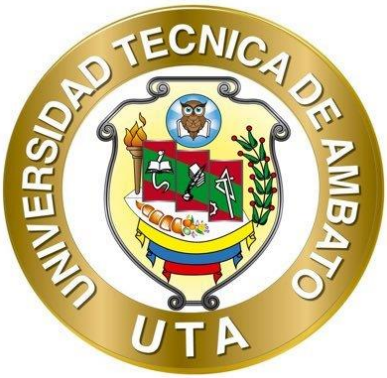


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL

TEMA:

"CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO AMBATO EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL SECTOR DE TILULÚN Y EL SECTOR DE LAS VIÑAS, KM 16+00 AL 20+00 MEDIANTE UN MODELO MATEMÁTICO"

Autora: Jenny Paulette Riofrío Donoso

Tutor: Ing. Meng. Lenin Rafael Maldonado Narváez

AMBATO – ECUADOR

2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniera 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, KM 16+00 AL 20+00 MEDIANTE UN MODELO MATEMÁTICO"** elaborado por la Srta. **Jenny Paulette Riofrio Donoso**, portadora de la cédula de ciudadanía C.I. 1803520913, 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 autora.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Febrero 2021



Ing. Meng. Lenin Rafael Maldonado Narváez

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Jenny Paulette Riofrio Donoso,** con C.I. 1803520913 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, KM 16+00 AL 20+00 MEDIANTE UN MODELO MATEMÁTICO"**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora de la investigación, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Febrero 2021



Jenny Paulette Riofrio Donoso

C.I. 1803520913

AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o para 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 autora.

Ambato, Febrero 2021



Jenny Paulette Riofrio Donoso

C.I. 1803520913

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Jenny Paulette Riofrio Donoso, 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, KM 16+00 AL 20+00 MEDIANTE UN MODELO MATEMÁTICO".

Ambato, Febrero 2021

Para constancia firman:



Ing. Mg. Fabian Rodrigo Morales Fiallos
Miembro del Tribunal



Ing. Mg. Anibal Geovanny Paredes Cabezas
Miembro del Tribunal

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios con mucho amor y agradecimiento por todo lo que me ha brindado.

A mis adorados padres Pedro y Jenny, que con su amor brindado me han permitido seguir adelante, son lo más importante en mi vida, les dedico este logro con mucho cariño y además todo lo que me he convertido a través del paso de estos años, gracias por su confianza brindada ya que sin su apoyo no hubiese sido posible la culminación de todo este proceso.

A la mejor hermana del mundo a mi querida Cris, por siempre motivarme y ayudarme en todo lo que está a su alcance, dedico este documento que representa esfuerzo y sacrificio, como muestra de mi gran afecto y amor hacia ella.

A mi querida familia, abuelitos, tíos, primos, que siempre me han dado su apoyo y han confiado en mí, en especial a mi querida Mamia y a mi querido Papio, también a mi abuelito Papá Sergio y a toda la gente que me ha rodeado este tiempo, que de una u otra forma me han dado fuerzas para continuar y culminar mis estudios y el presente trabajo.

A mi querido Dani, que con su apoyo constante ha sido una guía todo este tiempo.

A mis adorables Perlita, Nico y Kiara, que son mi motivación en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Gracias Dios mío por permitirme llegar hasta aquí, por todas las experiencias que pase durante estos años en la universidad porque gracias a ellas me he convertido en la persona que soy ahora, gracias por bendecir mi vida y por todo lo que me has brindado.

Gracias a mis queridos padres Pedro y Jenny, pilares fundamentales en todo momento, por su apoyo incondicional y por sus palabras de aliento, por haber creido en mí y en mis capacidades, por ayudarme y por darme sus grandes e incomparables consejos.

Gracias a mi querida hermana Cris, quien me ha brindado su apoyo en todo momento, la que me ha dado fuerzas para seguir luchando, que ha sido esa amiga incondicional que con sus palabras me ha ayudado a seguir adelante.

Un agradecimiento especial al Ing. Lenin Maldonado por haberme integrado en este proyecto, por ser un excelente docente y por haberme brindado todas las pautas necesarias para lograr con este objetivo.

A mis angelitos del cielo, Mami Cumita, Papa Sergio, mis primitos que me guían desde donde están y a quienes prometo que seré una profesional de bien.

Gracias a mi abuelito Papa Alfonso, que con su bendición me ha brindado apoyo y ganas de seguir, a mis queridos Tíos, que con su paciencia y apoyo me han ayudado a llegar hasta aquí, a mis primos adorados gracias por darme alegrías, gracias a Merycita y Danilo por ser mis segundos padres, por apoyarme y brindarme su cariño.

A mi querido Dani muchas gracias por haberme ayudado todos estos años, gracias por estar ahí en cada momento, por tu preocupación, por tus palabras, gracias porque eres un apoyo muy grande en mi vida.

A Ing. Lorena Pérez, Ing. Galo Nuñez, Ing. William Andrade, Ing. Andrés Hidalgo, Ing. Wilma Feijoo, Ing. Geovanny Paredes, Dra. Tamara Liger, Ing. Maritza Ureña, Ing. Fabian Morales, Ing. Byron Cañizares, Ing. Jeaqueline Camino, Licen Noria Carrillo que de una u otra forma me han brindado su apoyo, sus consejos y su ayuda a lo largo de estos años.

Gracias a mis grandes amigos de carrera, todas las etapas que hemos pasado las llevare en mi corazón, gracias por todos esos momentos y gracias por haberme brindado su ayuda y sus consejos.

Perlita y Nico, mis mejores amigos, los que siempre han estado conmigo, en los momentos buenos y difíciles me han brindado una sonrisa y las fuerzas necesarias para seguir, los quiero con todo mi corazón, Kiara me alegra haberte encontrado y que tú me hayas encontrado a mí.

Agradecimiento especial al Honorable Gobierno Provincial por brindar la información necesaria para el presente estudio.

Un agradecimiento oportuno la Universidad Técnica de Ambato por haberme acogido en sus aulas y permitirme adquirir nuevos conocimientos y saberes.

INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN ---------- ii

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN ---------- iii

DERECHOS DE AUTOR ---------- iv

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO ---------- v

DEDICATORIA ---------- vi

AGRADECIMIENTO ---------- vii

INDICE DE CONTENIDOS ---------- ix

INDICE DE TABLAS ---------- xiii

INDICE DE FIGURAS ---------- xiv

RESUMEN EJECUTIVO ---------- xvi

ABSTRACT ---------- xvii

CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO ---------- 1

1.1 Antecedentes Investigativos ---------- 1

1.1.1 Antecedentes ---------- 1

1.1.2 Justificación ---------- 3

1.1.3 Fundamentación Teórica ---------- 6

1.1.3.1 Hidráulica ---------- 6

1.1.3.1.1 Hidráulica Fluvial ---------- 6

1.1.3.1.2 Clasificación de los ríos ---------- 7

1.1.3.1.3 Geomorfología Fluvial ---------- 11

1.1.3.1.4 Bancos de inundación ---------- 15

1.1.3.2 Hidrología ---------- 15

1.1.3.2.1 Precipitación ---------- 16

1.1.3.2.2. Intensidad de Precipitación ---------- 18

1.1.3.2.3. Periodo de Retorno (precipitación) ---------- 19

1.1.3.2.4. Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF) ---------- 20

1.1.3.2.5. Escorrentía Superficial ---------- 22

1.1.3.2.6. Caudales máximos ---------- 22

1.1.3.2.7. Hidrograma Unitario ---------- 25

1.1.3.2.8. Hidrograma de Crecida ---------- 27

1.1.3.2.9. Separación de Caudales ---------- 28

1.1.3.2.10. Flujo Canal Abierto ---- 28
1.1.3.2.11. Régimen de Flujo ---- 29
1.1.3.2.12. Turbulento ---- 30
1.1.3.2.13. Laminar ---- 30
1.1.3.2.14. Transición ---- 31
1.1.3.2.15. Estado de Flujo ---- 31
1.1.3.2.16. Supercrítico ---- 32
1.1.3.2.17. Subcrítico ---- 32
1.1.3.2.18. Crítico ---- 32
1.1.3.2.19. Energía Específica ---- 33
1.1.3.2.20. Curva de energía específica y relación con el número de Froude ---- 34
1.1.3.2.21. Ecuación General de flujo ---- 35
1.1.3.2.22. Ecuación de Manning ---- 36
1.1.3.2.23. Coeficiente de Manning ---- 36
1.1.3.3 Modelos numéricos para el estudio de flujo en canal abierto ---- 37
1.1.3.3.1 Modelo Matemático HEC-RAS ---- 37
1.1.3.3.2 Modelo Matemático HEC- GeoRAS ---- 38
1.1.3.4 Estadística Hidrológica ---- 38
1.1.3.4.1 Variable Aleatoria y No Aleatoria ---- 39
1.1.3.4.2 Media o Promedio ---- 40
1.1.3.4.3 Desviación Estándar ---- 41
1.1.3.4.4 Criterio de Chauvenet ---- 41
1.1.3.4.5 Método de Gumbel para el cálculo de caudales para un periodo de retorno dado ---- 42
1.1.3.4.6 Método de Gumbel ---- 44
1.1.3.4.7 Probabilidad Esperada ---- 45
1.1.3.5 Norma NEVI-12 ---- 46
1.1.3.5.1 Período de Diseño de estructuras y vida útil del material ---- 46
1.1.3.5.2 Tabla de riesgo admisible según el tipo de estructura ---- 48
1.1.4. Hipótesis ---- 49
1.2. Objetivos ---- 49
1.2.1. Objetivo General ---- 49
1.2.2. Objetivos Específicos ---- 49
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA ---- 50
2.1. Materiales y Equipos ---- 51
2.1.1. Materiales: ---- 51

2.1.2. Equipo: ---- 51
2.2. Métodos ---- 52
2.2.1. Plan de Recolección de Datos ---- 52
2.2.1.1. Recolección de datos del Terreno ---- 52
2.2.1.2. Recolección de datos Hidrométricos ---- 53
2.2.1.3. Recolección de datos de Infraestructura ---- 53
2.2.1.4. Recolección de datos de Riesgo y Periodos de Retorno ---- 53
2.2.2. Plan de Procesamiento y Análisis de Información ---- 53
2.2.2.1. Procesamiento de datos del Terreno ---- 53
2.2.2.2. Procesamiento de datos Hidrométricos ---- 54
2.2.2.3. Modelación en HEC-RAS ---- 55
2.2.2.3.1. Creación del modelo de Terreno ---- 55
2.2.2.3.2. Ingreso de Coeficientes de Manning ---- 55
2.2.2.3.3. Estructuras definidas en el modelo ---- 55
2.2.2.3.4. Ingreso de Caudales calculados del método de Gumbel ---- 55
2.2.2.4. Calibración del Modelo ---- 56
2.2.2.4.1. Comprobación del flujo de agua siga el curso natural del Río ---- 56
2.2.2.5. Resultados finales del Modelo ---- 56
2.2.2.5.1. Evaluación de las características principales del Río ---- 56
2.2.2.5.2. Posibles zonas de inundación ---- 57
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN ---- 58
3.1. Análisis y discusión de los resultados ---- 58
3.1.1. Plan de recolección de datos ---- 58
3.1.1.1. Descripción del objeto en estudio ---- 58
3.1.1.2. Datos Topográficos ---- 60
3.1.1.3. Datos Hidrométricos ---- 60
3.1.1.4. Infraestructura Existente ---- 62
3.1.2. Plan de procesamiento de datos y análisis de información ---- 63
3.1.2.1. Datos de Terreno ---- 63
3.1.2.2. Datos Hidrométricos ---- 63
3.1.2.3. Riesgo y Periodo de Retorno ---- 70
3.1.2.4. Modelo Numérico HEC-RAS ---- 70
3.1.2.4.1. Parámetros del Modelo ---- 70
3.1.2.4.2. Análisis del Resultado del Modelo ---- 72
3.1.2.4.2.1. Perfil Longitudinal ---- 72
3.1.2.4.2.2. Secciones Transversales ---- 73

3.1.2.4.2.3. Perfil Longitudinal del número de Froude ---------- 77
3.1.2.4.2.4. Perfil Longitudinal de Velocidad ---------- 78
3.1.2.4.2.5. Perfil Longitudinal del Esfuerzo Cortante (Shear) ---------- 79
3.1.2.4.2.6. Curvas de Descarga ---------- 80
3.1.2.4.2.7. Esquema 3D ---------- 81
3.1.2.4.3. Condiciones de Flujo y Áreas de Inundación ---------- 82
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ---------- 87
4.1. Conclusiones ---------- 87
4.2. Recomendaciones ---------- 89
BIBLIOGRAFÍA ---------- 91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. División de los ríos según la ubicación del tramo ---------- 11
Tabla 2. Coeficientes de escorrentía según Benitez 1980 ---------- 24
Tabla 3. Valores de coeficientes de escurrimiento ---------- 24
Tabla 4. Valores de coeficientes de Manning ---------- 36
Tabla 5. Coeficientes de Manning para el tramo km 16+00 al 20+00 ---------- 37
Tabla 6. Constante de Chauvenet ---------- 42
Tabla 7. Valores para yn y σn de Pauiet ---------- 43
Tabla 8. Valores para el periodo de retorno para n años y riesgo (%) ---------- 44
Tabla 9. Años de operación ---------- 46
Tabla 10. Período de retorno de Diseño ---------- 47
Tabla 11. Vida útil de las estructuras en base a los materiales ---------- 47
Tabla 12. Valores máximos recomendados de riesgo admisible
para obras de drenaje del MTC ---------- 48
Tabla 13. Valores de vida útil en años del MTC ---------- 49
Tabla 14. Localización de las abscisas del tramo Km 16+00 al Km 20+00 --------- 60
Tabla 15. Registros Anuales Estación de Tilulún ---------- 61
Tabla 16. Infraestructuras existentes en el tramo km 16+00 al km 20+00 ---------- 62
Tabla 17. Caudales mínimos, medios, máximos y máximos de crecida ---------- 63
Tabla 18. Caudales anuales corregidos ---------- 64
Tabla 19. Caudales máximos de crecida ---------- 65
Tabla 20. Valores de riesgo admisible y vida útil ---------- 65
Tabla 21. Media aritmética y desviación estándar ---------- 66
Tabla 22. Valores obtenidos de Caudales según el periodo de retorno ---------- 67
Tabla 23. Valores obtenidos de probabilidad empírica ---------- 68
Tabla 24. Valores obtenidos de probabilidad teórica ---------- 68
Tabla 25. Valores de riesgo admisible, vida útil y periodo de retorno ---------- 70
Tabla 26. Valores de Coeficientes de Manning ingresados ---------- 71
Tabla 27. Periodo de retorno y caudales ingresados al modelo HEC-RAS ---------- 72
Tabla 28. Valores referenciales de Esfuerzo Cortante para diferentes materiales -- 79

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Red de Estaciones Meteorológicas e Hidrométricas de Tungurahua 1
Figura 2. Microcuencas del Río Ambato 2
Figura 3. Clasificación de los Ríos Aluviales 8
Figura 4. Tipos de ríos en función del número de canales, BP, sinuosidad 9
Figura 5. Clasificación para diferentes estilos fluviales 10
Figura 6. Morfología del cauce trenzado 12
Figura 7. Morfología del cauce meandriforme 12
Figura 8. Relación de forma de un río grande y un pequeño 13
Figura 9. Balanza de Lane 14
Figura 10. Río con motas naturales y con banco de inundación 15
Figura 11. Formación de la precipitación 16
Figura 12. Precipitación Ciclónica 17
Figura 13. Precipitación Convectiva 17
Figura 14. Precipitación Orográfica 18
Figura 15. Curvas IDF 21
Figura 16. Pendiente incide en el coeficiente de escorrentía 23
Figura 17. Esquema del cálculo del Hidrograma Unitario 26
Figura 18. Hidrograma de Crecida 27
Figura 19. División del Hidrograma 28
Figura 20. Flujo en canales abiertos 29
Figura 21. Regímenes de Flujo 31
Figura 22. Número de Froude y descarga crítica 32
Figura 23. Energía específica de una sección 33
Figura 24. Curva de energía específica 34
Figura 25. Variable aleatoria continua 40
Figura 26. Riesgo de por lo menos una excedencia
del evento de diseño durante la vida útil 45
Figura 27. Caudales máximos representados en un gráfico
de ajuste de probabilidad de Gumbel 46
Figura 28. Ubicación del proyecto 58
Figura 29. Ubicación del tramo km 16+00 al km 20+00 59

Figura 30. Ortofoto del tramo km 16+00 al km 20+00..... 59
Figura 31. Ubicación de la estación de Tilulún 61
Figura 32. Infraestructuras existentes en el tramo km 16+00 al km 20+00..... 62
Figura 33. Gráfica de Probabilidad Empírica y Probabilidad Teórica..... 69
Figura 34. Perfil longitudinal con caudal de 114.14 m^3/s..... 73
Figura 35. Sección Transversal 16+780..... 74
Figura 36. Sección Transversal 18+700..... 75
Figura 37. Perfil longitudinal del número de Froude Tr 122 años..... 77
Figura 38. Perfil longitudinal de Velocidad con Tr 122 años..... 78
Figura 39. Perfil longitudinal de Esfuerzo Cortante con Tr 122 años 80
Figura 40. Curva de Descarga Sección Transversal Km 16+780 80
Figura 41. Curva de Descarga Sección Transversal Km 18+700 81
Figura 42. Esquema 3D Km 16+000 al Km 20+000 81

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto está enfocado a determinar posibles zonas de inundación cercanas al Río Ambato, mediante un modelado matemático en el programa HEC-RAS, considerando algunos parámetros como el coeficiente de Manning, la pendiente del terreno, entre otros.

El estudio comprende 5 tramos desde el sector de Tilulún hasta el sector de las Viñas, con 20 kilómetros de longitud en total, específicamente en este documento se analizará el último tramo, es decir del km 16+00 al 20+00 km, en donde mediante ortofotos dispuestas por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua se obtuvo la topografía del lugar, la cual a su vez permitió acceder a la geometría actual del Río.

La simulación en el programa HEC-RAS se lo realizó con un caudal base de 5 metros cúbicos por segundo para calibrar el modelo, posteriormente con el cálculo realizado mediante los datos hidrométricos se ingresó al software el período de retorno de 122 años con el caudal de 114.14 metros cúbicos por segundo, el último mencionado utilizándose para la observación de zonas de consideración para inundación.

La importancia del proyecto es facilitar a la ciudadanía, en especial a las autoridades pertinentes y entes municipales o gubernamentales mapas de inundación, con los cuales se tomen acciones para aligerar o disminuir la magnitud de las posibles consecuencias, tanto para los habitantes que residen en las orillas del Río, los cultivos aledaños, así como también las infraestructuras cercanas.

Palabras claves: Río Ambato, Las Viñas, inundación, período de retorno, caudal.

ABSTRACT

The present project is focused on determining possible flood zones near the Ambato River, by means of a mathematical modeling in the HEC-RAS program, considering some parameters such as the Manning coefficient, the slope of the land, among others.

The study includes 5 sections from the sector of Tilulún to the sector of Las Viñas, with 20 kilometers in total. Specifically, this document will analyze the last section, that is to say from km 16+00 km to 20+00 km, where by means of orthophotos arranged by the Honorable Provincial Government of Tungurahua the topography of the place was obtained, which in turn allowed access to the current geometry of the River.

The simulation in the HEC-RAS program was made with a base flow of 5 m3/s to calibrate the model, later with the calculation made by means of the hydrometric data the period of return of 122 years was entered to the software with the flow of 114.14 cubic meters per second, the last mentioned being used for the observation of zones of consideration for flooding.

The importance of the project is to provide citizens, especially the relevant authorities and municipal or governmental entities, with flood maps, with which to take action to lighten or reduce the magnitude of the possible consequences, both for the habitants living on the banks of the river, the surrounding crops, as well as the nearby infrastructure.

Keywords: Ambato River, Las Viñas, flooding, return period, flow.

CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO

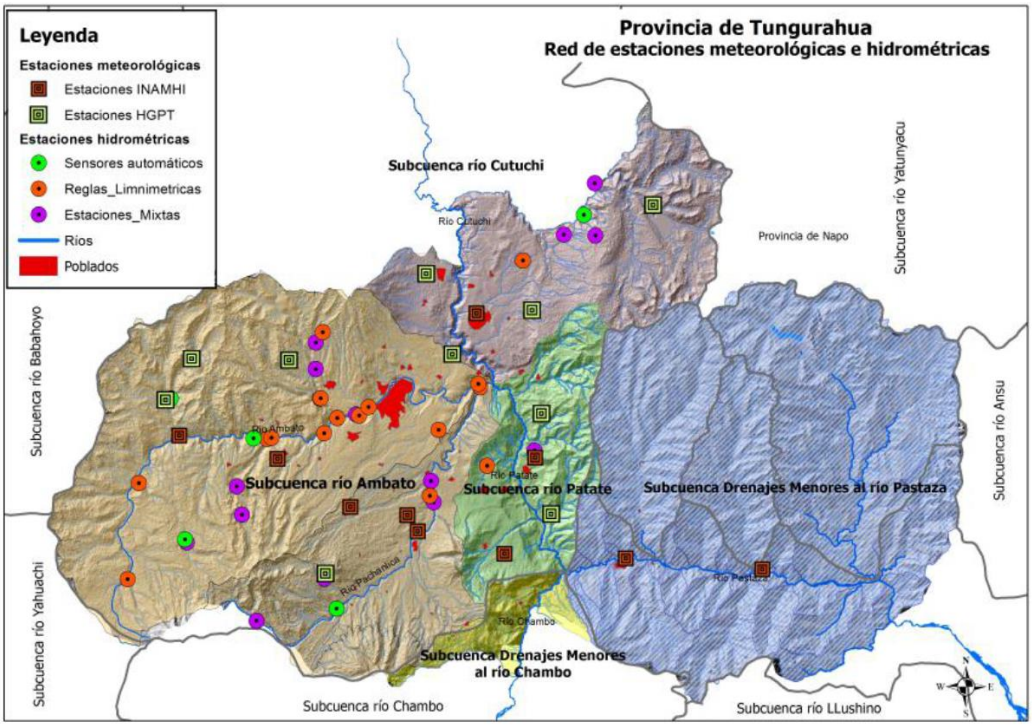
1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Antecedentes

En el Año 2003 el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua realizó e impulsó el inventario de recursos hídricos con empresas públicas y privadas afines a esta área, con el propósito de diagnosticar el uso del agua para riego, consumo, industrial e hidroenergético, es así que para el año 2004 se obtuvo: estudio hidrológico, caracterización de fuentes, calidad del agua, diagnóstico de infraestructura y manejo, e información socioeconómica, para el 2005 se identificaron problemas como reducción de caudales de agua, deficiente aprovechamiento y contaminación.

El HGPT en 2003 complementa el registro del comportamiento climático e hidrológico de la red del INAMHI, disponiendo de 11 estaciones meteorológicas y 23 hidrométricas en la microcuenca del Río Ambato, mostradas en el siguiente mapa.

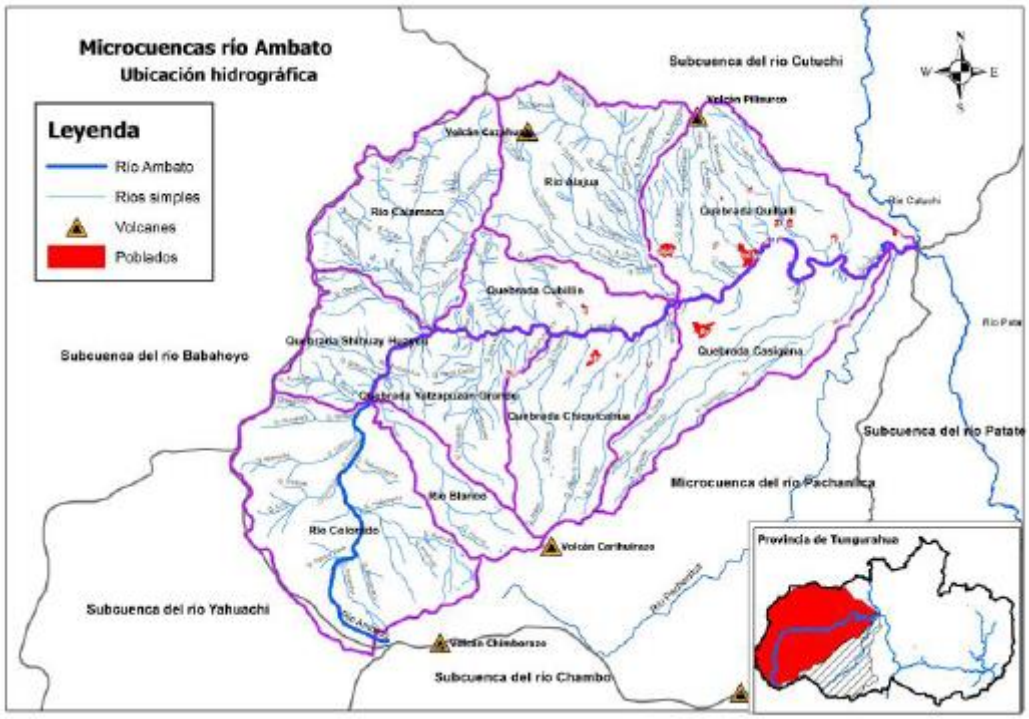
Figura 1. *Red de Estaciones Meteorológicas e Hidrométricas de Tungurahua*



Fuente: *Susana Pérez. Gestión actual de los recursos hídricos en la subcuenca del río Ambato desde los actores, 2015*

La Subcuenca del Río Ambato está ubicada en la cordillera Occidental, limitando con la Subcuencas de los Ríos Cutuchi, Chambo, Patate, Babahoyo y Yaguachi, así la subcuenca del Río Ambato cuenta con dos principales unidades hídricas que son los Ríos Ambato y Pachanlica.

Figura 2. *Microcuencas del Río Ambato*



Fuente: *Susana Pérez. Gestión actual de los recursos hídricos en la subcuenca del río Ambato desde los actores, 2015*

Se menciona que la microcuenca del Río Ambato dispone de una superficie aproximada de 92.614 hectáreas, la cual está cubierta en un 59% por ecosistemas naturales, 38% de área agrícola, 1% áreas en proceso de erosión y 2% por asentamientos humanos.[1]

En el 2013 se realiza la caracterización del comportamiento del Río Calabí mediante un modelo matemático, con el objetivo de determinar zonas de inundación con diferentes períodos de retorno, lo cual permita aprovechar el agua producto de la estación invernal, el mismo que sea destinado para riego, es así que la cuenca del Río Guayas presenta un desequilibrio natural debido a que el 80% de las lluvias se producen entre enero y mayo y el 20% restante entre julio y diciembre, la provincia de Los Ríos que forma parte de esta cuenca presenta gran similitud, el proyecto está delimitado por los Ríos Calabí, Quevedo y Macul.

Se realizó batimetrías con estación total, levantamiento de la superficie del río mediante un sonar, proporcionando información geográfica mediante un modelo digital de elevación, además se elaboraron curvas de nivel, datos que se utilizaron para la calibración del modelo hidráulico utilizando los softwares ARC-GIS, GEO HEC-RAS y HEC-RAS; utilizándose dos coeficientes de rugosidad, el uno para caudales altos y otro para caudales bajos. El modelo obtenido tuvo buena precisión y permitió encontrar diferentes puntos de inundación para diferentes períodos de retorno.[2]

1.1.2 Justificación

En la actualidad a nivel mundial cada vez existe mayor preocupación sobre el cambio climático y los desastres naturales, los cuales son fruto del calentamiento global y de la explotación a gran escala de los recursos naturales; es así que los impactos a los distintos ecosistemas han aumentado la probabilidad de aparición de enfermedades, alteraciones en la calidad del agua y riesgos naturales, según informe de Millennium Ecosystem Assessment.

El cambio de clima provoca una alteración en los patrones de lluvias, en donde la variación de volumen sea en mayor proporción o en ausencia total se presenta en cualquier época del año en varias zonas del planeta, en los últimos 50 años la frecuencia de las inundaciones ha aumentado considerablemente, es así que en Somalía, Kenya y Tanzania originó epidemias de cólera y otras enfermedades.[3]

El grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático menciona que se ha determinado una tendencia la cual es creciente respecto de las precipitaciones intensas, en lo cual están inmersos los caudales extremos que conllevan mayores riesgos de inundación a escala regional, además se calcula un aumento en la superficie del planeta respecto de la temperatura media global entre 1.4° y 58° centígrados, lo cual provocará más inundaciones y sequías, así mismo un aumento entre 8 y 88 centímetros en el nivel del mar, de manera tal que se deberá proveer de mecanismos que protejan a las poblaciones cercanas a humedales y así mismo tener reservas de agua en los lugares donde esta escasee.[4]

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, los desastres estudiados en su mayoría son de origen climático, meteorológico, hidrológico o

geofísico, los cuales entre el periodo de 1972 y 2011 han provocado 311.127 fallecimientos, con una afectación a 34 millones de personas, además de 210.000 millones de dólares en pérdidas económicas, mencionando que el tipo de amenaza y su impacto varía respecto a los sectores sociales, productivos y de infraestructura, en donde el origen de los desastres naturales son consecuencia de dos factores: los fenómenos naturales y la vulnerabilidad de las personas.[5]

La NFM (Manejo Natural de Inundaciones) ratifica que el crecimiento poblacional ha ocasionado un impacto en la capacidad natural de los paisajes con respecto de la gestión del agua, de modo que se ha manejado la tierra para satisfacer varias necesidades del hombre sin considerar los problemas a futuro, básicamente se explica que el impacto es en el movimiento del agua a través del ciclo del mismo, un ejemplo claro es la deforestación en la cual se ha reducido la extensión de intercepción de precipitaciones a través de los árboles aumentando la cantidad de precipitaciones que llegan al suelo.

Así mismo la silvicultura y la agricultura han causado que el suelo reduzca su capacidad de infiltración y retención de agua, esto a la vez involucra mayor gravedad en las inundaciones, el fin de esta organización es dar a conocer maneras de recuperar la capacidad de la tierra de modo que se pueda almacenar o provocar que el recorrido del agua sea más lento y así poder gestionar el agua de inundación y reducir o minimizar los riesgos.[6]

Las inundaciones pueden ser de lento desarrollo durante un plazo de días o pueden ser repentinas las cuales se desarrollan en solo minutos, las ultimas mencionadas pueden arrastrar una carga de rocas, lodo, árboles y otros escombros; suelen acompañarse por escasas lesiones graves, daños en viviendas, afectación en redes telefónicas y eléctricas; en Nicaragua más del 50% de muertes en 1998 se debieron a inundaciones y torrentes de lodo, así mismo el fenómeno El Niño el cual provoca inundaciones prolongadas genera enfermedades debido a la interrupción de servicios básicos de salud pública, además estos desastres llevan consigo la proliferación de mosquitos y a la vez provoca que roedores abandonen sus madrigueras buscando lugares secos que por lo general son las viviendas.[7]

Alrededor de 2000 millones de personas actualmente están viviendo en zonas de alto riesgo de inundación en el mundo, además se conoce que el tiempo de residencia de una parte de ellas es aproximadamente de un año o menos, principalmente en Sudamérica, Europa Central y costas de África, es por ello que en Ecuador y en la mayoría de países rodeados por sistemas hidrográficos se han visto envueltos en la necesidad de construir presas, se estima que existen 45000 grandes represas y 800000 pequeñas represas que contribuyen para el suministro de agua y principalmente para el control de inundaciones, conociéndose que los costos son altos en términos de vidas humanas, medidas de mitigación y recuperación.[8]

El Ecuador cuenta con 31 sistemas hidrográficos, en donde 24 pertenecen a la vertiente del Pacífico y 7 a la vertiente del Amazonas, se menciona que las fuentes de agua con el tiempo van quedando desprotegidas por la degradación y erosión, lo cual aumentará la escorrentía superficial aumentando los riesgos de inundación.[9]

El Río Ambato producto de este estudio está ubicado en la Provincia de Tungurahua, la subcuenca del Rio Ambato tiene una superficie aproximada de 130.173 ha, la cual se ha visto afectada en los últimos años por asentamientos humanos, con una densidad poblacional de 323 hab/km2, siendo siete veces más a la media nacional, lo que produce asentamientos a las orillas del Río. [1]

Es importante analizar el comportamiento del Río Ambato como vertiente principal y por su ubicación debido a que tiene a sus alrededores asentamientos de viviendas, carreteras, puentes, zonas de cultivo, de manera que esto permita proveer sistemas para mitigar efectos de inundación en caso de llegar a darse por motivo del cambio climático o por simple hecho de precipitaciones, que mediante el modelo numérico se podrá llegar a pronosticar para diferentes escenarios de caudales.

Los principales beneficiarios de la presente investigación serán los pobladores de Ambato que viven a las orillas del rio o que están cercanos a su cauce, las infraestructuras que están junto a él, el Municipio de Ambato y el Consejo Provincial de Tungurahua debido a que permitirá tomar acciones en base a los resultados del estudio.

1.1.3 Fundamentación Teórica

1.1.3.1 Hidráulica

La Hidráulica es una disciplina y una ciencia que estudia las leyes que gobiernan el comportamiento de los líquidos, de tal modo que involucra las propiedades y efectos de los fluidos, definiéndose este último como una sustancia que tiene la capacidad de deformarse continuamente cuando se le aplica un esfuerzo de cualquier magnitud.[10]

Además, estudia el movimiento y el equilibrio de los líquidos los cuales se los analiza como fluidos perfectos es decir homogéneos e incompresibles, para el análisis utilizando la naturaleza práctica como son: abastecimiento, conducción, riego, saneamiento, entre otros.[11]

1.1.3.1.1 Hidráulica Fluvial

La Hidráulica Fluvial es la ciencia que combina conceptos de Hidrología, Hidráulica, Geomorfología y transporte de sedimentos para determinar el comportamiento hidráulico de los ríos. Estudia parámetros como caudales, las velocidades de flujo, niveles medios y extremos, las variaciones del fondo por sedimentación y socavación.[2]

El agua siendo uno de los recursos más importantes para la vida, actúa como agente geológico en el transporte, erosión y depósito de sedimentos, de forma tal que modela los relieves a través de corrientes de agua, a los cuales se los conoce como relieves fluviales; estos mencionados y los procesos fluviales constituyen elementos que dominan las superficies continentales.

Para poder identificar el comportamiento y geomorfología de los ríos, es primordial conocer las características físicas de los mismos, para ello es de suma importancia encontrar una clasificación que se ajuste lo más posible a lo observado. [12]

1.1.3.1.2 Clasificación de los ríos

Para clasificar a los ríos es necesario identificar el concepto base, es así que a un río se lo considera como un elemento natural, el cual reúne y recoge las aguas de una cuenca y que en un tiempo determinado las transporta hasta su desembocadura, cabe mencionar que existe gran diversidad de ríos debido a que factores como el clima, la geología, el relieve y la ecología dan lugar a ríos muy diferentes entre sí.

Así en primer lugar los ríos presentan un régimen hidrológico que viene dado por las características de las precipitaciones y de la cuenca, los cuales se clasifican según la intermitencia que presentan, pueden ser efímeros, intermitentes y permanentes, los primeros son aquellos que solamente presentan agua tras eventos de fuerte precipitación y en ausencia de ellos están secos, estos ríos son comunes en climas áridos y semiáridos, mientras que los ríos intermitentes conducen el agua durante algunas semanas o meses, y los permanentes llevan agua todo el tiempo. [13]

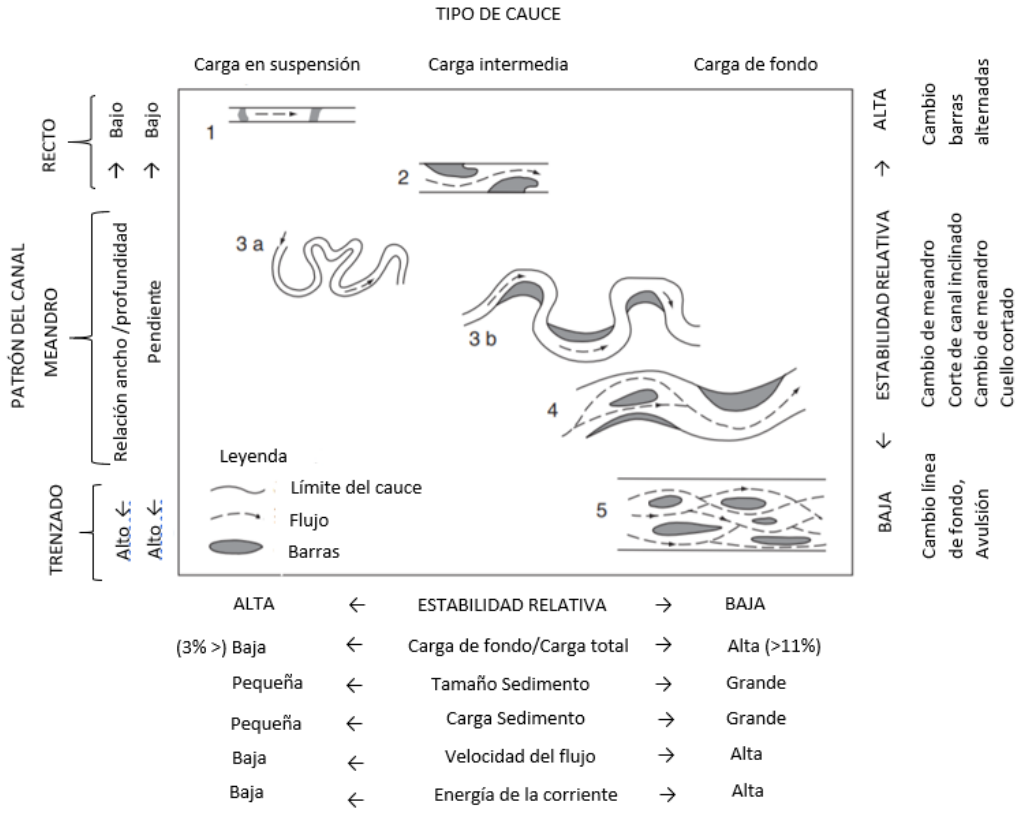
Según la composición del material aluvial los ríos pueden ser de grava o arena, el lecho de estos ríos presentan un cierto espesor de material granular que en la mayoría de tiempo está suelto, además que este material ocupa gran extensión horizontal que la que dispone el cauce actual.[14]

Además, según el científico Schumm existen tres maneras de clasificar a los ríos en base a la morfología y relación del tipo de carga que este transporta, manifestando la existencia de:

1) Canales que presentan carga en suspensión (inferior al 3% del total de la carga considerada carga tractiva)
2) Canales que presentan carga mixta (entre el 3% y 11% del total de la carga tractiva)
3) Canales con carga tractiva (mayor al 11% del total como la carga tractiva)

Lo mencionado relaciona directamente a los ríos: Rectos, Meandros y Trenzados se visualiza en el siguiente esquema.[15]

***Figura 3**. Clasificación de los Ríos Aluviales*

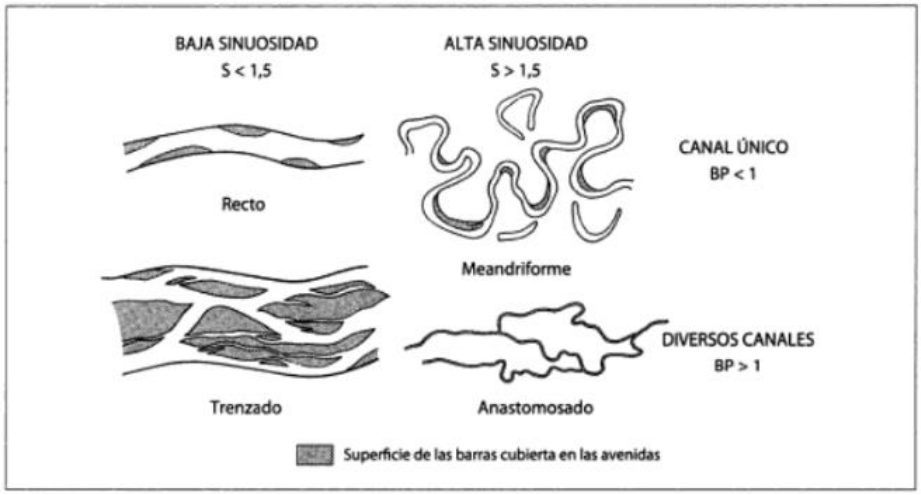


***Fuente:** Schumm. Evolución y respuesta del sistema fluvial, implicaciones sedimentológicas, 1981*

Cant, menciona a su vez que los ríos se clasifican en cuatro tipos, siendo estos: los rectilíneos los cuales no tienen barras y presentan poca o baja sinuosidad (menor a 1.5), los meandriformes los cuales son ríos con sinuosidad (mayor a 1.5) los mismos que se desarrollan de mejor manera en pendientes bajas en llanuras aluviales, en valles o entre terrazas, los canales trenzados de baja sinuosidad en donde el flujo se junta en las barras y se bifurca de forma alternativa y los anastomosados los cuales tienen varios canales que se separan, dividen y se juntan a lo largo del río.

Wolman y Leopold por su parte describieron la relación entre la longitud del canal y el valle fluvial, definiéndolo como sinuosidad; además el parámetro de trenzamiento (BP) señala el número de barras o islas que se encuentran dentro de los canales.

Figura 4. *Tipos de ríos en función del número de canales, BP, sinuosidad*

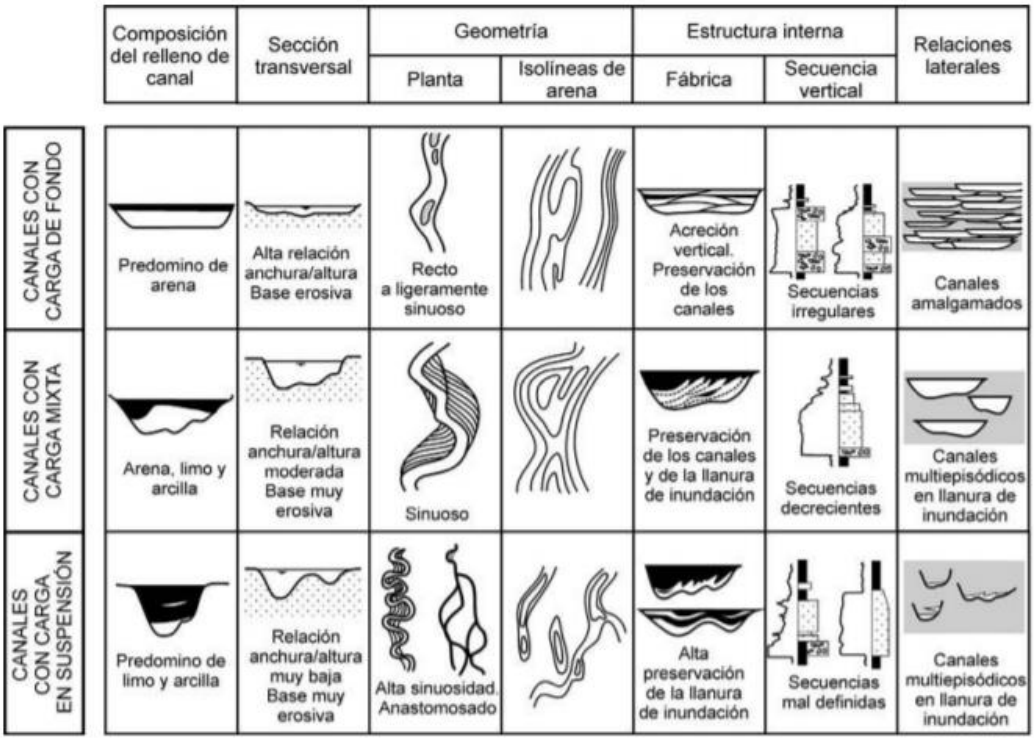


Fuente: *Miall. Una revisión del entorno de depósito del río trenzado, 1977*

Una clasificación intermedia, en base a la del autor Schumm es la de Galloway, en la cual se relaciona la composición, geometría, y organización de los cuerpos sedimentarios con la carga que transportan, en donde esta clasificación propone la descripción más detallada de sistemas fósiles de diferentes estilos fluviales.

Sin embargo, se menciona que las variaciones de granulometría lateral se producen por la alta inestabilidad que presentan los canales trenzados, en donde las gravas contienen áreas reducidas que forman parte de sistemas deltaicos irregulares, los mismos que producen avalanchas de flujos, y que además en estos sistemas también existen arenas finas que dan lugar a las cargas mixtas y a la suspensión de arena y limo, siendo los canales meandriformes los distribuidores de estos, describiéndose en el siguiente cuadro resumen.[16]

Figura 5. *Clasificación para diferentes estilos fluviales*



Fuente: *Galloway. Arquitectura deposicional de los sistemas fluviales de la llanura costera del Golfo Cenozoico, 1981*

Otra manera de clasificar a los ríos es según su pendiente para determinar el régimen hidráulico. Pueden ser ríos torrenciales con una pendiente mayor a 1.5% y torrentes a aquellos con pendiente mayor a 6%.

Los ríos se pueden clasificar con respecto a su edad geológica en: corriente joven, los cuales provocan erosión de manera muy rápida en las riberas, tienen como sección la forma de "v", y presentan una pendiente pronunciada, corriente madura, en donde la pendiente del cauce disminuye, tiene menor poder erosivo y alcanza profundidades máximas, corriente senil en donde se produce el ensanchamiento de la planicie de la inundación.[17]

Según Lojtin, se divide a los ríos dependiendo la ubicación del tramo.

Donde:

D = diámetro de las partículas

S = pendiente

Fr = Número de Froude

Tabla 1. *División de los ríos según la ubicación del tramo*

Denominación	D/S	Fr
Alta Montaña	> 10	> 1
Montaña	> 7	0.7 a 1
Faldeo o Piedemonte	> 6	0.45 a 0.7
Intermedio	> 5	0.2 a 0.45
Planicie (con cauce arenoso)		
Río Caudaloso	> 2	0.44 a 0.55
Río poco Caudaloso	> 1	0.14 a 0.44

Fuente: *Universidad Nacional de Córdoba. Obras Fluviales, 2014*

Y finalmente según los grados de libertad (GL) que posee un cauce, está clasificado por: 1 GL en donde solo el tirante es variante, 2 GL en el cual la pendiente y el tirante varían, y 3 GL si además de la pendiente y el tirante, el ancho es variable.[18]

1.1.3.1.3 Geomorfología Fluvial

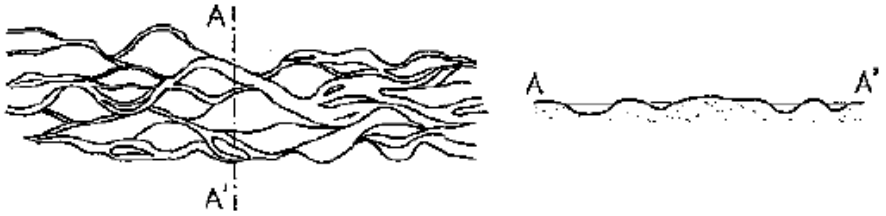
La geomorfología se orienta al estudio de las formas del cauce desde su origen.
Describe las geoformas de los ríos producto del transporte, y consolidación de sedimentos y del relieve topográfico. Además, contienen formas de origen fluvial de modo que están asociados a los lechos de los ríos con unidades tales como: lecho mayor, cauce activo, diques aluviales, barras de arena, etc.

El sistema de drenaje constituye un conjunto de cursos de agua, los cuales se mueven vertiente abajo sobre la superficie terrestre, de manera que está compuesto por una red ramificada de varios canales fluviales que dirigen y recogen el agua superficial, todo esto forma parte de la cuenca hidrográfica.[12]

La morfología en cuencas bajas de los cauces fluviales, presenta una variedad de formas, cabe mencionar los lechos o cauces mayores disponen de rasgos geomorfológicos extremadamente destacados, con diferentes amplitudes y extensiones.[19]

Existen dos tipos de morfologías típicas, la primera la morfología de tipo trenzado que está determinada por un cauce ancho y por varios cauces menores entrelazados, con islas que en ocasiones se sumergen cuando se unen o separan, por lo general cuando se transporta gran cantidad de sólidos se trata de un cauce trenzado, en pendientes altas y sedimentos gruesos.

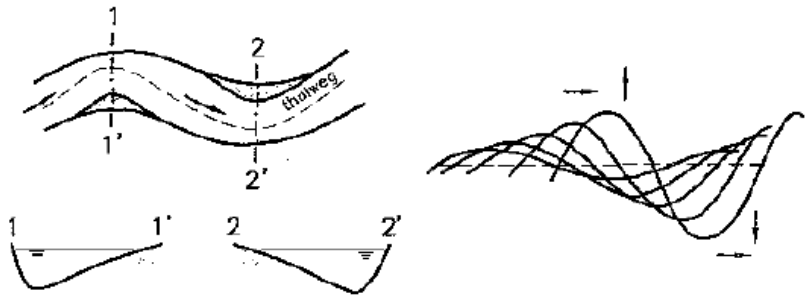
Figura 6. *Morfología del cauce trenzado*



Fuente: *Juan Martín, Ingeniería de Ríos, 2002*

La morfología meandriforme o meándrico, presenta un único cauce con curvas, ocasionándose las ondulaciones acompañadas de asimetría en las secciones transversales, la palabra alemana "thalweg" describe el lugar geométrico en donde están ubicados los puntos de mayor profundidad; además presentan barras alternadas que son las orillas interiores en donde se depositan materiales las cuales que poseen forma de playas, en esta morfología se destaca la combinación de desplazamiento aguas abajo y la profundización en las orillas, con la siguiente forma.

Figura 7. *Morfología del cauce meandriforme*



Fuente: *Juan Martín, Ingeniería de Ríos, 2002*

Por otro lado, la geometría de los ríos sigue siendo en tal modo empírica debido a que los cauces tienen anchuras, calados, entre otras características muy diversas, sin embargo, la primera relación de interés es la de tratar de definir el cauce trenzado o meandriforme, con la siguiente ecuación:

$$i * Q^{0.44} = 0.0116$$

Donde:

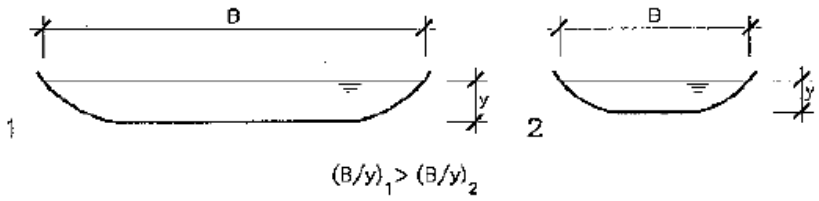
i = la pendiente

Q = caudal en m^3/s

Lo cual establece que si $i * Q^{0.44} > 0.0116$ el río es trenzado, caso contrario es meandriforme, aunque existen casos en los cuales el trenzado puede estar en el tramo alto y el meándrico en aguas abajo en el mismo río.

Otra relación que menciona Juan Martín es la de las dimensiones de las secciones transversales de los canales, se ha determinado que la anchura B es proporcional a la raíz cuadrada del caudal, además se incluye que el cociente entre el ancho/calado (B/y), crecerá suavemente con el caudal, es decir que un río con más caudal tiene un cauce más ancho y profundo; no obstante, es más ancho proporcionalmente a la profundidad que un río con menor caudal. [13]

Figura 8. *Relación de forma de un río grande y un pequeño*



Fuente: *Juan Martín, Ingeniería de Ríos, 2002*

Acotando, la geometría viene dada por el caudal, y por características como: su magnitud, frecuencia o ambas, a esto se lo denomina como caudal determinante; así mismo existe el caudal formativo o dominante el cual tiene por acción modelar al cauce, y es concluyente en la geometría hidráulica.

En lo que respecta a la vegetación cercana a los cauces, las raíces de las plantas son capaces de fijar el material suelto, sea en las orillas, en las barras interiores o en las llanuras de inundación.

En la Hidráulica Fluvial el transporte de fondo en el río es el que provoca repercusión en la pendiente o en el ancho de los cauces, el autor Lane menciona que cuando las partículas que erosionan en el fondo son las mismas que sedimentan no existe variación en la cota, es decir existe un equilibrio de partículas, de este modo definió cuatro variables fundamentales para describir la siguiente ecuación:

$$q_s * D = q * i$$

Donde:

q = caudal liquido – unitario

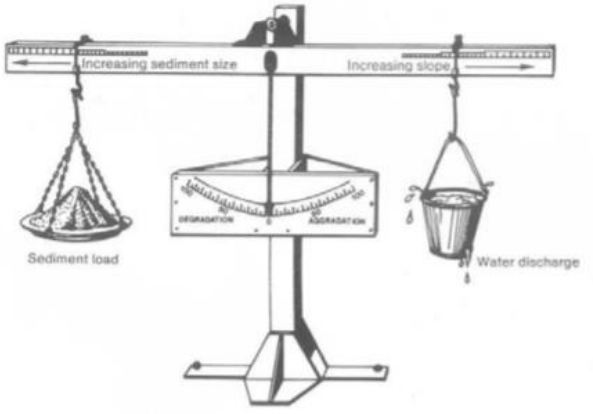
q_s = caudal sólido – unitario

i = pendiente

D = tamaño del sedimento

La relación que existe es que el conjunto sedimentos-caudal sólido debe estar en equilibrio con el conjunto pendiente-caudal líquido, de tal forma que se correlaciona con una balanza conocida como la Balanza de Lane.[20]

Figura 9. *Balanza de Lane*



Fuente: *Lane. Importancia de la morfología fluvial en la ingeniería hidráulica, 1955*

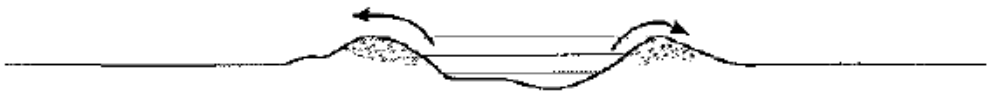
Este método de balanza es de mucha ayuda al momento de determinar el comportamiento de un cauce, visualizar las variaciones en las condiciones de equilibrio, permitiendo la valoración de los parámetros que provocan el desequilibrio.

1.1.3.1.4 Bancos de inundación

Llamados barras, formaciones sedimentarias cuaternarias, son depósitos alargados de material aluvial, generalmente arena o grava que se deposita en el centro o margen del rio por sedimentación. Se forman cuando la velocidad del agua disminuye, y se presentan generalmente en terrenos llanos, en cauces de poca pendiente con morfología meándrica. [12]

En los ríos aluviales debido a los materiales sedimentarios, presentan un espesor de material granular, y es común que estos posean más extensión de manera horizontal que el cauce normal, creándose las llanuras o bancos de inundación, causando que los ríos en ciertos momentos evolucionen y causen cambios en sus cauces; en ocasiones estos bancos se convierten en lugares de asentamientos poblacionales, ocasionando problemas que tiene que afrontar la ingeniería fluvial.[13]

***Figura 10**. Río con motas naturales y con banco de inundación*



***Fuente:** Juan Martín. Ingeniería de Ríos, 2002*

1.1.3.2 Hidrología

Uno de los recursos esenciales para el desarrollo de la vida es el agua, el cual constantemente cambia la superficie terrestre, es así en donde la Hidrología se encarga de cubrir las diferentes etapas del agua, definiéndose como la disciplina que estudia la existencia, propiedades, distribución y movimiento del mismo, siendo aplicaciones prácticas de esta asignatura el diseño y operación de obras hidráulicas, obras viales, abastecimiento de agua potable, manejo integral de crecientes, así como también sistemas de alerta temprana de inundaciones y catástrofes.[21]

La Hidrología es una geociencia que describe las variaciones temporales y espaciales del recurso agua en la etapa terrestre, oceánica y atmosférica, así mismo el movimiento del agua sobre y debajo de la superficie terrestre, incluyendo procesos físicos, químicos y biológicos a lo largo del trayecto.[17]

1.1.3.2.1 Precipitación

La fuente principal del agua sobre la superficie terrestre es la precipitación, la cual es producto del agua condensada que bajo condiciones favorables en el clima se precipita o cae en forma de gotículas, la precipitación está ligada al clima y condiciones meteorológicas del lugar o zona de estudio. [22]

No toda precipitación llega a la superficie del terreno, debido a que una parte de ella se vuelve a evaporar y otra es retenida por la vegetación o por las edificaciones existentes, de modo que al poco de tiempo regresan en forma de vapor, y por otro lado la fracción de precipitación que penetra bajo la superficie del terreno a través de la infiltración, la precipitación puede caer también en forma de nieve, la misma que quedará sobre la superficie hasta que reciba el calor suficiente para su fusión.[21] Seguidamente se muestra un esquema del ciclo o proceso de formación de la precipitación, añadiendo que las gotas de agua al aumentar el vapor, la velocidad de caída supera los 3 m/s incrementando su peso lo que produce la lluvia.

Figura 11. *Formación de la precipitación*

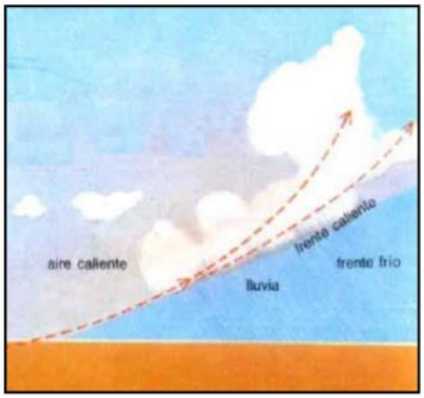


Fuente: *Lozano. Precipitación, 2018*

La precipitación se divide en tres tipos según su origen, los cuales son:

Las precipitaciones ciclónicas son provocadas por los ciclones que son eventos que se generan cuando se levanta el aire que converge en una superficie de baja presión, o cuando dos masas de aire, con diferentes temperaturas siendo la una caliente y la otra fría, aparecen en una superficie de discontinuidad denominada frente, en donde el aire frío siendo más pesado se coloca debajo del aire caliente por lo que el aire caliente se eleva y el vapor de agua se condensa produciendo así la precipitación, la cual es de ligera a moderada.

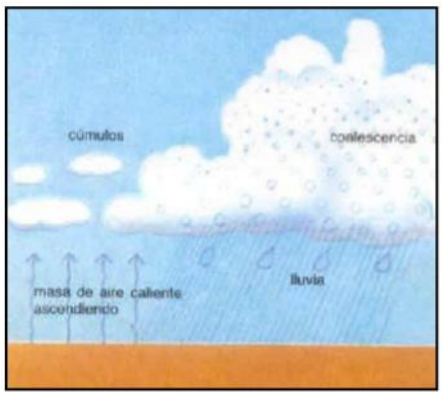
Figura 12. *Precipitación Ciclónica*



Fuente: *Lozano. Precipitación, 2018*

La precipitación de convección o convectiva por su lado, son provocadas por el ascenso de bolsas de aire caliente, se presenta cuando una masa de aire caliente se eleva sufriendo un enfriamiento diferencial en la parte superior de la capa de aire lo que ocasiona aparecimiento de nubes las cuales producen la precipitación, estas pueden ser de lloviznas hasta aguaceros.

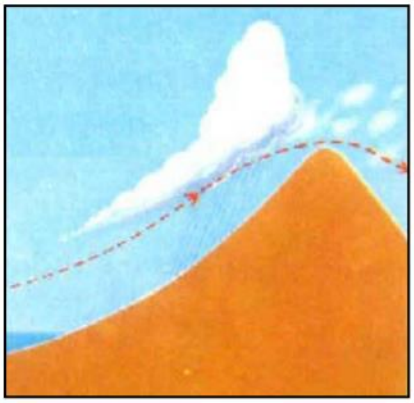
Figura 13. *Precipitación Convectiva*



Fuente: *Lozano. Precipitación, 2018*

La precipitación orográfica se produce cuando las masas de aire caliente están obligadas a ascender debido a que se encontraron con una barrera de tipo montañosa, es decir resulta del choque de corrientes oceánicas de aire sobre las barreras montañosas y sobre la tierra, en donde este aire se eleva, y se enfría, resultando de aquello la precipitación.

Figura 14. *Precipitación Orográfica*



Fuente: *Lozano. Precipitación, 2018*

La precipitación también se clasifica de acuerdo a las características físicas que posee, así, la llovizna presenta gotas entre 0.1 – 0.5 mm, la lluvia con gotas mayores a 5 mm, la escarcha que son gránulos de hielo con gravedad específica entre 0.2 a 0.3, la nieve con cristales de hielo hexagonales con densidad relativa de 0.1 y el granizo presenta forma de bolas de hielo desde 5 a 125 mm de diámetro.[23]

1.1.3.2.2. Intensidad de Precipitación

La intensidad de precipitación permite conocer la cantidad de agua que cae dentro de una cierta superficie o área por unidad de tiempo, es decir que evalúa o mide la velocidad del flujo de la lluvia con que se acumula en un área determinada, por lo general se la expresa en mm/hr, caracterizando al evento de precipitación como de gran duración o de poca duración.[24]

De tal forma que la intensidad está expresada como:

$$I = \frac{P}{t}$$

Donde:

I = intensidad máxima (mm/h)

P = precipitación o profundidad, en (mm) de altura de agua

t = tiempo (h) [23]

La precipitación media anual que cae fuera de los océanos es decir otras superficies se estima que es 119.00 km^3/año que equivale a 800 mm/año, de lo cual el 61% es decir 484 mm/año se evapora y el 39% restante va dirigido a la escorrentía superficial.[21]

1.1.3.2.3. Periodo de Retorno (precipitación)

El número de años en que en promedio se presenta un evento inusual se lo conoce como periodo de retorno, en este caso un evento de precipitación, este periodo es denotado por T, conociéndose que cuando la intensidad de la lluvia es baja su duración es prolongada, así mismo la intensidad de lluvia es mayor a mayor periodo de retorno, pero su duración es baja. [25]

El período de retorno se expresa como:

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

En donde las variables T y P se refieren a cualquier evento

Donde:

T = Período de retorno

P = Probabilidad de ocurrencia

Está ecuación significa que el período de retorno de la precipitación máxima registrada en 24 horas es el inverso de la probabilidad de un evento de precipitación sea excedido o igualado durante un año cualquiera.[24]

Se incluye que para el m-ésimo evento de los n que se han registrado, el período de retorno estará expresado como:

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

Siendo “n” el número de datos totales y “m” el valor de rango.

Para una obra se considera necesariamente el periodo de retorno para el diseño, en donde se relacionan los conceptos de probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil y el riesgo de falla admisible, de modo que se puede calcular la probabilidad de falla para un "n" número de años.[26]

Sin embargo, generalmente se utiliza más el concepto de periodo de retorno que el de probabilidad de ocurrencia debido a que el primero mencionado posee unidades de tiempo al igual que la vida útil de las obras, siendo de mayor compresión para las comparaciones necesarias.

Para el cálculo de probabilidad, existen varios métodos, los más conocidos son:
Normal, Lognormal, Pearson III, Gumbel y Funciones para dos poblaciones; es necesario elegir el método adecuado dependiendo de las características del problema.[25]

1.1.3.2.4. Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF)

Es de suma importancia además de tener registros obtenidos de los pluviómetros poder predecir en un futuro una cantidad aproximada de precipitación, por lo que se realiza varios análisis para conocer los caudales de agua que las cuencas producen o que podrían producir en eventos extremos, es así en donde las curvas IDF pretenden asociar la intensidad, duración y probabilidad de frecuencia de lluvia, lo cual ayuda para el diseño de infraestructuras como obras de contención, drenajes y otros. [24]

Las gráficas que se representan mediante curvas que corresponden a diversos tiempos de recurrencia, las cuales tienen por ejes cartesianos el tiempo en las abscisas y la intensidad de precipitación en las ordenadas. Las curvas IDF permiten mediante la combinación de planos de isoyetas generar resultados.[21]
Las curvas IDF son el resultado de unir puntos representativos de las intensidades medias en intervalos de diferentes duraciones que corresponden a un mismo período de retorno; tal que a menor tiempo de duración mayor intensidad, así mismo a mayor tiempo de retorno, mayor es la intensidad de precipitación.

Existen varios métodos para construir las curvas IDF, uno de ellos es la ecuación que relaciona la intensidad, duración y período de retorno.

$$I = \frac{k * T^m}{(d + c)^n}$$

Donde:

k, m, n, c = constantes de correlación lineal múltiple

I, d = siendo "I", intensidad de precipitación y "d" duración

Otro método es el del autor Chow, que mediante un análisis de frecuencia de lluvia considera la distribución de probabilidad de Gumbel para trabajar con las curvas.

Por su lado Témez relacionó la intensidad de precipitación para diferentes periodos de retorno, para graficar la intensidad, duración y frecuencia, mediante el siguiente esquema.

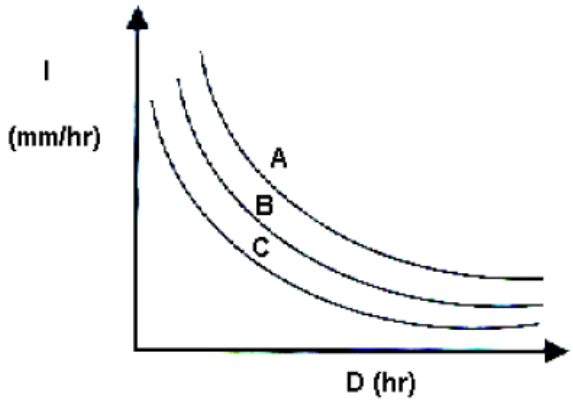
Donde:

I = Intensidad de precipitación (mm/h)

D = Duración (h)

A, B, C = Períodos de retorno (años)[27]

Figura 15. *Curvas IDF*



Fuente: *Pizarro, Flores, Sanguesa, Martínez.*
Curvas Intensidad Duración Frecuencia, 2003

1.1.3.2.5. Escorrentía Superficial

En las precipitaciones el agua que no se evapora o que no se infiltra corresponde al agua que escurre sobre la superficie, el movimiento del agua a través del terreno es sumamente lento y fundamentalmente se caracteriza por la acción gravitatoria, en donde se concentran en pequeños surcos, que se reúnen después en arroyos y posteriormente desembocan en los ríos. [21]

La componente de escorrentía superficial para un área determinada es utilizada para representar el constante movimiento del agua en la superficie del terreno que se dirige para ríos y riachuelos, para calcularlo se considera el hietograma de precipitación.[28]

1.1.3.2.6. Caudales máximos

Los caudales son volúmenes de agua que transitan en un área determinada en un periodo de tiempo, es así como los caudales máximos son los de mayor importancia al momento de analizar el flujo de un río, debido a que estos caudales se presentan cuando existen precipitaciones de mayor intensidad. [21]

El método racional es uno de los métodos más utilizados para el diseño de alcantarillas, en donde se utilizan los caudales máximos, el cual considera que si existe una lluvia con una intensidad (i) que se precipita de forma instantánea e indefinida, la tasa de escorrentía llegará al tiempo de concentración (tc) en donde toda la cuenca aporta al flujo de salida.
De manera que el caudal de entrada es el producto de $i * A$ y la relación entre ese caudal y el caudal (Q) en el tiempo (tc) se lo denomina como el coeficiente de escorrentía (C) formando la ecuación:

$$Q = C * i * A$$

Sin embargo, se implementa un coeficiente para transformar a unidades conocidas:

$$Q = 0.278 * C * i * A$$

Donde:

Q = caudal (m^3/s)
C = coeficiente de escorrentía
i = intensidad de precipitación (mm/h)
A = área de la cuenca (km^2)

En zonas urbanas se asume que existen varias subcuencas que dependen de sus características superficiales, de modo que se les asigna con A_j y así mismo a los coeficientes de escorrentía con C_j formando:

$$Q = i \sum_{j=1}^{m} C_j A_j$$

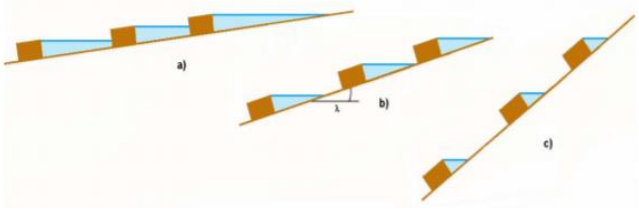
Donde:
m = representa el número de subcuencas

Para la utilización de este método es necesario conocer las siguientes suposiciones:

- El caudal pico no es el resultado de la lluvia más intensa sino es la tasa de lluvia promedio durante el tiempo t_c donde toda la cuenca aporta a la escorrentía.
- Se considera que la intensidad de lluvia es constante. [28]

Para el coeficiente de escorrentía existe diversidad de valores dependiendo del porcentaje de permeabilidad, pendiente y de características de la superficie.
En el caso de la pendiente puede aumentar o disminuir el coeficiente, debido a que una micro topografía embalsa más agua, a diferencia de una escorrentía que alisa el relieve y reduce las micro depresiones. [29]

Figura 16. *Pendiente incide en el coeficiente de escorrentía*



Fuente: *Azagra. Modelo de coeficientes de escorrentía, 2006*

Se presenta los valores de coeficientes de escorrentía para diferentes casos:

Tabla 2. *Coeficientes de escorrentía según Benitez 1980*

COBERTURA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	PENDIENTE (%)				
		> 50	20-50	5-20	1-5	0-1
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosque, vegetación densa	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: *Azagra. Modelo de coeficientes de escorrentía, 2006*

Tabla 3. *Valores de coeficientes de escurrimiento*

TIPO DEL ÁREA DRENADA	*COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO*	
	MÍNIMO	*MÁXIMO*
ZONAS COMERCIALES:		
Zona comercial	0.70	0.95
Vecindarios	0.50	0.70
ZONAS RESIDENCIALES:		
Unifamiliares	0.30	0.50
Multifamiliares, espaciados	0.40	0.60
Multifamiliares, compactos	0.60	0.75
Semiurbanas	0.25	0.40
Casas habitación	0.50	0.70
ZONAS INDUSTRIALES:		
Espaciado	0.50	0.80
Compacto	0.60	0.90
CEMENTERIOS, PARQUES	0.10	0.25
CAMPOS DE JUEGO	0.20	0.35
PATIOS DE FERROCARRIL	0.20	0.40
ZONAS SUBURBANAS	0.10	0.30
CALLES:		
Asfaltadas	0.70	0.95
De concreto hidráulico	0.70	0.95
Adoquinadas	0.70	0.85
ESTACIONAMIENTOS	0.75	0.85
TECHADOS	0.75	0.95
PRADERAS:		
Suelos arenosos planos (pendientes 0.02 o menos)	0.05	0.10
Suelos arenosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.10	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 o más)	0.15	0.20
Suelos arcillosos planos (0.02 o menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 o más)	0.25	0.35

Fuente: *Francisco Aparicio. Fundamentos de la Hidrología de Superficie, 1992*

La mínima duración de intensidad será la del tiempo de concentración (tc), en donde se lo expresa como:

$$t_c = \frac{L}{3600\ v}$$

Donde:

L = longitud del cauce principal (m)

v = velocidad media del agua (m/s)

Otra fórmula para encontrar el tiempo de concentración es la de Kirpich:

$$t_c = 0.01947\ \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

L = longitud del cauce principal (m)

S = pendiente del cauce principal (m/m) [17]

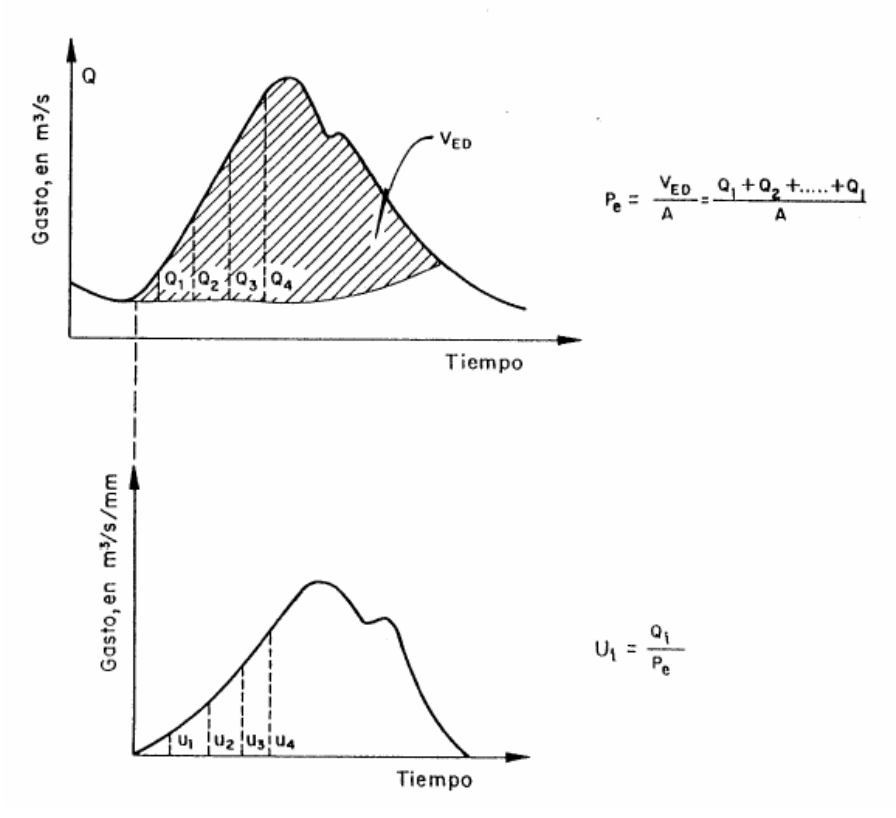
1.1.3.2.7. Hidrograma Unitario

Un hidrograma es un gráfico del caudal en función del tiempo dado por Q = f(t), el cual tiene la posibilidad de estar en varias escalas, es decir en diferentes intervalos de tiempo, de modo que el área bajo el hidrograma es igual al volumen de agua que estuvo en un punto de aforo en un periodo de tiempo t1 -t2. [14]

El hidrograma unitario se fundamenta en tres hipótesis:

- La duración del escurrimiento es la misma para todas las tormentas es decir un tiempo base constante.
- Las ordenadas de los hidrogramas son proporcionales al volumen total de escurrimiento.
- El hidrograma se puede superponer a hidrogramas de periodos lluviosos anteriores.[17]

Figura 17. *Esquema del cálculo del Hidrograma Unitario*



Fuente: *Breña, Jacobo. Principios y fundamentos de la hidrología superficial, 2006*

El hidrograma unitario permite conocer la función lineal del comportamiento de la cuenca aunque en la naturaleza no es el comportamiento real permite hacerlo más simple y muy útil, siendo una función lineal de respuesta de periodicidad en base a la unidad, es decir se lo define como una gráfica de escurrimiento directo, el cual es resultante de 1 mm (unidad) de precipitación en exceso, de manera uniforme sobre un área específica de drenaje de manera constante.[30]

En la rama de Hidrología la utilización de modelos lineales es de suma importancia para el análisis de respuesta de una cuenca, en donde el hidrograma unitario siendo un proceso que permite diseñar y proyectar estructuras hidráulicas, está comprendido por un volumen de 1 mm de precipitación por un tiempo determinado, utilizando el concepto de lluvia-escorrentía permite la predicción de futuros eventos, es decir de avenidas.

Existen varios métodos para estimar las ordenadas para el hidrograma unitario, entre ellos son: programación lineal, mínimos cuadrados suavizados, mínimos cuadrados y modelo conceptual de Nash. [31]

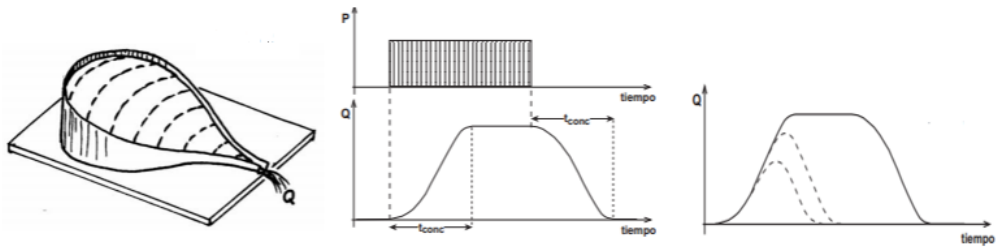
1.1.3.2.8. Hidrograma de Crecida

La forma del hidrograma de crecida es importante para el estudio de un río, en donde la duración de caudales mayores que están cerca al máximo o a la pendiente de las curvas de ascenso o descenso tienen influencia en el accionar del agua sobre el cauce; el volumen de inundación y el tiempo de duración de una inundación son variables que están representadas en el hidrograma de crecida.[13]

El modelo de hidrograma comenzará a subir desde el tiempo (t_o) cuando empieza la precipitación, éste ira aumentando hasta llegar a un tiempo (t_1), en donde la primera gota sale, de allí el caudal permanecerá constante hasta lo que dure la precipitación, cuando cese el caudal irá disminuyendo en el tiempo (t_2), hasta que salga la última gota en el tiempo (t_3).

El hidrograma tiene una forma horizontal debido a que el tiempo de precipitación es mayor que el tiempo de concentración de la cuenca, de manera que si el tiempo de duración de la precipitación es menor que el de concentración comenzará a bajar hasta que se alcance el caudal constante.[32]

Figura 18. *Hidrograma de Crecida*



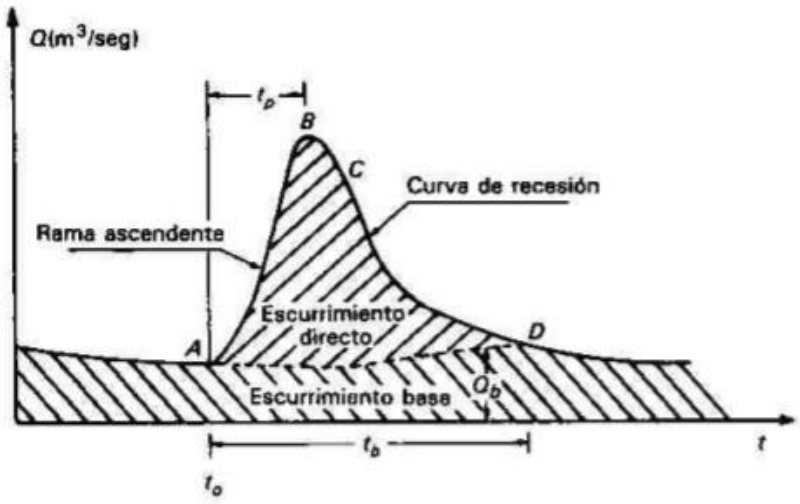
Fuente: *Javier Sánchez. Hidrología Superficial, 2015*

1.1.3.2.9. Separación de Caudales

En el flujo de un río, este está compuesto por un flujo base que por lo general es agua subterránea y por un flujo superficial, el cual es producto de las precipitaciones; la separación del caudal base es de suma importancia debido a que no pertenece de forma directa al escurrimiento presentado.

Un método para separar el caudal base es trazar una línea horizontal desde el punto A, de modo que corte el hidrograma en el lado opuesto, posteriormente determinar la ecuación para el vaciado del escurrimiento base encontrando el punto D, escogiendo ramas de vaciado, colocándolas tangentes a una recta, cuando estas se crucen se determina D, siendo la unión A y B el caudal base.[24]

Figura 19. *División del Hidrograma*



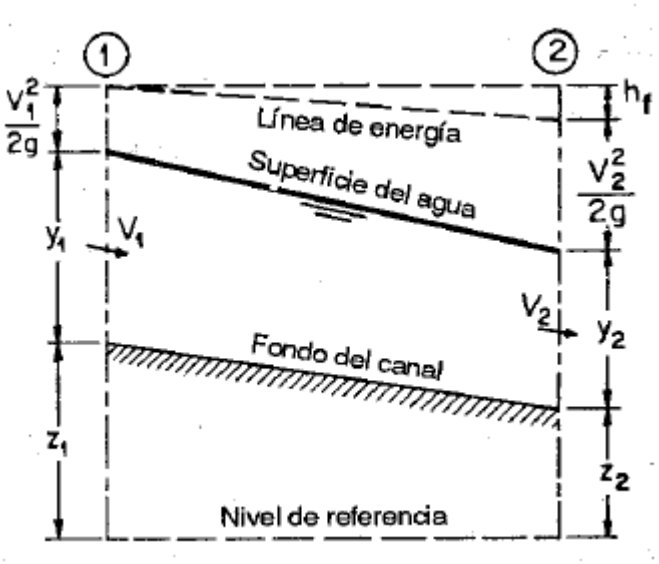
Fuente: *Goncalves, Mercante, Santos. Hidrología Básica y Aplicada, 2007*

1.1.3.2.10. Flujo Canal Abierto

El flujo para ser considerado de flujo abierto debe tener una superficie libre, esto incluye estar bajo la presión atmosférica, se coloca un tubo piezométrico para medir los niveles de agua en donde se tiene por energía total del flujo a la suma de la elevación (z), la altura piezométrica y la altura de velocidad ($V^2/2g$), se supone además

que el flujo es paralelo y tiene una distribución de velocidades uniforme con una pendiente pequeña como se representa en el siguiente esquema.

Figura 20. *Flujo en canales abiertos*



Fuente: *Ven te Chow. Hidráulica de Canales Abiertos, 1994*

El estudio y análisis del flujo en canales abiertos es complicado debido a que por el tiempo y espacio puede cambiar la posición de la superficie libre, así mismo las variables como la profundidad, el caudal, y las pendientes del fondo del canal dependen unas de otras; además implica coeficientes de fricción diferentes a lo largo del canal debido a que la rugosidad varía con la posición de la superficie libre.[33]

1.1.3.2.11. Régimen de Flujo

Para determinar el régimen de flujo se necesita calcular el número de Reynolds, el cual permite distinguir si se trata de un flujo laminar o turbulento; en donde se encuentra el efecto de la viscosidad según la fórmula:

$$R = \frac{V * L}{\mu}$$

Donde:

R = número de Reynolds

V = velocidad del flujo

L = longitud igual al Rh

μ = viscosidad cinemática del fluido

Si $R < 500$: flujo laminar

Si $R > 2000$: flujo turbulento

Si $500 < R < 2000$: flujo en transición [14]

Además, se debe prestar atención a las propiedades de viscosidad y de gravedad en relación a las fuerzas de inercia del flujo.

1.1.3.2.12. Turbulento

En este flujo las partículas se mueven arbitrariamente, la viscosidad se considera despreciable debido a que las fuerzas inerciales son mayores a las fuerzas viscosas, se forman pequeños remolinos, con trayectorias que no son fijas.

Las partículas que componen al fluido pueden ser de varios tamaños, a menudo debido a la turbulencia que se genera existen esfuerzos mayores de corte en los fluidos. El flujo se vuelve turbulento debido a:

- Una rugosidad en la superficie de contacto alta
- Gradientes de presión que se generan por cuerpos gruesos
- Que se produce calentamiento de la superficie de contacto, de manera que se transmite al fluido y si este es grande lo vuelve turbulento

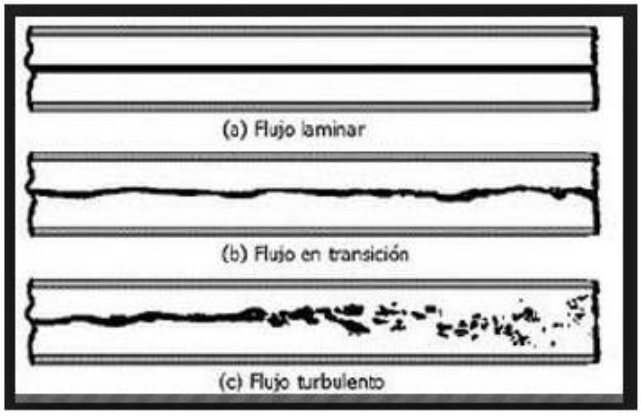
1.1.3.2.13. Laminar

El flujo se dirige con trayectorias en su mayoría regulares, que están definidas y separadas, por lo que aparentan ser láminas paralelas entre sí, las fuerzas de inercia presentan menor potencial que las fuerzas de viscosidad, de manera que las capas parecen deslizarse sobre las capas adyacentes, sin embargo, no debe existir mezcla macroscópica o algún intercambio transversal entre las mismas, en flujos de canales abiertos es raro encontrar presencia de flujo laminar.[10]

1.1.3.2.14. Transición

En este régimen, el flujo se encuentra en un camino intermedio conocido también como transicional o mixto, en donde el flujo presenta un comportamiento indefinido para pasar del estado laminar al turbulento. [34]

Figura 21. *Regímenes de Flujo*



Fuente: *Blanco, Isaquita, Pertuz, Ruiz. Visualización de flujos en canales abiertos Reynolds, 2015*

1.1.3.2.15. Estado de Flujo

El estado de flujo en canales abiertos depende de los efectos de gravedad, lo cual está dado por la relación de las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales, definido por el número de Froude con la siguiente ecuación:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * L}}$$

Donde:

Fr = número de Froude

V = velocidad media del flujo

g = aceleración de la gravedad

L = longitud igual al radio hidráulico

Si $F = 1$: flujo en estado crítico

Si $F < 1$: flujo en estado subcrítico

Si $F > 1$: flujo en estado supercrítico[33]

1.1.3.2.16. Supercrítico

En el cual las fuerzas de inercia son dominantes, lo que provoca que el flujo vaya con alta velocidad, es decir generalmente se presenta cuando existe grandes pendientes y con profundidades más pequeñas, además genera un aumento de energía en el canal, lo cual no se recomienda debido a que se puede producir resaltos hidráulicos, la velocidad del flujo es mayor a la de la onda superficial.

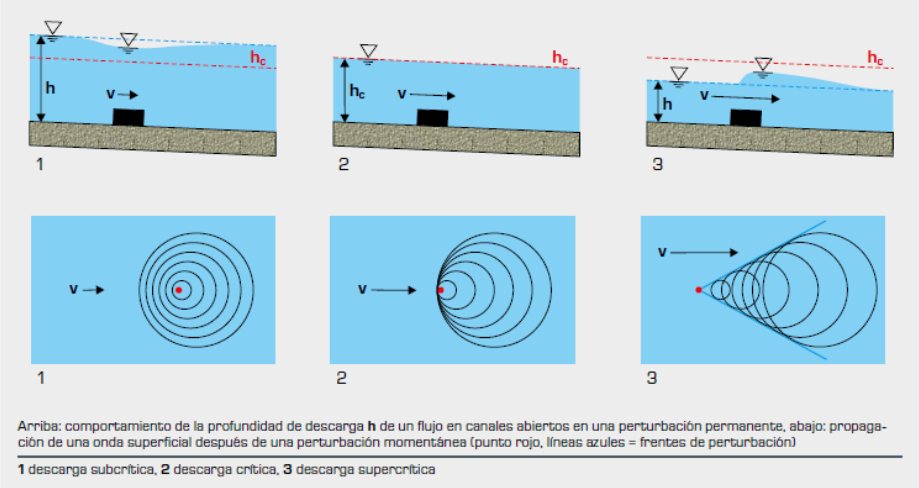
1.1.3.2.17. Subcrítico

Se presenta en donde las fuerzas de inercia son más débiles que las fuerzas de gravedad, en pendientes bajas y donde las velocidades son reducidas, sin embargo, el tirante o la profundidad de agua es mucho mayor. Las perturbaciones en la descarga se visualizan aguas arriba del canal, la velocidad de flujo es menor que la de la onda superficial.

1.1.3.2.18. Crítico

Las fuerzas de inercia son iguales a las de gravedad, lo que provoca una combinación de ellas que lo vuelve inestable, no se recomienda en el diseño de obras hidráulicas, las perturbaciones no se distinguen río arriba, debido a que la velocidad del flujo es la misma velocidad de la onda superficial.[35] y [14]

Figura 22. *Número de Froude y descarga crítica*



Fuente: *Robert Mott. Flujo en Canales abiertos, 2006*

1.1.3.2.19. Energía Específica

Es la energía relativa o cantidad de energía por unidad de peso que existe en cualquier sección de un canal que se mide desde el fondo de éste, siendo igual a la suma de la profundidad del agua más la altura de velocidad, para calcularla se tiene la fórmula:

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

Donde:

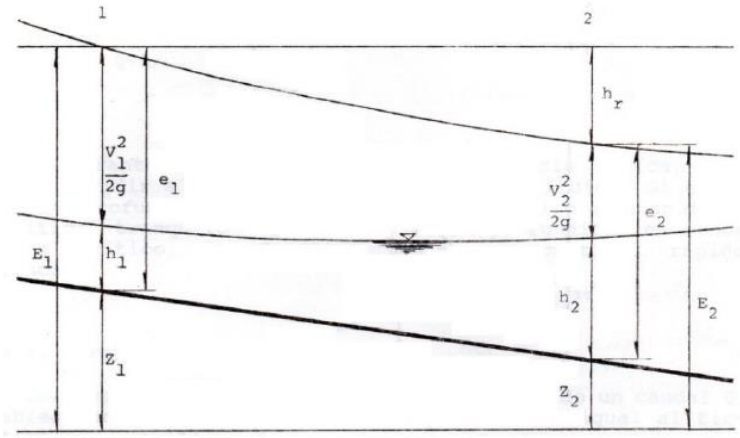
h = profundidad de agua

$\frac{V^2}{2g}$ = altura de velocidad

Cuando la energía específica está en un flujo uniforme se mantiene constante.[36]

$$h_1 + \frac{V_1{}^2}{2g} = h_2 + \frac{V_2{}^2}{2g}$$

Figura 23. *Energía específica de una sección*



Fuente: *Pablo Gallardo. Diseño de canales abiertos, 2018*

La energía específica sumada a la energía potencial da como resultado la energía total o altura total, expresada por:

$$H = E + z$$

En ocasiones también a la energía específica se la expresa en base al caudal:

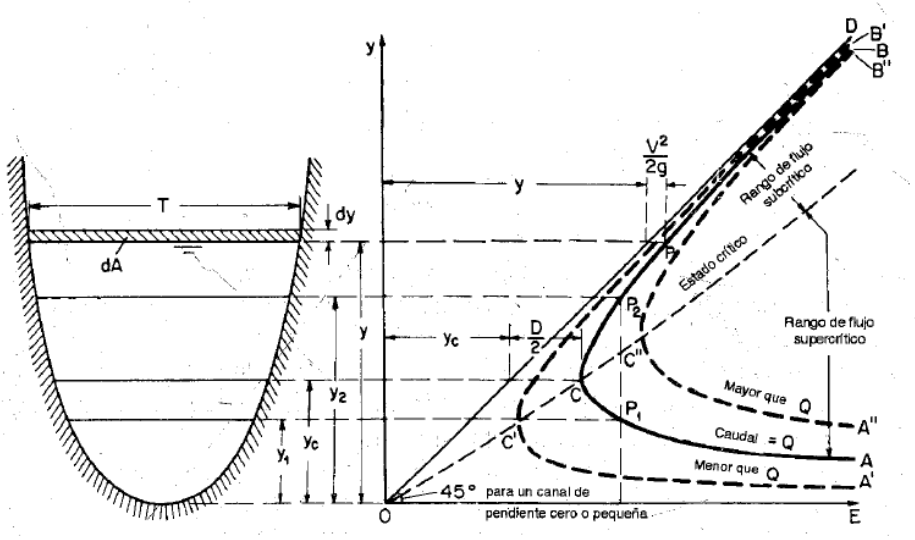
$$E = h + \frac{Q^2}{2 * g * A^2}$$

1.1.3.2.20. Curva de energía específica y relación con el número de Froude

Se considera que para un canal con un ancho "*B*" que es constante, el caudal "*Q*" será constante en todo el canal, a pesar si existiesen variaciones en el tirante "*Y*".

Si se grafica $E = E(y)^1$ con "Q" constantes se consigue la curva de energía específica, dada por el siguiente diagrama:

Figura 24. *Curva de energía específica*



Fuente: *Ven te Chow. Hidráulica de canales abiertos, 1994*

Este gráfico representa que, para una energía específica dada, existen dos alternativas de profundidad, sea un baja o un alta, siendo así que cuando la profundidad del flujo es mínima es una profundidad crítica debido a que las dos profundidades se convierten en una sola, si sucede que la profundidad es mayor que la crítica, y la velocidad es menor que la crítica lo cual denota la profundidad subcrítica, y a su vez si se tiene una profundidad pequeña en comparación con la crítica se habla de la profundidad supercrítica; en el diagrama presentado las variables son:

y_1 = profundidad de flujo supercrítico

y_2 = profundidad de flujo subcrítico

y_c = profundidad crítica

Es decir que el número de Froude cuando tiene el valor de uno define el estado crítico del flujo, presentando la energía específica mínima. Por tanto el punto crítico divide al diagrama en una parte superior con flujo subcrítico con ($Fr < 1$), y en la parte inferior el flujo es supercrítico con ($Fr > 1$).[33]

1.1.3.2.21. Ecuación General de flujo

La ecuación de Manning se deduce a partir de la fórmula de Darcy-Weisbach, de las pérdidas debido a la fricción en las paredes:

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

h_f = pérdida de cabeza

L = longitud de la tubería

D = diámetro

V = velocidad

f = factor de fricción

g = aceleración de la gravedad

Reemplazando por $S_f = \frac{h_f}{L}$ con la definición de pendiente de Roberson-Crowe

$$V = \sqrt{\frac{2g}{f} * D * S_f}$$

Sustituyendo a su vez $D = 4R$

$$V = \sqrt{\frac{8g}{f} * R * S_f}$$

Siendo el coeficiente de Chezy $C = \sqrt{\frac{8g}{f}}$ y reemplazando

$$V = C\sqrt{R * S_f}$$

De esta ecuación se deriva la ecuación de Manning.

1.1.3.2.22. Ecuación de Manning

Robert Manning propuso la expresión $C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n}$

Donde:

C = en unidades de $m^{1/2}/s$

n = coeficiente de rugosidad de Manning

De modo que se sustituye y se forma:

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

Donde:

V = velocidad

R = radio hidráulico

S = pendiente de energía

n = coeficiente de Manning

1.1.3.2.23. Coeficiente de Manning

Para el *n* se toman valores fijos en base a las superficies de los canales.[33]

Tabla 4. *Valores de coeficientes de Manning*

Coeficientes de rugosidad de Manning para varias superficies de canales abiertos

Material		Coeficiente de rugosidad de Manning típico
Concreto		0.012
Fondo de grava con lados de	– concreto	0.020
	– piedra	0.023
	– riprap	0.033
Canales naturales		
Limpios y rectos		0.030
Limpios y curvos		0.040
Curvos con hierbas y piscinas		0.050
Con matorrales y árboles		0.100
Planicies de inundación		
Pastos		0.035
Cultivos		0.040
Hierbas y pequeños matorrales		0.050
Matorrales densos		0.070
Árboles densos		0.100

Fuente: *Ven te Chow. Hidráulica de canales abiertos, 1994*

***Tabla 5**. Coeficientes de Manning para el tramo km 16+00 al 20+00*

Material	Coeficiente *n* de Manning
Curvos con hierbas	0.050
Cultivos	0.040
Pastos	0.035
Limpios y rectos	0.030

***Realizado por:** Paulette Riofrio D.*

1.1.3.3 Modelos numéricos para el estudio de flujo en canal abierto

En la actualidad la utilización de algoritmos computacionales ha permitido construir modelos a escala para el estudio y diseño de estructuras hidráulicas, permitiendo resolver la gran cantidad de problemas respecto al movimiento del agua en flujo superficial, estos modelos dan la capacidad de modelar los regímenes tanto subcrítico como supercrítico, características de dimensionalidad, el método de cómputo sea con elementos finitos, diferencias finitas o volúmenes finitos, así como contornos.

En el caso de modelación de ríos con tramos muy largos, los modelos numéricos son la mejor opción, sin embargo, el modelo físico complementará aún más el estudio siempre y cuando sea posible.
Los principales modelos Matemáticos conocidos son HEC-RAS, BRISTARS, RMA-2, FESWMS, RIVER2D, SSIMM. [30]

1.1.3.3.1 Modelo Matemático HEC-RAS

HEC-RAS es un modelo numérico para flujo en una dimensión impermanente, el cual tiene la característica de trabajar con flujos mixtos, supercrítico y subcrítico, permite modelar estructuras como puentes, alcantarillas, diques, entre otros; es recomendable para cálculo de largos tramos encauzados ríos.

Además, es un software libre que permite modelar y simular flujos ya sea en canales naturales o artificiales, de modo que permite determinar el nivel de agua para posteriormente analizar zonas de inundación; se debe tener cuidado en ríos aluviales o con morfología meandriforme.[37]

1.1.3.3.2 Modelo Matemático HEC- GeoRAS

El modelo numérico HEC-GeoRAS es una extensión para ArcGIS del software HEC-RAS, permite estimar diferentes parámetros hidráulicos, definiendo un entorno de simulación. [14]

Además, es un conjunto de herramientas y procedimientos que permiten procesar datos los cuales están georreferenciados, mediante SIG, lo que facilita trabajar con el programa HEC-RAS, mediante esta extensión se crea un archivo que se puede importar, lo que incluye el eje del río, secciones transversales, y el terreno del proyecto. Permite posteriormente exportar los resultados obtenidos de velocidades y calados de HEC-RAS a ArcGIS para la creación de planos o mapas de inundación.[38]

1.1.3.4 Estadística Hidrológica

Los procesos estocásticos son procesos hidrológicos que suceden en el espacio y tiempo, los cuales generalmente son predecibles o determinísticos.
En casos particulares se tiene que optar por variabilidad aleatoria, debido a que los datos no están correlacionados con datos adyacentes.

Comúnmente la estadística hidrológica es utilizada para eventos hidrológicos sea para crecidas o para sequías, además para el procesamiento de datos como precipitaciones anuales. Los métodos estadísticos se fundamentan en principios matemáticos que permiten ver la variación aleatoria de un grupo de observaciones.[28]

Las obras hidráulicas están relacionadas todo el tiempo con los eventos hidrológicos futuros, necesariamente para predimensionarlas, sin embargo la complejidad de los procesos físicos genera que las estimaciones no sean confiables al 100% debido a

insuficientes métodos o al grado de complejidad de los modelos matemáticos; por ello la manera más frecuente es la utilización de la estadística y de la probabilidad siendo imprescindibles para los análisis hidrológicos.[25]

1.1.3.4.1 Variable Aleatoria y No Aleatoria

En el entorno hidrológico aleatoriedad se refiere a las fluctuaciones de la variable que es producida por causas naturales.
Mediante un modelo matemático o probabilístico se es capaz de calcular:

- Valores o estados que puede adoptar la variable aleatoria
- Valores de ocurrencia para cada variable aleatoria
- Valores menores o mayores en un determinado límite[21]

Las variables aleatorias también son conocidas como variables estocásticas siendo números reales, y descritos por la ley de probabilidades, se dividen en variable aleatoria discreta y aleatoria continua, la primera se enfoca en valores que están restringidos a un conjunto enumerable ya sea infinito o finito, es decir toma valores específicos; por su lado la variable es continua si sus valores están en un rango continuo sea entero o decimal es decir todos los valores que están en un rango de ocurrencia.[39]

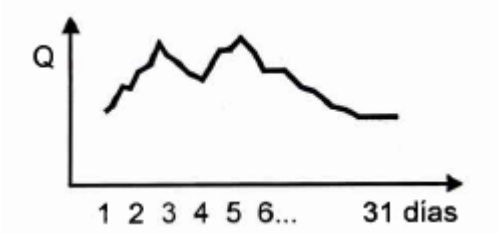
Además, se considera variables aleatorias que forman parte del hidrograma de crecida:

- El caudal máximo del período de crecida (*Qmax*)
- Volumen en m^3 (*V*)
- Período de crecida (*T*)

El caudal de crecida por año, siendo considerado el mayor caudal anual, es definido como una variable aleatoria ilimitada y continua, siendo estudiada por medio de leyes teóricas de probabilidad, ya sea en el período de observación o no, permitiendo el cálculo del caudal con una probabilidad de ocurrencia. [21]

Por tanto, *Q* es una variable aleatoria continua, que representa los caudales promedios diarios, donde *Q* puede asumir cualquier valor según los rangos de ocurrencia, como se muestra en la siguiente gráfica.[39]

Figura 25. *Variable aleatoria continua*



Fuente: *Máximo Villón. Hidrología Estadística, 2006*

1.1.3.4.2 Media o Promedio

Cuando se requiere encontrar una tendencia central de los datos que se tienen registro, se utiliza la media aritmética o también llamada promedio, que consiste en sumar y dividir para el número total de datos (*N)*.

Se expresa de la siguiente forma:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{N}$$

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

Donde:

N = tamaño de la muestra

x_n= observaciones registradas

Otro procedimiento que se aplica para calcular la media es contabilizar de número de veces que cada valor aparece(*n)*, entonces la fórmula es:

$$\bar{x} = \frac{x_1 * n_1 + x_2 * n_2 + \cdots + x_k * n_k}{N}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{K} x_i * n_i}{N}$$

Representa al centro de gravedad de toda la distribución de datos. [21]

1.1.3.4.3 Desviación Estándar

Existen datos que tienen gran dispersión, y para evaluarlos se utiliza la desviación estándar o desviación típica, que, a través de desviaciones de cada punto con relación a la media aritmética o promedio permite conocer la variabilidad promedio, con la siguiente fórmula:

$$\sigma = S_n = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

$\sigma = S_n$ = desviación estándar

x = valor

$\bar{x}$ = media o promedio

n = número de datos totales

La desviación estándar tiene el siguiente procedimiento de cálculo:

- Se eleva al cuadrado el punto medio
- Se multiplica por la frecuencia absoluta
- Se eleva al cuadrado, y divide para el número de datos
- Se resta el primer valor con el segundo
- Se divide entre *n – 1*. [40]

1.1.3.4.4 Criterio de Chauvenet

Chauvenet creó un método para poder determinar si un dato forma parte de un conjunto de datos, es decir si este no presenta rasgos de anormalidad con respecto de los otros datos del mismo conjunto, en donde el calculista debe decidir si los datos experimentales que tiene para su estudio son consistentes o por allí existe una equivocación experimental.

El criterio de Chauvenet, menciona que el dato puede ser rechazado si es menor de la mitad del número de datos, y está dado por:

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

Donde:

r = relación de la desviación para la desviación estándar

$(x_i - x)$ = diferencia entre el caudal y la media aritmética

σ = desviación estándar

k_n = coeficiente de Chauvenet. [41]

Tabla 6. *Constante de Chauvenet*

Constante de Chauvenet, Kn			
n	Kn	n	Kn
2	1,15	15	2,13
3	1,38	20	2,24
4	1,54	25	2,33
5	1,65	30	2,40
6	1,73	40	2,48
7	1,80	50	2,57
8	1,86	100	2,81
9	1,92	300	3,14
10	1,96	500	3,29
		1000	3,48

Fuente: *J. García. Diseño y validación de un modelo geométrico para el estudio de distintos parámetros acústicos del aula magna de la EUAT-UAC, 2014*

1.1.3.4.5 Método de Gumbel para el cálculo de caudales para un periodo de retorno dado

Es uno de los métodos más aplicados para encontrar el valor máximo de caudal en un período de retorno determinado, el cual se calcula con la fórmula:

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

Con:

$$k = \frac{y_T - y_n}{\sigma_n}$$

$$y_T = \ -\ln\left(\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right)$$

Formando:

$$Q = \bar{x} + \frac{\sigma}{\sigma_n}(y_T - y_n)$$

Donde:

Q = caudal para un período de retorno T

$\bar{x}$ = media de la serie

σ = desviación estándar

σ_n = a partir del número de años de la serie (tabla)

y_T = variable de Gumbel para un período de retorno T

y_n = a partir del número de años de la serie (tabla)[42]

Tabla 7. *Valores para y_n y σ_n de Pauiet*

Nº Datos	y_n	S_n	Nº Datos	y_n	S_n	Nº Datos	y_n	S_n
1	0.36651	0.0000	35	0.54034	1.12847	69	0.55453	1.18440
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	0.55500	1.18629
4	0.44580	0.73147	38	0.54239	1.13650	72	0.55523	1.18720
5	0.45879	0.79278	39	0.54302	1.13896	73	0.55546	1.18809
6	0.46903	0.83877	40	0.54362	1.14131	74	0.55567	1.18896
7	0.47735	0.87493	41	0.54420	1.14358	75	0.55589	1.18982
8	0.48428	0.90432	42	0.54475	1.14576	76	0.55610	1.19065
9	0.49015	0.92882	43	0.54529	1.14787	77	0.55630	1.19147
10	0.49521	0.94963	44	0.54580	1.14989	78	0.55650	1.19227
11	0.49961	0.96758	45	0.54630	1.15184	79	0.55669	1.19306
12	0.50350	0.98327	46	0.54678	1.15373	80	0.55689	1.19382
13	0.50695	0.99713	47	0.54724	1.15555	81	0.55707	1.19458
14	0.51004	1.00948	48	0.54769	1.15731	82	0.55726	1.19531
15	0.51284	1.02057	49	0.54812	1.15901	83	0.55744	1.19604
16	0.51537	1.03060	50	0.54854	1.16066	84	0.55761	1.19675
17	0.51768	1.03973	51	0.54895	1.16226	85	0.55779	1.19744
18	0.51980	1.04808	52	0.54934	1.16380	86	0.55796	1.19813
19	0.52175	1.05575	53	0.54972	1.16530	87	0.55812	1.19880
20	0.52355	1.06282	54	0.55009	1.16676	88	0.55828	1.19945
21	0.52522	1.06938	55	0.55044	1.16817	89	0.55844	1.20010
22	0.52678	1.07547	56	0.55079	1.16955	90	0.55860	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	0.55920	1.20315
27	0.53319	1.10054	61	0.55238	1.17586	95	0.55934	1.20373
28	0.53426	1.10470	62	0.55268	1.17702	96	0.55948	1.20430
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: *Paul Muchinsky. Hidrología,2012*

1.1.3.4.6 Método de Gumbel

Se aplica a variables meteorológicas, para valores extremos de precipitaciones en donde se requiere ajustes en la distribución de frecuencia mediante los períodos de retorno calculados para diferentes años.

Para ello se necesita encontrar el período de retorno en base a la probabilidad de falla, la cual está en función del número de años de vida útil de la obra, es decir se asume un riesgo de falla que puede ocurrir dentro de la vida útil de una estructura implicando que llegue a darse o no un evento de mayor magnitud a la usada en el diseño, dada por la siguiente fórmula:

$$R(\%) = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Donde:

R = riesgo de falla

T = tiempo de retorno

n = vida útil en años

Despejando:

$$T = \frac{1}{1 - (1 - R\%)^{\frac{1}{n}}}$$

Se presenta además una tabla que permite encontrar el periodo de retorno en base al riesgo y a la vida útil de la obra.

Tabla 8. *Valores para el periodo de retorno para n años y riesgo (%)*

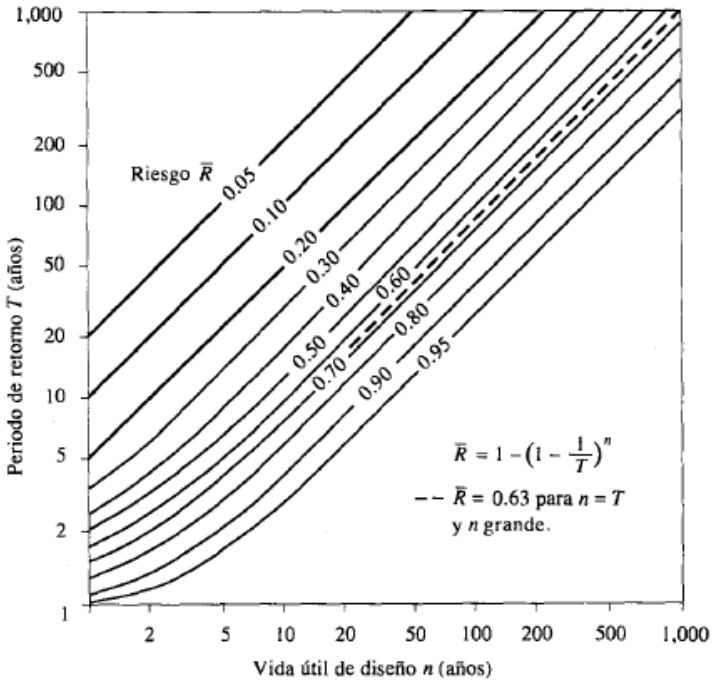
RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
R	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144
0,99	1	1,11	1,27	1,66	2,7	5	5,9	11	22	44

Fuente: *Ministerio de Transportes y Comunicaciones.*

Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2012

Estableciendo el riesgo de falla admisible, y la probabilidad de ocurrencia, con la vida útil de la obra, se lo relaciona en el siguiente esquema. [43]

Figura 26. *Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil*



Fuente: *Ven te Chow. Hidrología Aplicada, 1994*

1.1.3.4.7 Probabilidad Esperada

El período de retorno es el inverso de la probabilidad de las máximas precipitaciones, sin embargo, se tiene una fórmula para calcularla.

Se debe ordenar los datos de menor a mayor, cada uno se enumera y tiene un orden, la probabilidad esperada se la encuentra con la ecuación:

$$Probabilidad(\%) = 100 * \frac{m}{n+1}$$

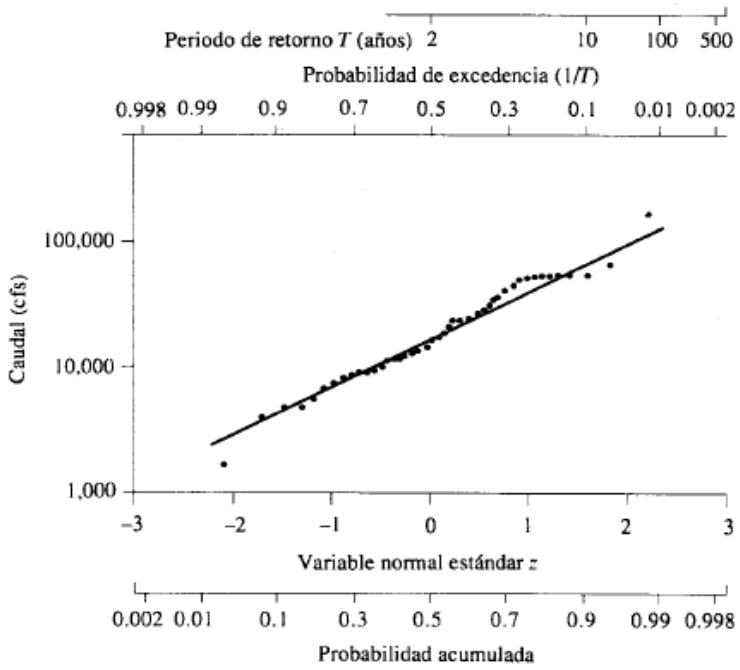
Donde:

m = número de orden

n = número de datos

Además, se puede graficar los caudales con la probabilidad a superar, y con el periodo de retorno en función de la distribución de Gumbel. [44]

Figura 27. *Caudales máximos representados en un gráfico de ajuste de probabilidad de Gumbel*



Fuente: *Ven te Chow. Hidrología Aplicada, 1994*

1.1.3.5 Norma NEVI-12

1.1.3.5.1 Período de Diseño de estructuras y vida útil del material

La Norma NEVI-12 define al tiempo de operación de una estructura como el tiempo que comprende desde la inauguración hasta el término de la vida útil del proyecto, el cual se lo expresa en "n" años, para lo cual define:[45]

Tabla 9. *Años de operación*

Proyectos de rehabilitación y mejoras	n= 20 años.
Proyectos especiales de nuevas vías	n= 30 años.
Mega Proyectos Nacionales	n =50 años.

Fuente: *MTOP. NEVI-12, Norma para estudios y Diseños Viales, 2013*

Para el diseño se puede considerar los siguientes períodos, en función de las estructuras:

Tabla 10. *Período de retorno de Diseño*

Tipo de estructura	Periodo de Retorno (años)
Puente sobre carretera importante	50 – 100
Puente sobre carretera menos importante o alcantarillas sobre carretera importante	25
Alcantarillas sobre camino secundario	5 – 10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde puede tolerarse encharcamiento con lluvia de corta duración	1 – 2
Drenaje de aeropuertos	5
Drenaje urbano	2 - 10
Drenaje Agrícola	5 – 10
Muros de encauzamiento	2 – 50 *
Alcantarillas para carreteras	1.1 - 5

Fuente: *Máximo Villón. Hidrología Estadística, 2006*

Los materiales tienen un ciclo de vida útil, a continuación, se presenta una tabla con valores de referencia según los materiales que se utilizaron para la construcción de estructuras.[46]

Tabla 11. *Vida útil de las estructuras en base a los materiales*

NOMINA DE BIENES SEGUN ACTIVIDADES	NUEVA VIDA UTIL NORMAL	DEPRECIACION ACELERADA
A.- ACTIVOS GENERICOS		
1) Construcciones con estructuras de acero, cubierta y entrepisos de perfiles acero o losas hormigón armado.	80	26
2) Edificios, casas y otras construcciones, con muros de ladrillos o de hormigón, con cadenas, pilares y vigas hormigón armado, con o sin losas.	50	16
3) Edificios fábricas de material sólido albañilería de ladrillo, de concreto armado y estructura metálica.	40	13
4) Construcciones de adobe o madera en general.	30	10
5) Galpones de madera o estructura metálica.	20	6
6) Otras construcciones definitivas (ejemplos: caminos, puentes, túneles, vías férreas, etc.).	20	6
7) Construcciones provisorias.	10	3
8) Instalaciones en general (ejemplos: eléctricas, de oficina, etc.).	10	3
9) Camiones de uso general.	7	2
10) Camionetas y jeeps.	7	2

11) Automóviles	7	2
12) Microbuses, taxibuses, furgones y similares.	7	2
13) Motos en general.	7	2
14) Remolques, semirremolques y carros de arrastre.	7	2
15) Maquinarias y equipos en general.	15	5
16) Balanzas, hornos microondas, refrigeradores, conservadoras, vitrinas refrigeradas y cocinas.	9	3
17) Equipos de aire y cámaras de refrigeración.	10	3
18) Herramientas pesadas.	8	2
19) Herramientas livianas.	3	1
20) Letreros camineros y luminosos.	10	3
21) Útiles de oficina (ejemplos: máquina de escribir, fotocopiadora, etc.).	3	1
22) Muebles y enseres.	7	2
23) Sistemas computacionales, computadores, periféricos, y similares (ejemplos: cajeros automáticos, cajas registradoras, etc.).	6	2
24) Estanques	10	3
25) Equipos médicos en general.	8	2
26) Equipos de vigilancia y detección y control de incendios, alarmas.	7	2
27) Envases en general.	6	2
28) Equipo de audio y video.	6	2
29) Material de audio y video.	5	1

Fuente: *Servicios de impuestos internos. Tabla de vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado, 2015*

1.1.3.5.2 Tabla de riesgo admisible según el tipo de estructura

El riesgo que existe de que otro evento supere el caudal de diseño con mayor magnitud se lo conoce como riesgo de falla admisible, y se considera los valores:

Tabla 12. *Valores máximos recomendados de riesgo admisible para obras de drenaje del MTC*

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) %
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas ribereñas	25

Fuente: *Edwin Altamirano. Evaluación hidrológica e hidráulica de los drenajes transversales en la carretera Cocahuayco-Cocachimba-Bongará-Amazonas, 2017*

Para la tabla anterior se consideró una vida útil (n) de: [47]

Tabla 13. *Valores de vida útil en años del MTC*

. Puentes y Defensas Ribereñas	**n= 40 años**
. Alcantarillas de quebradas importantes	**n= 25 años**
. Alcantarillas de quebradas menores	**n= 15 años**
. Drenaje de plataforma y sub-drenes	**n= 15 años**

Fuente: *Edwin Altamirano. Evaluación hidrológica e hidráulica de los drenajes transversales en la carretera Cocahuayco-Cocachimba-Bongará-Amazonas, 2017*

1.1.4. Hipótesis

El incremento de caudal del Río Ambato dentro del tramo del Km 16+00 al 20+00 afectan a las infraestructuras cercanas al mismo

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

"Caracterización del comportamiento hidráulico de un tramo del Río Ambato del Km 16+00 al 20+00 comprendido entre el sector de Tilulún y el sector de las Viñas"

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.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

Para desarrollar la metodología aplicada en el presente estudio, se definirá primeramente la investigación bibliográfica, la cual se basa principalmente en material como libros, revistas científicas o de divulgación, incluso sitios web.
El método bibliográfico se basa en una perspectiva profesional, estructurada, con información fundamentada y con una delimitada búsqueda. Necesariamente el material debe estar reconocido, conteniendo referencias y siendo revisado por expertos previo a su publicación.

El punto clave para la investigación bibliográfica son los libros de manera que brindan contenido significativo y una visión general del tema. Por otro lado, los artículos dan a conocer teorías actuales y las actas de congresos contienen a su vez artículos; otro ejemplo son los reportes técnicos los cuales son producto de investigaciones de universidades o empresas para aplicaciones particulares, las tesis son resultados de investigaciones con diversas referencias bibliográficas.
Lo realmente importante en este proceso de investigación es el análisis de la información, de modo que es la tarea que más tiempo toma, debe constar de pensamiento crítico. [48]

La investigación exploratoria se la aplica en el presente estudio debido a que permite examinar sobre uno o varios temas o problemas, permitiendo encontrar información relevante sobre fenómenos novedosos o poco estudiados, además de las variables relacionadas o no a estos; así mismo este tipo de investigación permite aclarar y resolver ciertas dudas sobre un tema o concepto.

De esta clase de investigación, se parte para encontrar datos sobre el tópico seleccionado, a partir de ello se desarrollará otros métodos más profundos, se analizará en este caso como una metodología flexible para el análisis de cauces naturales, en donde se necesita conocer la morfología, el comportamiento, la geometría, la clasificación de los ríos, entre otros, lo que generará hipótesis para encontrar una salida al o a los problemas.

La investigación descriptiva se centra en determinar variables o conceptos precisamente para describir y/o detallar sus características o propiedades, constituyendo descripciones de fenómenos o ciertos comportamientos de estos, además se precisa la medición de variables respecto del proyecto.
En la presente se utiliza esta investigación al momento de detallar las diferentes estructuras a lo largo del Río Ambato, además de los asentamientos humanos y los sembradíos existentes, para tomar acciones en las zonas pertinentes.[49]

Por su lado, la investigación experimental trata sobre la creación de un trasfondo, que sirve para identificar la variabilidad o variación de las variables; en donde se abordan temas poco conocidos que requieren ser aclarados; en el proyecto se utiliza esta metodología al variar el caudal del Río Ambato en el programa HEC-RAS.[50]

2.1. Materiales y Equipos

2.1.1. Materiales:

- Computador
- Fuentes bibliográficas
- Gracias al apoyo y dotación de información del Honorable Gobierno Provincial, se obtuvieron ortofotos del área de estudio, las cuales permitieron encontrar la topografía del tramo del Río Ambato.
- Hojas de Cálculo
- Impresora

2.1.2. Equipo:

- Se utilizaron software de uso libre: HEC-RAS, HEC-GeoRAS, Sistema de Información Geográfica, los cuales permitieron realizar la simulación del flujo y la elaboración de mapas de inundación.

- La herramienta HEC-RAS es capaz de ajustar un modelo lo más aproximado a la realidad mediante opciones para regular parámetros, lo que permite obtener un comportamiento más real del cauce; además visualizar y corregir errores originados durante la calibración del modelo, permitiendo al calculista y proyectista realizar interpretaciones.

- El modelo HEC-GeoRAS es un complemento o extensión de Arc-GIS que permite la creación de un archivo, el cual contiene la información geográfica del sitio de estudio, lo que conlleva la geometría, las secciones transversales, límites del cauce, además datos como el coeficiente de Manning, obstrucciones existentes, entre otros, que se exporta para abrir directamente en HEC-RAS, y así mismo se crea un archivo final para exportar al software Arc-GIS mediante los parámetros y opciones de HEC-GeoRAS.[14]

- Los sistemas de información geográfica son un conjunto o sistema ya sea manual o automatizado que permite recopilar, organizar, procesar, distribuir información sobre uno o varios elementos que se encuentran en la superficie de la Tierra, esta información tiene como características las de ser multidimensionales, voluminosas y poseer diversos formatos digitales, en este caso se utilizó para el manejo de las ortofotos y para crear los mapas de inundación.[51]

2.2. Métodos

2.2.1. Plan de Recolección de Datos

2.2.1.1. Recolección de datos del Terreno

Para los datos del terreno del tramo del Río Ambato, desde el sector de Tilulún hasta Las Viñas se utilizó las ortofotos otorgadas por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, las cuales se procesaron mediante el sistema de información geográfica.

2.2.1.2. Recolección de datos Hidrométricos

Los datos hidrométricos se obtuvieron del Gobierno Provincial de Tungurahua y datos del INAMHI de la estación de Tilulún, los cuales constan los caudales registrados en cada día de cada mes del año, contando con registros de varios años en diferentes hojas de cálculo, lo cual se organizó la información y se recopiló en un solo archivo.

2.2.1.3. Recolección de datos de Infraestructura

Para los datos de infraestructura se realizó la visita técnica a lo largo del tramo seleccionado de estudio, se tomó coordenadas de las infraestructuras como puentes y planta de tratamiento, además de un registro de las características de los mismos complementado con fotografías.

2.2.1.4. Recolección de datos de Riesgo y Periodos de Retorno

Para la recolección de datos de periodos de retorno y datos de riesgo se tuvo en cuenta las infraestructuras que se encuentran presentes a lo largo del Río Ambato, para lo cual se realizó la investigación bibliográfica correspondiente, para este caso el periodo de retorno para puentes sobre carreteras importantes presentan un riesgo admisible del 25% al igual que para la planta de tratamiento, por su lado el periodo de retorno resulta del cálculo a posterior mediante la fórmula de probabilidad de riesgo.

2.2.2. Plan de Procesamiento y Análisis de Información

2.2.2.1. Procesamiento de datos del Terreno

Se procedió con las ortofotos obtenidas del Honorable Gobierno Provincial a ingresarlas al programa Gis, se transformó el datum a WGS84, se unieron las ortofotos para formar un solo modelo, del cual se obtuvo los datos del terreno después de convertirlo a superficie, siendo todo procesado mediante georreferenciación.

2.2.2.2. Procesamiento de datos Hidrométricos

Mediante los datos de caudales de la estación de Tilulún, primeramente, se procedió a ordenar los mismos en base a las fechas en un solo archivo puesto que estos registros tienen varios años y se encontraban en varias hojas de cálculo, seguidamente se registraron los caudales mínimos (*Qmin)*, medios (*Qmed)*, y máximos (*Qmax)*, por cada mes y por cada año, además del caudal máximo de crecida (*Qmc)*.

A partir de estos caudales se crea una tabla anual de caudales, con los años de registro disponibles se calculó la media ($\bar{x}$) de los (*Qmc)*, además se realiza la resta y se lo eleva al cuadrado al $(\bar{x} - Qmc)^2$ y se realiza la suma total para encontrar la desviación estándar (σ).

La diferencia ($\bar{x} - Qmc$) entre la (σ) permitió revisar si algún dato debía ser excluido a través del Criterio de Chauvenet, un dato excedió al coeficiente de Chauvenet (*Kn*) el cual fue del año 1976, de modo que en total los datos de registro para los cálculos siguientes se encuentran entre los años 1967 a 1980 con 15 datos.

Se procedió al cálculo de la media ($\bar{x}$) y la desviación estándar (σ); a la vez según los valores de riesgo admisible (*Riesgo %)* y la vida útil de las estructuras *(n)* se calculó el período de retorno *(T)* mediante la fórmula de riesgo admisible.

A continuación, utilizando el método de Gumbel se determinó con la tabla respectiva los coeficientes de Gumbel (σ_n y Y_n) según el número de datos; con los períodos de retorno encontrados se calculó además la probabilidad *(1/T)*, y la variable de Gumbel en función del período de retorno (y_T), con todo ello se determinó el caudal para cada *(T)* según la fórmula de Ven T Chow.

2.2.2.3. Modelación en HEC-RAS

2.2.2.3.1. Creación del modelo de Terreno

Mediante la herramienta de Gis se exportó la proyección y el terreno a HEC-RAS a través de la opción RAS MAPPER, el cual necesitó una configuración previa para que se ajustara a la proyección WGS84 que permite vincular el terreno y los mapas de satélite propios del software, importando estos dos archivos se creó la extensión propia de HEC-RAS para el terreno.

2.2.2.3.2. Ingreso de Coeficientes de Manning

Se observó cada zona del tramo de estudio mediante los mapas satelitales del HEC-RAS, y en base al recorrido y a las fotografías registradas, se fue analizando según la tabla de coeficientes de Manning los valores correspondientes a las diferentes superficies de los extremos del Río y también el material del centro del mismo, de tal manera que se fueron ingresando los valores de Manning por tramos en el modelo.

2.2.2.3.3. Estructuras definidas en el modelo

Se registraron 17 puentes a lo largo del tramo de estudio, de materiales como hormigón y metal, los cuales se fueron ingresando en base a las alturas, anchos y formas de los mismos, en las abscisas correspondientes a las coordenadas registradas.

2.2.2.3.4. Ingreso de Caudales calculados del método de Gumbel

Primeramente, se tomó el caudal base para observar el comportamiento del río, posteriormente se utilizó los caudales calculados gracias al método de Gumbel para diferentes períodos de retorno ingresándolos en el módulo “flow” es decir en los datos de flujo, de arriba hacia abajo siendo necesario al menos un valor para cada uno, el programa HEC-RAS tiene el módulo “steady flow” o de flujo permanente, es decir que se asume que el flujo permanece constante hasta cuando se coloca otro valor de flujo, además se puede cambiar en cualquier sección transversal los datos del flujo.[52]

2.2.2.4. Calibración del Modelo

2.2.2.4.1. Comprobación del flujo de agua siga el curso natural del Río

Se fue comprobando que las secciones transversales de la topografía importadas están acorde a la realidad, es así que en ciertas de estas se modificaron levemente puntos de las secciones, además en ciertas zonas el agua se desbordaba de manera ilógica, lo que se realizó para corregirlo es interpolar secciones de modo que el río siga su cauce natural, adicional a esto se corrigieron los "banks" que son los bancos o puntos de inicio de la zona de inundación que en ocasiones estaban distantes a los bordes del río lo que provocaba que el curso del agua este desviado; y se verificó por último que el eje del río este circulando por las curvas menores del terreno.

2.2.2.5. Resultados finales del Modelo

Para obtener los resultados finales se colocaron los diferentes caudales según los diferentes periodos de retorno, y se procedió al cálculo y a la simulación, posteriormente observando las tablas de resultados ubicadas en el módulo "View summary output tables by profile" se analizó que los datos sean coherentes y acordes con las capas de inundación tanto las alturas de agua "depth" como las velocidades "velocity".

2.2.2.5.1. Evaluación de las características principales del Río

El Río Ambato presenta un flujo subcrítico en la mayor parte del tramo estudiado es decir el flujo presenta un número de Froude menor a 1, la velocidad que existe es baja; en ciertos tramos el ancho del río es de aproximadamente 15 metros, y en otros varía debido a que presenta muros de gaviones a sus extremos, maleza y otros; el calado en ciertas partes es de aproximadamente unos 0.60 metros con variaciones.

2.2.2.5.2. Posibles zonas de inundación

En el tramo del Km 16+00 al 20+00 existen varias zonas de cultivo que se encuentran junto al Río que podrían inundarse, existen construcciones cercanas y principalmente está la zona de la planta de tratamiento de aguas residuales en la cual el cauce presenta varias curvas que con caudales de crecida posiblemente se desbordarían.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

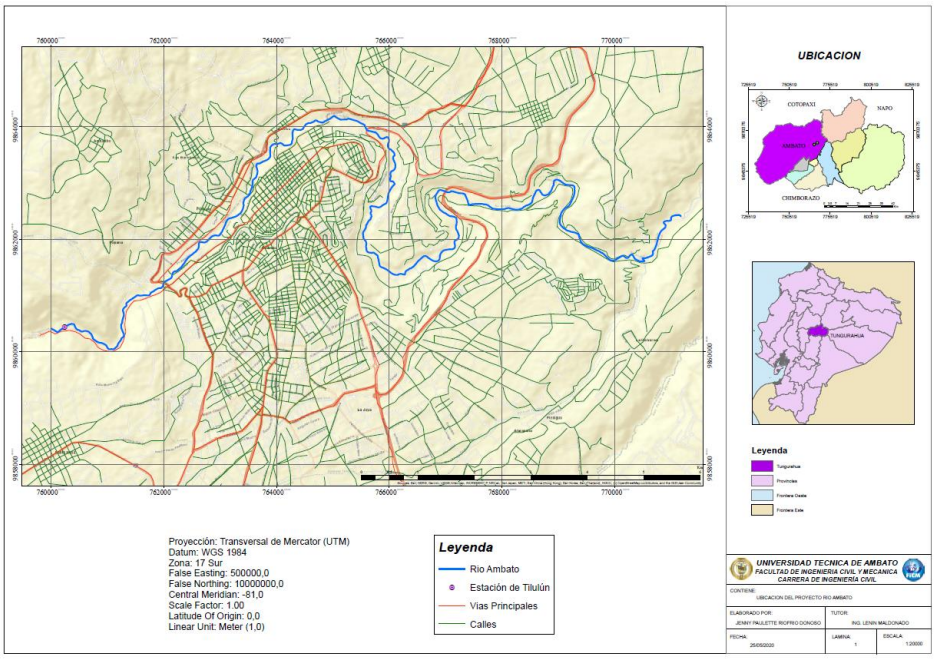
3.1.1. Plan de recolección de datos

3.1.1.1. Descripción del objeto en estudio

El proyecto en estudio se encuentra ubicado en el país de Ecuador, en la Provincia de Tungurahua, la cual pertenece a la Región Interandina, en el Cantón Ambato, de manera tal que el macroproyecto analiza 20 kilómetros comprendido desde el sector de "Tilulún" hasta el sector de "Las Viñas". En el presente trabajo de los 20 kilómetros en estudio, este documento analizará el último tramo del Km 16+00 al 20+00.

El Río Ambato objeto del estudio recorre la zona urbana del Cantón Ambato atravesando varios sectores del mismo, en donde en su recorrido pasa junto a estructuras hidráulicas, plantas de tratamiento, estructuras como puentes y pasos elevados, por otro lado, el cauce a lo largo de su camino presenta tramos con gran cantidad de curvas pronunciadas y en otros se puede considerar que son tramos rectos.

Figura 28. *Ubicación del proyecto*

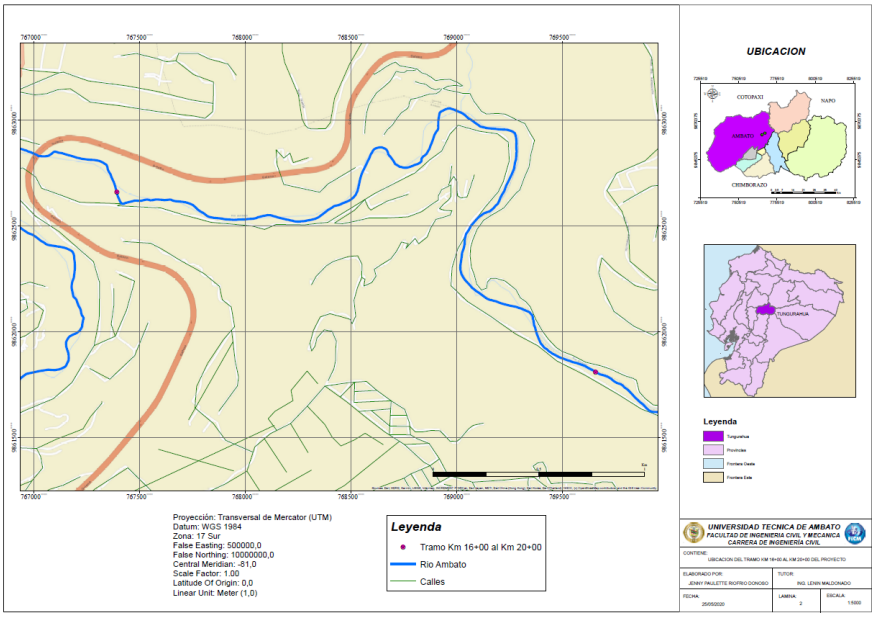


Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

Ver Anexo 1 – Ubicación del Proyecto

En el siguiente mapa, por su parte se encuentra el tramo Km 16+00 al Km 20+00 objeto este estudio el cual se encuentra ubicado en el sector de “Las Viñas”, con su coordenada inicial de 767388 al Este y 9862666 al Norte.

***Figura 29**. Ubicación del tramo km 16+00 al km 20+00*

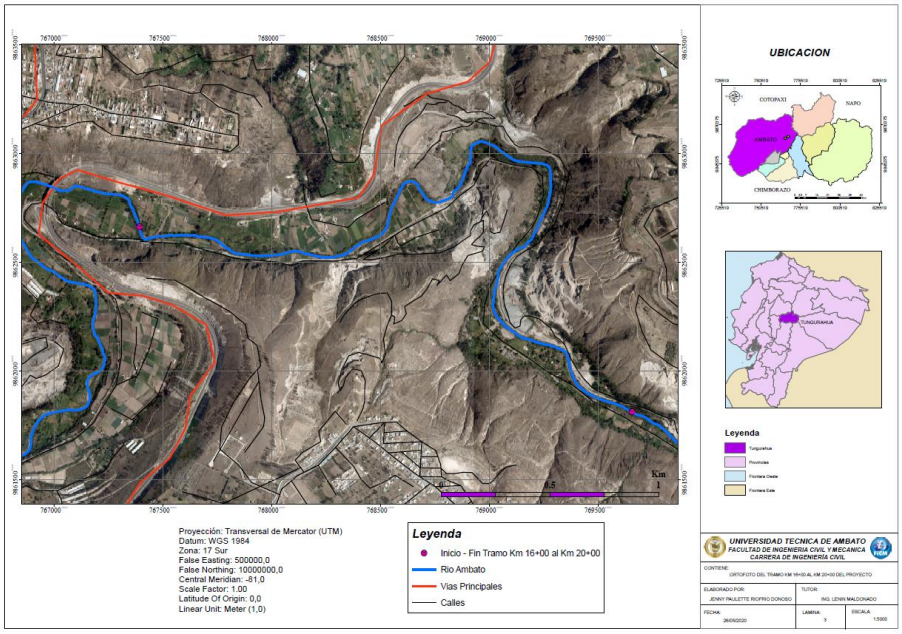


***Realizado por:** Paulette Riofrio D.*

Ver Anexo 2 – Ubicación del Tramo

Consecuentemente se presenta una ortofoto del tramo Km 16+00 y 20+00, en donde se puede observar la topografía del lugar y las estructuras presentes.

***Figura 30.** Ortofoto del tramo km 16+00 al km 20+00*



***Realizado por:** Paulette Riofrio D.*

Ver Anexo 3 – Ortofoto del Tramo

3.1.1.2. Datos Topográficos

La topografía del lugar es montañosa e irregular, en donde la primera abscisa tiene una cota de 2356 m y la final del tramo una cota de 2322 m, presentando una variación de 34 m, rodeado de vegetación, presentándose la siguiente tabla con las coordenadas y cotas respectivas.

Tabla 14. *Localización de las abscisas del tramo Km 16+00 al Km 20+00*

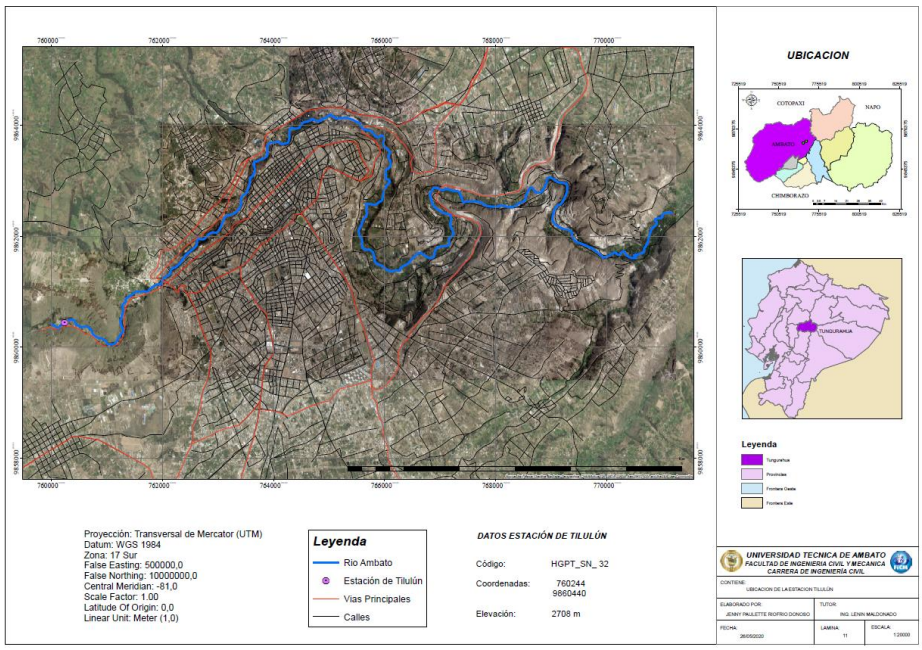
Abscisa *(Km)*	**Este** *(m)*	**Norte** *(m)*	**Cota** *(m.s.n.m)*
16+000	767388	9862666	2356
16+250	767595	9862621	2353
16+500	767821	9862549	2352
16+750	768065	9862464	2349
17+000	768329	9862435	2348
17+250	768559	9862607	2347
17+500	768662	9862869	2345
17+750	768821	9862811	2341
18+000	768920	9863026	2341
18+250	769127	9862961	2339
18+500	769280	9862844	2334
18+750	769200	9862612	2332
19+000	769046	9862430	2330
19+250	769073	9862208	2328
19+500	769294	9862104	2326
19+750	769429	9861919	2325
20+000	769651	9861807	2322

Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

3.1.1.3. Datos Hidrométricos

Los caudales utilizados para el proyecto se obtuvieron del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI) y del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT) de los registros históricos de la estación de Titulún ubicado en la parte inicial del tramo completo en estudio, visto en el siguiente mapa.

Figura 31. *Ubicación de la estación de Tilulún*



Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

Ver Anexo 4 – Ubicación Estación de Tilulún

De la estación mencionada se obtuvieron los registros del Año 1964 al 1980, los cuales son caudales medios y caudales máximos anuales, los cuales se utilizarán para los siguientes cálculos estadísticos, para diferentes períodos de retorno.

Tabla 15. *Registros Anuales Estación de Tilulún*

Año	Caudales Medios *Qmed (m^3/s)*	Caudales Máximos *Qmax (m^3/s)*
1964	5.95	47.42
1965	5.54	22.48
1966	5.20	37.83
1967	6.60	49.62
1968	4.89	44.85
1969	5.57	38.87
1970	9.27	46.23
1971	6.73	38.22
1972	7.48	45.67
1973	4.96	41.62
1975	9.58	49.47
1976	7.28	77.06
1977	4.57	41.84
1978	5.37	30.52
1979	2.11	23.11
1980	4.32	27.45

Fuente: *INAMHI, HGPT. Anuarios Hidrológicos*

3.1.1.4. Infraestructura Existente

En el tramo Km 16+00 al 20+00 se constata la presencia de la planta de tratamiento de agua residual, la cual se encuentra en la zona de "Las Viñas", en la antigua hacienda Las Viñitas, la cual permite trabajos de sedimentación, almacenamiento de lodos, bombeo, digestión anaerobia, entre otros procesos para depurar el Río Ambato.

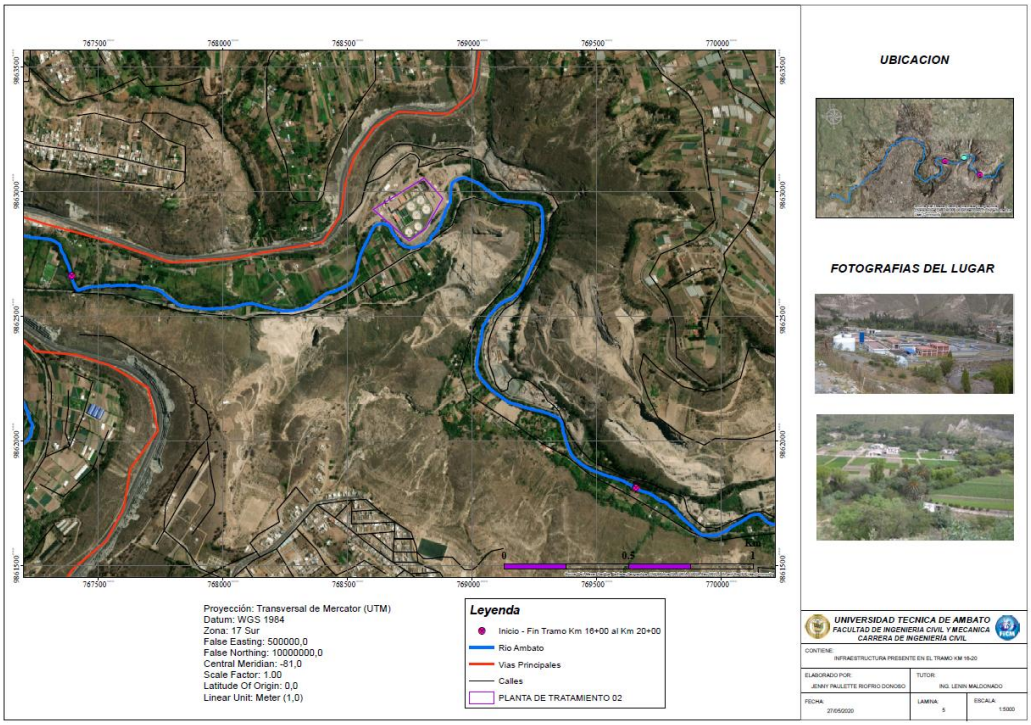
Tabla 16. *Infraestructuras existentes en el tramo km 16+00 al km 20+00*

Abscisa	Código	Tipo de Estructura
17520	PLT-2	Planta de Tratamiento

Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

La planta de tratamiento de agua residual ubicada en este sector es relativamente nueva, ya que tiene 2 años de funcionamiento, con un área aproximada de 36000 m^2, ubicada en las coordenadas 768628 E, 9862923 N, indicada en el siguiente mapa.

Figura 32. *Infraestructuras existentes en el tramo km 16+00 al km 20+00*



Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

Ver Anexo 5 – Infraestructuras en el tramo

3.1.2. Plan de procesamiento de datos y análisis de información

3.1.2.1. Datos de Terreno

La topografía del tramo Km 16+00 al Km 20+00 es relativamente plana, con presencia de curvas a lo largo del cauce, presentados en los Planos Topográficos del Anexo 6 que contiene las Láminas del 6 al 12.

Las curvas de nivel están dispuestas cada 10 m las curvas mayores y cada 1 m las curvas menores, de modo que se obtuvo esta información mediante el procesamiento de modelos DTM.

Ver Anexo 6 – Planos Topográficos

3.1.2.2. Datos Hidrométricos

Los datos de la estación de Tilulún de los años 1694 a 1980 son registros por cada día de cada mes, los cuales se ordenaron en una tabla resumen que consta de caudales mínimos, medios, máximos y máximos de crecida.

Tabla 17. *Caudales mínimos, medios, máximos y máximos de crecida*

No.	AÑO	Q min. (m3/s)	Q med. (m3/s)	Q máx. (m3/s)	Q mc. (m3/s)
1	1964	1,02	5,95	47,42	67,38
2	1965	0,87	5,54	22,48	44,06
3	1966	1,23	5,2	37,83	50,78
4	1967	2,14	6,6	49,62	70,14
5	1968	1,54	4,89	44,85	66,14
6	1969	1,45	5,57	38,87	51,77
7	1970	1,01	9,27	46,23	68,79
8	1971	0,96	6,73	38,22	61,73
9	1972	2,5	7,48	45,67	92,75
10	1973	0,31	4,96	41,62	68,79
11	1975	3,49	9,58	49,47	74,31
12	1976	0,74	7,28	77,06	101,33
13	1977	0,38	4,57	41,84	65,4
14	1978	0,43	5,37	30,52	51,05
15	1979	0,33	2,11	23,11	64,19
16	1980	0,33	4,32	27,45	52,84

Ver Anexo 7 – Anuarios Hidrológicos de Estación Tilulún

Con esta información se procedió a realizar el criterio de Chauvenet para comprobar que todos los datos sean aptos, sin embargo, el año 1976 al realizar la diferencia ($\bar{x} - Qmc$) entre la desviación estándar (σ) se excedió el coeficiente de Chauvenet *Kn* lo que originó que sea excluido del registro y finalmente sea de 15 años.

Tabla 18. *Caudales anuales corregidos*

CAUDALES ANUALES CORREGIDOS ESTACION TILULUN									
No.	**AÑO**	**Q min. (m3/s)**	**Q med. (m3/s)**	**Q máx. (m3/s)**	**Q mc. (m3/s)**	**(Xi-x)**	**$(Xi-x)^2$**	**$\lvert Xi-x \rvert/\sigma$**	
1	1964	1,02	5,95	47,42	67,38	1,66	2,77	0,11	Bien
2	1965	0,87	5,54	22,48	44,06	-21,66	468,97	1,44	Bien
3	1966	1,23	5,20	37,83	50,78	-14,94	223,07	0,99	Bien
4	1967	2,14	6,60	49,62	70,14	4,42	19,58	0,29	Bien
5	1968	1,54	4,89	44,85	66,14	0,42	0,18	0,03	Bien
6	1969	1,45	5,57	38,87	51,77	-13,95	194,48	0,93	Bien
7	1970	1,01	9,27	46,23	68,79	3,07	9,45	0,20	Bien
8	1971	0,96	6,73	38,22	61,73	-3,99	15,89	0,26	Bien
9	1972	2,50	7,48	45,67	92,75	27,03	730,86	1,80	Bien
10	1973	0,31	4,96	41,62	68,79	3,07	9,45	0,20	Bien
11	1975	3,49	9,58	49,47	74,31	8,59	73,86	0,57	Bien
12	1976	0,74	7,28	77,06	101,33	35,61	1268,38	2,37	Excluir
13	1977	0,38	4,57	41,84	65,4	-0,32	0,10	0,02	Bien
14	1978	0,43	5,37	30,52	51,05	-14,67	215,08	0,97	Bien
15	1979	0,33	2,11	23,11	64,19	-1,53	2,33	0,10	Bien
16	1980	0,33	4,32	27,45	52,84	-12,88	165,78	0,86	Bien
				41,39	65,72	Suma:	3400,22		
						σ:	15,05		
						Kn:	2,15		

Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

Obteniendo finalmente los siguientes datos de caudales máximos de crecida los cuales se utilizarán para el cálculo de caudales con periodos de retorno diferentes.

Tabla 19. *Caudales máximos de crecida*

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: *Paulette Riofrio D.*

En base al Capítulo I a la tabla 12 del presente documento se consideró el riesgo admisible *(%)*, y a la tabla 13 que es la vida útil en años *(n)* para las estructuras que constan en el tramo de estudio, siendo estas mencionadas en la siguiente tabla con sus respectivos valores.

Tabla 20. *Valores de riesgo admisible y vida útil*

Tipo de Estructura	Riesgo admisible (%)	Vida útil (n)
Puente	25	40
Planta de Tratamiento	25	35
Puentes + Planta de Tratamiento	25	75

Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

De manera que se sumaron los valores de riesgo y de vida útil en años para encontrar el periodo de retorno, con la fórmula que integra el porcentaje de falla mencionada en el método de Gumbel.
En donde se obtuvo el valor de 261 años.

A continuación, se debe de calcular el caudal máximo en base a un periodo de retorno determinado.

Con lo cual se realizó la siguiente tabla para encontrar los valores de $\bar{x}$ y σ necesarios.

Tabla 21. *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: *Paulette Riofrio D.*

Además, en base a la tabla 7 del Capítulo I se tomó en cuenta los 15 datos para obtener los valores de $y_n = 0.51284$ y $\sigma_n = 1.02057$.

Se calculó el y_T, reemplazando el periodo de retorno requerido.

De tal manera se obtuvo los siguientes valores.

Tabla 22. *Valores obtenidos de Caudales según el periodo de retorno*

Tr (años)	y_T	QTr (m3/s)
261,20	5,56	123,18
10000	9,21	166,39
1000	6,90	139,10
200	5,29	120,01
140	4,93	115,77
125	4,82	114,42
100	4,60	111,77
71	4,25	107,68
50	3,90	103,49
35	3,54	99,22
30	3,38	97,36
25	3,19	95,16
20	2,97	92,45
10	2,25	83,92
5	1,49	75,03
4	1,24	72,02
3	0,90	67,96
2,5	0,67	65,22
2	0,36	61,60
1,66	0,08	58,30
1,42	-0,18	55,06
1,25	-0,47	51,62
1,11	-0,83	47,38
1,05	-1,09	44,26
1,01	-1,52	39,16
1,00	-1,93	34,36

Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

Así en base a los caudales de crecida se ordenaron de mayor a menor, seguidamente se obtuvo la probabilidad empírica.

Tabla 23. *Valores obtenidos de probabilidad empírica*

		Probabilidad	
No.	**Q ordenado**	**Decimal**	**(%)**
1	92,75	0,06	6,25
2	74,31	0,13	12,50
3	70,14	0,19	18,75
4	68,79	0,25	25,00
5	68,79	0,31	31,25
6	67,38	0,38	37,50
7	66,14	0,44	43,75
8	65,40	0,50	50,00
9	64,19	0,56	56,25
10	61,73	0,63	62,50
11	52,84	0,69	68,75
12	51,77	0,75	75,00
13	51,05	0,81	81,25
14	50,78	0,88	87,50
15	44,06	0,94	93,75

Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

Y consecuentemente la probabilidad teórica.

Obteniendo los siguientes valores, los cuales posteriormente se los comparó con la probabilidad empírica en relación a los caudales máximos de crecida la siguiente gráfica.

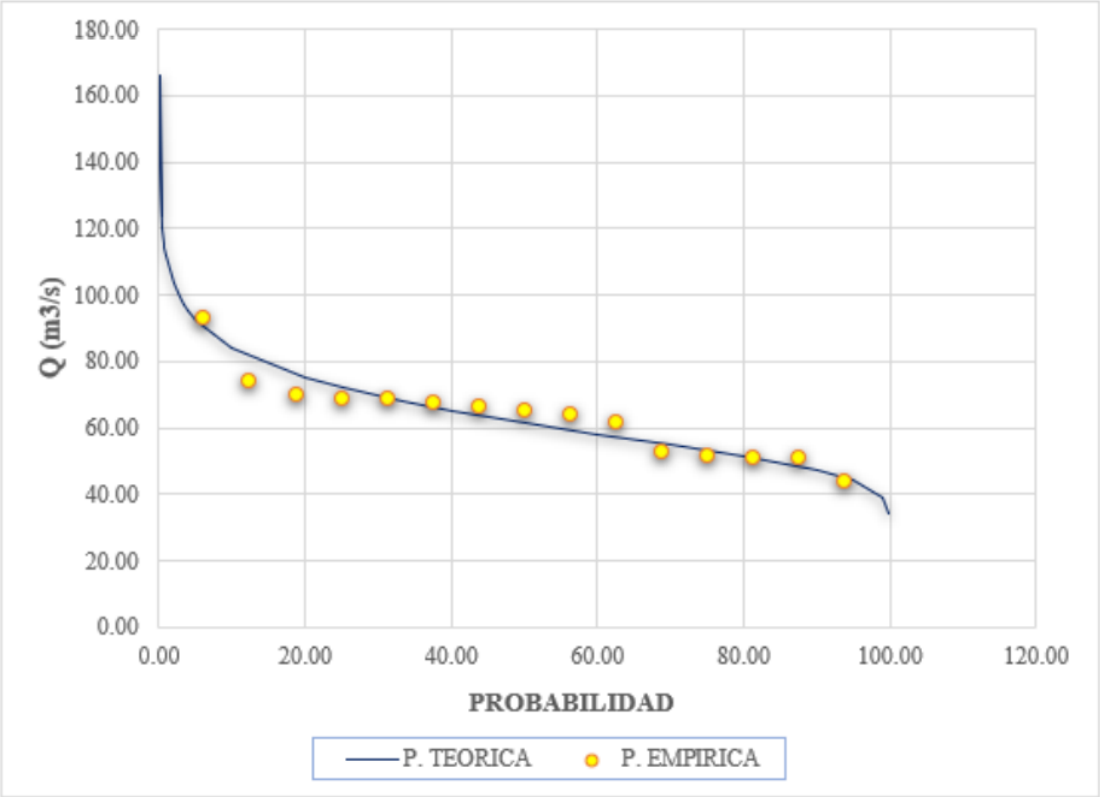
Tabla 24. *Valores obtenidos de probabilidad teórica*

Tr (años)	**Probabilidad**	
	Decimal	**(%)**
261.20	0.0038	0.38
10000.00	0.0001	0.01
1000.00	0.0010	0.10
200.00	0.0050	0.50
140	0.0071	0.71
125	0.008	0.80
100.00	0.0100	1.00
71	0.0141	1.41
50.00	0.0200	2.00
35	0.0286	2.86
30	0.0333	3.33

25.00	0.0400	4.00
20.00	0.0500	5.00
10.00	0.1000	10.00
5.00	0.2000	20.00
4.00	0.2500	25.00
3.00	0.3333	33.33
2.50	0.4000	40.00
2.00	0.5000	50.00
1.67	0.6000	60.00
1.43	0.7	70.00
1.25	0.8	80.00
1.11	0.9000	90.00
1.05	0.9500	95.00
1.01	0.9900	99.00
1.00	0.9990	99.90

Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

Figura 33. *Gráfica de Probabilidad Empírica y Probabilidad Teórica*



Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

3.1.2.3. Riesgo y Periodo de Retorno

Para este caso en el tramo de estudio se tiene de infraestructura la planta de tratamiento de agua residual, la cual para el cálculo del periodo de retorno se requiere el porcentaje de riesgo de falla (25%), para una vida útil de 35 años, mencionado en la tabla 12 perteneciente al Capítulo I o a la vez la tabla de la Norma NEVI que se presenta a continuación de manera subrayada en azul, en donde se indica el período de retorno de 122 años correspondiente al caudal de 114.14 m^3/s.

***Tabla 25**. Valores de riesgo admisible, vida útil y periodo de retorno*

Riesgo Máximo Admisible NEVI-12			
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 agua de 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
Planta de Tratamiento + Puentes	**25**	**75**	**261**

***Fuente:** MTOP, NEVI-12*

3.1.2.4. Modelo Numérico HEC-RAS

3.1.2.4.1. Parámetros del Modelo

Existen tres parámetros principales para la modelación en el programa HEC-RAS, los cuales son el terreno, coeficientes de Manning y datos de flujo.

Para los datos de terreno que se requiere para el modelado en HEC-RAS, a través de los modelos DTM obtenidos de las ortofotos disponibles, se procedió a generar la superficie en Arc-GIS, la cual se la exportó junto con el eje del río, las secciones transversales cada 20 metros mediante la extensión Geo-HEC-RAS, las cuales se observan en el Anexo 8 que contiene las Láminas 13-19.

Ver Anexo 8 – Planos de Superficie

Seguidamente se ingresaron los valores de coeficientes de Manning en el programa HEC-RAS según el tramo y ubicación mediante la visita técnica al lugar en donde se fueron registrando los diferentes materiales que se encuentran en las orillas y centro del río, como se especifica en la tabla 5 del Capítulo I, a continuación, se muestran los coeficientes ingresados al software cada 200 m, cabe mencionar que se ingresaron en cada sección tanto en bordes como centro del canal.

Tabla 26. *Valores de Coeficientes de Manning ingresados*

Sección	Coeficiente de Manning		
	Valor "n" borde izquierdo	Valor "n" centro	Valor "n" borde derecho
16+000	0.040	0.05	0.040
16+200	0.035	0.05	0.035
16+400	0.040	0.05	0.040
16+600	0.040	0.05	0.040
16+800	0.040	0.05	0.040
17+000	0.040	0.05	0.040
17+200	0.040	0.05	0.040
17+400	0.040	0.05	0.040
17+600	0.030	0.05	0.030
17+800	0.030	0.05	0.030
18+000	0.040	0.05	0.040
18+200	0.040	0.05	0.040
18+400	0.040	0.05	0.040
18+600	0.040	0.05	0.040
18+800	0.040	0.05	0.040
19+000	0.040	0.05	0.040
19+200	0.040	0.05	0.040
19+400	0.040	0.05	0.040
19+600	0.040	0.05	0.035
19+800	0.040	0.05	0.035
20+000	0.040	0.05	0.040

Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

Además, se ingresaron los siguientes valores de caudales para calibrar el modelo numérico y para su respectivo análisis estático, para lo cual se ingresaron los caudales en Steady Flow (Flujo Continuo) con un caudal base de 5 m^3/s, en flujo supercrítico debido a la presencia de saltos hidráulicos, cabe mencionar que el primer periodo de retorno de la tabla considera la planta de tratamiento ubicada en el tramo del Km16+00 al Km 20+00.

Tabla 27. *Periodo de retorno y caudales ingresados al modelo HEC-RAS*

Periodo de Retorno (Tr) años	**Caudal (Q) m^3/s**
122.00	114.14
100.00	111.77
50.00	103.50
25.00	95.16
10.00	83.93
5.00	75.04

Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

Otra condición importante es ingresar las condiciones de borde en donde se va a la opción de vista del perfil y se mide la pendiente promedio, tanto en la parte superior o aguas arriba (S = 0.0246) e inferior o aguas abajo (S = 0.00958); esto se coloca para indicar al software las pendientes al entrar y salir del tramo en estudio para que tenga un comportamiento lo más real posible, seguidamente lo que permite que el flujo se mueva de manera correcta es la colocación de Banks o puntos límites del cauce que permiten dirigir el mismo, en algunas zonas se ingresaron además levees y se interpolaron secciones para que el flujo recorra como es en la actualidad.

3.1.2.4.2. Análisis del Resultado del Modelo

3.1.2.4.2.1. Perfil Longitudinal

Como se muestra en la siguiente figura modelo, la cual está con el caudal de 5 m^3/s, el perfil longitudinal está acompañado con el nivel de agua (color celeste), la línea de energía (línea verde) y el calado crítico (línea roja), los cuales presenta pequeñas

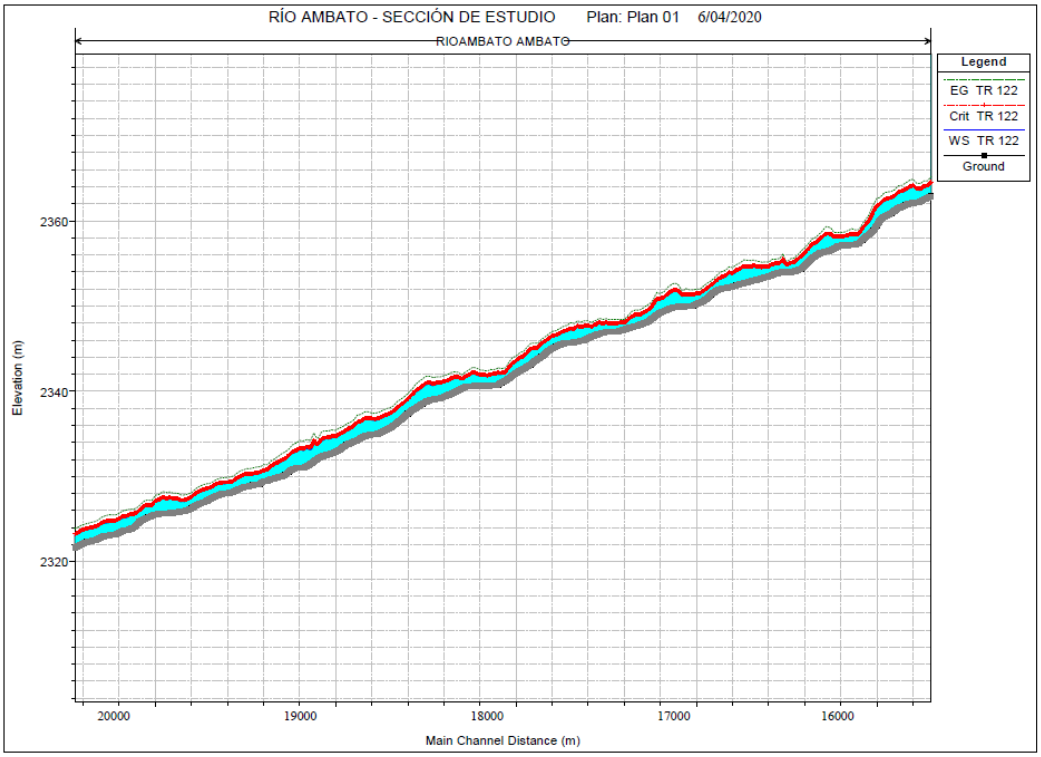
subidas y bajadas las mismas que no alteran de gran forma el descenso o caída del agua del Río, es decir no se observa resaltos hidráulicos, además en el presente tramo del Km 16+00 al Km 20+00 la pendiente promedio es de S = 0.00835.

Las alturas de agua que existe con el primer caudal de 5 m^3/s es de 1.65 m y con el caudal de 114.14 m^3/s es de 1.88 m, las cuales se midieron en la abscisa 18+300 en donde se observó que es el punto en donde existe más altura de agua en relación a todo el tramo.

Los perfiles del tramo del Km 16+00 al Km 20+00 con todos los caudales mencionados en la tabla 27 del presente Capitulo se encuentran en el Anexo 9.

Ver Anexo 9 – Perfiles Longitudinales

***Figura 34**. Perfil longitudinal con caudal de 114.14 m^3/s*



***Realizado por:** Paulette Riofrio D.*

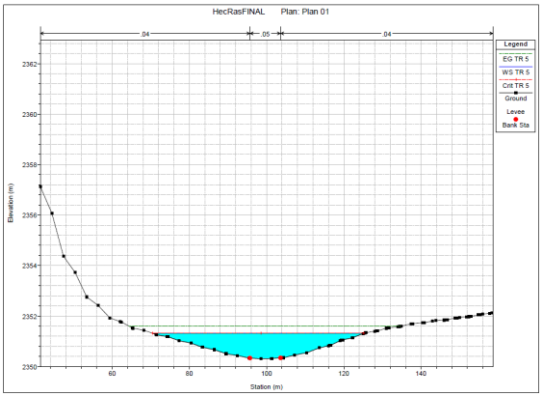
3.1.2.4.2.2. Secciones Transversales

Las secciones están comprendidas por un ancho de 200 metros, las cuales se las realizaron de esta medida para que se visualice la forma ideal de las mismas, constan de banks (puntos rojos) los cuales delimitan el cauce principal, además se visualiza la línea de energía (línea verde) y la altura crítica (línea roja); a continuación, se colocan dos secciones tipo para cada periodo de retorno y con sus respectivas características.

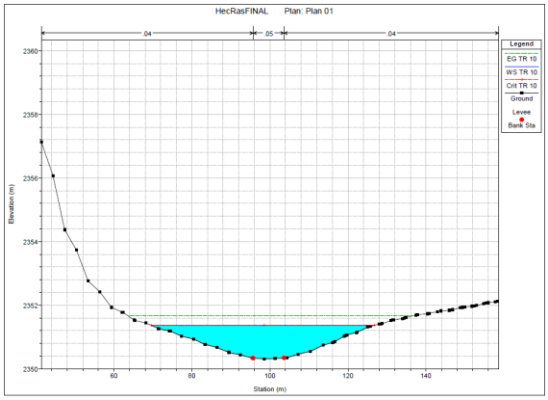
Todas las secciones que corresponden al tramo Km 16+00 al Km 20+00 se encuentran en el Anexo 10.

Ver Anexo 10 – Secciones

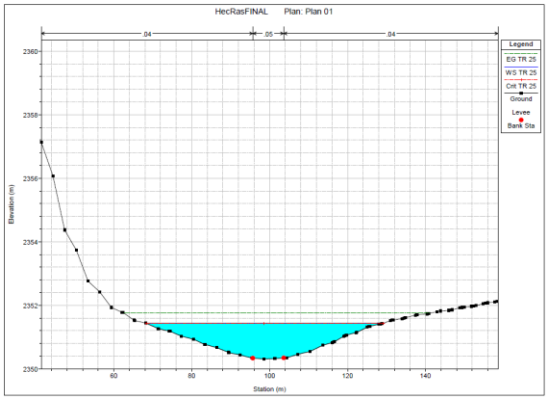
Figura 35. *Sección Transversal 16+780*



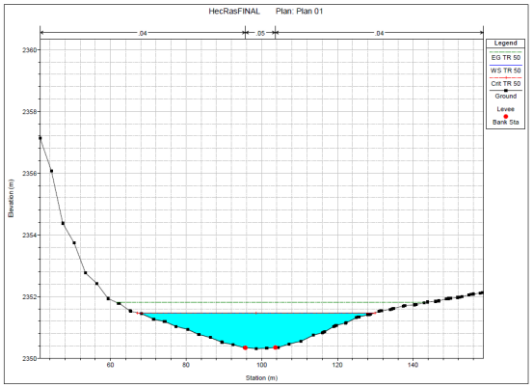
Tiempo de retorno	5 años
Caudal	75.04 m^3/s
Tirante	1.01 m
Altura a la línea de energía	1.31 m



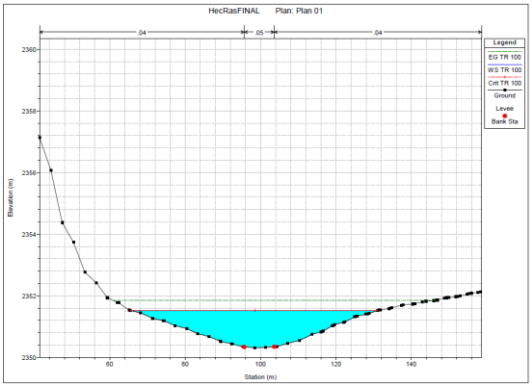
Tiempo de retorno	10 años
Caudal	83.93 m^3/s
Tirante	1.08 m
Altura a la línea de energía	1.38 m



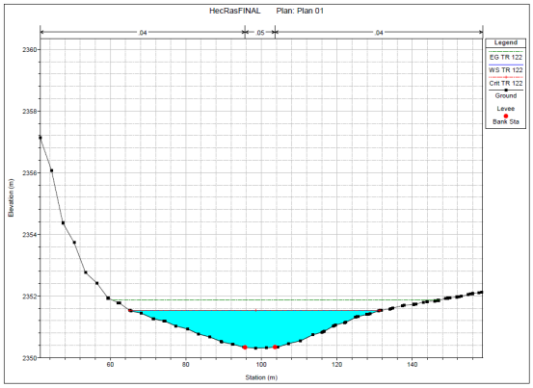
Tiempo de retorno	25 años
Caudal	95.16 m^3/s
Tirante	1.13 m
Altura a la línea de energía	1.45 m



Tiempo de retorno	50 años
Caudal	103.50 m^3/s
Tirante	1.20 m
Altura a la línea de energía	1.50 m

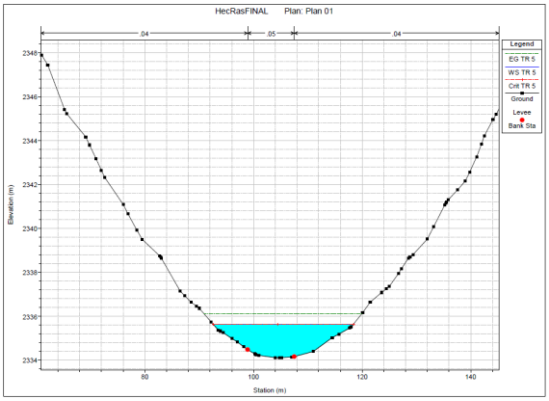


Tiempo de retorno	100 años
Caudal	111.77 m^3/s
Tirante	1.23 m
Altura a la línea de energía	1.55 m

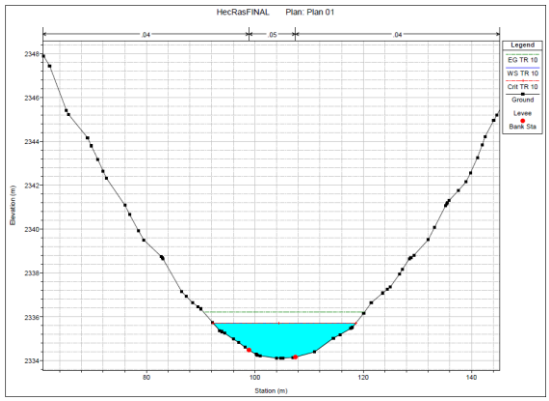


Tiempo de retorno	122 años
Caudal	114.14 m^3/s
Tirante	1.26 m
Altura a la línea de energía	1.57 m

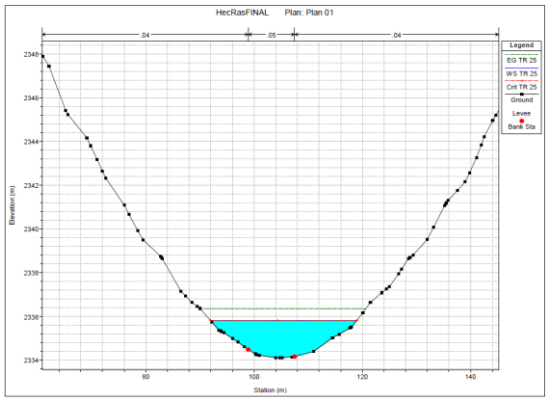
***Figura 36**. Sección Transversal 18+700*



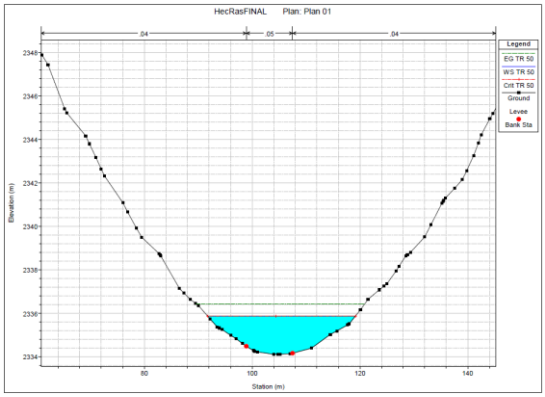
Tiempo de retorno	5 años
Caudal	75.04 m^3/s
Tirante	1.52 m
Altura a la línea de energía	1.98 m



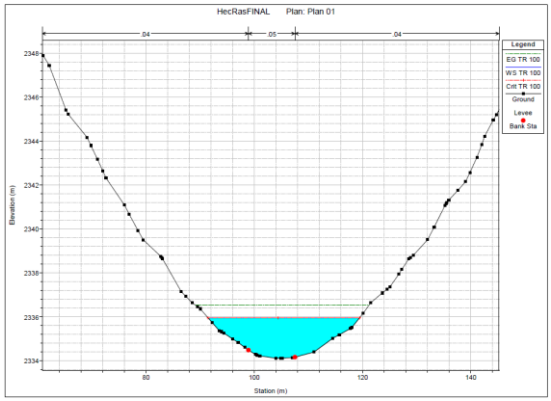
Tiempo de retorno	10 años
Caudal	83.93 m^3/s
Tirante	1.59 m
Altura a la línea de energía	2.08 m



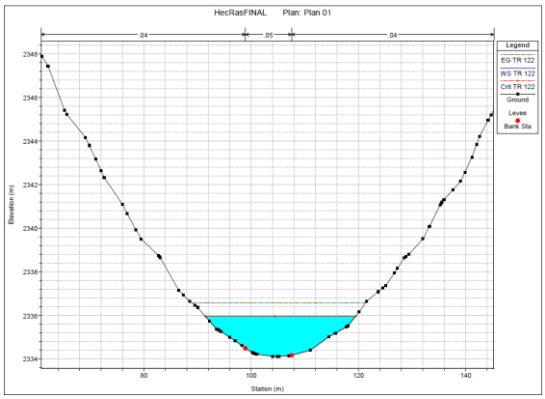
Tiempo de retorno	25 años
Caudal	95.16 m^3/s
Tirante	1.67 m
Altura a la línea de energía	2.20 m



Tiempo de retorno	50 años
Caudal	103.50 m^3/s
Tirante	1.74 m
Altura a la línea de energía	2.35 m



Tiempo de retorno	100 años
Caudal	111.77 m^3/s
Tirante	1.84 m
Altura a la línea de energía	2.42 m



Tiempo de retorno	122 años
Caudal	114.14 m^3/s
Tirante	1.86 m
Altura a la línea de energía	2.42 m

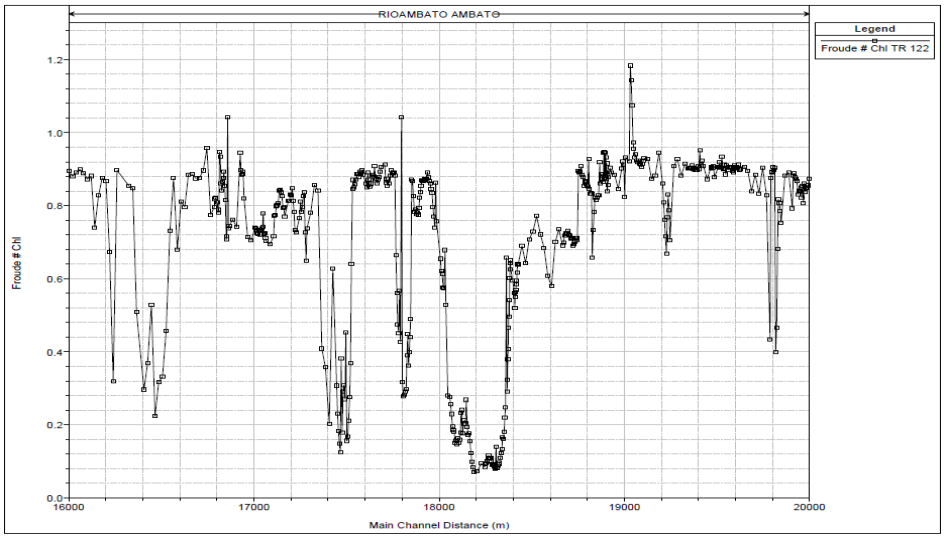
En estas secciones se puede observar los diferentes calados que existe para cada periodo de retorno de dos secciones transversales aleatorias del tramo Km 16+00 al Km 20+00, en las cuales sus gráficas presentan elevación vs estación, con su respectiva leyenda; se puede observar las secciones transversales de todo el tramo en el Anexo 10, y seguidamente las tablas de resultados de cada sección en el Anexo 11 para cada caudal de crecida.

Ver Anexo 11 – Tablas de Resultados de cada sección transversal

3.1.2.4.2.3. Perfil Longitudinal del número de Froude

En la mayor parte del tramo Km 16+00 al Km 20+00 se puede observar que la gráfica del perfil longitudinal del número de Froude tiende a ser menor que la unidad (*#Fr < 1*), lo que significa que las velocidades son reducidas lo que se puede constatar, debido a que en esta ubicación del tramo la pendiente es baja y el tirante es alto; en este caso la gráfica muestra el número de Froude con el período de retorno de 122 años, y en el Anexo 12 se verifica con los demás periodos.

Figura 37. *Perfil longitudinal del número de Froude Tr 122 años*



Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

Se encuentra que el valor máximo es de 1.18 es decir que el número de Froude es mayor que 1 (*#Fr > 1*) siendo en ese punto un flujo supercrítico, a la vez el valor más bajo es de 0.08 (*#Fr < 1*) con flujo subcrítico.

Ver Anexo 12 – Perfil Longitudinal número de Froude

3.1.2.4.2.4. Perfil Longitudinal de Velocidad

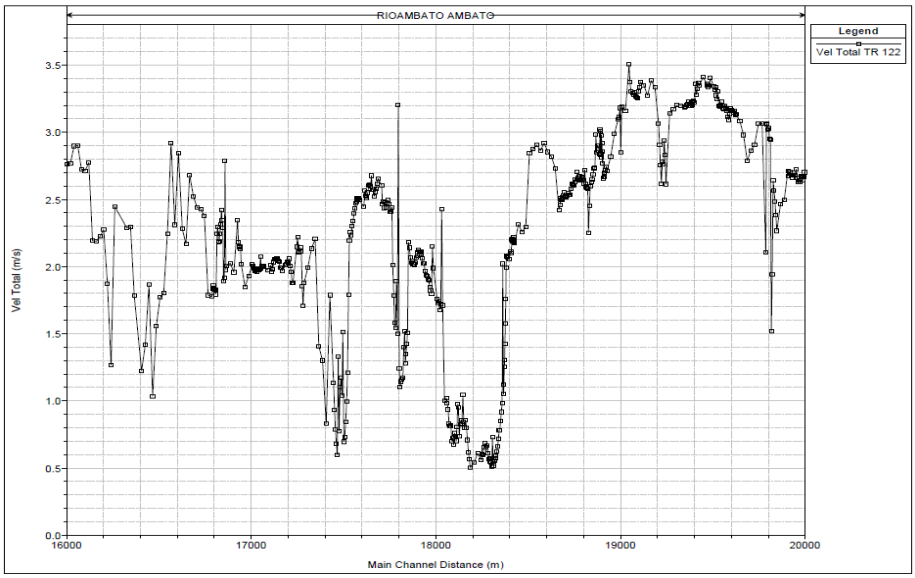
La velocidad promedio es de 2.35 m/s en el tramo del Km 16+00 al Km 20+00 con el periodo de retorno de 122 años, constando de la velocidad menor de 0.50 m/s en la abscisa 18+800, así mismo la velocidad mayor es de 3.50 m/s en la abscisa 17+760.

La variación existente entre velocidades se debe a que en el tramo la topografía es irregular, por tanto, las secciones cambian en su forma y tamaño, lo cual provoca que el flujo se estreche, en este caso aumenta la velocidad, o que el flujo se ensanche reduciendo así su velocidad.

Además, se puede mencionar que debido a la pendiente baja existente en el presente tramo las velocidades existentes no poseen valores muy altos lo que favorece en cierta manera en su recorrido debido a que, si existieran daños, los mismos no serían de gran magnitud; el Anexo 13 contiene las gráficas de todos los periodos de retorno.

Ver Anexo 13 – Perfil Longitudinal de Velocidad

Figura 38. *Perfil longitudinal de Velocidad con Tr 122 años*



Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

3.1.2.4.2.5. Perfil Longitudinal del Esfuerzo Cortante (Shear)

Es importante conocer el esfuerzo cortante producido por el flujo debido a que este puede producir daños en el material de las paredes (bordes) o el fondo del canal del Río, para ello existen valores de referencia para cada material, que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 28. *Valores referenciales de Esfuerzo Cortante para diferentes materiales*

Boundary category	Boundary type	Allowable velocity (ft/s)	Allowable shear stress (lb/ft²)	Citation(s)
Temporary degradable reinforced erosion control products (RECP)	Jute net	1–2.5	0.45	B, E, F
	Straw with net	1–3	1.5–1.65	B, E, F
	Coconut fiber with net	3–4	2.25	B, F
	Fiberglass roving	2.5–7	2	B, E, F
Nondegradable RECP	Unvegetated	5–7	3	B, D, F
	Partially established	7.5–15	4–6	B, D, F
	Fully vegetated	8–21	8	C, F
Hard surface	Gabions	1–19	10	A
	Concrete	>18	12.5	E

1/ Ranges of values generally reflect multiple sources of data or different testing conditions

Fuente: *Stream Restoration Design National Engineering Handbook. Chapter 8, Threshold Channel Design, 2007*

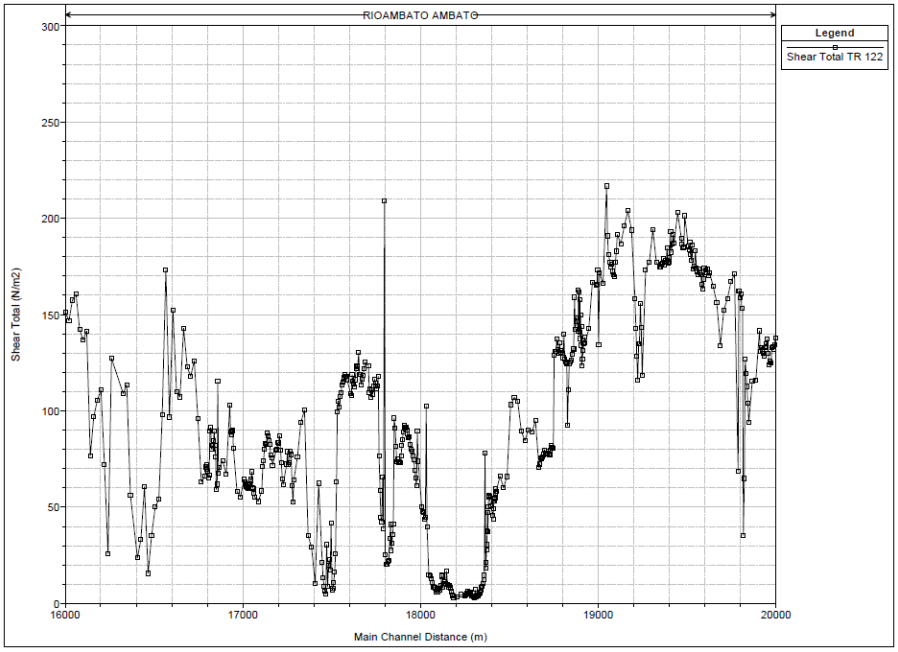
En la gráfica se observan los esfuerzos cortantes con el periodo de retorno de 122 años en donde 100.48 N/m^2 es el valor promedio del esfuerzo cortante del tramo Km 16+00 al Km 20+00 el cual en comparación con el valor de cortante referencial de 383.04 N/m^2 que pertenece a la tabla 28 para “fully vegetated” es decir para vegetación en los bordes del canal, especificado en [53] es menor, lo que significa que no existe erosión en este tramo.

El valor mayor es 216.83 N/m^2 de esfuerzo cortante ubicado en la abscisa Km 19+046, por otra parte 3.15 N/m^2 es el valor más pequeño ubicado en el Km 18+302; ambos valores son inferiores al valor referencial lo cual es positivo debido a que no existirá erosión o daño a las orillas del Río.

Adicionalmente en el Anexo 14 están los esfuerzos cortantes para cada periodo de retorno.

Ver Anexo 14 – Perfil Longitudinal del Esfuerzo Cortante

Figura 39. *Perfil longitudinal de Esfuerzo Cortante con Tr 122 años*

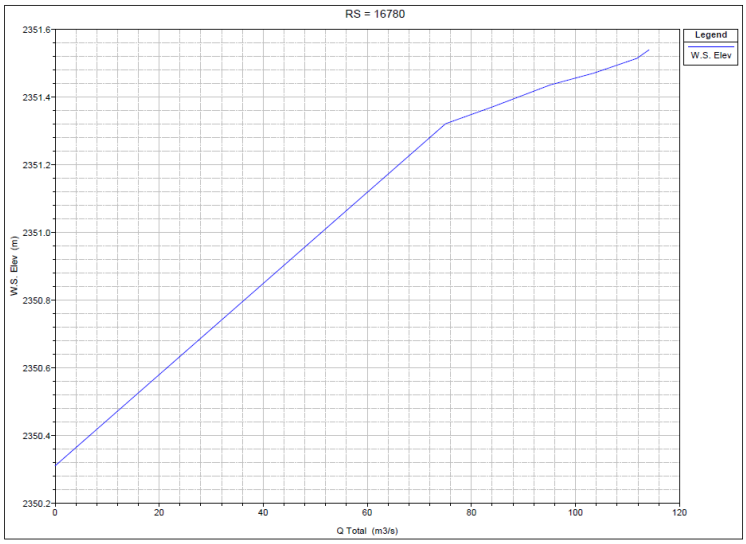


Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

3.1.2.4.2.6. Curvas de Descarga

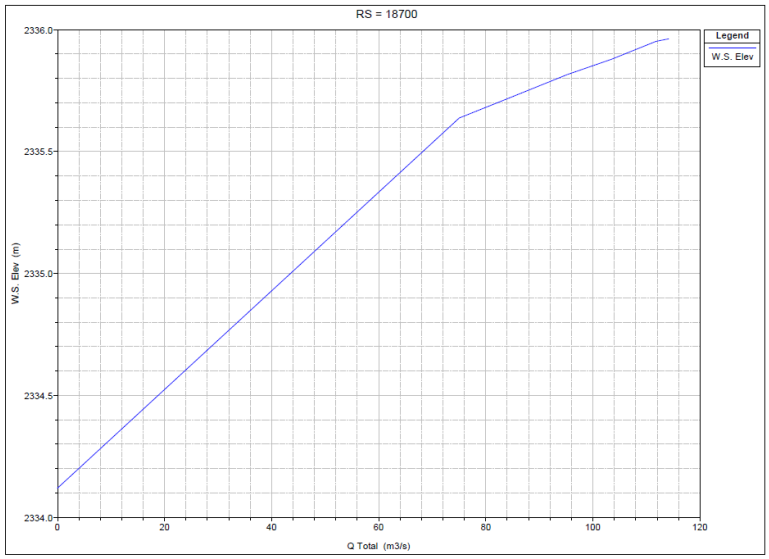
Se visualiza que las curvas presentan 2 diferentes inclinaciones, en el valor de caudal de 75.04 m^3/s está ubicado el punto de inflexión, estas gráficas permiten encontrar fácilmente el caudal debido a que para cada valor de elevación le corresponde uno de caudal mediante la intersección de una línea perpendicular a la abscisa x (Q Total) con la curva (línea azul).

Figura 40. *Curva de Descarga Sección Transversal Km 16+780*



Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

Figura 41. *Curva de Descarga Sección Transversal Km 18+700*

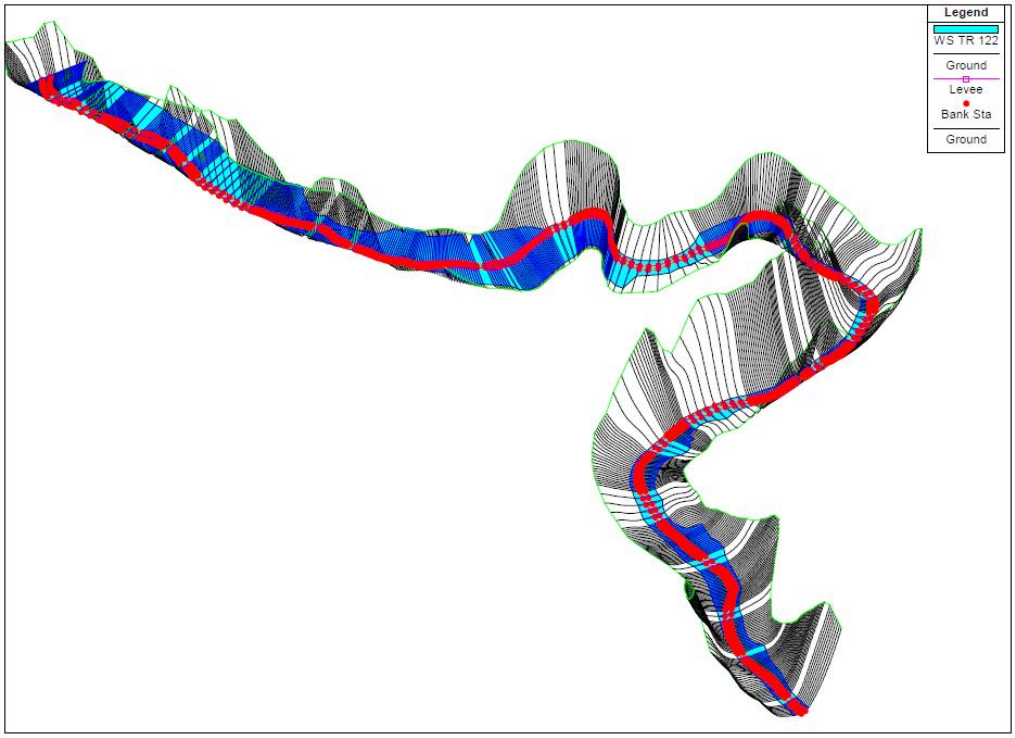


Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

3.1.2.4.2.7. Esquema 3D

Se visualiza el recorrido del flujo a través de las secciones transversales (líneas de color negro) en 3D con el período de retorno de 122 años, además de los Banks (puntos rojos) que delimitan el cauce principal.

Figura 42*. Esquema 3D Km 16+000 al Km 20+000*



Realizado por: *Paulette Riofrio D.*

3.1.2.4.3. Condiciones de Flujo y Áreas de Inundación

Los Planos de Inundación se muestran en el Anexo 15, las Láminas 20 al 26 presentan las velocidades y alturas que constan en cada tramo del Km 16+00 al Km 20+00, en donde se observa las diferentes áreas de inundación para un período de retorno (*T*) de 122 años con el caudal de 114.14 m/s.

Los cuales son explicados a continuación:

- Plano de Inundación 1 (Lámina 20)

Este plano parte desde la sección 16+000 a la 16+600, en donde se identifica que el área de inundación cubre aproximadamente 110 metros de ancho, principalmente en esta zona el agua tiende a dirigirse al lado izquierdo del canal tomando la dirección desde aguas arriba hacia aguas abajo.
Los valores a recalcar son el mayor ancho que posee un valor de 156.38 m en la sección 16+000, y el valor menor 92.57 m en la sección 16+440.

Además, se observa que las mayores velocidades se encuentran en el centro del canal, las cuales se encuentran en un rango de 2.98 a 3.50 m/s en todo el tramo sin embargo la mayor velocidad registrada entre estas secciones es de 2.35 m/s en la sección 16+120, y el valor menor de velocidad es de 0.83 m/s registrada en la sección 16+000, la velocidad media es de 1.95 m/s.
La altura del agua promedio entre estas secciones es de 1.13 m, la mayor es de 1.49 m en la sección 16+160 y la menor es de 0.67 m en la sección 16+540.

El plano incluye 4 construcciones en este tramo las cuales llegan a inundarse con una altura de 1.20 m, además se constata presencia de sembríos los cuales se ven afectados debido a la cantidad de agua desbordada.

- Plano de Inundación 2 (Lámina 21)

El plano parte desde la sección 16+540 a la 17+100, en donde se identifica que el área de inundación cubre aproximadamente 89 metros de ancho, principalmente en esta zona el agua tiende a dirigirse al lado izquierdo del canal tomando la dirección desde aguas arriba hacia aguas abajo.
Los valores a recalcar son el mayor ancho que posee un valor de 123.12 m en la sección 16+700, y el valor menor 58.79 m en la sección 16+840.

Además, se observa que las mayores velocidades se encuentran en el centro del canal, las cuales se encuentran en un rango de 2.98 a 3.50 m/s en todo el tramo sin embargo la mayor velocidad registrada entre estas secciones es de 2.66 m/s en la sección 16+880, y el valor menor de velocidad es de 0.60 m/s registrada en la sección 16+660, la velocidad media es de 1.95 m/s.
La altura del agua promedio entre estas secciones es de 1.08 m, la mayor es de 1.63 m en la sección 16+660 y la menor es de 0.62 m en la sección 16+980.

El presente plano se identifica que no existe construcciones dentro de la zona de inundación, además se constata presencia de sembríos los cuales se ven afectados debido a la cantidad de agua desbordada.

- Plano de Inundación 3 (Lámina 22)

Este plano parte desde la sección 17+110 a la 17+860, en donde se identifica que el área de inundación cubre aproximadamente 107 metros de ancho, principalmente en esta zona el agua tiende a dirigirse a ambos lados del canal hasta la sección 17+380, desde ella se empieza a dirigir al lado derecho del canal, respecto con la dirección desde aguas arriba hacia aguas abajo.
Los valores a recalcar son el mayor ancho que posee un valor de 192.91 m en la sección 17+260, y el valor menor 39.14 m en la sección 17+780.

Además, se observa que las mayores velocidades se encuentran en el centro del canal, las cuales se encuentran en un rango de 2.98 a 3.50 m/s en todo el tramo sin embargo la mayor velocidad registrada entre estas secciones es de 2.92 m/s en la sección 17+780, y el valor menor de velocidad es de 0.50 m/s registrada en la sección 17+380, la velocidad media es de 1.74 m/s.
La altura del agua promedio entre estas secciones es de 0.86 m, la mayor es de 1.46 m en la sección 17+740 y la menor es de 0.44 m en la sección 17+600.

El plano incluye 3 construcciones en este tramo las cuales llegan a inundarse con una altura de 0.58 m en la sección 17+240, 1.03 m en la sección 17+680 y de 1.34 m en la sección 17+820. Además, se constata presencia de sembríos los cuales se ven afectados debido a la cantidad de agua desbordada.

En la sección 17+840 se observa que empieza a desbordar con un ancho de 52.34 m lo que ocasiona que empiece a ingresar agua en la planta de tratamiento con una altura de agua de 1.24 m.

- Plano de Inundación 4 (Lámina 23)

Este plano parte desde la sección 17+700 a la 18+760, en donde se identifica que el área de inundación cubre aproximadamente 39 metros de ancho, principalmente en esta zona el agua tiende a dirigirse a ambos lados del canal.
Los valores a recalcar son el mayor ancho que posee un valor de 69.37 m en la sección 17+880, y el valor menor 26.78 m en la sección 18+320.

Además, se observa que las mayores velocidades se encuentran en el centro del canal, las cuales se encuentran en un rango de 2.98 a 3.50 m/s en todo el tramo y en este plano 3.50 m/s es la mayor registrada en la sección 18+240, y el valor menor de velocidad es de 2.25 m/s registrada en la sección 18+020, la velocidad media es de 3.05 m/s.
La altura del agua promedio entre estas secciones es de 1.56 m, la mayor es de 1.94 m en la sección 18+280 y la menor es de 0.96 m en la sección 18+060.

El plano incluye 1 construcción en este tramo la cual llega a inundarse con una altura de 1.12 m, de la sección 17+840 a la 17+920 se desborda agua la cual ingresa a la planta de tratamiento con una altura promedio de 1.18 m.

- Plano de Inundación 5 (Lámina 24)

Este plano parte desde la sección 18+860 a la 19+180, en donde se identifica que el área de inundación cubre aproximadamente 48 metros de ancho, principalmente en esta zona el agua tiende a dirigirse hacia el lado izquierdo del canal tomando la dirección desde aguas arriba hacia aguas abajo.

Los valores a recalcar son el mayor ancho que posee un valor de 70.05 m en la sección 19+060, y el valor menor 33.09 m en la sección 18+800.

Además, se observa que las mayores velocidades se encuentran en el centro del canal, las cuales se encuentran en un rango de 2.98 a 3.50 m/s en todo el tramo y la mayor velocidad registrada entre estas secciones es de 3.16 m/s en la sección 18+800, y el valor menor de velocidad es de 2.10 m/s registrada en la sección 18+980, la velocidad media es de 2.78 m/s.

La altura del agua promedio entre estas secciones es de 1.44 m, la mayor es de 1.93 m en la sección 18+980 y la menor es de 1.20 m registrada en las secciones 19+140 y 19+160.

El plano incluye 1 construcción en este tramo la cual llega a inundarse con una altura de 1.35 m, además se constata presencia de canteras las cuales se verían afectadas debido al ingreso de agua a través de las secciones 18+880 a la 19+160.

- Plano de Inundación 6 (Lámina 25)

Este plano parte desde la sección 19+140 a la 19+620, en donde se identifica que el área de inundación cubre aproximadamente 66 metros de ancho, principalmente en esta zona el agua tiende a dirigirse a ambos lados del canal, hasta la sección 19+360 que el agua se extiende hacia el lado izquierdo hasta la sección 19+480, en donde el flujo ahora se desborda hacia el lado derecho del canal tomando la dirección desde aguas arriba hacia aguas abajo.

Los valores a recalcar son el mayor ancho que posee un valor de 95.12 m en la sección 19+440, y el valor menor 46.80 m en la sección 19+340.

Además, se observa que las mayores velocidades se encuentran en el centro del canal, las cuales se encuentran en un rango de 2.98 a 3.50 m/s en todo el tramo sin embargo la mayor velocidad registrada entre estas secciones es de 2.84 m/s en la sección 19+340, y el valor menor de velocidad es de 2.10 m/s registradas en las secciones 19+440 y 19+460, la velocidad media es de 2.52 m/s.

La altura del agua promedio entre estas secciones es de 1.26 m, la mayor es de 1.45 m en la sección 19+320 y la menor es de 1.00 m en la sección 19+580.

El plano incluye 4 construcciones en este tramo las cuales llegan a inundarse con una altura en la primera construcción ubicada en la sección 19+360 de 1.32 m, en la segunda de 1.24 m en la sección 19+380, en la tercera la altura es de 1.18 m en la sección 19+540 y en la última de 1.00 m en la sección 19+580, además se constata presencia de canteras en donde el flujo ingresaría por las secciones 19+240 a la 19+280, y de las secciones 19+380 a la 19+520 con nivel de agua de 1.27 m promedio.

- Plano de Inundación 7 (Lámina 26)

Este plano parte desde la sección 19+500 a la 20+000, en donde se identifica que el área de inundación cubre aproximadamente 49 metros de ancho, principalmente en esta zona el agua tiende a dirigirse a ambos lados del canal.

Los valores a recalcar son el mayor ancho que posee un valor de 69.76 m en la sección 19+780, y el valor menor 37.50 m en la sección 19+980.

Además, se observa que las mayores velocidades se encuentran en el centro del canal, las cuales se encuentran en un rango de 2.98 a 3.50 m/s en todo el tramo y en el plano la mayor velocidad registrada entre estas secciones es de 3.07 m/s en la sección 19+980, y el valor menor de velocidad es de 2.48 m/s registrada en la sección 19+780, la velocidad media es de 2.81 m/s.

La altura del agua promedio entre estas secciones es de 1.36 m, la mayor es de 1.58 m en la sección 20+000 y la menor es de 1.18 m en la sección 19+820.

El plano incluye 2 construcciones en este tramo las cuales llegan a inundarse con una altura de 1.10 m aproximadamente.

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se concluye que mediante el análisis hidrológico de los datos registrados por la estación de Tilulún, se obtuvieron los tiempos de retorno y caudales que sirvieron para el modelamiento hidráulico en la herramienta HEC-RAS en base a la normativa NEVI-12.

- Se concluye que el comportamiento del Río Ambato en el tramo comprendido entre el Km 16+00 al 20+00, ubicado en el sector de "Las Viñas" presenta un flujo subcrítico en base a los números de Froude calculados a través del software HEC-RAS.

- Se concluye que el Río Ambato tiene una topografía irregular, sin embargo, en el tramo del Km 16+00 al Km 20+00 el terreno es casi plano y su pendiente es baja, lo que ocasiona que, con todos los tiempos de retorno calculados de 5,10,25,50,100 y 122 años se desborde el flujo hacia ambos lados del canal.

- En base al procesamiento de datos geográficos y topográficos, se recopiló la información necesaria para trabajar en los softwares ARC-GIS y HEC-RAS en los cuales la información cartográfica y geográfica permitió obtener secciones transversales, elevaciones, pendientes a través de las cuales se generó el análisis para el movimiento del flujo a través del canal.

- En el tramo Km 16+00 al Km 20+00 se colocaron secciones cada 20 metros, sin embargo, se determinó que en varias partes era necesario secciones interpoladas puesto que la información del flujo se perdía debido al distanciamiento.

- Se concluye que para la calibración del modelo se utilizó un caudal base de 5 m^3/s, sin embargo, en las zonas de cultivo próximas e incluso en el tramo Km 16+00 al Km 20+00 existen captaciones de agua, lo que reduce el caudal lo que para este

tramo se colocó finalmente 3 m^3/s de caudal para tener un modelo más cercano a la realidad.

- Se determinó que el rango de velocidades que se encuentran para el periodo de retorno más bajo de 5 años es de 0.35 a 2.95 m/s, mientras que para el periodo de retorno de 122 años se encuentran entre 0.5 a 3.50 m/s.

- El caudal utilizado para los planos de inundación es de 114.14 m^3/s el cual pertenece al periodo de retorno de 122 años, debido a la presencia en el tramo de estudio de una planta de tratamiento, la cual se ve afectada debido a que el agua del canal ingresa por el lado Oeste de la misma con una altura promedio de agua de 1.18 m.

- Se concluye que en el presente tramo del Km 16+00 al Km 20+00 con las coordenadas de inicio a fin: 767388 E, 9862666 N; 769651 E, 9861807 N respectivamente, las construcciones existentes afectadas y consideradas parte de la zona de inundación son en total 11, las cuales se inundan con una altura promedio de 1.20 m.

- Se concluye que las canteras existentes al final del tramo en estudio, se ven afectadas por el ingreso de agua debido al desbordamiento existente con el periodo de retorno de 122 años, con una altura promedio de 1.27 m.

- Se determinó que no existe erosión en el tramo del Km 16+00 al Km 20+00 que afecte al lecho ni a las orillas del Río, esto se verificó en base al esfuerzo cortante obtenido a través del software HEC-RAS comparado con valor admisible presentado en el capítulo de Límite de diseño de canales.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda proporcionar estaciones hidrométricas que presenten datos actualizados, las cuales se encuentren cercanas al Río Ambato para poder realizar mayor cantidad de estudios en el mismo, y sean de mayor precisión, debido a que las que están implementadas actualmente están deshabilitadas o disponen de poca información.
- Se recomienda tener datos geográficos actualizados de terreno en base a las ortofotos debido a que en el presente estudio se tuvo que complementar los modelos topográficos mediante otros actualizados encontrados.

- Se recomienda interpolar secciones transversales cuando el flujo se dirige de una manera poco usual o cuando se pierde el flujo en una sección a otra.

- Se recomienda colocar muros de gaviones al borde de la planta de tratamiento de aguas residuales, debido a que por el lado oeste de la misma el agua ingresaría y podría causar daños a la infraestructura que opera allí, como se observa en las Láminas 3 y 4.

- Se recomienda empezar a construir 110 m desde el eje del río hacia el lado izquierdo del canal tomando de manera descendente, para que no exista algún tipo de inundación, como se visualiza en la Lámina 20.

- Se recomienda empezar a construir 110 m desde el eje del río hacia el lado izquierdo del canal tomando de manera descendente, para que no exista algún tipo de inundación, como se visualiza en la Lámina 21.

- Se recomienda empezar a construir 110 m desde el eje del río hacia el lado izquierdo del canal tomando de manera descendente, y 100 m hacia el lado derecho, para que no exista algún tipo de inundación, como se visualiza en la Lámina 22.

- Se recomienda empezar a construir a 25 m desde el eje del río hacia el lado izquierdo del canal tomando de manera descendente, para que no exista algún tipo de inundación o daño a planta de tratamiento, como se visualiza en la Lámina 23.

- Se recomienda empezar a construir 70 m desde el eje del río hacia el lado izquierdo del canal tomando de manera descendente, para que no exista algún tipo de inundación, como se visualiza en la Lámina 24.
- Se recomienda empezar a construir 75 m desde el eje del río hacia el lado izquierdo del canal, y a 40 m de lado derecho del canal, tomando de manera descendente, para que no exista algún tipo de inundación, como se visualiza en la Lámina 25.

- Se recomienda empezar a construir a 60 m desde el eje del río hacia el lado izquierdo del canal, y a 35 m hacia el lado derecho tomando de manera descendente, para que no exista algún tipo de inundación, como se visualiza en la Lámina 26.

BIBLIOGRAFÍA

[1] P. Susana, "Gestión Actual de los Recursos Hídricos en la Subcuenca del río Ambato desde los Actores," pp. 1–122, 2015.

[2] P. A. Espinoza and G. E. Vintimilla, "Caracterización del comportamiento hidráulico de un tramo del río Calabí en el sector de Toma, utilizando un modelo matemático," p. 82, 2013.

[3] D. Walter V. Reid, Harold A. Mooney, Angela Cropper, A. K. 13 Capistrano, Stephen R. Carpenter, Kanchan Chopra, Partha Dasgupta, Thomas Dietz, T. (A. J. . 14 Duraiappah, Rashid Hassan, Roger Kasperson, Rik Leemans, Robert M. May, Z. 15 McMichael, Prabhu Pingali, Cristián Samper, Robert Scholes, Robert T. Watson, A.H. Zakri, C. R.-H. 16 Shidong, Neville J. Ash, Elena Bennett, Pushpam Kumar, Marcus J. Lee, and and M. B. Z. 17 Henk Simons, Jillian Thonell, "Evaluación de los Ecosistemas del Milenio Informe de Síntesis," pp. 1–43, 2005.

[4] IFRC, "Informe Mundial sobre Desastres," pp. 1–40, 2010.

[5] CEPAL, "Manual para la Evaluación de Desastres," 2013.

[6] H. Forbes, K. Ball, and F. McLay, *Natural Flood Management Handbook*. Escocia, 2015.

[7] O. P. de La Salud, "Los desastres naturales y proteccion de la salud," vol. 14, no. 2, p. 144, 2010.

[8] A. Cropper, D. Capistrano, R. LEemans, R. M, and Z. Shidgong, *Los Ecosistemas y el Bienestar Humano*. Washington DC, 2005.

[9] I. Cordero and J. Dominguez, "Evaluación de la gestión territorial de la cuenca del río Paute, estrategias y líneas de acción para superarlas," 2013.

[10] R. Gonzalez, "Hidraúlica Básica," pp. 1–22, 2008.

[11] E. U. de Ingenierías, "Generalidades, Hidráulica," pp. 1–13, 2010.

[12] Universidad de Coruña, "Tema 9. Geomorfología aplicada," *Dep. Tecnol. la Construcción*, pp. 1–39, 2012.

[13] J. Martin, "Ingenieria-de-Rios." Barcelona, p. 331, 2002.

[14] J. R. G. Encalada and R. D. J. Jara, "Implementación del Modelo Hidraulico HEC GeoRas en la Modelacion Hidraulica del Sistema para el Control de Inundaciones de los Rios Cañar y Bulubulu," *El Escorial*, p. 174, 2010.

[15] G. M. Kondolf, D. R. Montgomery, H. Piégay, and L. Schmitt, *Geomorphic Classification of Rivers and Streams*, vol. 9. 2005.

[16] A. Arche, *Sedimentología Y*. España, 2010.

[17] A. F. Breña Puyol and M. A. Jacobo Villa, "Principios y fundamentos de la hidrología superficial," *Univ. Autónoma Metrop.*, p. 288, 2006.

[18] U. N. de Córdoba, "Cátedra de obras hidráulicas obras fluviales," *Univ. Nac. Córdoba*, pp. 1–41, 2014.

[19] V. C. German, "Geología, Geomorfología y Dinámica Fluvial Aplicada a Hidráulica de Ríos, XX Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología," *Univ. del Norte*, no. September, 2012.

[20] A. G. Peña, "Hidráulica Fluvial, Morfología Fluvial, Erosión Y Transporte Sólido," p. 23, 1987.

[21] R. Villodas, *Hidrología*. Argentina, 2008.

[22] M. y G. de C. Planeamiento, "La Cuenca hidrográfica," *An. Ing.*, vol. 935, p. 38, 2016.

[23] W. A. Lozano-Rivas, "Precipitación," *Clima, Hidrol. y Meteorol.*, pp. 251–298, 2018.

[24] H. C. Gonçalves, M. A. Mercante, and E. T. Santos, "Ciclo hidrológico," *Brazilian J. Biol.*, vol. 71, no. 1 SUPPL., pp. 241–253, 2011.

[25] F. Aparicio, *Fundamentos de Hidrología de Superficie*, Primera. Mexico: Limusa, 2003.

[26] J. S. Q. CIRIACO, "Universidad nacional de cajamarca facultad de ingeniería," p. 98, 2017.

[27] R. Pizarro, J. P. Flores, C. Sangüesa, and E. Martínez, "Módulo 2: Curvas intensidad duración frecuencia," *Eias*, 2003.

[28] V. te Chow, "Hidrologia Aplicada." McGRAW-HILL.

[29] A. Azagra, "Modelo de coeficientes de escorrentía," *Mauco Gen.*, p. 28, 2006.

[30] J. A. A. P. Sesma, L. E. M. Rascón, D. P. Díaz, and U. A. F. Niño, "Estimación de la creciente de diseño utilizando el hidrograma unitario instantáneo: el caso de la cuenca del río Tecolutla, México," *Investig. Geogr.*, vol. 79, no. Mx, pp. 20–38, 2012.

[31] J. L. Ayuso, A. Peña, and M. P. Montesinos, "Estimación del hidrograma unitario. Estudio comparativo de cuatro métodos lineales," *Ing. del agua*, vol.

1, no. 2, 1994.

[32] J. Sanchez, “Hidrología Superficial (II): Hidrogramas,” *Dpto. Geol. U. Salamanca*, no. II, pp. 1-10 pag, 2015.

[33] V. te Chow, “Hidráulica de Canales Abiertos.” McGRAW-HILL, 1994.

[34] M. Blanco, R. Isaquita, A. Pertuz, and E. Ruiz, “Visualizacion de flujos en canales abiertos Reynolds,” 2015.

[35] R. Mott, “Flujo en Canales Abiertos,” *Mecánica de Fluidos*, pp. 443–444, 2006.

[36] P. Gallardo, *Diseño de Canales Abiertos*. 2018.

[37] J. Alfredo, V. Ojeda, and M. Eng, “Modelacion Numerica En Hidráulica,” pp. 1–9, 2003.

[38] E. M. Melgarejo, “Manual Básico de HEC - GeoRAS 10,” vol. 10, pp. 1–25, 2013.

[39] M. Villon, *Hidrología Estadística*, Villon. Lima-Perú, 2006.

[40] J. Sanchez, “Distribuciones Estadísticas,” *Univ. Salamanca*, pp. 1–12, 2008.

[41] B. Molina, “Caracterización de resaltos hidráulicos a través de medidas de velocidades instantáneas con equipo Doppler ANÁLISIS , VALIDACIÓN Y MÉTODOS DE,” 2010.

[42] Paul M. Muchinsky, “Hidrología,” *Prospección Sismica*, p. 31, 2012.

[43] M. Transporte y Comunicación, “Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje,” p. 225, 2012.

[44] I. Lopez, “Análisis de los principales parámetros de un metodo hidrometeorologico,” 2006.

[45] Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador *et al.*, “Volumen N^{o} 2 – Libro A Norma para estudios Y diseños viales; Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 - MTOP,” *Minist. Transp. Y Obras Públicas Del Ecuador*, vol. NEVI-12-MT, p. 382, 2013.

[46] Servicio de Impuestos Internos, “Tabla Vida Útil De Los Bienes Físicos Del Activo Inmovilizado,” p. 10, 2015.

[47] E. M. C. Altamirano, “‘ Evaluación Hidrológica E Hidráulica De Los Drenajes Transversales En La Carretera Cocahuayco – Cocachimba – Bongará - Amazonas ,’” 2017.

[48] E. Gomez, D. Navas, G. Mayor, and L. Betancourt, “Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través

de su estructuración y sistematización," 2014.

[49] P. Cazau, "Introducción a la Investigación en ciencias sociales," *Alternativas,* 2006.

[50] R. J. Paneque, "Metodología De La Investigación Elementos Básicos Para la Investigación Clínica," pp. 1–95, 1998.

[51] J. Rodríguez Lloret and R. Olivella, "Introducción a los sistemas de información geográfica : conceptos y operaciones fundamentales," *Universidad Oberta De Catalunya,* pp. 1–39, 2010.

[52] Northern Virginia Regional Commission, "Performing a Steady Flow Analysis," pp. 1–17.

[53] U. States, D. Of, and Agriculture, "Chapter 8 Threshold Channel Design," 2007.

760000 762000 764000 766000 768000 770000

9864000 9862000 9860000 9858000

Ambatillo
San Bartolomé
Pishilig
Espana
Ambato
Atocha
La Joya
Picaigua
Atarazana
Santa Rosa
La Universal

0 0,5 1 2 3 4 5 6 Km

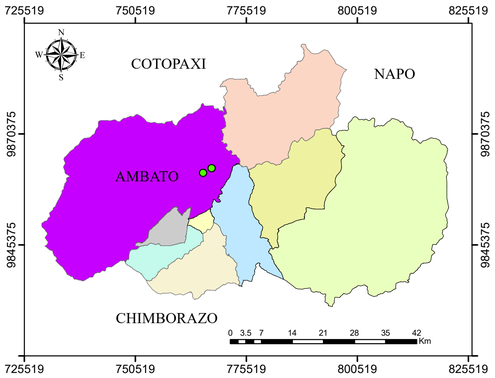
Sources: Esri, HERE, Garmin, USGS, Intermap, INCREMENT P, NRCan, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri Korea, Esri (Thailand), NGCC, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

- Rio Ambato
- Estación de Tilulún
- Vias Principales
- Calles

UBICACION





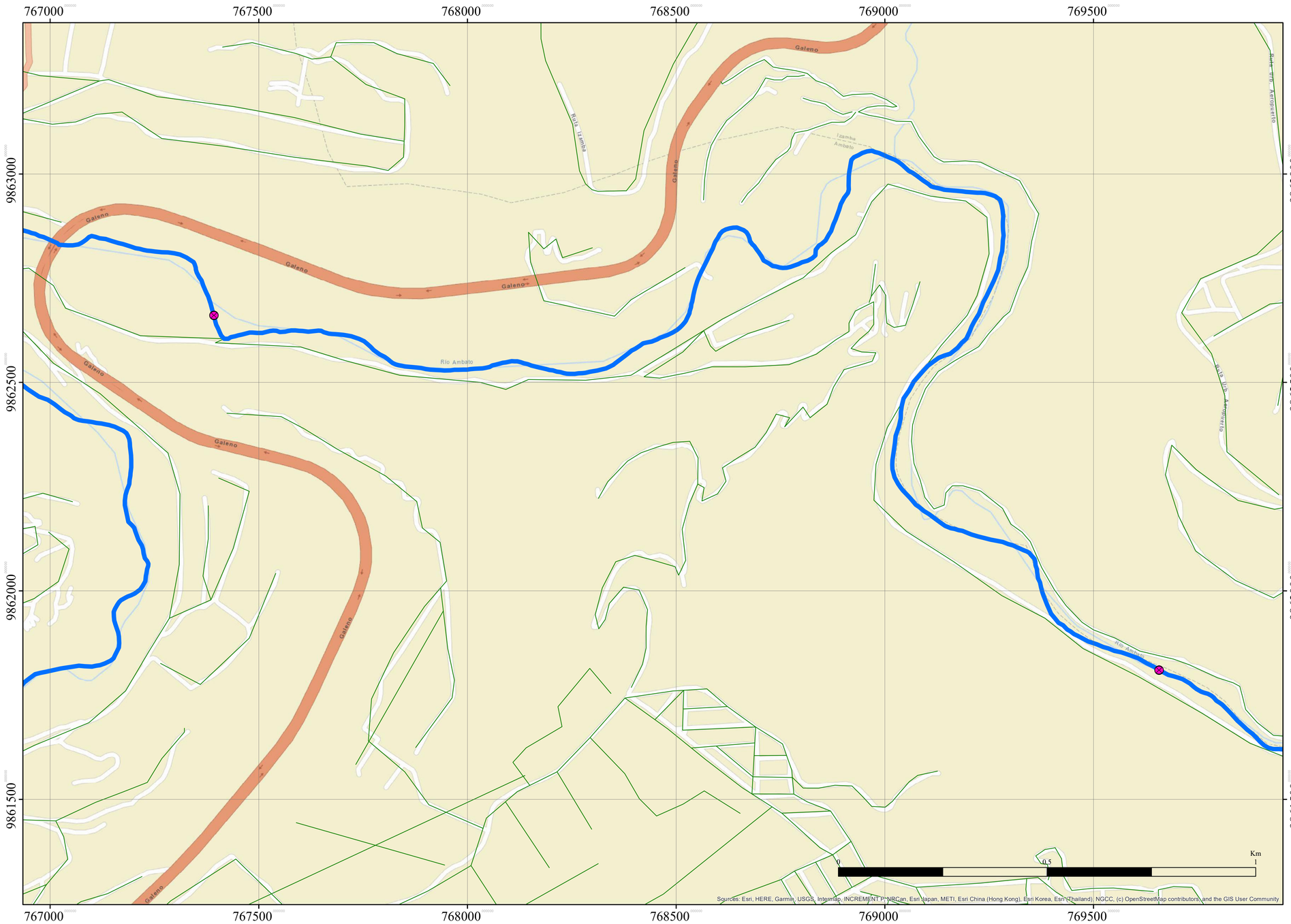
Leyenda

- Tungurahua
- Provincias
- Frontera Oeste
- Frontera Este

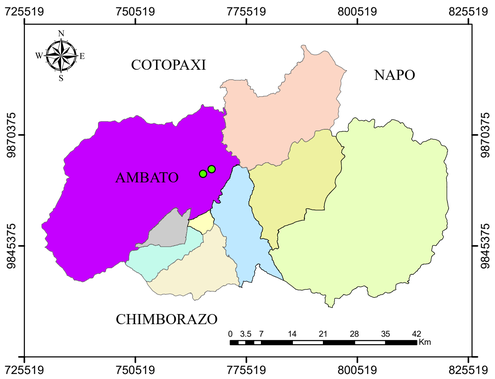
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
UBICACION DEL PROYECTO RIO AMBATO

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 25/05/2020	LAMINA: 1	ESCALA: 1:20000



UBICACION





Leyenda

- Tungurahua
- Provincias
- Frontera Oeste
- Frontera Este

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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

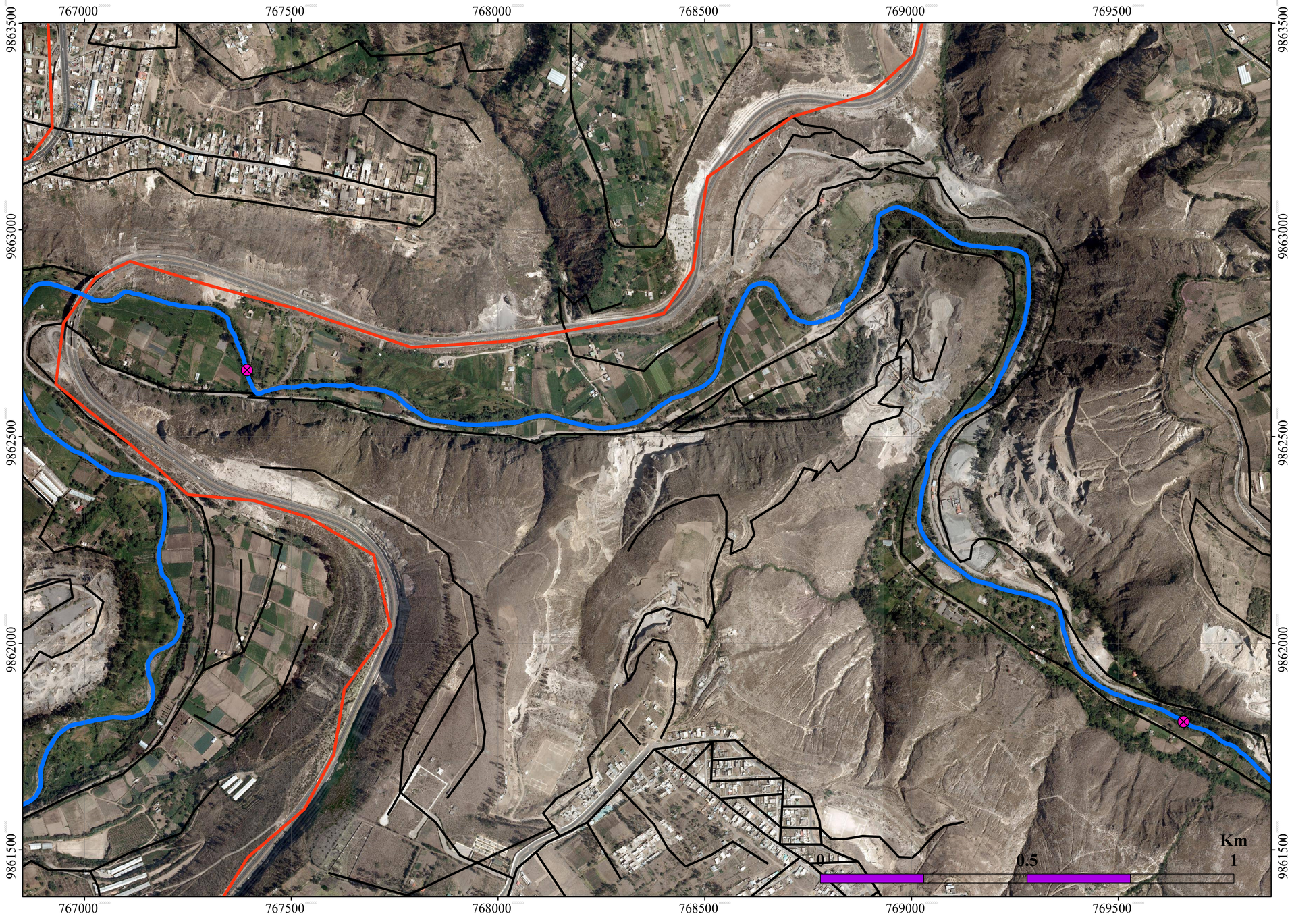
Leyenda

- Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Calles

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
UBICACION DEL TRAMO KM 16+00 AL KM 20+00 DEL PROYECTO

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 25/05/2020	LAMINA: 2	ESCALA: 1:5000

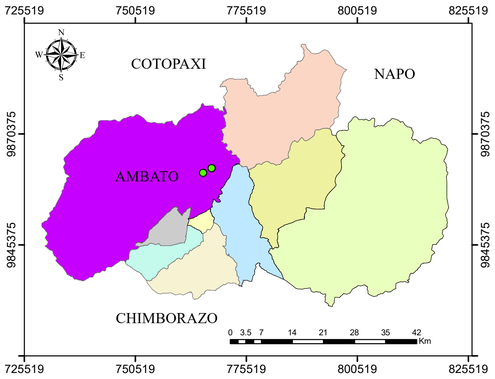


Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 1984
Zona: 17 Sur
False Easting: 500000,0
False Northing: 10000000,0
Central Meridian: -81,0
Scale Factor: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Vias Principales
- Calles

UBICACION





Leyenda

- Tungurahua
- Provincias
- Frontera Oeste
- Frontera Este

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
ORTOFOTO DEL TRAMO KM 16+00 AL KM 20+00 DEL PROYECTO

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 26/05/2020	LAMINA: 3	ESCALA: 1:5000

760000 762000 764000 766000 768000 770000

9864000 9862000 9860000 9858000

0 0,5 1 2 3 4 5 6 Km

Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

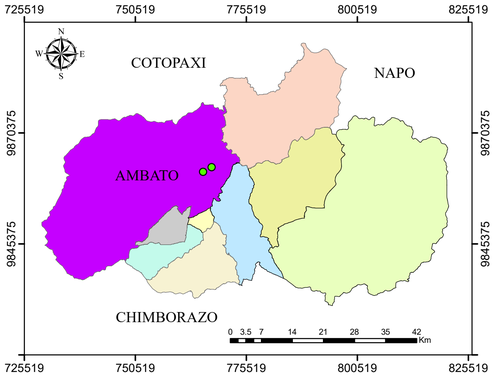
Leyenda

- Rio Ambato
- Estación de Tilulún
- Vias Principales
- Calles

DATOS ESTACIÓN DE TILULÚN

Código:	HGPT_SN_ 32
Coordenadas:	760244 9860440
Elevación:	2708 m

UBICACION





Leyenda

- Tungurahua
- Provincias
- Frontera Oeste
- Frontera Este

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
UBICACION DE LA ESTACION TILULÚN

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 27/05/2020	LAMINA: 4	ESCALA: 1:20000

767500 768000 768500 769000 769500 770000

9863500 9863000 9862500 9862000 9861500

0 0.5 1 Km

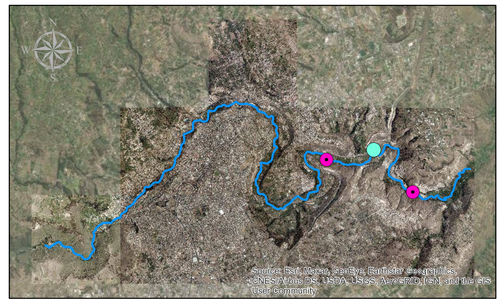
Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

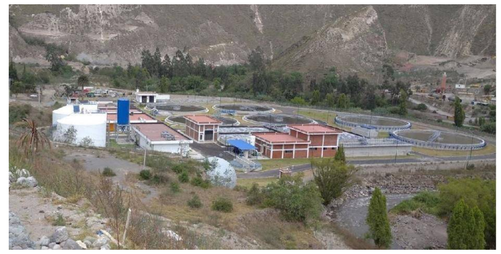
Leyenda

- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Vias Principales
- Calles
- PLANTA DE TRATAMIENTO 02

UBICACION



FOTOGRAFIAS DEL LUGAR





UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
INFRAESTRUCTURA PRESENTE EN EL TRAMO KM 16-20

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 27/05/2020	LAMINA: 5	ESCALA: 1:5000

767400 767500 767600 767700 767800 767900

9862700 9862600 9862500 9862400

2390 2360 2380 2390 2400 2430 2440 2450 2460 2470 2480 2500 2490 2370 2410 2420 2500

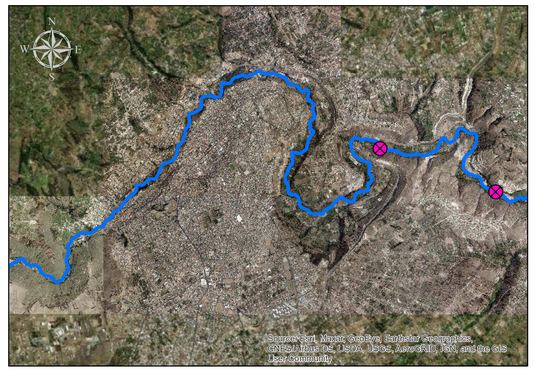
0 125 250 m

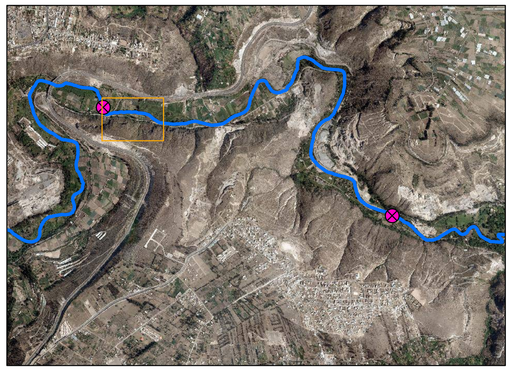
Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 1984
Zona: 17 Sur
False Easting: 500000,0
False Northing: 10000000,0
Central Meridian: -81,0
Scale Factor: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

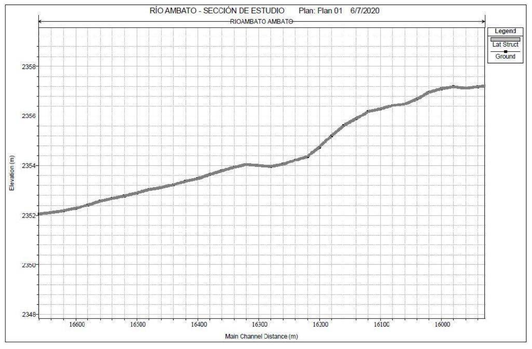
- Curvas de Nivel cada 10 m
- Curvas de Nivel cada 1 m
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Tramo Actual

UBICACION





PERFIL DEL TRAMO



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
PLANO TOPOGRAFICO Y PERFIL PARTE 1

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 28/05/2020	**LAMINA:** 6	**ESCALA:** 1:1000



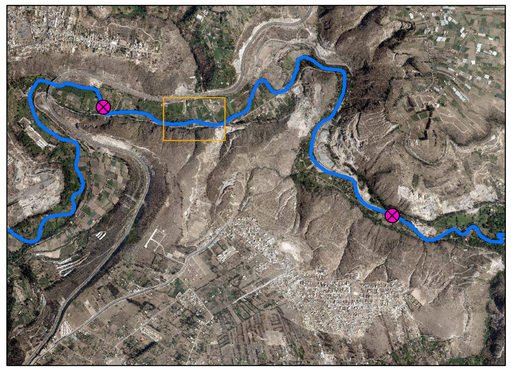
Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 1984
Zona: 17 Sur
False Easting: 500000,0
False Northing: 10000000,0
Central Meridian: -81,0
Scale Factor: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

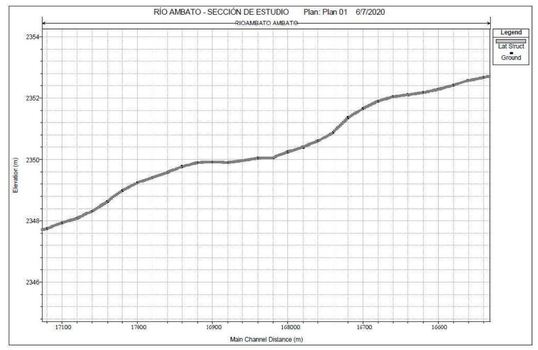
- Curvas de Nivel cada 10 m
- Curvas de Nivel cada 1 m
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Tramo Actual

UBICACION





PERFIL DEL TRAMO



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
PLANO TOPOGRAFICO Y PERFIL PARTE 2

ELABORADO POR:	**TUTOR:**	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA:	**LAMINA:**	**ESCALA:**
28/05/2020	7	1:1000

768400 768500 768600 768700 768800 768900

9862900 9862800 9862700 9862600 9862500

2430 2410 2390 2370 2350 2360 2380 2400 2420

0 125 250 m

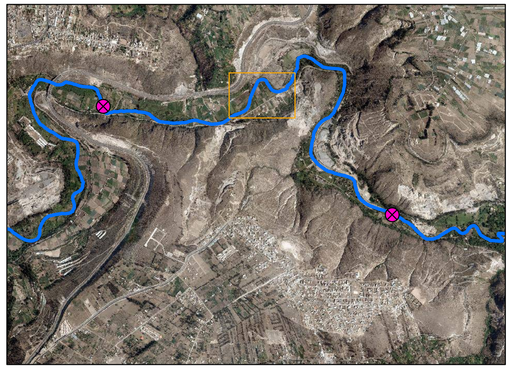
Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 1984
Zona: 17 Sur
False Easting: 500000,0
False Northing: 10000000,0
Central Meridian: -81,0
Scale Factor: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

- Curvas de Nivel cada 10 m
- Curvas de Nivel cada 1 m
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Tramo Actual

UBICACION





PERFIL DEL TRAMO



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
PLANO TOPOGRAFICO Y PERFIL PARTE 3

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA:	**LAMINA:**	**ESCALA:**
28/05/2020	8	1:1000

768900 769000 769100 769200 769300 769400

9863000 9862900 9862800 9862700

KM 18+00

2340 2350 2360 2420 2370 2380 2390 2400 2410 2430 2440 2450 2460

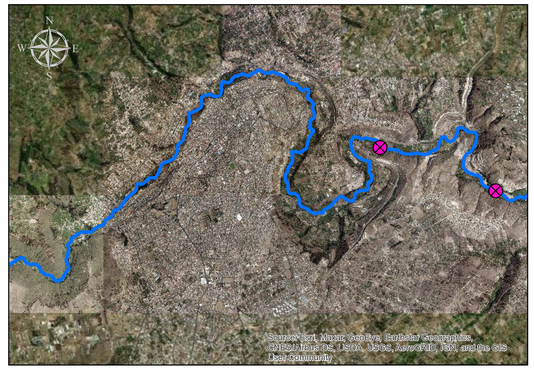
0 125 250

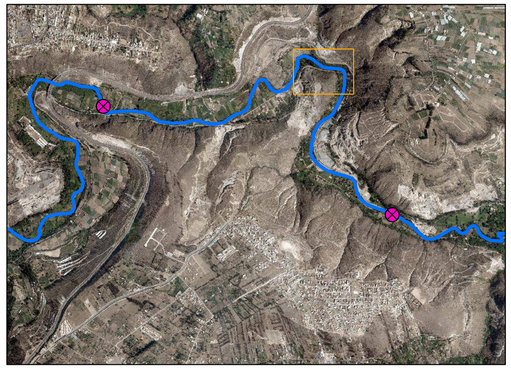
Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 1984
Zona: 17 Sur
False Easting: 500000,0
False Northing: 10000000,0
Central Meridian: -81,0
Scale Factor: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

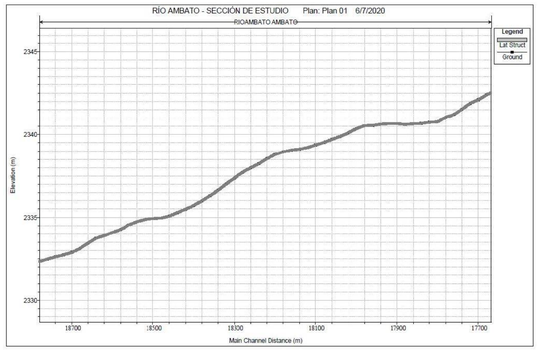
- Curvas de Nivel cada 10 m
- Curvas de Nivel cada 1 m
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Tramo Actual

UBICACION





PERFIL DEL TRAMO



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
PLANO TOPOGRAFICO Y PERFIL PARTE 4

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 28/05/2020	**LAMINA:** 9	**ESCALA:** 1:1000

768900 769000 769100 769200 769300 769400

9862600 9862500 9862400 9862300

KM 19+00

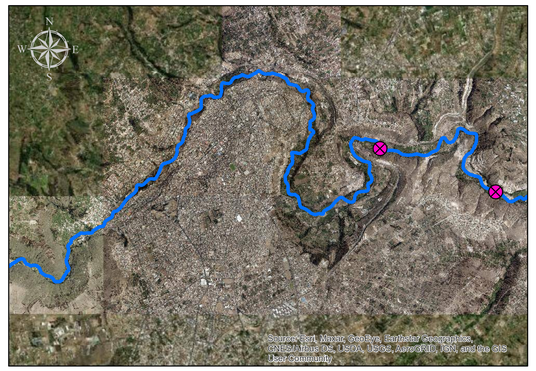
0 125 250 m

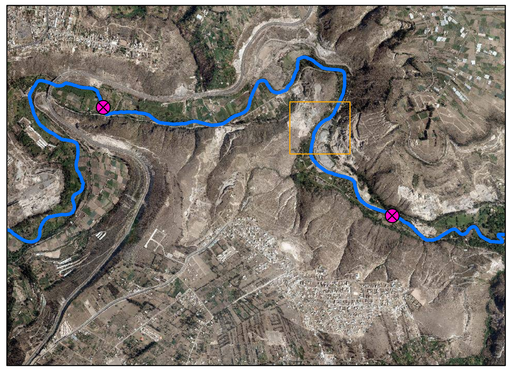
Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 1984
Zona: 17 Sur
False Easting: 500000,0
False Northing: 10000000,0
Central Meridian: -81,0
Scale Factor: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

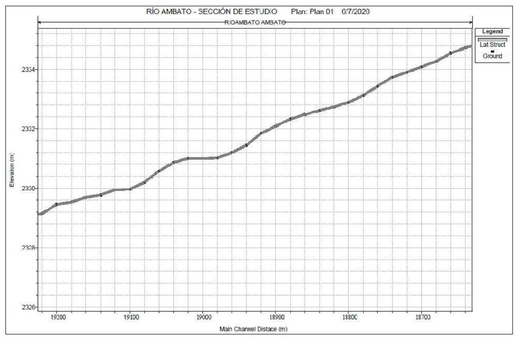
- Curvas de Nivel cada 10 m
- Curvas de Nivel cada 1 m
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Tramo Actual

UBICACION





PERFIL DEL TRAMO



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
PLANO TOPOGRAFICO Y PERFIL PARTE 5

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 28/05/2020	**LAMINA:** 10	**ESCALA:** 1:1000

769000 769100 769200 769300 769400 769500

9862300 9862200 9862100 9862000

2480 2490 2500 2440 2450 2460 2470 2420 2430 2390 2370 2340 2410 2400 2380 2360 2350 2330

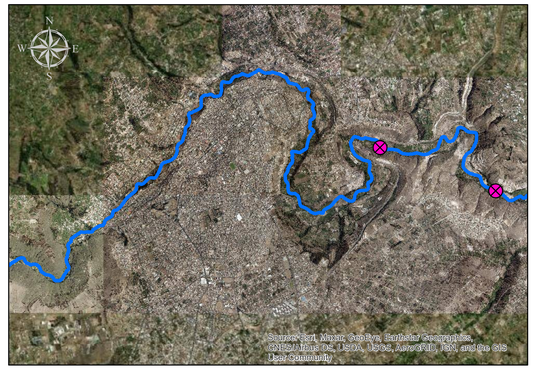
0 125 250 m

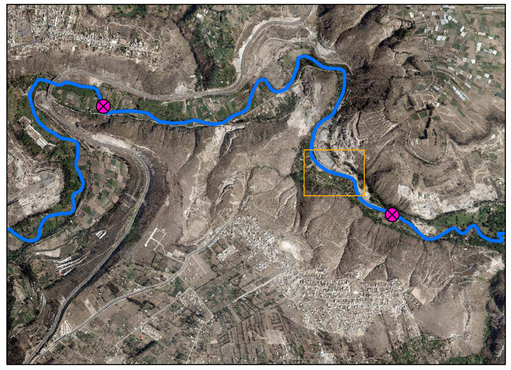
Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 1984
Zona: 17 Sur
False Easting: 500000,0
False Northing: 10000000,0
Central Meridian: -81,0
Scale Factor: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

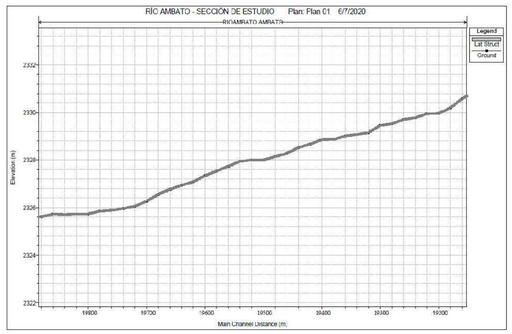
- Curvas de Nivel cada 10 m
- Curvas de Nivel cada 1 m
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Tramo Actual

UBICACION





PERFIL DEL TRAMO



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
PLANO TOPOGRAFICO Y PERFIL PARTE 6

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA:	**LAMINA:**	**ESCALA:**
28/05/2020	11	1:1000

769300 769400 769500 769600 769700 769800

9862100 9862000 9861900 9861800

2330 2340 2350 2360 2370 2380 2390 2400 2410 2420 2430 2460 2470 2480 2490 2500

0 125 250 m

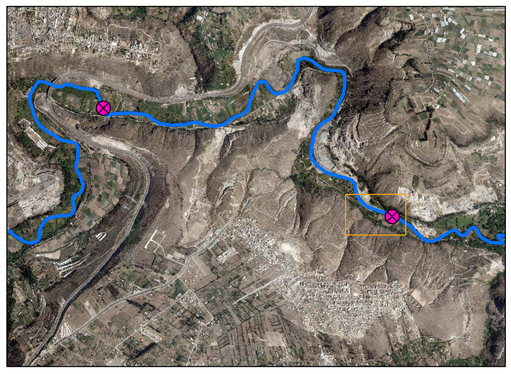
Proyección: Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 1984
Zona: 17 Sur
False Easting: 500000,0
False Northing: 10000000,0
Central Meridian: -81,0
Scale Factor: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

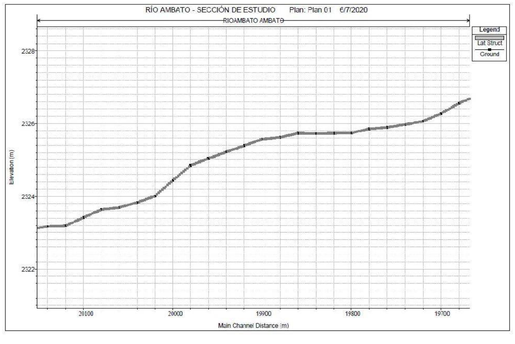
- Curvas de Nivel cada 10 m
- Curvas de Nivel cada 1 m
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Tramo Actual

UBICACION





PERFIL DEL TRAMO



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
PLANO TOPOGRAFICO Y PERFIL PARTE 7

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 28/05/2020	**LAMINA:** 12	**ESCALA:** 1:1000

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1963

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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

													Q. ANUAL.
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

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1964

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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	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

Q. ANUAL.
1.02
5.95
47.42
67.38

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1965

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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	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

Q. ANUAL.
0.87
5.54
22.48
44.06

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1966

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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

													Q. ANUAL.
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	1.29
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	5.2
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	37.83
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	50.78

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1967

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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	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

Q. ANUAL.
2.14
6.6
49.62
70.14

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1968

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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	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	4.89
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	44.85
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	66.14

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1969

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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	1.45
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	5.57
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	38.87
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	51.77

Q. ANUAL.
1.45
5.57
38.87
51.77

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1970

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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	8.74	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

													Q. **ANUAL.**
QMIN.	3.65	3.49	5.69	5.36	3.99	8.14	0	4.84	4.54	3.34	3.04	1.01	1.01
QMED.	9.48	13.82	8.97	9.03	11.35	18.67	0	9.71	7.71	4.06	6.12	3.06	9.27
QMAX.	23.3	36.42	16.71	19.67	32.3	46.23	0	35.78	21.14	6.52	16.73	8.26	46.23
QMC.	36.27	61.07	25.95	21.95	38.88	52.87	0	68.79	32.99	0	25.72	14.71	68.79

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1971

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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

													Q. ANUAL.
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

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1972

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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

													Q. **ANUAL.**
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	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	7.48
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	84.71
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	92.75

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1973

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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	8.53	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

													Q. ANUAL.
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	0.31
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	4.96
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	41.62
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	68.79

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1974

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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		6.04

													Q. ANUAL.
QMIN.	1.82	5.15	2.9	2.63	4.36	0	0	0	0	0	4.17	3.41	1.82
QMED.	3.49	7.89	6.32	3.95	8.65	0	0	0	0	0	6.46	6.16	6.13
QMAX.	4.64	15.14	17.08	6.83	18.87	0	0	0	0	0	13.83	12.82	18.87
QMC.	5.36	25.72	41.63	14.71	54.5	0	0	0	0	0	32.99	15.62	54.5

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1975

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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

													Q. ANUAL.
QMIN.	3.99	3.65	3.82	3.49	3.65	6.28	8.44	8	4.74	3.99	4.74	3.49	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	9.58
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	49.47
QMC.	20.79	31.43	58.64	13.42	19.67	66.14	49.62	38	74.31	48.56	14.71	10.72	74.31

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1976

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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

													Q. **ANUAL.**
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	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	7.28
QMAX.	14.71	6.3	6.74	18.19	35.54	41	77.06	14.35	12	3.83	5.31	8.09	77.06
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	101.33

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1977

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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

													Q. ANUAL.
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	0.38
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	4.57
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	41.84
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	65.4

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1978

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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

													Q. ANUAL.
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	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	5.37
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	30.52
QMC.	6.29	14.14	41.45	34.04	13.94	51.05	33	36.53	6.55	22.27	1.45	3.64	51.05

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1979

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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

													Q. **ANUAL.**
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	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	2.11
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	23.11
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	64.19

Datos Hidrométricos Estacion Tilulún 1980

#. DÍA.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
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

													Q. ANUAL.
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	0.33
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	4.32
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	52.84
QMC.	3.64	52.84	19.91	33	17.94	22	17.46	12.35	6.82	27.79	9.18	6.04	52.84

767400 767500 767600 767700 767800 767900

9862700 9862600 9862500 9862400 9862300

2300 2310 2320 2330 2340 2350 2360 2370 2380 2390 2400 2410 2420 2430 2440 2450 2460 2470 2480 2490 2500 2510 2520

0 125 250 m

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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

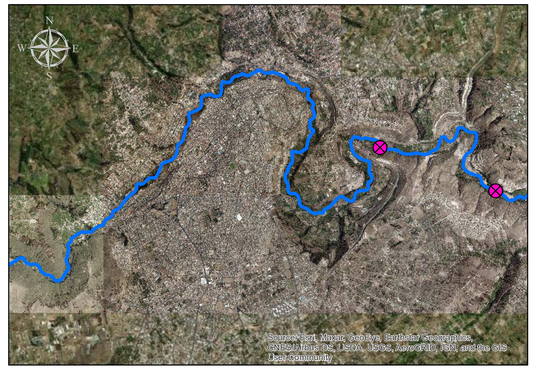
Leyenda

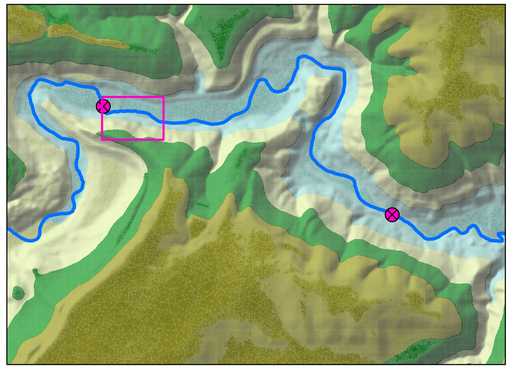
- Curvas de Nivel cada 10 m
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Tramo Actual
- Secciones cada 20 m

Elevación

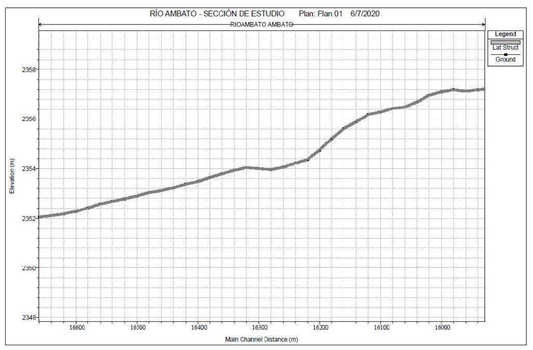
2984.695 - 3070.803
2898.588 - 2984.695
2812.48 - 2898.588
2726.372 - 2812.48
2640.265 - 2726.372
2554.157 - 2640.265
2468.05 - 2554.157
2381.942 - 2468.05
2295.834 - 2381.942

UBICACION





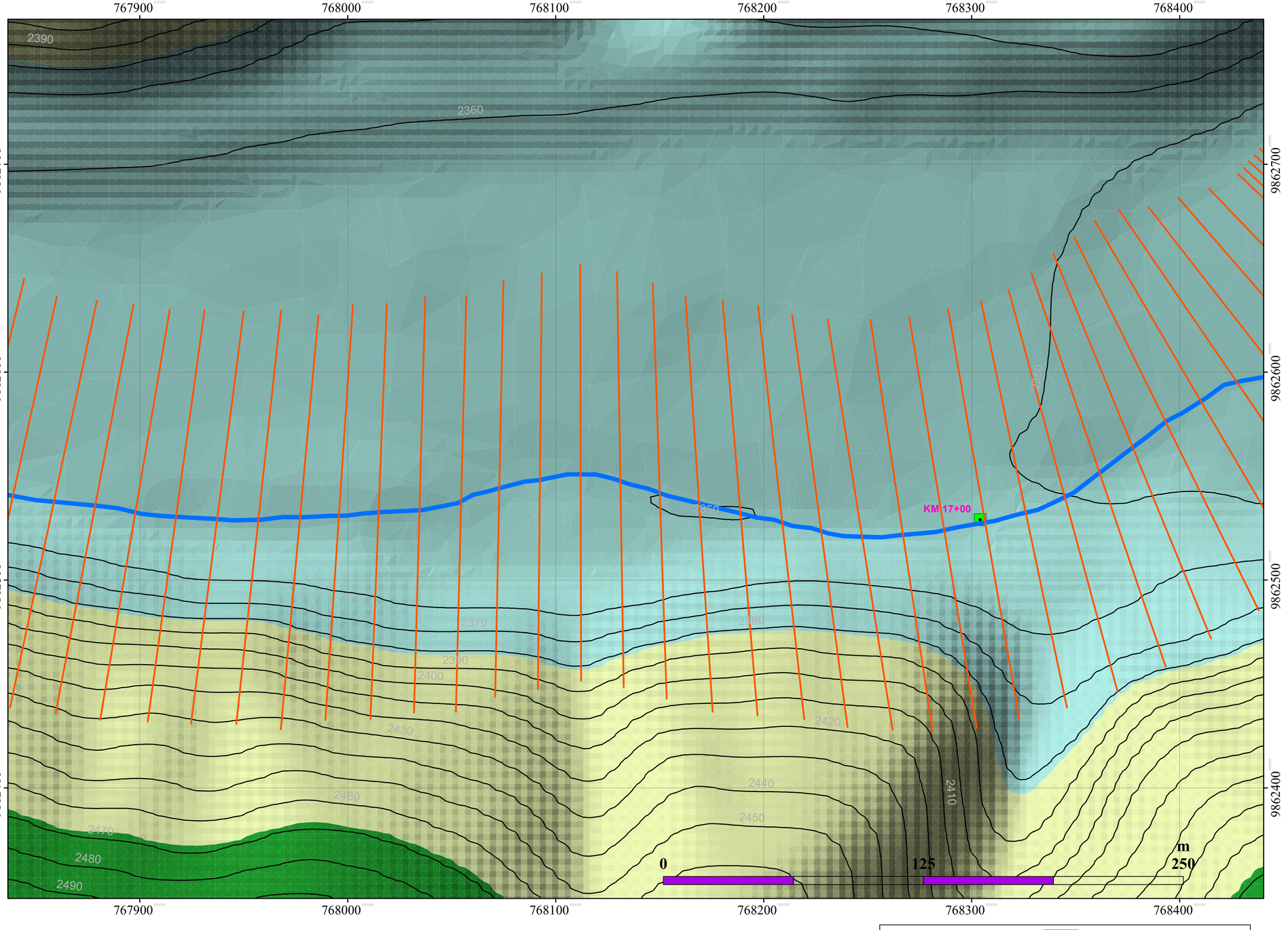
PERFIL DEL TRAMO



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE: PLANO SUPERFICIE PARTE 1

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 29/05/2020	**LAMINA:** 13	**ESCALA:** 1:1000



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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

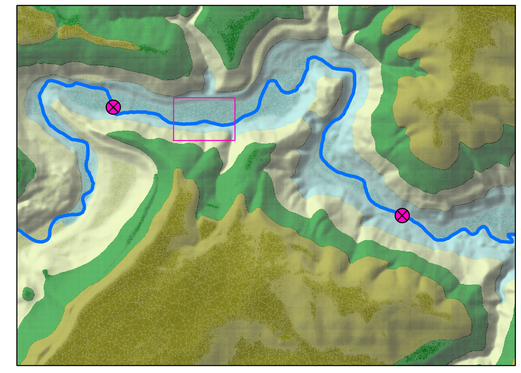
- Curvas de Nivel cada 10 m
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Tramo Actual
- Secciones cada 20 m

Elevación

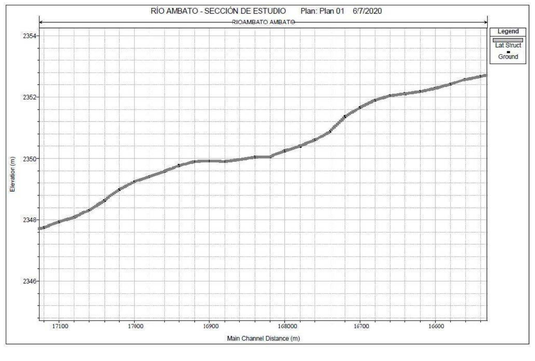
2984.695 - 3070.803
2898.588 - 2984.695
2812.48 - 2898.588
2726.372 - 2812.48
2640.265 - 2726.372
2554.157 - 2640.265
2468.05 - 2554.157
2381.942 - 2468.05
2295.834 - 2381.942

UBICACION





PERFIL DEL TRAMO



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
PLANO SUPERFICIE PARTE 2

ELABORADO POR:	**TUTOR:**	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 29/05/2020	**LAMINA:** 14	**ESCALA:** 1:1000

768400 768500 768600 768700 768800 768900

9862900 9862800 9862700 9862600 9862500

2430 2420 2410 2400 2390 2380 2370 2360 2350

0 125 250 m

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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

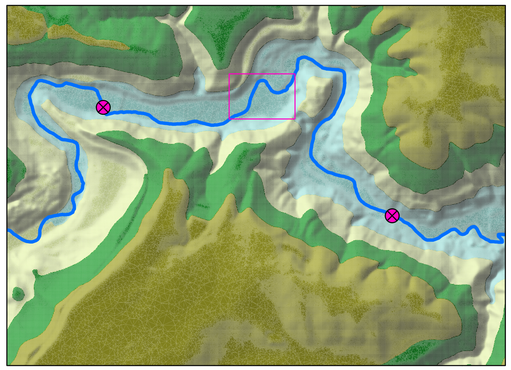
- Curvas de Nivel cada 10 m
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Tramo Actual
- Secciones cada 20 m

Elevación

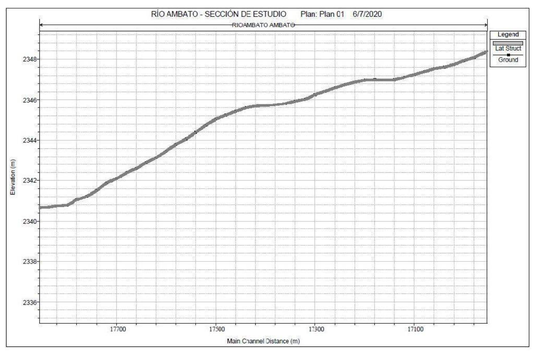
2984.695 - 3070.803
2898.588 - 2984.695
2812.48 - 2898.588
2726.372 - 2812.48
2640.265 - 2726.372
2554.157 - 2640.265
2468.05 - 2554.157
2381.942 - 2468.05
2295.834 - 2381.942

UBICACION





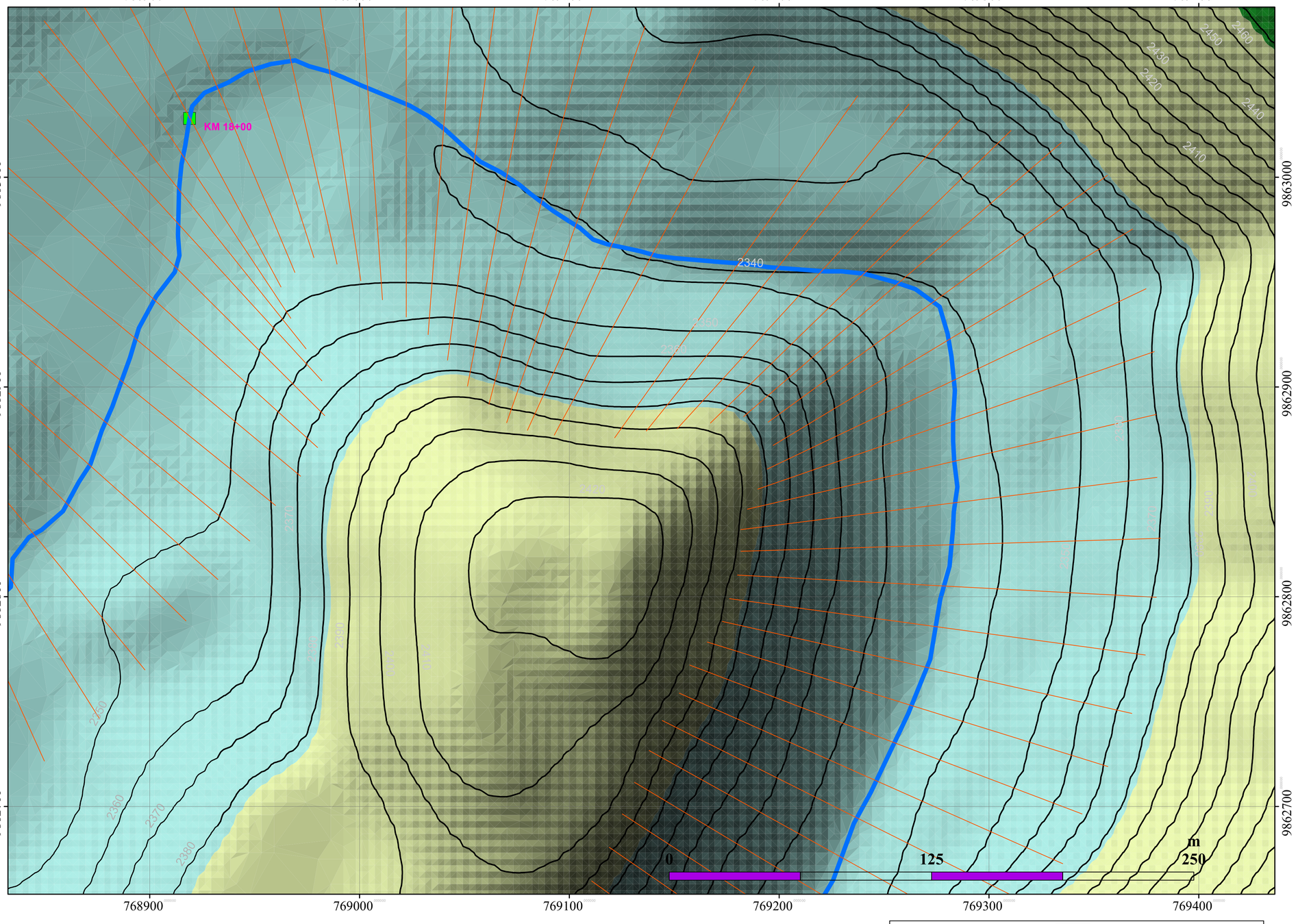
PERFIL DEL TRAMO



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
PLANO SUPERFICIE PARTE 3

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 29/05/2020	**LAMINA:** 15	**ESCALA:** 1:1000



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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

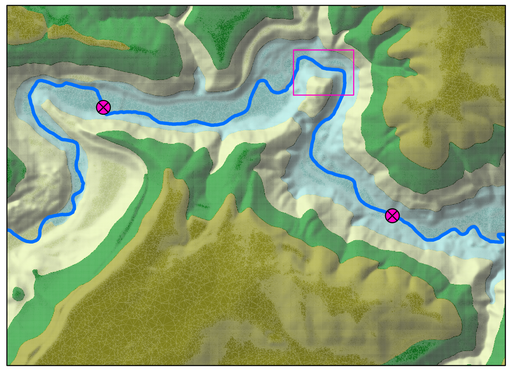
- Curvas de Nivel cada 10 m
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Tramo Actual
- Secciones cada 20 m

Elevación

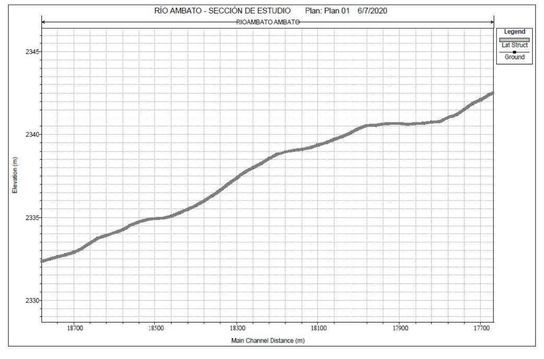
2984.695 - 3070.803
2898.588 - 2984.695
2812.48 - 2898.588
2726.372 - 2812.48
2640.265 - 2726.372
2554.157 - 2640.265
2468.05 - 2554.157
2381.942 - 2468.05
2295.834 - 2381.942

UBICACION





PERFIL DEL TRAMO



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
PLANO SUPERFICIE PARTE 4

ELABORADO POR:	**TUTOR:**	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 30/05/2020	**LAMINA:** 16	**ESCALA:** 1:1000

768900 769000 769100 769200 769300 769400

9862600 9862500 9862400 9862300

KM 19+00

0 125 m 250

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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

- Curvas de Nivel cada 10 m
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Tramo Actual
- Secciones cada 20 m

Elevación

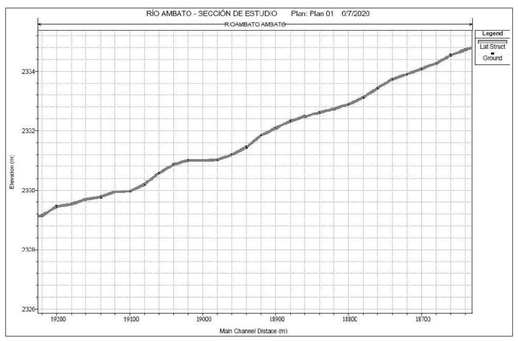
2984.695 - 3070.803
2898.588 - 2984.695
2812.48 - 2898.588
2726.372 - 2812.48
2640.265 - 2726.372
2554.157 - 2640.265
2468.05 - 2554.157
2381.942 - 2468.05
2295.834 - 2381.942

UBICACION





PERFIL DEL TRAMO



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE: PLANO SUPERFICIE PARTE 5

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 01/06/2020	**LAMINA:** 17	**ESCALA:** 1:1000

769000 769100 769200 769300 769400 769500

9862300 9862200 9862100 9862000

2480 2490 2500 2470 2460 2450 2440 2430 2420 2410 2400 2390 2380 2370 2360 2350 2340 2330 2320 2310

0 125 m 250

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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

Leyenda

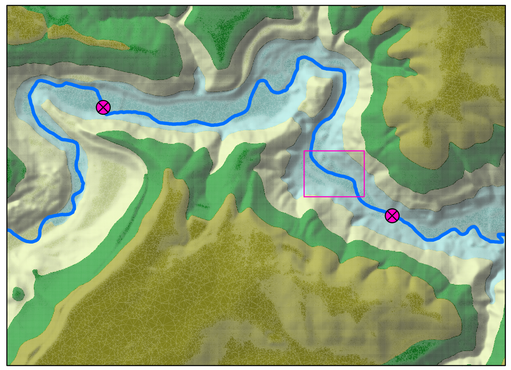
- Curvas de Nivel cada 10 m
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Tramo Actual
- Secciones cada 20 m

Elevación

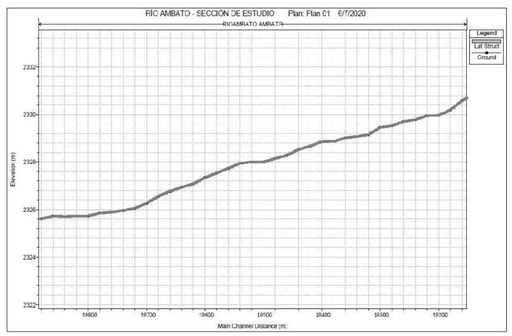
2984.695 - 3070.803
2898.588 - 2984.695
2812.48 - 2898.588
2726.372 - 2812.48
2640.265 - 2726.372
2554.157 - 2640.265
2468.05 - 2554.157
2381.942 - 2468.05
2295.834 - 2381.942

UBICACION





PERFIL DEL TRAMO



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
PLANO SUPERFICIE PARTE 6

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA:	**LAMINA:**	**ESCALA:**
01/06/2020	18	1:1000

769300 769400 769500 769600 769700 769800

9862000 9861900 9861800 9861700

2490 2480 2470 2460 2450 2440 2430 2420 2410 2400 2390 2380 2370 2360 2350 2340 2330

0 125 250 m

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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

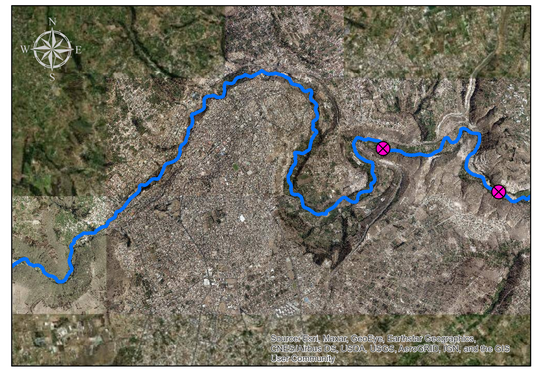
Leyenda

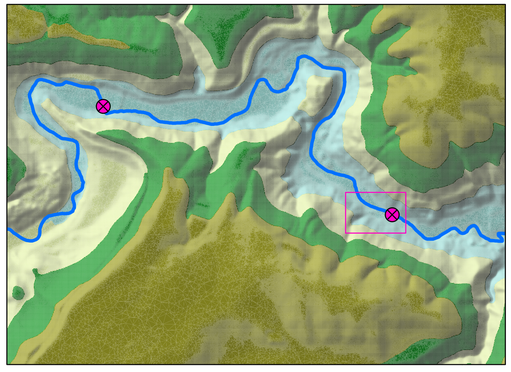
- Curvas de Nivel cada 10 m
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00
- Rio Ambato
- Tramo Actual
- Secciones cada 20 m

Elevación

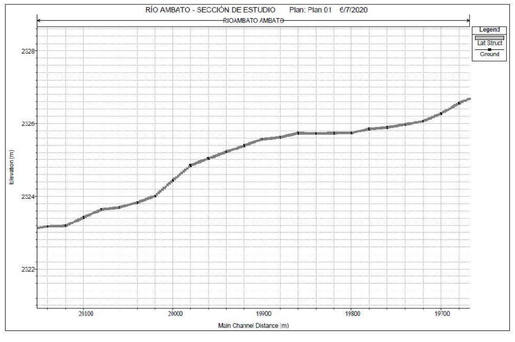
2984.695 - 3070.803
2898.588 - 2984.695
2812.48 - 2898.588
2726.372 - 2812.48
2640.265 - 2726.372
2554.157 - 2640.265
2468.05 - 2554.157
2381.942 - 2468.05
2295.834 - 2381.942

UBICACION





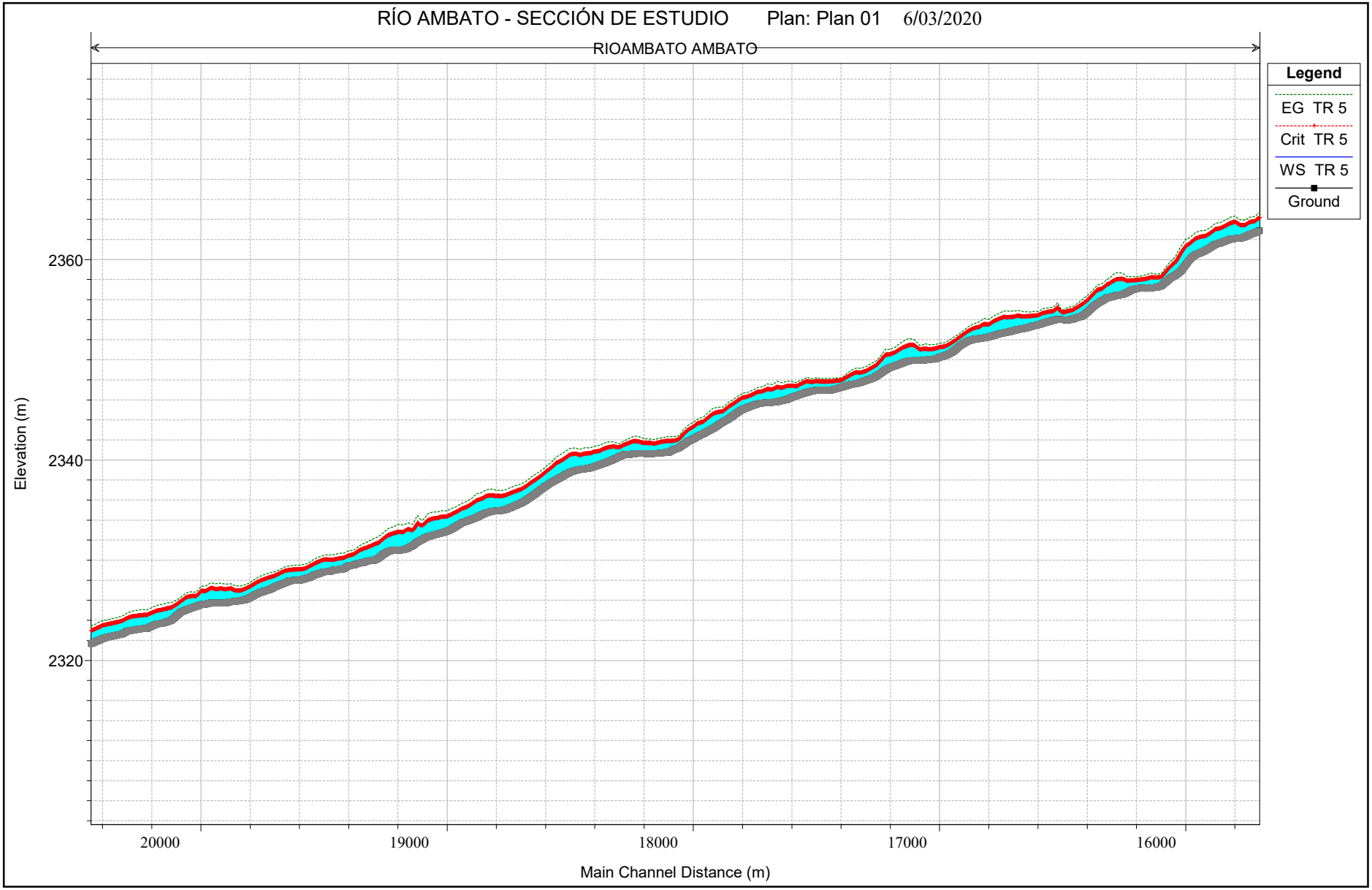
PERFIL DEL TRAMO

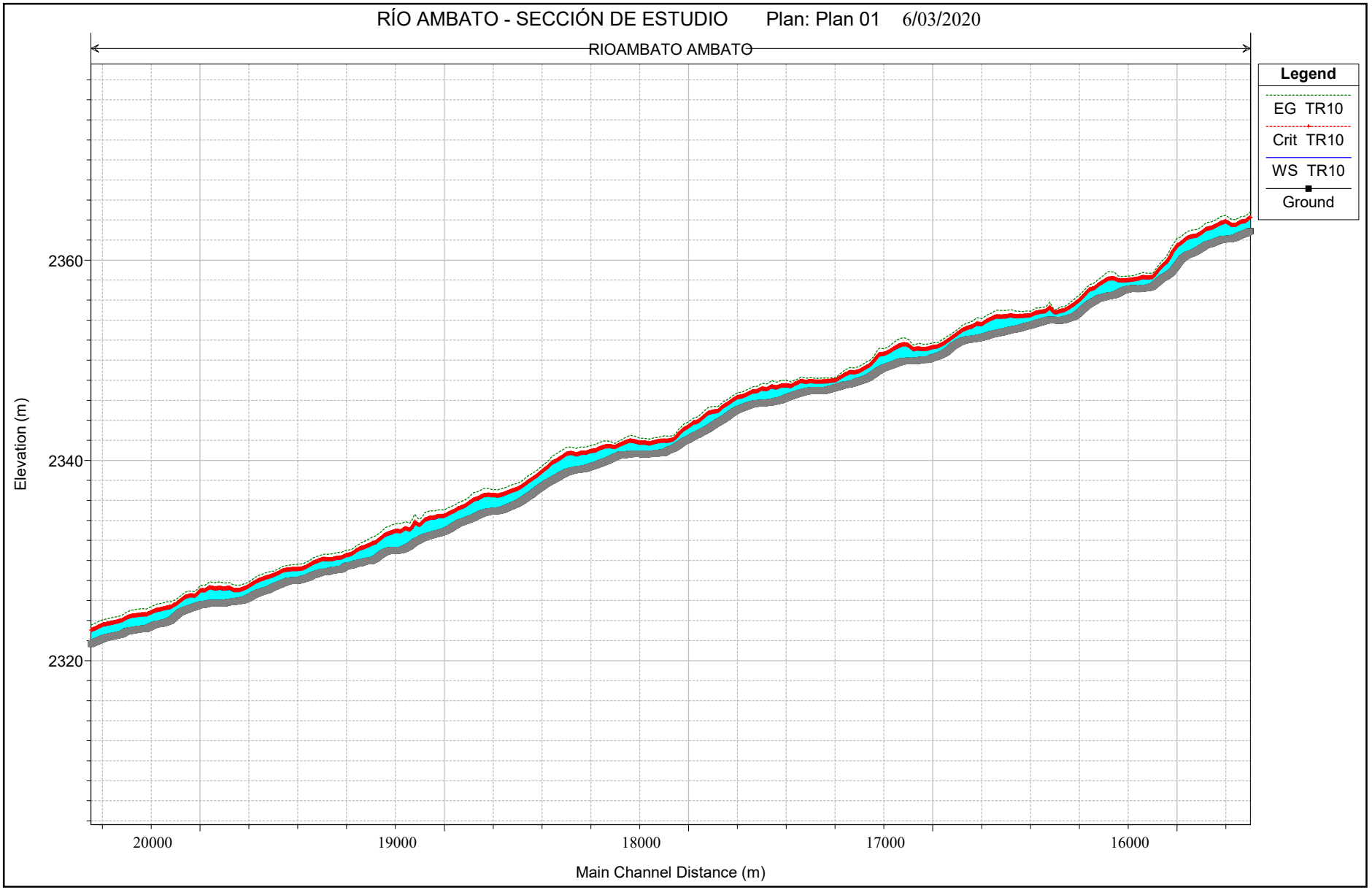


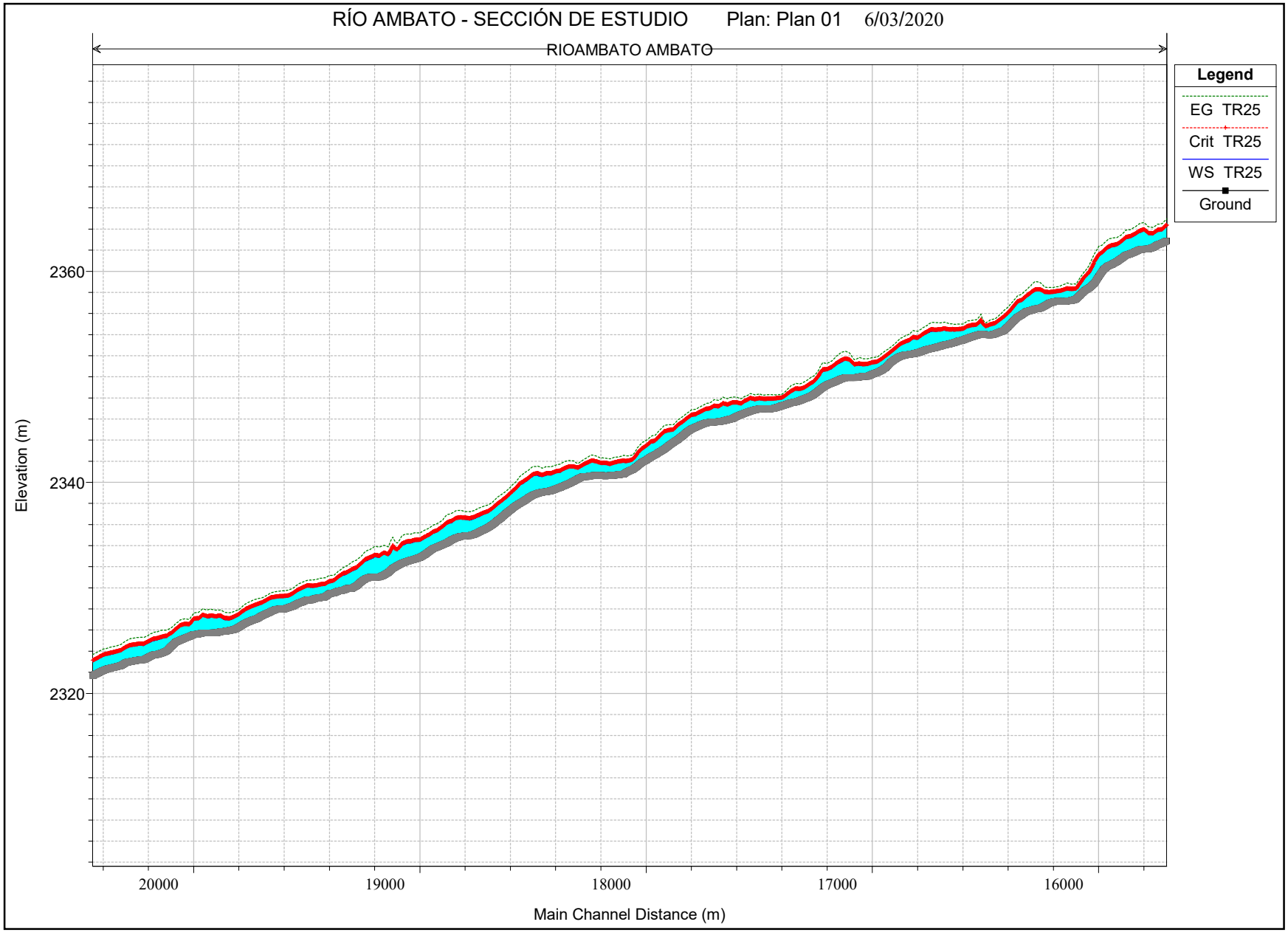
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

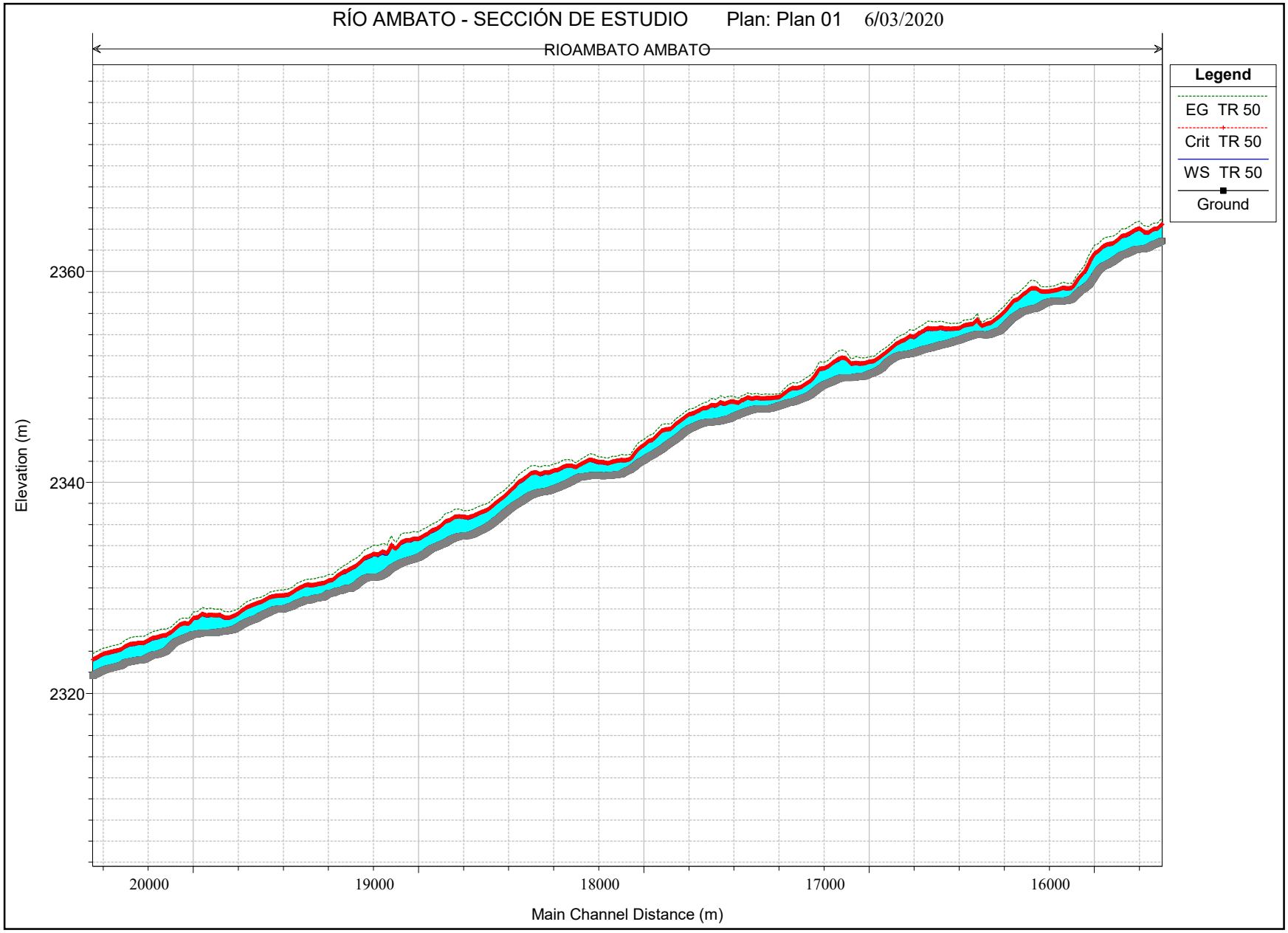
CONTIENE: PLANO SUPERFICIE PARTE 7

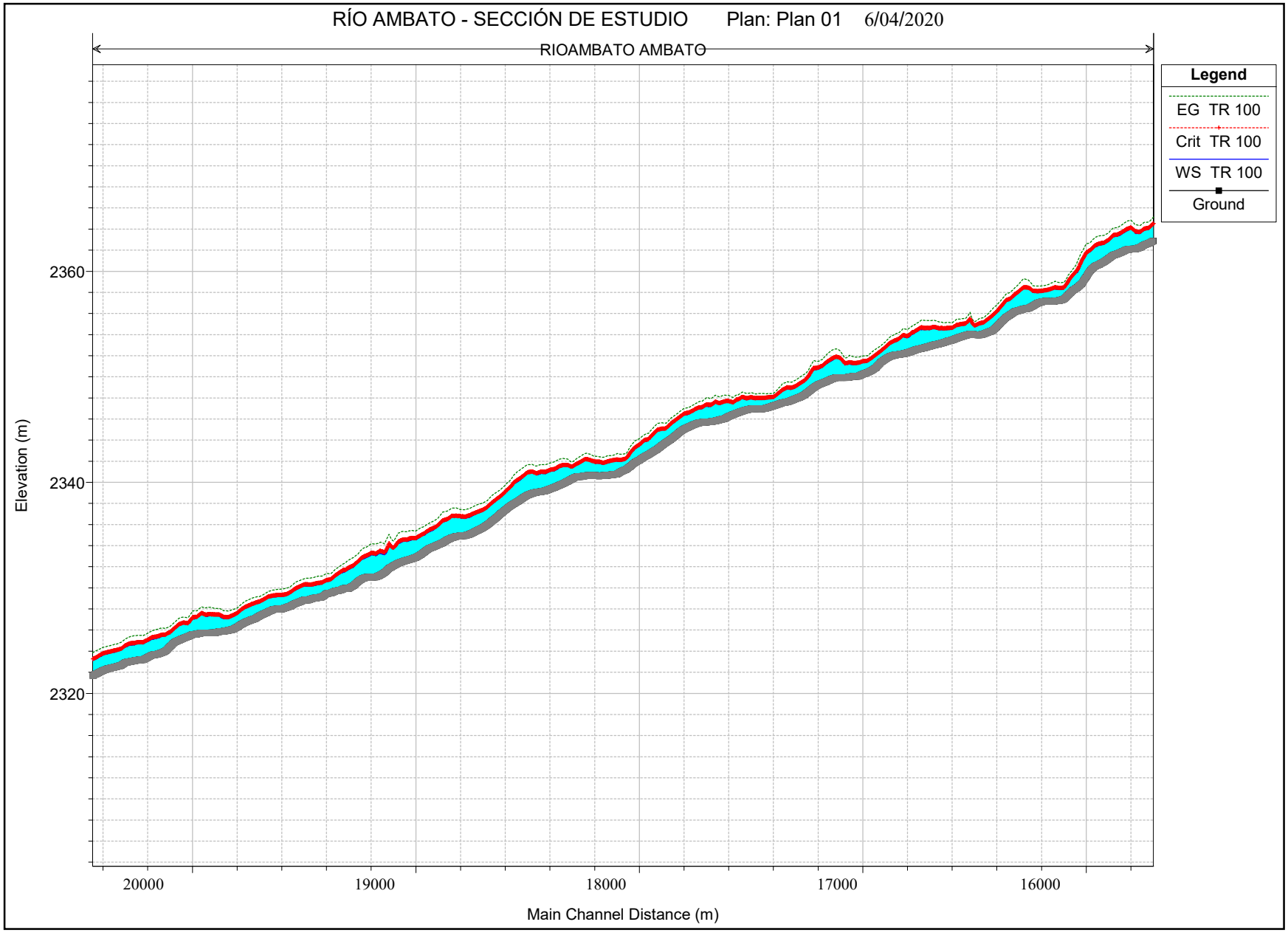
ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 02/06/2020	**LAMINA:** 19	**ESCALA:** 1:1000

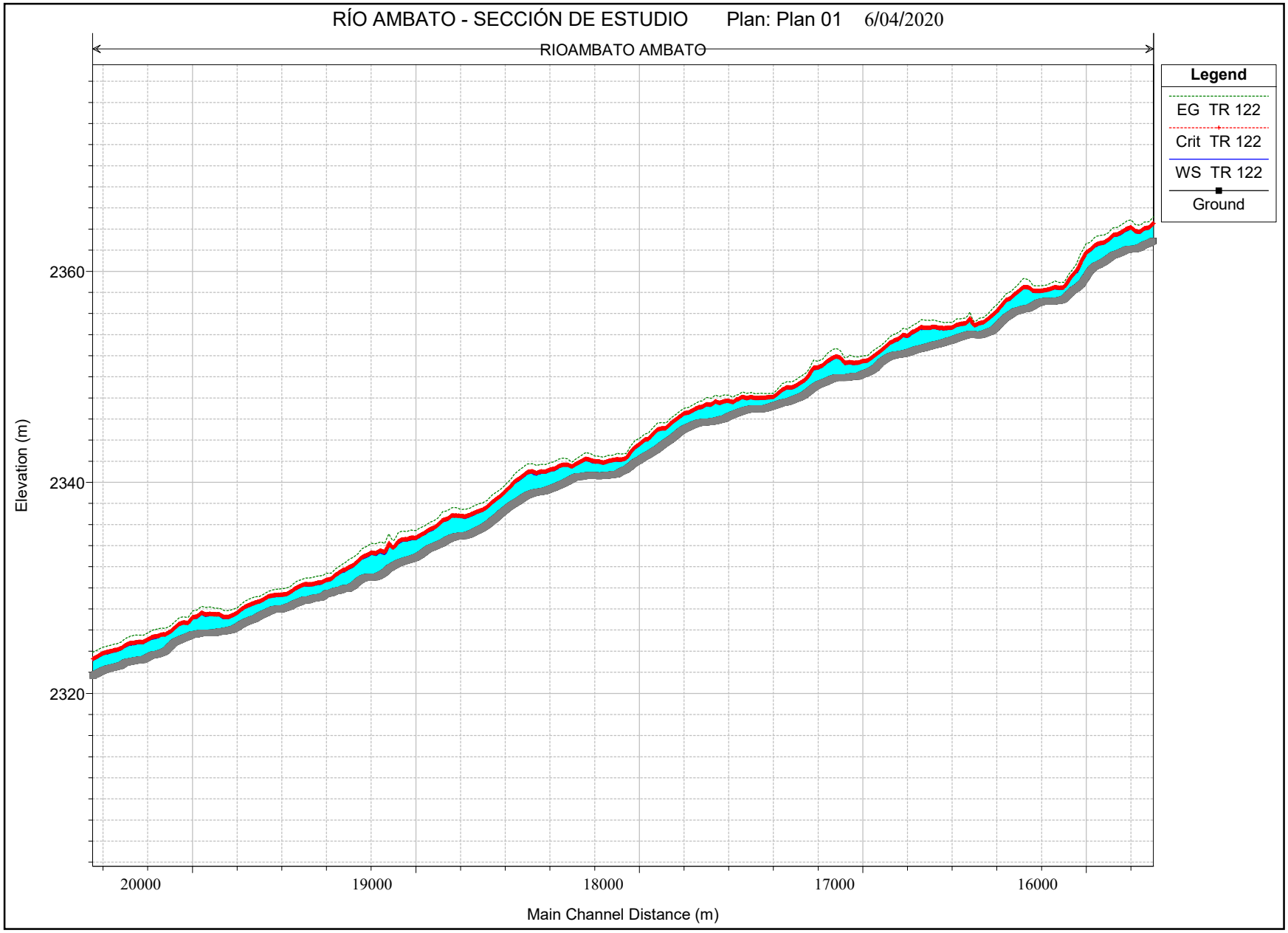

RÍO AMBATO - SECCIÓN DE ESTUDIO Plan: Plan 01 6/03/2020
RIOAMBATO AMBATO
Legend
EG TR 5
Crit TR 5
WS TR 5
Ground
Elevation (m)
2360
2340
2320
20000
19000
18000
17000
16000
Main Channel Distance (m)

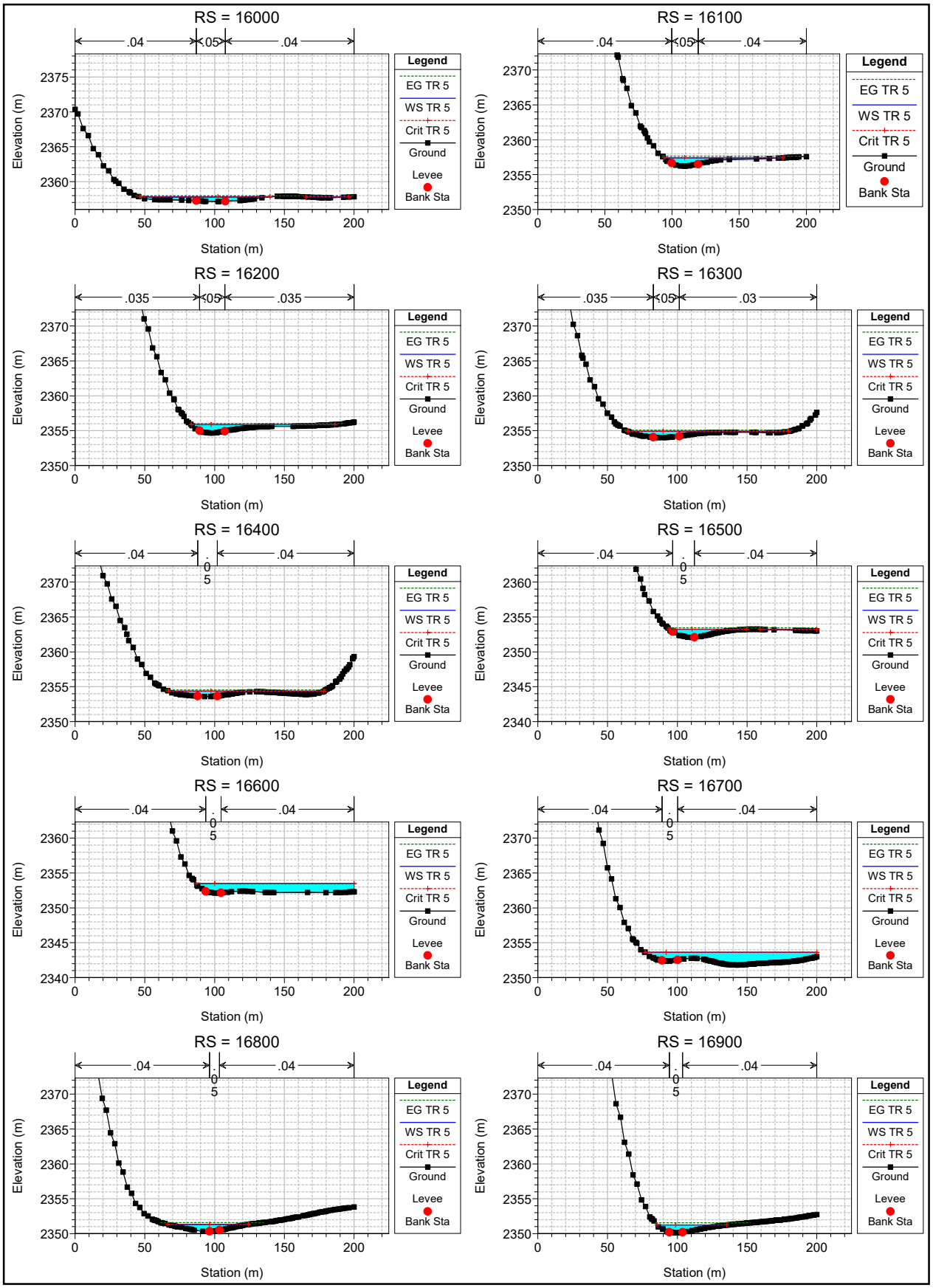

RÍO AMBATO - SECCIÓN DE ESTUDIO Plan: Plan 01 6/03/2020
RIOAMBATO AMBATO
Legend
EG TR10
Crit TR10
WS TR10
Ground
Elevation (m)
2360
2340
2320
20000
19000
18000
17000
16000
Main Channel Distance (m)


RÍO AMBATO - SECCIÓN DE ESTUDIO
Plan: Plan 01
6/03/2020
RIOAMBATO AMBATO
Legend
EG TR25
Crit TR25
WS TR25
Ground
Elevation (m)
2360
2340
2320
20000
19000
18000
17000
16000
Main Channel Distance (m)

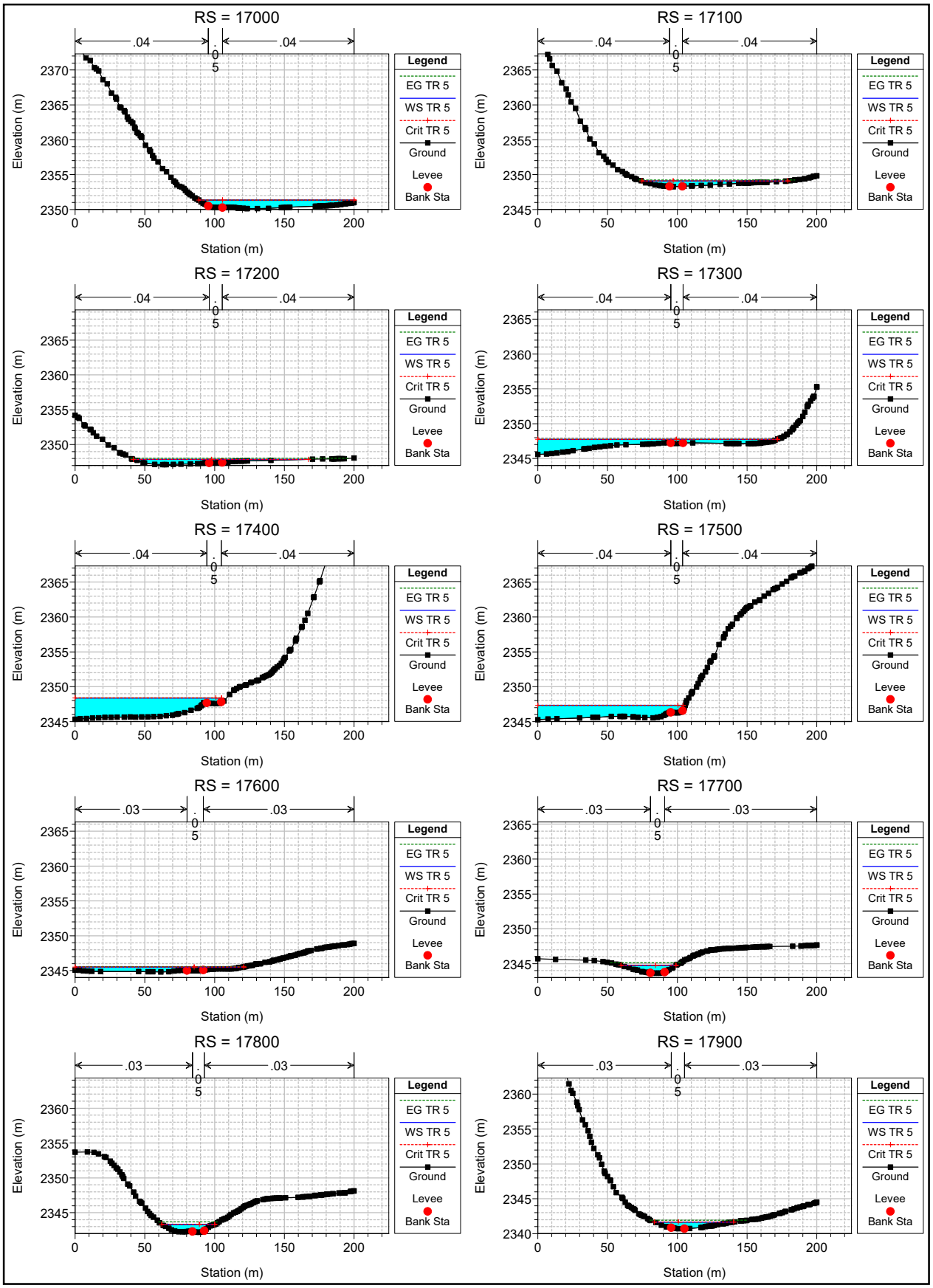

RÍO AMBATO - SECCIÓN DE ESTUDIO
Plan: Plan 01
6/03/2020
RIOAMBATO AMBATO
Legend
EG TR 50
Crit TR 50
WS TR 50
Ground
Elevation (m)
2360
2340
2320
20000
19000
18000
17000
16000
Main Channel Distance (m)


RÍO AMBATO - SECCIÓN DE ESTUDIO Plan: Plan 01 6/04/2020
RIOAMBATO AMBATO
Legend
EG TR 100
Crit TR 100
WS TR 100
Ground
Elevation (m)
2360
2340
2320
20000
19000
18000
17000
16000
Main Channel Distance (m)

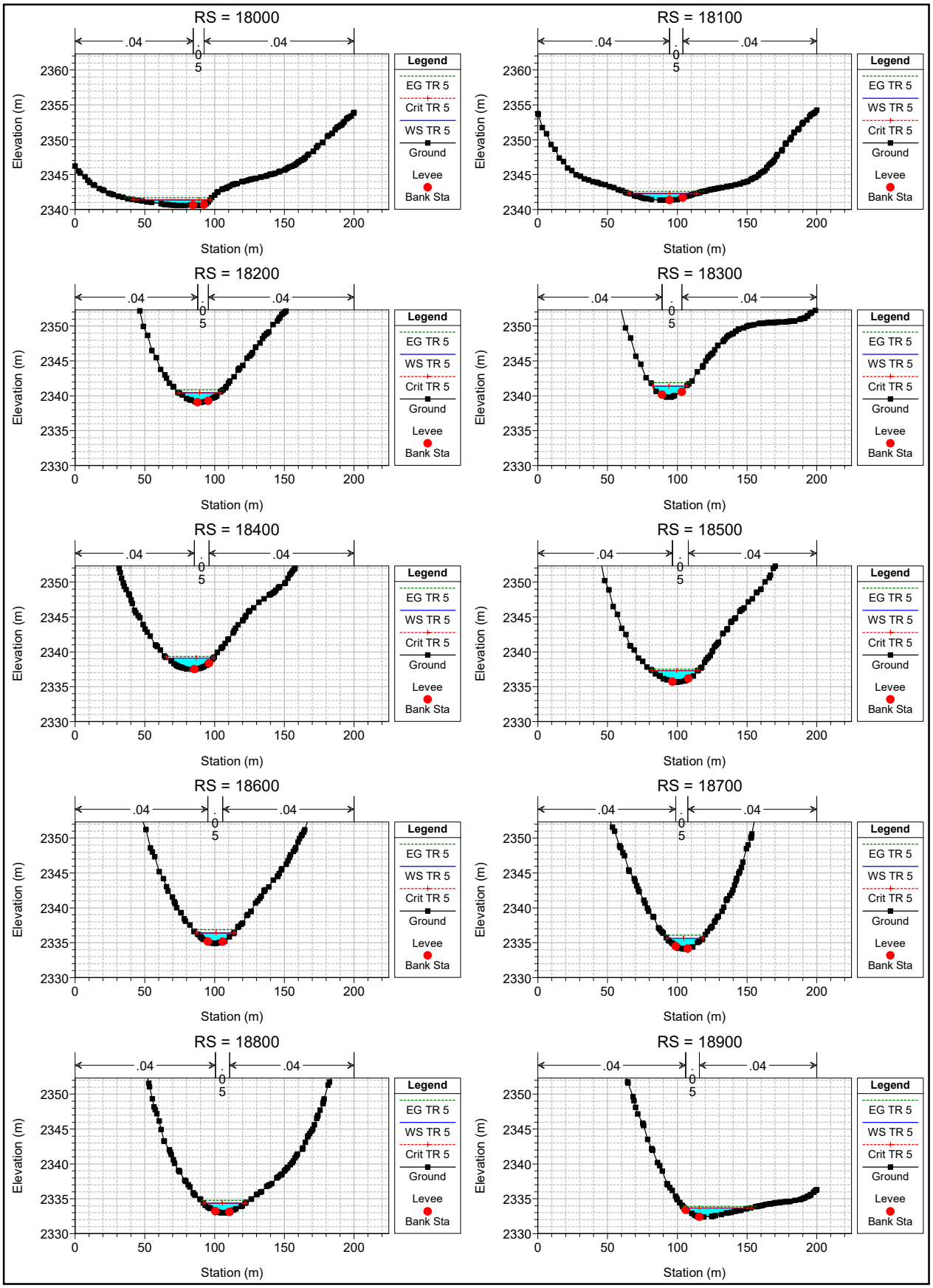

RÍO AMBATO - SECCIÓN DE ESTUDIO Plan: Plan 01 6/04/2020
RIOAMBATO AMBATO
Legend
EG TR 122
Crit TR 122
WS TR 122
Ground
Elevation (m)
2360
2340
2320
20000
19000
18000
17000
16000
Main Channel Distance (m)



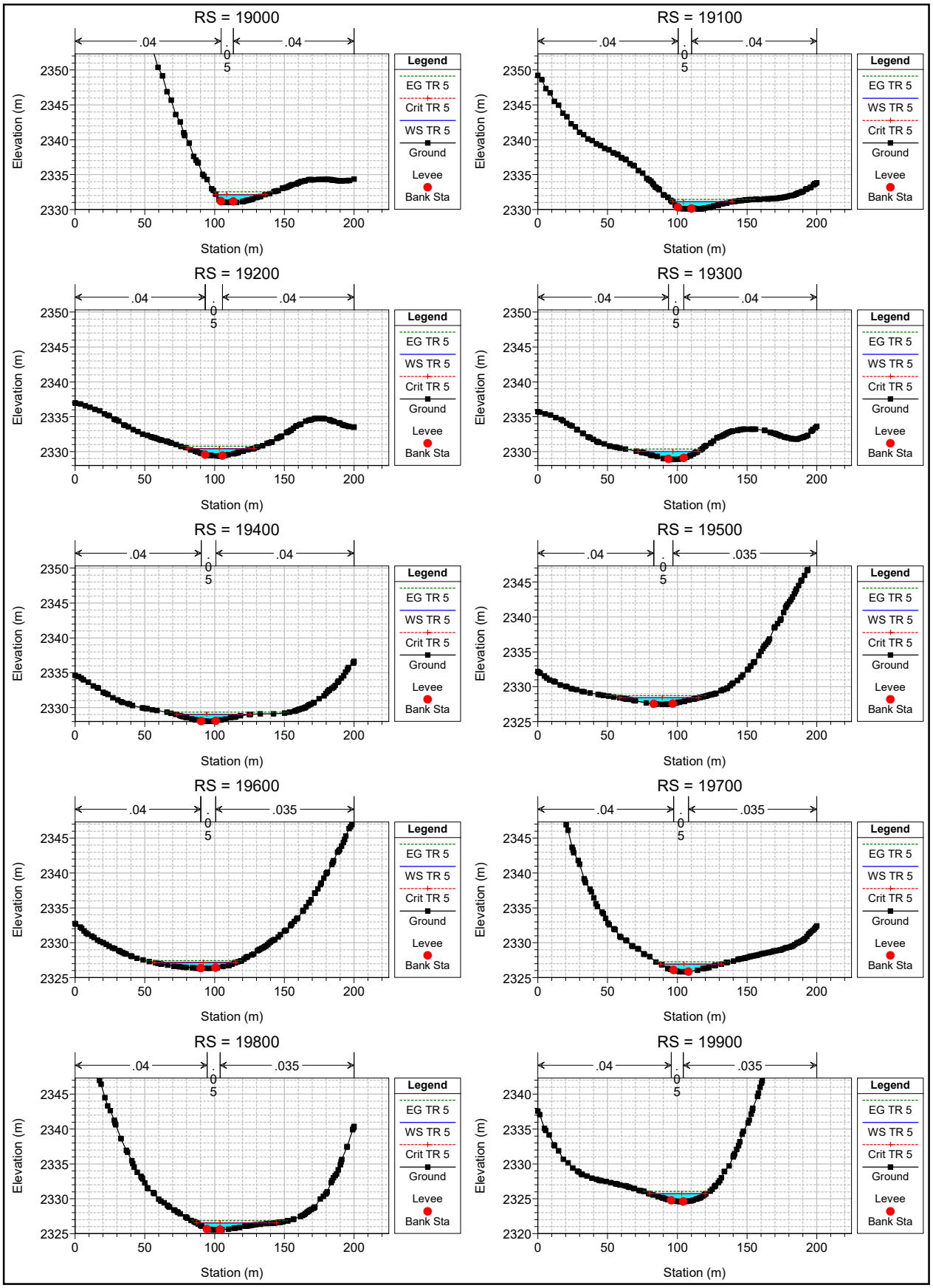
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



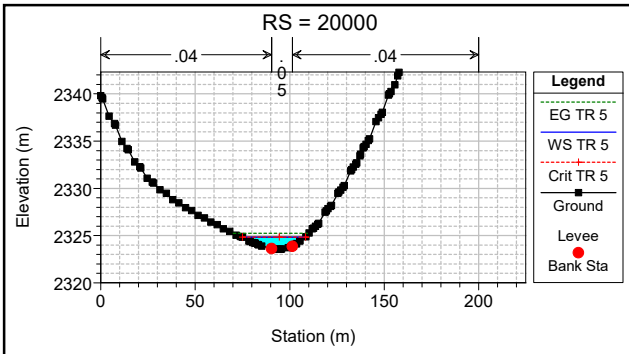
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



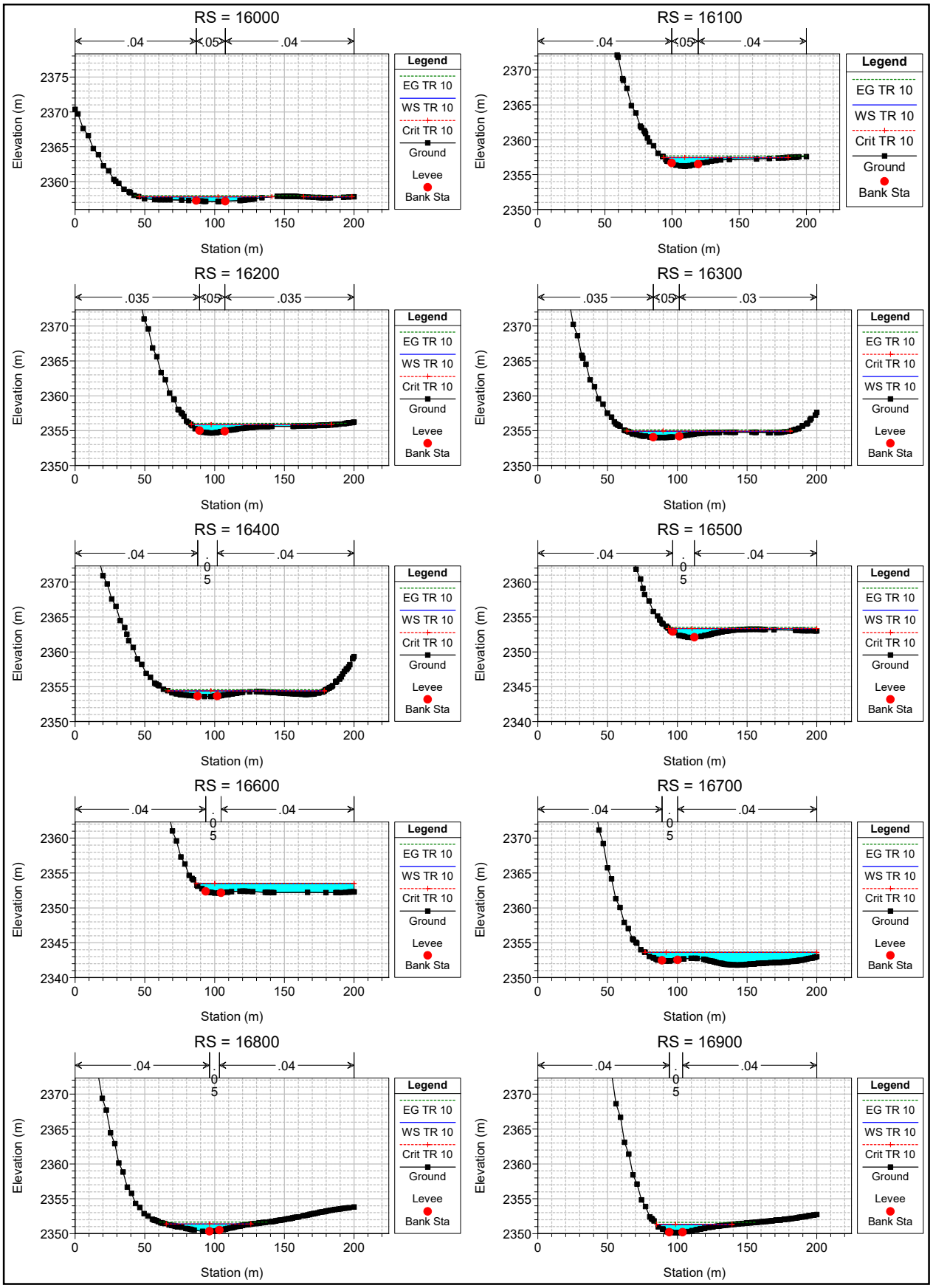
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



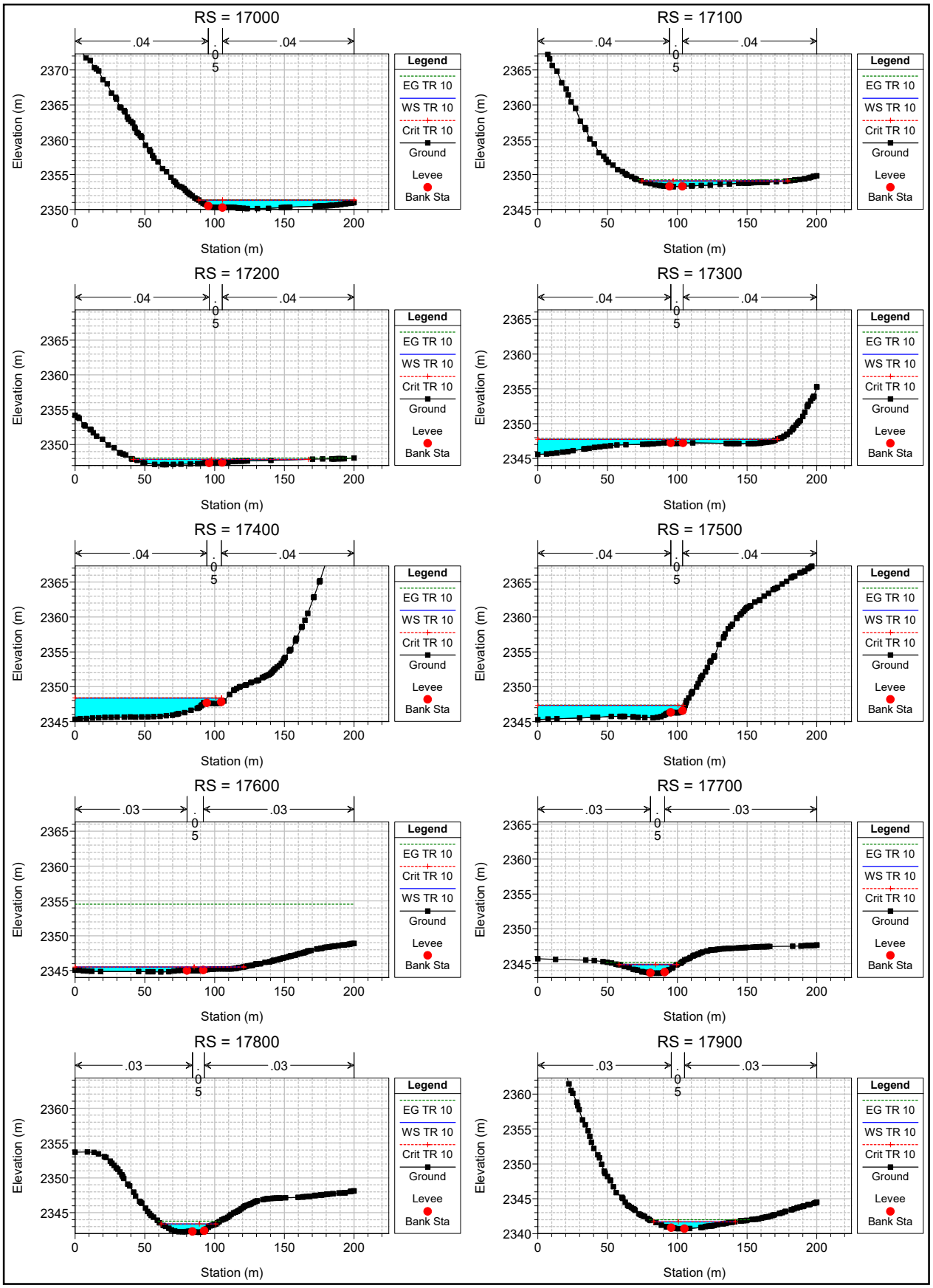
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



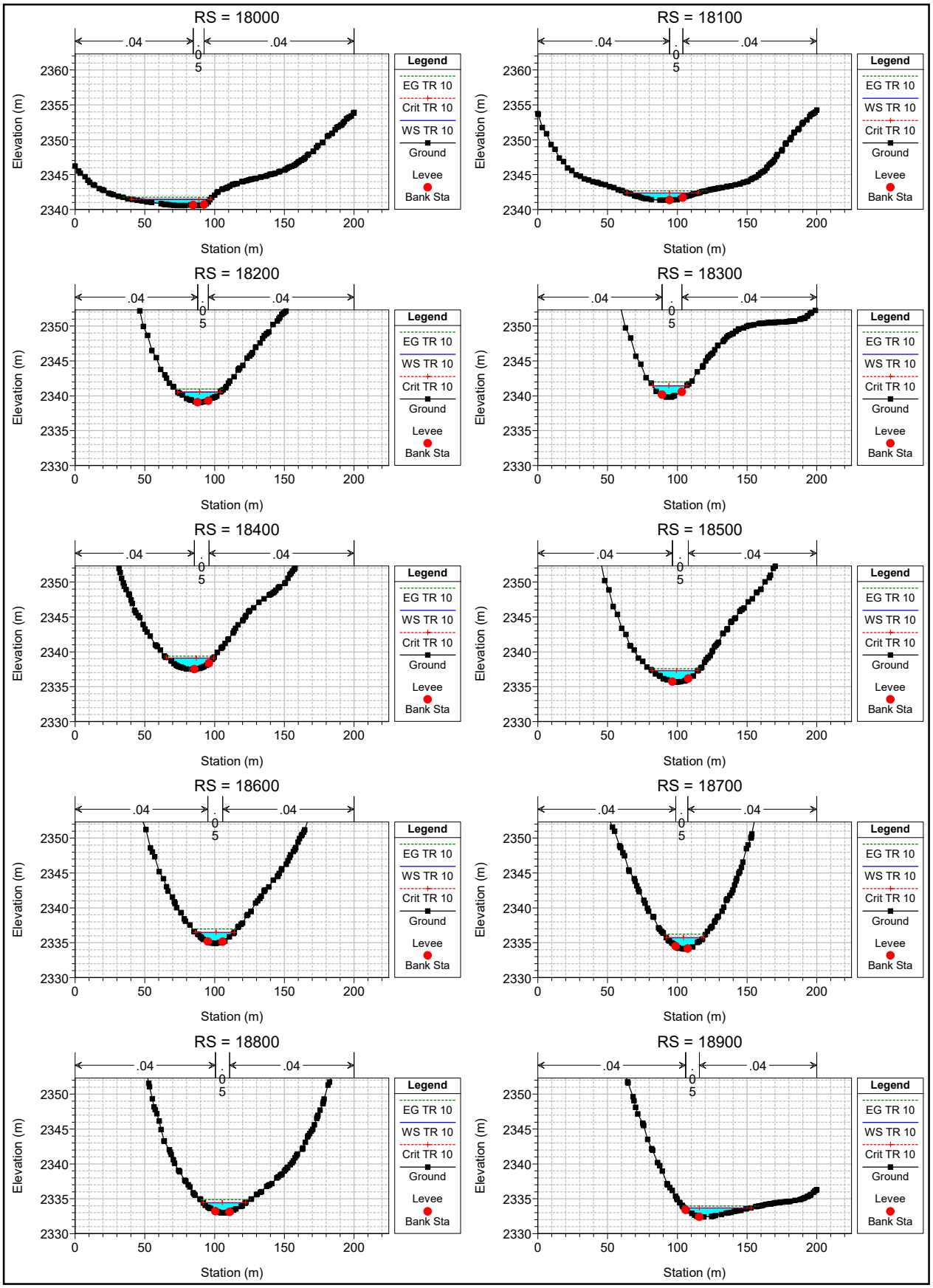
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



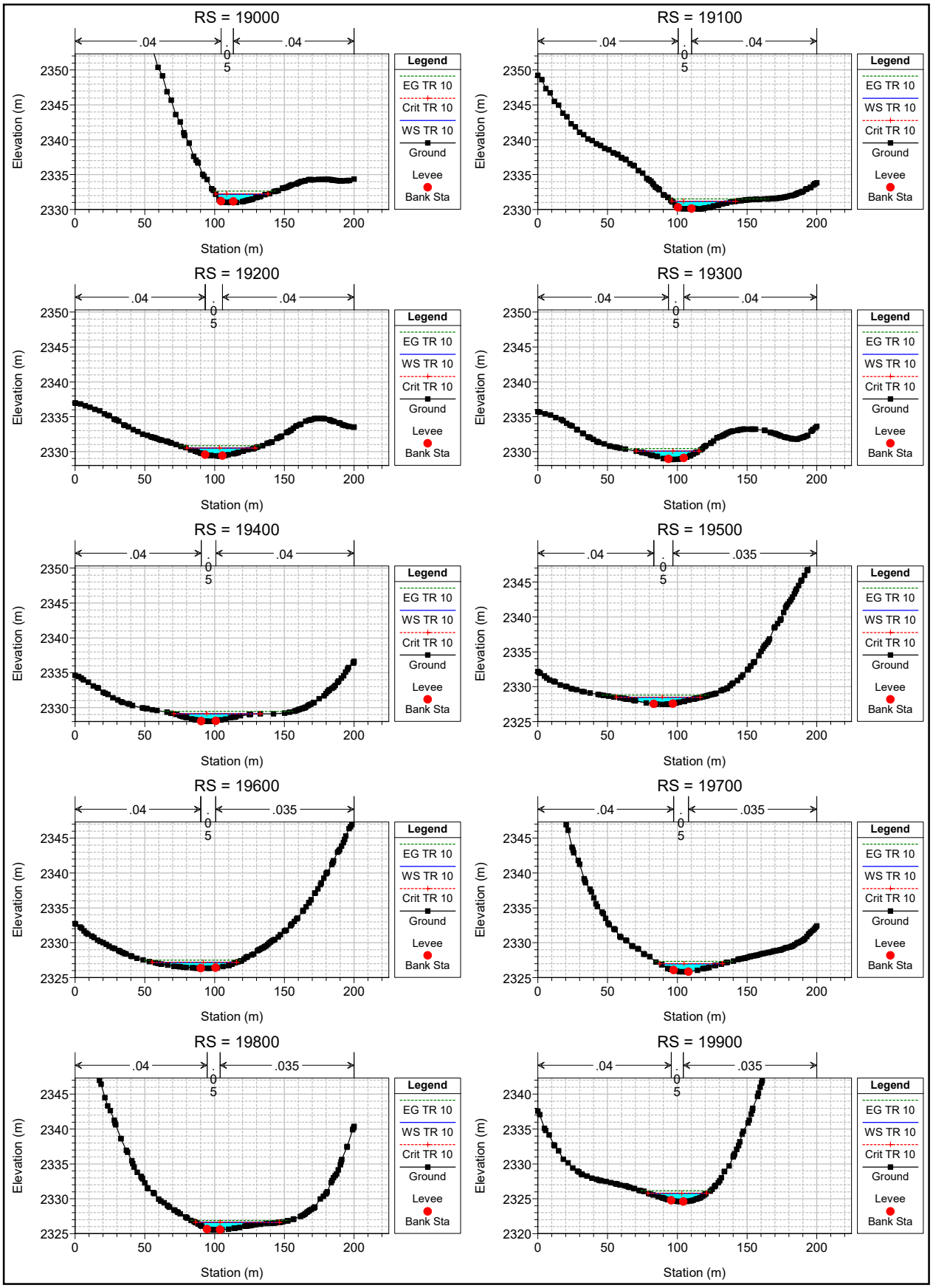
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



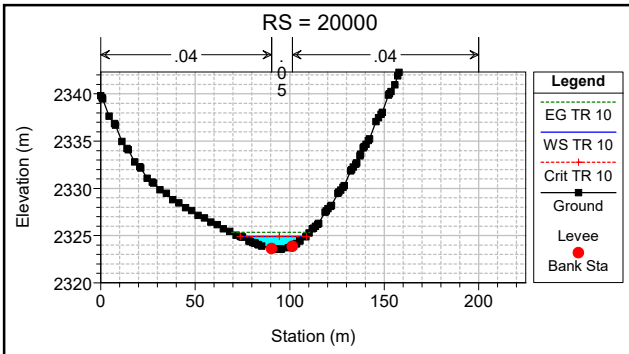
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



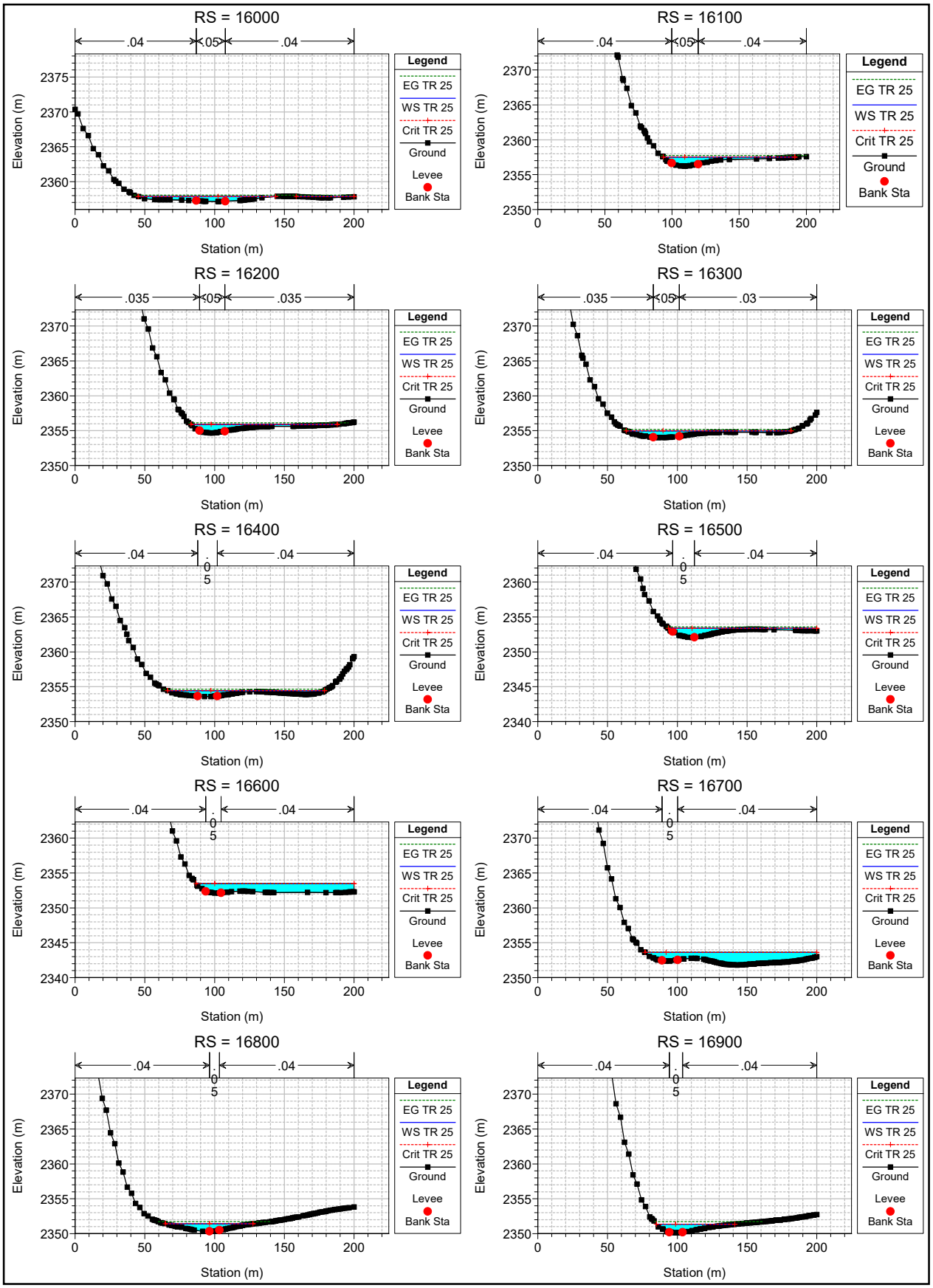
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



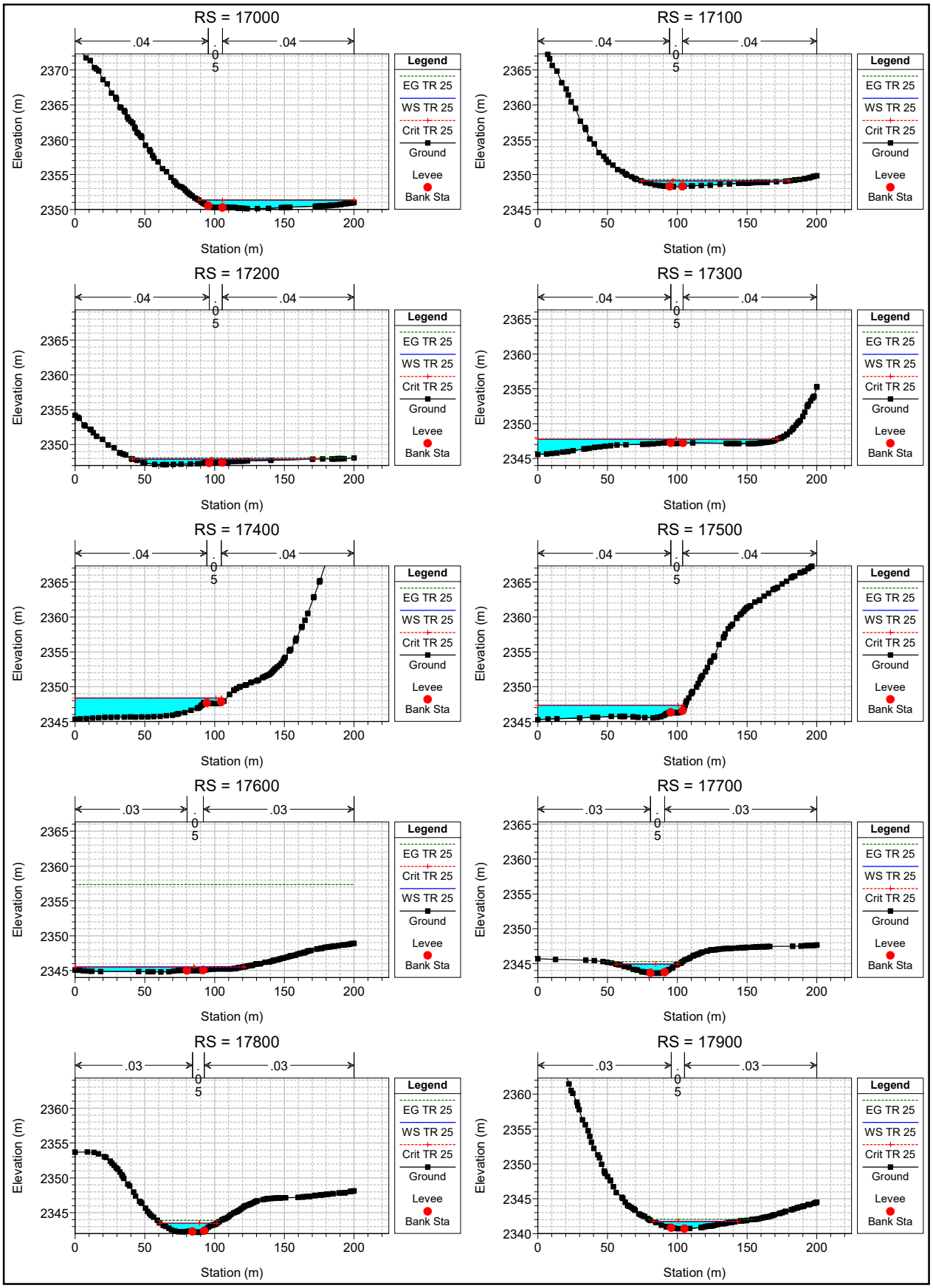
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



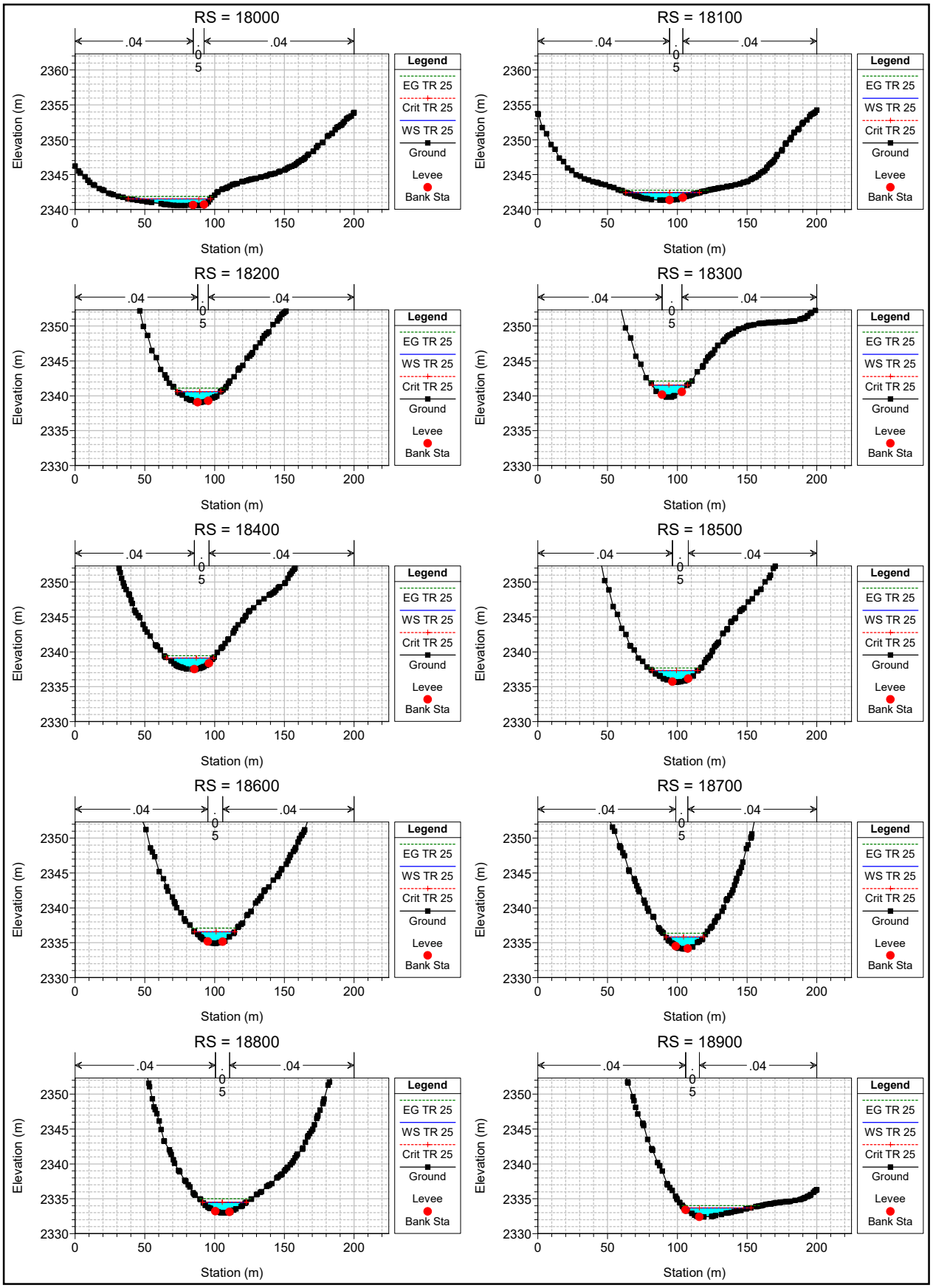
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



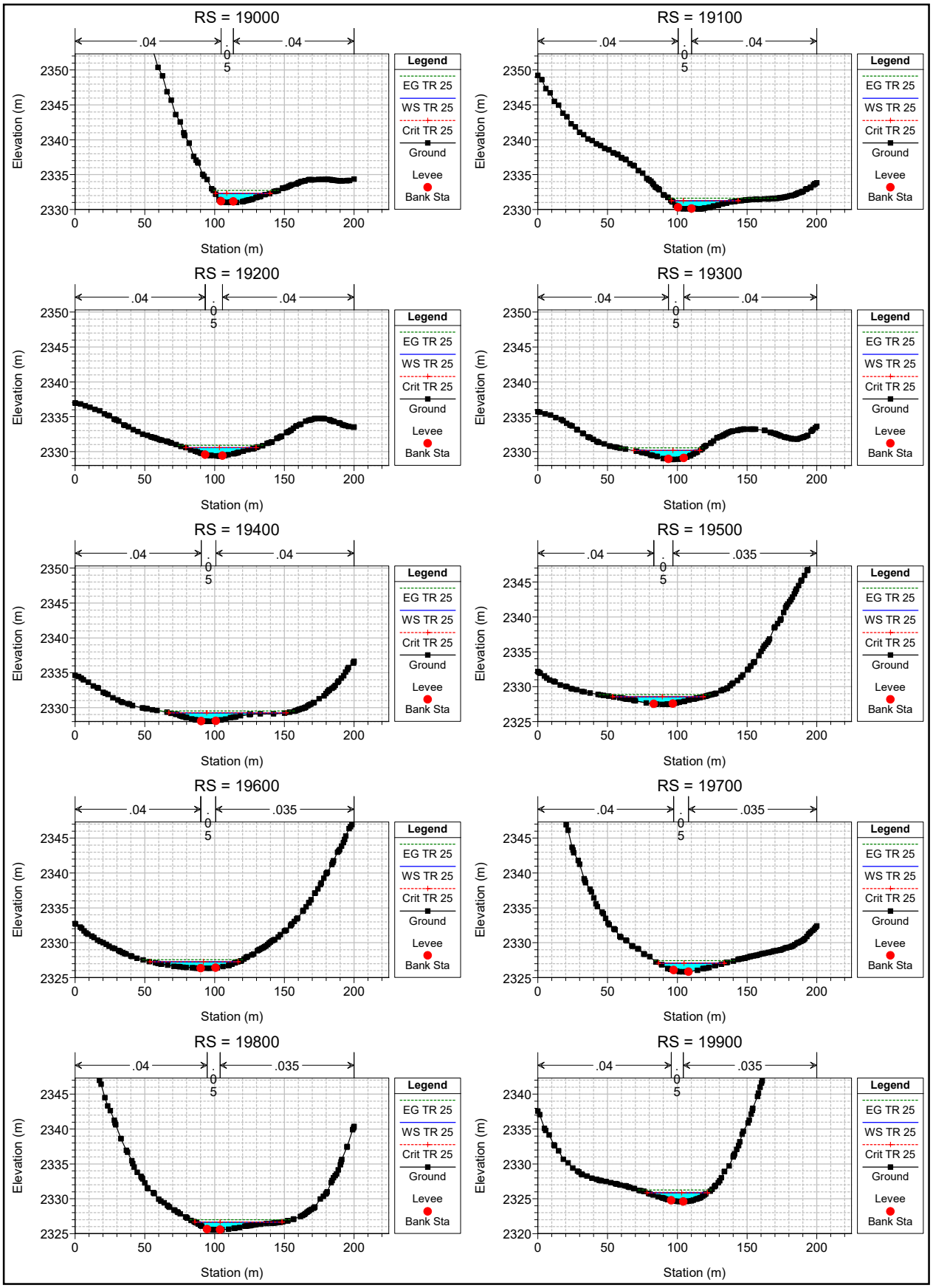
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



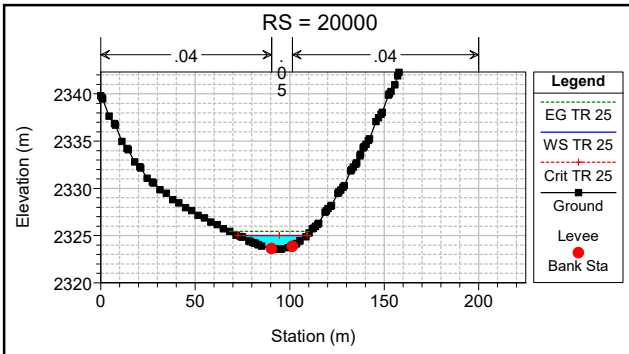
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



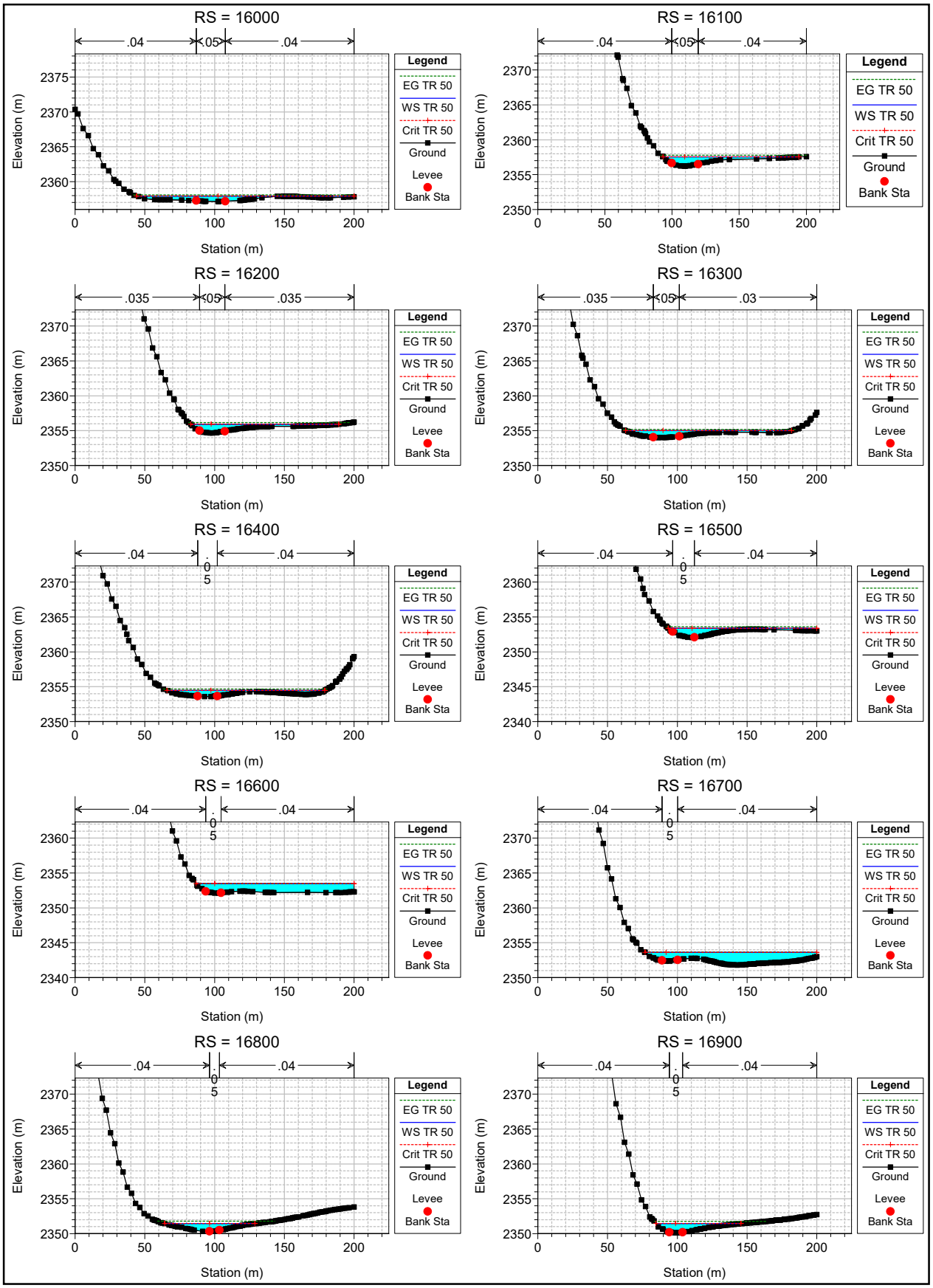
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



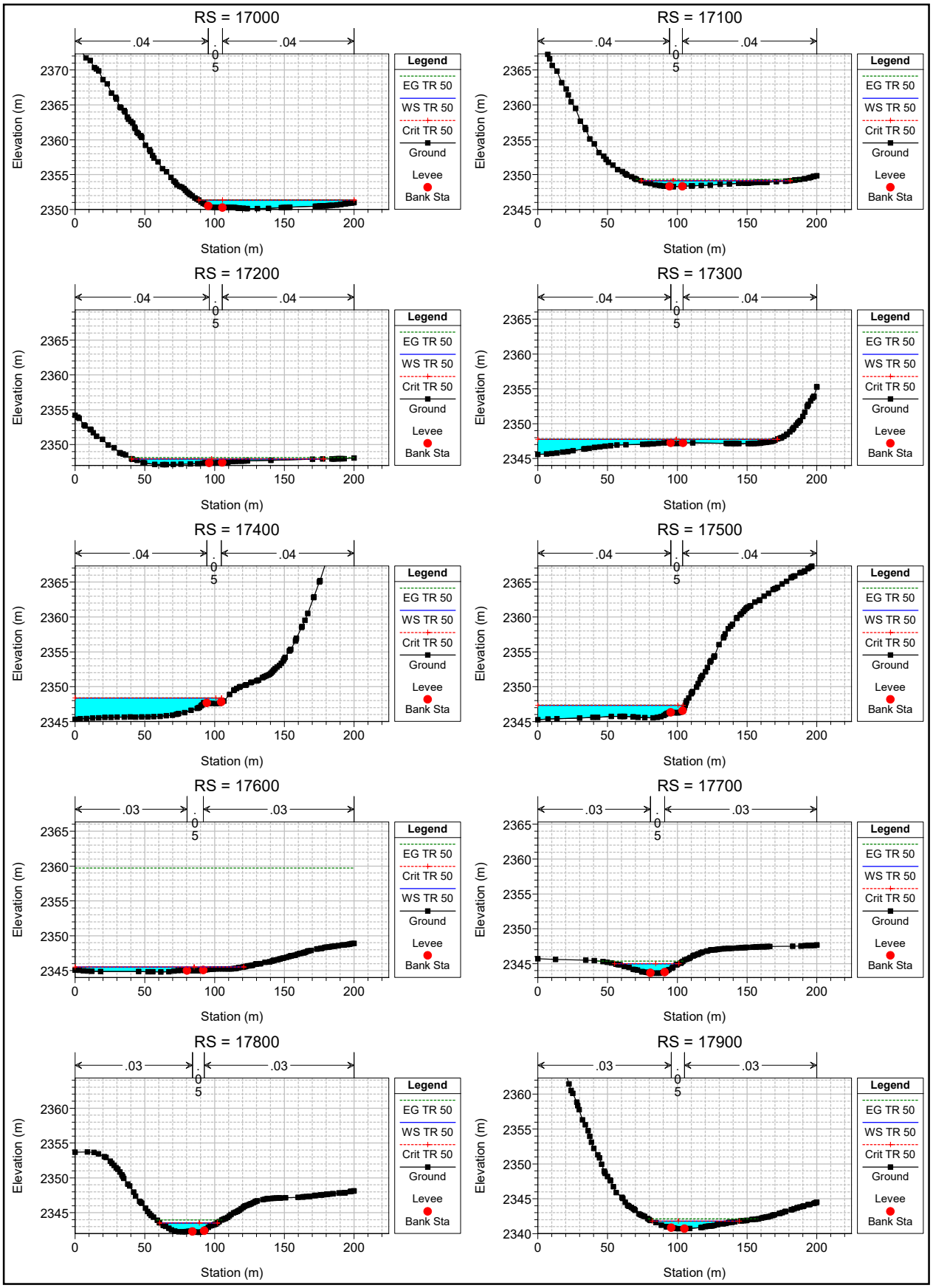
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



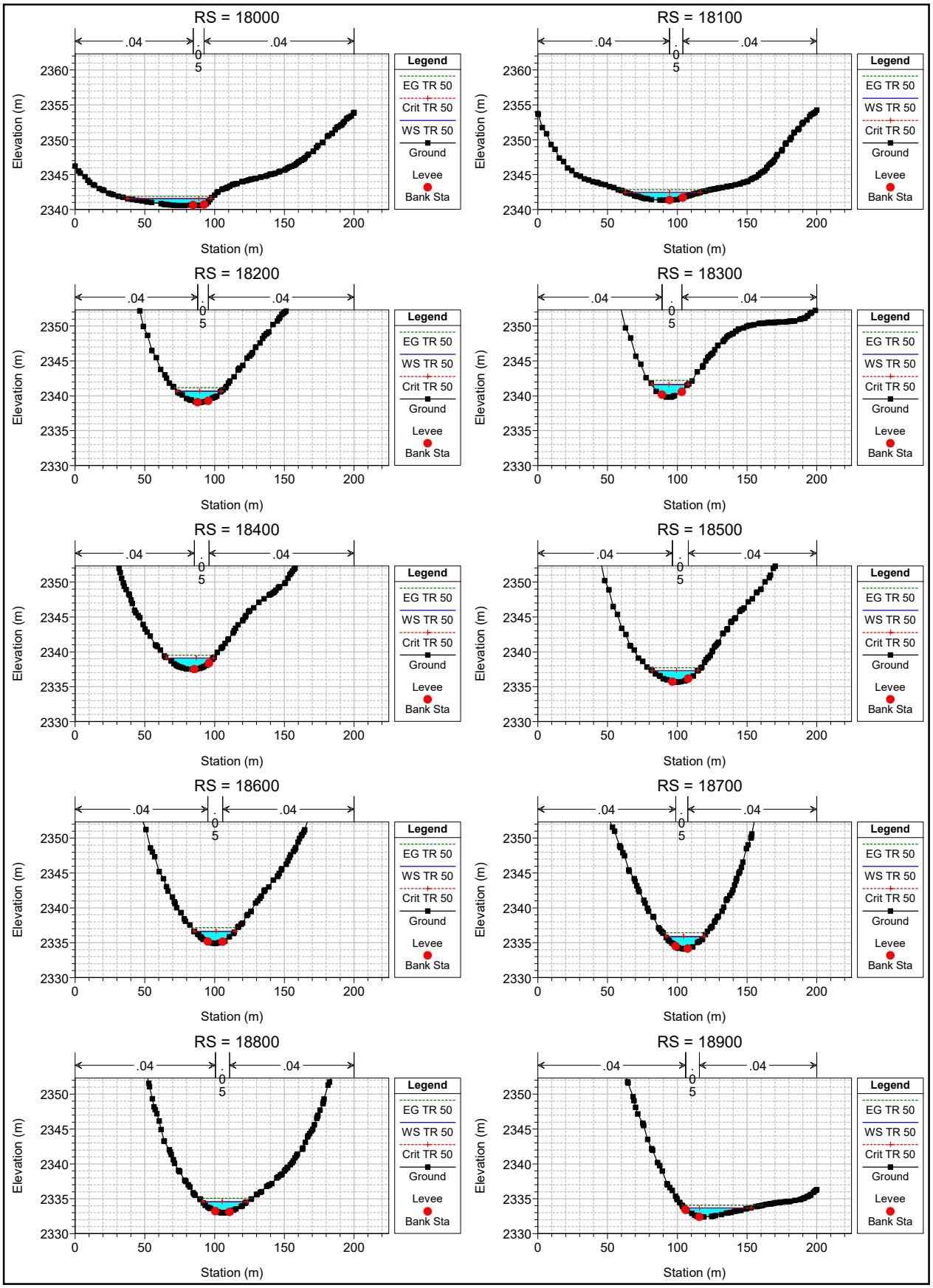
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



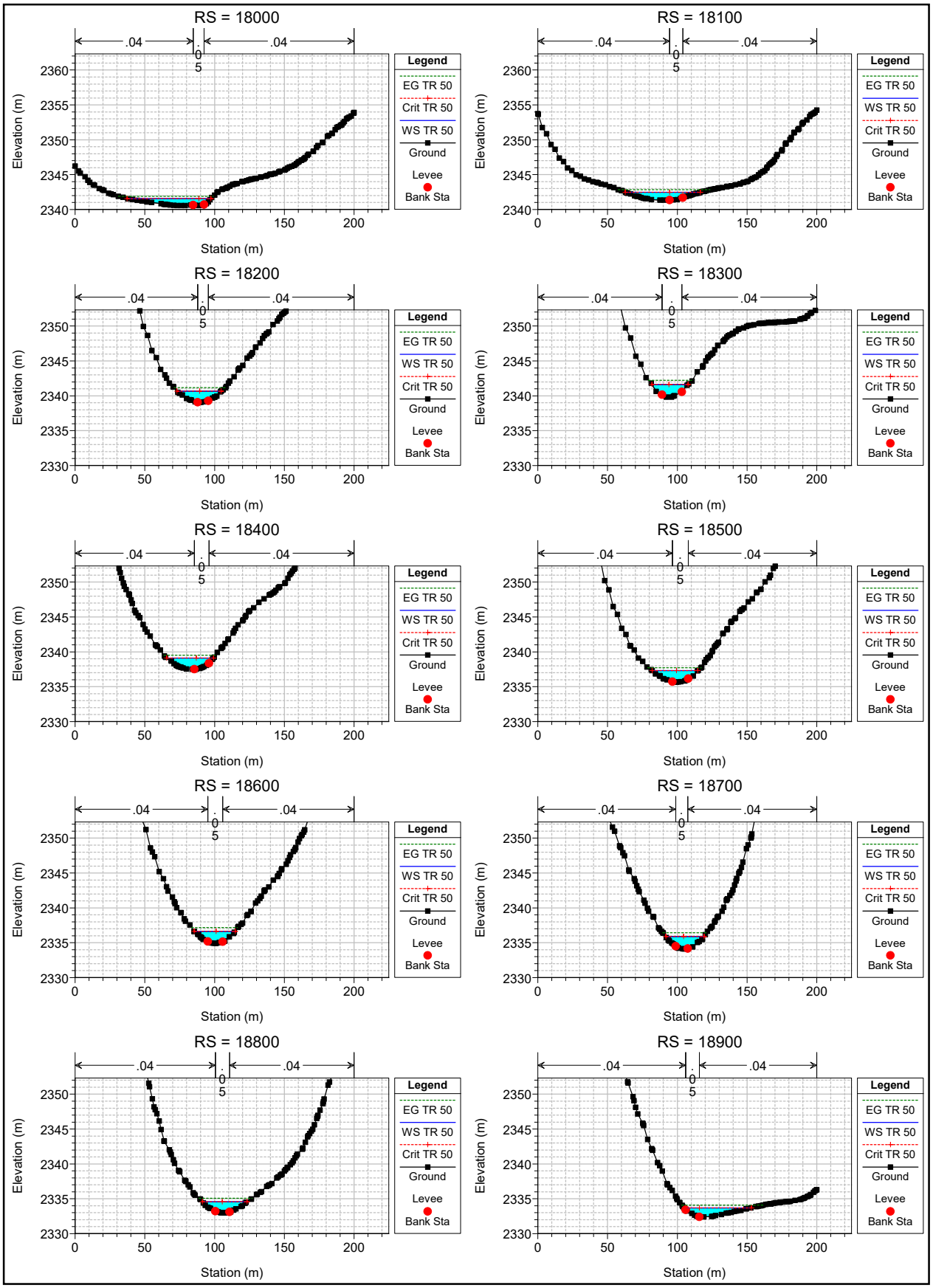
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



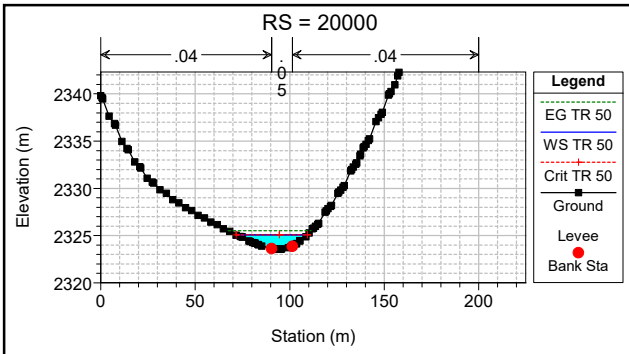
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



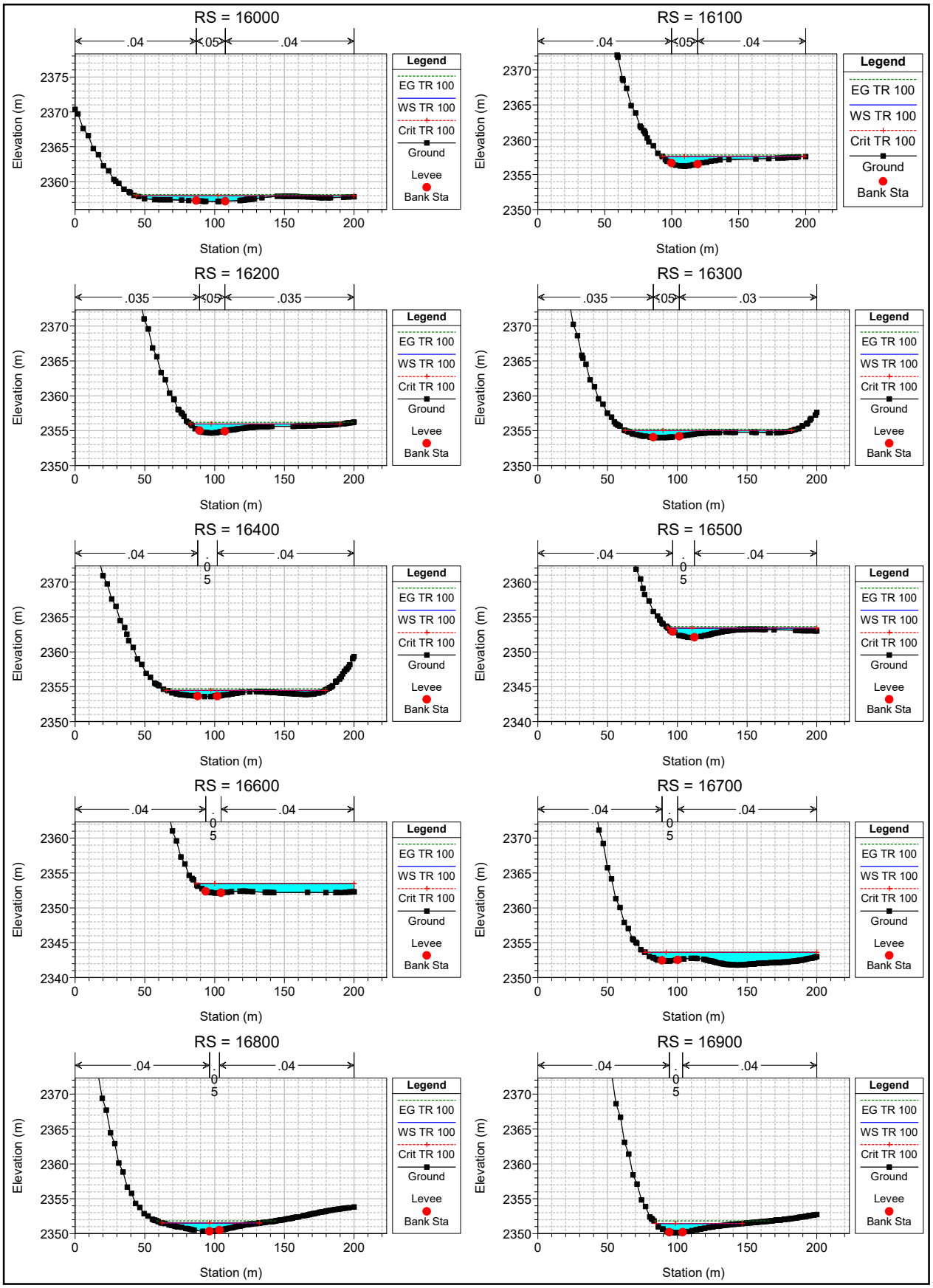
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



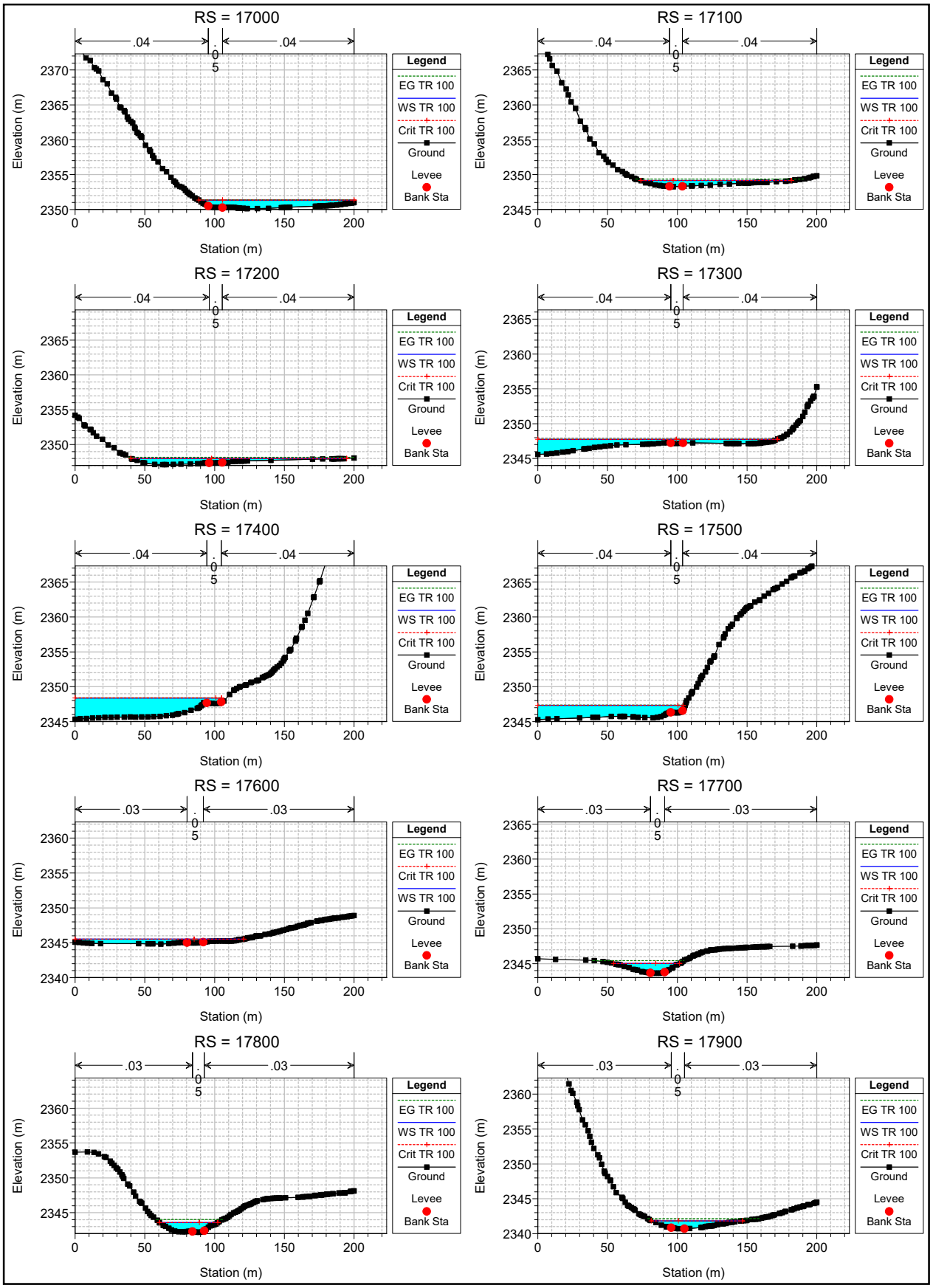
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



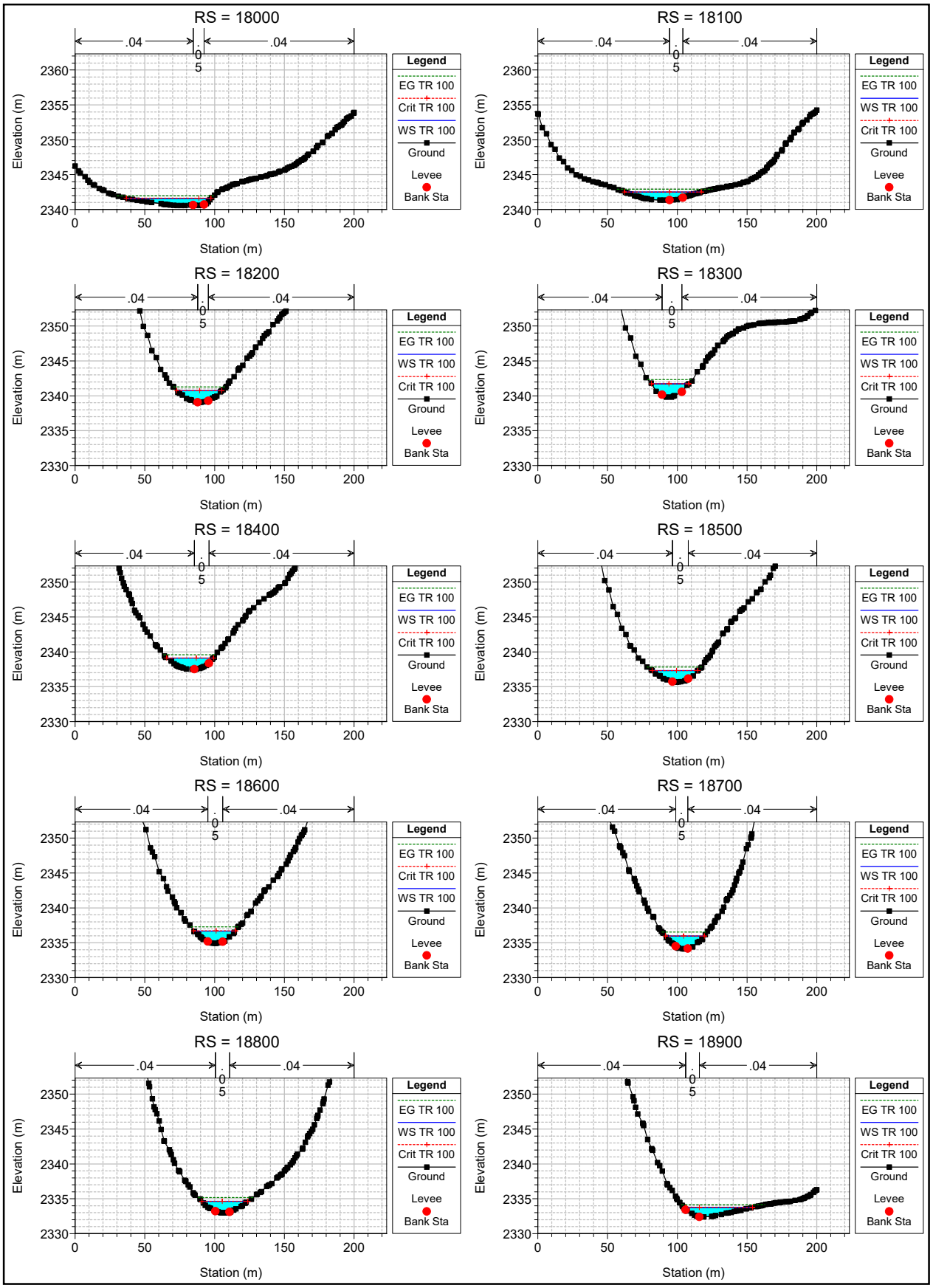
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



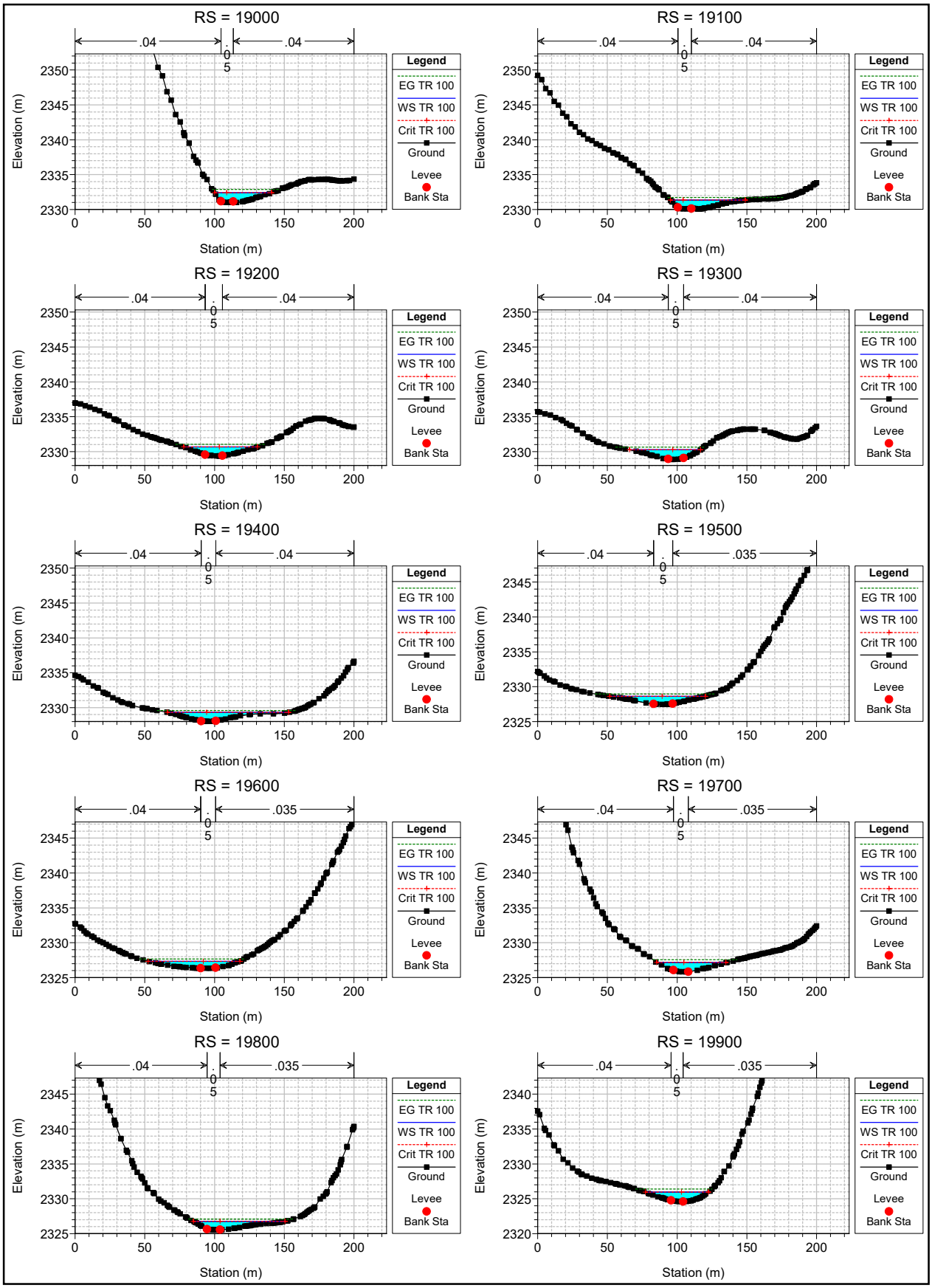
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



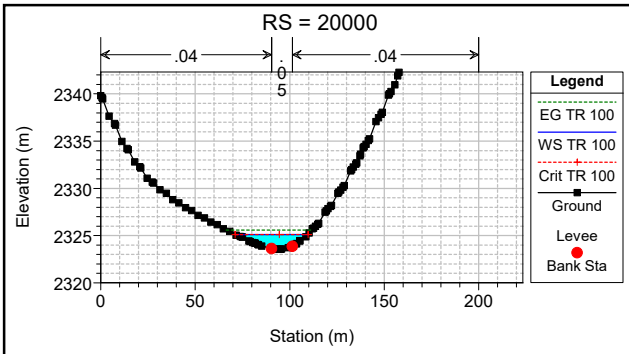
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



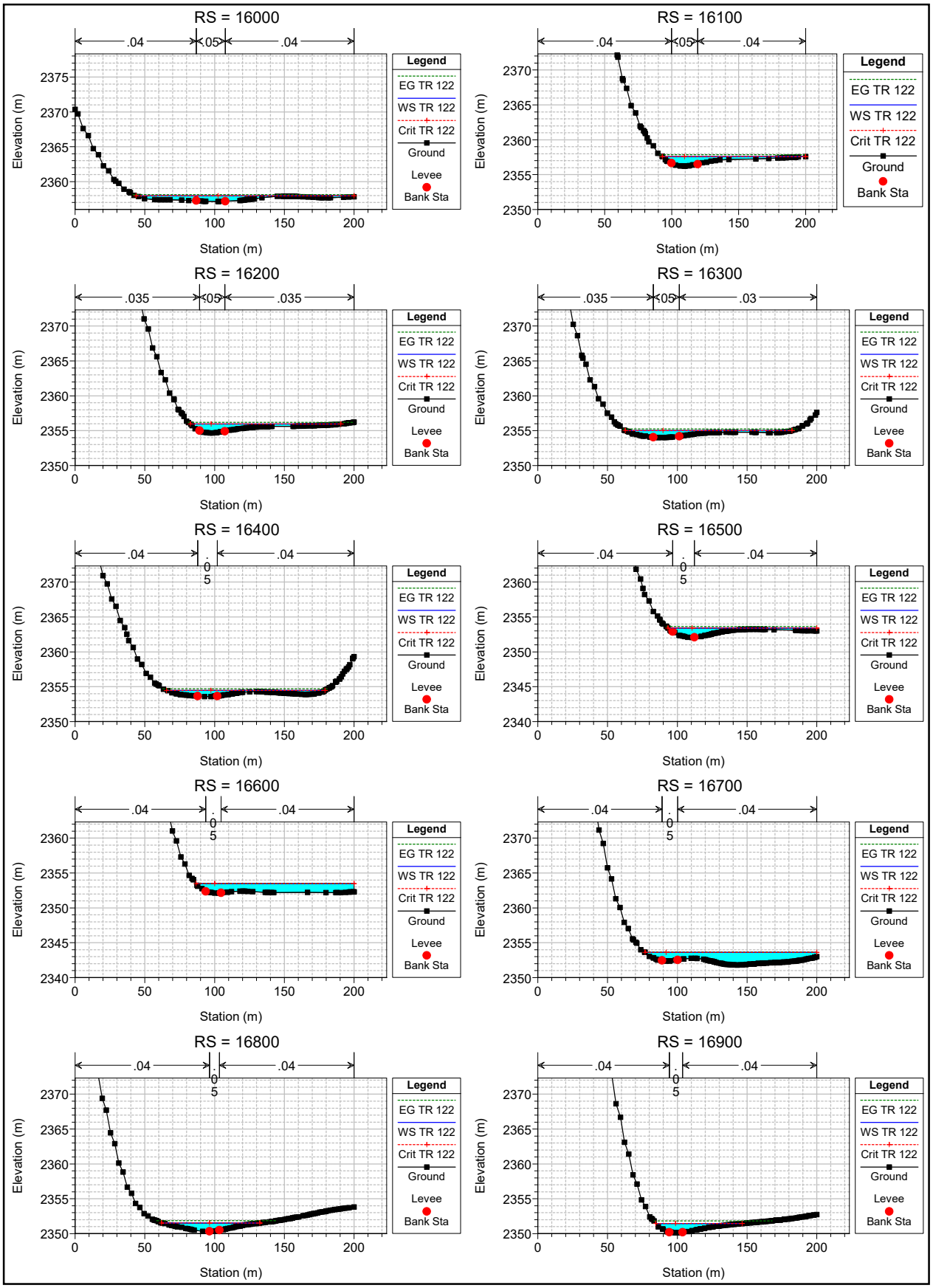
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



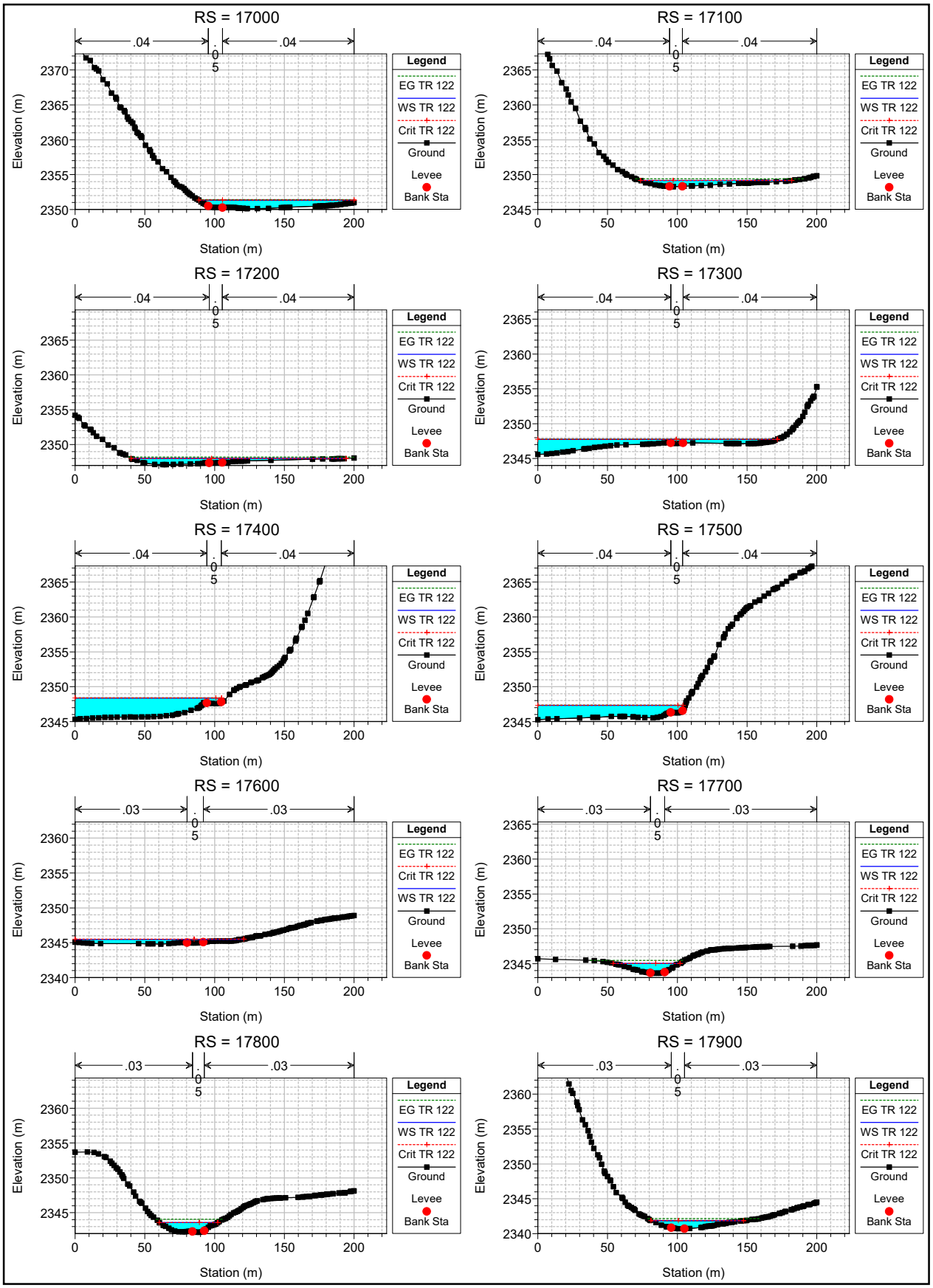
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



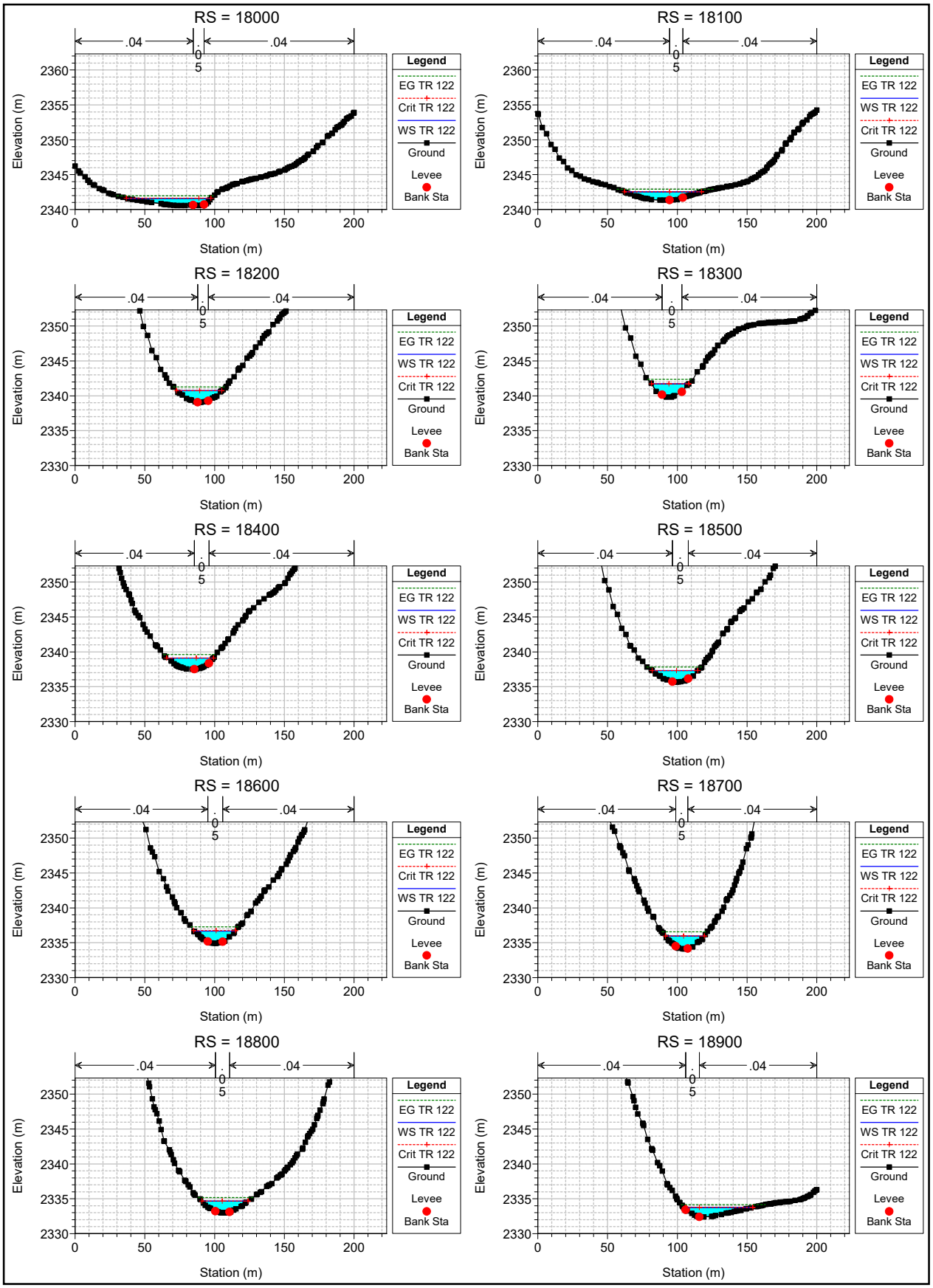
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



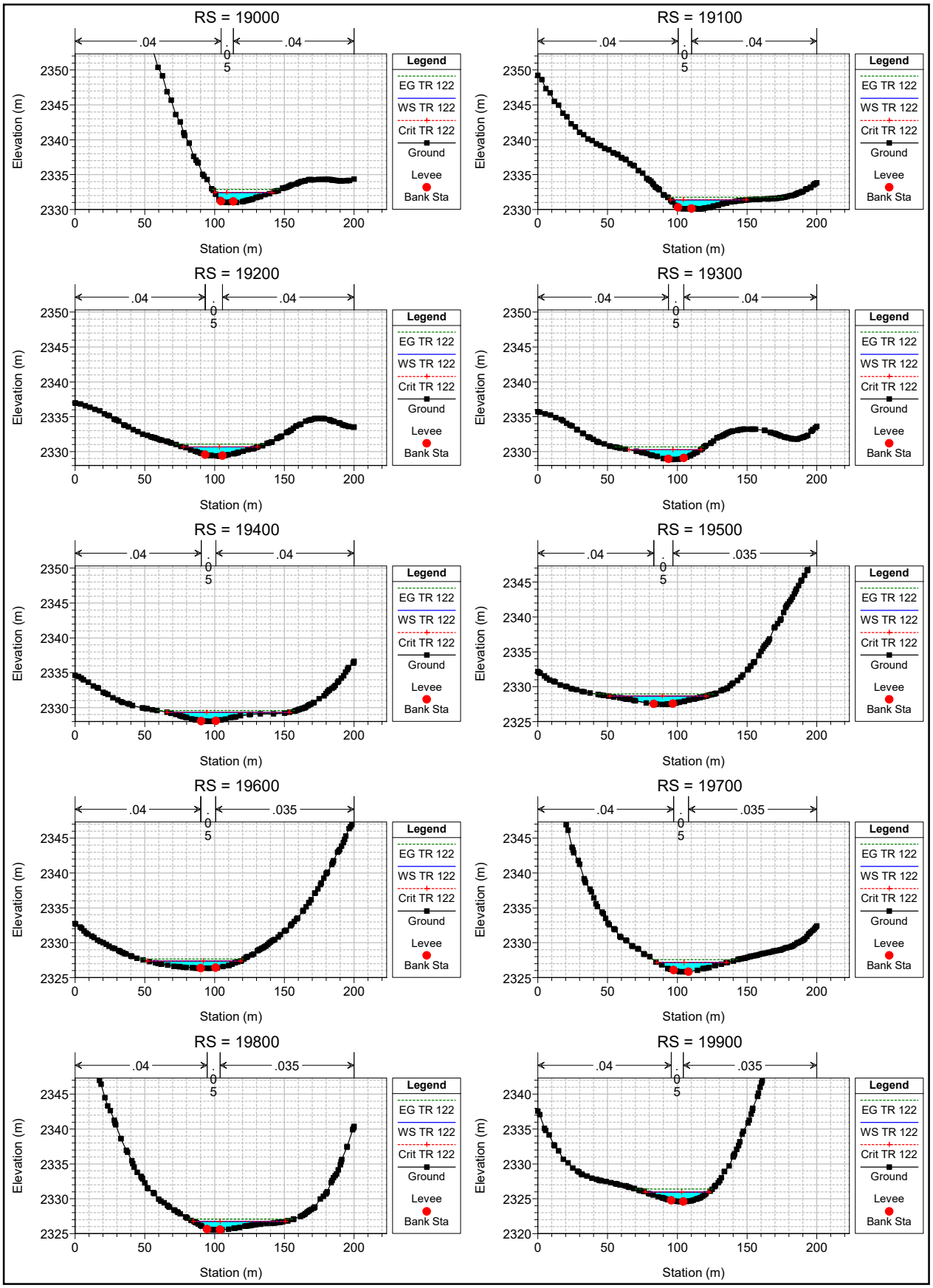
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



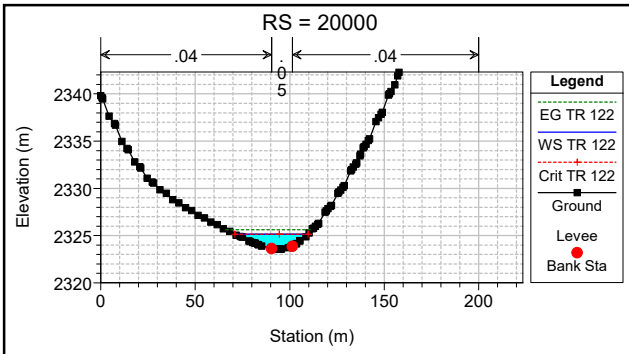
1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m



1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 8 m

Sección	Tiempo de Retorno	Caudal (Q Total)	Elevación (Min Canal)	Elevación Superficie del Agua	Calado Crítico	Altura de Energía	Velocidad Total	Número de Froude
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
16000	TR 5	75.04	2357.16	2357.8	2357.8	2357.97	1.81	0.82
16100	TR 5	75.04	2356.24	2357.42	2357.42	2357.64	1.85	0.74
16200	TR 5	75.04	2354.69	2355.86	2355.86	2356.02	1.62	0.64
16300	TR 5	75.04	2354.02	2354.9	2354.9	2355.08	1.8	0.72
16400	TR 5	75.04	2353.59	2354.37	2354.37	2354.54	1.76	0.81
16500	TR 5	75.04	2352.07	2353.23	2353.23	2353.46	2.02	0.83
16600	TR 5	75.04	2352.12	2353.48	2353.48	2353.5	0.55	0.13
16700	TR 5	75.04	2352.4	2353.63	2353.63	2353.64	0.48	0.11
16800	TR 5	75.04	2350.33	2351.31	2351.31	2351.6	2.3	0.88
16900	TR 5	75.04	2350.14	2351.24	2351.24	2351.56	2.41	0.91
17000	TR 5	75.04	2350.28	2351.34	2351.34	2351.37	0.72	0.18
17100	TR 5	75.04	2348.3	2349.08	2349.08	2349.23	1.64	0.72
17200	TR 5	75.04	2347.36	2347.89	2347.89	2348.04	1.55	0.59
17300	TR 5	75.04	2347.18	2347.77	2347.77	2347.79	0.48	0.1
17400	TR 5	75.04	2347.56	2348.07	2348.07	2348.08	0.35	0.05
17500	TR 5	75.04	2346.26	2347.16	2347.16	2347.17	0.48	0.09
17600	TR 5	75.04	2345.01	2345.32	2345.32	2345.52	1.89	0.55
17700	TR 5	75.04	2343.64	2344.78	2344.78	2345.13	2.63	0.74
17800	TR 5	75.04	2342.2	2343.33	2343.33	2343.71	2.54	0.58
17900	TR 5	75.04	2340.72	2341.66	2341.66	2341.92	2.24	0.69
18000	TR 5	75.04	2340.59	2341.39	2341.42	2341.7	2.46	0.93
18100	TR 5	75.04	2341.34	2342.3	2342.3	2342.62	2.44	0.85
18200	TR 5	75.04	2339.07	2340.45	2340.45	2340.88	2.84	0.93
18300	TR 5	75.04	2339.83	2341.39	2341.39	2341.87	2.94	0.89
18400	TR 5	75.04	2337.52	2339.12	2339.12	2339.34	2.01	0.57
18500	TR 5	75.04	2335.67	2337.3	2337.3	2337.53	2.11	0.58
18600	TR 5	75.04	2334.92	2336.39	2336.39	2336.86	2.92	0.91
18700	TR 5	75.04	2334.12	2335.64	2335.64	2336.11	2.95	0.89
18800	TR 5	75.04	2333	2334.36	2334.36	2334.79	2.82	0.9
18900	TR 5	75.04	2332.42	2333.68	2333.68	2333.9	2.06	0.66
19000	TR 5	75.04	2331	2332.12	2332.15	2332.54	2.82	0.96
19100	TR 5	75.04	2330.09	2331.11	2331.11	2331.45	2.55	0.79
19200	TR 5	75.04	2329.38	2330.46	2330.46	2330.77	2.41	0.88
19300	TR 5	75.04	2328.87	2330.02	2330.02	2330.36	2.52	0.87
19400	TR 5	75.04	2328.03	2329.04	2329.04	2329.37	2.46	0.94
19500	TR 5	75.04	2327.46	2328.43	2328.43	2328.72	2.32	0.87
19600	TR 5	75.04	2326.34	2327.16	2327.16	2327.44	2.33	0.88
19700	TR 5	75.04	2325.83	2326.93	2326.93	2327.27	2.54	0.85
19800	TR 5	75.04	2325.57	2326.57	2326.57	2326.85	2.31	0.83
19900	TR 5	75.04	2324.6	2325.72	2325.72	2326.07	2.56	0.83
20000	TR 5	75.04	2323.56	2324.84	2324.84	2325.24	2.76	0.91

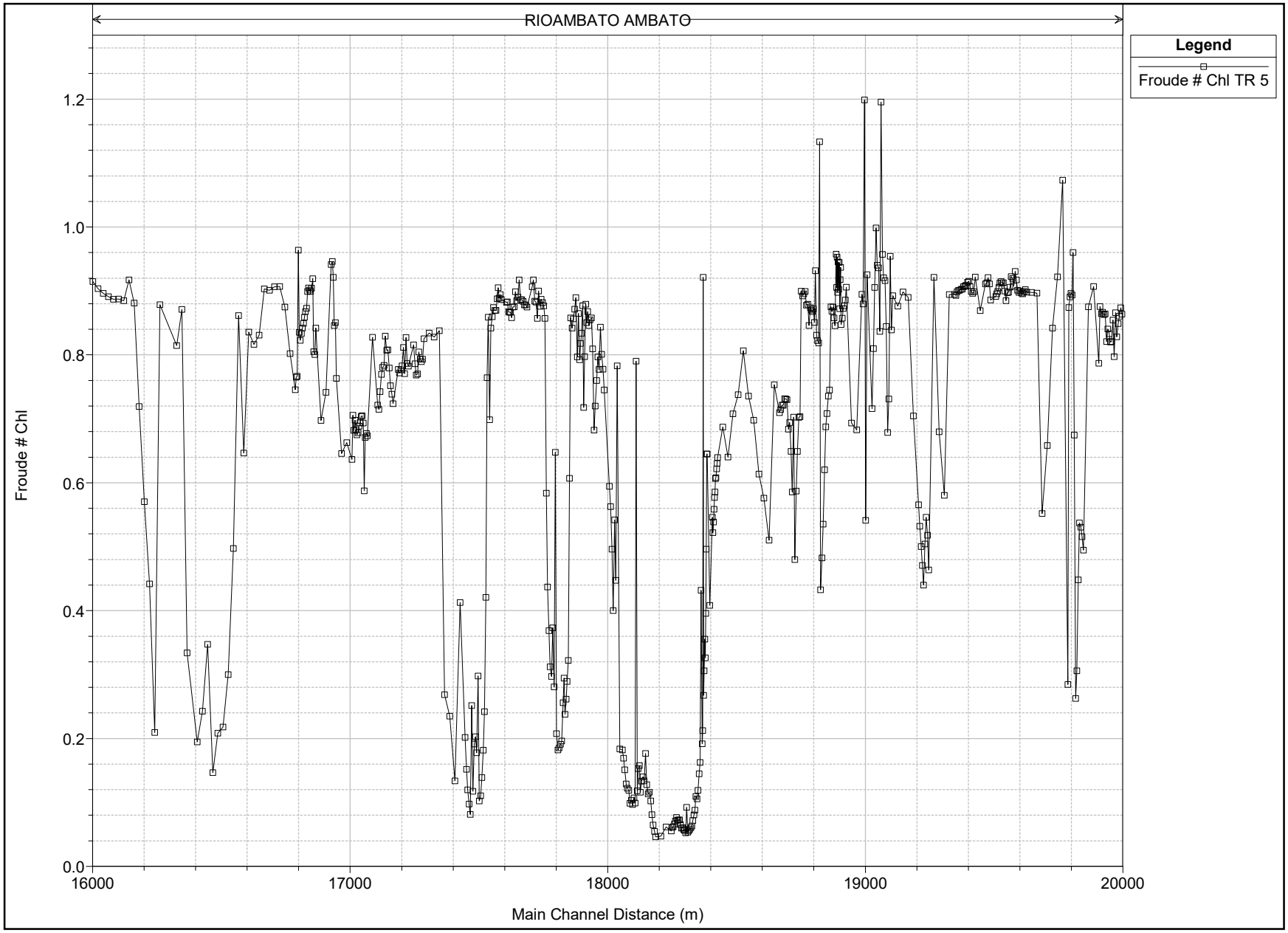
Sección	Tiempo de Retorno	Caudal (Q Total)	Elevación (Min Canal)	Elevación Superficie del Agua	Calado Crítico	Altura de Energía	Velocidad Total	Número de Froude
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
16000	TR 10	83.93	2357.16	2357.83	2357.83	2358.01	1.88	0.85
16100	TR 10	83.93	2356.24	2357.46	2357.46	2357.69	1.9	0.75
16200	TR 10	83.93	2354.69	2355.85	2355.85	2356.06	1.87	0.74
16300	TR 10	83.93	2354.02	2354.92	2354.94	2355.12	1.9	0.75
16400	TR 10	83.93	2353.59	2354.4	2354.4	2354.58	1.81	0.81
16500	TR 10	83.93	2352.07	2353.33	2353.33	2353.52	1.77	0.75
16600	TR 10	83.93	2352.12	2353.48	2353.48	2353.5	0.61	0.15
16700	TR 10	83.93	2352.4	2353.63	2353.63	2353.65	0.54	0.12
16800	TR 10	83.93	2350.33	2351.38	2351.38	2351.66	2.3	0.85
16900	TR 10	83.93	2350.14	2351.32	2351.32	2351.63	2.38	0.87
17000	TR 10	83.93	2350.28	2351.34	2351.34	2351.38	0.81	0.2
17100	TR 10	83.93	2348.3	2349.08	2349.08	2349.26	1.83	0.8
17200	TR 10	83.93	2347.36	2347.89	2347.89	2348.08	1.73	0.66
17300	TR 10	83.93	2347.18	2347.77	2347.77	2347.79	0.54	0.11
17400	TR 10	83.93	2347.56	2348.07	2348.07	2348.08	0.4	0.05
17500	TR 10	83.93	2346.26	2347.16	2347.16	2347.18	0.53	0.1
17600	TR 10	83.93	2345.01	2345.33	2345.36	2345.57	2.06	0.59
17700	TR 10	83.93	2343.64	2344.85	2344.85	2345.22	2.66	0.72
17800	TR 10	83.93	2342.2	2343.4	2343.4	2343.8	2.61	0.58
17900	TR 10	83.93	2340.72	2341.69	2341.69	2341.99	2.39	0.73
18000	TR 10	83.93	2340.59	2341.45	2341.47	2341.77	2.5	0.91
18100	TR 10	83.93	2341.34	2342.37	2342.37	2342.69	2.45	0.83
18200	TR 10	83.93	2339.07	2340.53	2340.53	2340.98	2.9	0.92
18300	TR 10	83.93	2339.83	2341.45	2341.45	2341.99	3.13	0.93
18400	TR 10	83.93	2337.52	2339.12	2339.12	2339.39	2.25	0.63
18500	TR 10	83.93	2335.67	2337.3	2337.3	2337.59	2.36	0.65
18600	TR 10	83.93	2334.92	2336.47	2336.47	2336.97	2.99	0.91
18700	TR 10	83.93	2334.12	2335.72	2335.72	2336.22	3.05	0.9
18800	TR 10	83.93	2333	2334.44	2334.44	2334.89	2.91	0.9
18900	TR 10	83.93	2332.42	2333.68	2333.68	2333.96	2.31	0.74
19000	TR 10	83.93	2331	2332.2	2332.22	2332.63	2.87	0.95
19100	TR 10	83.93	2330.09	2331.18	2331.18	2331.53	2.59	0.79
19200	TR 10	83.93	2329.38	2330.51	2330.51	2330.84	2.49	0.88
19300	TR 10	83.93	2328.87	2330.08	2330.08	2330.43	2.59	0.87
19400	TR 10	83.93	2328.03	2329.11	2329.11	2329.44	2.42	0.94
19500	TR 10	83.93	2327.46	2328.49	2328.49	2328.78	2.37	0.87
19600	TR 10	83.93	2326.34	2327.21	2327.21	2327.5	2.37	0.87
19700	TR 10	83.93	2325.83	2326.99	2326.99	2327.35	2.63	0.86
19800	TR 10	83.93	2325.57	2326.62	2326.62	2326.91	2.35	0.83
19900	TR 10	83.93	2324.6	2325.79	2325.79	2326.16	2.6	0.82
20000	TR 10	83.93	2323.56	2324.92	2324.92	2325.34	2.79	0.89

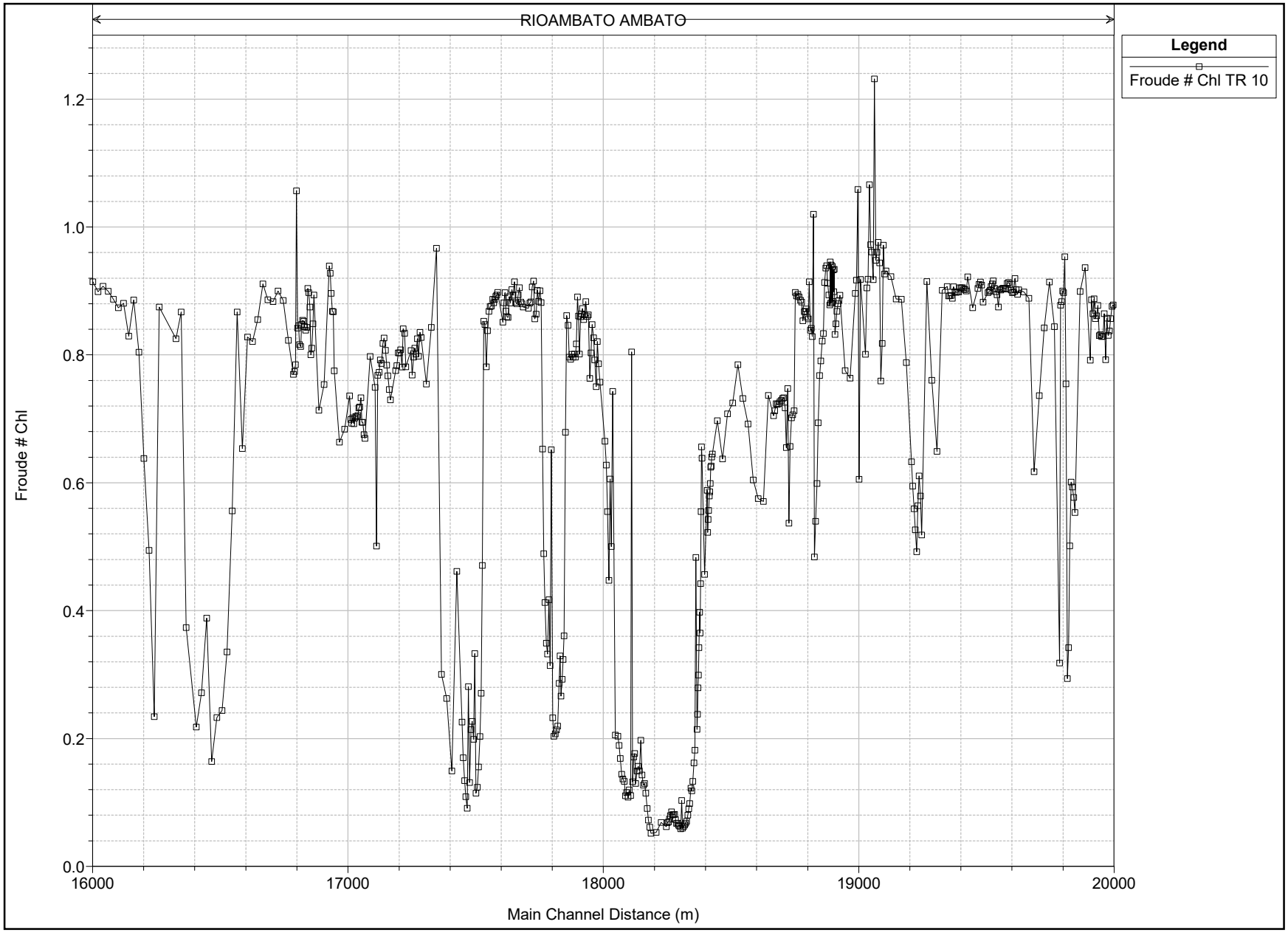
Sección	Tiempo de Retorno	Caudal (Q Total)	Elevación (Min Canal)	Elevación Superficie del Agua	Calado Crítico	Altura de Energía	Velocidad Total	Número de Froude
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
16000	TR 25	95.16	2357.16	2357.87	2357.87	2358.06	1.87	0.82
16100	TR 25	95.16	2356.24	2357.51	2357.51	2357.75	1.95	0.76
16200	TR 25	95.16	2354.69	2355.91	2355.91	2356.11	1.88	0.72
16300	TR 25	95.16	2354.02	2354.98	2354.98	2355.17	1.86	0.69
16400	TR 25	95.16	2353.59	2354.43	2354.43	2354.63	1.91	0.83
16500	TR 25	95.16	2352.07	2353.37	2353.37	2353.57	1.85	0.77
16600	TR 25	95.16	2352.12	2353.48	2353.48	2353.51	0.69	0.17
16700	TR 25	95.16	2352.4	2353.63	2353.63	2353.65	0.61	0.14
16800	TR 25	95.16	2350.33	2351.42	2351.42	2351.74	2.42	0.88
16900	TR 25	95.16	2350.14	2351.37	2351.37	2351.72	2.51	0.91
17000	TR 25	95.16	2350.28	2351.34	2351.34	2351.39	0.92	0.23
17100	TR 25	95.16	2348.3	2349.1	2349.1	2349.31	2.01	0.87
17200	TR 25	95.16	2347.36	2347.92	2347.92	2348.13	1.84	0.7
17300	TR 25	95.16	2347.18	2347.77	2347.77	2347.79	0.61	0.13
17400	TR 25	95.16	2347.56	2348.07	2348.07	2348.08	0.45	0.06
17500	TR 25	95.16	2346.26	2347.16	2347.16	2347.18	0.61	0.12
17600	TR 25	95.16	2345.01	2345.36	2345.41	2345.63	2.19	0.62
17700	TR 25	95.16	2343.64	2344.93	2344.93	2345.31	2.72	0.73
17800	TR 25	95.16	2342.2	2343.48	2343.48	2343.9	2.68	0.57
17900	TR 25	95.16	2340.72	2341.75	2341.75	2342.06	2.47	0.73
18000	TR 25	95.16	2340.59	2341.51	2341.53	2341.85	2.56	0.91
18100	TR 25	95.16	2341.34	2342.43	2342.43	2342.78	2.54	0.84
18200	TR 25	95.16	2339.07	2340.62	2340.62	2341.1	3	0.92
18300	TR 25	95.16	2339.83	2341.55	2341.55	2342.13	3.23	0.93
18400	TR 25	95.16	2337.52	2339.12	2339.12	2339.46	2.55	0.72
18500	TR 25	95.16	2335.67	2337.3	2337.3	2337.67	2.67	0.74
18600	TR 25	95.16	2334.92	2336.58	2336.58	2337.1	3.07	0.9
18700	TR 25	95.16	2334.12	2335.82	2335.82	2336.35	3.16	0.9
18800	TR 25	95.16	2333	2334.51	2334.51	2335.01	3.06	0.92
18900	TR 25	95.16	2332.42	2333.68	2333.68	2334.03	2.62	0.83
19000	TR 25	95.16	2331	2332.3	2332.3	2332.73	2.85	0.92
19100	TR 25	95.16	2330.09	2331.25	2331.25	2331.62	2.66	0.79
19200	TR 25	95.16	2329.38	2330.58	2330.58	2330.93	2.57	0.88
19300	TR 25	95.16	2328.87	2330.15	2330.15	2330.53	2.67	0.87
19400	TR 25	95.16	2328.03	2329.26	2329.26	2329.51	2.04	0.79
19500	TR 25	95.16	2327.46	2328.56	2328.56	2328.86	2.38	0.86
19600	TR 25	95.16	2326.34	2327.27	2327.27	2327.58	2.44	0.87
19700	TR 25	95.16	2325.83	2327.07	2327.07	2327.44	2.67	0.85
19800	TR 25	95.16	2325.57	2326.67	2326.67	2326.99	2.48	0.85
19900	TR 25	95.16	2324.6	2325.86	2325.86	2326.25	2.69	0.83
20000	TR 25	95.16	2323.56	2325	2325	2325.45	2.87	0.9

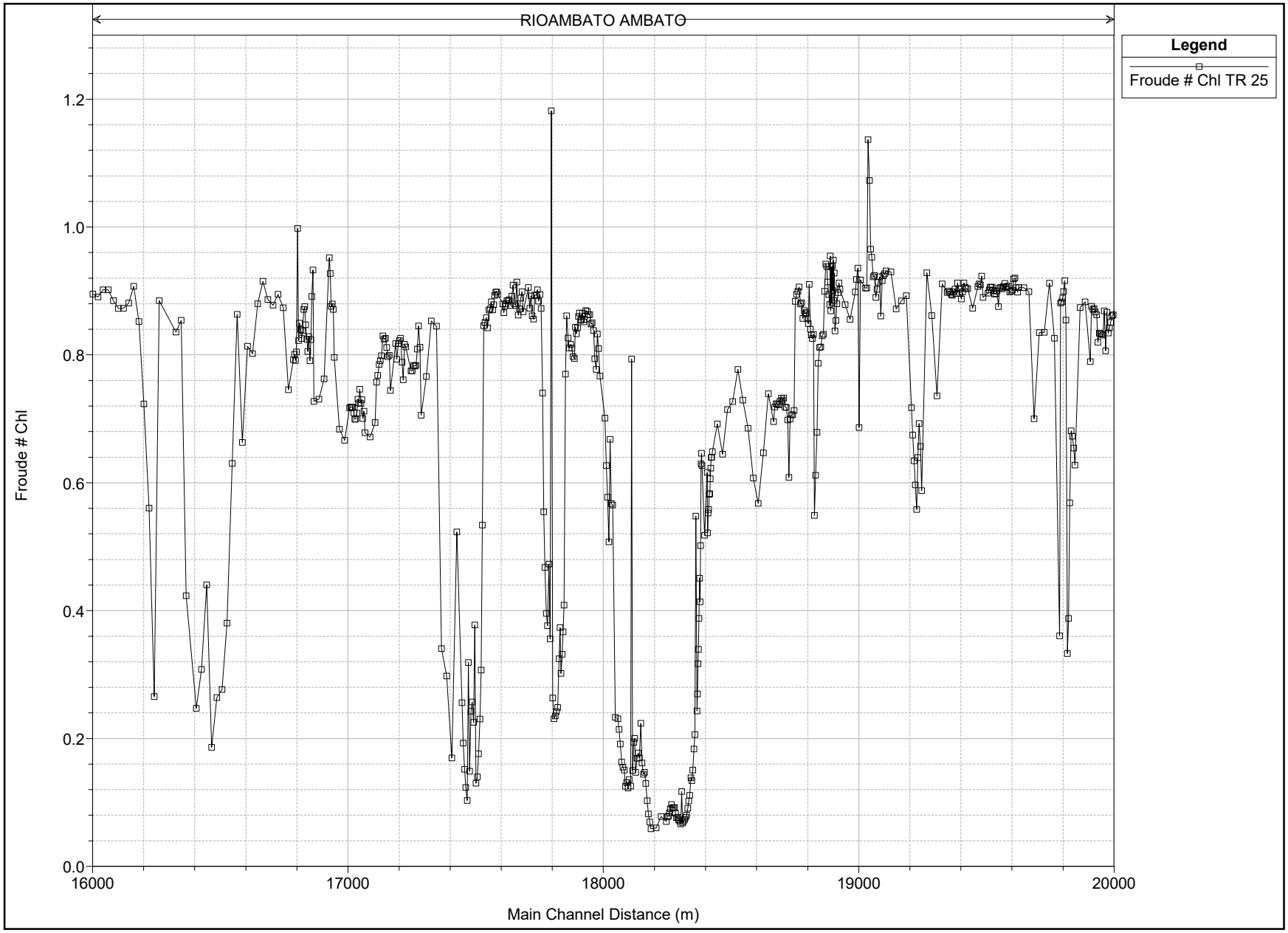
Sección	Tiempo de Retorno	Caudal (Q Total)	Elevación (Min Canal)	Elevación Superficie del Agua	Calado Crítico	Altura de Energía	Velocidad Total	Número de Froude
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
16000	TR 50	103.5	2357.16	2357.93	2357.93	2358.1	1.71	0.76
16100	TR 50	103.5	2356.24	2357.54	2357.54	2357.79	1.99	0.77
16200	TR 50	103.5	2354.69	2355.93	2355.93	2356.15	1.93	0.72
16300	TR 50	103.5	2354.02	2355	2355	2355.2	1.93	0.7
16400	TR 50	103.5	2353.59	2354.46	2354.46	2354.66	1.96	0.82
16500	TR 50	103.5	2352.07	2353.39	2353.39	2353.6	1.92	0.78
16600	TR 50	103.5	2352.12	2353.48	2353.48	2353.51	0.75	0.18
16700	TR 50	103.5	2352.4	2353.63	2353.63	2353.66	0.66	0.15
16800	TR 50	103.5	2350.33	2351.45	2351.45	2351.79	2.52	0.91
16900	TR 50	103.5	2350.14	2351.45	2351.45	2351.78	2.44	0.86
17000	TR 50	103.5	2350.28	2351.34	2351.34	2351.4	1	0.25
17100	TR 50	103.5	2348.3	2349.13	2349.13	2349.35	2.06	0.87
17200	TR 50	103.5	2347.36	2347.94	2347.94	2348.16	1.89	0.72
17300	TR 50	103.5	2347.18	2347.77	2347.77	2347.8	0.67	0.14
17400	TR 50	103.5	2347.56	2348.07	2348.07	2348.09	0.49	0.07
17500	TR 50	103.5	2346.26	2347.16	2347.16	2347.19	0.66	0.13
17600	TR 50	103.5	2345.01	2345.41	2345.44	2345.66	2.09	0.57
17700	TR 50	103.5	2343.64	2344.98	2344.98	2345.38	2.78	0.73
17800	TR 50	103.5	2342.2	2343.53	2343.53	2343.97	2.75	0.57
17900	TR 50	103.5	2340.72	2341.79	2341.79	2342.12	2.52	0.73
18000	TR 50	103.5	2340.59	2341.55	2341.57	2341.91	2.62	0.92
18100	TR 50	103.5	2341.34	2342.47	2342.47	2342.84	2.61	0.85
18200	TR 50	103.5	2339.07	2340.68	2340.68	2341.19	3.08	0.92
18300	TR 50	103.5	2339.83	2341.63	2341.63	2342.23	3.29	0.93
18400	TR 50	103.5	2337.52	2339.12	2339.12	2339.53	2.78	0.78
18500	TR 50	103.5	2335.67	2337.3	2337.3	2337.74	2.91	0.8
18600	TR 50	103.5	2334.92	2336.65	2336.65	2337.19	3.12	0.89
18700	TR 50	103.5	2334.12	2335.88	2335.88	2336.44	3.25	0.9
18800	TR 50	103.5	2333	2334.58	2334.58	2335.09	3.09	0.91
18900	TR 50	103.5	2332.42	2333.7	2333.7	2334.1	2.8	0.89
19000	TR 50	103.5	2331	2332.37	2332.37	2332.81	2.88	0.9
19100	TR 50	103.5	2330.09	2331.31	2331.31	2331.68	2.69	0.8
19200	TR 50	103.5	2329.38	2330.62	2330.62	2330.99	2.65	0.89
19300	TR 50	103.5	2328.87	2330.21	2330.21	2330.59	2.7	0.87
19400	TR 50	103.5	2328.03	2329.29	2329.29	2329.55	2.11	0.8
19500	TR 50	103.5	2327.46	2328.6	2328.6	2328.91	2.41	0.85
19600	TR 50	103.5	2326.34	2327.32	2327.32	2327.63	2.47	0.86
19700	TR 50	103.5	2325.83	2327.09	2327.09	2327.51	2.8	0.87
19800	TR 50	103.5	2325.57	2326.72	2326.72	2327.04	2.48	0.83
19900	TR 50	103.5	2324.6	2325.91	2325.91	2326.32	2.75	0.83
20000	TR 50	103.5	2323.56	2325.07	2325.07	2325.52	2.91	0.89

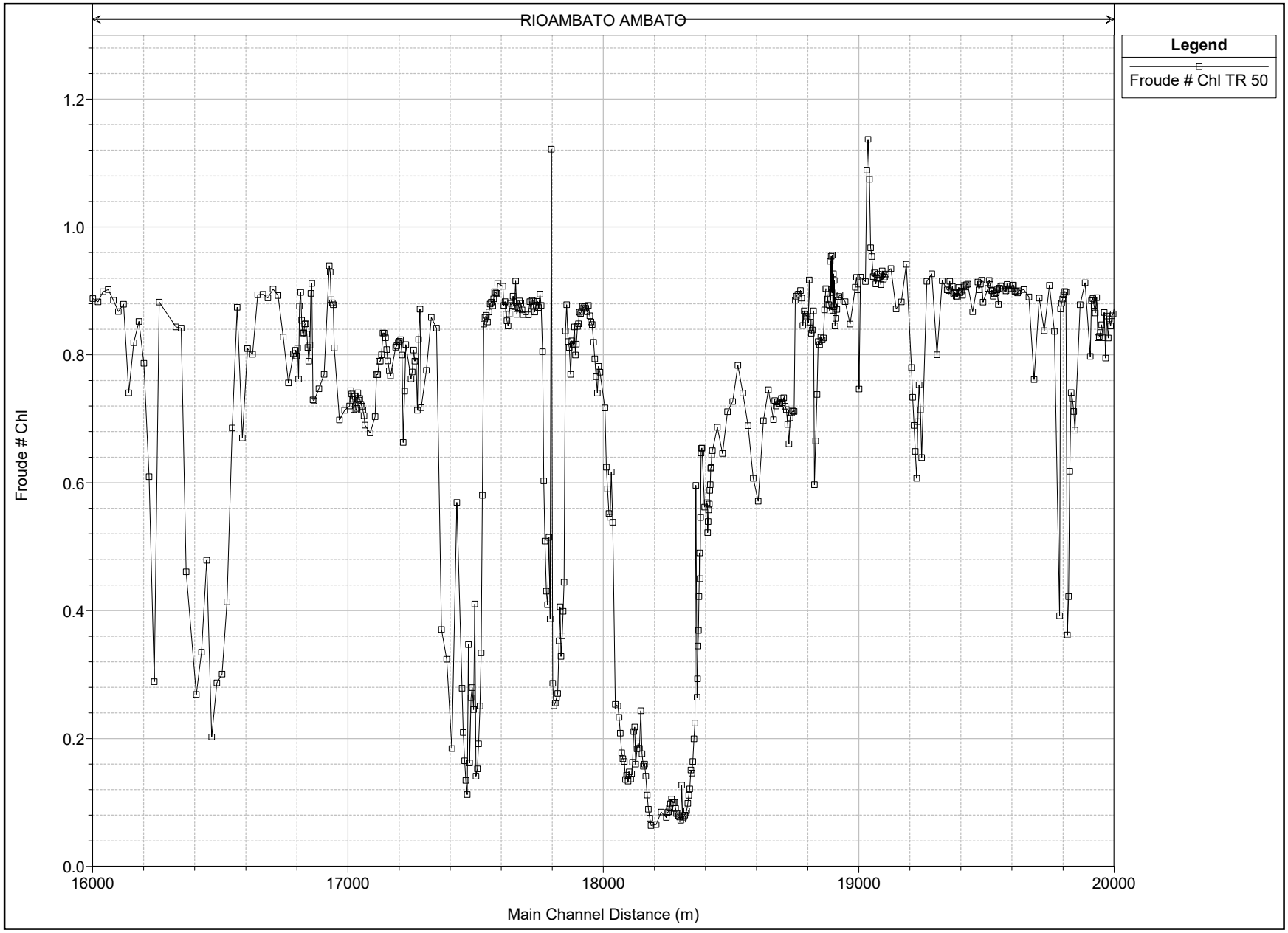
Sección	Tiempo de Retorno	Caudal (Q Total)	Elevación (Min Canal)	Elevación Superficie del Agua	Calado Crítico	Altura de Energía	Velocidad Total	Número de Froude
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
16000	TR 100	111.77	2357.16	2357.96	2357.96	2358.13	1.76	0.77
16100	TR 100	111.77	2356.24	2357.59	2357.59	2357.83	1.96	0.74
16200	TR 100	111.77	2354.69	2355.95	2355.95	2356.19	2.03	0.75
16300	TR 100	111.77	2354.02	2355.01	2355.01	2355.23	2.05	0.74
16400	TR 100	111.77	2353.59	2354.48	2354.48	2354.7	2.03	0.84
16500	TR 100	111.77	2352.07	2353.41	2353.41	2353.64	1.98	0.78
16600	TR 100	111.77	2352.12	2353.48	2353.48	2353.52	0.81	0.2
16700	TR 100	111.77	2352.4	2353.63	2353.63	2353.66	0.71	0.16
16800	TR 100	111.77	2350.33	2351.52	2351.52	2351.84	2.43	0.86
16900	TR 100	111.77	2350.14	2351.47	2351.47	2351.83	2.55	0.89
17000	TR 100	111.77	2350.28	2351.34	2351.34	2351.4	1.08	0.27
17100	TR 100	111.77	2348.3	2349.15	2349.15	2349.38	2.11	0.87
17200	TR 100	111.77	2347.36	2348.02	2348.02	2348.2	1.69	0.63
17300	TR 100	111.77	2347.18	2347.77	2347.77	2347.8	0.72	0.15
17400	TR 100	111.77	2347.56	2348.07	2348.07	2348.09	0.53	0.07
17500	TR 100	111.77	2346.26	2347.16	2347.16	2347.19	0.71	0.14
17600	TR 100	111.77	2345.01	2345.44	2345.46	2345.7	2.12	0.57
17700	TR 100	111.77	2343.64	2345.03	2345.03	2345.44	2.84	0.73
17800	TR 100	111.77	2342.2	2343.58	2343.58	2344.04	2.82	0.58
17900	TR 100	111.77	2340.72	2341.84	2341.84	2342.17	2.51	0.72
18000	TR 100	111.77	2340.59	2341.59	2341.61	2341.96	2.69	0.92
18100	TR 100	111.77	2341.34	2342.52	2342.52	2342.9	2.64	0.84
18200	TR 100	111.77	2339.07	2340.74	2340.74	2341.27	3.15	0.92
18300	TR 100	111.77	2339.83	2341.71	2341.71	2342.33	3.34	0.92
18400	TR 100	111.77	2337.52	2339.12	2339.12	2339.59	3	0.84
18500	TR 100	111.77	2335.67	2337.3	2337.3	2337.81	3.14	0.86
18600	TR 100	111.77	2334.92	2336.66	2336.71	2337.27	3.35	0.96
18700	TR 100	111.77	2334.12	2335.95	2335.95	2336.53	3.3	0.9
18800	TR 100	111.77	2333	2334.64	2334.64	2335.17	3.16	0.91
18900	TR 100	111.77	2332.42	2333.75	2333.75	2334.16	2.84	0.88
19000	TR 100	111.77	2331	2332.42	2332.42	2332.88	2.94	0.9
19100	TR 100	111.77	2330.09	2331.36	2331.36	2331.74	2.7	0.79
19200	TR 100	111.77	2329.38	2330.66	2330.66	2331.05	2.7	0.89
19300	TR 100	111.77	2328.87	2330.26	2330.26	2330.65	2.72	0.86
19400	TR 100	111.77	2328.03	2329.32	2329.32	2329.6	2.17	0.81
19500	TR 100	111.77	2327.46	2328.64	2328.64	2328.96	2.47	0.86
19600	TR 100	111.77	2326.34	2327.34	2327.34	2327.68	2.55	0.88
19700	TR 100	111.77	2325.83	2327.16	2327.16	2327.57	2.78	0.85
19800	TR 100	111.77	2325.57	2326.76	2326.76	2327.09	2.52	0.82
19900	TR 100	111.77	2324.6	2325.95	2325.95	2326.39	2.84	0.84
20000	TR 100	111.77	2323.56	2325.12	2325.12	2325.6	2.99	0.9

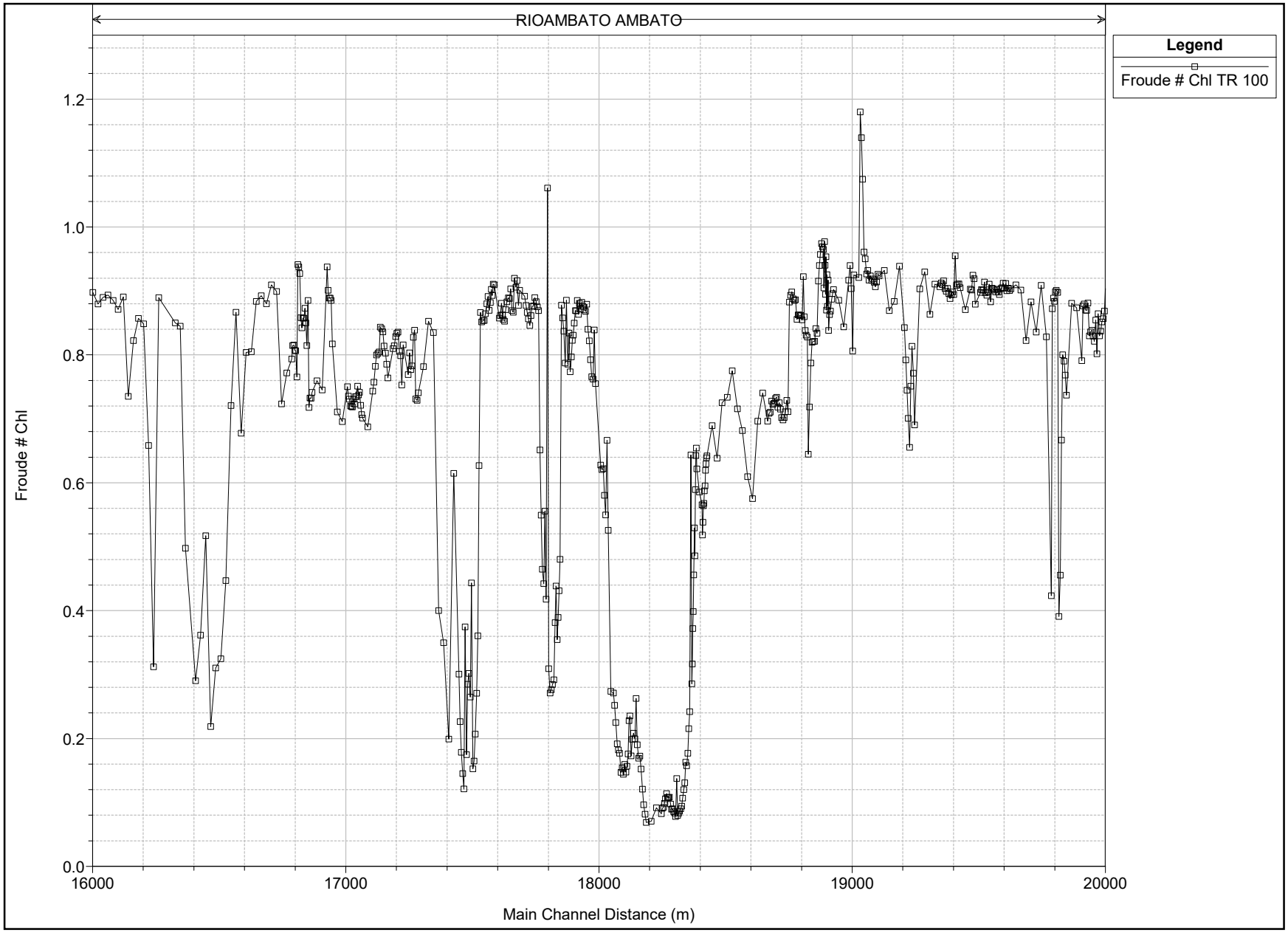
Sección	Tiempo de Retorno	Caudal (Q Total)	Elevación (Min Canal)	Elevación Superficie del Agua	Calado Crítico	Altura de Energía	Velocidad Total	Número de Froude
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
16000	TR 122	114.14	2357.16	2357.96	2357.96	2358.14	1.79	0.78
16100	TR 122	114.14	2356.24	2357.6	2357.6	2357.84	1.96	0.74
16200	TR 122	114.14	2354.69	2355.96	2355.96	2356.2	2.02	0.74
16300	TR 122	114.14	2354.02	2355.03	2355.03	2355.24	2.01	0.72
16400	TR 122	114.14	2353.59	2354.48	2354.48	2354.71	2.06	0.85
16500	TR 122	114.14	2352.07	2353.42	2353.42	2353.65	1.99	0.78
16600	TR 122	114.14	2352.12	2353.48	2353.48	2353.52	0.83	0.2
16700	TR 122	114.14	2352.4	2353.63	2353.63	2353.66	0.73	0.17
16800	TR 122	114.14	2350.33	2351.53	2351.53	2351.86	2.45	0.86
16900	TR 122	114.14	2350.14	2351.47	2351.47	2351.84	2.61	0.91
17000	TR 122	114.14	2350.28	2351.34	2351.34	2351.41	1.1	0.28
17100	TR 122	114.14	2348.3	2349.16	2349.16	2349.39	2.12	0.87
17200	TR 122	114.14	2347.36	2348.01	2348.01	2348.21	1.76	0.65
17300	TR 122	114.14	2347.18	2347.77	2347.77	2347.8	0.74	0.15
17400	TR 122	114.14	2347.56	2348.07	2348.07	2348.09	0.54	0.07
17500	TR 122	114.14	2346.26	2347.16	2347.16	2347.19	0.73	0.14
17600	TR 122	114.14	2345.01	2345.45	2345.47	2345.71	2.11	0.56
17700	TR 122	114.14	2343.64	2345.04	2345.04	2345.46	2.84	0.73
17800	TR 122	114.14	2342.2	2343.59	2343.59	2344.06	2.85	0.58
17900	TR 122	114.14	2340.72	2341.86	2341.86	2342.18	2.52	0.72
18000	TR 122	114.14	2340.59	2341.59	2341.61	2341.97	2.72	0.93
18100	TR 122	114.14	2341.34	2342.53	2342.53	2342.91	2.66	0.84
18200	TR 122	114.14	2339.07	2340.75	2340.75	2341.29	3.19	0.93
18300	TR 122	114.14	2339.83	2341.72	2341.72	2342.36	3.38	0.93
18400	TR 122	114.14	2337.52	2339.12	2339.12	2339.61	3.06	0.86
18500	TR 122	114.14	2335.67	2337.3	2337.3	2337.83	3.2	0.88
18600	TR 122	114.14	2334.92	2336.68	2336.73	2337.3	3.36	0.95
18700	TR 122	114.14	2334.12	2335.96	2335.96	2336.56	3.34	0.91
18800	TR 122	114.14	2333	2334.66	2334.66	2335.2	3.16	0.91
18900	TR 122	114.14	2332.42	2333.76	2333.76	2334.18	2.86	0.89
19000	TR 122	114.14	2331	2332.44	2332.44	2332.89	2.95	0.9
19100	TR 122	114.14	2330.09	2331.37	2331.37	2331.75	2.71	0.79
19200	TR 122	114.14	2329.38	2330.67	2330.67	2331.07	2.74	0.9
19300	TR 122	114.14	2328.87	2330.27	2330.27	2330.67	2.74	0.87
19400	TR 122	114.14	2328.03	2329.34	2329.34	2329.61	2.16	0.81
19500	TR 122	114.14	2327.46	2328.65	2328.65	2328.98	2.47	0.85
19600	TR 122	114.14	2326.34	2327.36	2327.36	2327.69	2.54	0.86
19700	TR 122	114.14	2325.83	2327.18	2327.18	2327.58	2.78	0.84
19800	TR 122	114.14	2325.57	2326.77	2326.77	2327.11	2.53	0.82
19900	TR 122	114.14	2324.6	2325.98	2325.98	2326.4	2.82	0.83
20000	TR 122	114.14	2323.56	2325.14	2325.14	2325.62	2.99	0.89

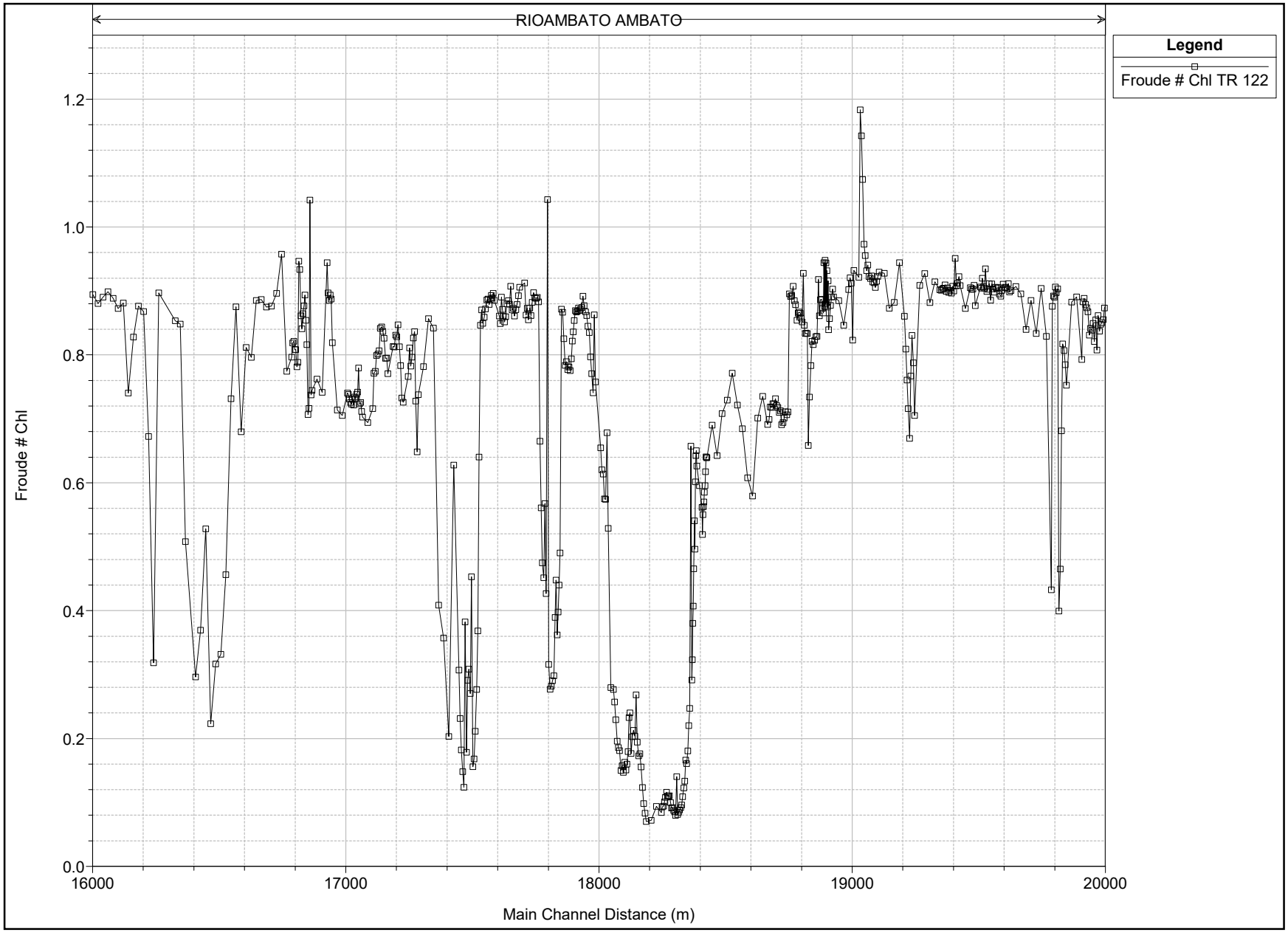

RIOAMBATO AMBATO
Legend
Froude # Chl TR 5
Froude # Chl
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
16000
17000
18000
19000
20000
Main Channel Distance (m)

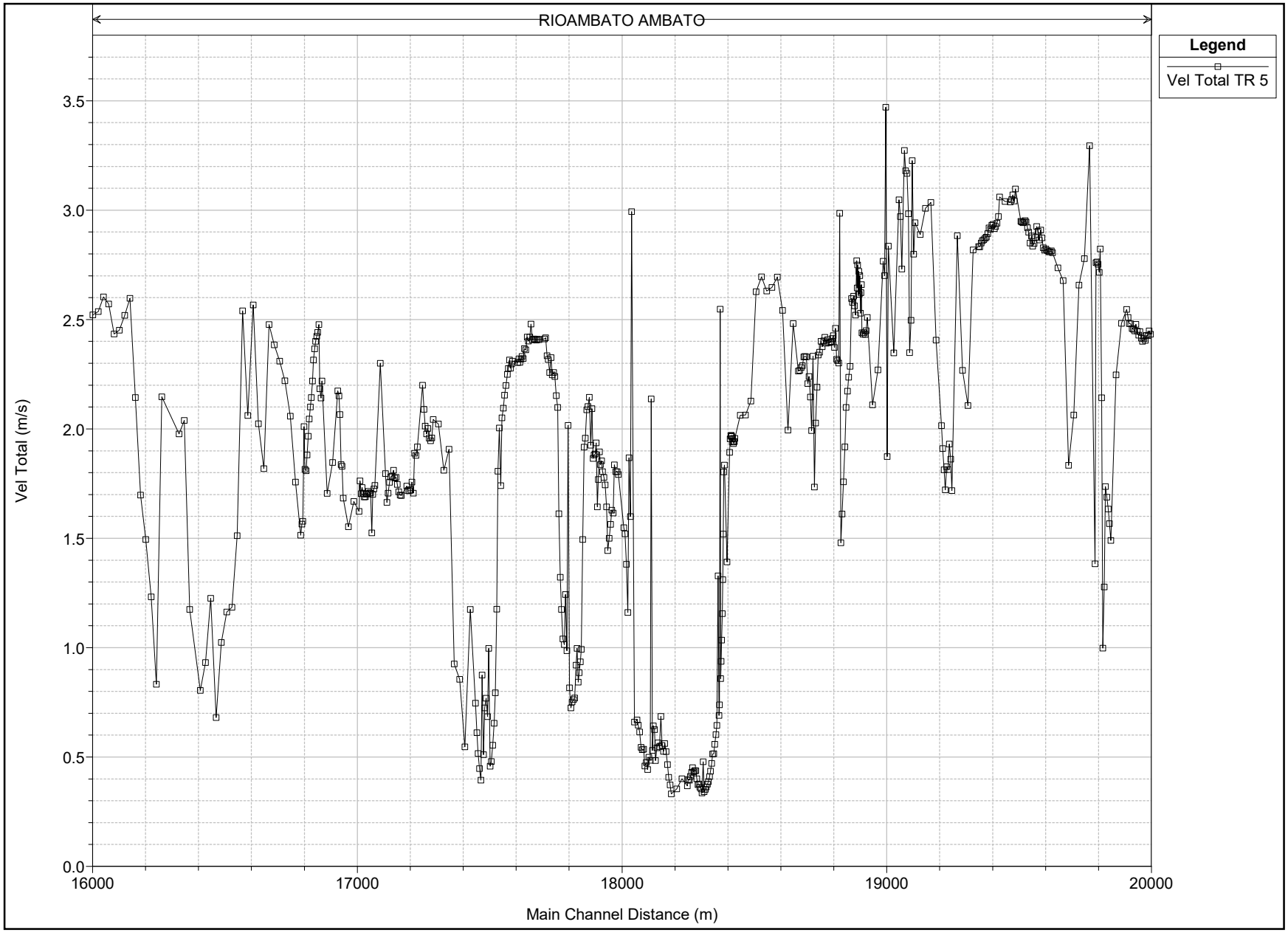

RIOAMBATO AMBATO
Legend
Froude # Chl TR 10
Froude # Chl
Main Channel Distance (m)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
16000
17000
18000
19000
20000

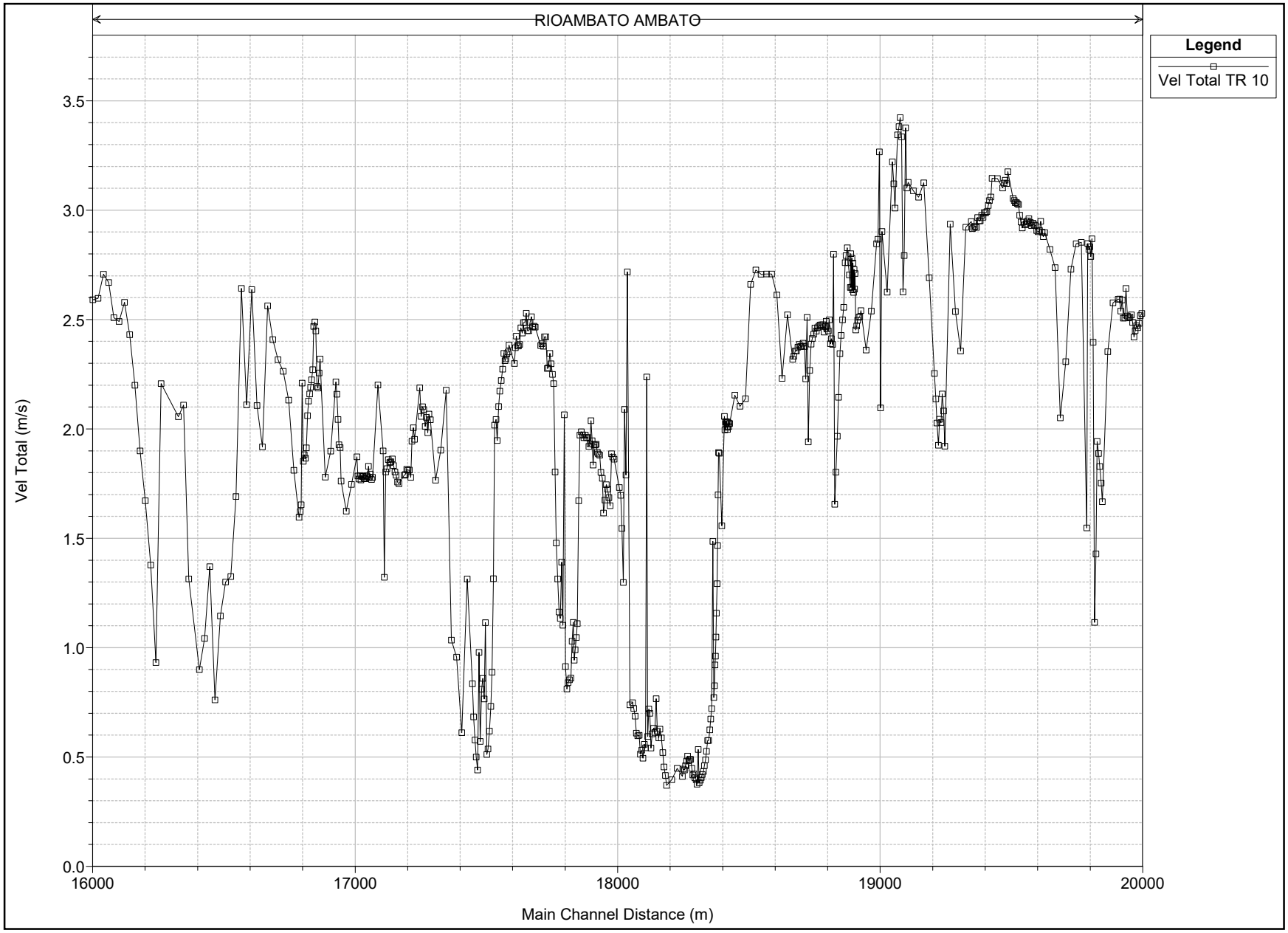

RIOAMBATO AMBATO
Legend
Froude # Chl TR 25
Froude # Chl
Main Channel Distance (m)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
16000
17000
18000
19000
20000

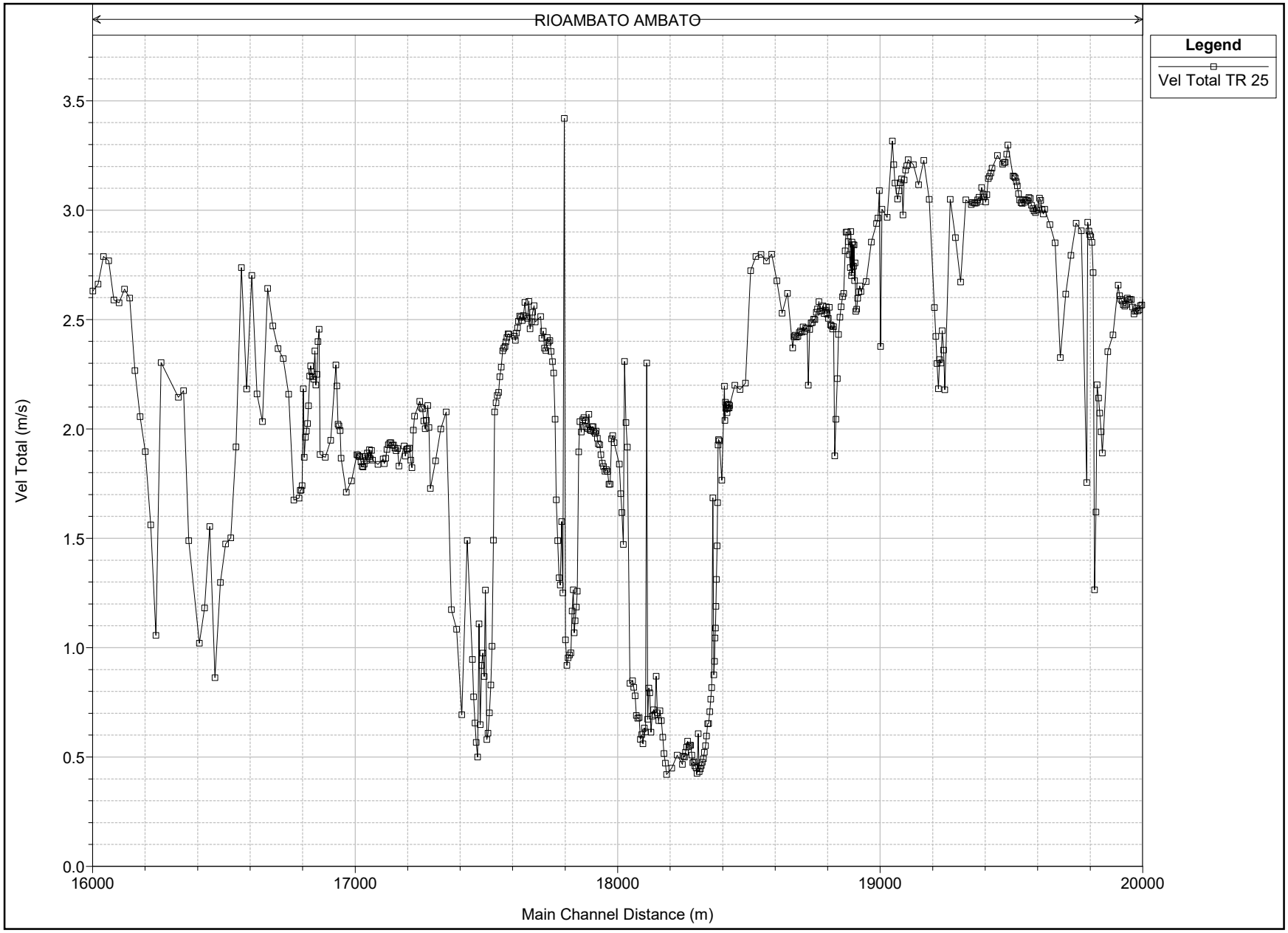

RIOAMBATO AMBATO
Legend
Froude # Chl TR 50
Froude # Chl
Main Channel Distance (m)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
16000
17000
18000
19000
20000

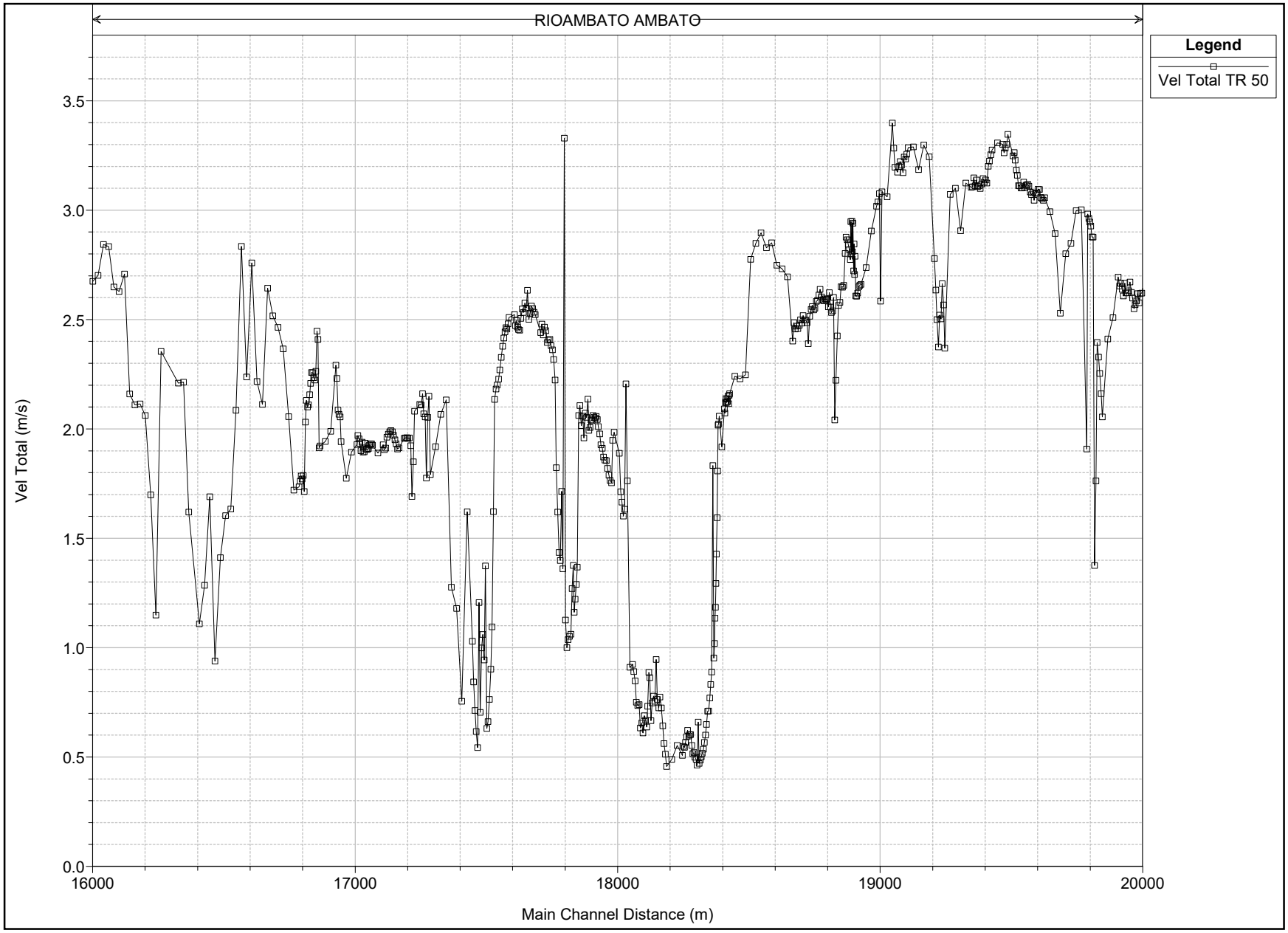

RIOAMBATO AMBATO
Legend
Froude # Chl TR 100
Froude # Chl
Main Channel Distance (m)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
16000
17000
18000
19000
20000

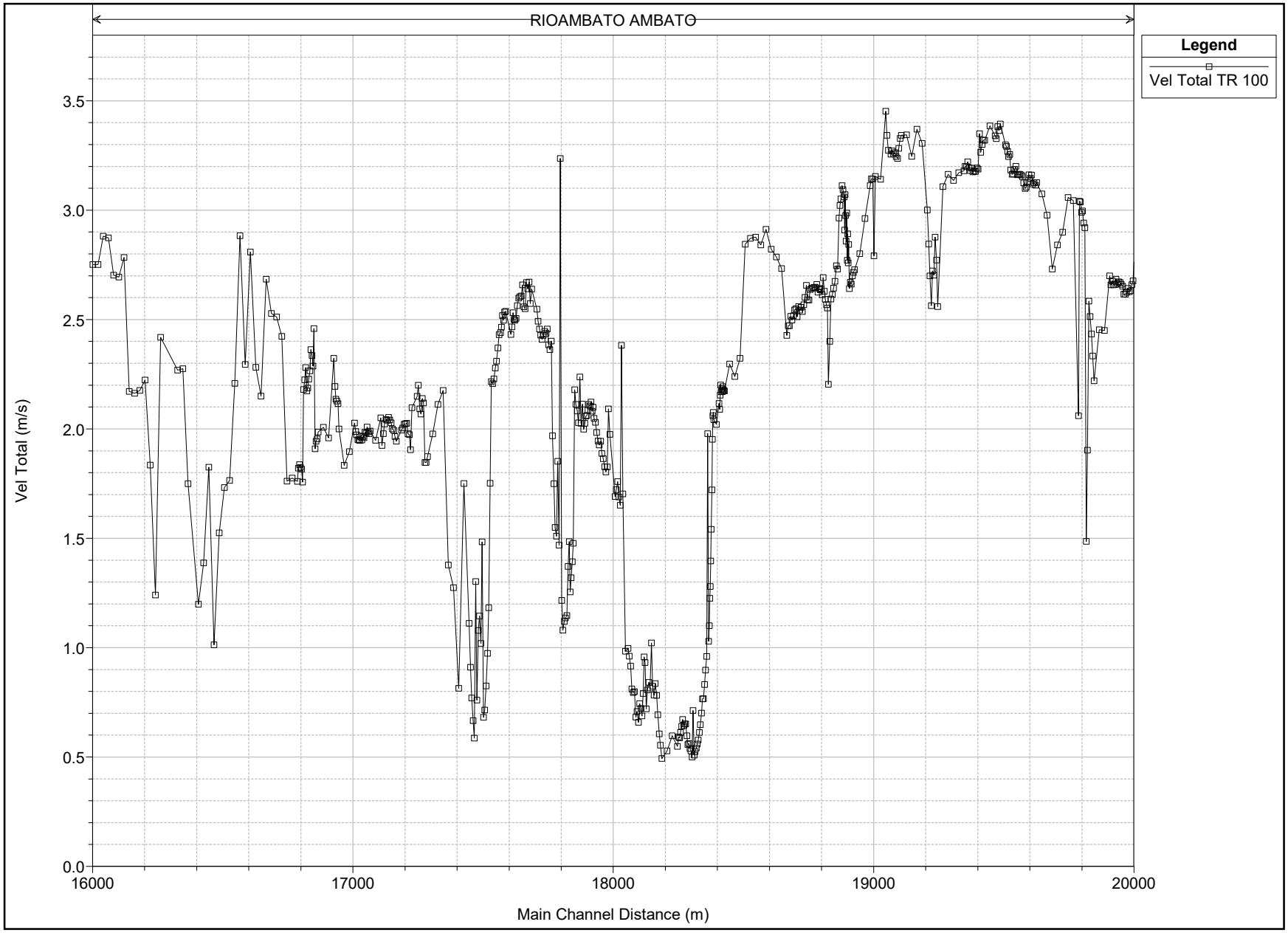

RIOAMBATO AMBATO
Legend
Froude # Chl TR 122
Froude # Chl
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
16000
17000
18000
19000
20000
Main Channel Distance (m)

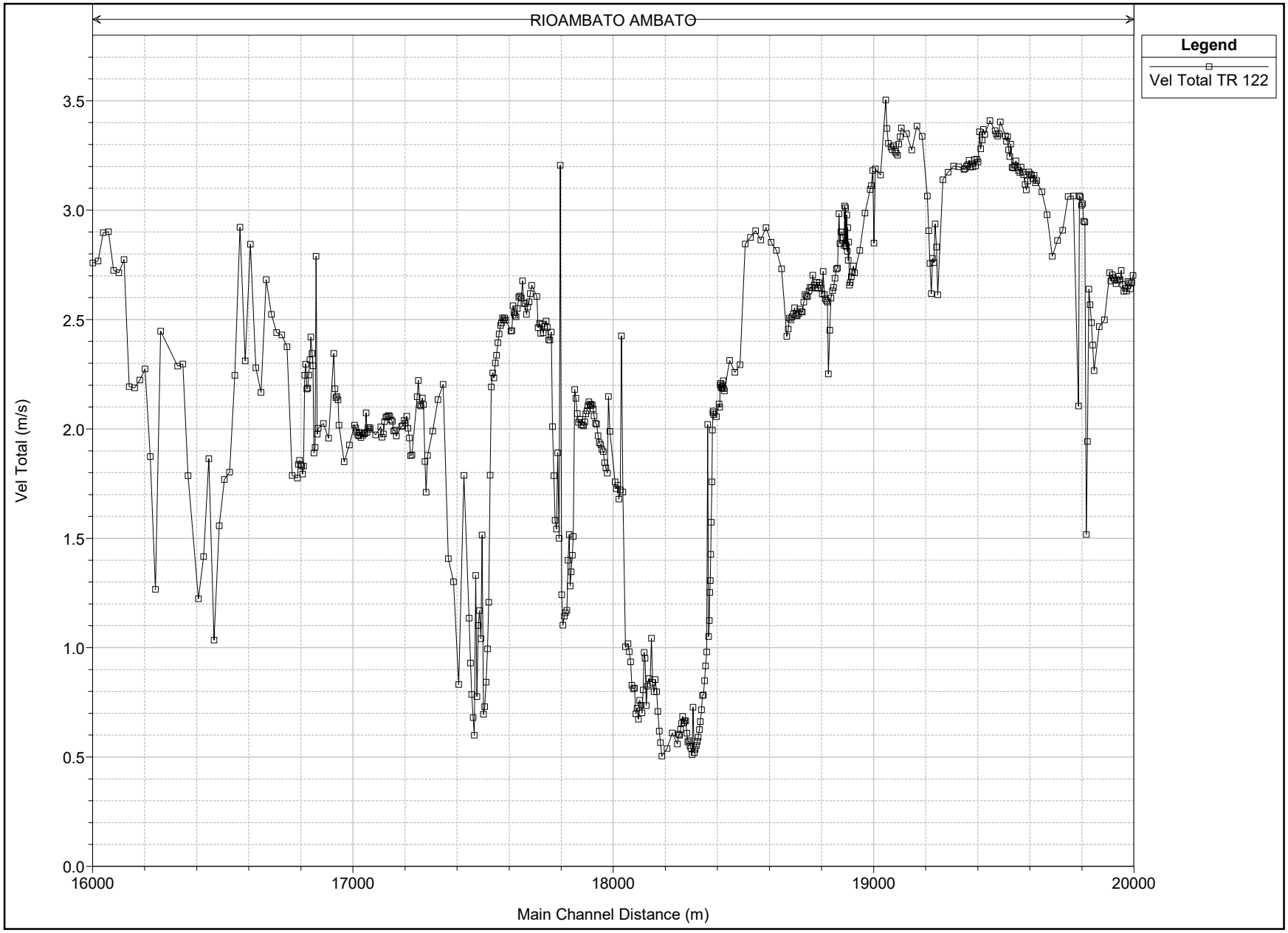

RIOAMBATO AMBATO
Legend
Vel Total TR 5
Vel Total (m/s)
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
16000
17000
18000
19000
20000
Main Channel Distance (m)

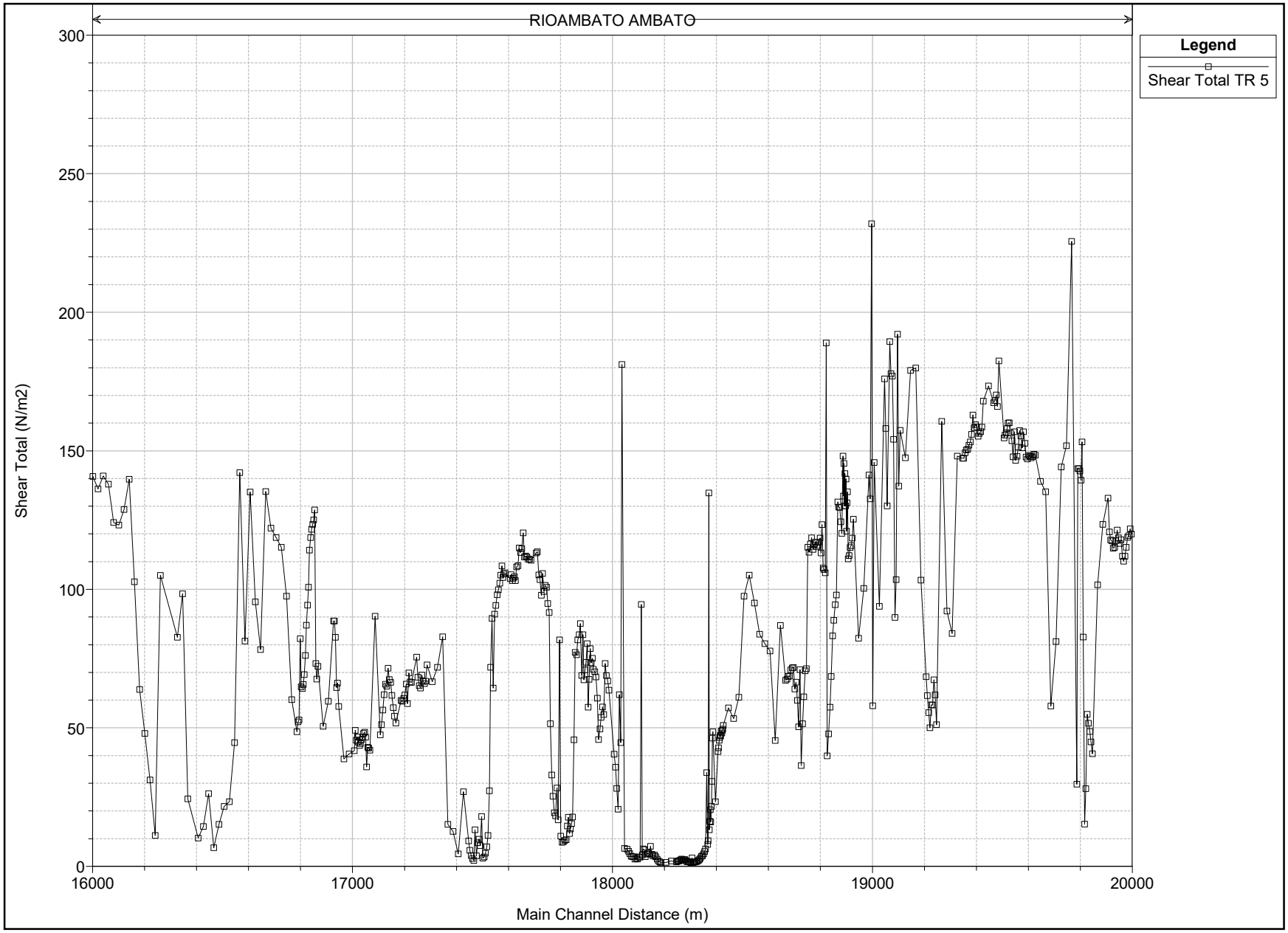

RIOAMBATO AMBATO
Legend
Vel Total TR 10
Vel Total (m/s)
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
16000
17000
18000
19000
20000
Main Channel Distance (m)

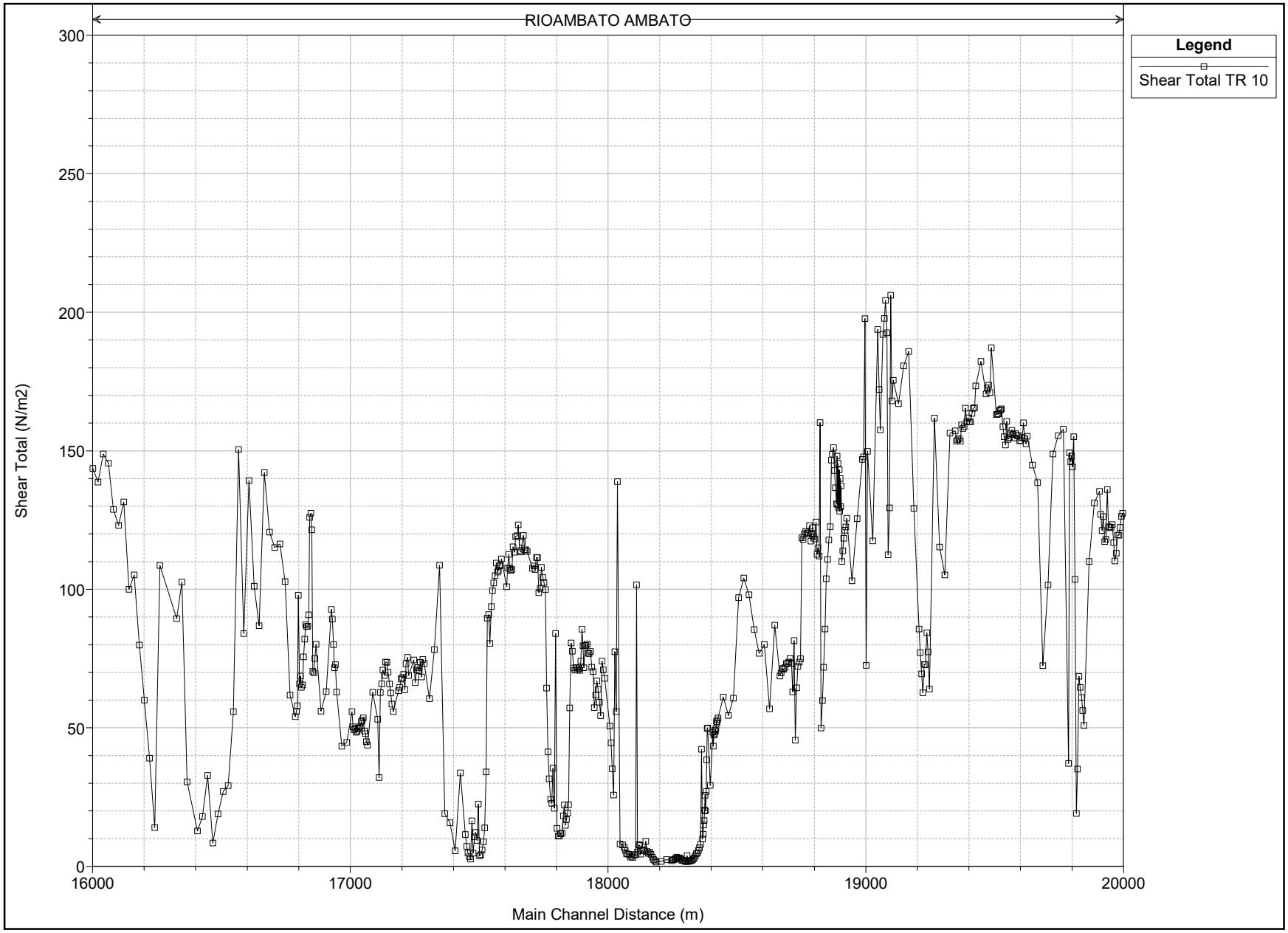

RIOAMBATO AMBATO
Legend
Vel Total TR 25
Vel Total (m/s)
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
16000
17000
18000
19000
20000
Main Channel Distance (m)

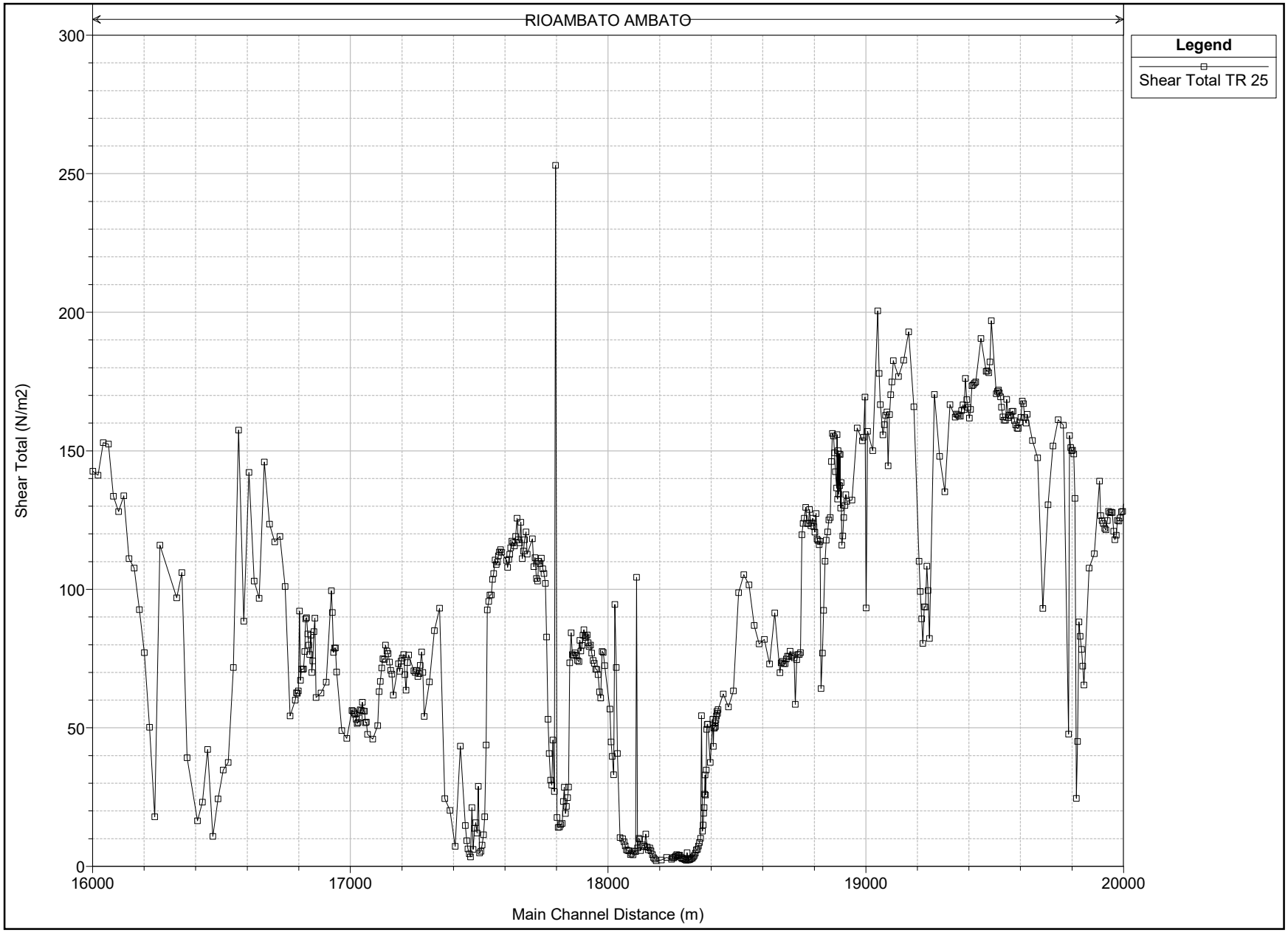

RIOAMBATO AMBATO
Legend
Vel Total TR 50
Vel Total (m/s)
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
16000
17000
18000
19000
20000
Main Channel Distance (m)

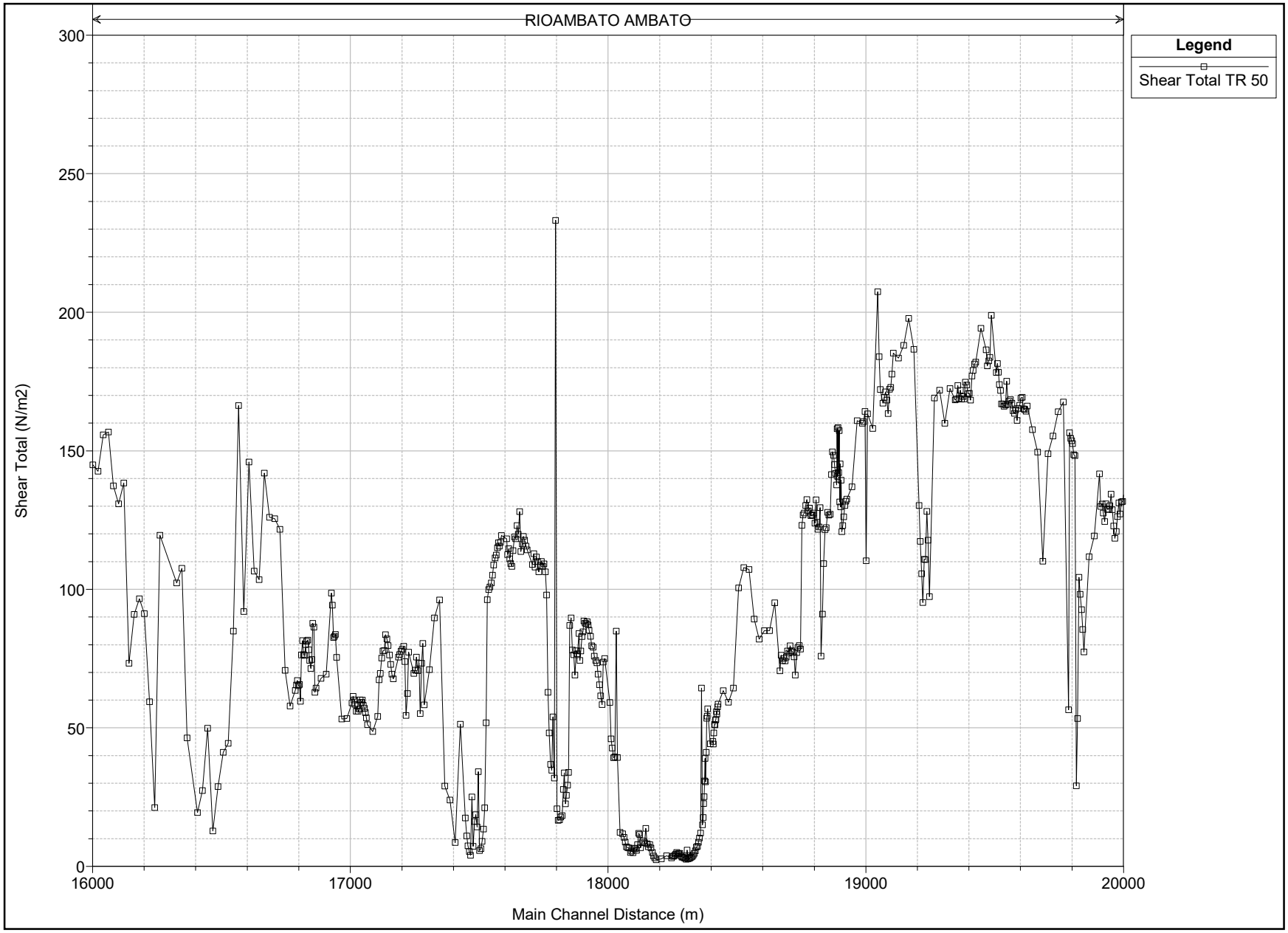

RIOAMBATO AMBATO
Legend
Vel Total TR 100
Vel Total (m/s)
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
16000
17000
18000
19000
20000
Main Channel Distance (m)

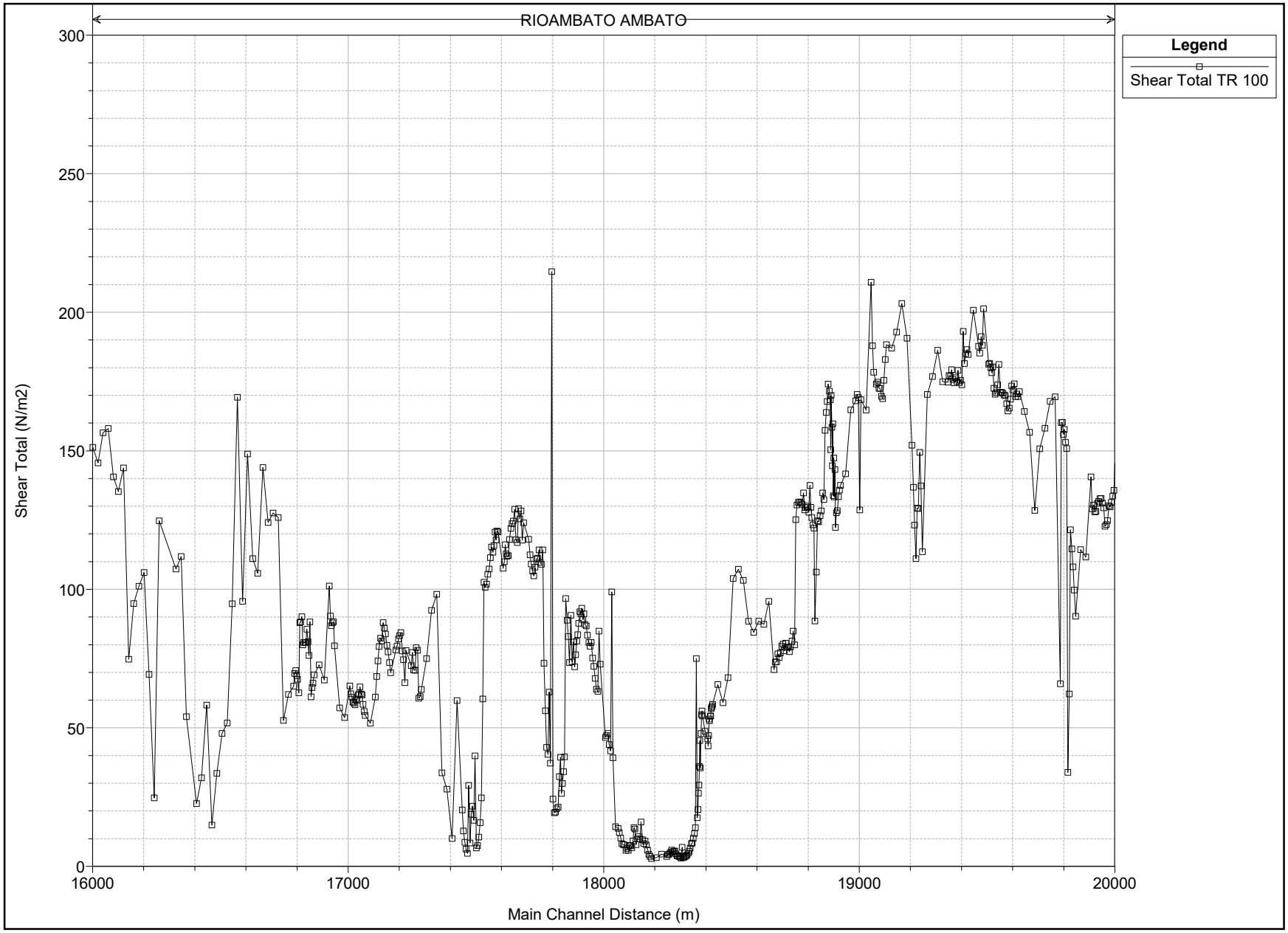

RIOAMBATO AMBATO
Legend
Vel Total TR 122
Vel Total (m/s)
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
16000
17000
18000
19000
20000
Main Channel Distance (m)

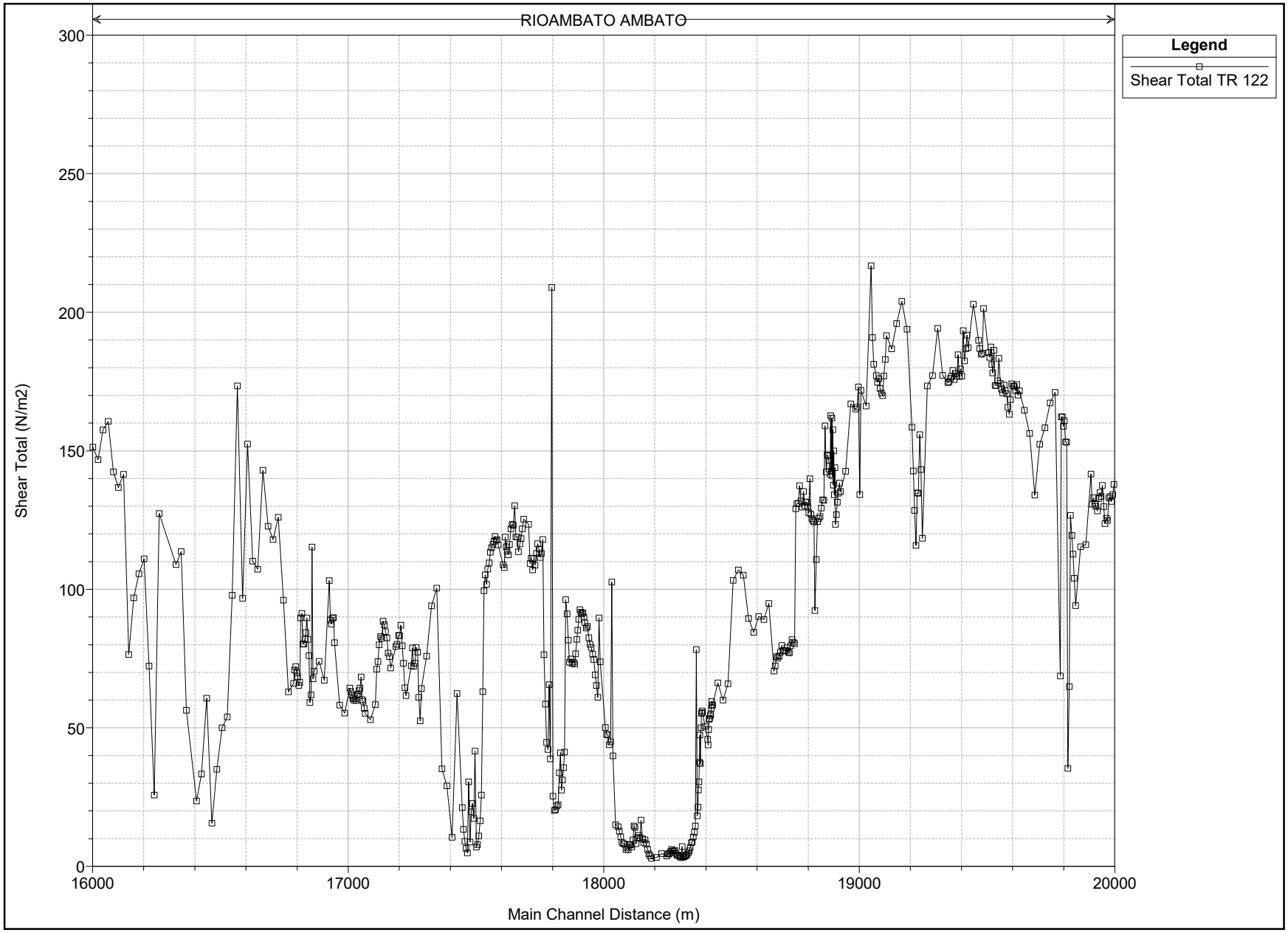

RIOAMBATO AMBATO
Legend
Shear Total TR 5
Shear Total (N/m2)
300
250
200
150
100
50
0
16000
17000
18000
19000
20000
Main Channel Distance (m)

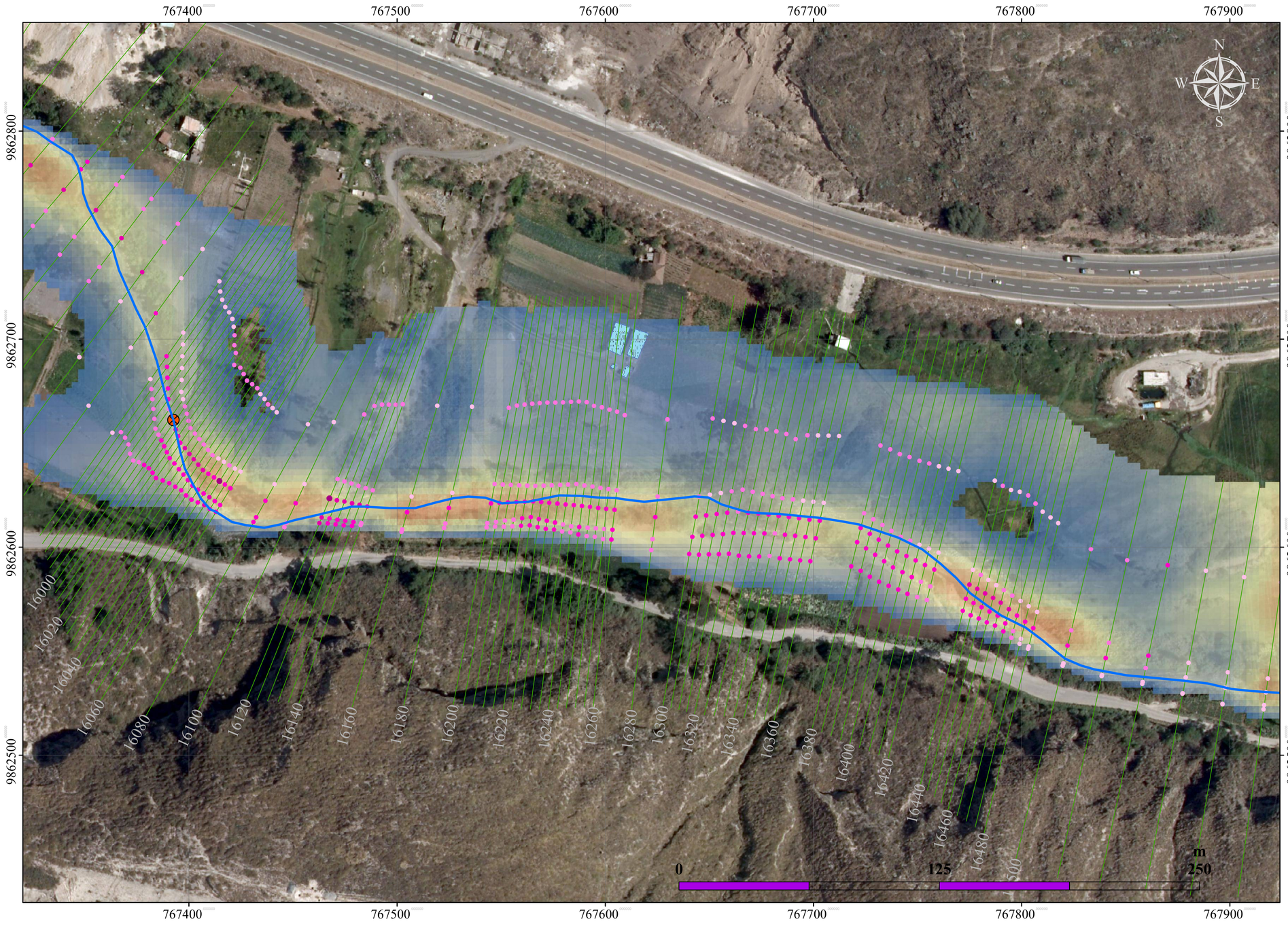

RIOAMBATO AMBATO
Legend
Shear Total TR 10
Shear Total (N/m2)
Main Channel Distance (m)
0
50
100
150
200
250
300
16000
17000
18000
19000
20000


RIOAMBATO AMBATO
Legend
Shear Total TR 25
Shear Total (N/m2)
Main Channel Distance (m)
0
50
100
150
200
250
300
16000
17000
18000
19000
20000


RIOAMBATO AMBATO
Legend
Shear Total TR 50
Shear Total (N/m2)
Main Channel Distance (m)
0
50
100
150
200
250
300
16000
17000
18000
19000
20000


RIOAMBATO AMBATO
Legend
Shear Total TR 100
Shear Total (N/m2)
Main Channel Distance (m)
0
50
100
150
200
250
300
16000
17000
18000
19000
20000


RIOAMBATO AMBATO
Legend
Shear Total TR 122
Shear Total (N/m2)
Main Channel Distance (m)
0
50
100
150
200
250
300
16000
17000
18000
19000
20000



UBICACION



Leyenda

- Eje Rio Ambato
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00

Velocidades (V)

- <= 1.592
- > 1.592 V <= 2.177
- > 2.177 V <= 2.615
- > 2.615 V <= 2.980
- > 2.988 V <= 3.500
- Secciones Transversales
- Construcciones Existentes

Inundación TR 122

Altura

High : 2.88

Low : 0.00

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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

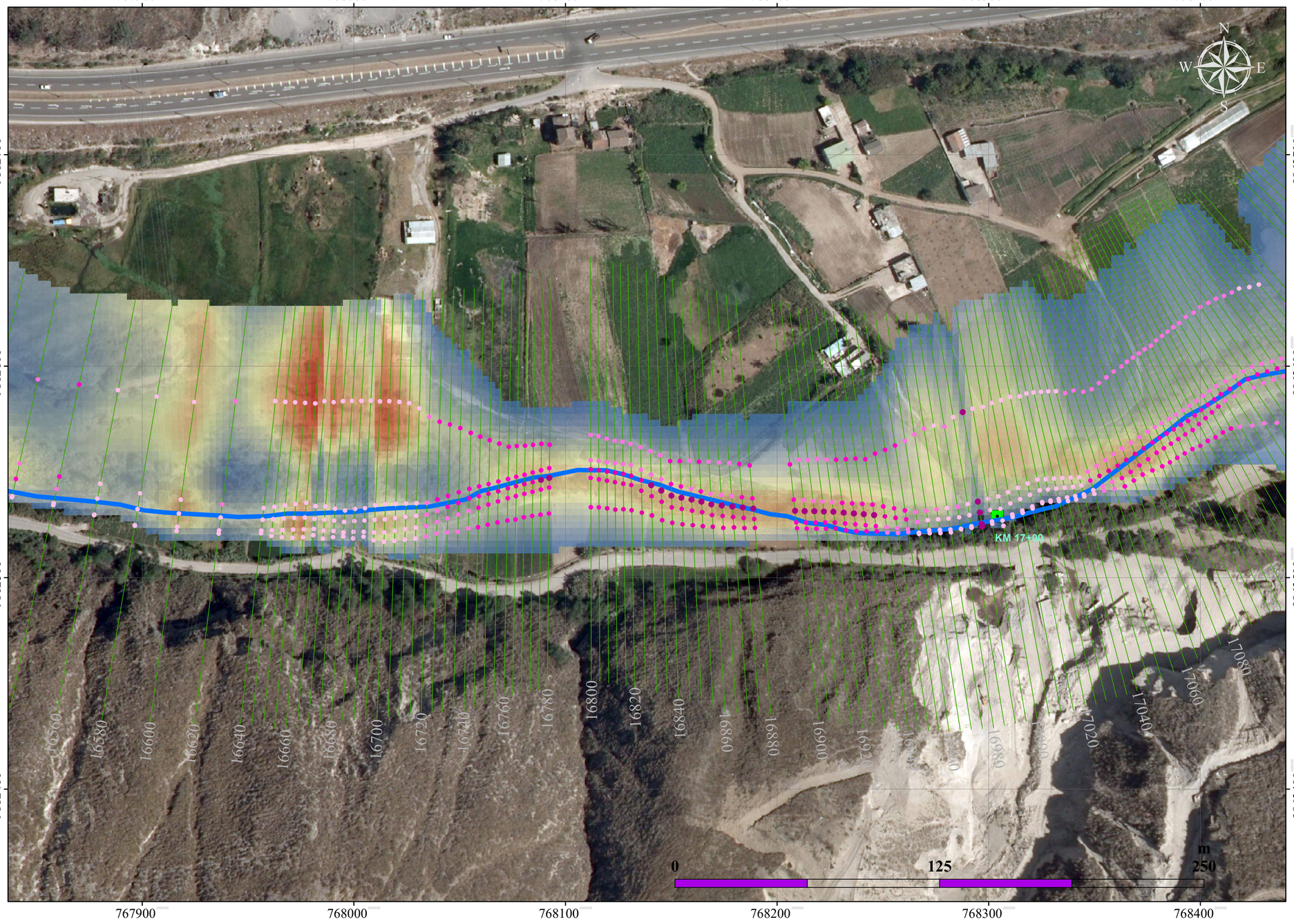
FOTOGRAFÍA DEL SECTOR



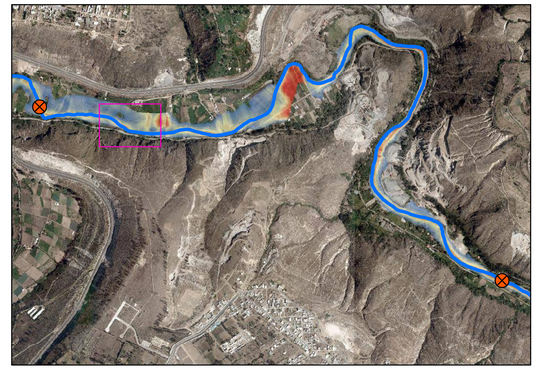
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
PLANO DE INUNDACIÓN PARTE 1

ELABORADO POR:	TUTOR:		
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO		
FECHA:	**LAMINA:**	**ESCALA:**	
18/06/2020	20	1:1000	



UBICACION



Leyenda

- Eje Rio Ambato
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00

Velocidades (V)

- <= 1.592
- >1.592 V <= 2.177
- > 2.177 V <= 2.615
- > 2.615 V <= 2.980
- > 2.988 V <= 3.500
- Secciones Transversales

Inundación TR 122

Altura

High : 2.88

Low : 0.00

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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

FOTOGRAFÍA DEL SECTOR



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE: PLANO DE INUNDACIÓN PARTE 2

ELABORADO POR:	TUTOR:		
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO		
FECHA:	**LAMINA:**	**ESCALA:**	
19/06/2020	21	1:1000	

768400 768500 768600 768700 768800 768900

9862900 9862800 9862700 9862600 9862500

N W E S

0 125 250 m

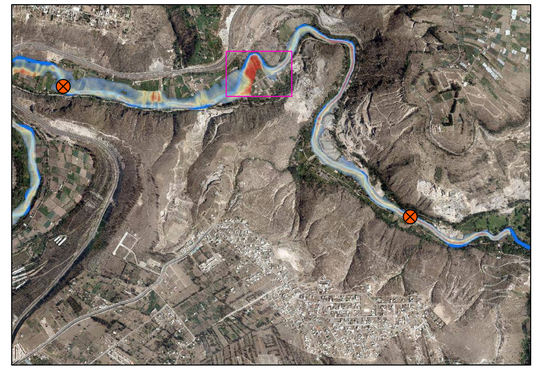
Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

FOTOGRAFÍA DEL SECTOR



UBICACION



Leyenda

- Eje Rio Ambato
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00

Velocidades (V)

- <= 1.592
- > 1.592 V <= 2.177
- > 2.177 V <= 2.615
- > 2.615 V <= 2.980
- > 2.988 V <= 3.500

- Secciones Transversales
- Construcciones Existentes
- PLT-02 Planta de Tratamiento

Inundación TR 122

Altura

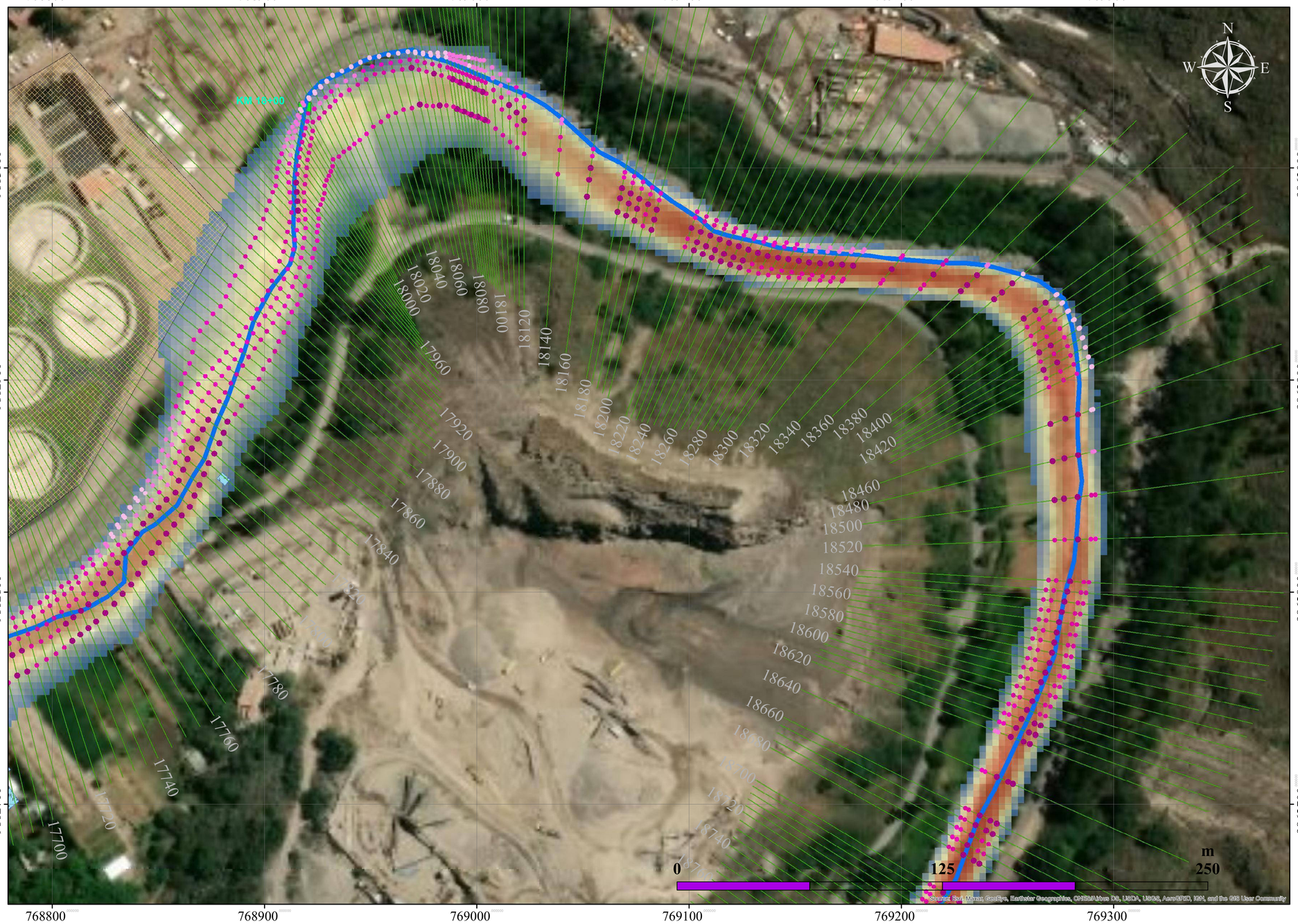
High : 2.88

Low : 0.00

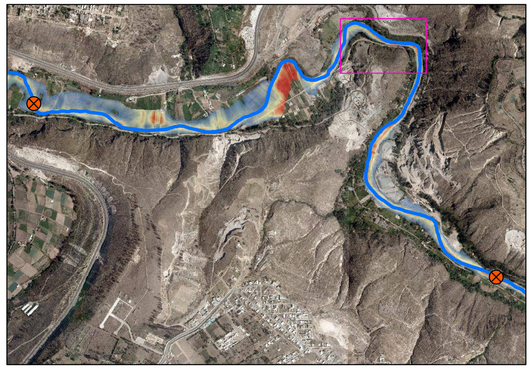
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE: PLANO DE INUNDACIÓN PARTE 3

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 20/06/2020	**LAMINA:** 22	**ESCALA:** 1:1000



UBICACION



Leyenda

- Eje Rio Ambato
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00

Velocidades (V)

- <= 1.592
- > 1.592 V <= 2.177
- > 2.177 V <= 2.615
- > 2.615 V <= 2.980
- > 2.988 V <= 3.500

- Secciones Transversales
- Construcciones Existentes
- PLT-02 Planta de Tratamiento

Inundación TR 122

Altura

High : 2.88

Low : 0.00

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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

FOTOGRAFÍA DEL SECTOR



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:
PLANO DE INUNDACIÓN PARTE 4

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA:	**LAMINA:**	**ESCALA:**
22/06/2020	23	1:1000

768800 768900 769000 769100 769200 769300

9862600 9862500 9862400 9862300 9862200

18860 18880 18900 18920 18940 18980 19000 19020 19040 19060 19080 19100 19120 19140 19160 19180

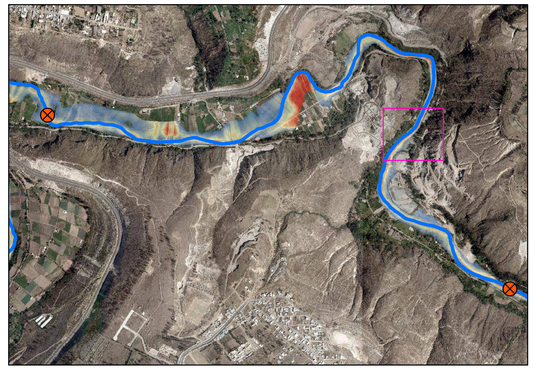
KM 19+00

N W E S

0 125 250 m

Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

UBICACION



Leyenda

- Eje Rio Ambato
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00

Velocidades (V)

- <= 1.592000
- > 1.592000 V <= 2.177000
- > 2.177000 V <= 2.615000
- > 2.615000 V <= 2.988000
- > 2.988000 V <= 3.500000
- Secciones Transversales
- Construcciones Existentes

Inundación TR 122

Altura

High : 2.88159

Low : 0.000976563

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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

FOTOGRAFÍA DEL SECTOR



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE: PLANO DE INUNDACIÓN PARTE 5

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 23/06/2020	LAMINA: 24	ESCALA: 1:1000

769000 769100 769200 769300 769400 769500

9862300 9862200 9862100 9862000

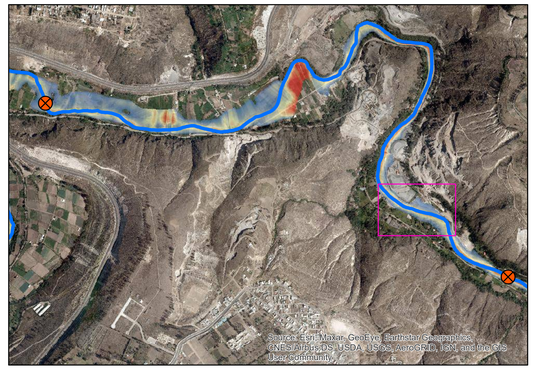
19200 19220 19240 19260 19280 19300 19320 19340 19360 19380 19400 19420 19440 19460 19480 19500 19520 19540 19560 19580 19600 19620

N W E S

0 125 250 m

769000 769100 769200 769300 769400 769500

UBICACION



Leyenda

- Eje Rio Ambato
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00

Velocidades (V)

- <= 1.592
- > 1.592 V <= 2.177
- > 2.177 V <= 2.615
- > 2.615 V <= 2.980
- > 2.988 V <= 3.500

- Secciones Transversales
- Construcciones Existentes

Inundación TR 122

Altura

High : 2.88

Low : 0.00

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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

FOTOGRAFÍA DEL SECTOR



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE: PLANO DE INUNDACIÓN PARTE 6

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 24/06/2020	**LAMINA:** 25	**ESCALA:** 1:1000

769300 769400 769500 769600 769700 769800

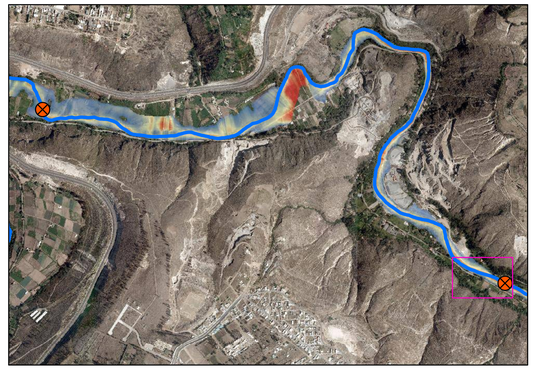
9862000 9861900 9861800 9861700

N W E S

19500 19520 19540 19560 19580 19600 19620 19640 19660 19680 19700 19720 19740 19760 19780 19800 19820 19840 19860 19880 19900 19920 19940 19960 19980 20000 20020 20040 20060 20080 20100 20120

0 125 250 m

UBICACION



Leyenda

- Eje Rio Ambato
- Inicio - Fin Tramo Km 16+00 al Km 20+00

Velocidades (V)

- <= 1.592
- > 1.592 V <= 2.177
- > 2.177 V <= 2.615
- > 2.615 V <= 2.980
- > 2.988 V <= 3.500

Secciones Transversales

Inundación TR 122

Altura

High : 2.88159

Low : 0.000976563

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: 1.00
Latitude Of Origin: 0,0
Linear Unit: Meter (1,0)

FOTOGRAFÍA DEL SECTOR



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE: PLANO DE INUNDACIÓN PARTE 7

ELABORADO POR:	TUTOR:	
JENNY PAULETTE RIOFRIO DONOSO	ING. LENIN MALDONADO	
FECHA: 25/06/2020	**LAMINA:** 26	**ESCALA:** 1:1000

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

MANUAL DE MODELACIÓN DE FLUJOS CON HEC-RAS



Ambato-Ecuador 2020

PROCEDIMIENTO

Abrir el programa HEC-RAS 5.0.7

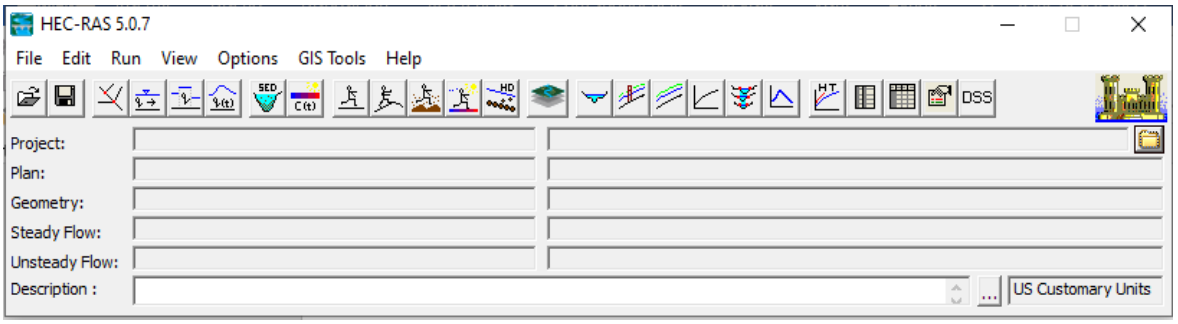


Figura N°1. Ventana de inicio del programa HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

INGRESO DE DATOS

En el Menú principal seleccionar File y New Project.

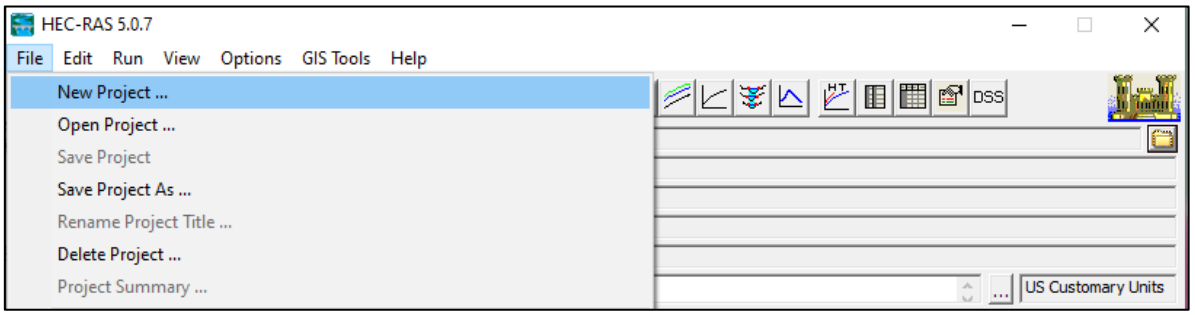


Figura N°2. Barra de opciones de la opción File
Fuente: HEC-RAS

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

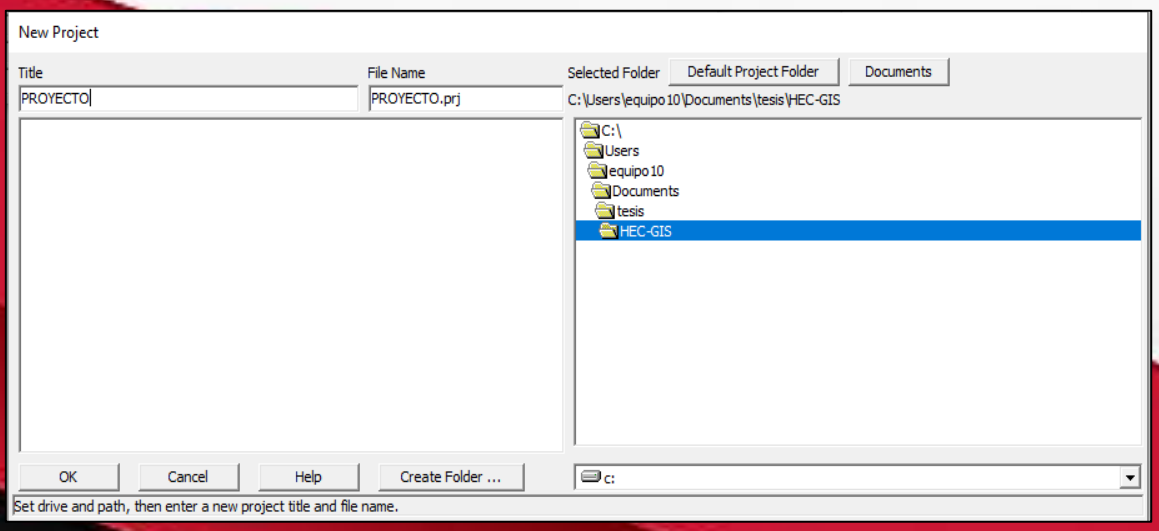


Figura N°3. Ventana de nuevo proyecto
Fuente: HEC-RAS

Seleccionar la opción aceptar.

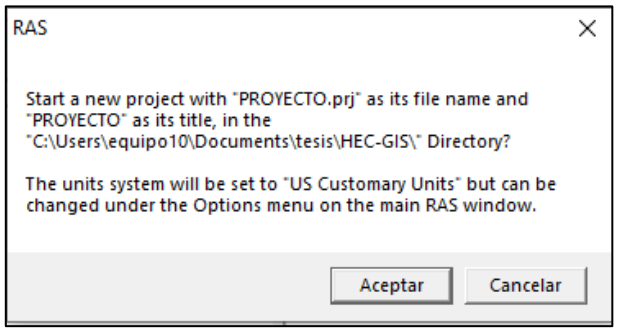


Figura Nº4. Ventana de RAS
Fuente: HEC-RAS

GEOMETRÍA

Escoger el icono view/edit geometric data

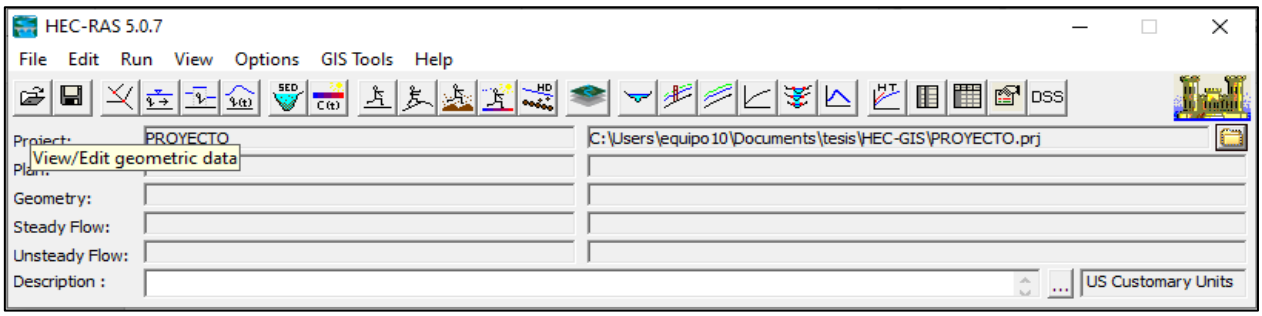


Figura Nº5. Ventana de inicio del programa HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

Click en File-Import Geometry Data- GIS Format.

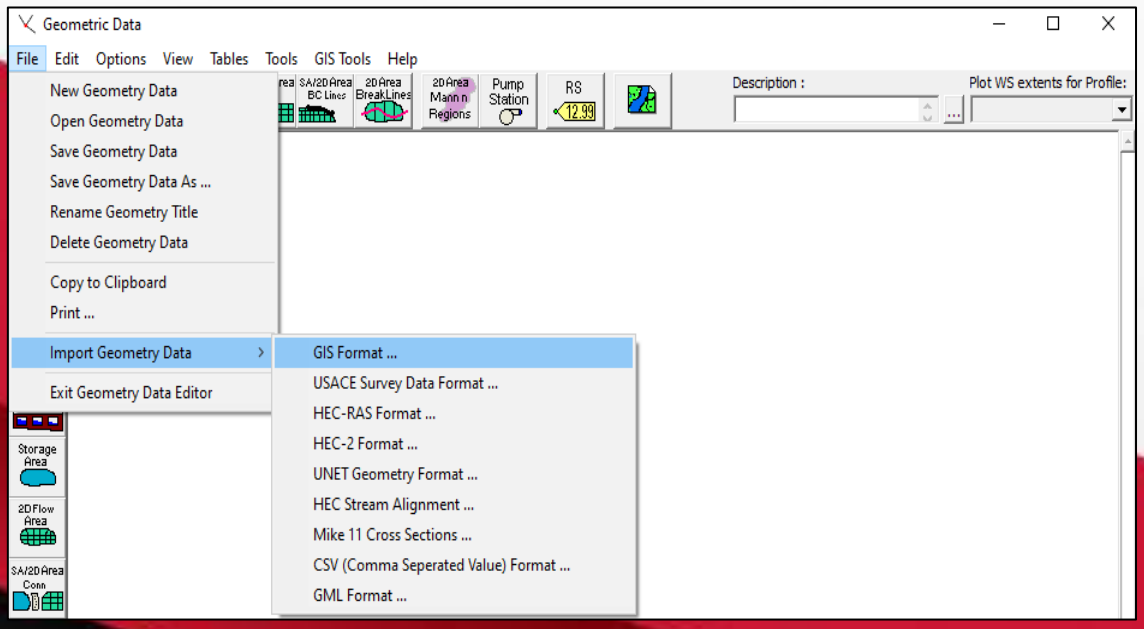


Figura Nº6. Barra de opciones de los datos de geometría.
Fuente: HEC-RAS

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

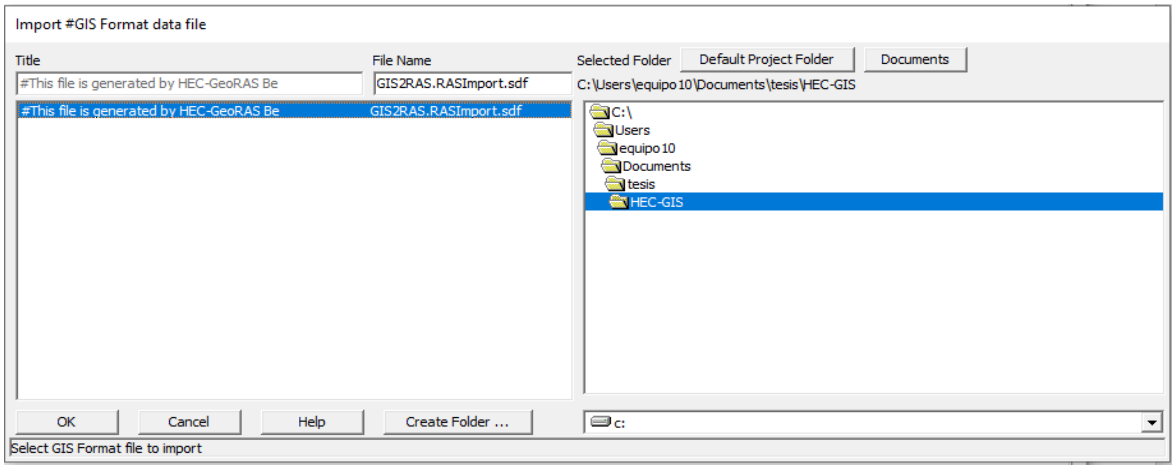


Figura Nº7. Ventana de inicio del programa del HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

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.

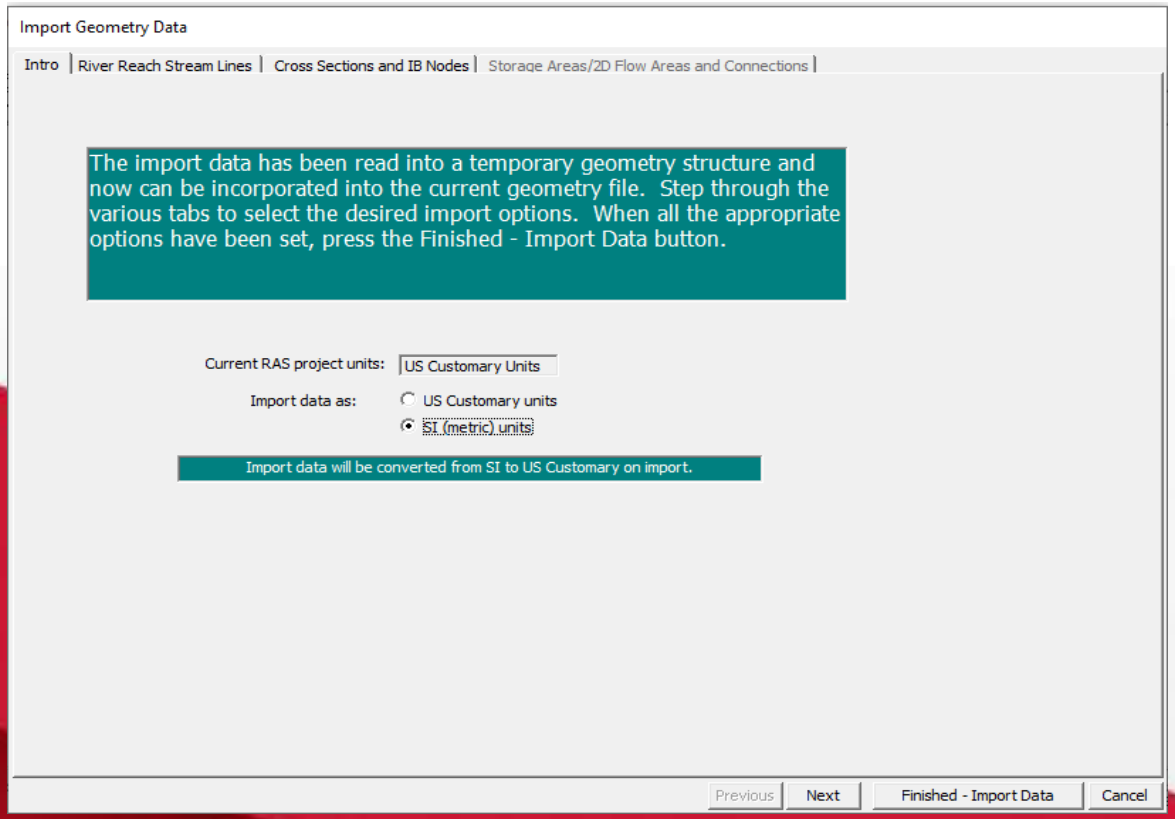


Figura Nº8. Ventana para importar datos de la geometría
Fuente: HEC-RAS

Clic en la opción Next.

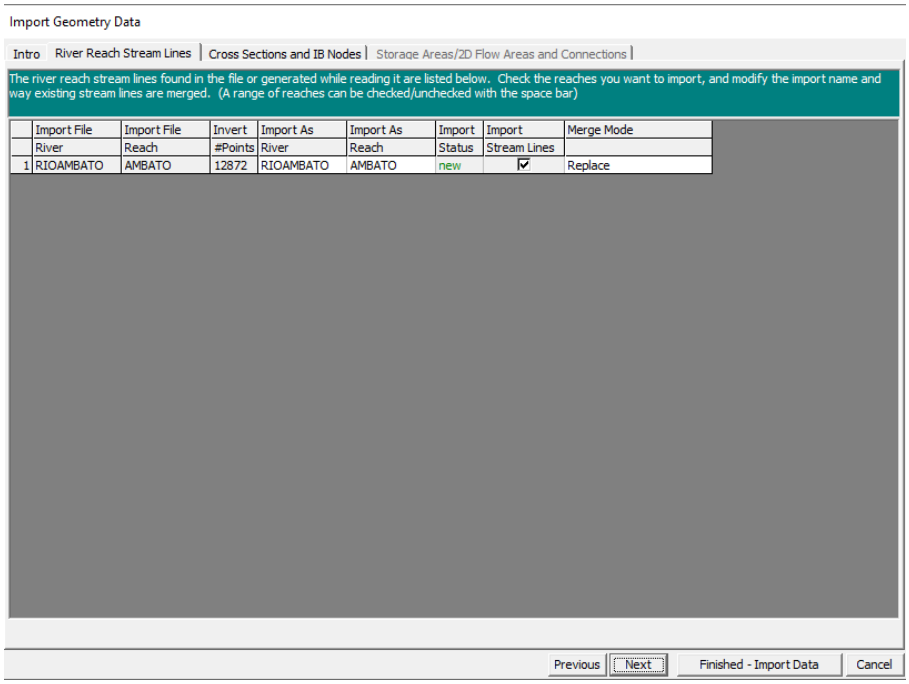


Figura Nº9. Ventana para importar datos de la geometría
Fuente: HEC-RAS

Seleccionar la opción Finished-Import Data.

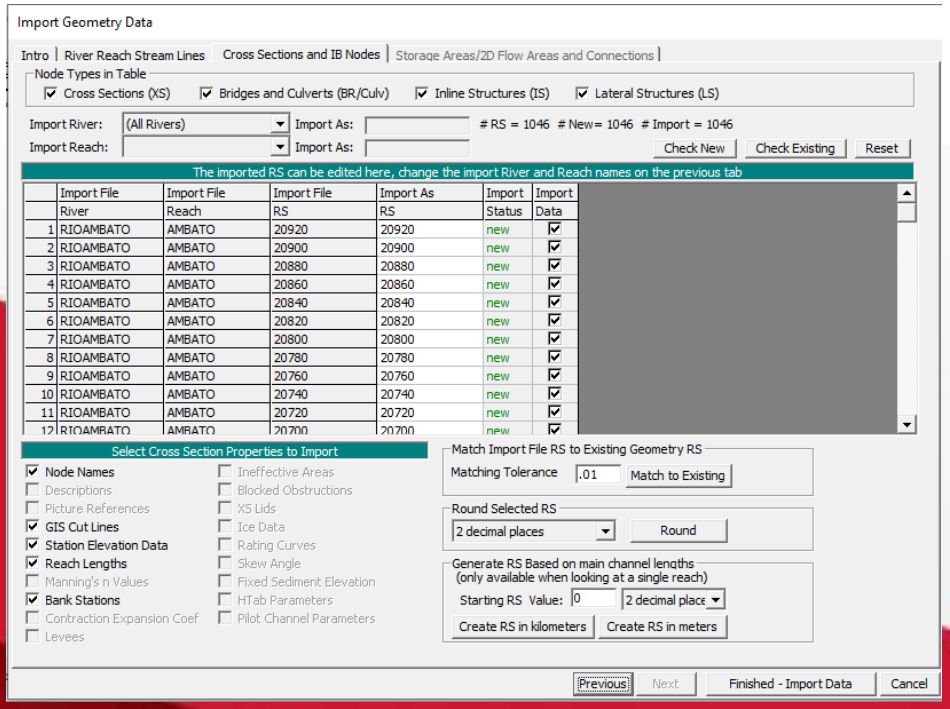


Figura Nº 10. Ventana para importar datos de la geometría
Fuente: HEC-RAS

Se observa la geometría del Rio Ambato.

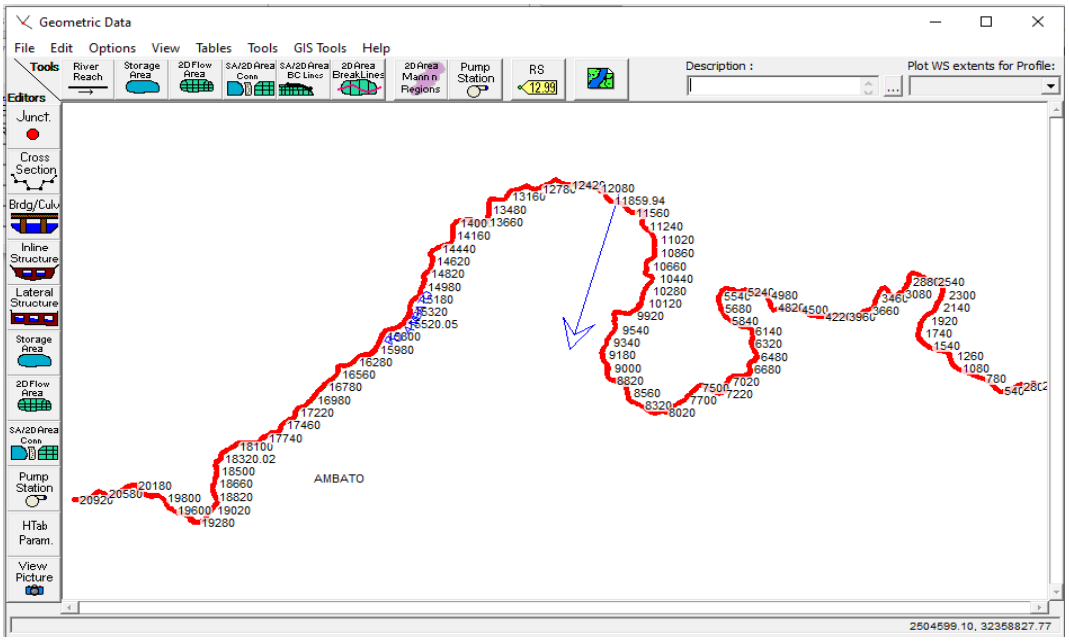


Figura Nº11.Ventana de datos de la geometría
Fuente: HEC-RAS

DIRECCION DEL FLUJO

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

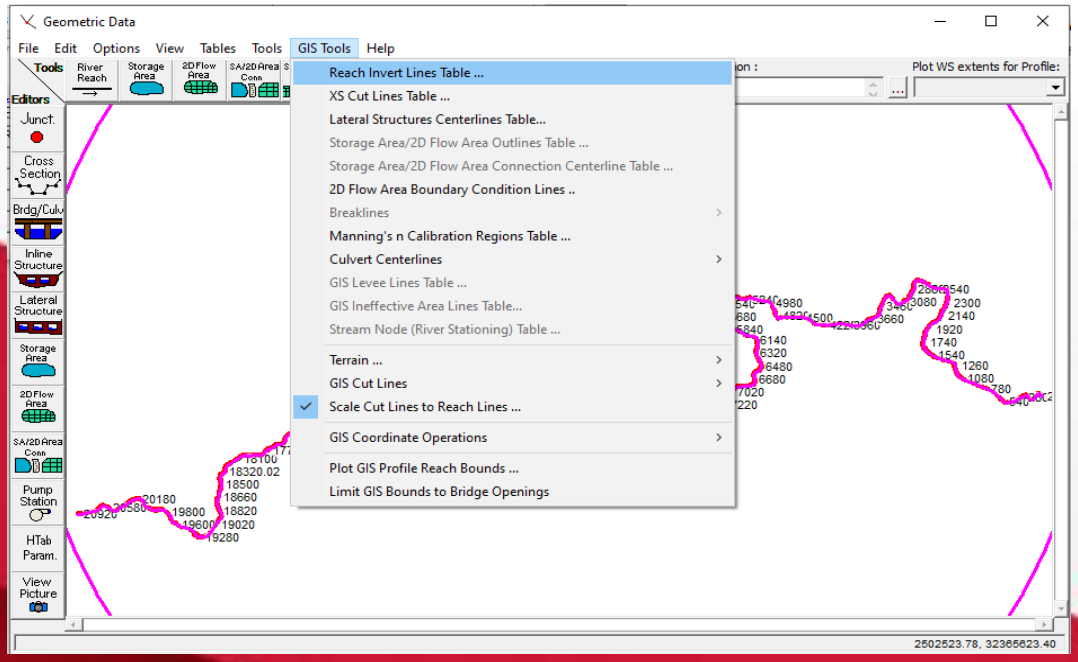


Figura Nº12. Opciones de Gis Tools en datos de geometría.
Fuente: HEC-RAS

Clic en la opción Reverse Order.

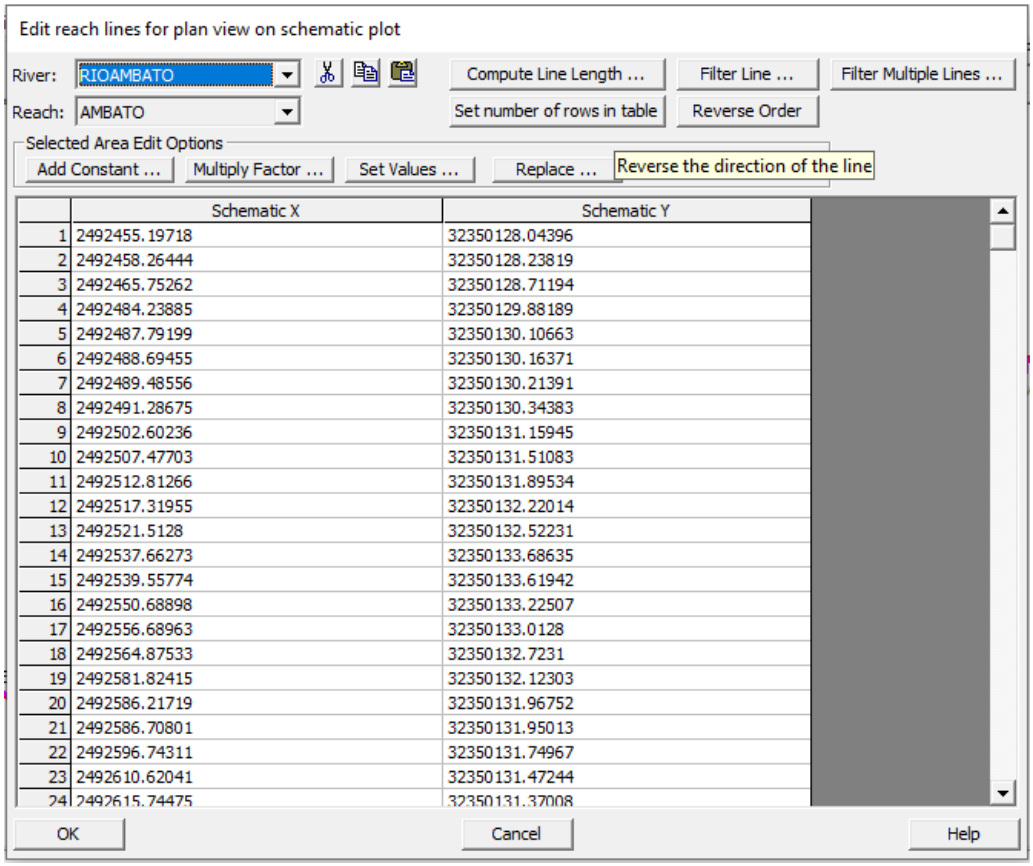


Figura Nº13. Ventana para invertir la dirección del río.
Fuente: HEC-RAS

Escoger la opción **Sí.**

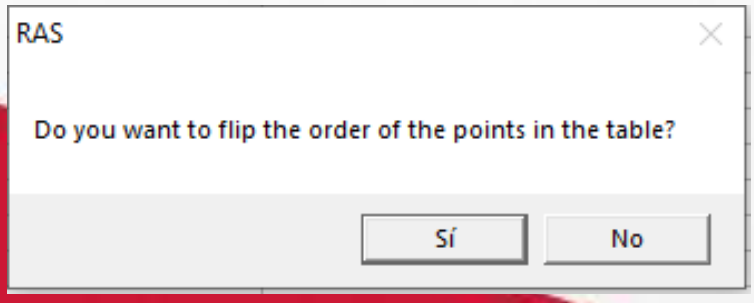
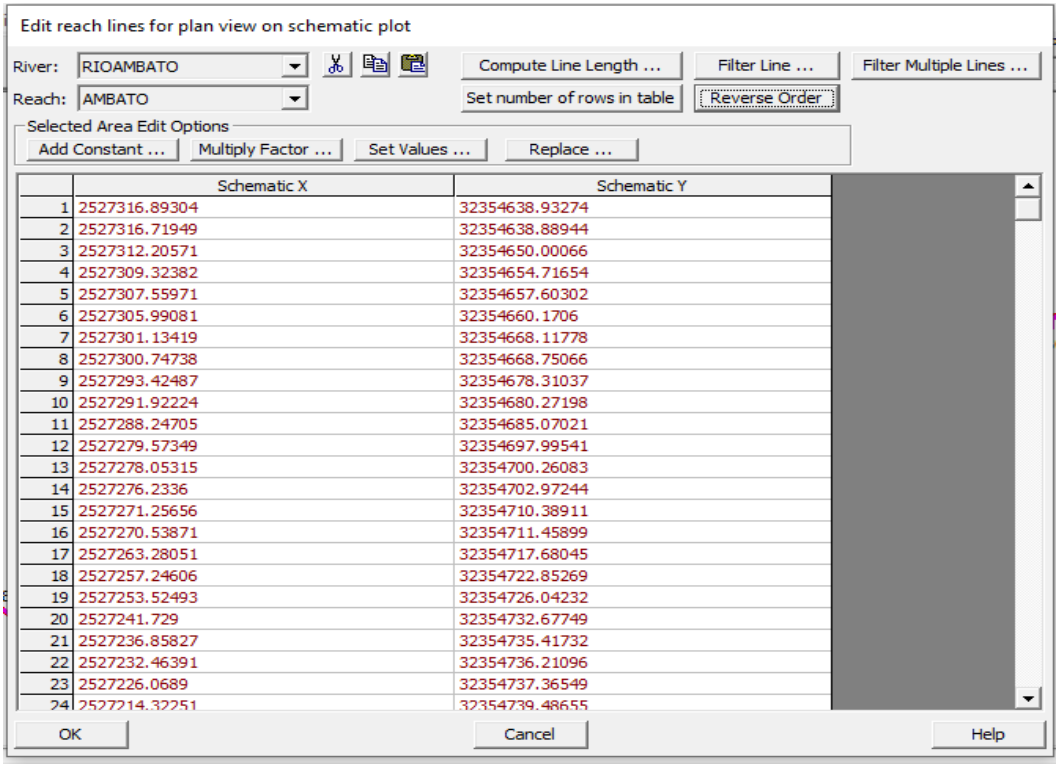


Figura Nº14. Ventana de la opción RAS
Fuente: HEC-RAS

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



	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	2527214.32251	32354739.48655

Figura Nº15. 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.

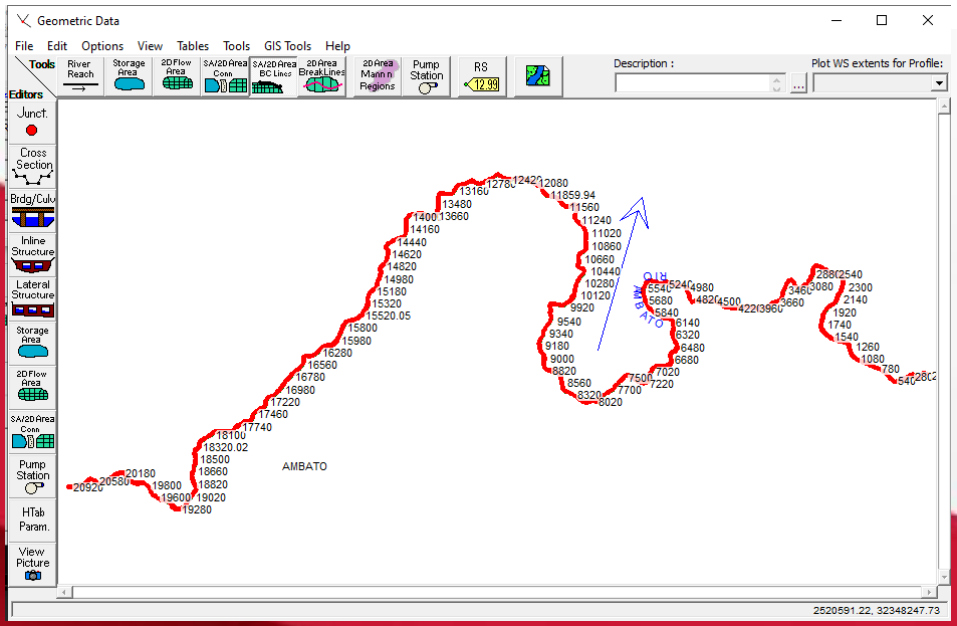


Figura Nº16. Ventana para importar datos de la geometría
Fuente: HEC-RAS

SECCIONES TRANSVERSALES

En Geometry Data escoger el icono Cross Section**.**

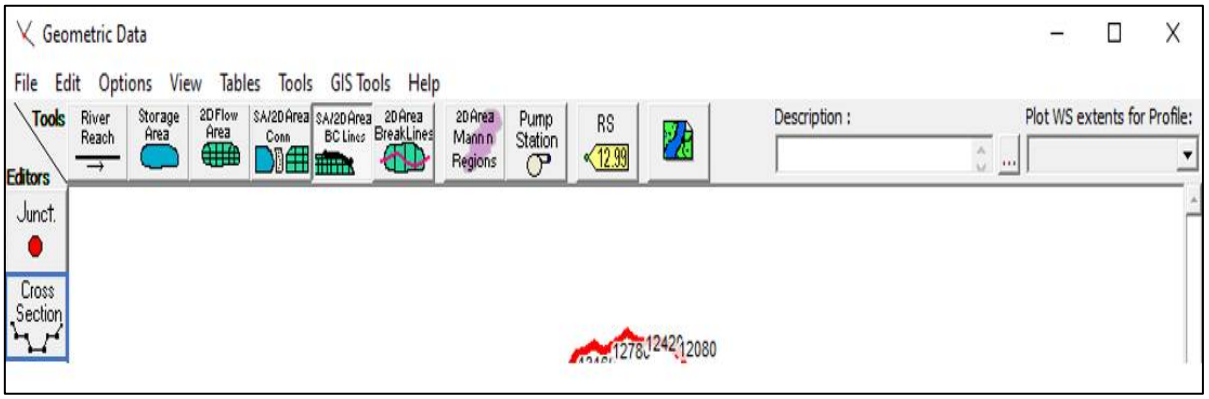


Figura Nº17. Ventana de datos de la geometría
Fuente: HEC-RAS

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.

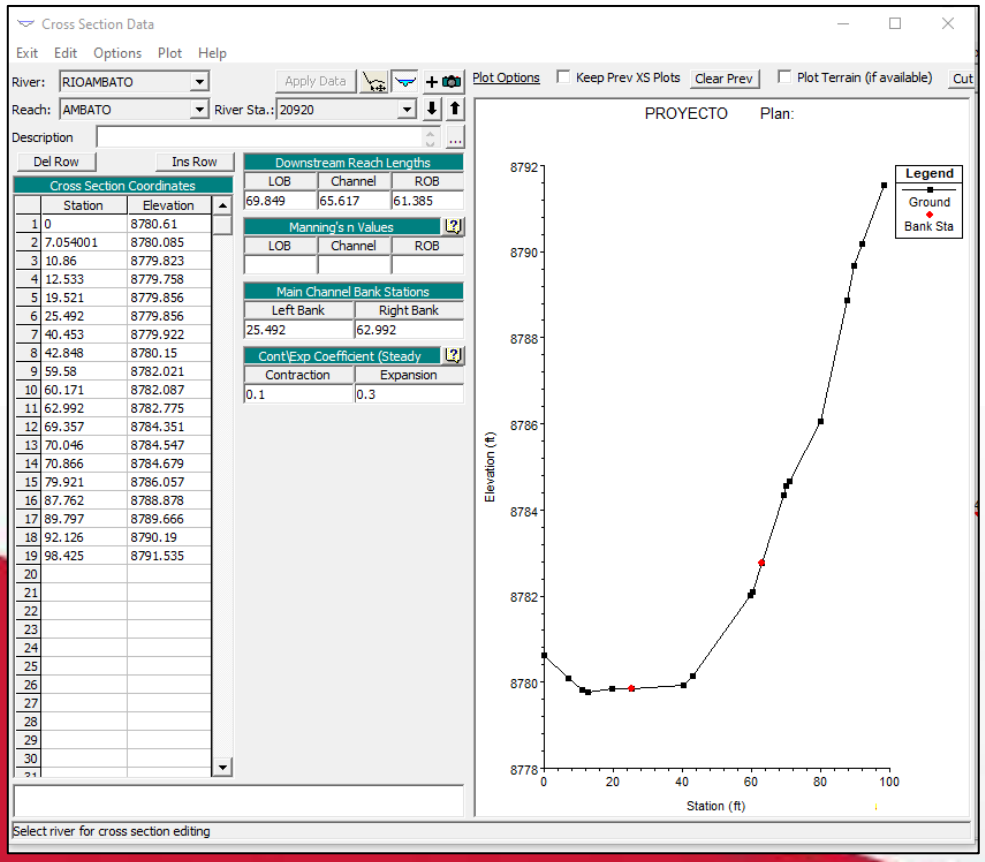


Figura Nº18. Ventana de la sección transversal del Río
Fuente: HEC-RAS

COLOCACIÓN DE DIQUES (LEVEES)

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

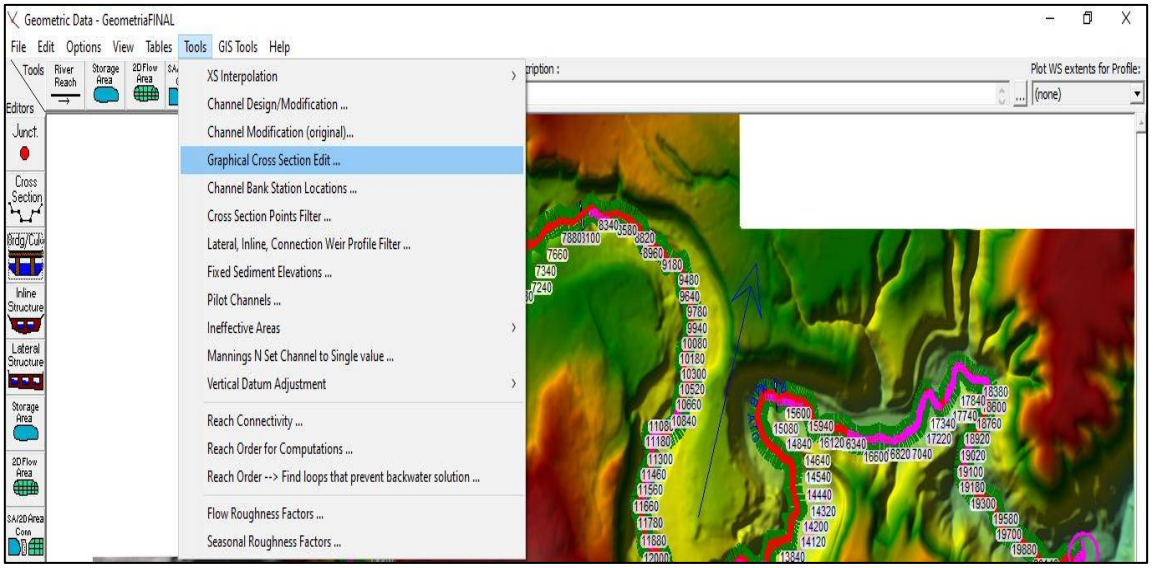


Figura Nº19. Lista de opciones de la opción Tools
Fuente: HEC-RAS

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

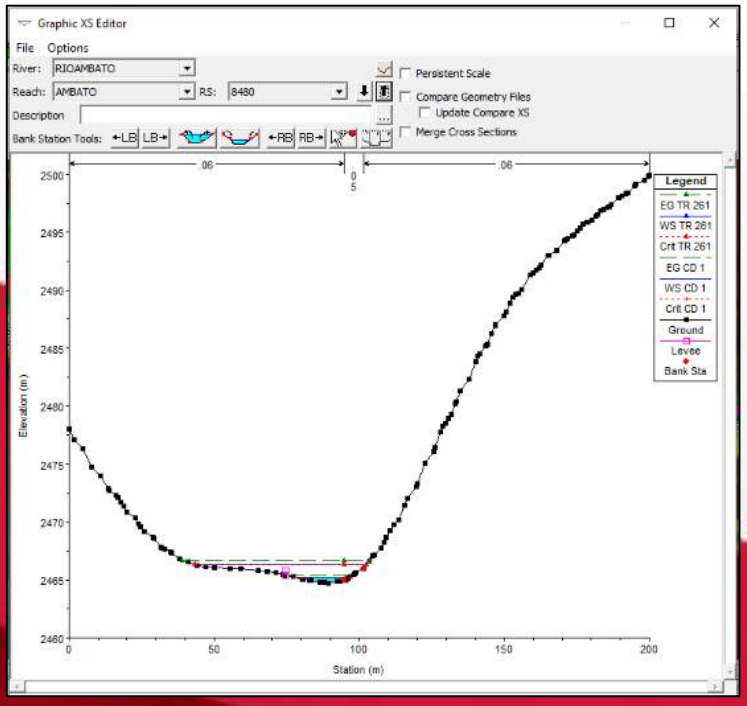


Figura Nº20. Ventana para visualizar la sección transversal
Fuente: HEC-RAS

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

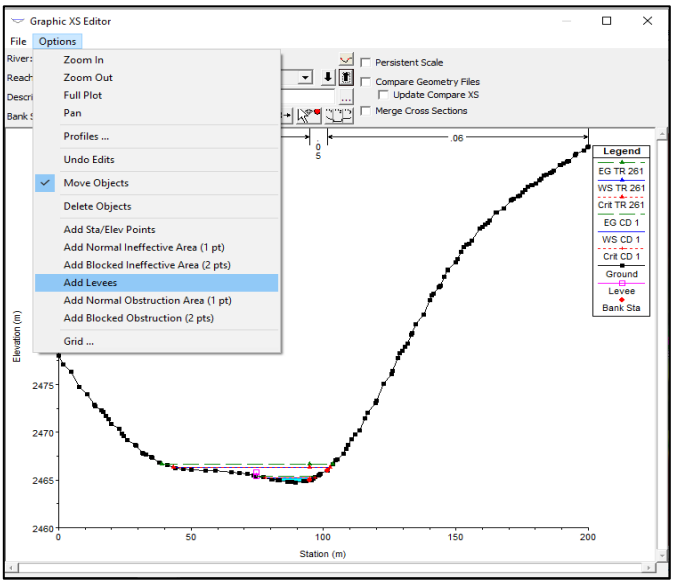


Figura Nº21. Ventana para agregar diques en la sección transversal
Fuente: HEC-RAS

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

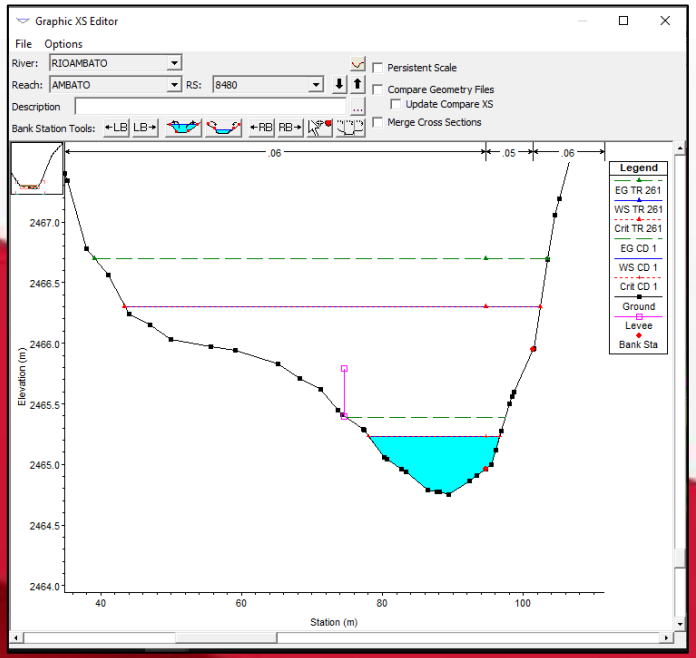


Figura Nº22. En la sección transversal se observa el dique
Fuente: HEC-RAS

INTERPOLACIÓN DE SECCIONES TRANSERSALES

Observar en el gráfico entre que secciones realizar la interpolación.

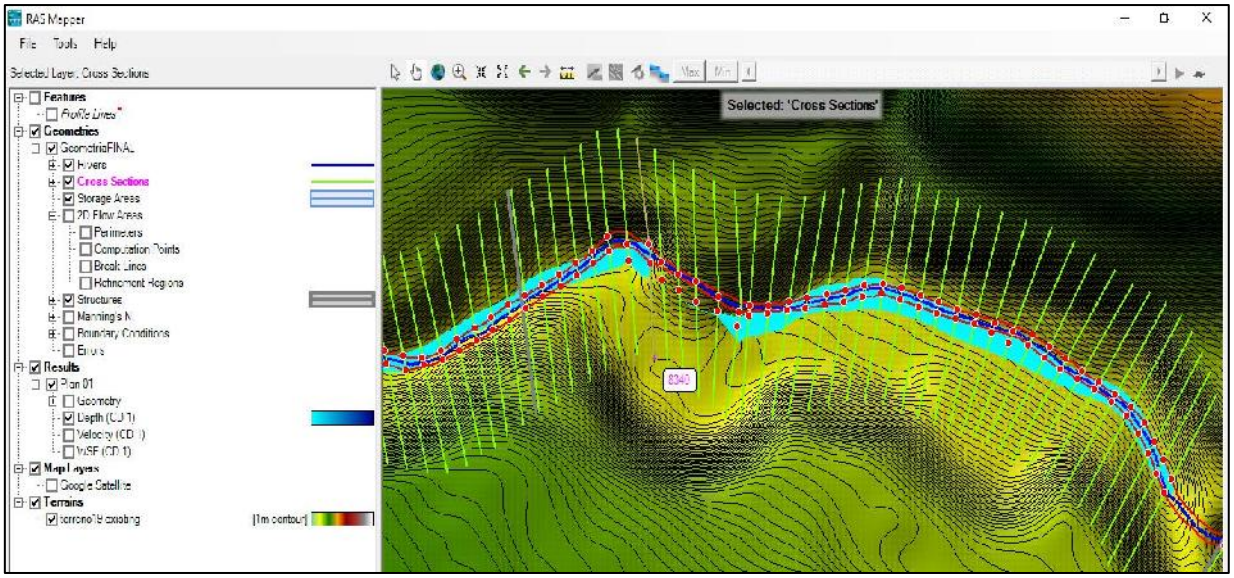


Figura Nº23. Ventana de la opción RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

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

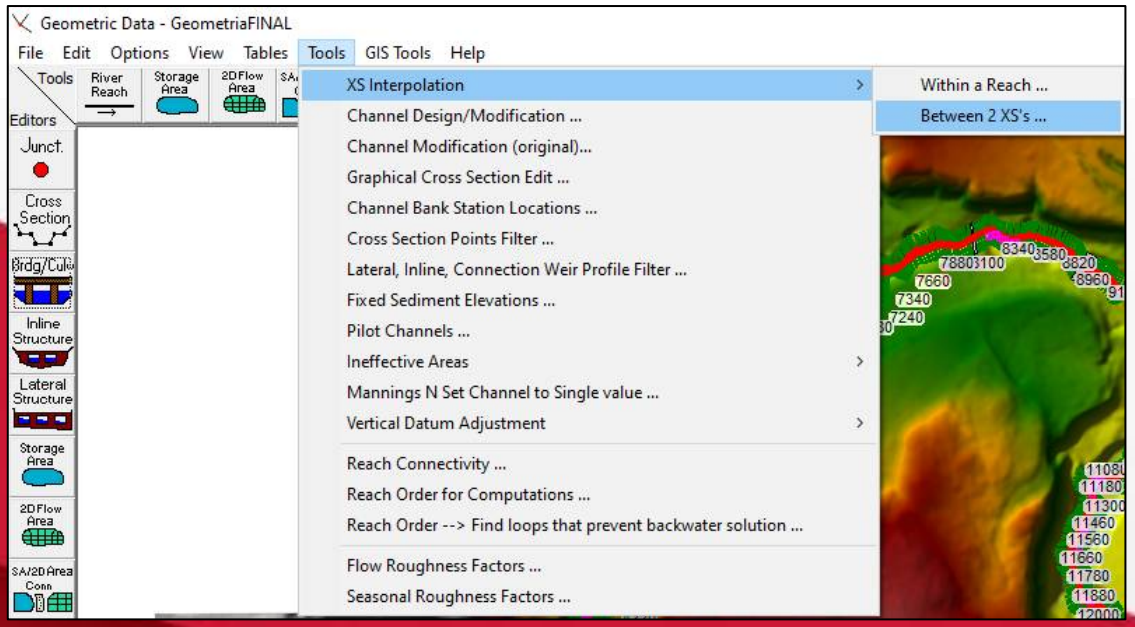


Figura Nº24. Lista de opciones de Tools
Fuente: HEC-RAS

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.

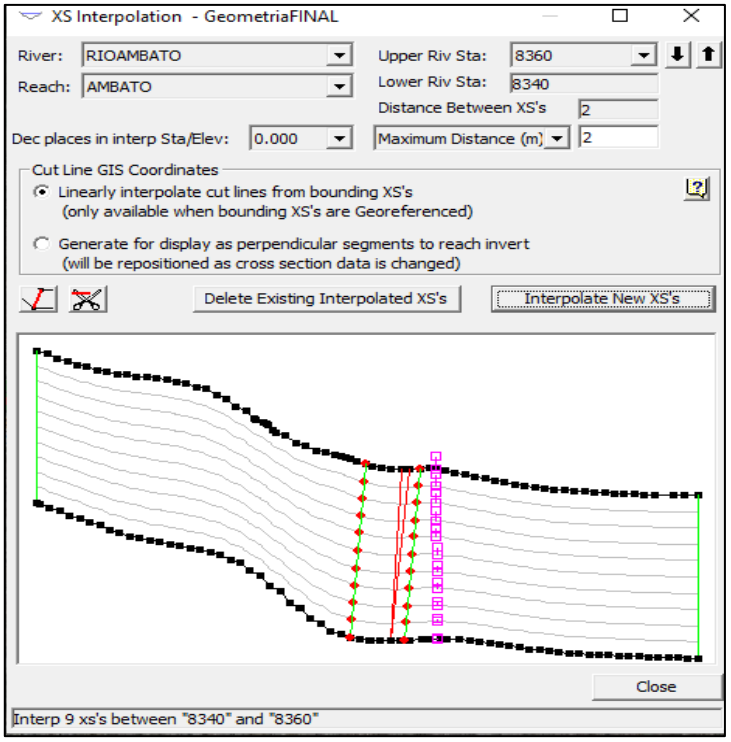


Figura N°25. Ventana para interpolación de secciones
Fuente: HEC-RAS

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

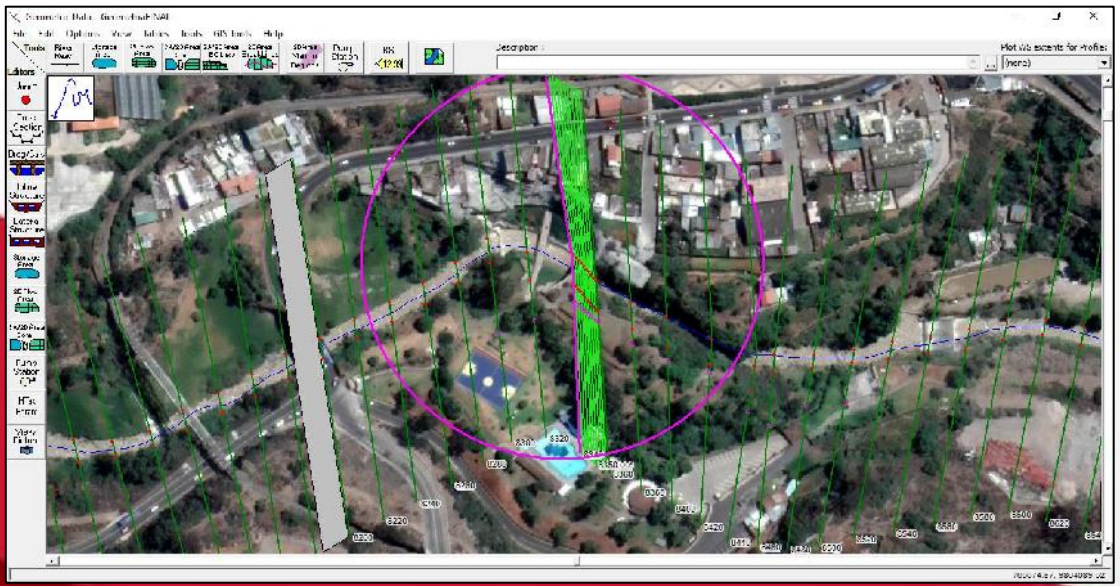


Figura N°26. Ventana de datos de la geometría
Fuente: HEC-RAS

COEFICIENTES DE MANNING (n)

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

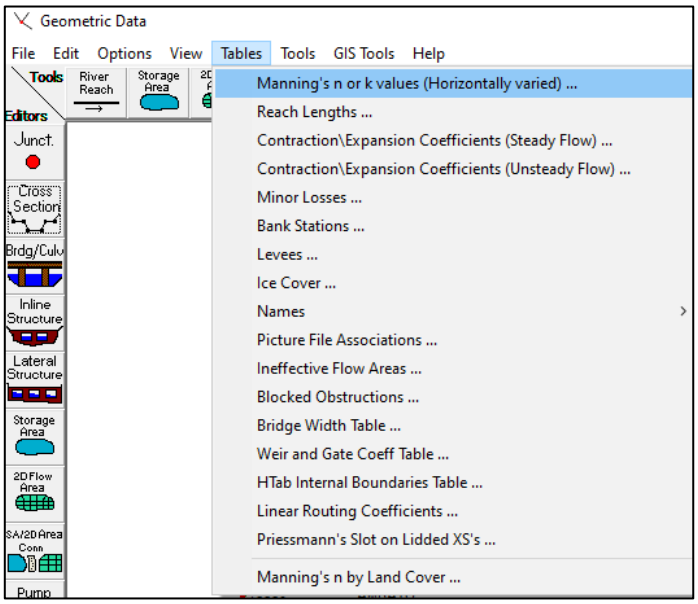


Figura N°27. Lista de opciones de tables.
Fuente: HEC-RAS

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.

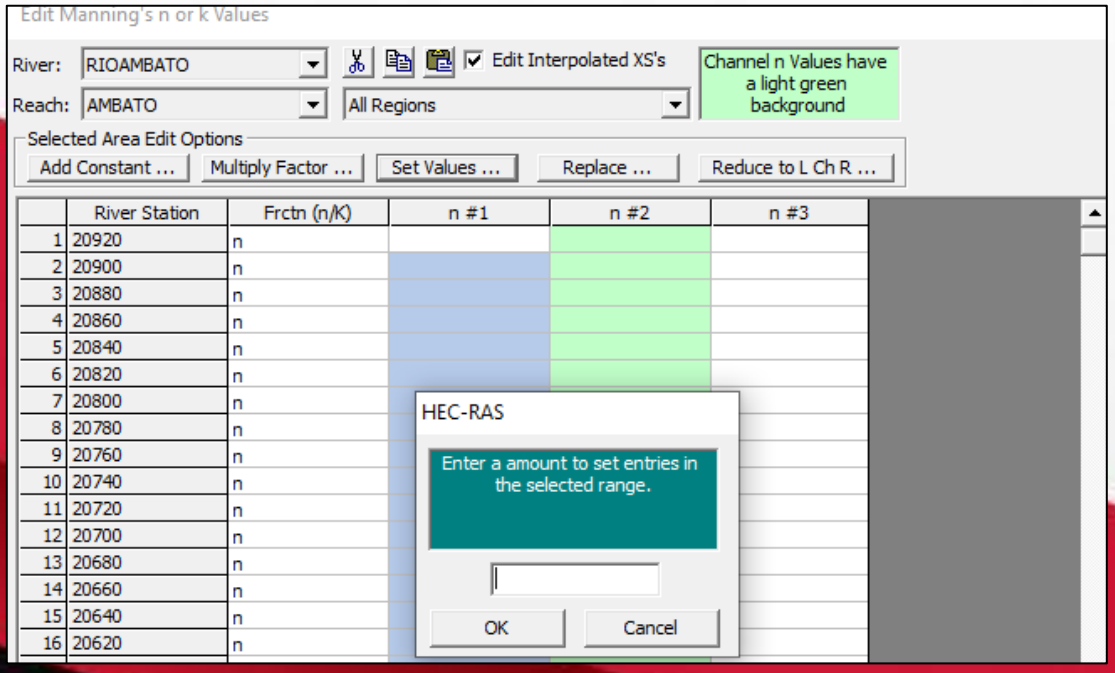
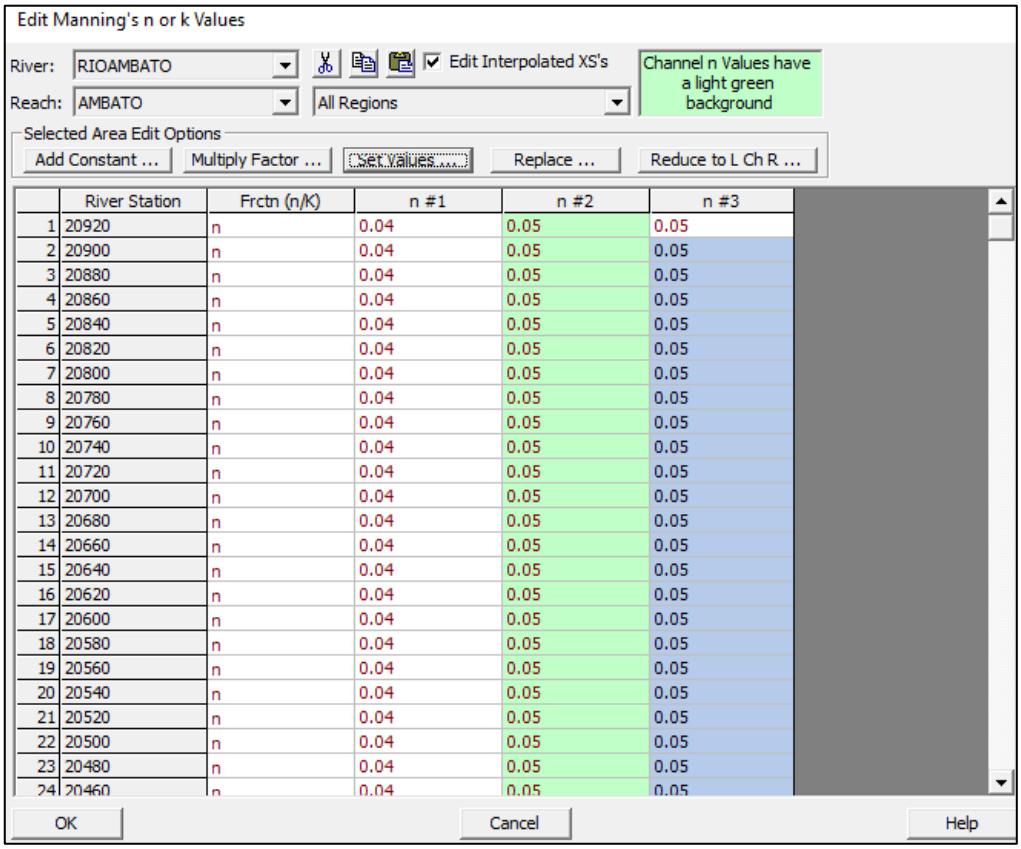


Figura N°28. Ventana para ingreso de los valores de Manning (n)
Fuente: HEC-RAS

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



	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

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.

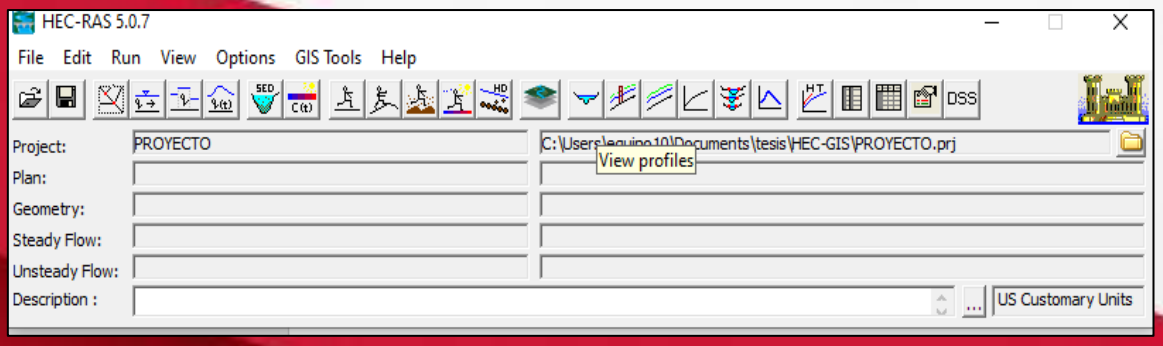


Figura N°30. Ventana de inicio del programa HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

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

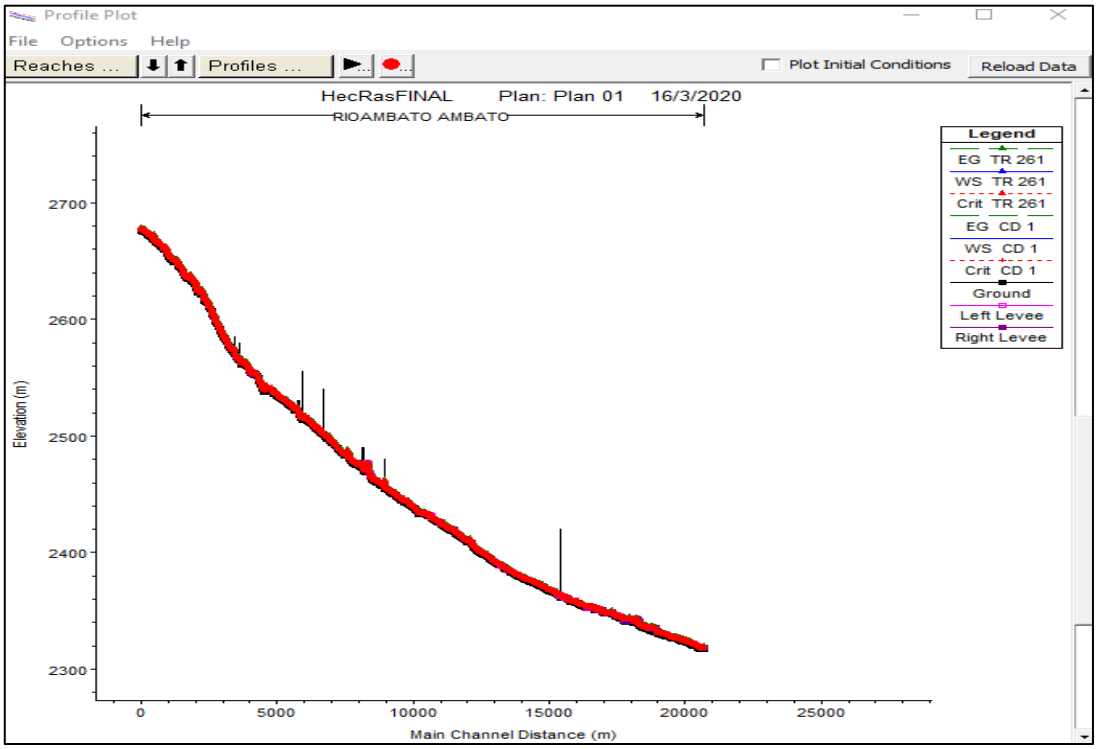


Figura Nº31. Ventana del Perfil del Río
Fuente: HEC-RAS

PENDIENTE

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

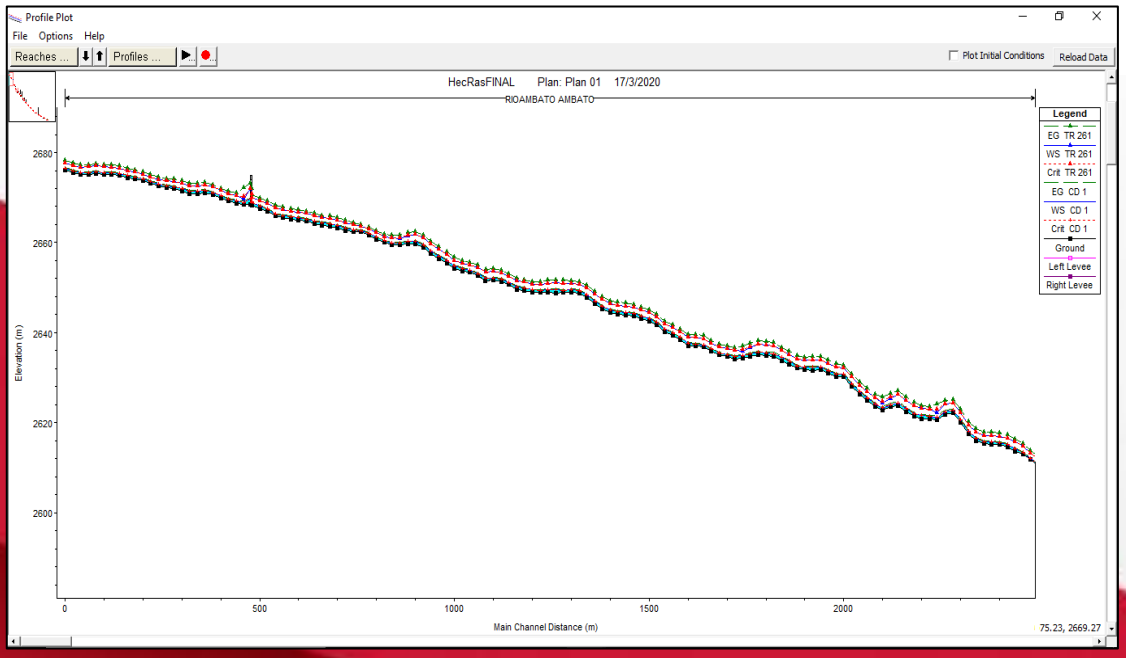


Figura Nº32. Ventana del Perfil del Río
Fuente: HEC-RAS

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

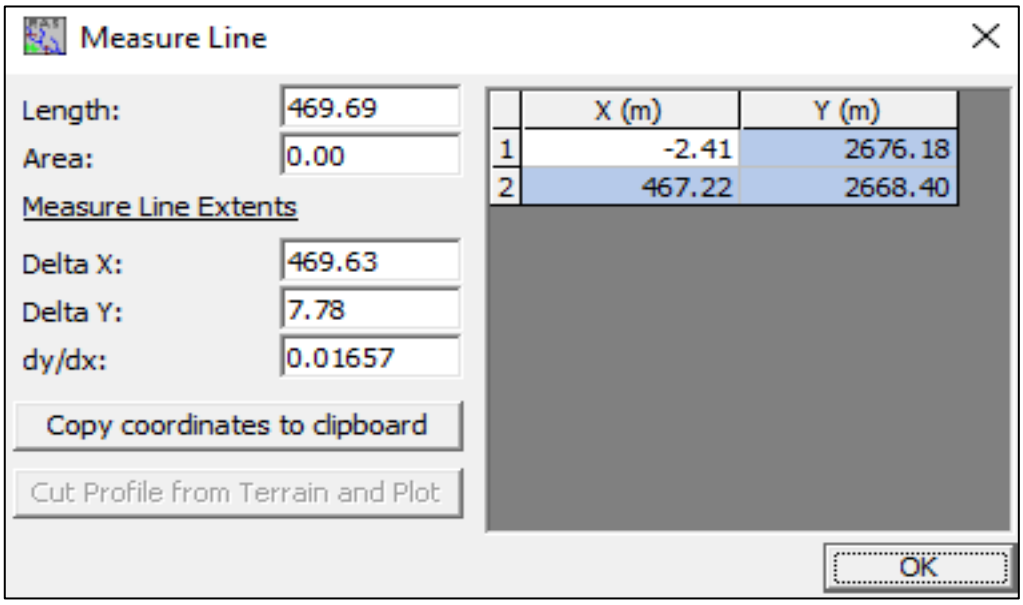


Figura Nº33. Ventana del valor de la pendiente
Fuente: HEC-RAS

RAS MAPPER

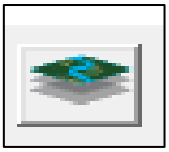


Figura Nº34. Icono de la opción RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

En el Menú principal clic en la herramienta Ras Mapper.

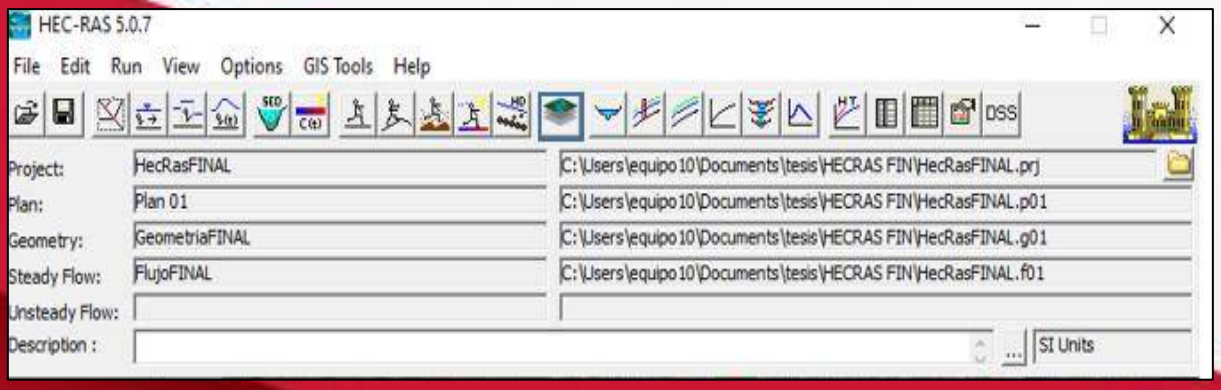


Figura Nº35. Ventana de inicio del programa HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

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

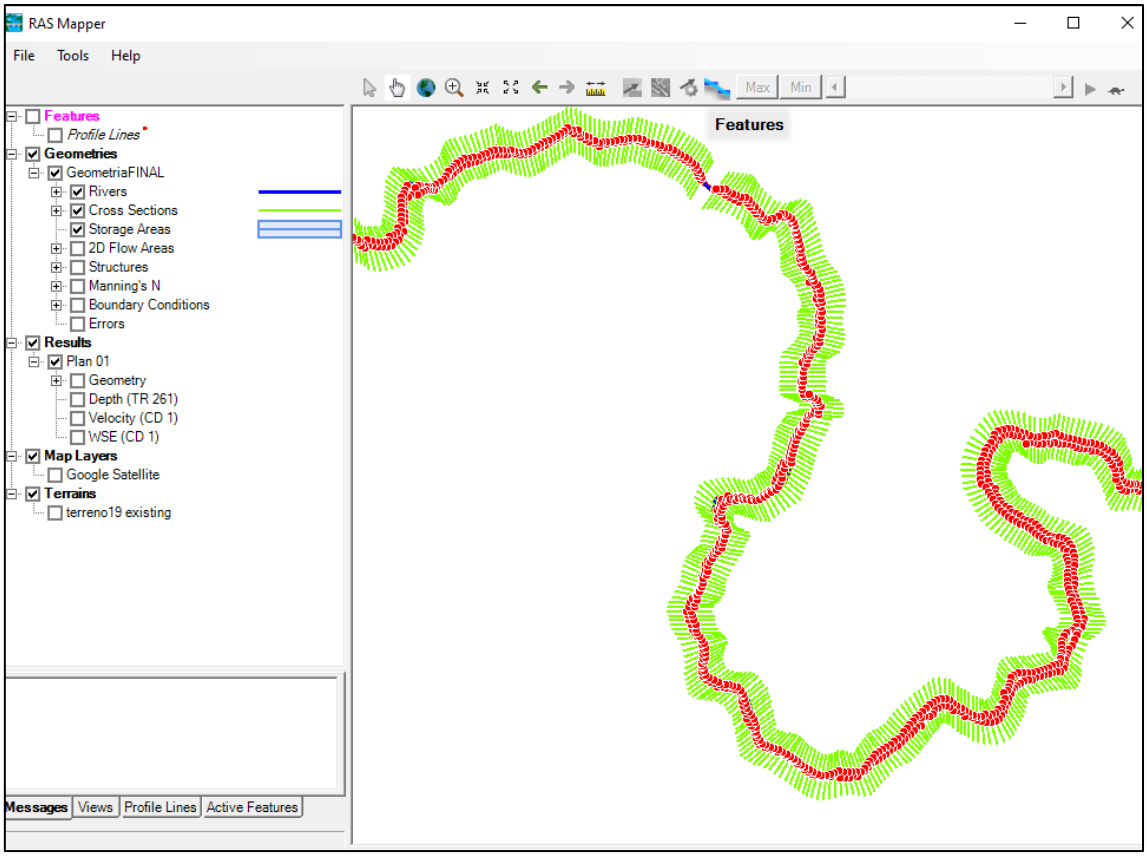


Figura Nº36. Ventana de la opción RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

COORDENADAS UTM

Click en Tools - Set Projection for Project

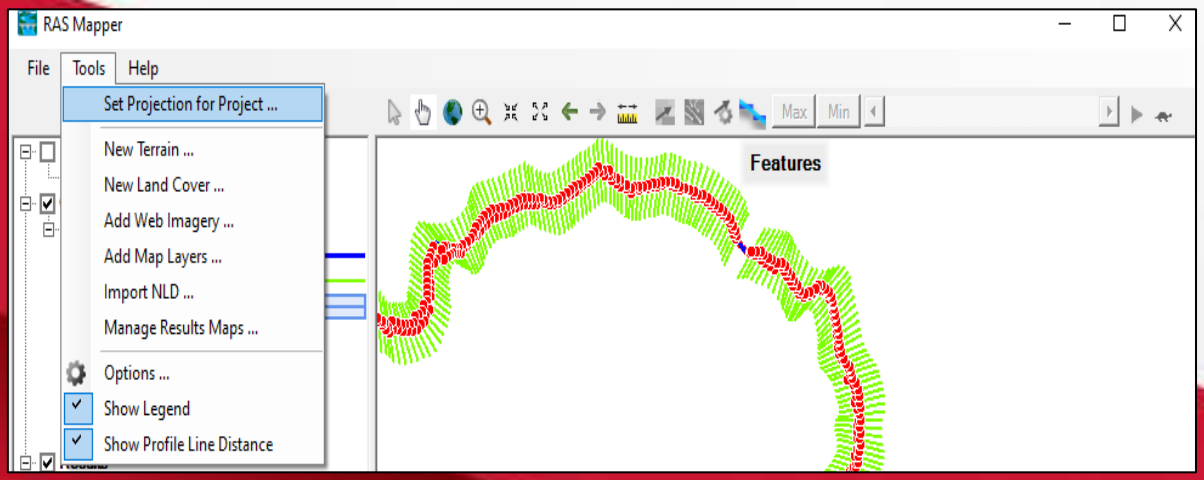


Figura Nº37. Lista de opciones de la pestaña Tools
Fuente: HEC-RAS

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

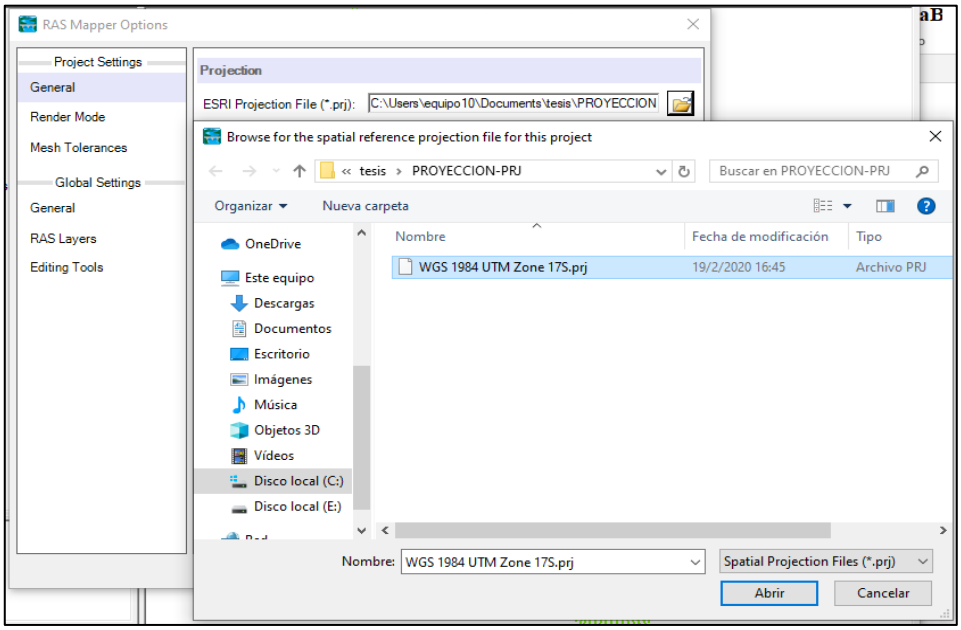


Figura Nº38. Ventana del DATUM de la zona del proyecto.
Fuente: HEC-RAS

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

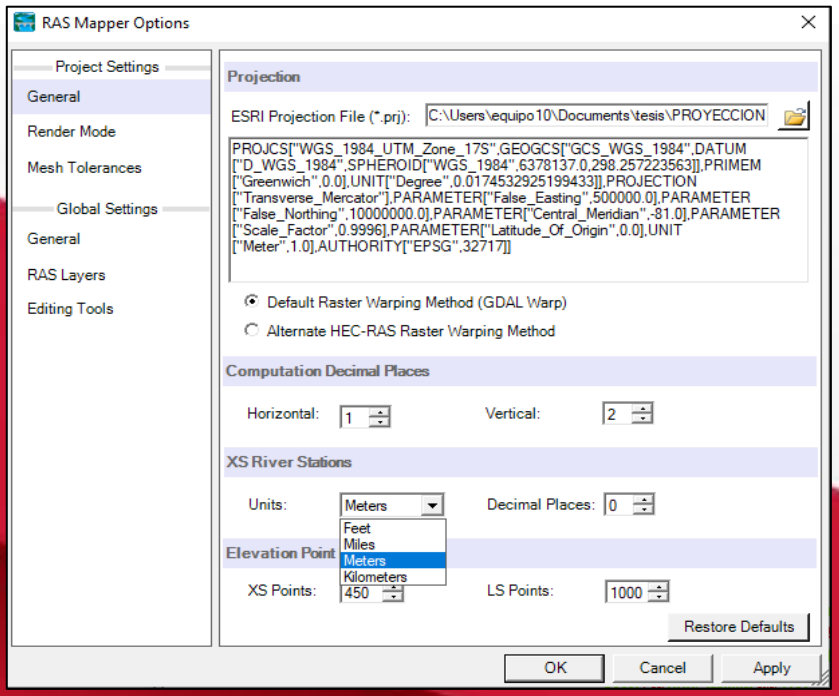


Figura Nº39. Ventana de las opciones de RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

TERRENO

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

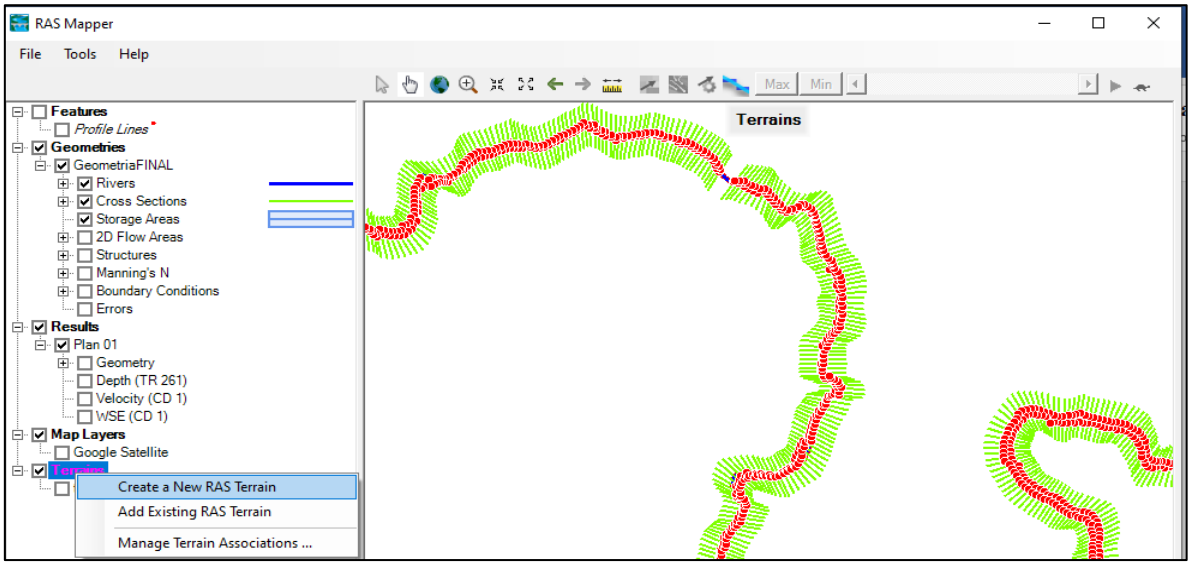


Figura N°40. Ventana de la opción de RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

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

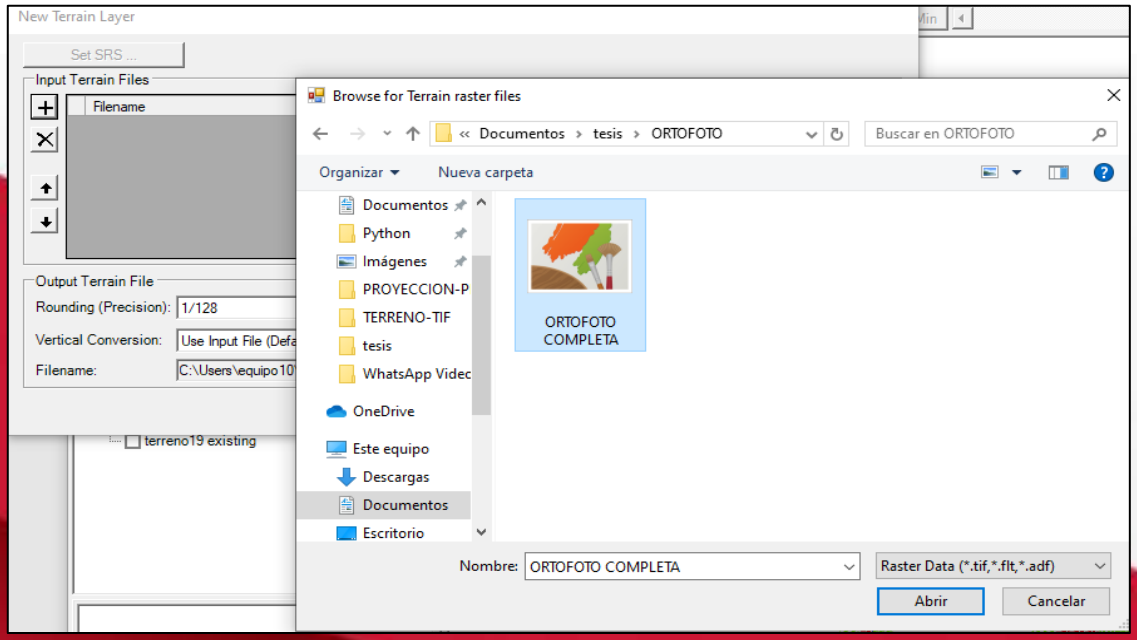


Figura N°41. Ventana para seleccionar la ortofoto completa.
Fuente: HEC-RAS

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

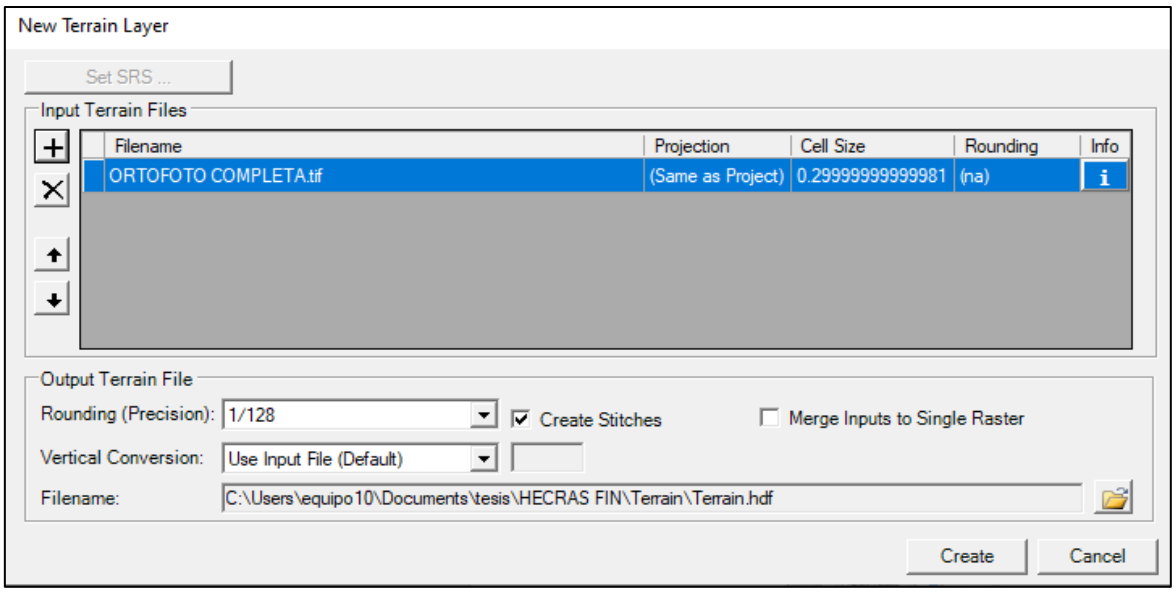


Figura Nº42.Ventana de las capas del nuevo terreno
0Fuente: HEC-RAS

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

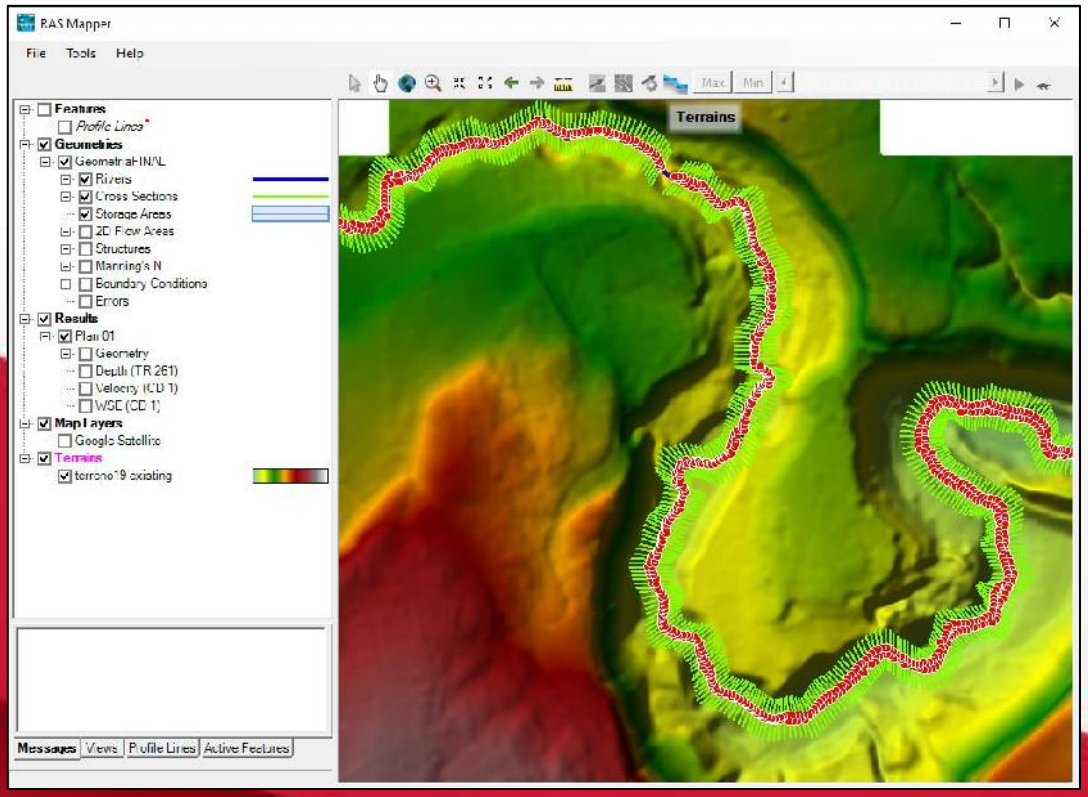


Figura Nº43. Ventana de opciones de RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

MAPA SATELITAL

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

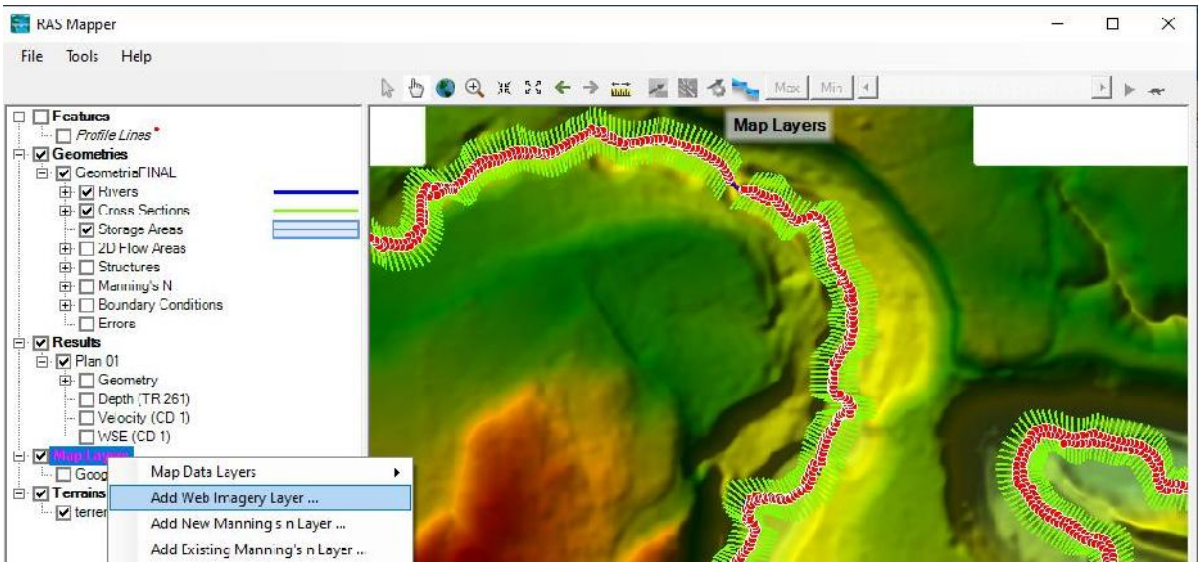


Figura Nº44. Ventana de opciones de RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

Seleccionar la opción Google Satellite. Clic en Ok.

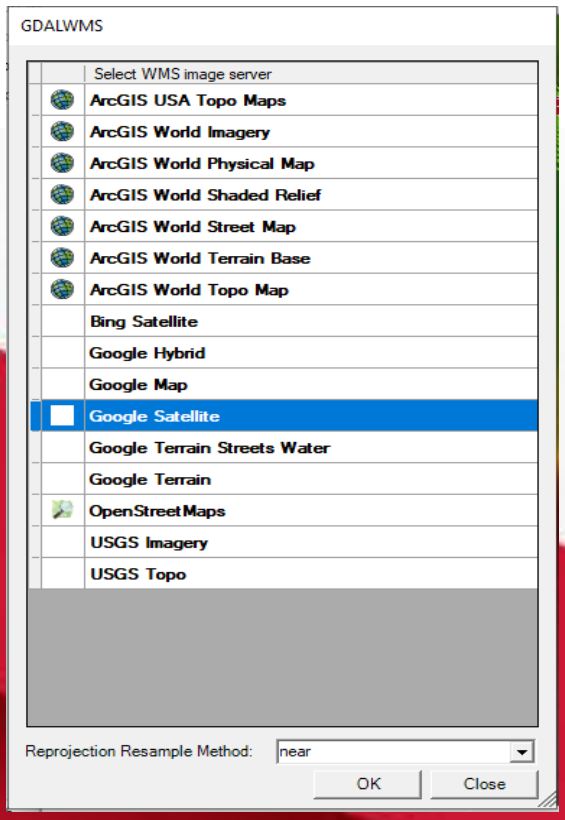


Figura Nº45. Ventana con las diferentes opciones de mapas
Fuente: HEC-RAS

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.

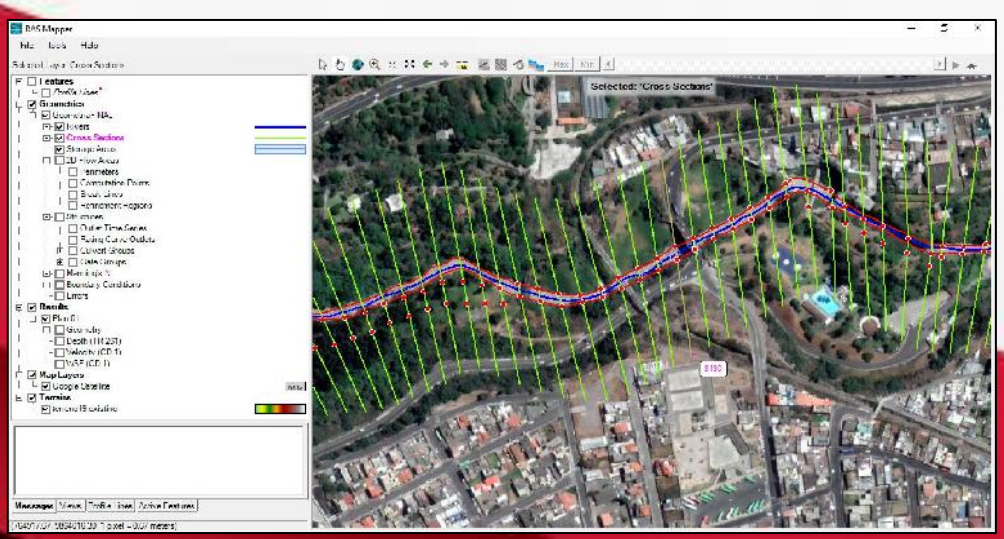


Figura N°47. Ventana de la opción RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

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

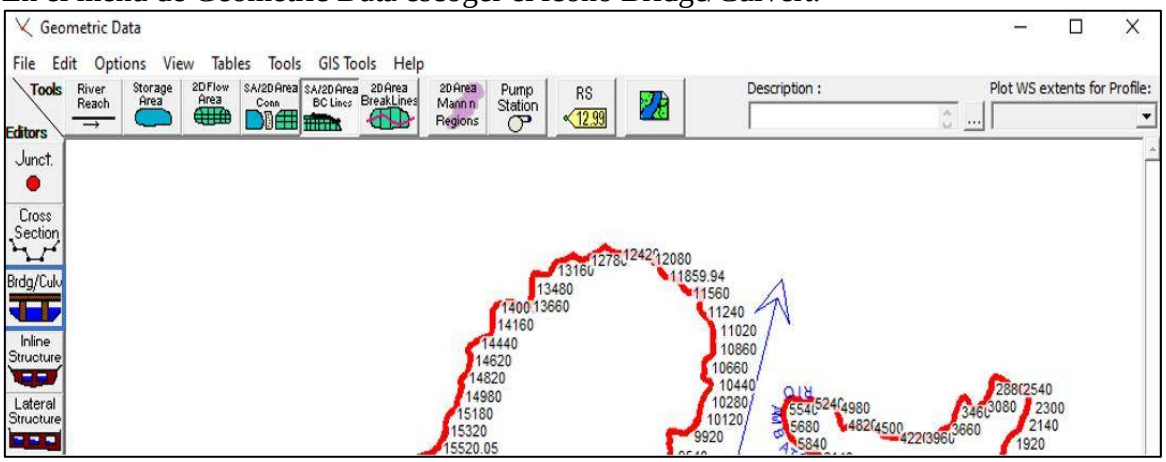


Figura N°48. Ventana de los datos de geometría
Fuente: HEC-RAS

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

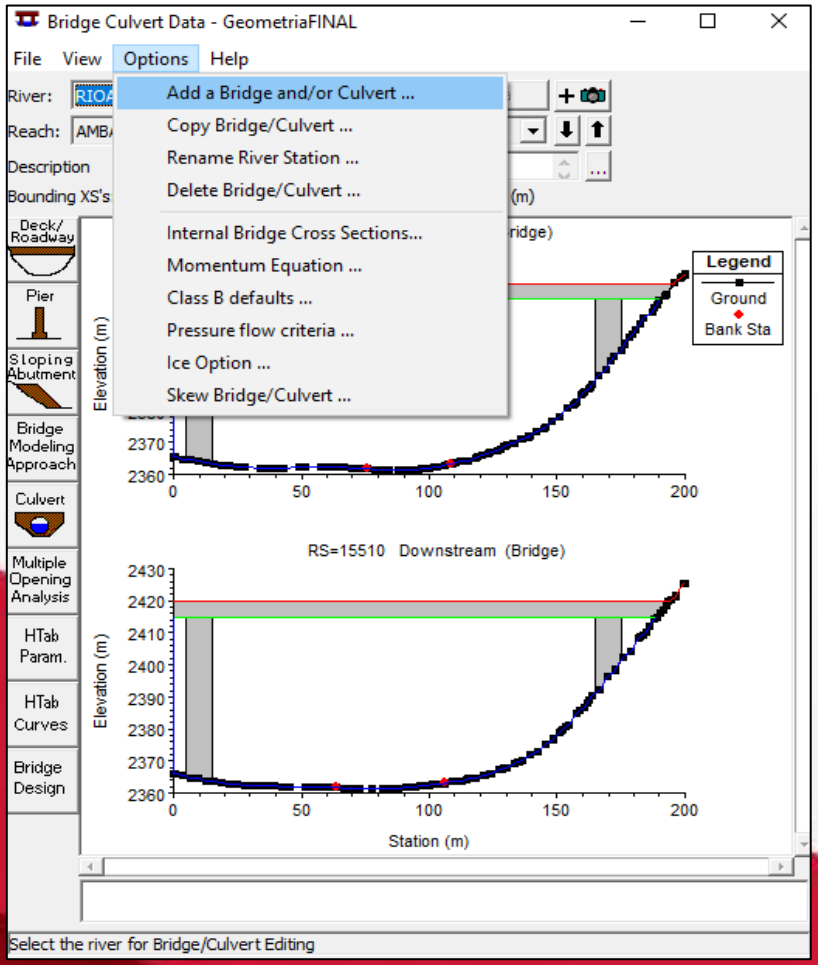


Figura N°49. Datos del puente o la alcantarilla
Fuente: HEC-RAS

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.

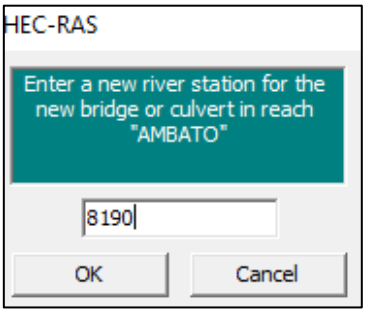


Figura Nº50. Ventana de las opciones HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

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.

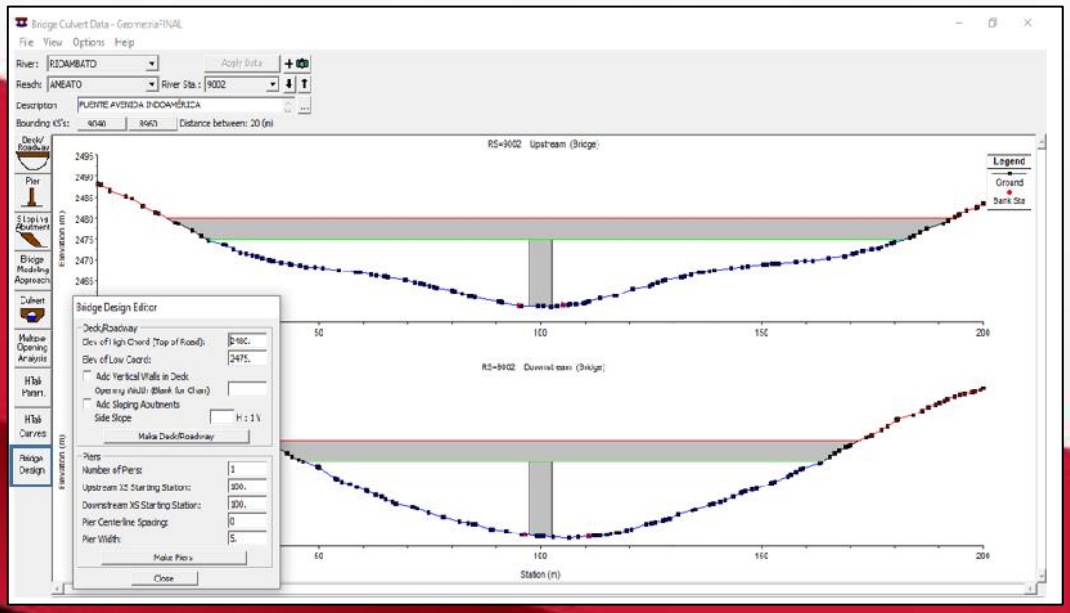


Figura Nº51. Datos del puente o la alcantarilla
Fuente: HEC-RAS

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

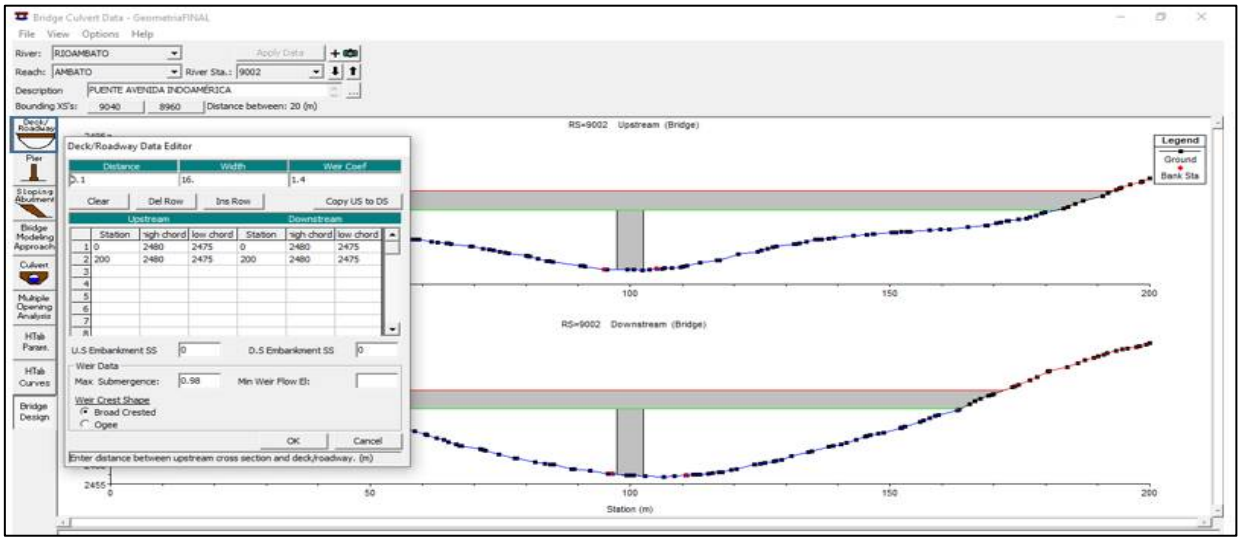


Figura N°52. Ventana de los datos del puente
Fuente: HEC-RAS

Se observa el puente en vista transversal.

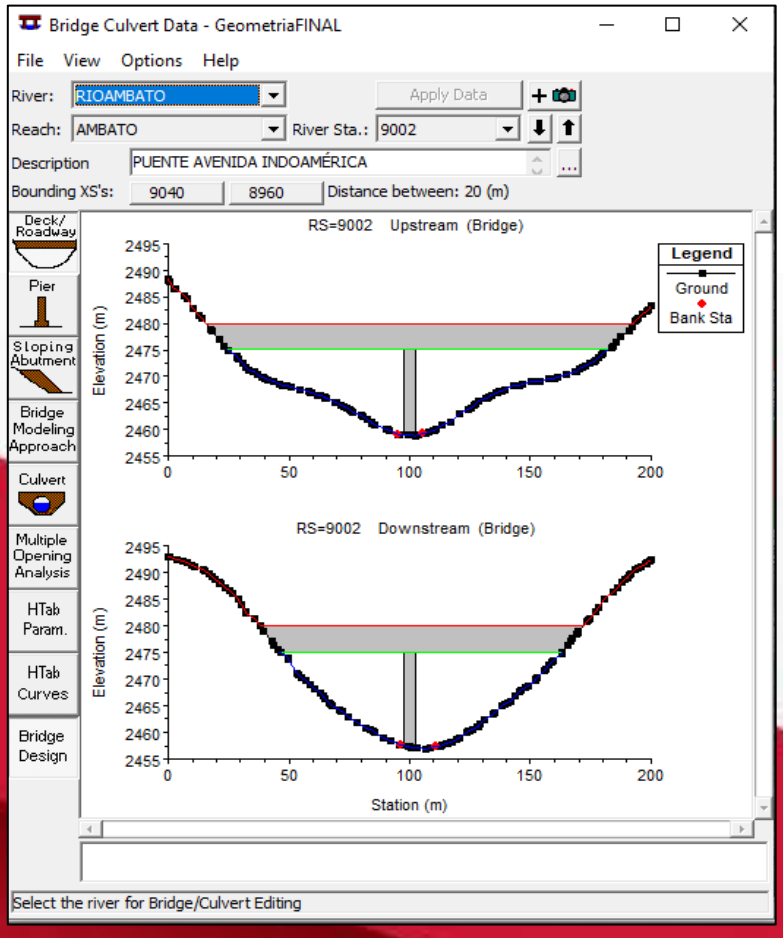


Figura N°53. Datos del puente o la alcantarilla
Fuente: HEC-RAS

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

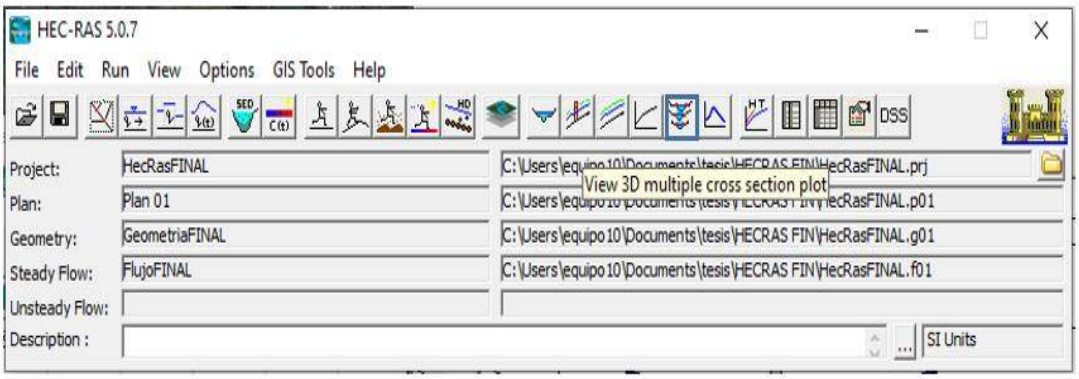


Figura N°54. Ventana de inicio del programa HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

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

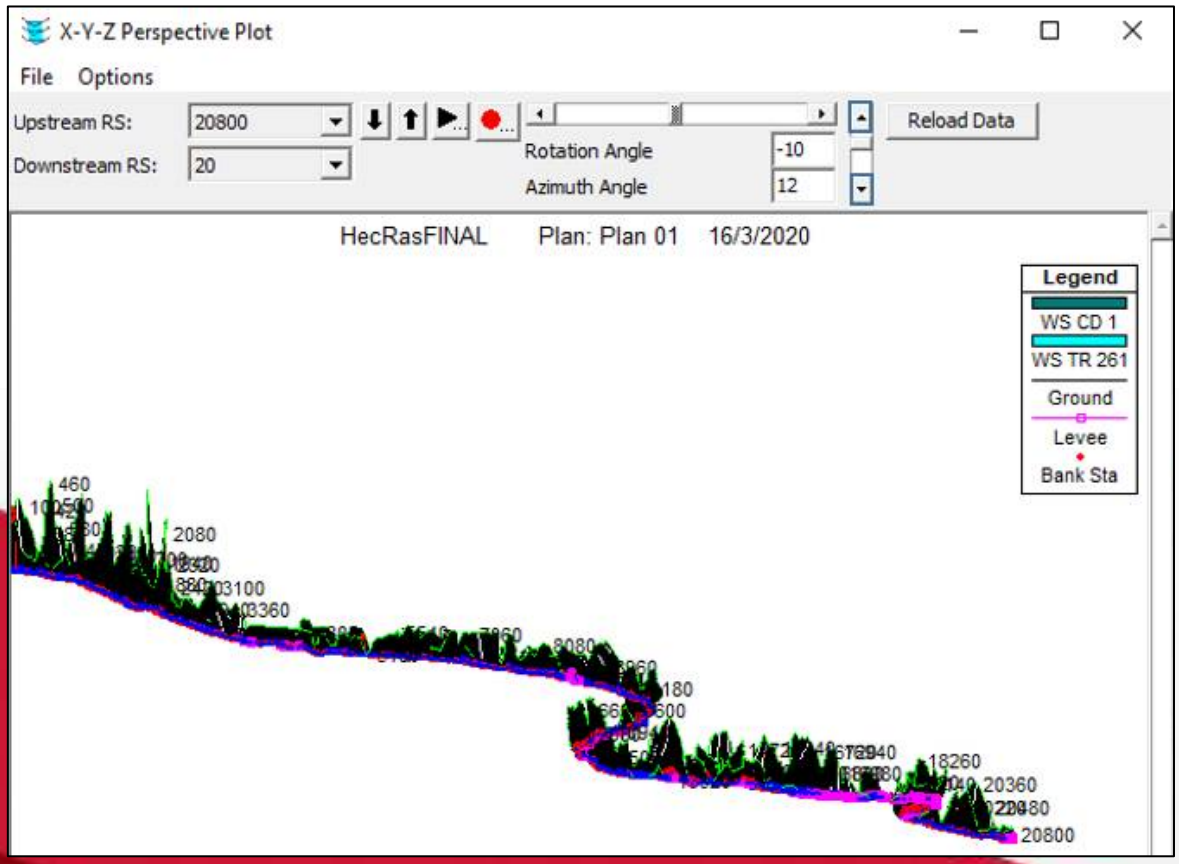


Figura N°55. Ventana de vista 3D del río
Fuente: HEC-RAS

Se puede ver el puente más cerca.

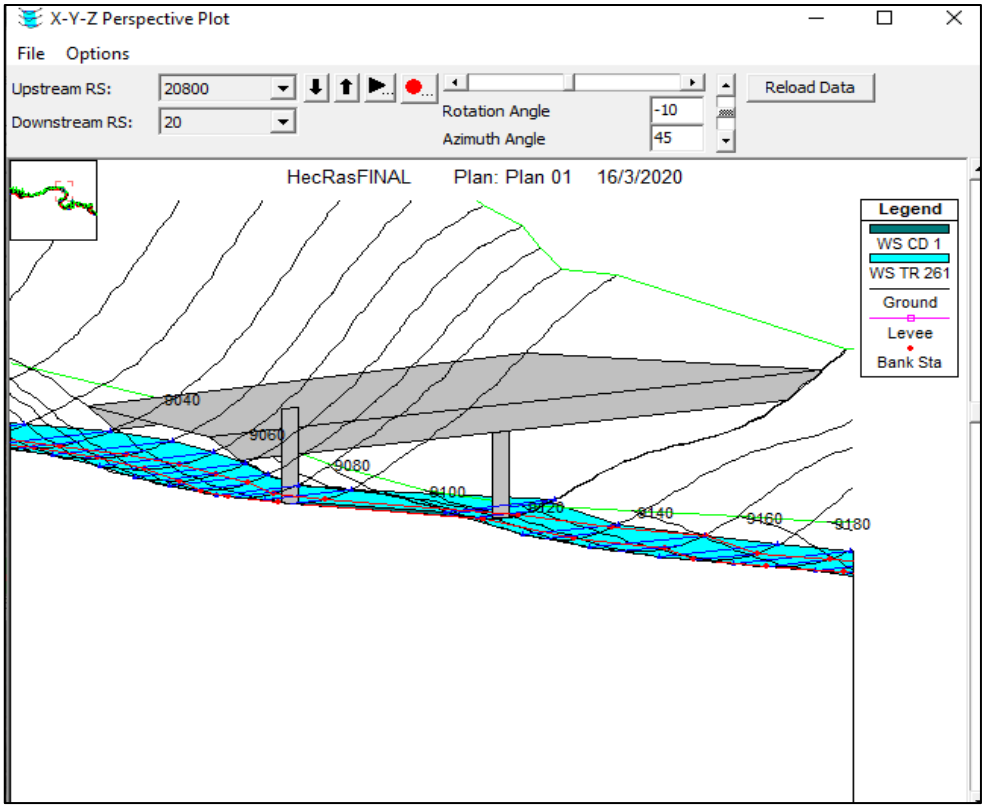


Figura Nº56. Ventana de vista 3D del río
Fuente: HEC-RAS

CONDICIONES DE BORDE

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

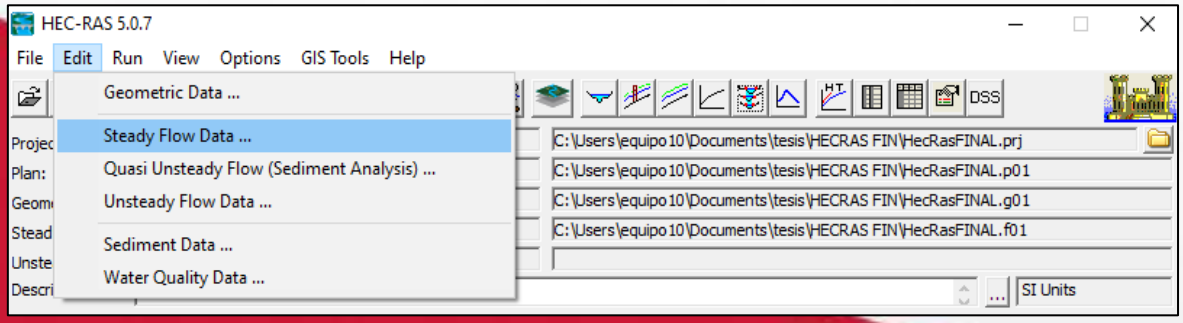


Figura Nº57. Lista de opciones de la pestaña Edit
Fuente: HEC-RAS

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**.

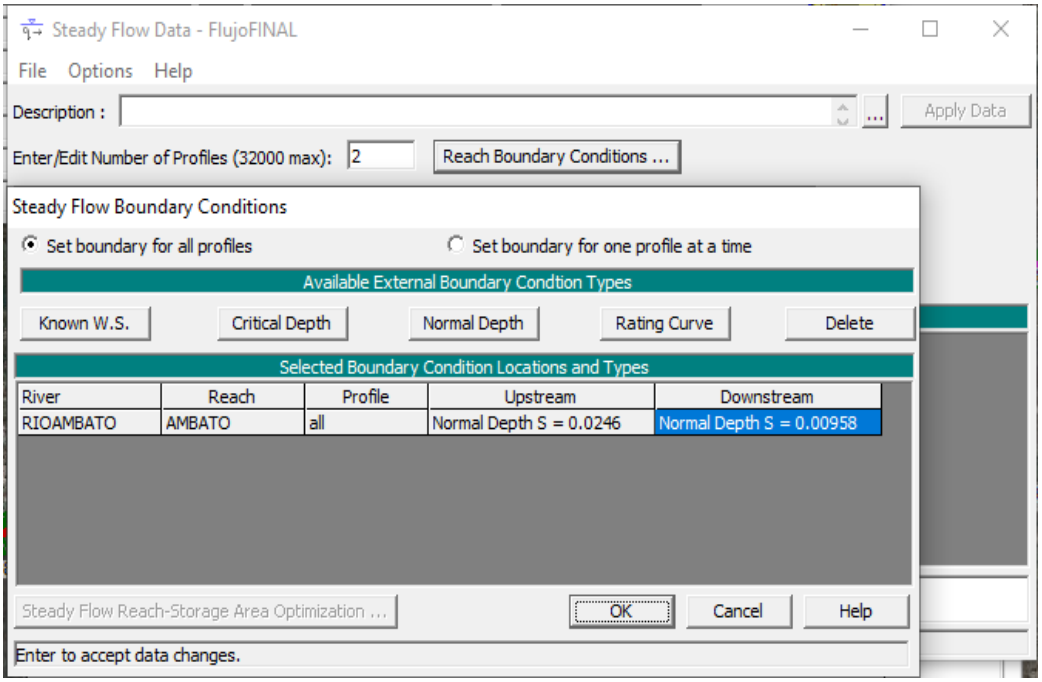


Figura Nº58. Ventana de condiciones de borde de flujo constante.
Fuente: HEC-RAS

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

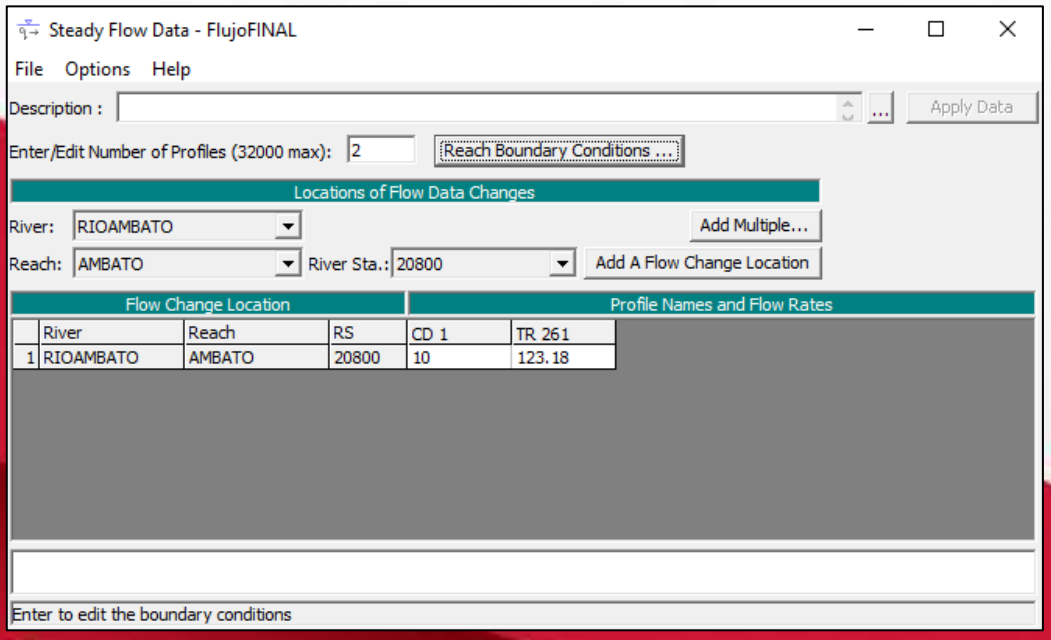


Figura Nº59. Ventana de los datos del flujo constante
Fuente: HEC-RAS

CAUDALES

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

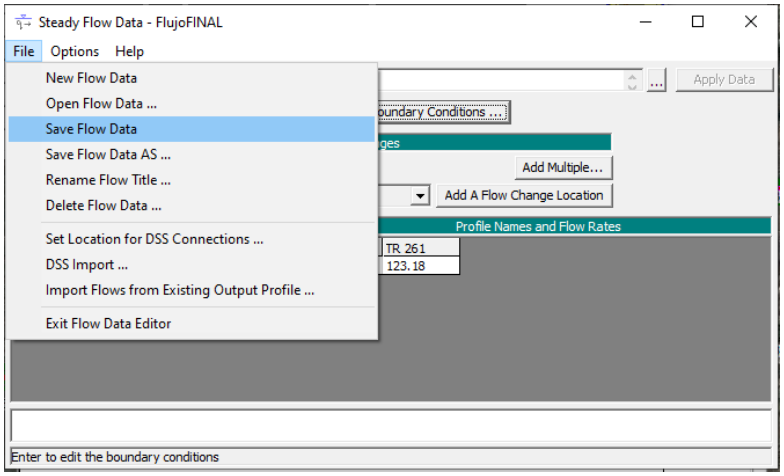


Figura Nº60. Lista de la opción archivo (File)
Fuente: HEC-RAS

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

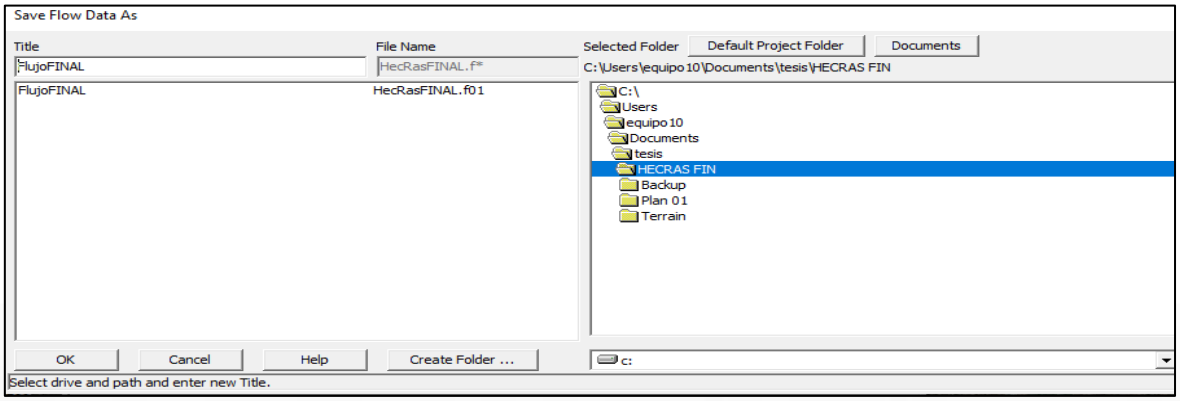


Figura Nº61. Ventana de los datos del flujo constante
Fuente: HEC-RAS

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

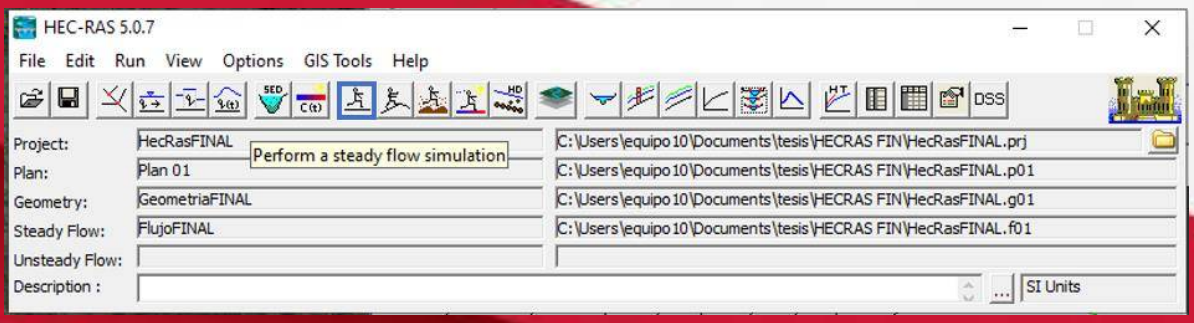


Figura Nº62. Ventana de inicio del programa HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

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

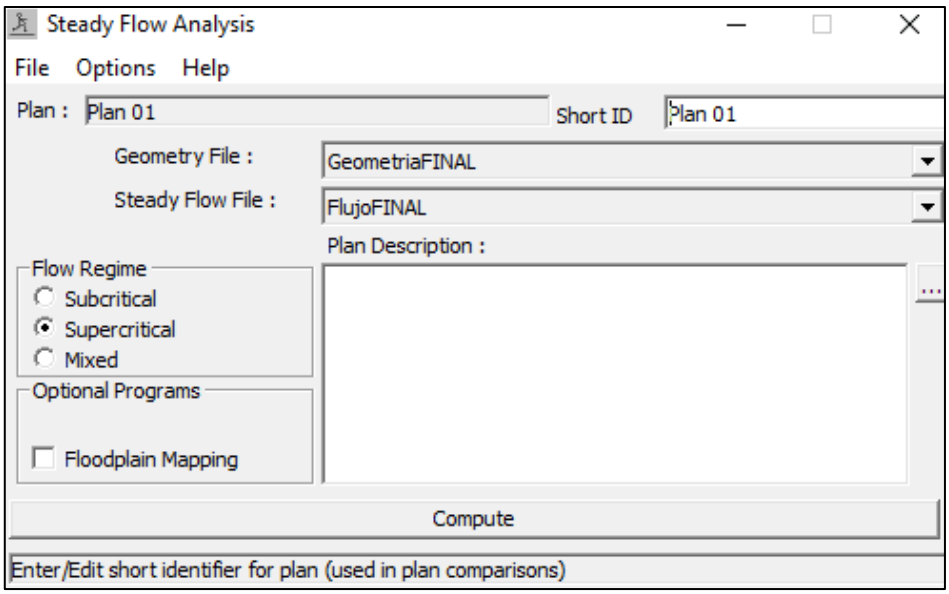


Figura Nº63. Ventana de análisis del flujo constante
Fuente: HEC-RAS

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

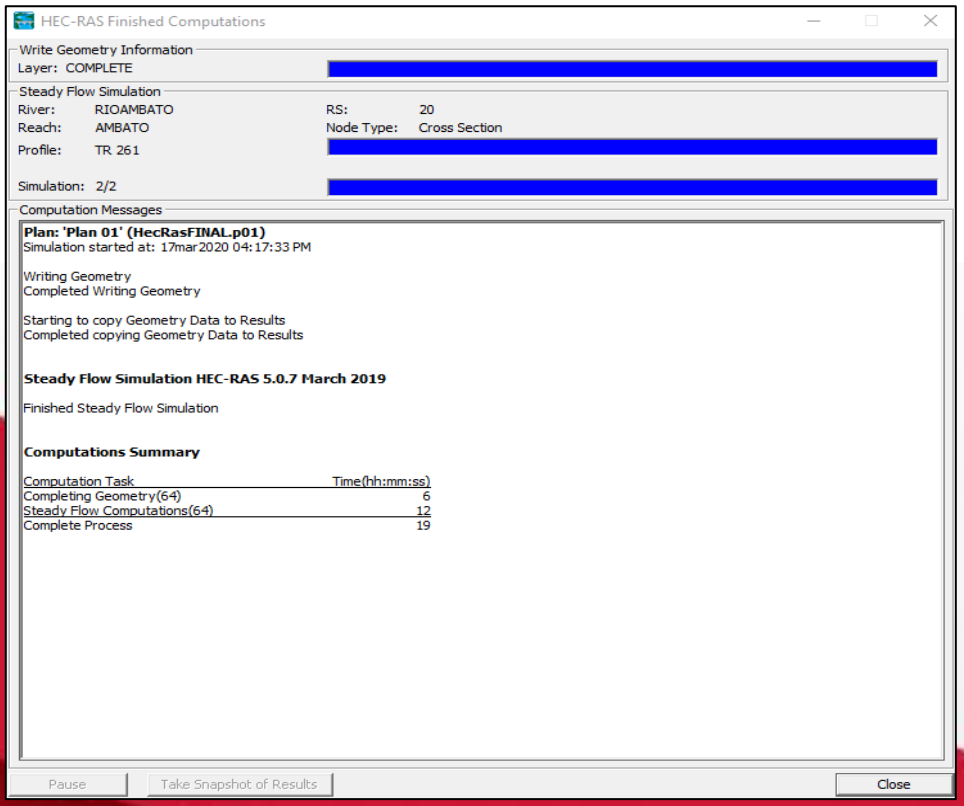


Figura Nº64. Ventana de terminación del proceso de análisis.
Fuente: HEC-RAS

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.**

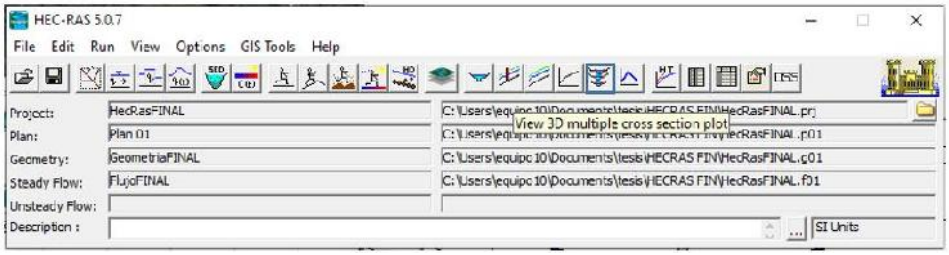


Figura Nº65. Ventana de inicio del programa HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

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

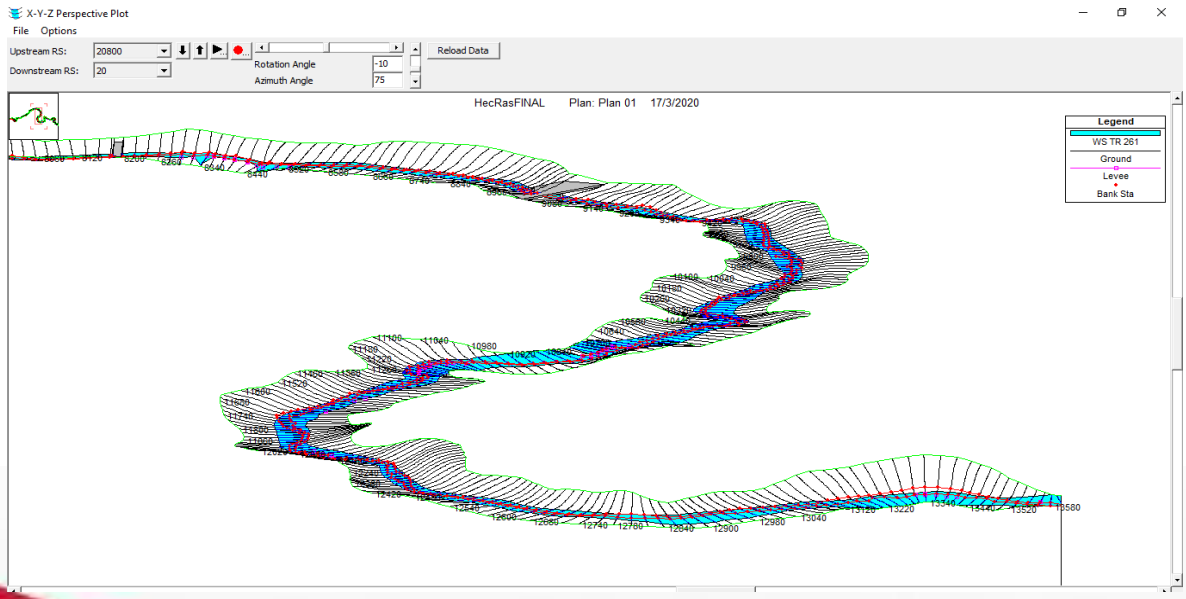


Figura Nº66. Ventana de vista 3D del río
Fuente: HEC-RAS

RESULTADOS

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

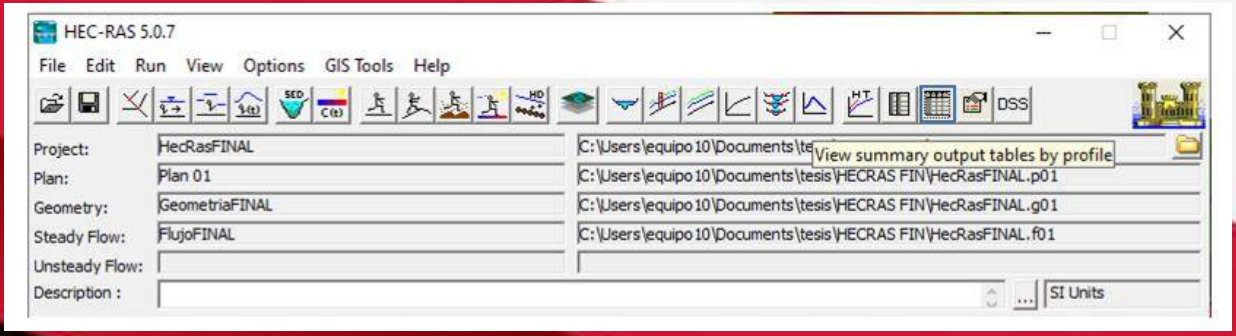
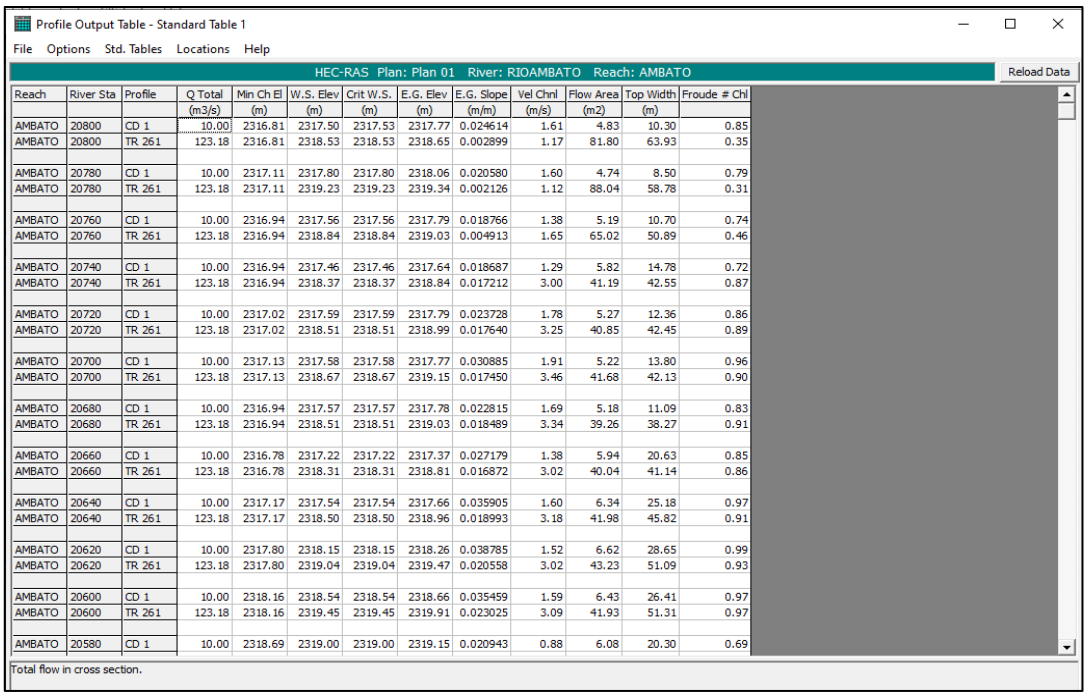


Figura Nº67. Ventana de inicio del programa HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

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



Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: RIOAMBATO Reach: AMBATO — Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
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 Nº68. Ventana con la tabla de resultados
Fuente: HEC-RAS

CURVAS DE NIVEL

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

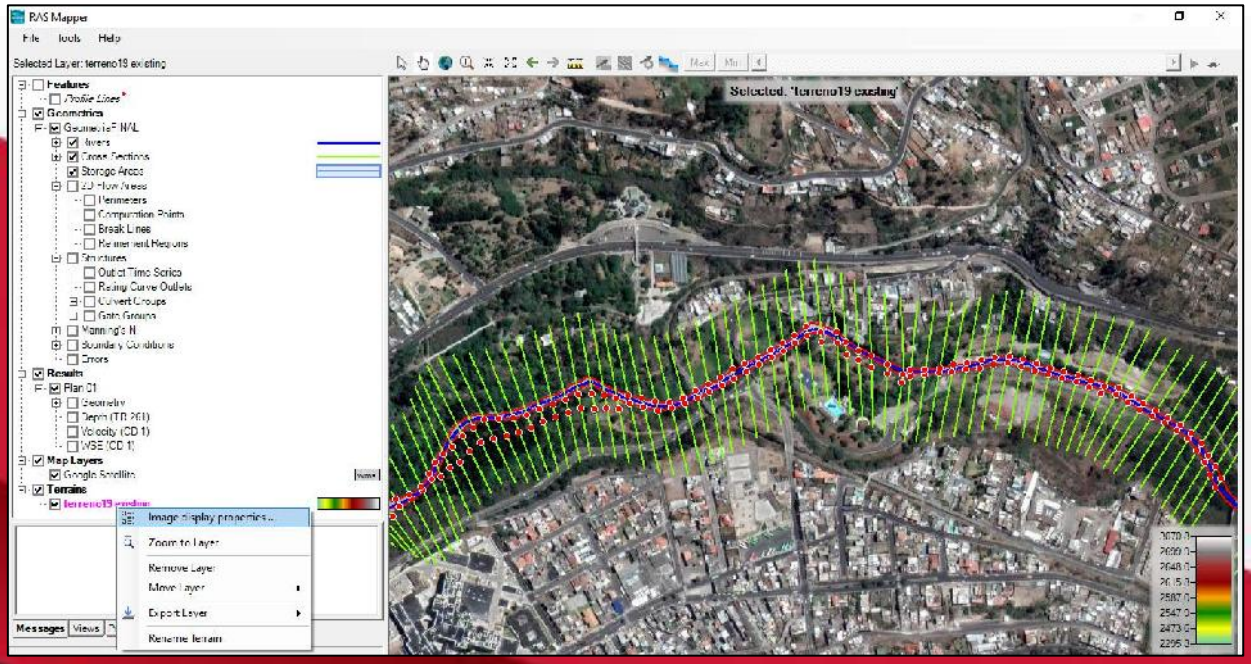


Figura Nº69. Ventana de la opción RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

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

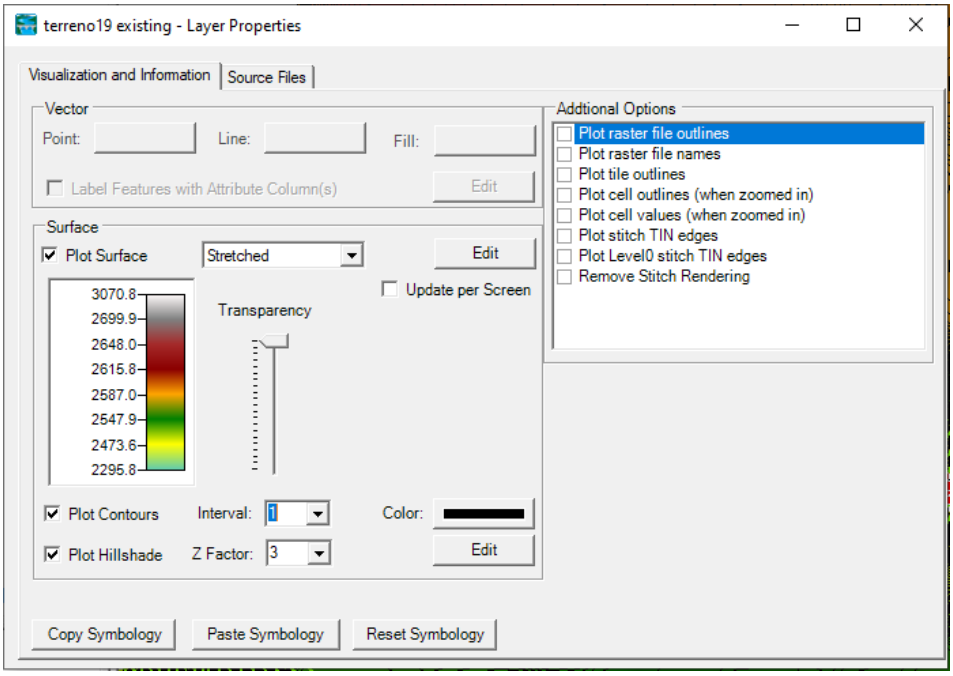


Figura N°70. Ventana de las propiedades de las capas
Fuente: HEC-RAS

Se observan las curvas de nivel cada 1 m.

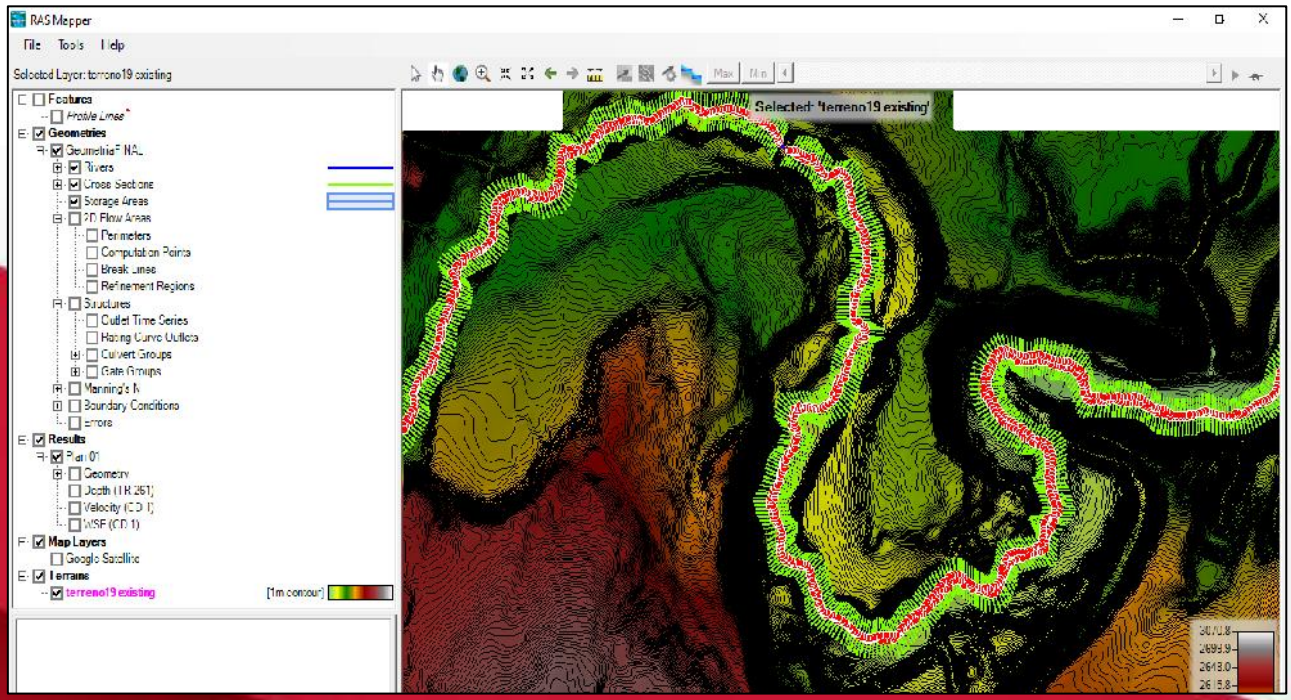


Figura N°71. Ventana de la opción RAS Mapper
Fuente: HEC-RAS

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.

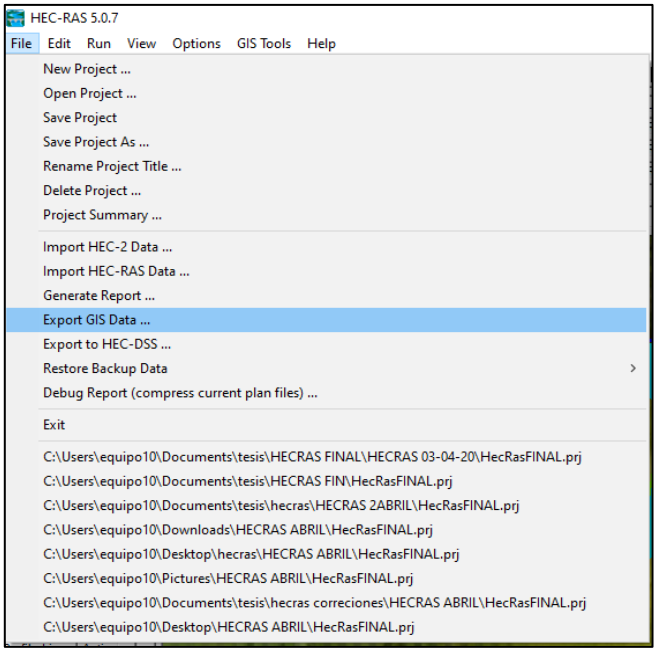


Figura Nº72. Ventana de inicio de HEC-RAS
Fuente: HEC-RAS

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.

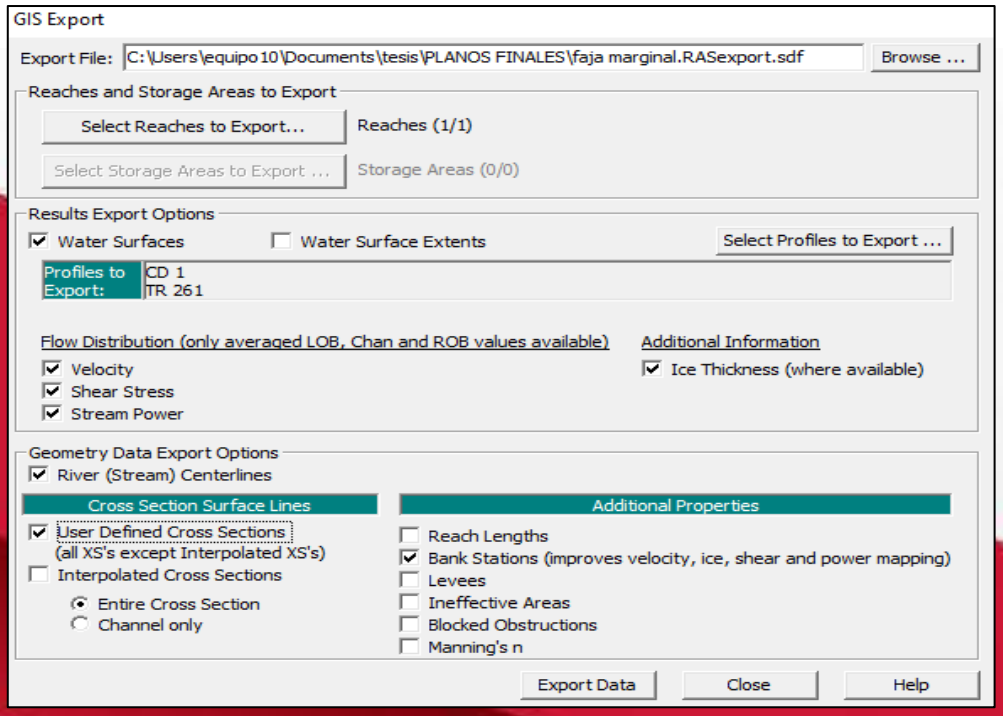


Figura Nº73. Ventana de exportación de datos ArcGIS
Fuente: HEC-RAS

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

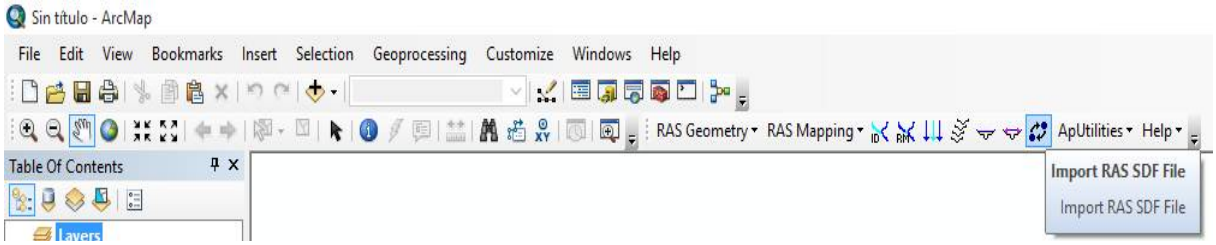


Figura Nº74. Ventana de ArcGIS, opción Import RAS SDF File
Fuente: HEC-RAS

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

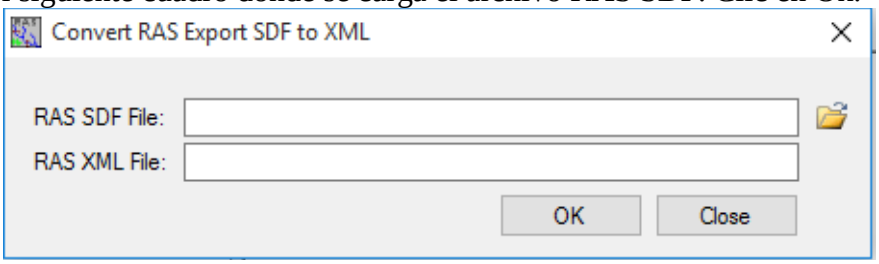


Figura Nº75. Ventana de conversión al archivo de .sdf a .xml
Fuente: HEC-RAS

Observar la conversión del archivo de .sdf a kml

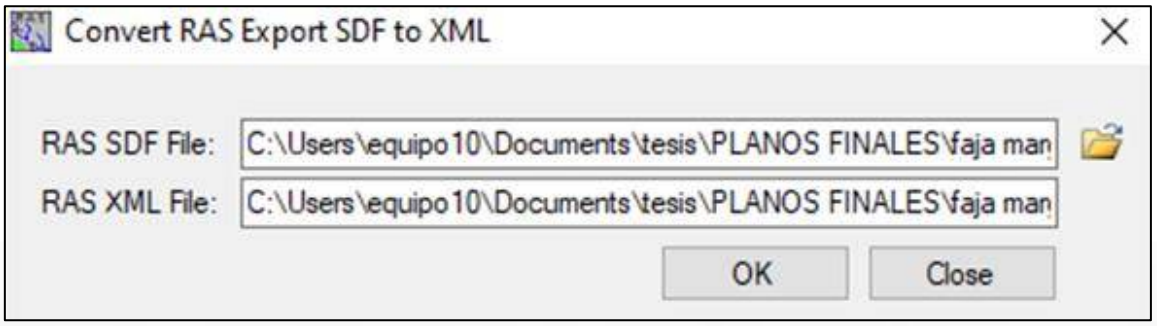


Figura Nº76. Ventana de conversión al archivo de .sdf a .xml
Fuente: HEC-RAS

Clic en la opción aceptar.

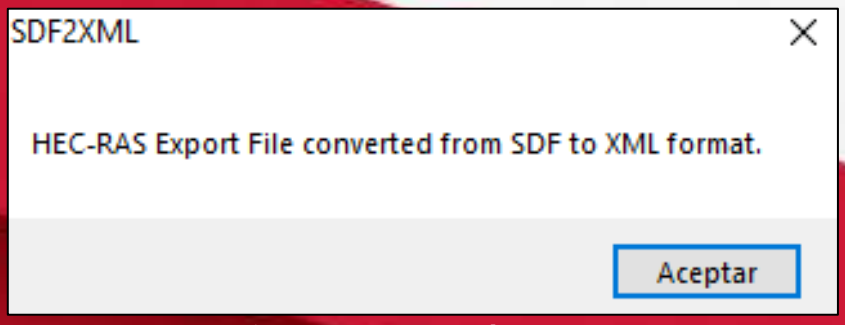


Figura Nº77. Ventana de opciones
Fuente: HEC-RAS

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

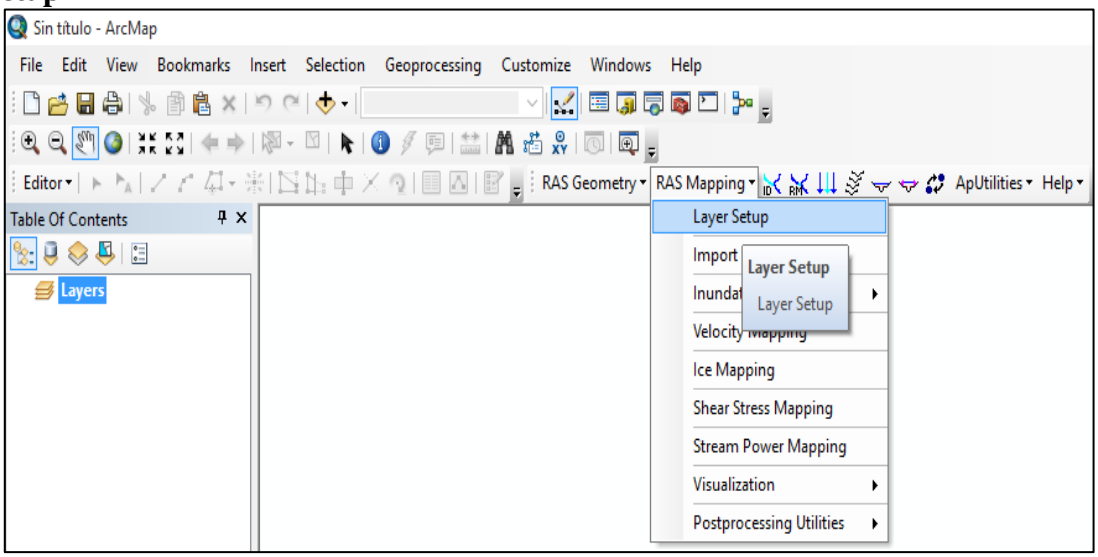


Figura N°78. Ventana de conversión al archivo de .sdf a .xml
Fuente: HEC-RAS

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.

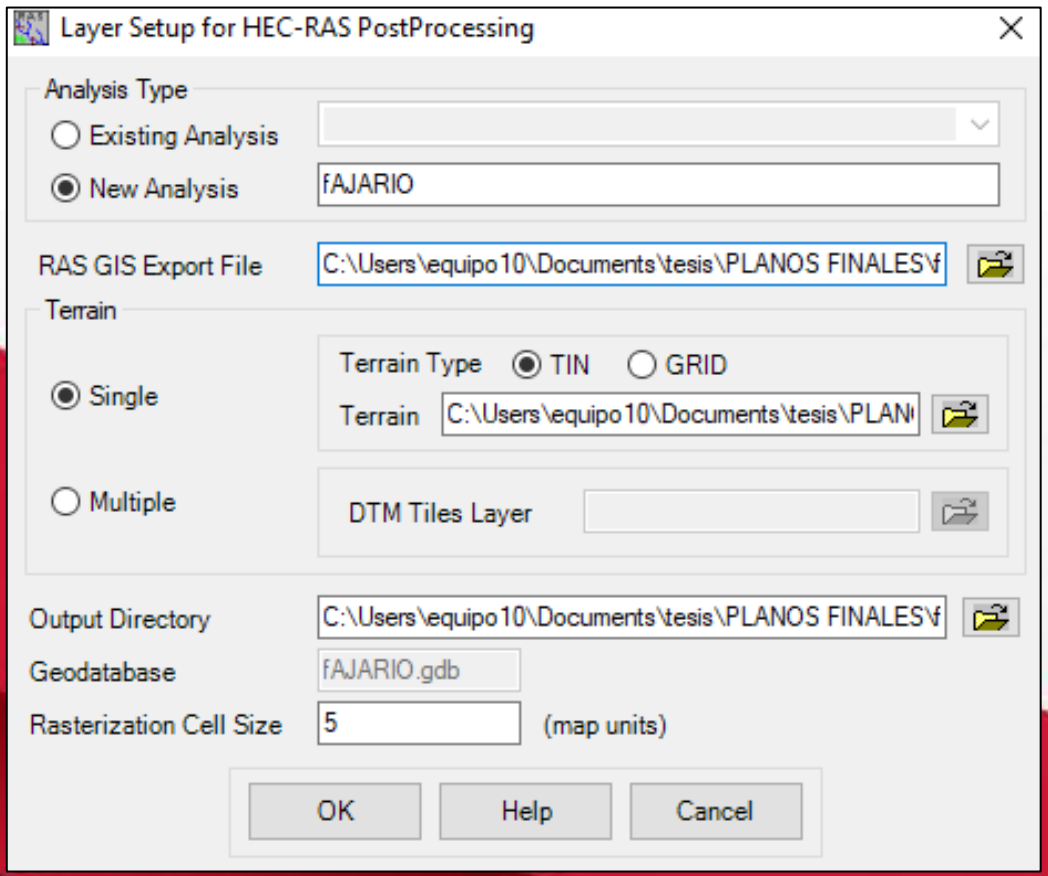


Figura N°79. Ventana de postproceso HEC-RAS para configurar la capa
Fuente: HEC-RAS

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

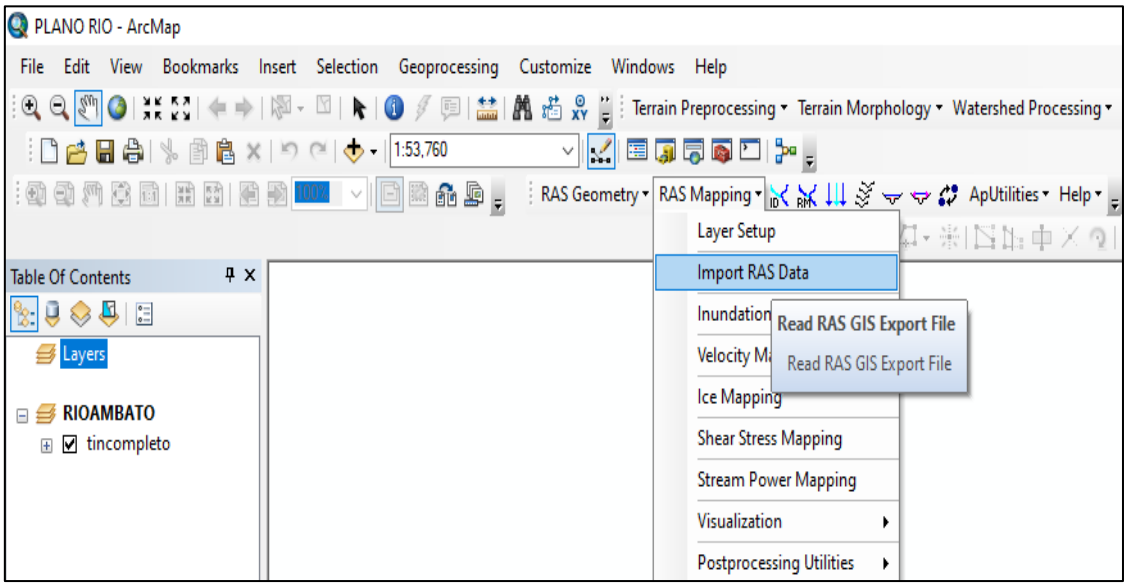


Figura Nº80. Ventana de inicio del programa ArcGIS
Fuente: HEC-RAS

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

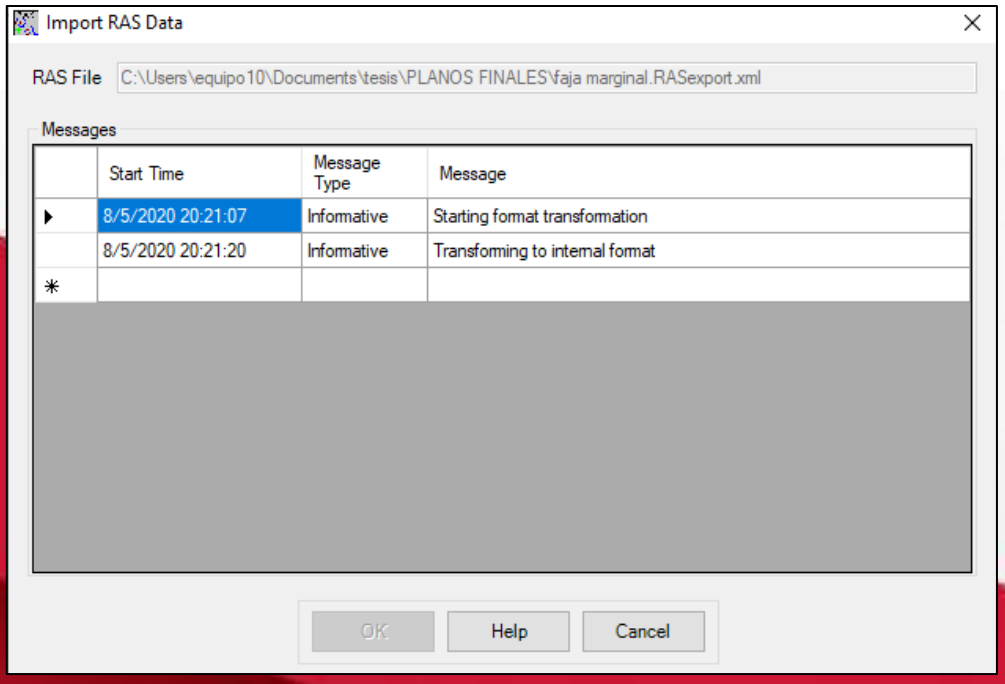


Figura Nº81. Ventana de importación de datos de RAS
Fuente: HEC-RAS

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).**

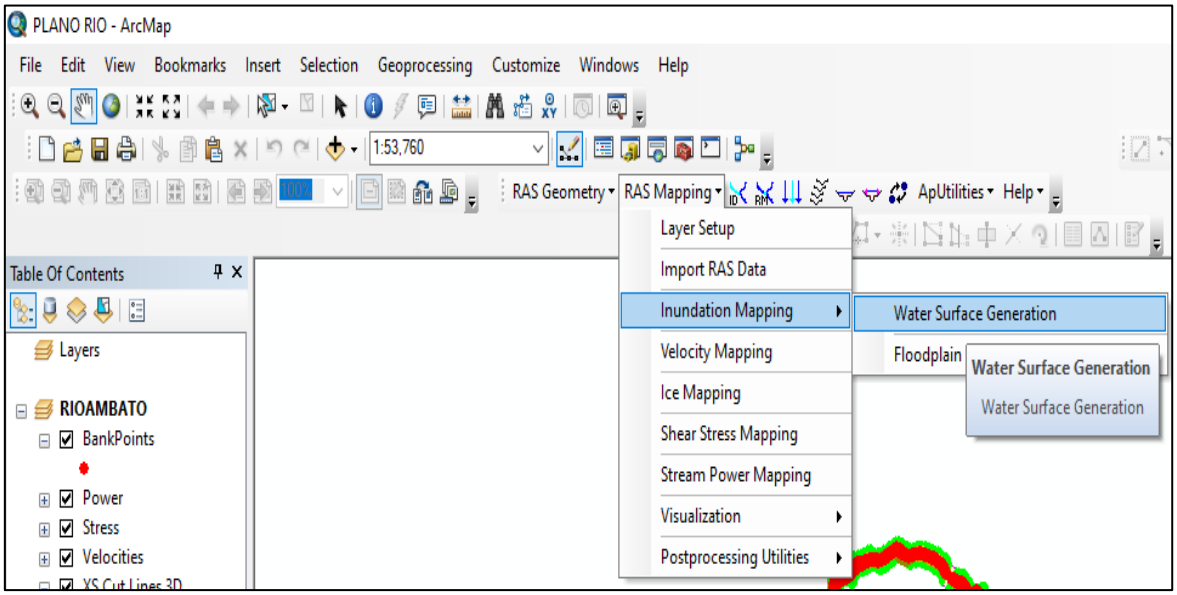


Figura Nº82. Ventana de inicio del programa ArcGIS
Fuente: HEC-RAS

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.**

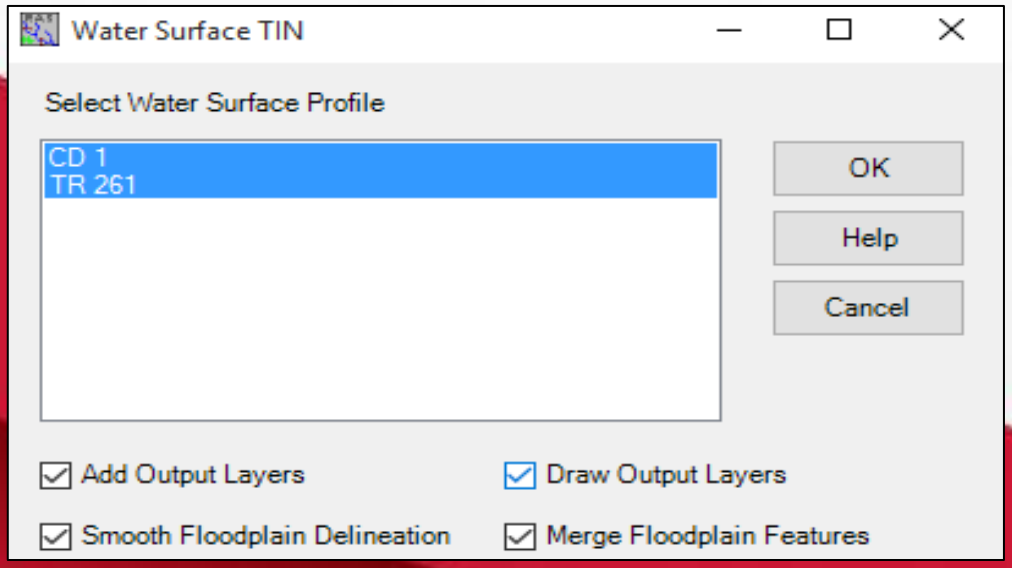


Figura Nº83. Ventana de la superficie TIN del agua seleccionada
Fuente: HEC-RAS

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

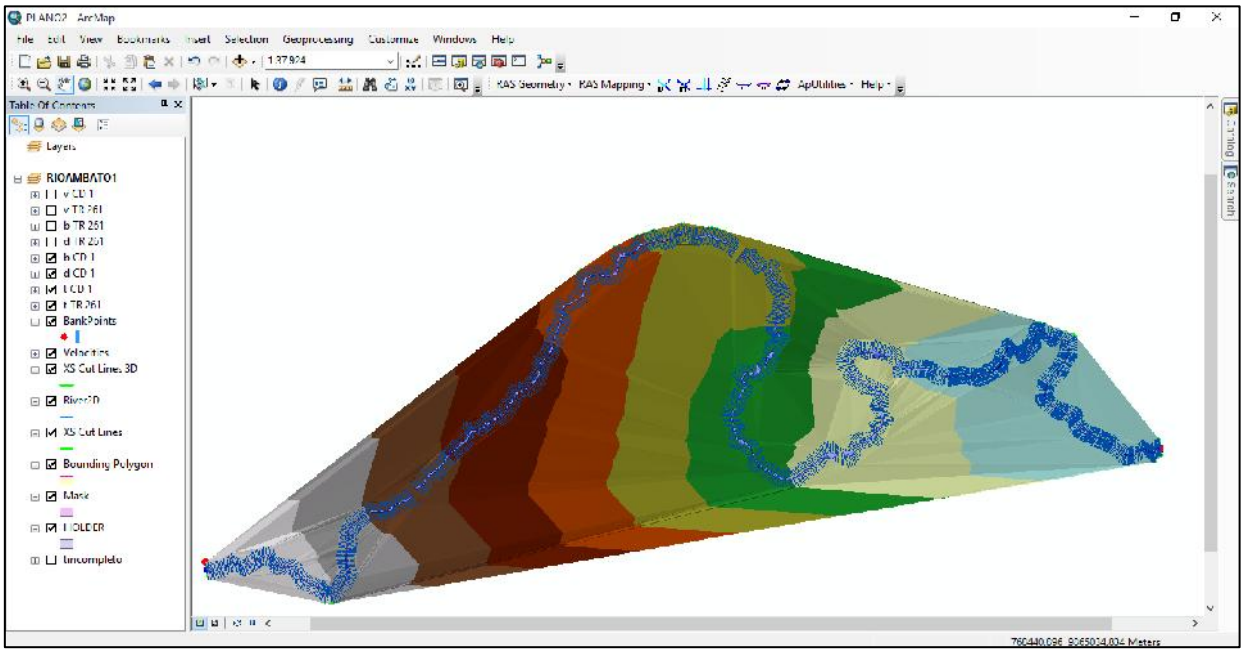


Figura N°84. Ventana de ArcGIS para las áreas de inundación del río.
Fuente: HEC-RAS

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.

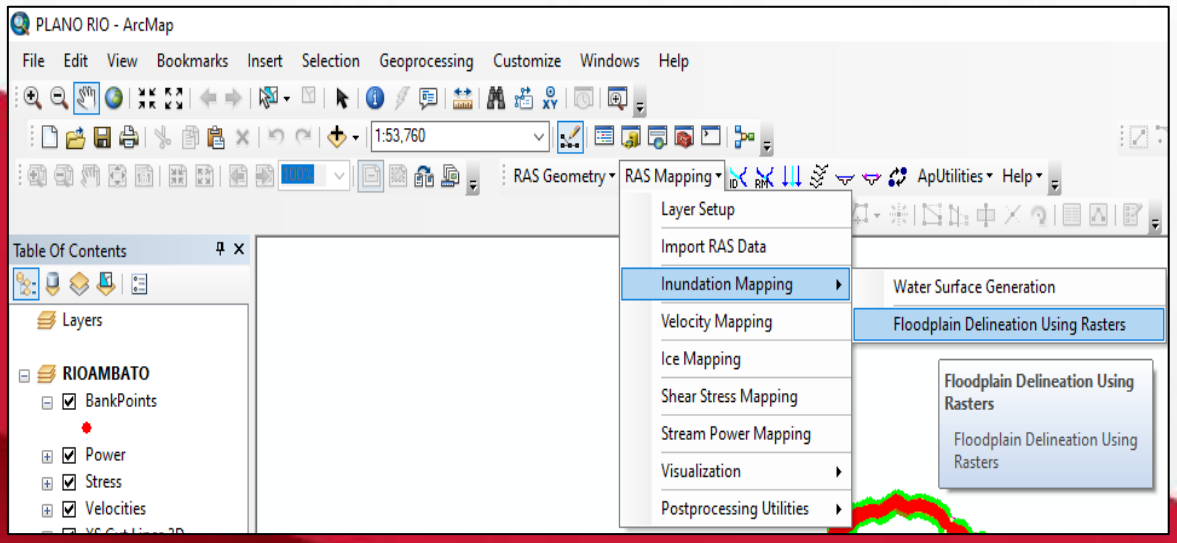


Figura N°85. Ventana de inicio del programa ArcGIS
Fuente: HEC-RAS

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.

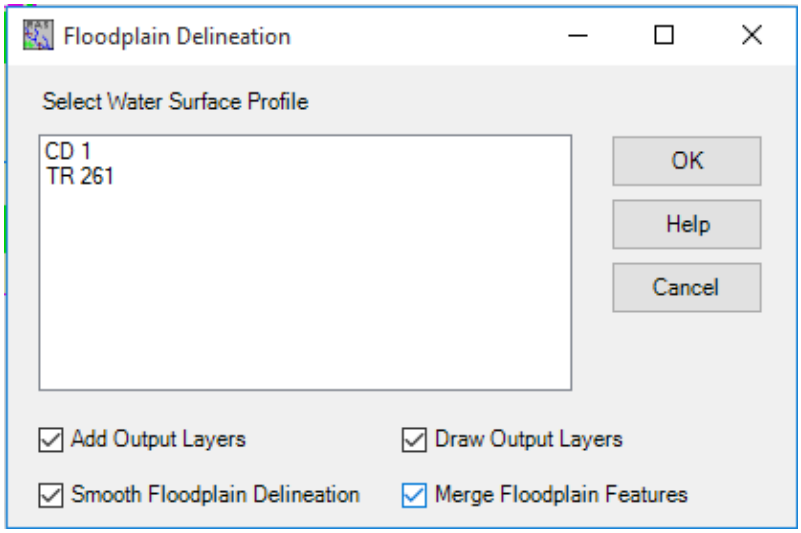


Figura N°86. Ventana de la delineación de llanuras de inundación
Fuente: HEC-RAS

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

Floodplain Delineation Using Grids

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 cutline 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 simulo con éxito.

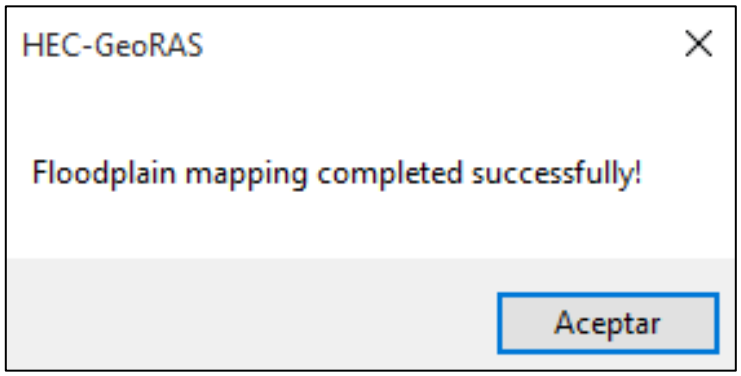


Figura Nº88. Ventana de HEC-GeoRAS
Fuente: HEC-RAS

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

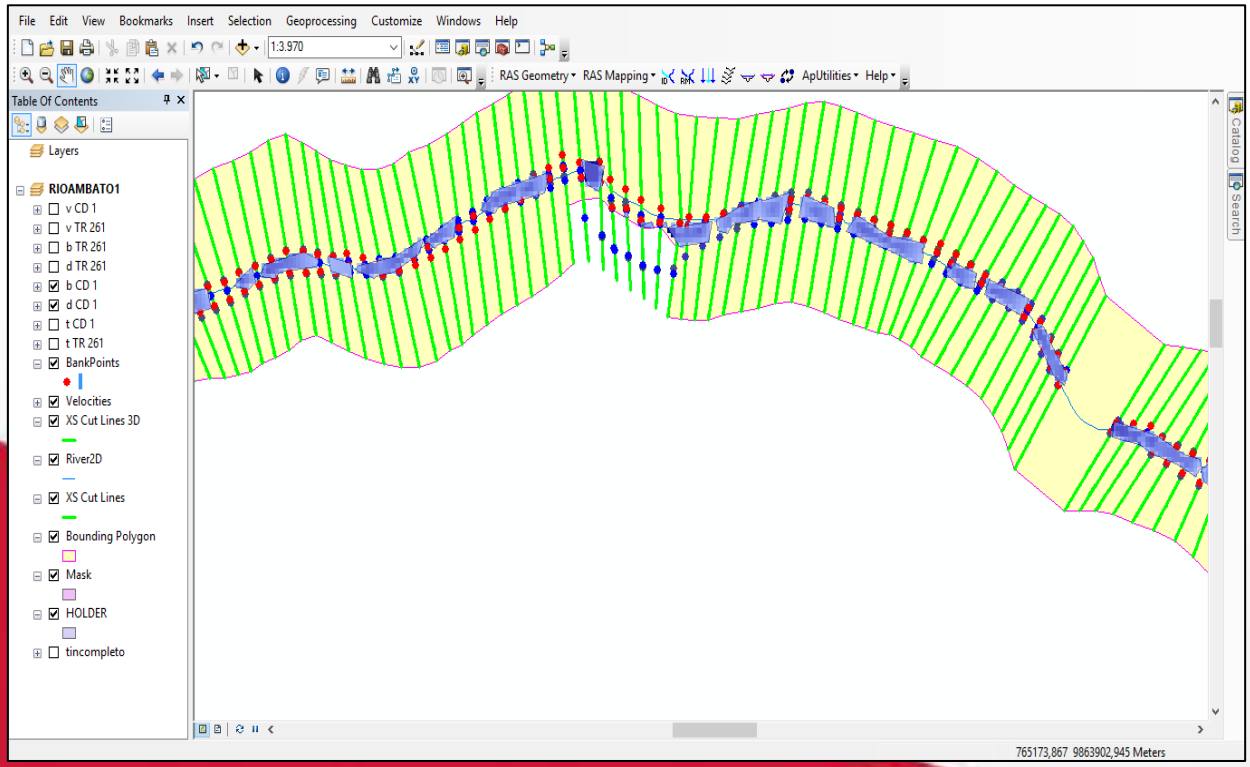


Figura Nº89. Ventana del programa ArcGIS, visualización del flujo del Río.
Fuente: HEC-RAS

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

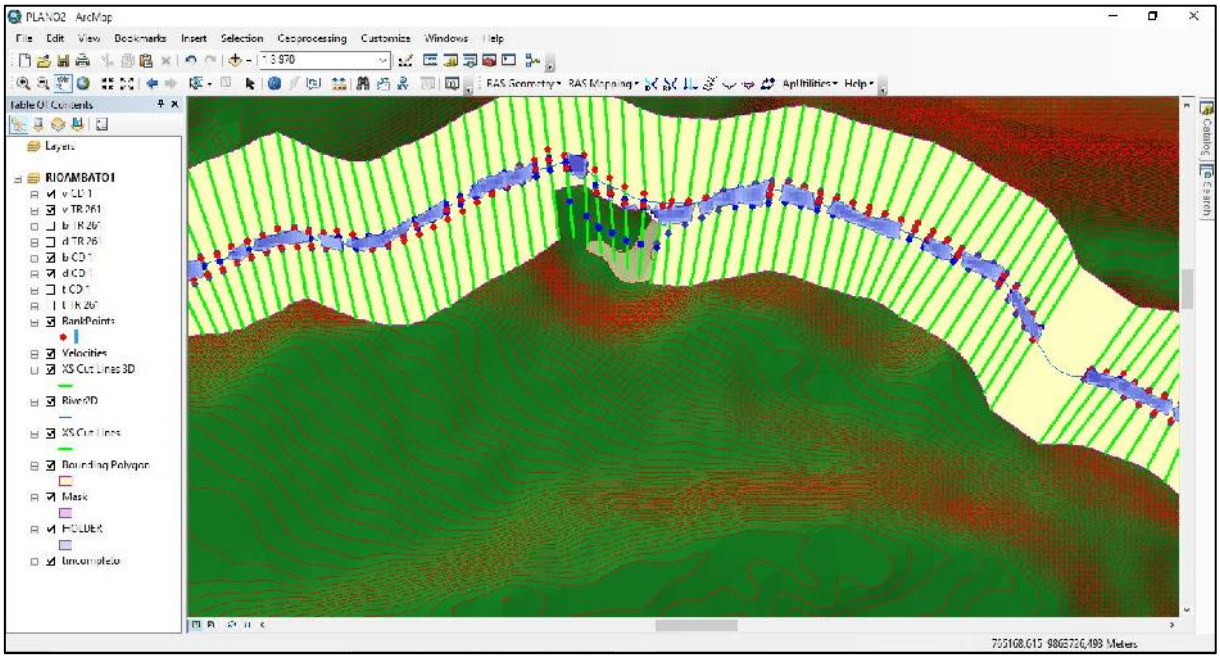


Figura Nº90. Ventana del programa ArcGIS, flujo del Río y superficie TIN.
Fuente: HEC-RAS

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

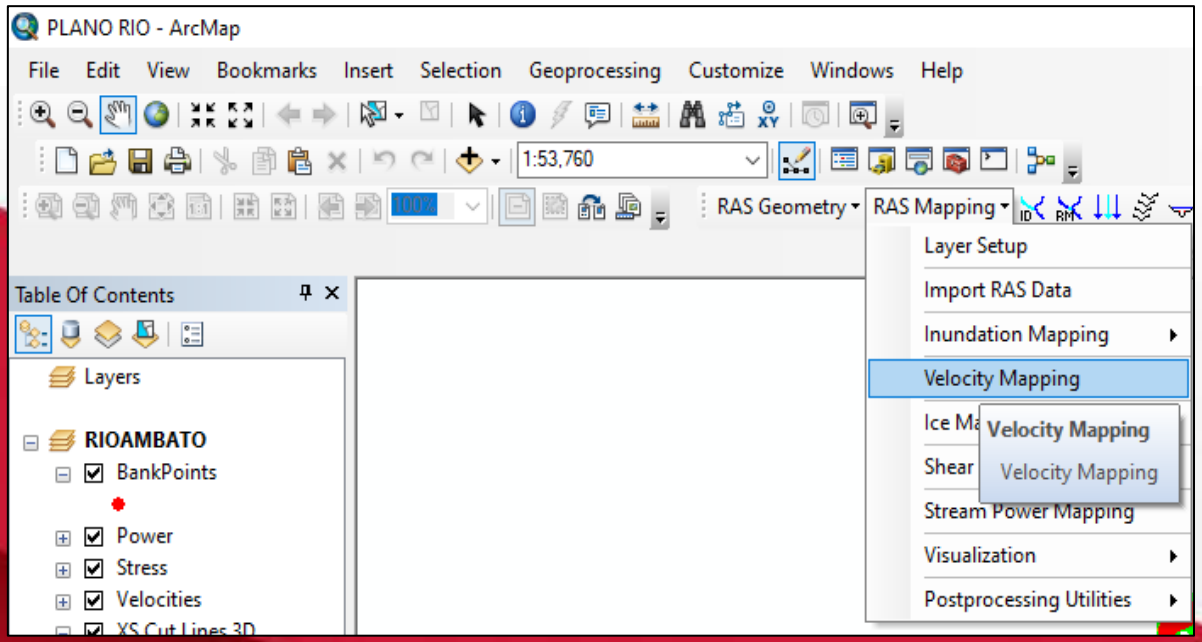


Figura Nº91. Ventana de inicio del programa ArcGIS
Fuente: HEC-RAS

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.

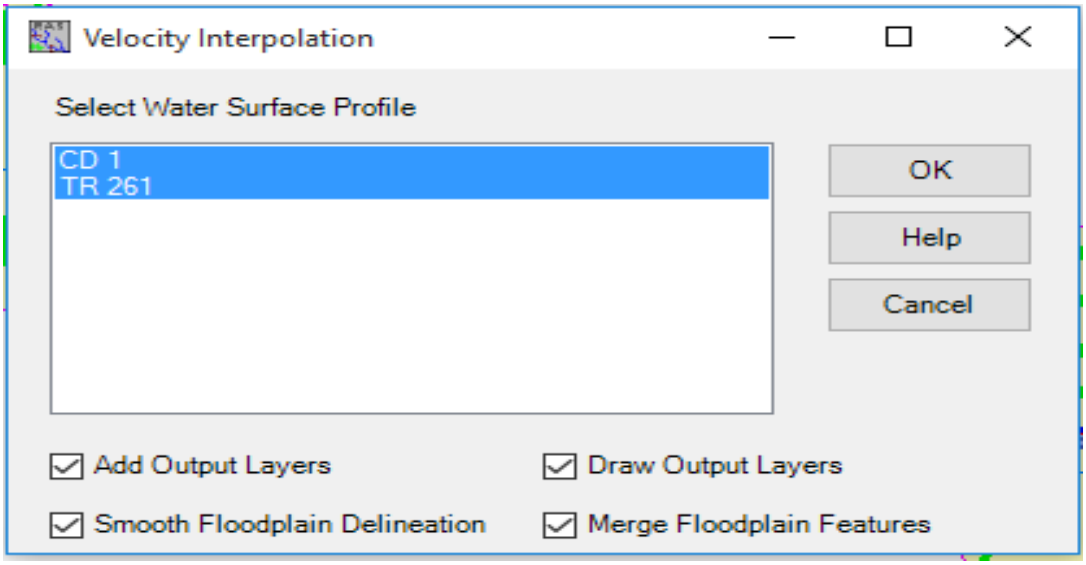
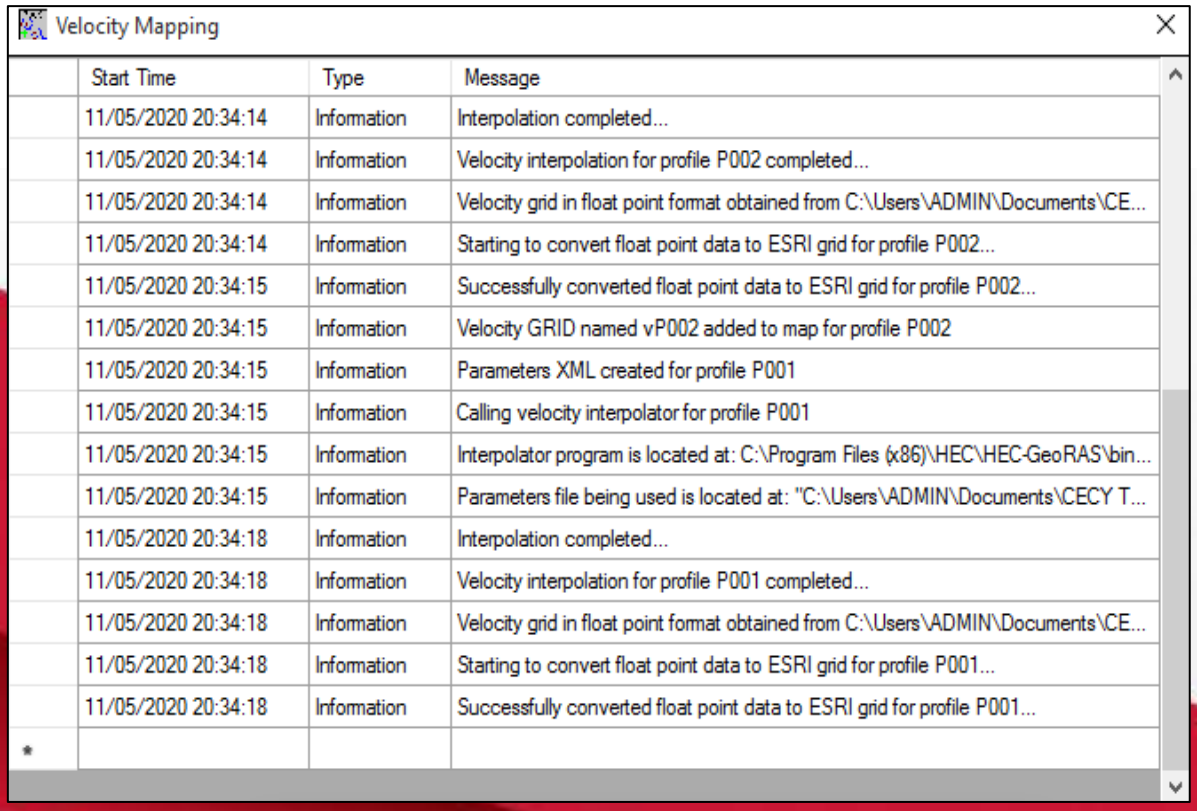


Figura Nº 92. Ventana de Interpolación de Velocidad
Fuente: HEC-RAS

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 Nº 93. Ventana del mapa de velocidades
Fuente: HEC-RAS

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

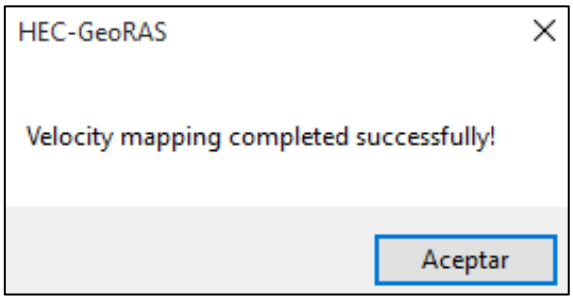


Figura Nº 94. Ventana de HEC-GeoRAS
Fuente: HEC-RAS