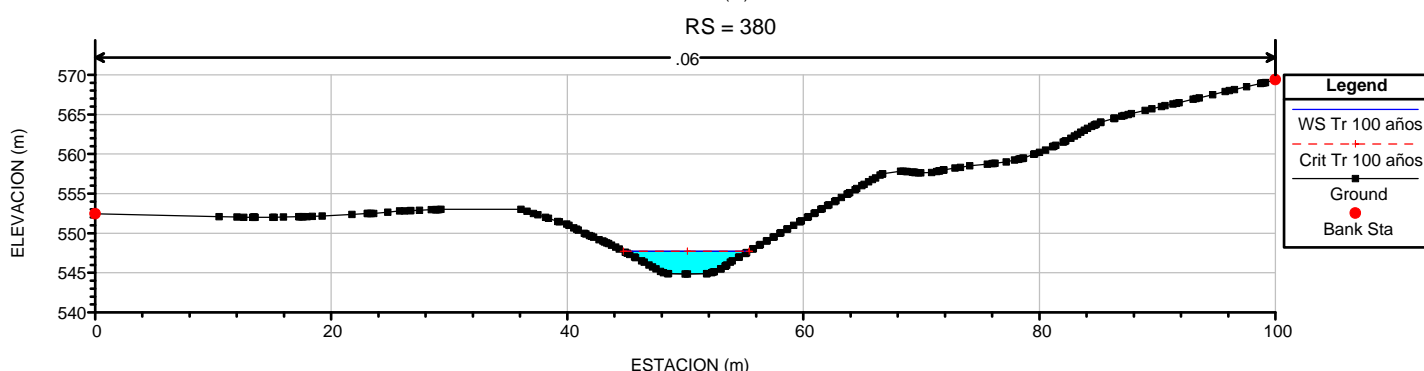
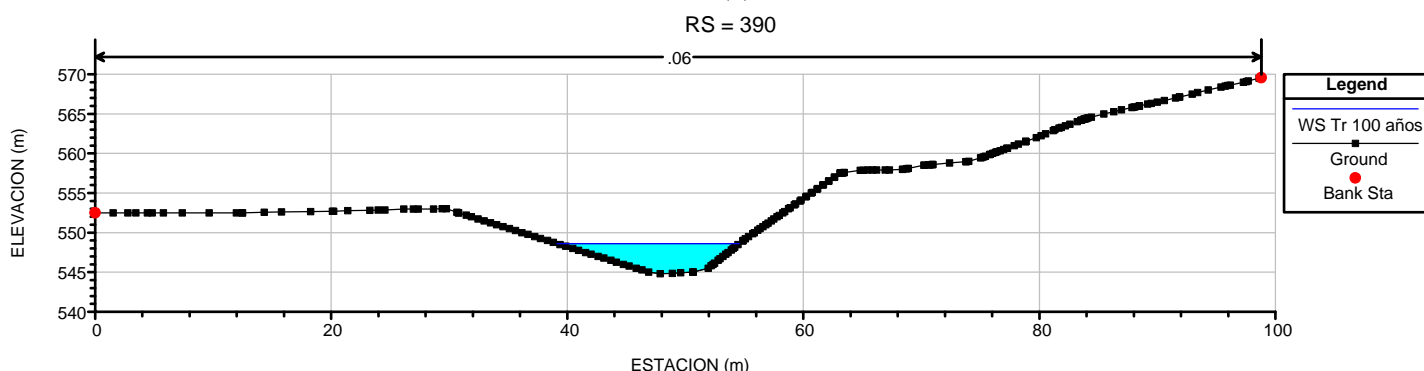
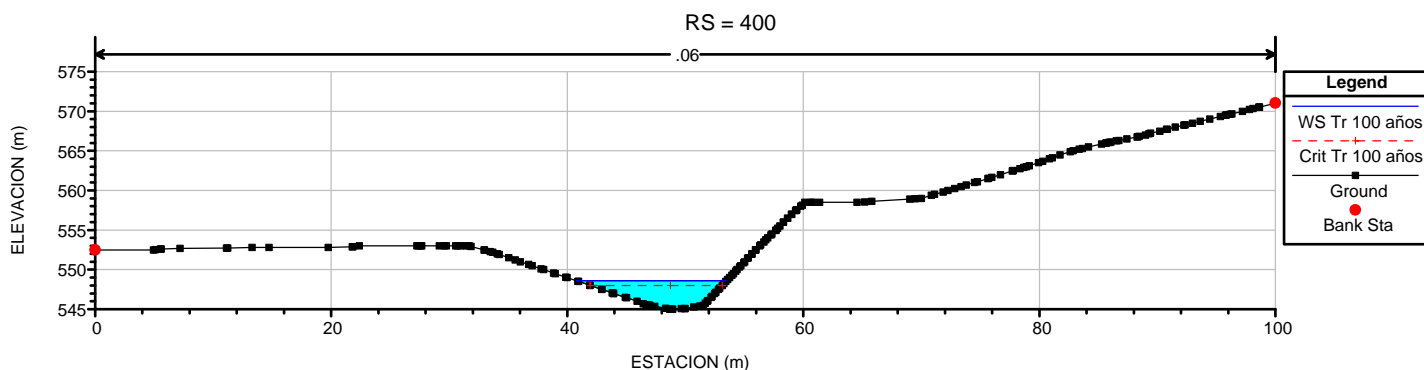
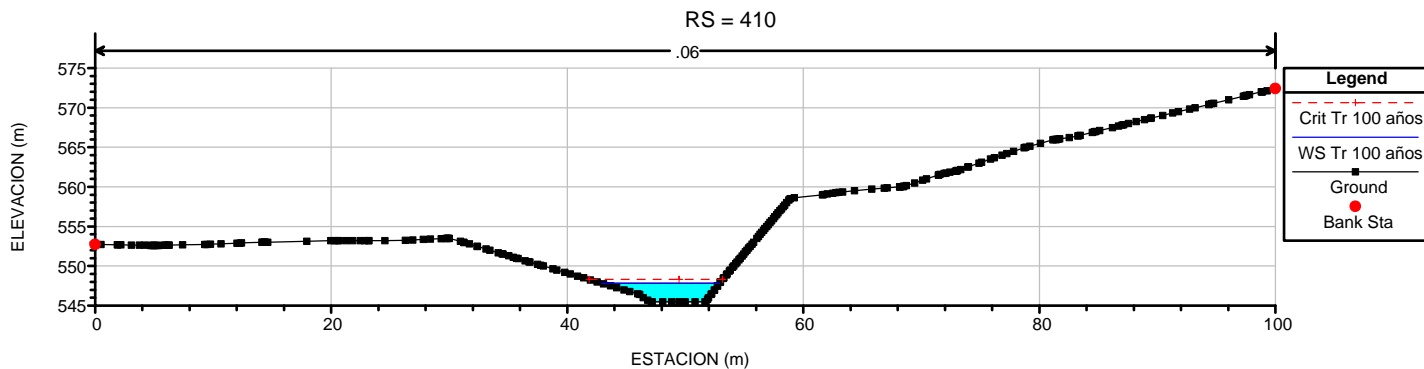


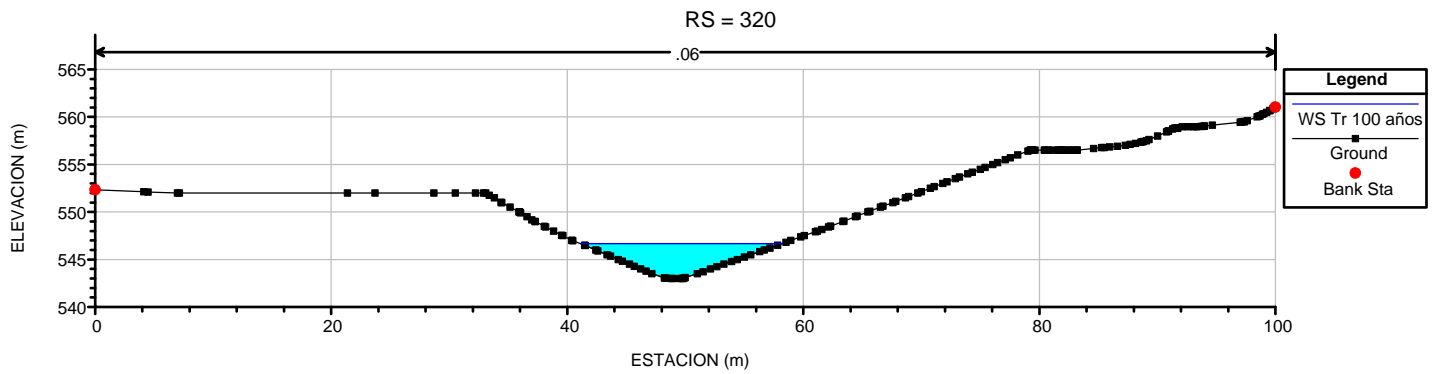
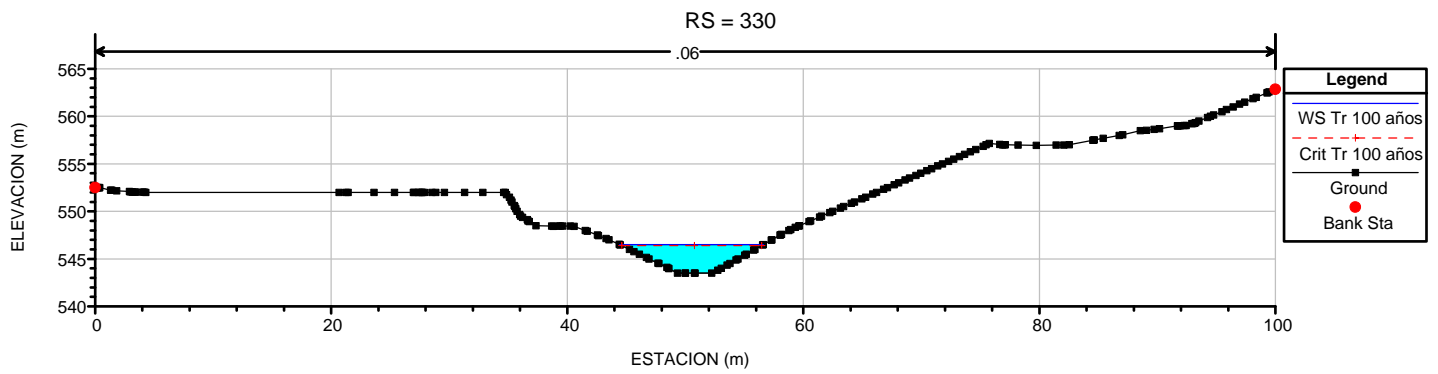
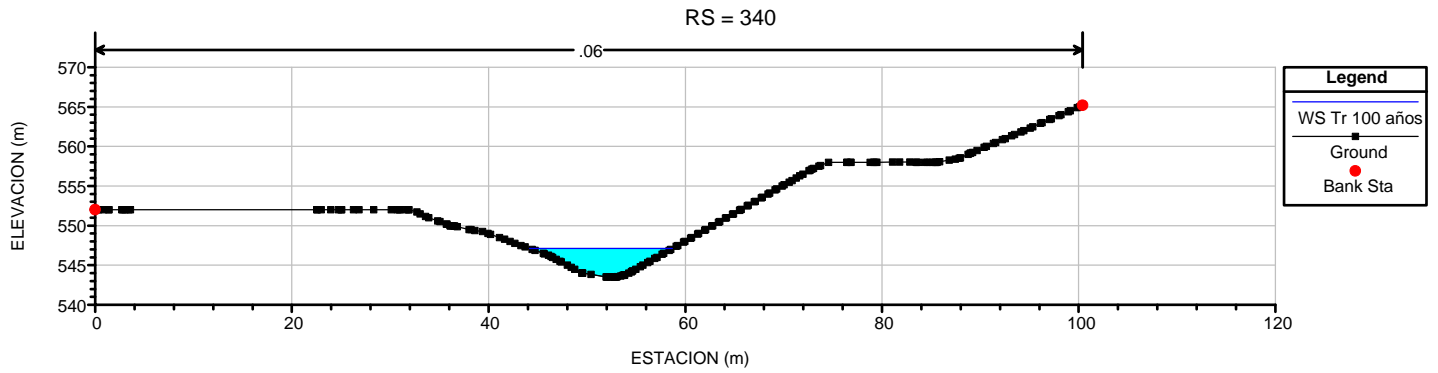
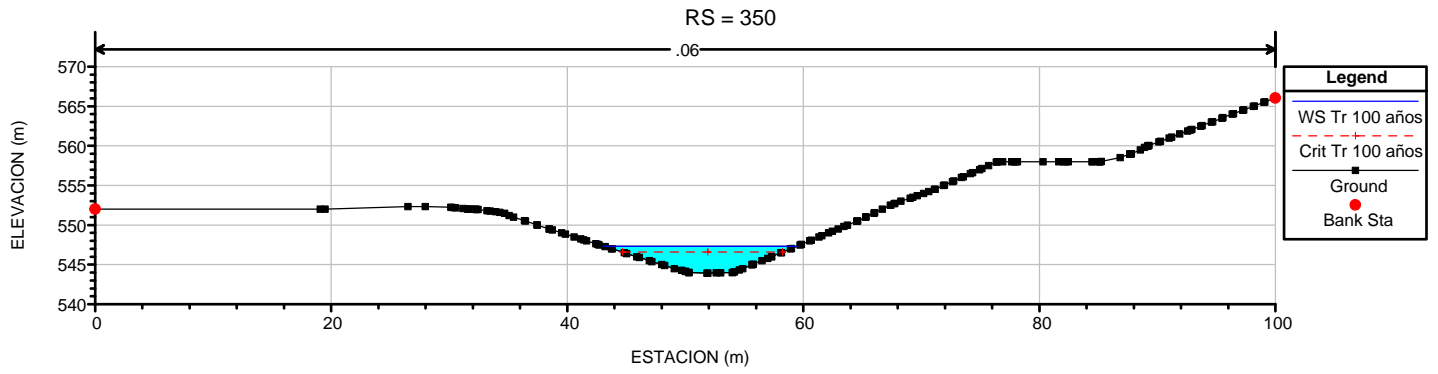
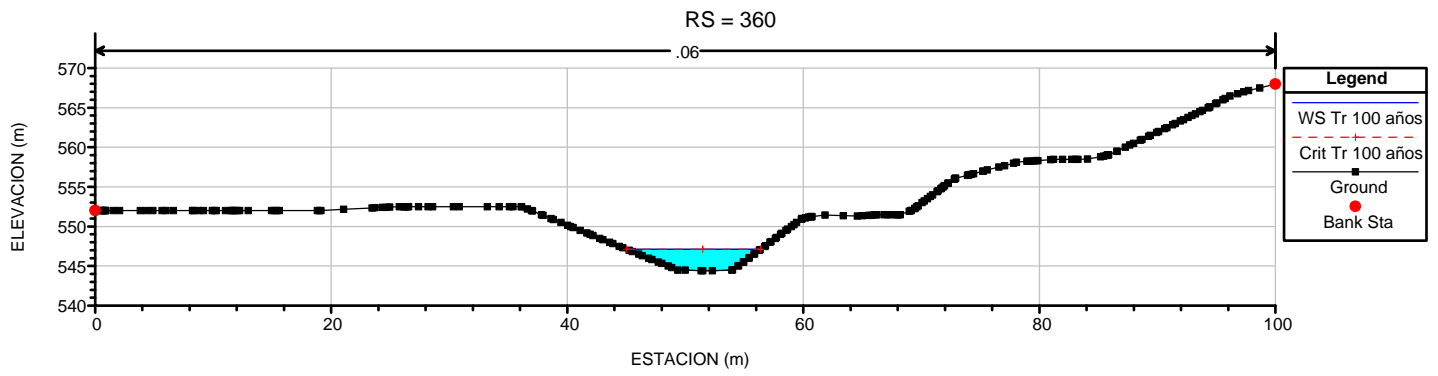


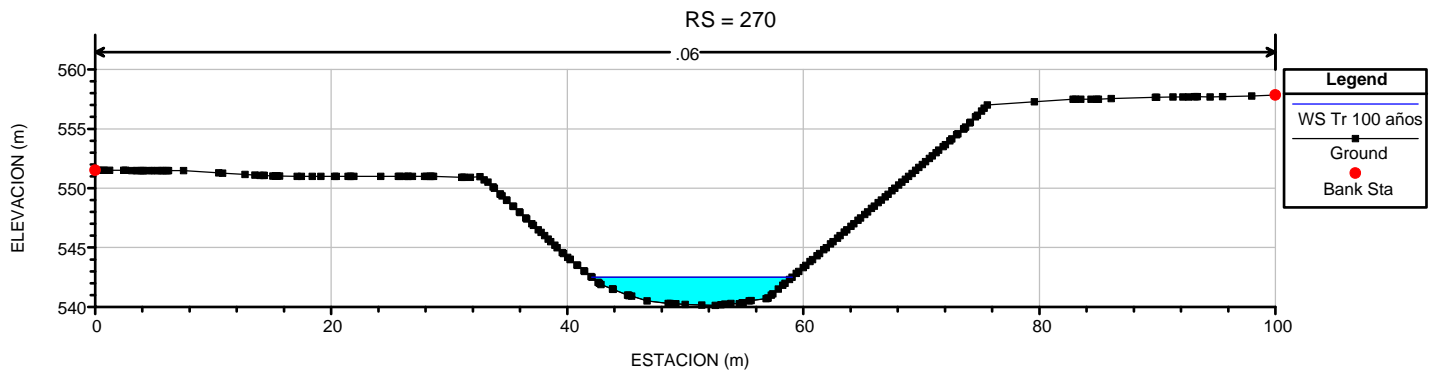
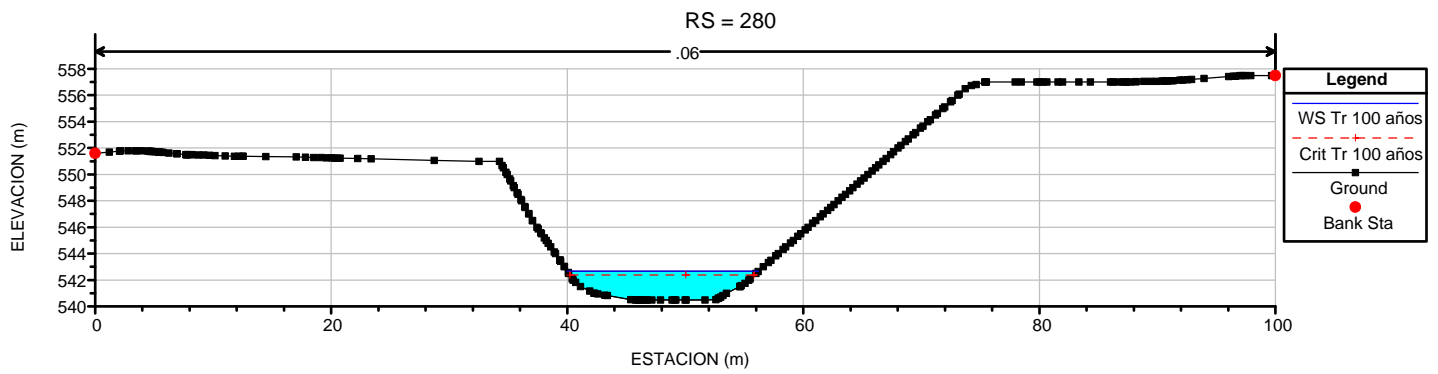
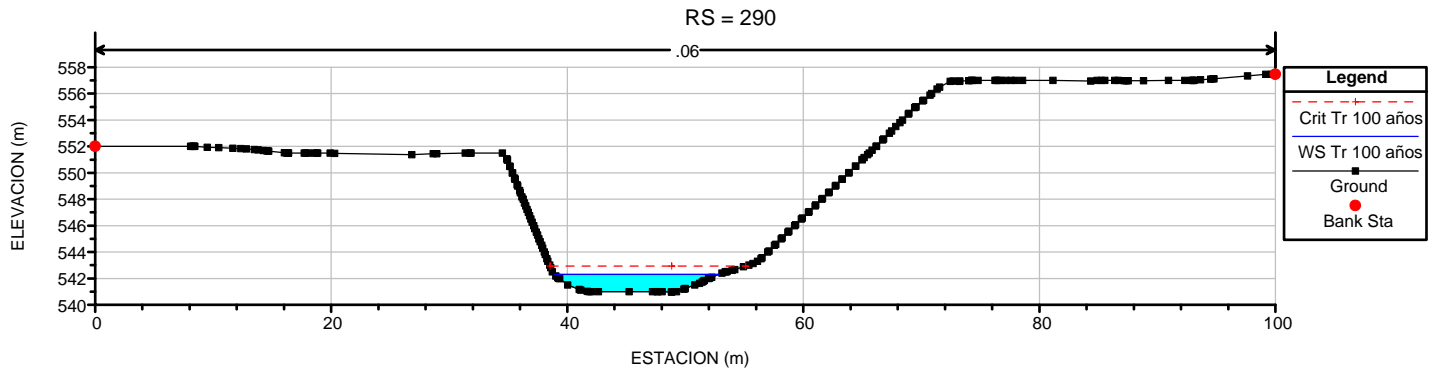
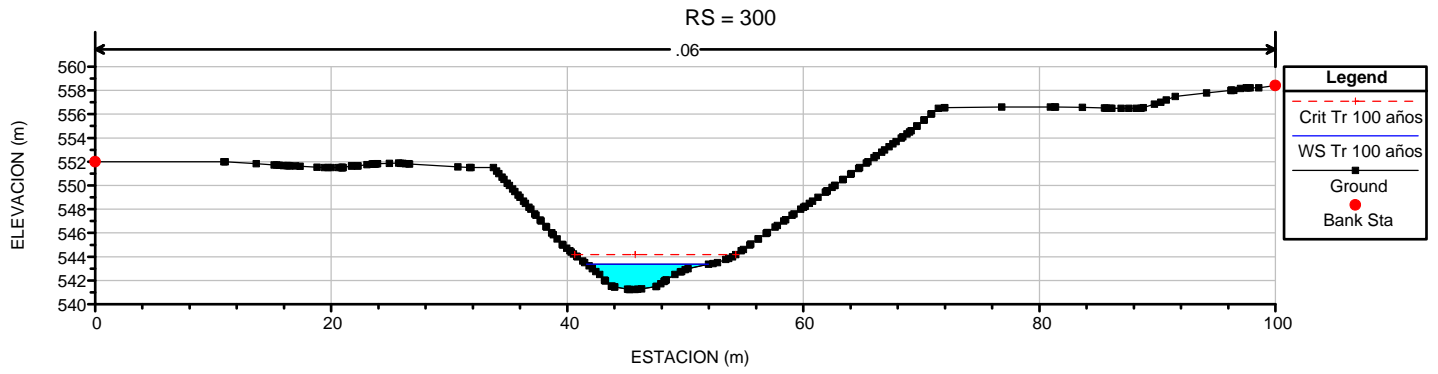
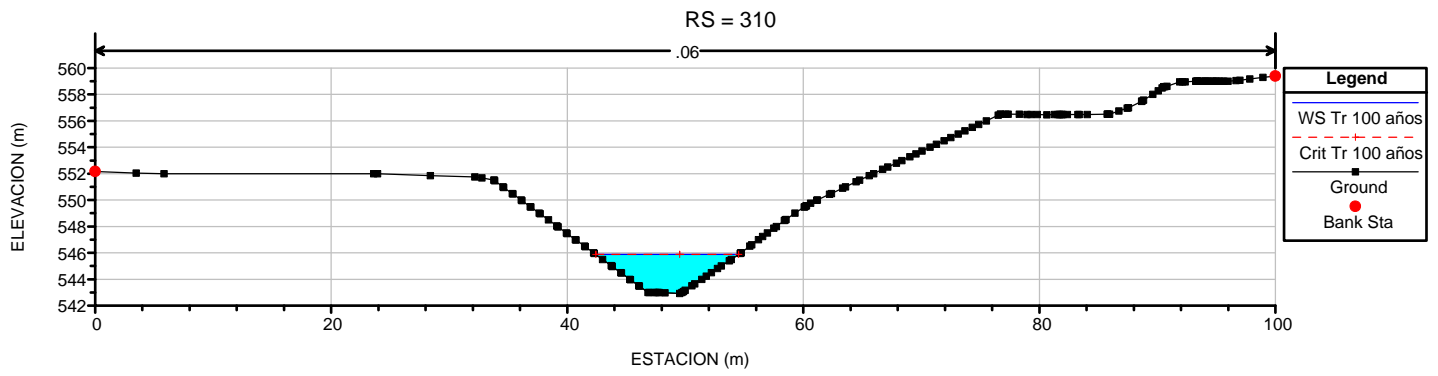


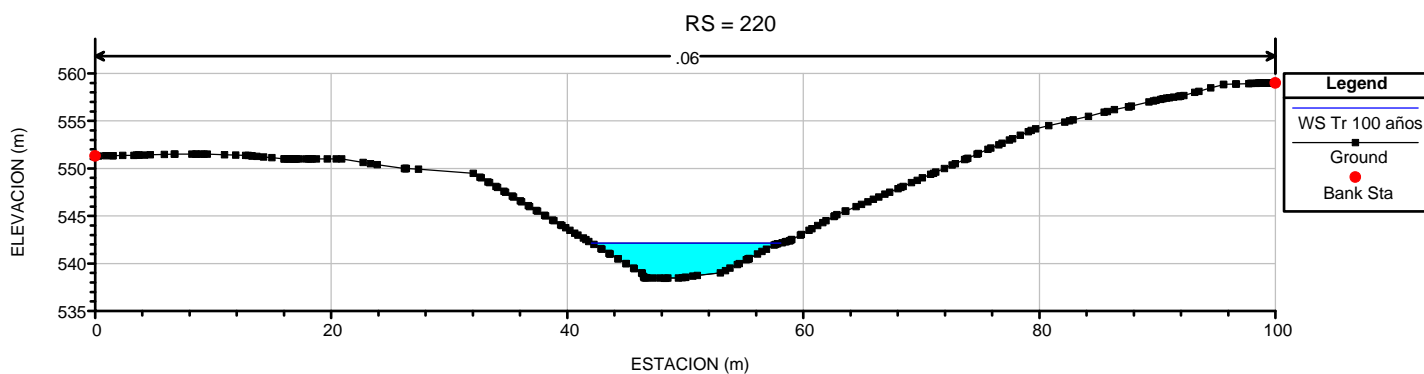
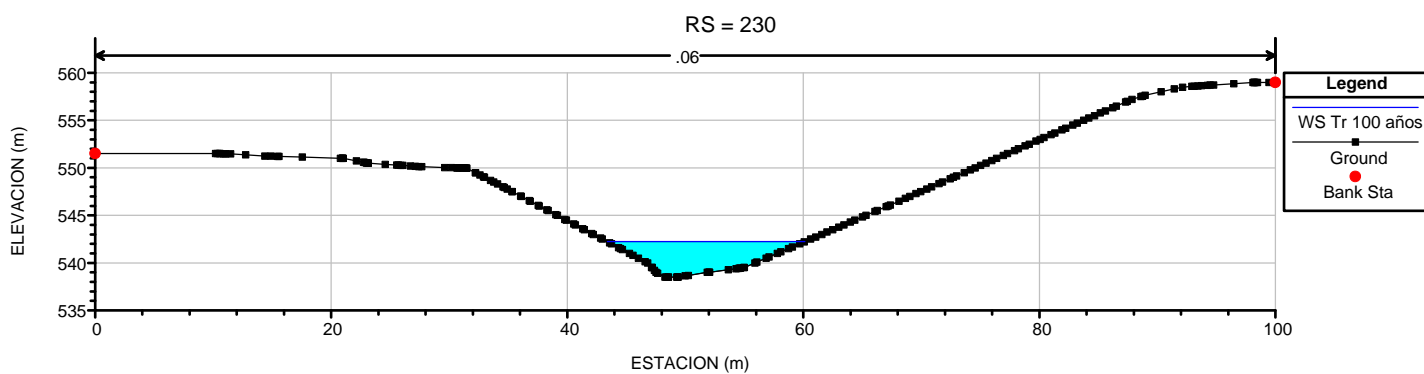
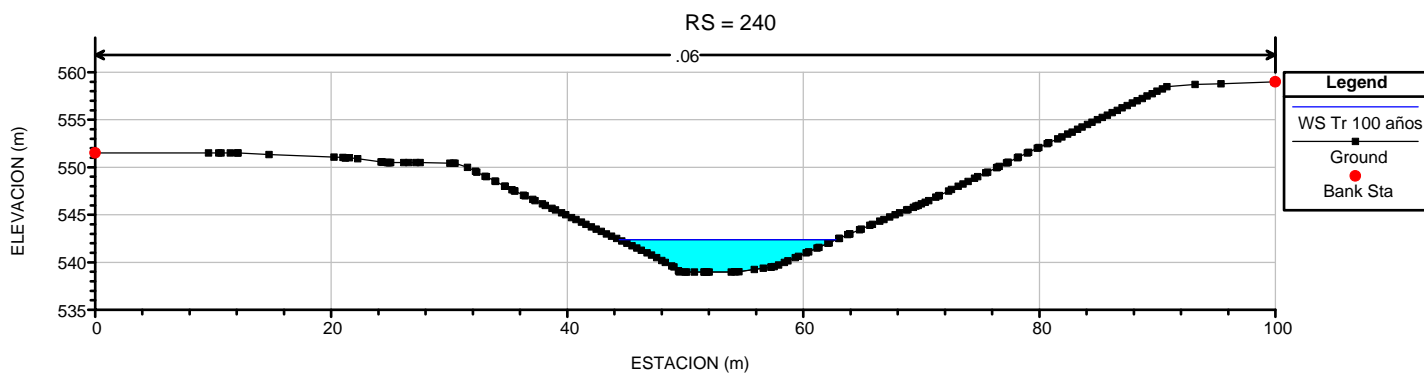
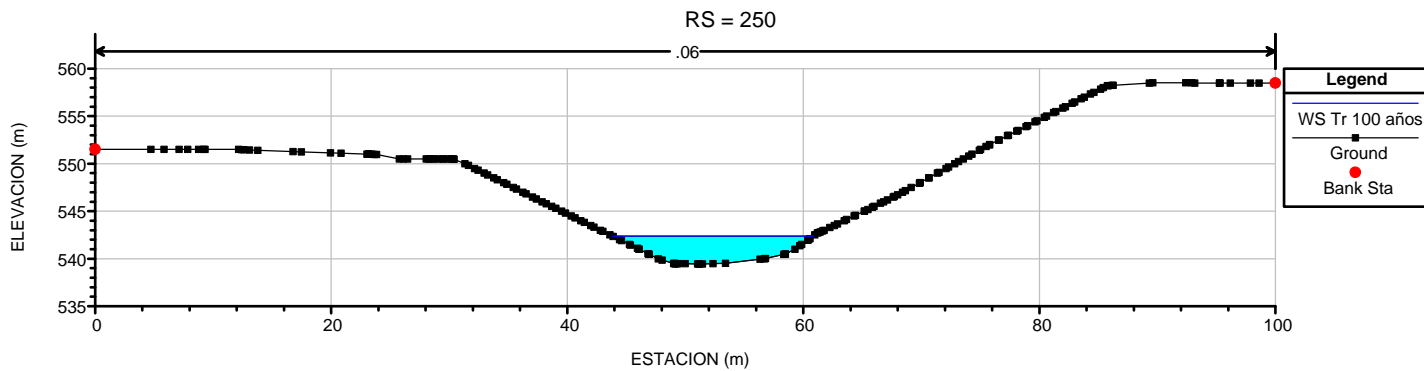
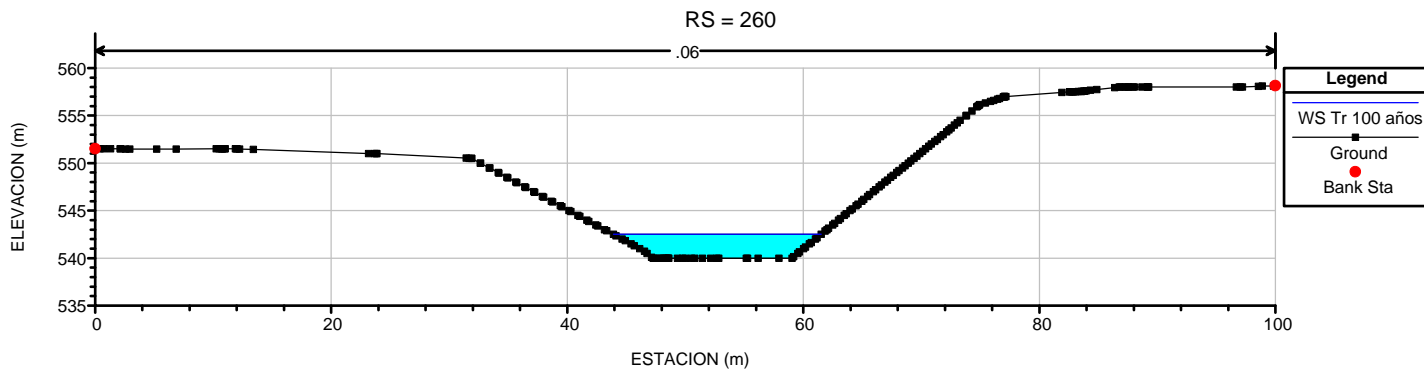




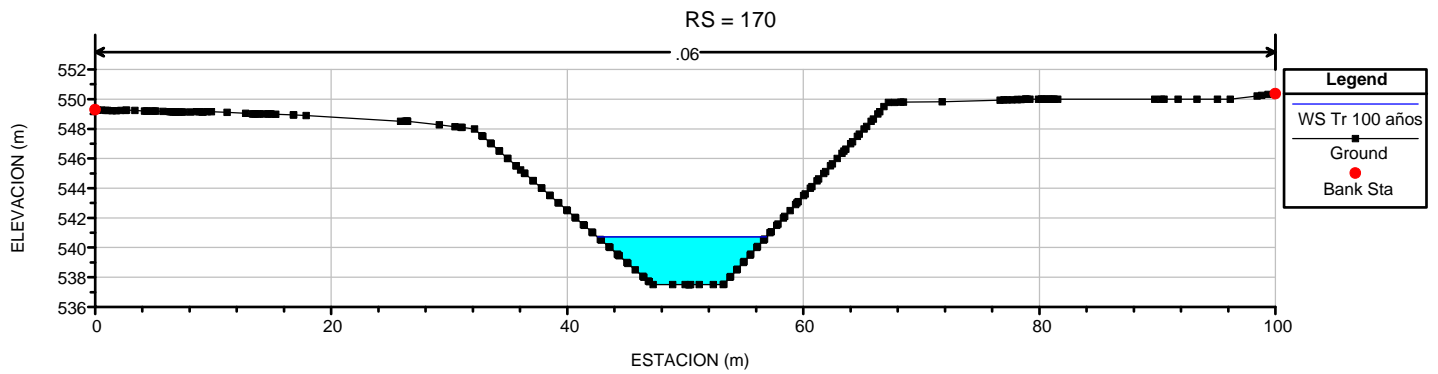
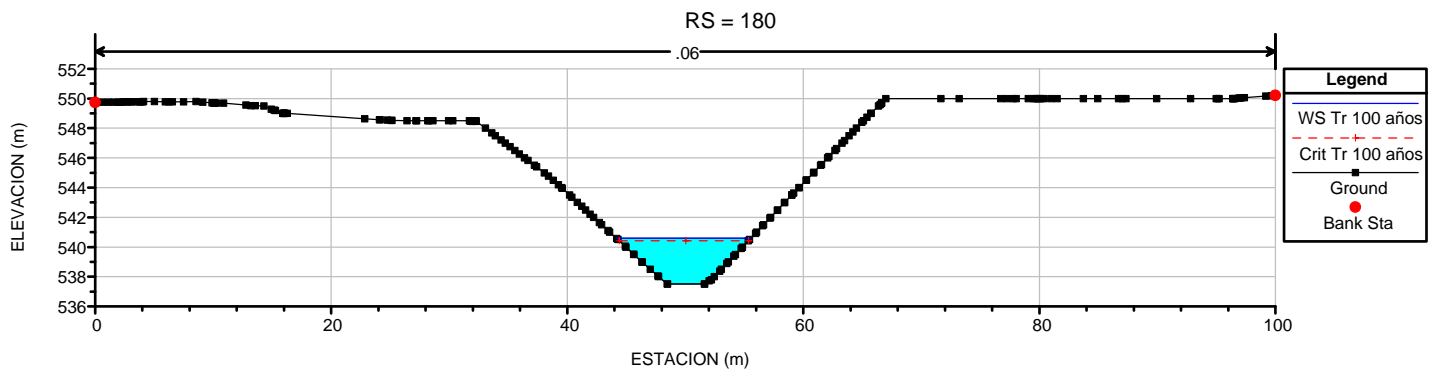
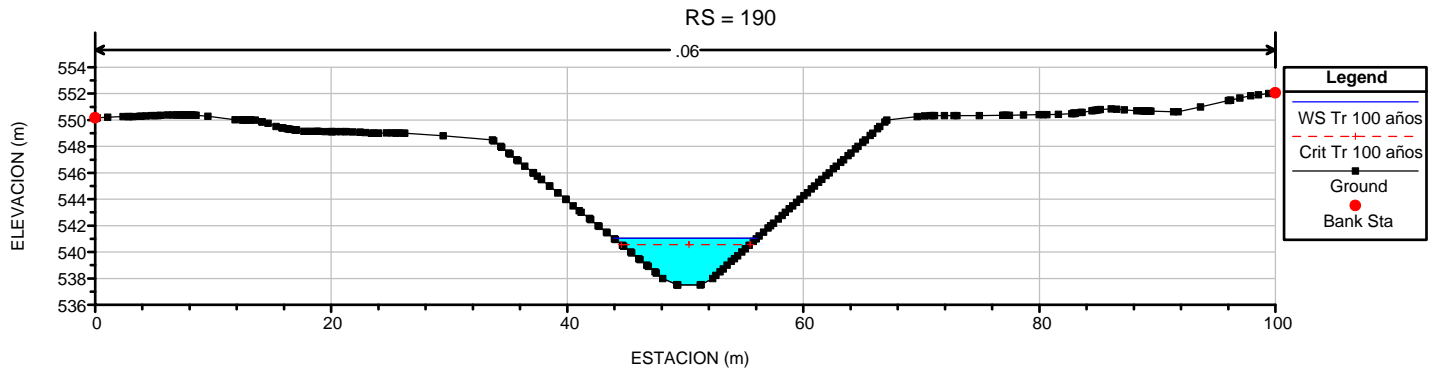
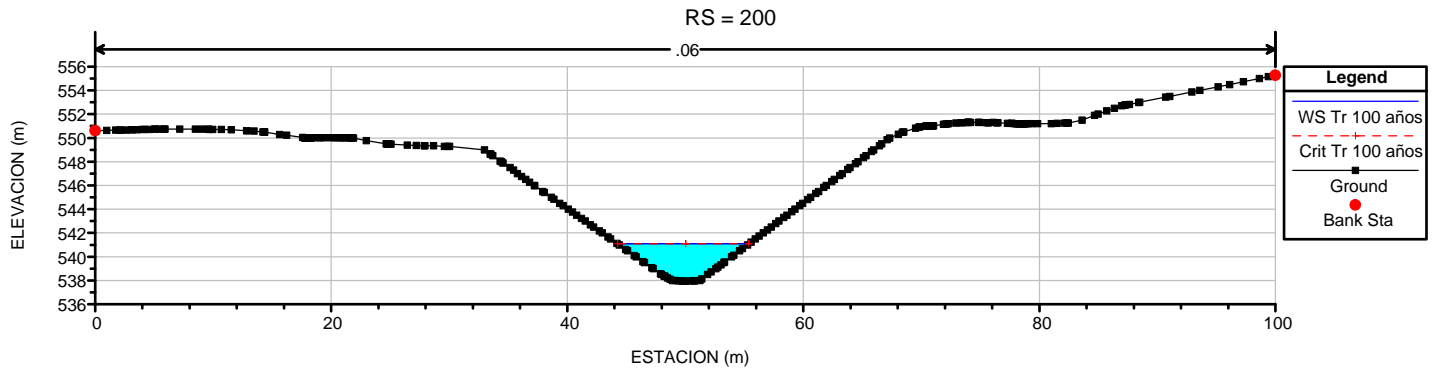
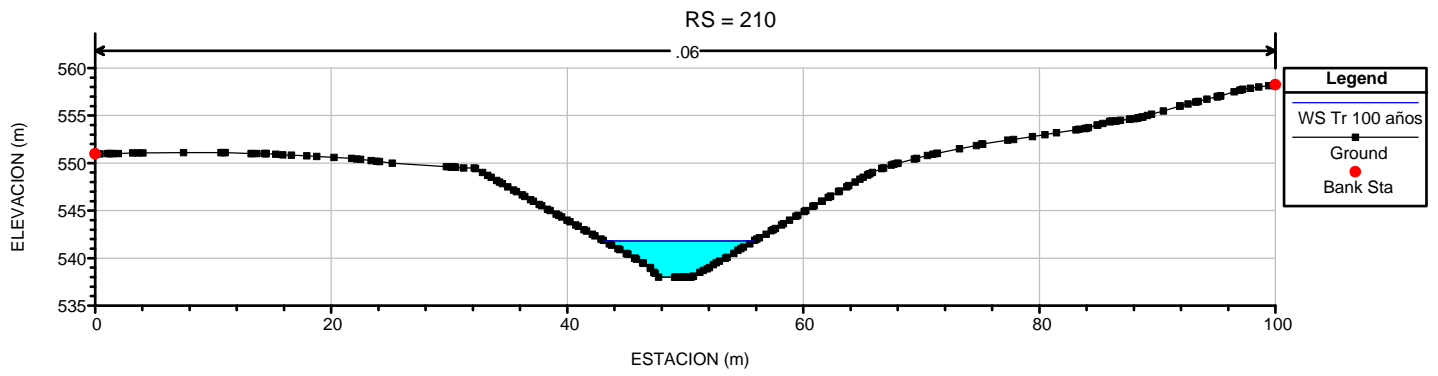


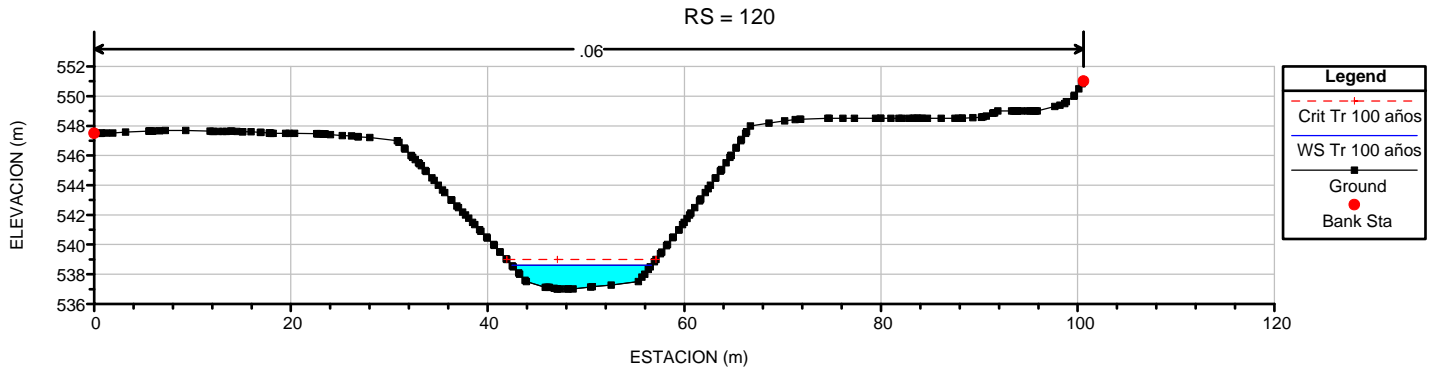
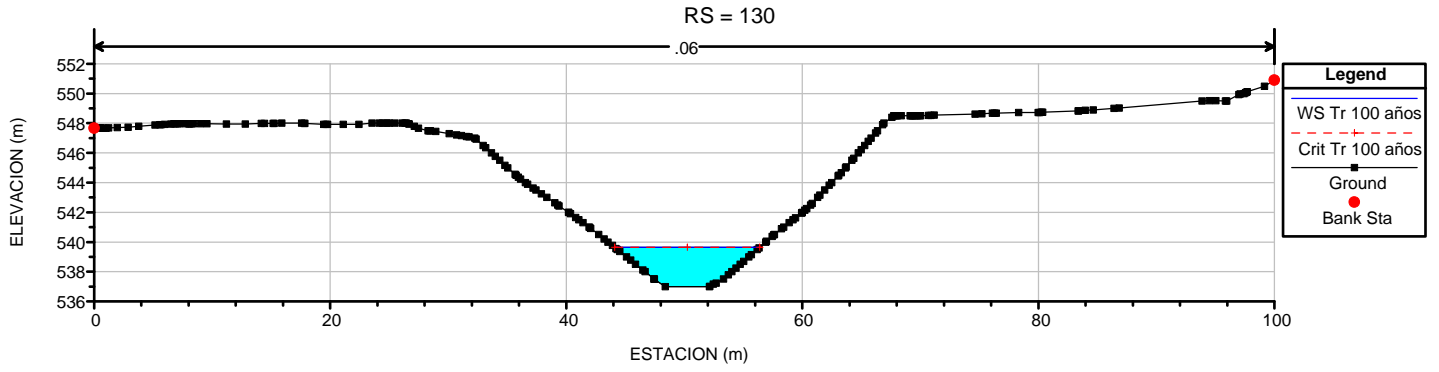
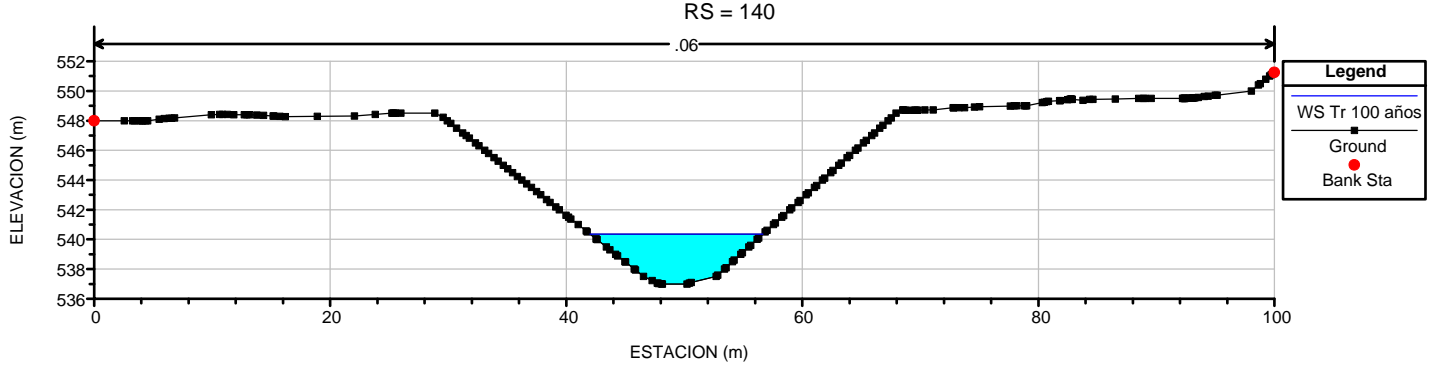
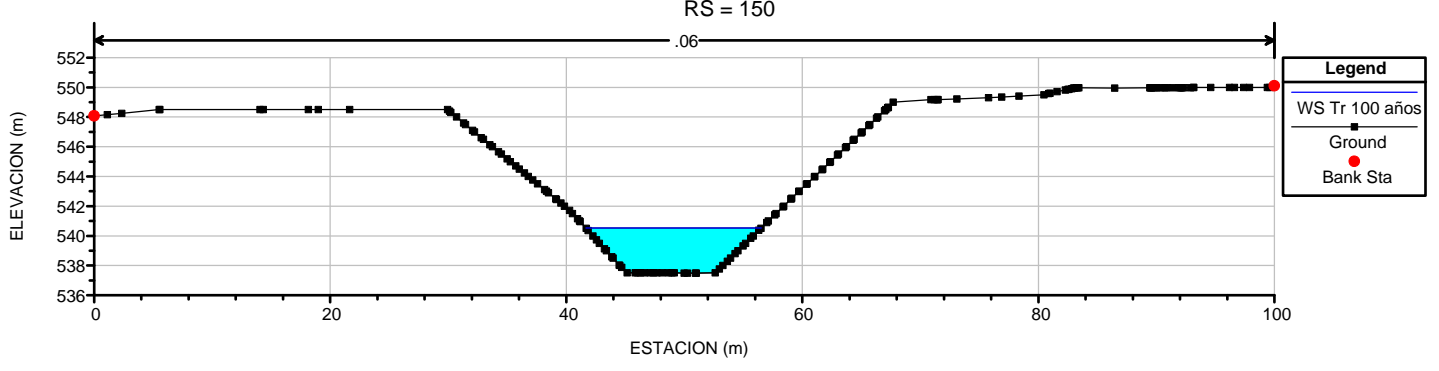
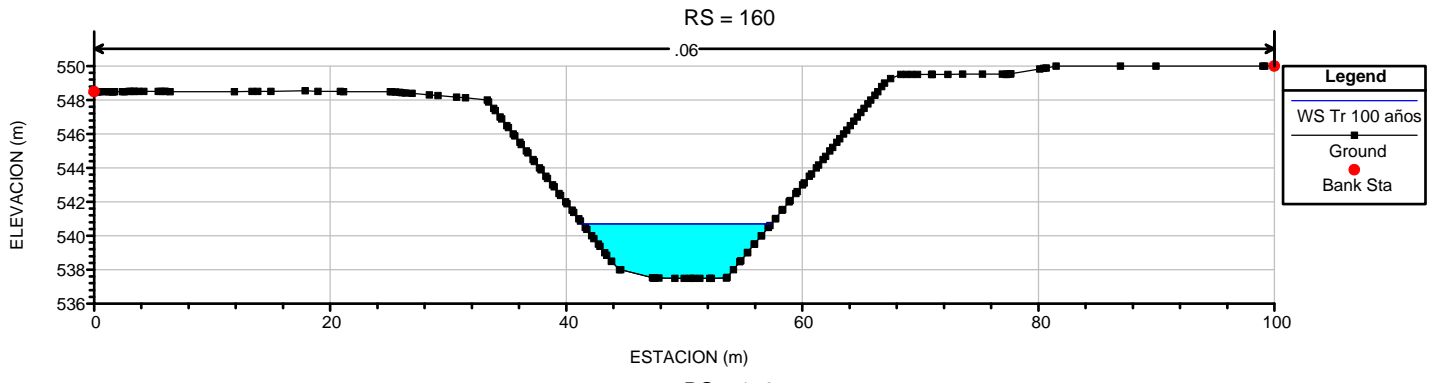


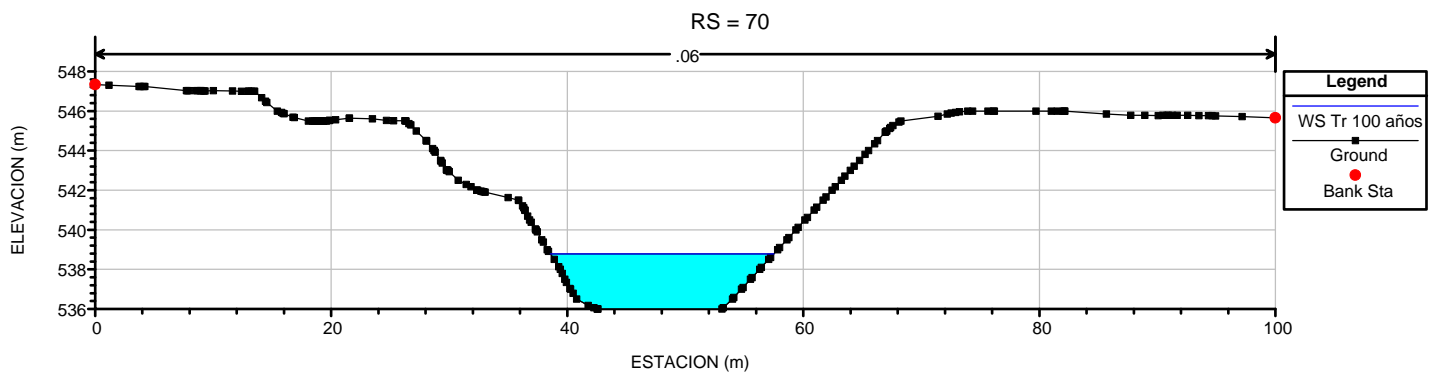
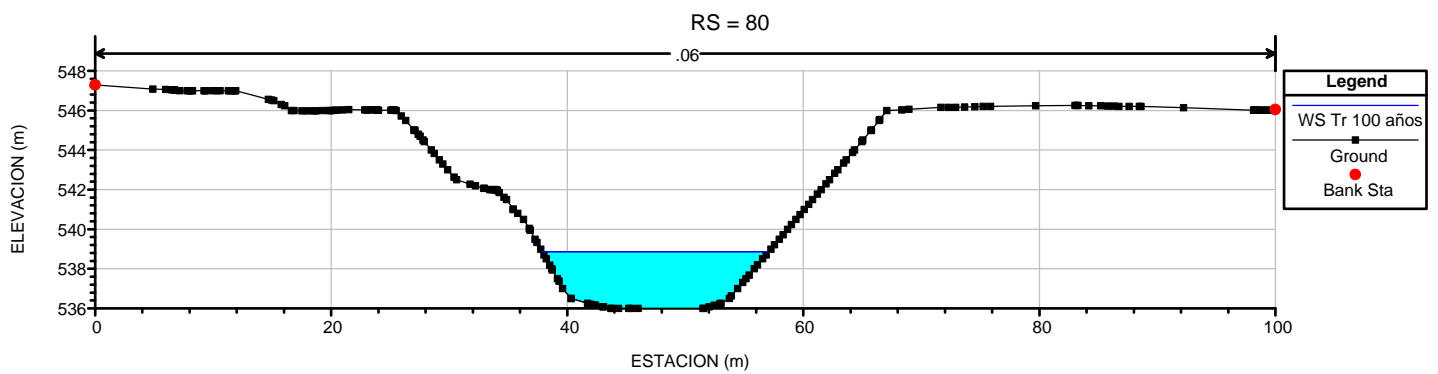
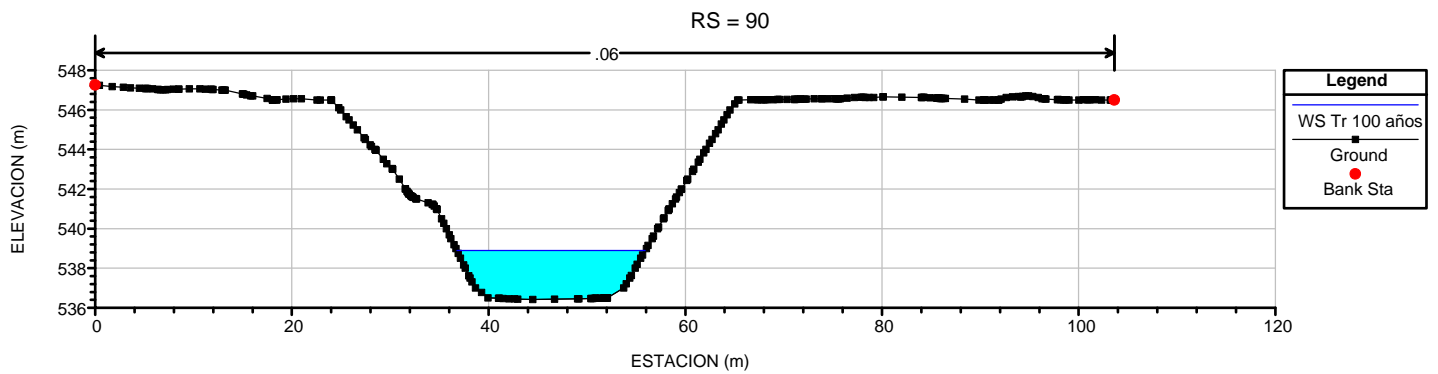
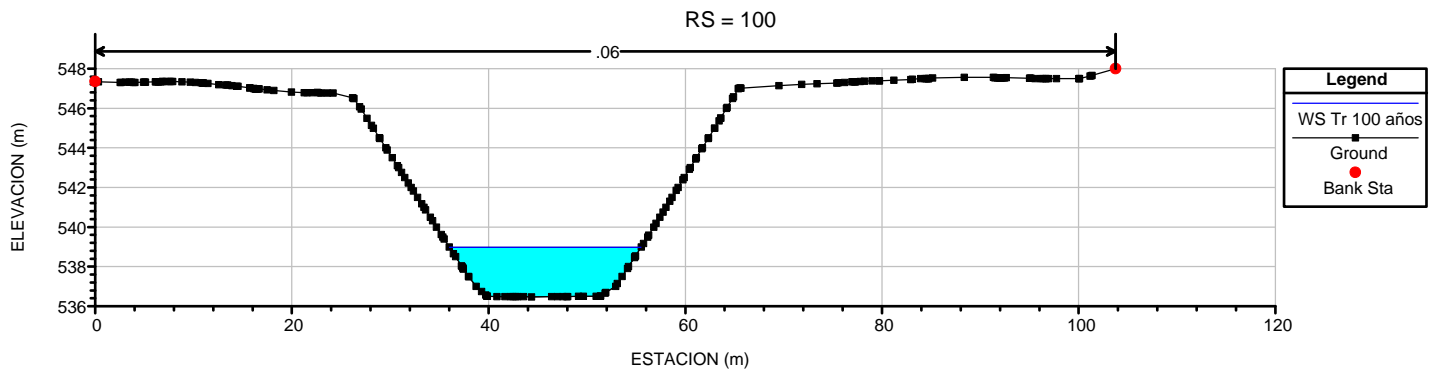
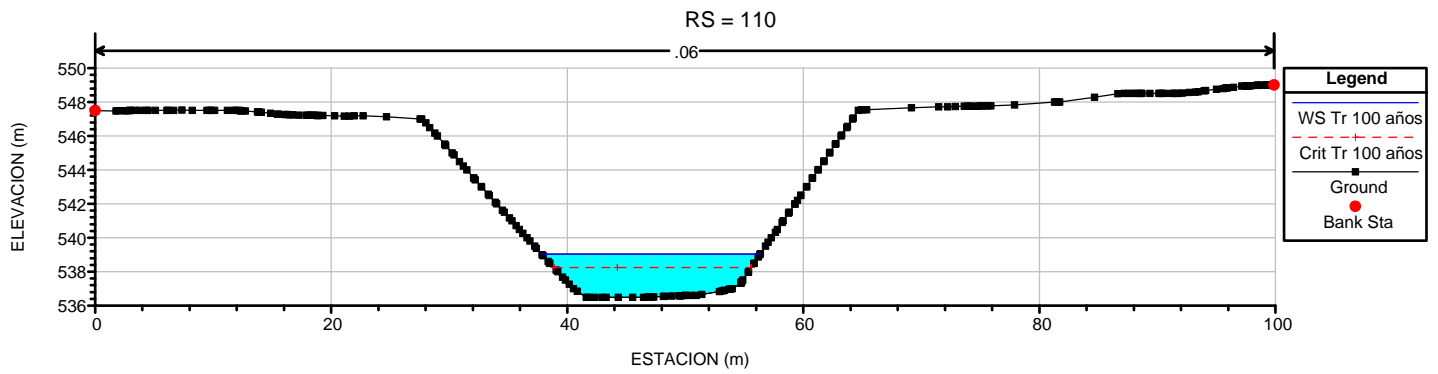


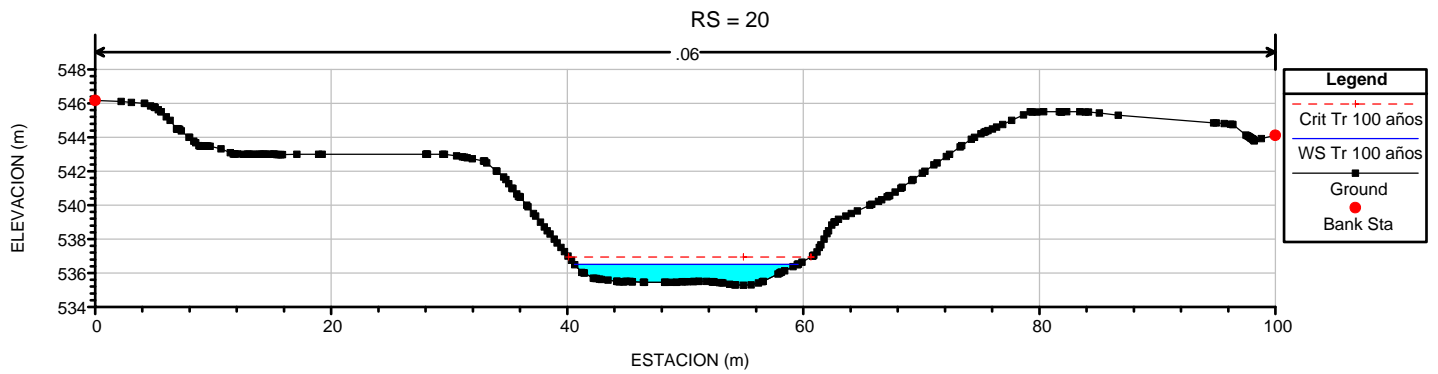
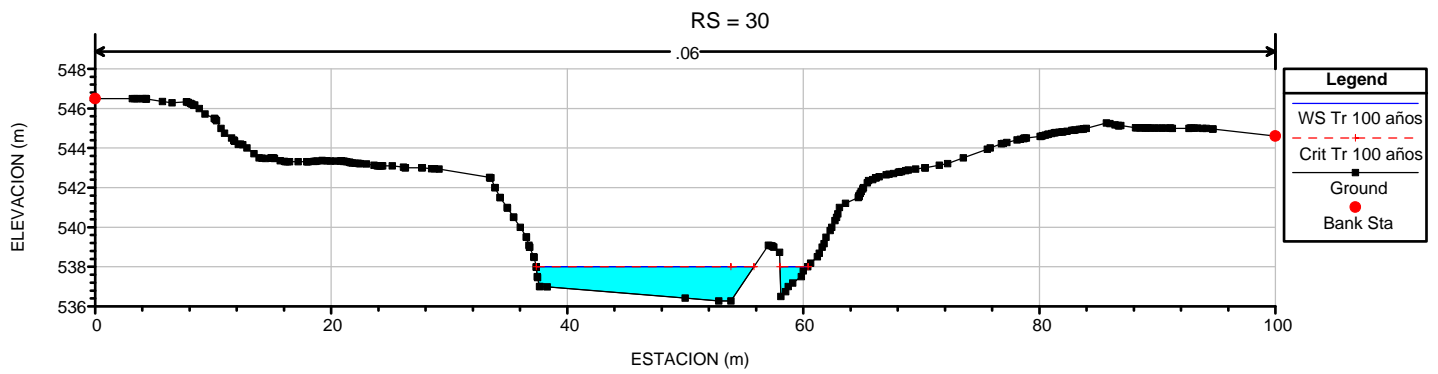
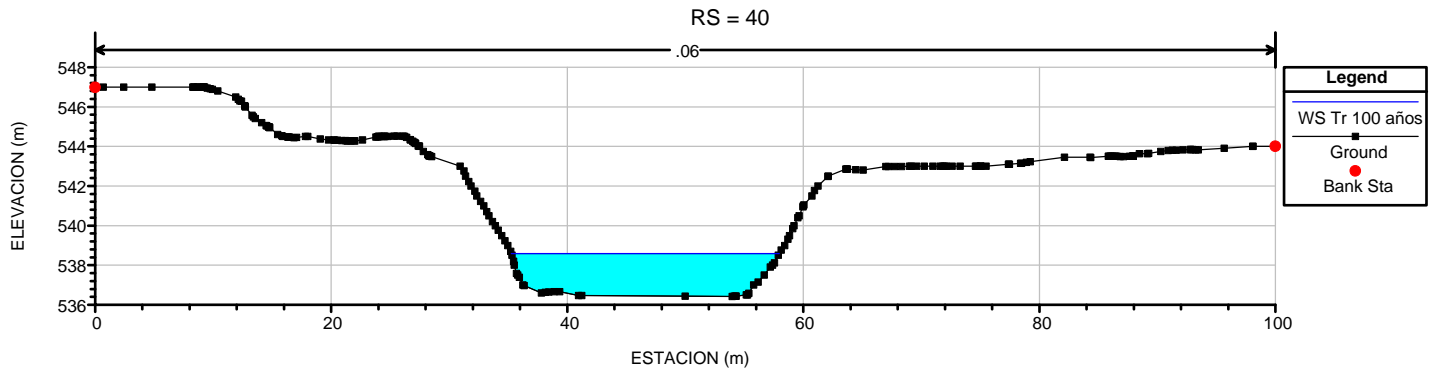
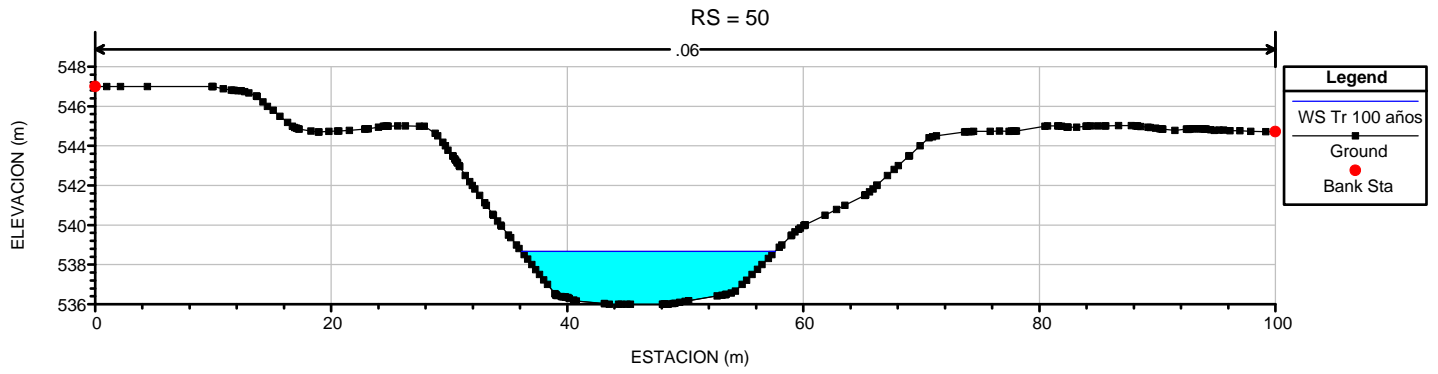
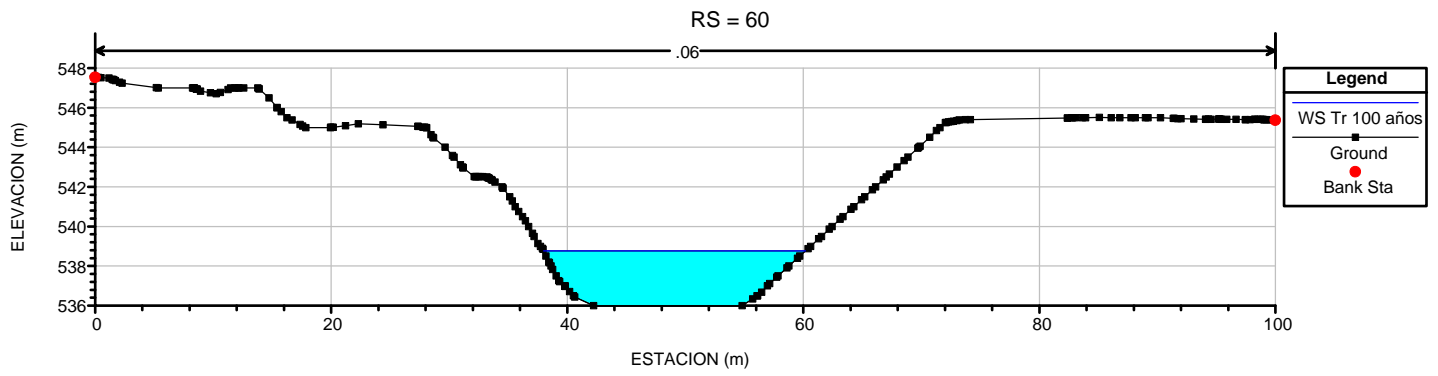


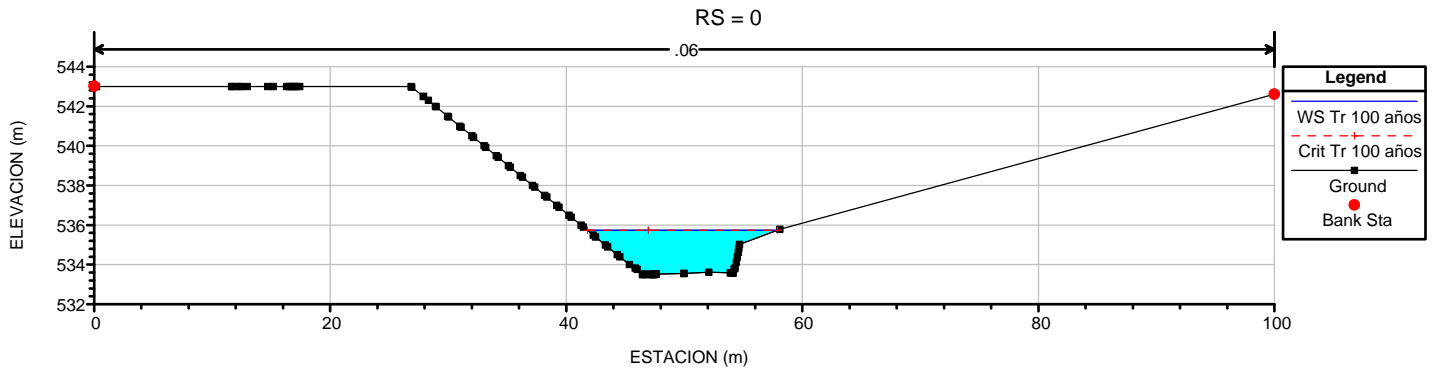
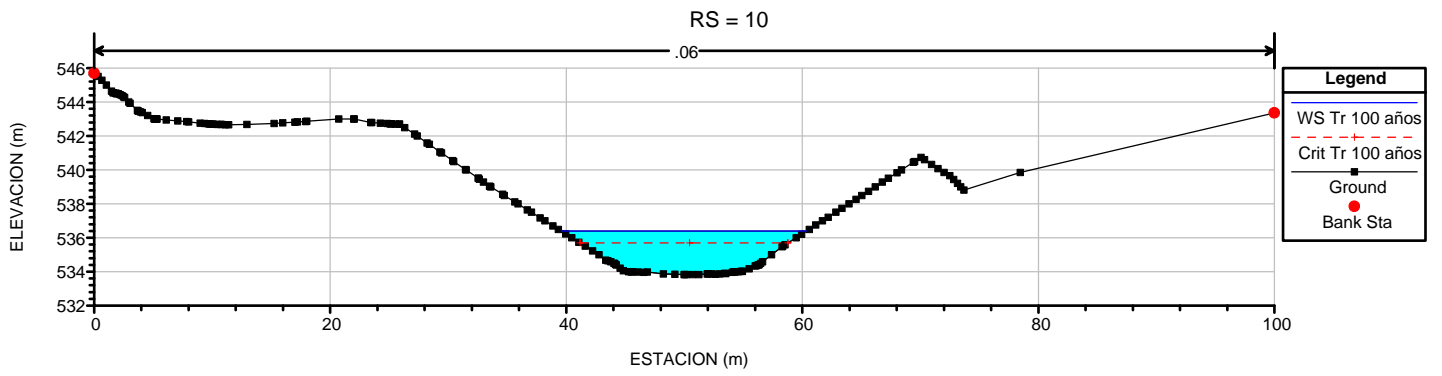




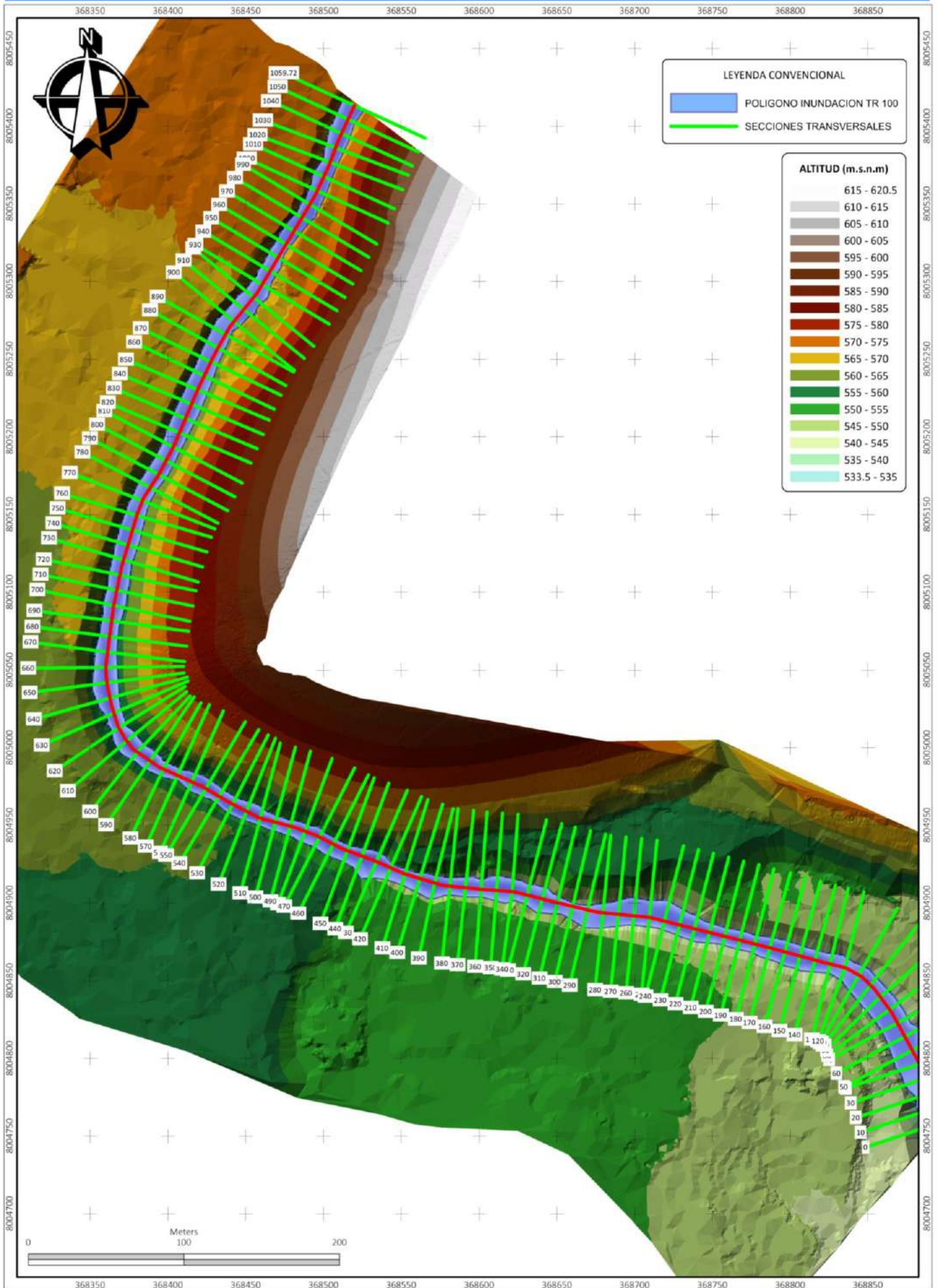








# MODELAMIENTO HIDRÁULICO - TR 100 AÑOS



## ANEXO 6.

FOTOGRAFIAS RIO CAPLINA SECTOR RIO SECO, DISTRITO G. ALBARRACIN  
LANCHIPA



Toma fotográfica del rio Caplina sector rio Seco, se puede apreciar el ancho del cauce y sus defensas en su km 600.00



Toma fotográfica del rio Caplina sector rio Seco, se puede apreciar el deslizamiento de sus defensas





Se puede apreciar la socavación de los laterales del río



Vista desde la parte superior del río cercano al puente



Viviendas cercanas al río y socavación en sus laterales



Viviendas en la asociación el puentecito que están cerca al río



Derrumbes y estrechos del cauce del río



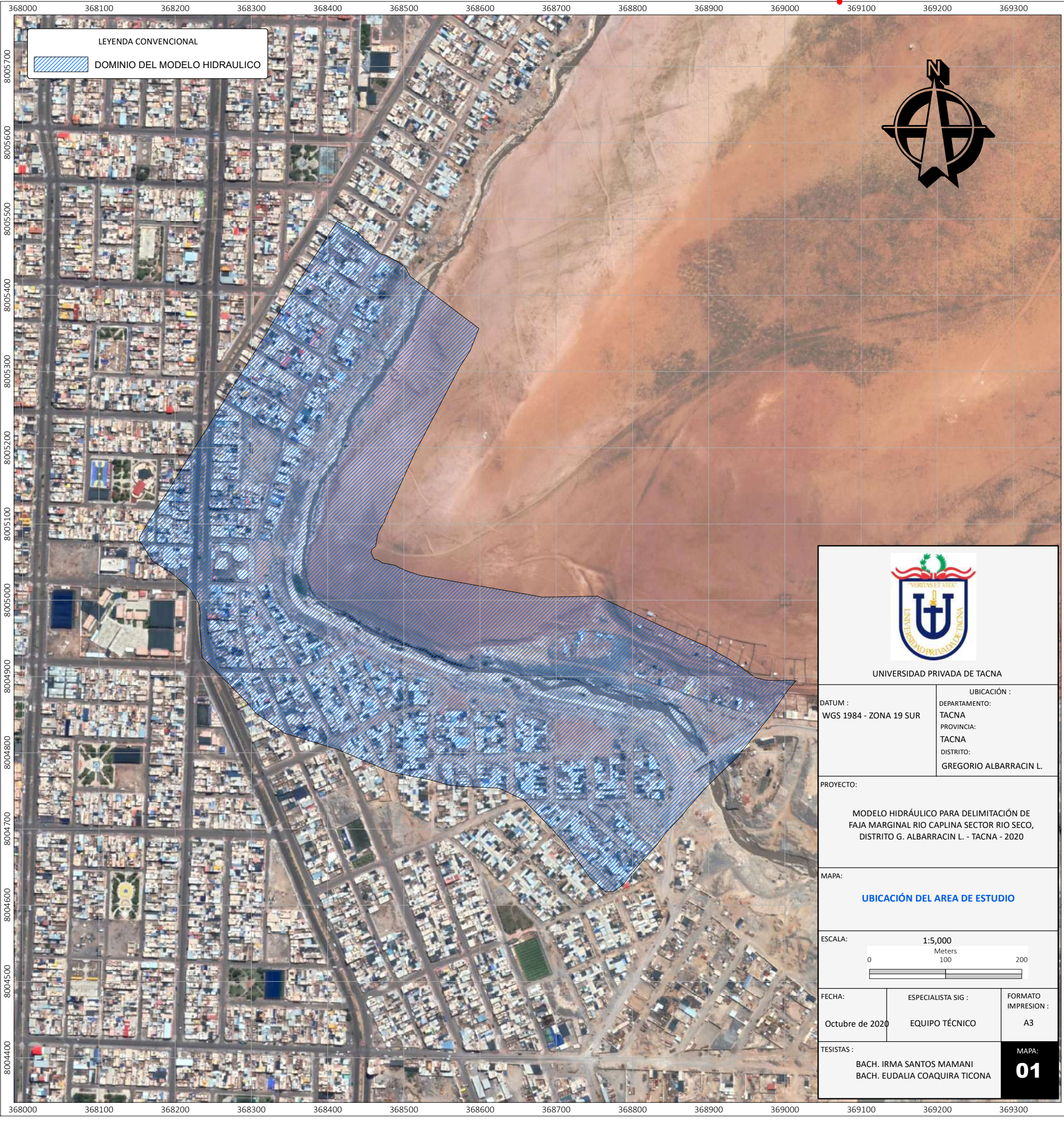
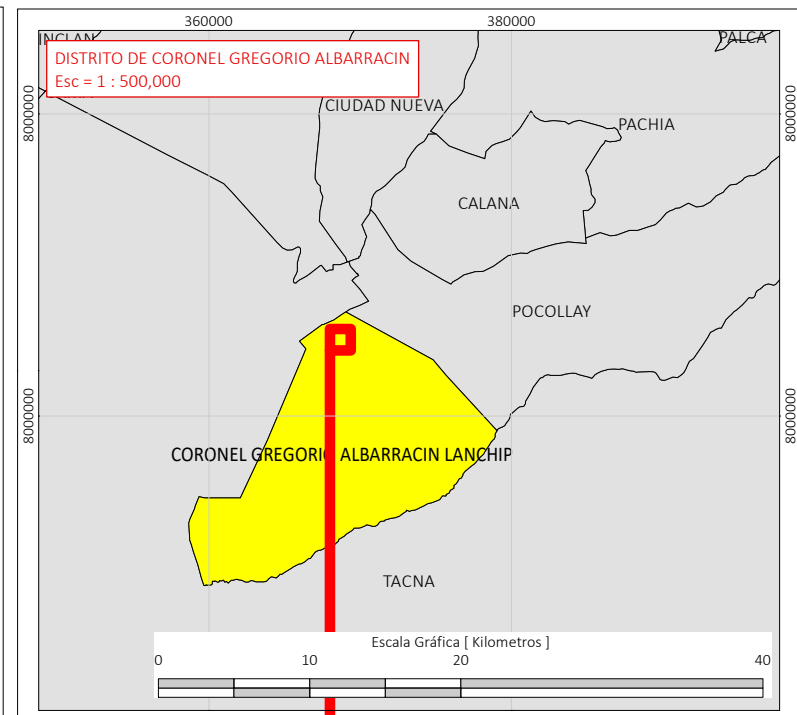
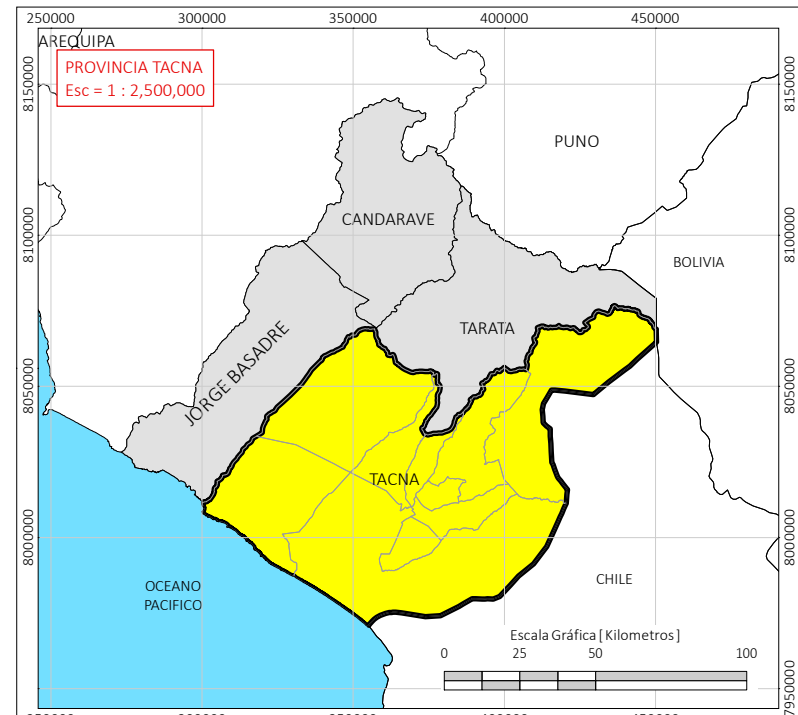
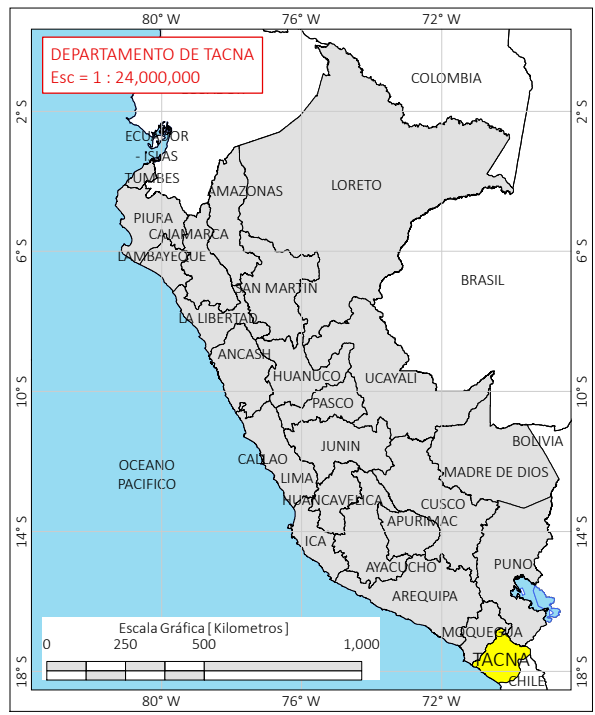
Desprendimiento y socavación en el cauce del río




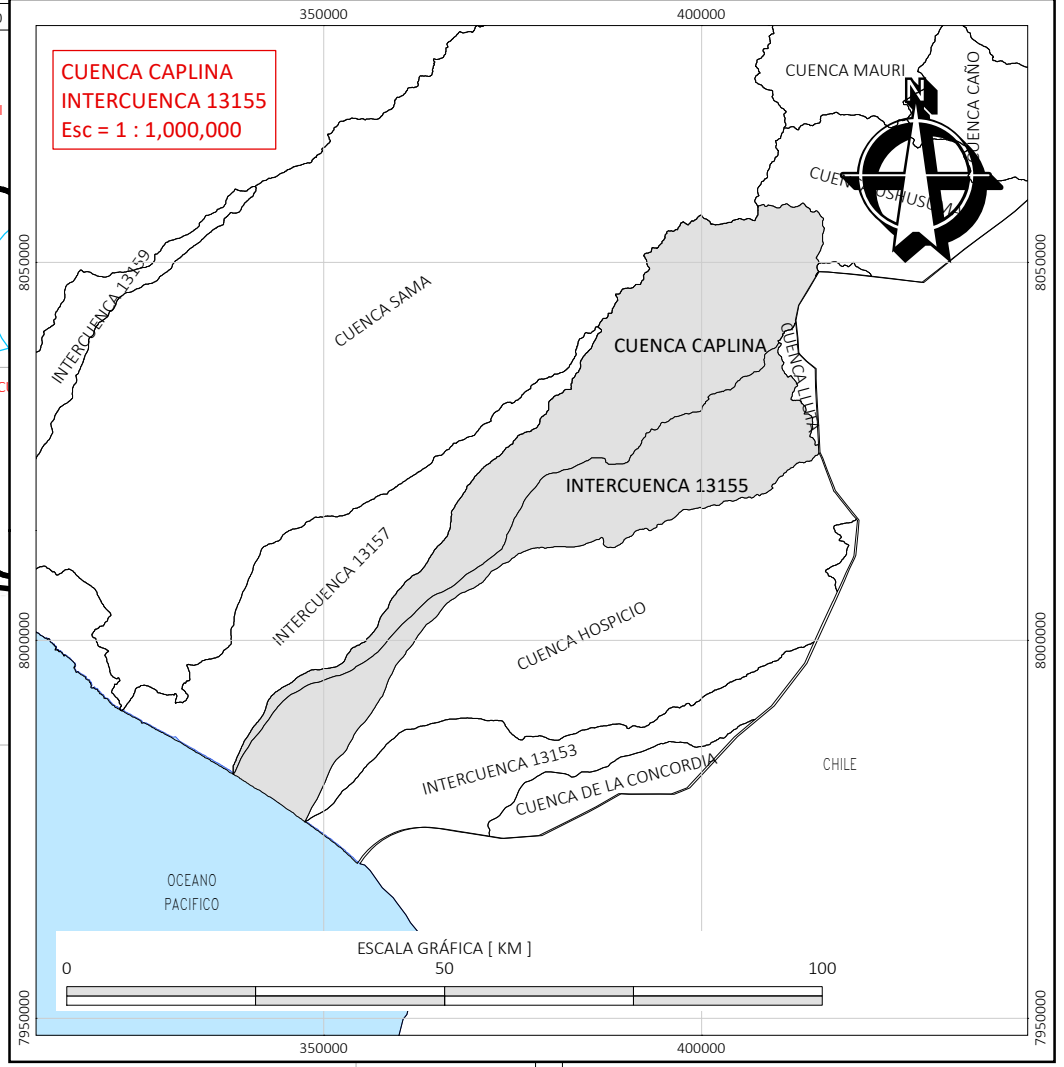
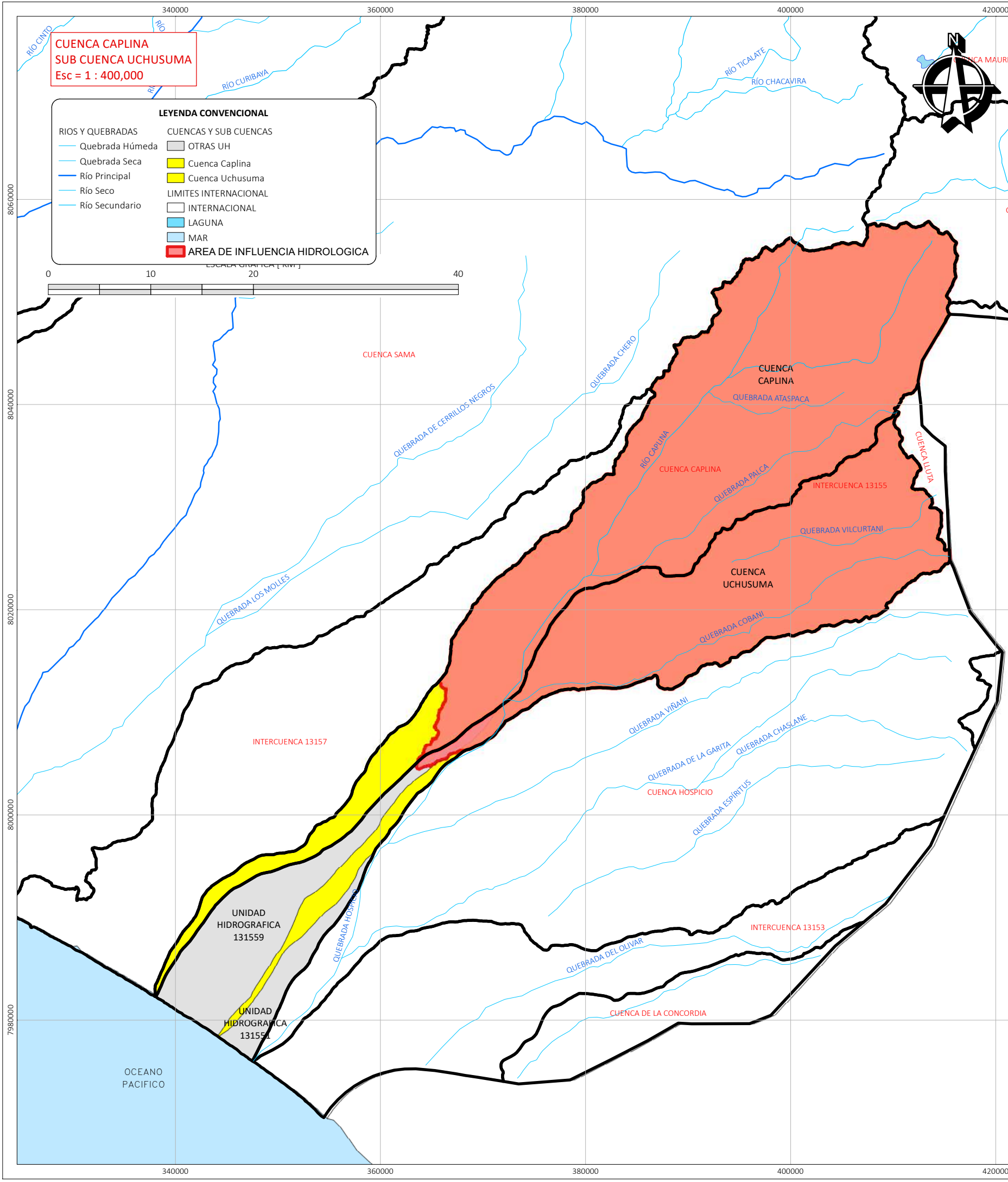
Se aprecia el puente y la socavación en sus pilares


## ANEXO 7.

- PLANO DE UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO
- PLANO DE UBICACIÓN HIDROGRAFICA
- PLANO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS



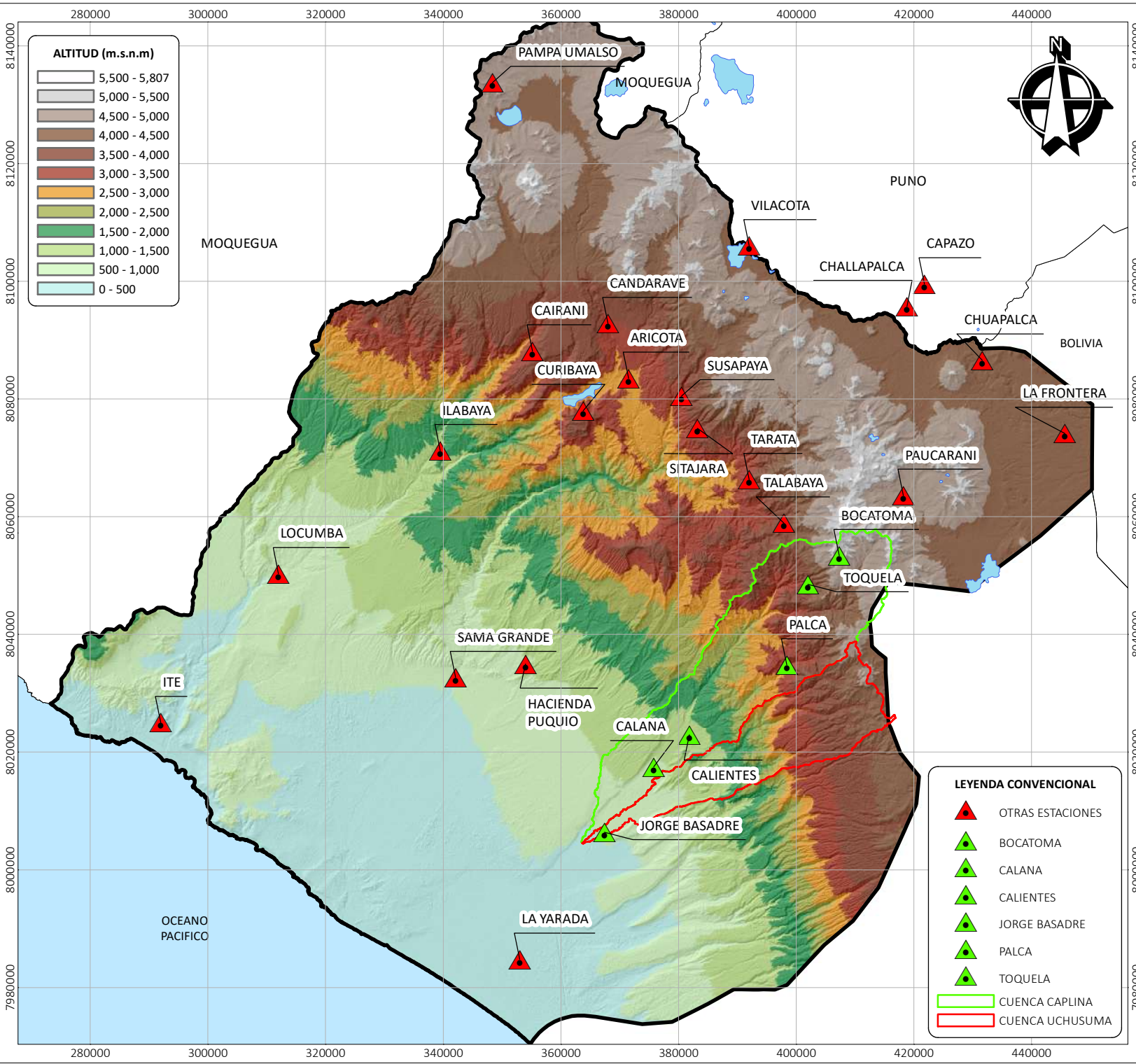
|  |   |  |
|--|---|--|
| <br><b>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</b>                   |   |  |
| <b>DATUM :</b><br>WGS 1984 - ZONA 19 SUR   |   | <b>UBICACIÓN :</b><br>DEPARTAMENTO:<br>TACNA<br>PROVINCIA:<br>TACNA<br>DISTRITO:<br>GREGORIO ALBARRACIN L. |
| <b>PROYECTO:</b><br>MODELO HIDRÁULICO PARA DELIMITACIÓN DE FAJA MARGINAL RIO CAPLINA SECTOR RIO SECO, DISTRITO G. ALBARRACIN L. - TACNA - 2020 |   |  |
| <b>MAPA:</b><br><b>UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO</b>   |   |  |
| <b>ESCALA:</b> 1:5,000<br>Meters<br>0 100 200  |   |  |
| <b>FECHA:</b><br>Octubre de 2020   | <b>ESPECIALISTA SIG :</b><br>EQUIPO TÉCNICO | <b>FORMATO IMPRESION :</b><br>A3   |
| <b>TESISTAS :</b><br>BACH. IRMA SANTOS MAMANI<br>BACH. EUDALIA COAQUIRA TICONA   |   | <b>MAPA:</b><br><b>01</b>  |






UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

|  |  |                                   |
|--|--|-----------------------------------|
| <p>DATUM :<br/>WGS 1984 - ZONA 19 SUR</p>  | <p>UBICACIÓN :<br/>DEPARTAMENTO:<br/>TACNA<br/>PROVINCIA:<br/>TACNA<br/>DISTRITO:<br/>GREGORIO ALBARRACIN L.</p> |                                   |
| <p>PROYECTO:<br/><br/>MODELO HIDRÁULICO PARA DELIMITACIÓN DE FAJA MARGINAL RIO CAPLINA SECTOR RIO SECO, DISTRITO G. ALBARRACIN L. - TACNA - 2020</p> |  |                                   |
| <p>MAPA:<br/><br/><b>UBICACIÓN HIDROGRÁFICA</b></p>  |  |                                   |
| <p>ESCALA: 1:400,000<br/>Escala Gráfica [ Kilómetros ]<br/>0 10 20</p>   |  |                                   |
| <p>FECHA:<br/>Octubre de 2020</p>  | <p>ESPECIALISTA SIG :<br/>EQUIPO TÉCNICO</p>   | <p>FORMATO IMPRESION :<br/>A3</p> |
| <p>TESISTAS :<br/>BACH. IRMA SANTOS MAMANI<br/>BACH. EUDALIA COAQUIRA TICONA</p>   |  | <p>MAPA:<br/><b>02</b></p>        |





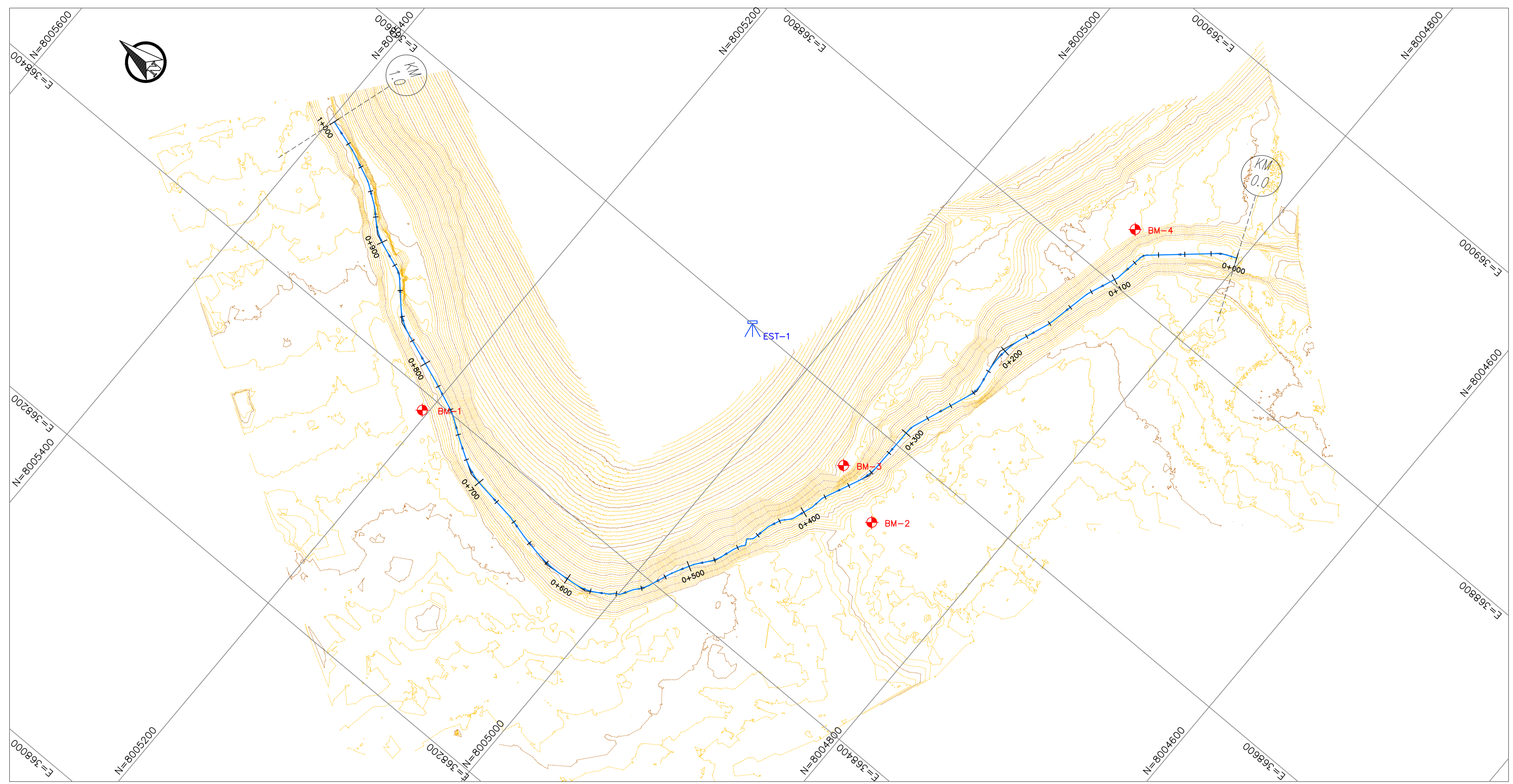
UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

|   |                                      |   |                    |
|---|--------------------------------------|---|--------------------|
| DATUM :<br>WGS 1984 - ZONA 19 SUR   |                                      | UBICACIÓN :<br>DEPARTAMENTO:<br>TACNA<br>PROVINCIA:<br>TACNA<br>DISTRITO:<br>GREGORIO ALBARRACIN L. |                    |
| PROYECTO:<br><br>MODELO HIDRÁULICO PARA DELIMITACIÓN DE FAJA MARGINAL RIO CAPLINA SECTOR RIO SECO, DISTRITO G. ALBARRACIN L. - TACNA - 2020 |                                      |   |                    |
| MAPA:<br><b>ESTACIONES METEOROLOGICAS - REGION TACNA</b>  |                                      |   |                    |
| ESCALA: 1:900,000<br>Escala Gráfica [ Kilometros ]<br>0 10 20 30 40 50  |                                      |   |                    |
| FECHA:<br>Octubre de 2020   | ESPECIALISTA SIG :<br>EQUIPO TÉCNICO | FORMATO IMPRESION :<br>A4   |                    |
| TESISTAS :<br>BACH. IRMA SANTOS MAMANI<br>BACH. EUDALIA COAQUIRA TICONA   |                                      |   | MAPA:<br><b>03</b> |

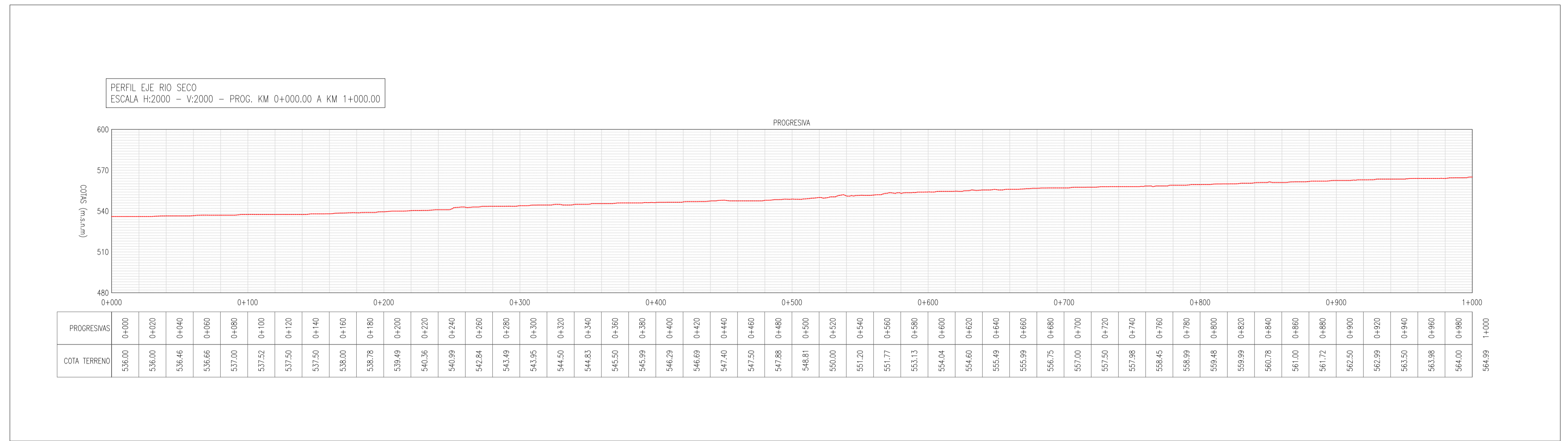
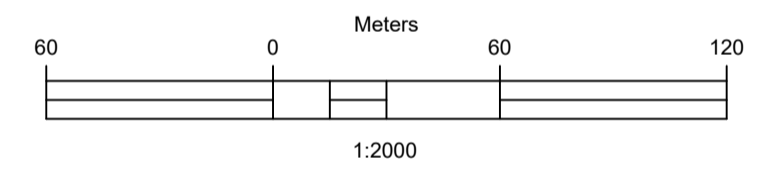
## ANEXO 8.

PLANO DE PERFIL TOPOGRAFICO





PLANO CLAVE



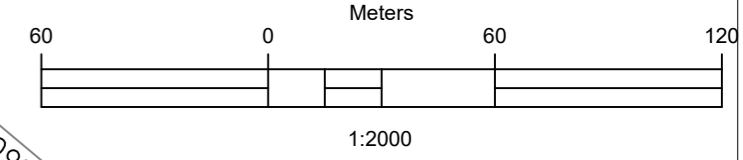
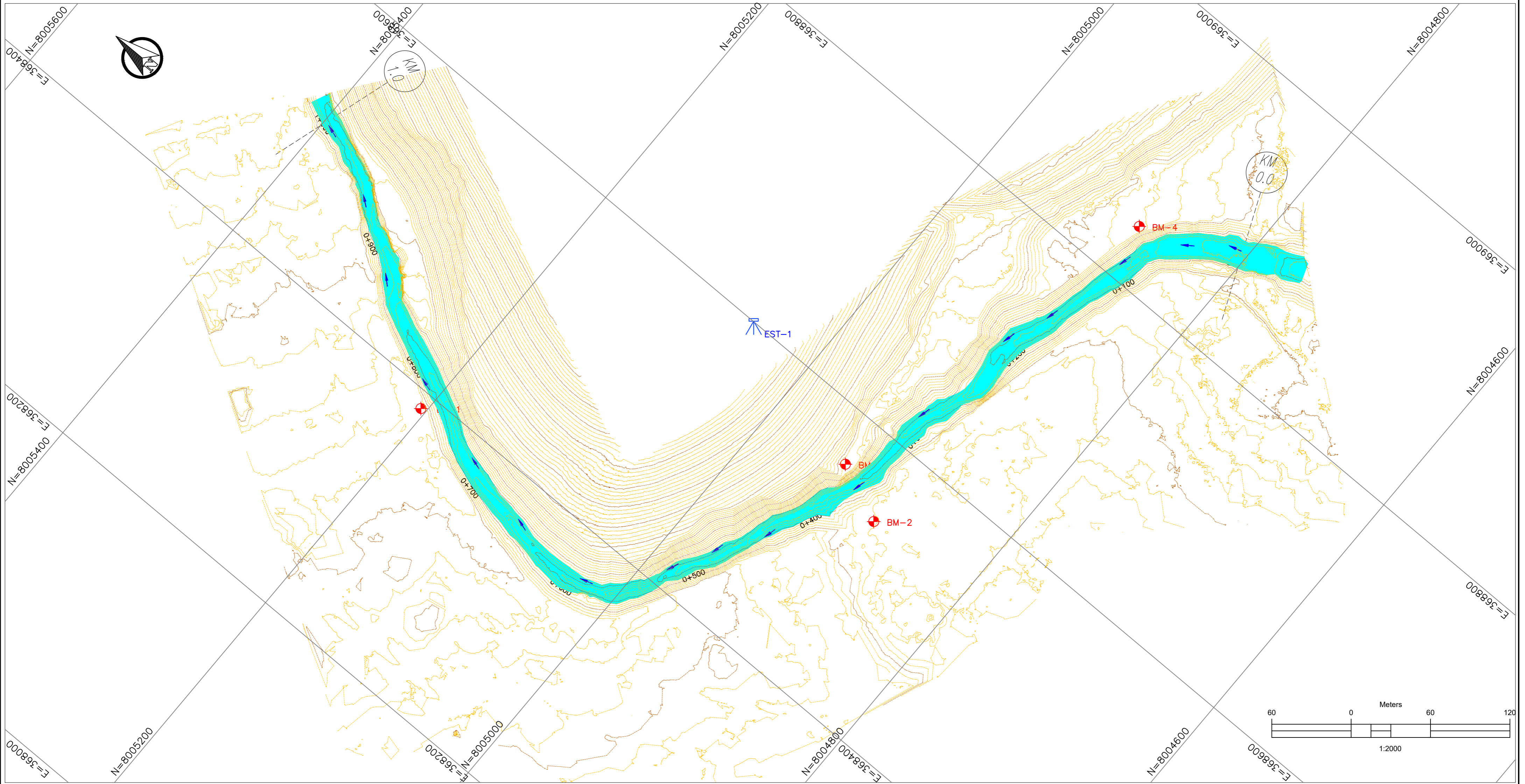
CUADRO RESUMEN DE PUNTOS BM

| CODIGO | NORTE      | ESTE      | ELEVACION |
|--------|------------|-----------|-----------|
| BM-1   | 8005204.40 | 368387.97 | 567.93    |
| BM-2   | 8004887.23 | 368542.52 | 554.41    |
| BM-3   | 8004931.54 | 368561.93 | 559.98    |
| BM-4   | 8004876.93 | 368842.48 | 549.52    |

LEYENDA GENERAL

| SIMBOLO | COD. | DESCRIPCIÓN             |
|---------|------|-------------------------|
|         |      | EJE CAUCE DEL RIO       |
|         |      | RIO                     |
|         | E    | EJE SECCION TRANSVERSAL |
|         | EST  | PUNTO ESTACION          |
|         | BM   | PUNTO BM                |
|         |      | CURVA MAYOR @ 5 m       |
|         |      | CURVA MENOR @ 1 m       |

|  |   |                                     |                       |
|--|---|-------------------------------------|-----------------------|
| MODELO HIDRÁULICO PARA DELIMITACIÓN DE FAJA MARGINAL RIO CAPLINA SECTOR RIO SECO, DISTRITO G. ALBARRACIN L. - TACNA - 2020 |   | <b>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</b> |                       |
| TESIS: BACH. IRMA SANTOS MAMANI<br>BACH. EUDALIA COAQUIRA TICONA   | PLANO: PLANTA Y PERFIL<br>KM 0+000 A KM 1+000 |                                     |                       |
| UBICACION: DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN LANCHPA  | DATUM: 19S-WGS1984                            | ESCALA: INDICADA                    | FECHA: 1 OCTUBRE 2020 |
| <b>PP-01</b>   |   |                                     |                       |



| LEYENDA GENERAL |      |                         |
|-----------------|------|-------------------------|
| SÍMBOLO         | COD. | DESCRIPCIÓN             |
|                 |      | EJE CAUCE DEL RIO       |
|                 |      | RIO                     |
|                 | E    | EJE SECCION TRANSVERSAL |
|                 | EST  | PUNTO ESTACION          |
|                 | BM   | PUNTO BM                |
|                 |      | CURVA MAYOR @ 5 m       |
|                 |      | CURVA MENOR @ 1 m       |

| CUADRO RESUMEN DE PUNTOS BM |            |           |           |
|-----------------------------|------------|-----------|-----------|
| CODIGO                      | NORTE      | ESTE      | ELEVACION |
| BM-1                        | 8005204.40 | 368387.97 | 567.93    |
| BM-2                        | 8004887.23 | 368542.52 | 554.41    |
| BM-3                        | 8004931.54 | 368561.93 | 559.98    |
| BM-4                        | 8004876.93 | 368842.48 | 549.52    |

MODELO HIDRÁULICO PARA DELIMITACIÓN DE FAJA MARGINAL RIO CAPLINA SECTOR RIO SECO, DISTRITO G. ALBARRACIN L. - TACNA - 2020

TESISTAS :  
 BACH. IRMA SANTOS MAMANI  
 BACH. EUDALIA COAQUIRA TICONA

UBICACION :  
 DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**



PLANO :  
 PLANTA  
 KM 0+000 A KM 1+000

DATUM : 19S-WGS1984    ESCALA : INDICADA    FECHA : OCTUBRE 2020

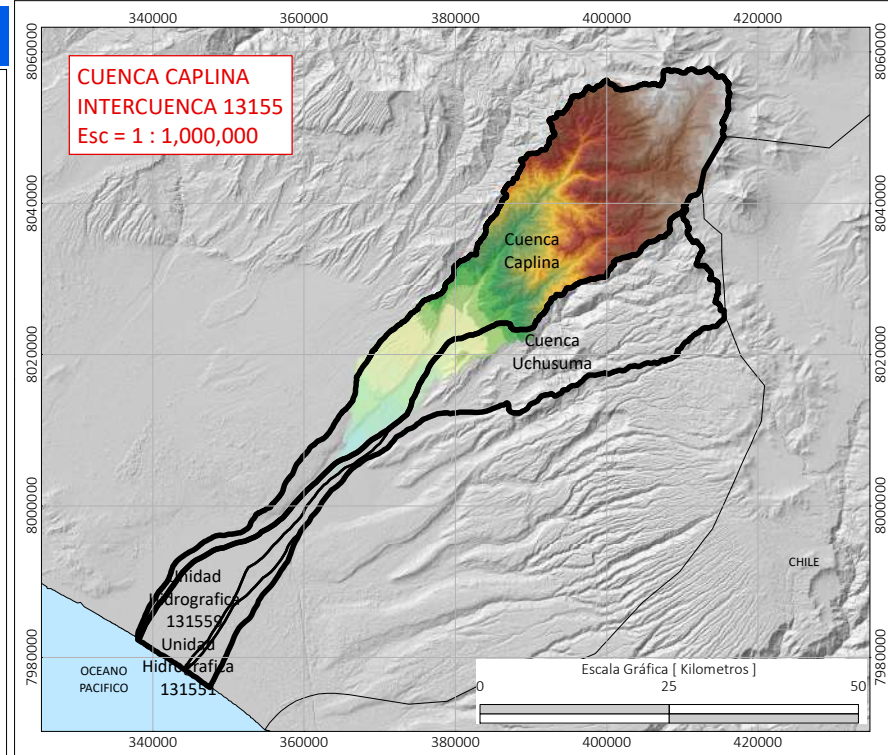
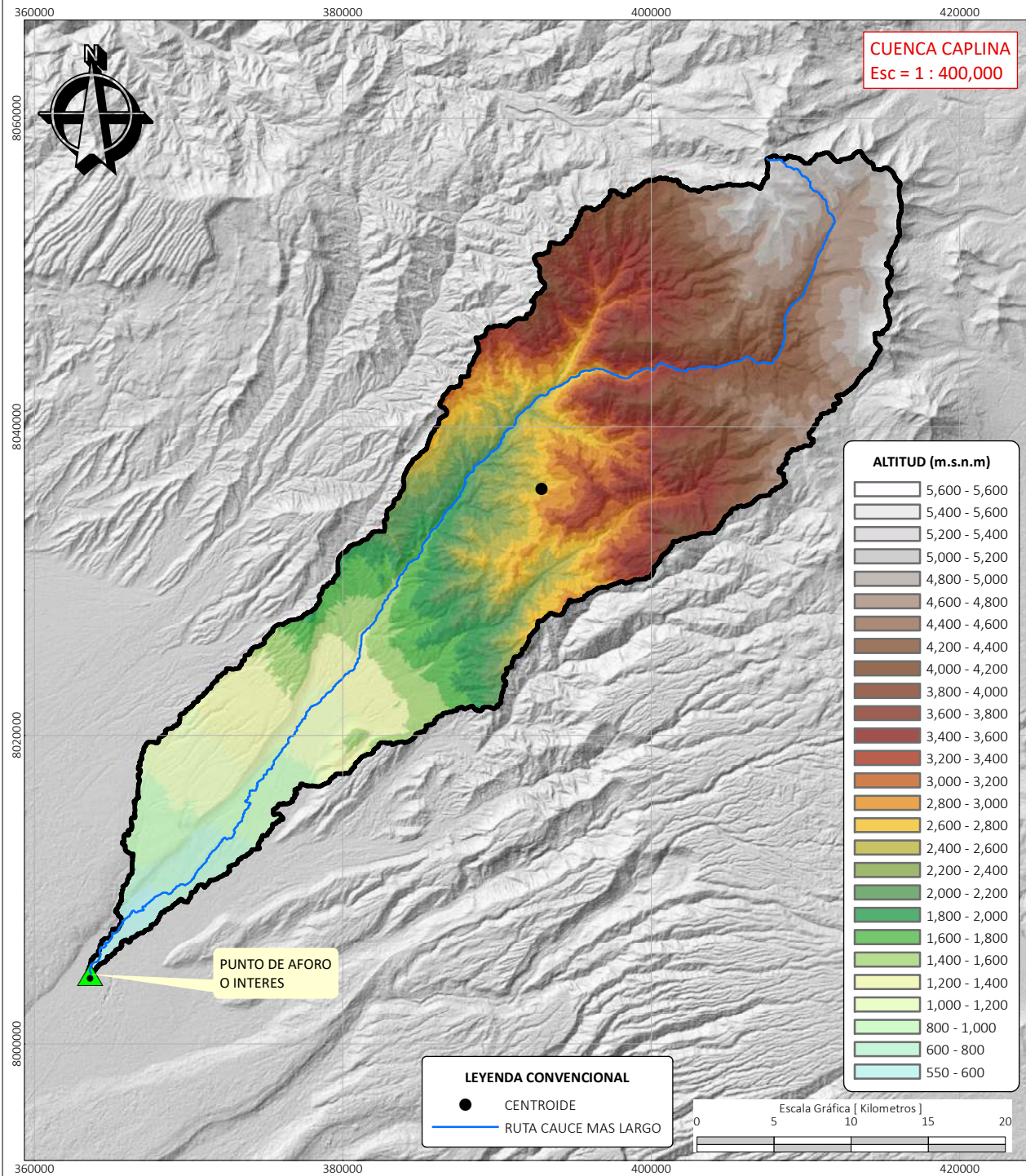
**PP-01**

## ANEXO 9.

### MAPAS:

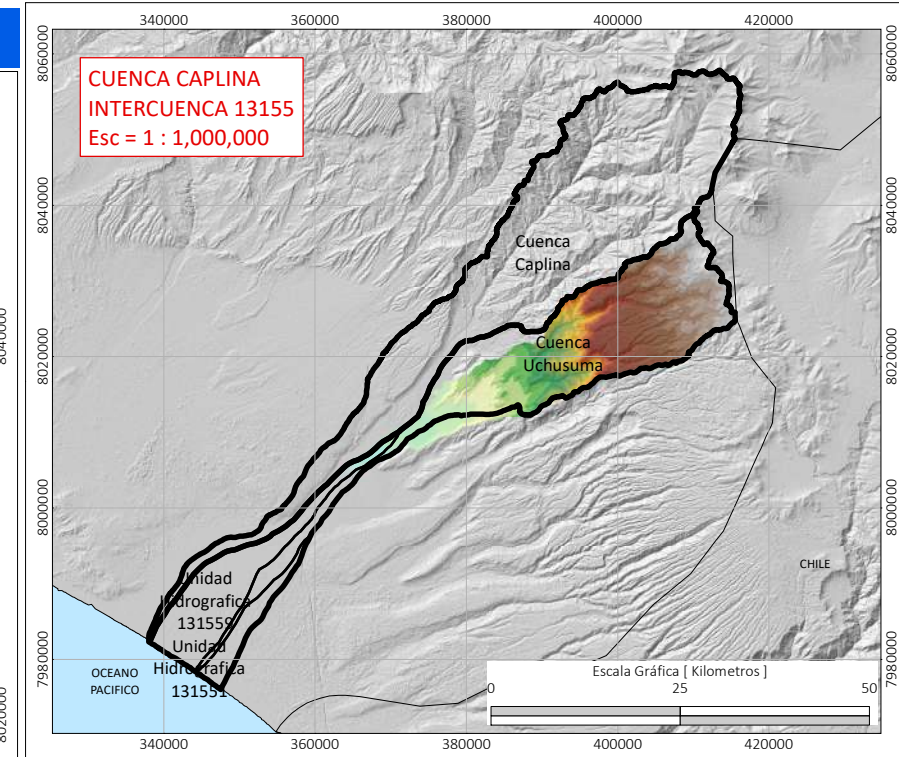
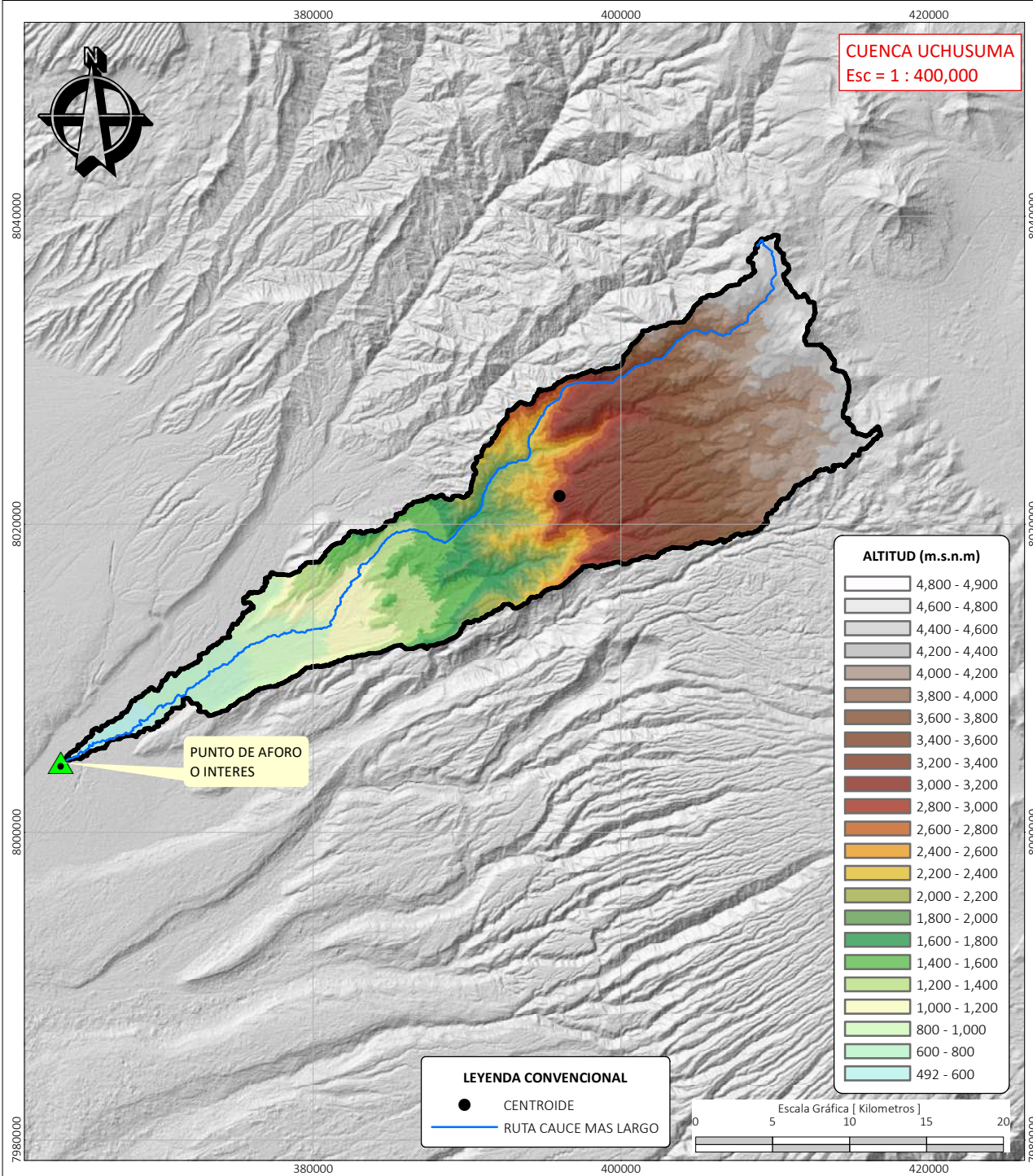
- PARAMETROS MORFOLOGICOS DE LA CUENCA CAPLINA
- PARAMETROS MORFOLOGICOS DE LA CUENCA UCHUSUMA
- ESQUEMA TOPOLOGICO CUENCA CAPLINA Y UCHUSUMA
- UBICACIÓN CARTAS NACIONALES
- JURISDICCION AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

# PARAMETROS MORFOMETRICOS - CUENCA CAPLINA

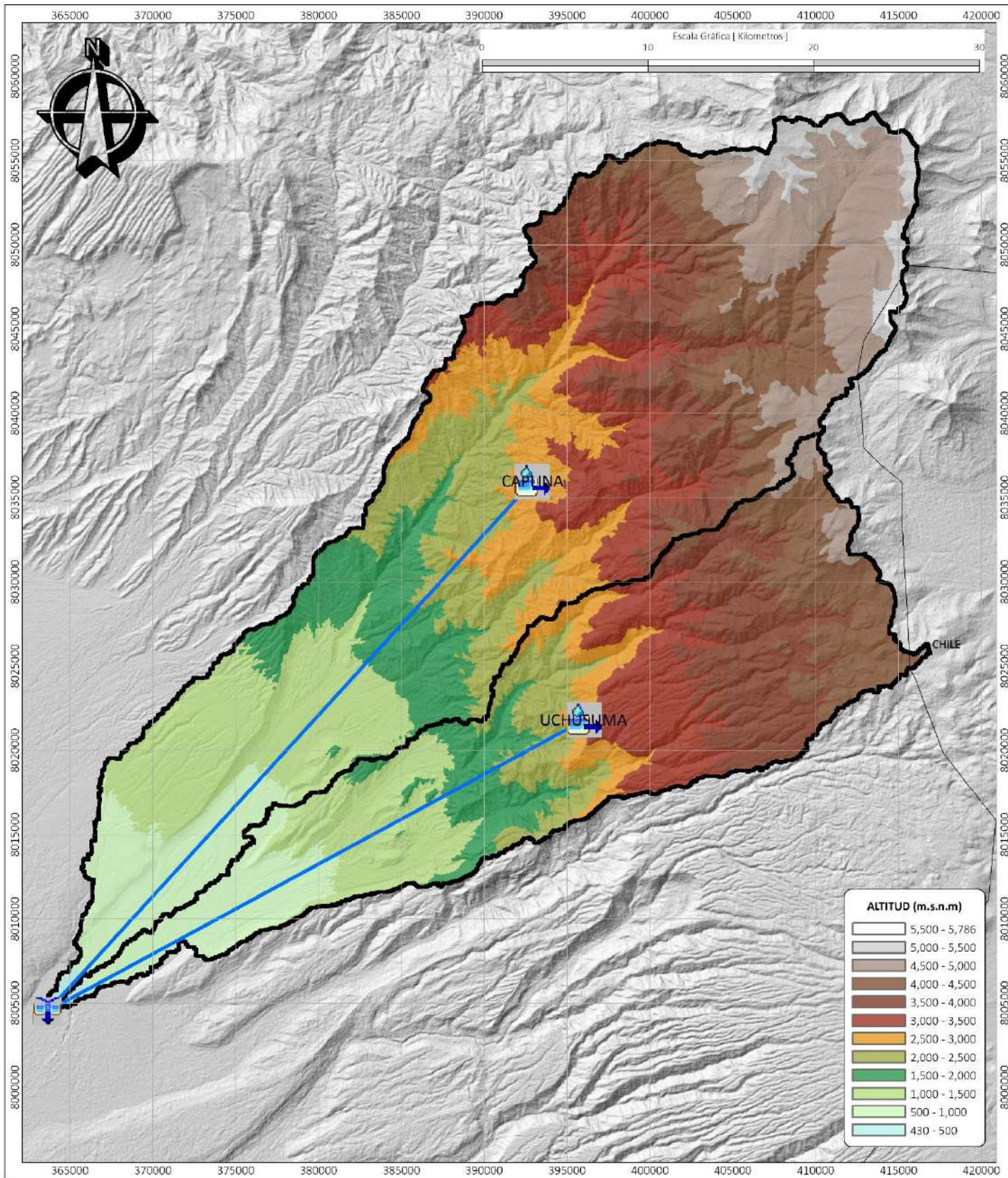


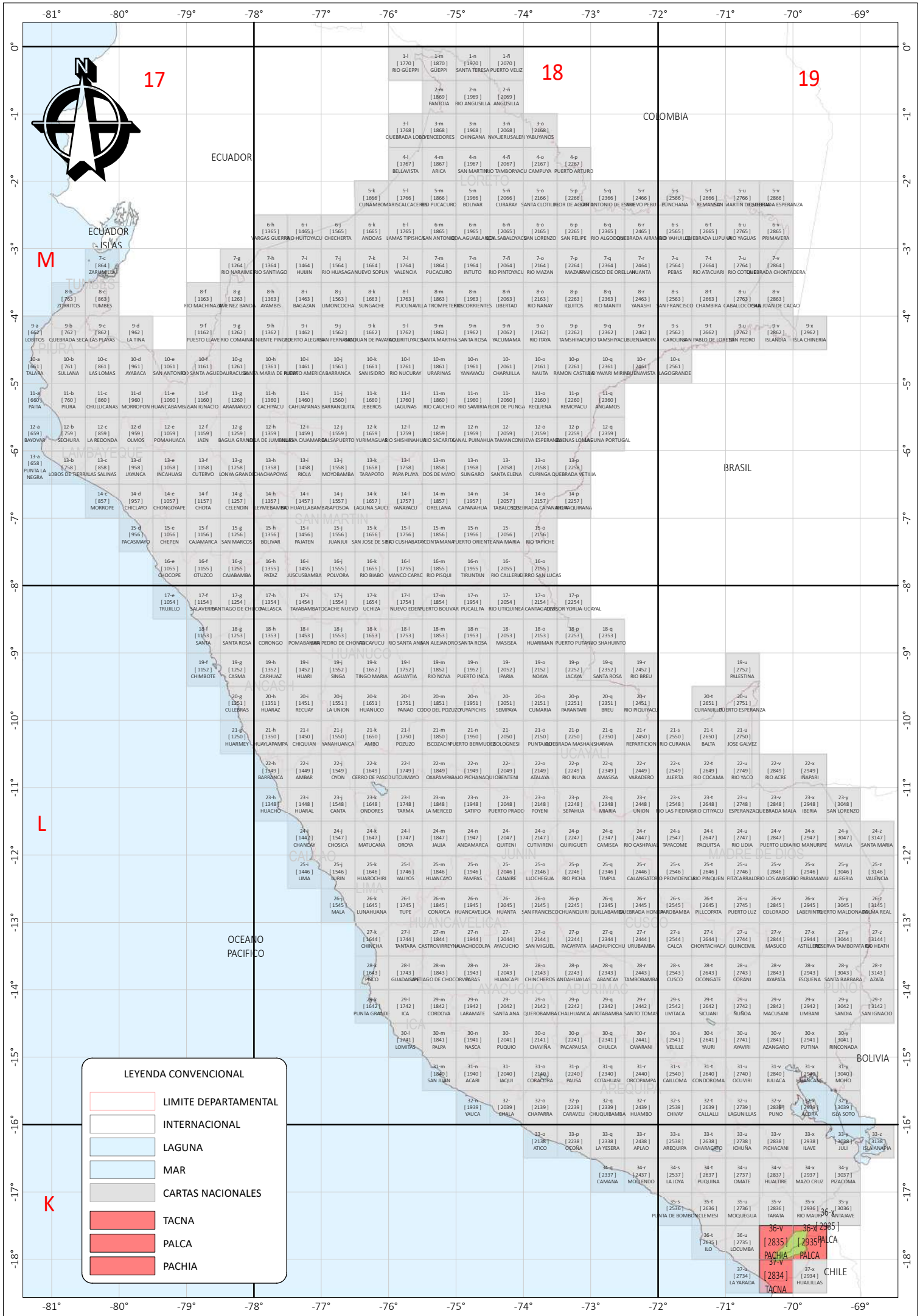
| PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS - CUENCA CAPLINA                 |                                |                                       |                 |         |         |       |
|---|--------------------------------|---------------------------------------|-----------------|---------|---------|-------|
| PARÁMETROS  |                                | UND.                                  | NOMEGLATURA     | VALOR   |         |       |
| PARAMETROS DE FORMA                                       | Factor de CUENCA               | Área                                  | Km <sup>2</sup> | A       | 810.30  |       |
|   |                                | Perímetro                             | Km              | P       | 176.01  |       |
|   | Factor de FORMA                | Coeficiente de Compacidad (Gravelius) |                 | 1       | Kc      | 1.73  |
|   |                                | Longitud (Curso más largo)            | Km              | Lc      | 94.79   |       |
|   |                                | Ancho Medio                           | Km              | Wb      | 29.14   |       |
|   |                                | Longitud Axial de la Cuenca           | Km              | La      | 27.81   |       |
|   |                                | Factor de Forma                       | 1               | Ff      | 1.05    |       |
|   |                                | Rectángulo Equivalente                | Lado Mayor      | Km      | L       | 76.83 |
|   |                                | Lado Menor                            | Km              | l       | 10.55   |       |
|   | PARAMETROS DE DRENAJE          | Grado de Ramificación                 | Longitud Total  | Km      | Orden 1 | ----  |
| Km  |                                |                                       |                 | Orden 2 | ----    |       |
| Km  |                                |                                       |                 | Orden 3 | ----    |       |
| Km  |                                |                                       |                 | Orden 4 | ----    |       |
| Km  |                                |                                       |                 | Orden 5 | ----    |       |
| Km  |                                |                                       |                 | Orden 6 | ----    |       |
| Km  |                                |                                       |                 | Orden 7 | ----    |       |
| Número de Ríos para los diferentes grados de Ramificación |                                | 1                                     | Orden 1         | ----    |         |       |
|   |                                | 1                                     | Orden 2         | ----    |         |       |
|   |                                | 1                                     | Orden 3         | ----    |         |       |
|   |                                | 1                                     | Orden 4         | ----    |         |       |
|   |                                | 1                                     | Orden 5         | ----    |         |       |
|   |                                | 1                                     | Orden 6         | ----    |         |       |
| 1   | Orden 7                        | ----                                  |                 |         |         |       |
| Longitud Total de ríos para diferentes grados             | Km                             | Lt                                    | 1120.79         |         |         |       |
| Densidad de Drenaje                                       | Km/Km <sup>2</sup>             | Dd                                    | 1.38            |         |         |       |
| Relación de Bifurcación                                   | 1                              | Rb                                    | ----            |         |         |       |
| Extensión media para los diferentes grados                | Km                             | Em                                    | 0.18            |         |         |       |
| Frecuencia de los Ríos                                    | Núm/Km <sup>2</sup>            | F                                     | ----            |         |         |       |
| PARAMETROS DE RELIEVE                                     | Elevación Máxima de la Cuenca  | msnm                                  | H máx           | 5600    |         |       |
|   | Elevación Mínima de la Cuenca  | msnm                                  | H Mín           | 550     |         |       |
|   | Desnivel Total de la Cuenca    |                                       | m               | H total | 5050    |       |
|   | Altitud Media de la Cuenca     | Rectángulo Equivalente                | msnm            | Z mean  | ----    |       |
|   |                                | Ráster de Elevaciones                 | msnm            | Z mean  | 3223    |       |
|   | Pendiente Media de la Cuenca   | Rectángulo Equivalente                | %               | S mean  | ----    |       |
| Ráster de Pendientes                                      |                                | %                                     | S mean          | 26.69   |         |       |
| Pendiente Media del Cauce Principal                       | Taylor - Schwarz               | %                                     |                 | 10.64   |         |       |
|   | Criterio de pendiente uniforme | %                                     |                 | ----    |         |       |

# PARAMETROS MORFOMETRICOS - CUENCA UCHUSUMA



| PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS - CUENCA UCHUSUMA    |   |                                       |                  |         |         |       |
|---|---|---------------------------------------|------------------|---------|---------|-------|
| PARÁMETROS                                    |   | UND.                                  | NOMEGLATURA      | VALOR   |         |       |
| PARAMETROS DE FORMA                           | Factor de CUENCA  | Área                                  | Km <sup>2</sup>  | A       | 492.11  |       |
|   |   | Perímetro                             | Km               | P       | 148.05  |       |
|   | Factor de FORMA   | Coeficiente de Compacidad (Gravelius) |                  | 1       | Kc      | 1.87  |
|   |   | Longitud (Curso más largo)            |                  | Km      | Lc      | 75.42 |
|   |   | Ancho Medio                           |                  | Km      | Wb      | 15.31 |
|   |   | Longitud Axial de la Cuenca           |                  | Km      | La      | 32.15 |
|   |   | Factor de Forma                       |                  | 1       | Ff      | 0.48  |
|   |   | Lado Mayor                            |                  | Km      | L       | 66.05 |
|   |   | Lado Menor                            |                  | Km      | l       | 7.45  |
|   |   | Rectángulo Equivalente                |                  |         |         |       |
| PARAMETROS DE DRENAJE                         | Grado de Ramificación                                     | Longitud Total                        |                  | Km      | Orden 1 | ----  |
|   |   |                                       |                  | Km      | Orden 2 | ----  |
|   |   |                                       |                  | Km      | Orden 3 | ----  |
|   |   |                                       |                  | Km      | Orden 4 | ----  |
|   |   |                                       |                  | Km      | Orden 5 | ----  |
|   |   |                                       |                  | Km      | Orden 6 | ----  |
|   |   |                                       |                  | Km      | Orden 7 | ----  |
|   | Número de Ríos para los diferentes grados de Ramificación |                                       | 1                | Orden 1 | ----    |       |
|   |   |                                       | 1                | Orden 2 | ----    |       |
|   |   |                                       | 1                | Orden 3 | ----    |       |
|   |   |                                       | 1                | Orden 4 | ----    |       |
|   |   |                                       | 1                | Orden 5 | ----    |       |
|   |   |                                       | 1                | Orden 6 | ----    |       |
| Longitud Total de ríos para diferentes grados |   | Km                                    | Lt               | 712.52  |         |       |
| Densidad de Drenaje                           |   | Km/Km <sup>2</sup>                    | Dd               | 1.45    |         |       |
| Relación de Bifurcación                       |   | 1                                     | Rb               | ----    |         |       |
| Extensión media para los diferentes grados    |   | Km                                    | Em               | 0.17    |         |       |
| Frecuencia de los Ríos                        |   | Núm/Km <sup>2</sup>                   | F                | ----    |         |       |
| PARAMETROS DE RELIEVE                         | Elevación Máxima de la Cuenca                             |                                       | msnm             | H máx   | 4900    |       |
|   | Elevación Mínima de la Cuenca                             |                                       | msnm             | H MÍN   | 492     |       |
|   | Desnivel Total de la Cuenca                               |                                       | m                | H total | 4408    |       |
|   | Altitud Media de la Cuenca                                |                                       | msnm             | Z mean  | ----    |       |
|   | Rectángulo Equivalente                                    |                                       | msnm             | Z mean  | 2950    |       |
|   | Ráster de Elevaciones                                     |                                       | msnm             | Z mean  | 2950    |       |
| Pendiente Media de la Cuenca                  |   | %                                     | S mean           | ----    |         |       |
| Rectángulo Equivalente                        |   | %                                     | S mean           | ----    |         |       |
| Ráster de Pendientes                          |   | %                                     | S mean           | 31.34   |         |       |
| Pendiente Media del Cauce Principal           |   | %                                     | Taylor - Schwarz | 11.60   |         |       |
| Criterio de pendiente uniforme                |   | %                                     |                  | ----    |         |       |





**LEYENDA CONVENCIONAL**

- LIMITE DEPARTAMENTAL
- INTERNACIONAL
- LAGUNA
- MAR
- CARTAS NACIONALES
- TACNA
- PALCA
- PACHIA

17

18

19

ECUADOR

COLOMBIA

BRASIL

OCEANO PACIFICO

BOLIVIA

CHILE

M

L

K

ECUADOR  
ISLAS

ZARUMILLA

TUMBES

LA TINA

LA REDONDA

LA NEGRA

MORROPE

CHILCAYO

CHONGAYAPE

CHOTA

CELENDIN

CHIMBOTE

CULEBRAS

HUARMEY

CHANGAY

LIMA

HUAROCHIRI

LUNAHUANA

CHINCHA

PIREO

CHOCOVIBRAS

CORDOVA

LARAMATE

ACARI

LOMITAS

PALPA

NASCA

PUCUJO

JAQUI

ACARI

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

LOMITAS

