



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**“CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO
AMBATO EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL SECTOR DE
TILULÚN Y EL SECTOR DE LAS VIÑAS DESDE EL Km 12+00 AL Km 16+00
UTILIZANDO UN MODELO MATEMÁTICO”**

AUTOR: José Estuardo León Cepeda

TUTOR: Ing. Mg. Aníbal Geovanny Paredes Cabezas

AMBATO – ECUADOR

Enero - 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del Trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema: **“CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO AMBATO EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL SECTOR DE TILULÚN Y EL SECTOR DE LAS VIÑAS DESDE EL Km 12+00 AL Km 16+00 UTILIZANDO UN MODELO MATEMÁTICO”** elaborado por el Sr. José Estuardo León Cepeda, portador de la cédula de ciudadanía: 1804423893, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Enero 2021



Ing. Mg. Aníbal Geovanny Paredes Cabezas
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, José Estuardo León Cepeda, con C.I. 1804423893 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **“CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO AMBATO EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL SECTOR DE TILULÚN Y EL SECTOR DE LAS VIÑAS DESDE EL Km 12+00 AL Km 16+00 UTILIZANDO UN MODELO MATEMÁTICO”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor de la investigación, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Enero 2021



José Estuardo León Cepeda

C.I. 1804423893

AUTOR

DERECHOS DEL AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Enero 2021



José Estuardo León Cepeda

C.I. 1804423893

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante José Estuardo León Cepeda de la carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO AMBATO EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL SECTOR DE TILULÚN Y EL SECTOR DE LAS VIÑAS DESDE EL Km 12+00 AL Km 16+00 UTILIZANDO UN MODELO MATEMÁTICO”**

Ambato, Enero 2021

Para constancia firman:



Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos
Miembro del Tribunal



Ing. Mg. Lenin Rafael Maldonado Narváz
Miembro del Tribunal

DEDICATORÍA

Este proyecto dedico principalmente a mis padres, Jorge y Ana, quienes me guiaron durante todo este largo camino y por ser el eje fundamental mi vida.

A mis hermanos por su apoyo y cariño incondicional que han sido indispensables para culminar mi carrera universitaria,

De manera especial quiero dedicar este logro a toda mi familia y amigos que siempre estuvieron apoyándome y confiaron en mi a pesar de las adversidades.

José Estuardo León Cepeda

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a mi familia por el apoyo constante e incondicional durante mi formación académica.

A la Universidad Técnica de Ambato especialmente a mi querida Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por brindarme la oportunidad de aprender y haberme preparado para mi futura vida profesional.

Y a mis docentes por sus enseñanzas y sus experiencias compartidas para mi desarrollo profesional.

José Estuardo León Cepeda

ÍNDICE DE CONTENIDO

A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DEL AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORÍA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE PLANOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xvii

B. CONTENIDO

CAPITULO I.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
1.1. Antecedentes Investigativos.....	19
1.1.1. Antecedentes.....	19
1.1.2. Justificación.....	20
1.1.3. Fundamentación Teórica.....	21
1.1.3.1. Hidráulica Fluvial.....	21
1.1.3.1.1. Clasificación de los ríos.....	22
1.1.3.1.2. Geomorfología Fluvial.....	24

1.1.3.1.3. Bancos de Inundación	26
1.1.3.2. Hidrología	26
1.1.3.2.1. Precipitación	27
1.1.3.2.2. Intensidad de Precipitación	28
1.1.3.2.3. Periodo de Retorno	28
1.1.3.2.4. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia	28
1.1.3.2.5. Escorrentía Superficial	30
1.1.3.2.6. Caudales Máximos	30
1.1.3.2.7. Hidrograma de Crecida	31
1.1.3.2.8. Separación de Caudales	31
1.1.3.2.9. Hidrograma Unitario	32
1.1.3.2.9.1. Obtención del Hidrograma Unitario	33
1.1.3.3. Flujo en Canal Abierto	34
1.1.3.3.1. Régimen de flujo	34
1.1.3.3.2. Estados de Flujo	35
1.1.3.3.3. Energía Específica	37
1.1.3.3.4. Ecuación General de Flujo	38
1.1.3.3.5. Ecuación de Manning	38
1.1.3.4. Modelos numéricos para el estudio de flujo en canal abierto	40
1.1.3.4.1. Modelo Matemático HEC-RAS	41
1.1.3.4.2. Modelo matemático HEC-GeoRAS	41
1.1.3.5. Estadística hidrológica	42
1.1.3.5.1. Media Aritmética	42
1.1.3.5.2. Desviación Estándar	42
1.1.3.5.3. Criterio de Chauvenet	43
1.1.3.5.4. Método de Gumbel	44
1.1.3.6. Periodo de Diseño	47

1.2. Objetivos	49
1.2.1. Objetivo General	49
1.2.2. Objetivos Específicos	49
CAPITULO II.....	50
METODOLOGÍA	50
2.1. Materiales y Equipos.....	51
2.2 Métodos	51
2.2.1 Plan de Recolección de Datos	51
2.2.2 Plan de Procesamiento y Análisis de Información.	52
CAPITULO III.....	54
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
3.1 Análisis y discusión de los resultados.	54
3.1.1 Plan de recolección de datos	54
3.1.1.1 Descripción del objeto de estudio.....	54
3.1.1.2 Datos hidrométricos	55
3.1.1.3 Infraestructura	58
3.1.2 Plan de procesamiento de datos y análisis de información	61
3.1.2.1 Datos de terreno	61
3.1.2.2 Datos hidrométricos	62
3.1.2.3 Riesgo y periodo de retorno	70
3.1.2.4 Modelo numérico Hec-Ras	71
3.1.2.4.1 Parámetros del modelo	71
3.1.2.4.2 Análisis de Resultado del Modelo	77
3.1.2.4.3 Resumen de mapas temáticos de inundación para un periodo de retorno de 140 años	94
CAPITULO IV	99
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99

4.1 Conclusiones	99
4.2 Recomendaciones	100
MATERIAL DE REFERENCIA.....	102
ANEXOS	105
ANEXOS A. TABLAS	105
ANEXO B. FIGURAS.....	130
ANEXO C. FOTOGRAFÍAS	160
ANEXO D. PLANOS	162
ANEXO E. MANUAL PARA MODELACIÓN DE FLUJOS.....	183

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Coeficientes de Manning de Ven te Chow</i>	38
<i>Tabla 2. Coeficientes de Chauvenet</i>	42
<i>Tabla 3. Coeficientes de Gumbel</i>	43
<i>Tabla 4. Valores máximos recomendados de riesgo admisible</i>	46
<i>Tabla 5. Vida útil de las estructuras</i>	46
<i>Tabla 6. Coordenadas del Proyecto</i>	53
<i>Tabla 7. Caudales anuales estación Tilulún</i>	54
<i>Tabla 8. Caudales anuales estación Mula Corral</i>	55
<i>Tabla 9. Caudales anuales estación Manzana Huaico</i>	55
<i>Tabla 10. Caudales anuales estación Huachi Pelileo</i>	56
<i>Tabla 11. Caudales anuales estación Tilulún</i>	60
<i>Tabla 12. Criterio de Chauvenet</i>	61
<i>Tabla 13. Caudales máximos instantáneos definitivos</i>	62
<i>Tabla 14. Caudales máximos instantáneos, media aritmética y desviación estándar</i>	63
<i>Tabla 15. Probabilidades Teóricas</i>	65
<i>Tabla 16. Probabilidades Empíricas</i>	66
<i>Tabla 17. Periodos de retorno</i>	67
<i>Tabla 18. Coeficientes de Manning por Sección</i>	69
<i>Tabla 19. Caudales de diseño</i>	72
<i>Tabla 20. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1963</i>	102
<i>Tabla 21. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1964</i>	103
<i>Tabla 22. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1965</i>	104
<i>Tabla 23. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1966</i>	105
<i>Tabla 24. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1967</i>	106
<i>Tabla 25. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1968</i>	107
<i>Tabla 26. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1969</i>	108
<i>Tabla 27. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1970</i>	109
<i>Tabla 28. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1971</i>	110
<i>Tabla 29. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1972</i>	111

Tabla 30. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1973.....	112
Tabla 31. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1974.....	113
Tabla 32. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1975.....	114
Tabla 33. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1976.....	115
Tabla 34. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1977.....	116
Tabla 35. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1978.....	117
Tabla 36. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1979.....	118
Tabla 37. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1980.....	119
Tabla 38. Resultados Hec-Ras para Tr 5 años.....	120
Tabla 39. Resultados Hec-Ras para Tr 10 años.....	121
Tabla 40. Resultados Hec-Ras para Tr 25 años.....	122
Tabla 41. Resultados Hec-Ras para Tr 50 años.....	123
Tabla 42. Resultados Hec-Ras para Tr 100 años.....	124
Tabla 43. Resultados Hec-Ras para Tr 140 años.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ríos por su Edad</i>	21
<i>Figura 2. Ríos por su Geometría</i>	23
<i>Figura 3. Balanza de Lane</i>	24
<i>Figura 4. Bancos de Inundación</i>	25
<i>Figura 5. Tipos de Precipitación</i>	26
<i>Figura 6. Curvas IDF-Ambato</i>	28
<i>Figura 7. Hidrograma Típico</i>	30
<i>Figura 8. Métodos de Separación</i>	31
<i>Figura 9. Hidrograma Unitario</i>	32
<i>Figura 10. Clasificación del flujo en canales abiertos</i>	33
<i>Figura 11. Régimen de Flujo</i>	34
<i>Figura 12. Flujo Súper Crítico</i>	35
<i>Figura 13. Flujo Sub Crítico</i>	35
<i>Figura 14. Flujo Crítico</i>	36
<i>Figura 15. Curva de Energía Específica</i>	36
<i>Figura 16. Ubicación General (Anexo D-1)</i>	52
<i>Figura 17. Vivienda</i>	57
<i>Figura 18. Fábrica</i>	58
<i>Figura 19. Puente Paso Lateral</i>	59
<i>Figura 20. Ubicación Específica (Anexo D-2)</i>	59
<i>Figura 21. Procesamiento de datos en ArcGis</i>	60
<i>Figura 22. Probabilidad Teórica Vs Probabilidad Empírica</i>	66
<i>Figura 23. Geometría Importada de ArcGis</i>	68
<i>Figura 24. Puente ingresado en Hec-Ras</i>	69
<i>Figura 25. Modelo Calibrado</i>	72
<i>Figura 26. Perfil Longitudinal para Tr 140 años</i>	73
<i>Figura 27. Velocidad para Tr 140 años</i>	74
<i>Figura 28. Número de Froude para Tr 140 años</i>	75
<i>Figura 29. Esfuerzo Cortante para Tr 140 años</i>	76
<i>Figura 30. Sección 12+960 con Tr 5</i>	77

Figura 31. Sección 12+960 con Tr 10.....	78
Figura 32. Sección 12+960 con Tr 25.....	79
Figura 33. Sección 12+960 con Tr 50.....	80
Figura 34. Sección 12+960 con Tr 100.....	81
Figura 35. Sección 12+960 con Tr 140.....	82
Figura 36. Sección 15+300 con Tr 5.....	83
Figura 37. Sección 15+300 con Tr 10.....	84
Figura 38. Sección 15+300 con Tr 25.....	85
Figura 39. Sección 15+300 con Tr 50.....	86
Figura 40. Sección 15+300 con Tr 100.....	87
Figura 41. Sección 15+300 con Tr 140.....	88
Figura 42. Sección 12+960.....	89
Figura 43. Sección 15+300.....	89
Figura 44. Esquema 3d del km 12+000 al km 16+000.....	90
Figura 45. Secciones Transversales para Tr 5 años.....	126
Figura 46. Secciones Transversales para Tr 10 años.....	131
Figura 47. Secciones Transversales para Tr 25 años.....	136
Figura 48. Secciones Transversales para Tr 50 años.....	141
Figura 49. Secciones Transversales para Tr 100 años.....	146
Figura 50. Secciones Transversales para Tr 140 años.....	151

ÍNDICE DE PLANOS

Lámina D-1	158
Lámina D-2	159
Lámina D-3	160
Lámina D-4	161
Lámina D-5	162
Lámina D-6	163
Lámina D-7	164
Lámina D-8	165
Lámina D-9	166
Lámina D-10	167
Lámina D-11	168
Lámina D-12	169
Lámina D-13	170
Lámina D-14	171
Lámina D-15	172
Lámina D-16	173
Lámina D-17	174
Lámina D-18	175
Lámina D-19	176
Lámina D-20	177

RESUMEN

El presente trabajo experimental está enfocado en el análisis hidráulico del río Ambato desde el sector de Tilulún hasta el sector de las viñas con un total de 20 kilómetros de los cuales del kilómetro 12 al kilómetro 16 pertenecen al desarrollo del proyecto.

El objetivo es procesar información de las estaciones hidrometeorológicas y de la geografía del lugar, a fin de analizar el comportamiento hidráulico para posibles crecidas extraordinarias del río Ambato bajo diversos escenarios con periodos de retorno diferentes con sus respectivos caudales como una medida de protección para identificar cuáles serían los sectores afectados.

La metodología parte con el procesamiento de registros de las estaciones, de modo que se filtran los datos bajo el criterio de Chauvenet, se define un periodo de retorno máximo en base a las estructuras en el tramo, por otra parte, se proyectan los datos con el método probabilístico de Gumbel y finalmente se calcula el caudal con la formula general de Ven Te Chow. A continuación, se calibra el modelo y se introducen los datos calculados al software Hec-Ras para realizar el análisis.

Como resultado se obtuvo un periodo de retorno máximo de 140 años con un caudal de 115.78 metros cúbicos sobre segundo, una velocidad promedio de 3.83 metro sobre segundo, un esfuerzo cortante promedio de 419.98 Newton sobre metro cuadrado y se determinó un área de inundación de 31.16 hectáreas.

Palabras Claves: caudales, datos hidrométricos, Tilulún, Río Ambato, inundación, Hec-Ras.

ABSTRACT

The present experimental work is focused on the hydraulic analysis of the Ambato river from the Tilulún sector to Viñas sector with a total of 20 kilometers of which from kilometer 12 to kilometer 16 belong to the development of the project.

The objective is to process information from the hydrometeorological stations and the geography of the site, in order to analyze hydraulic behavior for possible extraordinary floods of the Ambato river under various scenarios with different return periods with their respective flows as a protective measure to identify which would be the affected sectors.

The methodology starts with the processing of stations records so that the data is filtered under Chauvenet's criteria, a maximum return period is defined based on the structures in the section, on the other hand, the data are projected using Gumbel probabilistic method and finally the flow is calculated with the general formula of Ven Te Chow, next, the model is calibrated and the calculated data is entered into the Hec-Ras software for analysis.

As a result, a maximum return period of 140 years was obtained with a flow rate of 115.78 cubic meters per second, an average speed of 3.83 meter per second, an average shear effort of 419.98 Newton per square meter and a flood area of 31.16 hectares was determined.

Keywords: flows, hydrometric data, Tilulún, Ambato river, flooding, Hec-Ras

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1. Antecedentes

El desarrollo de las tecnologías ha dado un impulso notable en los estudios del comportamiento hidráulico mediante modelos matemáticos, tanto para canales abiertos como cerrados, así como de sección variable y fija.

El tramo del Río Ambato comprendido entre el sector de Tilulún y el sector de las Viñas, no cuenta en su totalidad con un estudio hidrológico con el software HEC-RAS que permita identificar los posibles bancos de inundación para crecidas extraordinarias y determinar tanto las obras civiles como los terrenos afectados. Por lo que se ha podido contar con investigaciones previas similares realizadas en la provincia de Tungurahua, detalladas a continuación.

En la tesis con el tema: “Análisis de vulnerabilidad ante eventos provocados por caudales fluviales extremos, procedentes de avenidas pluviales del río Ambato, del sector las Viñas Shina, entre el paso lateral de Ambato y la vía a las viñas; Parroquia Izamba; Cantón Ambato; Provincia Tungurahua.”, con el objetivo de realizar un análisis hidrológico e identificar las áreas de inundación; concluyó que para un periodo de retorno de 261 años, la altura máxima de inundación desde el eje del río es de 5 metros sobre el nivel del lecho del cauce con un caudal de 123.18 m³/seg y que el área de afectación debido a las crecidas extraordinarias, es de gran magnitud la cual podría generar daños considerables a edificaciones existentes como a cultivos y a obras futuras [1].

En la tesis “Estudio y caracterización hidráulica del óvalo 21 al óvalo 27 del canal de riego Ambato – Huachi – Pelileo, Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua”, con el objetivo de obtener la caracterización hidráulica del canal de riego por medio del software HEC-RAS bajo diferentes escenarios, con el fin de aprovechar el líquido vital

del canal y ser utilizado en un futuro para algo más que el riego de cultivos sin alterar sus propiedades [2].

En cuanto a nivel nacional el proyecto “Aplicaciones del modelo Hec-Ras para el análisis del flujo no permanente con superficie libre” de la Escuela Politécnica Nacional donde indica que, con el desarrollo científico alcanzado en hidrología, hidráulica y de simulación numérica del flujo del agua se permite simular las situaciones reales de las crecidas originadas por las lluvias por lo que se puede evaluar el riesgo de inundación y con estos datos realizar una operación de mantenimiento de las redes de cursos naturales dentro de un plan de prevención de inundaciones juntamente con el diseño de obras civiles [3].

1.1.2. Justificación

Los efectos de los eventos climáticos y fenómenos naturales han alterado directamente al recurso hídrico en todo el mundo, se han registrado 4903 desastres de tipo hidrológico entre los años 1900 y 2013, los mismos que abarcan inundaciones y movimientos de masa, de los cuales 995 inundaciones corresponde al continente americano [4].

América Latina a lo largo de la historia ha sido afectada por varios fenómenos naturales como el evento climático “ENOS” (El Niño, Oscilación del Sur) que se manifiesta por una fase cálida que crea condiciones anormales que producen fuertes precipitaciones y por una fase fría que intensifica los periodos de sequía, uno de los países afectados ha sido Chile en donde provoco varias inundaciones en la zona central, en cambio en la Costa árida de América del Sur se produjeron intensas precipitaciones y al contrario producto de la sequía se desataron incendios de gran escala en el sur de Perú y México [5].

Además, varias condiciones hidrometeorológicas, geológicas y climáticas propias del sitio favorecen la ocurrencia de estos fenómenos naturales los cuales tienen efectos en la economía y en las actividades productivas de los países [6], también se asocian con pérdidas humanas y de bienes de modo que afecta las condiciones de vida de las poblaciones dañando las infraestructuras e interrumpiendo los servicios básicos [7].

En el 2008, se produjeron inundaciones en el litoral Ecuatoriano debido a intensas lluvias producto del evento climático “ENOS”, a pesar de que los valores registrados no superaron los niveles de lluvia normales, ocasionó inundaciones y desbordes de los ríos principales en la Costa del Ecuador [8].

En cuanto a la región Sierra, en la Ciudad de Ambato, en épocas de lluvia es repetitivo el efecto creciente del caudal del río Ambato, tal como en el año 2001 que debido a la correntada alcanzo a viviendas cercanas a la ribera, de modo que, en el sector conocido como “El Sueño” se produjo daños a las residencias [9]. Por este motivo es fundamental el estudio del comportamiento hidrológico e hidráulico de las cuencas y sus sistemas de drenaje, es decir, con esta investigación se pudieron a ver anticipado y evitado los daños.

En tal virtud, el presente proyecto busca obtener un modelo matemático del río Ambato en el tramo comprendido entre el sector de Tilulún y el sector de las Viñas, para determinar las áreas de inundaciones para diferentes tipos de caudales en distintos periodos de retorno como efecto de los fenómenos naturales y cambios climáticos, los cuales producen un riesgo hidrológico con grandes consecuencias en el territorio tanto como en el medio natural como en el medio humano, por lo que es importante realizar el análisis del comportamiento hidráulico como una medida de protección para posibles crecidas extraordinarias e identificar cuáles serían las estructuras afectadas.

La ejecución de este estudio beneficiará a la comunidad en general, a las estructuras involucradas en el proyecto, al Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua y al Municipio de Ambato, ya que los datos obtenidos serán de aporte para investigaciones posteriores y apoyo para que las entidades responsables puedan precautelar, obras civiles y los predios afectados.

1.1.3. Fundamentación Teórica

1.1.3.1. Hidráulica Fluvial

El río es una corriente natural que capta y transporta agua de una cuenca mediante flujo a lámina libre, hasta su desembocadura [10]. La Hidráulica fluvial es la encargada de estudiar su comportamiento, tal como el movimiento del agua, las velocidades de

flujo, los sedimentos, la influencia de la vegetación y las deformaciones del cauce, entre otras, de igual importancia se utiliza para realizar las construcciones hidráulicas de captación, protección, desviación, etc. acorde a las necesidades del río [11].

1.1.3.1.1. Clasificación de los ríos

Una clasificación general de los ríos es:

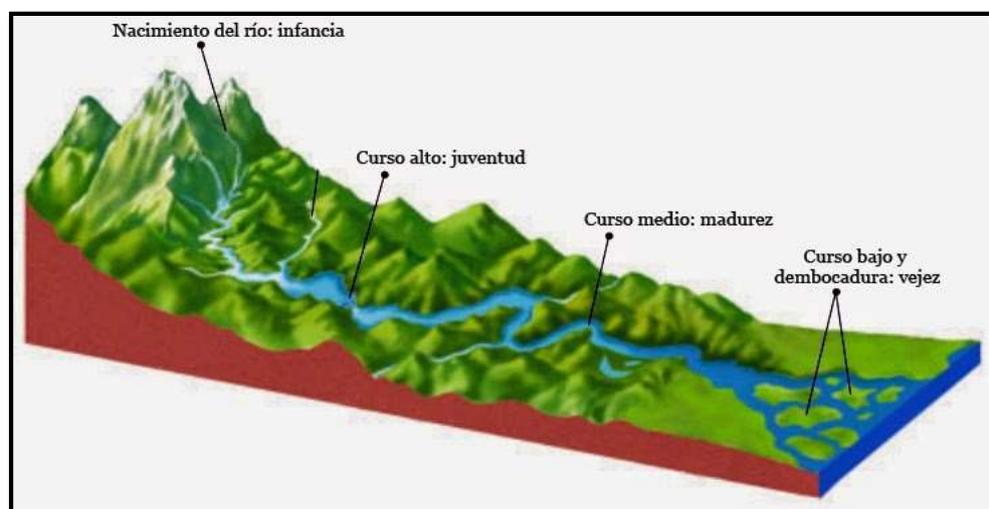
- a) Ríos confinados o sin área de inundación.
- b) Ríos con áreas de inundación.

Debido a los movimientos laterales de los ríos, se originan las áreas de inundación puesto que el río incrementa su cauce debido a mayores periodos de retorno.

- **Por su Edad**

Esta clasificación es de origen geomorfológico y la cual expresa no sólo la evolución fluvial a lo largo del tiempo, sino que toma en cuenta las acciones realizadas por el hombre para controlar el río a su beneficio.

Figura 1. Ríos por su Edad



Fuente: Geografía – Ríos: <https://pe.imagechanger.net/241-river.html>

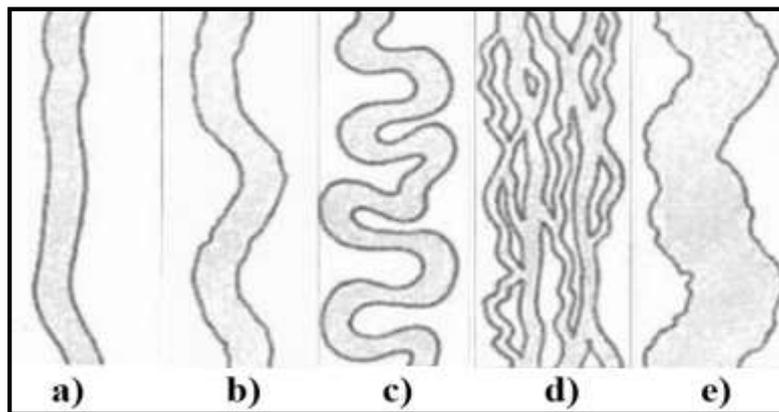
- a) Ríos Jóvenes: En su curso inicial tiene una sección en forma de V, son irregulares y contienen materiales fracturados. También presentan variaciones en los niveles del agua.
- b) Ríos Maduros: Tiene una sección transversal más amplia y una pendiente relativamente baja. Son capaces de transportar los sedimentos en todo su recorrido.
- c) Ríos Viejos: La pendiente del río sigue disminuyendo y su sección transversal aumenta. El río está controlado, confinado y encauzado [12].

- **Por su Geometría**

Representa la trayectoria en planta del río, que se puede diferenciar debido al cociente de sinuosidad.

- a) Recto: Son transitorios y presentes en tramos pequeños. El cociente de sinuosidad no es mayor a 1.2.
- b) Sinuoso: Cuyo cociente de sinuosidad es mayor a 1.2 y menor de 1.5.
- c) Con Meandros: Cuyo cociente de sinuosidad es mayor a 1.5. Debido a que el cauce se desplaza en sentido transversal del valle hacia un lado y otro.
- d) Trenzado: Tiene una mayor pendiente y la carga sólida es elevada, caracterizándose por ser poco profundo y un curso de agua ancho, dividiéndose en varios brazos dejando cauces secundarios.
- e) En Pantano: Es muy amplio debido a que no existe pendiente y se caracteriza por sus zonas muertas y saturadas por altos niveles freáticos [13].

Figura 2. Ríos por su Geometría



Fuente: Propuesta de caracterización jerárquica de los ríos españoles para su clasificación.

1.1.3.1.2. Geomorfología Fluvial

Es la rama especializada de la geomorfología que estudia los accidentes geográficos, formas y relieves ocasionados por la erosión de los ríos [14].

El agua es el agente geológico más importante en la erosión, transporte y depósito de sedimentos. Por lo que, se crean los relieves fluviales como resultado del trabajo geológico de la acción de las aguas corrientes.

Erosión fluvial: Depende de la naturaleza del cauce y del material que arrastre la corriente, se dividen en:

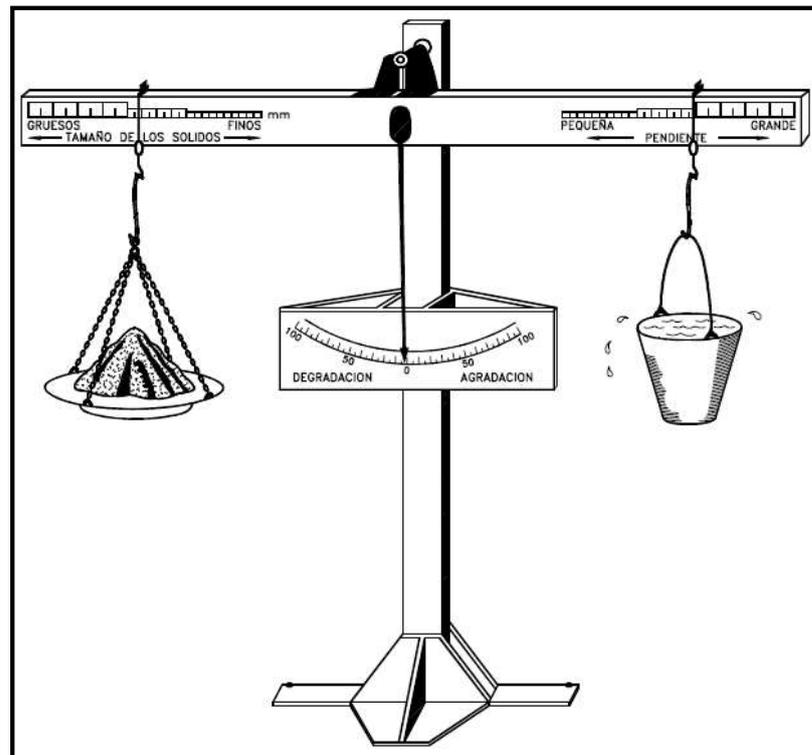
- **Acción Hidráulica:** Es la erosión de los materiales aluviales mal consolidados, debido a la fuerza de la corriente del río.
- **Abrasión:** Es el desgaste mecánico ocasionado por el rozamiento y choque de los propios fragmentos de materiales arrastrados por el río.
- **Corrosión:** Es la remoción de la roca del cauce del río debido a los procesos químicos de meteorización [15].

Transporte Fluvial: Los materiales transportados se denominan carga de río, estos pueden ser transportados en distintas formas como: disolución, suspensión, saltación y rotación. Además la capacidad de carga es proporcional con la velocidad del caudal, por lo que mientras más rápida es ésta, mayor es la fuerza de arrastre [16].

Sedimentación Fluvial: También denominado Aluvión al material sedimentado, ocasionado por la disminución de la velocidad de la corriente, se producirá un exceso de carga de tal manera que se depositaran los sedimentos más gruesos seguido de los más finos. Y en la zona de desembocadura pueden formarse depósitos permanentes, en forma de delta o abanico aluvial [15].

Balanza de Lane: Relaciona los cambios morfológicos del cauce del río con los caudales líquidos y sólidos, teniendo en cuenta cuatro variables: el caudal (Q), la pendiente (S), el tamaño del sedimento (D) y el caudal sólido (Q_s) [12].

Figura 3. Balanza de Lane



Fuente: A, Rocha. Introducción a la Hidráulica Fluvial

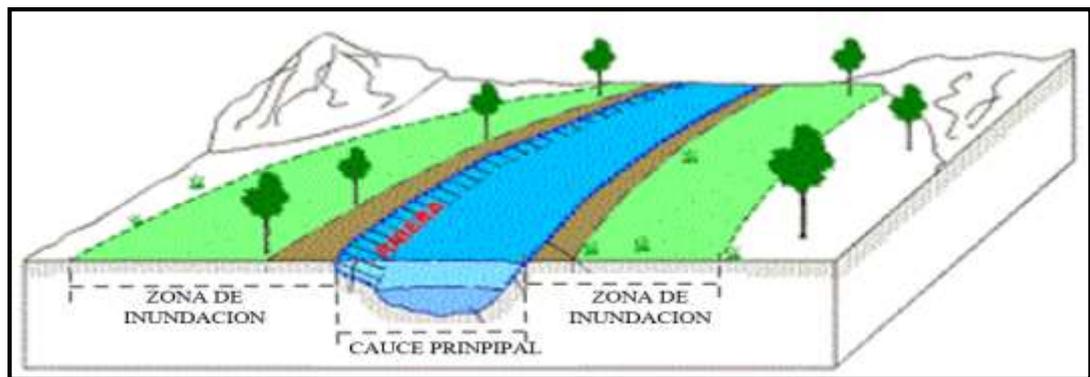
Por ejemplo, cuando llueve provoca un desequilibrio fluvial por el aumento del caudal por lo que la balanza se inclina hacia la derecha y la flecha central indica degradación o erosión, lo que provoca el transporte de sedimentos y un aumento de pendiente, una vez finalizada la lluvia el flujo inicial se recupera depositando los sedimentos en el cauce del río.

1.1.3.1.3. Bancos de Inundación

Son aquellas áreas adyacentes a los ríos y cursos de agua, que están sujetas a inundaciones frecuentes, debido a las lluvias fuertes o continuas que sobrepasan la capacidad de carga de los ríos, desbordándolos hacia los bancos de inundación, por lo que es considerado un peligro para realizar las actividades de desarrollo humano [15].

Geomorfológicamente, es una forma de terreno relativamente plano compuesto de material sedimentado no consolidado, como resultado de los materiales transportados por el río [17].

Figura 4. Bancos de Inundación



Fuente: Cuencas Hidrográficas: <http://pezcandido.blogspot.com>

1.1.3.2. Hidrología

Es la ciencia que rige al ciclo hidrológico global, es decir a las variaciones espaciales y temporales del agua en las etapas terrestres, oceánica y atmosférica, así como, el

movimiento del agua sobre y debajo de la superficie terrestre, incluyendo los procesos químicos, físicos y biológicos que tienen lugar a lo largo de su trayectoria [18].

1.1.3.2.1. Precipitación

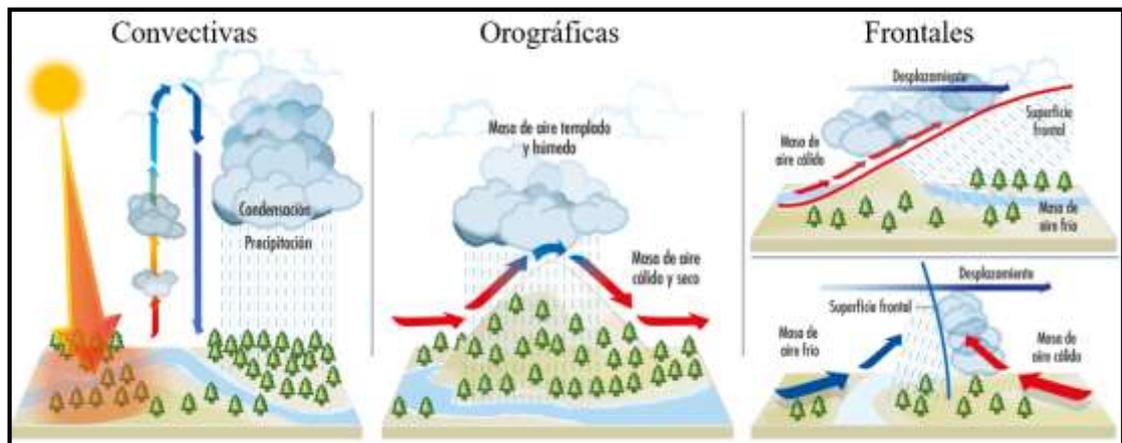
Es una parte importante del ciclo hidrológico representada por cualquier forma de humedad que llega a la superficie terrestre, ya sea lluvia, nieve, granizo, niebla, etc.

La precipitación se mide en términos de altura de agua (mm) por unidad de superficie (m²), para lo cual se utiliza el pluviómetro y el pluviógrafo [19].

Existen los siguientes tipos de precipitación:

- a) Convectivas: Ocurre cuando las corrientes de aire bajas, se calientan acompañadas de vientos fríos superiores.
- b) Orográficas: Ocurre cuando las corrientes de aire húmedo chocan contra las montañas y se ve obligado a ascender.
- c) Frontales: Ocurre cuando dos cuerpos de aire en movimiento y a diferente temperatura, chocan entre sí [19].

Figura 5. Tipos de Precipitación



Fuente: Tipos de Lluvia: <https://www.pinterest.com/pin/317222367501790050/>

1.1.3.2.2. Intensidad de Precipitación

La intensidad es una de las características más importantes de la lluvia, la cual se expresa en mm/h. Este fenómeno se distingue por su variabilidad en espacio y tiempo por lo que caracteriza si el evento es de gran duración o poca duración [19].

Es importante considerar que, desde un punto de vista Hidrológico, un mismo volumen de agua caído durante un evento pluvial puede provocar distinta infiltración y escorrentía en función de la intensidad de lluvia ocurrida durante la misma. Por lo que se utilizan hietogramas para representar la intensidad de la lluvia con respecto al tiempo [20].

1.1.3.2.3. Periodo de Retorno

Se define como el lapso o número de años que en promedio el valor del caudal pico de una creciente determinada, se cree que será igualado o excedido una vez cada Tr años, es decir, es la frecuencia con la que se presenta un evento [21], representada con la siguiente formula:

$$Tr = \frac{1}{p}$$

Donde:

Tr : Periodo de retorno en años.

p : Probabilidad de excedencia.

Para utilizar el periodo de retorno en el diseño de una obra, es fundamental tomar en cuenta la relación existente entre la probabilidad de ocurrencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible [21].

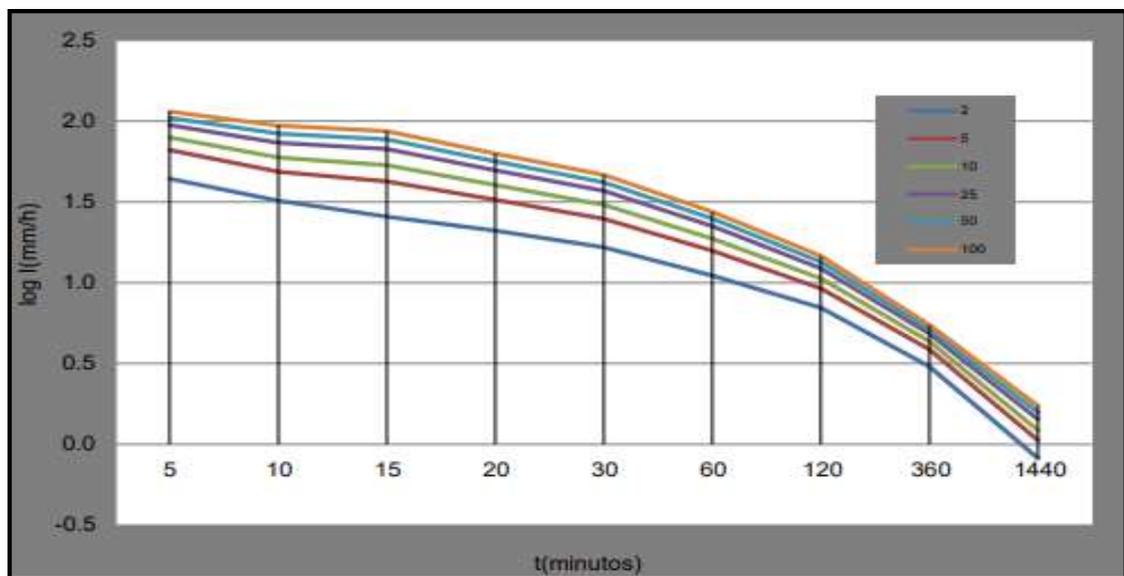
1.1.3.2.4. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia

Son gráficas conocidas como curvas IDF, que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se observa, es decir con su probabilidad de ocurrencia.

Para realizar las curvas IDF es necesario los registros pluviométricos del lugar de estudio y seleccionar con ayuda de los hietogramas el evento más crítico de diferentes duraciones en cada año para realizar un análisis de frecuencia y con modelos probabilísticos conseguir una asignación de probabilidad para la intensidad de lluvia correspondiente a cada duración, representándolo en un solo gráfico de intensidad vs duración, teniendo como parámetro el periodo de retorno [21].

Como se observa en la Figura 6, entre mayor duración tengan las precipitaciones se da una menor intensidad y a menor intensidad, menor es el tiempo de retorno. Por el contrario, si la duración de las precipitaciones es menor se da una mayor intensidad y a mayor intensidad, mayor es el tiempo de retorno.

Figura 6. Curvas IDF-Ambato



Fuente: INAMHI

La ecuación típica para determinar la intensidad máxima es:

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

Donde:

I: Intensidad (mm/h)

T: Periodo de retorno (años)

t: tiempo de duración (minutos)

k, m, n: constantes de ajuste propias de cada estación. [22]

1.1.3.2.5. Escorrentía Superficial

Es la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, como resultado de las lluvias, pero sólo una parte produce escorrentía superficial que sale en forma de flujo en el punto final de la cuenca.

Cuando comienza la lluvia, primero se empapa el terreno y empieza la infiltración hasta que se satura el terreno y pierde capacidad de recibir agua, por lo que da inicio al escurrimiento en forma de pequeños cauces por la superficie.

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la parte de la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total, además su valor es adimensional y está entre 0 y 1, dependiendo principalmente del tipo de terreno [19].

1.1.3.2.6. Caudales Máximos

Caudal Máximo (Q_{max}): Es el caudal máximo registrado en un mes de un cauce fluvial [1].

Caudal Máximo Instantáneo (Q_{mc}): También conocido como caudal de crecida, siendo el caudal máximo registrado durante un determinado instante de un día [1].

El método de la fórmula Racional es el más utilizado para determinar el caudal máximo que escurrirá por una determinada sección, bajo el supuesto que éste acontecerá para una lluvia de intensidad máxima constante y uniforme en la cuenca correspondiente a una duración igual al tiempo de concentración de la sección [23]. Este método está basado en la siguiente expresión, denominada racional en razón a la compatibilidad de unidades de las variables relacionadas:

$$Q_{max} = C I A$$

En donde:

Q_{max} : Caudal máximo en la sección de cálculo.

C : Coeficiente de escorrentía medio ponderado de la cuenca.

A : Área total de la cuenca vertiente.

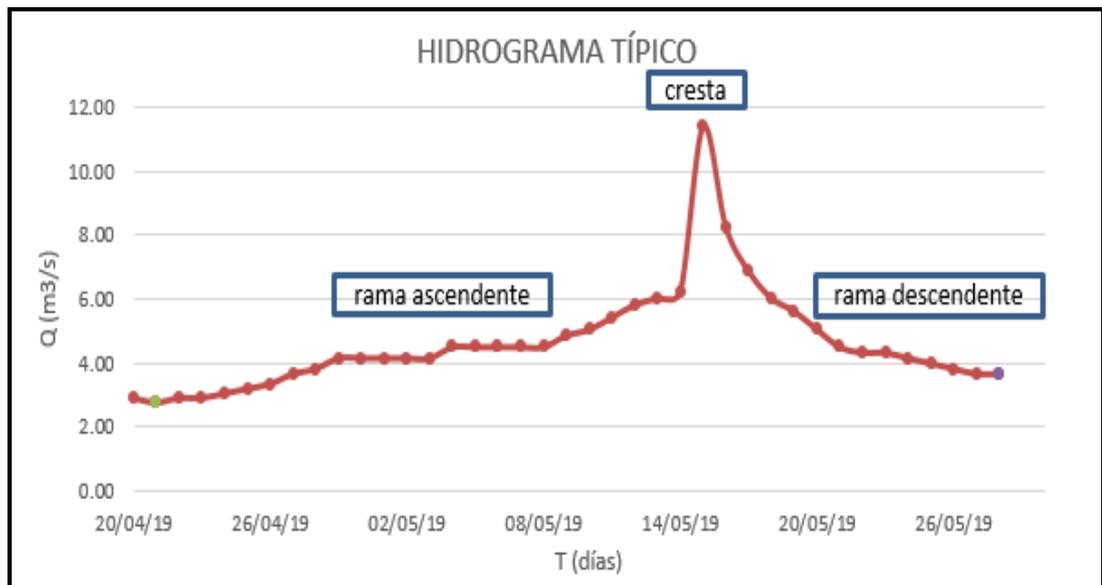
I : Intensidad media máxima para una duración igual al tiempo de concentración

1.1.3.2.7. Hidrograma de Crecida

El Hidrograma fluvial representa la secuencia en que se presentan los caudales (Q) de un río en variación al tiempo (T) [24].

Por lo que el Hidrograma de crecida se entiende que es un Hidrograma resultante de las lluvias extraordinarias aisladas, este se compone de tres partes: rama ascendente, cresta y una rama descendente, y su estudio es importante para la predicción de crecidas y defensa contra las inundaciones [25].

Figura 7. Hidrograma Típico



Realizado por: José León

1.1.3.2.8. Separación de Caudales

Para el estudio es necesario la separación del caudal base de la escorrentía directa, para ello existen diferentes métodos:

1er Método: Consiste en determinar la escorrentía directa un tiempo determinado después del caudal máximo del Hidrograma con la siguiente fórmula [25].

$$N = aA^b$$

Donde:

N: Tiempo en días

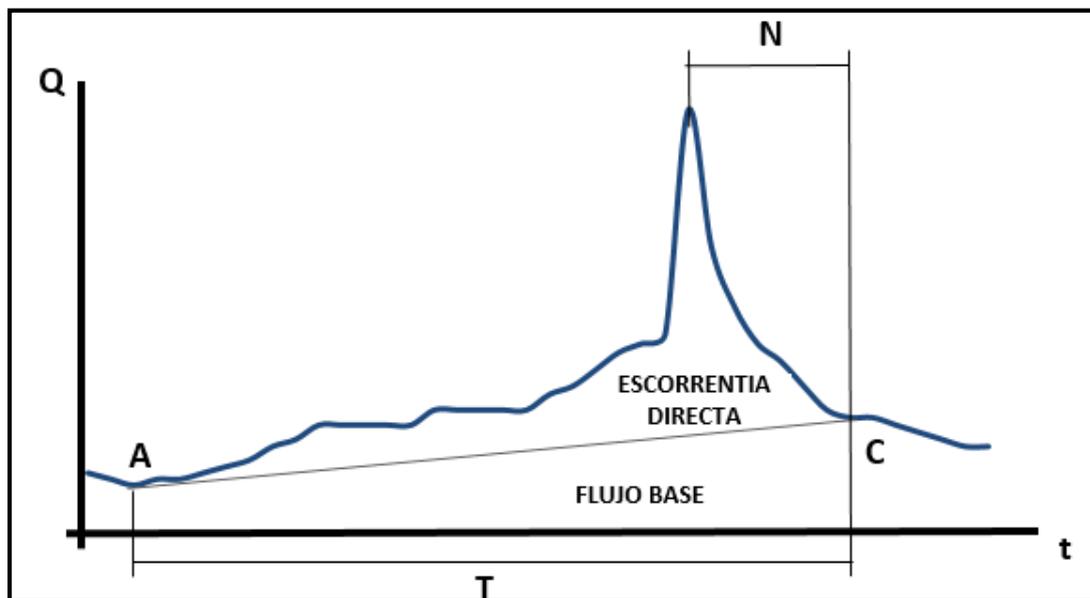
A: Área de la cuenca en km²

a y b: coeficientes empíricos, según Linsley $a=0.827$ y $b=0.20$

2do Método: Cuando la diferencia en el volumen del flujo base en los puntos A y C es pequeña se considera justificable unir los puntos con una línea recta [25].

3er Método: conocido como método visual, la determinación del punto A se representa por el cambio de pendiente y el punto C se coloca mediante la observación de la rama descendente en donde sea la máxima curvatura de las curvas [26].

Figura 8. Métodos de Separación

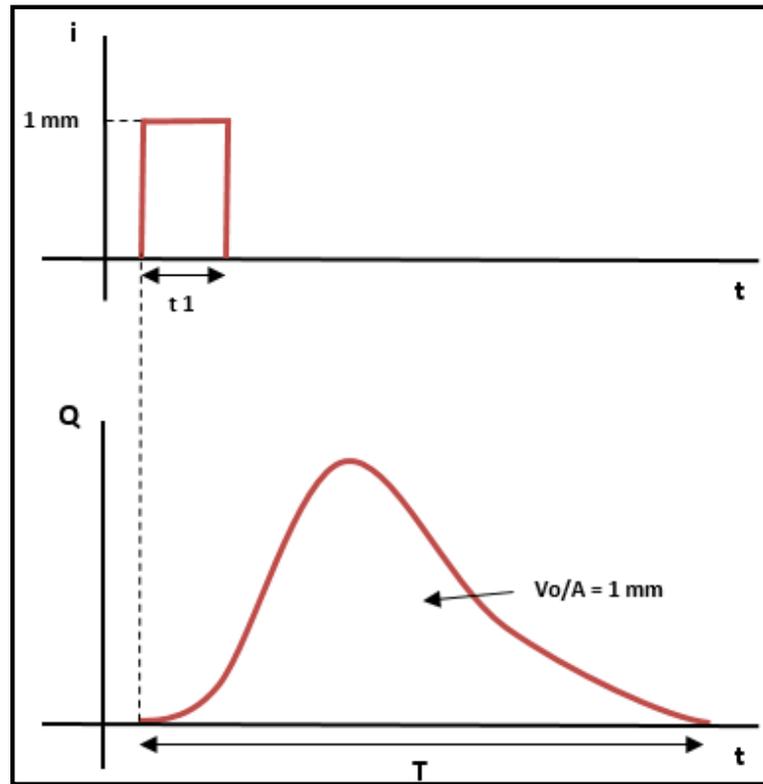


Realizado por: José León

1.1.3.2.9. Hidrograma Unitario

La técnica propuesta por Sherman (1932) considera al Hidrograma Unitario como el Hidrograma de escorrentía directa resultante de una precipitación neta de 1 mm en un tiempo determinado [25].

Figura 9. Hidrograma Unitario



Realizado por: José León

1.1.3.2.9.1. Obtención del Hidrograma Unitario

1. Seleccionar el evento de precipitación adecuado.
2. Separar la contribución del caudal base.
3. Calcular el volumen de escorrentía directa (V_o).
4. Obtener la altura de exceso de precipitación de la cuenca (h).

$$\frac{V_o}{A} = h$$

5. Dividir la escorrentía directa entre la altura de exceso de precipitación (h).

$$\frac{Q \left(\frac{m^3}{s} \right)}{h \text{ (mm)}}$$

6. Graficar el Hidrograma Unitario final [25].

1.1.3.3. Flujo en Canal Abierto

El flujo en canal abierto es un sistema que tiene una superficie libre y se encuentra sometida a la presión atmosférica. Las condiciones físicas pueden variar con el tiempo y con el espacio, por lo que implica incertidumbre en definir los coeficientes de rugosidad y de fricción [27]. Y se clasifica de la siguiente manera:

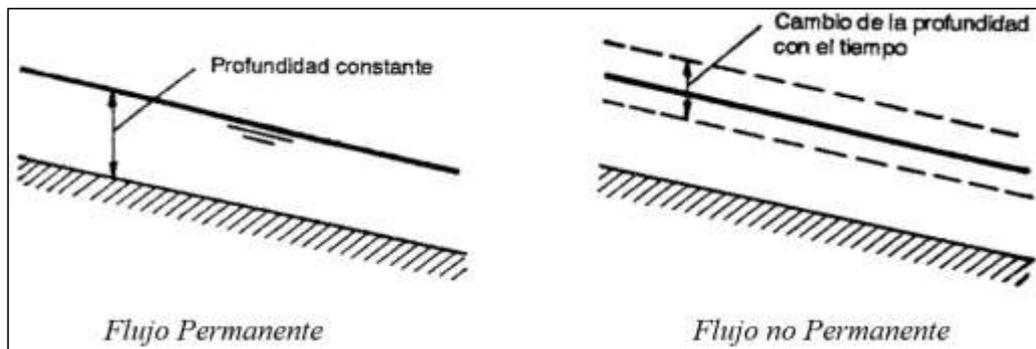
A. Flujo Permanente

1. Flujo uniforme.
2. Flujo variado.
 - a) Flujo gradualmente variado.
 - b) Flujo rápidamente variado.

B. Flujo no Permanente

1. Flujo uniforme no Permanente (raro).
2. Flujo variado no permanente.
 - a) Flujo gradualmente variado no permanente.
 - b) Flujo rápidamente variado no permanente [27].

Figura 10. Clasificación del flujo en canales abiertos



Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos [27].

1.1.3.3.1. Régimen de flujo

El comportamiento del flujo debido al efecto de la viscosidad en relación con las fuerzas inerciales puede representarse mediante el número de Reynolds, con la siguiente fórmula:

$$R_e = \frac{V R h}{\nu}$$

Donde:

V: Velocidad del flujo.

L: Radio hidráulico.

ν : Viscosidad cinemática del agua.

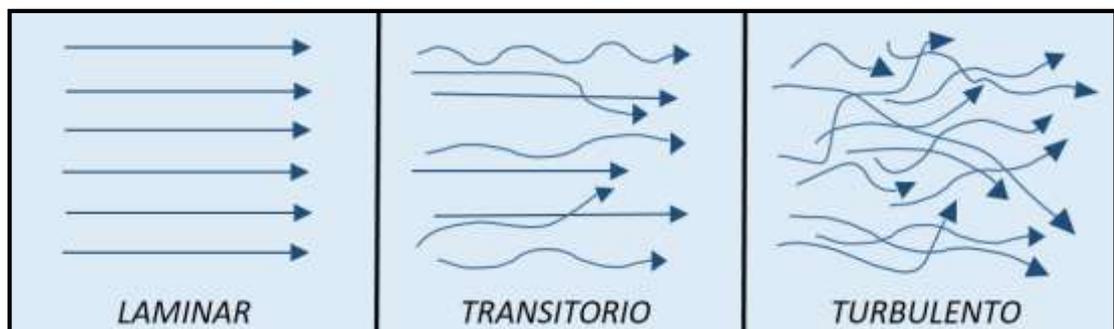
Con el cual se caracteriza el flujo de la siguiente manera:

Flujo Laminar: Cuando las fuerzas inerciales son menores que las fuerzas viscosas además se caracteriza por ser un flujo que sigue una trayectoria suave y ordenada y cumple la condición $R_e \leq 500$.

Flujo Transitorio: Cuando el caudal aumenta después de estar en flujo laminar y empieza a ondularse y cumple la condición $500 \leq R_e \leq 750$.

Flujo Turbulento: Cuando las fuerzas inerciales son mayores que las fuerzas viscosas además se caracteriza por ser un flujo que se mueve en trayectorias irregulares y cumple la condición $R_e \geq 750$ [27].

Figura 11. Régimen de Flujo



Realizado por: José León

1.1.3.3.2. Estados de Flujo

El comportamiento del flujo debido a las fuerzas gravitacionales en relación con las fuerzas inerciales puede representarse mediante el número de Froude, con la siguiente fórmula:

$$F = \frac{V}{\sqrt{gy}}$$

Donde:

V: Velocidad media del flujo.

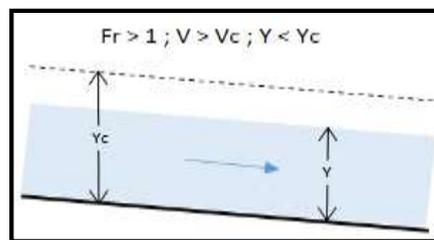
g: Aceleración de la gravedad.

y: profundidad hidráulica.

Con el cual se caracteriza el flujo de la siguiente manera:

Flujo Súper crítico: Se caracteriza por presentar velocidades y pendientes altas a profundidades pequeñas, se describe como corriente rápida, el número de Froude es mayor a 1.

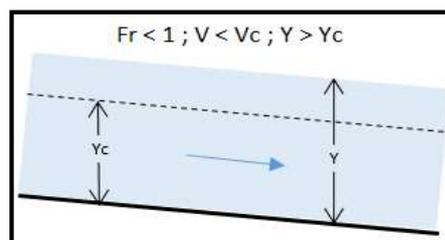
Figura 12. Flujo Súper Crítico



Realizado por: José León

Flujo Sub crítico: Se caracteriza por presentar velocidades y pendientes bajas a profundidades altas, se describe como tranquilo y de corriente lenta, el número de Froude es menor a 1.

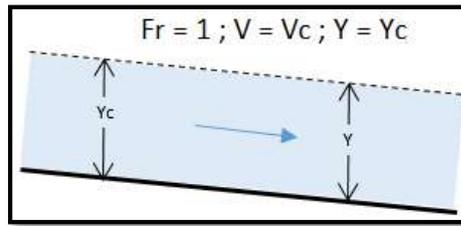
Figura 13. Flujo Sub Crítico



Realizado por: José León

Flujo Crítico: Es un estado intermedio entre los otros dos tipos anteriores, el número de Froude es igual a 1. [27]

Figura 14. Flujo Crítico



Realizado por: José León

1.1.3.3.3. Energía Específica

Es la energía por unidad de peso en cualquier sección del canal medido con respecto al fondo, representada por la siguiente fórmula:

$$E = y + \frac{V^2}{2g}$$

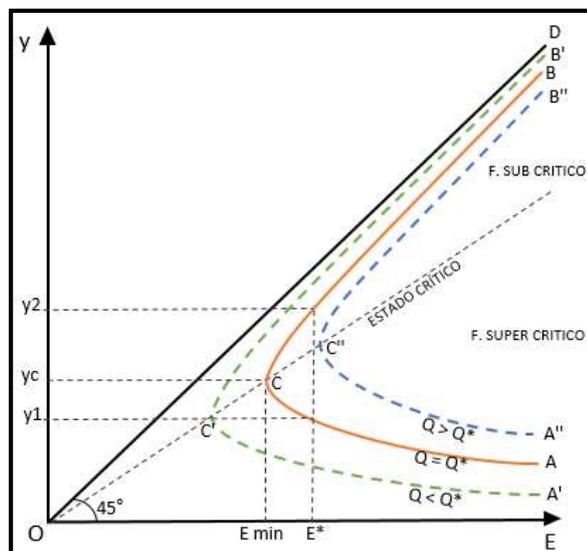
Donde:

V: Velocidad del flujo.

g: Aceleración de la gravedad.

Se obtiene la curva de energía específica graficando la profundidad de flujo (y) vs la energía específica (E) para una sección de canal y un caudal definido [27].

Figura 15. Curva de Energía Específica



Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos [27].

En la figura 14 se observa la curva AB en donde, para una energía específica determinada (E^*) existen dos profundidades: baja (y_1) y alta (y_2), mientras que en el punto C la energía es mínima y corresponde a la profundidad crítica (y_c). Además, si el caudal cambia la curva de energía específica variará entre la curva A'B' y A''B'' si es menor o mayor.

Por otra parte, el estado crítico está definido por una recta desde el origen que cruza por el punto donde la energía específica es mínima y cumple con la condición que el número de Froude es igual a 1, por ende, si es mayor a 1 entra en el rango de flujo súper crítico y si es menor a 1 se encuentra en el rango de flujo sub crítico [27].

1.1.3.3.4. Ecuación General de Flujo

La ecuación del flujo uniforme se expresa de la siguiente manera:

$$V = C R_h^x S_f^y$$

Donde:

V: Velocidad media del flujo.

x, y: Exponentes empíricos

C: Factor de resistencia al flujo, varía con la velocidad, geometría, viscosidad, etc.

R_h : Radio Hidráulico.

S_f : Pendiente.

Pero al ser una corriente natural con transporte de sedimentos y flujo turbulento sus condiciones del flujo están sujetas a factores inciertos como: el área mojada, la velocidad media, el radio hidráulico, coeficiente de rugosidad, la viscosidad dinámica del agua, etc. Por lo que se utiliza las ecuaciones de Chezy y de Manning [27].

1.1.3.3.5. Ecuación de Manning

La ecuación del flujo uniforme presentada por Manning en 1889:

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S_f^{1/2}$$

Donde:

V: Velocidad media del flujo.

n: Coeficiente de rugosidad.

R_h : Radio Hidráulico.

S_f : Pendiente.

Lo complicado de este método es definir el coeficiente de rugosidad ya que se estima basándose en la siguiente tabla:

Tabla 1. Coeficientes de Manning de Ven te Chow

VALORES DEL COEFICIENTE MANNING 'n'			
Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
A. Corrientes naturales			
1. Canales principales			
a. Limpio, recto, lleno, sin grietas o pozos profundos	0.025	0.030	0.033
b. Igual que el anterior, pero más piedras y malezas.	0.030	0.035	0.040
c. Limpio, sinuoso, algunos pozos y bancos de arena.	0.033	0.040	0.045
d. Igual que el anterior, pero algunas malezas y piedras	0.035	0.045	0.050
e. Igual que el anterior, etapas más bajas, pendientes y secciones más ineficaces	0.040	0.048	0.055
f. Igual que "d" pero más piedras	0.045	0.050	0.060
g. Alcances lentos, maleza, pozos profundos	0.050	0.070	0.080
h. Tramos con mucha maleza, pozos profundos o inundaciones con grandes masas de madera y matorrales.	0.070	0.100	0.150
2. Planicies de inundación			
a. Pasto sin maleza			
1. hierba corta	0.025	0.030	0.035
2. hierba alta	0.030	0.035	0.050
b. Zonas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en hileras maduras	0.025	0.035	0.045
3. Cultivos de campo maduros	0.030	0.040	0.050
c. Matorrales			
1. Matorrales dispersos, Matorrales pesados	0.035	0.050	0.070
2. Matorrales ligeros y árboles, en invierno.	0.035	0.050	0.060
3. Matorrales ligeros y árboles, en verano.	0.040	0.060	0.080
4. Matorrales medianos a densos, en invierno.	0.045	0.070	0.110
5. Matorrales medianos a densos, en verano	0.070	0.100	0.160

Tabla 1. Coeficientes de Manning de Ven te Chow

VALORES DEL COEFICIENTE MANNING 'n'			
Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
d. Árboles			
1. Tierra despejada con tacos de árboles, sin brotes	0.030	0.040	0.050
2. Igual que el anterior, pero brotes pesados	0.050	0.060	0.080
3. Soporte pesado de madera, pocos árboles caídos, poca maleza, flujo debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
4. Igual que el anterior, pero con flujo hacia las ramas.	0.100	0.120	0.160
5. Sauces densos, verano, rectos	0.110	0.150	0.200
3. Arroyos de montaña, sin vegetación en el canal, bancos generalmente empinados con árboles y matorrales en bancos sumergidos			
a. Fondo: gravas, guijarro y pocas rocas.	0.030	0.040	0.050
b. Fondo: guijarro con grandes rocas	0.040	0.050	0.070

Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos [27].

1.1.3.4. Modelos numéricos para el estudio de flujo en canal abierto

En la actualidad las técnicas de la modelación numérica han evolucionado en el desarrollo del cálculo de flujos en lámina libre, de tal manera que realiza un estudio más profundo con modelos en 1D, 2D y 3D, además se ajusta a las características propias del estudio, como: geometrías complejas, flujos con cambio de régimen, posibles bancos de inundación, estructuras presentes en el cauce (puentes, presas, taludes, vías, etc.). Y siendo softwares de fácil utilización que favorecen en cuanto el tiempo y costos de resolver problemas frente a los modelos físicos [28].

Existe una gran variedad modelos numéricos que implementan las soluciones de Saint-Venant, entre los más conocidos están: SOBEK, MIKE 11, HEC-RAS, ISIS, etc., del cual destaca el modelo HEC-RAS, por ser un software libre, sencillo y de amplia difusión, que permite abordar la gran mayoría de problemas en sistemas hidráulicos formados por un canal, una red abierta o cerrada [29].

1.1.3.4.1. Modelo Matemático HEC-RAS

HEC-RAS: Hydrologic Engineering Center's (CEIWR-HEC) River Analysis System, Centro de ingeniería hidrológica – Sistema de análisis de ríos.

Es un programa de modelización hidráulica unidimensional compuesto por 4 tipos de análisis en ríos:

1. Flujo en régimen permanente.
2. Flujo en régimen no permanente.
3. Transporte de Sedimentos.
4. Análisis de calidad de aguas.

Este modelo posee una interfaz gráfica cómoda que permite hacer el estudio del funcionamiento hidráulico de canales, flujos en cauces naturales o artificiales, secciones compuestas, alcantarillas, bifurcaciones, lagunas, obras civiles, permite la visualización gráfica de datos y resultados, además de una fácil edición de las secciones transversales, y puede comparar distintos escenarios de funcionamiento [29]. La interfaz proporciona las siguientes funciones:

- a) Gestión de archivos
- b) Entrada de datos y edición
- c) Análisis Hidráulicos
- d) Tabulación y pantallas gráficas de entrada y salida
- e) Mapeo de inundaciones y animaciones de propagación de agua
- f) Informes
- g) Ayuda

1.1.3.4.2. Modelo matemático HEC-GeoRAS

HEC-GeoRAS: Hydrological Engineering Center – Geospatial River System, es una extensión para ArcGIS desarrollada conjuntamente por el Hydrologic Engineering Center del United Army Corps of Engineering y el Environmental System Research Institute.

Se compone de una serie de procedimientos, herramientas y utilidades diseñadas para procesar datos georreferenciados que permite realizar un modelo digital del terreno para importar a HEC-RAS toda la información geométrica necesaria para la simulación como: el cauce del río, las secciones transversales, líneas de flujo, etc. Una vez realizado el cálculo hidráulico y obtenido los resultados, estos se pueden exportar al software ArcGis para realizar mapas de inundación [3].

1.1.3.5. Estadística hidrológica

La estadística hidrológica es la recopilación de datos y ordenamiento estadístico que sirve para comprender la distribución espacio – temporal de los procesos hidrológicos con el fin de prever posibles caudales extraordinarios y dimensionar obras civiles.

Se pueden dar dos tipos de variables: no aleatoria que es definida bajo el criterio del investigador debido a patrones semejantes, pero no garantiza ser representativo el valor y la variable aleatoria que es definida por todos los datos en un rango de ocurrencia y estudiados mediante un análisis probabilístico ya que son valores variables y no pueden predecirse con exactitud como el caudal debido a que este varía día a día [1].

1.1.3.5.1. Media Aritmética

Es el promedio de un conjunto de datos representado por la siguiente formula:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

$\sum_{i=1}^n x_i$: Sumatoria de n caudales máximos instantáneos de crecida.

n : número de caudales de la serie.

1.1.3.5.2. Desviación Estándar

Es la medida que indica que tan dispersos se encuentran los datos con relación a la media, dada por la siguiente formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde:

$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$: Sumatoria de los caudales menos la media al cuadrado.

n : número de caudales de la serie.

1.1.3.5.3. Criterio de Chauvenet

Es un método usado para excluir datos numéricos que estén muy alejados con respecto a la serie mediante la relación de la media aritmética y la desviación estándar, con el fin de filtrar la aparición de datos muy altos o muy bajos además de cubrir posibles errores y registros incompletos [1]. Se representa con la siguiente formula:

$$\bar{x} = \frac{|x_i - \bar{x}|}{\sigma} \leq k_n$$

Donde:

σ : Desviación estándar.

$|x_i - \bar{x}|$: Caudal menos la media aritmética.

k_n : Coeficiente de Chauvenet depende del número de datos. Tabla 2.

Tabla 2. Coeficientes de Chauvenet

n	K(n)	n	k(n)	n	k(n)
2	1.15	11	2.00	20	2.24
3	1.38	12	2.04	25	2.33
4	1.54	13	2.07	30	2.40
5	1.65	14	2.10	40	2.48
6	1.73	15	2.13	50	2.57
7	1.80	16	2.15	100	2.81
8	1.86	17	2.18	300	3.14
9	1.92	18	2.20	500	3.29
10	1.96	19	2.22	1000	3.48

Fuente: Estadística Básica Aplicada

1.1.3.5.4. Método de Gumbel

Tiene como función la distribución del valor máximo aplicando la teoría de valores extremos, entonces suponiendo que se tiene N muestras con n eventos se utiliza un valor máximo de los n eventos de cada muestra [1], por lo tanto, para la distribución probabilística de Gumbel se utilizará los valores de caudales máximos instantáneos anuales para determinar el caudal de diseño para un periodo de retorno dado, por lo que se utiliza la siguiente metodología:

$$P_{(X \leq x_i)} = e^{-e^{-y_i}}$$

Donde:

$P_{(X \leq x_i)}$: Probabilidad de que un valor extremo sea menor a un cierto valor x_i .

e : Base de los logaritmos neperianos.

y_i : Variable reducida o coeficiente de ayuda, tal que:

$$y_i = \alpha (x_i - x_f)$$

$$\alpha = \frac{\sigma_n}{\sigma_i}$$

$$x_f = \bar{x} - \sigma_i \frac{y_n}{\sigma_n}$$

\bar{x} : Media aritmética.

σ_i : Desviación estándar.

x_i : Datos de la serie de caudales.

y_n, σ_n : Coeficientes de Gumbel, Tabla 3.

Tabla 3. Coeficientes de Gumbel

N	yn	σn	N	yn	σn	N	yn	σn
1	0.36651	0	35	0.54034	1.12847	69	0.55453	0.1844
2	0.40434	0.49838	36	0.54105	1.13126	70	0.55477	1.18535
3	0.42859	0.64348	37	0.54174	1.13394	71	0.555	1.18629
4	0.4458	0.73147	38	0.54239	1.13394	72	0.55523	1.1872
5	0.45879	0.79278	39	0.54302	1.1365	73	0.55546	1.18809
6	0.46903	0.83877	40	0.54362	1.13896	74	0.55567	1.18896
7	0.47735	0.87493	41	0.5442	1.14358	75	0.55589	1.18982
8	0.48428	0.90432	42	0.54475	1.14576	76	0.5561	1.19065
9	0.49015	0.92882	43	0.54529	1.14787	77	0.5563	1.19147
10	0.49521	0.94963	44	0.5458	1.14989	78	0.5565	1.19227
11	0.49961	0.96758	45	0.5463	1.15184	79	0.55669	1.19306
12	0.5035	0.98327	46	0.54678	1.15555	80	0.55689	1.19382
13	0.50695	0.99713	47	0.54724	1.15731	81	0.55707	1.19458
14	0.51004	1.00948	48	0.54769	1.15901	82	0.55726	1.19531
15	0.51284	1.02057	49	0.54812	1.16066	83	0.55744	1.19604
16	0.51537	1.0306	50	0.54854	1.16226	84	0.55761	1.19675
17	0.51768	1.03973	51	0.54895	1.1638	85	0.55779	1.19744
18	0.5198	1.04808	52	0.54934	1.1653	86	0.55796	1.19813
19	0.52175	1.05575	53	0.54972	1.16676	87	0.55812	1.1988
20	0.52355	1.06282	54	0.55009	1.16817	88	0.55828	1.19945
21	0.52522	1.06938	55	0.55044	1.16817	89	0.55844	1.2001
22	0.52678	1.07547	56	0.55079	1.16955	90	0.5586	1.20073
23	0.52823	1.08115	57	0.55113	1.17088	91	0.55876	1.20135
24	0.52959	1.08646	58	0.55146	1.17218	92	0.55891	1.20196
25	0.53086	1.09145	59	0.55177	1.17344	93	0.55905	1.20256
26	0.53206	1.09613	60	0.55208	1.17467	94	0.5592	1.20315
27	0.53319	1.10054	61	0.55238	1.17586	95	0.55934	1.20373
28	0.53426	1.1047	62	0.55268	1.17702	96	0.55948	1.2043
29	0.53527	1.10864	63	0.55296	1.17816	97	0.55962	1.20486
30	0.53622	1.11237	64	0.55324	1.17926	98	0.55976	1.20541
31	0.53713	1.11592	65	0.55351	1.18034	99	0.55989	1.20596
32	0.53799	1.11929	66	0.55378	1.18139	100	0.56002	1.20649
33	0.53881	1.12249	67	0.55403	1.18242	101	0.56015	1.20701
34	0.53959	1.12555	68	0.55429	1.18342			

Fuente: Estadística Básica Aplicada

Para determinar el caudal de diseño se utilizará las fórmulas generales de Ven Te Chow utilizadas para el cálculo de frecuencia, descritas a continuación:

$$Q_t = \bar{x} + \sigma * k \quad \{1\}$$

$$k = \frac{(y_i - \bar{y}_n)}{\sigma_n} \quad \{2\}$$

Reemplazando {2} en {1}:

$$Q_t = \bar{x} + \frac{\sigma}{\sigma_n} (y_i - \bar{y}_n) \quad \{3\}$$

Donde:

$Q_{(T)}$: Caudal para un determinado periodo de retorno.

y_i : Coeficiente de ayuda para cada valor de la serie de caudales.

\bar{x} : Media aritmética.

σ : Desviación estándar.

y_n, σ_n : Coeficientes de Gumbel, Tabla 3.

Se considera una relación directa entre la probabilidad de excedencia del caudal a ser pronosticado y el periodo de retorno, entonces:

$$P(x) = 1 - P(x \leq x_i) = \frac{1}{Tr}$$

$$\therefore P_{(X \leq x_i)} = 1 - P_{(X)}$$

Donde:

$P_{(X)}$: Probabilidad de que un evento suceda en función de un periodo determinado.

$P_{(X \leq x_i)}$: Probabilidad de que un valor extremo sea menor a un cierto valor x_i .

Reemplazando $P_{(X \leq x_i)}$ en la fórmula original de Gumbel se obtiene:

$$P_{(X)} = 1 - e^{-e^{-y_i}}$$

Donde:

$P_{(X)}$: Probabilidad de que un evento suceda en función de un periodo determinado.

e : Base de los logaritmos neperianos.

$y_{(i)}$: Coeficiente de ayuda.

Finalmente despejamos el coeficiente de ayuda:

$$y_i = -\ln(-\ln(1 - p))$$

Con el objetivo de analizar los resultados del método de Gumbel se realizó una comparación gráfica mediante una probabilidad empírica obtenida por cada valor de la serie de los caudales máximos instantáneos anuales de crecida con la siguiente fórmula:

$$P_e = \frac{m}{n + 1} * 100$$

Donde:

P_e : Probabilidad empírica.

m : Orden del dato.

n : Número de datos.

1.1.3.6. Periodo de Diseño

La NEVI 12 recomienda el análisis de riesgo admisible en función del periodo de retorno y la vida útil de la estructura con la siguiente fórmula:

$$Prob(x < Q) = Riesgo = 1 - \left(1 - \frac{1}{Tr}\right)^n$$

Despejamos el periodo de retorno:

$$Tr = \frac{1}{1 - 10^{\left(\frac{\log(1 - Riesgo)}{n}\right)}}$$

Donde:

Riesgo: Riesgo asumido para la estructura en porcentaje. Tabla 5

Tr: Periodo de retorno en años.

n: Vida útil en años. Tabla 4.

Tabla 4. Valores máximos recomendados de riesgo admisible

Tipo de Obra	Riesgo (%)
Puentes	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de aguade cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Sub drenes	40
Defensas Ribereñas	25
Planta de Tratamiento	25

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje [21]

Tabla 5. Vida útil de las estructuras

Tipo de Obra	n (años)
Puentes	40
Alcantarillas de quebradas importantes	25
Alcantarillas de quebradas menores	15
Drenaje de la plataforma	15
Sub drenes	15
Defensas Ribereñas	40
Planta de Tratamiento	35

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje [21]

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

“Caracterizar el comportamiento hidráulico del Río Ambato en el tramo comprendido entre el sector de Tilulún y el sector de las Viñas desde el km 12+000 al km16+000 utilizando un modelo matemático.”

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis hidrológico en el lugar de estudio.
- Procesar información geográfica HEC-GeoRAS para el modelo numérico HEC-RAS.
- Analizar diferentes escenarios en el modelo calibrado.
- Determinar zonas de inundación y posibles estructuras afectadas.
- Elaborar un manual de usuario para la elaboración de modelos numéricos fluviales.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

La investigación bibliográfica se considera como la introducción hacia otros tipos de indagación científica, puesto que es la primera etapa para proporcionar de conocimientos ya existentes al investigador garantizando la calidad de los fundamentos teóricos, de tal manera que comienza la formulación de teorías, hipótesis y preguntas, para llegar a obtener los resultados requeridos del proyecto.

El tipo de investigación para la elaboración del proyecto serán:

a) Investigación Exploratoria

Los datos obtenidos de las estaciones hidrológicas cercanas a la zona de estudio serán procesados manualmente para ingresarlos al software HEC-RAS con el fin de realizar varias simulaciones para diferentes escenarios y obtener resultados aproximados a la realidad.

b) Investigación Descriptiva

A partir de la investigación previa y con el software HEC-RAS se busca determinar las propiedades y características hidráulicas del río como el comportamiento del fluido en el río, las velocidades del flujo, etc.

c) Investigación Explicativa

En base al registro de las estaciones hidrológicas que poseen información sobre precipitaciones, caudales, datos de niveles de agua y con la modelación numérica se pretende dar a conocer los posibles bancos de inundación y las posibles estructuras afectadas por eventos pluviales extremos, por medio de mapas generados en ArcGis.

2.1. Materiales y Equipos

Materiales:

- Computadora
- Registro de las estaciones meteorológicas.
- Archivos GIS (Ortofotos).
- Impresora.
- Fuentes Bibliográficas.

Equipos:

No se utilizaron equipos, pero se utilizaron los siguientes softwares:

- Sistema de Información Geográfica (SIG): Es un conjunto de herramientas que permite realizar consultas, integrar, analizar y representar cualquier base de datos con información geográfica.
- HEC-RAS: Es un software de modelización hidráulica unidimensional que permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales siendo su objetivo principal realizar estudios de inundación [3].

2.2 Métodos

2.2.1 Plan de Recolección de Datos

- Datos del Terreno

Para obtener los datos del terreno de la zona de estudio se utilizarán Ortofotos con diferentes capas como: el modelo digital de elevación (MDE), tipo y uso del suelo, etc, que pueden ser proporcionadas por H. Consejo Provincial de Tungurahua, Open Street Map y SIGTIERRAS.

- Datos Hidrométricos

Para recolectar datos de las estaciones hidrológicas cercanas a la zona de estudio, las fuentes utilizadas serán: INAMHI, Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, que nos brindarán información sobre precipitaciones, caudales y datos de niveles de agua, etc. de las estaciones de Huachi Pelileo, Manzana Huaico y Mula Corral con las cuales se realiza el cálculo de los caudales de crecida.

- Datos de Infraestructura

Se realizará el levantamiento de las estructuras como puentes y edificios presentes a lo largo del proyecto mediante visitas al campo y en zonas inaccesibles se utilizará las Ortofotos.

- Datos de Riesgo y Periodos de retorno

Para realizar los cálculos de riesgo y periodo de retorno se utilizará la NEVI -12, además de justificarlo con la bibliografía correspondiente.

2.2.2 Plan de Procesamiento y Análisis de Información.

- Procesamiento de datos del terreno.

En el software ArcGIS creamos una superficie TIN a partir de datos RASTER, siendo las capas de elevación obtenidos del H. Consejo Provincial de Tungurahua, activamos la extensión HEC-GeoRas y creamos diferentes capas, correspondientes a: bordes del río, eje y áreas de inundación, creamos las secciones transversales cada 20m y con un ancho total de 200m, para una mejor apreciación de la sección y exportamos todos los datos a HEC-RAS para el análisis del río.

- Procesamiento de datos hidrométricos y meteorológicos

En base a los datos obtenidos de las estaciones hidrológicas creamos un archivo Excel, el cual nos ayudara a elaborar tablas para facilitar los cálculos, empezando por obtener el caudal máximo de crecida anual, siendo la suma del caudal máximo por año de las estaciones de Mula Corral, Manzana Huaico y menos Huachi Pelileo, con esto se

procede a calcular la media y la desviación estándar para aplicar el criterio de Chauvenet y excluir datos disparados que pueden alterar los resultados. A continuación, calculamos el riesgo y el periodo de retorno en base a lo indicado en la NEVI dependiendo de las estructuras existentes a lo largo del proyecto y por último aplicamos el método de Gumbel para obtener los caudales máximos de crecida para un periodo de retorno específico.

- Modelación en el HECRAS:

Primero importamos la geometría que realizamos en ArcGis, verificamos que el sentido del río sea correcto y de igual manera con las secciones y con los bordes del río, colocamos los coeficientes de Manning por sección en base a las tablas de Ven te Chow guiándonos en las características del cauce y de los bordes, a continuación, definimos la geometría de los puentes para evaluar la interacción del flujo con la estructura y por último ingresamos los caudales calculados por el método de Gumbel definiendo que será una simulación de flujo constante debido a los datos ingresados por lo que el modelo calcula los tirantes en los puntos interiores manteniendo el caudal constante.

- Calibración del modelo

Para la calibración del modelo se mandó a correr el programa con los caudales medios y verificamos si no es necesario ampliar las secciones, además de fijarse que el flujo del agua siga el curso natural del río y en las partes que se corta o se desvía el flujo se interpoló las secciones para completar su curso, por otra parte, hay que revisar que en el perfil no se encuentren puntos de elevación disparados puesto que afectan el comportamiento del flujo.

- Resultados finales del modelo

Se realiza una evaluación de las características principales del río como: la velocidad, número de Froude, elevaciones, etc. Además de analizar las posibles zonas de inundación y finalmente para una mejor apreciación se exportan los resultados al software ArcGis para la realización de mapas representativos.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados.

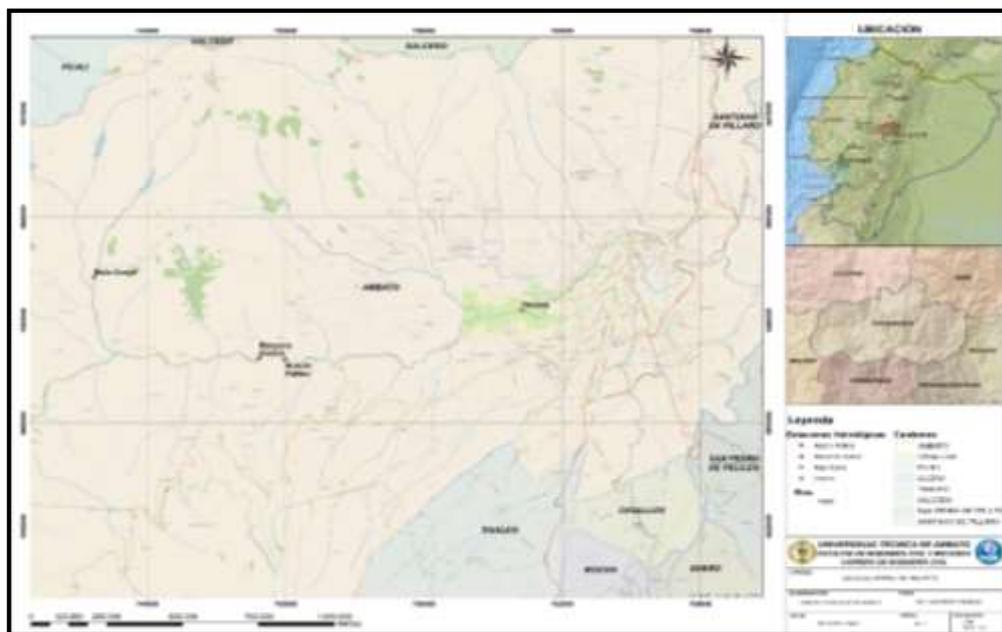
3.1.1 Plan de recolección de datos

3.1.1.1 Descripción del objeto de estudio

El trabajo experimental comprendido entre el sector de Tilulún y el sector de las Viñas está ubicado en el Cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, con coordenadas UTM, datum WGS 84 zona sur, N:9860315, E:759753, a una altura de 2708 msnm en el punto más alto y N:9861722, E:770303, a una altura de 2329 msnm en el punto más bajo.

La topografía utilizada en el proyecto está en base a las ortofotos y el DTM (modelo digital del terreno) proporcionadas por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. Identificadas de la siguiente manera: F41, D11, D31, D41, E31, C11, C21, A11, A21, B11, las cuales se encuentran en los anexos.

Figura 16. Ubicación General (Anexo D-1)



Realizado por: José León

La longitud total del proyecto es de 20 km, por lo cual el estudio se ha dividido en 5 subproyectos.

Por consiguiente, el presente estudio se delimitará desde el Km 12+000 hasta el Km 16+000, caracterizando su topografía por ser zonas de cultivo, matorrales ligeros y árboles a lo largo del cauce, a continuación, en la tabla 6 se indican las coordenadas cada 250 m.

Tabla 6. Coordenadas del Proyecto

ABSCISA	ESTE	NORTE	COTA
km	m	m	m.s.n.m
12+000	765625.26	9861767.34	2410.69
12+250	765807.69	9861617.34	2408.41
12+500	765944.18	9861462.08	2400.87
12+750	766035.81	9861392.49	2397.40
13+000	766388.66	9861487.11	2393.08
13+250	766556.01	9861653.25	2389.87
13+500	766737.74	9861632.73	2385.45
13+750	766926.22	9861737.61	2382.36
14+000	767118.17	9861820.52	2379.29
14+250	767163.61	9861952.21	2375.87
14+500	767176.38	9862208.15	2373.81
14+750	767092.59	9862401.51	2371.11
15+000	766874.31	9862543.12	2368.23
15+250	766814.81	9862722.52	2365.67
15+500	766979.66	9862851.89	2361.37
15+750	767161.93	9862834.73	2360.66
16+000	767388.05	9862666.89	2357.16

Realizado por: José León

3.1.1.2 Datos hidrométricos

El registro de los caudales se obtuvo del INAMHI, del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua y de la tesis N 1275 de la Universidad Técnica de Ambato de la carrera de Ingeniería Civil.

En la figura 16 (Anexo 1) se indica la ubicación de las estaciones hidrológicas utilizadas para el estudio y a continuación se presenta el resumen de los caudales anuales.

Tabla 7. Caudales anuales estación Tilulúm

Estación:	Tilulúm		
Código	61-16		
Coordenadas:	N 9860490, E 760245		
Elevación:	2708 msnm		
AÑO	Q min. (m³/s)	Q med. (m³/s)	Q máx. (m³/s)
1963	1.18	3.62	13.85
1964	1.02	5.95	47.42
1965	0.87	5.54	22.48
1966	1.29	5.2	37.83
1967	2.14	6.6	49.62
1968	1.54	4.89	44.85
1969	1.45	5.57	38.87
1970	1.01	9.27	46.23
1971	0.96	6.73	61.73
1972	2.5	6.48	84.71
1973	0.31	4.96	41.62
1974	1.82	6.13	18.87
1975	3.49	9.58	49.47
1976	0.74	7.28	77.06
1977	0.38	4.57	41.84
1978	0.43	5.37	30.52
1979	0.33	2.11	23.11
1980	0.33	4.32	52.84

Fuente: Tesis N 1275 UTA - Ingeniería Civil

Tabla 8. Caudales anuales estación Mula Corral

Estación:	Mula Corral		
Código	H763		
Coordenadas:	N 9862074, E 741684		
Elevación:	3430 msnm		
Año	Q min. (m3/s)	Q med. (m3/s)	Q máx. (m3/s)
2006	0.18	0.64	1.98
2007	0.16	0.78	5.32
2008	0.18	0.84	5.94
2009	0.29	0.72	3.04
2010	0.20	0.54	1.52
2011	0.31	0.74	3.22
2012	0.27	0.73	2.03
2013	0.27	0.68	1.92

Fuente: INAMHI

Tabla 9. Caudales anuales estación Manzana Huaico

Estación:	Bocatoma Manzana Huaico		
Código	HB33		
Coordenadas:	N 9858145, E 748854		
Elevación:	3150 msnm		
Año	Q min. (m3/s)	Q med. (m3/s)	Q máx. (m3/s)
2006	1.42	3.51	22.82
2007	0.44	3.67	59.26
2008	1.95	5.51	16.63
2009	0.88	3.73	27.81
2010	0.70	3.32	16.63
2011	1.30	5.50	36.53
2012	1.60	4.51	16.18
2013	1.09	3.88	11.79
2014	0.62	3.10	16.01
2015	1.44	4.05	25.55
2016	0.76	3.53	25.98
2017	1.07	2.16	5.02
2018	1.07	3.25	16.35
2019	1.44	11.36	11.36

Fuente: Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Tabla 10. Caudales anuales estación Huachi Pelileo

Estación:	Bocatoma Huachi Pelileo		
Código	HGPT_SN_19		
Coordenadas:	N 9858072, E 749974		
Elevación:	2950 msnm		
Año	Q min. (m3/s)	Q med. (m3/s)	Q máx. (m3/s)
2006	0.81	0.84	2.43
2007	1.14	1.98	2.51
2008	1.26	2.13	2.98
2009	1.45	1.75	1.99
2010	1.51	1.71	1.78
2012	0.65	2.16	2.66
2016	1.08	1.97	2.51
2017	1.32	2.09	2.43
2018	1.51	2.26	2.59
2019	1.20	2.29	2.43

Fuente: Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

3.1.1.3 Infraestructura

Del km 12+000 al km 16+000 correspondiente a este proyecto, se identificó las siguientes estructuras por medio de visitas al campo y en lugares inaccesibles se utilizó ortofotos.

- **Vivienda**

Código: V-01

Coordenadas: N 9861499.10, E 766452.12

Elevación: 2398 msnm

Pisos: 1

Área: 16 m²

Estado: Regular

Descripción: Casa de mampostería, se encuentra a una distancia de 20 metros del eje del río.

Figura 17. Vivienda



Realizado por: José León

- **Fábrica**

Código: F-02

Coordenadas: N 9862787.73, E 766795.66

Elevación: 2371 msnm

Pisos: 2

Área: 300 m²

Estado: Bueno

Descripción: Edificio de hormigón armado, se encuentra a una distancia de 17 metros del eje del río y cuenta con un muro de gaviones como protección de crecidas del río.

Figura 18. Fábrica



Realizado por: José León

- **Puente**

Código: PUE-17

Sección: 15+500

Coordenadas: N 9862842.81, E 767003.07

Elevación: 2380 msnm

#Carriles: 4

Dimensiones: Ancho 26m, Largo 219m

Estado: Muy Bueno

Descripción: Puente de hormigón armado, las pilas se encuentran al costado del río a una distancia de 15m.

Figura 19. Puente Paso Lateral



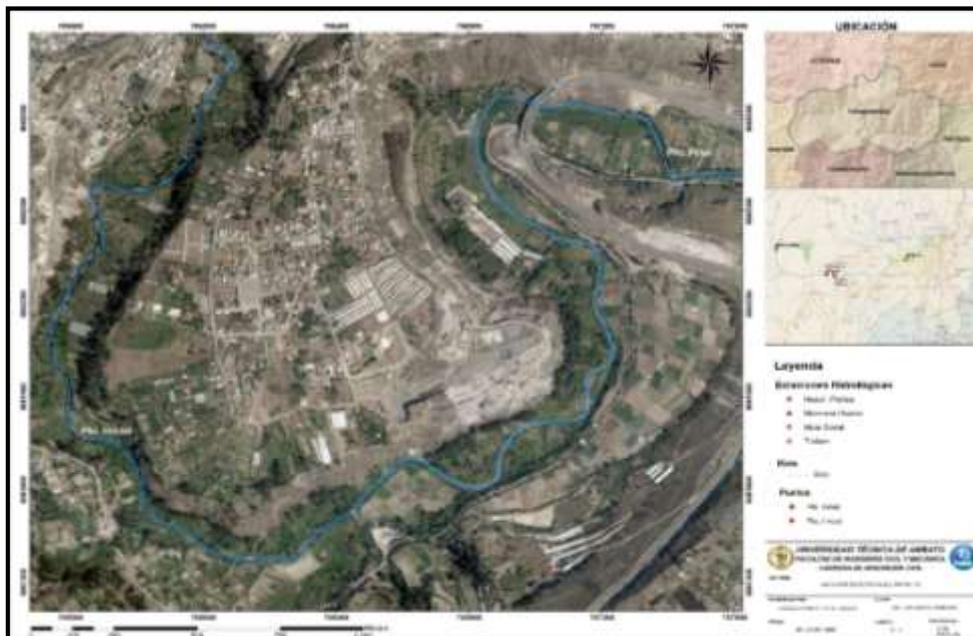
Realizado por: José León

3.1.2 Plan de procesamiento de datos y análisis de información

3.1.2.1 Datos de terreno

Los 4 km correspondientes al presente estudio desde el Km 12+000 hasta el Km 16+000 está delimitado con coordenadas UTM datum WGS 84 zona 17 sur, N: 9861767.34, E: 765625.26, a una altura de 2410msnm en el primer punto y N: 9862666.89, E: 767388.05, a una altura de 2357msnm en el segundo punto.

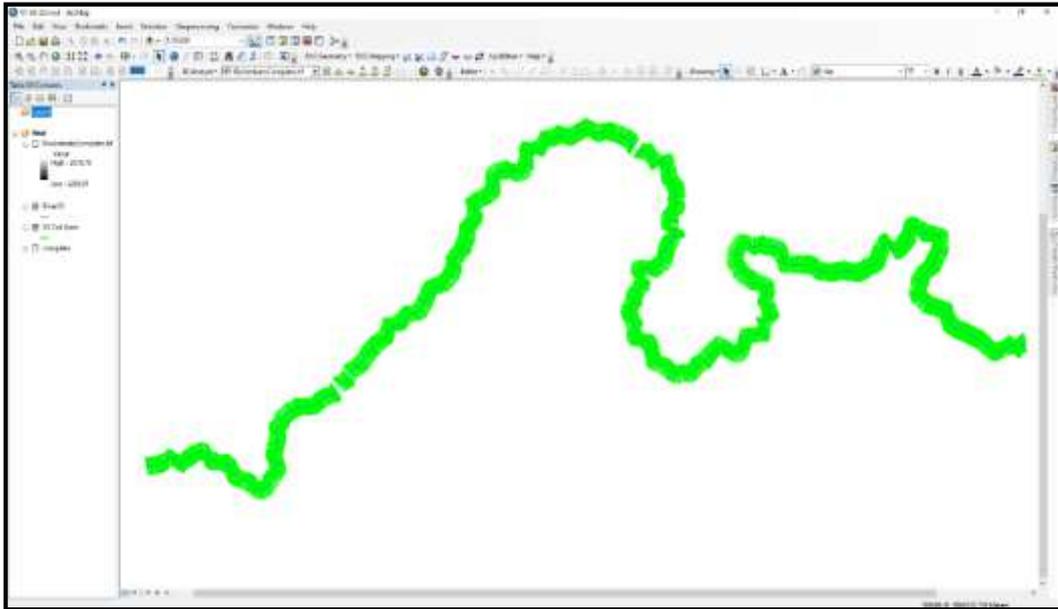
Figura 20. Ubicación Específica (Anexo D-2)



Realizado por: José León

En el software ArcGis en base a las ortofotos obtenidas se realizó diferentes capas correspondientes a: bordes del río, ejes, áreas de inundación y creamos las secciones transversales cada 20m, con un ancho total de 200m, creando una franja que englobe toda la zona de estudio.

Figura 21. Procesamiento de datos en ArcGis



Realizado por: José León

3.1.2.2 Datos hidrométricos

Para realizar los respectivos cálculos se escogió el registro de la estación de Tilulún debido a que se encuentra cercano a la zona de estudio, contiene una mayor cantidad de datos y abarca el caudal total de las anteriores estaciones por tal razón las estaciones de Mula Corral, Manzano Huaico y Huachi Pelileo se las descarto para el proyecto.

Tabla 11. Caudales anuales estación Tilulún

Año	Q min. (m³/s)	Q med. (m³/s)	Q máx. (m³/s)	Qmc. (m³/s)
1964	1.02	5.95	47.42	67.38
1965	0.87	5.54	22.48	44.06
1966	1.23	5.2	37.83	50.78
1967	2.14	6.6	49.62	70.14
1968	1.54	4.89	44.85	66.14
1969	1.45	5.57	38.87	51.77
1970	1.01	9.27	46.23	68.79
1971	0.96	6.73	38.22	61.73
1972	2.5	7.48	45.67	92.75
1973	0.31	4.96	41.62	68.79
1975	3.49	9.58	49.47	74.31
1976	0.74	7.28	77.06	101.33
1977	0.38	4.57	41.84	65.4
1978	0.43	5.37	30.52	51.05
1979	0.33	2.11	23.11	64.19
1980	0.33	4.32	27.45	52.84

Fuente: [1]

Sin embargo, por falta de datos en los registros no se trabajará con el año 1963 y 1974.

A continuación, procedemos a filtrar los datos hidrológicos por medio del criterio de Chauvenet con el fin de cubrir posibles errores en el registro, los cuales pueden alterar el resultado dando caudales de diseño muy bajos o muy altos.

Tabla 12. Criterio de Chauvenet

No.	Año	Q mc. (m3/s)	(Xi-x)	(Xi-x)^2	Xi-x /σ	Criterio
1	1964	67.38	1.66	2.77	0.11	Bien
2	1965	44.06	-21.66	468.97	1.44	Bien
3	1966	50.78	-14.94	223.07	0.99	Bien
4	1967	70.14	4.42	19.58	0.29	Bien
5	1968	66.14	0.42	0.18	0.03	Bien
6	1969	51.77	-13.95	194.48	0.93	Bien
7	1970	68.79	3.07	9.45	0.20	Bien
8	1971	61.73	-3.99	15.89	0.26	Bien
9	1972	92.75	27.03	730.86	1.80	Bien
10	1973	68.79	3.07	9.45	0.20	Bien
11	1975	74.31	8.59	73.86	0.57	Bien
12	1976	101.33	35.61	1268.38	2.37	Excluir
13	1977	65.4	-0.32	0.10	0.02	Bien
14	1978	51.05	-14.67	215.08	0.97	Bien
15	1979	64.19	-1.53	2.33	0.10	Bien
16	1980	52.84	-12.88	165.78	0.86	Bien

\bar{x}	65.72	Suma:	3400.22
		σ:	15.05
		Kn:	2.15

Realizado por: José León

Por consiguiente, se procede a excluir el año 1976 por que puede alterar el caudal de diseño debido a que el kn es 2.37 siendo mayor al indicado en la tabla 2. que es 2.15 que depende del número de datos.

Teniendo como resultado la siguiente tabla con los caudales máximos instantáneos para realizar la proyección hidrológica.

Tabla 13. Caudales máximos instantáneos definitivos

No.	Año	Q mc. (m3/s)
1	1964	67.38
2	1965	44.06
3	1966	50.78
4	1967	70.14
5	1968	66.14
6	1969	51.77
7	1970	68.79
8	1971	61.73
9	1972	92.75
10	1973	68.79
11	1975	74.31
12	1977	65.4
13	1978	51.05
14	1979	64.19
15	1980	52.84

Realizado por: José León

Método de Gumbel

Para un periodo de retorno de 140 años (Tabla 17.)

$$Tr = 140 \text{ años}$$

Calcular la probabilidad de que se produzca una avenida dentro del periodo de retorno de diseño

$$P_{(x)} = \frac{1}{140}$$

$$P_{(x)} = 0.0071$$

La probabilidad es de 0.71%

A continuación, se calcula el coeficiente de ayuda:

$$y_i = -\ln(-\ln(1 - 0.0071))$$

$$y_i = 4.94$$

Se necesitará la media aritmética y la desviación estándar de los caudales máximos instantáneos definitivos para la proyección hidrológica.

Tabla 14. Caudales máximos instantáneos, media aritmética y desviación estándar

No.	Año	Q mc. (m3/s)	(Xi-x)	(Xi-x)^2
1	1964	67.38	4.04	16.31
2	1965	44.06	-19.28	371.77
3	1966	50.78	-12.56	157.79
4	1967	70.14	6.80	46.22
5	1968	66.14	2.80	7.83
6	1969	51.77	-11.57	133.90
7	1970	68.79	5.45	29.69
8	1971	61.73	-1.61	2.60
9	1972	92.75	29.41	864.87
10	1973	68.79	5.45	29.69
11	1975	74.31	10.97	120.31
12	1977	65.4	2.06	4.24
13	1978	51.05	-12.29	151.08
14	1979	64.19	0.85	0.72
15	1980	52.84	-10.50	110.28

\bar{x}	63.34	Suma:	2047.28
		σ	12.09

Realizado por: José León

De la tabla 3. se escogerán los coeficientes de Gumbel dependiendo del número de datos.

$$\# \text{ datos} = 15$$

$$\sigma n = 1.02057$$

$$\bar{y}n = 0.51284$$

Finalmente se reemplaza todos los valores en la formula general de caudal de Ven Te Chow.

$$Q_{Tr \ 140 \text{años}} = 63.34 + \frac{12.09}{1.02057} (4.94 - 0.51284)$$

$$Q_{Tr \ 140 \text{años}} = 115.78 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dando como resultado la siguiente tabla de probabilidades teóricas para diferentes periodos de retorno.

Tabla 15. Probabilidades Teóricas

<i>Tr (años)</i>	<i>Probabilidad (%)</i>	<i>yi</i>	<i>QTr (m3/s)</i>
10000	0.01	9.21	166.40
1000.00	0.10	6.91	139.11
200.00	0.50	5.30	120.01
140.00	0.71	4.94	115.78
125.00	0.80	4.82	114.43
100.00	1.00	4.60	111.77
71	1.41	4.26	107.69
50	2.00	3.90	103.50
35	2.86	3.54	99.22
30	3.33	3.38	97.37
25	4.00	3.20	95.16
20	5.00	2.97	92.46
10	10.00	2.25	83.93
5	20.00	1.50	75.04
4	25.00	1.25	72.03
3	33.33	0.90	67.96
2.5	40.00	0.67	65.22
2	50.00	0.37	61.61
1.67	60.00	0.09	58.30
1.43	70.00	-0.19	55.07
1.25	80.00	-0.48	51.63
1.11	90.00	-0.83	47.38
1.05	95.00	-1.10	44.26
1.01	99.00	-1.53	39.17
1.00	99.90	-1.93	34.36

Realizado por: José León

Con el fin de obtener la tendencia probabilística ocurrida en el periodo de muestreo, se determinó la probabilidad empírica de cada valor de la serie de caudales registrados en la tabla 13.

Primero se ordena los caudales de mayor a menor y se procede a calcular la probabilidad empírica en porcentaje de la siguiente manera:

$$P_e = \frac{1}{15 + 1} * 100$$

$$P_e = 6.25\%$$

Dando como resultado la siguiente tabla:

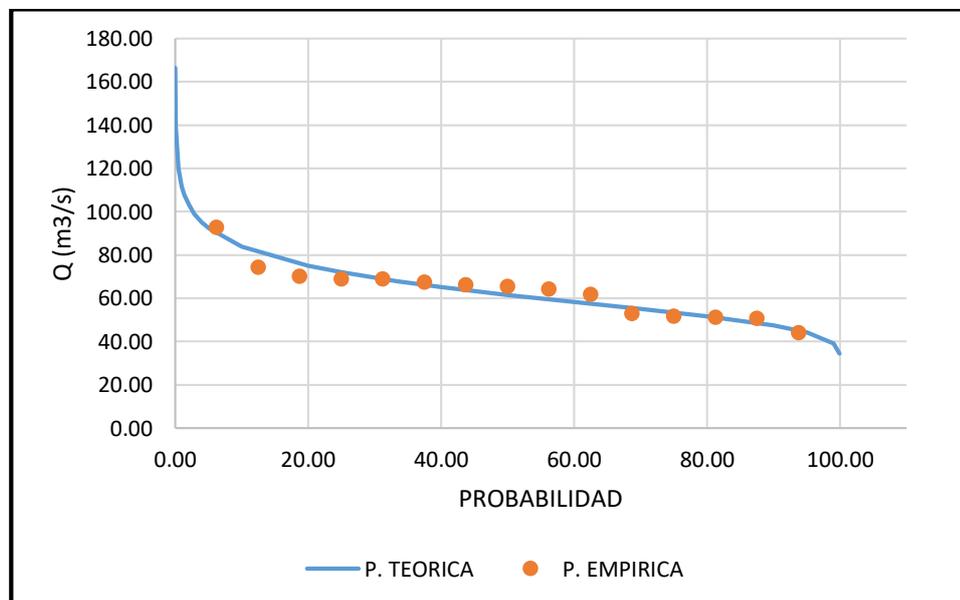
Tabla 16. Probabilidades Empíricas

No.	Año	Q mc. (m ³ /s)	Qor.	Pe (%)
1	1964	67.38	92.75	6.25
2	1965	44.06	74.31	12.50
3	1966	50.78	70.14	18.75
4	1967	70.14	68.79	25.00
5	1968	66.14	68.79	31.25
6	1969	51.77	67.38	37.50
7	1970	68.79	66.14	43.75
8	1971	61.73	65.40	50.00
9	1972	92.75	64.19	56.25
10	1973	68.79	61.73	62.50
11	1975	74.31	52.84	68.75
12	1977	65.4	51.77	75.00
13	1978	51.05	51.05	81.25
14	1979	64.19	50.78	87.50
15	1980	52.84	44.06	93.75

Realizado por: José León

A continuación, se realiza una comparación gráfica de la probabilidad empírica con la probabilidad teórica:

Figura 22. Probabilidad Teórica Vs Probabilidad Empírica



Realizado por: José León

En la gráfica se puede observar que existe un ajuste adecuado entre las probabilidades teóricas y empíricas, por lo cual se verifica que el registro de datos analizados está bien escogido y se puede continuar con el proyecto.

3.1.2.3 Riesgo y periodo de retorno

Según la infraestructura existente dentro del tramo analizado se determinó el periodo de retorno de diseño, sobresaliendo el puente como tipo de obra con un riesgo admisible de 25% y una vida útil de 40 años, según las tablas 4. Y 5. Por lo tanto:

$$Tr = \frac{1}{1 - 10^{\left(\frac{\log(1 - 0.25)}{40}\right)}}$$

$$Tr = 140 \text{ años}$$

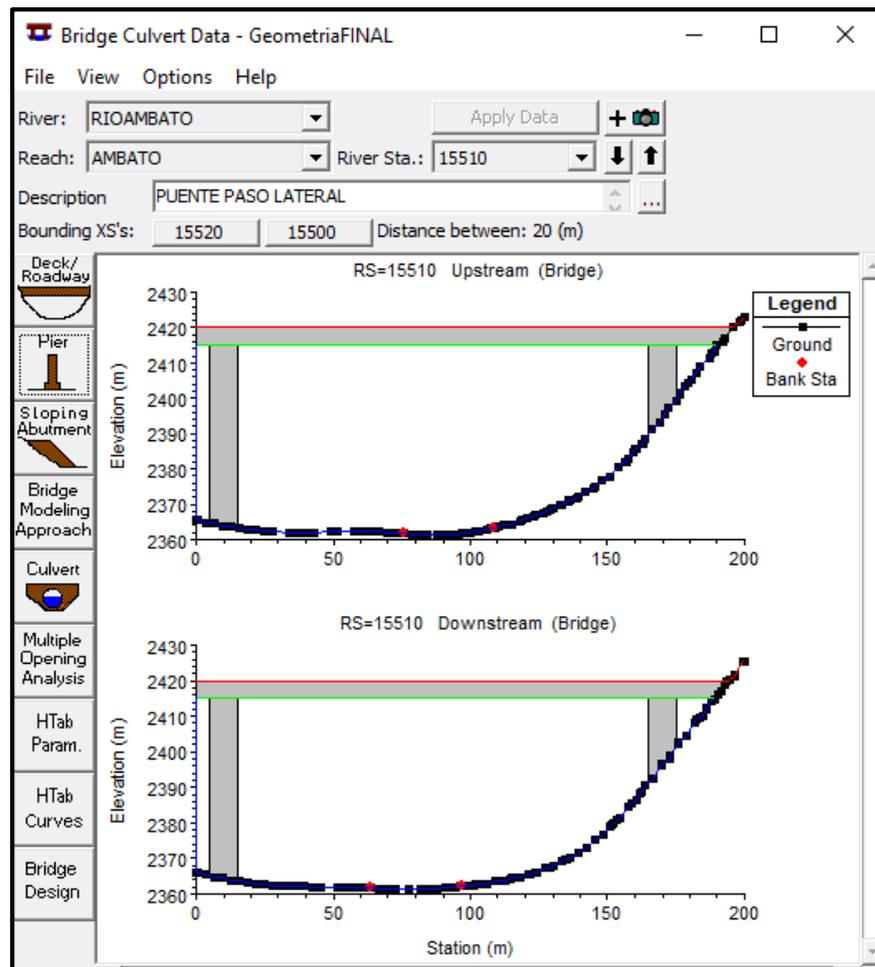
A continuación, se detalla el periodo de retorno para los diferentes tipos de obras:

Tabla 17. Periodos de retorno

Tipo de Obra	Riesgo (%)	n (años)	Tr (años)
Puentes	25	40	140
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30	25	71
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de aguade cunetas	35	15	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40	15	30
Sub drenes	40	15	30
Defensas Ribereñas	25	40	140
Planta de Tratamiento	25	35	122

Realizado por: José León

Figura 24. Puente ingresado en Hec-Ras



Realizado por: José León

- Ingresamos los coeficientes de Manning

Para determinar el coeficiente de Manning se tuvo en cuenta las características del cauce por lo que se realizó visitas al campo y con ayuda de ortofotos se fijó los siguientes valores de rugosidad:

Tabla 18. Coeficientes de Manning por Sección

Sección	Banco Izquierdo	Canal	Banco Derecho	Sección	Banco Izquierdo	Canal	Banco Derecho
16000	0.04	0.05	0.04	14000	0.03	0.05	0.04
15980	0.04	0.05	0.04	13980	0.03	0.05	0.04
15960	0.04	0.05	0.04	13960	0.03	0.05	0.04
15940	0.04	0.05	0.04	13940	0.03	0.05	0.04
15920	0.04	0.05	0.04	13920	0.03	0.05	0.04
15900	0.04	0.05	0.04	13900	0.03	0.05	0.04
15880	0.04	0.05	0.04	13880	0.03	0.05	0.04
15860	0.04	0.05	0.04	13860	0.03	0.05	0.04
15840	0.04	0.05	0.04	13840	0.03	0.05	0.04
15820	0.04	0.05	0.04	13820	0.03	0.05	0.04
15800	0.04	0.05	0.04	13800	0.03	0.05	0.04
15780	0.04	0.05	0.04	13780	0.03	0.05	0.04
15760	0.04	0.05	0.04	13760	0.03	0.05	0.04
15740	0.04	0.05	0.04	13740	0.03	0.05	0.04
15720	0.04	0.05	0.04	13720	0.03	0.05	0.04
15700	0.04	0.05	0.04	13700	0.03	0.05	0.04
15680	0.04	0.05	0.04	13680	0.03	0.05	0.04
15660	0.04	0.05	0.04	13660	0.03	0.05	0.04
15640	0.04	0.05	0.04	13640	0.03	0.05	0.04
15620	0.04	0.05	0.04	13620	0.03	0.05	0.04
15600	0.04	0.05	0.03	13600	0.03	0.05	0.04
15580	0.04	0.05	0.03	13580	0.03	0.05	0.04
15560	0.04	0.05	0.03	13560	0.03	0.05	0.04
15540	0.04	0.05	0.03	13520	0.03	0.05	0.04
15520	0.04	0.05	0.03	13500	0.03	0.05	0.04
15500	0.04	0.05	0.03	13480	0.03	0.05	0.04
15480	0.04	0.05	0.03	13460	0.03	0.05	0.04
15460	0.04	0.05	0.03	13440	0.03	0.05	0.04
15440	0.04	0.05	0.03	13420	0.03	0.05	0.04
15420	0.04	0.05	0.03	13400	0.03	0.05	0.04
15400	0.04	0.05	0.03	13380	0.03	0.05	0.04
15380	0.04	0.05	0.03	13360	0.03	0.05	0.04
15360	0.04	0.05	0.03	13340	0.03	0.05	0.04
15340	0.04	0.05	0.03	13320	0.03	0.05	0.04
15320	0.04	0.05	0.03	13300	0.03	0.05	0.04
15300	0.03	0.05	0.04	13280	0.03	0.05	0.04
15280	0.03	0.05	0.04	13260	0.03	0.05	0.04
15260	0.03	0.05	0.04	13240	0.03	0.05	0.04
15240	0.03	0.05	0.04	13220	0.03	0.05	0.04
15220	0.03	0.05	0.04	13200	0.03	0.05	0.04
15200	0.03	0.05	0.04	13180	0.03	0.05	0.04
15180	0.035	0.05	0.04	13160	0.03	0.05	0.04
15160	0.035	0.05	0.04	13140	0.03	0.05	0.04
15140	0.035	0.05	0.04	13120	0.03	0.05	0.04

Tabla 18. Coeficientes de Manning por Sección

Sección	Banco Izquierdo	Canal	Banco Derecho	Sección	Banco Izquierdo	Canal	Banco Derecho
15120	0.035	0.05	0.04	13100	0.03	0.05	0.04
15100	0.035	0.05	0.04	13080	0.03	0.05	0.04
15080	0.035	0.05	0.04	13060	0.03	0.05	0.04
15060	0.035	0.05	0.04	13040	0.03	0.05	0.04
15040	0.04	0.05	0.035	13020	0.03	0.05	0.04
15020	0.04	0.05	0.035	13000	0.035	0.05	0.04
15000	0.04	0.05	0.035	12980	0.035	0.05	0.04
14980	0.04	0.05	0.035	12960	0.035	0.05	0.04
14960	0.03	0.05	0.04	12940	0.035	0.05	0.04
14940	0.03	0.05	0.04	12920	0.035	0.05	0.04
14920	0.03	0.05	0.04	12900	0.035	0.05	0.04
14900	0.03	0.05	0.04	12880	0.035	0.05	0.04
14880	0.03	0.05	0.04	12860	0.035	0.05	0.04
14860	0.03	0.05	0.04	12840	0.035	0.05	0.04
14840	0.03	0.05	0.04	12820	0.035	0.05	0.04
14820	0.03	0.05	0.04	12800	0.035	0.05	0.04
14800	0.03	0.05	0.04	12780	0.035	0.05	0.04
14780	0.03	0.05	0.04	12760	0.035	0.05	0.04
14760	0.03	0.05	0.04	12740	0.035	0.05	0.04
14740	0.03	0.05	0.04	12720	0.06	0.05	0.04
14720	0.03	0.05	0.04	12700	0.06	0.05	0.04
14700	0.03	0.05	0.04	12680	0.06	0.05	0.04
14680	0.03	0.05	0.04	12660	0.06	0.05	0.04
14660	0.03	0.05	0.04	12640	0.06	0.05	0.04
14640	0.03	0.05	0.04	12620	0.06	0.05	0.04
14620	0.03	0.05	0.04	12600	0.06	0.05	0.04
14600	0.03	0.05	0.04	12580	0.06	0.05	0.04
14580	0.03	0.05	0.04	12560	0.06	0.05	0.04
14560	0.03	0.05	0.04	12540	0.06	0.05	0.04
14540	0.03	0.05	0.04	12520	0.06	0.05	0.04
14520	0.03	0.05	0.04	12500	0.06	0.05	0.04
14500	0.03	0.05	0.04	12480	0.06	0.05	0.04
14480	0.03	0.05	0.04	12460	0.06	0.05	0.04
14460	0.05	0.05	0.04	12440	0.06	0.05	0.04
14440	0.03	0.05	0.04	12420	0.06	0.05	0.04
14420	0.03	0.05	0.04	12400	0.06	0.05	0.04
14400	0.03	0.05	0.04	12380	0.06	0.05	0.04
14380	0.03	0.05	0.04	12360	0.06	0.05	0.04
14360	0.05	0.05	0.04	12340	0.06	0.05	0.04
14340	0.035	0.05	0.035	12320	0.06	0.05	0.04
14320	0.035	0.05	0.035	12300	0.06	0.05	0.04
14300	0.035	0.05	0.035	12280	0.06	0.05	0.04
14280	0.035	0.05	0.035	12260	0.06	0.05	0.04
14260	0.035	0.05	0.035	12240	0.06	0.05	0.04

Tabla 18. Coeficientes de Manning por Sección

Sección	Banco Izquierdo	Canal	Banco Derecho	Sección	Banco Izquierdo	Canal	Banco Derecho
14240	0.035	0.05	0.035	12220	0.06	0.05	0.04
14220	0.035	0.05	0.035	12200	0.06	0.05	0.04
14200	0.035	0.05	0.035	12180	0.06	0.05	0.04
14180	0.035	0.05	0.035	12160	0.06	0.05	0.04
14160	0.035	0.05	0.035	12140	0.06	0.05	0.04
14140	0.03	0.05	0.04	12120	0.06	0.05	0.04
14120	0.03	0.05	0.04	12100	0.06	0.05	0.04
14100	0.03	0.05	0.04	12080	0.06	0.05	0.04
14080	0.03	0.05	0.04	12060	0.06	0.05	0.04
14060	0.03	0.05	0.04	12040	0.06	0.05	0.04
14040	0.03	0.05	0.04	12020	0.06	0.05	0.04
14020	0.03	0.05	0.04	12000	0.06	0.05	0.04

Realizado por: José León.

- Ingresamos los caudales

Con respecto a los caudales calculados anteriormente definimos los caudales de diseño a utilizarse en la simulación.

Tabla 19. Caudales de diseño

Tr (años)	QTr (m³/s)
5	75.04
10	83.93
25	95.16
50	103.50
100	111.77
140	115.78

Realizado por: José León.

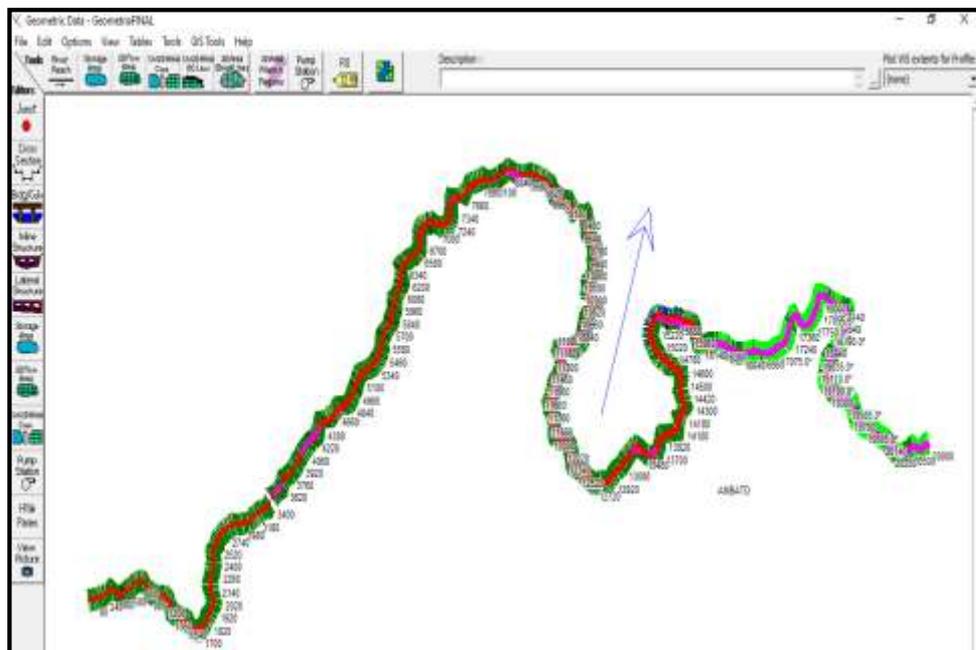
- Calibración del modelo

Una vez ingresados todos los datos explicados anteriormente procedemos a correr el programa en flujo continuo ya que ingresamos un caudal que se mantendrá constante a lo largo del río y el programa calculará los tirantes.

Por tanto, primero definimos un caudal base de 10 m³/s con el cual analizaremos si los anchos de las secciones son correctos, si el flujo del agua circula por el cauce y no se corta, también se debe revisar el perfil en el cual no deben existir puntos muy elevados o muy bajos que pueden alterar el comportamiento del río.

En caso de que no cumpla se puede sacar anchos de secciones mayores, se colocan levees para controlar que el flujo del agua circule por el cauce y se puede interpolar secciones para evitar que el flujo se corte.

Figura 25. Modelo Calibrado

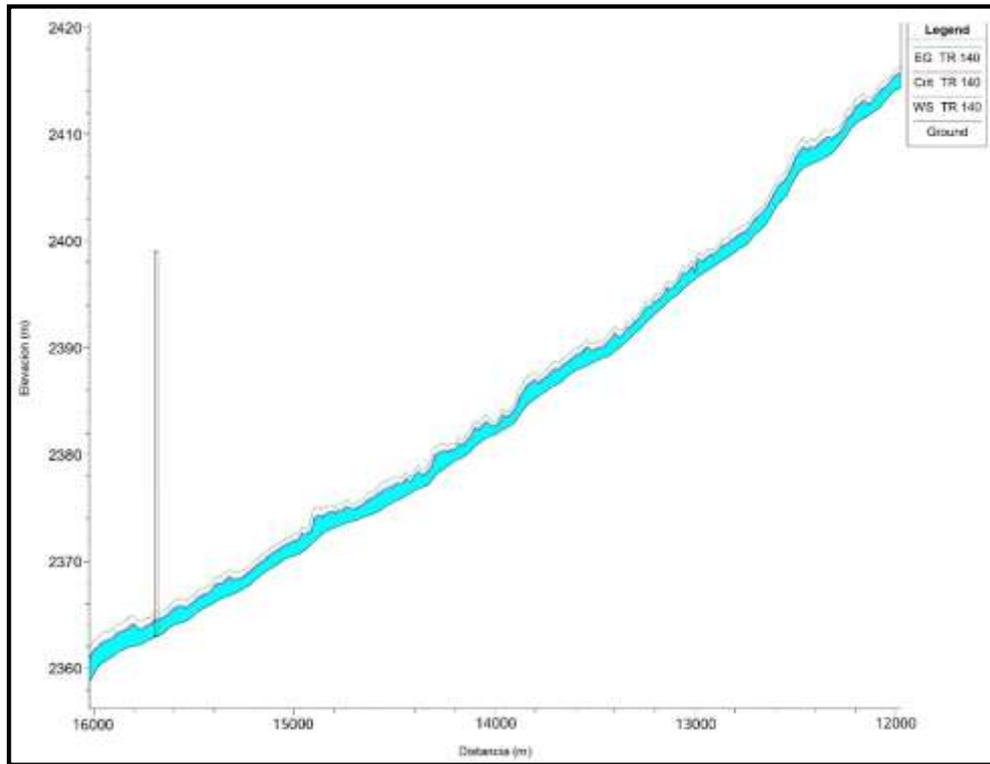


Realizado por: José León.

3.1.2.4.2 Análisis de Resultado del Modelo

- Perfil Longitudinal

Figura 26. Perfil Longitudinal para Tr 140 años

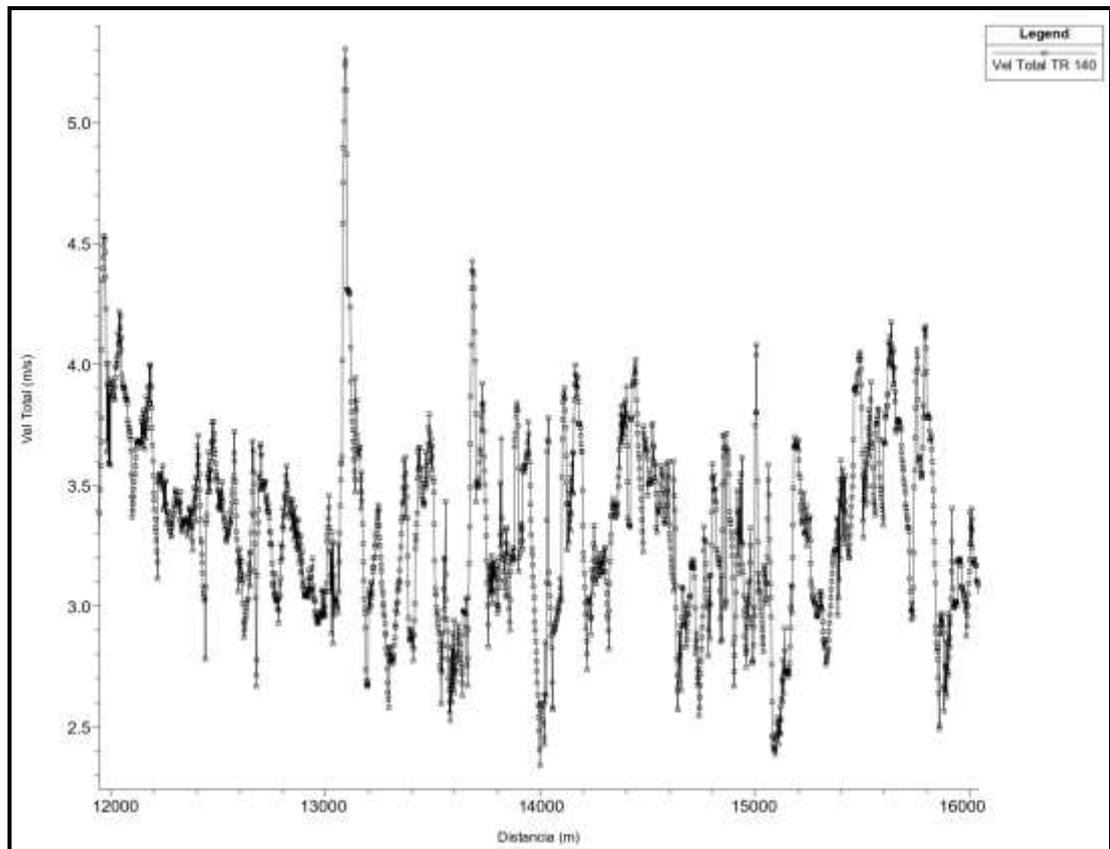


Realizado por: José León.

Se puede apreciar en la figura 26 que la pendiente al inicio del tramo es más pronunciada y que a lo largo del río se suaviza un poco, por lo que se determinó una pendiente promedio aguas arriba de 1.8% y aguas abajo de 1.1%. Además, se puede observar varios cambios en el perfil debido a que existe mucha irregularidad por ser un cauce natural por tanto se ve afectado por el coeficiente de Manning, como en la sección 13+000 hay un cambio significativo en el Manning de 0.03 a 0.035. También, la superficie del agua en gran parte del tramo coincide con el calado crítico, definiendo al flujo como crítico, pero en algunas partes como en la sección 12+160 llega a ser flujo súper crítico puesto que la superficie del agua está por debajo del calado crítico.

- Velocidad

Figura 27. Velocidad para Tr 140 años

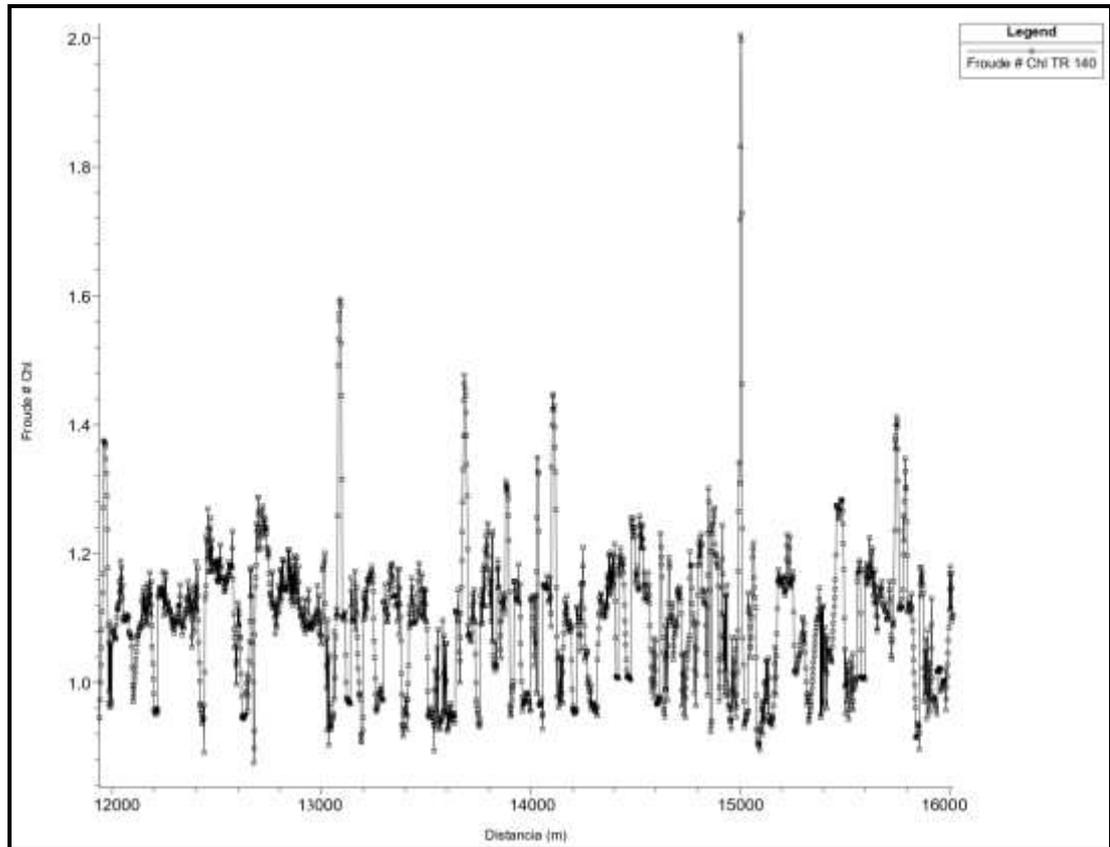


Realizado por: José León.

En la Figura 27 se puede observar que la velocidad varía a lo largo del cauce y se determinó una velocidad promedio de 3.83 m/s, dando como máximo en la sección 13+100 con 5.31 m/s y como mínimo en la sección 14+020 con 2.34 m/s. Existe el cambio brusco de velocidad entre las secciones 13+100 y la sección 13+120 debido a que en esa parte es una curva pronunciada por lo que el agua golpea contra el talud y tiende a bajar la velocidad.

- Número de Froude

Figura 28. Número de Froude para Tr 140 años

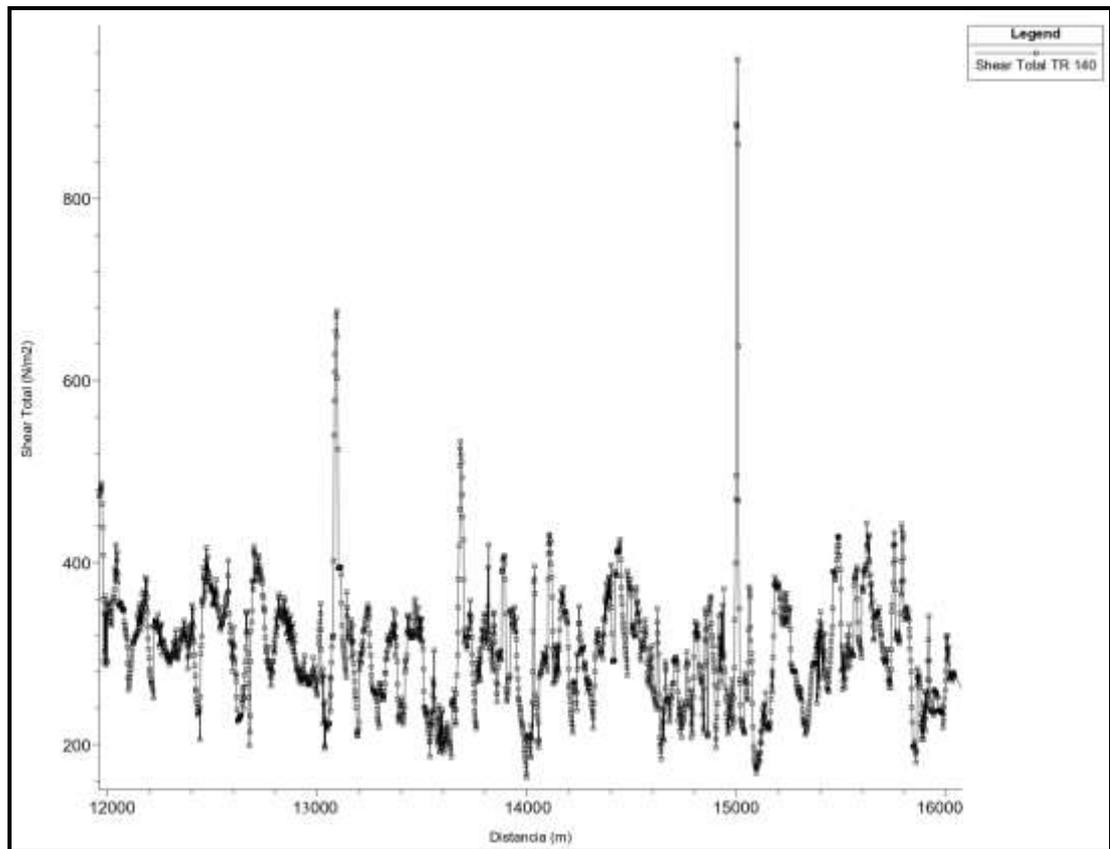


Realizado por: José León.

En la Figura 28, se evidencia que en gran parte del tramo el número de Froude es mayor a 1 definiendo al flujo como supercrítico, en la sección 15+020 llega a 2 siendo el valor máximo y el mínimo en la sección 12+700 con 0.88. El número de Froude está relacionado directamente con la velocidad y como se mencionó anteriormente estos se ven afectados por la pendiente, por la irregularidad del cauce y por el coeficiente de rugosidad.

- Esfuerzo Cortante

Figura 29. Esfuerzo Cortante para Tr 140 años



Realizado por: José León.

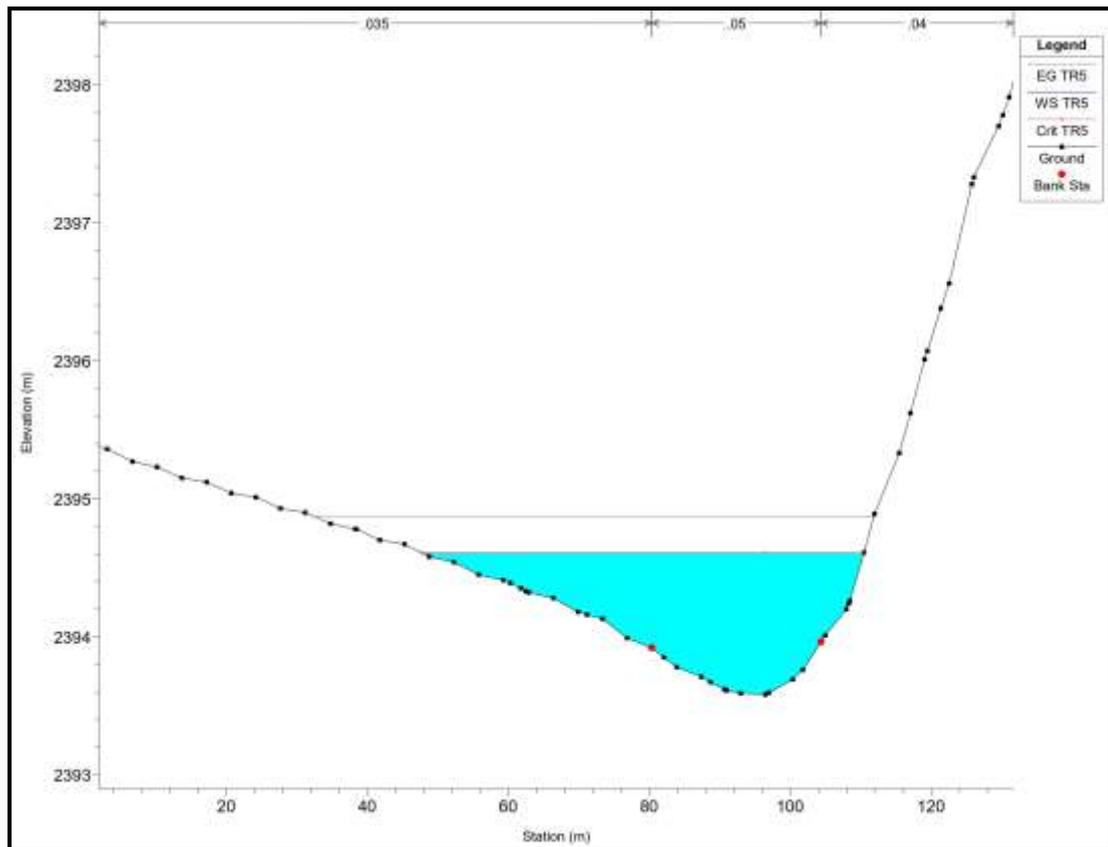
Se determinó un esfuerzo cortante promedio de 419.98 N/m² sin tomar en cuenta el punto máximo ya que lo eleva demasiado, aun así, ocasionara problemas de transporte de sedimentos, los cuales estarán entre piedras grandes de 128 mm y 256 mm según [30], además producirá erosión en el fondo del cauce ya que excede los límites permisibles de esfuerzo cortante según [31], estableciendo como límite 383.04 N/m².

- Secciones Transversales

A continuación, se analizará como varía el nivel del agua para diferentes caudales con sus respectivos periodos de retorno.

➤ Sección 12+960

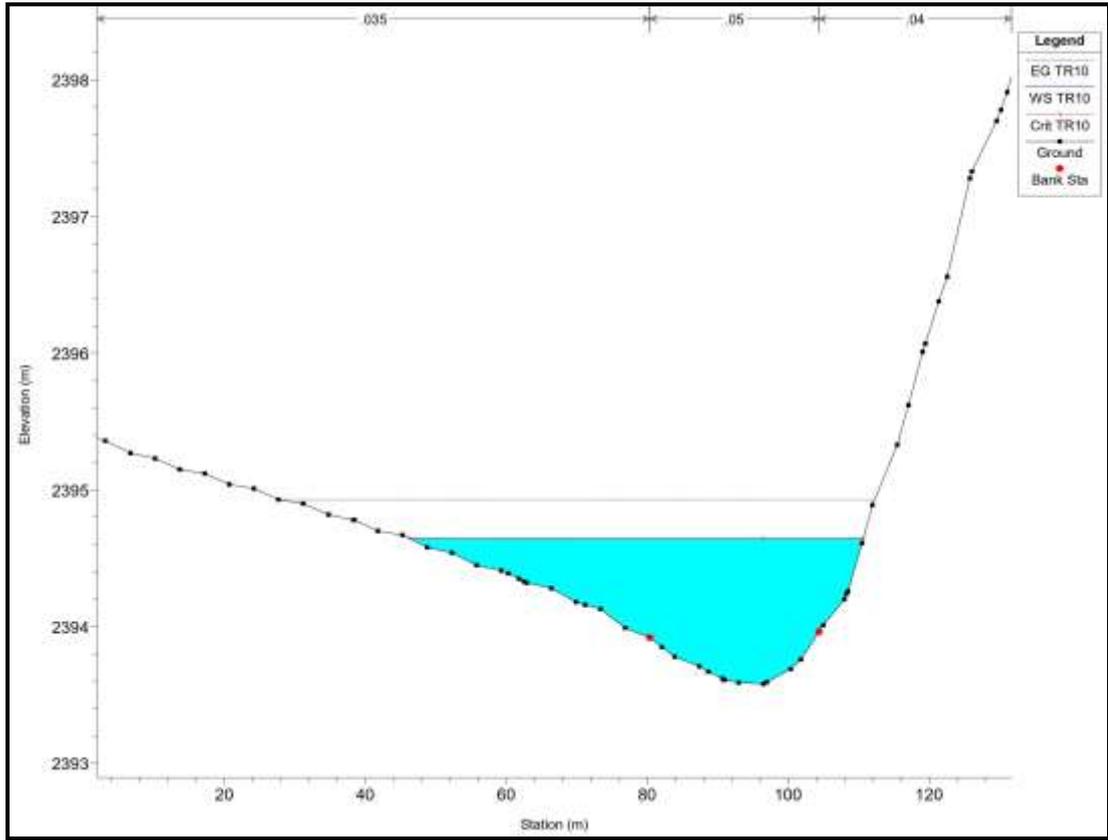
Figura 30. Sección 12+960 con Tr 5



Realizado por: José León.

En la gráfica 30 se observa que el nivel del agua con un caudal de 75.04 m³/s para un periodo de retorno de 5 años, se encuentra a una elevación de 2394.61 msnm sobrepasando los bordes del río (puntos rojos) con una diferencia de 0.69m y longitudinalmente el agua se desborda 32.59 m para el izquierdo y 6.07 m para el derecho y el calado critico coincide con la altura del agua.

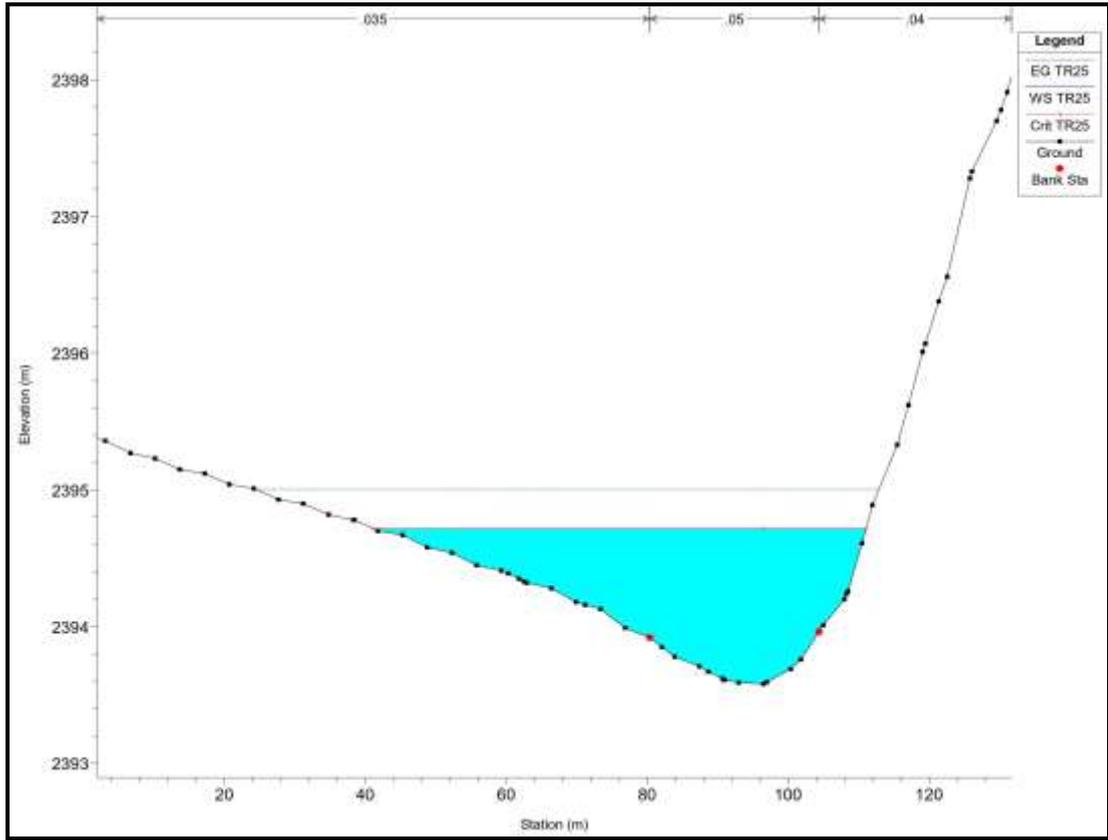
Figura 31. Sección 12+960 con Tr 10



Realizado por: José León.

En la gráfica 31 se observa que el nivel del agua con un caudal de 83.93 m³/s para un periodo de retorno de 10 años, se encuentra a una elevación de 2394.64 msnm sobrepasando los bordes del río (puntos rojos) con una diferencia de 0.72m y longitudinalmente el agua se desborda 34.16 m para el izquierdo y 6.29 m para el derecho y el calado crítico coincide con la altura del agua.

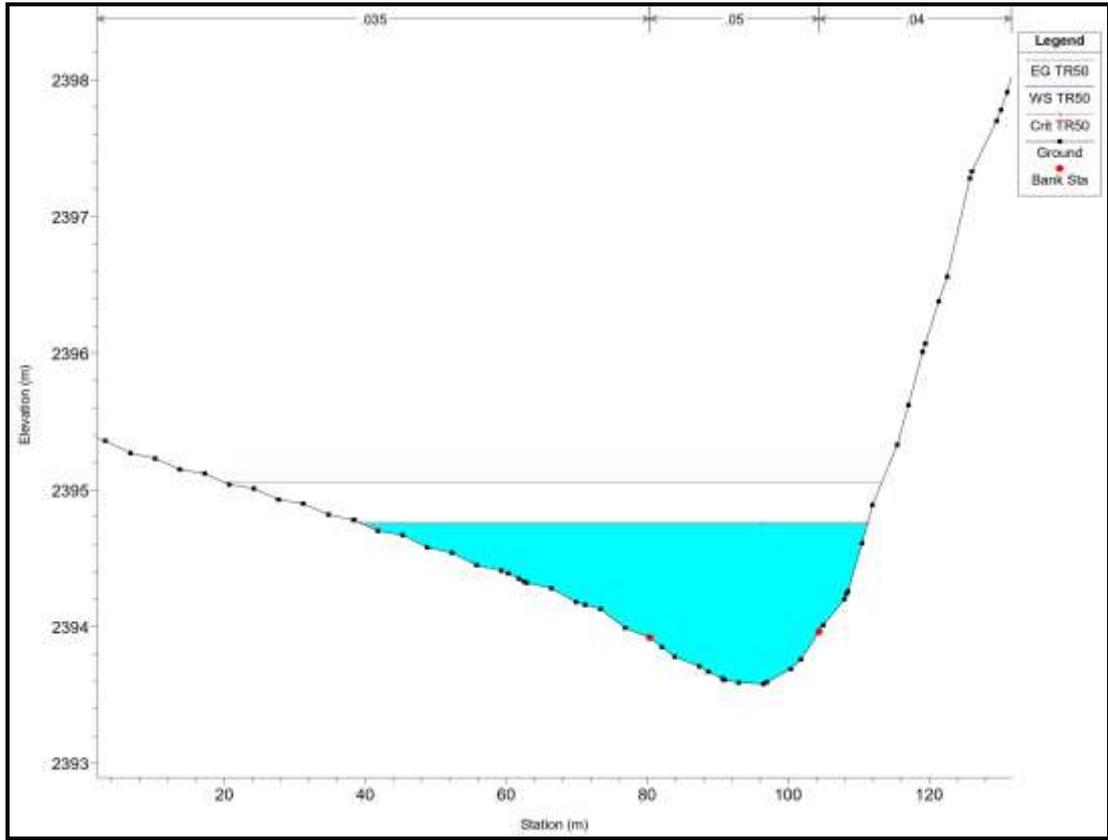
Figura 32. Sección 12+960 con Tr 25



Realizado por: José León.

En la gráfica 32 se observa que el nivel del agua con un caudal de 95.16 m³/s para un periodo de retorno de 25 años, se encuentra a una elevación de 2394.71 msnm sobrepasando los bordes del río (puntos rojos) con una diferencia de 0.8m y longitudinalmente el agua se desborda 39.23 m para el izquierdo y 6.66 m para el derecho y el calado critico coincide con la altura del agua.

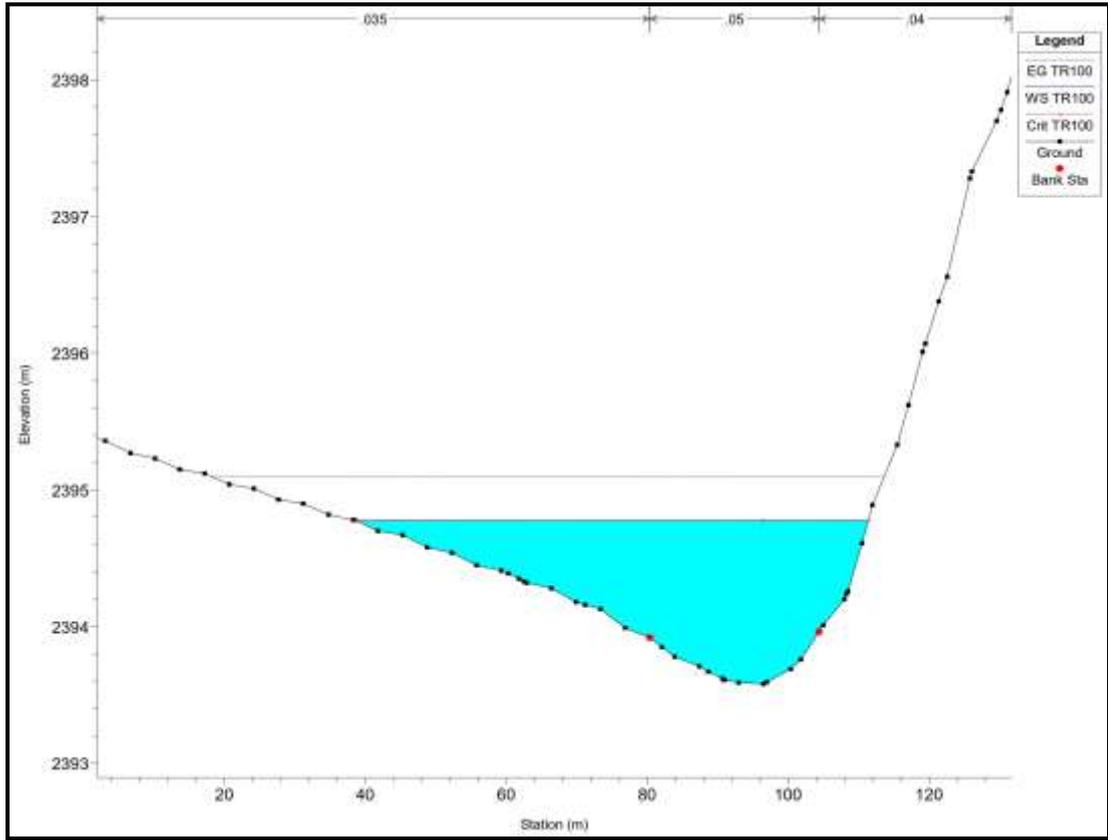
Figura 33. Sección 12+960 con Tr 50



Realizado por: José León.

En la gráfica 33 se observa que el nivel del agua con un caudal de 103.50 m³/s para un periodo de retorno de 50 años, se encuentra a una elevación de 2394.76 msnm sobrepasando los bordes del río (puntos rojos) con una diferencia de 0.84m y longitudinalmente el agua se desborda 41 m para el izquierdo y 6.89 m para el derecho y el calado crítico coincide con la altura del agua.

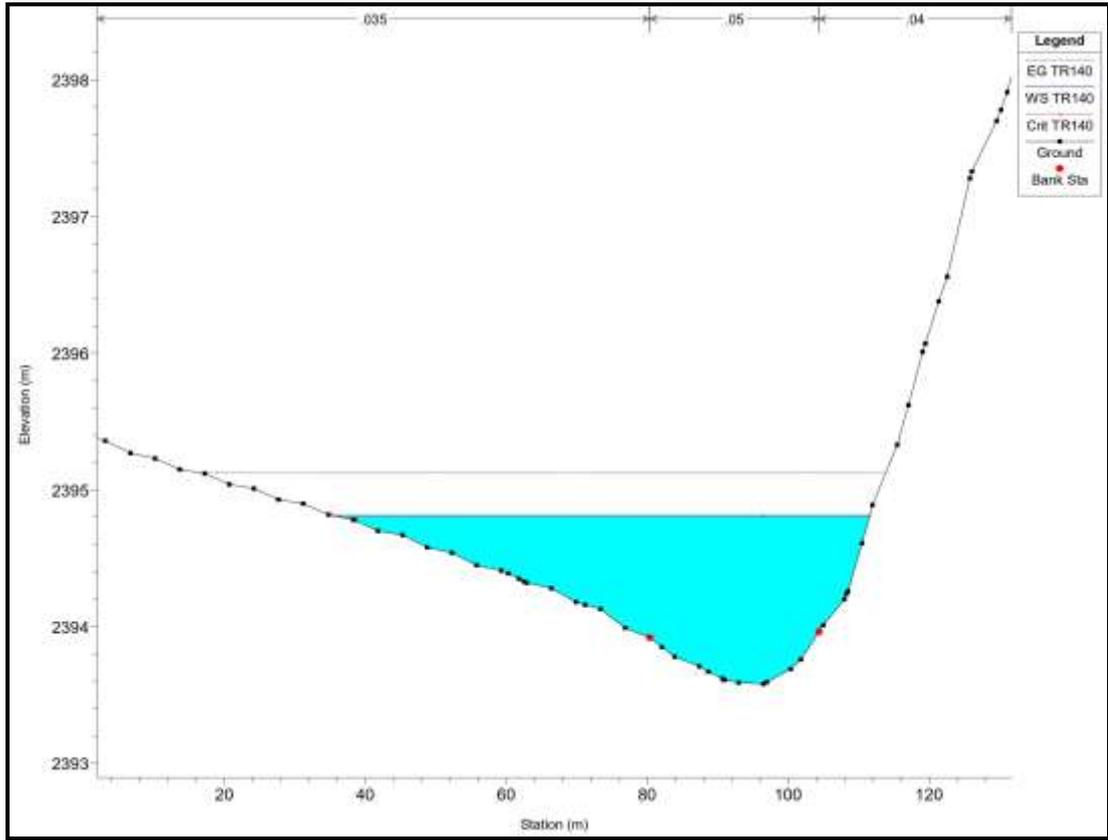
Figura 34. Sección 12+960 con Tr 100



Realizado por: José León.

En la gráfica 34 se observa que el nivel del agua con un caudal de 111.77 m³/s para un periodo de retorno de 100 años, se encuentra a una elevación de 2394.77 msnm sobrepasando los bordes del río (puntos rojos) con una diferencia de 0.85m y longitudinalmente el agua se desborda 41.5 m para el izquierdo y 6.96 m para el derecho y el calado crítico coincide con la altura del agua.

Figura 35. Sección 12+960 con Tr 140

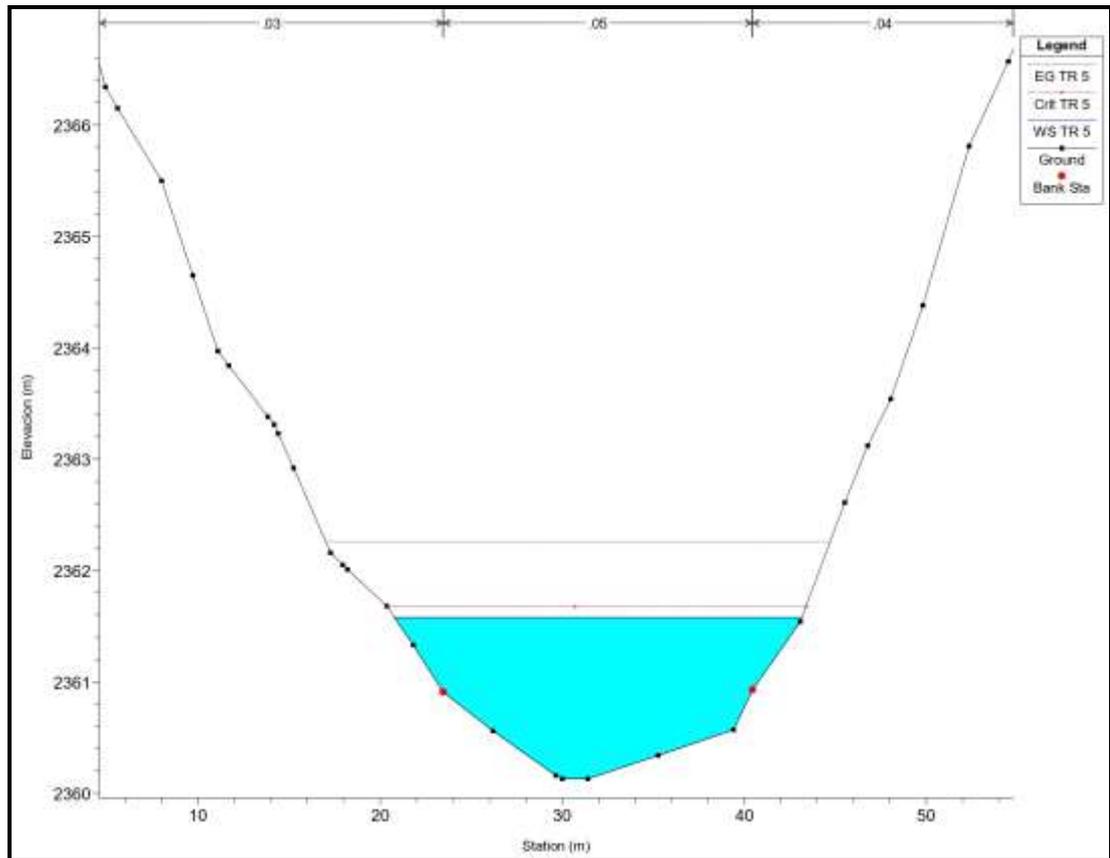


Realizado por: José León.

En la gráfica 35 se observa que el nivel del agua con un caudal de 115.78 m³/s para un periodo de retorno de 140 años, se encuentra a una elevación de 2394.81 msnm sobrepasando los bordes del río (puntos rojos) con una diferencia de 0.89m y longitudinalmente el agua se desborda 44.94 m para el izquierdo y 7.18 m para el derecho y el calado crítico coincide con la altura del agua.

➤ Sección 15+300

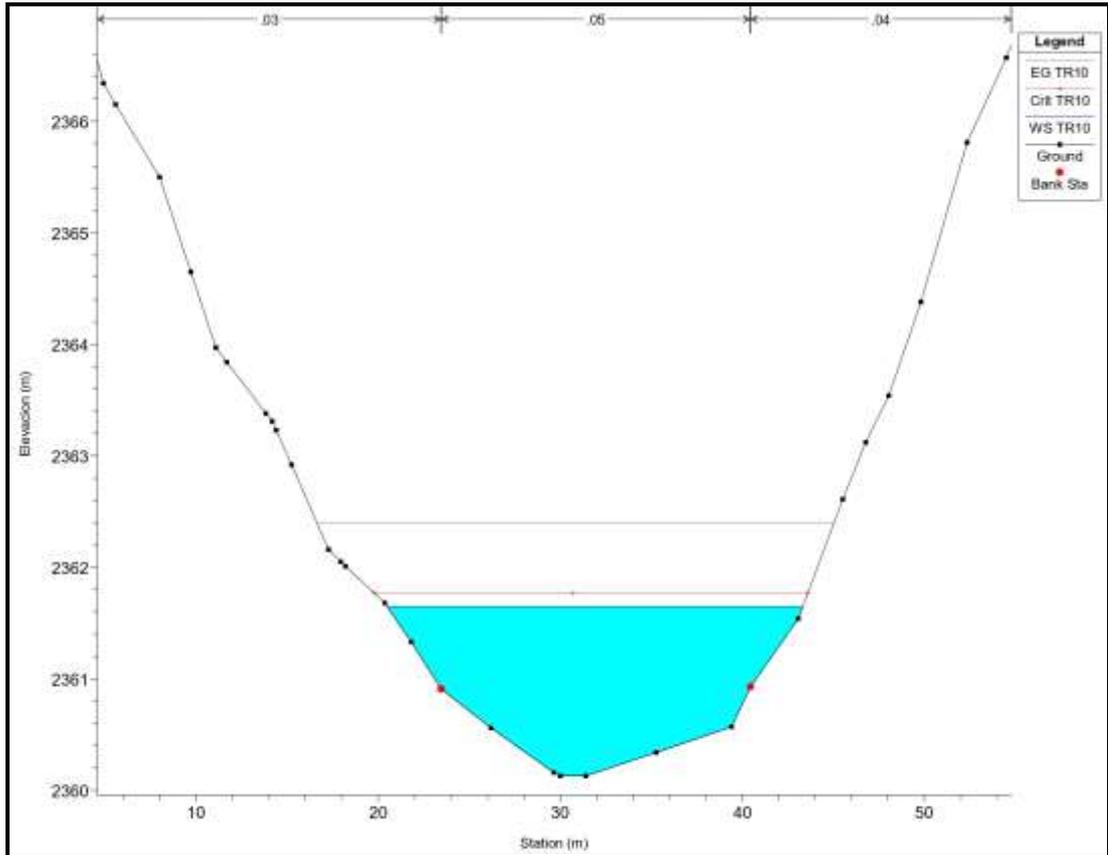
Figura 36. Sección 15+300 con Tr 5



Realizado por: José León.

En la gráfica 36 se observa que el nivel del agua con un caudal de 75.04 m³/s para un periodo de retorno de 5 años, se encuentra a una elevación de 2361.58 msnm sobrepasando los bordes del río (puntos rojos) con una diferencia de 0.67m y longitudinalmente el agua se desborda 2.65 m para el izquierdo y 2.7 m para el derecho y el calado crítico se encuentra a una elevación de 2361.68 msnm.

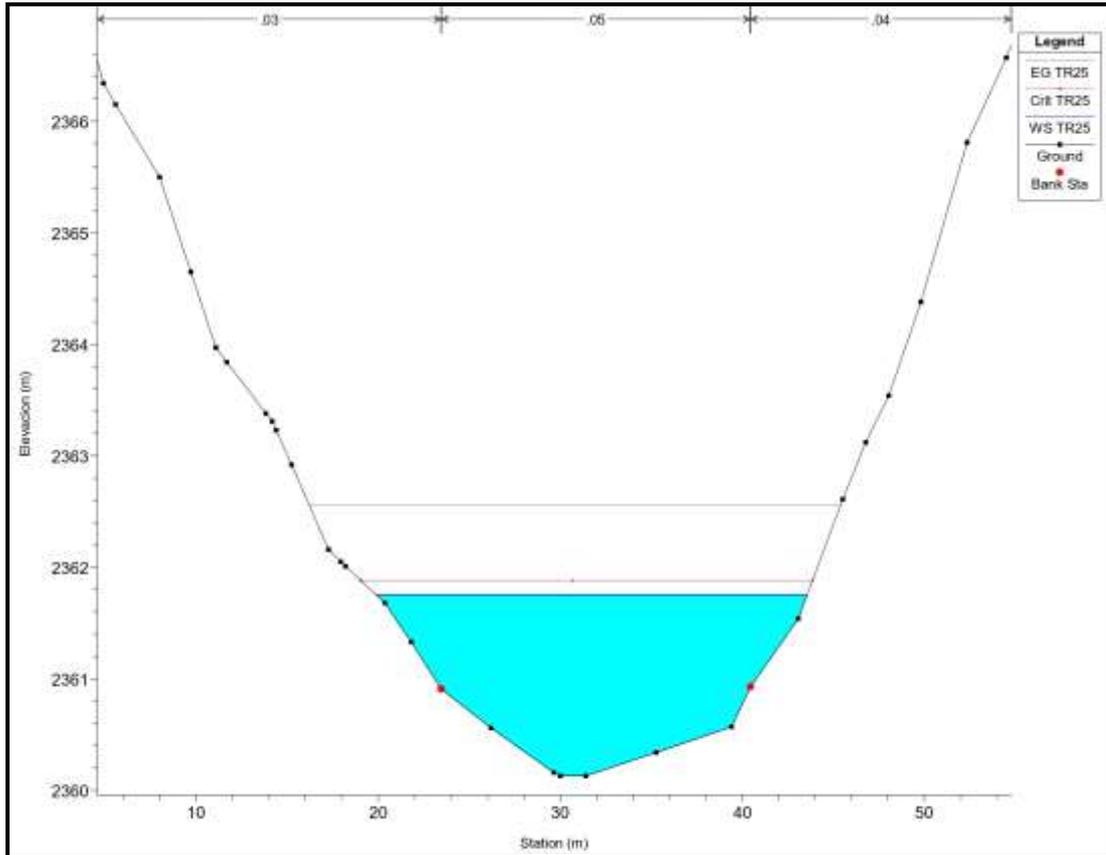
Figura 37. Sección 15+300 con Tr 10



Realizado por: José León.

En la gráfica 37 se observa que el nivel del agua con un caudal de 83.93 m³/s para un periodo de retorno de 10 años, se encuentra a una elevación de 2361.65 msnm sobrepasando los bordes del río (puntos rojos) con una diferencia de 0.74m y longitudinalmente el ancho del agua se desborda 2.91 m para el izquierdo y 2.92 m para el derecho y el calado crítico se encuentra a una elevación de 2361.77 msnm.

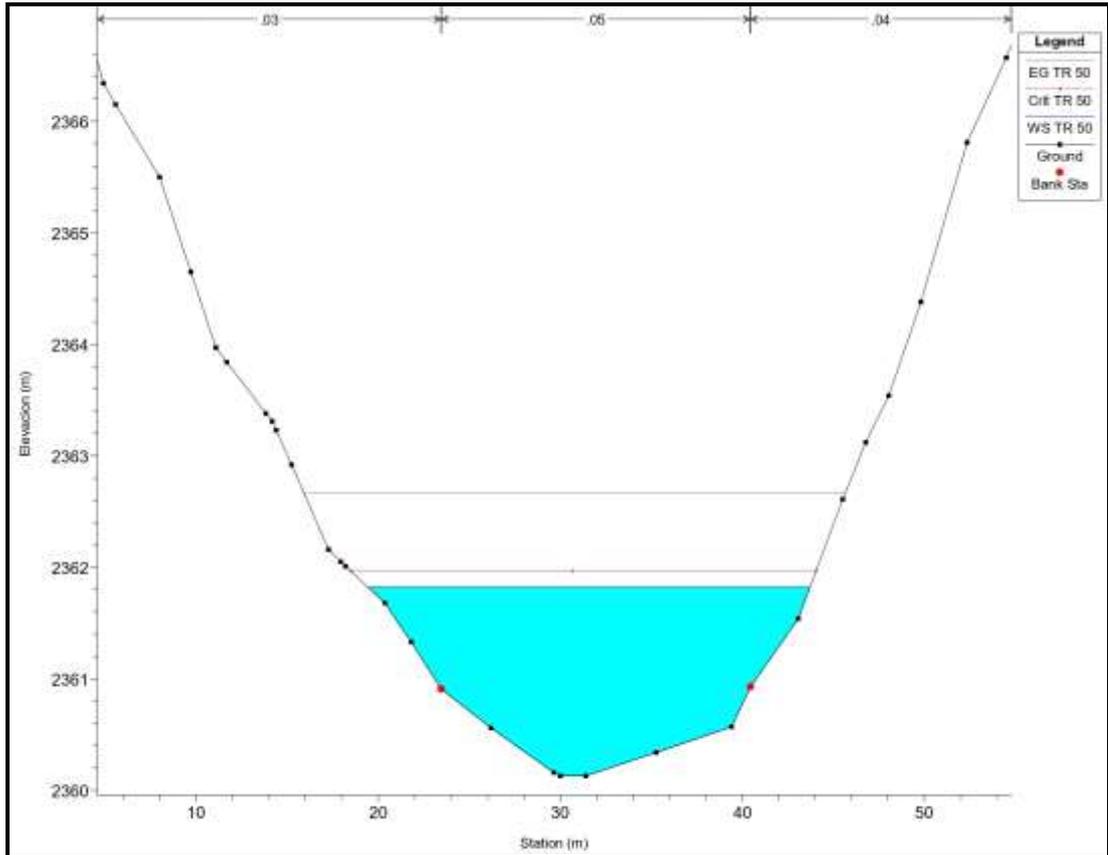
Figura 38. Sección 15+300 con Tr 25



Realizado por: José León.

En la gráfica 38 se observa que el nivel del agua con un caudal de 95.16 m³/s para un periodo de retorno de 25 años, se encuentra a una elevación de 2361.75 msnm sobrepasando los bordes del río (puntos rojos) con una diferencia de 0.84m y longitudinalmente el ancho del agua se desborda 4.2 m para el izquierdo y 3.15 m para el derecho y el calado critico se encuentra a una elevación de 2361.88 msnm.

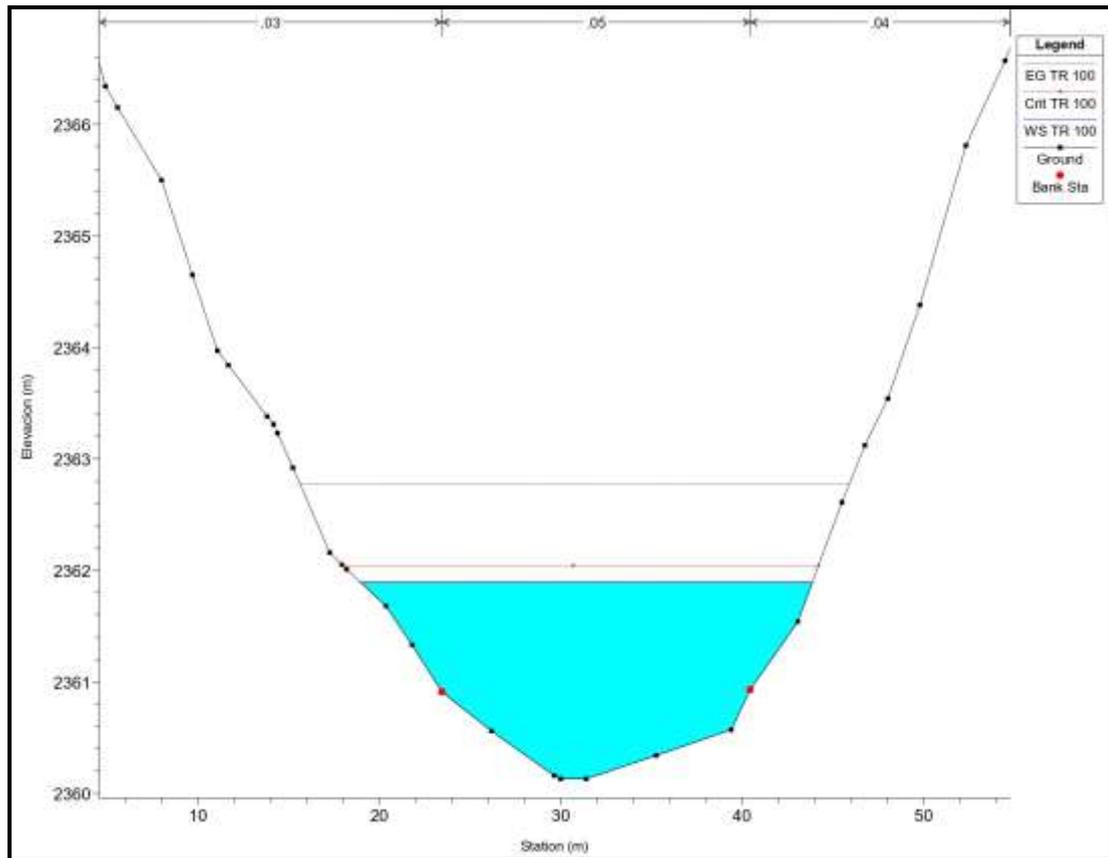
Figura 39. Sección 15+300 con Tr 50



Realizado por: José León.

En la gráfica 39 se observa que el nivel del agua con un caudal de 103.50 m³/s para un periodo de retorno de 50 años, se encuentra a una elevación de 2361.83 msnm sobrepasando los bordes del río (puntos rojos) con una diferencia de 0.92m y longitudinalmente el ancho del agua se desborda 3.98 m para el izquierdo y 3.32 m para el derecho y el calado critico se encuentra a una elevación de 2361.88 msnm.

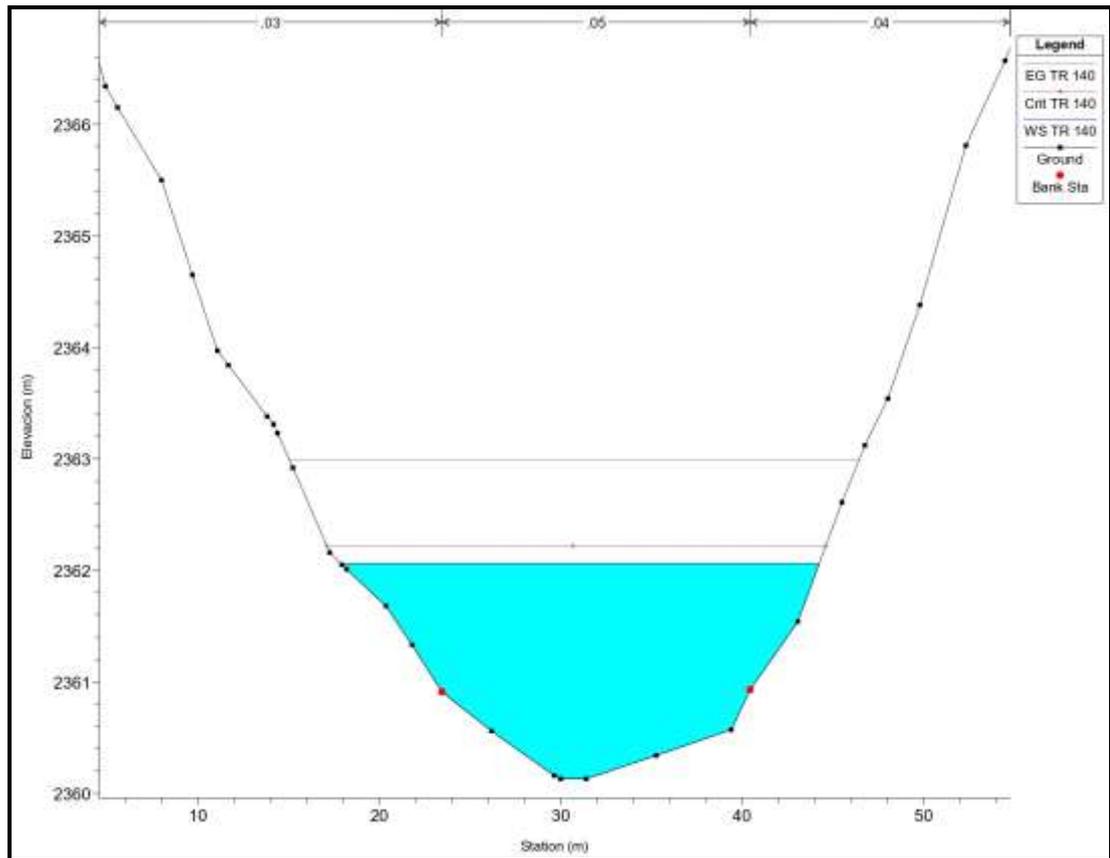
Figura 40. Sección 15+300 con Tr 100



Realizado por: José León.

En la gráfica 40 se observa que el nivel del agua con un caudal de 111.77 m³/s para un periodo de retorno de 100 años, se encuentra a una elevación de 2361.88 msnm sobrepasando los bordes del río (puntos rojos) con una diferencia de 0.97m y longitudinalmente el ancho del agua se desborda 4.43 m para el izquierdo y 3.47 m para el derecho y el calado crítico se encuentra a una elevación de 2362.04 msnm.

Figura 41. Sección 15+300 con Tr 140



Realizado por: José León.

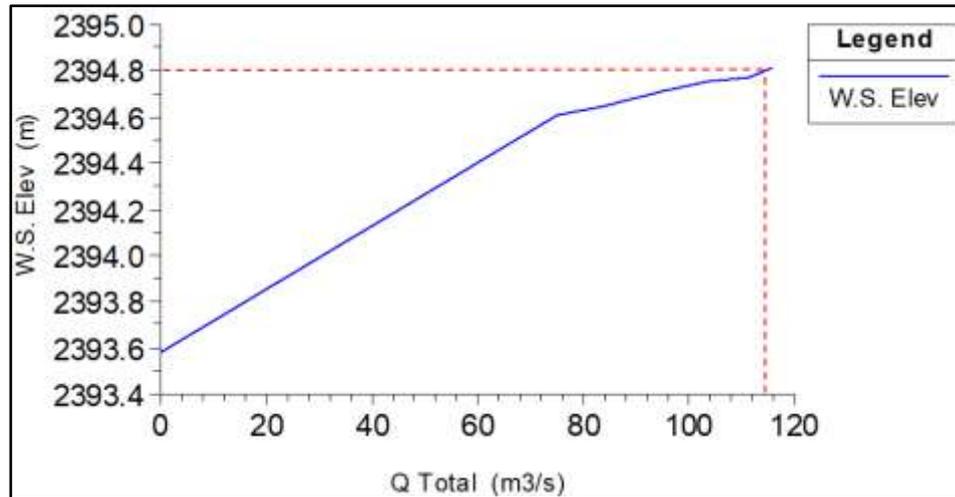
En la gráfica 41 se observa que el nivel del agua con un caudal de 115.78 m³/s para un periodo de retorno de 140 años, se encuentra a una elevación de 2362.06 msnm sobrepasando los bordes del río (puntos rojos) con una diferencia de 1.15m y longitudinalmente el ancho del agua se desborda 5.53 m para el izquierdo y 3.86 m para el derecho y el calado crítico se encuentra a una elevación de 2362.21 msnm.

- Curvas de Descarga

La grafica Caudal vs Nivel de Agua, representa las variaciones de las descargas para una sección específica, de tal modo que en función de las lecturas de mira se puede saber que caudal está circulando.

➤ Sección 12+960

Figura 42. Sección 12+960

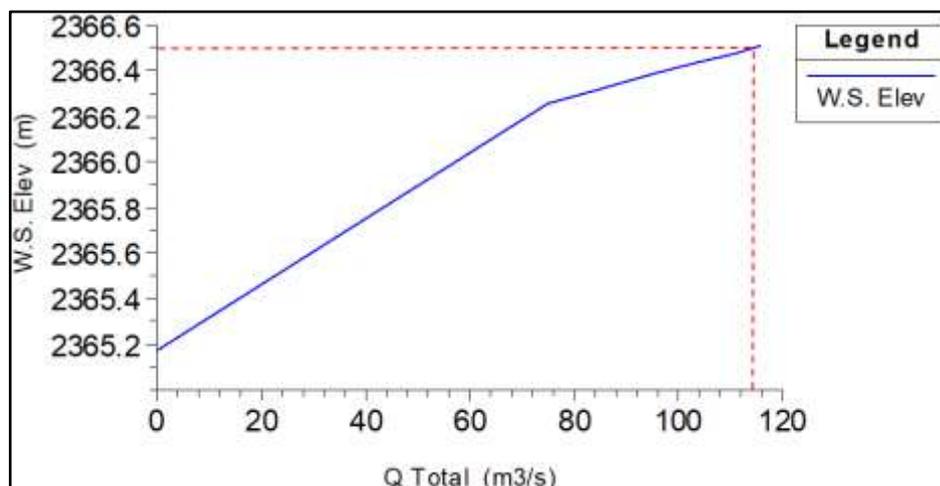


Realizado por: José León.

En la gráfica 42 se aprecia que tiene una pendiente constante hasta un caudal de 76 m³/s y pasado ese punto cambia de pendiente y tiene pequeñas irregularidades. Además, se aprecia que para el caudal de diseño de 115.78 m³/s con un periodo de retorno de 140 años el nivel de agua es de 2394.8 m.

➤ Sección 15+300

Figura 43. Sección 15+300

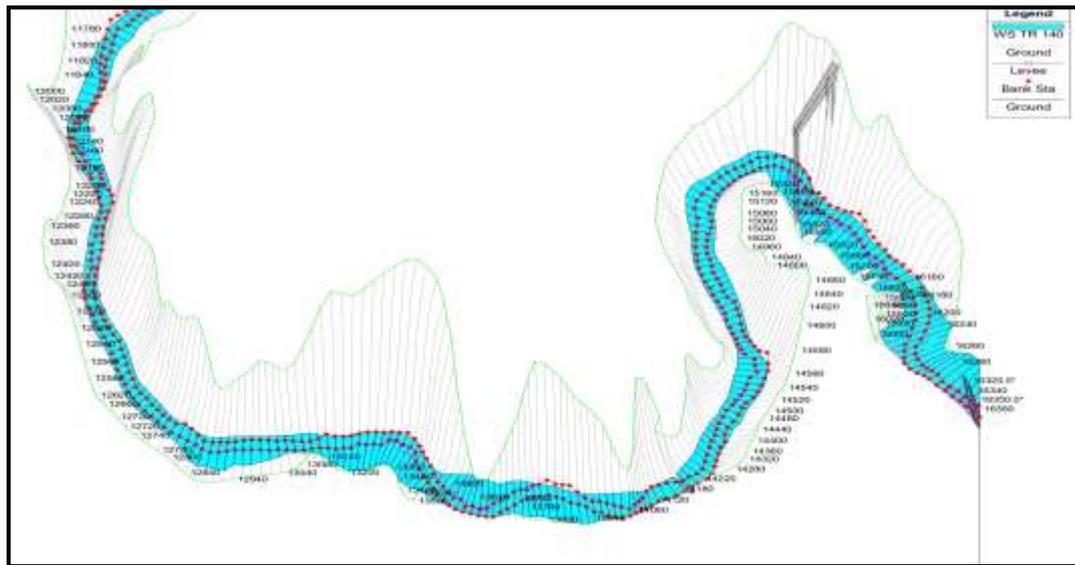


Realizado por: José León.

En la gráfica 43 se aprecia que está formada por dos pendientes continuas siendo el punto de inflexión el caudal de 74 m³/s. Además, se aprecia que para el caudal de diseño de 115.78 m³/s con un periodo de retorno de 140 años el nivel de agua es de 2366.5 m.

- Esquema 3D

Figura 44. Esquema 3D del km 12+000 al km 16+000



Realizado por: José León.

3.1.2.4.3 Resumen de mapas temáticos de inundación para un periodo de retorno de 140 años

Lámina D-15

En la lámina D-15 se puede observar que, el área de inundación se extiende horizontalmente sin afectar a ninguna estructura, pero puede perjudicar los cultivos en gran parte desde la sección 12+200 a la 12+320 y en menor proporción desde la sección 12+560 a la 12+760, a continuación, se indican las siguientes características del tramo:

Altura máxima del agua: 1.82m en la sección 12+320.

Velocidad máxima: 3.69 m/s en la sección 12+180 en el eje del río.

Velocidad mínima: 0.67 m/s en la sección 12+400 al borde derecho del río.

Esfuerzo cortante máximo: 695.20 N/m² en la sección 12+160 en el eje del río.

Esfuerzo cortante mínimo: 10.80 N/m² en la sección 12+000 al borde derecho del río.

Distancia máxima de inundación al lado izquierdo: 61.12m en la sección 12+180.

Distancia máxima de inundación al lado derecho: 45.4m en la sección 12+240.

Lámina D-16

En la lámina D-16 se puede observar que, el área de inundación se extiende horizontalmente sin afectar a ninguna estructura, pero perjudica los cultivos del lado derecho del río desde la sección 13+140 a la 13+500, también se observa afectado un estadio de tierra ubicado desde la sección 12+820 a la 12+940, a continuación, se indican las siguientes características del tramo:

Altura máxima del agua: 1.48m en la sección 13+120.

Velocidad máxima: 3.02 m/s en la sección 13+060 en el eje del río.

Velocidad mínima: 0.11 m/s en la sección 13+420 al borde izquierdo del río.

Esfuerzo cortante máximo: 221.82 N/m² en la sección 12+780 en el eje del río.

Esfuerzo cortante mínimo: 1.03 N/m² en la sección 13+440 al borde izquierdo del río.

Distancia máxima de inundación al lado izquierdo: 29.3m en la sección 12+880.

Distancia máxima de inundación al lado derecho: 102.77m en la sección 13+220.

Lámina D-17

En la lámina D-17 se puede observar que, el área de inundación se extiende horizontalmente sin afectar a ninguna estructura, pero perjudica los cultivos del lado derecho del río desde la sección 13+720 a la 13+960 y del lado izquierdo se ve afectado desde la sección 13+520 a la 13+740 y desde la sección 13+980 a la 14+120, a continuación, se indican las siguientes características del tramo:

Altura máxima del agua: 1.34 m en la sección 13+880.

Velocidad máxima: 3.16 m/s en la sección 14+140 en el eje del río.

Velocidad mínima: 0.13 m/s en la sección 13+820 al borde izquierdo del río.

Esfuerzo cortante máximo: 222.54 N/m² en la sección 14+180 en el eje del río.

Esfuerzo cortante mínimo: 1.30 N/m² en la sección 13+820 al borde izquierdo del río.

Distancia máxima de inundación al lado izquierdo: 107.84 m en la sección 13+620.

Distancia máxima de inundación al lado derecho: 91.74 m en la sección 13+840.

Lámina D-18

En la lámina D-18 se puede observar que, el área de inundación se extiende horizontalmente sin afectar a ninguna estructura, pero perjudica los cultivos principalmente del lado izquierdo del río desde la sección 14+260 a la 14+760, a continuación, se indican las siguientes características del tramo:

Altura máxima del agua: 1.62 m en la sección 14+760.

Velocidad máxima: 3.24 m/s en la sección 14+760 en el eje del río.

Velocidad mínima: 0.59 m/s en la sección 14+360 al borde derecho del río.

Esfuerzo cortante máximo: 238.94 N/m² en la sección 14+740 en el eje del río.

Esfuerzo cortante mínimo: 33.40 N/m² en la sección 13+820 al borde derecho del río.

Distancia máxima de inundación al lado izquierdo: 73.54 m en la sección 14+660.

Distancia máxima de inundación al lado derecho: 37.91 m en la sección 14+500.

Lámina D-19

En la lámina D-19 se puede observar que, el área de inundación se extiende horizontalmente afectando a estructuras cercanas a una distancia de 21.88m del borde del río al lado izquierdo pero con una altura de agua mínima, de igual manera al lado derecho en la sección 15+380 a una distancia de 48.05m se ve afectada en una mayor cantidad una vivienda, con respecto al puente, sus pilas se ven afectadas con una altura de agua de 1.68m, con una velocidad de 2.62 m/s y un esfuerzo cortante de 182.29 N/m², en tanto a los cultivos son afectados principalmente desde la sección 15+520 a la 15+640, a continuación, se indican las siguientes características del tramo:

Altura máxima del agua: 1.68 m en la sección 15+380.

Velocidad máxima: 12.92 m/s en la sección 15+580 en el eje del río.

Velocidad mínima: 0.46 m/s en la sección 15+480 al borde izquierdo del río.

Esfuerzo cortante máximo: 219.89 N/m² en la sección 15+300 en el eje del río.

Esfuerzo cortante mínimo: 3.70 N/m² en la sección 15+480 al borde izquierdo del río.

Distancia máxima de inundación al lado izquierdo: 69.38 m en la sección 15+180.

Distancia máxima de inundación al lado derecho: 104.94 m en la sección 15+560.

Lámina D-20

En la lámina D-20 se puede observar que, el área de inundación se extiende horizontalmente sin afectar a ninguna estructura, pero perjudica los cultivos principalmente del lado derecho del río desde la sección 15+560 a la 15+840, a continuación, se indican las siguientes características del tramo:

Altura máxima del agua: 2.05 m en la sección 15+660.

Velocidad máxima: 3.40 m/s en la sección 15+800 en el eje del río.

Velocidad mínima: 0.35 m/s en la sección 15+700 al borde derecho del río.

Esfuerzo cortante máximo: 203.75 N/m² en la sección 15+860 en el eje del río.

Esfuerzo cortante mínimo: 6.46 N/m² en la sección 15+680 al borde izquierdo del río.

Distancia máxima de inundación al lado izquierdo: 85.79 m en la sección 15+980.

Distancia máxima de inundación al lado derecho: 102.77 m en la sección 15+680.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Para determinar los caudales máximos instantáneos definitivos (tabla 13) se trabajó con el registro de la estación de Tilulún desde el año 1963 hasta 1980 descartando el año 1963 y 1974 por estar incompletos y en base al criterio de Chauvenet se excluyó el año 1976.
- Se calculó un periodo de retorno máximo de 140 años puesto que el puente es la obra sobresaliente del tramo con un riesgo admisible del 25% y con una vida útil de 40 años.
- Se utilizó la distribución probabilística de Gumbel para la proyección de los datos y se obtuvo un caudal de diseño máximo de 115.78 m³/s calculado con la fórmula general de Ven Te Chow.
- Se determinó que existe un ajuste adecuado entre la probabilidad empírica y la probabilidad teórica del registro de la estación de Tilulún lo que permite obtener resultados aceptables y coherentes, por lo cual se fijó para el análisis 6 caudales de diseño con sus respectivos periodos de retorno (tabla 19).
- Para un periodo de retorno de 5 años con un caudal de 75.04 m³/s se determinó una altura máxima de inundación de 1.34 m, una velocidad promedio de 3.18 m/s y un esfuerzo cortante promedio de 328.62 N/m².
- Para un periodo de retorno de 10 años con un caudal de 83.93 m³/s se determinó una altura máxima de inundación de 1.41 m, una velocidad promedio de 3.35 m/s y un esfuerzo cortante promedio de 348.91 N/m².

- Para un periodo de retorno de 25 años con un caudal de 95.16 m³/s se determinó una altura máxima de inundación de 1.52 m, una velocidad promedio de 3.42 m/s y un esfuerzo cortante promedio de 364.75 N/m².
- Para un periodo de retorno de 50 años con un caudal de 103.50 m³/s se determinó una altura máxima de inundación de 1.57 m, una velocidad promedio de 3.57 m/s y un esfuerzo cortante promedio de 384.7 N/m².
- Para un periodo de retorno de 100 años con un caudal de 111.77 m³/s se determinó una altura máxima de inundación de 1.64 m, una velocidad promedio de 3.66 m/s y un esfuerzo cortante promedio de 398.59 N/m².
- Para un periodo de retorno de 140 años con un caudal de 115.78 m³/s se determinó una altura máxima de inundación de 1.68 m, una velocidad promedio de 3.83 m/s y un esfuerzo cortante promedio de 419.98 N/m².
- Se determinó que el área de inundación es de 31.16 hectáreas para el caudal máximo siendo la más crítica puesto que se extiende horizontalmente hasta 107.84 m del borde izquierdo del río y 104.94m del borde derecho del río.
- Se determinó que la inundación podría afectar principalmente a los cultivos existentes a lo largo del río, en cuanto a las estructuras, existen pocas en el tramo analizado las cuales serán afectadas con una altura mínima de agua.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda elaborar obras de protección del lado derecho del río desde la sección 12+800 a la 13+000 y desde la sección 13+160 a la 13+480 especificada en la lámina D-16 con una altura aproximada de 1.40 m para mantener encauzado el río en caso de una crecida extraordinaria.

- Se recomienda elaborar obras de protección del lado izquierdo del río desde la sección 13+520 a la 13+720 y del lado derecho desde la sección 13+740 a la 13+960 especificada en la lámina D-17 con una altura aproximada de 1.40 m para mantener encauzado el río en caso de una crecida extraordinaria.
- Se recomienda elaborar obras de protección del lado izquierdo del río desde la sección 14+280 a la 14+420 y desde la sección 14+520 a la 14+740 especificada en la lámina D-18 con una altura aproximada de 1.40 m para mantener encauzado el río en caso de una crecida extraordinaria.
- Se recomienda elaborar obras de protección del lado izquierdo del río desde la sección 15+060 a la 15+220 con una altura aproximada de 1.40 m y desde la sección 15+220 a la 15+360 debido a que existen estructuras se recomienda una altura aproximada de 1.50 m para mantener encauzado el río en caso de una crecida extraordinaria especificada en la lámina D-19.
- Se recomienda elaborar obras de protección junto a las pilas del puente del paso lateral con una altura aproximada de 1.50 m para mantener encauzado el río en caso de una crecida extraordinaria.
- Se recomienda elaborar obras de protección del lado derecho del río desde la sección 15+560 a la 15+840 y desde la sección 15+940 a la 16+000 especificada en la lámina D-20 con una altura aproximada de 1.40 m para mantener encauzado el río en caso de una crecida extraordinaria.

MATERIAL DE REFERENCIA

Bibliografía

- [1] A. Ruiz, “Análisis de Vulnerabilidad Ante Eventos Provocados por Caudales Fluviales Extremos, Procedentes de Avenidas Pluviales del río Ambato, del Sector las Viñas Shina, entre el Paso Lateral de Ambato y la Vía a las viñas; Parroquia Izamba; Cantón Ambato; Provin,” Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [2] D. Piedra, “Estudio y Caracterización Hidráulica del Óvalo 21 al Óvalo 27 del Canal de Riego Ambato - Huachi - Pelileo, Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua.,” Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [3] K. Ahmed, “Aplicaciones Del Modelo Hec-Ras Para El Analisis Del Flujo No Permanente Con Superficie Libre,” Escuela Politécnica Nacional, 2008.
- [4] F. Aragón, *Inundaciones en zonas urbanas de cuencas en América Latina*, 1ra ed. Perú, 2014.
- [5] J. Maturana, M. Bello, and M. Manley, “History and description of ‘ El Niño , Southern Oscillation ’ phenomenon .,” pp. 13–27, 2004.
- [6] W. Ramos, “Vigilancia con posterioridad a desastres: una necesidad en el contexto sanitario y climático actual. Boletín Epidemiológico (Lima),” vol. 24, no. 50, pp. 947–962, 2015.
- [7] G. Hijar, C. Bonilla, C. Munayco, E. Gutierrez, and W. Ramos, “Fenómeno el Niño y Desastres Naturales: Intervenciones en Salud Pública para la Preparación y Respuesta,” vol. 33, no. 2, pp. 300–310, 2016, doi: 10.17843/rpmesp.2016.332.2205.
- [8] F. Montenegro, “Manejo del Centro de Operaciones De Emergencia y Salas de Situaciones (SS) En La Erupcción Del Volcan Tungurahua del 2006 y En Las Inundaciones Del Litoral Del 2008,” Instituto De Altos Estudios Nacionales, 2008.
- [9] G. Zamora, “Sistema de Información Corporativo Para Contingencias Naturales

en el Cantón Ambato,” PUCESA, 2009.

- [10] P. Alpusig and L. Wilson, “Estudio Del Transporte De Sedimentos En Un Canal De Cauce Confinado,” Universidad Central Del Ecuador, 2015.
- [11] T. Ochoa, *Hidráulica de Ríos y Procesos Morfológicos*, ECOE., no. 1ra. Colombia, 2011.
- [12] A. Rocha, *Introducción a la Hidráulica Fluvial*, 1ra ed. Perú, 1998.
- [13] G. Pérez, A. Rodríguez, and J. Molina, *Ingeniería De Ríos*. 2018.
- [14] A. F. Morales, “Dinámica Fluvial y Geomorfología - Clasificación de las Geoformas,” Escuela de Ingenieros Militares, 2015.
- [15] C. Vallejo, “Sistema Fluvial,” in *Geomorfología Aplicada*, pp. 1–39.
- [16] M. García, “Biología Y Geología,” p. 27, 2012.
- [17] D. de D. R. y M. A. S. E. para A. E. y S. OEA, *Definición de llanura de inundación y evaluación del peligro de inundaciones*. Washington, D.C, 1993.
- [18] A. Breña, *Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial*. México, 2006.
- [19] A. Bateman, *Hidrología Basica Y Aplicada*. 2007.
- [20] R. Muñoz, “Hidrología Atmosférica,” in *Hidrología Agricola*, 2014, p. 54.
- [21] M. de T. y C. MTC, *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Perú, 2011.
- [22] INAMHI, *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación*, no. 2. 2015.
- [23] J. Diaz, *Mecánica de los Fluidos e Hidráulica*. 2006.
- [24] J. P. Martín Vide, “INGENIERIA DE RIOS (MARTIN VIDE).pdf.” p. 336, 2003.
- [25] R. Springall, *Hidrología*. MEXICO.
- [26] I. Civil, “Métodos de Separación de Componentes de un Hidrogram,” 2019,

2020. [Online]. Available: <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/metodos-de-separacion-de-componentes-de-un-hidrograma/>.

- [27] V. te Chow, “Hidraulica De Canales Abiertos.” McGRAW-HILL, Santafé de Bogota, Colombia, p. 780, 1994.
- [28] C. Guaya, “Modelación Numérica Bidimensional del Río Garrapata en la Provincia de Manabí Aplicando el Programa IBER.,” Escuela Politécnica Nacional, 2018.
- [29] A. L. Reyes, “Modelación de Flujo no Permanente en Sistemas Hidraulicos Con HEC-RAS. Aplicación al Sistema de Canales y Lagos de Texcoco,” UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, 2014.
- [30] J. Beltrán, “UNIVERSIDAD DE CUENCA - TESIS.pdf,” Universidad de Cuenca, 2013.
- [31] USDA-NCRS and U. S. D. of A. and N. R. C. Service, “Stream Restoration Design,” *Natl. Eng. Handb.*, vol. Part 654, no. August, 2007.

ANEXOS

ANEXOS A. TABLAS

Tabla 20. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1963

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.45	5.66	1.82	1.87	5.72	3.10	
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.16	4.45	1.82	1.82	6.51	3.02	
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.90	3.60	1.82	1.55	6.51	2.94	
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.56	3.26	1.71	1.55	6.25	2.72	
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.06	3.10	1.71	1.55	7.93	2.51	
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.69	3.26	1.82	1.50	6.15	2.37	
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.97	6.92	1.76	1.55	5.20	2.24	
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.69	3.97	1.76	1.45	4.66	5.82	
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.52	3.26	2.11	1.40	4.56	10.71	
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.43	2.94	3.75	1.36	4.35	12.08	
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.43	3.43	3.60	1.31	4.06	10.25	
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.43	3.18	3.78	1.27	3.69	6.80	
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.43	2.87	2.87	1.27	3.26	6.80	
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.43	2.79	2.24	1.31	2.94	5.20	
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.43	2.65	1.93	1.36	2.87	4.66	
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.43	2.72	1.99	1.36	2.72	4.66	
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.43	3.26	3.75	1.45	2.65	4.66	
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.43	3.87	3.52	1.50	2.65	4.66	
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.01	3.35	3.02	1.22	2.58	4.56	
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.87	2.44	2.79	1.18	2.44	3.97	
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	2.11	3.18	1.22	2.37	3.26	
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.87	2.05	3.87	1.27	2.37	12.35	
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.33	1.99	2.87	1.18	2.37	9.12	
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.79	1.99	2.30	1.18	4.09	8.22	
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.79	1.99	1.93	1.18	4.77	9.45	
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.44	2.51	1.65	1.27	4.45	9.24	
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.62	2.72	1.65	1.45	3.97	6.28	
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.52	2.30	1.76	1.36	3.60	5.12	
29	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	6.59	2.11	1.93	1.36	3.40	13.85	
30	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	7.77	2.05	1.93	4.44	3.10	13.79	
31	0.00		0.00		0.00		7.77	1.82		5.65		11.70	
QMIN.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	1.82	1.65	1.18	2.37	2.24	1.18
QMED.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.90	3.05	2.42	1.63	4.07	6.65	3.62
QMAX.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.77	6.92	3.87	5.65	7.93	13.85	13.85
QMC.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.44	9.66	7.20	19.63	16.58	31.59	31.69

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 21. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1964

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.	
1	10.44	1.36	1.14	1.65	9	5.43	9.83	2.79	5.79	4.66	2.11	1.45	
2	7.92	1.22	1.1	1.65	6.15	4.98	9	3.1	8.08	5.9	2.11	1.36	
3	6.4	1.18	1.02	1.76	5.66	11.11	11.2	4.12	15.21	5.2	2.05	1.4	
4	5.31	1.18	1.02	2.03	5.31	23.54	9.33	3.6	11.38	3.26	2.05	2.45	
5	4.77	1.18	1.02	2.87	5.09	13.02	8.37	3.97	12.27	4.26	2.87	1.45	
6	4.56	1.18	1.02	2.94	4.87	8.76	7.63	3.6	13.86	4.16	2.72	1.45	
7	4.56	1.18	1.02	2.37	3.78	6.4	10.4	3.1	16.33	3.78	2.94	1.55	
8	4.56	1.14	1.02	4.88	3.1	4.87	11.88	2.65	16.1	3.26	2.79	1.55	
9	4.46	1.14	1.1	5.58	4.26	5.31	10	12.45	13.85	3.1	2.44	1.5	
10	4.45	1.1	1.1	5.66	5.43	4.45	8.68	24.96	13.85	3.1	1.99	1.5	
11	4.35	1.1	1.1	6.4	4.77	4.56	7.77	36.86	18.31	3.1	1.76	1.45	
12	4.26	1.14	1.14	5.2	5.54	3.97	7.2	30.89	33.81	3.1	2.24	1.45	
13	3.78	1.14	1.27	4.98	6.39	3.78	7.2	23.5	42.42	3.1	1.76	1.5	
14	3.1	1.14	1.45	4.77	9.66	4.89	7.2	18.57	33.19	3.1	2.3	1.5	
15	2.58	1.14	3.4	4.77	9.66	6.02	6.4	14.29	25.84	3.1	2.37	1.45	
16	2.24	1.14	4.77	4.77	9.33	4.77	5.43	11.82	24.87	3.1	1.76	1.45	
17	2.18	1.18	4.77	5.31	9.33	8.2	4.56	13.31	22.44	3.1	1.6	1.5	
18	2.24	1.18	6.97	4.87	8.37	43.59	3.97	11.82	17.56	3.1	1.93	1.45	
19	2.24	1.18	4.87	4.35	7.49	43.62	3.97	8.68	15.17	3.1	2.37	1.38	
20	2.24	1.18	3.65	3.97	6.15	47.42	4.16	7.49	13.22	2.94	2.24	1.4	
21	2.24	1.45	2.94	4.45	8.78	45.9	3.97	6.66	11.44	2.65	2.05	1.36	
22	2.24	1.76	2.65	4.35	10.35	42.21	3.97	6.66	9.66	2.37	1.93	1.45	
23	2.11	1.99	2.24	4.06	8.68	30.89	3.97	6.93	8.37	2.51	1.65	1.45	
24	1.93	1.99	1.87	4.35	8.07	21.36	3.81	3.78	8.07	2.51	1.55	1.55	
25	1.76	1.82	1.55	4.87	7.2	16.34	3.26	5.2	7.49	2.65	1.55	1.55	
26	1.76	1.65	1.65	4.77	5.66	14.5	3.26	5.2	6.66	2.94	1.55	1.55	
27	1.71	1.45	1.65	5.66	4.98	12.61	4.16	5.66	6.15	2.51	1.45	1.76	
28	1.65	1.31	1.65	4.77	5.2	10.17	6.89	4.77	6.15	2.37	1.45	1.55	
29	1.65	1.22	1.65	4.56	4.77	14.09	4.77	4.16	5.2	2.18	1.45	1.65	
30	1.6		1.65	6.21	4.35	11.82	3.6	3.97	4.77	2.11	1.45	2.15	
31	1.5		1.65		5.43		3.02	5.15		2.11		3.14	
QMIN.	1.5	1.1	1.02	1.65	3.1	3.78	3.02	2.65	4.77	2.11	1.45	1.36	Q. ANUAL. 1.02
QMED.	3.44	1.31	2.1	4.29	6.54	15.95	6.41	9.67	14.92	3.18	2.02	1.59	5.95
QMAX.	10.44	1.99	6.97	6.4	10.35	47.42	11.88	36.86	42.42	5.9	2.94	3.14	47.42
QMC.	13.85	2.11	8.84	8.68	12.21	67.38	16.1	44.98	53.86	6.15	3.78	4.98	67.38

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 22. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1965

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.	
1	2.37	1.18	1.27	1.36	9.95	5.43	6.8	6.15	7.2	5.09	4.77	4.77	
2	1.55	1.1	1.66	2.13	5.2	4.98	7.2	5.66	5.9	3.78	4.35	4.77	
3	1.27	1.18	1.45	1.92	5.43	14.28	6.4	4.77	5.66	3.43	3.97	4.56	
4	1.27	1.36	1.45	1.87	8.75	21.42	6.66	4.35	6.15	2.72	3.78	4.56	
5	1.27	1.45	1.45	1.35	6.9	12.41	6.15	7.24	5.66	2.58	5.95	4.56	
6	1.27	1.27	1.36	4.37	8.26	17.2	6.93	5.56	4.66	2.65	7.33	4.56	
7	1.18	1.18	1.36	6.62	6.15	14.29	6.66	4.47	4.16	2.51	5.43	4.56	
8	1.18	1.1	1.45	3.69	16.1	15.63	5.9	4.77	3.97	2.3	5.9	4.56	
9	1.18	1.1	1.86	2.79	9.66	19.67	5.66	6.01	3.78	2.37	6.93	4.35	
10	1.18	1.02	2.37	2.79	6.93	20.17	5.2	7.49	3.97	2.37	10.63	4.35	
11	1.36	1.02	1.99	2.79	5.9	14.73	6.77	5.66	3.6	1.99	9.26	4.35	
12	1.31	0.95	1.65	2.79	6.4	15.18	10.15	6.5	3.43	1.87	8.45	4.35	
13	1.55	0.87	1.45	2.94	7.49	11.07	18.07	9.11	3.43	1.99	9	4.16	
14	2.11	0.91	1.55	3.7	7.2	10.71	9.66	6.4	3.26	1.99	8.91	4.16	
15	3.3	1.2	1.55	4.94	5.9	12.16	8.68	5.2	2.94	1.93	9.64	4.16	
16	2.37	1.45	1.55	9.8	5.43	18.57	10	4.77	2.94	4.18	8.87	3.97	
17	1.99	1.27	1.36	5.7	4.98	16.1	9.33	4.35	3.43	7.6	12.4	3.97	
18	1.76	1.18	1.36	5.2	4.98	17.56	7.77	3.97	5.53	7.58	17.29	3.97	
19	1.93	1.18	1.18	5.68	5.43	14.73	8.37	3.6	4.06	5.66	20.61	3.78	
20	1.45	2.37	1.18	5.27	4.77	16.58	11.21	4.19	4.16	5.48	13.82	3.78	
21	1.36	1.99	1.55	4.77	4.77	17.56	22.45	9.37	6.66	4.35	22.48	3.6	
22	2.01	1.65	1.45	3.69	4.87	13.85	22.39	7.49	5.66	3.78	17.37	3.6	
23	1.36	1.45	1.5	2.94	5.78	11.11	16.1	5.43	5.2	7.35	13.85	3.43	
24	1.36	1.71	1.36	2.65	6.4	13.02	16.19	4.16	4.35	5.23	11.07	3.43	
25	1.31	1.65	1.31	2.72	6.28	10.71	15.63	3.97	4.35	3.64	9.33	3.26	
26	1.62	1.36	1.36	2.58	4.98	9.33	13.69	8.91	3.78	2.94	8.07	3.26	
27	2.11	1.27	1.36	2.24	6.46	8.68	10.71	4.56	2.94	3.61	6.66	3.26	
28	1.93	1.27	1.65	2.24	7.83	7.49	9.33	6.41	2.65	6.5	5.66	3.26	
29	1.76		1.18	2.18	6.54	6.93	8.37	21.44	2.94	7.55	5.43	3.26	
30	1.46		1.14	5.53	5.66	6.15	8.84	10.98	5.62	7.32	4.98	3.26	
31	1.27		1.27		5.2		7.2	8.37		5.66		3.92	
QMIN.	1.18	0.87	1.14	1.35	4.77	4.98	5.2	3.6	2.65	1.87	3.78	3.26	Q. ANUAL. 0.87
QMED.	1.63	1.31	1.47	3.64	6.66	13.26	10.14	6.49	4.4	4.13	9.41	3.99	5.54
QMAX.	3.3	2.37	2.37	9.8	16.1	21.42	22.45	21.44	7.2	7.6	22.48	4.77	22.48
QMC.	4.77	3.43	4.98	16.1	16.1	31.69	30.96	44.06	9.66	13.85	35.52	7.49	44.06

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 23. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1966

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.
1	6.32	2.94	4.56	37.83	9	5.61	6.46	8.61	3.18	2.79	1.54	1.54
2	6.16	2.65	4.56	25.5	5.9	6.9	6.93	13.09	3.11	8.39	1.63	1.45
3	4.77	2.37	4.35	19.63	4.77	4.56	5.66	7.49	3.04	8.34	1.63	1.41
4	4.56	2.51	5.66	16.1	4.56	4.56	4.56	6.15	3.04	4.17	1.54	1.37
5	4.56	1.99	4.56	13.12	4.98	4.35	4.77	7.2	3.04	3.65	1.54	1.77
6	4.56	2.79	4.98	11.07	4.77	4.35	4.56	7.77	2.9	3.49	1.54	2.77
7	4.35	5.9	4.56	9.66	4.35	4.16	4.56	13.02	2.9	2.97	1.59	2.63
8	4.35	8.96	4.16	9.33	4.16	4.16	4.45	11.44	2.76	2.56	1.54	2.14
9	4.16	5.9	5.9	14.03	11.06	3.97	4.45	10.35	3.76	2.44	1.45	1.93
10	4.16	5.9	5.43	12.62	8.14	3.78	5.43	8.37	2.89	2.5	1.73	1.82
11	4.16	6.66	5.43	9.66	6.66	3.78	6.28	7.77	1.93	2.38	2.26	1.78
12	3.97	7.2	5.66	8.71	6.66	3.78	6.19	8.69	1.93	2.94	2.26	1.45
13	3.78	6.93	4.56	9.59	4.98	3.6	7.98	8.37	2.03	3.63	1.68	1.45
14	3.78	6.4	4.16	7.92	4.77	3.6	18.87	7.77	2.14	4.28	1.5	1.45
15	3.78	6.15	4.35	6.93	4.77	3.6	18.37	6.66	1.98	4.36	1.45	1.68
16	3.6	5.9	3.6	7.2	5.31	3.43	12.21	5.43	1.93	3.57	1.41	1.45
17	3.6	3.97	5.43	6.66	4.77	3.78	9.66	4.87	1.82	2.9	1.37	1.63
18	3.6	3.78	5.43	6.4	4.77	3.6	8.68	4.66	1.82	2.9	1.33	2.97
19	3.6	3.43	4.98	5.9	4.56	15.17	8.77	4.77	1.78	3.04	1.37	3.15
20	3.43	5.66	4.35	5.2	4.56	7.77	6.15	5.9	1.78	2.38	1.37	3.34
21	3.43	4.35	3.78	5.66	4.35	5.43	5.2	6.66	1.82	2.14	1.29	2.5
22	3.43	3.78	4.98	5.43	4.16	4.98	4.77	5.9	1.88	1.82	1.29	2.14
23	3.43	3.43	3.78	4.98	4.16	4.98	4.66	5.66	3.53	1.73	1.29	2.14
24	3.43	5.9	3.43	4.98	3.97	4.56	4.77	6.4	2.69	1.63	1.29	2.03
25	3.43	4.16	3.97	4.98	3.97	13.43	11.86	6.66	2.14	1.63	1.29	2.03
26	11.44	4.56	21.45	4.98	3.97	8.37	16.12	6.66	1.98	1.59	3.97	2.26
27	14.12	3.6	32.43	4.87	3.78	4.56	9.54	5.66	2.2	1.73	4.25	3.22
28	7.09	4.56	19.63	4.77	3.78	4.56	6.93	4.98	2.2	1.59	2.9	3.34
29	4.98		19.1	5.43	3.78	4.56	7.49	4.77	2.66	1.54	2.38	3.04
30	4.16		15.08	7.43	3.6	4.35	6.8	4.45	2.56	1.63	1.93	3.04
31	3.43		35.45		3.6		8.37	4.35		1.59		5.05
QMIN.	3.43	1.99	3.43	4.77	3.6	3.43	4.45	4.35	1.78	1.54	1.29	1.37
QMED.	4.76	4.73	8.38	9.89	5.05	5.28	7.79	7.11	2.45	2.98	1.79	2.26
QMAX.	14.12	8.96	35.45	37.83	11.06	15.17	18.87	13.09	3.76	8.39	4.25	5.05
QMC.	21.86	10.71	41.37	50.78	18.06	15.17	30.24	17.56	6.52	21.63	14.27	10.03

Q. ANUAL.
1.29
5.2
37.83
50.78

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 24. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1967

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.	
1	8.42	6.58	3.18	3.04	3.26	4.16	26.14	27.07	11.89	3.49	6.77	2.83	
2	6.95	4.74	3.18	3.04	3.18	3.49	36.51	33.88	11.02	3.34	6.77	2.9	
3	4.54	4.75	3.97	2.97	3.18	3.49	33.79	42.57	8.44	3.34	5.36	2.83	
4	3.82	4.77	3.49	3.49	3.18	3.41	41.63	31.43	6.77	3.49	4.36	2.9	
5	3.49	5.16	3.41	3.41	3.11	4.41	24.41	29.19	8.74	3.34	3.74	2.9	
6	3.34	4.36	3.34	3.41	3.11	4.54	24.41	21.95	7.85	3.34	3.41	2.9	
7	3.34	3.65	3.26	3.41	3.11	3.74	24.41	20.79	6.04	3.49	3.26	2.9	
8	3.34	3.49	3.62	3.41	3.04	3.57	15.62	21.95	5.58	3.74	2.97	2.83	
9	3.34	3.65	4.17	3.41	3.04	4.15	14.71	21.36	5.58	3.74	2.9	2.76	
10	3.34	3.82	3.66	3.34	3.04	4.68	12.61	16.57	5.36	7.02	2.76	2.76	
11	3.34	7.03	3.49	3.34	2.97	3.57	10.37	13.84	4.94	10.31	2.76	2.76	
12	3.34	3.49	3.34	3.34	2.97	3.49	8.44	12.21	4.54	8.93	2.76	2.76	
13	3.34	6.15	3.34	3.26	2.83	3.83	8.74	10.37	3.82	7.32	2.76	2.69	
14	4.47	5.66	4.17	3.18	2.63	6.2	12.97	8.74	3.65	5.58	2.76	2.69	
15	5.15	6.65	4.6	3.18	2.56	7.05	9.7	8.44	3.99	4.94	2.76	2.69	
16	6.04	6.41	10.53	3.11	2.56	7.89	7.3	8.14	4.17	4.45	2.69	2.69	
17	9.86	6.49	7.79	3.04	2.56	10.15	6.52	9.93	3.74	4.17	2.69	2.69	
18	6.28	5.36	4.84	4.73	2.63	7.03	5.58	10.51	3.65	4.08	3.73	2.63	
19	5.36	4.08	4.08	4.26	2.63	6.28	4.54	8.14	3.99	4.17	4.15	2.63	
20	4.54	3.82	3.65	3.37	2.63	6.61	4.36	7.14	4.36	3.74	8.79	2.56	
21	4.77	3.41	3.49	3.65	2.56	6.04	4.17	8.14	3.82	6.48	9.58	2.5	
22	3.99	3.34	3.49	5.1	2.56	8.57	12.21	7.85	4.17	4.54	5.08	2.44	
23	3.65	3.34	3.49	3.99	2.5	7.57	8.14	7.19	3.99	4.54	4.54	2.38	
24	3.49	3.34	3.41	3.49	2.5	8.9	13.3	11.04	3.65	3.99	3.74	2.38	
25	3.34	3.34	3.41	3.41	2.5	36.57	12.21	9.37	3.65	3.82	2.9	2.32	
26	3.34	3.34	3.34	3.41	3.6	47.99	13.84	7.85	3.65	3.65	2.9	2.26	
27	3.34	3.34	3.34	3.41	3.74	31.08	18.07	6.8	3.65	3.65	2.76	2.26	
28	3.34	3.34	3.34	3.34	3.49	22.55	13.84	6.33	3.65	4.49	2.76	2.26	
29	3.34		3.36	3.34	3.49	17.06	24.41	6.52	4.54	21.36	2.76	2.26	
30	4.18		3.18	3.26	3.34	15.17	49.62	9.05	3.49	8.44	2.76	2.2	
31	6.77		3.11		3.34		49.43	8.14		10.03		2.14	
QMIN.	3.34	3.34	3.11	2.97	2.5	3.41	4.17	6.33	3.49	3.34	2.69	2.14	Q. ANUAL. 2.14
QMED.	4.49	4.53	3.94	3.47	2.96	10.11	17.81	14.6	5.21	5.52	3.93	2.6	6.6
QMAX.	9.86	7.03	10.53	5.1	3.74	47.99	49.62	42.57	11.89	21.36	9.58	2.9	49.62
QMC.	17.56	11.45	18.6	7.3	4.36	70.14	56.28	46.5	17.56	28.47	23.16	3.82	70.14

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 25. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1968

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.
1	2.09	2.9	3.04	10.03	3.34	2.38	6.04	26.86	3.34	6.77	3.18	1.73
2	2.03	2.76	3.18	11.05	3.65	2.38	5.36	13.54	3.34	8.14	3.04	1.73
3	2.03	4.36	4.17	9.05	3.34	2.14	4.94	10.03	3.34	6.04	3.04	1.73
4	2.03	5.15	6.77	7.3	3.34	2.14	5.15	9.05	3.34	6.28	3.04	1.63
5	2.03	7.03	5.47	6.52	3.18	2.14	4.54	8.14	3.18	6.28	3.04	1.54
6	3.04	3.87	3.18	9.05	3.18	2.63	5.58	7.85	3.18	7.03	3.04	1.63
7	7.96	3.65	3.04	7.3	3.34	2.26	7.03	6.77	3.34	5.58	3.04	1.63
8	8.5	3.18	3.04	6.04	3.04	4.39	14.08	6.28	3.18	7.46	2.9	1.63
9	9.03	3.18	3.04	4.94	3.04	2.9	11.45	5.36	3.18	10.96	2.5	1.63
10	6.23	3.04	6.28	3.99	2.9	2.63	19.52	5.15	3.04	8	2.9	1.73
11	4.54	3.04	7.03	5.15	2.76	3.88	37.18	5.15	2.76	6.04	3.04	1.73
12	4.08	2.9	4.74	3.99	2.76	3.18	44.85	5.15	2.76	7.03	2.5	1.93
13	3.34	2.9	4.45	3.34	2.63	2.76	31.43	4.36	2.63	8.74	2.63	1.73
14	3.04	2.76	3.65	4.17	2.63	2.63	23.16	3.82	2.63	8.59	2.5	1.73
15	3.04	2.76	3.99	4.36	2.63	3.36	26.65	3.82	2.63	8.35	2.38	1.73
16	3.04	2.63	3.99	4.36	2.63	3.04	24.41	3.65	2.63	7.57	2.38	1.73
17	2.97	2.63	14.27	4.36	2.63	2.76	19.67	5.07	3.04	6.77	2.09	1.73
18	2.9	2.63	6.04	3.49	2.63	2.5	26.98	4.17	2.63	6.04	2.03	1.73
19	2.93	2.63	4.74	3.65	2.5	4.06	17.56	5.7	2.5	6.04	2.03	1.73
20	2.76	2.63	4.36	3.34	2.5	3.99	18.6	5.81	2.5	4.94	2.03	1.73
21	2.69	2.63	3.99	3.34	2.38	3.34	20.79	4.36	2.63	4.36	2.03	1.73
22	2.63	2.5	3.99	3.34	1.93	5.67	18.6	3.82	2.63	4.3	1.82	1.93
23	2.5	3.99	3.49	3.18	2.38	15.11	16.09	3.65	2.76	3.65	1.82	2.14
24	2.5	3.49	4.17	3.18	2.38	10.72	13.42	3.82	2.5	3.49	2.03	2.14
25	2.76	3.04	4.36	3.18	2.26	8.74	13.84	3.65	2.38	3.34	1.93	2.03
26	2.76	2.76	3.82	3.04	2.38	7.03	12.61	4.17	2.26	3.34	1.93	1.93
27	2.76	2.76	8.77	3.04	2.26	5.15	12.61	3.82	2.26	3.93	1.93	2.03
28	2.76	2.63	6.04	3.04	2.26	4.54	10.03	3.49	2.26	4.72	1.82	1.93
29	2.63	2.76	6.28	2.9	2.76	5.57	9.05	3.49	2.5	3.49	1.82	1.93
30	2.63		5.15	2.76	3.18	6.77	8.14	3.49	5.58	3.34	1.73	1.93
31	3.04		5.15		2.5		7.85	3.34		3.18		1.82
QMIN.	2.03	2.5	3.04	2.76	1.93	2.14	4.54	3.34	2.26	3.18	1.73	1.54
QMED.	3.46	3.21	4.96	4.88	2.75	4.36	16.04	6.03	2.9	5.93	2.41	1.8
QMAX.	9.03	7.03	14.27	11.05	3.65	15.11	44.85	26.86	5.58	10.96	3.18	2.14
QMC.	12.61	7.03	14.27	12.61	3.82	21.95	66.14	45.5	5.58	18.6	4.94	2.32

Q. ANUAL.
1.54
4.89
44.85
66.14

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 26. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1969

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.	
1	1.82	1.45	1.63	4.81	6.04	7.03	15.19	4.94	10.03	4.54	3.99	6.17	
2	1.82	1.54	1.73	3.34	6.52	5.15	13.58	8.51	9.86	4.84	3.74	4.17	
3	2.03	2.07	1.93	3.34	6.77	5.98	9.53	7.85	6.52	4.17	3.57	3.82	
4	1.82	4.32	2.03	3.34	7.3	9.19	7.85	6.04	6.04	3.99	3.57	3.74	
5	1.82	4.32	1.82	5.15	6.77	6.28	7.85	4.94	6.28	3.99	5.22	3.65	
6	1.93	2.5	1.93	6.28	6.28	5.58	8.14	4.74	5.58	3.82	6.19	3.65	
7	2.03	3.77	1.82	8.74	6.04	5.15	7.85	7.99	5.58	3.57	3.99	5.27	
8	1.93	2.69	1.73	6.04	6.04	4.94	6.77	12.31	5.58	3.18	3.34	13.31	
9	1.82	2.76	1.73	7.03	5.81	5.15	6.52	16.49	6.52	3.18	4.17	13.32	
10	1.82	3.99	1.73	5.81	5.58	6.04	8.14	11.83	7.65	3.18	3.57	8.66	
11	1.73	4.92	1.82	6.8	5.36	5.15	7.03	8.74	8.16	3.18	9.25	7.03	
12	1.82	3.34	1.82	6.77	5.15	5.36	5.81	8.14	8.73	3.18	5.5	5.81	
13	2.15	5.64	1.73	10.68	5.25	5.81	4.94	9.37	6.28	3.18	4.17	5.25	
14	2.9	3.34	5.17	10.77	5.58	5.58	4.74	10.2	6.28	3.18	3.99	5.15	
15	2.38	2.9	7.69	11.5	5.58	4.74	4.54	10.78	7.3	3.8	4.22	5.8	
16	2.03	2.63	6.19	9.05	5.58	4.54	4.36	11.01	7.03	4.04	4.36	9.69	
17	2.03	2.5	7.19	12.49	5.58	4.54	5.39	8.74	5.81	3.18	3.74	6.52	
18	1.93	2.26	4.94	9.05	5.36	3.99	5.15	12.03	5.15	3.03	3.34	5.58	
19	1.82	1.98	3.65	8.44	5.36	3.82	4.36	8.74	4.74	2.9	3.26	5.18	
20	1.82	1.93	3.34	6.77	5.36	6.23	4.94	8.14	6.69	2.76	3.18	7.86	
21	1.82	1.98	3.34	6.04	5.15	6.52	4.74	7.3	6.52	2.76	3.18	12	
22	1.82	1.82	3.34	5.81	5.15	6.04	6.01	7.03	5.36	2.63	3.7	9.5	
23	1.73	1.73	3.34	10.71	4.26	5.15	7.3	8.14	5.15	2.97	5.03	8.74	
24	1.63	1.73	3.34	8.29	3.99	5.61	9.7	13.77	4.54	3.16	3.85	6.52	
25	1.63	1.82	3.34	7.3	3.65	27.33	7.3	12.02	5.59	4.27	4.09	6.28	
26	1.63	1.82	3.34	8.87	3.99	38.87	9.6	9.05	4.54	4.08	6.9	6.69	
27	1.63	1.73	3.34	6.77	3.99	28.47	9.69	8.74	4.17	3.57	4.54	5.81	
28	1.63	1.73	3.34	5.81	4.36	19.67	7.57	8	4.17	3.65	5.15	5.04	
29	1.63		3.34	5.15	8.86	15.17	6.77	7.57	4.74	5.85	4.26	4.64	
30	1.63		3.34	5.15	5.36	14.27	5.92	7.03	4.74	5.57	5.89	4.08	
31	1.45		3.34		7.18		5.58	12.83		4.65		3.57	
QMIN.	1.45	1.45	1.63	3.34	3.65	3.82	4.36	4.74	4.17	2.63	3.18	3.57	Q. ANUAL. 1.45 5.57 38.87 51.77
QMED.	1.86	2.69	3.17	7.2	5.59	9.25	7.19	9.13	6.18	3.68	4.43	6.53	
QMAX.	2.9	5.64	7.69	12.49	8.86	38.87	15.19	16.49	10.03	5.85	9.25	13.32	
QMC.	3.99	10.72	12.61	19.13	15.17	51.77	18.6	21.95	15.17	10.03	15.62	23.78	

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 27. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1970

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.		
1	3.65	3.49	14.37	6.77	9.01	27.61	0	7.3	4.94	4.17	3.04	3.65		
2	4.92	3.99	13.63	6.04	6.77	41.03	0	7.03	4.84	3.82	3.99	3.34		
3	7.61	5.15	11.03	5.81	7.03	28.47	0	7.3	7.06	3.65	3.34	3.74		
4	16.6	7.66	8.74	5.36	6.04	38	0	7.03	21.14	3.49	4.74	8.26		
5	15.07	20.58	7.85	5.36	5.81	24.43	0	7.03	15.05	3.34	5.09	5.81		
6	9.05	15.97	7.17	7.03	5.15	21.36	0	9.24	10.2	3.34	5.61	6.65		
7	10.36	8.76	8.07	8.14	4.74	18.6	0	9.37	8.74	3.34	4.17	6.04		
8	13.57	7.44	7.71	10.03	4.36	46.23	0	10.72	7.03	3.41	3.82	5.15		
9	16.22	9.16	6.77	7.85	3.99	23.89	0	8.74	7.3	5.48	5.06	4.17		
10	11.08	23.75	6.77	6.77	3.99	20.22	0	8.74	6.52	6.52	4.92	3.82		
11	9.26	28.81	7.03	6.04	3.99	16.57	0	8.14	6.74	0	4.54	2.26		
12	23.3	36.42	16.71	12.61	15.62	14.71	0	7.57	6.77	0	4.17	2.14		
13	15.78	22.29	10.72	19.67	9.05	13.01	0	6.28	6.04	0	4.91	1.93		
14	13.63	18.07	8.74	15.17	7.57	10.72	0	6.28	5.58	0	15.37	1.82		
15	16.33	13.42	7.71	12.21	6.52	10.03	0	35.78	6.77	0	11.12	1.93		
16	11.64	12.21	6.77	12.61	7.3	23.78	0	32.18	19.22	0	12.09	1.73		
17	9.37	11.24	6.16	14.95	8.74	16.52	0	18.55	9.86	0	16.73	1.45		
18	8.74	15.86	5.69	13.01	8.74	13.42	0	13.63	7.03	0	9.4	1.63		
19	7.44	12.83	5.81	9.7	32.3	17.99	0	12.21	7.03	0	7.85	5.58		
20	7.71	10.03	8.2	9.05	12.21	10.72	0	10.03	6.77	0	6.77	4.94		
21	8.62	12.61	6.28	9.37	9.37	9.37	0	8.14	6.28	0	5.81	3.99		
22	8.1	9.05	6.28	9.05	13.84	18.51	0	8.14	6.04	0	6.52	3.18		
23	6.28	10.38	7.3	8.44	10.03	13.84	0	6.77	5.81	0	5.36	1.93		
24	5.69	10.37	14.71	8.14	10.37	11.45	0	5.92	5.25	0	4.36	1.45		
25	5.47	15.32	10.03	7.57	19.09	11.45	0	5.92	6.16	0	3.74	1.29		
26	6.65	15.02	10.03	7.03	15.62	19.67	0	5.81	5.36	0	4.36	1.45		
27	5.47	14.63	13.01	7.03	21.95	11.45	0	5.15	5.04	0	4.58	1.22		
28	4.64	12.58	10.72	7.03	21.95	10.03	0	4.94	5.15	0	3.82	1.14		
29	4.17		9.05	6.52	16.57	8.74	0	4.84	5.15	0	3.65	1.07		
30	3.82		7.57	6.52	13.42	8.14	0	6.61	4.54	0	4.74	1.01		
31	3.65		7.57		30.67		0	5.58		0		1.01		
QMIN.	3.65	3.49	5.69	5.36	3.99	8.14	0	4.84	4.54	3.34	3.04	1.01	Q. ANUAL.	
QMED.	9.48	13.82	8.97	9.03	11.35	18.67	0	9.71	7.71	4.06	6.12	3.06		1.01
QMAX.	23.3	36.42	16.71	19.67	32.3	46.23	0	35.78	21.14	6.52	16.73	8.26		9.27
QMC.	36.27	61.07	25.95	21.95	38.88	52.87	0	68.79	32.99	0	25.72	14.71		46.23
													68.79	

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 28. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1971

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.	
1	1.49	2.45	2.45	11.2	3.64	5.03	7.65	4.85	19.56	4.14	3.15	5.17	
2	1.49	2.45	2.21	9.54	3.81	4.64	7.94	8.2	18.5	3.98	3.15	5.59	
3	1.17	2.68	1.98	8.09	3.98	4.8	7.94	6.16	17.62	3.98	3.15	4.66	
4	1.07	2.68	1.66	10.12	4.14	11.19	6.61	8.23	14.5	4.3	3.56	4.3	
5	0.96	5.7	1.9	14.73	3.64	9.45	5.93	6.83	12.8	10.24	3.65	3.98	
6	2.68	5.03	2.1	12.03	4.44	6.38	7.7	5.48	9.71	13.57	4.22	3.98	
7	2.1	3.81	3.03	8.53	4.14	8.97	36.78	4.8	8.24	8.87	6.79	4.14	
8	2.92	5.03	3.32	7.94	3.81	10.26	61.73	5.7	7.35	6.13	9.37	4.3	
9	4.47	5.03	3.81	7.06	3.48	6.38	34.12	8.87	13.84	5.25	4.97	3.98	
10	3.81	4.8	3.32	6.72	3.64	6.16	24	9.99	8.5	4.8	4.06	3.72	
11	3.15	3.7	3.98	6.61	7.9	8.82	22.2	7.65	6.61	5.41	3.64	3.64	
12	2.45	5.03	5.03	6.16	5.03	9.49	38.22	6.16	6.38	9.4	3.24	3.64	
13	2.1	6.16	6.16	5.93	3.98	6.83	32.48	5.17	6.38	8.82	3.15	3.89	
14	1.98	3.81	7.06	5.7	4.3	6.61	24	5.25	5.7	5.93	3.15	3.4	
15	3.32	3.98	12	6.16	4.14	6.38	18	5.2	5.03	5.03	3.15	3.23	
16	2.8	3.48	19	5.93	3.81	6.61	15.5	9.35	5.25	4.64	3.15	3.15	
17	2.45	3.15	18	5.48	3.64	23.31	12.4	8.53	6.77	4.47	3.23	3.15	
18	2.1	3.48	12	8.63	3.48	15.6	10	6.38	5.48	4.56	3.89	3.15	
19	2.56	3.32	10	7.06	3.48	9.41	9.12	5.25	4.8	0	3.64	3.15	
20	2.45	3.03	6.61	5.97	3.32	9.15	8.53	5.48	4.8	0	5.36	3.23	
21	2.21	3.32	6.16	5.25	3.48	7.65	8.82	5.25	13.69	0	4.87	3.39	
22	1.9	3.81	8.53	4.8	8.15	6.61	7.35	4.64	6.61	0	4.39	3.15	
23	4.47	5.03	13.6	5.76	3.15	6.42	6.83	4.8	5.48	0	3.8	3.48	
24	4.14	4.14	9.41	6.16	3.15	9.86	6.16	5.73	5.7	0	3.97	4.05	
25	3.32	3.48	14.5	5.25	3.15	7.8	5.48	6.11	5.25	0	3.97	5.7	
26	2.1	2.48	13.2	5.25	3.32	7.65	5.48	15	8.76	0	3.75	5.74	
27	2.45	3.81	18.5	4.47	3.98	17.21	6.61	7.62	6.16	0	3.56	5.81	
28	2.21	3.32	19	4.14	11.58	15.73	5.25	5.7	5.25	0	4.14	3.72	
29	2.45		15	3.98	10.18	10	4.8	7.67	4.8	0	4.64	3.72	
30	2.31		9.71	3.81	7.5	8.53	4.64	26.93	4.47	0	4.63	3.31	
31	2.45		11.4		6.16		4.41	11.44		0		3.81	
QMIN.	0.96	2.45	1.66	3.81	3.15	4.64	4.41	4.64	4.47	3.98	3.15	3.15	0.96
QMED.	2.5	3.86	8.54	6.95	4.7	9.1	14.73	7.56	8.47	6.31	4.11	3.98	6.73
QMAX.	4.47	6.16	19	14.73	11.58	23.31	61.73	26.93	19.56	13.57	9.37	5.81	61.73
QMC.	4.8	6.61	10	19.2	31.5	37.8	61.73	36.9	33.4	13.57	10.8	5.93	61.73

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 29. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1972

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.
1	5.14	5.58	4.74	11.45	6.04	5.15	27.07	14.94	4.45	3.99	3.18	4.54
2	6.28	4.74	4.54	9.05	6.77	5.58	29.93	15.62	6.78	3.34	2.9	4.74
3	6.77	4.74	4.36	6.28	5.36	6.52	16.09	9.37	8.2	3.49	2.76	3.82
4	7.3	4.36	4.36	6.28	5.15	4.54	13.01	8.44	5.58	3.34	3.04	3.49
5	5.58	4.36	3.99	6.28	5.15	5.58	11.45	7.71	4.94	3.34	3.18	4.74
6	4.94	3.99	3.65	5.36	4.36	5.58	9.21	10.54	4.36	4.81	3.34	5.81
7	4.36	3.99	3.65	4.74	4.74	5.81	8.74	7.85	4.45	3.65	3.34	6.04
8	5.15	9.31	3.99	4.17	4.74	7.57	7.57	6.65	4.45	3.65	3.65	3.99
9	13.84	20.94	6.77	4.74	4.36	7.03	7.03	5.81	5.25	3.99	6.19	3.49
10	8.44	10.55	6.04	8.88	4.36	6.52	7.03	5.58	3.99	3.34	3.65	3.18
11	7.85	8.44	3.65	8.86	5.58	6.52	19.67	5.58	3.65	3.49	4.36	3.49
12	7.3	6.52	3.34	6.28	12.9	6.04	29.23	6.77	3.49	3.34	8.14	7.03
13	7.57	7.87	3.34	6.28	10.03	6.04	9.05	5.15	7.81	3.99	7.57	5.15
14	8.14	6.28	3.49	7.57	7.57	27.77	7.3	5.92	6.28	3.34	5.81	4.74
15	6.04	6.04	3.65	6.52	7.3	13.41	10.8	5.25	4.74	5.36	4.36	3.99
16	5.58	7.3	3.65	8.44	6.28	9.37	9.86	4.84	3.04	8.14	4.17	3.65
17	6.04	6.94	3.65	9.33	6.28	7.85	13.58	4.74	3.65	3.65	5.36	3.34
18	5.81	6.52	3.65	7.03	4.36	7.85	15.12	4.54	4.36	3.34	4.54	9.95
19	6.28	12.71	3.82	7.57	4.36	25.92	13.17	3.99	3.82	3.18	3.99	7.03
20	7.03	15.62	4.54	7.03	7.57	12.21	9.86	4.08	3.65	3.34	7.03	6.04
21	6.75	8.14	3.99	6.52	7.03	9.05	8	6.2	3.34	3.18	6.52	8.14
22	8.44	10.03	3.99	5.58	6.04	15.17	10.53	7.79	6.04	3.04	6.52	5.14
23	5.36	7.57	3.99	5.15	8.74	38.88	45.67	6.16	10.03	3.18	7.32	4.17
24	4.74	6.28	3.99	4.94	7.57	84.71	31.81	4.94	8.14	3.04	11.45	3.99
25	5.15	6.04	10.62	4.54	7.57	18.07	14.27	3.99	7.57	3.04	6.28	3.04
26	19.18	6.04	9.05	3.82	6.28	13.84	19.34	3.65	6.52	3.99	6.52	2.76
27	12.94	5.58	5.58	4.74	6.04	11.45	29.88	3.65	6.52	3.04	7.03	2.5
28	8.74	6.04	7.57	4.74	4.94	10.72	23.07	3.74	5.58	3.34	6.04	2.9
29	9.05	4.49	7.3	4.49	4.49	31.79	25.69	3.82	5.15	3.34	5.15	3.04
30	8.75		13.3	5.58	5.36	39.4	17.06	3.74	4.54	3.34	4.36	3.04
31	6.28		7.57		5.36		18.81	3.99		3.04		3.49

QMIN.	4.36	3.99	3.34	3.82	4.36	4.54	7.03	3.65	3.04	3.04	2.76	2.5
QMED.	7.45	7.48	5.16	6.41	6.22	15.2	16.74	6.29	5.35	3.67	5.26	4.53
QMAX.	19.18	20.94	13.3	11.45	12.9	84.71	45.67	15.62	10.03	8.14	11.45	9.95
QMC.	29.93	22.55	17.06	12.61	17.06	84.71	92.75	16.57	12.61	9.05	11.45	16.57

Q. ANUAL.	2.5
	7.48
	84.71
	92.75

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 30. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1973

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.
1	3.82	12.21	3.49	8.44	3.65	3.82	4.45	6.12	5.66	3.82	3.57	3.85
2	4.42	38.92	3.34	11.45	3.74	4.26	3.04	3.74	4.17	4.95	3.5	3.99
3	6.66	8.63	3.34	11.45	3.82	4.54	1.51	4.74	3.66	4.26	3.49	3.74
4	7.32	8.3	2.97	9.7	3.91	4.17	1.22	10.23	2.9	4.56	3.26	3.58
5	4.94	7.3	2.97	8.16	3.9	4.54	1.82	41.62	2.9	4.17	2.97	4.17
6	6.02	7.44	2.69	7.3	4.08	4.74	0.31	39.86	2.97	4.47	2.69	4.17
7	5.27	8.6	2.83	6.66	4.17	4.74	0.95	20.01	2.76	7.07	2.9	3.11
8	6.67	8.01	2.97	8.74	4.26	4.08	1.45	13.69	2.63	5.26	3.5	3.19
9	6.55	6.4	4.36	11.09	4.36	4.17	0.72	11.65	2.56	4.17	2.9	3.19
10	4.94	6.16	5.94	9.7	4.45	4.45	1.37	8.01	2.9	3.19	2.97	6.05
11	4.94	5.69	4.45	9.21	4.64	4.54	1.82	6.78	4.17	2.2	2.91	4.45
12	4.94	6.16	3.91	8.8	4.94	4.74	2.32	5.59	4.55	2.09	2.76	4
13	4.65	5.16	3.41	9.32	4.94	4.54	3.04	5.15	9.53	2.77	2.76	3.91
14	3.58	4.57	3.34	8.6	1.84	3.01	3.18	4.74	5.1	3.41	2.76	4
15	3.26	4.02	3.57	8.44	1.72	2	3.65	4.45	5.94	3.74	2.76	3.34
16	2.9	3.34	3.49	8.76	2.9	3.99	4.17	4.45	6.54	2.9	2.69	3.82
17	3.42	3.65	3.49	8.44	3.04	4.74	4.36	4.08	5.18	2.51	2.77	3.99
18	3.34	3.41	3.41	7.3	0.5	4.94	4.36	3.65	24.28	2.5	2.76	4.26
19	3.19	4.47	4.46	7.17	1.46	1.7	4.17	3.74	20.82	2.97	2.77	3.91
20	3.49	7.59	13.66	6.78	2.14	1.82	4.17	4.09	8.16	3.26	2.84	3.74
21	3.99	7.71	11.09	6.28	2.63	1.98	3.92	7.33	6.28	2.97	2.9	4
22	3.49	6.52	7.86	6.28	2.26	3.18	3.04	4.64	6.66	2.5	3.66	4.97
23	2.65	5.83	6.54	5.81	2.63	3.99	3.5	5.83	25.36	2.26	2.82	5.58
24	2.83	4.47	5.93	5.36	3.18	4.36	3.34	4.55	8.31	2.38	3.04	5.04
25	3.49	4.46	4.94	4.94	3.49	3.49	2.83	3.99	6.16	2.09	3.26	4.26
26	4.26	4.26	4	4.55	3.57	4.36	3.92	3.19	5.58	2.2	3.26	3.91
27	5.06	3.82	3.82	4.17	3.74	4.36	3.11	2.83	6.05	2.2	3.34	3.49
28	4.45	3.19	3.57	4.08	3.65	4.84	3.34	3.26	5.48	2.09	3.58	3.49
29	5.93		3.74	3.99	3.57	3.99	3.34	3.19	4.46	2.09	3.34	3.85
30	4.75		3.57	3.82	3.57	4.17	3.26	6.68	4.08	2.26	3.49	2.86
31	4.26		5.81		3.65		3.66	9.98		3.19		2.63

QMIN.	2.65	3.19	2.69	3.82	0.5	1.7	0.31	2.83	2.56	2.09	2.69	2.63
QMED.	4.5	7.15	4.61	7.49	3.37	3.94	2.88	8.45	6.83	3.24	3.07	3.95
QMAX.	7.32	38.92	13.66	11.45	4.94	4.94	4.45	41.62	25.36	7.07	3.66	6.05
QMC.	9.05	68.79	14.71	11.45	7.57	5.15	4.74	63.57	29.93	7.85	3.99	6.52

Q. ANUAL.	0.31
	4.96
	41.62
	68.79

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 31. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1974

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.
1	3.65	5.58	3.49	3.34	5.47	0	0	0	0	0	4.54	7.3
2	3.65	6.77	3.34	3.34	7.81	0	0	0	0	0	5.15	7.44
3	3.65	7.03	3.34	3.82	18.87	0	0	0	0	0	4.74	5.81
4	3.65	6.52	3.18	4.08	14.92	0	0	0	0	0	4.45	5.69
5	3.34	6.16	2.9	3.57	12.03	0	0	0	0	0	4.45	5.81
6	3.18	6.04	4.94	3.49	8.29	0	0	0	0	0	4.17	5.36
7	3.65	6.16	4.36	3.49	7.03	0	0	0	0	0	4.36	4.49
8	3.49	7.83	3.99	3.34	6.52	0	0	0	0	0	4.17	4.54
9	4.26	8.4	7.03	3.34	6.9	0	0	0	0	0	6.79	4.45
10	3.49	11.16	9.37	3.91	5.81	0	0	0	0	0	8.47	4.17
11	3.34	9.2	8.14	3.65	5.81	0	0	0	0	0	6.85	4.17
12	3.49	9.71	6.52	3.34	4.36	0	0	0	0	0	5.58	4.26
13	3.34	15.14	3.04	3.82	0	0	0	0	0	0	5.15	3.99
14	3.49	10.21	3.65	3.91	0	0	0	0	0	0	6.39	3.65
15	3.65	7.03	3.18	3.99	0	0	0	0	0	0	9.05	3.41
16	3.82	6.28	11.25	6.17	0	0	0	0	0	0	7.3	3.49
17	3.34	7.97	8.14	4.97	0	0	0	0	0	0	9.4	3.65
18	3.38	14.41	10.51	3.91	0	0	0	0	0	0	7.17	4.54
19	2.56	9.77	8.62	3.57	0	0	0	0	0	0	5.81	5.58
20	2.76	7.44	6.77	3.34	0	0	0	0	0	0	5.04	8.3
21	2.5	7.71	17.08	3.34	0	0	0	0	0	0	5.64	12.34
22	1.82	7.3	13.71	3.34	0	0	0	0	0	0	4.94	12.82
23	2.09	6.77	8.74	3.34	0	0	0	0	0	0	11.32	12.81
24	3.18	7.03	7.85	3.18	0	0	0	0	0	0	13.83	7.57
25	3.91	6.52	6.28	2.97	0	0	0	0	0	0	7.85	6.28
26	3.82	6.28	5.58	2.63	0	0	0	0	0	0	6.28	5.69
27	3.91	5.36	5.15	5.69	0	0	0	0	0	0	5.81	5.81
28	3.91	5.15	4.54	6.83	0	0	0	0	0	0	5.68	7.39
29	4.54		3.99	4.84	0	0	0	0	0	0	6.73	7.71
30	4.64		3.65	5.81	0	0	0	0	0	0	6.77	6.52
31	4.54		3.49		0	0	0	0	0	0		6.04

QMIN.	1.82	5.15	2.9	2.63	4.36	0	0	0	0	0	4.17	3.41
QMED.	3.49	7.89	6.32	3.95	8.65	0	0	0	0	0	6.46	6.16
QMAX.	4.64	15.14	17.08	6.83	18.87	0	0	0	0	0	13.83	12.82
QMC.	5.36	25.72	41.63	14.71	54.5	0	0	0	0	0	32.99	15.62

Q. ANUAL.	1.82
	6.13
	18.87
	54.5

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 32. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1975

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.
1	6.86	3.65	13.01	3.65	3.99	11.83	24.09	18.1	11.08	4.74	8.14	4.36
2	13.16	3.82	16.18	4.08	3.82	9.7	18.74	13.42	9.05	4.36	8.74	4.74
3	14.24	3.99	48.03	4.91	3.99	8.74	17.3	11.83	8.44	4.17	8.44	3.99
4	8.44	13.42	22.6	4.69	3.65	8.74	18.49	21.82	7.57	3.99	7.85	3.99
5	7.3	10.72	23.47	6.73	3.99	7.03	21.52	13.63	6.52	4.54	8.74	3.99
6	10.07	6.52	16.82	5.92	4.54	6.28	21.99	11.45	7.85	4.74	7.03	3.82
7	10.03	5.81	12.61	5.36	3.99	9.05	14.43	15.77	10.72	5.15	7.3	4.17
8	7.57	11.08	10.2	4.94	7.03	13.01	19.74	11.83	12.21	5.15	6.52	4.54
9	6.52	7.03	9.53	5.25	4.74	11.11	14.71	10.72	7.57	11.08	7.03	3.99
10	6.77	6.04	9.05	4.74	4.36	13.84	11.82	9.21	7.57	9.37	6.04	4.17
11	6.52	5.58	8	5.25	3.99	18.07	13.84	8	8.74	8.74	7.57	3.99
12	6.52	5.15	6.9	8	3.99	22.34	12.02	12.6	29.19	6.28	6.28	3.99
13	6.28	4.74	6.28	5.36	4.39	22.76	12.74	14.45	6.77	6.52	6.04	3.65
14	6.04	4.74	5.69	4.45	3.82	22.55	18.07	25.33	7.85	7.57	5.81	3.65
15	9.37	6.7	7.44	3.99	3.82	10.34	12.61	29.08	9.37	6.77	5.58	3.65
16	10.72	3.99	6.52	3.65	3.82	21.02	12.51	22.7	6.77	44.51	5.58	3.65
17	8.14	4.08	5.81	3.49	4.36	16.33	15.08	19.25	5.81	21.36	5.15	3.65
18	7.57	4.17	5.36	3.49	4.36	15.62	27.98	17.71	5.36	13.84	5.15	3.65
19	6.52	4.45	4.74	4.45	4.36	12.81	24.27	13.01	5.58	11.08	5.58	3.65
20	6.52	6	4.74	10.17	3.82	13.1	15.39	11.45	5.58	9.05	5.58	4.54
21	6.28	13.24	4.74	6.4	4.36	34.13	12.41	11.08	5.58	8.44	5.58	4.54
22	5.81	11.78	4.74	4.94	4.74	49.47	10.72	13.42	5.15	11.83	7.3	3.49
23	5.58	11.97	4.45	4.54	7.85	45.48	9.7	10.03	5.15	8.14	7.3	3.65
24	6.04	16.9	5.04	5.79	13.01	29.93	8.89	16.7	6.28	7.3	13.01	3.65
25	5.36	11.13	5.15	5.58	15.62	29.93	8.44	11.45	6.28	8.74	8.74	3.82
26	4.74	15.87	5.81	4.74	10.03	21.63	8.65	9.37	8.14	6.52	6.52	7.3
27	4.74	13.42	4.94	4.36	9.05	19.13	27.79	10.03	5.58	5.81	5.81	7.57
28	4.36	16.07	4.54	8.44	13.42	15.86	13.01	8.74	5.15	5.36	5.36	5.81
29	4.17		4.17	4.74	11.45	30.74	10.72	10.03	5.15	14.71	4.94	5.81
30	4.74		3.91	4.74	10.03	28.65	19.4	23.16	4.74	8.44	4.74	8.74
31	3.99		3.82		8.14		22.6	19.13		11.45		5.15

QMIN.	3.99	3.65	3.82	3.49	3.65	6.28	8.44	8	4.74	3.99	4.74	3.49
QMED.	7.13	8.29	9.49	5.23	6.21	19.31	16.12	14.66	7.89	9.35	6.78	4.5
QMAX.	14.24	16.9	48.03	10.17	15.62	49.47	27.98	29.08	29.19	44.51	13.01	8.74
QMC.	20.79	31.43	58.64	13.42	19.67	66.14	49.62	38	74.31	48.56	14.71	10.72

Q. ANUAL.	3.49
	9.58
	49.47
	74.31

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 33. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1976

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.
1	4.17	4.74	3.34	3.91	8.14	14.18	18.07	6.04	8.55	3.83	1.62	3.833
2	4.17	4.84	3.99	4.17	7.17	9.81	17.56	5.15	8.55	3.03	2.26	2.63
3	4.71	4.64	4.74	4.08	7.47	8.47	10.72	7.03	6.29	2.63	3.45	8.09
4	3.82	4.17	4.36	6.89	7.26	14.21	9.7	5.58	6.29	2.33	2.94	4.64
5	3.34	3.99	3.99	5.04	8.92	9.42	9.05	4.94	5.79	2.7	3.44	4.03
6	3.65	4.54	4.74	4.45	7.57	6.77	8.44	5.36	6.04	2.48	3.26	6.29
7	3.34	5.15	5.15	4.26	10.56	7.78	11.45	4.74	5.09	2.88	2.33	4.03
8	3.34	4.74	5.15	3.91	35.54	21.56	8.14	4.74	5.31	2.48	2.4	2.94
9	3.65	5.81	6.74	4.32	16.84	24.49	9.05	4.17	4.64	1.99	4.36	2.78
10	3.34	4.45	4.64	8.1	18.33	25.69	32.19	5.96	4.43	1.74	2.63	3.28
11	3.34	4.36	4.08	8.3	32.16	23.38	48.17	5.15	3.83	1.57	3.55	3.11
12	3.34	5.93	6.04	6.53	35.23	13.84	77.06	4.94	4.43	1.57	2.4	2.63
13	3.82	5.15	4.74	9.83	21.36	11.45	36.11	3.99	6.82	1.51	1.99	2.06
14	14.71	4.17	4.17	6.2	19.4	9.37	20.22	3.65	4.43	2.25	2.63	1.93
15	5.95	3.82	3.82	5.25	13.91	7.3	17.56	10.37	4.03	2.86	2.06	1.93
16	4.84	3.65	3.65	4.26	12.36	5.15	14.71	8.74	3.37	2.94	1.8	1.93
17	7.25	3.65	3.34	5.15	6.44	7.57	31.3	4.94	2.78	3.03	2.94	1.57
18	5.81	3.65	3.34	4.64	16.6	8.44	62.87	3.99	2.4	3.11	1.93	1.35
19	5.15	3.34	3.34	4.08	9.37	8.44	63.57	3.65	2.33	2.78	1.35	1.57
20	3.5	3.34	3.65	4.17	8.14	7.03	23.65	3.99	3.86	2.63	1.35	1.44
21	3.82	3.49	3.34	5.68	7.57	10.9	14.27	8.38	5.91	2.33	1.57	1.25
22	4.45	6.3	3.34	8.48	7.03	27.29	10.72	3.65	4.43	1.99	2.33	1.57
23	9.57	4.8	4.17	6.77	6.52	36.27	11.4	3.49	3.74	1.8	3.46	1.8
24	10.59	3.74	4.36	5.25	8.14	41	13.84	3.65	3.37	1.99	4.03	1.15
25	6.65	3.34	4.28	7.12	17.9	18.6	9.37	3.34	3.2	3.08	2.78	0.97
26	5.58	3.34	6.06	8.44	9.37	17.56	8.44	2.76	2.94	2.7	5.31	0.81
27	5.25	3.49	5.6	17.64	6.52	19.63	6.04	2.26	5.34	3.1	3.83	0.81
28	6.16	3.34	5.04	18.19	6.04	18.86	4.36	14.35	12	2.92	2.94	0.74
29	6.16	3.18	4.54	9.53	5.47	14.71	5.58	12.73	8.19	1.93	2.63	0.74
30	6.28		3.82	8.29	5.04	15.45	5.15	11.23	5.43	1.8	3.46	0.74
31	6.04		3.65		5.81		3.16	9.84		1.68		0.89

QMIN.	3.34	3.18	3.34	3.91	5.04	5.15	3.16	2.26	2.33	1.51	1.35	0.74
QMED.	5.35	4.25	4.36	6.76	12.52	15.49	20.06	5.9	5.13	2.44	2.77	2.37
QMAX.	14.71	6.3	6.74	18.19	35.54	41	77.06	14.35	12	3.83	5.31	8.09
QMC.	23.78	8.74	9.7	31.43	57.45	74.31	101.33	10.72	24.22	7.09	6.82	10.87

Q. ANUAL.	0.74
	7.28
	77.06
	101.33

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 34. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1977

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.
1	0.81	0.74	1.15	6.04	3.93	3.46	21.12	3.28	3.64	10.55	1.8	1.06
2	0.67	0.67	0.97	4.86	3.2	3.03	15.42	2.38	4.86	7.66	1.68	1.06
3	0.67	0.74	0.81	3.83	2.78	2.94	12.54	3.11	4.23	6.04	1.45	1.11
4	0.67	0.6	0.81	3.11	2.19	3.03	10.52	3.37	6.82	5.55	1.68	1.25
5	0.81	0.54	0.97	2.63	1.99	3.11	11.41	2.95	6.82	5.09	1.57	1.57
6	0.74	0.54	2.19	3.11	1.93	2.86	22.77	2.63	6.55	2.23	1.93	1.74
7	0.67	0.97	1.93	3.64	1.8	2.4	12.01	2.63	13.13	4.86	1.57	1.68
8	0.97	1.15	3.56	2.48	1.8	2.55	11.52	3.83	7.09	4.86	1.25	1.62
9	1.15	1.15	7.35	2.06	2.06	2.55	10.7	2.94	7.37	14.71	0.97	1.74
10	1.35	2.75	9.18	1.68	2.46	2.12	8.1	2.63	7.09	10.97	0.97	1.68
11	0.77	4.03	7.95	6.29	4.67	2.06	8.25	2.19	6.04	6.29	0.97	1.8
12	0.81	4.23	6.29	10.87	6.99	1.99	7.95	2.06	5.79	7.37	0.89	2.26
13	0.67	1.93	6.29	9.18	7.22	2.78	6.96	10.17	5.09	5.55	0.89	2.55
14	0.67	2.06	2.63	7.09	4.13	1.93	7.59	11.15	3.83	4.86	1.06	2.94
15	0.67	1.8	1.93	17.83	3.03	1.68	13.53	9.96	5.09	4.23	1.14	2.86
16	0.67	4.43	2.33	7.09	2.7	2.48	10.7	7.66	5.31	3.64	1.06	2.55
17	0.38	5.66	3.64	7.37	2.33	4.96	8.25	5.79	4.23	3.64	0.97	2.4
18	0.74	4.03	5.55	7.37	2.19	2.48	7.66	3.64	3.83	4.03	0.97	2.48
19	1.57	2.78	9.96	5.55	1.93	1.93	7.23	4.43	3.46	3.64	1.82	2.12
20	1.57	1.8	9.84	4.43	1.8	1.8	7.09	4.03	2.78	3.83	1.86	1.67
21	1.8	2.06	8.55	3.83	1.62	2.26	7.22	3.83	2.63	4.43	2.49	0.81
22	1.57	4.86	5.09	3.83	1.45	2.25	6.55	3.28	5.8	4.23	1.8	0.74
23	1.8	2.48	4.03	6.29	2.7	3.62	5.43	3.28	3.46	3.83	1.25	2.78
24	1.51	1.93	4.03	7.66	2.91	4.13	4.75	2.63	2.94	2.63	1.3	3.91
25	1.15	1.57	4.86	5.55	4.86	17.57	4.43	2.94	2.94	2.63	1.4	2.33
26	1.15	1.45	3.64	8.57	2.94	25.31	4.75	9.29	41.84	11.64	1.68	1.93
27	1.06	1.45	2.94	7.78	2.19	26.05	4.23	7.37	19.4	4.03	1.4	2.06
28	0.97	1.25	2.33	6.58	2.82	15.86	3.93	6.29	19.21	3.11	1.15	3.82
29	0.81		4.43	8.63	5.24	40.8	3.93	4.86	12.73	2.48	1.25	3.58
30	0.74		18.24	5.79	8.18	34.36	4.03	4.23	9.84	2.19	1.11	2.94
31	0.81		9.51		5.31		3.74	5.31		1.93		2.55

QMIN.	0.38	0.54	0.81	1.68	1.45	1.68	3.74	2.06	2.63	1.93	0.89	0.74
QMED.	0.98	2.13	4.93	6.03	3.27	7.48	8.85	4.65	7.79	5.25	1.38	2.12
QMAX.	1.8	5.66	18.24	17.83	8.18	40.8	22.77	11.15	41.84	14.71	2.49	3.91
QMC.	2.63	6.04	22.54	24.79	13.13	65.4	30.33	15.2	43.43	19.91	4.03	7.09

Q. ANUAL.	0.38
	4.57
	41.84
	65.4

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 35. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1978

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.
1	2.7	6.88	3.44	9.51	9.18	4.54	8.86	4.43	2.19	9.02	1.02	0.81
2	2.33	8.42	6.12	10	10.99	4.13	10.35	4.86	2.33	10.92	1.02	0.6
3	1.93	6.69	2.55	8.4	8.71	3.83	7.37	4.43	3.28	10.03	1.11	0.6
4	1.68	4.33	2.06	7.95	7.95	3.64	7.73	3.83	2.63	9.92	0.97	0.6
5	1.62	3.2	1.62	7.37	7.09	4.86	6.46	26.39	2.19	10.06	1.02	0.81
6	1.57	3.01	1.51	6.96	7.09	30.52	7.74	27.75	2.06	7.23	1.2	0.81
7	1.45	2.78	1.35	7.66	8.83	21.34	19.61	15.7	1.8	6.29	1.2	0.54
8	1.35	3.28	1.3	6.42	7.95	11.93	18.91	11.41	1.93	6.04	1.2	0.48
9	1.3	2.94	1.45	5.55	9.67	9.18	18.85	12.76	1.8	5.55	1.06	0.48
10	1.78	2.7	1.45	5.09	7.51	10.18	17.46	12.54	2.33	4.75	0.93	0.54
11	1.68	2.78	1.25	8.76	6.69	10.35	13.73	8.86	4.3	4.03	0.89	0.48
12	1.3	2.06	1.2	11.8	6.96	8.55	12.93	8.86	4.67	3.46	1.25	0.43
13	1.06	1.68	1.2	12.32	6.42	9.67	14.25	10.51	3.69	3.11	0.93	0.43
14	0.89	1.4	1.06	9.67	6.29	12.08	13.53	11.97	2.13	2.78	0.74	0.48
15	0.89	1.25	1.2	8.1	6.29	10.01	14.74	10.52	1.8	2.78	0.67	2.55
16	0.89	1.2	1.74	7.23	5.91	8.55	13.13	8.25	2.63	2.4	0.67	1.8
17	0.81	1.3	2.12	10.65	6.72	7.37	7.09	6.82	4.03	2.06	0.6	1.3
18	0.74	1.93	3.59	21.36	9.1	6.69	6.82	6.29	2.37	1.8	0.77	1.3
19	0.67	2.33	4.6	13.3	6.29	6.82	6.82	6.17	2.06	1.8	1.3	1.39
20	0.67	2.12	5.41	14.43	6.04	9.51	4.64	9.55	1.68	1.8	1.11	2.62
21	0.6	1.62	8.89	13.52	5.79	12.84	4.43	6.44	2.02	1.8	0.81	1.8
22	0.6	1.51	6.96	17.39	6.17	16.83	4.43	5.79	3.64	1.93	0.48	1.45
23	0.85	1.25	14.82	22.87	6.69	18.83	4.43	4.43	3.28	1.99	0.43	1.86
24	1.2	1.25	11.67	20.32	8.02	19.72	4.03	4.64	4.03	1.8	0.48	1.68
25	0.97	1.68	7.37	19.95	7.05	15.86	3.83	4.43	2.19	1.57	0.48	1.2
26	1.07	1.57	8.04	15.91	6.17	11.97	3.14	4.03	2.63	1.57	0.43	1.85
27	2.47	1.51	6.04	13.13	6.42	10.18	3.46	2.94	2.63	1.45	0.43	0.54
28	2.21	1.4	6.29	16.22	6.29	8.71	3.46	3.64	2.06	1.35	0.81	0.43
29	2.97		5.31	11.6	5.91	8.1	2.78	2.63	1.93	1.25	0.6	0.43
30	5.33		20.25	10.35	5.55	7.66	3.64	2.48	3.11	1.2	0.54	0.43
31	3.93		12.7		5.09		4.03	2.33		1.15		0.43

QMIN.	0.6	1.2	1.06	5.09	5.09	3.64	2.78	2.33	1.68	1.15	0.43	0.43
QMED.	1.6	2.65	4.99	11.79	7.12	10.82	8.8	8.25	2.65	3.96	0.84	1
QMAX.	5.33	8.42	20.25	22.87	10.99	30.52	19.61	27.75	4.67	10.92	1.3	2.62
QMC.	6.29	14.14	41.45	34.04	13.94	51.05	33	36.53	6.55	22.27	1.45	3.64

Q. ANUAL.	0.43
	5.37
	30.52
	51.05

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 36. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1979

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.
1	0.43	0.33	0.97	2.78	7.2	11.78	3.83	2.7	1.93	1.06	0.48	0.67
2	0.43	0.33	0.97	0.82	6.82	8.55	3.11	2.94	1.57	0.89	0.48	0.54
3	0.43	0.33	0.97	0.48	5.55	6.29	2.78	3.03	1.45	0.89	0.43	0.48
4	0.43	0.33	0.81	0.79	5.09	5.09	2.86	2.78	1.45	0.89	0.33	0.33
5	0.43	0.33	0.6	0.96	4.45	4.43	5.69	2.48	2.63	0.81	0.33	0.33
6	0.43	0.33	0.67	1.34	6.76	4.64	5.2	3.47	2.78	0.81	0.33	0.65
7	0.6	0.33	2.4	0.81	5.09	4.23	4.64	7.21	3.2	0.81	0.33	0.74
8	0.6	0.33	2.33	1.97	4.86	3.2	3.74	5.67	2.63	2.23	0.33	0.67
9	0.43	0.33	2.78	1.74	4.23	2.7	3.64	7.53	2.33	3.28	0.33	1.15
10	0.43	0.33	1.93	0.54	3.37	3.11	3.46	4.97	2.06	2.19	0.33	1.97
11	0.33	0.33	1.35	0.54	3.28	2.33	5	4.33	2.48	1.8	0.33	0.54
12	0.33	0.33	1.15	0.74	2.78	1.93	4.03	4.13	2.19	1.51	0.33	1.33
13	0.33	0.33	1.01	1.11	3.11	1.45	2.94	3.93	1.93	1.35	0.33	0.33
14	0.33	0.33	0.89	1.5	2.86	6.39	2.4	3.28	1.93	0.89	0.33	0.33
15	0.33	0.33	0.81	3.31	2.26	7.01	2.26	2.7	2.06	1.51	0.33	0.33
16	19.17	0.33	0.57	3.93	1.8	4.86	2.33	2.4	1.86	1.45	0.33	0.33
17	0.33	0.33	0.6	3.188	1.62	4.64	2.63	2.19	1.57	0.97	0.33	0.33
18	0.33	0.33	1.25	1.93	1.8	3.64	2.63	2.06	1.2	0.97	0.33	0.33
19	0.33	0.33	0.81	2.97	1.35	2.7	1.93	1.93	1.15	0.97	0.33	0.33
20	0.33	0.33	0.6	2.79	1.15	1.35	2.33	1.86	1.15	0.81	0.54	0.33
21	0.33	0.33	0.6	4.63	1.15	2.33	3.74	1.93	1.15	0.81	0.43	0.33
22	0.33	0.33	1.3	5.07	1.15	3.55	4.03	2.48	1.15	0.74	0.33	0.33
23	0.33	0.33	1.37	3.74	1.35	4.13	2.26	3.11	1.35	0.67	0.33	0.33
24	0.33	0.33	2.23	2.33	2.26	2.78	2.06	6.91	1.25	0.6	0.33	0.33
25	0.33	0.33	3.33	1.74	1.51	2.55	1.8	4.86	0.93	0.6	0.33	0.33
26	0.33	0.43	1.57	1.51	2.06	4.57	1.86	3.46	0.93	0.54	0.33	0.33
27	0.33	1.15	0.81	15.07	3.34	6.46	7.56	2.33	1.15	0.48	1.71	0.33
28	0.33	1.97	0.6	11.21	2.78	7	5.43	3.3	1.35	0.48	4.57	0.33
29	0.33		0.57	9.73	3.43	4.64	4.43	4.23	1.58	0.48	1.15	0.33
30	0.33		1.14	9.93	5.32	3.74	3.83	3.2	1.06	0.43	0.81	0.33
31	23.11		0.54		7.07		2.94	2.33		0.48		0.43

QMIN.	0.33	0.33	0.54	0.48	1.15	1.35	1.8	1.86	0.93	0.43	0.33	0.33
QMED.	1.72	0.42	1.21	3.31	3.45	4.4	3.46	3.54	1.72	1.05	0.58	0.51
QMAX.	23.11	1.97	3.33	15.07	7.2	11.78	7.56	7.53	3.2	3.28	4.57	1.97
QMC.	45.89	1.57	5.91	26.57	11.97	23.09	14.77	10.87	3.37	3.64	7.09	1.57

Q. ANUAL.	0.33
	2.11
	23.11
	64.19

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 37. Caudales medios diarios de la estación Tilulún – año 1980

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBR.	NOVIEMB.	DICIEMB.
1	0.33	2.22	1.54	6.04	7.09	3.93	4.23	3.46	2.48	1.8	2.19	4.03
2	0.33	8.2	1.54	5.31	12.02	3.2	5.43	3.2	2.12	1.86	2.26	4.86
3	0.54	4.23	0.43	4.86	7.32	3.18	5.91	2.78	1.93	1.62	2.33	3.11
4	0.81	4.97	0.81	4.43	8.55	2.48	9.15	2.63	1.68	1.4	4.18	1.8
5	0.97	5.79	1.25	4.64	8.55	2.4	11.91	2.55	1.74	1.62	3.46	1.93
6	0.81	4.64	1.57	4.86	7.66	2.63	8.71	2.55	2.4	4.7	2.86	1.8
7	0.6	3.46	0.54	4.86	9.51	8.9	7.23	2.94	2.33	4.29	2.26	1.35
8	0.54	27.45	0.54	10.18	8.25	14.27	6.55	7.09	2.33	6.6	1.93	1.35
9	0.54	52.84	0.43	5.79	6.82	10.9	6.69	5.79	2.86	21.06	1.68	2
10	0.43	2.06	0.33	4.86	5.79	12.35	12.64	4.86	5.23	17.45	1.35	1.35
11	0.33	0.97	0.43	5.09	6.29	16.35	7.95	3.11	5.55	14.16	0.97	0.97
12	0.33	0.6	0.81	4.43	3.83	15.2	6.69	2.63	4.54	11.23	0.97	0.97
13	0.33	0.54	0.54	4.03	4.86	11.6	6.04	2.33	3.46	8.55	0.97	0.97
14	0.33	0.48	0.54	3.46	4.03	10.52	6.04	2.33	2.86	8.25	1.57	1.06
15	0.33	0.54	0.54	2.94	4.03	9.18	9.1	2.94	2.48	6.29	1.15	0.97
16	0.6	0.43	0.6	2.33	3.46	7.51	10.78	2.48	2.26	5.31	0.97	0.67
17	0.97	0.43	1.78	2.63	2.94	8.71	9.02	2.48	2.33	4.86	1.15	0.6
18	0.43	0.67	1.35	7.95	2.94	6.29	11.13	3.28	1.99	5.2	0.89	0.67
19	0.33	1.3	6.29	25.71	3.28	5.31	8.35	3.28	2.58	5.79	0.74	0.6
20	0.33	2.63	5.8	18.42	2.78	4.54	7.8	2.86	2.48	6.98	1.26	0.54
21	0.33	3.64	2.63	16.99	2.63	4.23	8.1	2.48	1.8	6.83	1.06	0.97
22	0.33	2.78	2.06	13.13	4.83	6.77	10.23	2.4	1.62	4.86	3.62	0.89
23	0.33	1.88	2.78	9.84	11.58	4.75	11.24	2.33	1.74	4.33	2.06	0.67
24	0.33	0.81	2.33	7.09	6.69	3.83	8.55	2.33	1.57	3.83	2.78	0.6
25	0.33	0.67	6.82	7.95	4.97	3.55	7.23	2.06	1.45	3.55	2.63	0.54
26	0.33	0.54	7.09	18.59	5.97	3.68	6.17	1.8	1.57	3.64	2.06	0.97
27	0.33	0.54	8.25	16.83	4.86	13.98	5.79	1.86	1.15	3.46	1.8	2.06
28	0.33	0.54	13.59	5.55	3.93	7.74	5.55	4.44	1.06	3.28	2.06	0.67
29	0.33	0.54	15.94	5.09	3.46	5.79	4.54	2.89	1.55	3.28	1.68	0.67
30	0.33		13.94	4.43	3.37	4.54	3.93	2.33	2.33	2.78	2.28	0.54
31	3.64		9.18		3.74		3.64	2.33		2.48		0.67

QMIN.	0.33	0.43	0.33	2.33	2.63	2.4	3.64	1.8	1.06	1.4	0.74	0.54
QMED.	0.55	4.7	3.62	7.94	5.68	7.28	7.62	2.99	2.38	5.85	1.91	1.32
QMAX.	3.64	52.84	15.94	25.71	12.02	16.35	12.64	7.09	5.55	21.06	4.18	4.86
QMC.	3.64	52.84	19.91	33	17.94	22	17.46	12.35	6.82	27.79	9.18	6.04

Q. ANUAL.	0.33
	4.32
	52.84
	52.84

Fuente: Tesis N° 16 FICM UTA de la carrera de ingeniería civil, datos proporcionados por el INHAMI

Tabla 38. Resultados Hec-Ras para Tr 5 años

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
12000	75.04	2358.83	2360.64	2360.67	2361.28	3.63	1
12100	75.04	2360.91	2362.24	2362.35	2362.92	3.72	1.11
12200	75.04	2362.04	2363.49	2363.62	2364.22	3.89	1.13
12300	75.04	2362.66	2363.73	2363.82	2364.28	3.43	1.11
12400	75.04	2363.85	2364.91	2365	2365.46	3.43	1.12
12500	75.04	2364.66	2365.59	2365.7	2366.17	3.49	1.21
12600	75.04	2365.89	2366.84	2366.91	2367.36	3.27	1.11
12700	75.04	2366.81	2368.22	2368.22	2368.7	3.42	0.95
12800	75.04	2367.8	2368.78	2368.86	2369.23	3.14	1.08
12900	75.04	2369.32	2370.33	2370.42	2370.82	3.28	1.11
13000	75.04	2370.42	2371.47	2371.59	2371.96	3.35	1.1
13100	75.04	2371.47	2372.56	2372.67	2373.14	3.39	1.18
13200	75.04	2372.98	2374.34	2374.34	2374.82	3.35	0.95
13300	75.04	2373.72	2374.59	2374.72	2375.12	3.39	1.23
13400	75.04	2374.34	2375.46	2375.59	2376.09	3.63	1.16
13500	75.04	2375.37	2376.54	2376.65	2377.16	3.55	1.11
13600	75.04	2376.42	2377.25	2377.28	2377.58	2.66	1.02
13700	75.04	2377.38	2378.42	2378.57	2379.09	3.76	1.24
13800	75.04	2379.08	2380.12	2380.24	2380.67	3.52	1.18
13900	75.04	2380.26	2381.31	2381.43	2381.88	3.52	1.16
14000	75.04	2381.74	2382.58	2382.58	2382.9	2.51	0.99
14100	75.04	2382.69	2383.57	2383.64	2383.98	3.03	1.1
14200	75.04	2384.91	2386.3	2386.41	2386.99	3.81	1.11
14300	75.04	2386.27	2387.37	2387.46	2387.91	3.41	1.07
14400	75.04	2387.56	2388.55	2388.65	2389.1	3.29	1.2
14500	75.04	2388.51	2389.44	2389.57	2389.99	3.3	1.29
14600	75.04	2389.31	2390.53	2390.54	2390.97	2.95	1.02
14700	75.04	2390.92	2391.74	2391.79	2392.13	2.8	1.07
14800	75.04	2392.79	2393.61	2393.63	2393.95	2.6	1.01
14900	75.04	2394.55	2395.28	2395.39	2395.74	3.01	1.28
15000	75.04	2396.13	2397.13	2397.2	2397.63	3.16	1.1
15100	75.04	2397.46	2398.43	2398.55	2398.92	3.34	1.14
15200	75.04	2398.66	2399.69	2399.82	2400.3	3.57	1.21
15300	75.04	2400.18	2401.26	2401.31	2401.69	3.1	1
15400	75.04	2402.37	2403.54	2403.61	2404.07	3.42	1.07
15500	75.04	2405.2	2406.45	2406.59	2407.13	3.8	1.17
15600	75.04	2407.21	2408.41	2408.58	2409.12	3.73	1.32
15700	75.04	2408.13	2409.23	2409.36	2409.85	3.54	1.2
15800	75.04	2410.54	2411.48	2411.55	2411.97	3.11	1.12
15900	75.04	2411.92	2412.74	2412.76	2413.06	2.64	0.98
16000	75.04	2413.79	2414.74	2414.81	2415.2	3.07	1.1

Realizado por: José León

Tabla 39. Resultados Hec-Ras para Tr 10 años

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
12000	83.93	2358.83	2360.68	2360.78	2361.43	3.91	1.06
12100	83.93	2360.91	2362.33	2362.44	2363.05	3.82	1.1
12200	83.93	2362.04	2363.58	2363.71	2364.34	4	1.12
12300	83.93	2362.66	2363.79	2363.9	2364.38	3.59	1.13
12400	83.93	2363.85	2364.97	2365.06	2365.57	3.56	1.13
12500	83.93	2364.66	2365.66	2365.76	2366.28	3.62	1.21
12600	83.93	2365.89	2366.91	2366.97	2367.46	3.39	1.11
12700	83.93	2366.81	2368.3	2368.3	2368.81	3.53	0.95
12800	83.93	2367.8	2368.83	2368.91	2369.32	3.29	1.1
12900	83.93	2369.32	2370.39	2370.49	2370.9	3.37	1.11
13000	83.93	2370.42	2371.55	2371.65	2372.04	3.39	1.07
13100	83.93	2371.47	2372.58	2372.74	2373.27	3.69	1.27
13200	83.93	2372.98	2374.42	2374.42	2374.93	3.48	0.95
13300	83.93	2373.72	2374.64	2374.78	2375.21	3.52	1.24
13400	83.93	2374.34	2375.53	2375.67	2376.2	3.74	1.16
13500	83.93	2375.37	2376.58	2376.73	2377.29	3.81	1.17
13600	83.93	2376.42	2377.33	2377.33	2377.65	2.64	0.96
13700	83.93	2377.38	2378.45	2378.65	2379.23	4.03	1.31
13800	83.93	2379.08	2380.2	2380.32	2380.75	3.55	1.14
13900	83.93	2380.26	2381.34	2381.5	2382	3.8	1.23
14000	83.93	2381.74	2382.63	2382.63	2382.97	2.59	0.99
14100	83.93	2382.69	2383.62	2383.68	2384.05	3.16	1.11
14200	83.93	2384.91	2386.39	2386.5	2387.12	3.92	1.1
14300	83.93	2386.27	2387.44	2387.53	2388.01	3.54	1.07
14400	83.93	2387.56	2388.63	2388.72	2389.2	3.35	1.17
14500	83.93	2388.51	2389.5	2389.64	2390.08	3.38	1.28
14600	83.93	2389.31	2390.56	2390.61	2391.08	3.19	1.09
14700	83.93	2390.92	2391.78	2391.84	2392.2	2.93	1.08
14800	83.93	2392.79	2393.65	2393.68	2394.02	2.74	1.03
14900	83.93	2394.55	2395.33	2395.44	2395.81	3.08	1.27
15000	83.93	2396.13	2397.2	2397.27	2397.73	3.26	1.09
15100	83.93	2397.46	2398.49	2398.63	2399	3.42	1.12
15200	83.93	2398.66	2399.76	2399.88	2400.4	3.7	1.21
15300	83.93	2400.18	2401.33	2401.37	2401.78	3.19	1
15400	83.93	2402.37	2403.6	2403.74	2404.18	3.56	1.08
15500	83.93	2405.2	2406.51	2406.68	2407.25	3.98	1.19
15600	83.93	2407.21	2408.49	2408.66	2409.22	3.8	1.3
15700	83.93	2408.13	2409.32	2409.43	2409.95	3.57	1.16
15800	83.93	2410.54	2411.57	2411.62	2412.06	3.13	1.08
15900	83.93	2411.92	2412.79	2412.82	2413.13	2.74	0.99
16000	83.93	2413.79	2414.8	2414.87	2415.29	3.16	1.1

Realizado por: José León

Tabla 40. Resultados Hec-Ras para Tr 25 años

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
	(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
12000	95.16	2358.83	2360.8	2360.9	2361.6	4.05	1.05
12100	95.16	2360.91	2362.44	2362.55	2363.2	3.96	1.09
12200	95.16	2362.04	2363.66	2363.83	2364.51	4.25	1.16
12300	95.16	2362.66	2363.87	2363.98	2364.5	3.7	1.12
12400	95.16	2363.85	2365.03	2365.2	2365.7	3.79	1.17
12500	95.16	2364.66	2365.74	2365.85	2366.4	3.75	1.2
12600	95.16	2365.89	2367	2367.06	2367.58	3.5	1.1
12700	95.16	2366.81	2368.46	2368.46	2368.94	3.47	0.89
12800	95.16	2367.8	2368.92	2369	2369.41	3.33	1.07
12900	95.16	2369.32	2370.45	2370.55	2371.01	3.55	1.13
13000	95.16	2370.42	2371.61	2371.72	2372.14	3.53	1.08
13100	95.16	2371.47	2372.64	2372.82	2373.42	3.93	1.31
13200	95.16	2372.98	2374.51	2374.51	2375.06	3.62	0.96
13300	95.16	2373.72	2374.71	2374.85	2375.31	3.64	1.23
13400	95.16	2374.34	2375.64	2375.76	2376.32	3.79	1.11
13500	95.16	2375.37	2376.71	2376.83	2377.41	3.81	1.11
13600	95.16	2376.42	2377.34	2377.4	2377.74	2.94	1.06
13700	95.16	2377.38	2378.52	2378.76	2379.38	4.26	1.34
13800	95.16	2379.08	2380.27	2380.42	2380.85	3.67	1.14
13900	95.16	2380.26	2381.39	2381.58	2382.14	4.06	1.29
14000	95.16	2381.74	2382.7	2382.7	2383.06	2.66	0.98
14100	95.16	2382.69	2383.68	2383.75	2384.14	3.26	1.11
14200	95.16	2384.91	2386.51	2386.62	2387.27	4.03	1.08
14300	95.16	2386.27	2387.51	2387.61	2388.14	3.74	1.1
14400	95.16	2387.56	2388.71	2388.81	2389.31	3.43	1.15
14500	95.16	2388.51	2389.57	2389.71	2390.18	3.46	1.27
14600	95.16	2389.31	2390.66	2390.69	2391.19	3.24	1.05
14700	95.16	2390.92	2391.85	2391.92	2392.29	3	1.06
14800	95.16	2392.79	2393.69	2393.74	2394.12	2.92	1.07
14900	95.16	2394.55	2395.39	2395.5	2395.9	3.17	1.26
15000	95.16	2396.13	2397.28	2397.36	2397.84	3.36	1.08
15100	95.16	2397.46	2398.58	2398.69	2399.07	3.42	1.07
15200	95.16	2398.66	2399.86	2399.97	2400.52	3.76	1.17
15300	95.16	2400.18	2401.41	2401.44	2401.88	3.32	1
15400	95.16	2402.37	2403.81	2403.81	2404.27	3.26	0.91
15500	95.16	2405.2	2406.58	2406.74	2407.4	4.22	1.23
15600	95.16	2407.21	2408.58	2408.76	2409.35	3.87	1.28
15700	95.16	2408.13	2409.39	2409.52	2410.08	3.75	1.17
15800	95.16	2410.54	2411.61	2411.7	2412.18	3.36	1.13
15900	95.16	2411.92	2412.83	2412.88	2413.22	2.91	1.02
16000	95.16	2413.79	2414.86	2414.95	2415.39	3.29	1.1

Realizado por: José León

Tabla 41. Resultados Hec-Ras para Tr 50 años

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
12000	103.5	2358.83	2360.88	2360.98	2361.72	4.17	1.05
12100	103.5	2360.91	2362.48	2362.64	2363.32	4.17	1.13
12200	103.5	2362.04	2363.74	2363.9	2364.62	4.31	1.14
12300	103.5	2362.66	2363.94	2364.05	2364.58	3.76	1.11
12400	103.5	2363.85	2365.16	2365.25	2365.76	3.62	1.06
12500	103.5	2364.66	2365.78	2365.91	2366.5	3.9	1.23
12600	103.5	2365.89	2367.08	2367.12	2367.66	3.51	1.06
12700	103.5	2366.81	2368.52	2368.52	2369.02	3.55	0.89
12800	103.5	2367.8	2368.97	2369.05	2369.48	3.42	1.07
12900	103.5	2369.32	2370.5	2370.61	2371.08	3.61	1.12
13000	103.5	2370.42	2371.66	2371.77	2372.21	3.61	1.08
13100	103.5	2371.47	2372.67	2372.89	2373.52	4.11	1.34
13200	103.5	2372.98	2374.58	2374.58	2375.16	3.7	0.96
13300	103.5	2373.72	2374.89	2374.89	2375.34	3.2	0.99
13400	103.5	2374.34	2375.71	2375.83	2376.41	3.87	1.11
13500	103.5	2375.37	2376.74	2376.9	2377.52	4.01	1.15
13600	103.5	2376.42	2377.44	2377.44	2377.79	2.77	0.94
13700	103.5	2377.38	2378.56	2378.83	2379.49	4.43	1.37
13800	103.5	2379.08	2380.33	2380.46	2380.92	3.71	1.12
13900	103.5	2380.26	2381.46	2381.64	2382.21	4.09	1.26
14000	103.5	2381.74	2382.74	2382.74	2383.12	2.74	0.98
14100	103.5	2382.69	2383.72	2383.79	2384.21	3.36	1.11
14200	103.5	2384.91	2386.58	2386.7	2387.38	4.14	1.09
14300	103.5	2386.27	2387.56	2387.67	2388.23	3.87	1.11
14400	103.5	2387.56	2388.75	2388.87	2389.4	3.6	1.19
14500	103.5	2388.51	2389.63	2389.76	2390.26	3.51	1.26
14600	103.5	2389.31	2390.71	2390.75	2391.28	3.33	1.05
14700	103.5	2390.92	2391.89	2391.98	2392.36	3.1	1.07
14800	103.5	2392.79	2393.73	2393.79	2394.18	3.01	1.08
14900	103.5	2394.55	2395.44	2395.54	2395.96	3.21	1.24
15000	103.5	2396.13	2397.34	2397.42	2397.92	3.43	1.07
15100	103.5	2397.46	2398.6	2398.73	2399.15	3.61	1.12
15200	103.5	2398.66	2399.92	2400.03	2400.61	3.87	1.17
15300	103.5	2400.18	2401.46	2401.49	2401.96	3.4	1
15400	103.5	2402.37	2403.87	2403.87	2404.35	3.34	0.91
15500	103.5	2405.2	2406.63	2406.81	2407.51	4.38	1.25
15600	103.5	2407.21	2408.65	2408.82	2409.43	3.93	1.27
15700	103.5	2408.13	2409.46	2409.58	2410.17	3.79	1.15
15800	103.5	2410.54	2411.68	2411.76	2412.25	3.38	1.09
15900	103.5	2411.92	2412.89	2412.92	2413.27	2.89	0.98
16000	103.5	2413.79	2414.99	2415.01	2415.45	3.1	0.97

Realizado por: José León

Tabla 42. Resultados Hec-Ras para Tr 100 años

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
	(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
12000	111.77	2358.83	2360.92	2361.04	2361.84	4.36	1.09
12100	111.77	2360.91	2362.58	2362.7	2363.4	4.15	1.09
12200	111.77	2362.04	2363.84	2363.99	2364.71	4.31	1.1
12300	111.77	2362.66	2364	2364.1	2364.66	3.82	1.1
12400	111.77	2363.85	2365.21	2365.3	2365.84	3.72	1.06
12500	111.77	2364.66	2365.85	2365.97	2366.58	3.92	1.19
12600	111.77	2365.89	2367.13	2367.17	2367.75	3.62	1.07
12700	111.77	2366.81	2368.57	2368.57	2369.1	3.66	0.9
12800	111.77	2367.8	2369.01	2369.1	2369.54	3.49	1.07
12900	111.77	2369.32	2370.55	2370.66	2371.15	3.69	1.12
13000	111.77	2370.42	2371.7	2371.81	2372.28	3.73	1.1
13100	111.77	2371.47	2372.68	2372.95	2373.65	4.37	1.42
13200	111.77	2372.98	2374.65	2374.65	2375.25	3.8	0.96
13300	111.77	2373.72	2374.78	2374.94	2375.46	3.9	1.27
13400	111.77	2374.34	2375.77	2375.89	2376.49	3.96	1.11
13500	111.77	2375.37	2376.84	2376.96	2377.6	3.97	1.1
13600	111.77	2376.42	2377.4	2377.47	2377.85	3.14	1.09
13700	111.77	2377.38	2378.6	2378.88	2379.59	4.56	1.38
13800	111.77	2379.08	2380.38	2380.5	2380.98	3.8	1.12
13900	111.77	2380.26	2381.47	2381.7	2382.32	4.35	1.33
14000	111.77	2381.74	2382.78	2382.78	2383.18	2.81	0.98
14100	111.77	2382.69	2383.75	2383.84	2384.27	3.48	1.13
14200	111.77	2384.91	2386.64	2386.77	2387.49	4.26	1.09
14300	111.77	2386.27	2387.62	2387.73	2388.32	3.94	1.11
14400	111.77	2387.56	2388.8	2388.92	2389.48	3.68	1.18
14500	111.77	2388.51	2389.68	2389.81	2390.33	3.56	1.24
14600	111.77	2389.31	2390.77	2390.81	2391.36	3.42	1.05
14700	111.77	2390.92	2391.95	2392.02	2392.41	3.11	1.04
14800	111.77	2392.79	2393.82	2393.83	2394.23	2.89	0.98
14900	111.77	2394.55	2395.5	2395.59	2396.02	3.2	1.2
15000	111.77	2396.13	2397.39	2397.48	2398	3.51	1.07
15100	111.77	2397.46	2398.77	2398.77	2399.17	3.16	0.91
15200	111.77	2398.66	2399.98	2400.09	2400.7	3.94	1.16
15300	111.77	2400.18	2401.5	2401.54	2402.03	3.53	1.02
15400	111.77	2402.37	2403.92	2403.92	2404.43	3.45	0.92
15500	111.77	2405.2	2406.68	2406.89	2407.61	4.53	1.27
15600	111.77	2407.21	2408.89	2408.89	2409.47	3.38	1.01
15700	111.77	2408.13	2409.53	2409.65	2410.25	3.86	1.13
15800	111.77	2410.54	2411.71	2411.81	2412.34	3.55	1.13
15900	111.77	2411.92	2412.95	2412.96	2413.33	2.9	0.95
16000	111.77	2413.79	2414.98	2415.06	2415.53	3.4	1.07

Realizado por: José León

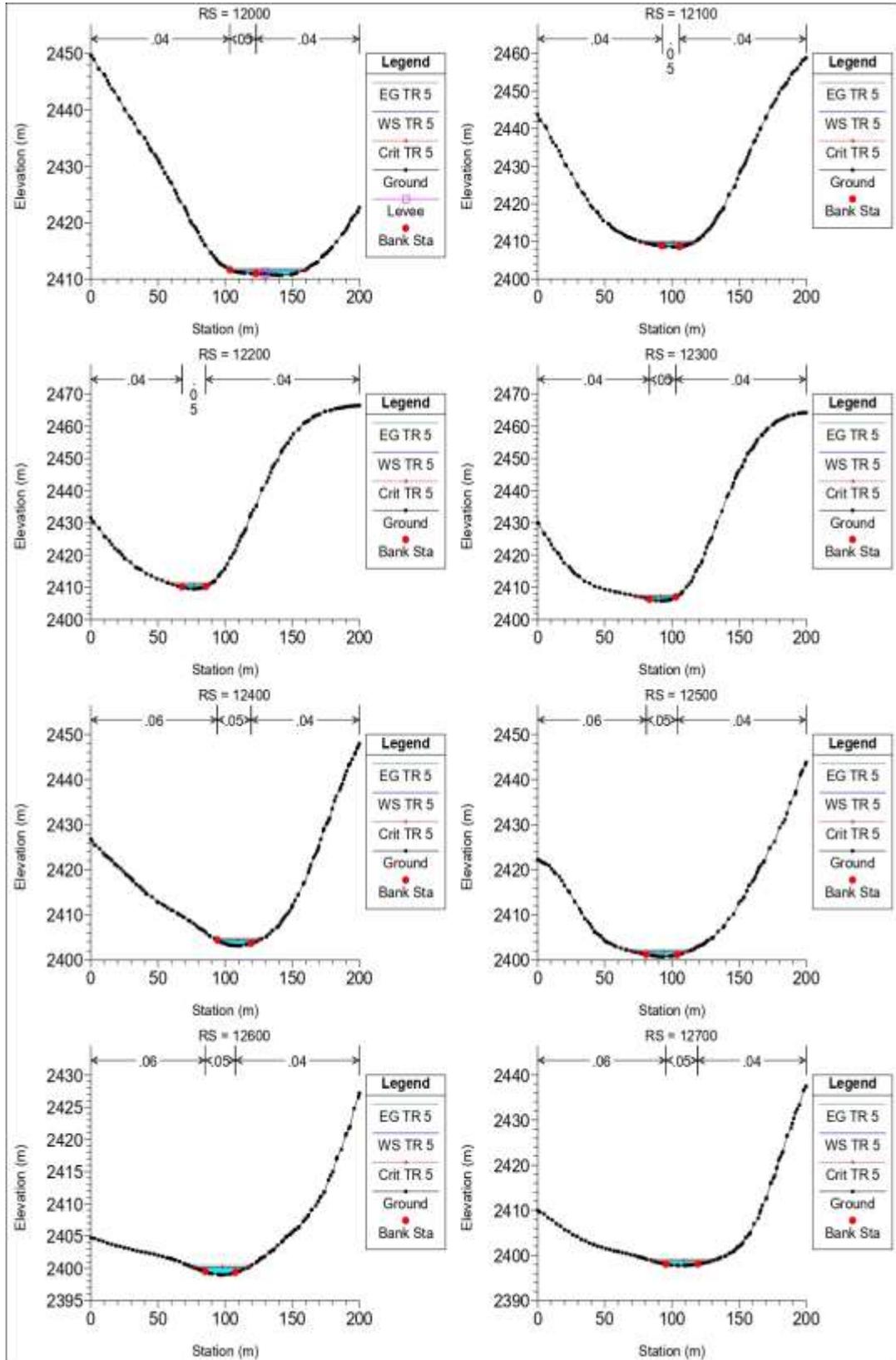
Tabla 43. Resultados Hec-Ras para Tr 140 años

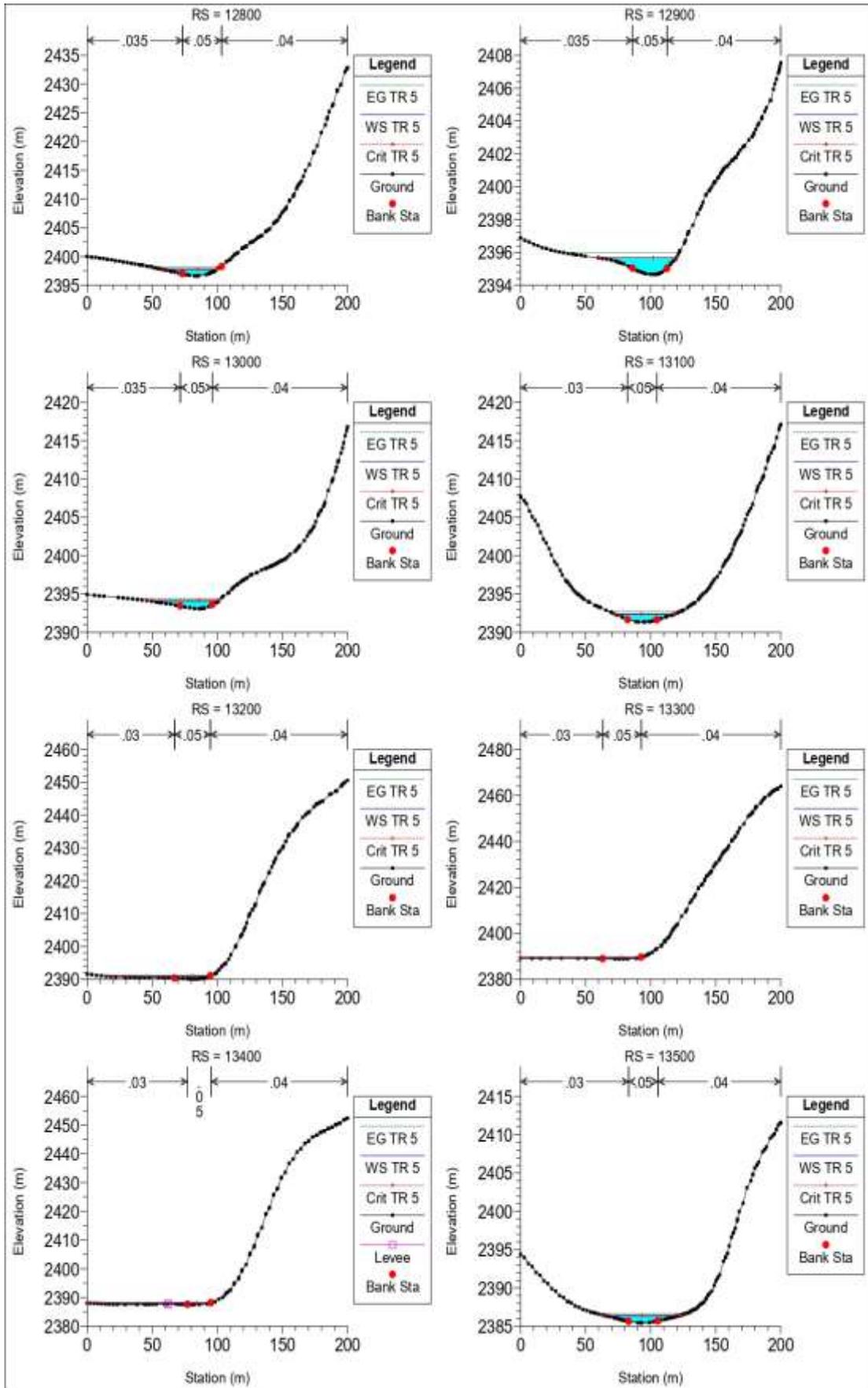
River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
	(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
12000	115.78	2358.83	2361.08	2361.23	2362.08	4.57	1.09
12100	115.78	2360.91	2362.73	2362.86	2363.61	4.32	1.08
12200	115.78	2362.04	2363.93	2364.15	2364.96	4.7	1.17
12300	115.78	2362.66	2364.11	2364.24	2364.83	4.02	1.1
12400	115.78	2363.85	2365.32	2365.42	2366	3.91	1.07
12500	115.78	2364.66	2365.97	2366.1	2366.77	4.11	1.19
12600	115.78	2365.89	2367.22	2367.3	2367.94	3.88	1.11
12700	115.78	2366.81	2368.69	2368.69	2369.27	3.87	0.92
12800	115.78	2367.8	2369.11	2369.19	2369.68	3.66	1.07
12900	115.78	2369.32	2370.64	2370.76	2371.31	3.91	1.14
13000	115.78	2370.42	2371.8	2371.91	2372.42	3.91	1.11
13100	115.78	2371.47	2372.75	2373.08	2373.88	4.75	1.49
13200	115.78	2372.98	2374.77	2374.77	2375.44	4.03	0.98
13300	115.78	2373.72	2375.04	2375.04	2375.56	3.44	0.99
13400	115.78	2374.34	2375.92	2376.02	2376.66	4.03	1.06
13500	115.78	2375.37	2376.93	2377.11	2377.8	4.28	1.14
13600	115.78	2376.42	2377.48	2377.55	2377.97	3.3	1.1
13700	115.78	2377.38	2378.68	2379	2379.82	4.93	1.44
13800	115.78	2379.08	2380.46	2380.61	2381.13	4.02	1.15
13900	115.78	2380.26	2381.58	2381.82	2382.48	4.51	1.31
14000	115.78	2381.74	2382.87	2382.87	2383.3	2.94	0.98
14100	115.78	2382.69	2383.84	2383.92	2384.41	3.67	1.15
14200	115.78	2384.91	2386.8	2386.93	2387.7	4.44	1.09
14300	115.78	2386.27	2387.84	2387.84	2388.48	3.8	0.99
14400	115.78	2387.56	2388.93	2389.04	2389.64	3.74	1.14
14500	115.78	2388.51	2389.77	2389.92	2390.48	3.75	1.26
14600	115.78	2389.31	2390.93	2390.93	2391.53	3.44	0.99
14700	115.78	2390.92	2392.04	2392.1	2392.53	3.24	1.04
14800	115.78	2392.79	2393.85	2393.92	2394.37	3.26	1.09
14900	115.78	2394.55	2395.57	2395.68	2396.15	3.4	1.21
15000	115.78	2396.13	2397.5	2397.59	2398.16	3.68	1.07
15100	115.78	2397.46	2398.86	2398.86	2399.3	3.33	0.93
15200	115.78	2398.66	2400.1	2400.22	2400.89	4.13	1.16
15300	115.78	2400.18	2401.6	2401.64	2402.19	3.73	1.04
15400	115.78	2402.37	2403.87	2404.02	2404.64	4.2	1.15
15500	115.78	2405.2	2406.8	2407.05	2407.82	4.74	1.27
15600	115.78	2407.21	2409.02	2409.02	2409.65	3.53	1.01
15700	115.78	2408.13	2409.65	2409.77	2410.44	4.05	1.13
15800	115.78	2410.54	2411.77	2411.93	2412.52	3.87	1.2
15900	115.78	2411.92	2413.02	2413.04	2413.44	3.07	0.97
16000	115.78	2413.79	2415.12	2415.16	2415.67	3.4	1

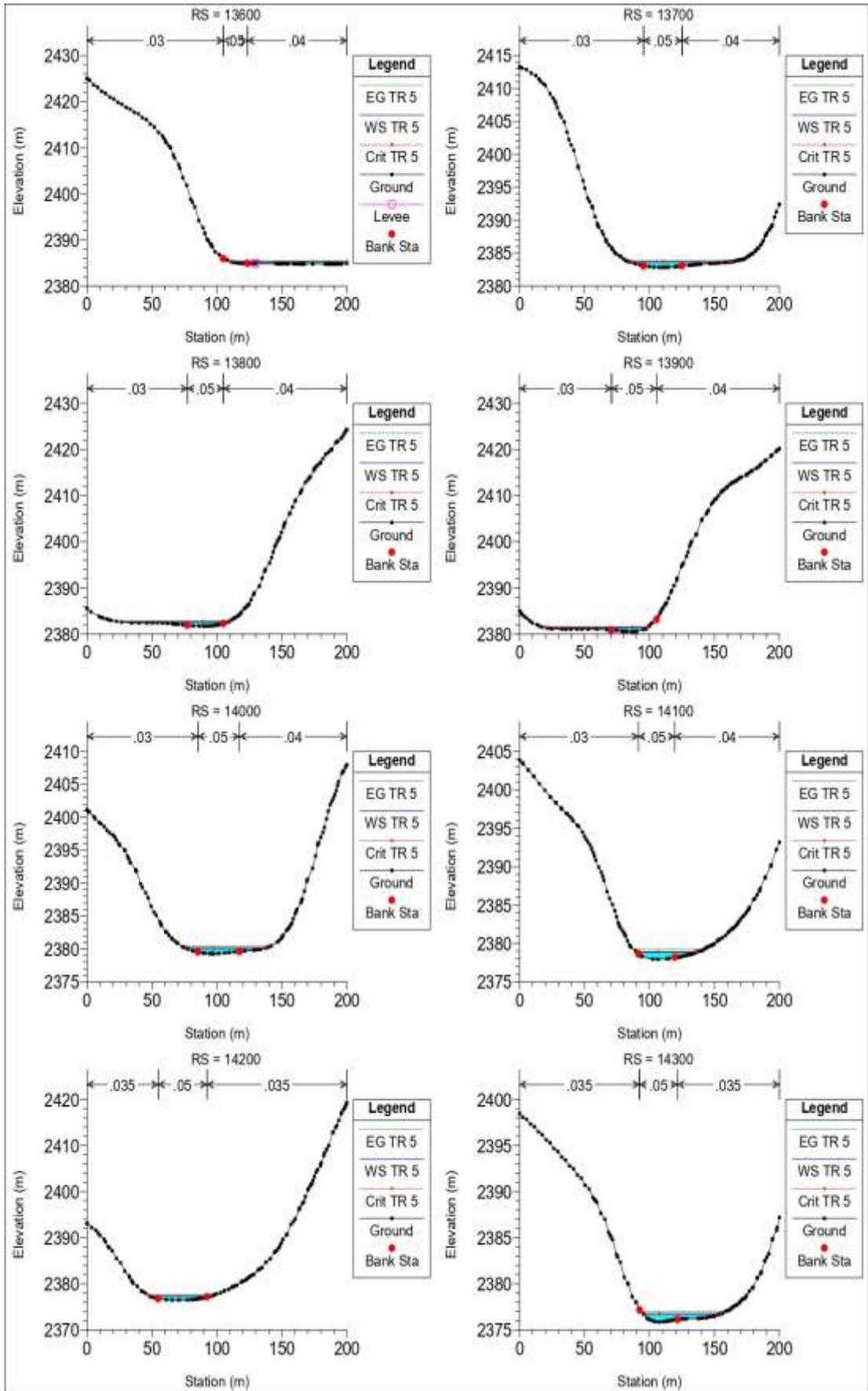
Realizado por: José León

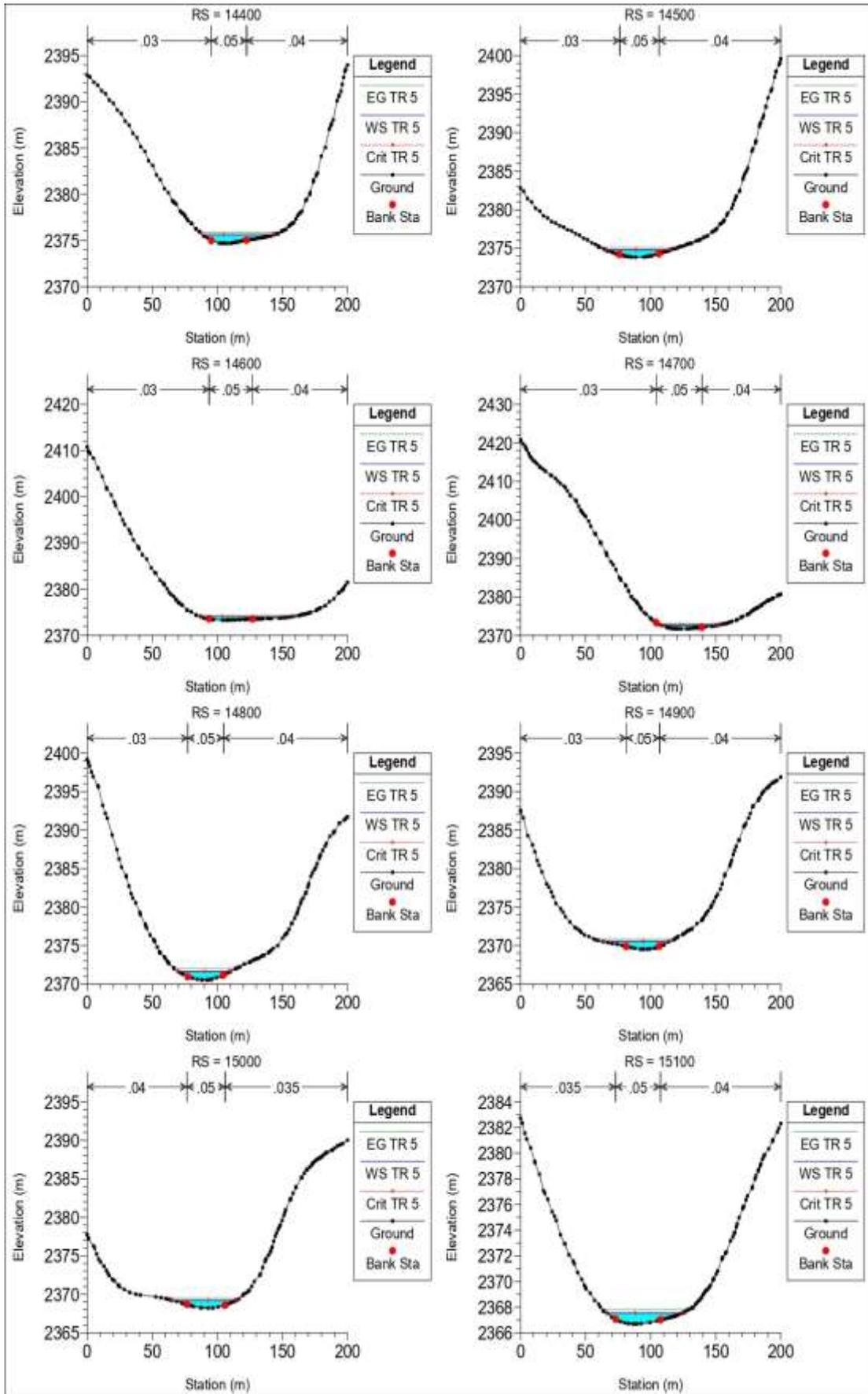
ANEXO B. FIGURAS

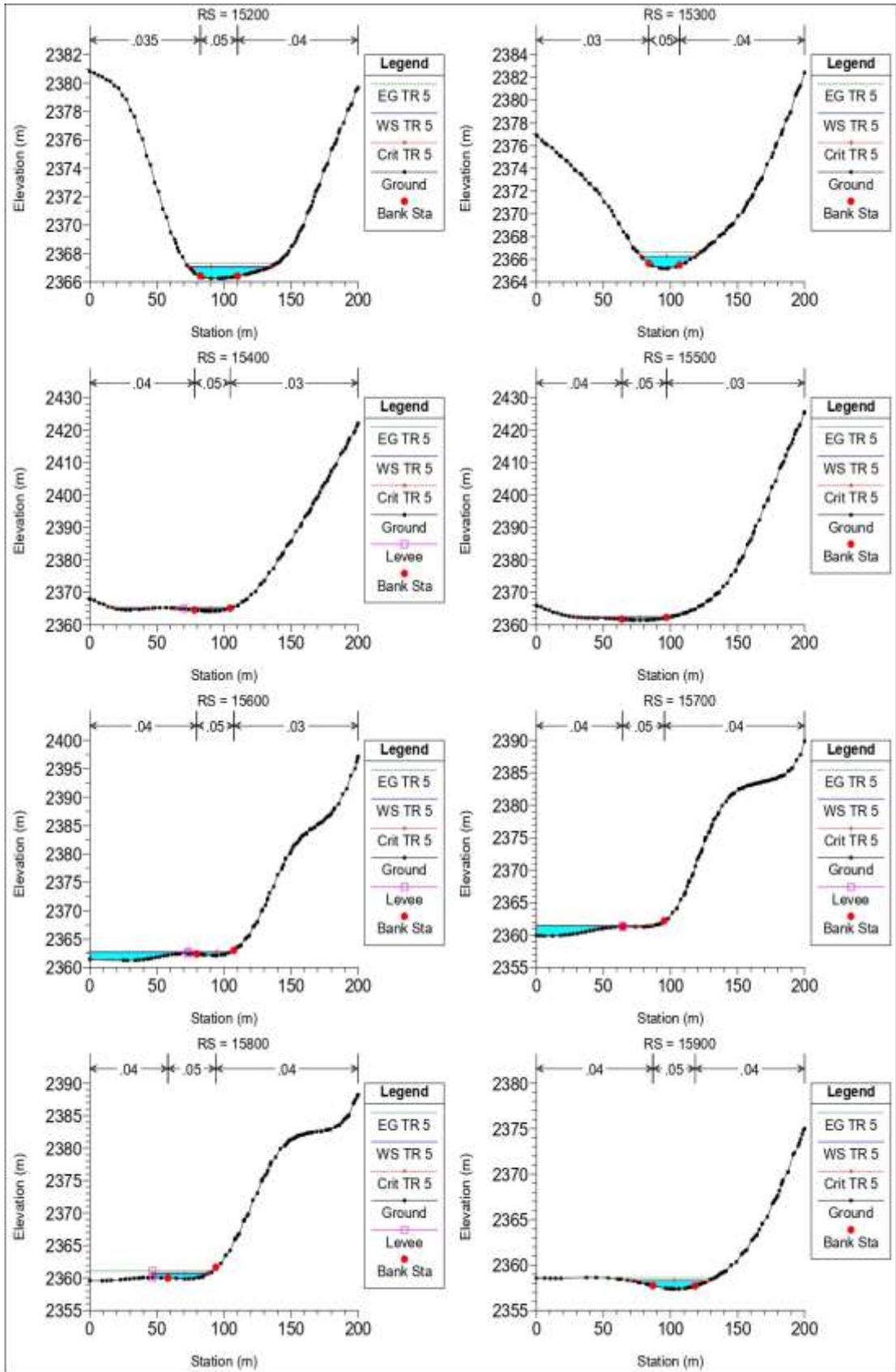
Figura 45. Secciones Transversales para Tr 5 años





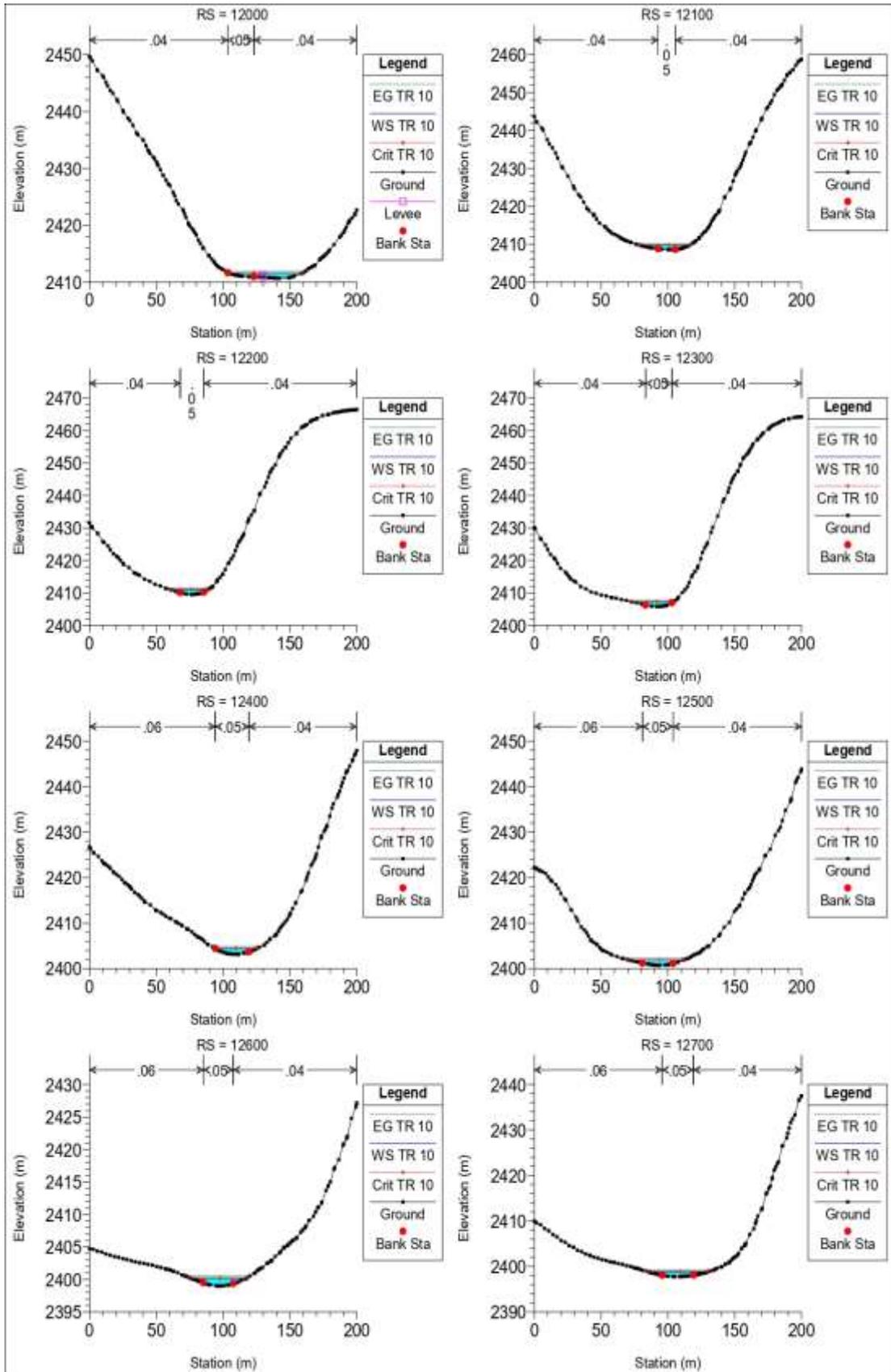


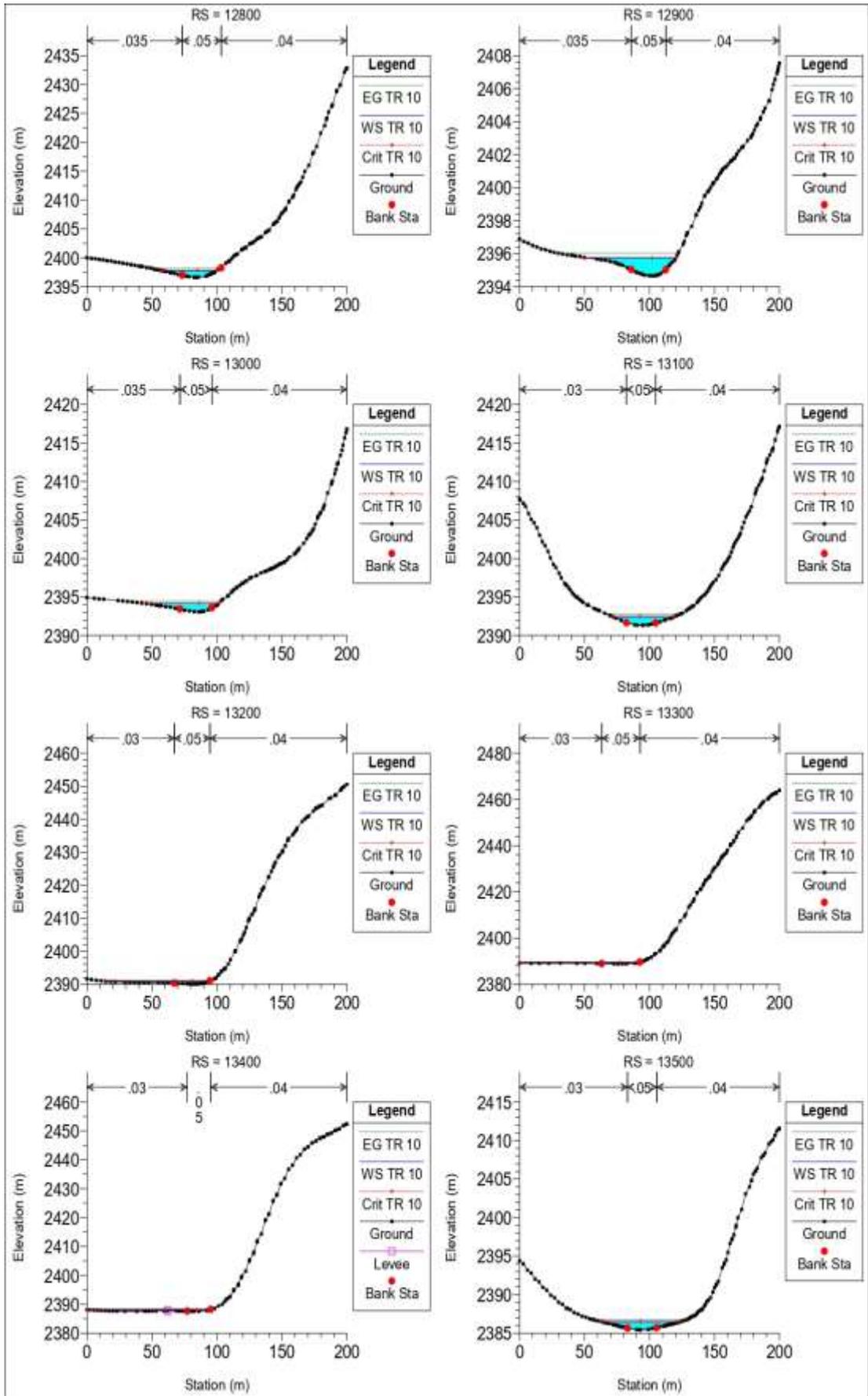


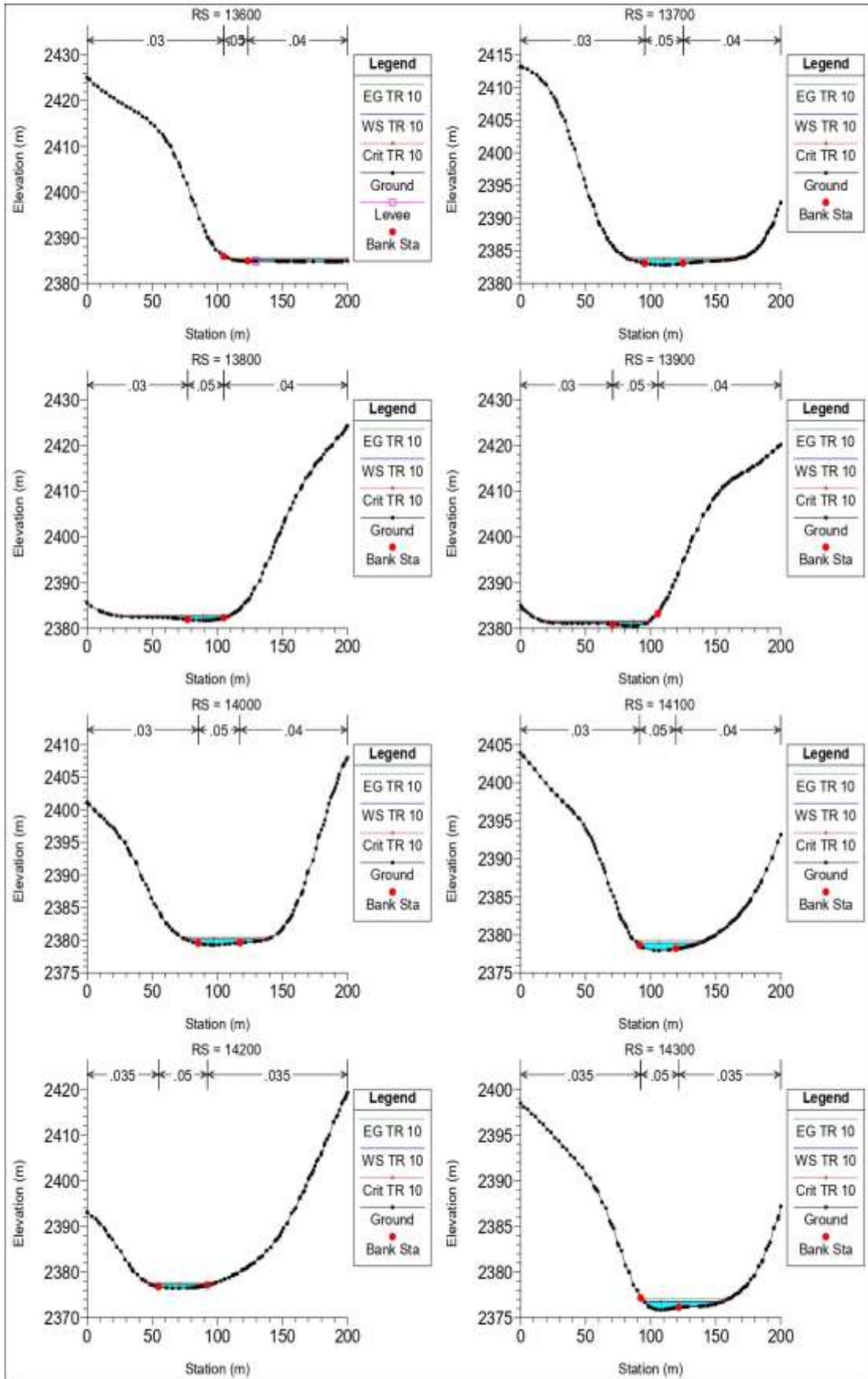


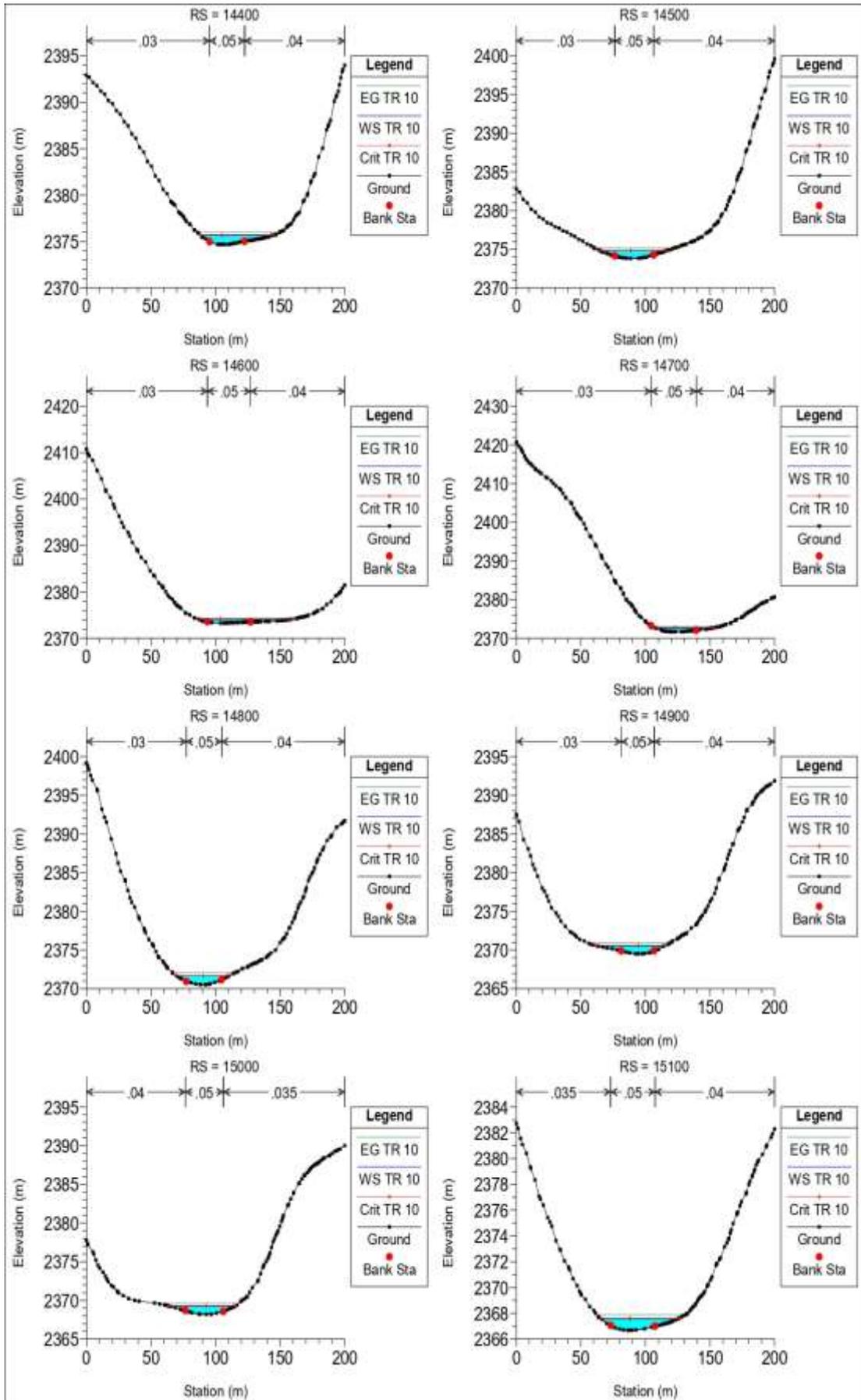
Realizado por: José León

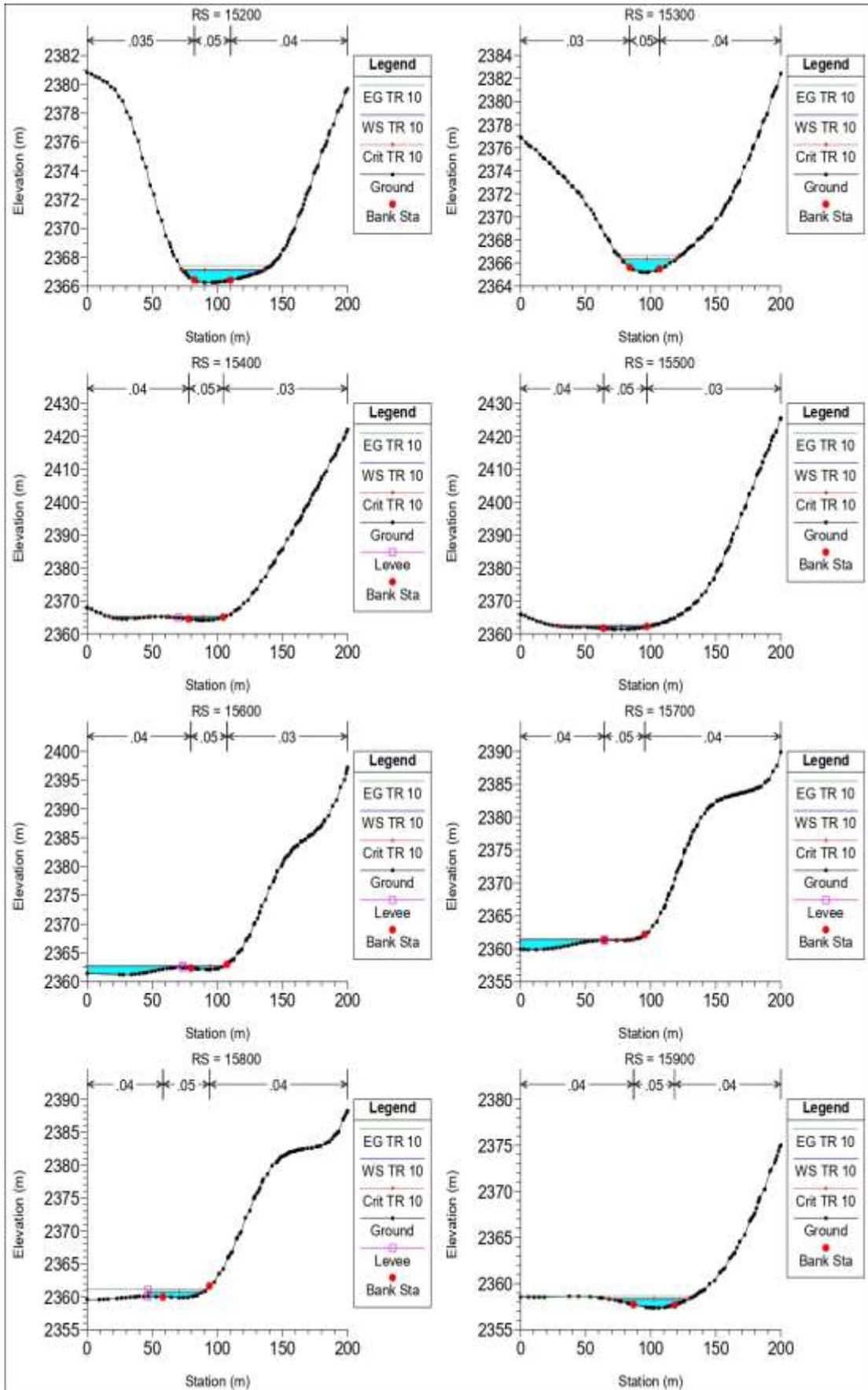
Figura 46. Secciones Transversales para Tr 10 años





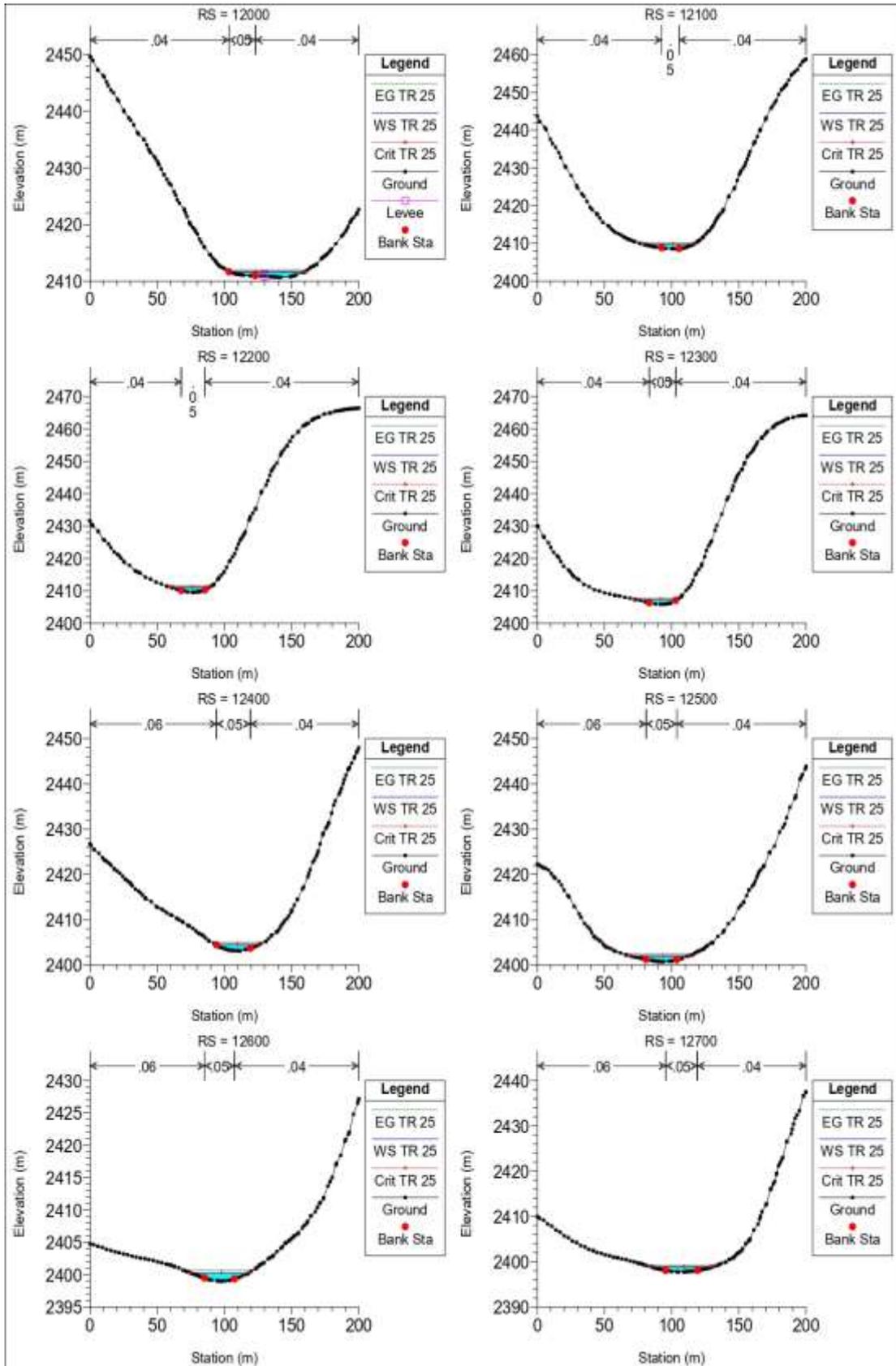


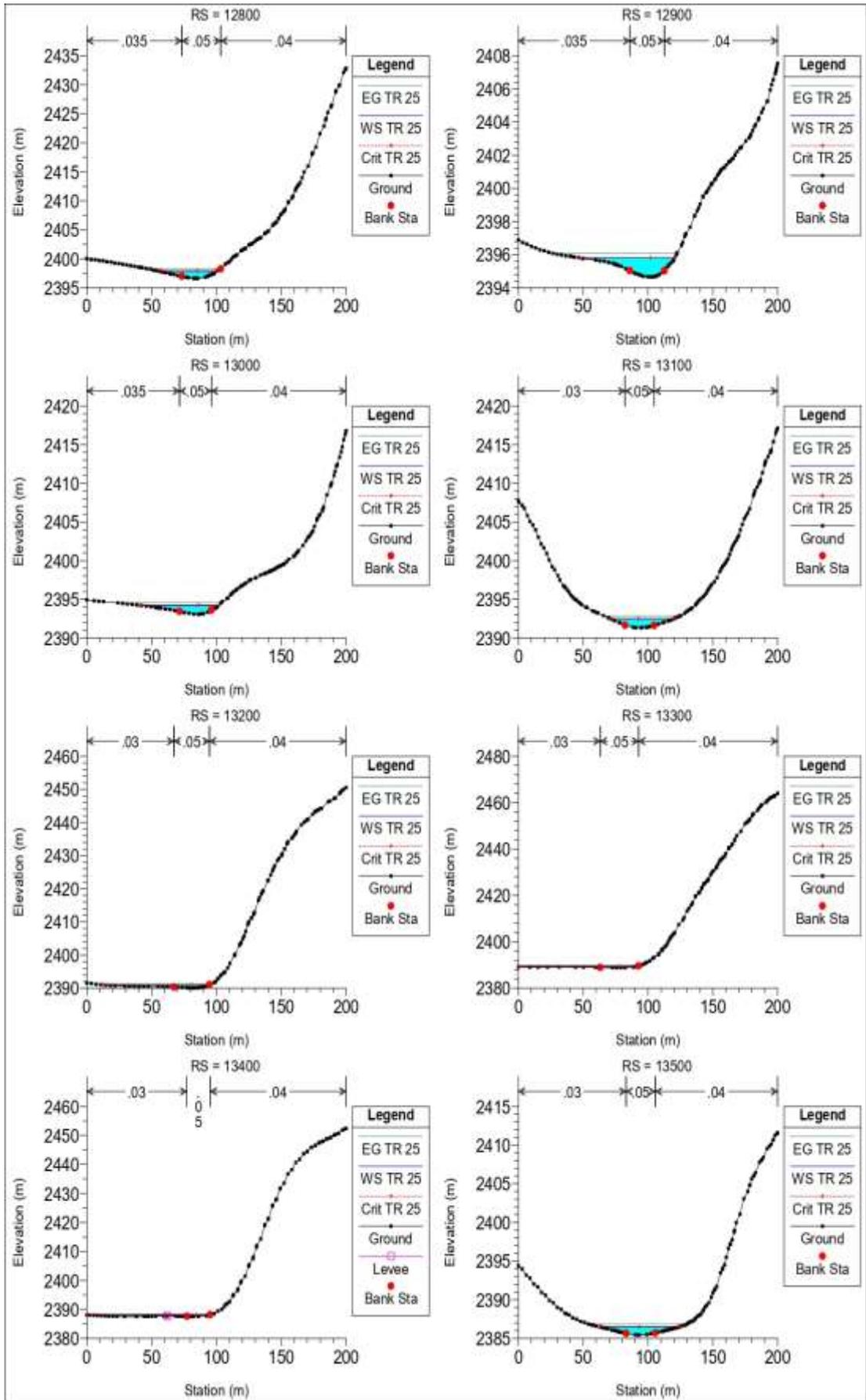


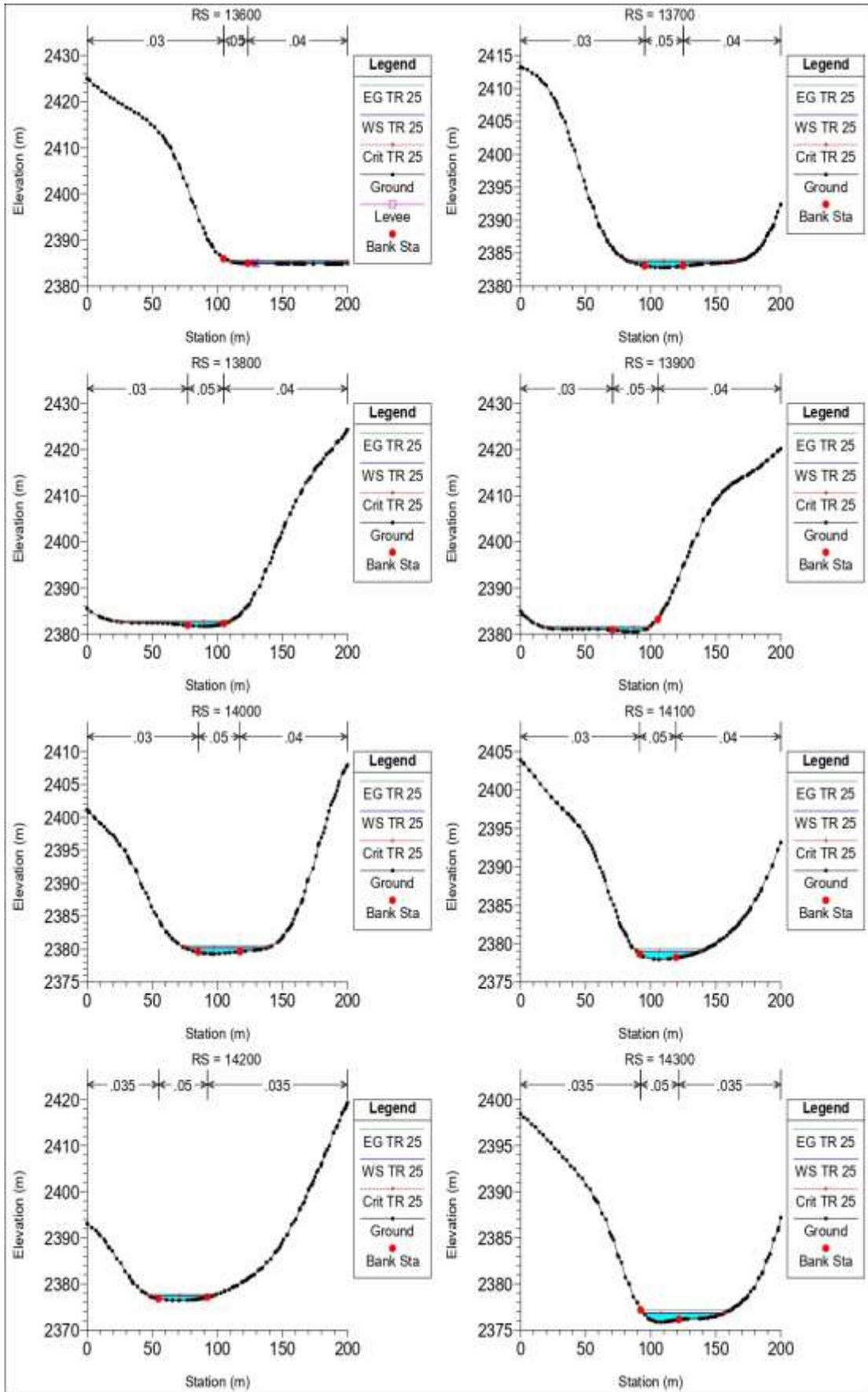


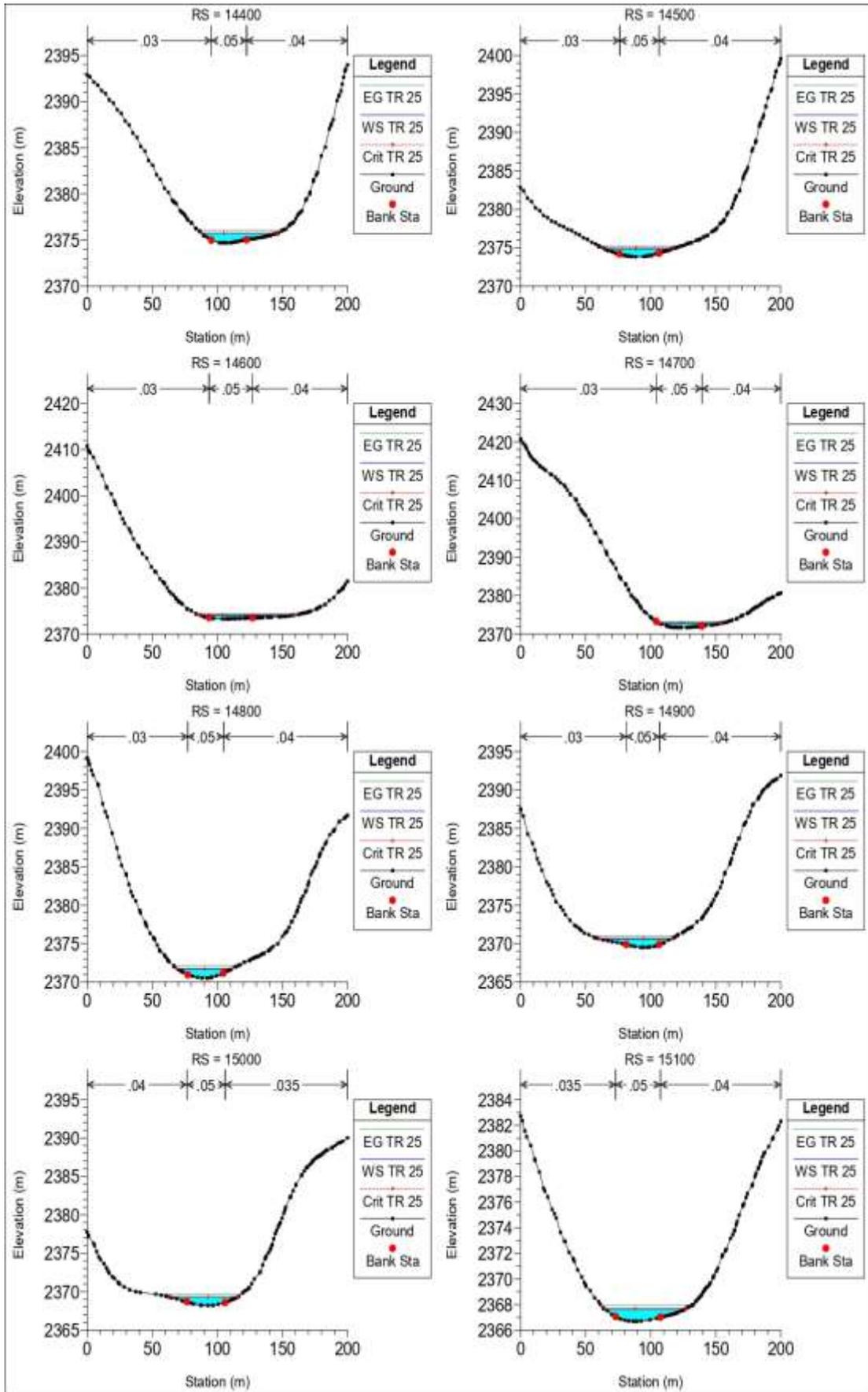
Realizado por: José León

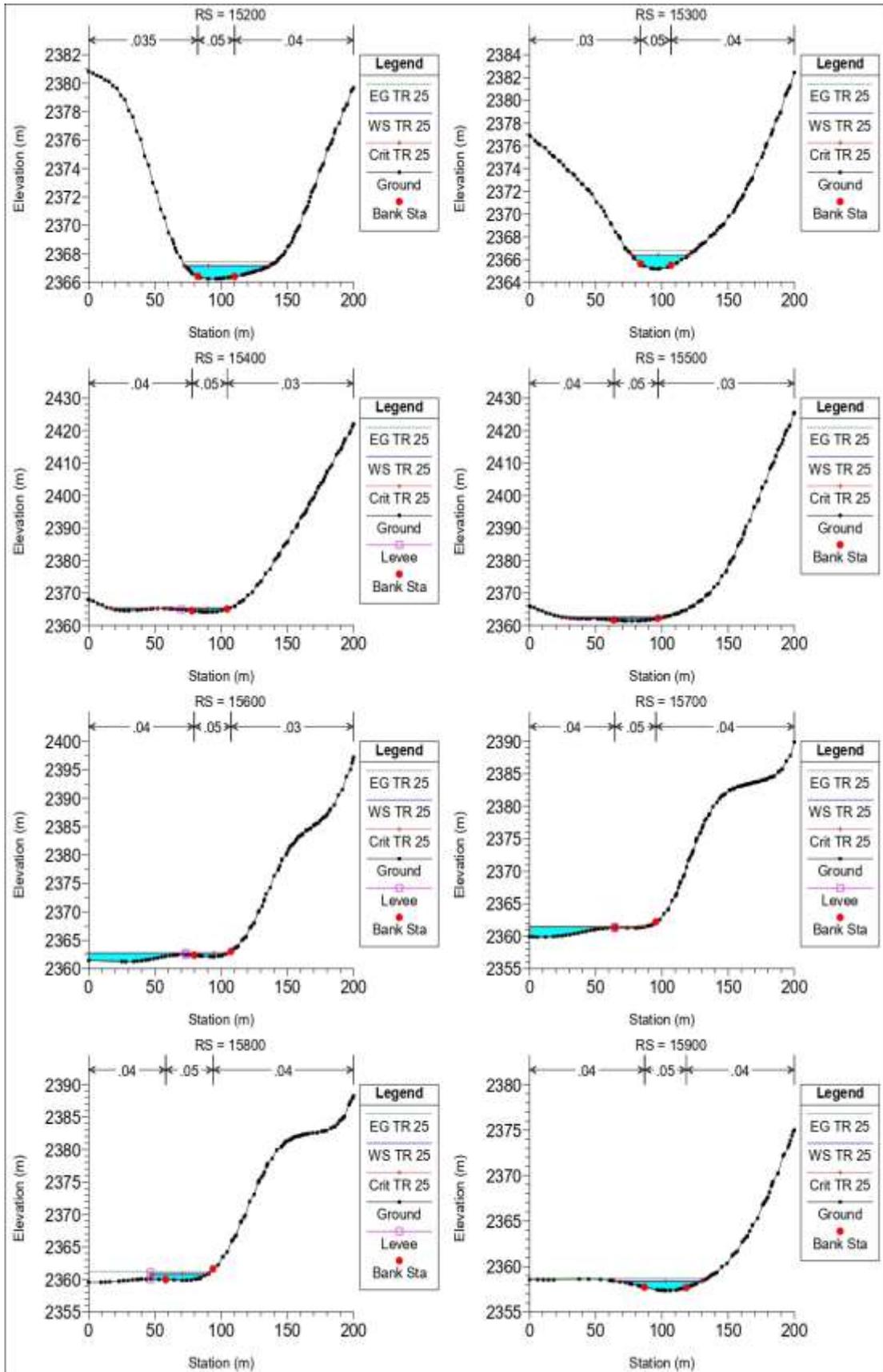
Figura 47. Secciones Transversales para Tr 25 años





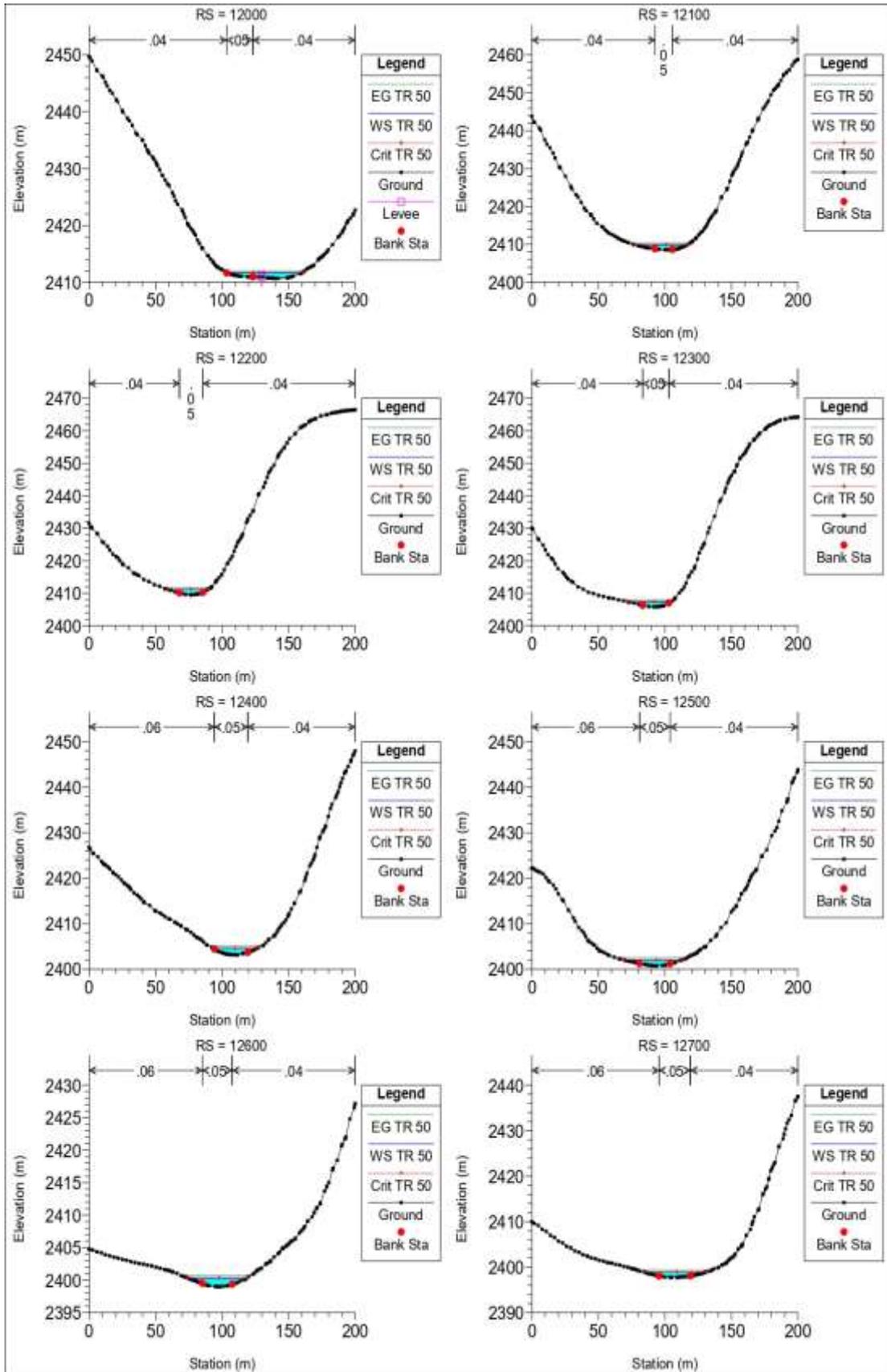


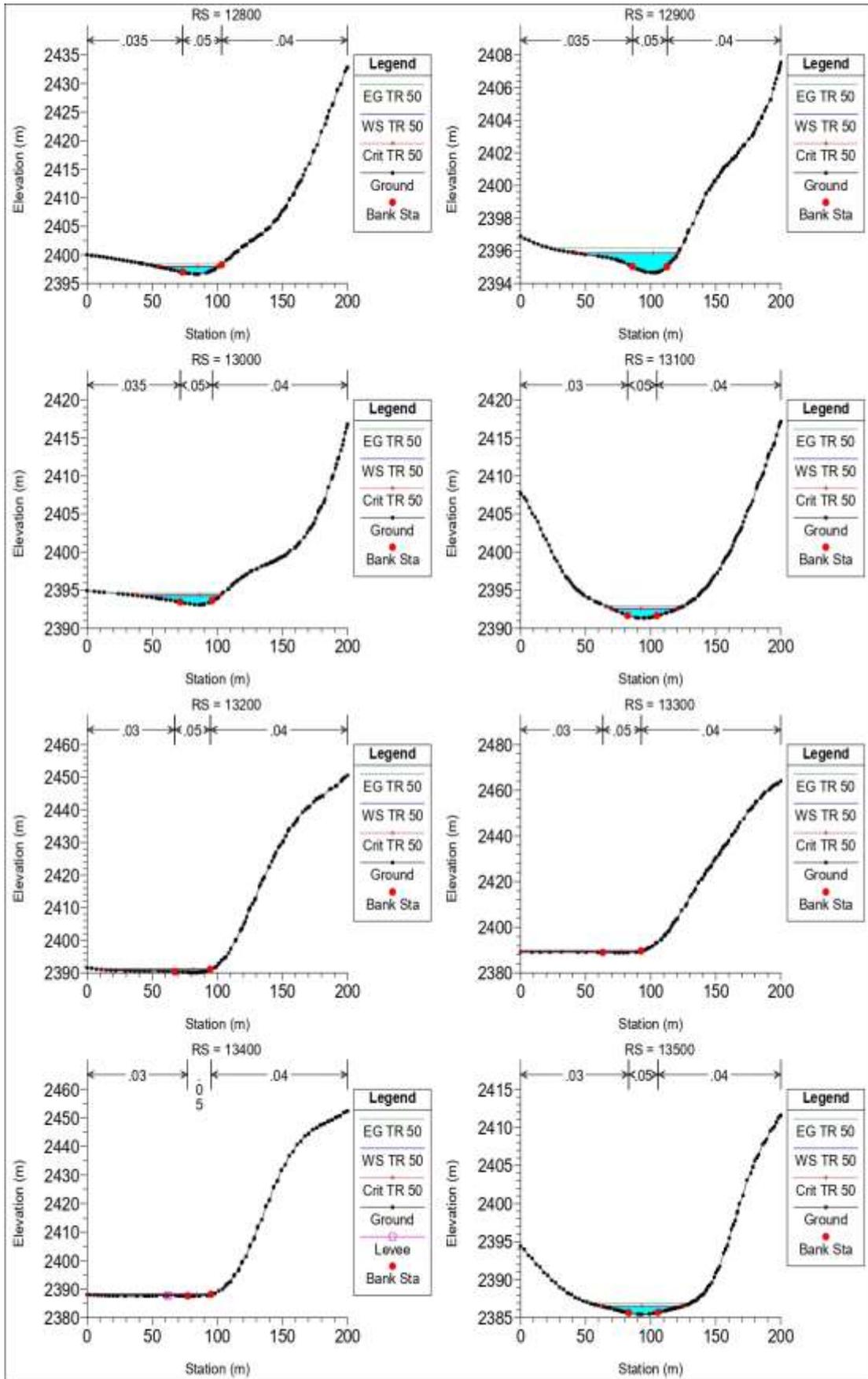


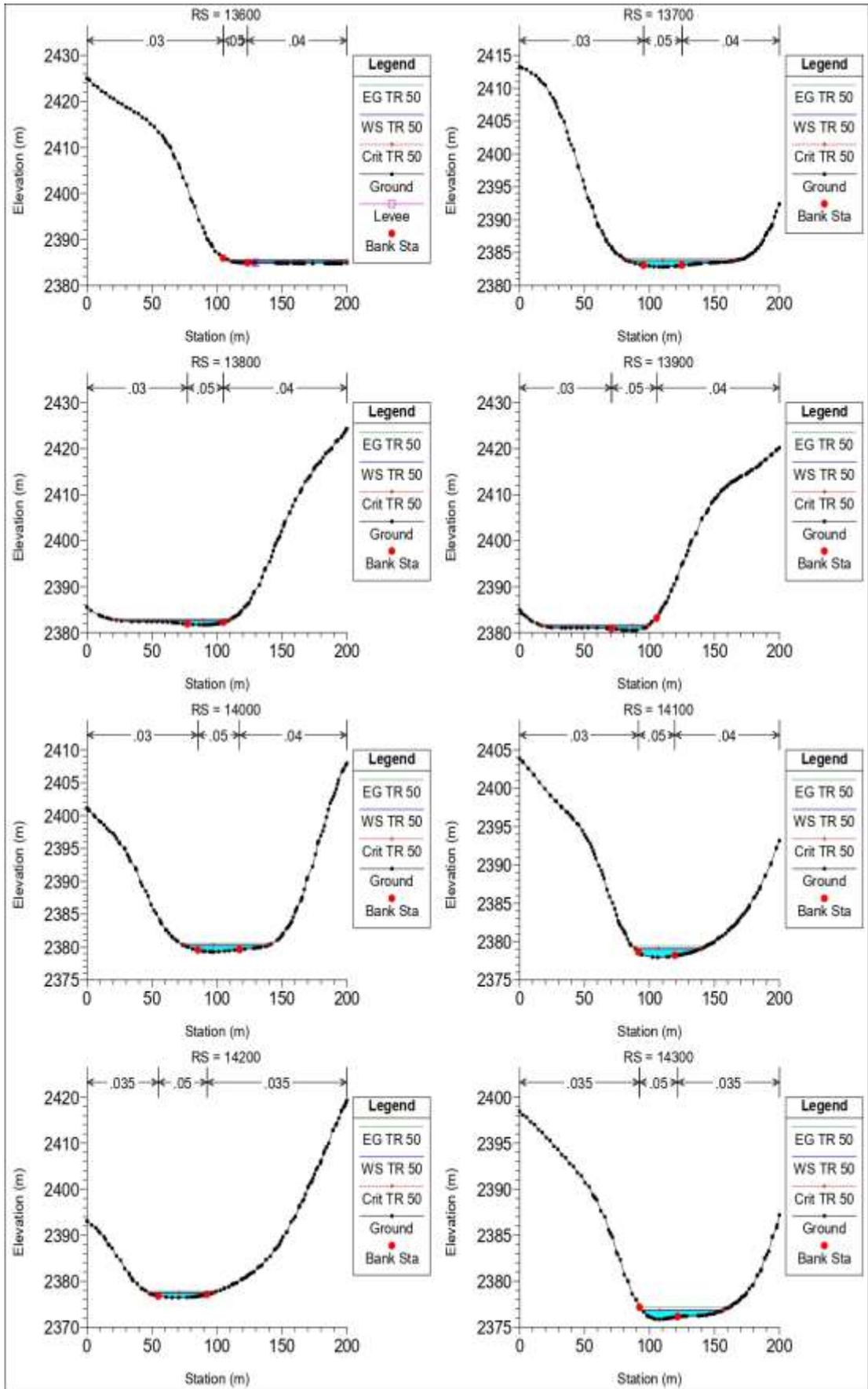


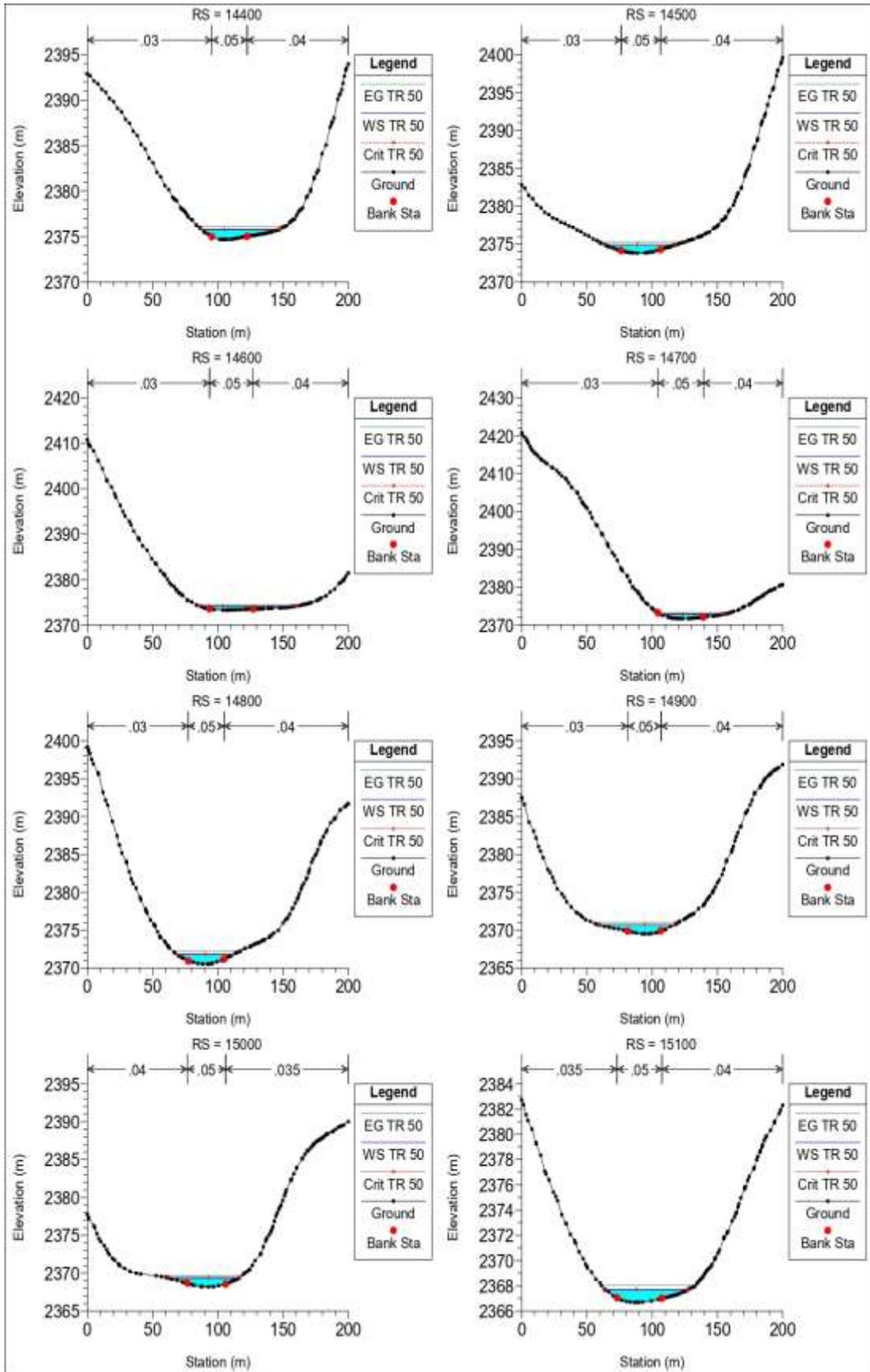
Realizado por: José León

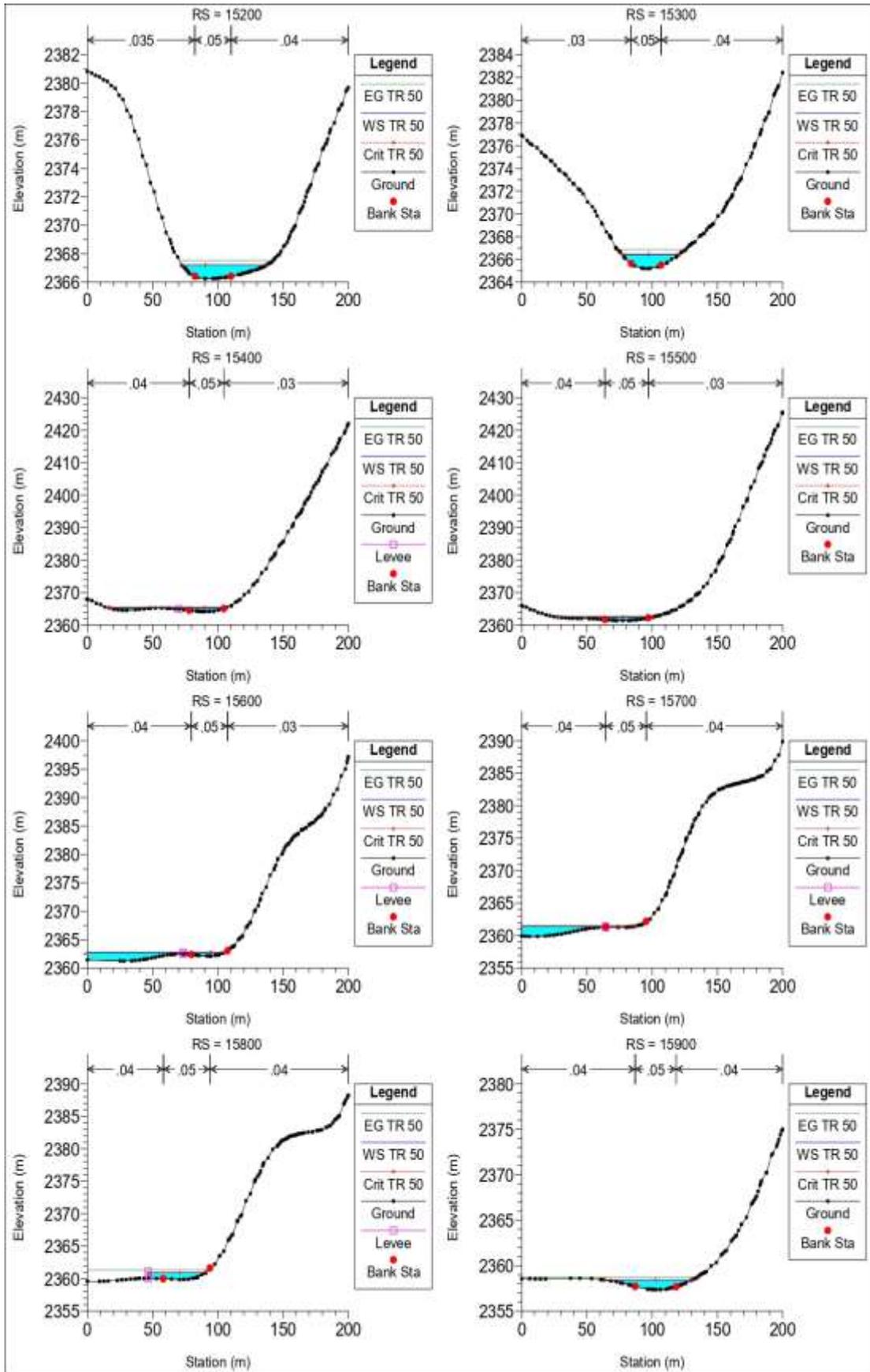
Figura 48. Secciones Transversales para Tr 50 años





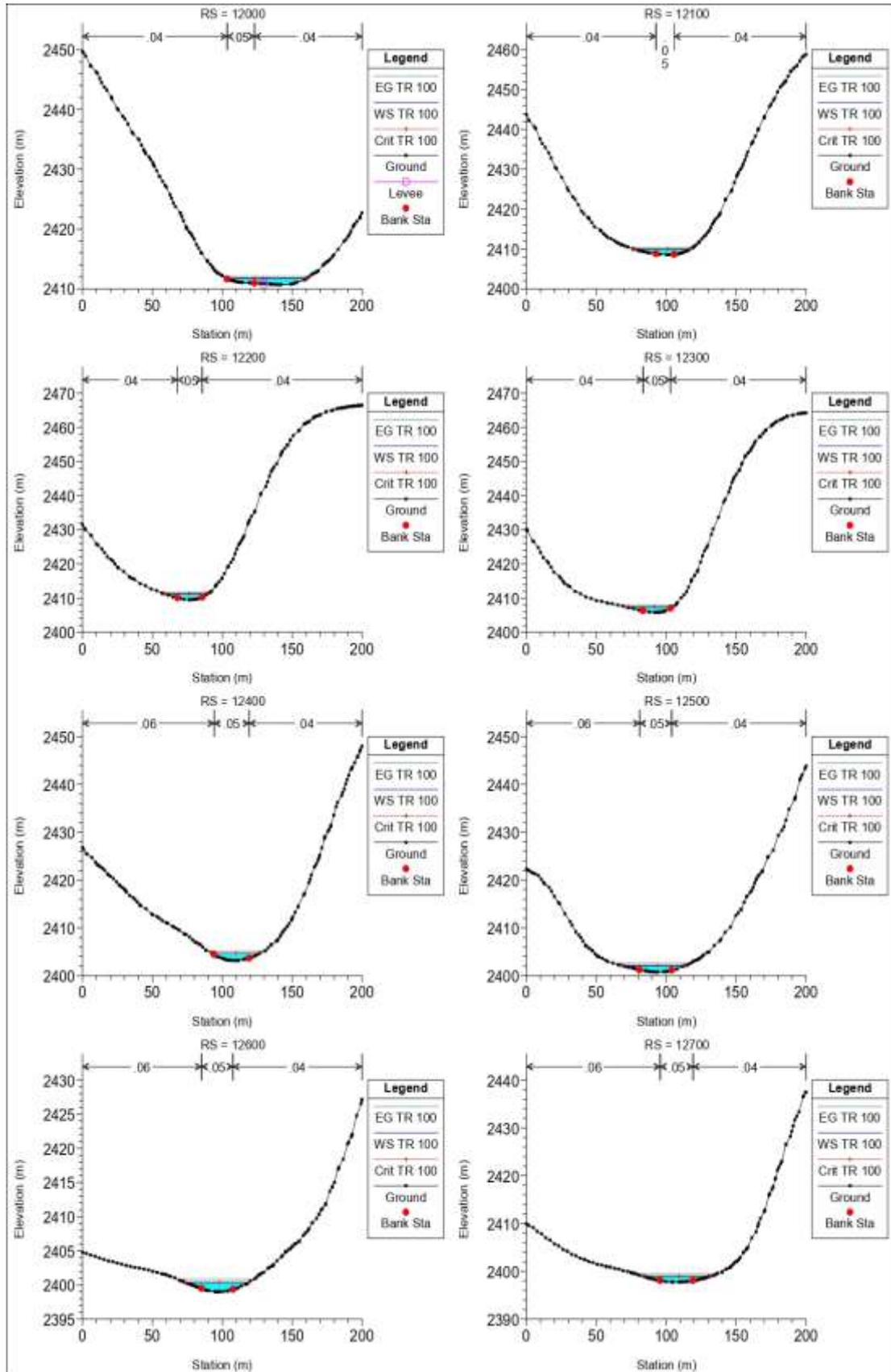


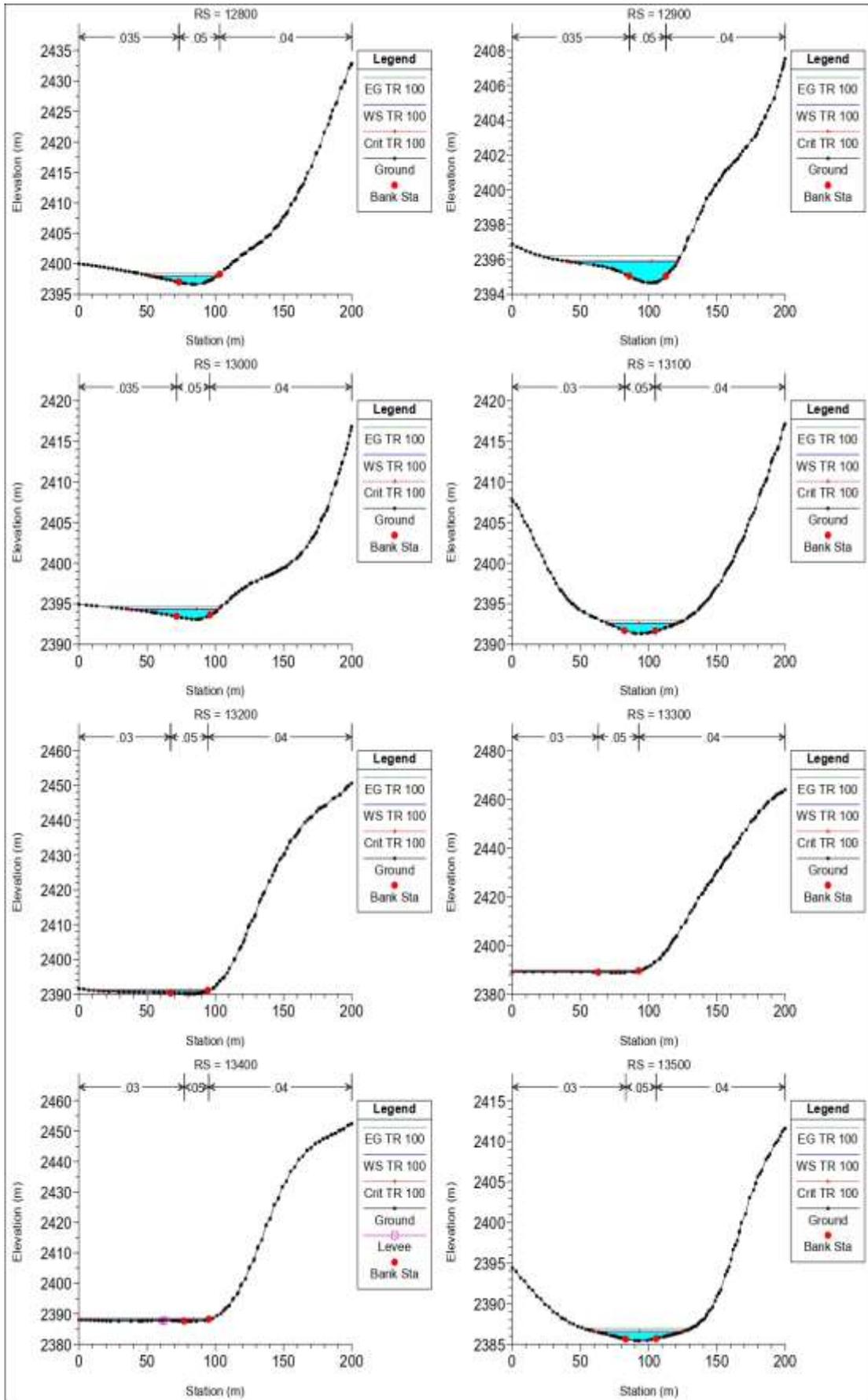


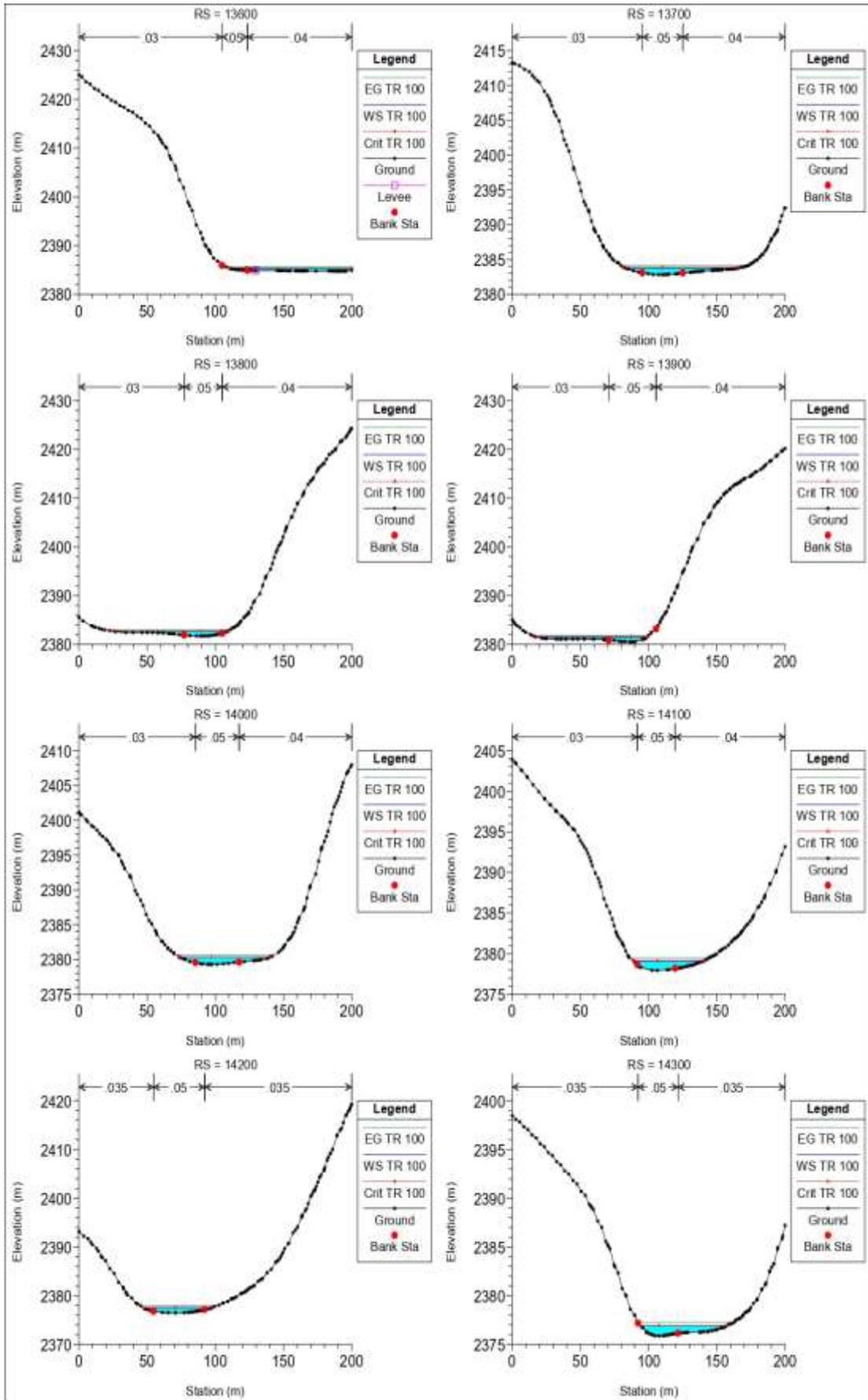


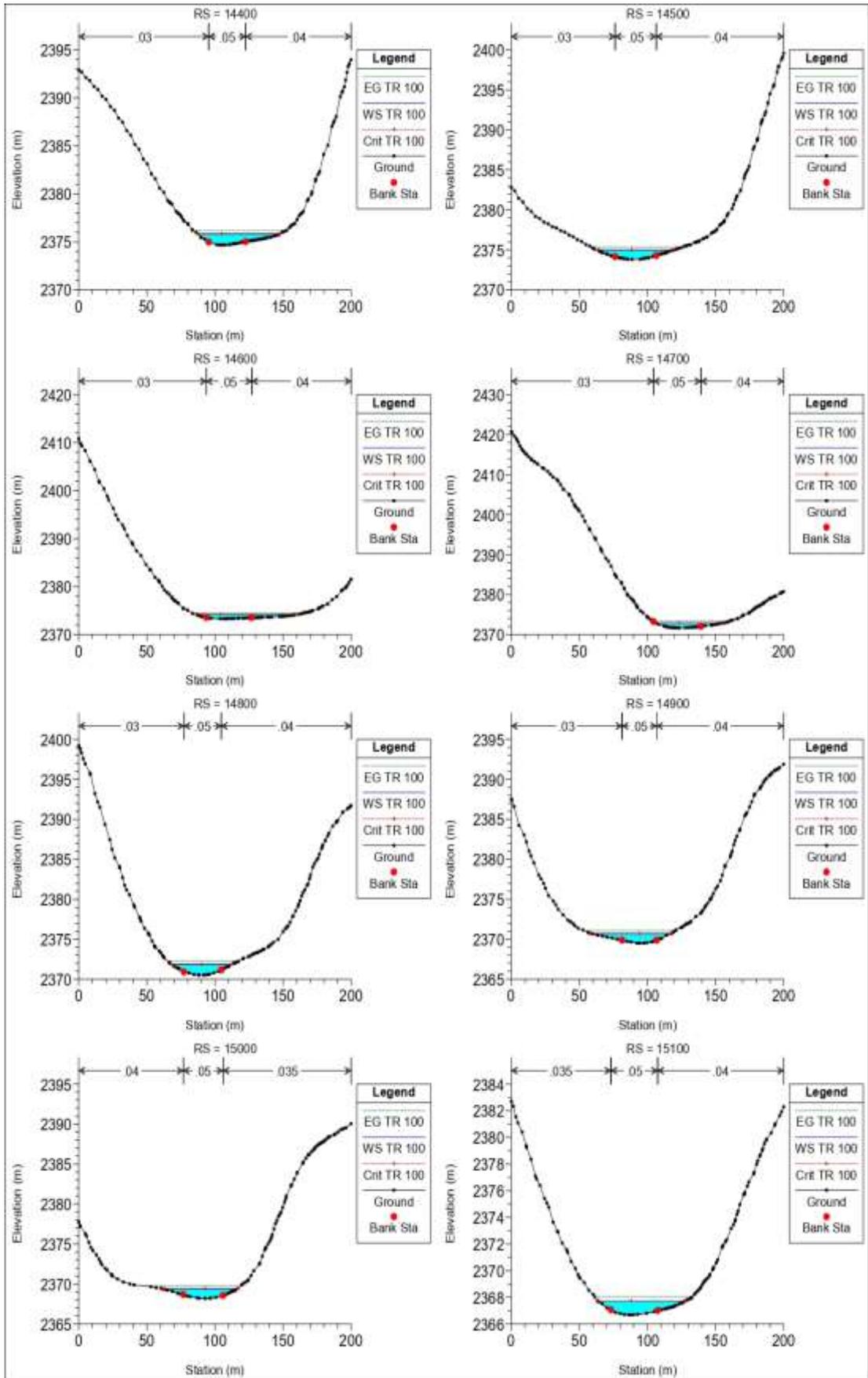
Realizado por: José León

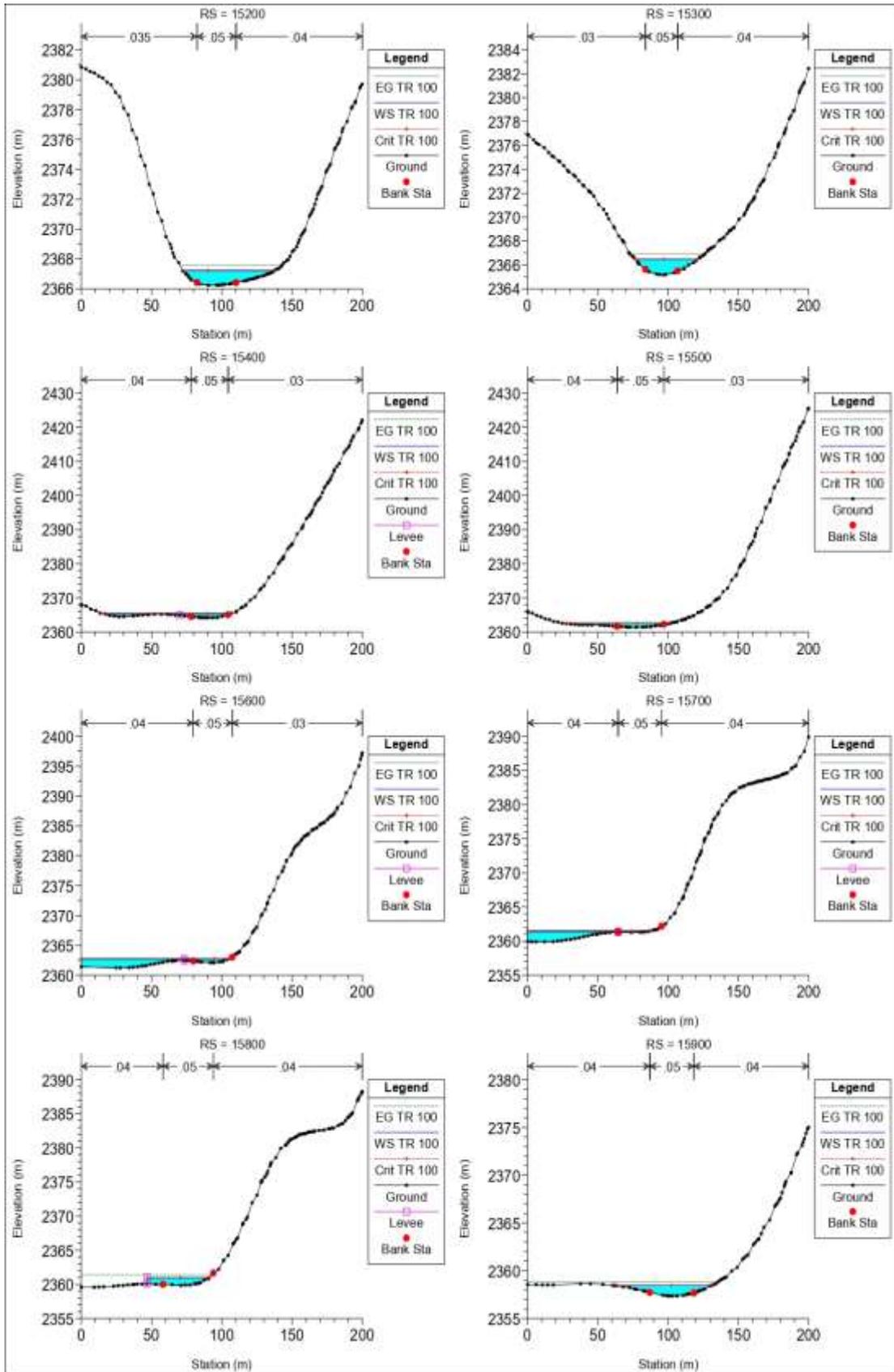
Figura 49. Secciones Transversales para Tr 100 años





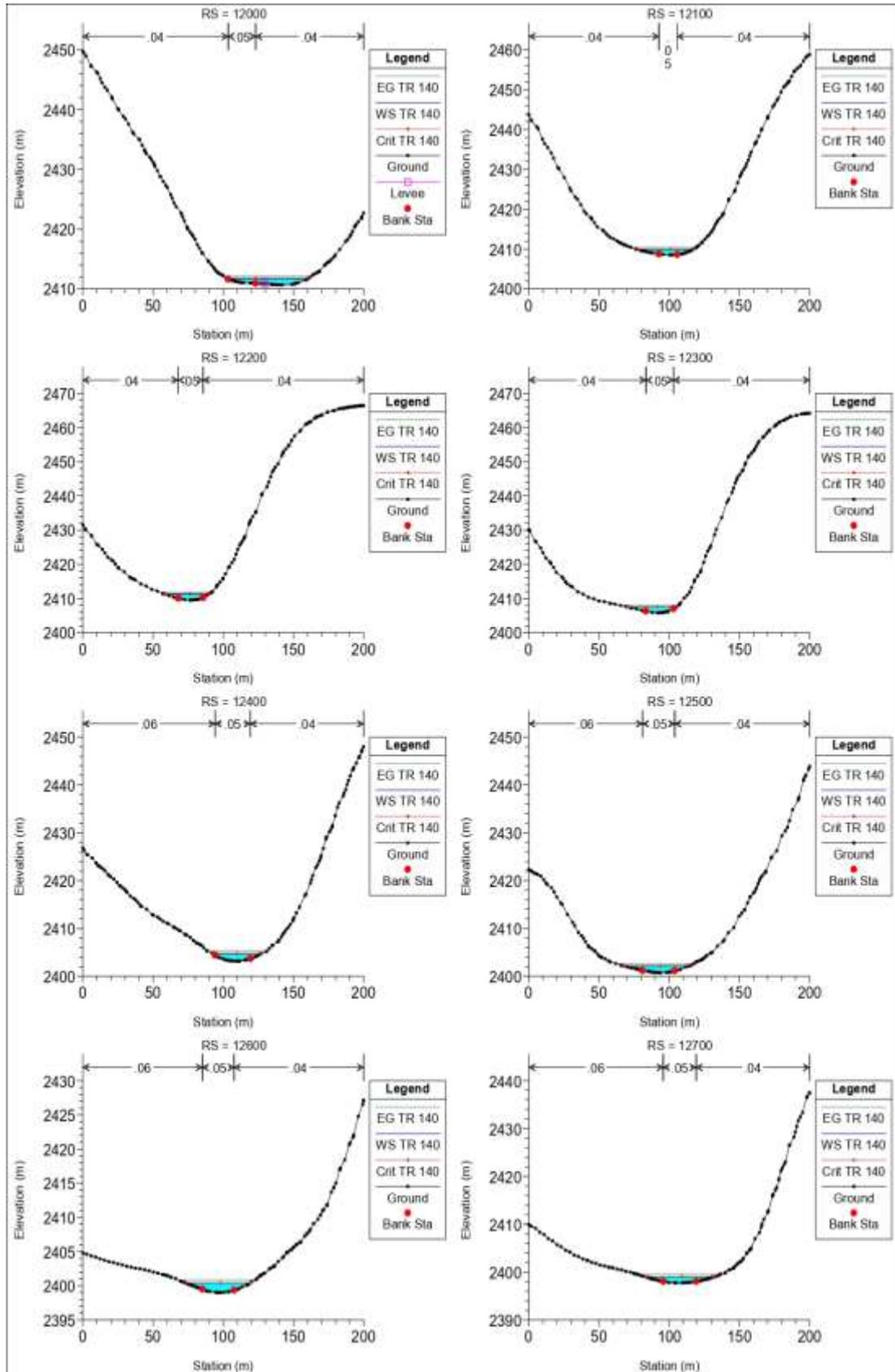


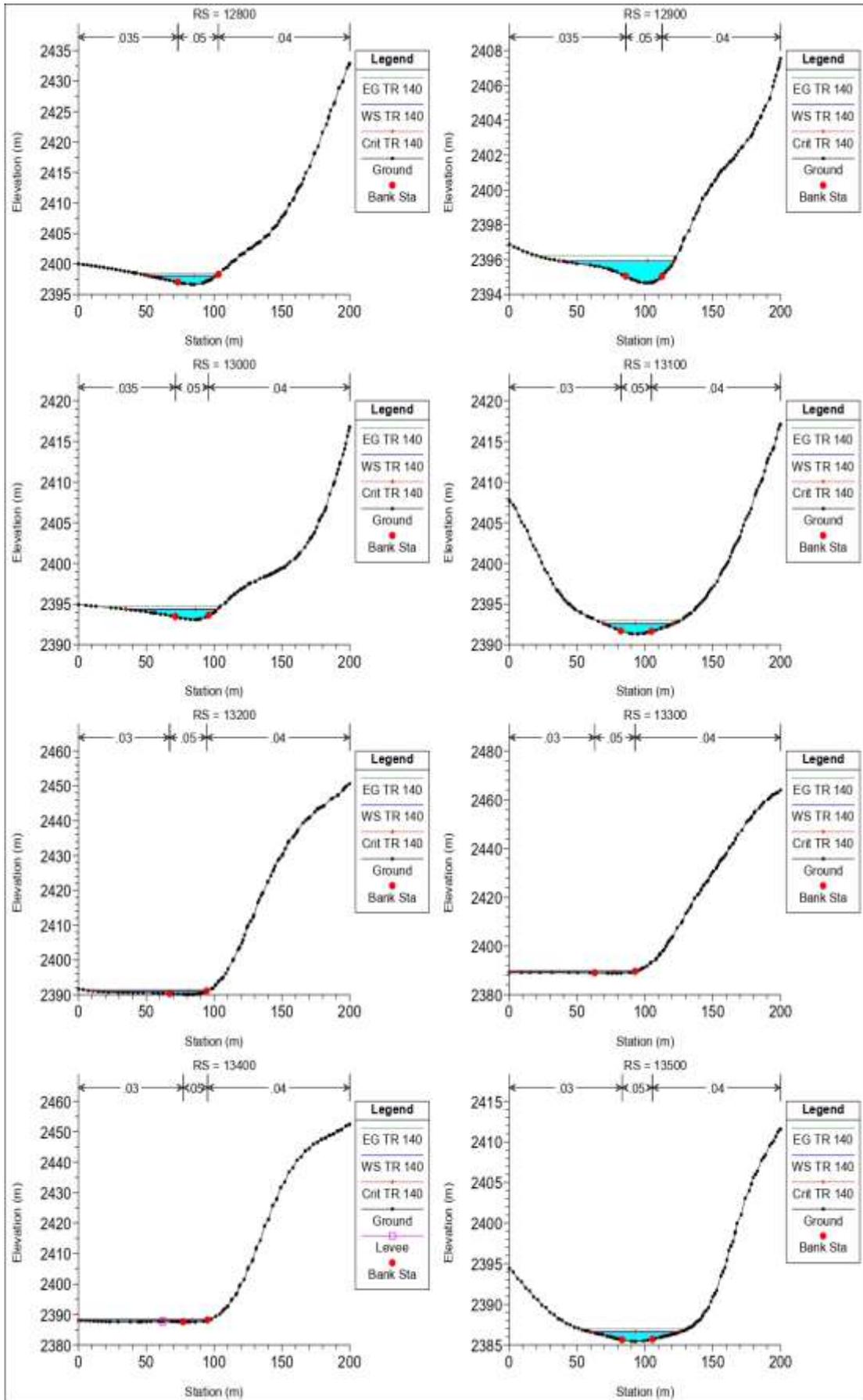


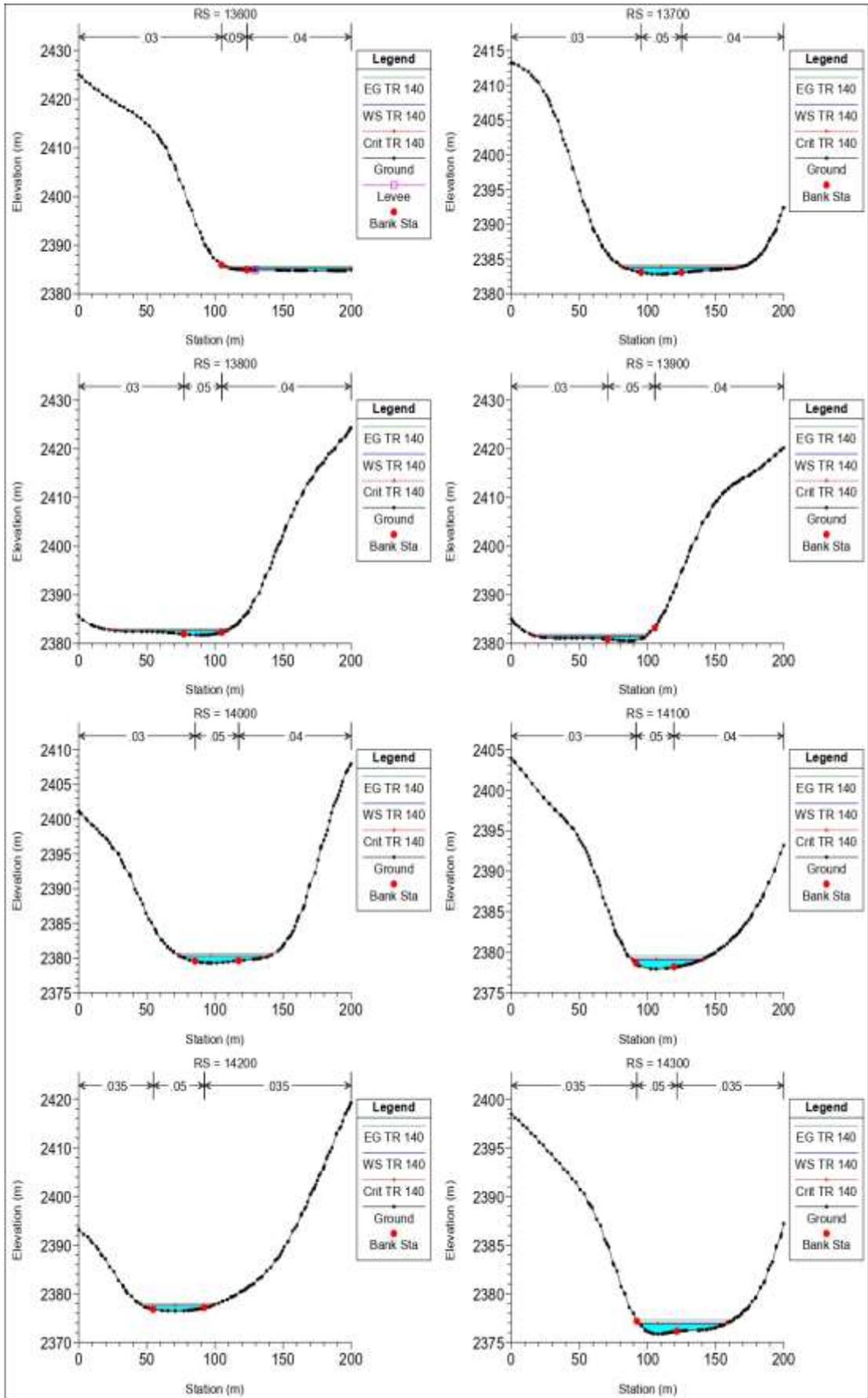


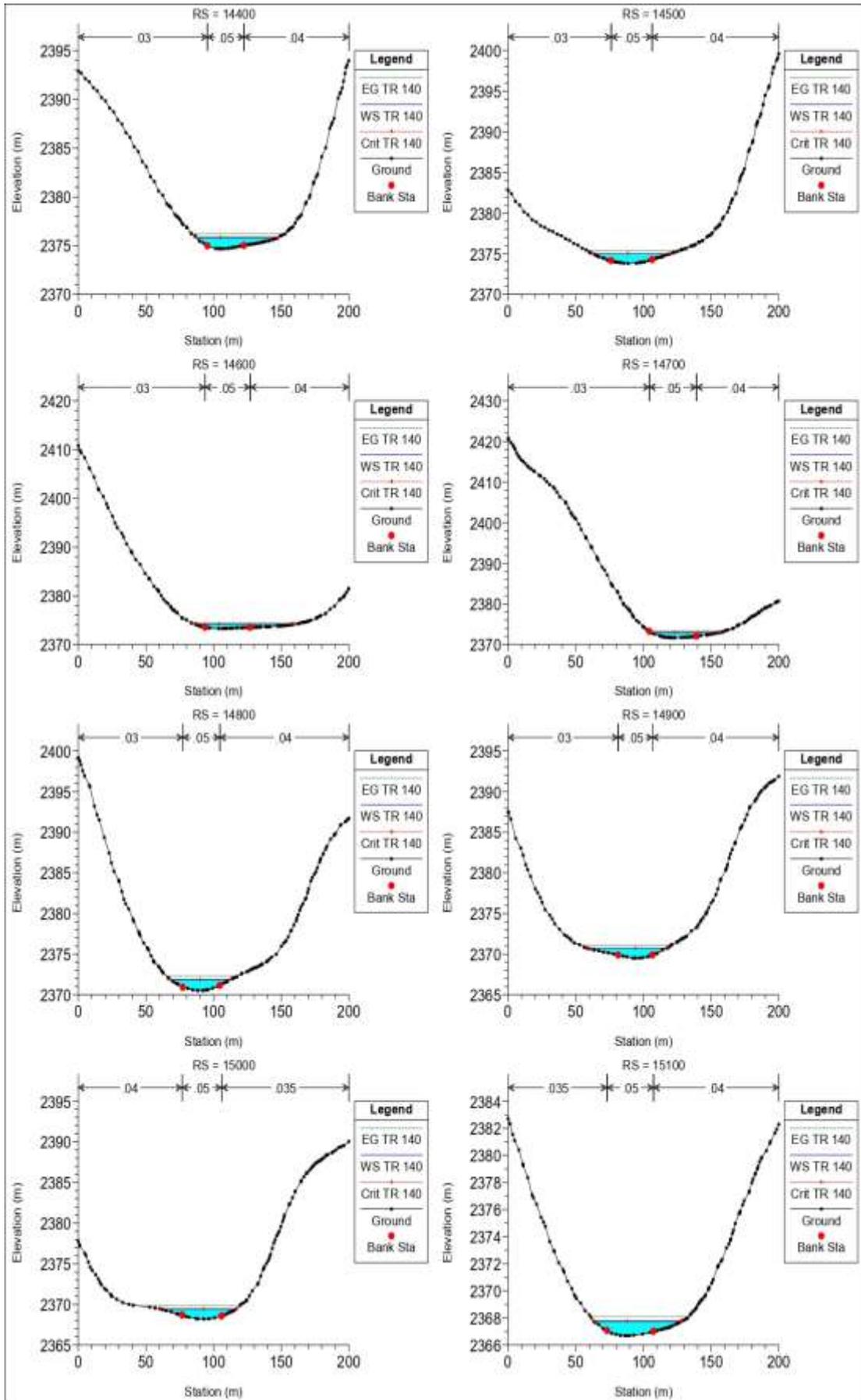
Realizado por: José León

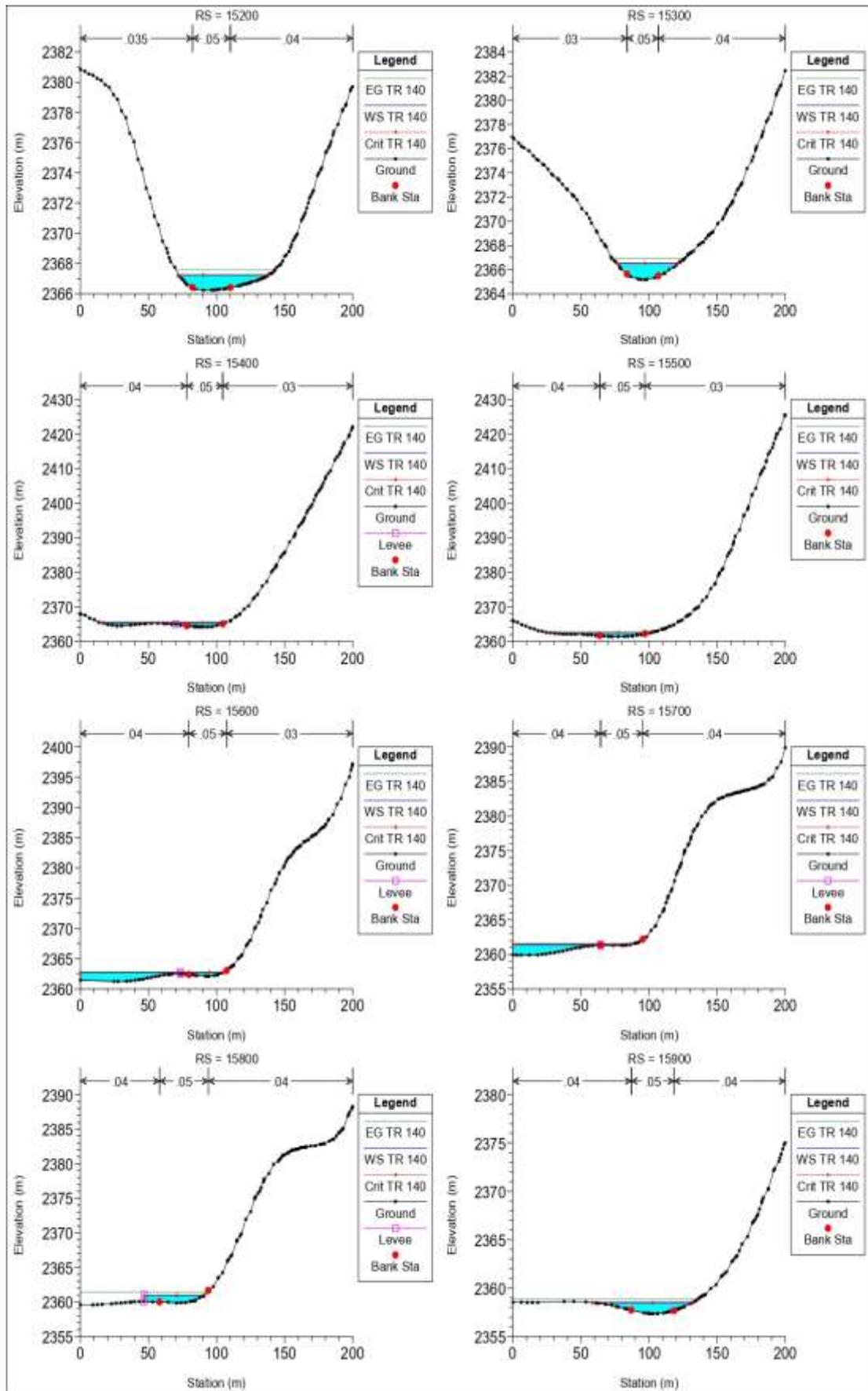
Figura 50. Secciones Transversales para Tr 140 años











Realizado por: José León

ANEXO C. FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Vegetación y Cultivos de la zona.



Realizado por: José León

Fotografía 2. Estructura al borde del río.



Realizado por: José León

Fotografía 3. Reconocimiento de Campo.



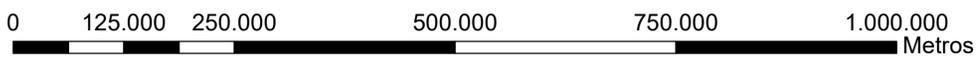
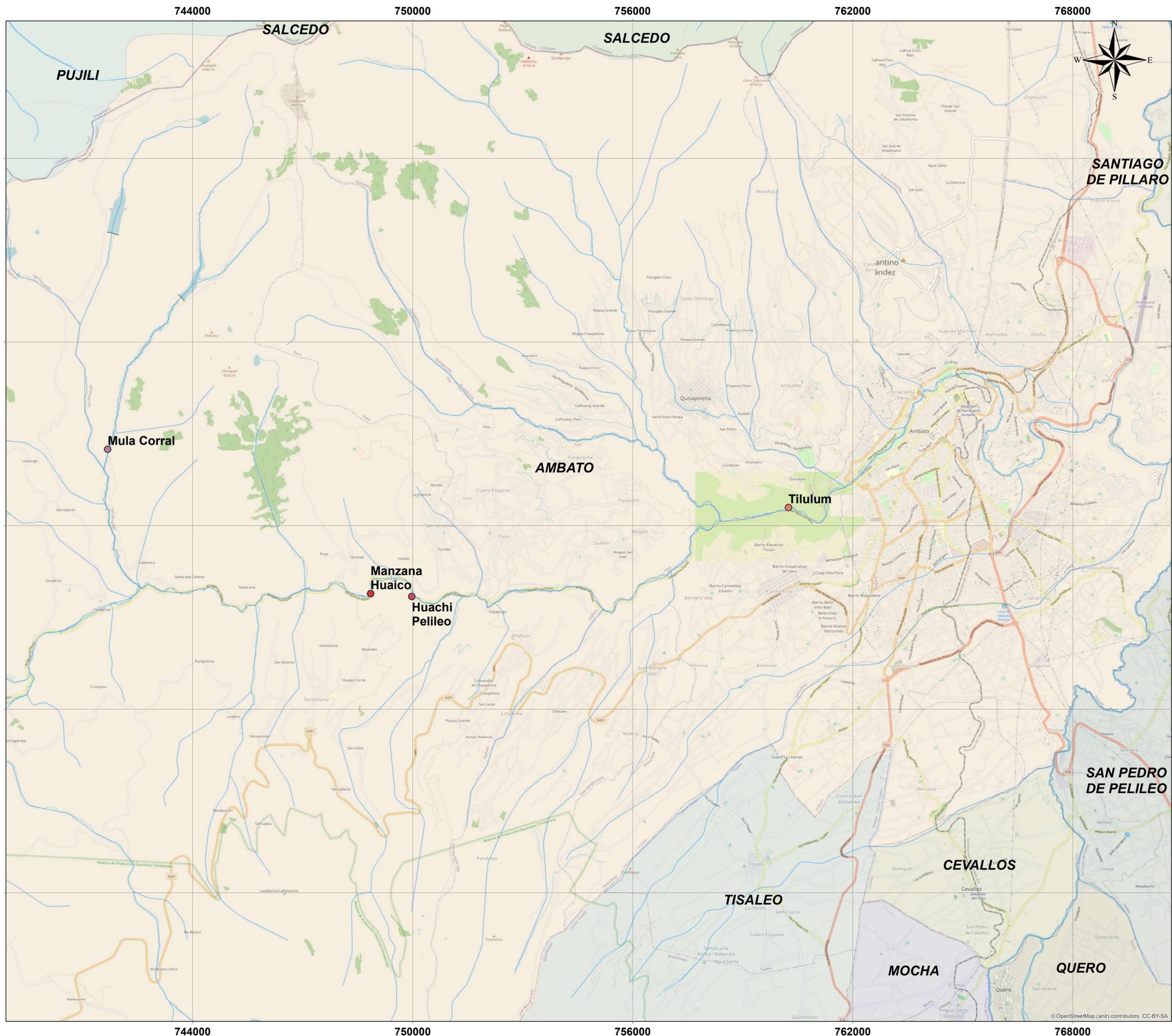
Realizado por: José León

Fotografía 4. Puente Paso Lateral.



Realizado por: José León

ANEXO D. PLANOS



UBICACIÓN



Leyenda

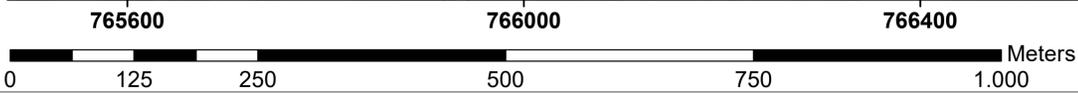
Estaciones Hidrológicas	Cantones
● Huachi Pelileo	 AMBATO
● Manzana Huaico	 CEVALLOS
● Mula Corral	 PUJILI
● Tilulum	 QUERO
— Rios	 TISALEO
	 SALCEDO
	 SAN PEDRO DE PELILEO
	 SANTIAGO DE PILLARO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

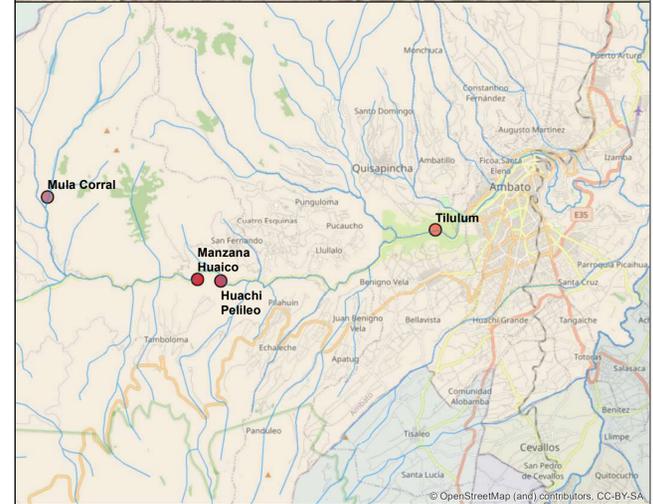
CONTIENE: UBICACION GENERAL DEL PROYECTO

ELABORADO POR: JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA	TUTOR: ING. GEOVANNY PAREDES
---	---------------------------------

FECHA: 10 / JUNIO / 2020	LAMINA: D - 1	PROYECCION: UTM WGS - 84
-----------------------------	------------------	--------------------------------



UBICACIÓN



Leyenda

Estaciones Hidrológicas

- Huachi Pelileo
- Manzana Huaico
- Mula Corral
- Titulum

Rios

- Rios

Puntos

- Pto. Final
- Pto. Inicial

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

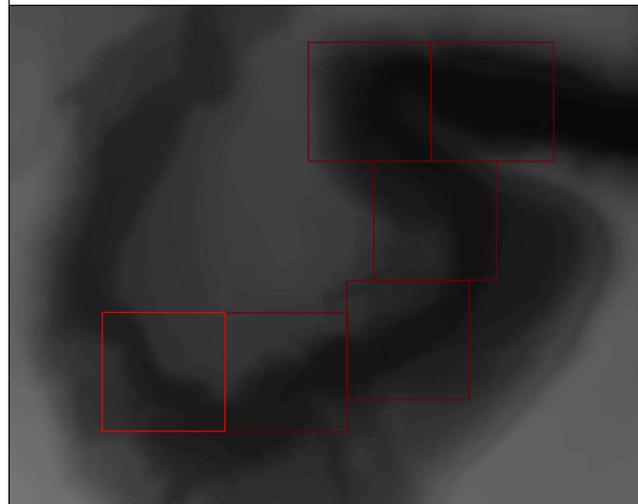
CONTIENE: UBICACIÓN ESPECÍFICA DEL PROYECTO		
ELABORADO POR: JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA	TUTOR: ING. GEOVANNY PAREDES	
FECHA: 10 / JUNIO / 2020	LAMINA: D - 2	PROYECCION: UTM WGS - 84



UBICACIÓN



MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

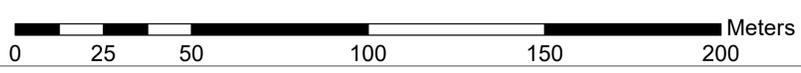
- | | |
|--|--|
|  Río | Curvas de Nivel |
|  Pto. Final |  Mayor cada 10m |
|  Pto. Inicial |  Menor cada 2m |


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 

CONTIENE: ORTOFOTO Y MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

ELABORADO POR: JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA	TUTOR: ING. GEOVANNY PAREDES
---	---------------------------------

FECHA: 16 / JUNIO / 2020	LAMINA: D - 3	ESCALA: 1:1.000
-----------------------------	------------------	--------------------



MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

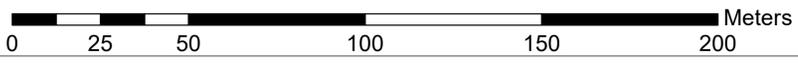
- Río
- Pto. Final
- Pto. Inicial
- Curvas de Nivel Mayor cada 10m
- Menor cada 2m


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 

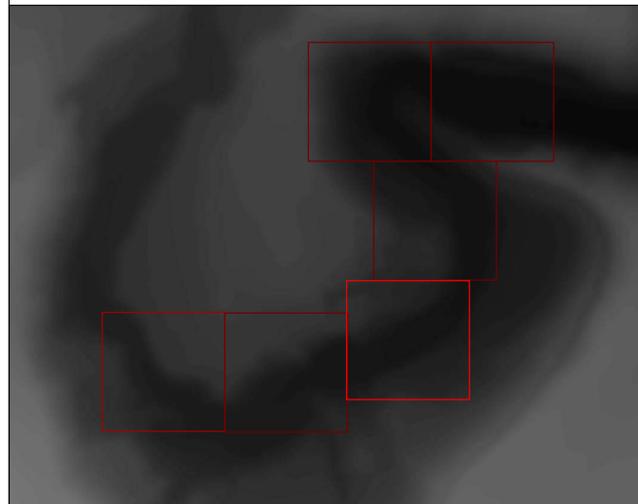
CONTIENE: ORTOFOTO Y MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

ELABORADO POR: JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA TUTOR: ING. GEOVANNY PAREDES

FECHA: 16 / JUNIO / 2020 LAMINA: D - 4 ESCALA: 1:1.000



MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

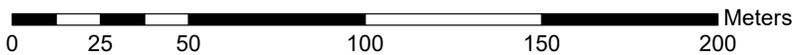
- Río
- Pto. Final
- Pto. Inicial
- Curvas de Nivel**
- Mayor cada 10m
- Menor cada 2m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE: ORTOFOTO Y MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

ELABORADO POR: JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA	TUTOR: ING. GEOVANNY PAREDES
---	---------------------------------

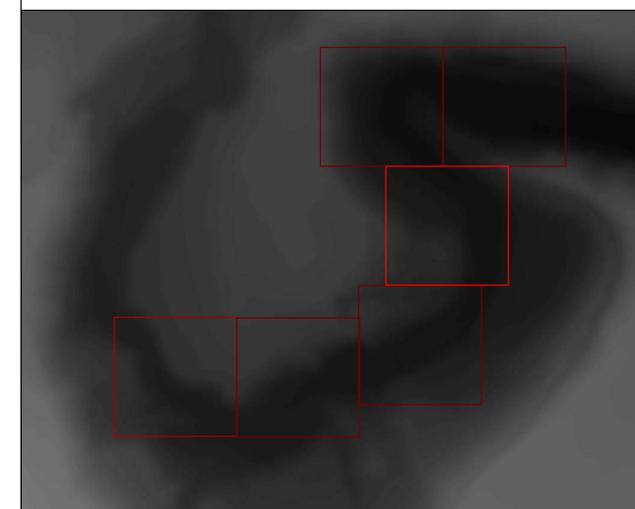
FECHA: 16 / JUNIO / 2020	LAMINA: D - 5	ESCALA: 1:1.000
-----------------------------	------------------	--------------------



UBICACIÓN



MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

- | | |
|--|--|
|  Río | Curvas de Nivel |
|  Pto. Final |  Mayor cada 10m |
|  Pto. Inicial |  Menor cada 2m |



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



CONTIENE: ORTOFOTO Y MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

ELABORADO POR:
 JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA

TUTOR:
 ING. GEOVANNY PAREDES

FECHA:
 16 / JUNIO / 2020

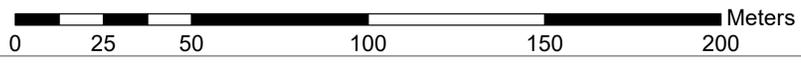
LAMINA:
 D - 6

ESCALA:
 1:1.000

766600 766700 766800 766900 767000 767100



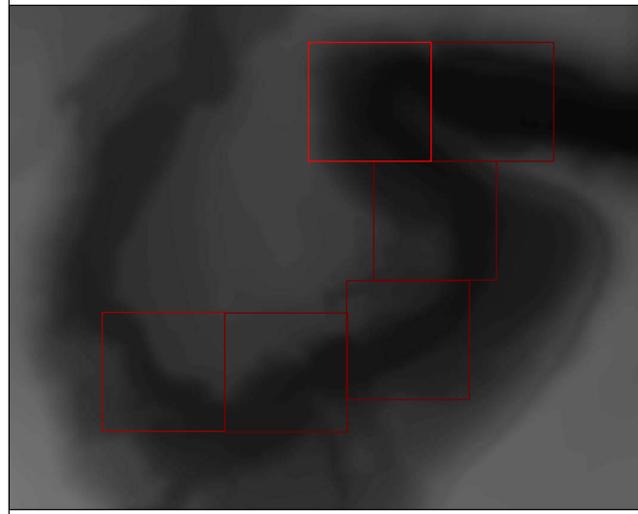
766600 766700 766800 766900 767000 767100



UBICACIÓN



MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

- Río
- Pto. Final
- Pto. Inicial
- Curvas de Nivel**
- Mayor cada 10m
- Menor cada 2m


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 

CONTIENE: ORTOFOTO Y MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

ELABORADO POR: JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA	TUTOR: ING. GEOVANNY PAREDES
---	---------------------------------

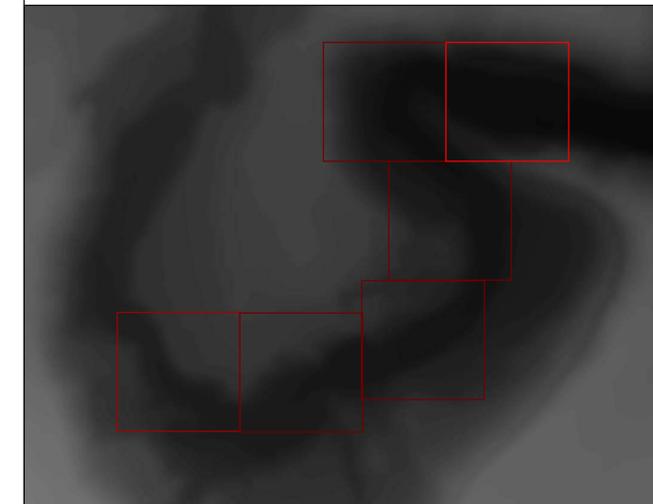
FECHA: 16 / JUNIO / 2020	LAMINA: D - 7	ESCALA: 1:1.000
-----------------------------	------------------	--------------------



UBICACIÓN



MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

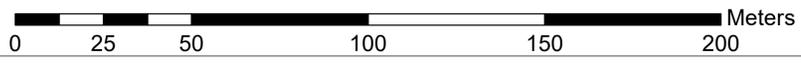
- Río
- Pto. Final
- Pto. Inicial
- Curvas de Nivel Mayor cada 10m
- Menor cada 2m

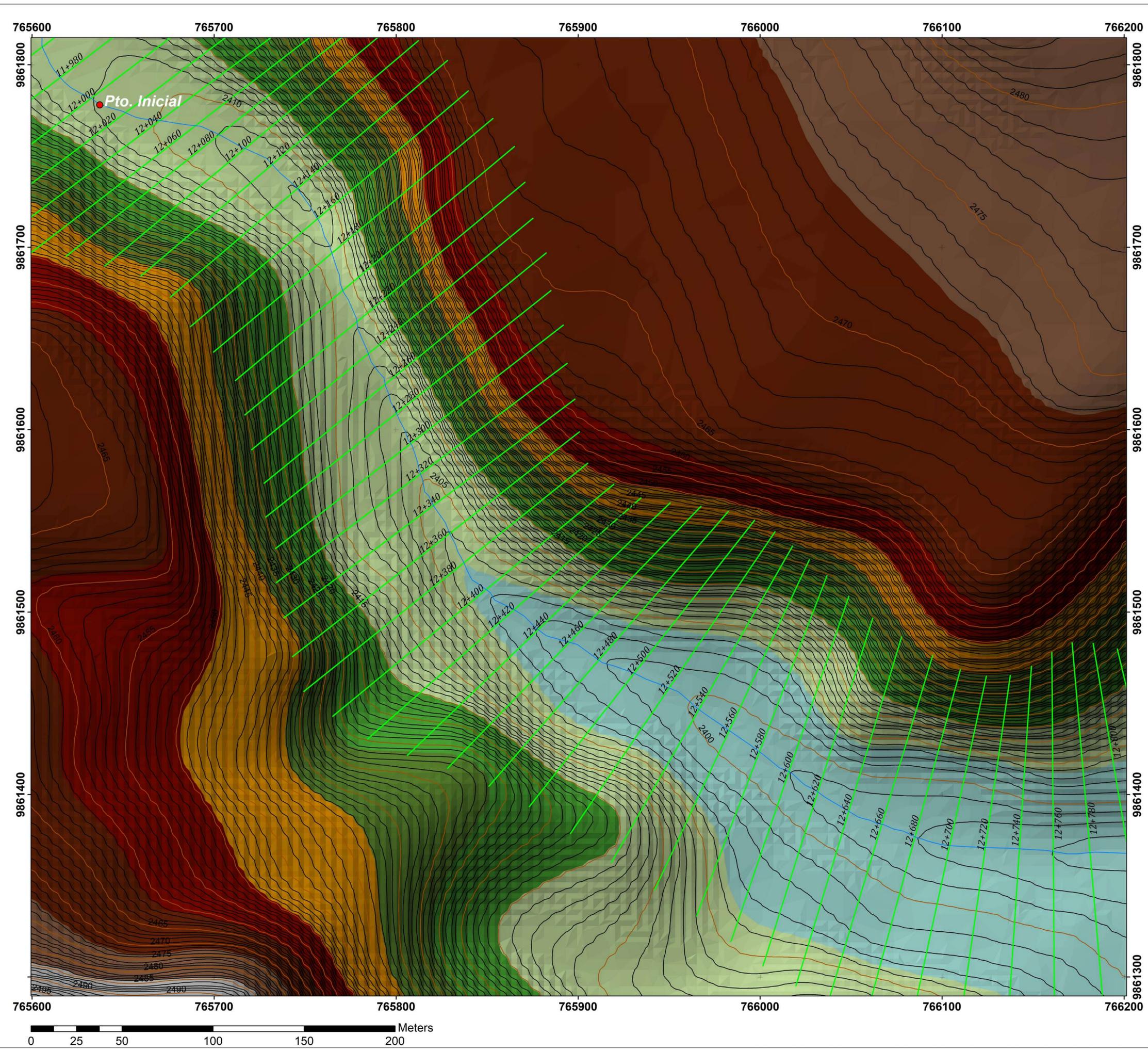
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE: ORTOFOTO Y MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

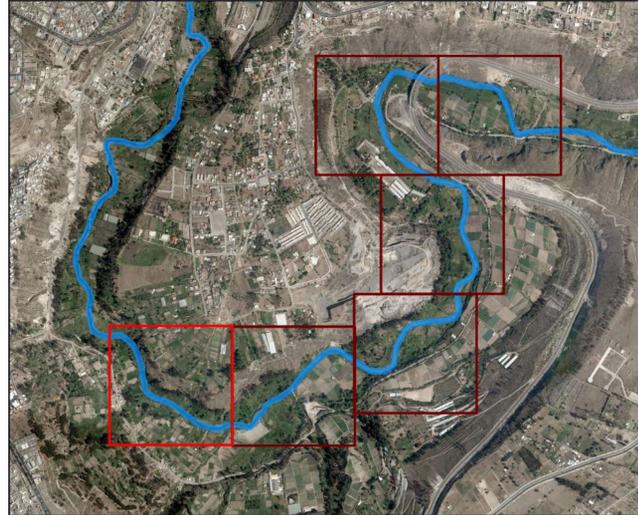
ELABORADO POR: JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA	TUTOR: ING. GEOVANNY PAREDES
---	---------------------------------

FECHA: 16 / JUNIO / 2020	LAMINA: D - 8	ESCALA: 1:1.000
-----------------------------	------------------	--------------------





UBICACIÓN



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Legenda

- Pto. Final
- Pto. Inicial
- Eje del Río
- Secciones Transversales

Curvas de Nivel

- Mayores cada 5m
- Menores cada 1m

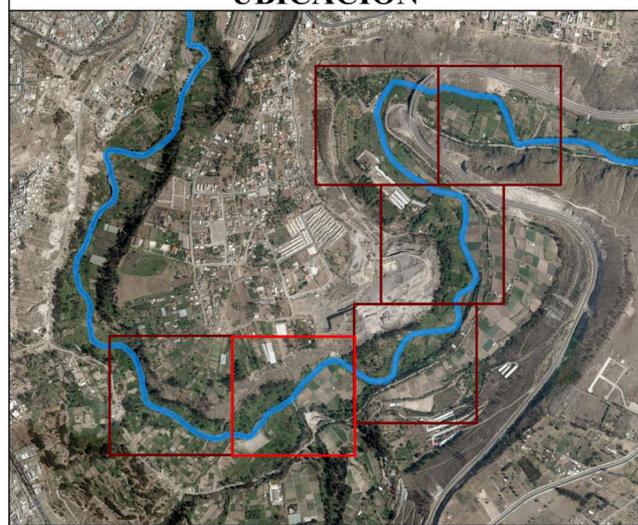
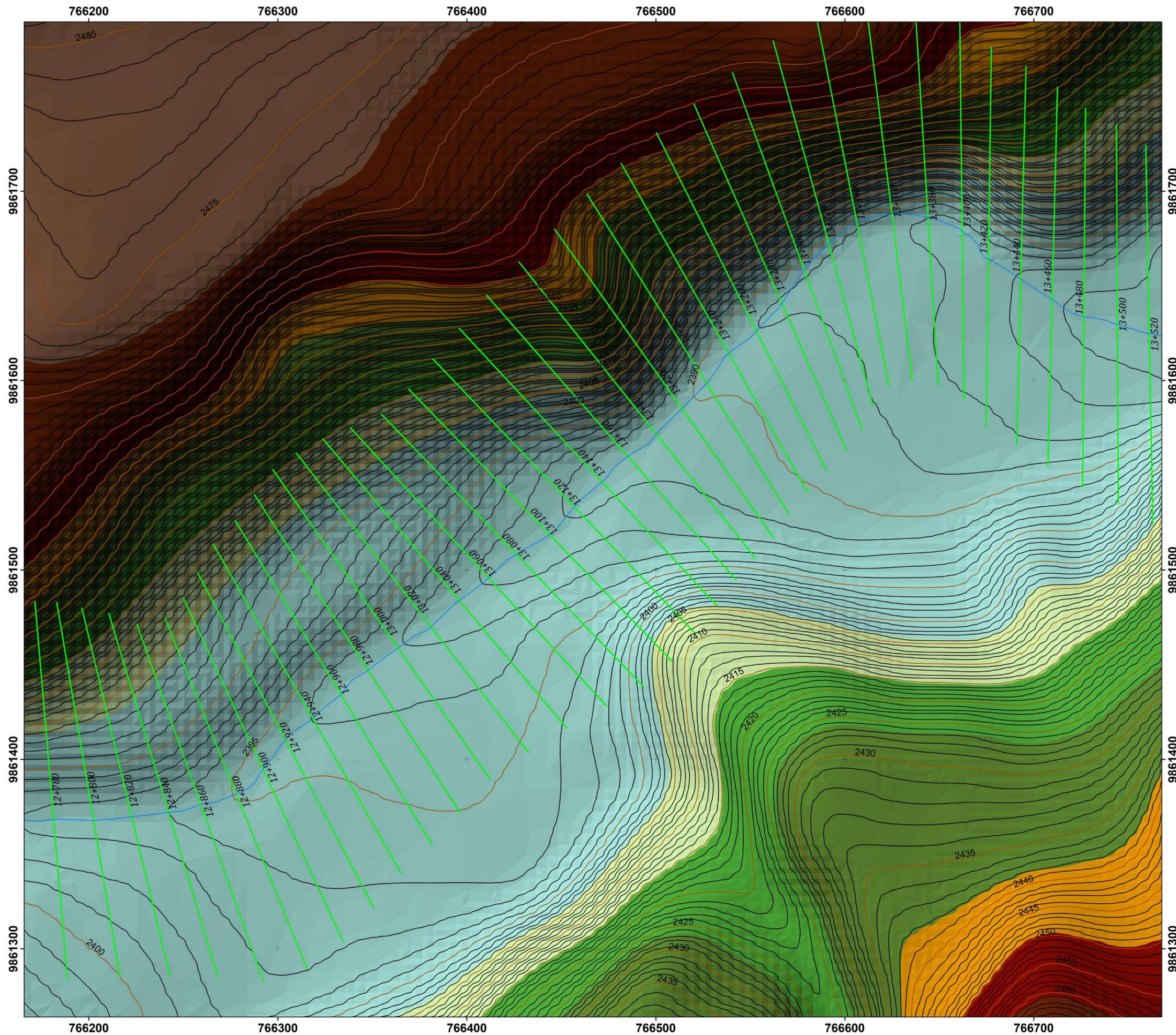
Superficie

Elevación

- 2495,664 - 3070,803
- 2484,154 - 2495,664
- 2472,644 - 2484,154
- 2461,135 - 2472,644
- 2449,625 - 2461,135
- 2438,116 - 2449,625
- 2426,606 - 2438,116
- 2415,097 - 2426,606
- 2403,587 - 2415,097
- 2295,834 - 2403,587


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 

CONTIENE:		
SUPERFICIE DEL PROYECTO		
ELABORADO POR:	TUTOR:	
JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA	ING. GEOVANNY PAREDES	
FECHA:	LAMINA:	ESCALA:
20 / JUNIO / 2020	D - 9	1:1.000



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Legenda

- Pto. Final
- Pto. Inicial
- Eje del Río
- Secciones Transversales

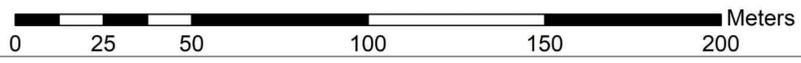
Curvas de Nivel

- Mayores cada 5m
- Menores cada 1m

Superficie

Elevación

- 2495,664 - 3070,803
- 2484,22 - 2495,664
- 2472,7 - 2484,22
- 2461,033 - 2472,7
- 2449,708 - 2461,033
- 2438,184 - 2449,708
- 2426,553 - 2438,184
- 2415,179 - 2426,553
- 2403,685 - 2415,179
- 2295,834 - 2403,685

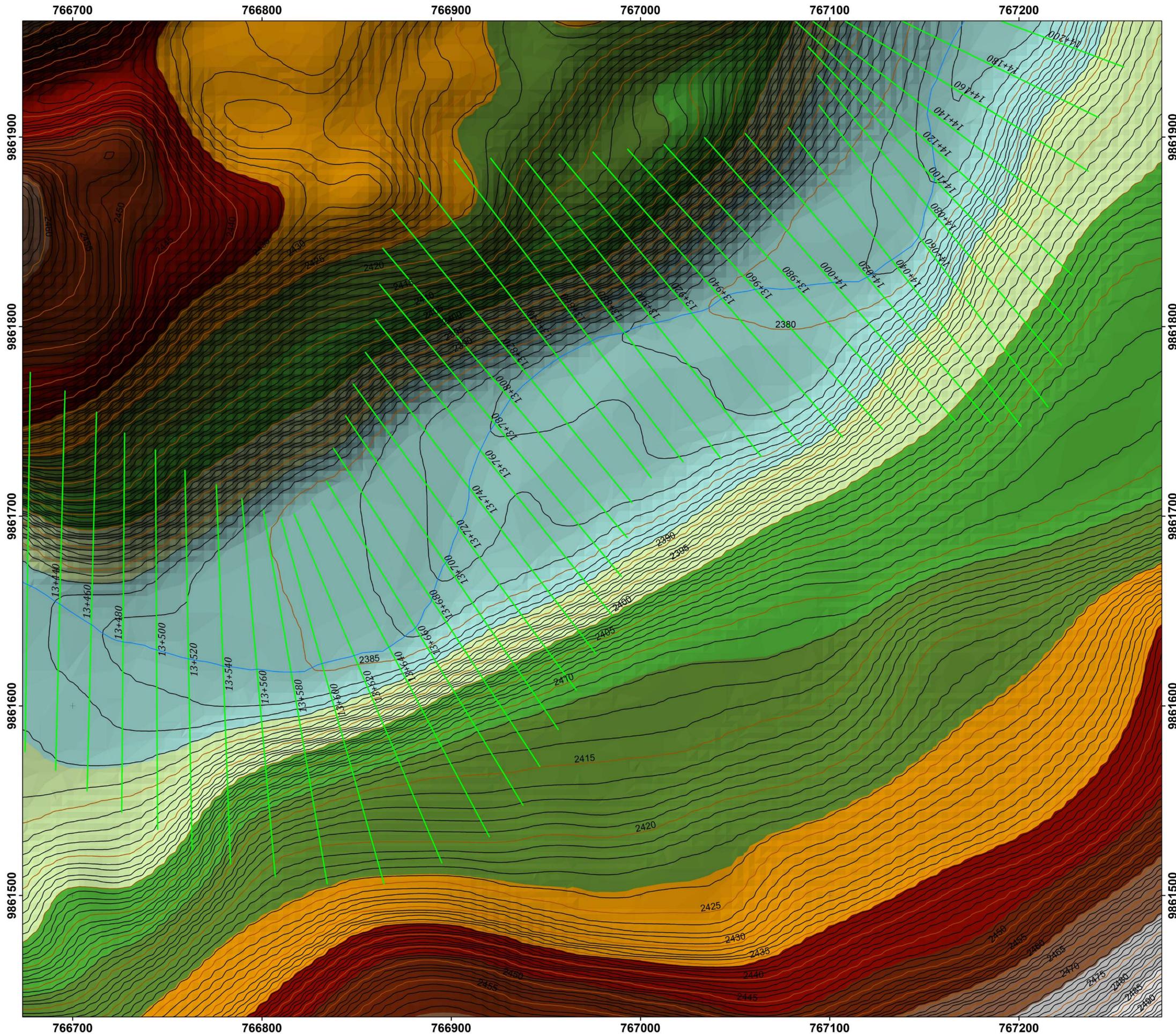



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE: ORTOFOTO Y MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

ELABORADO POR: JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA
 TUTOR: ING. GEOVANNY PAREDES

FECHA: 20 / JUNIO / 2020
 LAMINA: D - 10
 ESCALA: 1:1.000



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

- Pto. Final
- Pto. Inicial
- Eje del Río
- Secciones Transversales

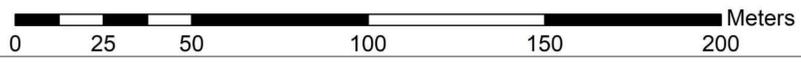
Curvas de Nivel

- Mayores cada 5m
- Menores cada 1m

Superficie

Elevación

- 2483,281 - 3070,803
- 2471,382 - 2483,281
- 2459,484 - 2471,382
- 2447,585 - 2459,484
- 2435,687 - 2447,585
- 2423,788 - 2435,687
- 2411,889 - 2423,788
- 2399,991 - 2411,889
- 2388,092 - 2399,991
- 2295,834 - 2388,092

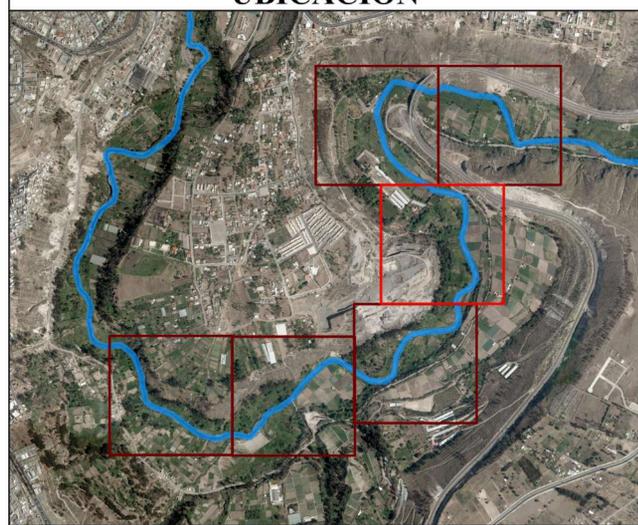
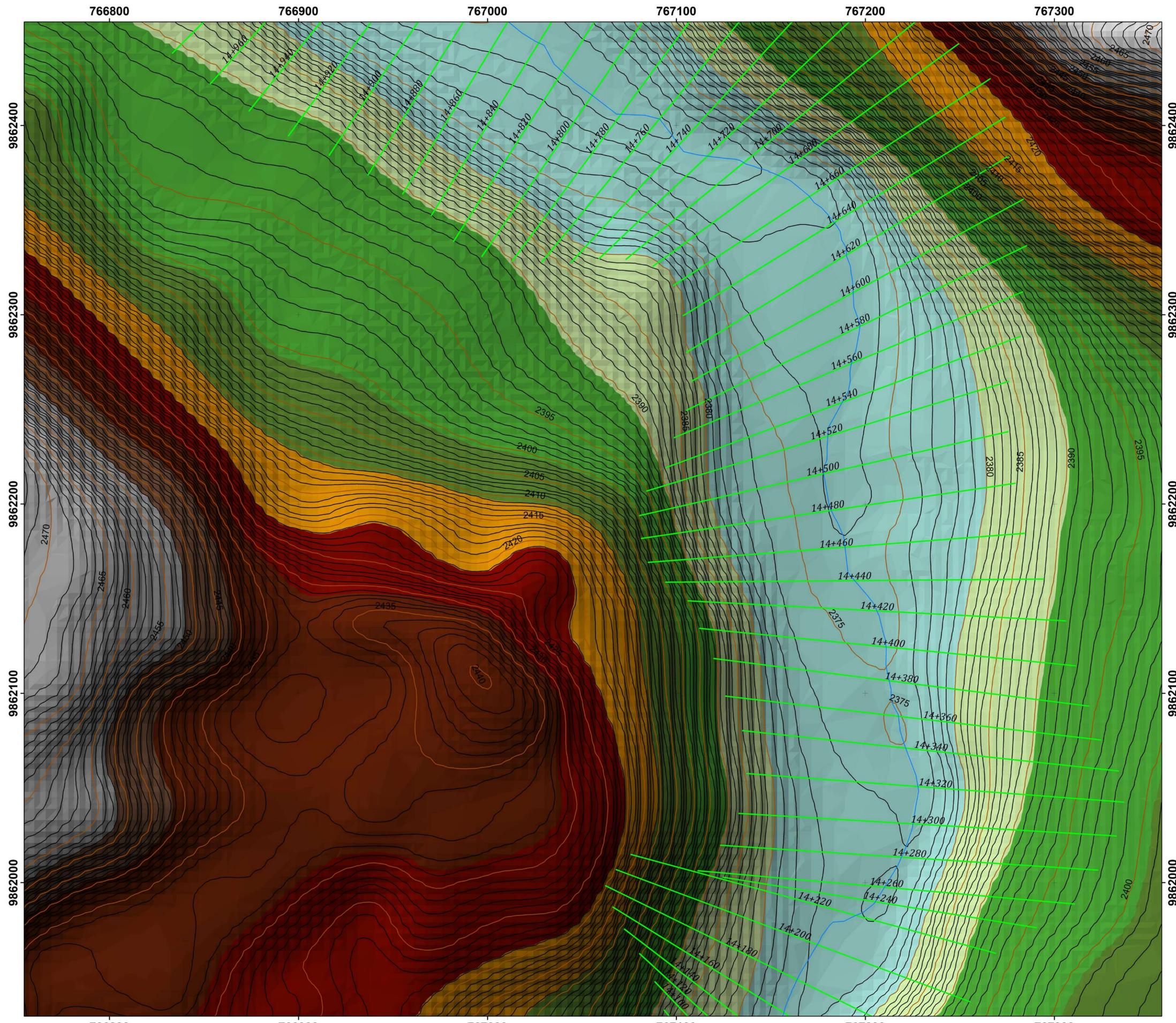



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 

CONTIENE: ORTOFOTO Y MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

ELABORADO POR: JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA
 TUTOR: ING. GEOVANNY PAREDES

FECHA: 20 / JUNIO / 2020
 LAMINA: D - 11
 ESCALA: 1:1.000



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

- Pto. Final
- Pto. Inicial
- Eje del Río
- Secciones Transversales

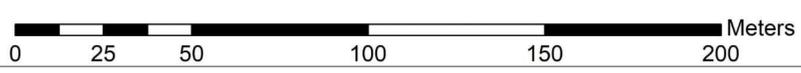
Curvas de Nivel

- Mayores cada 5m
- Menores cada 1m

Superficie

Elevación

- 2462,176 - 3070,803
- 2451,911 - 2462,176
- 2441,647 - 2451,911
- 2431,382 - 2441,647
- 2421,117 - 2431,382
- 2410,852 - 2421,117
- 2400,587 - 2410,852
- 2390,322 - 2400,587
- 2380,057 - 2390,322
- 2295,834 - 2380,057




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE: ORTOFOTO Y MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

ELABORADO POR: JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA
 TUTOR: ING. GEOVANNY PAREDES

FECHA: 20 / JUNIO / 2020
 LAMINA: D - 12
 ESCALA: 1:1.000

766600

766700

766800

766900

767000

767100

9862900

9862800

9862700

9862600

9862500

9862900

9862800

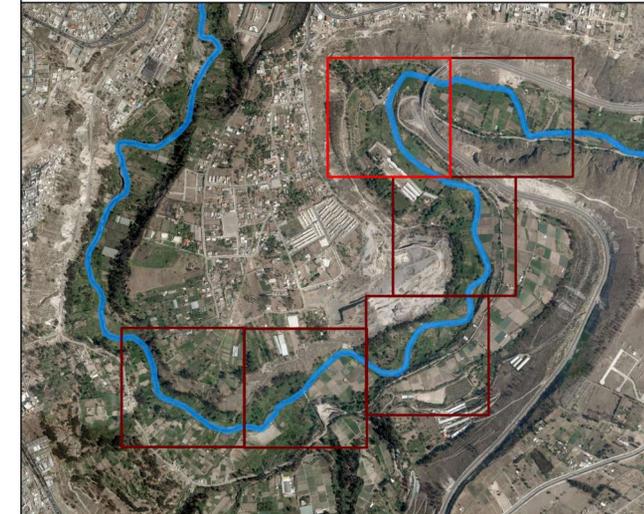
9862700

9862600

9862500



UBICACIÓN



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Legenda

- Pto. Final
- Pto. Inicial
- Eje del Río
- Secciones Transversales

Curvas de Nivel

- Mayores cada 5m
- Menores cada 1m

Superficie

Elevación

- 2488,536 - 3070,803
- 2474,298 - 2488,536
- 2460,061 - 2474,298
- 2445,823 - 2460,061
- 2431,586 - 2445,823
- 2417,348 - 2431,586
- 2393,111 - 2417,348
- 2385,873 - 2393,111
- 2374,635 - 2385,873
- 2295,834 - 2374,635



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



CONTIENE: ORTOFOTO Y MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

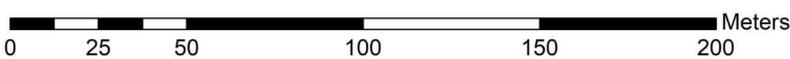
ELABORADO POR:
 JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA

TUTOR:
 ING. GEOVANNY PAREDES

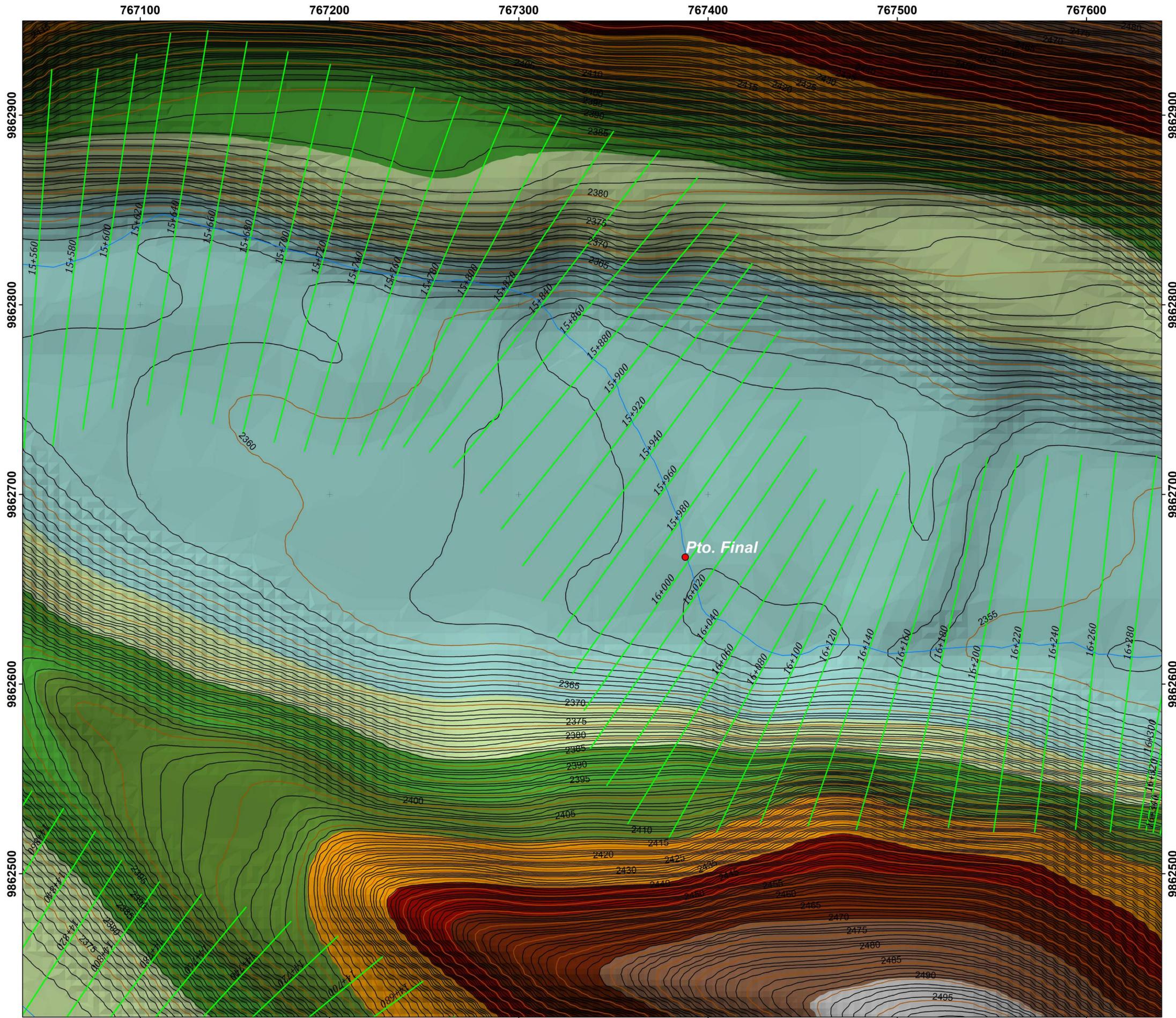
FECHA:
 20 / JUNIO / 2020

LAMINA:
 D - 13

ESCALA:
 1:1.000



0 25 50 100 150 200 Meters



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Legenda

- Pto. Final
- Pto. Inicial
- Eje del Río
- Secciones Transversales

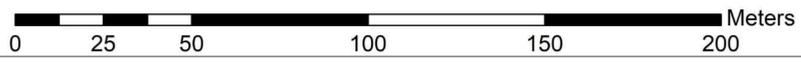
Curvas de Nivel

- Mayores cada 5m
- Menores cada 1m

Superficie

Elevación

- 3003,986 - 3070,803
- 2489,531 - 3003,986
- 2469,076 - 2489,531
- 2450,622 - 2469,076
- 2436,167 - 2450,622
- 2411,712 - 2436,167
- 2397,258 - 2411,712
- 2382,803 - 2397,258
- 2368,348 - 2382,803
- 2295,834 - 2368,348

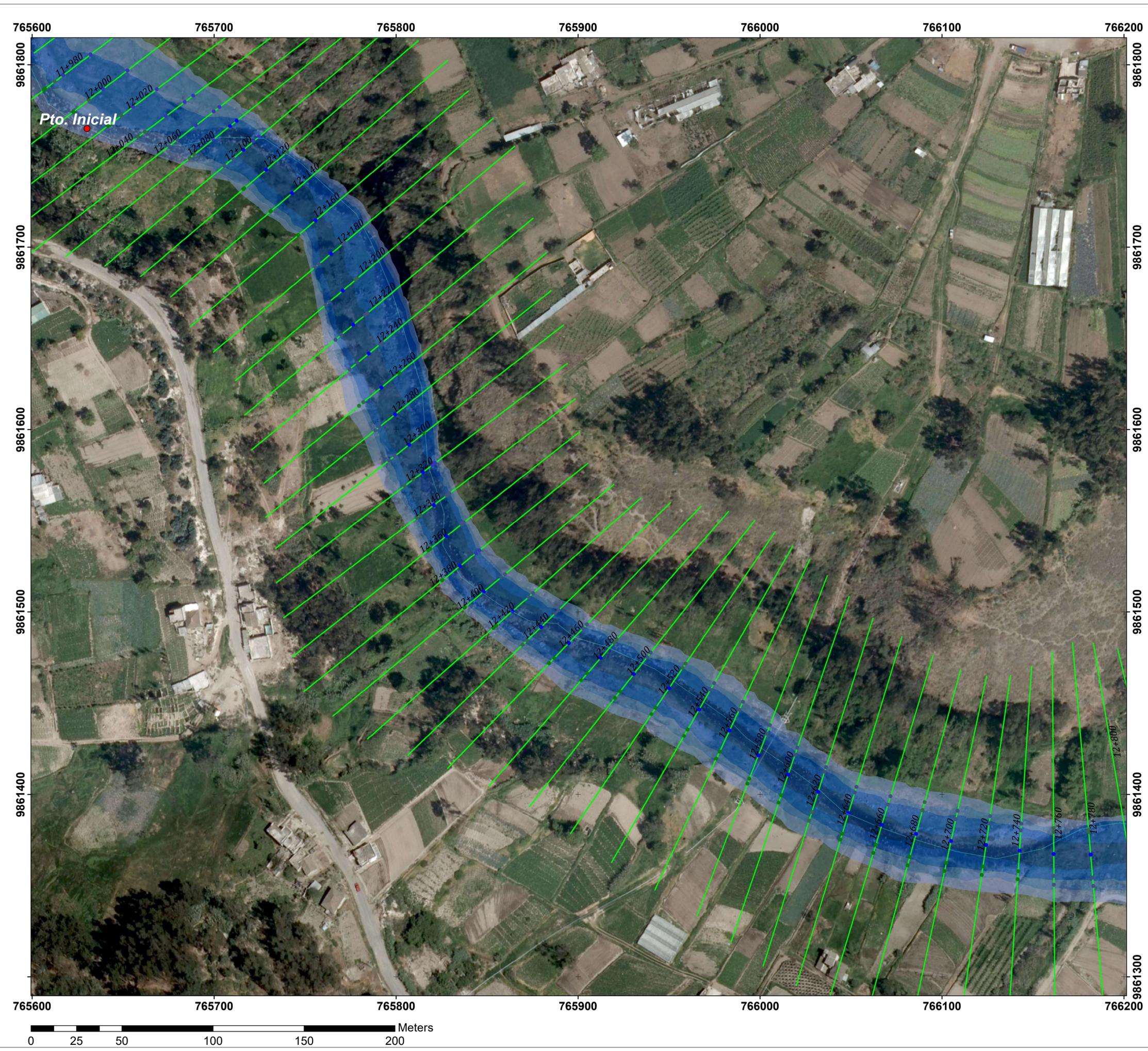



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE: ORTOFOTO Y MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

ELABORADO POR: JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA	TUTOR: ING. GEOVANNY PAREDES
---	---------------------------------

FECHA: 20 / JUNIO / 2020	LAMINA: D - 14	ESCALA: 1:1.000
-----------------------------	-------------------	--------------------



UBICACIÓN



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

- Eje del Río
 - Secciones Transversales
- Velocidades**
- <= 1,574000
 - > 1,574000 AND Velocity <= 2,182000
 - > 2,182000 AND Velocity <= 2,627000
 - > 2,627000 AND Velocity <= 2,996000
 - > 2,996000 AND Velocity <= 12,916000

Puntos

- Pto. Final
- Pto. Inicial

Inundación (TR 140)

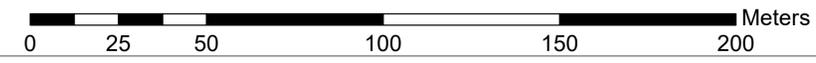
- Profundidad (m)**
- 1,609 - 1,813
 - 1,074 - 1,609
 - 0,538 - 1,074
 - 0,002 - 0,538

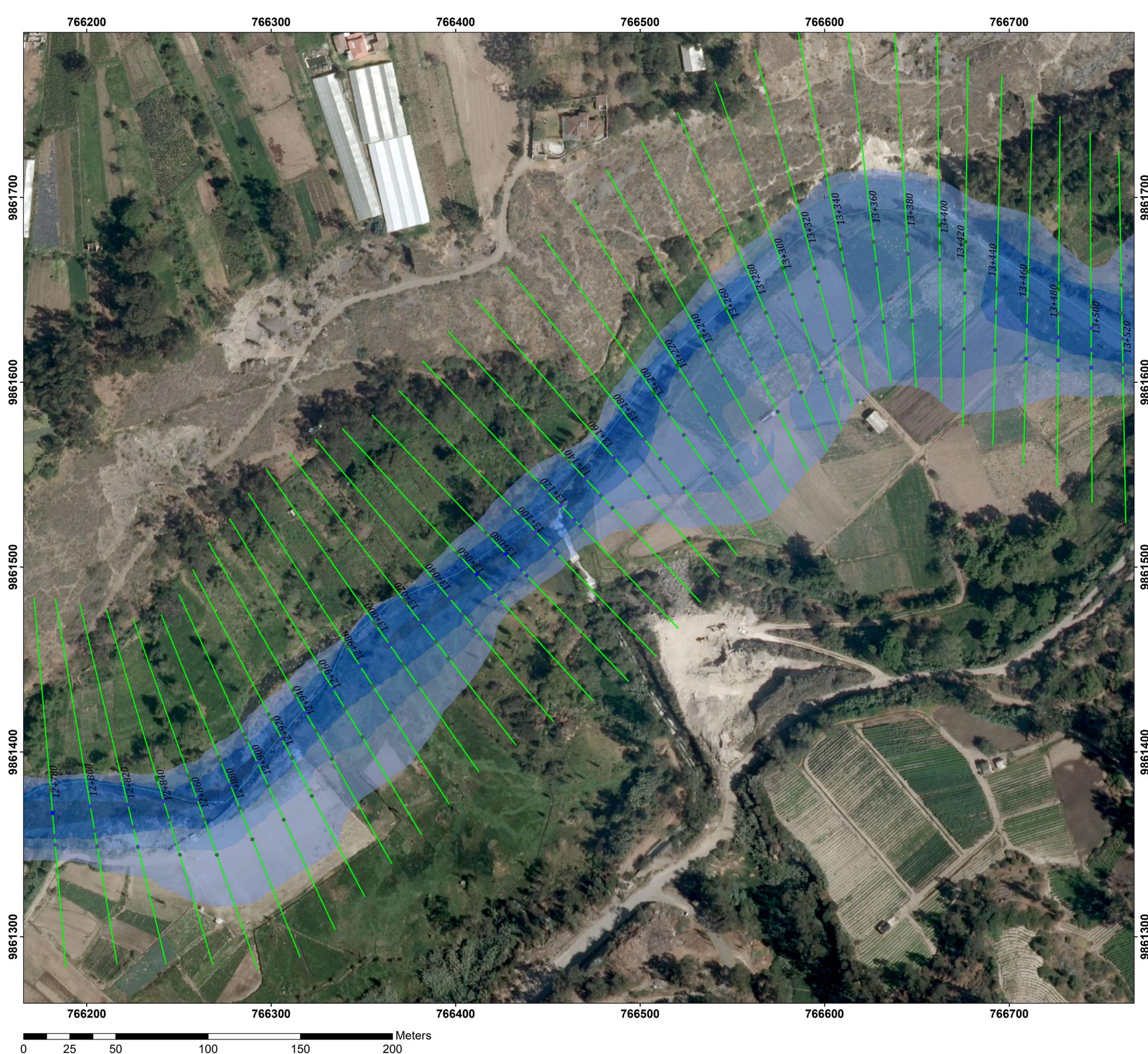
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE: **MODELO DE INUNDACIÓN PARA UN CAUDAL DE 115,78 m³/seg**

ELABORADO POR: JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA	TUTOR: ING. GEOVANNY PAREDES
--	--

FECHA: 23 / JUNIO / 2020	LAMINA: D - 15	ESCALA: 1:1.000
------------------------------------	--------------------------	---------------------------





UBICACIÓN



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

- Eje del Río
 - Secciones Transversales
- Velocidades**
- <= 1,574000
 - > 1,574000 AND Velocity <= 2,182000
 - > 2,182000 AND Velocity <= 2,627000
 - > 2,627000 AND Velocity <= 2,996000
 - > 2,996000 AND Velocity <= 12,916000

Puntos

- Pto. Final
- Pto. Inicial

Inundación (TR 140)

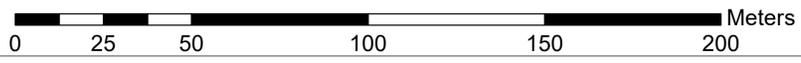
- Profundidad (m)**
- 1,609 - 1,813
 - 1,074 - 1,609
 - 0,538 - 1,074
 - 0,002 - 0,538

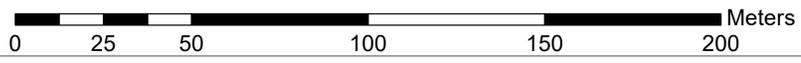
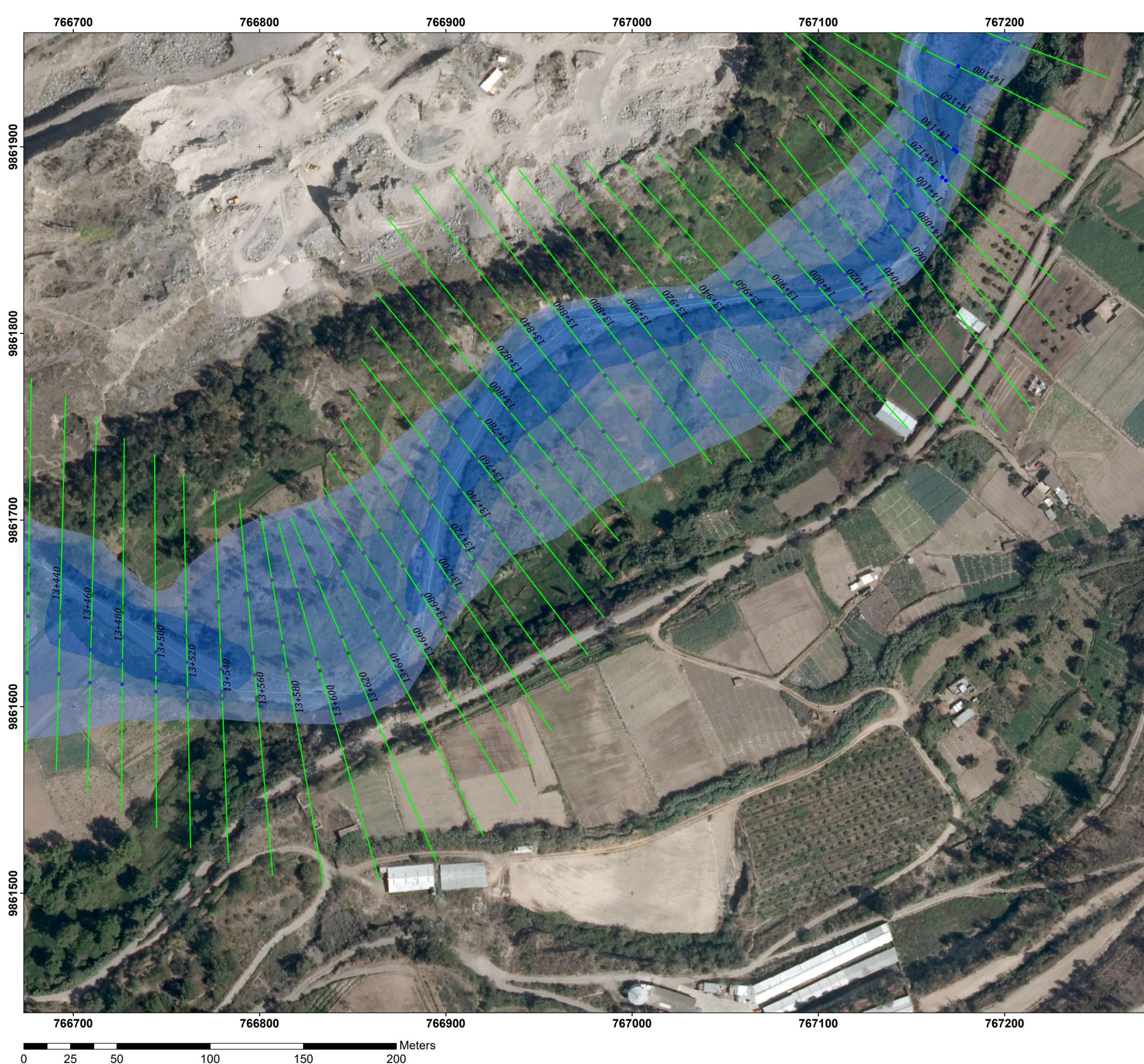

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 

CONTIENE: *MODELO DE INUNDACIÓN PARA UN CAUDAL DE 115,78 m3/seg*

ELABORADO POR: JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA	TUTOR: ING. GEOVANNY PAREDES
---	---------------------------------

FECHA: 23 / JUNIO / 2020	LAMINA: D - 16	ESCALA: 1:1.000
-----------------------------	-------------------	--------------------





UBICACIÓN



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

- Eje del Río
 - Secciones Transversales
- Velocidades**
- <= 1,574000
 - > 1,574000 AND Velocity <= 2,182000
 - > 2,182000 AND Velocity <= 2,627000
 - > 2,627000 AND Velocity <= 2,996000
 - > 2,996000 AND Velocity <= 12,916000

Puntos

- Pto. Final
- Pto. Inicial

Inundación (TR 140)

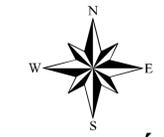
- Profundidad (m)**
- 1,609 - 1,813
 - 1,074 - 1,609
 - 0,538 - 1,074
 - 0,002 - 0,538


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 

CONTIENE: **MODELO DE INUNDACIÓN PARA UN CAUDAL DE 115,78 m³/seg**

ELABORADO POR: **JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA** TUTOR: **ING. GEOVANNY PAREDES**

FECHA: **23 / JUNIO / 2020** LAMINA: **D - 17** ESCALA: **1:1.000**



UBICACIÓN



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

- Eje del Río
- Secciones Transversales

Velocidades

- <= 1,574000
- > 1,574000 AND Velocity <= 2,182000
- > 2,182000 AND Velocity <= 2,627000
- > 2,627000 AND Velocity <= 2,996000
- > 2,996000 AND Velocity <= 12,916000

Puntos

- Pto. Final
- Pto. Inicial

Inundación (TR 140)

Profundidad (m)

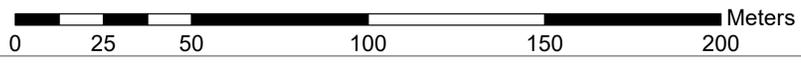
- 1,609 - 1,813
- 1,074 - 1,609
- 0,538 - 1,074
- 0,002 - 0,538


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 

CONTIENE: **MODELO DE INUNDACIÓN PARA UN CAUDAL DE 115,78 m³/seg**

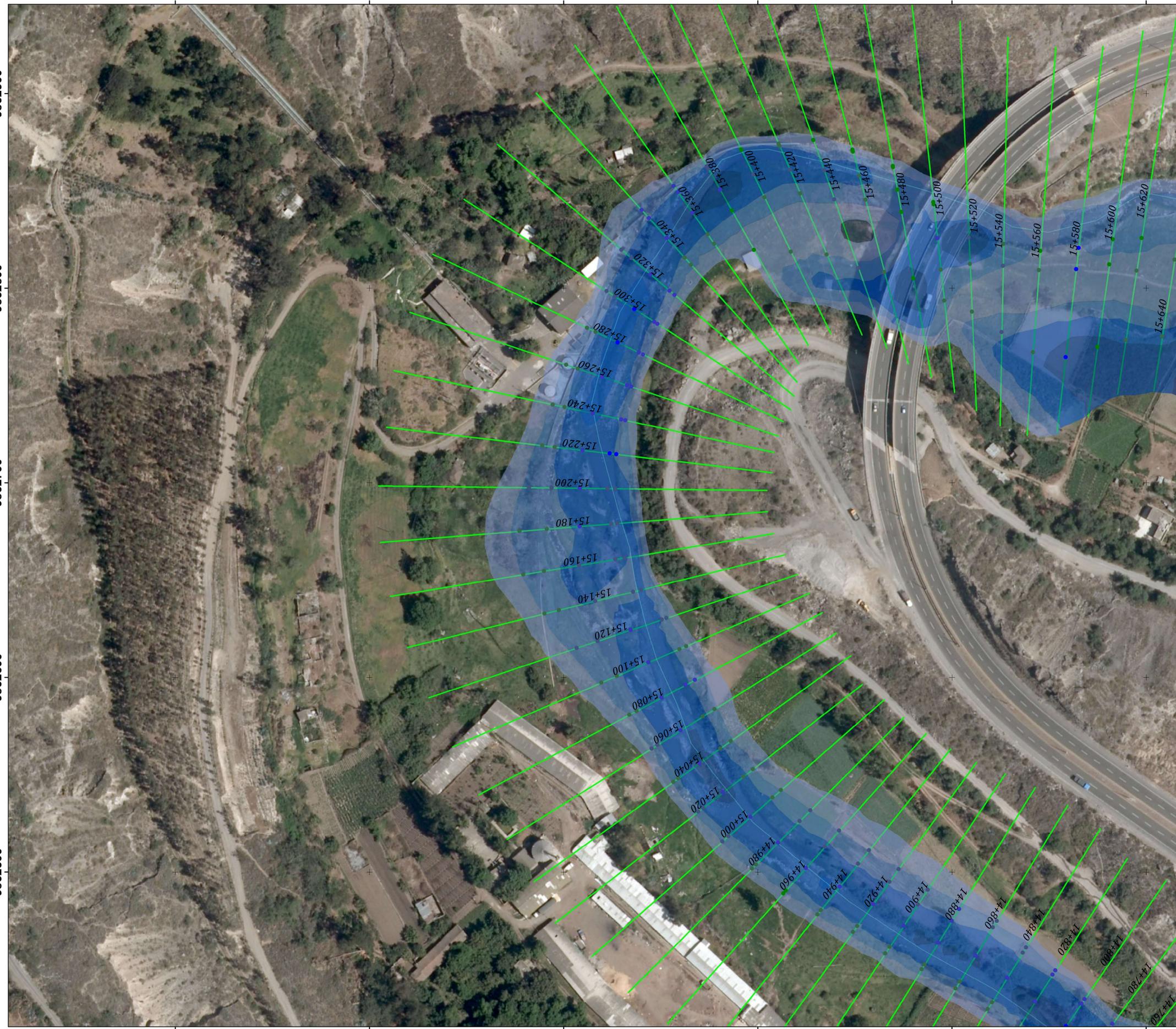
ELABORADO POR: **JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA** TUTOR: **ING. GEOVANNY PAREDES**

FECHA: **23 / JUNIO / 2020** LAMINA: **D - 18** ESCALA: **1:1.000**

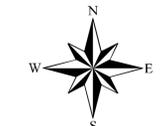
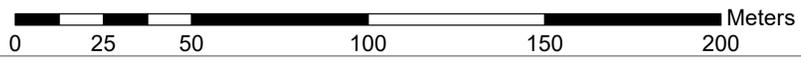


766600 766700 766800 766900 767000 767100

9862900
9862800
9862700
9862600
9862500



766600 766700 766800 766900 767000 767100



UBICACIÓN



Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS 1984
 Zona: 17 Sur
 False Easting: 500000,0
 False Northing: 10000000,0
 Central Meridian: -81,0
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0
 Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

- Eje del Río
 - Secciones Transversales
- Velocidades**
- <= 1,574000
 - > 1,574000 AND Velocity <= 2,182000
 - > 2,182000 AND Velocity <= 2,627000
 - > 2,627000 AND Velocity <= 2,996000
 - > 2,996000 AND Velocity <= 12,916000

Puntos

- Pto. Final
- Pto. Inicial

Inundación (TR 140)

- Profundidad (m)**
- 1,609 - 1,813
 - 1,074 - 1,609
 - 0,538 - 1,074
 - 0,002 - 0,538

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE: **MODELO DE INUNDACIÓN PARA UN CAUDAL DE 115,78 m³/seg**

ELABORADO POR: JOSÉ ESTUARDO LEÓN CEPEDA	TUTOR: ING. GEOVANNY PAREDES
---	---------------------------------

FECHA: 23 / JUNIO / 2020	LAMINA: D - 19	ESCALA: 1:1.000
-----------------------------	-------------------	--------------------

ANEXO E. MANUAL PARA MODELACIÓN DE FLUJOS



MANUAL DE MODELACIÓN DE FLUJOS CON HEC-RAS



PROCEDIMIENTO

Abrir el programa HEC-RAS 5.0.7

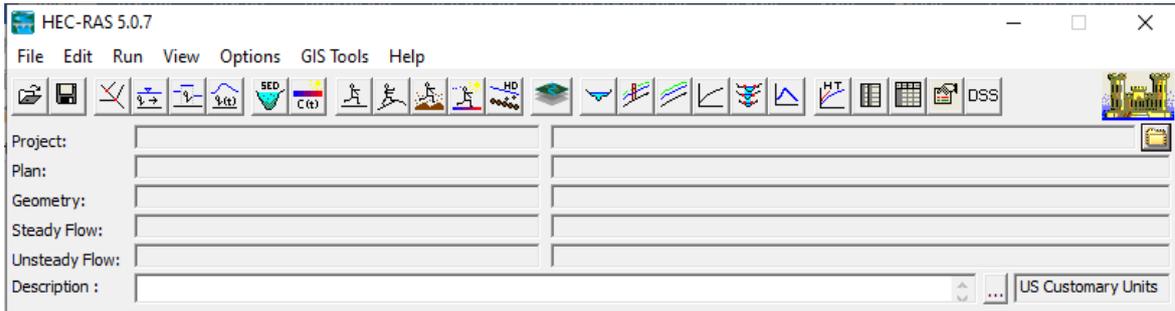


Figura N°1. Ventana de inicio del programa HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

INGRESO DE DATOS

En el Menú principal seleccionar File y New Project.

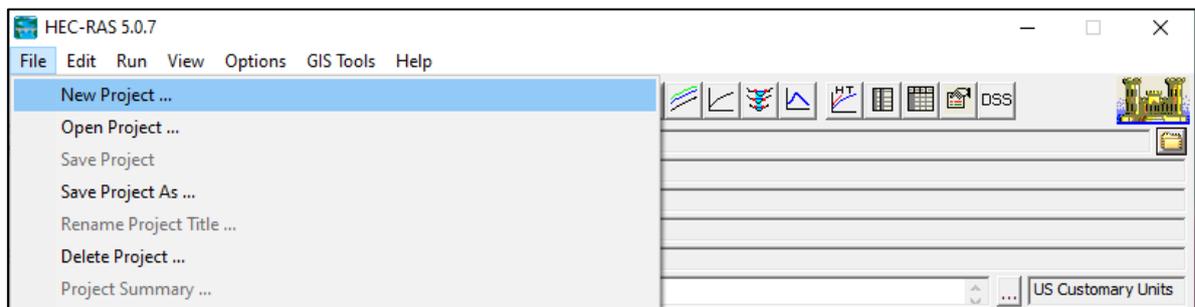


Figura N°2. Barra de opciones de la opción File
Fuente: HEC-RAS

Colocar un nombre al archivo y guardarlo en una carpeta. Clic en Ok.

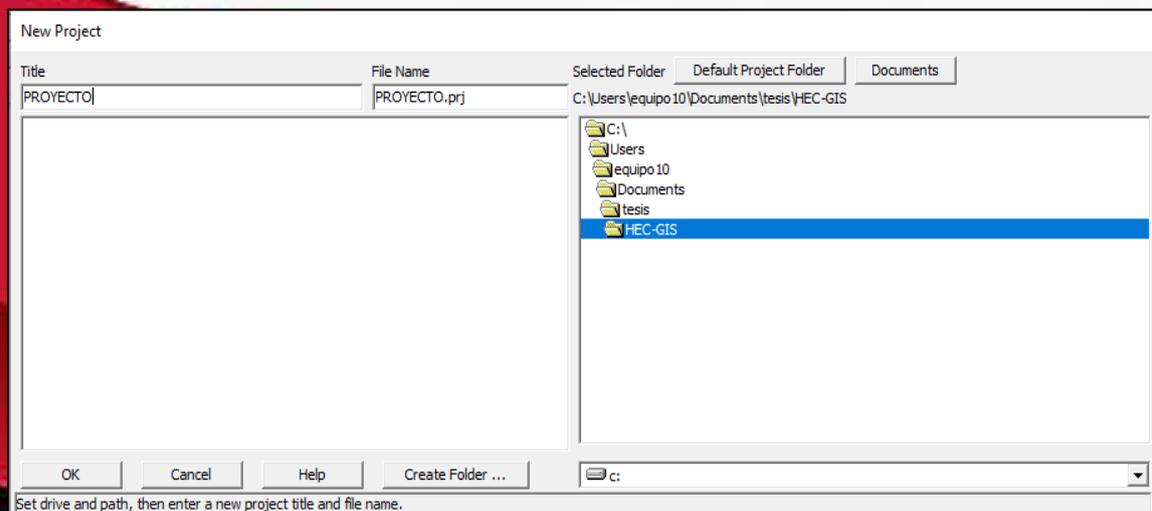


Figura N°3. Ventana de nuevo proyecto
Fuente: HEC-RAS

Seleccionar la opción aceptar.

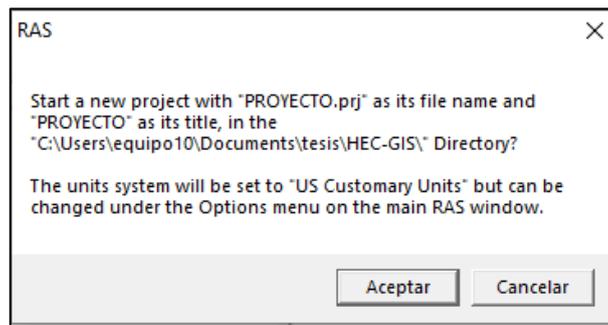


Figura N°4. Ventana de RAS
Fuente: HEC-RAS

GEOMETRÍA

Escoger el icono view/edit geometric data

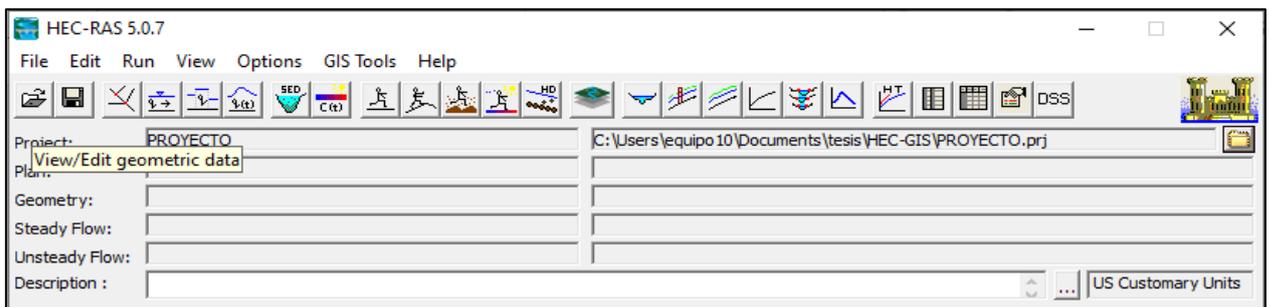


Figura N°5. Ventana de inicio del programa HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

Click en File-Import Geometry Data- GIS Format.

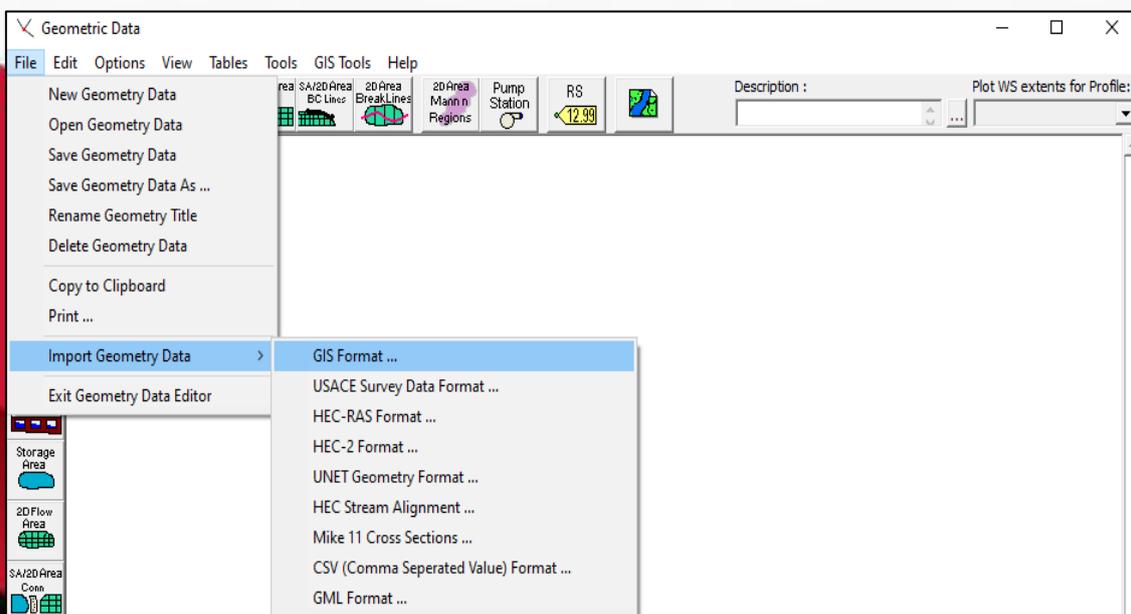


Figura N°6. Barra de opciones de los datos de geometría.
Fuente: HEC-RAS

Escoger el archivo en formato .sdf. Clic en Ok.

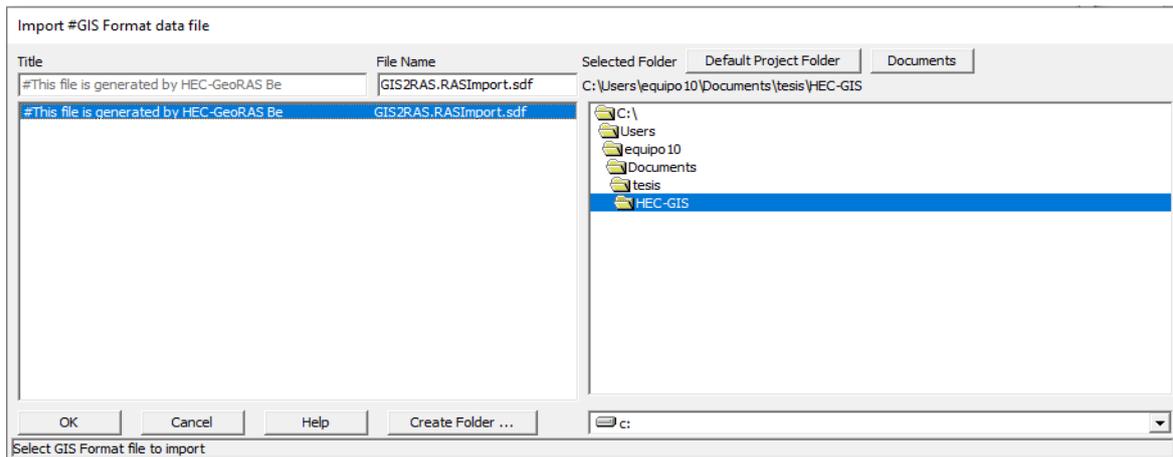


Figura N°7. Ventana de inicio del programa del HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

Clic en el sistema de unidades en el que se va a trabajar en el proyecto, en este caso escoger el SI (metric) Units. Seleccionar Next.

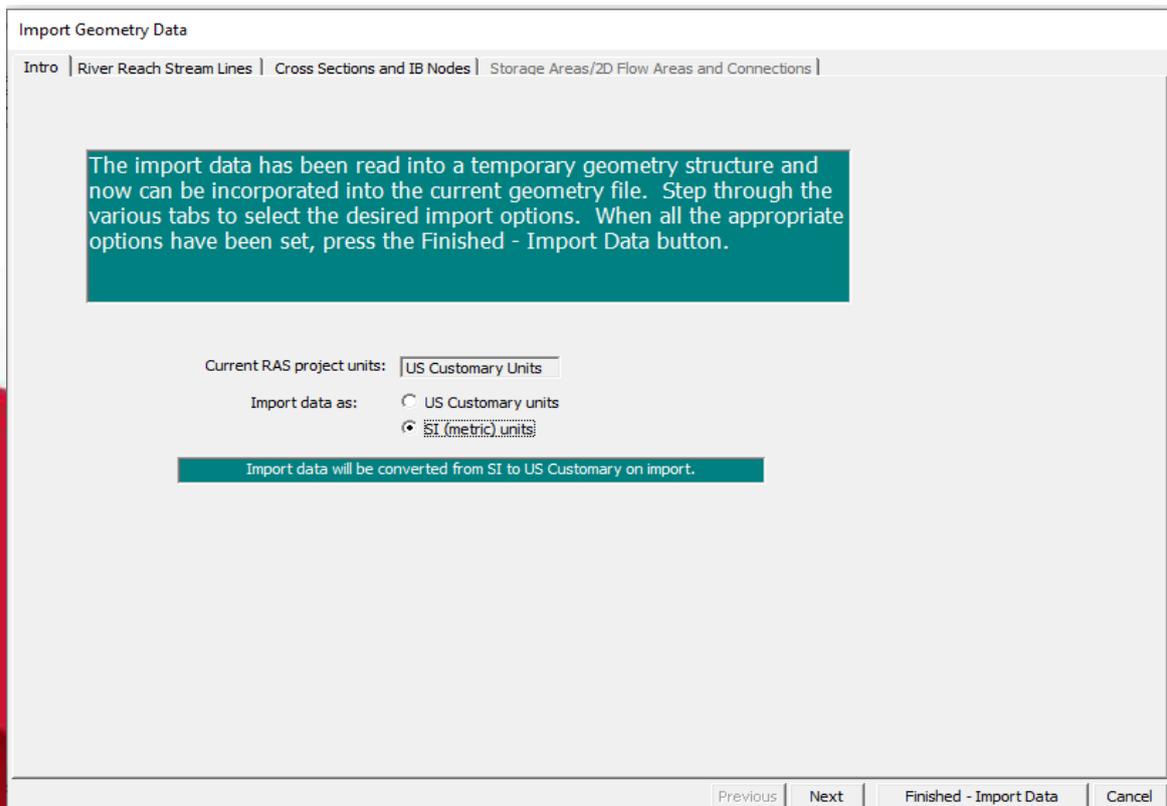


Figura N°8. Ventana para importar datos de la geometría
Fuente: HEC-RAS

Clic en la opción Next.

Import Geometry Data

Intro | River Reach Stream Lines | Cross Sections and IB Nodes | Storage Areas/2D Flow Areas and Connections

The river reach stream lines found in the file or generated while reading it are listed below. Check the reaches you want to import, and modify the import name and way existing stream lines are merged. (A range of reaches can be checked/unchecked with the space bar)

Import File	Import File	Invert	Import As	Import As	Import	Import	Merge Mode	
River	Reach	#Points	River	Reach	Status	Stream Lines		
1	RIOAMBATO	AMBATO	12872	RIOAMBATO	AMBATO	new	<input checked="" type="checkbox"/>	Replace

Previous Next Finished - Import Data Cancel

Figura N°9. Ventana para importar datos de la geometría
Fuente: HEC-RAS

Seleccionar la opción Finished-Import Data.

Import Geometry Data

Intro | River Reach Stream Lines | Cross Sections and IB Nodes | Storage Areas/2D Flow Areas and Connections

Node Types in Table

Cross Sections (XS) Bridges and Culverts (BR/Culv) Inline Structures (IS) Lateral Structures (LS)

Import River: (All Rivers) Import As: # RS = 1046 # New = 1046 # Import = 1046

Import Reach: Import As: Check New Check Existing Reset

The imported RS can be edited here, change the import River and Reach names on the previous tab

Import File	Import File	Import File	Import As	Import	Import
River	Reach	RS	RS	Status	Data
1	RIOAMBATO	AMBATO	20920	20920	new <input checked="" type="checkbox"/>
2	RIOAMBATO	AMBATO	20900	20900	new <input checked="" type="checkbox"/>
3	RIOAMBATO	AMBATO	20880	20880	new <input checked="" type="checkbox"/>
4	RIOAMBATO	AMBATO	20860	20860	new <input checked="" type="checkbox"/>
5	RIOAMBATO	AMBATO	20840	20840	new <input checked="" type="checkbox"/>
6	RIOAMBATO	AMBATO	20820	20820	new <input checked="" type="checkbox"/>
7	RIOAMBATO	AMBATO	20800	20800	new <input checked="" type="checkbox"/>
8	RIOAMBATO	AMBATO	20780	20780	new <input checked="" type="checkbox"/>
9	RIOAMBATO	AMBATO	20760	20760	new <input checked="" type="checkbox"/>
10	RIOAMBATO	AMBATO	20740	20740	new <input checked="" type="checkbox"/>
11	RIOAMBATO	AMBATO	20720	20720	new <input checked="" type="checkbox"/>
17	RIOAMBATO	AMBATO	20700	20700	new <input checked="" type="checkbox"/>

Select Cross Section Properties to Import

Node Names Ineffective Areas
 Descriptions Blocked Obstructions
 Picture References XS Lids
 GIS Cut Lines Ice Data
 Station Elevation Data Rating Curves
 Reach Lengths Skew Angle
 Manning's n Values Fixed Sediment Elevation
 Bank Stations HTab Parameters
 Contraction Expansion Coef Pilot Channel Parameters
 Levees

Match Import File RS to Existing Geometry RS

Matching Tolerance .01 Match to Existing

Round Selected RS

2 decimal places Round

Generate RS Based on main channel lengths (only available when looking at a single reach)

Starting RS Value: 0 2 decimal place

Create RS in kilometers Create RS in meters

Previous Next Finished - Import Data Cancel

Figura N° 10. Ventana para importar datos de la geometría
Fuente: HEC-RAS

Se observa la geometría del Rio Ambato.

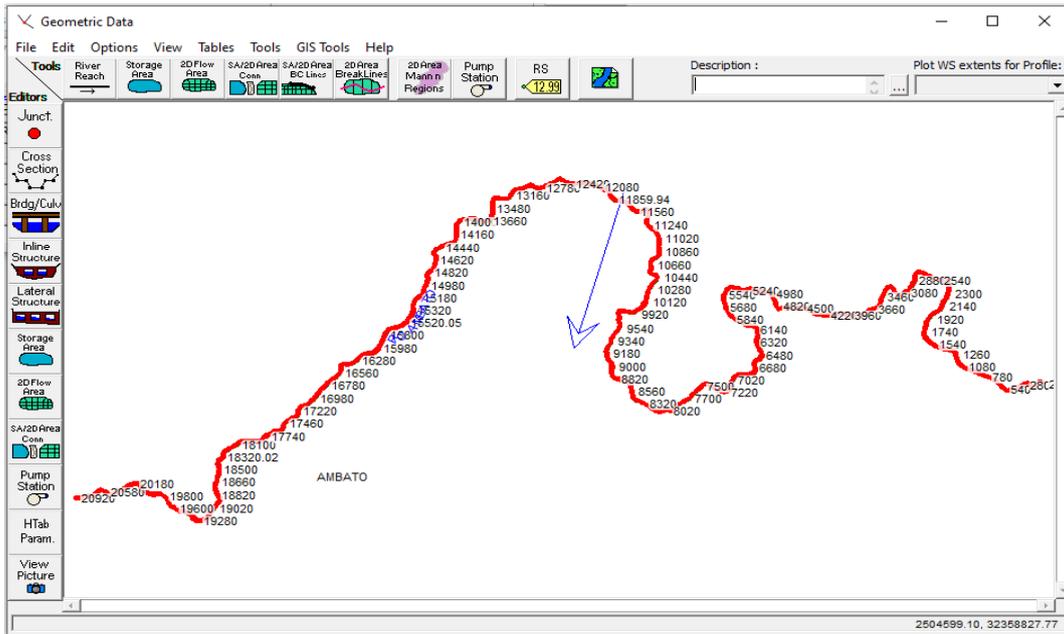


Figura N°11. Ventana de datos de la geometría
Fuente: HEC-RAS

DIRECCION DEL FLUJO

Para cambiar la dirección del flujo, seleccionar GIS Tools- Reach Invert Lines Table.

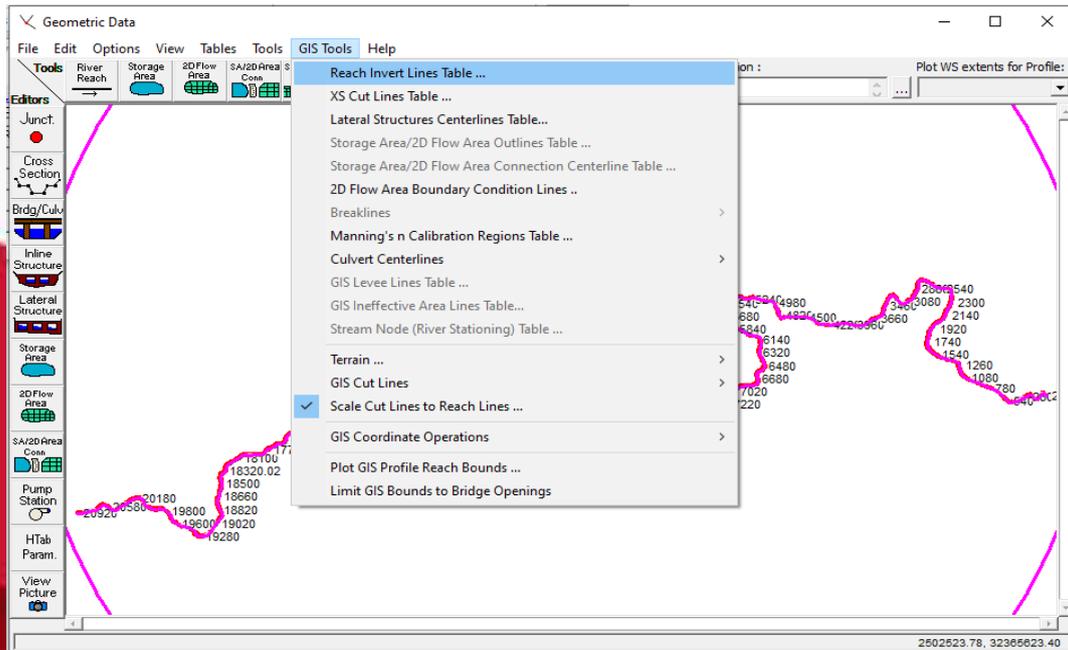


Figura N°12. Opciones de Gis Tools en datos de geometría.
Fuente: HEC-RAS

Clic en la opción Reverse Order.

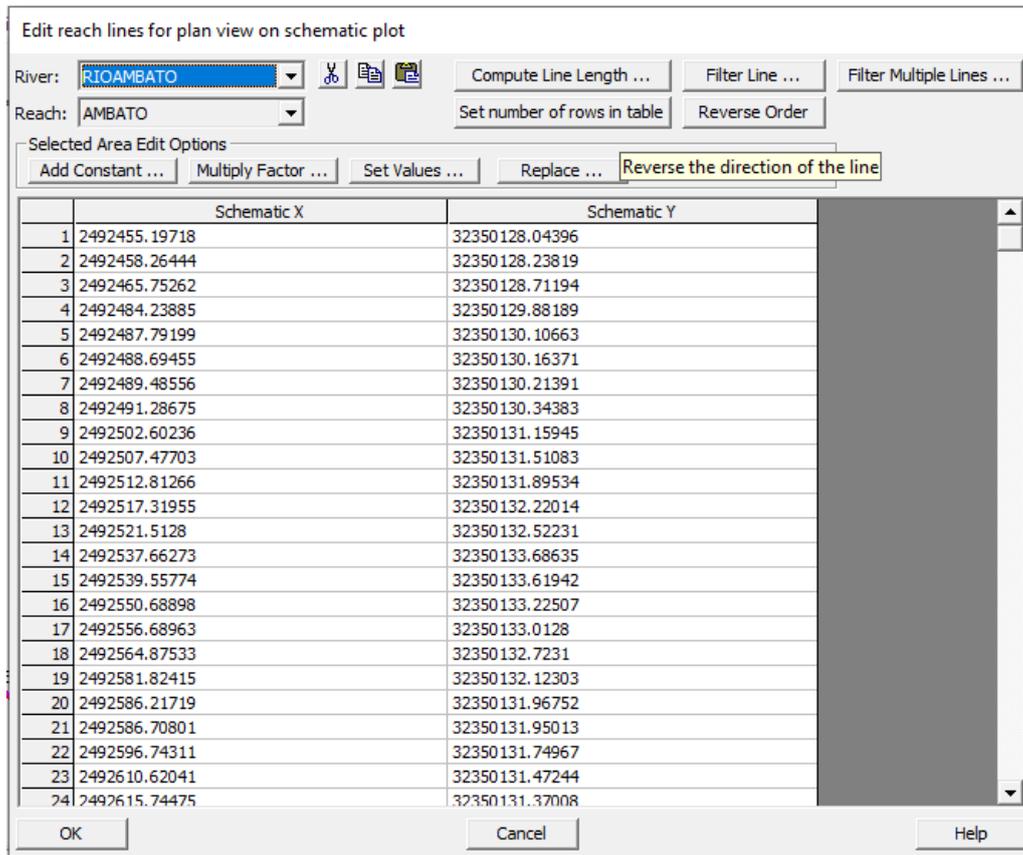


Figura N°13. Ventana para invertir la dirección del río.
Fuente: HEC-RAS

Escoger la opción Sí.

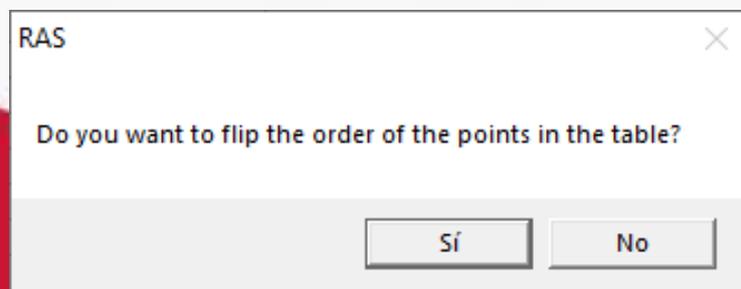


Figura N°14. Ventana de la opción RAS
Fuente: HEC-RAS

Se observa en la siguiente tabla las abscisas invertidas a lo largo del Rio Ambato.

Edit reach lines for plan view on schematic plot

River: RIOAMBATO Compute Line Length ... Filter Line ... Filter Multiple Lines ...

Reach: AMBATO Set number of rows in table Reverse Order

Selected Area Edit Options

Add Constant ... Multiply Factor ... Set Values ... Replace ...

	Schematic X	Schematic Y
1	2527316.89304	32354638.93274
2	2527316.71949	32354638.88944
3	2527312.20571	32354650.00066
4	2527309.32382	32354654.71654
5	2527307.55971	32354657.60302
6	2527305.99081	32354660.1706
7	2527301.13419	32354668.11778
8	2527300.74738	32354668.75066
9	2527293.42487	32354678.31037
10	2527291.92224	32354680.27198
11	2527288.24705	32354685.07021
12	2527279.57349	32354697.99541
13	2527278.05315	32354700.26083
14	2527276.2336	32354702.97244
15	2527271.25656	32354710.38911
16	2527270.53871	32354711.45899
17	2527263.28051	32354717.68045
18	2527257.24606	32354722.85269
19	2527253.52493	32354726.04232
20	2527241.729	32354732.67749
21	2527236.85827	32354735.41732
22	2527232.46391	32354736.21096
23	2527226.0689	32354737.36549
24	2527214.37251	32354739.48655

OK Cancel Help

Figura N°15. Ventana para importar datos de la geometría
Fuente: HEC-RAS

Se observa en el grafico que el flujo del Rio cambio, por lo tanto, se evidencia que las abscisas están invertidas en el Río Ambato.

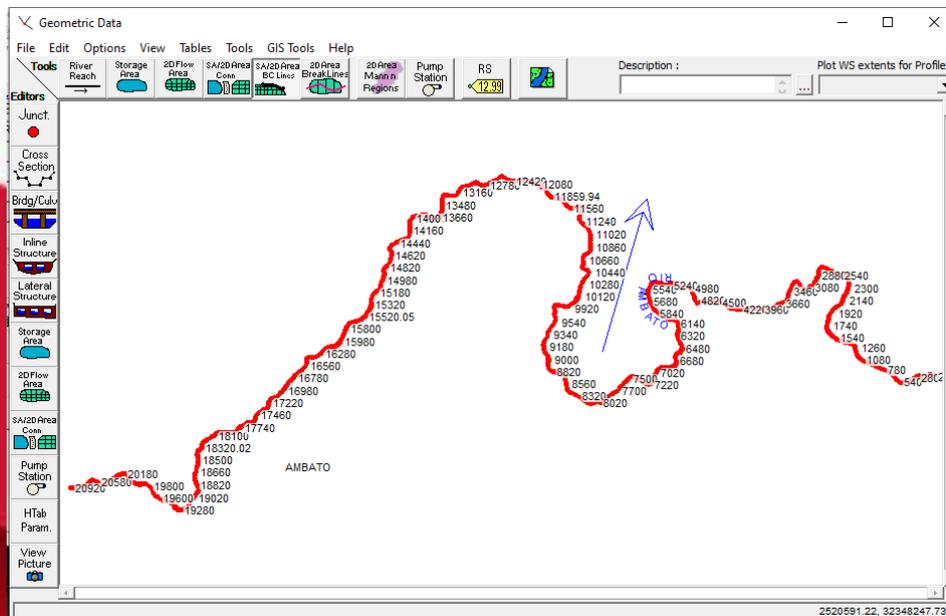


Figura N°16. Ventana para importar datos de la geometría
Fuente: HEC-RAS

SECCIONES TRANSVERSALES

En Geometry Data escoger el icono Cross Section.

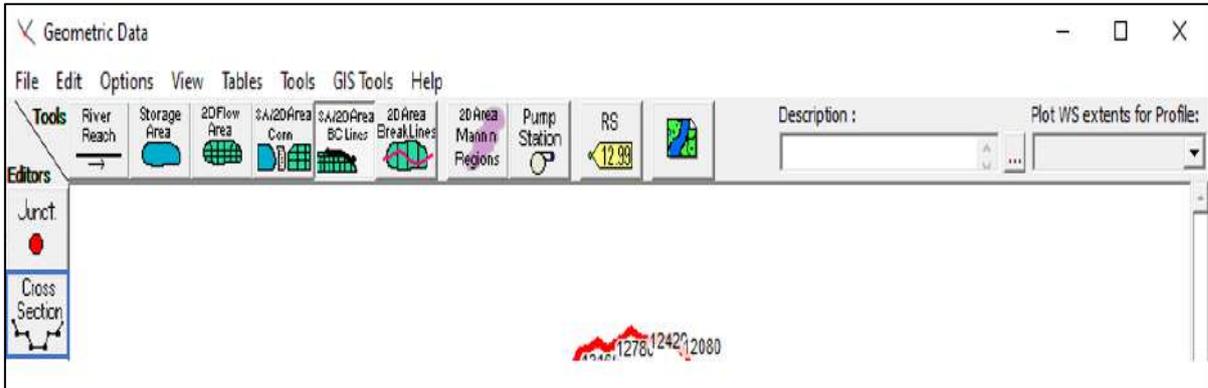


Figura N°17. Ventana de datos de la geometría
Fuente: HEC-RAS

Se despliega el siguiente cuadro, donde se ve la sección transversal, al lado izquierdo se observan las características como: los coeficientes de Manning, de contracción y expansión.

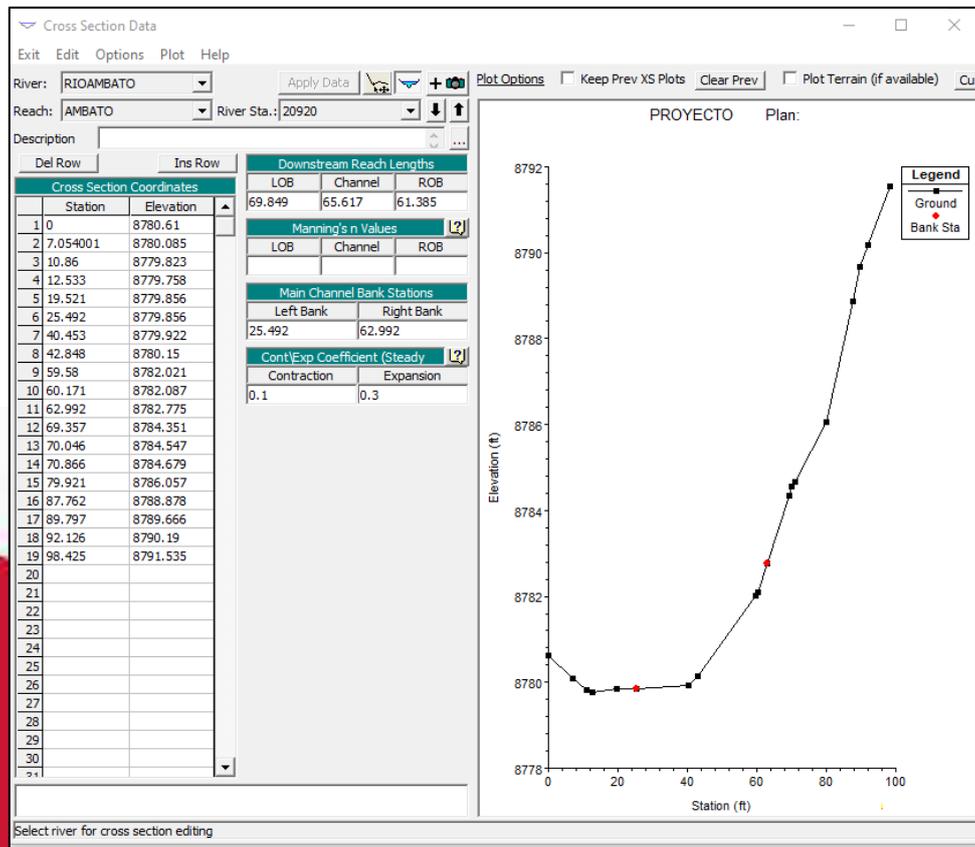


Figura N°18. Ventana de la sección transversal del Río
Fuente: HEC-RAS

COLOCACIÓN DE DIQUES (LEVEES)

En el Menú de Geometric Data, en la barra de herramientas, clic en **Tools- Graphical Cross Section Edit**.

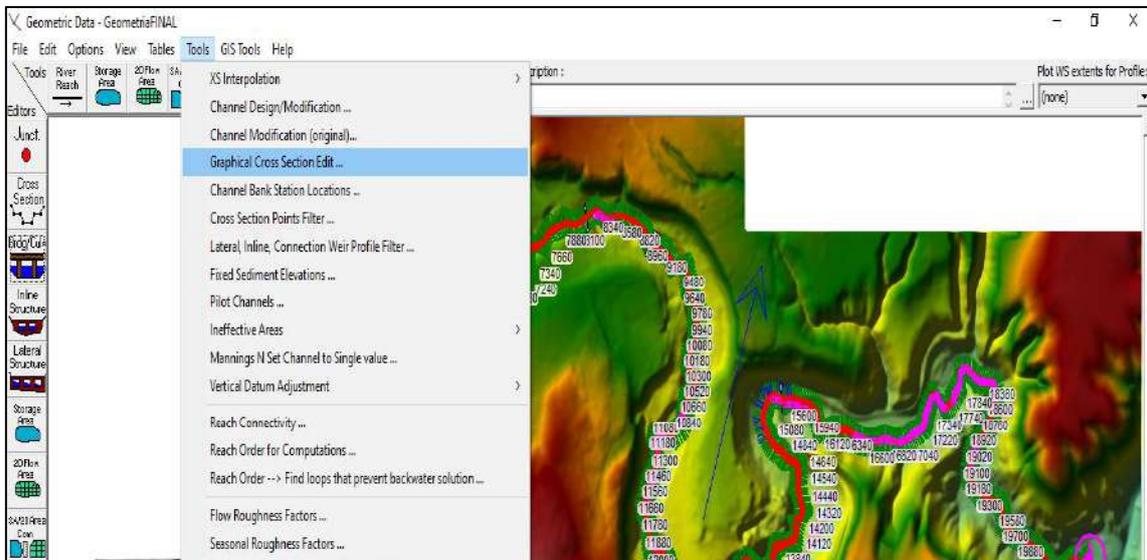


Figura N°19. Lista de opciones de la opción Tools
Fuente: HEC-RAS

Se abre el siguiente cuadro en el que se editara la sección transversal del Rio.

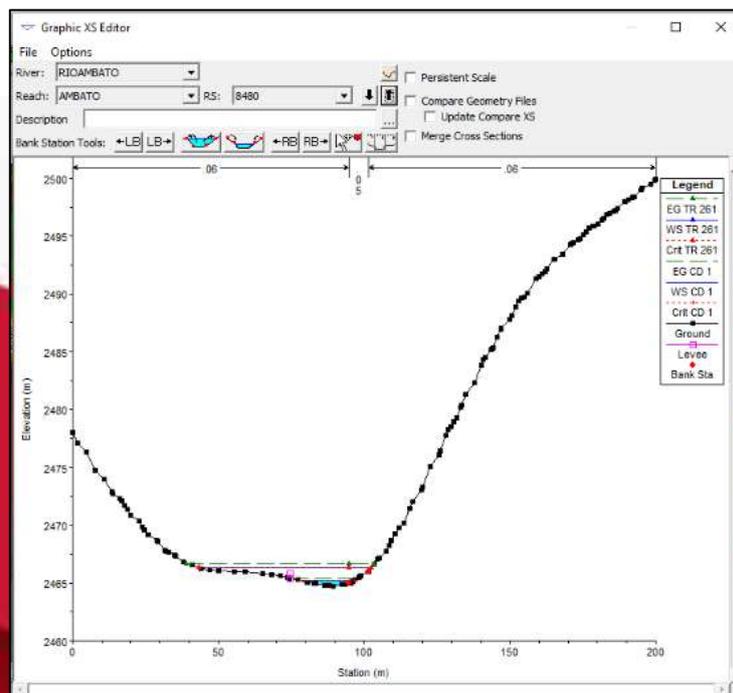


Figura N°20. Ventana para visualizar la sección transversal
Fuente: HEC-RAS

Clic en **Options**, seleccionar **Add levees** y colocar en el punto de la sección que sea necesario.

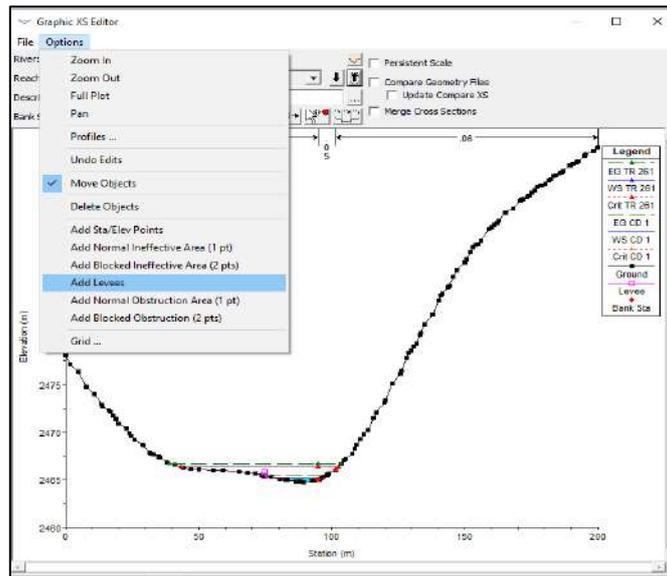


Figura N°21. Ventana para agregar diques en la sección transversal
Fuente: HEC-RAS

Estos **diques (levees)** indican hasta que parte de la sección transversal del río debe circular el flujo, evitando que se produzcan inundaciones en sectores que no sean necesarios.

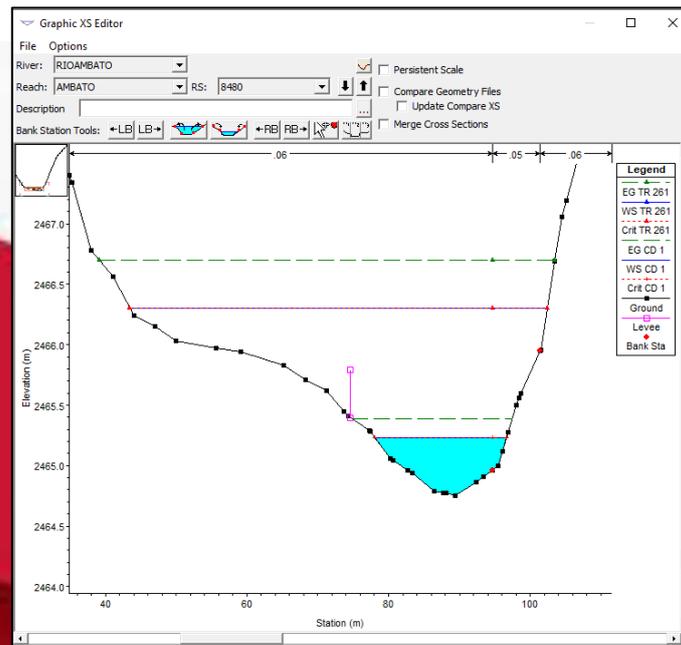


Figura N°22. En la sección transversal se observa el dique
Fuente: HEC-RAS

INTERPOLACIÓN DE SECCIONES TRANSVERSALES

Observar en el gráfico entre que secciones realizar la interpolación.

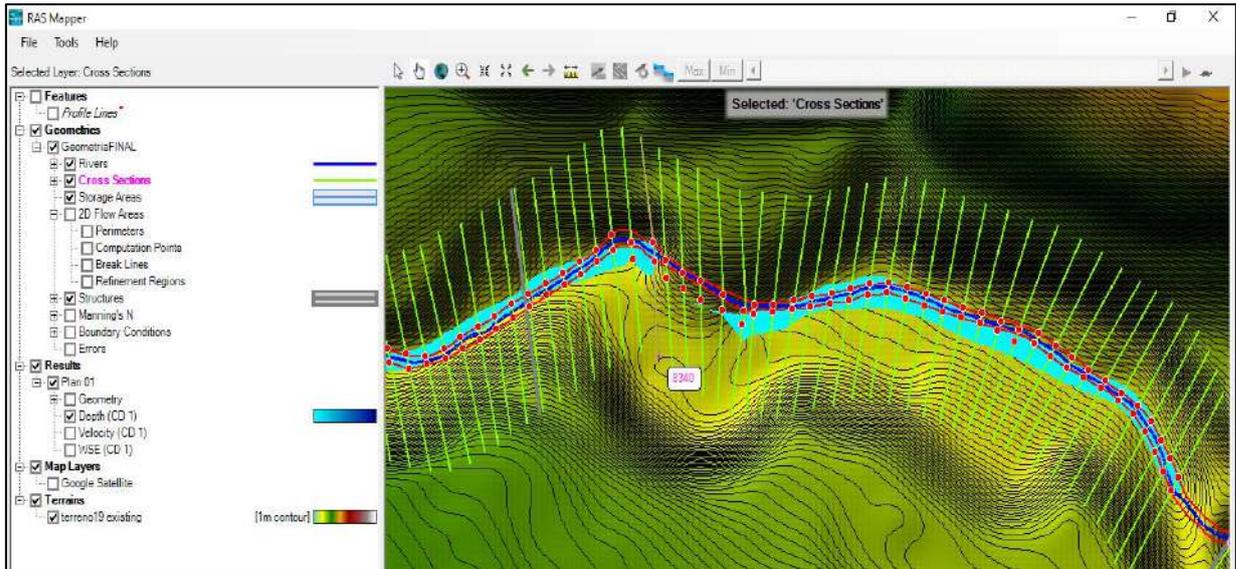


Figura N°23. Ventana de la opción RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

En el Menú **Geometric Data** en la barra de herramientas, clic en **Tools – XS Interpolation – Between 2 XS's**.

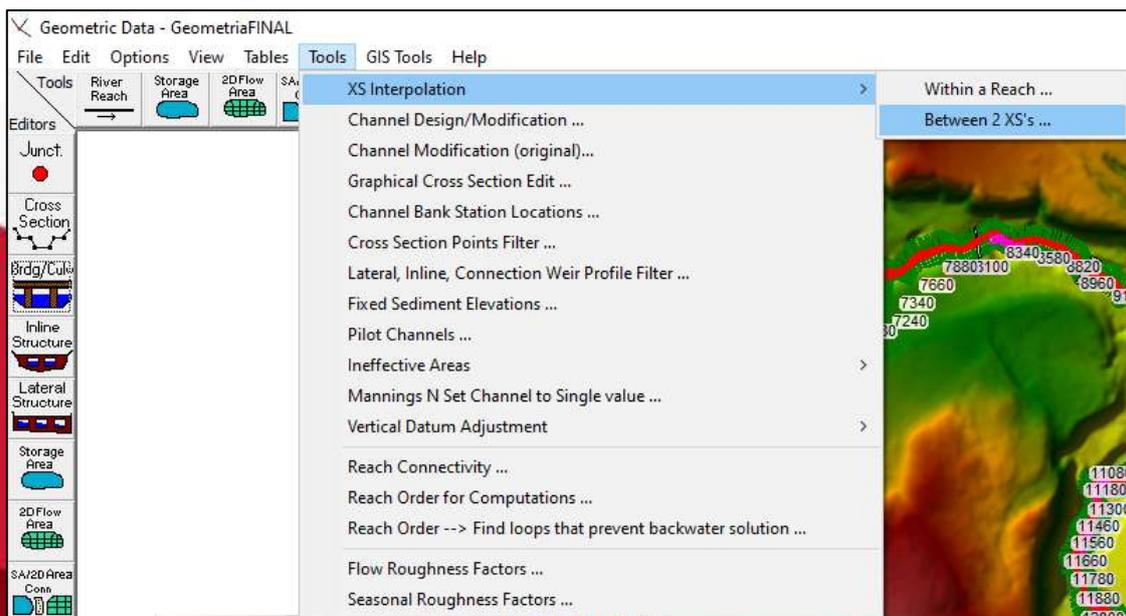


Figura N°24. Lista de opciones de Tools
Fuente: HEC-RAS

Aparece el siguiente cuadro, en el cual se selecciona las secciones principales en las que se colocará la interpolación, en **Maximum Distance** indicar la separación entre las secciones.

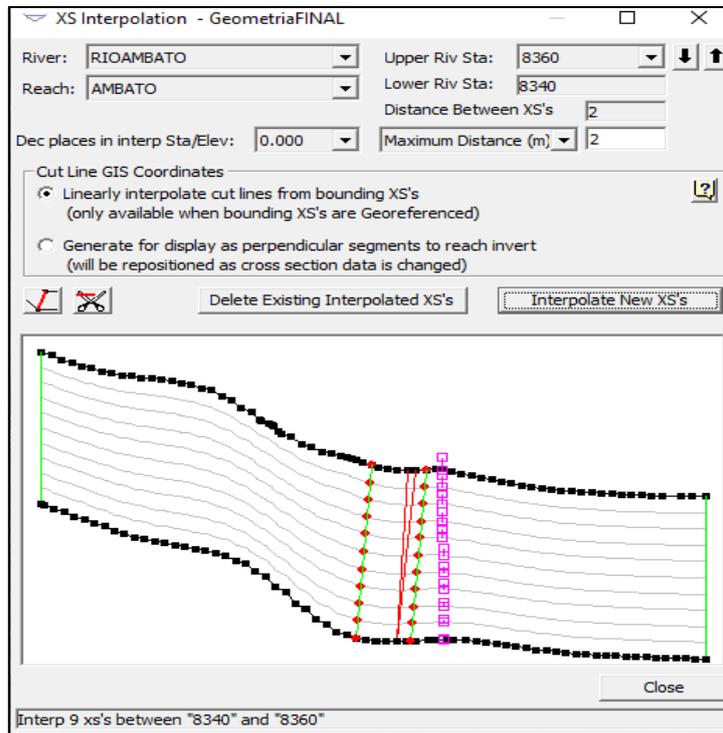


Figura N°25. Ventana para interpolación de secciones
Fuente: HEC-RAS

En la venta de Geometric Data se observa la interpolación de las secciones transversales.

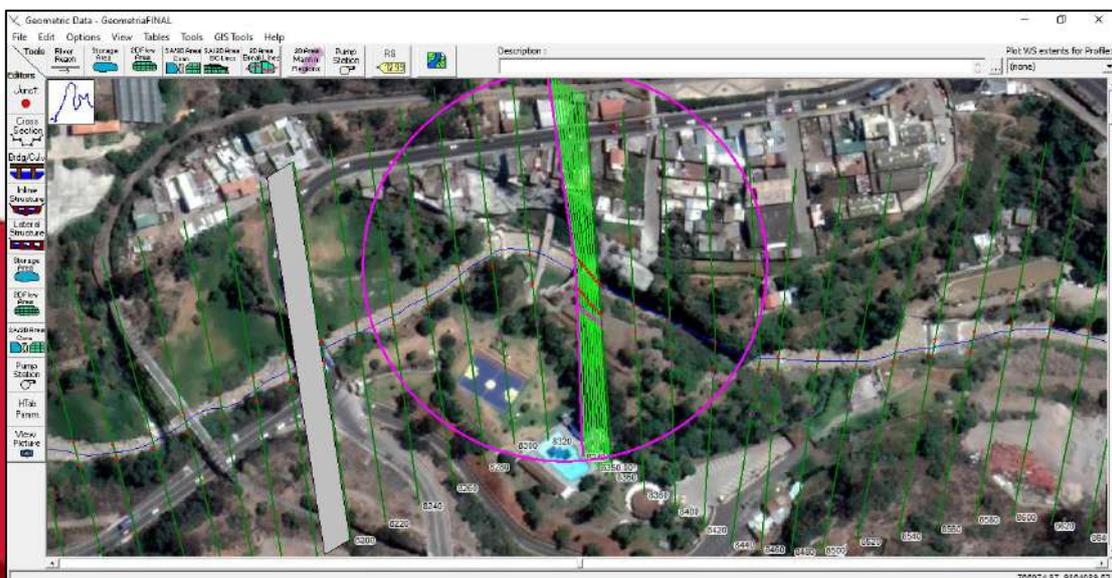


Figura N°26. Ventana de datos de la geometría
Fuente: HEC-RAS

COEFICIENTES DE MANNING (n)

Escoger las opciones Tables-Manning's n or k values

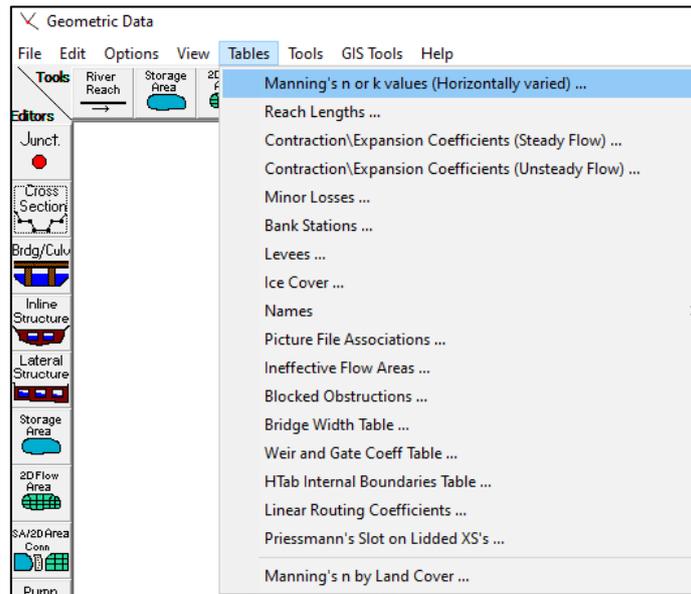


Figura N°27. Lista de opciones de tables.
Fuente: HEC-RAS

Clic en Set Values y agregar los valores del coeficiente de Manning (n) en base a la tabla N°1, la cual se basa en la topografía y las características de la zona. Se registran tres valores que corresponden a los bordes y al centro del río.

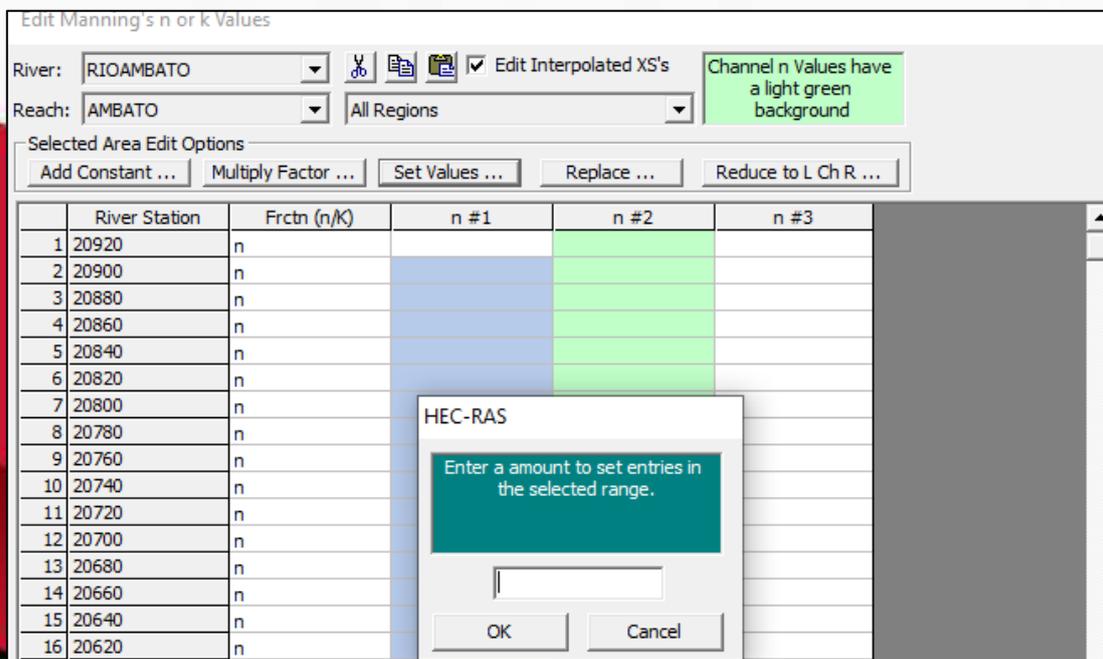


Figura N°28. Ventana para ingreso de los valores de Manning (n)
Fuente: HEC-RAS

Se observan los valores del coeficiente de Manning (n) en los bordes y en el centro del río. Clic en Ok.

Edit Manning's n or k Values

River: RIOAMBATO Edit Interpolated XS's Channel n Values have a light green background

Reach: AMBATO All Regions

Selected Area Edit Options: Add Constant ... Multiply Factor ... **Set Values...** Replace ... Reduce to L Ch R ...

	River Station	Frctn (n/k)	n #1	n #2	n #3
1	20920	n	0.04	0.05	0.05
2	20900	n	0.04	0.05	0.05
3	20880	n	0.04	0.05	0.05
4	20860	n	0.04	0.05	0.05
5	20840	n	0.04	0.05	0.05
6	20820	n	0.04	0.05	0.05
7	20800	n	0.04	0.05	0.05
8	20780	n	0.04	0.05	0.05
9	20760	n	0.04	0.05	0.05
10	20740	n	0.04	0.05	0.05
11	20720	n	0.04	0.05	0.05
12	20700	n	0.04	0.05	0.05
13	20680	n	0.04	0.05	0.05
14	20660	n	0.04	0.05	0.05
15	20640	n	0.04	0.05	0.05
16	20620	n	0.04	0.05	0.05
17	20600	n	0.04	0.05	0.05
18	20580	n	0.04	0.05	0.05
19	20560	n	0.04	0.05	0.05
20	20540	n	0.04	0.05	0.05
21	20520	n	0.04	0.05	0.05
22	20500	n	0.04	0.05	0.05
23	20480	n	0.04	0.05	0.05
24	20460	n	0.04	0.05	0.05

OK Cancel Help

Figura N°29. Valores de Manning en el eje y los bordes del río
Fuente: HEC-RAS

PERFIL

En el Menú principal escoger la opción View profiles.

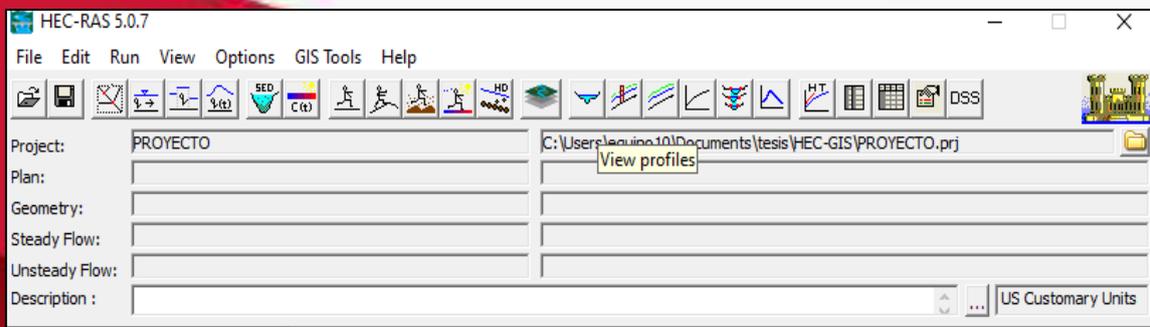


Figura N°30. Ventana de inicio del programa HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

Se despliega el siguiente cuadro donde se observa el perfil en base al abscisado del río.

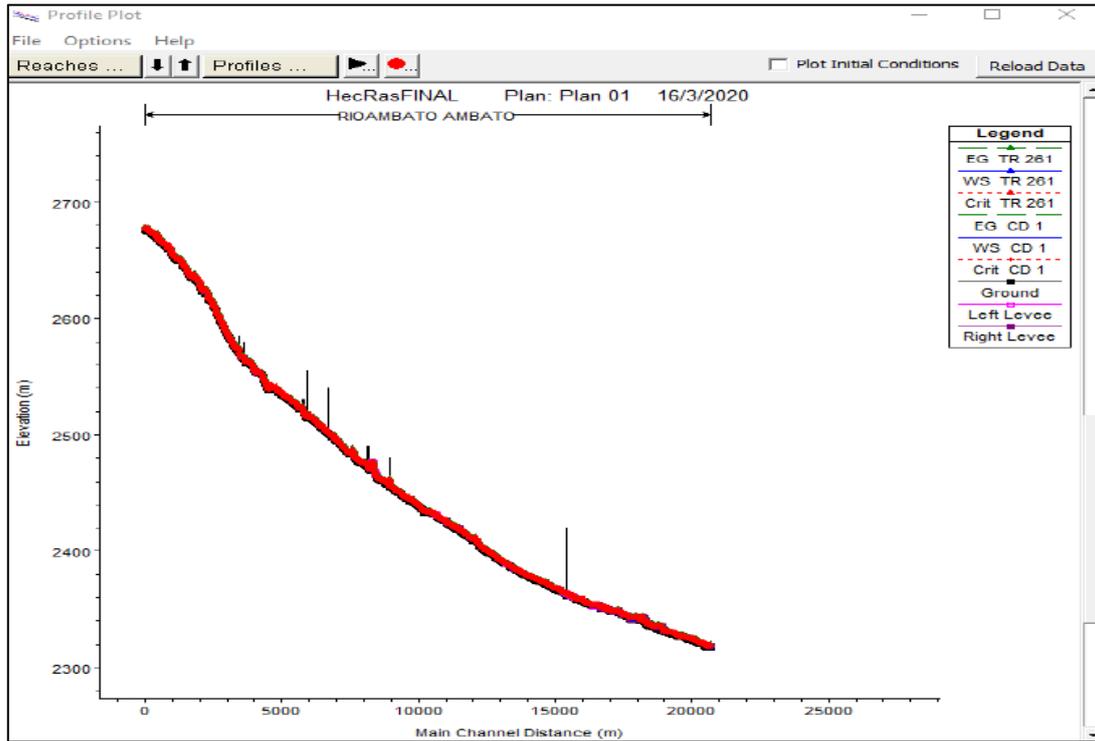


Figura N°31. Ventana del Perfil del Río
Fuente: HEC-RAS

PENDIENTE

Realizar un zoom en el perfil medir la pendiente presionando el teclado **control**.

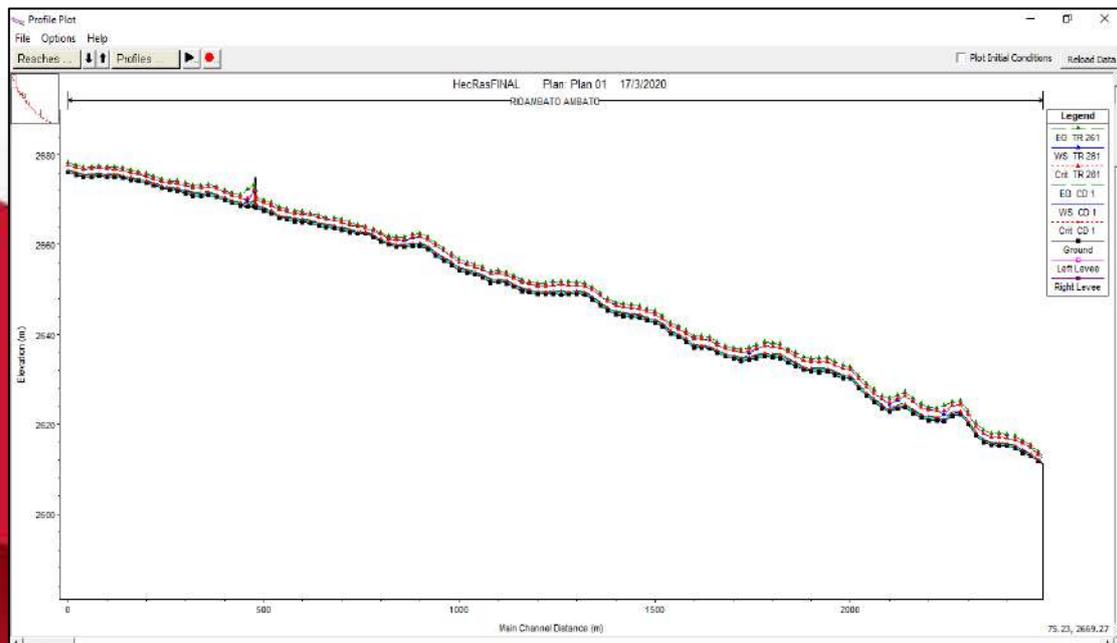


Figura N°32. Ventana del Perfil del Río
Fuente: HEC-RAS

En la siguiente tabla se observa el valor de la pendiente.

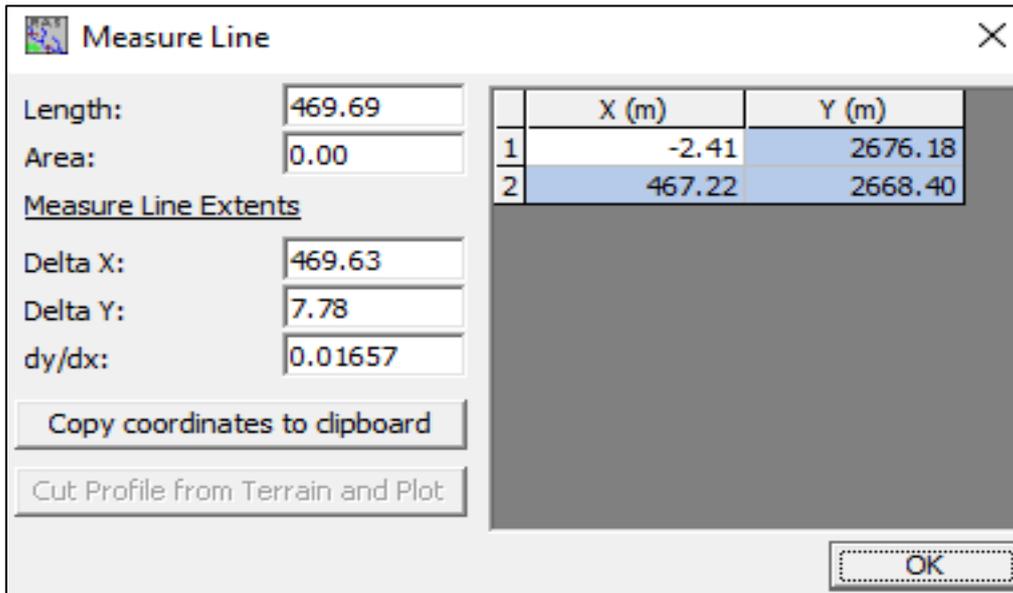


Figura N°33. Ventana del valor de la pendiente
Fuente: HEC-RAS

RAS MAPPER



Figura N°34. Icono de la opción RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

En el Menú principal clic en la herramienta Ras Mapper.

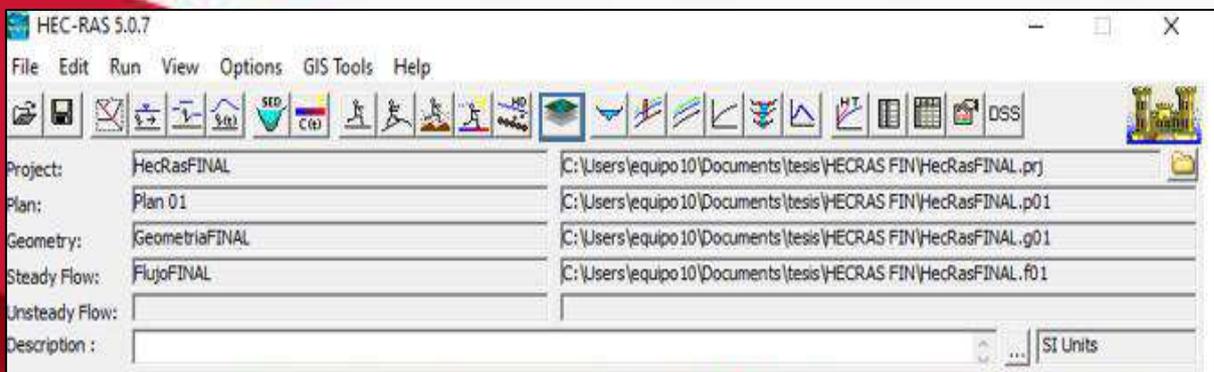


Figura N°35. Ventana de inicio del programa HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

Se despliega un cuadro en donde se observa el río con sus ejes, bordes y secciones.

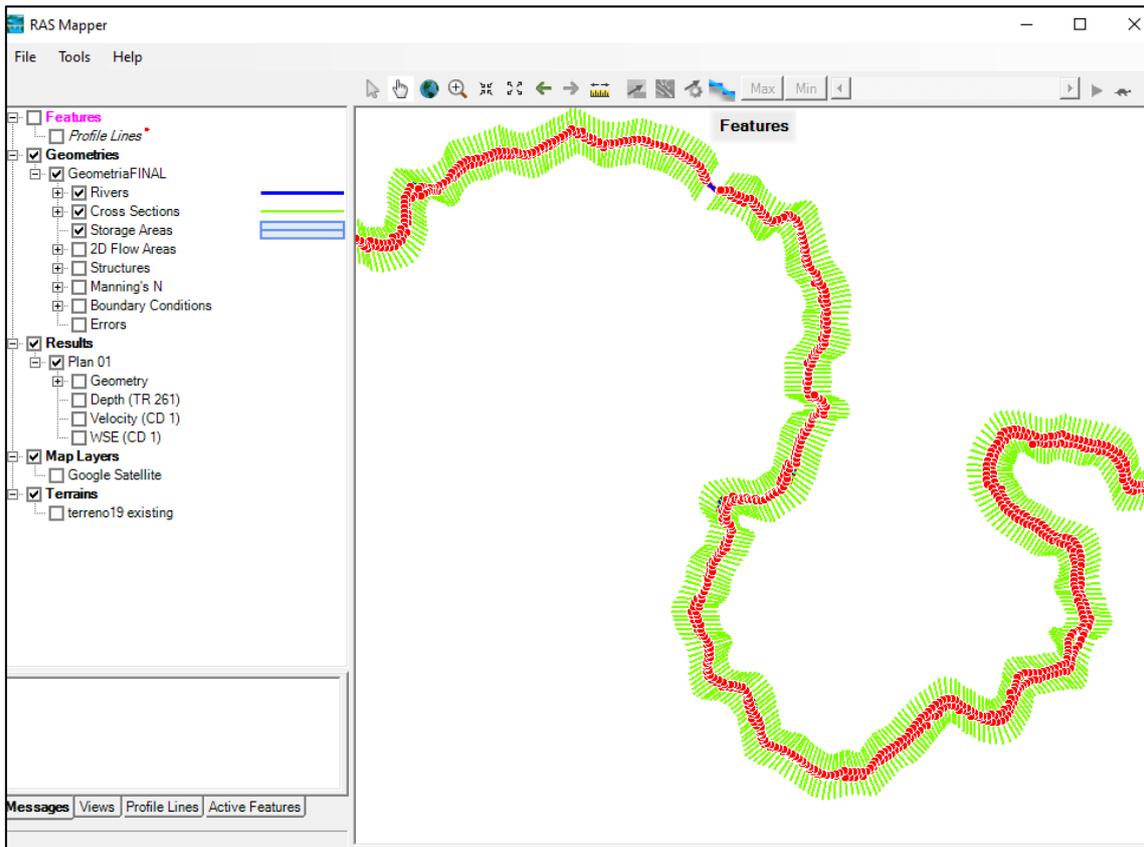


Figura N°36. Ventana de la opción RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

COORDENADAS UTM

Click en Tools - Set Projection for Project

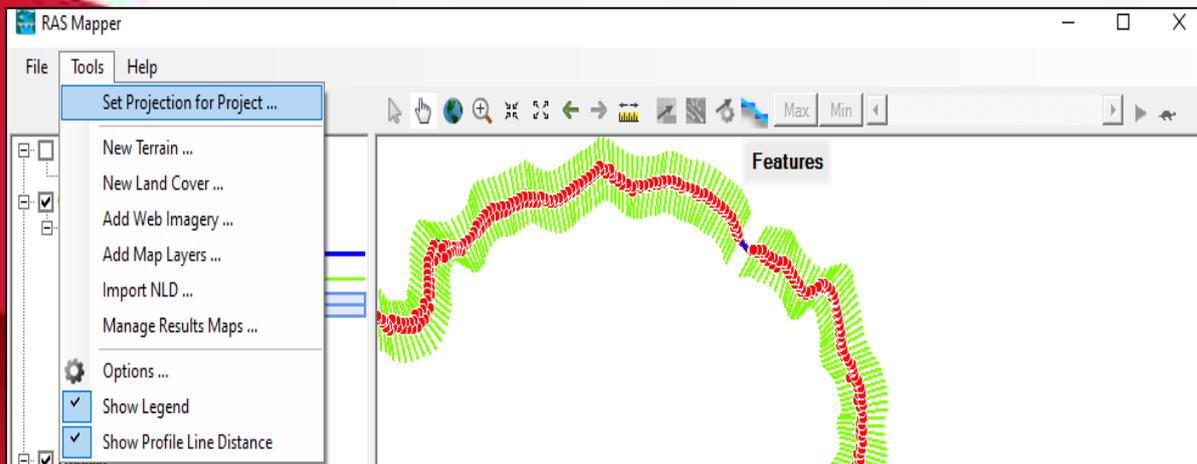


Figura N°37. Lista de opciones de la pestaña Tools
Fuente: HEC-RAS

Aparece el cuadro Ras Mapper Option, en el cual se escogerá la proyección en este caso la opción WGS 1984 UTM Zone 17S.

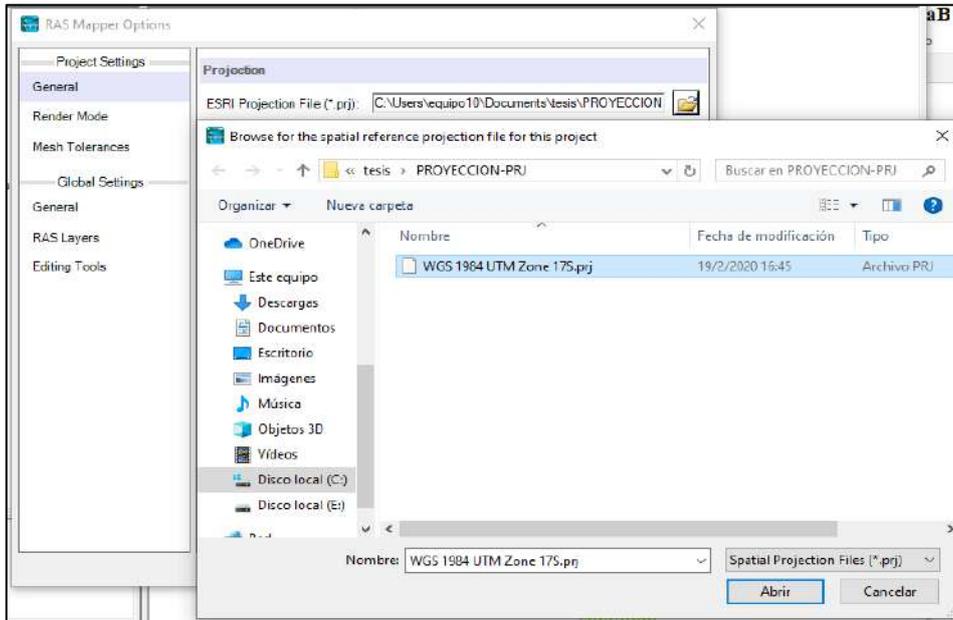


Figura N°38. Ventana del DATUM de la zona del proyecto.

Fuente: HEC-RAS

Se observa la proyección según la zona del proyecto. En la opción Units seleccionar Meters. Clic en Ok.

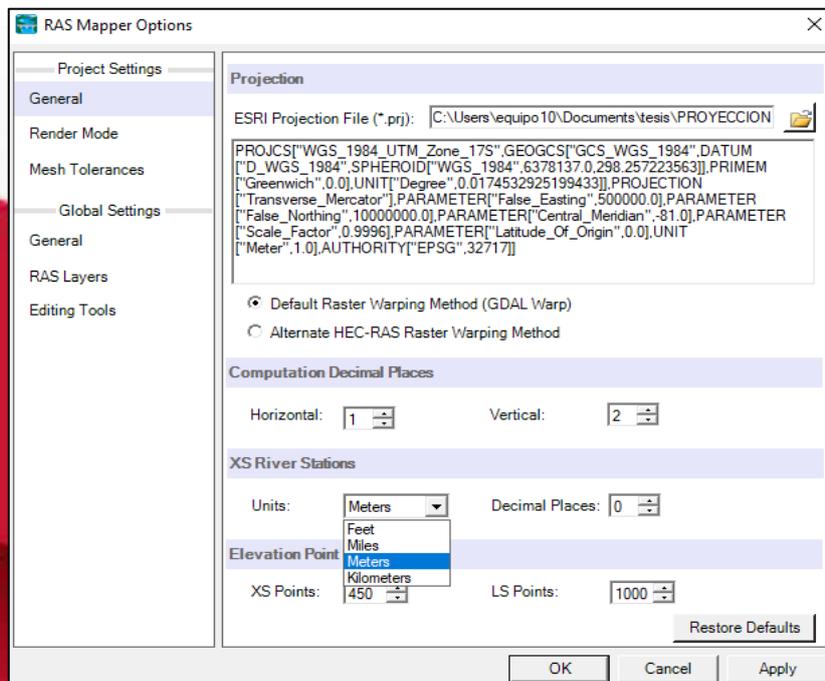


Figura N°39. Ventana de las opciones de RAS Mapper

Fuente: HEC-RAS

TERRENO

Para cargar el terreno en base a las ortofotos modelo DTM. Clic derecho e n Terrains - Create a New RAS Terrain.

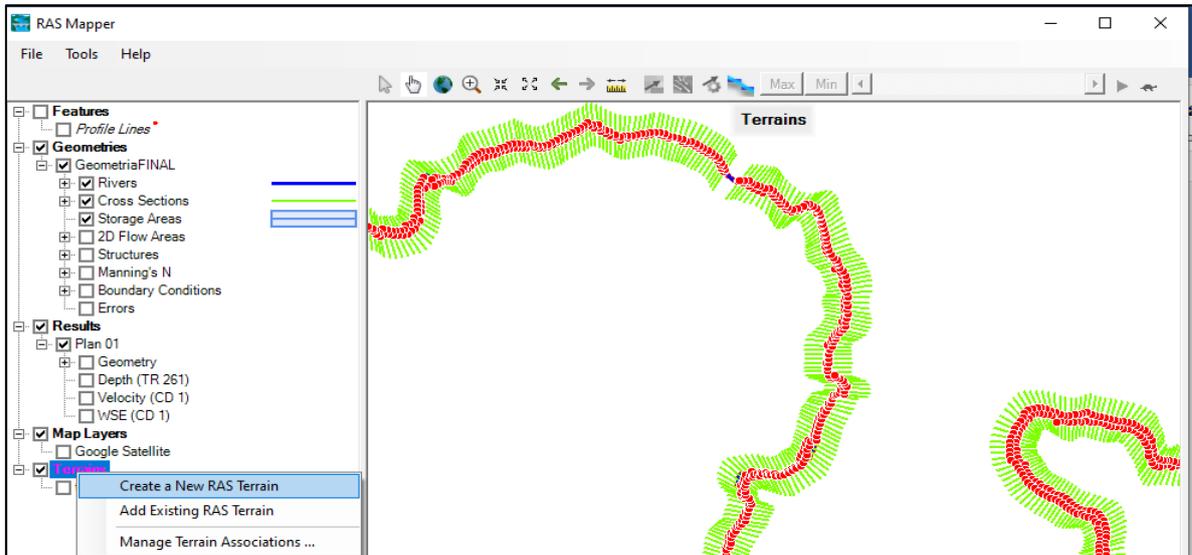


Figura N°40. Ventana de la opción de RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

Clic en el icono más, seleccionar el modelo DTM de la zona. Clic en abrir.

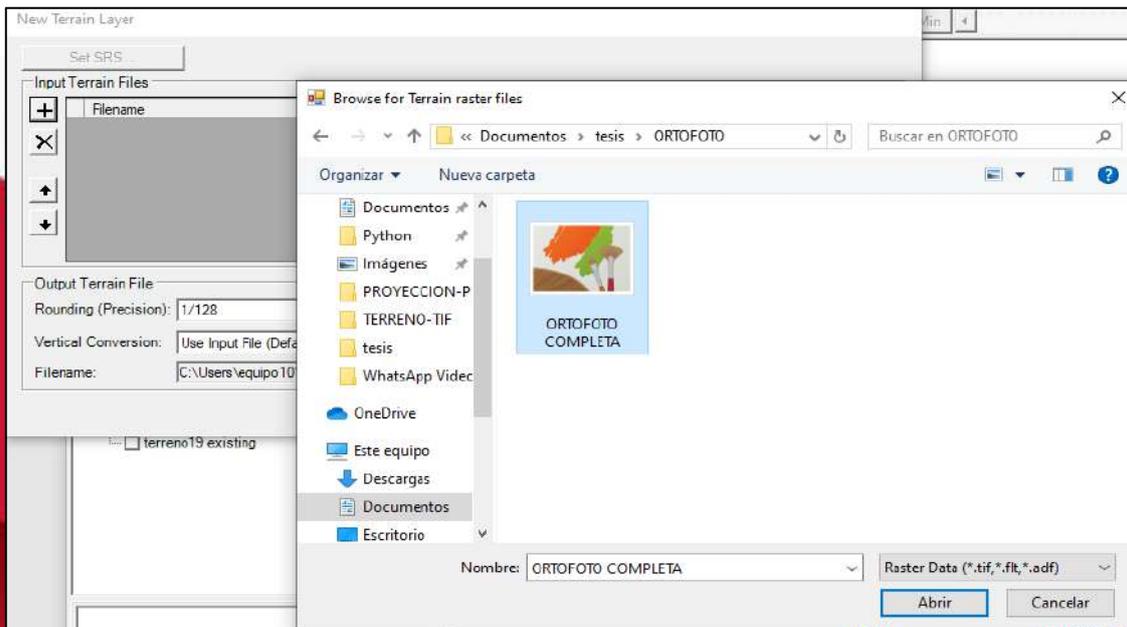


Figura N°41. Ventana para seleccionar la ortofoto completa.
Fuente: HEC-RAS

Se observa que la ortofoto se cargó. Clic en Create.

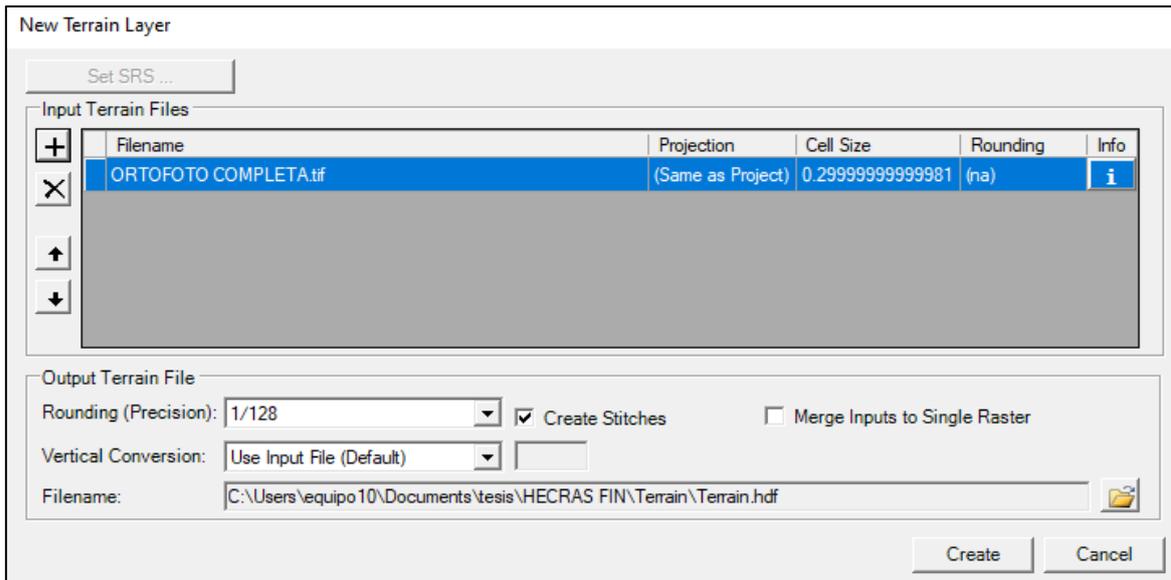


Figura N°42. Ventana de las capas del nuevo terreno
Ofuente: HEC-RAS

Se observa el relieve y la topografía del terreno en RAS Mapper.

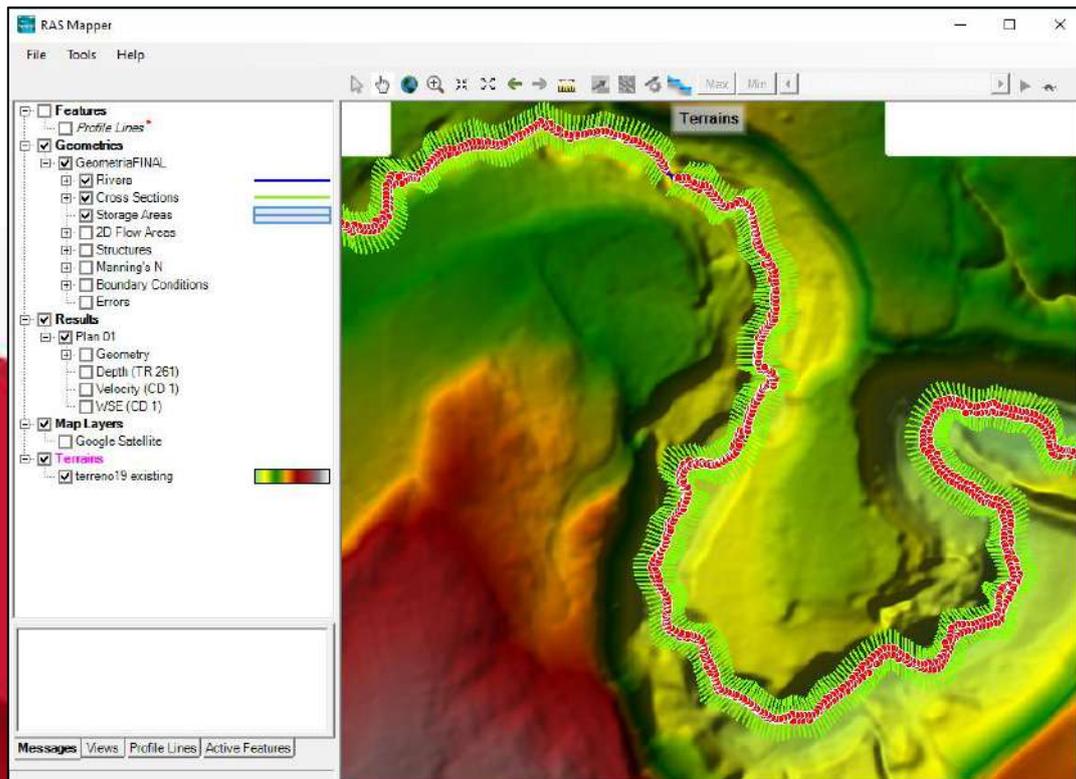


Figura N°43. Ventana de opciones de RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

MAPA SATELITAL

Clic derecho sobre Map Data Layers, escoger la opción Add Web Imagery Layer.

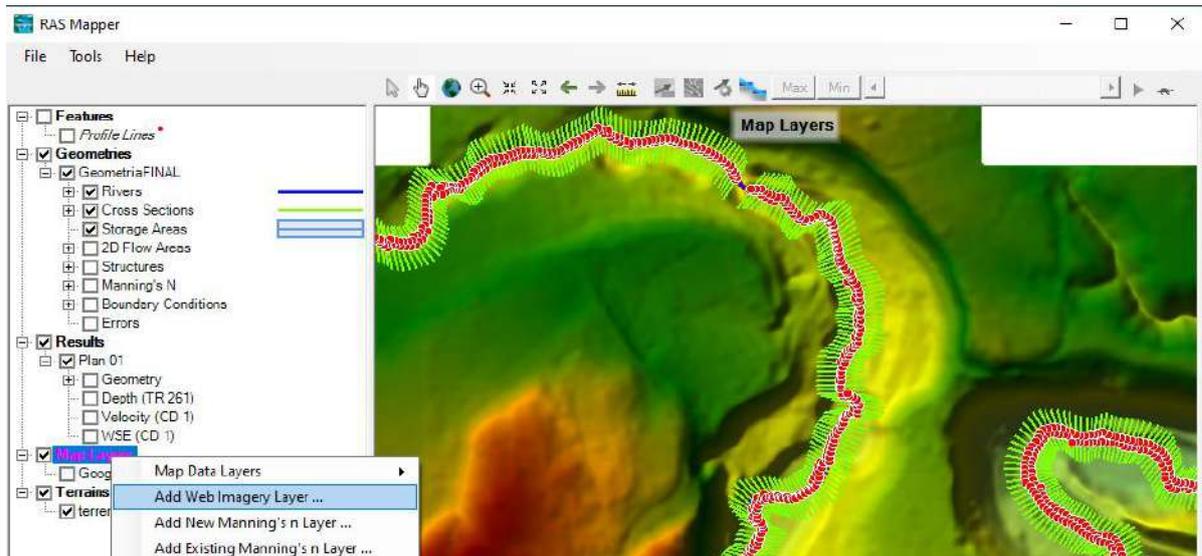


Figura N°44. Ventana de opciones de RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

Seleccionar la opción Google Satellite. Clic en Ok.

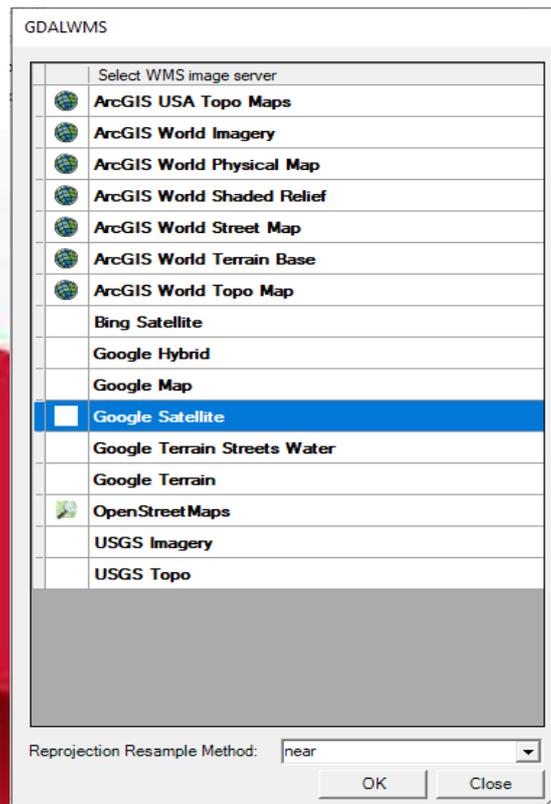


Figura N°45. Ventana con las diferentes opciones de mapas
Fuente: HEC-RAS

Se observa el Mapa Satelital de la zona del proyecto.

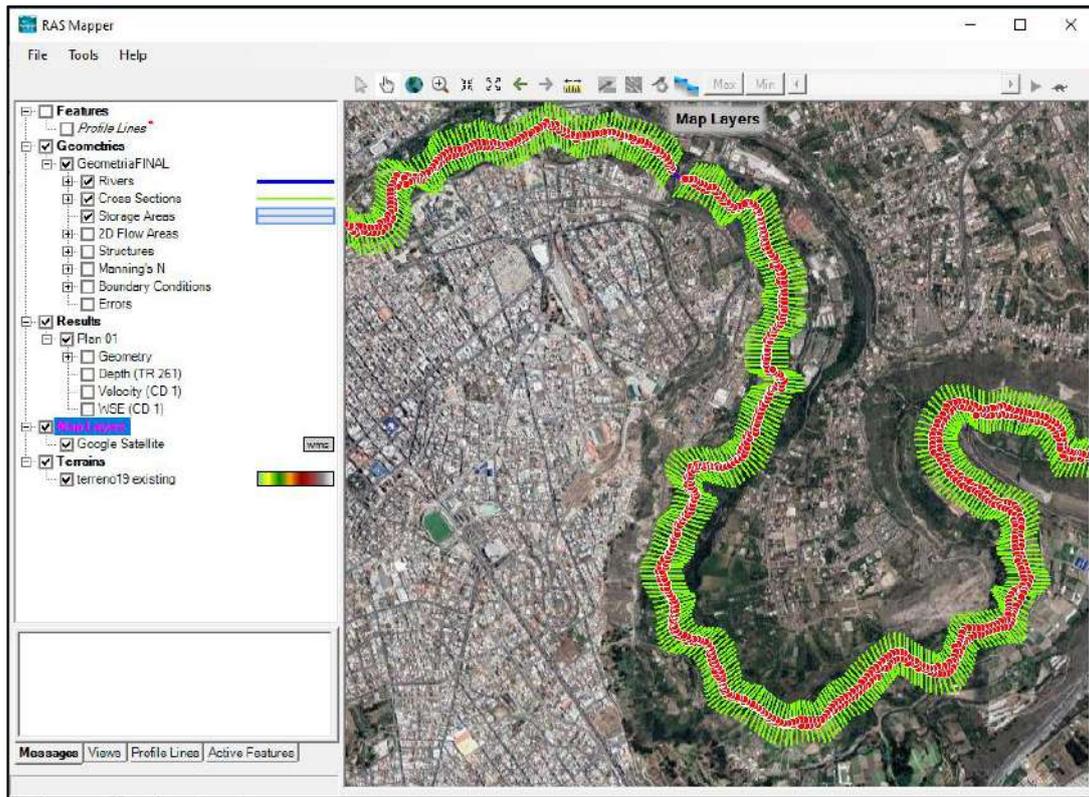


Figura N°46. Ventana de la opción RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

CREACIÓN DE PUENTES

Observar en el RAS Mapper la ubicación del puente en base al Mapa Satelital. Después determinar entre que secciones esta la estructura.

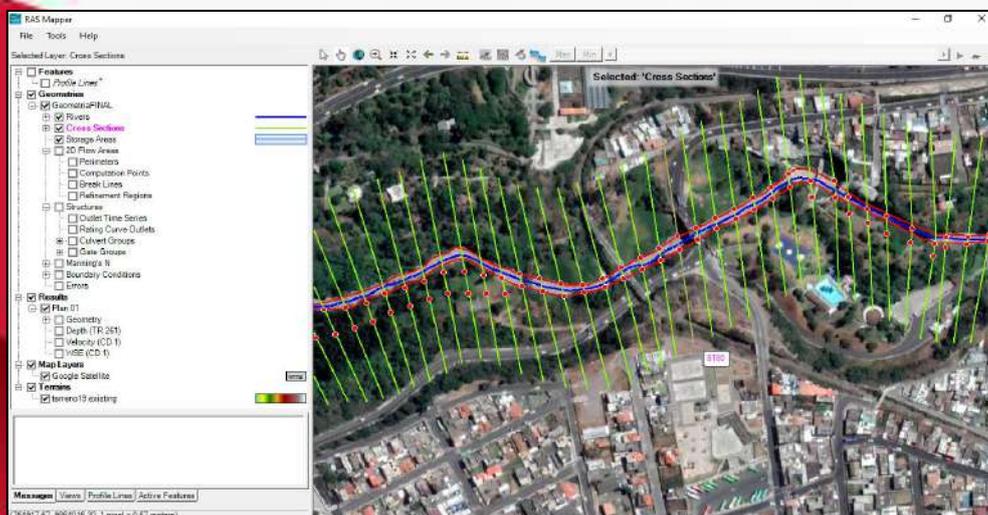


Figura N°47. Ventana de la opción RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

En el menú de Geometric Data escoger el icono Bridge/Culvert.

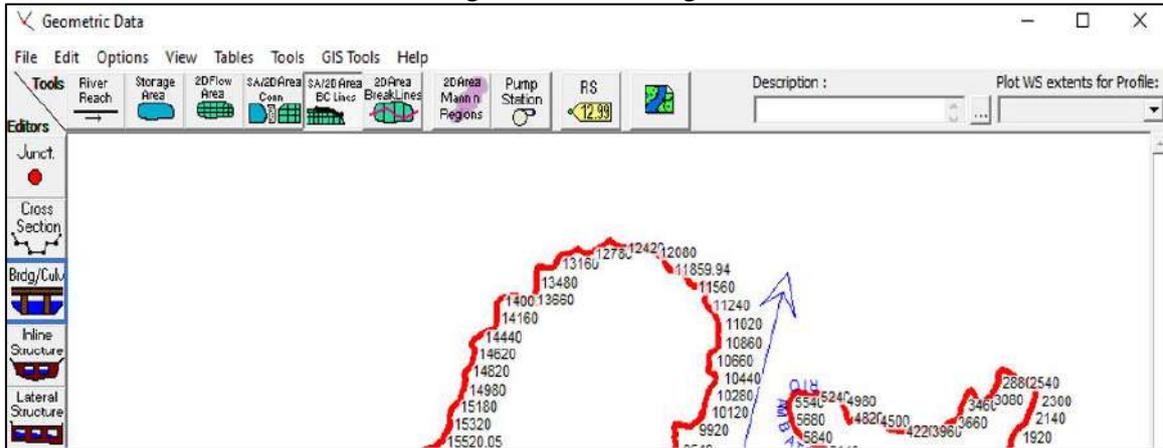


Figura N°48. Ventana de los datos de geometría
Fuente: HEC-RAS

Click en Options-Add a Bridge and/or Culvert.

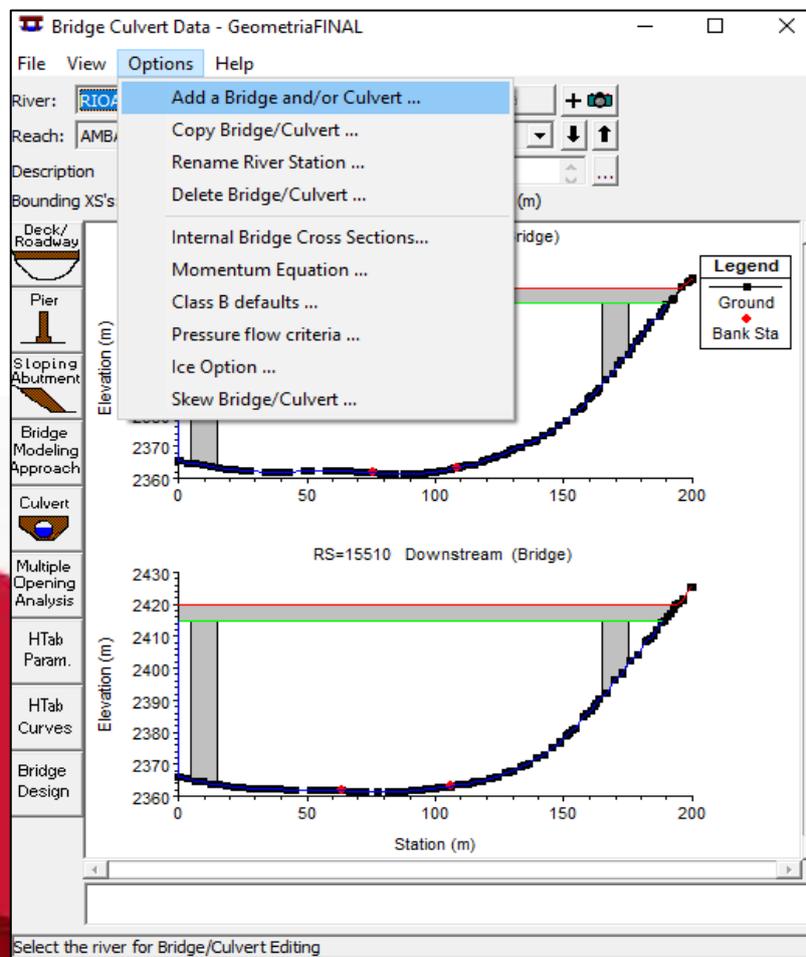


Figura N°49. Datos del puente o la alcantarilla
Fuente: HEC-RAS

Determinar un valor entre las dos secciones donde se ubicará el puente. En este caso el puente de la Av. Indoamérica empezara en la sección 8190. Clic en Ok.

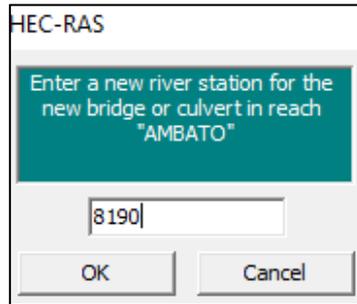


Figura N°50. Ventana de las opciones HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

Clic en la opción **Bridge Design**, se desplegará la tabla de **Bridge Design Editor** donde se llenará los datos del puente. En la parte superior de la tabla en **Deck/Roadway** en la opción **Elev of High Chord** colocar la cota que determina por donde van a circular los vehículos y peatones o la cota que indica el punto en el que inicia el espesor del tablero, en **Elev of Low Chord** se ingresa la cota que indica el punto en el que termina el espesor del tablero, en **Add Vertical Walls in Deck Opening Width** ingresar el largo del puente. En la siguiente parte de la tabla en **Pier** ingresar los datos de las pilas del puente. En **Number of Piers** ingresar el número de pilas, en **Upstream XS Starting Station** y en **Downstream XS Starting Station** colocar el punto en x donde se van a colocar las pilas, en **Pier Centerline Spacing** la separación entre pilas y en **pier width** el ancho de las pilas. Después clic en **Ok** se observará el puente.

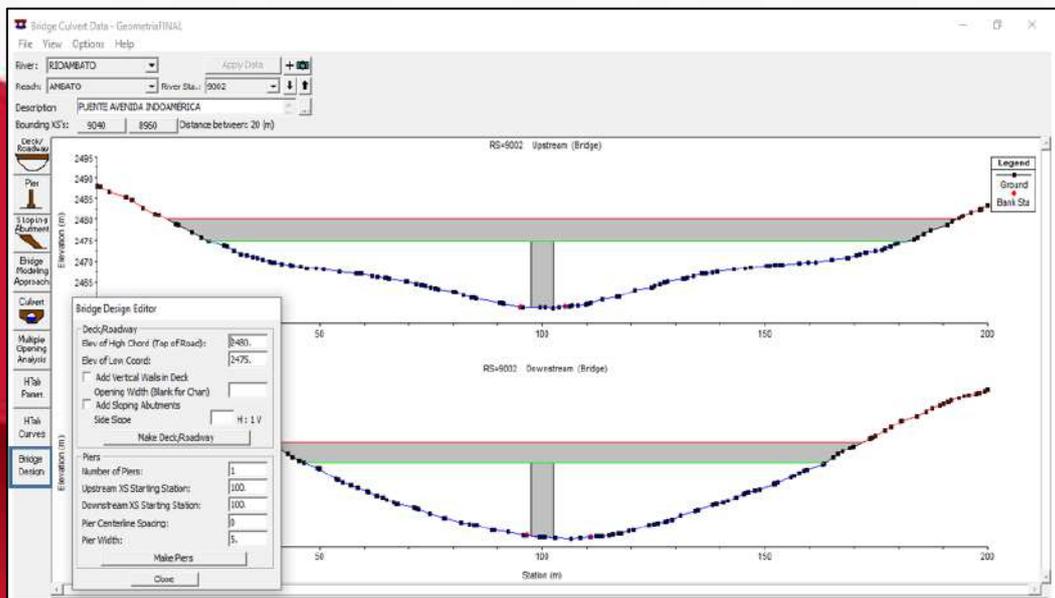


Figura N°51. Datos del puente o la alcantarilla
Fuente: HEC-RAS

Clic en **Deck/Roadway** se abrirá una tabla donde se colocará en **width** el ancho del puente. Clic en **Ok**.

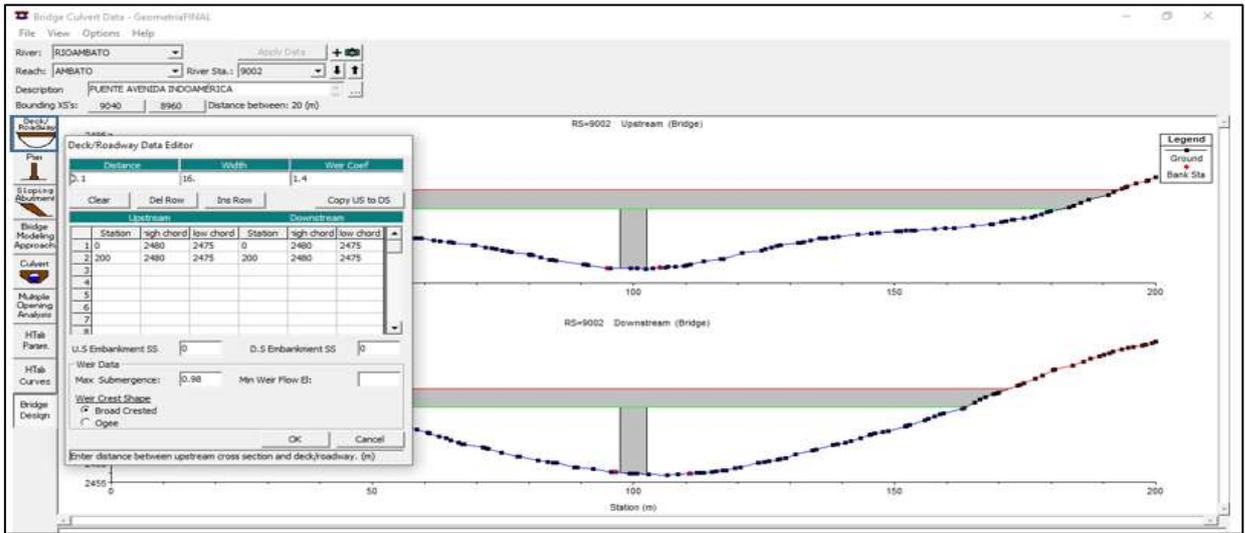


Figura N°52. Ventana de los datos del puente
Fuente: HEC-RAS

Se observa el puente en vista transversal.

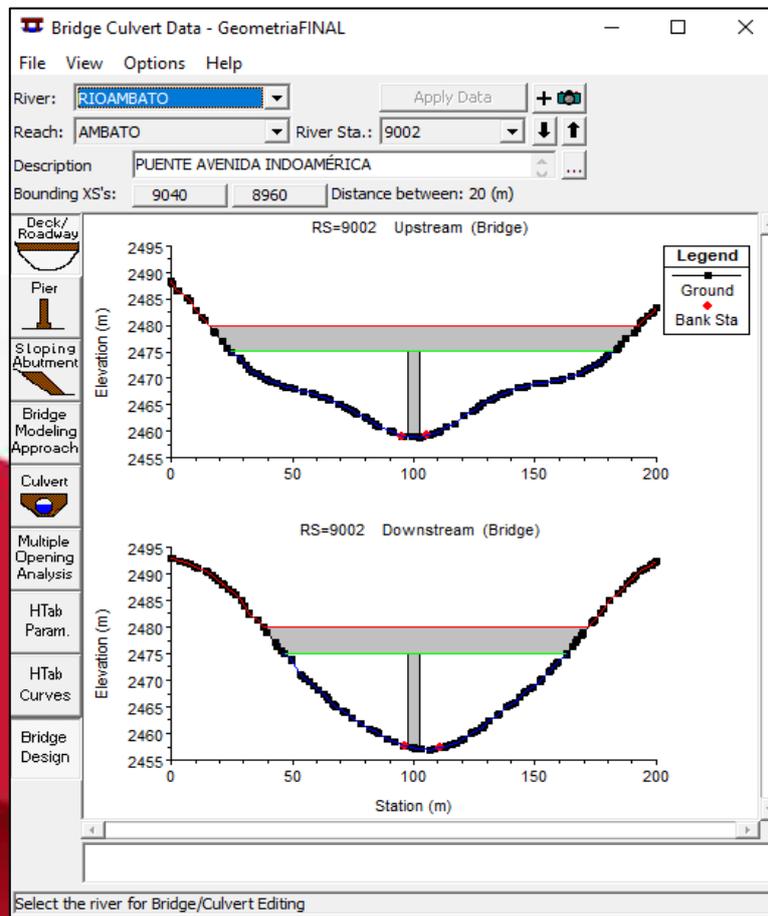


Figura N°53. Datos del puente o la alcantarilla
Fuente: HEC-RAS

Para observar en **3D** en el Menú principal seleccionar el icono **View 3D multiple cross section plot**.

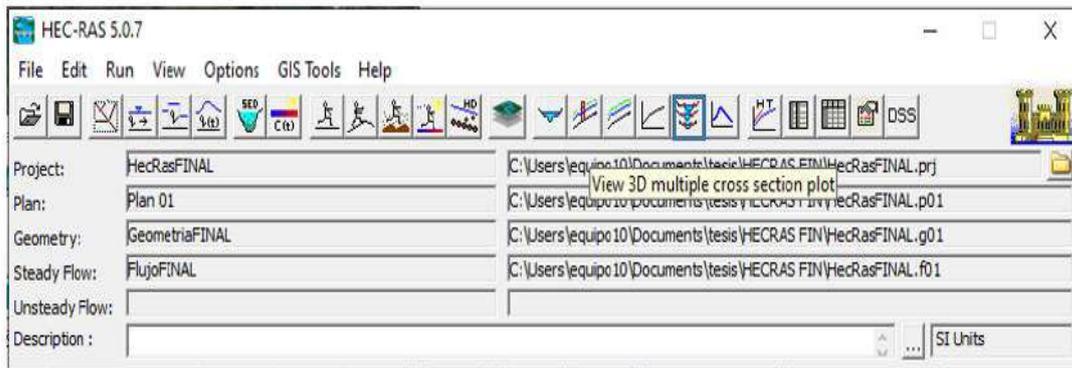


Figura N°54. Ventana de inicio del programa HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

Se observa el Río en 3D, clic en los triángulos para acercar y observar el puente.

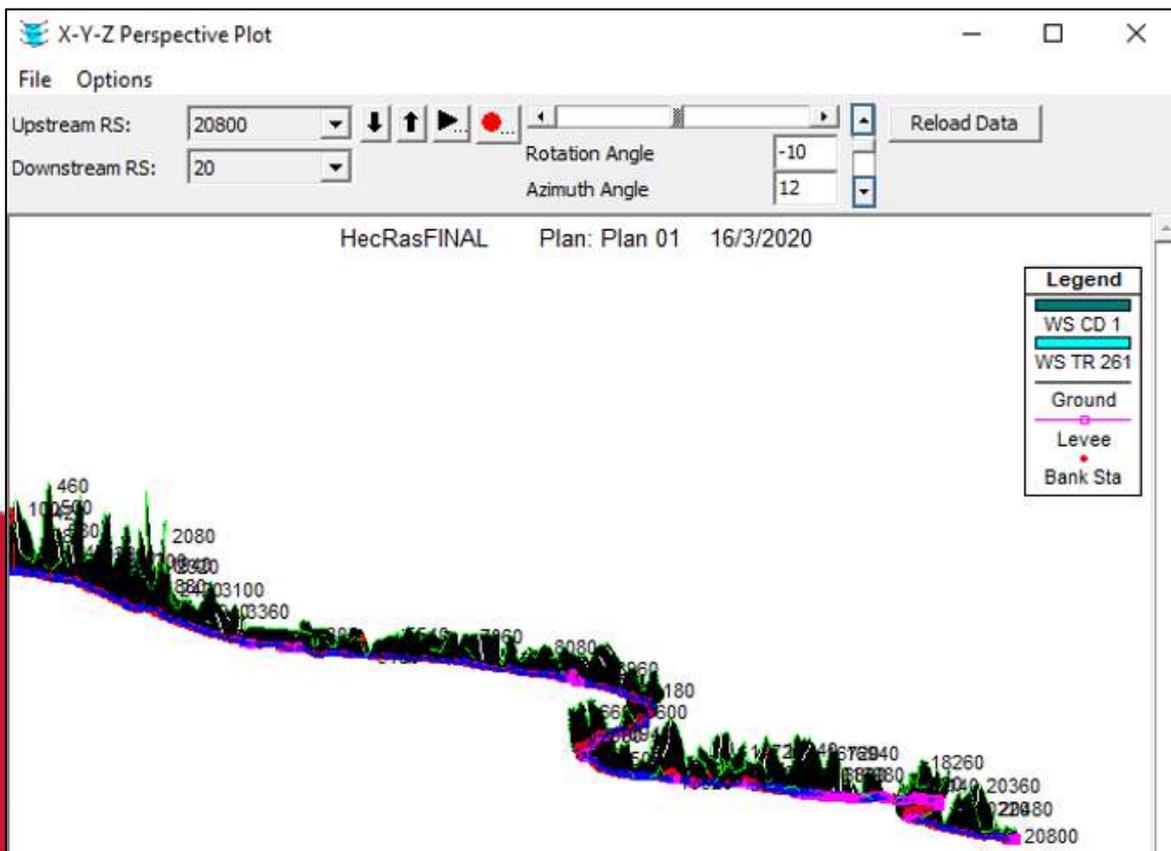


Figura N°55. Ventana de vista 3D del río
Fuente: HEC-RAS

Se puede ver el puente más cerca.

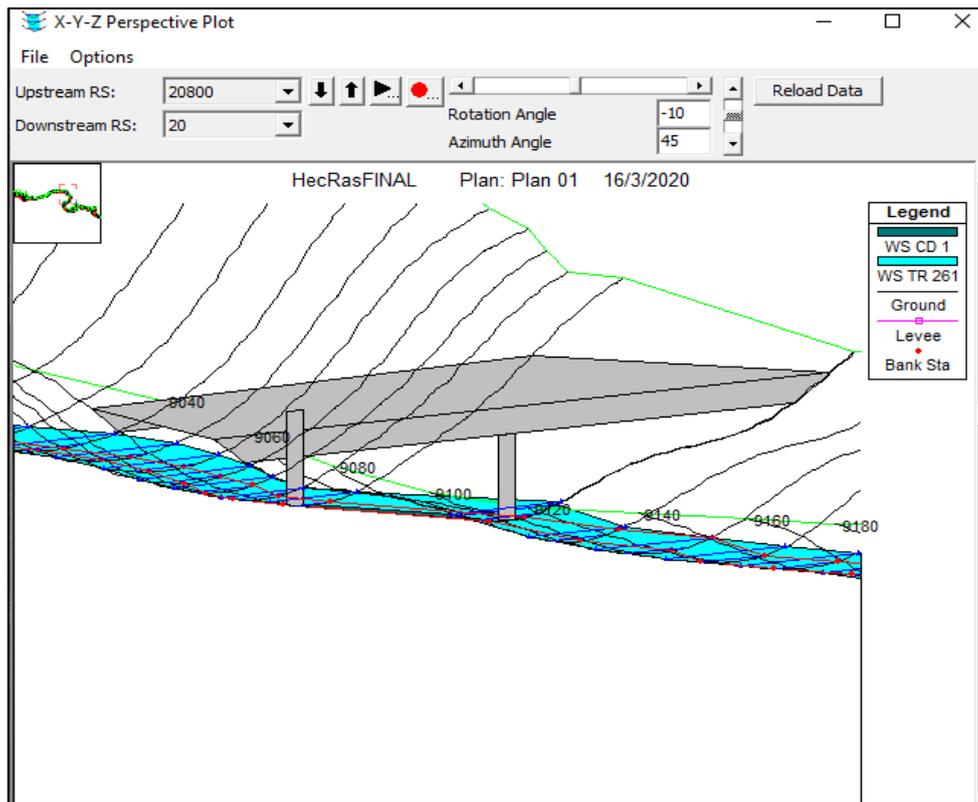


Figura N°56. Ventana de vista 3D del río
Fuente: HEC-RAS

CONDICIONES DE BORDE

En el Menú principal clic en **Edit–Steady Flow Data**.

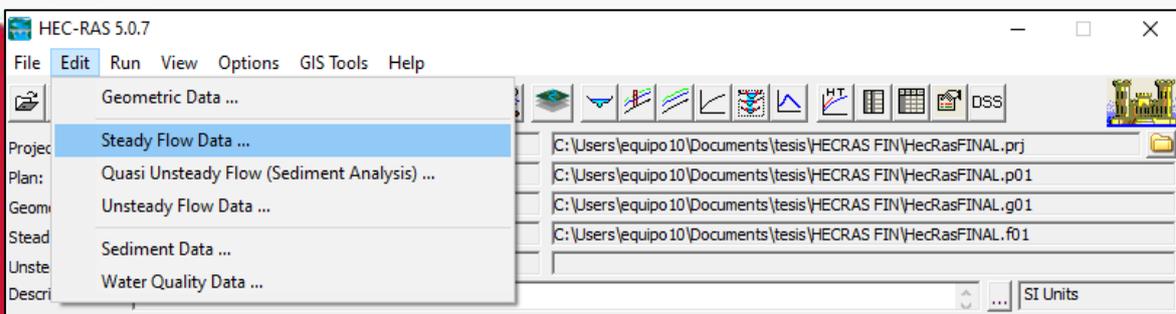


Figura N°57. Lista de opciones de la pestaña Edit
Fuente: HEC-RAS

Se abre el siguiente cuadro, clic en **Reach Boundary Conditions**, en el cual se registra las pendientes tantas aguas arriba y abajo. Clic en **Ok**.

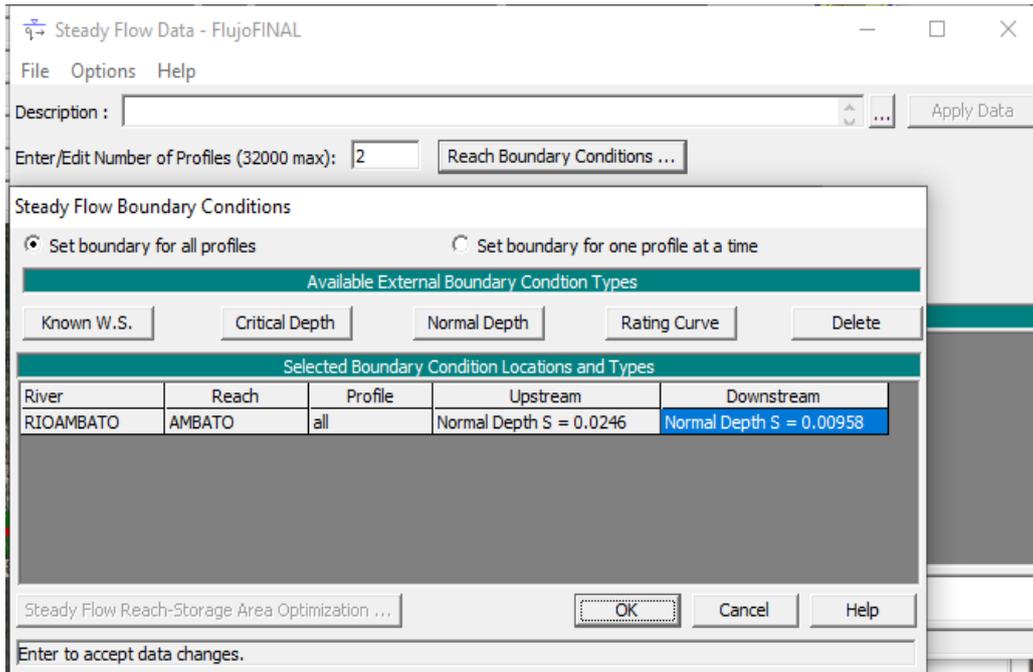


Figura N°58. Ventana de condiciones de borde de flujo constante.
Fuente: HEC-RAS

En **Enter/Edit Number of Profiles** establecer el número de caudales. Después registrar los valores de los caudales.

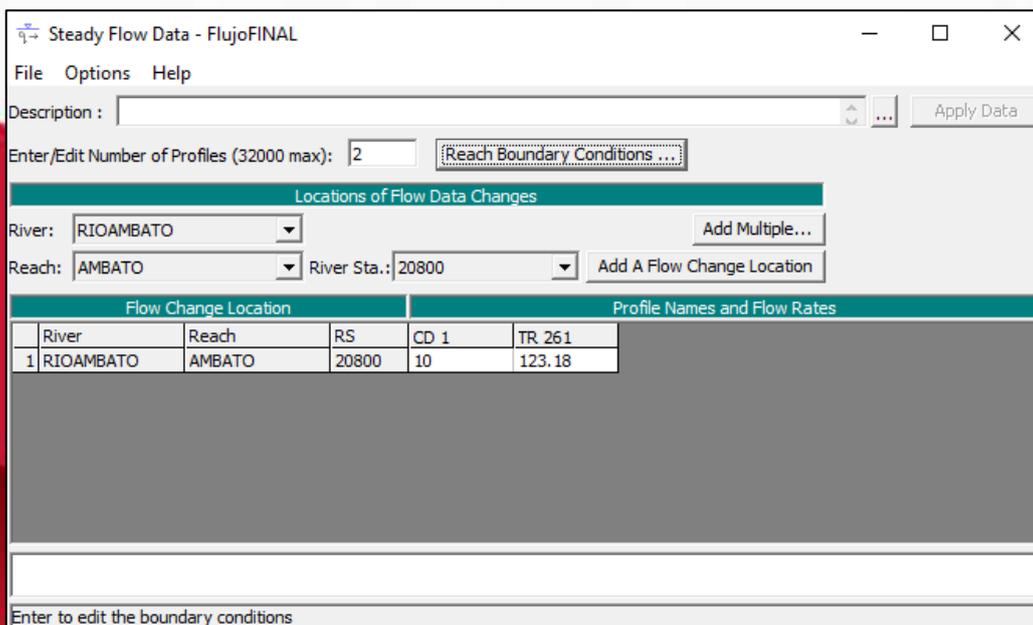


Figura N°59. Ventana de los datos del flujo constante
Fuente: HEC-RAS

CAUDALES

Clic en las opciones **File - Save Flow Data**.

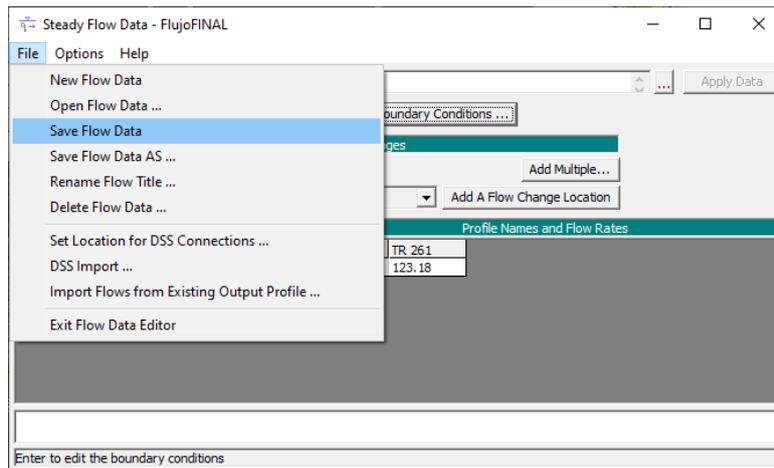


Figura N°60. Lista de la opción archivo (File)
Fuente: HEC-RAS

Seleccionar una carpeta y guardar los caudales para la simulación del Río. Clic en **Ok**.

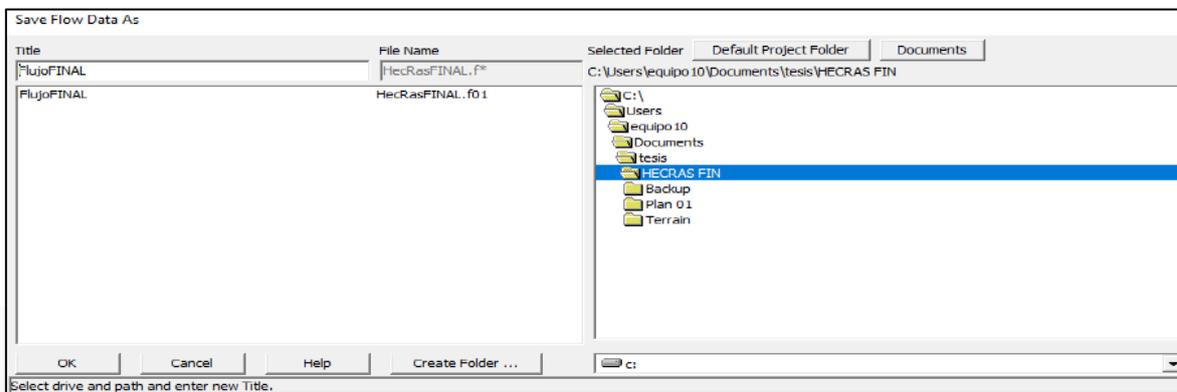


Figura N°61. Ventana de los datos del flujo constante
Fuente: HEC-RAS

Para correr el programa y realizar la simulación con los diferentes caudales, clic en el Menú principal el icono **Perform a steady flow simulation**.

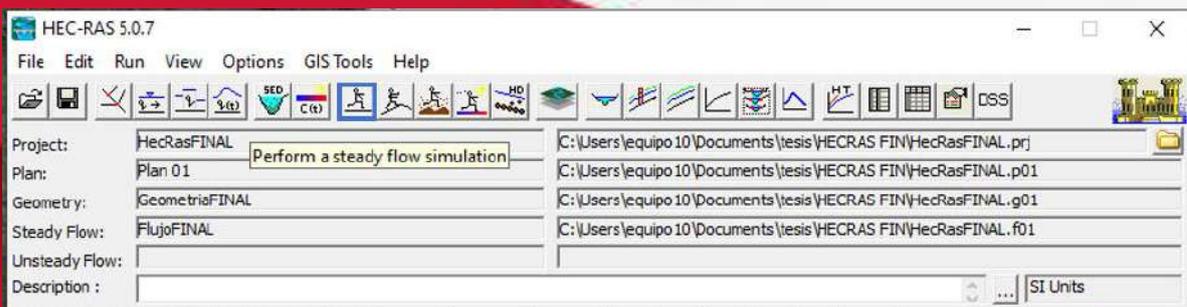


Figura N°62. Ventana de inicio del programa HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

Seleccionar el tipo de flujo, en este caso **supercrítico** y clic en **Compute**.

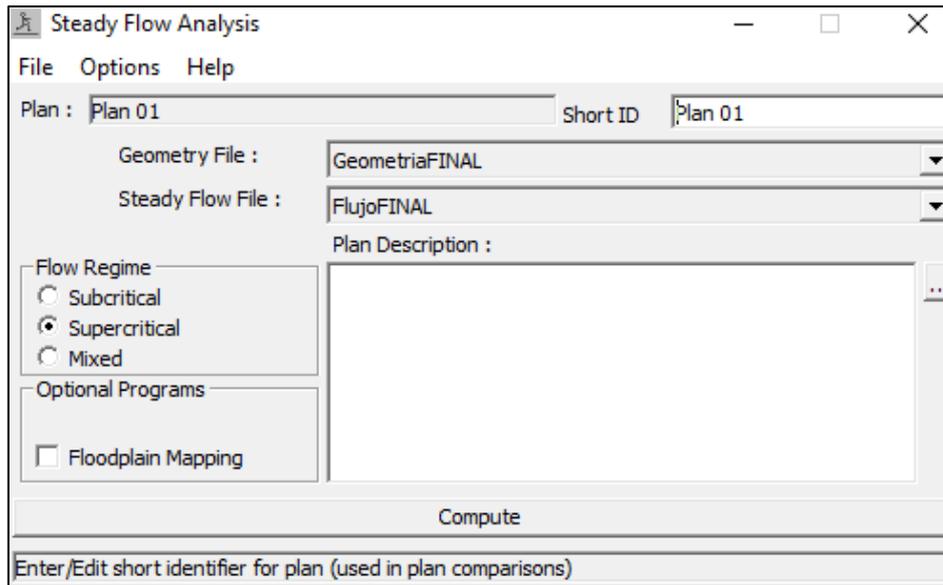


Figura N°63. Ventana de análisis del flujo constante
Fuente: HEC-RAS

Se observa como se está ejecutando el procesamiento de datos del río.

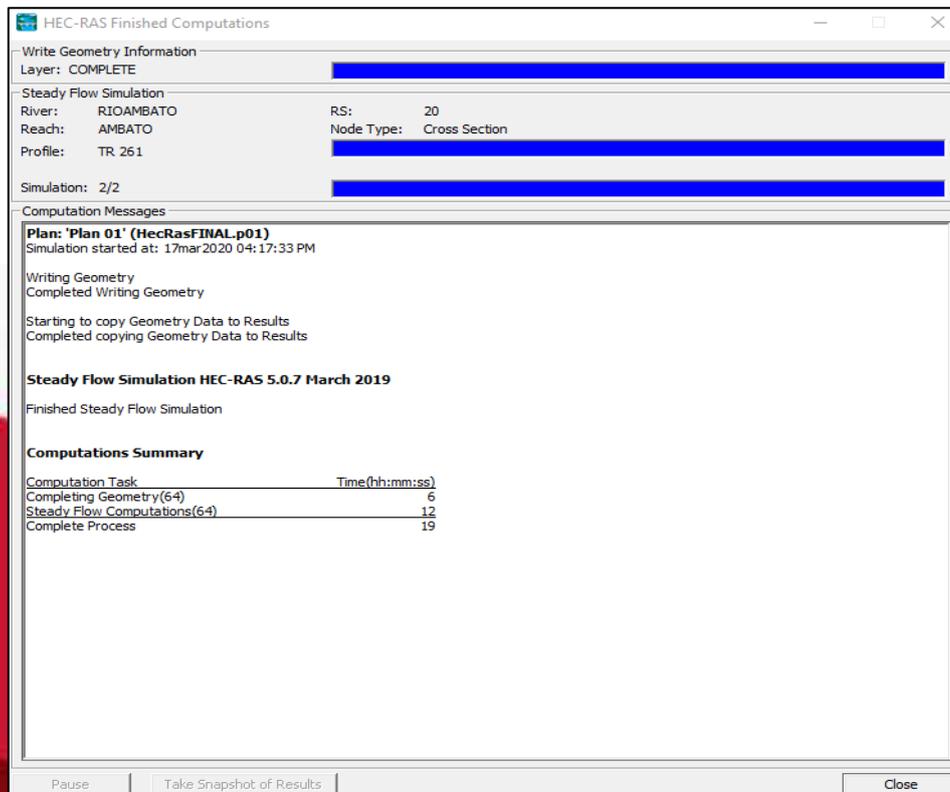


Figura N°64. Ventana de terminación del proceso de análisis.
Fuente: HEC-RAS

Para observar en **3D** como circulan los diferentes caudales en el Rio Ambato, clic en el Menú principal seleccionar el icono **View 3D multiple cross section plot**.

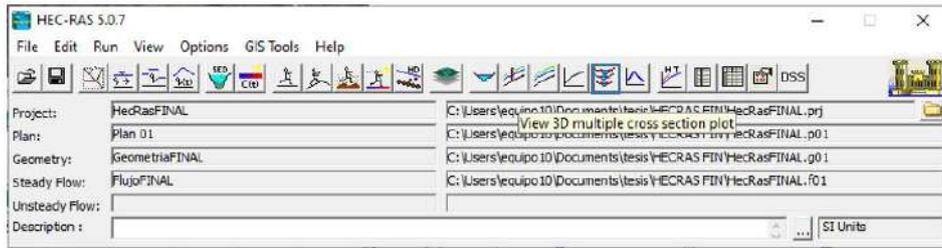


Figura N°65. Ventana de inicio del programa HEC-RAS

Fuente: HEC-RAS

Se observa el Rio en 3D, clic en los triángulos para acercar y observar como circulan los diferentes caudales en el Rio Ambato.

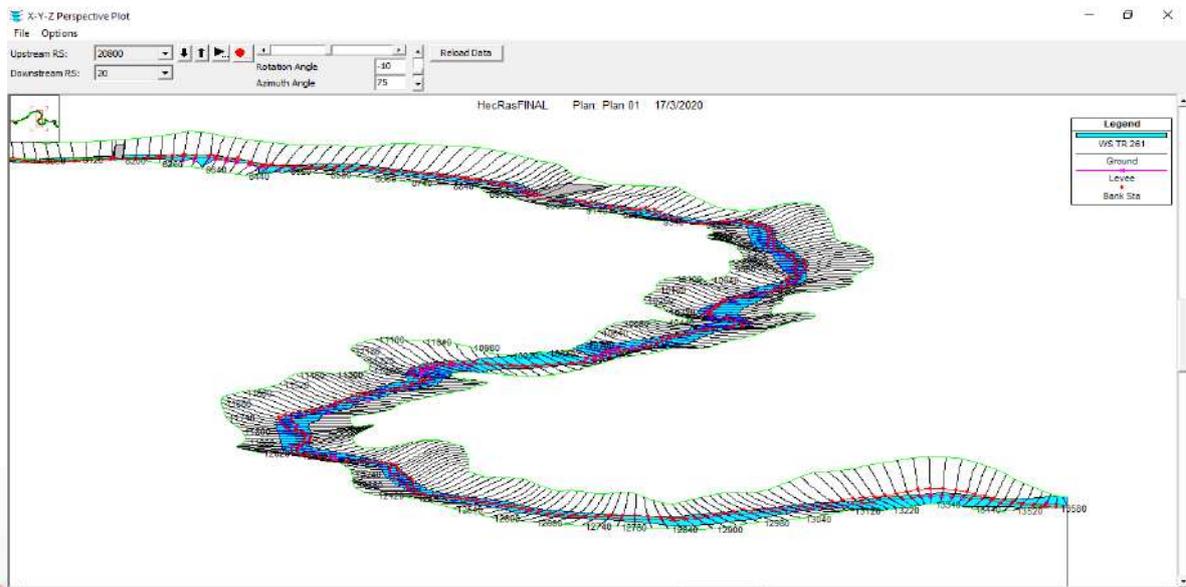


Figura N°66. Ventana de vista 3D del río

Fuente: HEC-RAS

RESULTADOS

En el Menú clic en el icono **View Summary output tables by profile**.

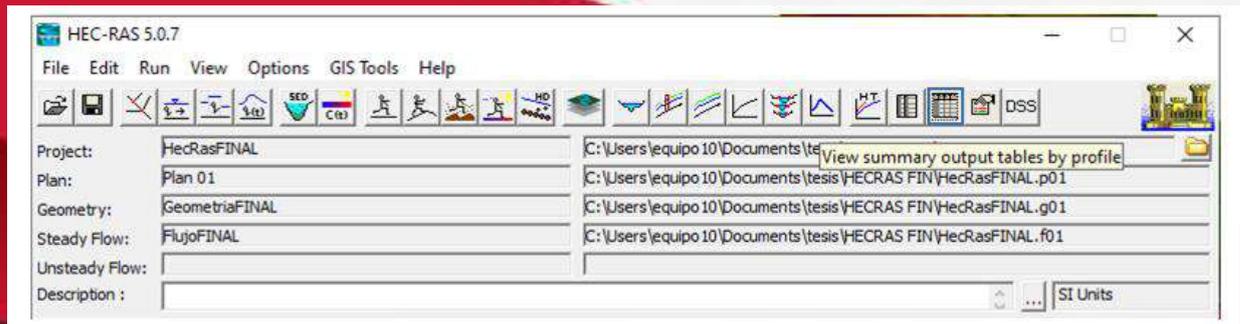


Figura N°67. Ventana de inicio del programa HEC-RAS

Fuente: HEC-RAS

Se puede observar una tabla de resultados por abscisa cada 20 m.

Profile Output Table - Standard Table 1												
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: RIOAMBATO Reach: AMBATO												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
AMBATO	20800	CD 1	10.00	2316.81	2317.50	2317.53	2317.77	0.024614	1.61	4.83	10.30	0.85
AMBATO	20800	TR 261	123.18	2316.81	2318.53	2318.53	2318.65	0.002899	1.17	81.80	63.93	0.35
AMBATO	20780	CD 1	10.00	2317.11	2317.80	2317.80	2318.06	0.020580	1.60	4.74	8.50	0.79
AMBATO	20780	TR 261	123.18	2317.11	2319.23	2319.23	2319.34	0.002126	1.12	88.04	58.78	0.31
AMBATO	20760	CD 1	10.00	2316.94	2317.56	2317.56	2317.79	0.018766	1.38	5.19	10.70	0.74
AMBATO	20760	TR 261	123.18	2316.94	2318.84	2318.84	2319.03	0.004913	1.65	65.02	50.89	0.46
AMBATO	20740	CD 1	10.00	2316.94	2317.46	2317.46	2317.64	0.018687	1.29	5.82	14.78	0.72
AMBATO	20740	TR 261	123.18	2316.94	2318.37	2318.37	2318.84	0.017212	3.00	41.19	42.55	0.87
AMBATO	20720	CD 1	10.00	2317.02	2317.59	2317.59	2317.79	0.023728	1.78	5.27	12.36	0.86
AMBATO	20720	TR 261	123.18	2317.02	2318.51	2318.51	2318.99	0.017640	3.25	40.85	42.45	0.89
AMBATO	20700	CD 1	10.00	2317.13	2317.58	2317.58	2317.77	0.030885	1.91	5.22	13.80	0.96
AMBATO	20700	TR 261	123.18	2317.13	2318.67	2318.67	2319.15	0.017450	3.46	41.68	42.13	0.90
AMBATO	20680	CD 1	10.00	2316.94	2317.57	2317.57	2317.78	0.022815	1.69	5.18	11.09	0.83
AMBATO	20680	TR 261	123.18	2316.94	2318.51	2318.51	2319.03	0.018489	3.34	39.26	38.27	0.91
AMBATO	20660	CD 1	10.00	2316.78	2317.22	2317.22	2317.37	0.027179	1.38	5.94	20.63	0.85
AMBATO	20660	TR 261	123.18	2316.78	2318.31	2318.31	2318.81	0.016872	3.02	40.04	41.14	0.86
AMBATO	20640	CD 1	10.00	2317.17	2317.54	2317.54	2317.66	0.035905	1.60	6.34	25.18	0.97
AMBATO	20640	TR 261	123.18	2317.17	2318.50	2318.50	2318.96	0.018993	3.18	41.98	45.82	0.91
AMBATO	20620	CD 1	10.00	2317.80	2318.15	2318.15	2318.26	0.038785	1.52	6.62	28.65	0.99
AMBATO	20620	TR 261	123.18	2317.80	2319.04	2319.04	2319.47	0.020558	3.02	43.23	51.09	0.93
AMBATO	20600	CD 1	10.00	2318.16	2318.54	2318.54	2318.66	0.035459	1.59	6.43	26.41	0.97
AMBATO	20600	TR 261	123.18	2318.16	2319.45	2319.45	2319.91	0.023025	3.09	41.93	51.31	0.97
AMBATO	20580	CD 1	10.00	2318.69	2319.00	2319.00	2319.15	0.020943	0.88	6.08	20.30	0.69

Total flow in cross section.

Figura N°68. Ventana con la tabla de resultados
Fuente: HEC-RAS

CURVAS DE NIVEL

Clic derecho sobre el terreno y seleccionar **Image display Properties**.

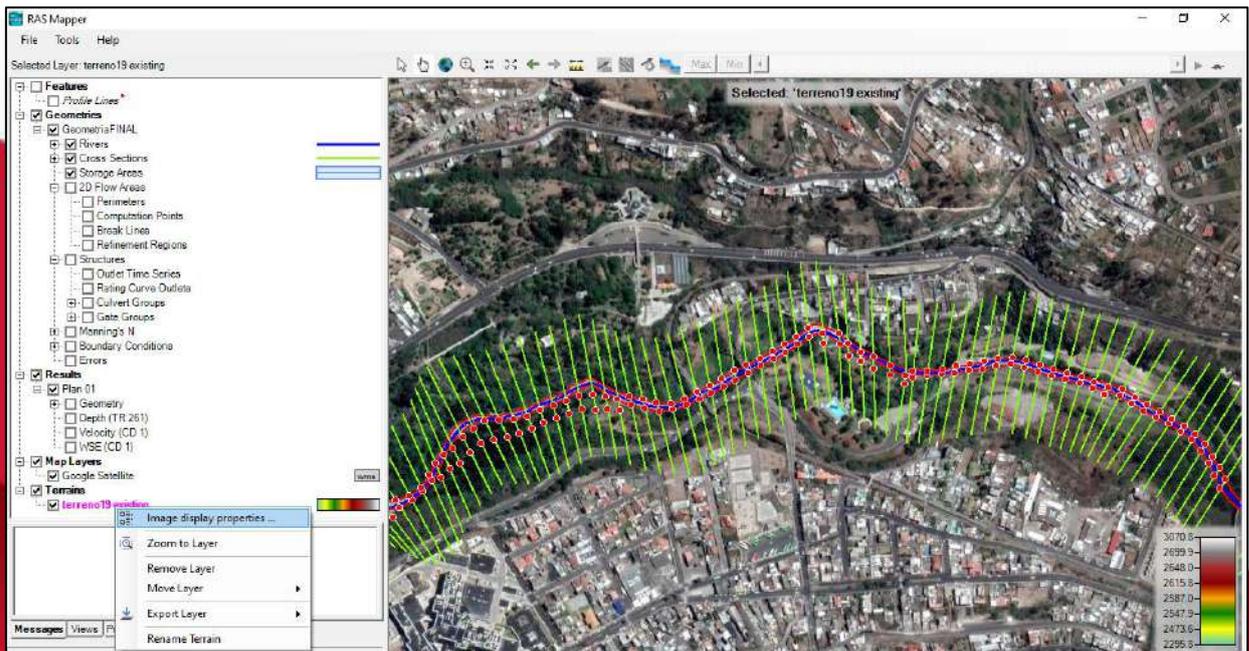


Figura N°69. Ventana de la opción RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

Colocar un visto en Plot Contours y colocar la separación entre curvas de nivel en este cada 1m.

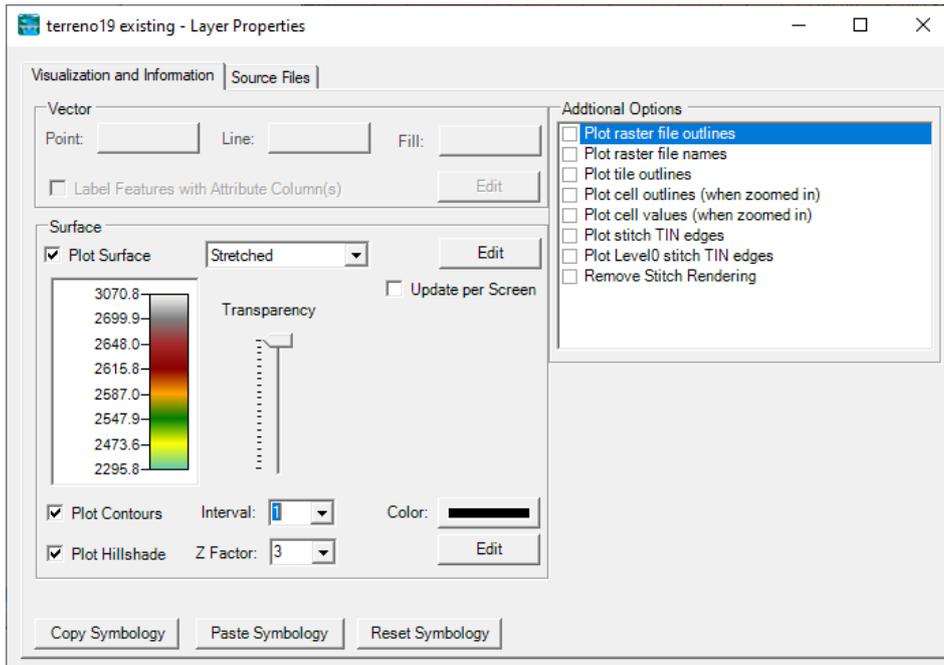


Figura N°70. Ventana de las propiedades de las capas
Fuente: HEC-RAS

Se observan las curvas de nivel cada 1 m.

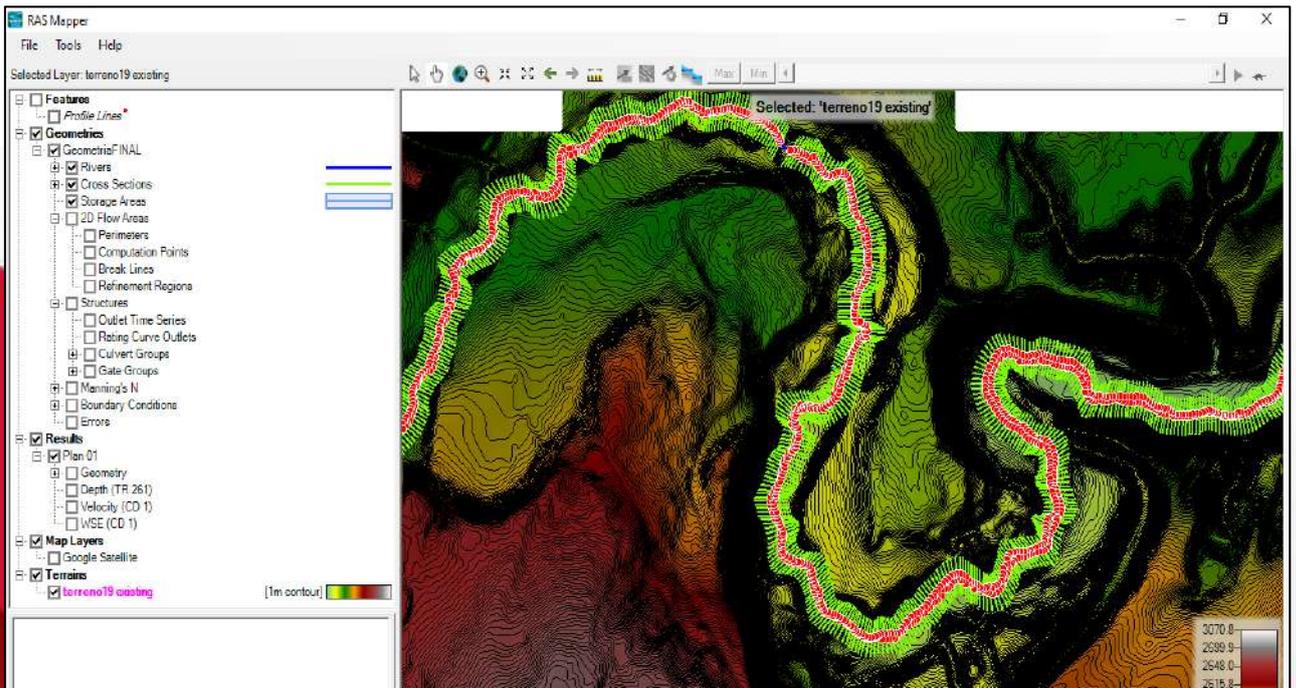


Figura N°71. Ventana de la opción RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

EXPORTAR DE HEC-RAS A ARCGIS

En la ventana principal de HEC-RAS, seleccionar la opción archivo (file), se desplegarán varias opciones. Clic **Export GIS Data**, para exportar el archivo a Arcgis.

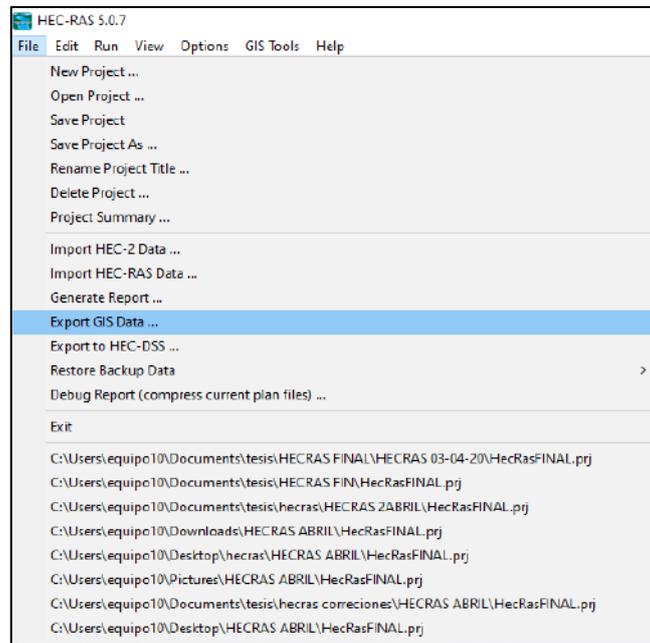


Figura N°72. Ventana de inicio de HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

En la opción de exportar a Arcgis llenar los siguientes datos. Después seleccionar la opción datos de exportación. Se genera un archivo .sdf y clic en aceptar.

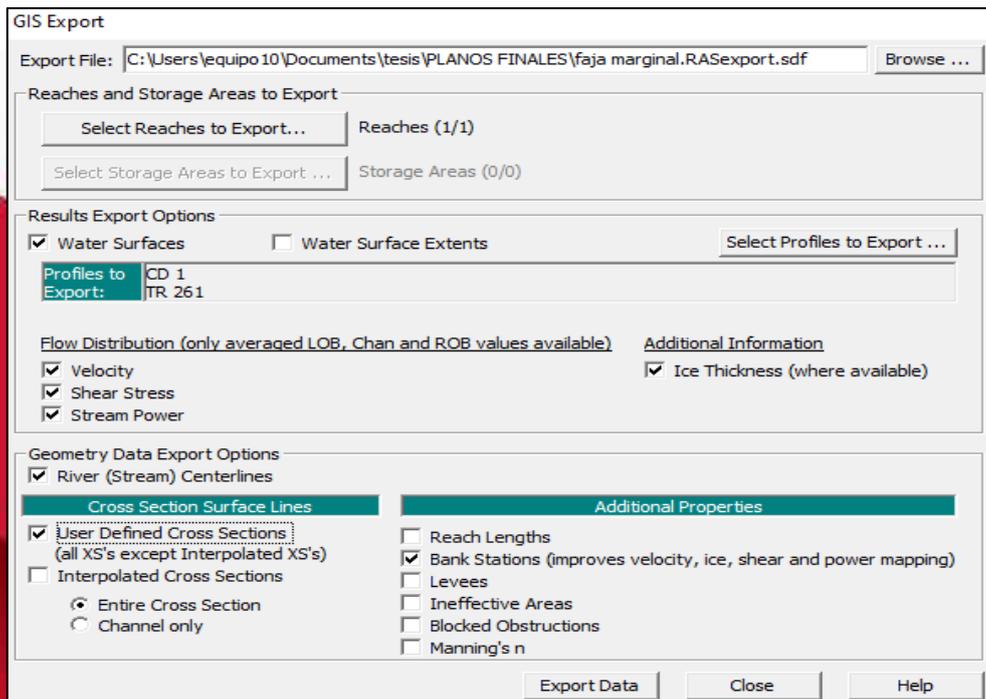


Figura N°73. Ventana de exportación de datos ArcGIS
Fuente: HEC-RAS

Abrir el programa ArcGIS, seleccionar la opción para transformar el archivo de .sdf a xml.

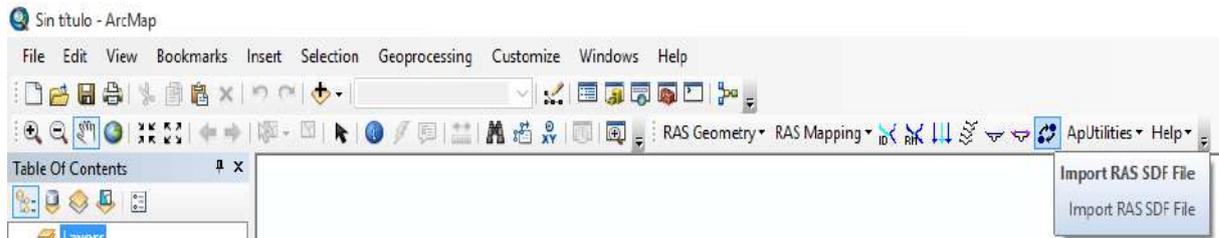


Figura N°74. Ventana de ArcGIS, opción Import RAS SDF File
Fuente: HEC-RAS

Aparece el siguiente cuadro donde se carga el archivo RAS SDF. Clic en Ok.

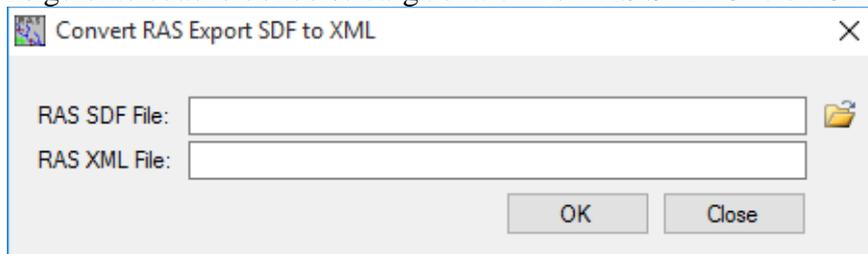


Figura N°75. Ventana de conversión al archivo de .sdf a .xml
Fuente: HEC-RAS

Observar la conversión del archivo de .sdf a kml

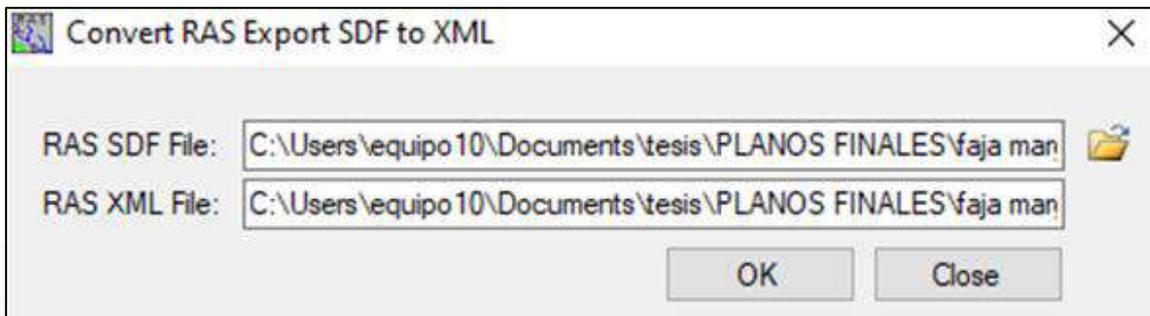


Figura N°76. Ventana de conversión al archivo de .sdf a .xml
Fuente: HEC-RAS

Clic en la opción aceptar.

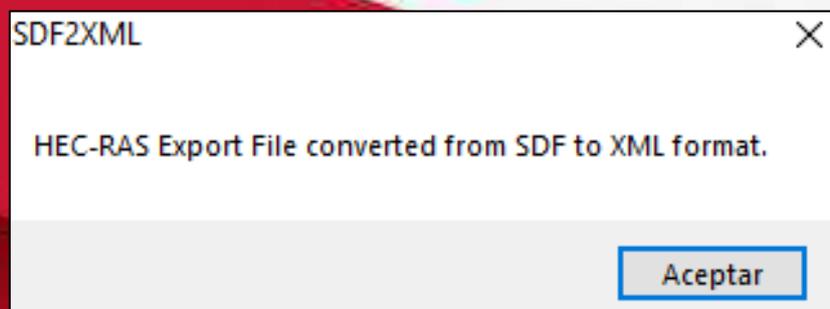


Figura N°77. Ventana de opciones
Fuente: HEC-RAS

En la opción RAS Mapping, seleccionar la opción configuración de la capa **Layer Setup**

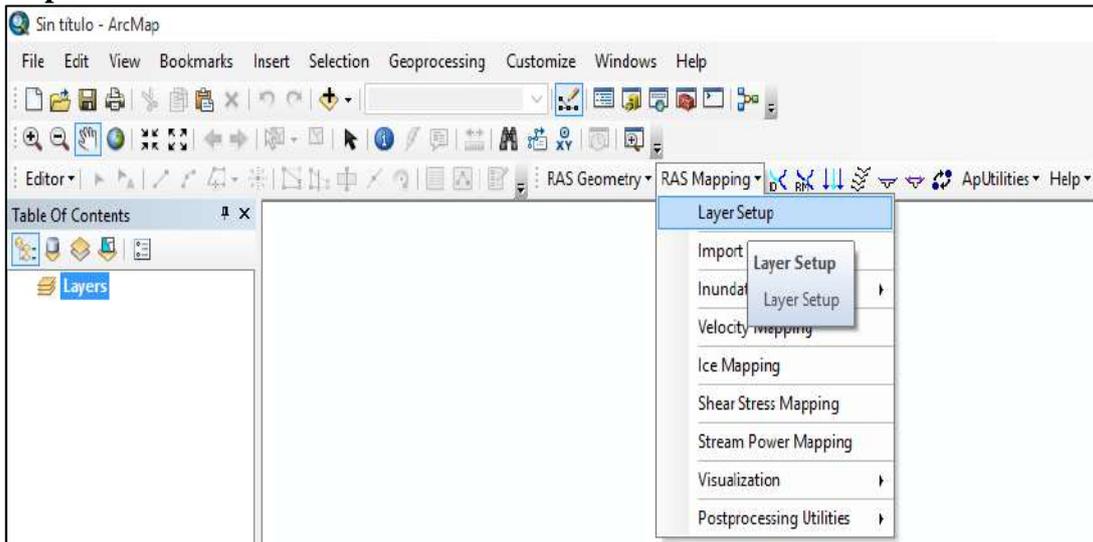


Figura N°78. Ventana de conversión al archivo de .sdf a .xml
Fuente: HEC-RAS

Llenar la tabla de post proceso, colocar el nombre del archivo, cargar el archivo de superficie TIN, la ubicación donde se desea guardar el archivo y el tamaño de las celdas de renderización.

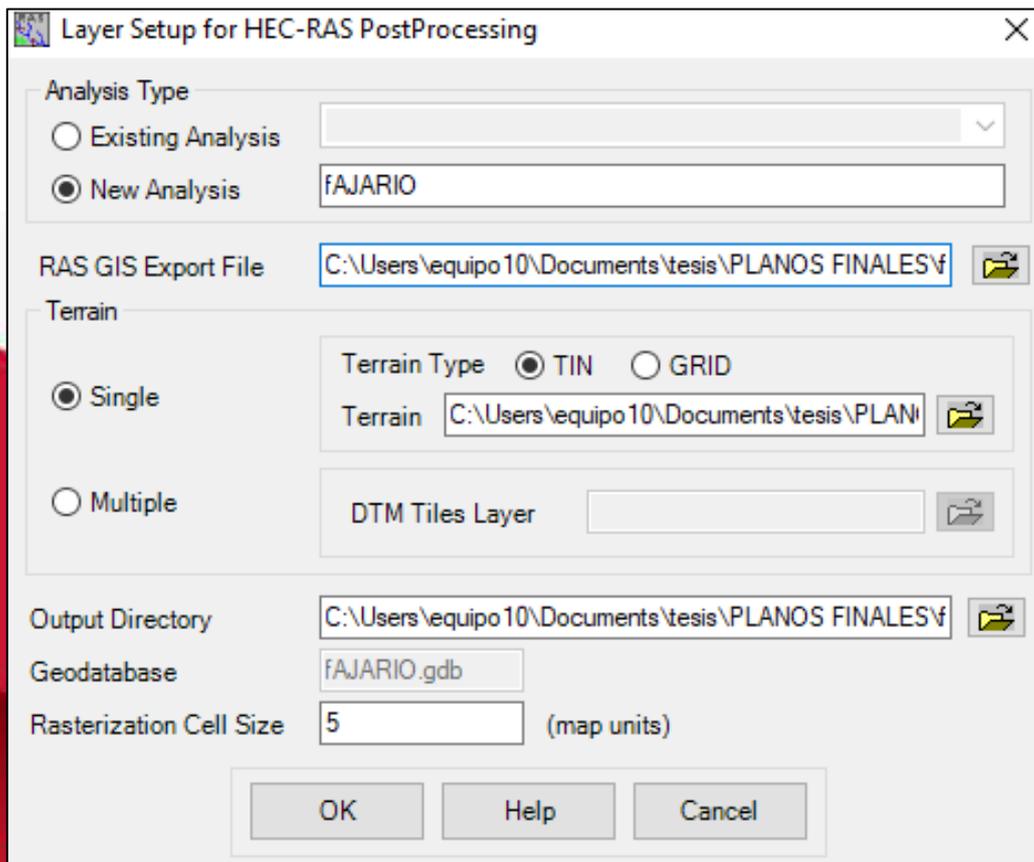


Figura N°79. Ventana de postproceso HEC-RAS para configurar la capa
Fuente: HEC-RAS

En las opciones de **RAS Mapping** seleccionar importar datos desde RAS (**Import RAS Data**)

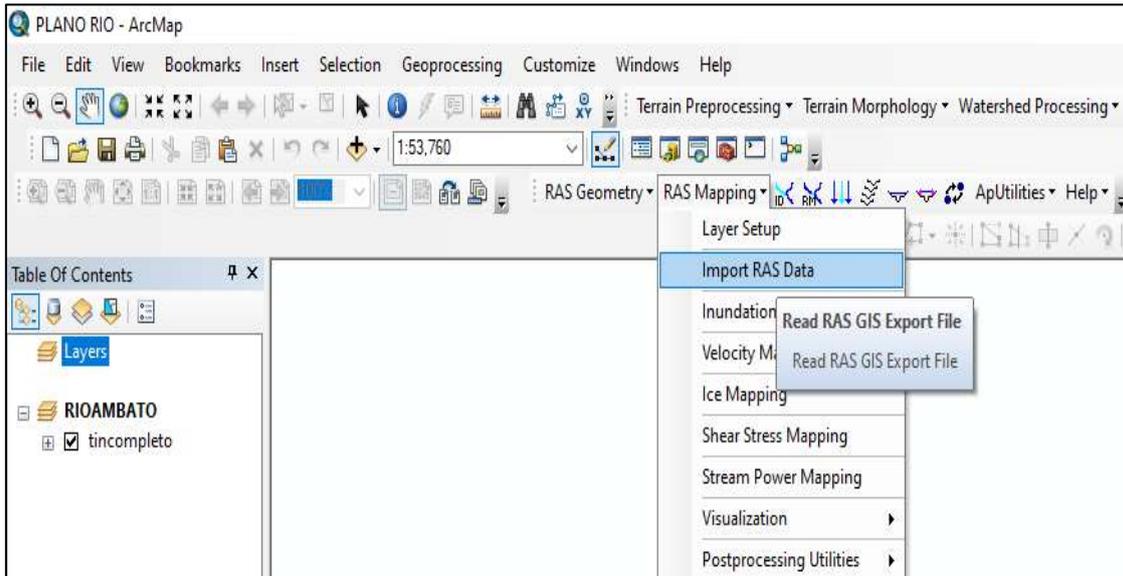


Figura N°80. Ventana de inicio del programa ArcGIS
Fuente: HEC-RAS

Aparece un cuadro de importación de datos de RAS, en donde se seleccionó la opción **OK** para que se realice el proceso de importación.

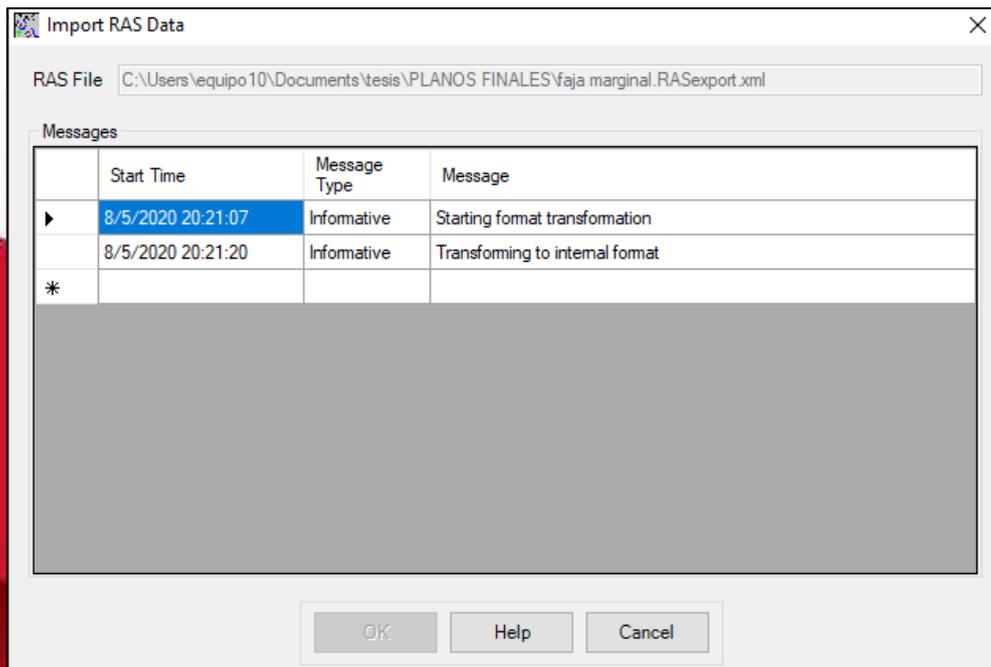


Figura N°81. Ventana de importación de datos de RAS
Fuente: HEC-RAS

En las opciones de **RAS Mapping** seleccionar mapas de inundaciones (**Inundation Mapping**) y luego clic en generación de la superficie de agua (**Water Surface Generation**).

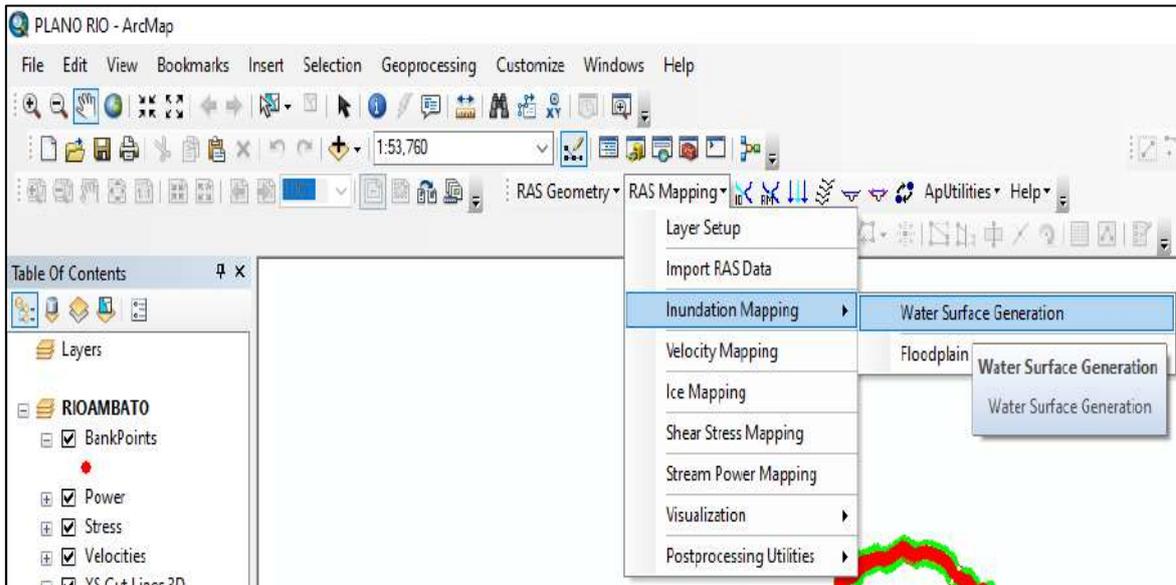


Figura N°82. Ventana de inicio del programa ArcGIS
Fuente: HEC-RAS

Aparece un cuadro de la superficie TIN del agua seleccionada, donde se escoge el caudal mínimo y el caudal máximo del río para periodos de retorno determinados. Después clic en la opción unir las características de la llanura de inundación (**Merge Floodplain Features**). Clic en **OK**.

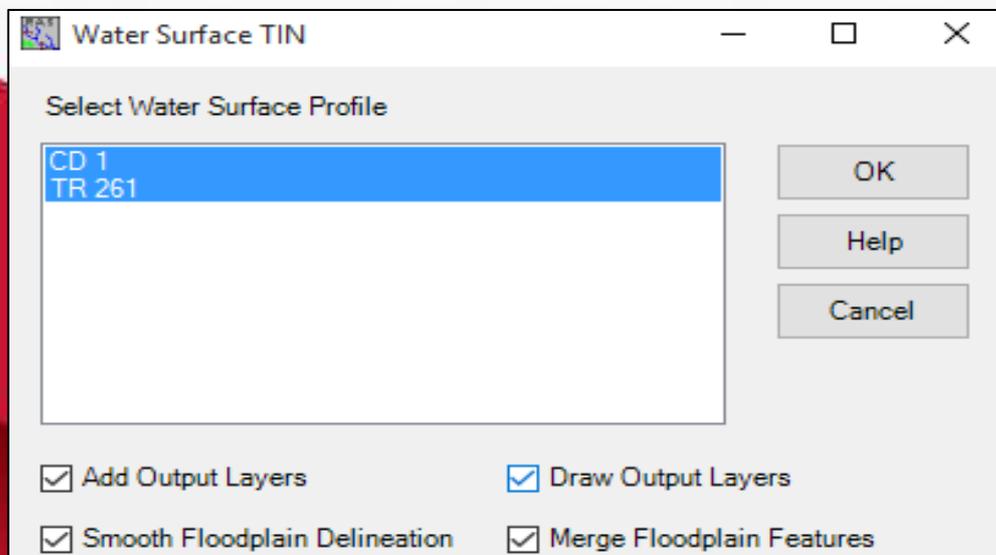


Figura N°83. Ventana de la superficie TIN del agua seleccionada
Fuente: HEC-RAS

Observar el mapa de inundación de las superficies TIN para los diferentes periodos de retorno.

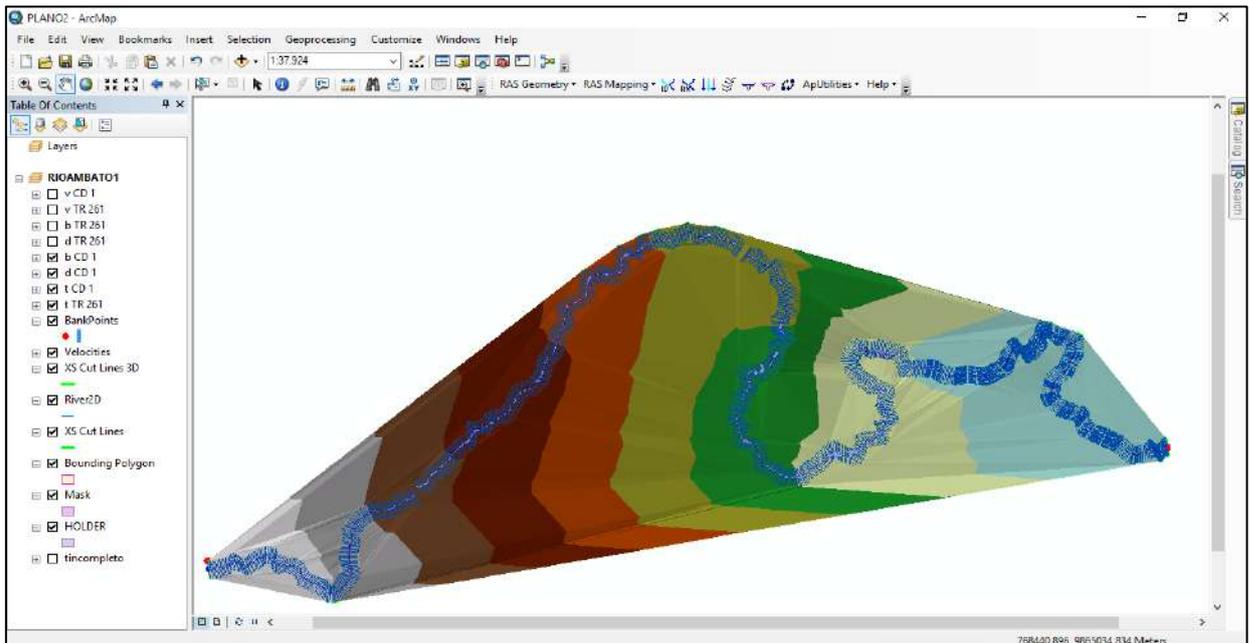


Figura N°84. Ventana de ArcGIS para las áreas de inundación del río.
Fuente: HEC-RAS

En las opciones de **RAS Mapping** seleccionar mapa de inundaciones (**Inundation Mapping**) y luego delineación de llanuras de inundación usando rasters (**Floodplain Delineation Using Rasters**), con esto se crearán los archivos rasters de los diferentes periodos de retorno.

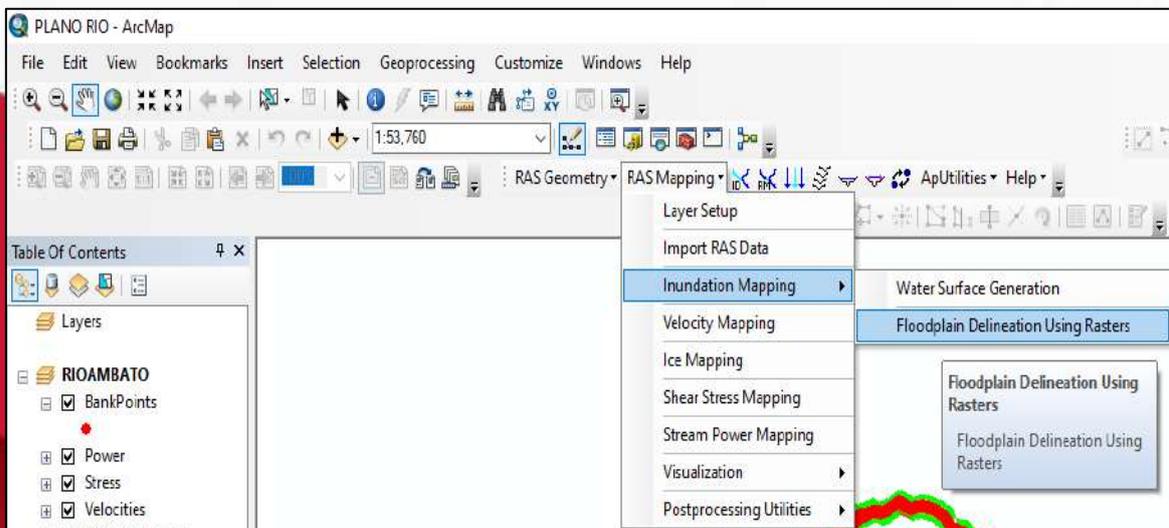


Figura N°85. Ventana de inicio del programa ArcGIS
Fuente: HEC-RAS

En la ventana de la delineación de llanuras de inundación usando rasters (**Floodplain Delineation Using Rasters**) escoger cada periodo de retorno, seleccionar la opción unir las características de llanura de inundación (**Merge Floodplain Features**) y clic en Ok.

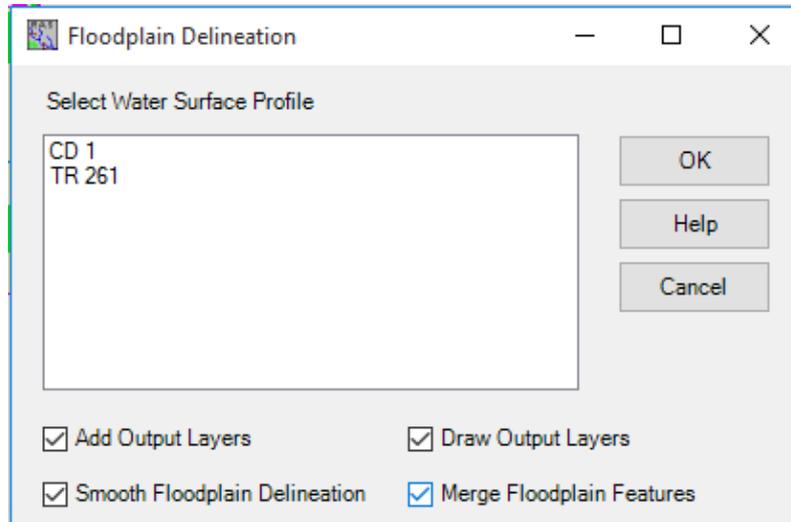
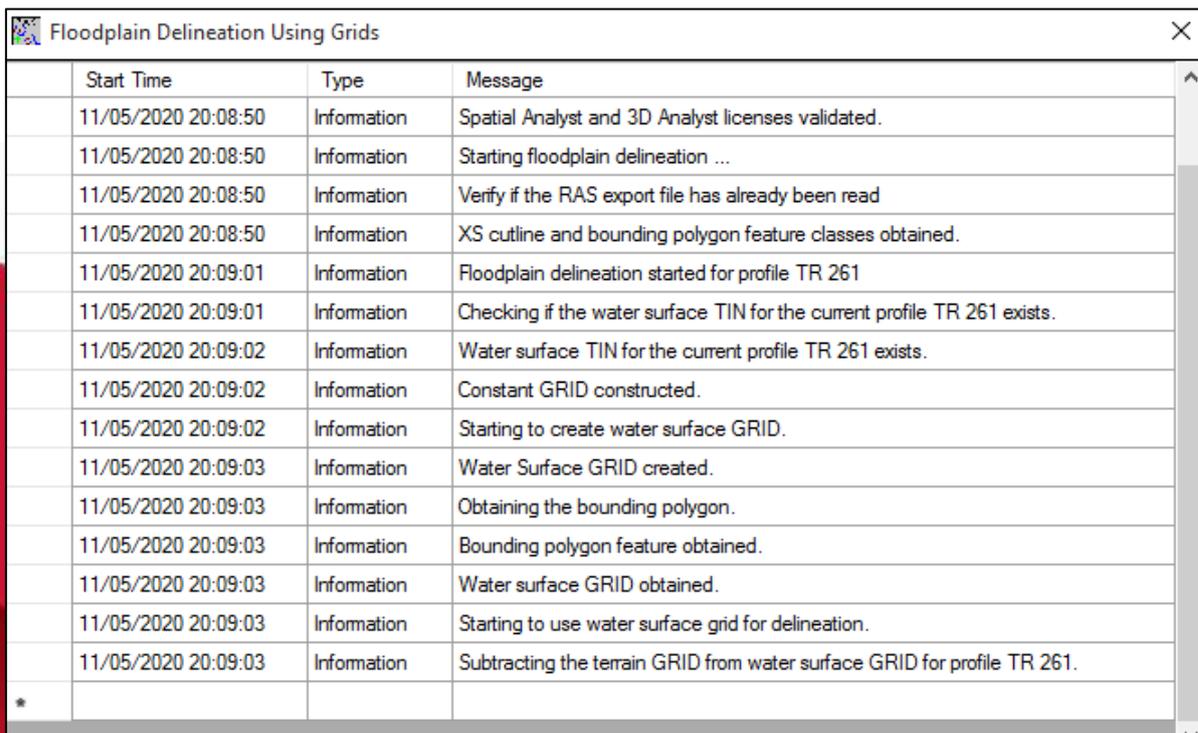


Figura N°86. Ventana de la delineación de llanuras de inundación
Fuente: HEC-RAS

Observar cómo se realizó la simulación de la delineación de llanuras de inundación para el periodo de retorno escogido.



Start Time	Type	Message
11/05/2020 20:08:50	Information	Spatial Analyst and 3D Analyst licenses validated.
11/05/2020 20:08:50	Information	Starting floodplain delineation ...
11/05/2020 20:08:50	Information	Verify if the RAS export file has already been read
11/05/2020 20:08:50	Information	XS outline and bounding polygon feature classes obtained.
11/05/2020 20:09:01	Information	Floodplain delineation started for profile TR 261
11/05/2020 20:09:01	Information	Checking if the water surface TIN for the current profile TR 261 exists.
11/05/2020 20:09:02	Information	Water surface TIN for the current profile TR 261 exists.
11/05/2020 20:09:02	Information	Constant GRID constructed.
11/05/2020 20:09:02	Information	Starting to create water surface GRID.
11/05/2020 20:09:03	Information	Water Surface GRID created.
11/05/2020 20:09:03	Information	Obtaining the bounding polygon.
11/05/2020 20:09:03	Information	Bounding polygon feature obtained.
11/05/2020 20:09:03	Information	Water surface GRID obtained.
11/05/2020 20:09:03	Information	Starting to use water surface grid for delineation.
11/05/2020 20:09:03	Information	Subtracting the terrain GRID from water surface GRID for profile TR 261.

Figura N°87. Ventana de la simulación de la delineación de llanuras de inundación
Fuente: HEC-RAS

En la ventana de HEC-GeoRAS, se visualiza un mensaje que indica que el mapa de llanura de inundación se simuló con éxito.

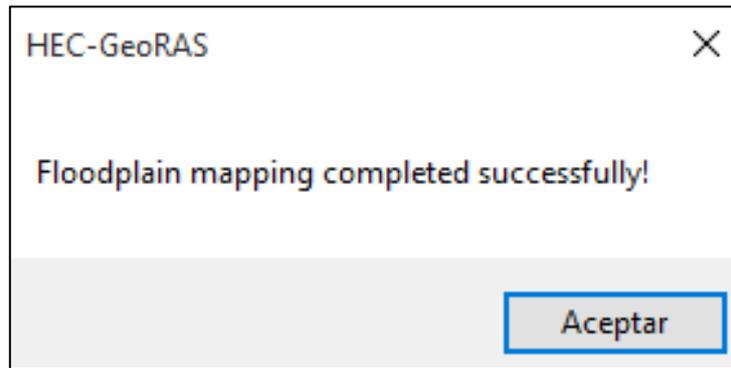


Figura N°88. Ventana de HEC-GeoRAS
Fuente: HEC-RAS

Observar como circula el flujo en base a la delineación de llanuras de inundación para el periodo de retorno seleccionado.

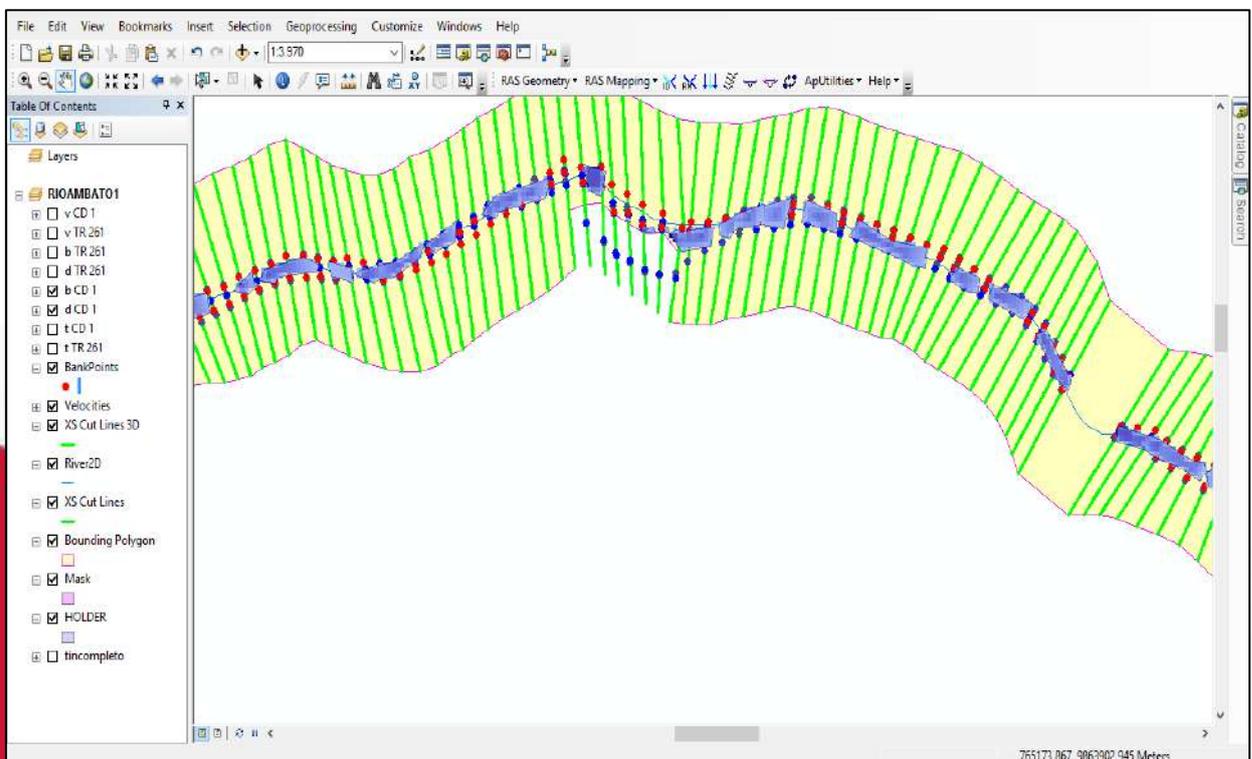


Figura N°89. Ventana del programa ArcGIS, visualización del flujo del Río.
Fuente: HEC-RAS

Se visualiza la superficie TIN con el flujo del Río escogido para determinado periodo de retorno.

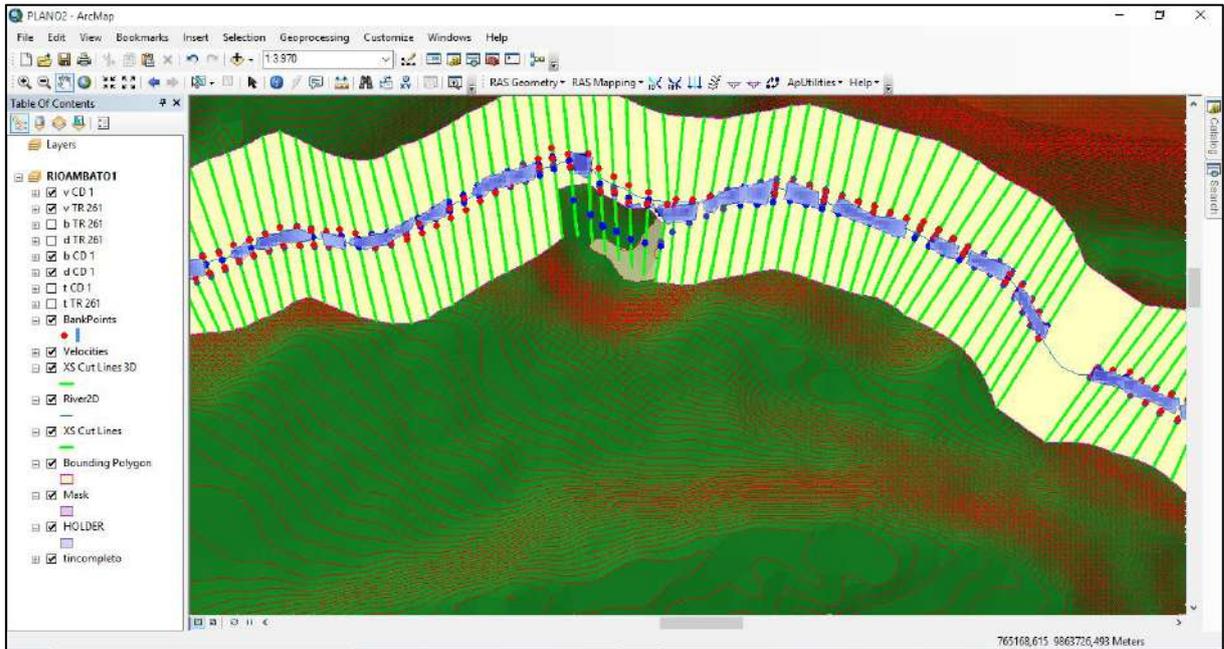


Figura N°90. Ventana del programa ArcGIS, flujo del Río y superficie TIN.
Fuente: HEC-RAS

En las opciones de **RAS Mapping** seleccionar mapa de velocidad (**Velocity Mapping**).



Figura N°91. Ventana de inicio del programa ArcGIS
Fuente: HEC-RAS

En el cuadro de Interpolación de Velocidad (Velocity Interpolation), se seleccionó los diferentes periodos de retorno. Luego se unió las características de llanura de inundación (Merge Floodplain Features). Clic en Ok.

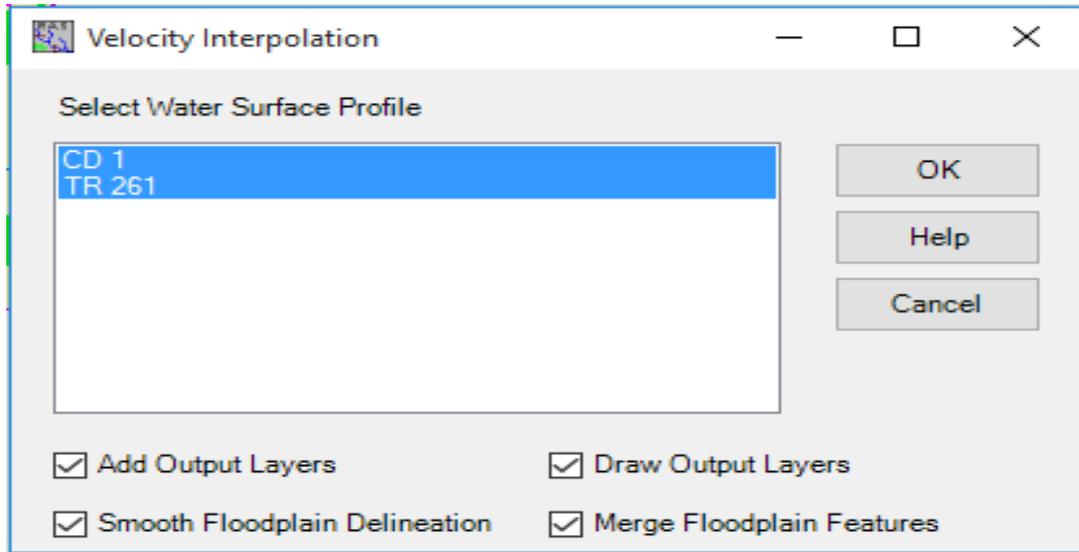
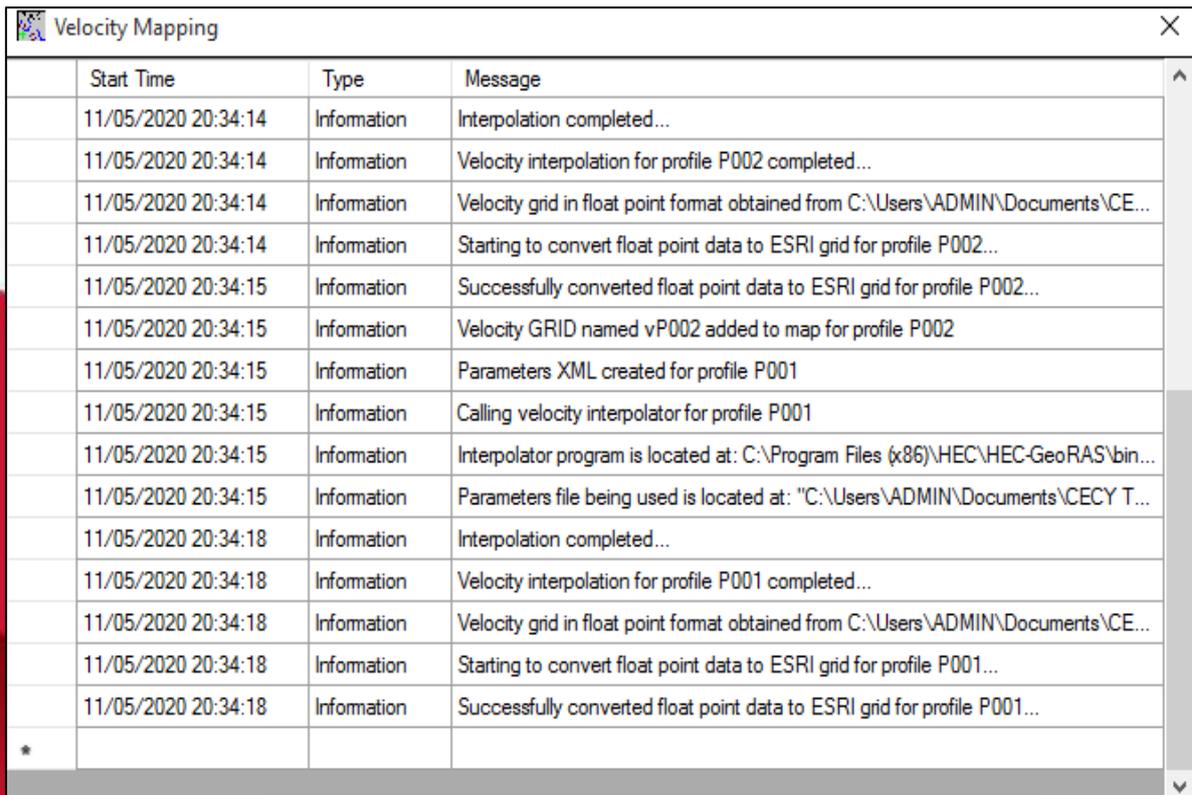


Figura N° 92. Ventana de Interpolación de Velocidad
Fuente: HEC-RAS

Visualizar la simulación del mapa de velocidad para el periodo de retorno seleccionado.



Start Time	Type	Message
11/05/2020 20:34:14	Information	Interpolation completed...
11/05/2020 20:34:14	Information	Velocity interpolation for profile P002 completed...
11/05/2020 20:34:14	Information	Velocity grid in float point format obtained from C:\Users\ADMIN\Documents\CE...
11/05/2020 20:34:14	Information	Starting to convert float point data to ESRI grid for profile P002...
11/05/2020 20:34:15	Information	Successfully converted float point data to ESRI grid for profile P002...
11/05/2020 20:34:15	Information	Velocity GRID named vP002 added to map for profile P002
11/05/2020 20:34:15	Information	Parameters XML created for profile P001
11/05/2020 20:34:15	Information	Calling velocity interpolator for profile P001
11/05/2020 20:34:15	Information	Interpolator program is located at: C:\Program Files (x86)\HEC\HEC-GeoRAS\bin...
11/05/2020 20:34:15	Information	Parameters file being used is located at: "C:\Users\ADMIN\Documents\CECY T...
11/05/2020 20:34:18	Information	Interpolation completed...
11/05/2020 20:34:18	Information	Velocity interpolation for profile P001 completed...
11/05/2020 20:34:18	Information	Velocity grid in float point format obtained from C:\Users\ADMIN\Documents\CE...
11/05/2020 20:34:18	Information	Starting to convert float point data to ESRI grid for profile P001...
11/05/2020 20:34:18	Information	Successfully converted float point data to ESRI grid for profile P001...

Figura N° 93. Ventana del mapa de velocidades
Fuente: HEC-RAS

Finalmente, aparece un mensaje que muestra la ventana de HEC-GeoRAS, he indicó que la simulación se ejecutó con éxito.

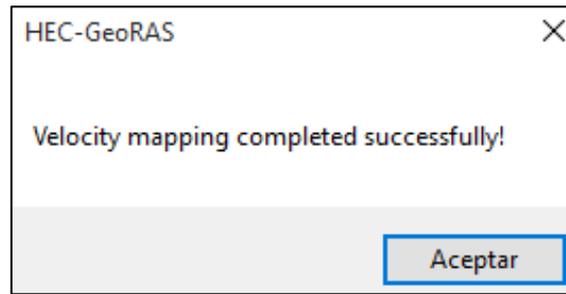


Figura N° 94. Ventana de HEC-GeoRAS
Fuente: HEC-RAS