

**MODELACIÓN HIDRÁULICA DE UN CANAL URBANO EN LA CIUDAD DE
BOGOTÁ, CASO DE ESTUDIO: CANAL RIO NEGRO.**

**RODRIGO MOYA RICO
WILLIAM ALEXANDER ÁLVAREZ**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
BOGOTÁ
2018**

**MODELACIÓN HIDRÁULICA DE UN CANAL URBANO EN LA CIUDAD DE
BOGOTÁ, CASO DE ESTUDIO: CANAL RIO NEGRO.**

**RODRIGO MOYA RICO
WILLIAM ALEXANDER ÁLVAREZ**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

**ASESOR
ING. MSC. GUILLERMO HERNÁNDEZ TORRES**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
BOGOTÁ
2018**



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5 CO)

Esto es un resumen legible por humanos del [Texto Legal \(la licencia completa\)](#).

[Advertencia](#)

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación:

ING. MSC. GUILLERMO HERNÁNDEZ TORRES
Director del Proyecto

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, 22, mayo, 2018

NUESTRA RECOMPENSA SE ENCUENTRA EN EL ESFUERZO Y NO EN EL RESULTADO. UN ESFUERZO TOTAL ES UNA VICTORIA COMPLETA.

(Mahatma Gandhi)

Agradecimientos

Queremos agradecer a DIOS, a nuestras familias, a nuestros amigos, a nuestro docente de trabajo de grado, pero sobre todo a nuestros padres, que nos apoyaron y nos acompañaron en este proceso, por confiar en nuestras capacidades y ayudarnos a culminar este gran esfuerzo, a nuestro docente de trabajo de grado por enseñarnos y dedicar su tiempo en este proyecto. A esta gran institución que nos brindó una excelente formación integral y bases fuertes para desarrollar este proyecto de manera satisfactoria. Y finalmente a DIOS por permitirnos llegar a este punto y culminar este proyecto de manera placentera. Gracias a todos los que creyeron en nuestras capacidades y a cada persona que nos acompañó y al ingeniero. MSC. Guillermo Hernández Torres, principal impulsor y motivador en este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	17
1. ANTECEDENTES.....	19
1.1. HISTORIA.....	19
1.1.1 DOCUMENTOS TÉCNICOS.....	19
1.1.2 REGISTRO MEDIOS DE COMUNICACIÓN.....	23
1.1.3 ESTUDIOS PREVIOS.....	23
2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA.....	24
3. OBJETIVOS.....	24
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	24
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
4. MARCO TEÓRICO.....	25
4.1 TIPOS DE CANALES ABIERTOS.....	25
4.2 GEOMETRÍA DE CANAL.....	25
4.3 ASPECTOS TEÓRICOS DE LA SECCIÓN DEL CANAL.....	26
4.4 CURVA IDF.....	28
4.5 HEC-RAS.....	28
5. ESTADO DEL ARTE.....	29
5.1 MARCO LEGAL.....	30
5.2 MARCO CONCEPTUAL.....	30
5.2.1 MODELACIÓN HIDRÁULICA.....	31
5.2.2 RIESGO DE INUNDACIÓN.....	31
5.2.3 ESTIMACIÓN DE CAUDALES.....	31
6. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	33
6.1 ALCANCES.....	33
6.2 LIMITACIONES.....	33
7. METODOLOGIA.....	34
7.1 BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN BÁSICA.....	34
7.2 VISITA DE RECONOCIMIENTO.....	34
7.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	34
7.3.1 PLANOS EN PLANTA Y TERRENO.....	34

7.3.2	EXPORTAR EL MODELO AL SOFTWARE HEC-RAS	34
7.3.3	MODELACIÓN HIDRÁULICA.....	34
8.	CARACTERIZACIÓN DEL CANAL	36
8.1	DESCRIPCIÓN DEL CANAL Y UBICACIÓN	36
8.2	ZONA DE INFLUENCIA	37
8.3	TOPOGRAFÍA (BATIMETRÍA, LONGITUDES Y PENDIENTES).....	38
9.	MODELACIÓN HIDRÁULICA	88
9.1	ANÁLISIS DE CAUDAL	88
	ANÁLISIS DE RESULTADOS	90
1.	CONCLUSIONES.....	123
2.	RECOMENDACIONES.....	124
3.	BIBLIOGRAFÍA.....	125
4.	ANEXOS	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Inicio del tramo a estudiar.....	18
Figura 2. Marco conceptual	32
Figura 3. Localización del tramo a estudiar.	36
Figura 4. Zona de influencia.	37
Figura 5. Convenciones de la zona de influencia.	37
Figura 6. Canal el Virrey y Castellana.....	38
Figura 7. Toma de puntos con la ayuda de una estación topográfica y prisma.	39
Figura 8. Punto final del proyecto.	39
Figura 9. Sección 24 del canal.....	41
Figura 10. Sección 23 del canal.....	42
Figura 11. Sección 22 del canal.....	44
Figura 12. Sección 21 del canal.....	46
Figura 13. Punto de llegada al BOX y Rampa.	51
Figura 14. Box y Rampa de acceso.....	51
Figura 15. Sección 16 del canal.....	53
Figura 16. Sección 15 del canal.....	55
Figura 17. Sección 14 del canal.....	57
Figura 18. Detalle de la sección 13.....	59
Figura 19. Sección 12 del canal.....	61
Figura 20. Toma de puntos para la sección 12.....	62
Figura 21. Rampa de acceso.....	63

Figura 22. Toma de puntos para la sección 11.....	65
Figura 23. Sección 10 del canal.....	67
Figura 24. Sección 9 del canal.....	69
Figura 25. Sección 8 del canal.....	71
Figura 26. Sección 6 del canal.....	74
Figura 27. Sección 5 del canal.....	77
Figura 28. Sección 4 del canal.....	79
Figura 29. Finalización de la sección 4.....	80
Figura 30. Rampa de acceso de la sección 4.....	81
Figura 31. Curva intensidad duración frecuencia-IDF estación-OBS METROPOLITANA NACIONAL (BOGOTA D.C) CODIGO: 2120523.....	84
Figura 32. Área usada para el cálculo del caudal.....	85
Figura 33. Ubicación de secciones y orientación del flujo.....	89
Figura 34. Modelación de la sección 23.....	91
Figura 35. Modelación a 2m ³ /s de la sección 23.....	92
Figura 36. Modelación a 4 m ³ /s de la sección 23.....	93
Figura 37. Modelación a 6 m ³ /s de la sección 23.....	93
Figura 38. Modelación a 8 m ³ /s de la sección 23.....	94
Figura 39. Modelación a 10 m ³ /s de la sección 23.....	94
Figura 40. Modelación a 12m ³ /s de la sección 23.....	95
Figura 41. Modelación a 14m ³ /s de la sección 23.....	96
Figura 42. Modelación de la sección 18.....	98
Figura 43. Modelación a 2 m ³ /s de la sección 18.....	98
Figura 44. Modelación a 4 m ³ /s de la sección 18.....	99

Figura 45. Modelación a 6 m ³ /s de la sección 18.....	99
Figura 46. Modelación a 8m ³ /s de la sección 18.....	100
Figura 47. Capa de agua a 2m ³ /s.	101
Figura 48. Capa de agua a 4 m ³ /s.....	101
Figura 49. Capa de agua a 6 m ³ /s.....	102
Figura 50. Capa de agua a 8 m ³ /s.....	103
Figura 51. Capa de agua a 10 m ³ /s.....	103
Figura 52. Modelación de la sección 11.....	104
Figura 53. Modelación a 2 m ³ /s de la sección 11.....	106
Figura 54. Modelación a 4 m ³ /s de la sección 11.....	106
Figura 55. Modelación a 6 m ³ /s de la sección 11.....	107
Figura 56. Modelación a 8 m ³ /s de la sección 11.....	107
Figura 57. Modelación a 10 m ³ /s de la sección 11.....	108
Figura 58. Modelación a 12 m ³ /s de la sección 11.....	108
Figura 59. Modelación de la sección 6.....	109
Figura 60. Modelación a 2m ³ /s de la sección 6.....	110
Figura 61. Modelación a 4 m ³ /s de la sección 6.....	111
Figura 62. Modelación a 6 m ³ /s de la sección 6.....	111
Figura 63. Modelación a 8 m ³ /s de la sección 6.....	112
Figura 64. Modelación a 10 m ³ /s de la sección 6.....	112
Figura 65. Modelación a 12 m ³ /s de la sección 12.....	113
Figura 66. Modelación a 14 m ³ /s de la sección 6.....	113
Figura 67. Modelación a 16 m ³ /s de la sección 6.....	114

Figura 68. Modelación a 18 m ³ /s de la sección 6.....	114
Figura 69. Modelación a 20 m ³ /s de la sección 20.....	115
Figura 70. Planta del canal con secciones.....	128

LISTA DE GRÁFICAS

Grafica 1. Geometría del canal 24	40
Grafica 2 Geometría del canal 23	42
Grafica 3 Geometría de la sección 22.....	43
Grafica 4 Geometría de la sección 21.....	45
Grafica 5 Geometría de la sección 20.....	47
Grafica 6 Geometría de la sección 19.....	48
Grafica 7 Geometría de la sección 18.....	49
Grafica 8. Sección 17 del canal.	50
Grafica 9. Sección 16 del canal.	52
Grafica 10. Sección 15 del canal.	54
Grafica 11. Sección 14 del canal.	56
Grafica 12. Gráfico de la sección 13.....	58
Grafica 13. Gráfico de la sección 12.....	60
Grafica 14. Geometría de la sección 11.....	64
Grafica 15. Geometría de la sección 10.....	66
Grafica 16. Geometría de la sección 9.....	68
Grafica 17. Geometría del canal 8.	70
Grafica 18. Geometría 7 del canal.	72
Grafica 19. Geometría de la sección 6.....	74
Grafica 20. Geometría 5del canal.	76
Grafica 21. Geometría de la sección 4.....	78
Grafica 22 .Grafica profundidad versus caudal.....	116

Grafica 23. Grafica profundidad versus caudal.....	117
Grafica 24. Grafica profundidad versus caudal.....	117
Grafica 25. Grafica profundidad versus caudal.....	118
Grafica 26. Velocidad a un flujo de 2 m ³ /s	119
Grafica 27. Velocidad a un flujo de 4 m ³ /s.	119
Grafica 28. Velocidad a un flujo de 6 m ³ /s.	120
Grafica 29. Velocidad de flujo a 8 m ³ /s.	120
Grafica 30. Velocidad de flujo a 10 m ³ /s.	121
Grafica 31. Grafica de elevaciones del nivel de agua a 8 m ³ /s.	121
Grafica 32. Grafica de elevaciones del nivel de agua a 10 m ³ /s.	122
Grafica 33. Cuadro de resultados del HEC RAS.	129

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coeficiente de rugosidad	28
Tabla 2. Detalles de la sección 24	40
Tabla 3. Detalle de la sección 23	41
Tabla 4. Detalles de la sección 22	43
Tabla 5. Detalles de la sección 21	44
Tabla 6. Detalle de la sección 20	46
Tabla 7. Detalles de la sección 19	47
Tabla 8. Detalles de la sección 18	48
Tabla 9. Detalles de la sección 17	49
Tabla 10. Detalles de la sección 16	52
Tabla 11. Detalles de la sección 15	54
Tabla 12. Detalles de la sección 14	56
Tabla 13. Detalles de la sección 13	58
Tabla 14. Detalles de la sección 12	60
Tabla 15. Detalles de la sección 11	63
Tabla 16. Detalles de la sección 10	66
Tabla 17. Detalles de la sección 9	67
Tabla 18. Detalles de la sección 8	69
Tabla 19. Detalles de la sección 7	72
Tabla 20. Detalles de la sección 6	73
Tabla 21. Detalles de la sección 21	75
Tabla 22. Detalles de la sección 4	78

Tabla 23. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro	81
Tabla 24. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal	83
Tabla 25. Datos del canal para la aplicación de diferentes caudales	85
Tabla 26. Caudales con variaciones en su intensidad y minutos.....	86
Tabla 27 caudales totales para modelación en el software	87
Tabla 28. Datos correspondientes a la sección 23.	90
Tabla 29. Datos correspondientes a la sección 18.	96
Tabla 30. Datos correspondientes a la sección 11 con un caudal de 8m ³ /s	104
Tabla 31. Datos correspondientes a la sección 6	109

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de grado se realizará una modelación hidráulica del canal de aguas lluvias urbanas denominado canal Rio Negro en la ciudad de Bogotá. La modelación hidráulica permitirá identificar las zonas críticas en el canal que sean susceptibles a inundaciones, así como obtener caudales y niveles máximos hasta el punto de confluencia con el río Arzobispo. La modelación hidráulica se desarrollará mediante las siguientes fases: Levantamiento topográfico del canal (batimetría) y su corredor ecológico, implementación en el software especializado (HEC-RAS) y modelación hidráulica considerando diferentes simulaciones (Periodos de retorno).

Para el cumplimiento de esta metodología se realizarán las siguientes actividades: Búsqueda de información básica, donde se requiere procesar y analizar planos de la zona de estudio generados por instituciones como (IGAC, IDECA), así mismo determinar los barrios más afectados y los parámetros del canal con su longitud, punto de inicio y punto de descarga, el siguiente paso será la visita de reconocimiento, en el cual se observará y analizarán las secciones transversales del canal (pendientes, estructura), donde se requiere tener información si el canal sufre ampliaciones y si es de ser así realizar transiciones, continuando con nuestra metodología algo muy importante será el levantamiento topográfico con lo cual se determinará el número de batimetrías para la sección transversal para así mismo obtener su pendiente y lograr seccionarla lo cual se hará en la visita técnica de reconocimiento donde se conocerá las zonas de ampliación y zonas de cruces de avenidas.

Por último, los planos en planta y terreno se realizarán con el respectivo dimensionamiento de la zona de influencia del canal, como alturas máximas y bordes de desbordamiento, y así realizar la modelación donde se analizará las zonas de afectación y un análisis topográfico de las áreas transversales del canal y perfil longitudinal del mismo en el que se recopilarán datos técnicos para ser incorporados en el modelo computacional con su correspondiente registro fotográfico de la zona de estudio. A su vez, se identificarán las fronteras físicas del canal (corredor ecológico, vías principales, etc.), y las posibles zonas inundables. Como componente final se identificará el punto de entrega del canal, detallando la estructura y las cotas máximas que pueden presentarse en este punto, así como los caudales.

La modelación hidráulica se realizará teniendo en cuenta las condiciones de precipitación de la zona, así como el aporte inicial de caudal proveniente del canal Castellana y el Canal Virrey (ver Imagen 1. Inicio del tramo a estudiar.), se espera encontrar los caudales máximos que generen inundaciones y los puntos más susceptibles a lo largo del canal.

Figura 1. Inicio del tramo a estudiar.



Fuente: (MAPS, 2017)

1. ANTECEDENTES

1.1. HISTORIA

Así como el canal Rio Negro en Bogotá, otros ductos o canales de aguas lluvias fueron proyectados y construidos con el fin de evitar inundaciones, dirigiendo las aguas captadas por causas de precipitación (aguas lluvias) sin causar desbordamientos.

Sin embargo, el sector donde se encuentra ubicado el canal Rio Negro, en la localidad de Barrios Unidos específicamente “en el barrio entre ríos, presenta problemas de inundaciones donde hay un elevado nivel de contaminación, por lo que genera problemas de salubridad, deterioro del paisaje y desvalorización de las zonas aledañas por desbordamiento del canal” (Rojas Hoyos, 2013) afectando a residentes aledaños al canal. El proyecto es viable en cuanto se procesen los datos de manera adecuada siguiendo la metodología propuesta, además contribuiría a la disminución de las inundaciones que actualmente afectan la zona.

1.1.1 DOCUMENTOS TÉCNICOS

- Planoteca: La EAB en el año 1962 inicio su plan maestro de Bogotá en el rio Negro el cual inicia arriba de la carrera 7 con la llegada de la Acequia del Chico, y recorre la ciudad en dirección este-oeste, formando parte del sistema del Salitre. El canal ira provisto de interceptores a cada lado, los cuales servirán para recoger el flujo de tiempo seco del área combinada y las aguas servidas de la zona separada. Este anteproyecto se inicia en la carretera a suba y termina en la confluencia con el Rio Salitre. La sección del canal en el cruce de la carretera a suba es un box culvert doble de 2.50*2.50 m. (CIS Construcciones ingenieros soluciones, 1962)
- Informe sobre el estudio de canalización del Rio Negro en el sector comprendido entre el Rio Salitre y la carretera a suba.

Los presentes estudios comprenden las siguientes etapas:

- Exploración: Se tomaron muestras de los distintos tipos de suelos encontrados y se sometieron a análisis de laboratorio para su clasificación y para determinar la capacidad portante mediante la ejecución de ensayos de comprensión inconfiada sobre muestras inalteradas. (GONZALEZ, 1963)

- Estudio de taludes: Pará determinar la cohesión, el ángulo de fricción interna y el peso unitario del terreno en estado natural y con ellos estudiar la estabilidad de los taludes que se sometieron muestras de los distintos suelos a ensayos triaxiales. Cómo en algunas partes por lo blando del terreno no fue posible ejecutar el ensayo triaxial se recurrió a uno similar que es el de esfuerzo cortante directo. (GONZALEZ, 1963)
- Para la priorización mejoramiento estructural del canal Salitre el Consorcio COMPALIA DE ESTUDIOS E INTERVENTORES CEI LTDA. E INGENIEROS y LABORATORIO AMBIENTAL ILAM LTDA presentan a consideración de la empresa de acueducto y alcantarillado de Santafé de Bogotá. El estudio de priorización de las obras de mejoramiento, mantenimiento y reparación del Canal Salitre. (EAB, Priorizacion Mejoramiento, 1964)

Para sus trabajos previos el CONSORCIO en desarrollo del "Estudio de los caudales y cargas contaminantes y estado estructural en canales y corrientes superficiales de Bogotá", realizo el inventario estructural del canal Salitre.

- Control de Vertimientos de Aguas Negras a los Canales El Virrey y Arzobispo en el cual se hizo una descripción general de los criterios hidráulicos que se emplearon para la realización de los diseños de las obras consideradas donde se real (EAB, Priorizacion Mejoramiento, 1964) hizo una modelación hidráulica de los canales la cual permitió establecer los caudales de diseño y el dimensionamiento de los cruces. (EAB, 2006)
- En el año 2014 se realizaron unas obras de optimización del sistema del canal Rio Negro y de la estructura transversal sobre el canal. La cual incluye la construcción de bermas, limpieza y extracción de sedimentos (Sanabria, 2014)
- La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá en cumplimiento de su objetivo social, construyo las redes de alcantarillado pluvial Barrio Rio Negro y corrección de las conexiones erradas del Canal Rio Negro, realizando actividades como excavación y demolición de estructuras, retiros y disposición en botaderos autorizados, rellenos suministro e instalación de tuberías, pruebas hidráulicas, rotura y construcción de vías, andenes, sardineles y pisos, investigación de conexiones erradas y corregir las conexiones erradas, pruebas que garanticen la calidad de las obras y que aseguren la funcionalidad de las mismas y la buena prestación de los servicios, recuperación de espacio público

y recuperación de pavimentos así como sus zonas verdes y así como su gestión social en Rio Negro. (Ramirez, 2017)

- Planoteca: El Canal Rio Negro de sección trapezoidal revestida en concreto de aproximadamente 1.400m de longitud y altura total de corte varía entre 2.0 y 4.0 m. Los caudales caracterizan dos tramos de 7.00 m de longitud cada uno, el tramo final del canal hasta su confluencia en el canal salitre se encuentra totalmente sedimentado y no es posible la observación de la estructura de revestimiento. (EAB, Estudio para la rehabilitación del canal Rio Negro, 2005)

El primer tramo a partir de la Avda. Suba con calle 88 presenta falla generalizada del talud, se aprecian levantamientos y hundimientos de las losas y bermas, con presencia importante de árboles, mostrando grandes deformaciones de alineamiento. Hay deterioro casi que generalizado de juntas con crecimiento de vegetación. En el segundo tramo la situación es similar pero no tan generalizada; hay sectores en los cuales las bermas y losas han sido reparadas, aunque ya muestran fisuramiento y agrietamiento. (EAB, Estudio para la rehabilitación del canal Rio Negro, 2005)

- La Universidad De Los Andes realizó una tesis sobre la modelación hidráulica del canal Rio Negro en el año 2013 con el fin de identificar las causas de las inundaciones del sector, donde se concluyó que se presentaban por problemas de mantenimiento en cuanto al retiro de los sedimentos acumulados y el manejo de basuras del sector, las cuales se estaban arrojando al canal causando taponamientos. (Hoyos, 2013)
- La Universidad Católica De Colombia realizó una tesis sobre el análisis del riesgo de inundación asociado al diseño hidráulico de la confluencia entre dos canales urbanos. Canal el virrey – Canal castellana, en la ciudad de Bogotá, los cuales confluyen en el Canal Rio negro. Concluyendo que el diseño hidráulico y el diseño geométrico de los dos canales que no están adecuados para afrontar caudales grandes y esto traería como consecuencia altos riesgos de inundación. (Diaz Tibanta, 2012)
- El estudio realizado en el 2013 por la Universidad de los Andes fue el último realizado por esta universidad y desde esa fecha no se han realizado nuevos estudios para definir las causas de inundaciones y las alternativas para mitigar los daños causados por los desbordamientos del canal rio negro.
- La secretaria Distrital de Ambiente hizo un recorrido por el rio Salitre para verificar su estado, al llegar al barrio Entre ríos y calle 80 concluyeron que son los sectores más críticos debido a las bajas pendientes ocasionando que la

velocidad se disminuya drásticamente, generando problemas de sedimentación y de descomposición orgánica. El material que se deposita al río se empieza a descomponer, razón por la cual el sector comprendido entre el barrio Entre Ríos y la Calle 80 presente olores fétidos. (Reyes, 2008)

- El estudio del río Salitre fue realizado por parte de la Universidad Militar Nueva Granada en el marco del Convenio No. 08 de 2008: “Formulación del Plan de Ordenación y manejo de la cuenca del Río Salitre en el perímetro urbano del distrito capital. Informe Final de la fase de diagnóstico”; es importante aclarar que el POMCA del río Salitre se encuentra en trámite. En este documento técnico, se elaboró un diagnóstico de la cuenca, donde se presenta el área de la cuenca del río Salitre que corresponde a las corrientes naturales en la zona de los cerros, limitada por sus divisorias topográficas, diferenciándola del área correspondiente al drenaje de los alcantarillados-pluvial y combinado en la zona urbana. (Ambiente, Secretaria Distrital de, 2015)

La sectorización hidrográfica se basa en los principales sistemas de alcantarillado pluvial o combinado de la ciudad. Muchos de ellos corresponden a las quebradas existentes originalmente (La Vieja, Las Delicias, Molinos, etc.), pero otros como Sears son eminentemente artificiales, pero se constituyen en un subsistema de alcantarillado muy importante para la ciudad, dado los problemas que presentaron en algún momento. En este sentido y siendo el eje de la cuenca el río Salitre, la sectorización hidrográfica se ha basado en las principales subcuenas aferentes al río Salitre: Arzobispo, Las Delicias, La Vieja, Río Negro, Río Nuevo, Córdoba y zonas de aportes directos al canal (Salitre 1) y al humedal Juan Amarillo (Salitre 2). Lo anterior debe realizarse de esta manera para poder elaborar los diferentes balances hídricos de afluentes al río Salitre y del río mismo. (Ambiente, Secretaria Distrital de, 2015)

Tomando como base las inversiones del Plan Maestro de Alcantarillado, así como el Plan de Cumplimiento para la descontaminación del río Bogotá; en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos la EAB-ESP planteó compromisos con la Autoridad Ambiental, para la reducción individual de cargas contaminantes para los principales ríos de Bogotá (Ambiente, Secretaria Distrital de, 2015)

- En una primera fase se construyó un canal de aguas mínimas, entre la avenida calle 80 y la carrera 68, que intercepta los canales Río Negro y Río Nuevo, en el costado oriental de la avenida 68 con calle 80, para mejorar la fuerza de arrastre y evitar que se generaran procesos de sedimentación; pero, al contrario, hoy el canal está lleno de sedimentos que además se quedan atrapados en los hierros, que a simple vista se ven en estado de deterioro y llenos de escombros. (Solorzano, 2013)

1.1.2 REGISTRO MEDIOS DE COMUNICACIÓN

- “Ayer desde las 3 de la tarde los bogotanos sufrieron uno de los mayores aguaceros que se hayan visto, las calles y carreras se inundaron hasta rebosar” es un titular de ´periódico El Tiempo (Tiempo, 2017), donde se describe como en el año 1994 el día 17 de enero, tras las torrenciales lluvias que se presentaron en la ciudad de Bogotá, la localidad de barrios unidos se vio afectada por la falta de un sistema óptimo de drenaje, alcantarillado y manejo de aguas lluvias y sanitarias. (Tiempo, 2017), por lo que los bomberos debieron auxiliar a las personas de los barrios rio negro, quinta mutis, la castellana y polo club, donde los sótanos y niveles bajos tuvieron que ser drenados con motobombas por su estado de inundación. (Tiempo, 2017)
- Según los reportes del periódico El Tiempo desde el año 1972 hasta el año 2006 se han presentados constantes problemas con el manejo de aguas en este sector del canal rio negro por lo que se ve necesaria la modelación del canal para conocer los caudales de inundación del mismo para poder prevenir más daños provenientes de este canal. (Tiempo, 2017)

1.1.3 ESTUDIOS PREVIOS

El estudio realizado en el 2013 por la Universidad de los Andes fue el último realizado por esta universidad y desde esa fecha no se han realizado nuevos estudios para definir las causales de inundaciones y las alternativas para mitigar los daños causados por los desbordamientos del canal rio negro.

Obteniendo una cota máxima cuando se presente inundaciones de 4 metros, medida desde el fondo del canal y manejar un caudal máximo sin inundaciones de 3.6 metros de cota máxima. Encontrando una elevada cantidad de sedimentos en la parte final del canal lo cual influye en el compartimiento del fluido, determinando que las secciones transversales no influyen en el comportamiento de la lámina de agua, puesto que para varias secciones transversales el flujo se comporta como flujo sub crítico. (Hoyos, 2013)

Dentro de los resultados producto del trabajo de campo se identificó que no se realiza mantenimiento al sistema de alcantarillado lo cual se debe realizar de forma periódica para evitar la acumulación de residuos en la tubería y estas estén en

capacidad de desalojar el agua durante la temporada invernal reduciendo la posibilidad de inundaciones” (Hoyos, 2013).

De esta investigación se destaca que a pesar de presentarse la inundación en esta zona no se desarrollan campañas educativas, siendo estas de vital importancia para mitigar los efectos de la catástrofe en la población. “Se debe tener en cuenta como un indicador para la toma de decisiones, se debe educar a la población que se encuentre en zona de peligro en temas como prevención, dar a conocer los riesgos de la zona, que hacer durante y después de una catástrofe de estas” (Hoyos, 2013).

Finalmente se observa con esta investigación que la población de la zona continúa botando basuras al canal reduciendo su capacidad; “también los pobladores dicen que hay sectores río arriba en los cuales depositan basuras y cuando aumenta la corriente baja todas estas basuras aumentando la reducción de la capacidad del canal” (Hoyos, 2013).

2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA

Con la realización del proyecto que busca explorar las zonas de inundación aguas arriba y aguas abajo del canal Rio Negro, se plantea la pregunta de investigación: ¿Cuáles son las zonas con más riesgo de inundación en el canal Rio Negro y cuáles son los caudales y niveles máximos que provocan esa condición?

Para responder a la pregunta de investigación se propone realizar una modelación hidráulica del canal Rio Negro específicamente aguas arriba donde no se tiene información de posibles inundaciones. Por medio del software (HEC-RAS), basado en un levantamiento topográfico detallado, así como un análisis integral para la zona de influencia del canal se pueden establecer estas zonas de mayor riesgo.

Lo que se busca es identificar las zonas más susceptibles de inundación que se presenten en la capital, como lo es Barrios Unidos, uno de los barrios más afectados en la capital y la posible afectación que puede tener la población donde habitan “230.066 personas “. (2017, Alcaldía Mayor de Bogotá D.C)

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar una Modelación hidráulica sobre el canal urbano con el fin de establecer los niveles y caudales máximos que generan desbordamiento en su estructura para la evaluación del riesgo de inundación en su zona de influencia.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las condiciones hidráulicas del canal y delimitar su zona de influencia.
- Implementar un modelo computacional en el canal Rio negro para conocer su comportamiento hidráulico.
- Analizar los niveles y caudales máximos que generarían desbordamientos en el canal y afectación en su zona de influencia.

4. MARCO TEÓRICO

Los canales son conductos en los que el agua circula debido a la acción de gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera. (Máximo, 2007)

Los canales abiertos se encuentran en la naturaleza, así como también en estructuras hechas por el hombre. En la naturaleza, se observan flujos tranquilos en grandes ríos cerca a sus desembocaduras: ej. El Rio Nilo entre Alexandria y Cairo, el Rio Brisbane en Brisbane. Corrientes de agua que se encuentran en las montañas. Ejemplos clásicos incluyen las cataratas del rio Nilo, Los rápidos del Zambeze en África y las cataratas del Rin.

Canales Abiertos hechos por el hombre pueden ser para suministro de irrigación, energía y agua potable, canales trasportadores para planta de tratamiento de aguas, canales de aguas pluviales, algunas fuentes públicas y alcantarillado. (CHANSON, 2004)

4.1 TIPOS DE CANALES ABIERTOS

De acuerdo con su origen un canal abierto puede ser natural o artificial "los canales naturales incluyen a todos los cursos de agua que existen de manera natural en la tierra. Las propiedades hidráulicas de un canal natural por lo general son muy irregulares. Por otro lado, los canales artificiales son aquellos construidos o desarrollados por la acción humana. El canal artificial por lo general es un canal largo con pendiente suave construido sobre el suelo, que puede ser revestido o no revestido. (MOTT, 2008)

4.2 GEOMETRÍA DE CANAL

La geometría de un canal se define por la forma de su sección transversal, dependiendo de ciertas condiciones e independientemente de la geometría, un

canal puede ser prismático o no prismático. Las secciones de canales naturales son, por lo general, muy regulares, y a menudo varían desde aproximadamente una parábola hasta aproximadamente un trapecio. Por otra parte, las secciones transversales de los canales artificiales suelen diseñarse con figuras geométricas definidas. (Hidraulica, 2012)

4.3 ASPECTOS TEÓRICOS DE LA SECCIÓN DEL CANAL

Los aspectos son propiedades de una sección de canal, dichos elementos son muy importantes y se utilizan con amplitud en el cálculo de flujo y distintas variables como la utilización de la ecuación de Manning, método racional, curvas IDF y un modelo hidráulico como el HEC-RAS.

La fórmula de Manning es una evolución de la fórmula de Chézy para el cálculo de la velocidad del agua en canales abiertos y tuberías, propuesta por el ingeniero irlandés Robert Manning en 1889 (Ruiz, 2008)

$$V = \frac{Rh^{2/3} * S^{1/2}}{n} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$Q(h) = \frac{A * R^{2/3} * S^{1/2}}{n} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Siendo:

Rh = radio hidráulico en m, que es función de la profundidad hidráulico.

n = coeficiente que depende de la rugosidad de la pared.

S = la pendiente física del canal en m/m.

A = área de la sección del flujo de agua.

Q = caudal del agua en m³/s.

También se puede escribir de la siguiente forma (usando el sistema internacional de unidades):

$$V(h) = \frac{1}{n} * \left(\frac{A(h)}{P(h)} \right)^{2/3} * S^{1/2} \quad (\text{Ecuación 6})$$

También se puede escribir en función del caudal:

$$Q(h) = \frac{1}{n} * \frac{A(h)^{5/3}}{P(h)^{2/3}} * S^{1/2} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

A (h) = área mojada (área de la sección del flujo de agua), en m^2 , función de la profundidad hidráulico.

P (h)= perímetro mojado, en m, función de la profundidad hidráulico.

n= coeficiente que depende de la rugosidad de la pared y cuyo valor varía entre 0,01 para paredes muy pulidas (p.e., plástico) y 0,06 para ríos con fondo muy irregular y con vegetación.

V (h)= velocidad media del agua, en m/s, que es función de la profundidad hidráulico.

Q (h)= caudal del agua en, m^3/s , en función de la profundidad hidráulico.

s= pendiente de la línea de agua en m/m.

Al hacer el análisis dimensional de (n) se deduce que tiene unidades ($TL^{-1/3}$). Como no resulta explicable que aparezca el término (T) en un coeficiente que expresa rugosidad, se ha propuesto hacer intervenir un factor \sqrt{g} , siendo g la aceleración de la gravedad, con lo que las unidades de (n) serían ($L^{1/6}$), más propias del concepto físico que pretende representar (Ruiz, 2008).

El valor del coeficiente es más alto cuanto más rugosidad presenta la superficie de contacto de la corriente de agua. Algunos de los valores que se emplean de n se pueden (Ver en la tabla 1. Coeficiente de rugosidad)

Tabla 1. Coeficiente de rugosidad

Tabla del coeficiente de rugosidad de Manning	
Material del revestimiento	Ven Te Chow
Metal liso	0,010
Concreto	0,014
Revestimiento bituminoso	-
Terreno natural en roca lisa	0,035
Terreno natural en tierra con poca vegetación	0,027
Terreno natural en tierra con vegetación abundante	0,080

Fuente: (CHOW, 1994.)

4.4 CURVA IDF

La Curva Intensidad Duración Frecuencia (IDF), representa la intensidad (I) o magnitud de una lluvia fuerte expresada en milímetros por hora, para una duración (D) determinada que usualmente puede ser 30, 60, 90, 120 o 360 minutos y que se estima tiene una probabilidad de ocurrencia, o frecuencia (F) expresada en años, lo que también se conoce como periodo de retorno. (Ideam, 2014)

4.5 HEC-RAS

Hoy en día disponemos de diversos softwares específicos de modelización hidráulica que facilitan la entrada de datos y permiten visualizar gráficamente los resultados, incluso exportarlos en forma de tablas, lo que nos facilita su interpretación. Entre todo ellos, destaca sin duda el software HEC-RAS (desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers), como uno de los programas de referencia dentro de su campo.

Se trata de un software gratuito, por lo tanto, su uso se ha generalizado y se encuentra en un proceso constante de actualización al introducir continuas mejoras. Esto ha hecho que poco a poco la gran mayoría de administraciones hayan comenzado a exigir el estudio del impacto que puede representar sobre la dinámica

de los cauces cualquier tipo de actuación con un modelo hidráulico suficientemente fiable, como es el caso de HEC-RAS. (Engineers, 2015)

5. ESTADO DEL ARTE

En cuanto a los últimos estudios realizados a Canales a nivel nacional encontramos que en marzo del 2013 en Fondo de Adaptación del Gobierno Nacional de Colombia realizaron la Reconstrucción y Mejoramiento hidráulico de canales para mitigar inundaciones por temporada invernal en el sector sur de Santiago de Cali en el Departamento del Valle del Cauca a partir de un modelo hidráulico similar al presente en este proyecto, dentro de los estudios previos para implementación del sistema (Adaptacion, Fondo, 2013)

Por otro lado, en el 2014 se realizó un estudio en la Universidad Católica de Colombia, en donde constata los pasos y requerimientos para un análisis hidráulico entre la confluencia de dos canales (Canal el Virrey – Canal la Castellana en la ciudad de Bogotá), comprobando si en las modelaciones bajo diferentes condiciones de flujo que puedan conllevar riesgo de inundaciones (Diaz, 2014)

También, la Universidad De Los Andes realizo una tesis sobre la modelación hidráulica del canal Rio Negro en el año 2013 con el fin de identificar las causas de las inundaciones del sector, donde se concluyeron que se presentaban por problemas de mantenimiento en cuanto al retiro de los sedimentos acumulados y el manejo de basuras del sector, las cuales se estaban arrojando al canal causando taponamientos. (Hoyos, 2013)

Finalmente, en el 2017 en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas ubicada en la ciudad de Bogotá, Colombia, en la última década el canal de aguas pluviales de la calle 38 sur(Los Muisca), se realizó un proyecto en el cual consistía en un diseño de manejo ambiental y pluvial para permitir atender o suplir las necesidades que se presentan en este canal como lo es la contaminación, inundaciones y demás (Bernal, 2017)

Pero, evidentemente no solo se han implementado o se han realizado estudios de Canales en Colombia, sino también en otros países en vía de desarrollo como lo son Ecuador, Guatemala, Perú, Honduras, entre otros. Tal ejemplo es el canal que se construyó en Tungurahua, Ecuador, en el 2017, donde la demanda de lluvia es bastante alta y podría ocasionar inundaciones en las zonas aledañas, este proyecto planifico el revestimiento de 60 Kilómetros de canales de riego primario y secundario, trabajo que se vienen ejecutando en las nueve canalones de la provincia (LAHORA, 2017)

Otro ejemplo de ello, es el construido en La Primavera, Honduras, en el 2016, con el fin de coleccionar aguas lluvias que protejan a las viviendas y la red vial que en

invierno son destruidas por las fuertes corrientes que bajan de la montaña Mico Quemado y que además afecta a otras colonias como Los Castaños, el cual consiste en 18 Kilómetros, se le pondrá fin a la preocupación y necesidad de los habitantes de tener un eficiente sistema de saneamiento. Con ello se protegerá la salud de más de mil familias (Molina, 2015)

Asimismo, en el 2016 en la Colonia Primavera México se realizó un proyecto de un canal de agua lluvia, con el fin de canalizar las aguas hacia la quebrada la primavera y evitar que produzca inundaciones para evitar daños a casas y calles, el cual está revestido en concreto para que este sea más durable, el proyecto ha sido una experiencia positiva porque se mejoran las condiciones de vida de los habitantes y movilidad, además se potencia la productividad de las casas aledañas. Incluso indujeron en que el canal tenía un costo inicial elevado, pero se compensa con la larga vida útil del mismo. (Bahamon, 2016)

5.1 MARCO LEGAL

Bogotá cuenta con el plano normativo de amenaza de inundación por desbordamientos la cual está establecida por la Resolución 858 de 2013, del decreto 190 del 2004, donde se estima la probabilidad de ocurrencia de inundaciones por desbordamientos.

De igual manera nos basaremos en la norma RAS 2000, título D básicamente todo lo estipulado en el numeral 4 para la correcta realización de nuestro diseño geométrico e hidráulico, se tomaron unas normas citadas a continuación que corresponden a las especificaciones de la empresa de Acueducto de Bogotá.

- NS 054. Presentación de diseño de sistemas de alcantarillado.
- NS 063. Mantenimiento de canales.
- NS 073. Instalación y condiciones de recibo de redes de alcantarillado.

5.2 MARCO CONCEPTUAL

Metodológicamente en la modelación hidráulica se realizarán las siguientes fases con el fin de tener un mejor desarrollo del proyecto:

- Fase 1: Información hidrológica.
- Fase 2: Levantamiento topográfico.
- Fase 3: Implementación de un modelo computacional.
- Fase 4: Determinación de caudal y niveles máximos.

5.2.1 MODELACIÓN HIDRÁULICA

La modelación hidráulica es usada para simular situaciones reales de comportamiento que se producen en las obras hidráulicas, estas modelaciones tienen múltiples aplicaciones. "Los modelos hidráulicos, se usan para la solución de problemas relacionados con las estructuras hidráulicas, fenómenos de infiltración o tramos de ríos (Modelación Hidráulica)^[OB]

5.2.2 RIESGO DE INUNDACIÓN

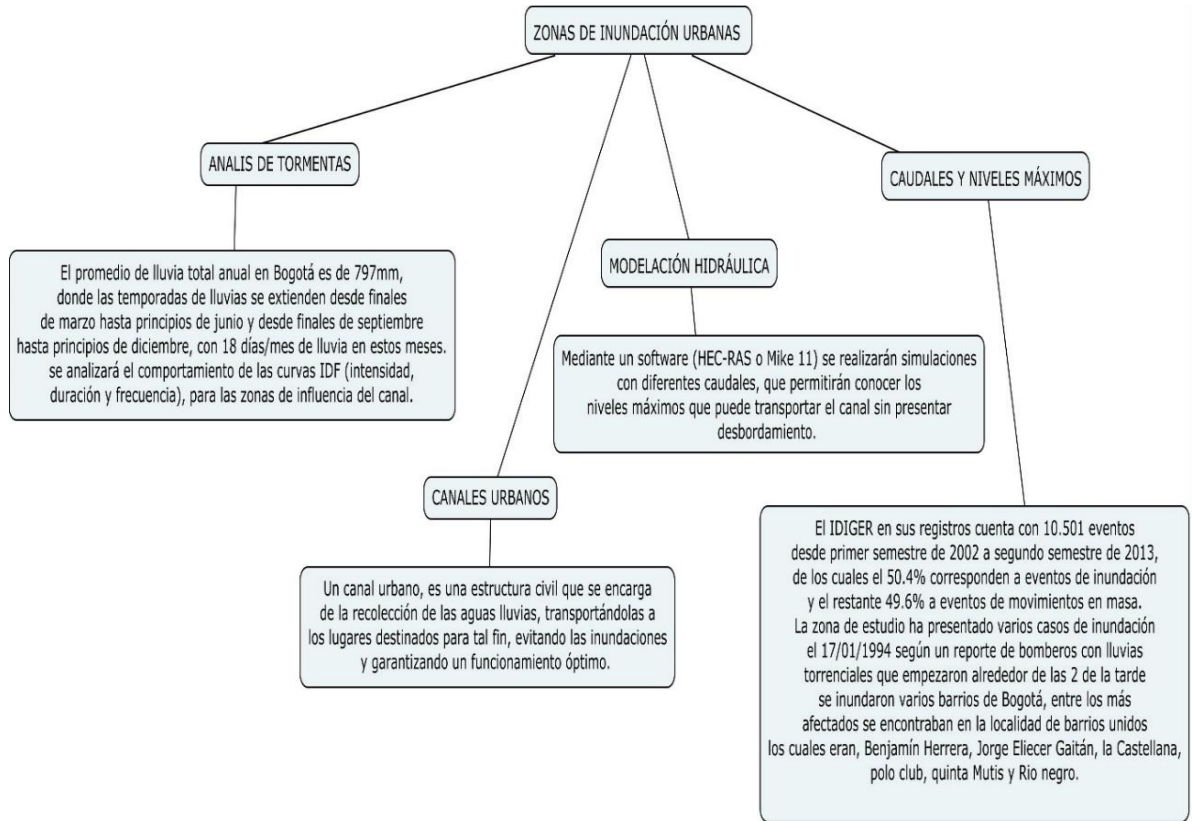
Las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se producen por lluvias persistentes y generalizadas que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas. (IDEAM, s.f.)

5.2.3 ESTIMACIÓN DE CAUDALES

La estimación de caudales es la base de todo razonamiento basado en volúmenes, por lo que exigirá un buen grado de ajuste. La medida de caudal suele ser indirecta, se mide un nivel en una sección transversal y en función del mismo se calcula un caudal. Este cálculo presenta diferentes dificultades y fuentes de incertidumbre que han de ser consideradas (Valverde, 2002).

En la (Figura 2.Marco conceptual) se observa brevemente que en las zonas de inundación urbanas se hace el análisis de tormentas, caudales y niveles máximos, modelación hidráulica y canales urbanos.

Figura 2. Marco conceptual



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

6. ALCANCES Y LIMITACIONES

6.1 ALCANCES

El alcance del trabajo llevara a establecer de forma general las zonas con mayor riesgo de inundación o afectación debido al desbordamiento del canal Rio negro mediante una modelación hidráulica, así como a establecer los caudales y niveles máximos que se puedan generar en el punto de descarga.

6.2 LIMITACIONES

El número de batimetrías que se van a realizar se consideran hasta conocer la sección transversal del canal para tratar de ser lo más exacto posible, sabiendo que no se tendrán en cuenta las conexiones erradas y poca información de lluvia. Este canal revestido comprende una longitud de 1.700m el cual se encuentra ubicado a la altura de la AV NQS con Calle 92 (nororientado de Bogotá) y AV 68 con Calle 80 (noroccidente de la ciudad).

7. METODOLOGIA

Para el cumplimiento del objetivo específico 1 se realizarán las siguientes actividades:

7.1 BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN BÁSICA

Para esto se requiere procesar y analizar planos de la zona de estudio, generados por instituciones como (IGAC, IDECA). Así mismo determinar los barrios más afectados y los parámetros del canal como son su longitud, punto de inicio y punto de descarga.

7.2 VISITA DE RECONOCIMIENTO

Se observará y analizarán las secciones transversales del canal (pendientes, estructura), donde se requiere tener información si el canal sufre ampliaciones así como los puntos donde el canal sufre transiciones en planta, perfil o sección transversal.

7.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

En este proceso se determinará el número de batimetrías para la sección transversal para así mismo obtener su pendiente y lograr seccionarla lo cual se hará en la visita técnica de reconocimiento donde se conocerá las zonas de ampliación y zonas de cruces de avenidas.

7.3.1 PLANOS EN PLANTA Y TERRENO

Se realizará el respectivo dimensionamiento de la zona de influencia del canal, como alturas máximas y bordes de desbordamiento.

Para el cumplimiento del objetivo específico 2 se realizarán las siguientes actividades:

7.3.2 EXPORTAR EL MODELO AL SOFTWARE HEC-RAS

Implementar la topografía del canal en el modelo computacional (HEC RAS).

7.3.3 MODELACIÓN HIDRÁULICA

La modelación consiste en determinar caudales y alturas de desbordamiento.

Para el cumplimiento del objetivo específico 3 se realizarán las siguientes actividades:

- Se analizará las zonas de afectación, análisis topográfico, zonas más críticas del canal y zonas de mayor inundación.
- Análisis en la modelación, pre diseño en papel y plano del canal con diferentes caudales para un nivel máximo antes de desbordarse.

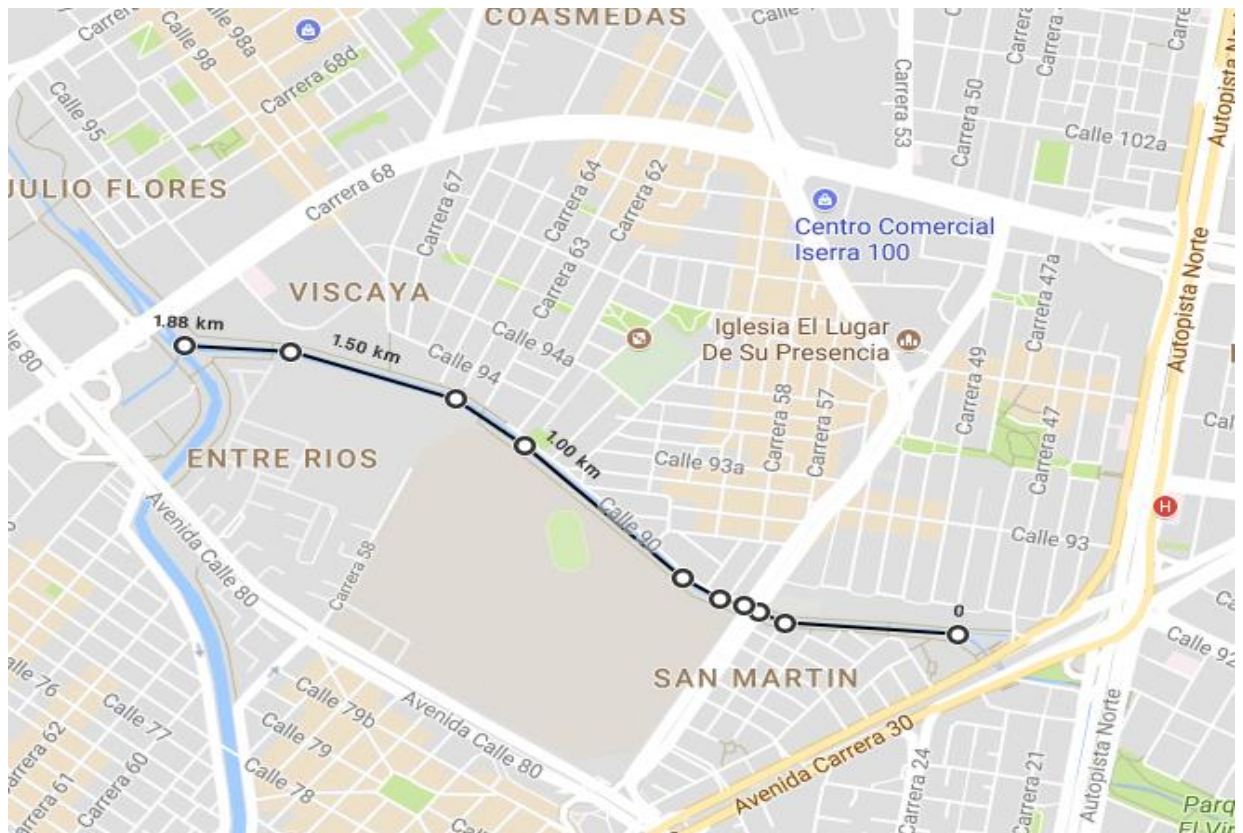
8. CARACTERIZACIÓN DEL CANAL

8.1 DESCRIPCIÓN DEL CANAL Y UBICACIÓN

El canal Rio Negro es un canal colector de aguas lluvias, en forma trapezoidal en concreto, su inicio es a la altura de la AV NQS con Calle 92 (nororiente de Bogotá) y su terminación aguas abajo es en la AV 68 con Calle 80 (noroccidente de Bogotá), el canal está ubicado en la localidad de Barrios Unidos (Ver Figura 3. Localización del tramo a estudiar), el canal cuenta con una extensión de alrededor de 2 km, el cual recibe las aguas del canal Virrey y canal la castellana, este a su vez realiza la descarga al rio Arzobispo que transportara el agua al humedal Tibabuyes o Juan Amarillo donde posteriormente el agua es tratada por la PTAR El Salitre.

El canal Rio Negro presenta un elevado nivel de contaminación, por lo cual genera problemas de salubridad, deterioro del paisaje y desvalorización de las zonas aledañas.

Figura 3. Localización del tramo a estudiar.

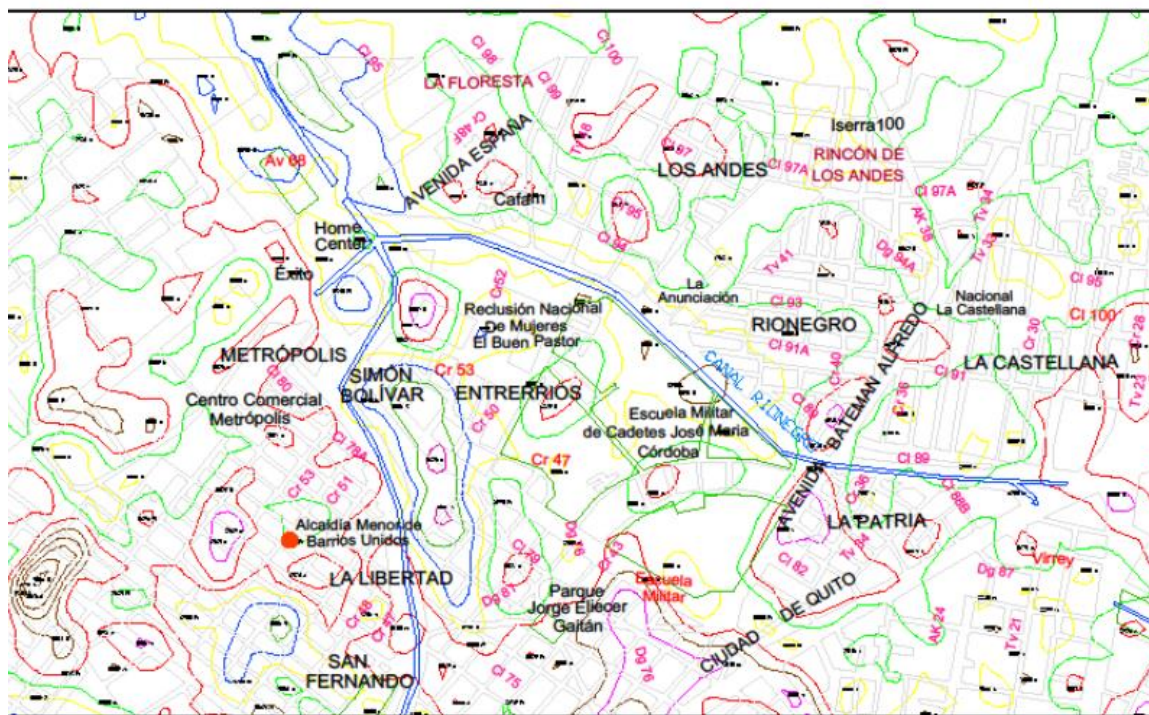


Fuente: (MAPS, 2017).

8.2 ZONA DE INFLUENCIA

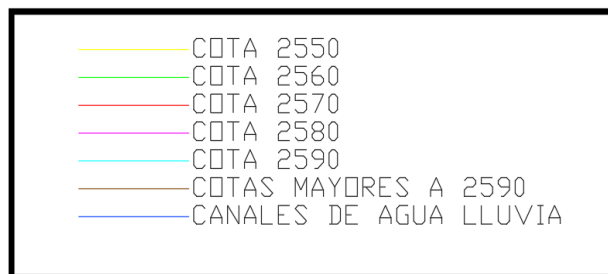
El canal empieza en la cota 2580 hasta llegar a la cota 2550 (Ver figura 4. Zona de influencia y Ver figura 5. Convenciones de la zona de influencia) siendo esta zona la más afectada probable en un evento de lluvia máxima, en el plano de topografía las cotas varían cada 10 metros.

Figura 4. Zona de influencia.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Figura 5. Convenciones de la zona de influencia.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

8.3 TOPOGRAFÍA (BATIMETRÍA, LONGITUDES Y PENDIENTES)

El canal el Virrey y el canal la Castellana convergen en la calle 90 con carrera 48, en este punto el canal pasa a ser llamado el canal Rio negro (Ver Figura 6. Canal el Virrey y Castellana).

Figura 6. Canal el Virrey y Castellana.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

En la Figura 7. (Ver Figura 8. Punto Final del Proyecto) se muestra el punto donde termina el proyecto que esta referenciado como el K1+625.59 metros, y esta aproximadamente a 30 metros en donde los dos canales convergen que es donde está ubicada la tubería de gas natural (amarilla).

Para el desarrollo del proyecto se realizaron 24 secciones con la ayuda de un equipo topográfico (Ver Figura 7. Toma de puntos con la ayuda de una estación topográfica y prisma). en una longitud de 1625.59 metros a lo largo del canal rio negro, a continuación, se explicará detalladamente cada una de las secciones y cuál es el K de referencia, se iniciara con la sección 24 ya que esta es la más cercana al punto de convergencia de los dos canales y donde pasa a ser el canal Rio Negro.

Figura 7. Toma de puntos con la ayuda de una estación topográfica y prisma.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Figura 8. Punto final del proyecto.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

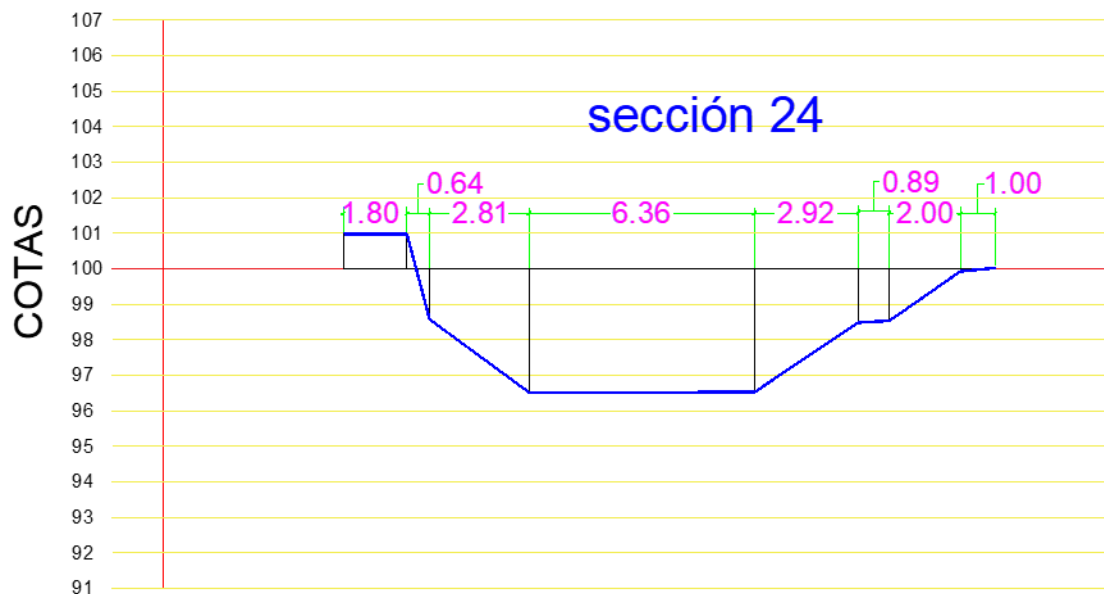
En esta sección del canal (Ver figura 9. Sección 24 del canal.) el cual corresponde al k 1+625m se logra observar la forma trapezoidal del proyecto, con dimensiones dadas, (Ver tabla 2 .Detalles de la sección 24 y Grafica 1. Geometría del canal 24) con una base de 6.36m, con un talud de 73.30% para una vista derecha y 67.12% para una vista izquierda, (Ver Tabla 2. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 3. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua.

Tabla 4. Detalles de la sección 24

SECCION 24		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	702	1,8	703	0,64	704	2,81	705		
	ALTURA	100,99		100,98		98,58		96,52		
DISTANCIA(m)		6,36								
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	697	2,92	689	0,89	699	2	700	1	701
	ALTURA	96,53		98,49		98,54		99,93		103

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 1. Geometría del canal 24



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 9. Sección 24 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

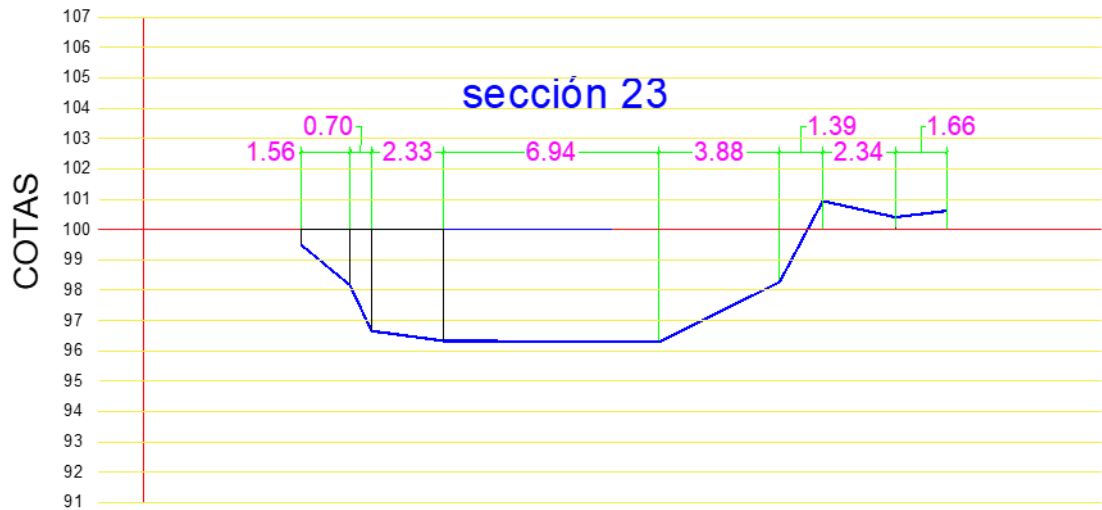
De igual manera en la sección 23 (Ver figura 10. Sección 23 del canal.) Continuando su trayecto en el k1+543m a una distancia de la sección 24 de 25.46m, el canal sigue con su forma trapezoidal, con dimensiones dadas (Ver tabla 3 .Detalles de la sección 23 y Grafica 2.Geometria del canal 23) con una base de 6.94m, con un talud de 72.16% para una vista derecha y 66.77% para una vista izquierda, (Ver Tabla 5. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 6. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua.

Tabla 7 Detalle de la sección 23

SECCION 23		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	693	1,56	694	0,7	695	2,33	696		
	ALTURA	99,49		98,17		96,66		96,33		
DISTANCIA(m)		6,94								
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	692	3,88	691	1,39	690	2,34	689	1,66	688
	ALTURA	96,3		98,27		100,94		100,41		100,62

Fuente: Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 2 Geometría del canal 23



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 10. Sección 23 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

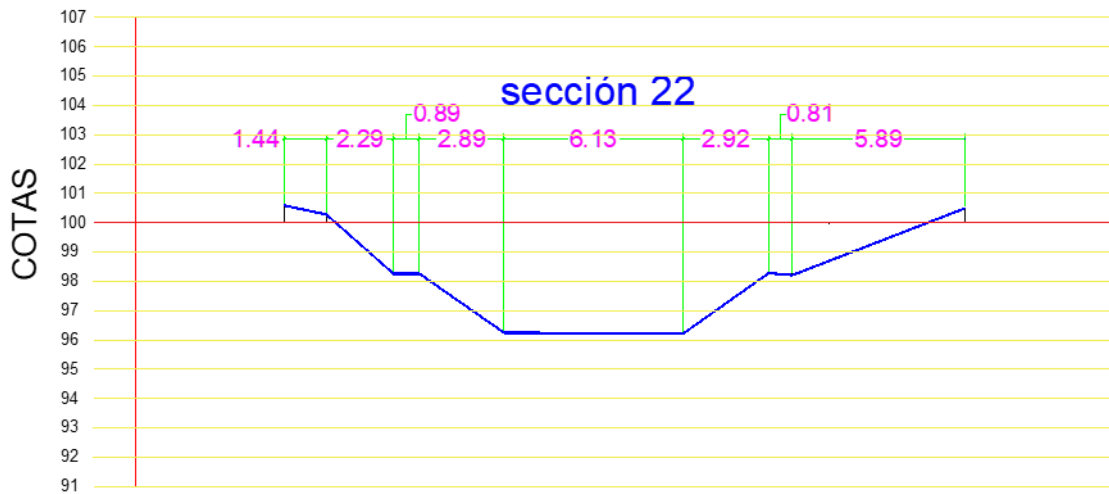
La sección 22 del canal (Ver Figura 11. Sección 22 del canal). Continuando en el k1+481m a una distancia de la sección 23 de 19.15m, el canal sigue con su forma trapezoidal, con dimensiones conocidas (Ver tabla 4 .Detalles de la sección 22 y Grafica 3.Geometria del canal 22) con una base de 6.13m, con un talud de 71.55% para una vista derecha y 67.54% para una vista izquierda (Ver Tabla 8. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 9. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua.

Tabla 10. Detalles de la sección 22

SECCION 22			DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)	
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	683	1,44	684	2,29	685	0,89	686	2,89	687
	ALTURA	100,59		100,28		98,26		98,26		96,25
	DISTANCIA(m)	6,13								
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	682	2,92	681	0,81	680	1,25	679	4,64	678
	ALTURA	96,22		98,28		98,21		99,94		100,49

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 3 Geometría de la sección 22.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 11. Sección 22 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

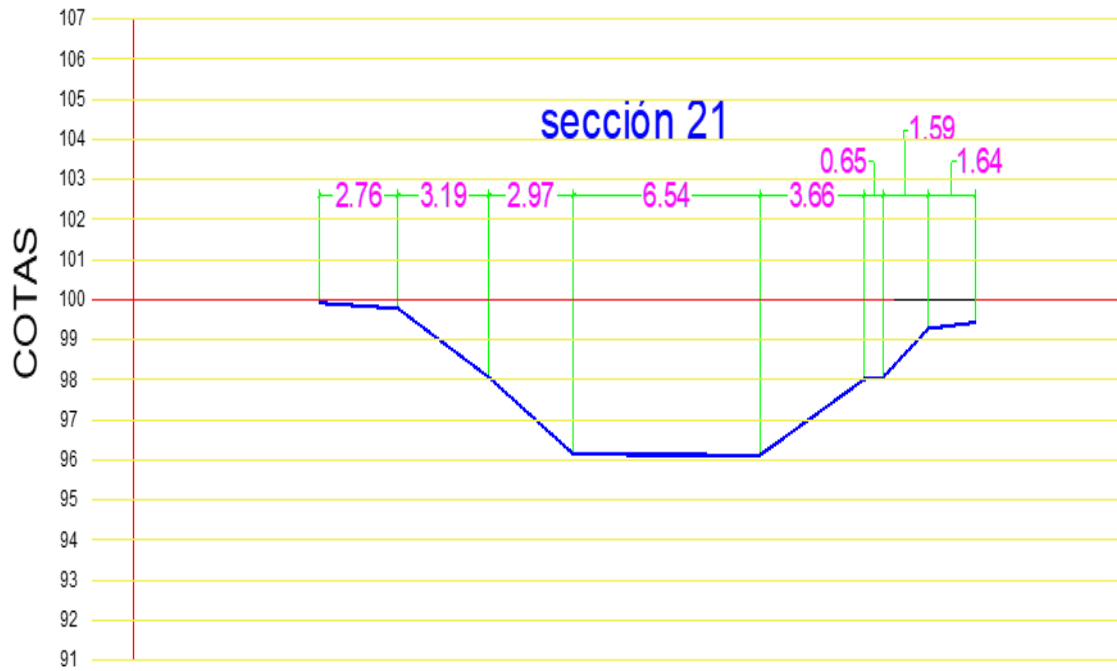
En la sección 21 del canal (Figura 12. Sección 21 del canal) el cual continua en el k1+366m a una distancia de la sección 22 de 36.25m se logra observar que el canal sigue con su forma trapezoidal, con dimensiones conocidas (Ver tabla 5 .Detalles de la sección 21 y Grafica 4.Geometria del canal 21) con una base de 6.54m, con un talud de 70.64% para una vista derecha y 65.37% para una vista izquierda, (Ver Tabla 11. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 12. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua.

Tabla 13. Detalles de la sección 21

SECCION 21		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	666	2,76	665	3,19	663	2,97	667		
	ALTURA	99,92		99,78		98,06		96,14		
DISTANCIA(m)		6,54								
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	672	3,66	671	0,65	670	1,59	669	1,64	668
	ALTURA	96,12		98,11		98,06		99,28		99,43

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 4 Geometría de la sección 21.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 12. Sección 21 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

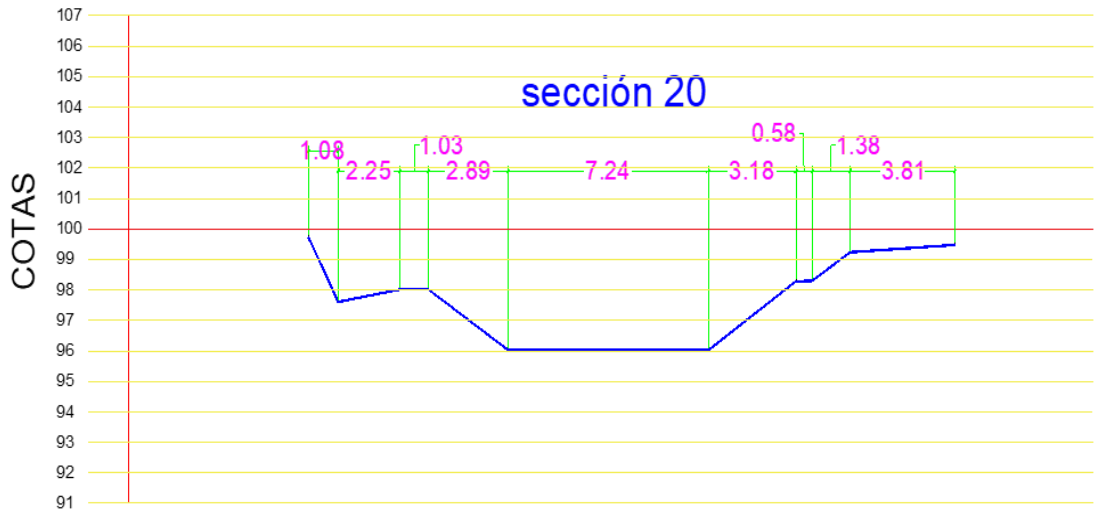
En la sección 20 del canal sigue con su forma trapezoidal, continuando en el k1+289m a una distancia de la sección 21 de 23.72m con dimensiones conocidas (Ver tabla 6 .Detalles de la sección 20 y Grafica 5.Geometria del canal 20) con una base de 7.24m donde se puede evidenciar una pequeña amplitud del canal, con un talud de 69.85% para una vista derecha y 66.38% para una vista izquierda, (Ver Tabla 14. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 15. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua.

Tabla 16. Detalle de la sección 20

SECCION 20		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	658	1,08	657	2,25	655	1,03	656	2,89	654
	ALTURA	99,74		97,61		98,02		98,01		96,02
DISTANCIA(m)		7,24								
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	659	3,18	660	0,58	661	1,38	662	3,81	664
	ALTURA	96,02		98,29		98,3		99,24		99,48

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 5 Geometría de la sección 20.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

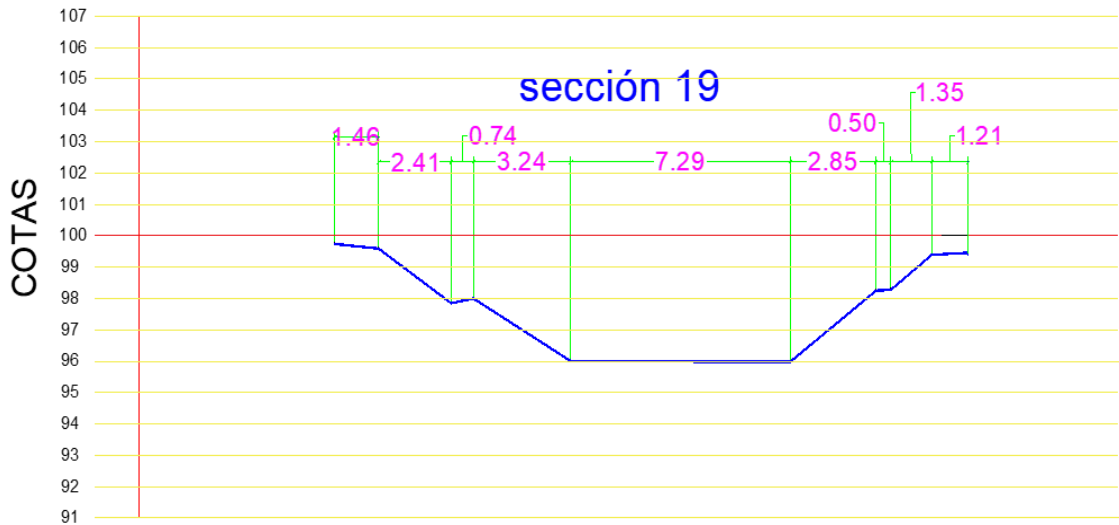
En la sección 19 del canal el canal sigue con su forma trapezoidal, continuando en el k1+275m a una distancia de la sección 20 de 5.00m, con dimensiones conocidas (Ver tabla 7 .Detalles de la sección 19 y Grafica 6.Geometria del canal 19) con una base de 7.29m, con un talud de 68.72% para una vista derecha y 67.64% para una vista izquierda, (Ver Tabla 17. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 18. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua.

Tabla 19. Detalles de la sección 19

SECCION 19		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	644	1,46	645	2,41	646	0,74	647	3,24	648
	ALTURA	99,71		99,59		97,85		98		96
DISTANCIA(m)		7,29								
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	653	2,85	652	0,5	651	1,35	649	1,21	650
	ALTURA	95,98		98,25		98,28		99,39		99,46

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 6 Geometría de la sección 19.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

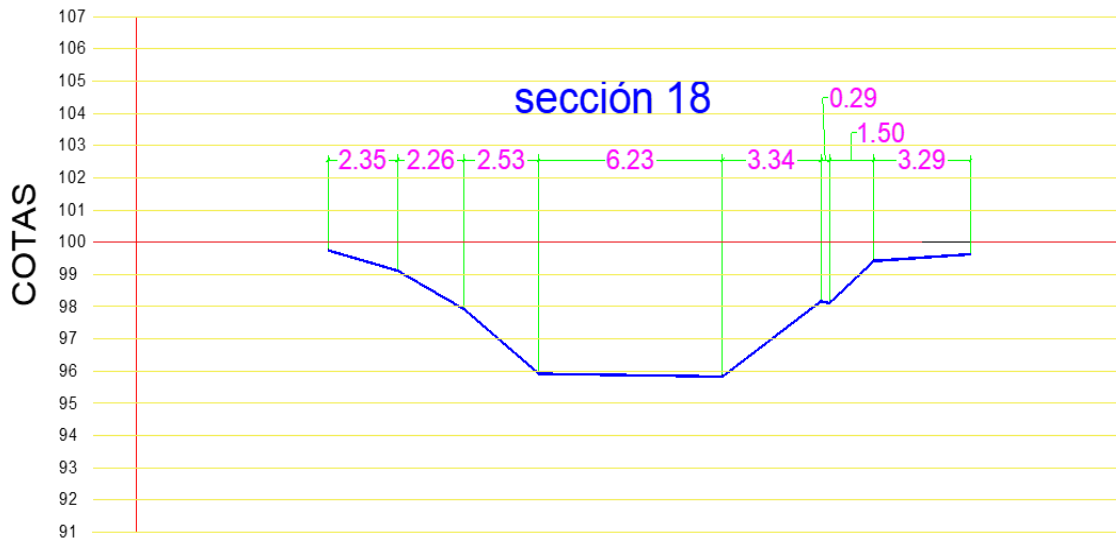
En la sección 18 del canal el canal sigue con su forma trapezoidal, continuando en el k1+247m a una distancia de la sección 19 de 14.41m, con dimensiones conocidas (Ver tabla 8 .Detalles de la sección 18 y Grafica 7.Geometria del canal 18) con una base de 6.23m con una pequeña reducción de su base trapezoidal, con un talud de 69.05% para una vista derecha y 66.05% para una vista izquierda, (Ver Tabla 20. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 21. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua.

Tabla 22. Detalles de la sección 18

SECCION 18		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	635	2,35	634	2,26	632	2,53	630		
	ALTURA	99,75		99,12		97,92		95,92		
DISTANCIA(m)		6,23								
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	636	3,34	637	0,291	638	1,5	639	3,29	640
	ALTURA	95,83		98,17		98,11		99,42		99,63

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 7 Geometría de la sección 18.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

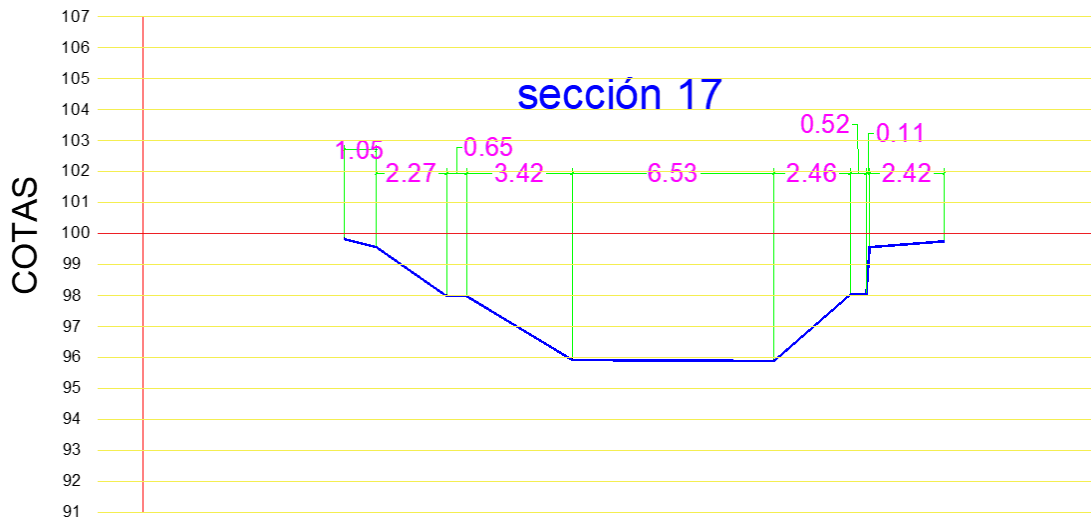
En la sección 17 del canal el canal sigue con su forma trapezoidal, continuando en el k1+233m a una distancia de la sección 18 de 8.85m, con dimensiones conocidas (Ver tabla 9 .Detalles de la sección 17 y Grafica 8.Geometria del canal 17) con una base de 6.63m con una pequeña reducción de su base trapezoidal, con un talud de 68.23% para una vista derecha y 67.09% para una vista izquierda, (Ver Tabla 23. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 24. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua, llegando al punto del BOX culvert rectangular por el cual pasa la avenida suba y su rampa de acceso (Ver Figura 13. Punto de llegada al BOX y Rampa y Figura 14. BOX y Rampa de acceso).

Tabla 25. Detalles de la sección 17

SECCION 17		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	621	1,05	622	2,27	623	0,65	624	3,42	625
	ALTURA	99,81		99,55		97,97		97,97		95,91
DISTANCIA(m)		6,63								
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	631	2,46	629	0,52	628	0,11	627	2,42	626
	ALTURA	95,88		98,02		98,02		99,55		99,74

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 8. Sección 17 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018).

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 13. Punto de llegada al BOX y Rampa.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Figura 14. Box y Rampa de acceso.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

En la sección 16 del canal (Ver Figura 15. Sección 16 del canal.) el canal sigue con su forma trapezoidal, continuando en un k+175m a una distancia de la sección 17 de 38.98m, con dimensiones conocidas (Ver tabla 10 .Detalles de la sección 16 y

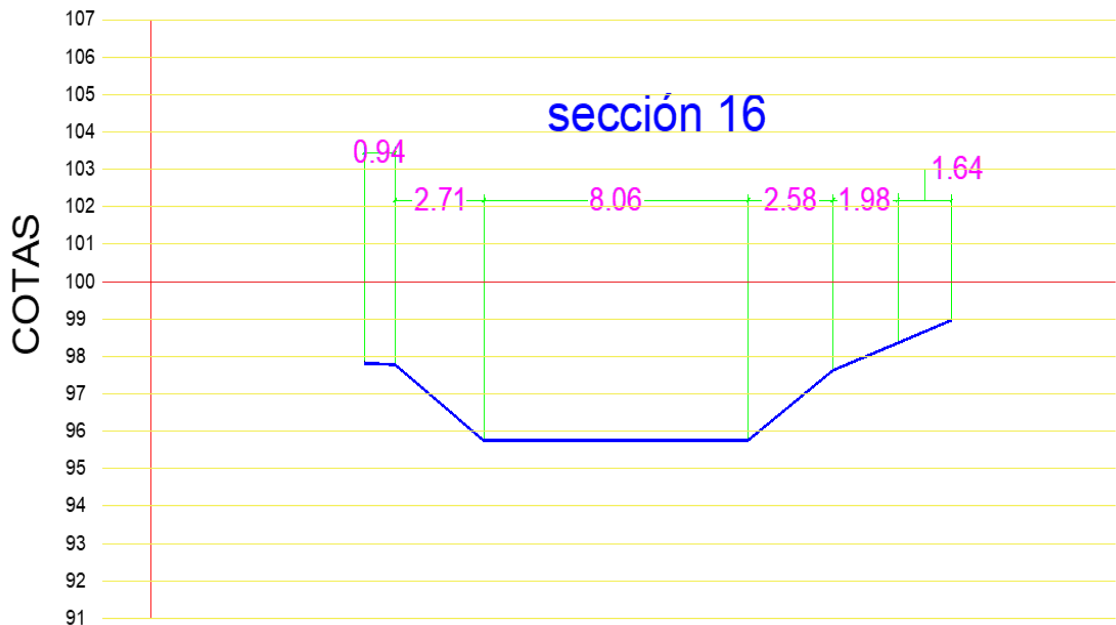
Grafica 9. Geometría del canal 16) con una base de 8.06m con una amplitud de su base trapezoidal la cual sale de un BOX rectangular, por el cual pasa la avenida suba, con un talud de 69.90% para una vista derecha y 66.48% para una vista izquierda, (Ver Tabla 26. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 27. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua.

Tabla 28. Detalles de la sección 16

SECCION 16		DISTANCIA(m)	DISTANCIA(m)	DISTANCIA(m)	DISTANCIA(m)				
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	598	0,94	597	2,71	596	8,06	592	98,97
	ALTURA	97,82		97,78		95,75			
DISTANCIA(m)		8,06							
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	595	2,58	594	1,98	593	1,64	592	98,97
	ALTURA	95,76		97,63		98,36			

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 9. Sección 16 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 15. Sección 16 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

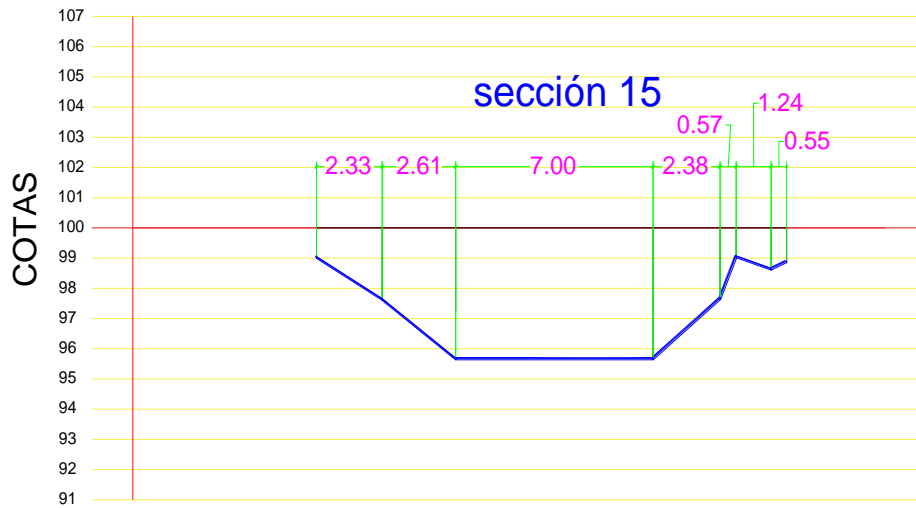
En la sección 15 del canal (Ver Figura 16. Sección 15 del canal) continuando en el k1+127m a una distancia de la sección 16 de 20.52m, se logra observar que el canal sigue con su forma trapezoidal, con dimensiones conocidas (Ver tabla 11 .Detalles de la sección 15 y Grafica 10.Geometria del canal 15) con una base de 7.00m con una pequeña reducción en su base trapezoidal, de igual manera se observa una pequeña curvatura de nuestro canal (Ver Figura 26. Sección 15 del canal), con un talud de 68.55% para una vista derecha y 67.61% para una vista izquierda, (Ver Tabla 29. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 30. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua.

Tabla 31. Detalles de la sección 15

SECCION 15		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	591	2,33	590	2,61	589				
	ALTURA	99,02		97,63		97,25				
DISTANCIA(m)		7								
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	588	2,38	587	0,57	586	1,24	585	0,55	584
	ALTURA	95,66		97,65		99,04		98,63		98,88

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Gráfica 10. Sección 15 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 16. Sección 15 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

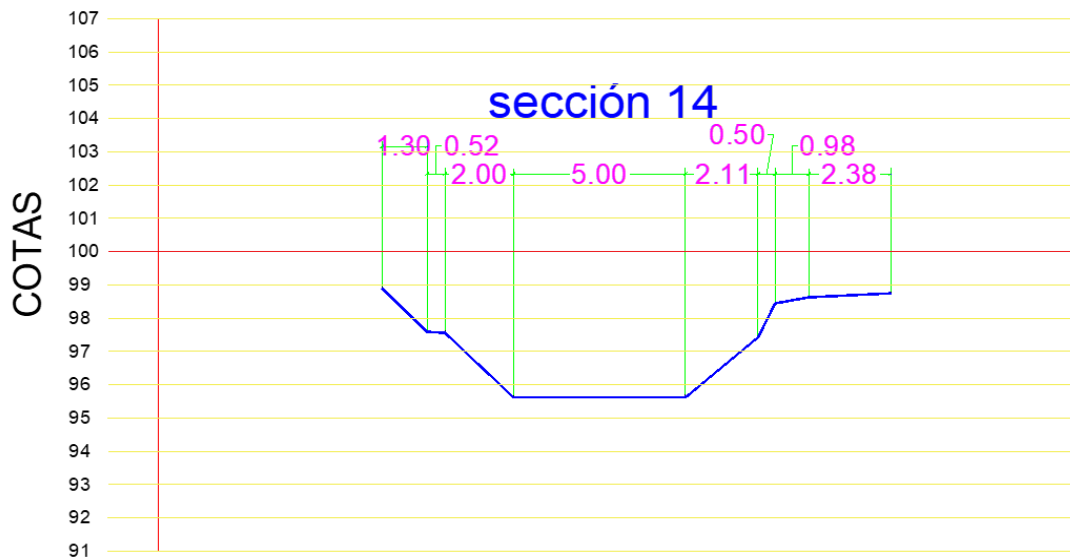
En la sección 14 del canal (Ver Figura 17. Sección 14 del canal) continuando en el k1+104m a una distancia de la sección 15 de 15.41m, se logra observar que el canal sigue con su forma trapezoidal, con dimensiones conocidas (Ver tabla 12 .Detalles de la sección 14 y Grafica 11.Geometria del canal 14) con una base de 5.00m con una pequeña reducción en su base trapezoidal, de igual manera se observa que el canal ya tiene una trayectoria recta, con un talud de 69.50% para una vista derecha y 67.88% para una vista izquierda, (Ver Tabla 32. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 33. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua.

Tabla 34. Detalles de la sección 14

SECCION 14		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	583	1,3	582	0,52	581	2	580		
	ALTURA	98,9		97,59		94,57		95,62		
DISTANCIA(m)		5								
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	579	2,11	578	0,5	577	0,98	576	2,38	575
	ALTURA	95,66		97,43		98,45		98,63		98,75

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 11. Sección 14 del canal.



Fuente: Autores.

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 17. Sección 14 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

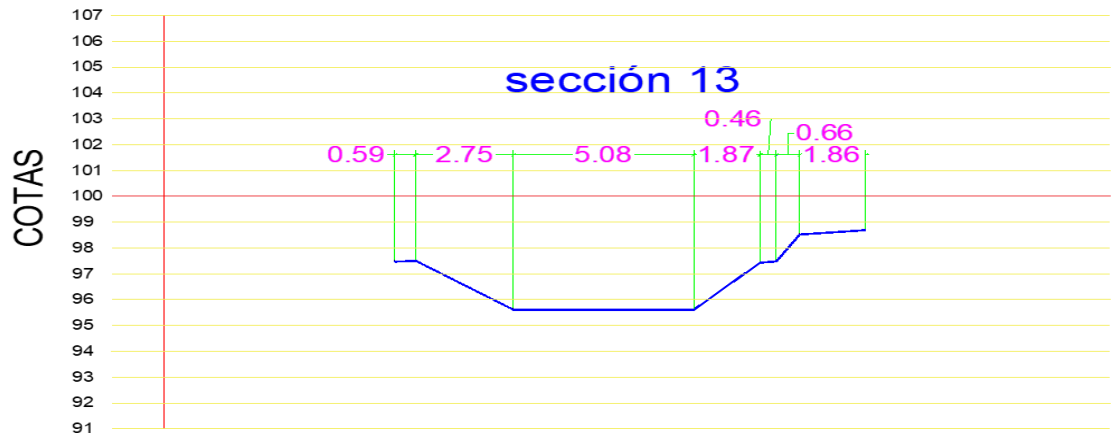
En la sección 13 del canal con detalle de estación (DELTA) (Ver Figura 18. Delta de la sección 13) continuando en el k1+086m a una distancia de la sección 14 de 13.13m se logra observar que el canal sigue con su forma trapezoidal, con dimensiones conocidas (Ver tabla 13 .Detalles de la sección 13 y Grafica 12.Geometria del canal 13)con una base de 5.08m, de igual manera se observa que el canal ya tiene una trayectoria recta, con un talud de 68.72% para una vista derecha y 68.32% para una vista izquierda, (Ver Tabla 35. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 36. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua.

Tabla 37. Detalles de la sección 13

SECCION 13		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	572	0,59	573	2,75	574				
	ALTURA	97,47		97,5		95,61				
DISTANCIA(m)		5,08								
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	556	1,87	555	0,46	554	0,66	553	1,86	552
	ALTURA	95,61		97,43		97,48		98,52		98,69

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 12. Gráfico de la sección 13.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 18. Detalle de la sección 13.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

En la sección 12 del canal (Ver Figura 20. Toma de puntos para la sección 12 y Figura 19. Sección 12 del canal) continuando en el k1+042m a una distancia de la sección 13 de 33.37m se logra observar que el canal sigue con su forma trapezoidal, conociendo sus dimensiones, (Ver tabla 14 .Detalles de la sección 12 y Grafica 13.Geometria del canal 12) con una base de 4.75m, de igual manera se observa que el canal ya tiene una trayectoria recta, con un talud de 69.95% para una vista derecha y 68% para una vista izquierda, (Ver Tabla 38. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 39. Pendientes de las secciones del canal

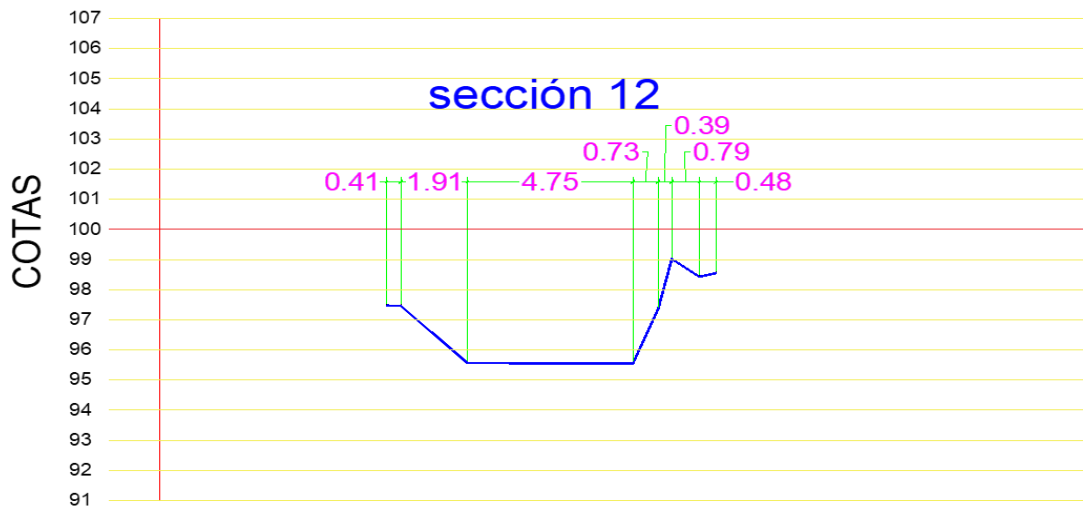
Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua.

Tabla 40. Detalles de la sección 12

SECCION 12		DISTANCIA(m)	DISTANCIA(m)	DISTANCIA(m)	DISTANCIA(m)					
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	551	0,41	550	1,91	549				
	ALTURA	9,47		97,46		95,57				
DISTANCIA(m)		4,75								
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	547	0,73	545	0,39	544	0,19	546	0,48	548
	ALTURA	95,54		97,36		99,02		98,43		98,55

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 13. Gráfico de la sección 12.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 19. Sección 12 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Figura 20. Toma de puntos para la sección 12.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

De igual manera en este punto, donde se tomó la sección 12 (k1+042) el canal cuenta con una segunda rampa de acceso para los diferentes reparos que necesite (Ver Figura 21. Rampa de acceso).

Figura 21. Rampa de acceso.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

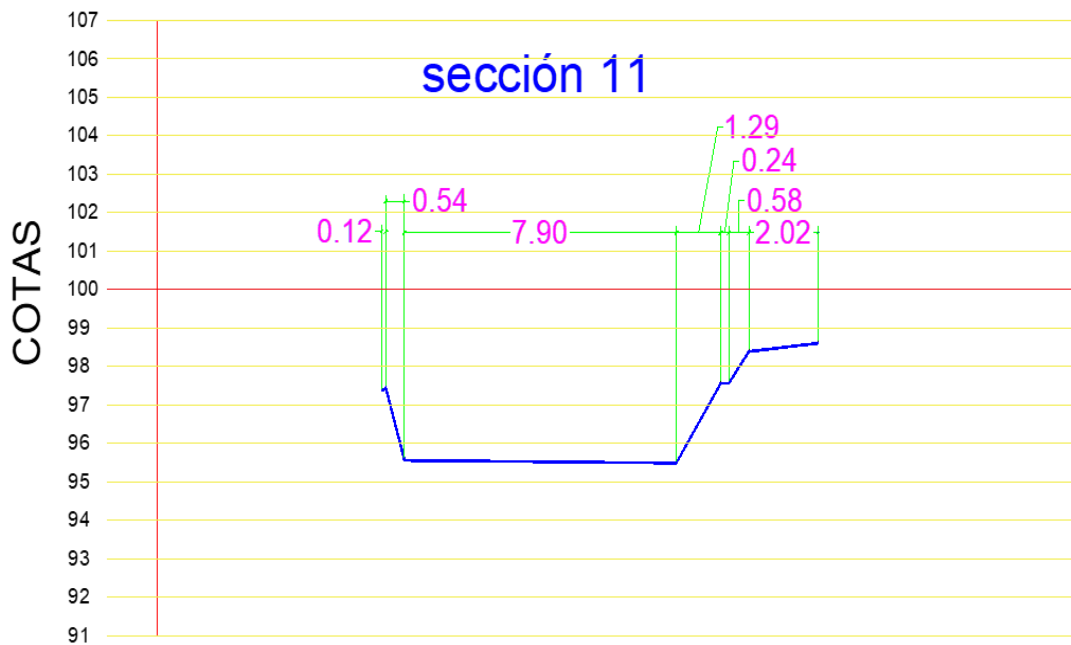
En la sección 11 del canal (Ver Figura 22.Toma de puntos para la sección 11) se logra observar que el canal sigue con su forma trapezoidal, continuando en el k0+983m a una distancia de la sección 12 de 51.20m, conociendo sus dimensiones (Ver tabla 15 .Detalles de la sección 11 y Grafica 14.Geometria del canal 11) con una base de 7.90m la cual tuvo una ampliación nuevamente en su base, de igual manera se observa que el canal ya tiene una trayectoria recta, con un talud de 68.10% para una vista derecha y 67.20% para una vista izquierda, (Ver Tabla 41. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 42. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua; en lo corrido de estas secciones se encuentra una mayor área de zona verde en la trayectoria izquierda del canal y una menor área en la trayectoria derecha por la cual transcurre los vehículos.

Tabla 43. Detalles de la sección 11

SECCION 11		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	541	0,12	542	0,54	543				
	ALTURA	97,36		97,44		95,56				
	DISTANCIA(m)	7,9								
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	540	1,29	537	0,24	536	0,58	538	2,02	539
	ALTURA	95,49		97,56		97,57		98,39		98,61

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 14. Geometría de la sección 11.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 22. Toma de puntos para la sección 11.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

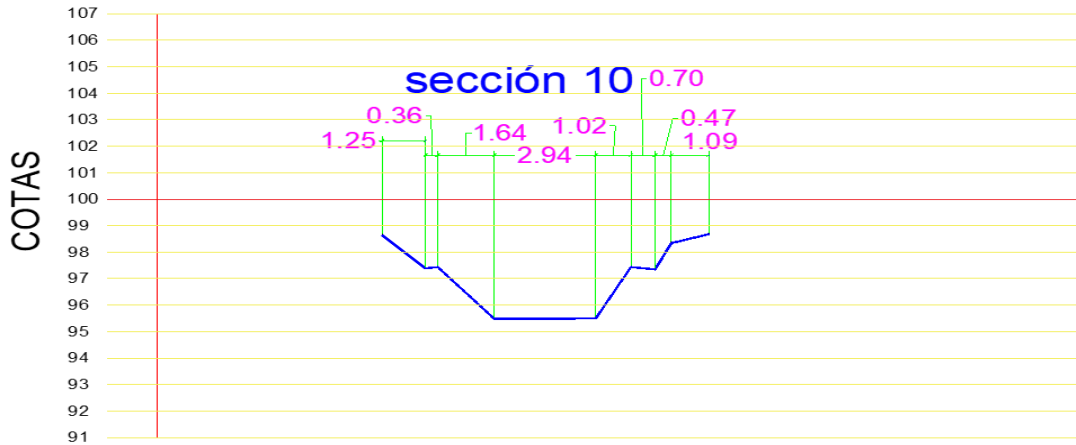
En la sección 10 del canal (Ver Figura 23. Sección 10) se logra observar que el canal sigue con su forma trapezoidal y siguiendo su recorrido en el k0+937m a una distancia de la sección 11 de 40.89m, con dimensiones conocidas (Ver tabla 16 .Detalles de la sección 10 y Grafica 15.Geometria del canal 10) con una base de 2.94m la cual tuvo una gran disminución de su base, de igual manera se observa que el canal sigue con una trayectoria recta, con un talud de 67.30% para una vista derecha y 66.40% para una vista izquierda, (Ver Tabla 44. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 45. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua; en lo corrido de estas secciones se encuentra una mayor área de zona verde en la trayectoria izquierda del canal y una menor área en la trayectoria derecha por la cual transcurre los vehículos.

Tabla 46. Detalles de la sección 10

SECCION 10			DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)	
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	535	1,25	534	0,36	533	1,64	532		
	ALTURA	98,64		97,39		97,44		95,48		
DISTANCIA(m)		2,94								
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	528	1,02	530	0,7	531	0,47	527	1,09	529
	ALTURA	95,5		97,44		97,35		98,34		98,68

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 15. Geometría de la sección 10.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 23. Sección 10 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

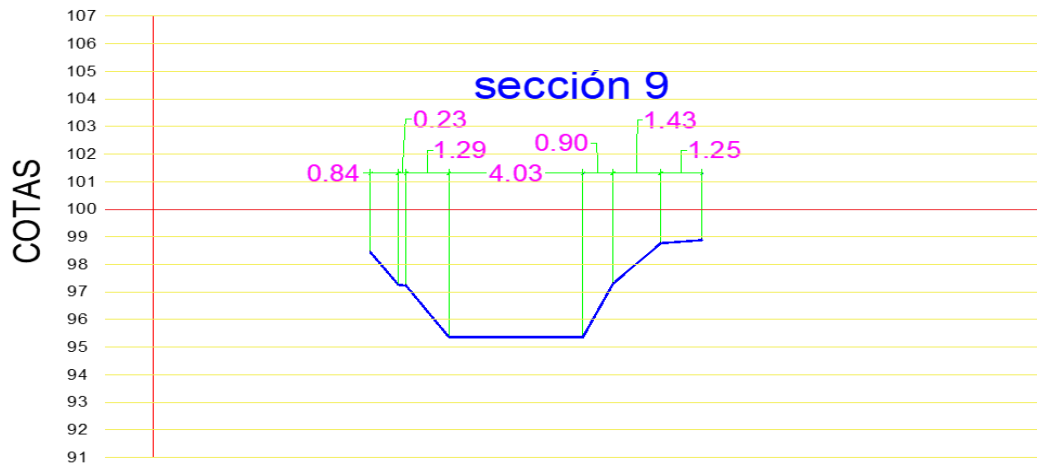
En la sección 9 del canal (Ver Figura 24. Sección 9 del canal) se logra observar que el canal sigue con su forma trapezoidal y siguiendo su trayectoria en el k0+875m a una distancia de la sección 10 de 53.16m, con dimensiones conocidas (Ver tabla 17 .Detalles de la sección 9 y Grafica 16.Geometría del canal 9) con una base de 4.03m con un aumento de su base, con un talud de 66.90% para una vista derecha y 65.30% para una vista izquierda, (Ver Tabla 47. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 48. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua.

Tabla 49. Detalles de la sección 9.

SECCION 9		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)	
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	523	0,84	524	0,23	525	1,29	526	
	ALTURA	98,44		97,26		97,23		95,36	
DISTANCIA(m)		4,03							
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	522	0,9	521	1,43	519	1,25	520	
	ALTURA	95,37		97,3		98,77		98,88	

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 16. Geometría de la sección 9.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 24. Sección 9 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

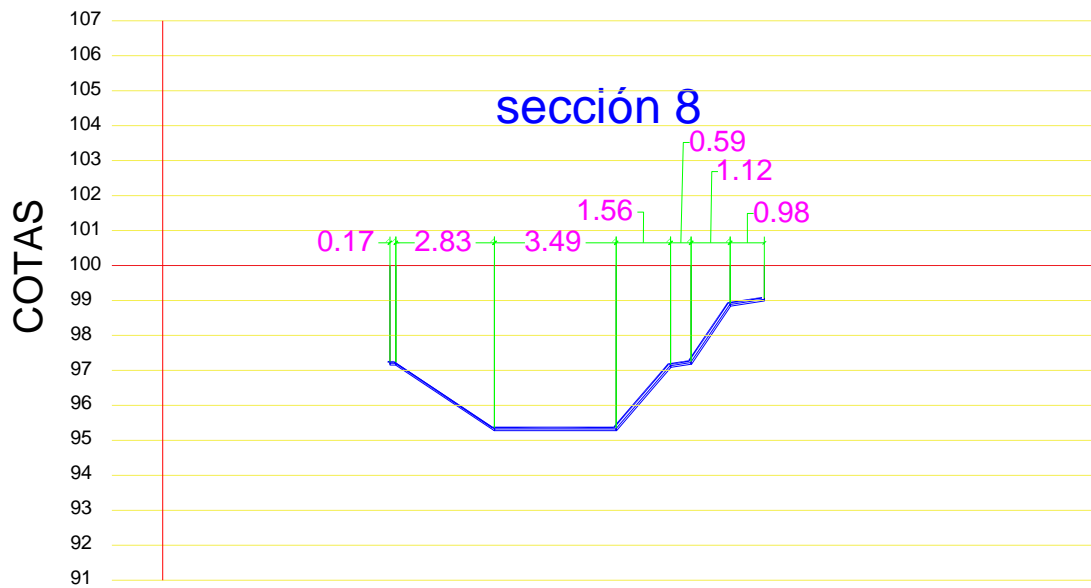
En la sección 8 del canal (Ver Figura 25. Sección 8 del canal) se logra observar que el canal sigue con su forma trapezoidal y con trayectoria en el k0+823m a una distancia de la sección 9 de 4.40m, conociendo sus dimensiones (Ver tabla 18 .Detalles de la sección 8 y Grafica 17.Geometria del canal 8) con una base de 3.49m, de igual manera se observa que el canal ya no sigue su trayectoria recta y toma una pequeña curvatura para así llegar a su tramo final (Ver Figura 42. Sección 8 del canal), con un talud de 65.63% para una vista derecha y 64.80% para una vista izquierda, (Ver Tabla 50. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 51. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua.

Tabla 52. Detalles de la sección 8

SECCION 8			DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)	
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	518	0,17	517	2,83	516	3,49			
	ALTURA	97,18		97,18		94,53				
DISTANCIA(m)										
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	515	1,56	511	0,59	512	1,12	513	0,98	514
	ALTURA	95,3		97,11		97,2		98,86		99,01

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 17. Geometría del canal 8.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 25. Sección 8 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

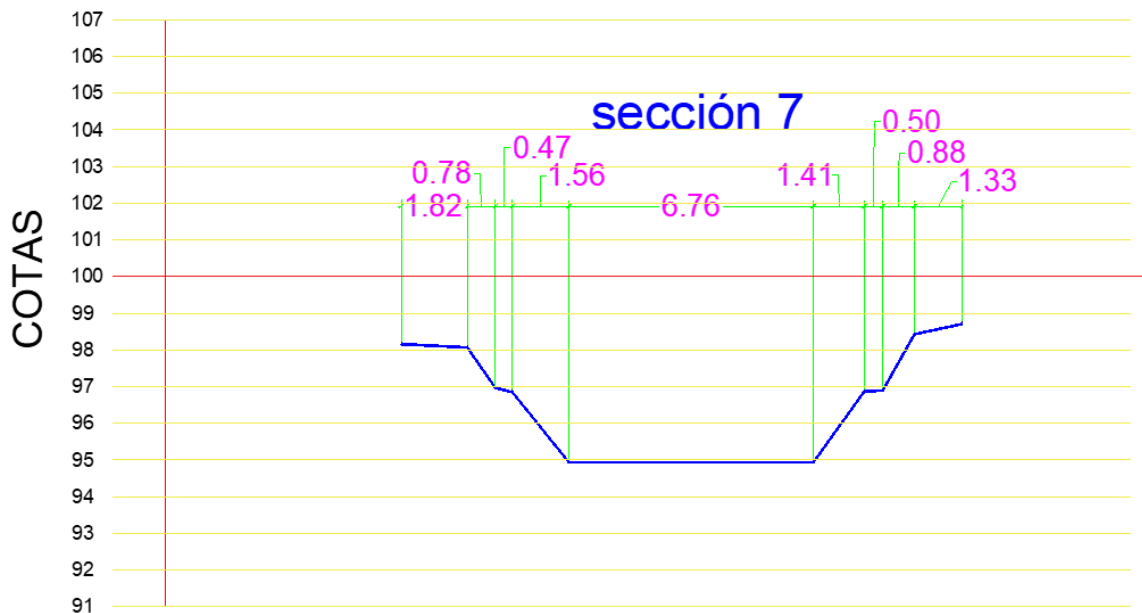
En la sección 7 del canal el canal sigue con su forma trapezoidal, en la cual sigue su trayectoria en el k0+693m a una distancia de la sección 8 de 108m, con dimensiones conocidas (Ver tabla 19 .Detalles de la sección 7 y Grafica 18.Geometria del canal 7) con una base de 6.76m la cual vuelve a tomar una mayor amplitud en su base para así llegar a su tramo final, de igual manera el canal vuelve a retomar su trayectoria recta, con un talud de 64.10% para una vista derecha y 63.40% para una vista izquierda, (Ver Tabla 53. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 54. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua.

Tabla 55. Detalles de la sección 7

SECCION 7		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	386	1,82	387	0,78	388	0,47	389	1,56	390
	ALTURA	98,16		98,07		96,97		96,85		94,94
DISTANCIA(m)		6,76								
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	385	1,41	384	0,5	383	0,88	382	1,33	381
	ALTURA	94,95		96,88		96,89		98,43		98,71

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 18. Geometría 7 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

En la sección 6 del canal (Ver Figura 26. Sección 6) se logra observar que el canal sigue con su forma trapezoidal y su trayectoria está en el k0+468m a una distancia de la sección 7 de 127.06m, conociendo sus dimensiones (Ver tabla 20 .Detalles de la sección 6 y Grafica 19.Geometria del canal 6) con una base de 6.11m, con un

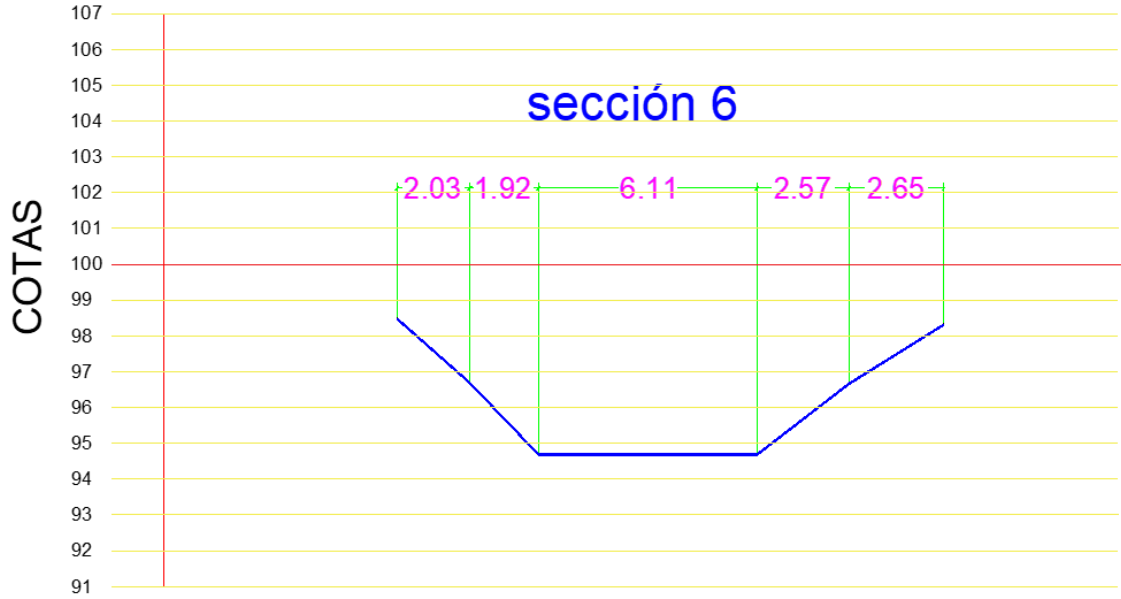
talud de 63.97% para una vista derecha y 62.04% para una vista izquierda, (Ver Tabla 56. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 57. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua; con gran amplitud de zonas verdes tanto a su vista izquierda como derecha.

Tabla 58. Detalles de la sección 6

SECCION 6		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)	
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	333	2,03	334	1,92	335			
	ALTURA	98,48		96,69		94,69			
DISTANCIA(m)		6,11							
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	338	2,57	337	2,65	336			
	ALTURA	94,68		96,66		98,31			

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 19. Geometría de la sección 6.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 26. Sección 6 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

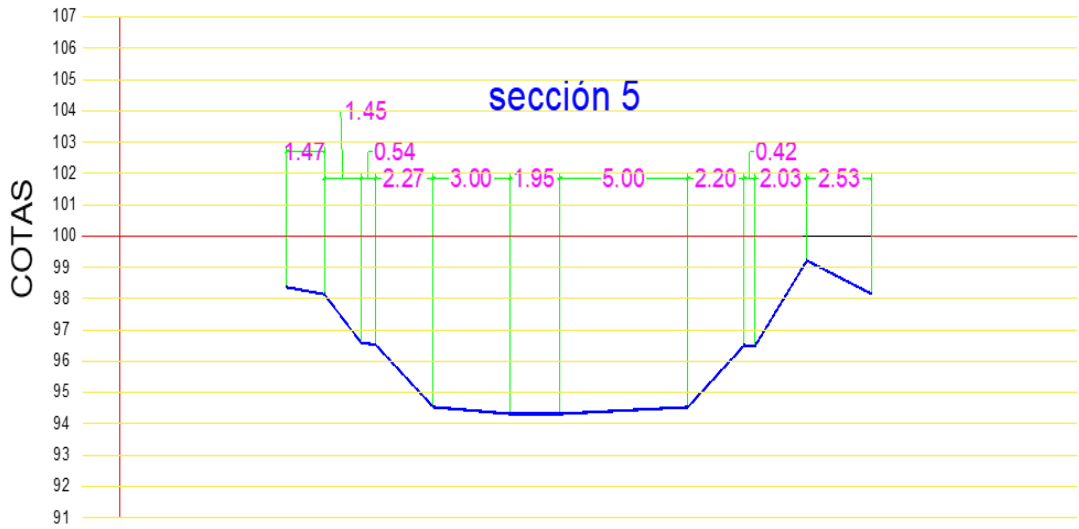
En la sección 5 del canal (Ver Figura 27. Sección 5 del canal) se logra observar que el canal sigue con su forma trapezoidal en la trayectoria del k0+397 a una distancia de la sección 6 de 70.09m , y con dimensiones conocidas (Ver tabla 21 .Detalles de la sección 5 y Grafica 20.Geometria del canal 5) con una base de 9.95m mucho más mayor que todas las secciones anteriores; la amplitud de esta sección se debe a que llega a su punto de descarga final y así tener una mayor fluidez y evacuación del agua cuando se presente una emergencia de desbordamiento, con un talud de 62.20% para una vista derecha y 63.54% para una vista izquierda, (Ver Tabla 59. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 60. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua; con gran amplitud de zonas verdes tanto a su vista izquierda como derecha.

Tabla 61. Detalles de la sección 5

SECCION 5		DISTANCIA(m)	DISTANCIA(m)	DISTANCIA(m)	DISTANCIA(m)	DISTANCIA(m)	DISTANCIA(m)	DISTANCIA(m)
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	296	297	298	299	300	301	
	ALTURA	98,37	98,14	96,58	96,54	94,54	94,32	
DISTANCIA(m)		1,47	1,45	0,54	2,27	3	301	
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	295	294	293	292	291	290	
	ALTURA	94,32	94,54	96,51	96,48	99,22	98,15	
DISTANCIA(m)		5	2,2	0,42	2,03	2,53		

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 20. Geometría del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 27. Sección 5 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

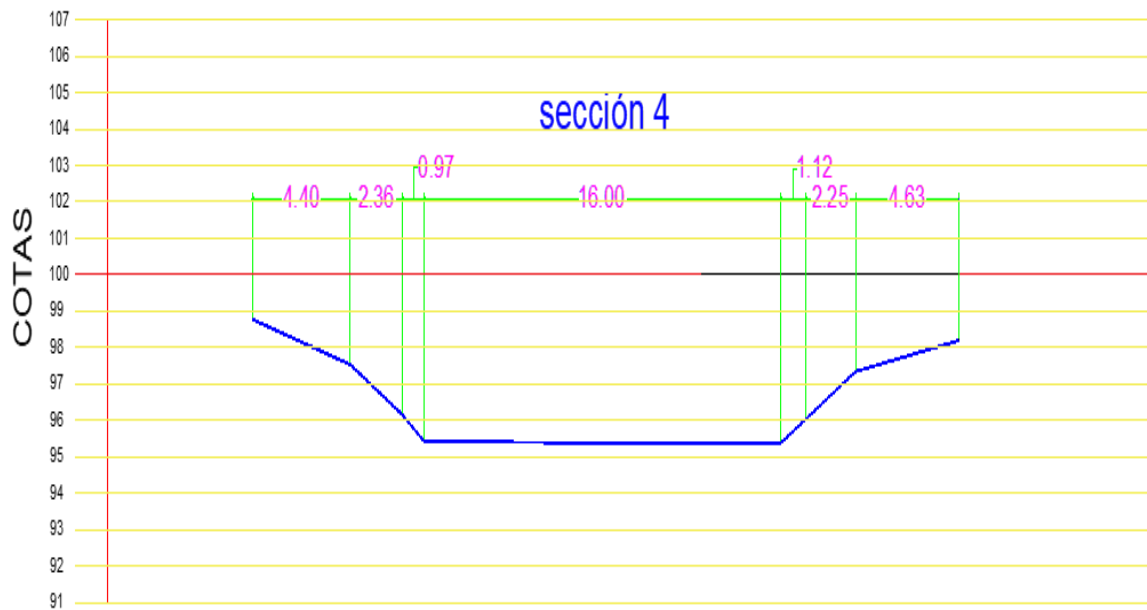
En la sección 4 del canal (Ver Figura 28. Sección 4 del canal) se logra observar que el canal sigue con su forma trapezoidal y su trayectoria transcurre en el k0+027m a una distancia de la sección 5 de 200.8m, con dimensiones conocidas (Ver tabla 22 .Detalles de la sección 4 y Grafica 21.Geometria del canal 4) con una base de 16.00m finalizando en línea recta, con la mayor amplitud para la evacuación del agua de una forma rápida cuando se presenten niveles máximos de desbordamiento, con un talud de 61.40% para una vista derecha y 62.10% para una vista izquierda, (Ver Tabla 62. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal y Tabla 63. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro) con una profundidad máxima de 2.00m antes del desbordamiento la cual es la máxima profundidad del agua; con gran amplitud de zonas verdes tanto a su vista izquierda como derecha.

Tabla 64. Detalles de la sección 4

SECCION 4		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)		DISTANCIA(m)	
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	PUNTO	254	4,4	255	2,36	256	0,97	257	
	ALTURA	98,77		97,53		96,14		95,41	
DISTANCIA(m)		16							
MARGEN DE FLUJO DERECHA	PUNTO	253	1,12	252	2,25	251	4,63	250	
	ALTURA	95,37		96,02		97,34		98,19	

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Grafica 21. Geometría de la sección 4.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Nota: las unidades de la gráfica están dadas en metros (m)

Figura 28. Sección 4 del canal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

En esta evidencia de fotografía (Ver Figura 29. Finalización de la sección 4) se puede observar ya la iniciación del siguiente tramo y finalización del tramo o proyecto correspondiente con una última entrada de acceso para diferentes reparaciones del canal (Ver Figura 30.Rampa de acceso de la sección 4).

Figura 29. Finalización de la sección 4.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Figura 30. Rampa de acceso de la sección 4.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Tabla 65. Pendientes de las secciones del canal Rio Negro

AGUAS ARRIBA	
PENDIENTES	
SECCION 24	
MARGEN DE FLUJO IZQUIERDA	MARGEN DE FLUJO DERECHA
73,30%	67,12%
SECCION 23	
72,16%	66,77
SECCION 22	
71,55%	67,54%
SECCION 21	
70,64%	65,37%
SECCION 20	
69,85%	66,38%
SECCION 19	
68,72%	67,64%
SECCION 18	
69,05%	66,05%
SECCION 17	
68,23%	67,99
SECCION 16	
69,90%	66,48%
SECCION 15	
68,55%	67,61%
SECCION 14	
69,50%	67,88%
SECCION 13	
68,72%	68,32%
SECCION 12	
69,95%	68%
SECCION 11	
68,10%	67,20%
SECCION 10	
67,30%	66,40%
SECCION 9	
66,90%	65,30%
SECCION 8	
65,63%	64,80%
SECCION 7	
64,10%	63,40%
SECCION 6	
63,97%	62,04%
SECCION 5	
62,20%	63,54%
SECCION 4	
61,40%	62,10%

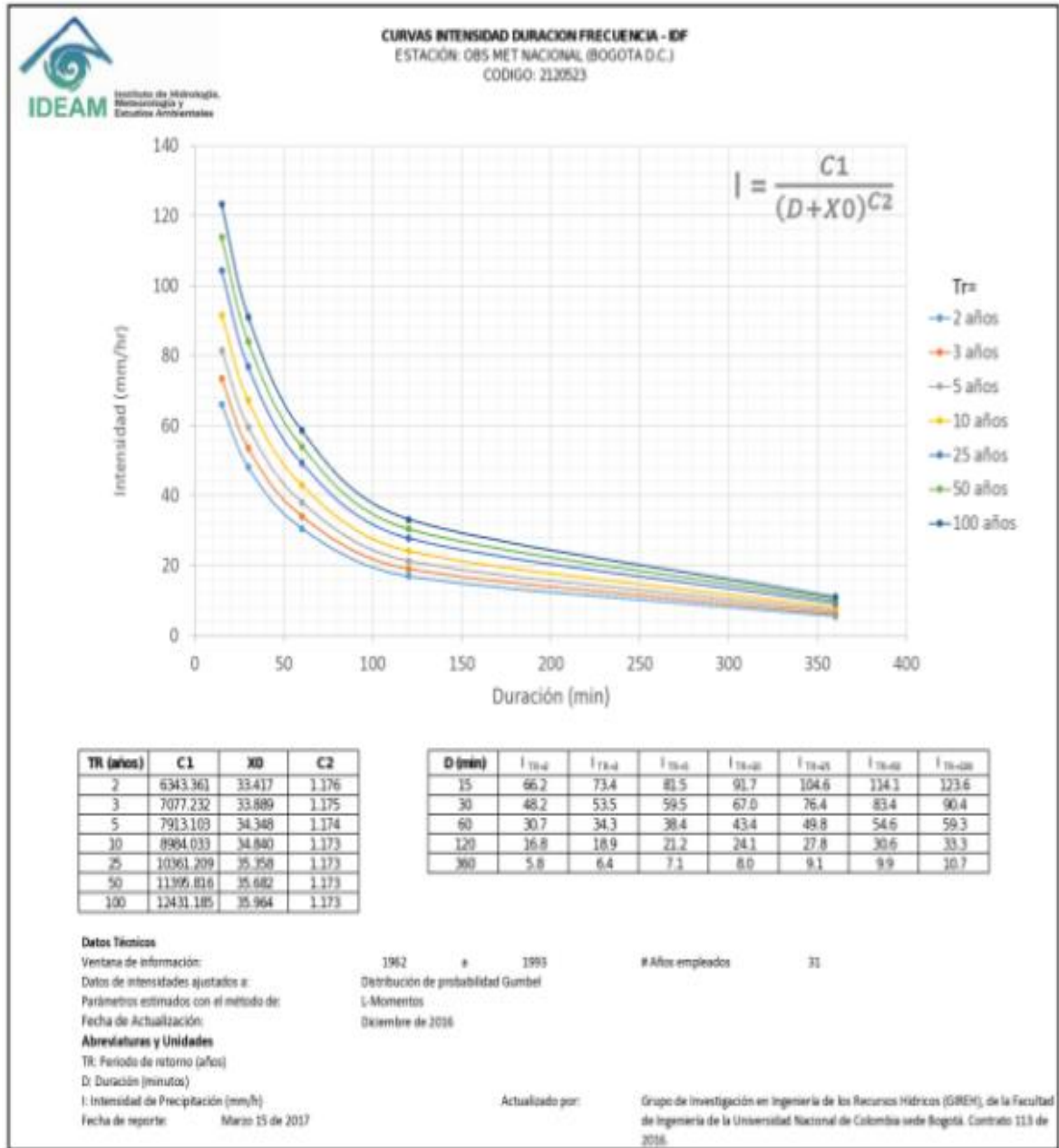
Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Tabla 66. Pendientes y distancias entre sección y sección del canal

AGUAS ARRIBA		
	PENDIENTE (%)	DISTANCIA (m)
SECCION 24 SECCION 23	0,22%	82,28
SECCION 23 SECCION 22	0,08%	61,35
SECCION 22 SECCION 21	0,10%	115,53
SECCION 21 SECCION 20	0,11%	77,31
SECCION 20 SECCION 19	0,04%	13,38
SECCION 19 SECCION 18	0,10%	28,24
SECCION 18 SECCION 17	0,04%	13,64
SECCION 17 SECCION 16	0,09%	58,69
SECCION 16 SECCION 15	0,09%	47,52
SECCION 15 SECCION 14	0,02%	23,18
SECCION 14 SECCION 13	0,03%	17,95
SECCION 13 SECCION 12	0,06%	43,61
SECCION 12 SECCION 11	0,03%	59,05
SECCION 11 SECCION 10	0,04%	46,7
SECCION 10 SECCION 9	0,12%	61,2
SECCION 9 SECCION 8	0,26%	52,88
SECCION 8 SECCION 7	0,17%	129,96
SECCION 7 SECCION 6	0,26%	224,75
SECCION 6 SECCION 5	0,36%	97,38
SECCION 5 SECCION 4	0,12%	370,99

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Figura 31. Curva intensidad duración frecuencia-IDF estación-OBS METROPOLITANA NACIONAL (BOGOTA D.C) CODIGO: 2120523.



Fuente: IDEAM marzo 15 de 2017.

Los datos coeficiente de escorrentía para concreto o asfalto es de "0.9" (EPM, 2013)(Ver Tabla 25 Datos del canal para la aplicación de diferentes caudales). Igualmente se encontrara el periodo de retorno en años debido a que la construcción es una obra de alcantarillado y se diseña con periodos de retorno de 50 años, tomado de (Lopez Cualla, 1999), también el área del canal que genera escorrentía

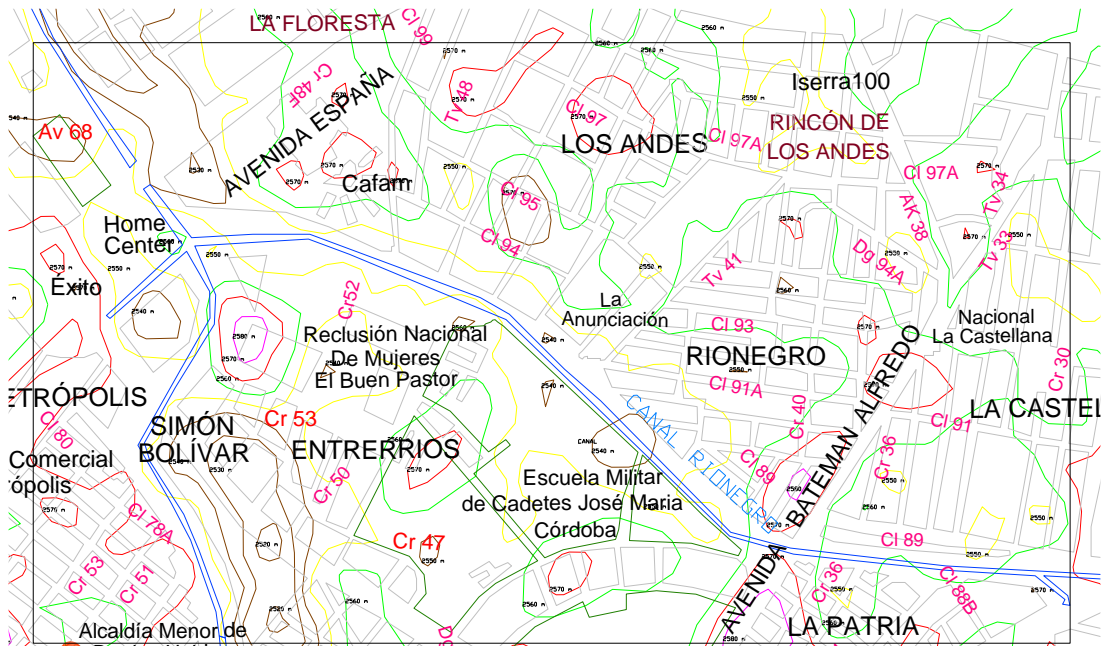
en m^2 se halló por medio del SOFTWARE AutoCAD delimitándolo de las cotas de nivel 2550 (amarillas) a 2560 (verdes) (Ver Figura 32. Área usada para el cálculo del caudal).

Tabla 67. Datos del canal para la aplicación de diferentes caudales.

C: Coeficiente de escorrentia	0.90	
Area	346043.23	m2
TR:Periodo de retorno en años	50 años	
Duracion (min)	20	
	30	
	60	
	90	
	120	

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Figura 32. Área usada para el cálculo del caudal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Aplicando el método racional $Q = CIA$ (Ecuación 13) se obtienen los caudales por precipitación sobre el canal Río Negro, para el cálculo de estos caudales se usaran datos establecidos (Ver Tabla 25. Datos del canal para la aplicación de diferentes caudales), el área y el coeficiente de escorrentía se mantuvieron constantes mientras que la intensidad no para determinados tiempos de retorno (Ver Figura 31. Curva intensidad duración frecuencia-IDF estación-OBS METROPOLITANA NACIONAL (BOGOTA D.C) CODIGO: 2120523), para un tiempo de retorno de 50 años y duraciones de 20, 30, 60, 90 y 120 minutos.

$$Q = \frac{CIA}{3.600.000} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Donde:

Q= caudal m³/s

C= coeficiente de escorrentía

A= área m²

I= intensidad mm/hr

Luego de aplicar el método racional se obtiene los caudales de precipitación del canal (Ver Tabla 26. Caudales con variaciones en su intensidad y minutos).

Tabla 68. Caudales con variaciones en su intensidad y minutos

TIEMPO DE RETORNO	DURACION (min)	intensidad mm/hr	CAUDAL(m ³ /s)
50 años	20	100	8.65
	30	84	7.27
	60	56	4.84
	90	36	3.11
	120	32	2.77

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

De acuerdo a los caudales hallados con variaciones en su intensidad y duración (Ver Tabla 26. Caudales con variaciones en su intensidad y minutos) los valores de caudal obtenidos varían desde 2.77 m³/s hasta el valor más alto de 8.65 m³/s, por lo cual para la modelación se manejarán caudales desde 2 hasta 20 m³/s para tener un mayor rango de análisis (Ver Tabla 27 caudales totales para modelación en el software).

Tabla 69 caudales totales para modelación en el software

CAUDAL (m ³ /s) canal rio negro	CAUDALES DE SIMULACION (m ³ /s)
8.65	20
7.27	18
4.84	16
3.11	14
2.77	12
	10
	8
	6
	4
	2

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

9. MODELACIÓN HIDRÁULICA

9.1 ANÁLISIS DE CAUDAL.

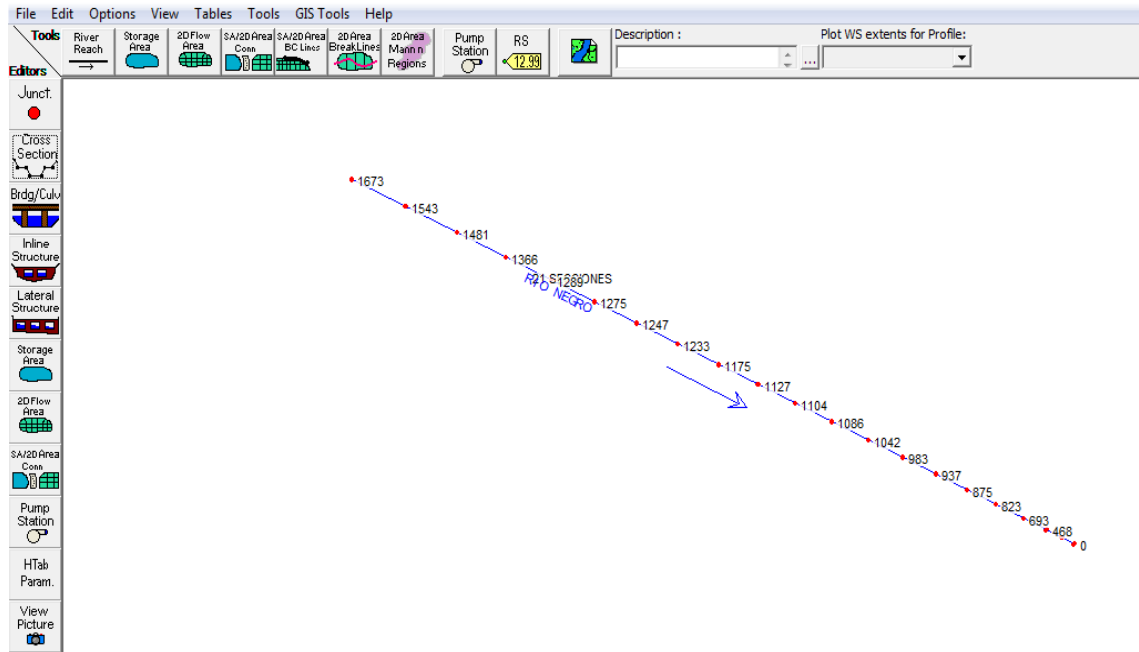
Para el desarrollo del proyecto tomamos el canal Rio Negro al cual se le simularan caudales correspondientes a un periodo de retorno de 50 años para estructuras de alcantarillado, variando las duraciones en un rango de 20 a 120 minutos, el canal tiene un revestimiento en concreto, con un coeficiente de rugosidad de 0.014 y diferentes tramos del canal con sus respectivas pendientes entre secciones, como se mostrará en el desarrollo del software HEC RAS.

Empezando por definir el sistema de unidades que manejara el HEC RAS en este caso se establece el SI (sistema internacional), luego se genera un nuevo proyecto, posterior a esto se ingresa la geometría del canal, definiendo primero el sentido y dirección del flujo del canal, definido el sentido del canal se ingresan las secciones del canal con las respectivas pendientes entre secciones, coeficiente Manning, distancia entre secciones o kilometro donde se encuentra la sección y puntos críticos de las secciones, que en este caso sería el punto más elevado desde la base que se encuentra revestido en concreto.

Se suministraron 21 secciones transversales para el desarrollo del modelo hidráulico en el software HEC RAS, las distancias entre las secciones no son constantes puesto que en el levantamiento topográfico de cada sección se definieron los puntos donde el canal presentaba cambios o alteraciones en sus dimensiones, pero el canal conserva su forma trapezoidal a lo largo de su longitud.

Al terminar de ingresar cada sección se debe guardar la geometría y se cierra esta pestaña, el programa genera la imagen del canal en planta con las secciones a la distancia correspondiente (Ver Figura 33. Ubicación de secciones y orientación del flujo).

Figura 33. Ubicación de secciones y orientación del flujo.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

A continuación, se muestran los resultados de algunas secciones donde se observa el kilómetro donde se encuentra la sección, las elevaciones de los puntos de la sección, los detalles del canal y su correspondiente forma, se muestra la cartera de campo antes de ingresar los datos al HEC RAS (Ver Tabla 28. Datos correspondientes a la sección 23) igualmente se observan los datos luego de ingresarlos en el software (Ver Figura 34. Modelación de la sección 23).

ANALISIS DE RESULTADOS

Km 1+543 SECCIÓN 23

Tabla 70. Datos correspondientes a la sección 23.

batimetria aguas abajo			distancia atrás (m)	82.28
seccion 23			distancia adelante (m)	61.35
punto	x	y	dy atrás (m)	0.22
694	0	98.17	dy adelante (m)	0.08
695	0.7	96.66	pendiente atrás	0.0027
696	3.03	96.33	pendiente adelante	0.0013
692	9.97	96.3		
691	13.84	98.27		
690	15.23	100.94		

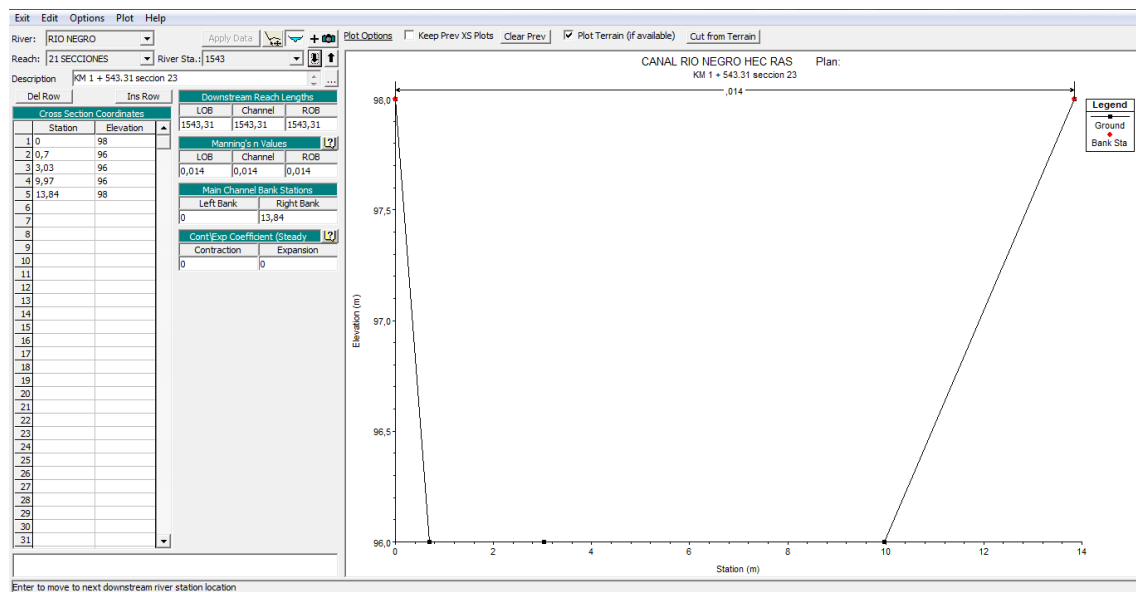
Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Donde:

- Distancia atrás= distancia de la sección actual a la sección aguas arriba en (metros).
- Distancia adelante = distancia de la sección actual a la sección aguas abajo en (metros).
- Dy atrás= diferencia de altura de la sección actual a la sección aguas arriba medida del punto más bajo en (metros).
- Dy adelante= diferencia de altura de la sección actual a la sección aguas abajo medida del punto más bajo en (metros).
- Pendiente atrás= pendiente entre la sección actual a la de agua arriba.
- Pendiente adelante= pendiente entre la sección actual a la de agua abajo.
- X= distancia horizontal del punto de la sección en (metros).
- y= distancia vertical del punto de la sección en (metros) tomada a partir de una cota arbitraria de 100 metros.

Nota: los recuadros amarillos son los puntos más elevados revestidos en concreto hasta donde podría llegar el agua del canal.

Figura 34. Modelación de la sección 23.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

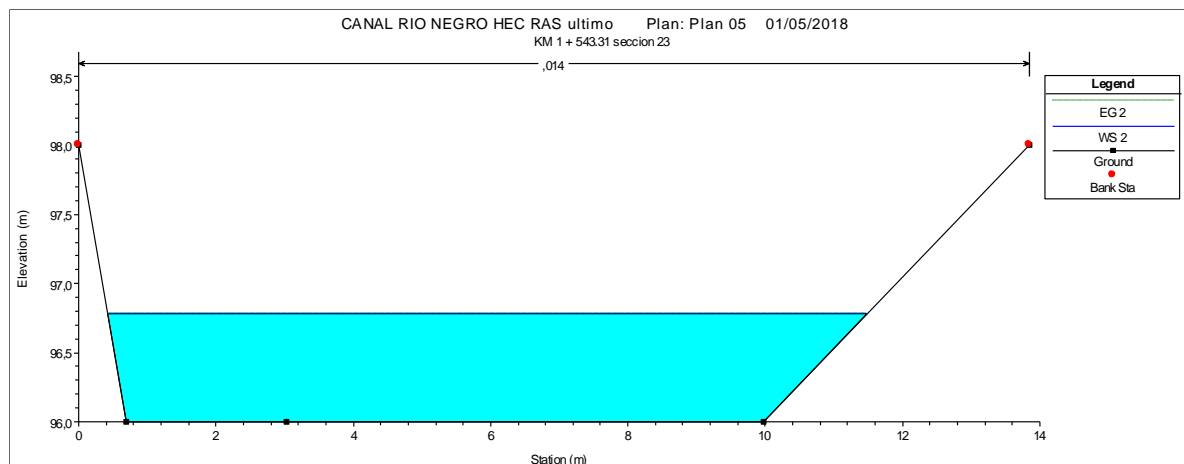
Para el análisis de nuestros datos hidráulicos del flujo permanente se ingresaron los diferentes caudales obtenidos (Ver Tabla 27 caudales totales para modelación en el software) con sus pendientes correspondientes.

Teniendo la geometría de cada una de las secciones se realiza una interpolación entre los tramos, para generar un modelo más detallado interpolando cada 10 metros. Luego se aplica al modelo un caudal de régimen de flujo mixto para identificar los niveles del canal con un análisis completo.

Después de la modelación matemática del flujo de agua en el canal Rio Negro se logran conocer los valores que toman las variables hidráulicas (profundidad, velocidades, caudal, etc.).

Para una modelación con un caudal de $Q=2 \text{ m}^3/\text{s}$ se obtienen los siguientes resultados en la sección 23, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 35. Modelación a $2\text{m}^3/\text{s}$ de la sección 23).

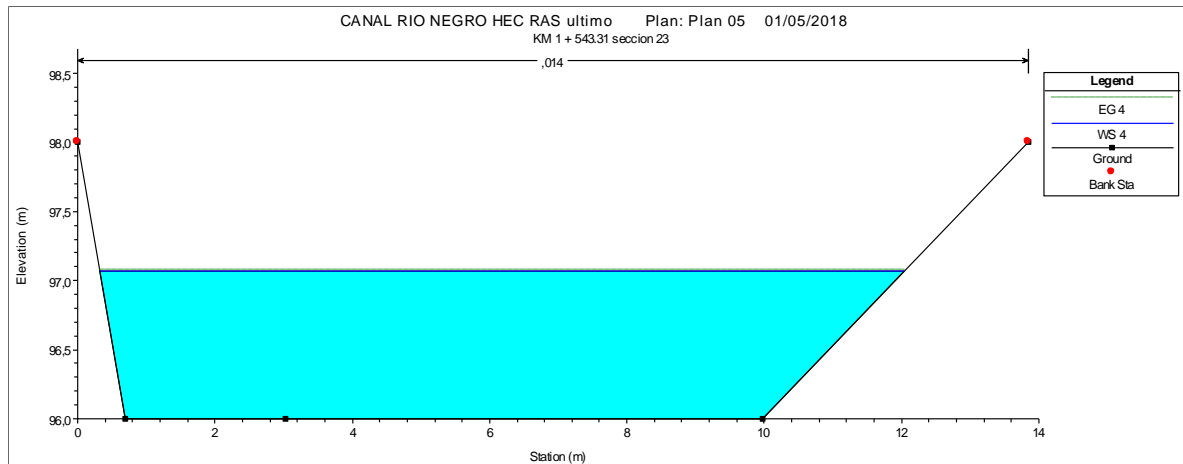
Figura 35. Modelación a $2\text{m}^3/\text{s}$ de la sección 23.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=2 \text{ m}^3/\text{s}$ se obtienen los siguientes resultados en la sección 23, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 36. Modelación a $4 \text{ m}^3/\text{s}$ de la sección 23).

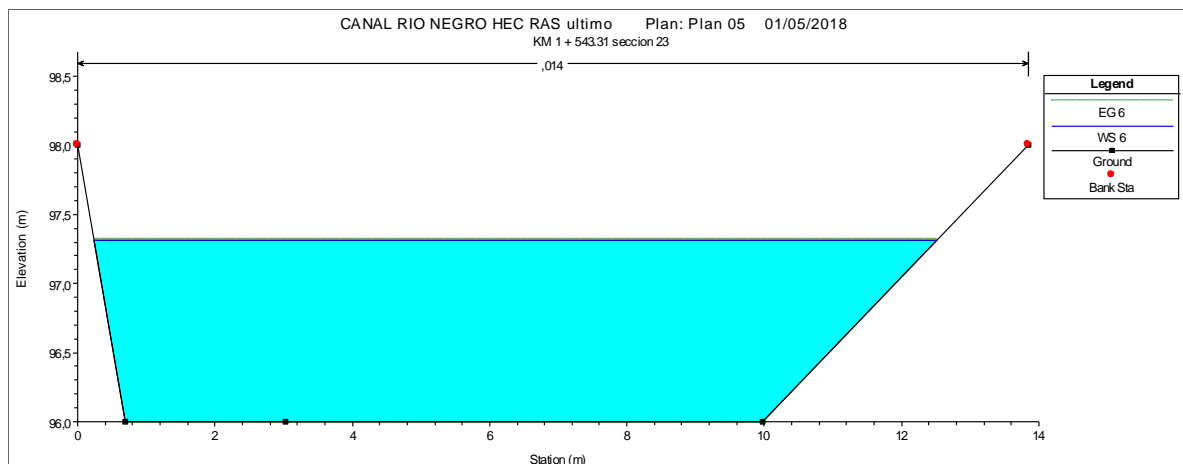
Figura 36. Modelación a 4 m³/s de la sección 23.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=6$ m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 23, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 37. Modelación a 6 m³/s de la sección 23).

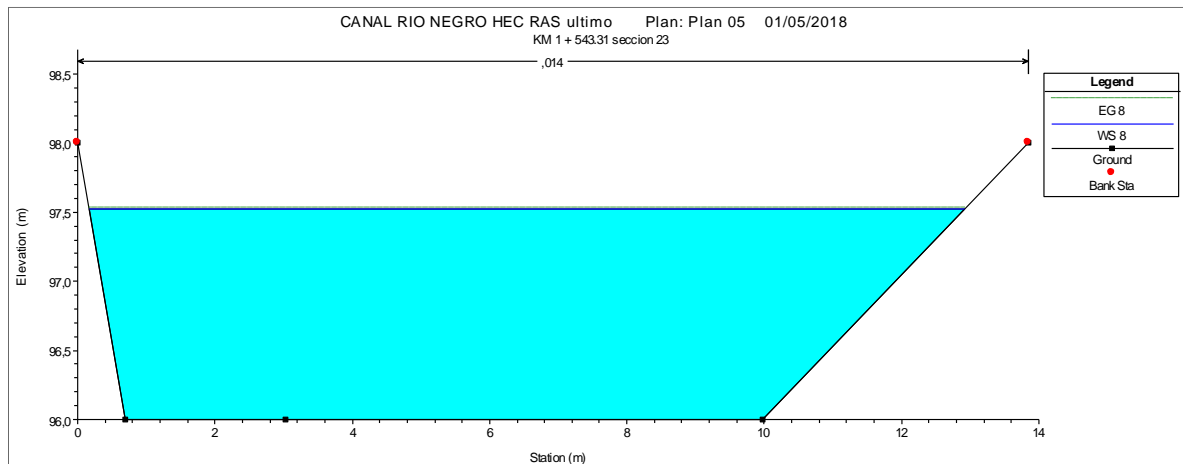
Figura 37. Modelación a 6 m³/s de la sección 23.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=8$ m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 23, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 38. Modelación a 8 m³/s de la sección 23).

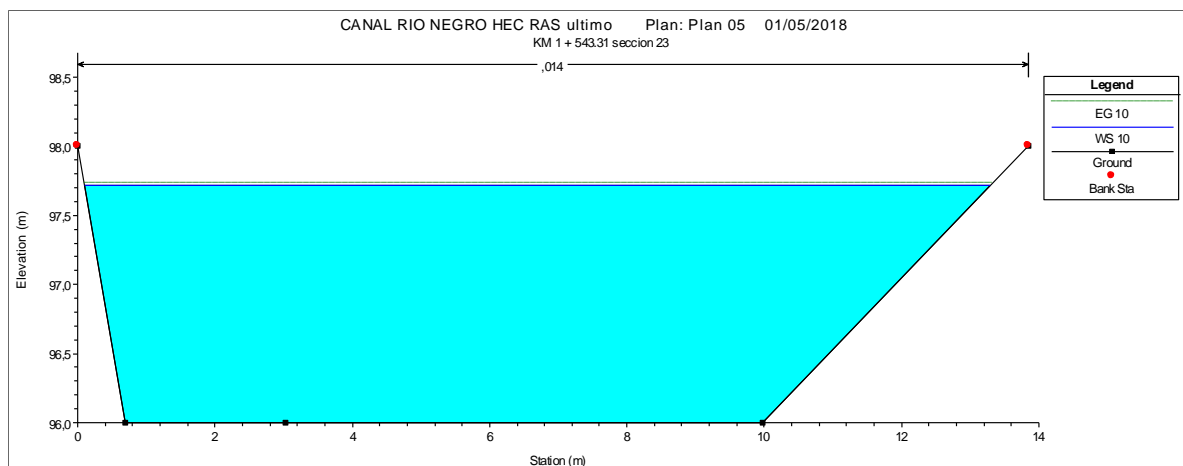
Figura 38. Modelación a 8 m³/s de la sección 23.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=10$ m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 23, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 39. Modelación a 10 m³/s de la sección 23).

Figura 39. Modelación a 10 m³/s de la sección 23.

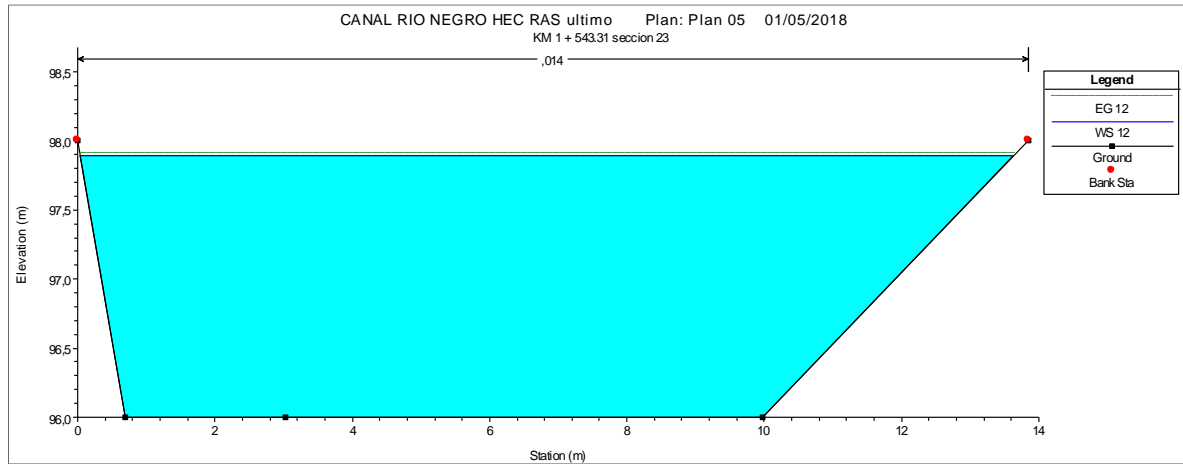


Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=12$ m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 23, donde se muestra la altura de la lámina de agua con

respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 40. Modelación a 12m³/s de la sección 23).

Figura 40. Modelación a 12m³/s de la sección 23.

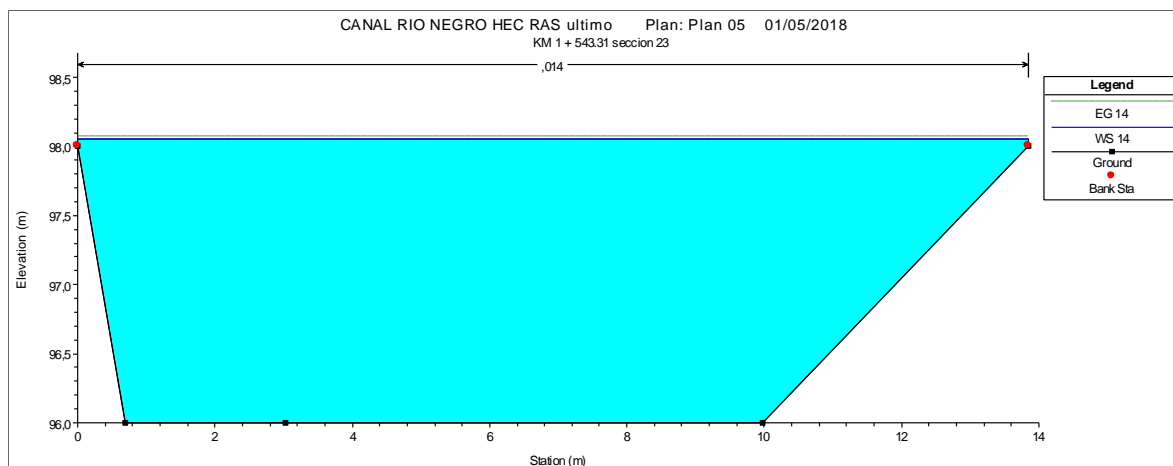


Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Con un caudal de (2, 4, 6, 8, 10 y 12) m³/s para la sección 23 en el Km 1+543 del canal Río Negro, se evidencia mediante la ayuda del software HEC RAS que el nivel de elevación de la lámina de agua está próxima a los puntos críticos de la sección que puedan generar una emergencia, aunque la geometría del canal cumple con las condiciones de diseño es necesario realizar un terraplén o dique de seguridad que permitan contener el flujo en caso de sobrepasar el caudal de 12 m³/s.

Para una modelación con un caudal de Q=14 m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 23, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 41. Modelación a 14m³/s de la sección 23).

Figura 41. Modelación a 14m³/s de la sección 23.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Con un caudal de 14 m³/s para la sección 23 del canal Rio Negro, se evidencia mediante la ayuda del software HEC RAS que el nivel de elevación de la lámina de agua sobrepasa los puntos críticos de desbordamiento generando un evento de emergencia (desbordamiento), por lo cual la geometría del canal no cumple y es necesario realizar un terraplén o dique de contención.

Km 1+247, SECCION 18

En este tramo del canal se encuentran las condiciones más críticas de desbordamiento que se mostraran y analizaran con los datos obtenidos en el HEC RAS. (Ver Tabla 29. Datos correspondientes a la sección 18 y Figura 42. Modelación de la sección 18.).

Tabla 71. Datos correspondientes a la sección 18.

batimetria aguas abajo			distancia atrás (m)	28.24
seccion 18			distancia adelante (m)	13.64
punto	x	y	dy atrás (m)	0.1
634	0	99.12	dy adelante (m)	0.04
632	2.26	97.92	pendiente atrás	0.0035
630	4.79	95.85	pendiente adelante	0.0029
636	11.02	95.83		
637	14.36	98.17		
638	14.65	98.11		
649	16.15	99.41		

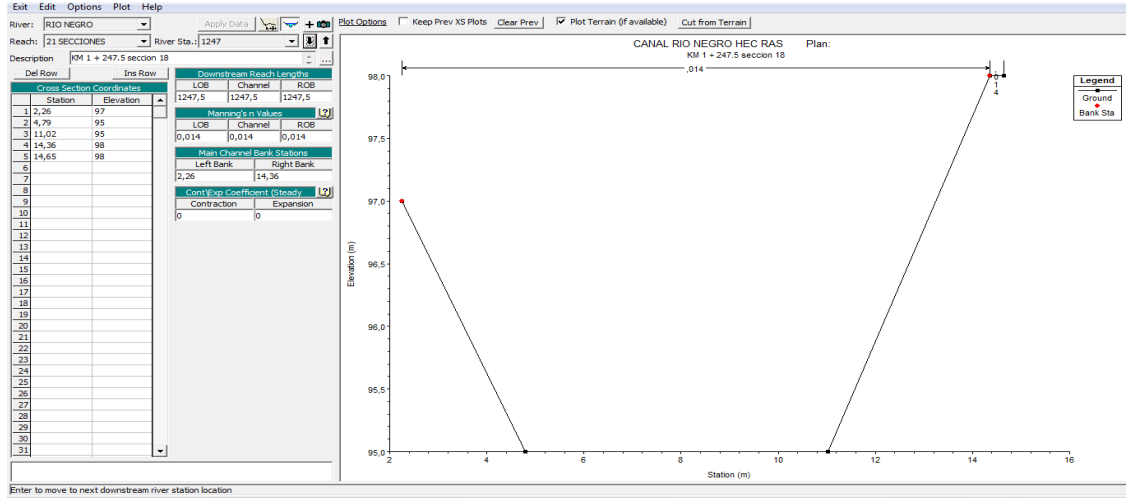
Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Donde:

- Distancia atrás= distancia de la sección actual a la sección aguas arriba en (metros).
- Distancia adelante = distancia de la sección actual a la sección aguas abajo en (metros).
- Dy atrás= diferencia de altura de la sección actual a la sección aguas arriba medida del punto más bajo en (metros).
- Dy adelante= diferencia de altura de la sección actual a la sección aguas abajo medida del punto más bajo en (metros).
- Pendiente atrás= pendiente entre la sección actual a la de agua arriba.
- Pendiente adelante= pendiente entre la sección actual a la de agua abajo.
- X= distancia horizontal del punto de la sección en (metros).
- y= distancia vertical del punto de la sección en (metros) tomada a partir de una cota arbitraria de 100 metros.

Nota: los recuadros amarillos son los puntos más elevados revestidos en concreto hasta donde podría llegar el agua del canal.

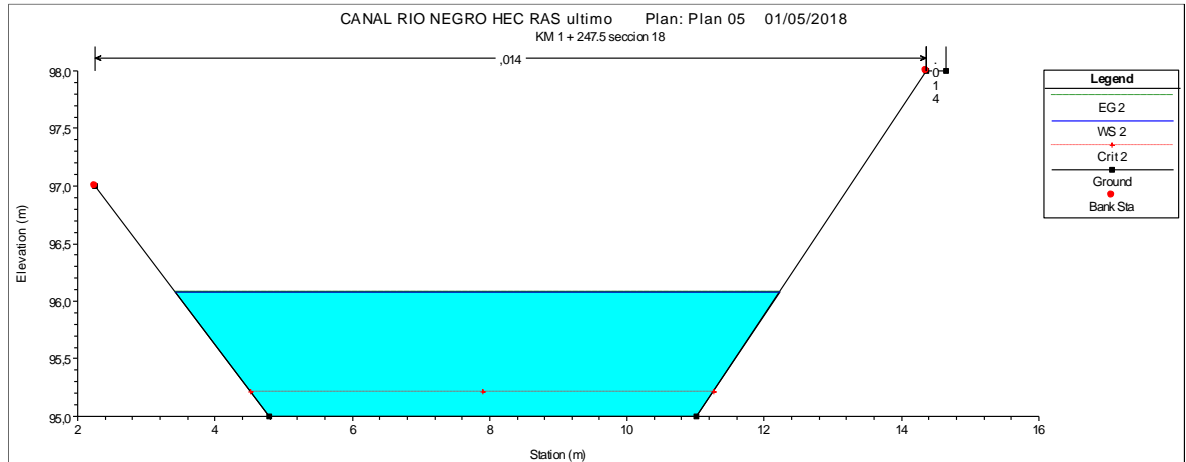
Figura 42. Modelación de la sección 18.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=2 \text{ m}^3/\text{s}$ se obtienen los siguientes resultados en la sección 18, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 43. Modelación a $2 \text{ m}^3/\text{s}$ de la sección 18).

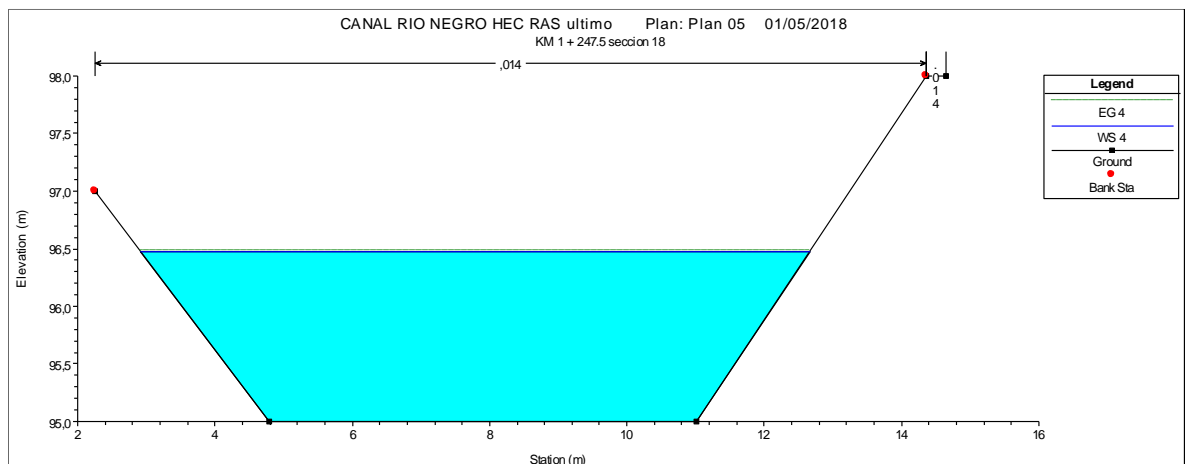
Figura 43. Modelación a $2 \text{ m}^3/\text{s}$ de la sección 18.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=4 \text{ m}^3/\text{s}$ se obtienen los siguientes resultados en la sección 18, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 44. Modelación a $4 \text{ m}^3/\text{s}$ de la sección 18).

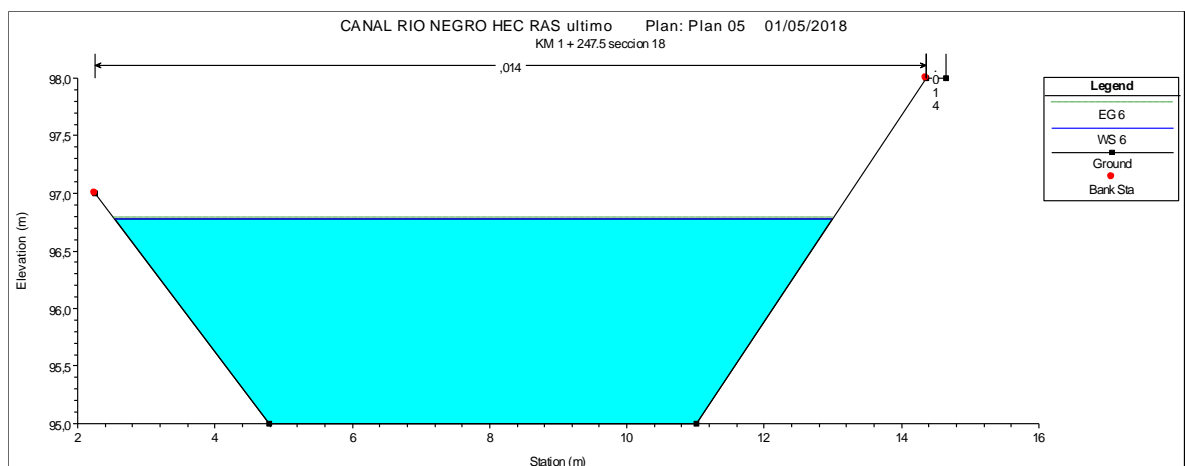
Figura 44. Modelación a $4 \text{ m}^3/\text{s}$ de la sección 18.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=6 \text{ m}^3/\text{s}$ se obtienen los siguientes resultados en la sección 18, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 45. Modelación a $6 \text{ m}^3/\text{s}$ de la sección 18).

Figura 45. Modelación a $6 \text{ m}^3/\text{s}$ de la sección 18.

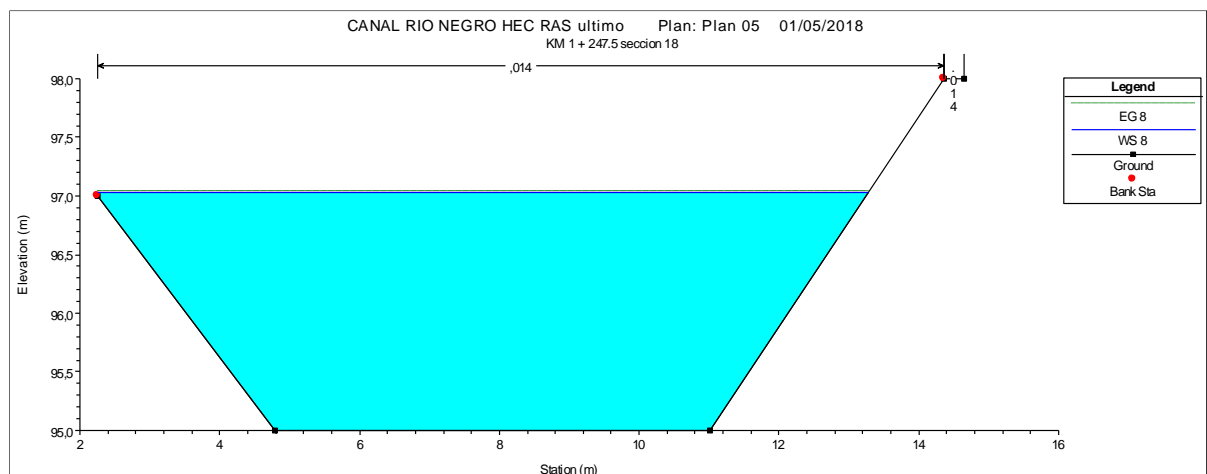


Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para un caudal de entrada de 8 m³/s se tiene la condición crítica de desbordamiento del canal, en la sección 18 en el Km 1+247 se puede observar que el máximo caudal que puede conducir la estructura es de 6 m³/s sin generar desbordamiento y dejando un borde libre de 0.25 metros, según los caudales que se hallaron por precipitación (Ver Tabla 26. Caudales con variaciones en su intensidad y minutos) podemos notar que para una duración de 20 minutos el caudal excede los 8 m³/s por lo que es necesario realizar estructuras de contención (terraplén) en el costado derecho aguas abajo, ya que este punto se encuentra con una altura crítica de desbordamiento inferior a la del otro costado en más o menos 1 metro. Es necesario realizar medidas de contención que garanticen el correcto funcionamiento del canal.

Para una modelación con un caudal de Q=8 m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 18, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 46. Modelación a 8m³/s de la sección 18).

Figura 46. Modelación a 8m³/s de la sección 18.

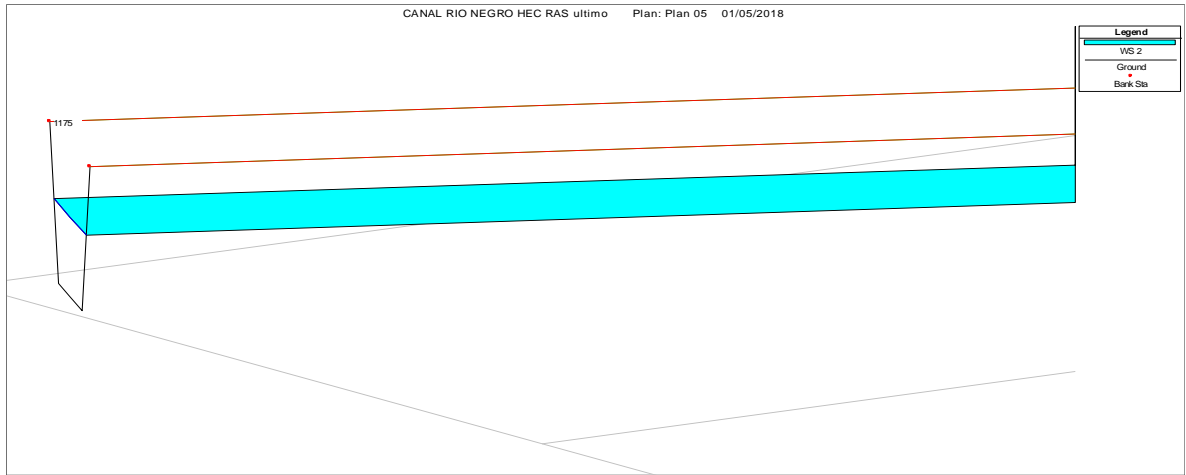


Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

En la (Figura 47 a la Figura 51) se observa el comportamiento de un tramo del canal de la sección 17 en el km 1+233 aguas abajo hasta la sección 16 en el km 1+175, donde se varían los caudales de 2, 4, 6 hasta llegar a 10 m³/s. En estas imágenes se puede observar el comportamiento de perfil de la lámina de agua con respecto a los puntos de desbordamiento del canal.

La profundidad de la lámina de agua para un caudal de 2 m³/s con respecto a punto crítico no genera problemas en las secciones, la lámina de agua se muestra en color azul (cian) y el punto crítico en líneas rojas (Ver Figura 47. Capa de agua a 2m³/s).

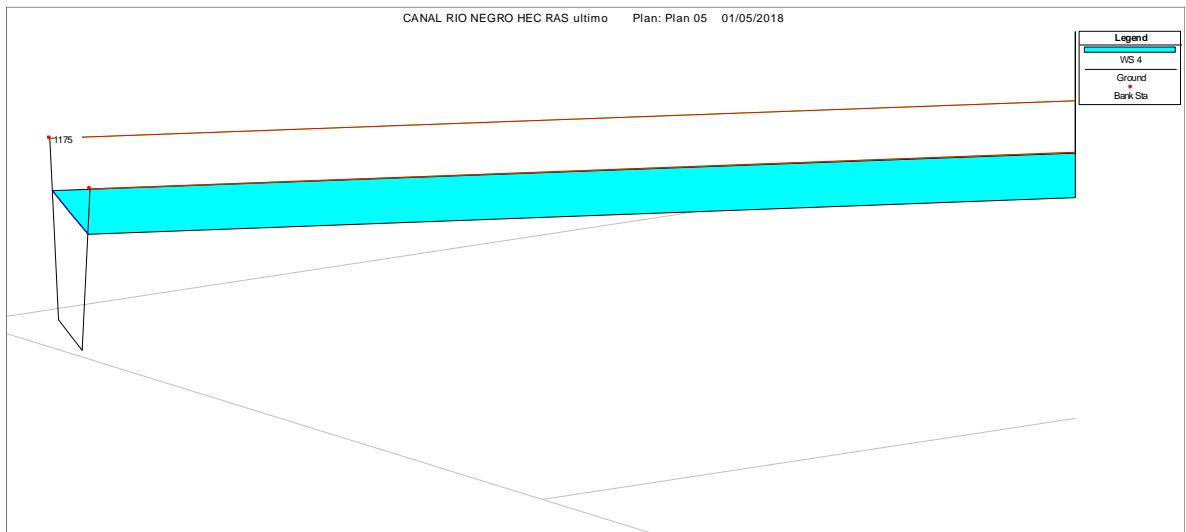
Figura 47. Capa de agua a 2m³/s.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

La profundidad de la lámina de agua para un caudal de 4 m³/s con respecto a punto crítico se empieza a acercar pero aun así no representa un riesgo de desbordamiento en las secciones, la lámina de agua se muestra en color azul (cian) y el punto crítico en líneas rojas (Ver Figura 48. Capa de agua a 4 m³/s).

Figura 48. Capa de agua a 4 m³/s.

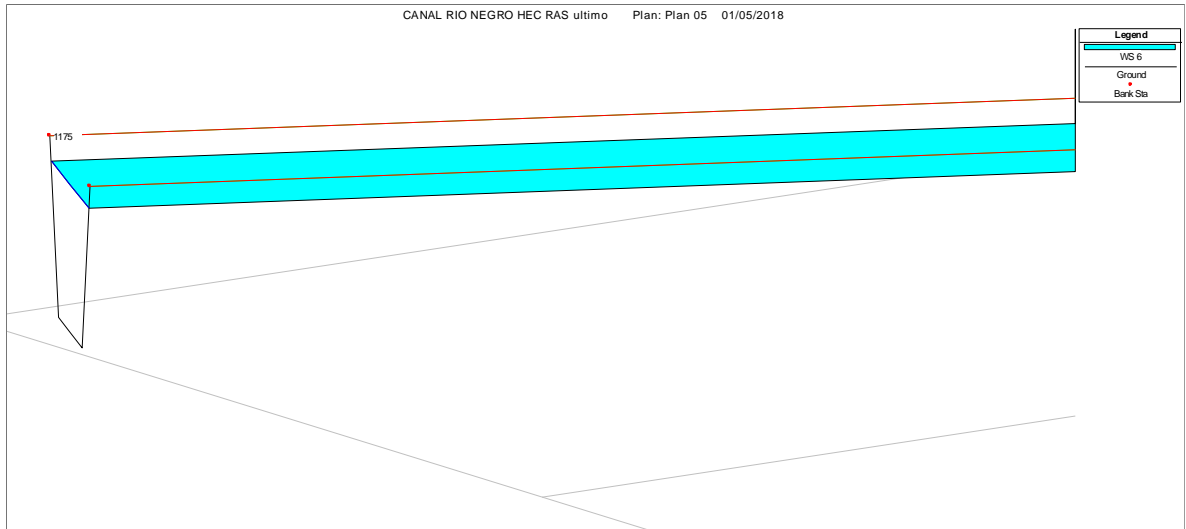


Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

La profundidad de la lámina de agua para un caudal de 6 m³/s con respecto a punto crítico se encuentra muy cerca lo que empieza a generar problemas en las condiciones del canal generando un riesgo de desbordamiento en las secciones ya

que se reduce su borde libre, la lámina de agua se muestra en color azul (cian) y el punto crítico en líneas rojas (Ver Figura 49. Capa de agua a 6 m³/s).

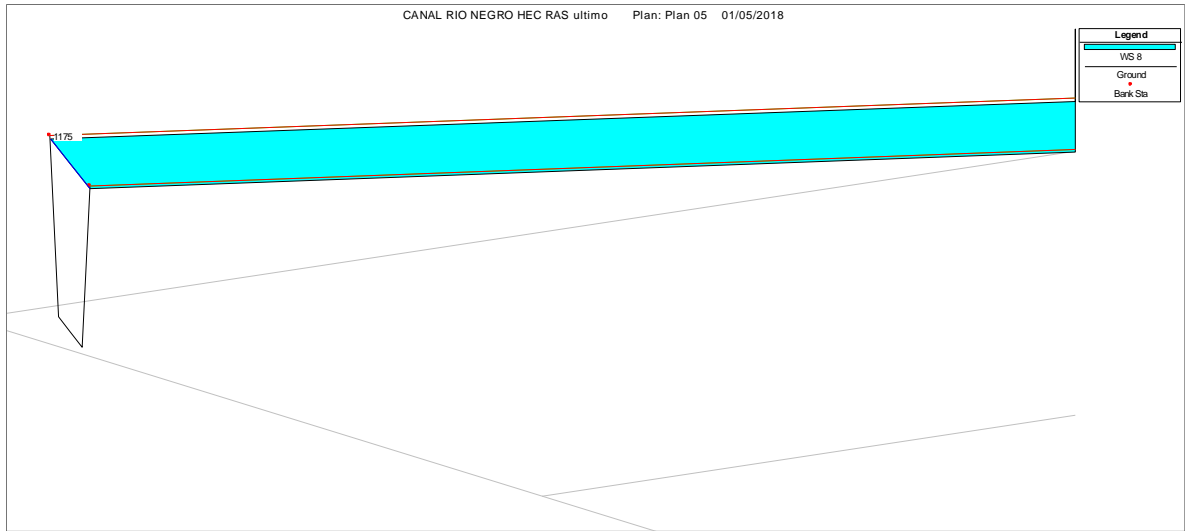
Figura 49. Capa de agua a 6 m³/s.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

La profundidad de la lámina de agua para un caudal de 8 m³/s con respecto a punto crítico del canal, la iguala y en algunos puntos la supera, claramente genera problemas ya que un canal no es diseñado para trabajar sin borde libre lo que se considera un riesgo de desbordamiento en las secciones, la lámina de agua se muestra en color azul (cian) y el punto crítico en líneas rojas (Ver Figura 50. Capa de agua a 8 m³/s).

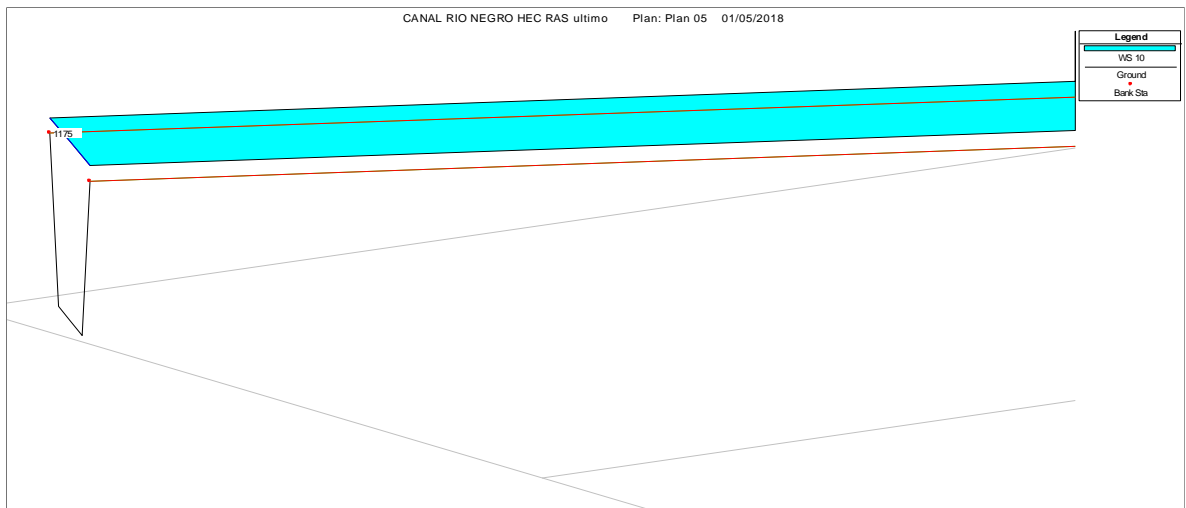
Figura 50. Capa de agua a 8 m³/s.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

La profundidad de la lámina de agua para un caudal de 10 m³/s con respecto a punto crítico la supera generando desbordamientos por lo que es necesario aumentar la sección útil del canal para garantizar la conducción del agua sin problemas, la lámina de agua se muestra en color azul (cian) y el punto crítico en líneas rojas (Ver Figura 51. Capa de agua a 10 m³/s).

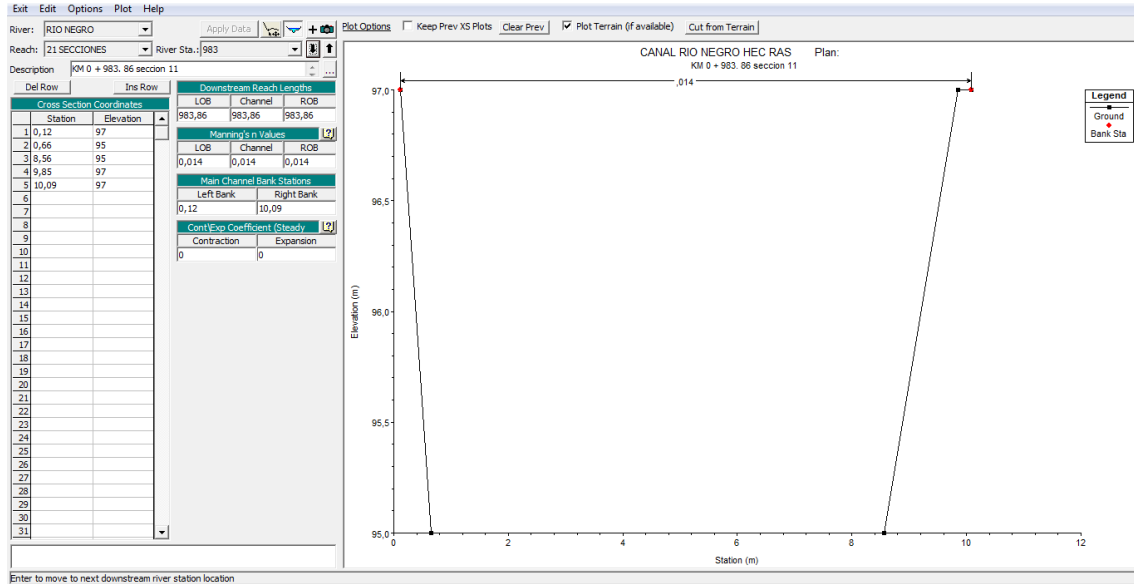
Figura 51. Capa de agua a 10 m³/s.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Igualmente siguiendo en el proceso del software para el K 0+983. SECCION 11 (Ver Figura 52. Modelación de la sección 11).

Figura 52. Modelación de la sección 11.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Km 0+983. SECCION 11

En este tramo se obtuvieron datos en el software (Ver Tabla 30. Datos correspondientes a la sección 11 con un caudal de 8m³/s), y capacidades del canal con aumento de caudal conduciendo caudales de hasta 10 m³/s, sin embargo, si supera este caudal empieza a presentar problemas en la sección.

Tabla 72. Datos correspondientes a la sección 11 con un caudal de 8m³/s

batimetria aguas abajo			distancia atrás (m)	59.05
seccion 11			distancia adelante (m)	46.7
punto	x	y	dy atrás (m)	0.02
541	0	97.36	dy adelante (m)	0.04
542	0.12	97.44	pendiente atrás	0.0003
543	0.66	95.56	pendiente adelante	0.0009
540	8.56	95.49		
537	9.85	97.56		
536	10.09	97.57		

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

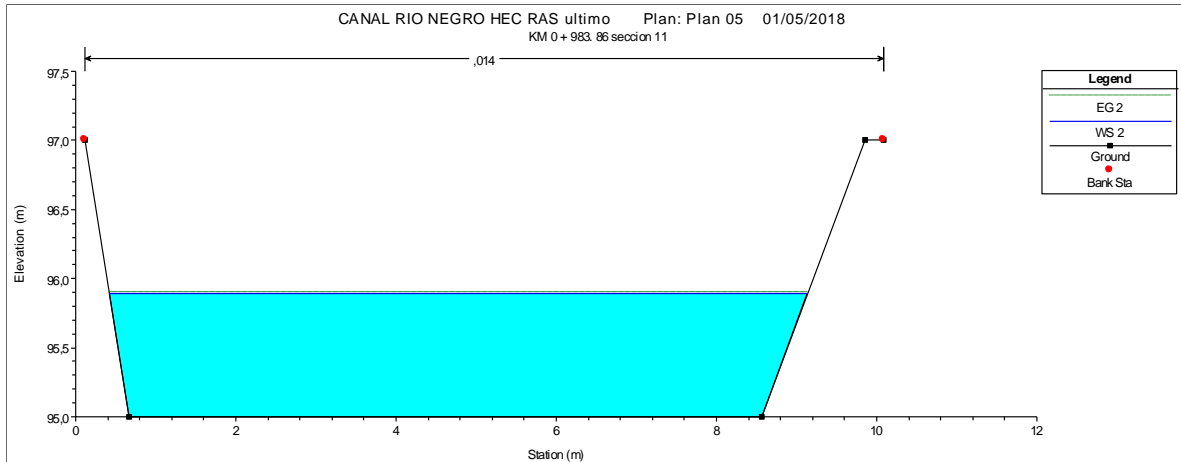
Donde:

- Distancia atrás= distancia de la sección actual a la sección aguas arriba en (metros).
- Distancia adelante = distancia de la sección actual a la sección aguas abajo en (metros).
- Dy atrás= diferencia de altura de la sección actual a la sección aguas arriba medida del punto más bajo en (metros).
- Dy adelante= diferencia de altura de la sección actual a la sección aguas abajo medida del punto más bajo en (metros).
- Pendiente atrás= pendiente entre la sección actual a la de agua arriba.
- Pendiente adelante= pendiente entre la sección actual a la de agua abajo.
- X = distancia horizontal del punto de la sección en (metros).
- y = distancia vertical del punto de la sección en (metros) tomada a partir de una cota arbitraria de 100 metros.

Nota: los recuadros amarillos son los puntos más elevados revestidos en concreto hasta donde podría llegar el agua del canal.

Para una modelación con un caudal de $Q=2 \text{ m}^3/\text{s}$ se obtienen los siguientes resultados en la sección 11, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 53. Modelación a $2 \text{ m}^3/\text{s}$ de la sección 11).

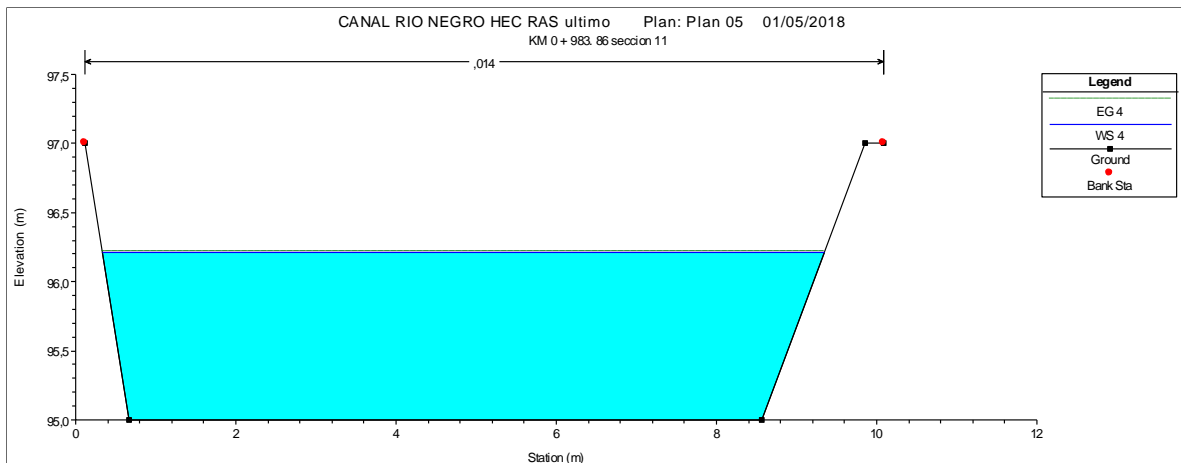
Figura 53. Modelación a 2 m³/s de la sección 11.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=4$ m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 11, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 54. Modelación a 4 m³/s de la sección 11).

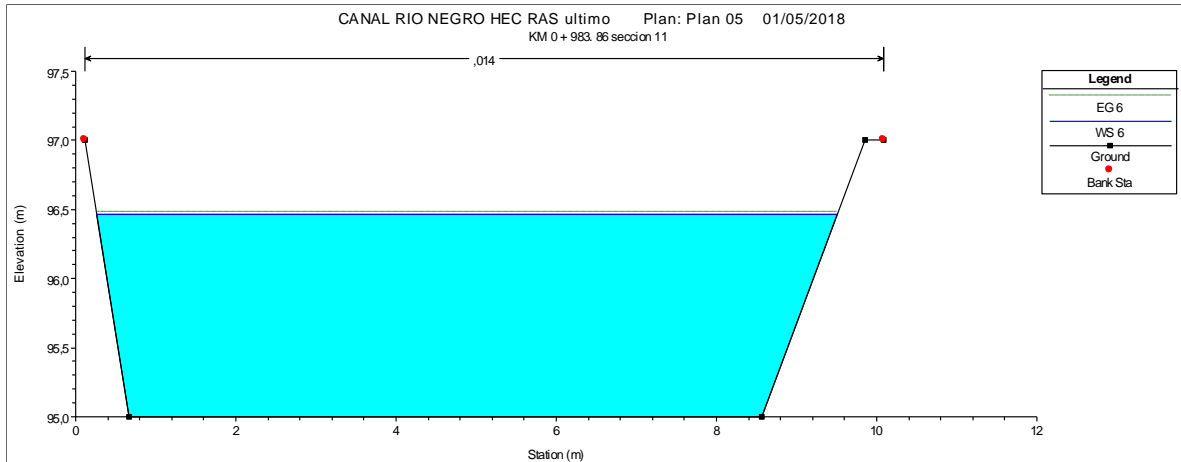
Figura 54. Modelación a 4 m³/s de la sección 11.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=6$ m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 11, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 55. Modelación a 6 m³/s de la sección 11).

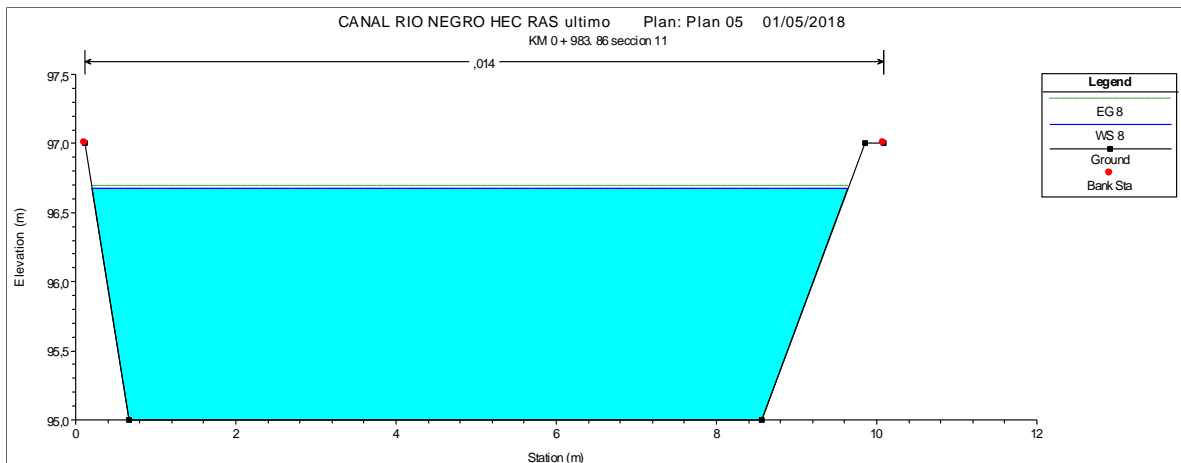
Figura 55. Modelación a 6 m³/s de la sección 11.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=8$ m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 11, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 56. Modelación a 8 m³/s de la sección 11).

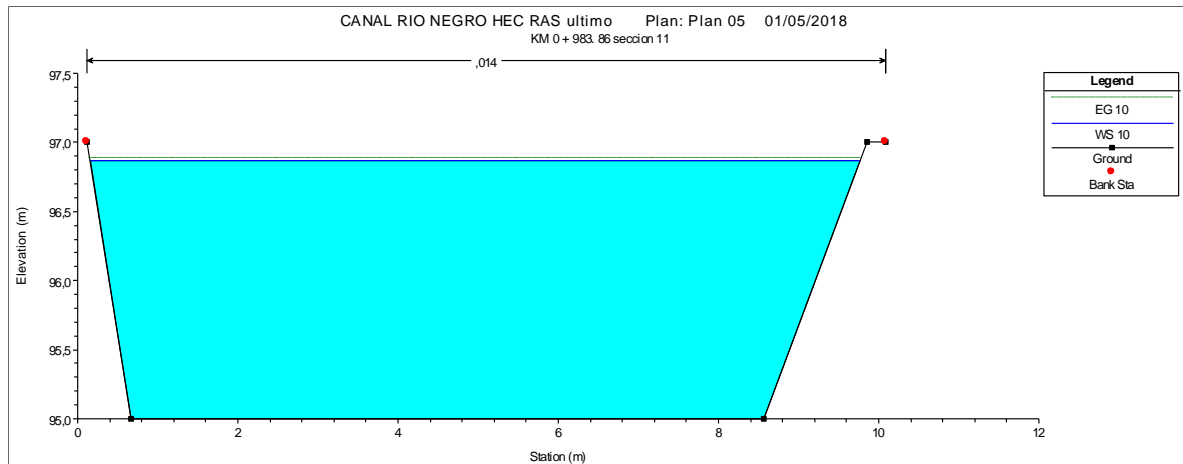
Figura 56. Modelación a 8 m³/s de la sección 11.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=10$ m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 11, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 57. Modelación a 10 m³/s de la sección 11).

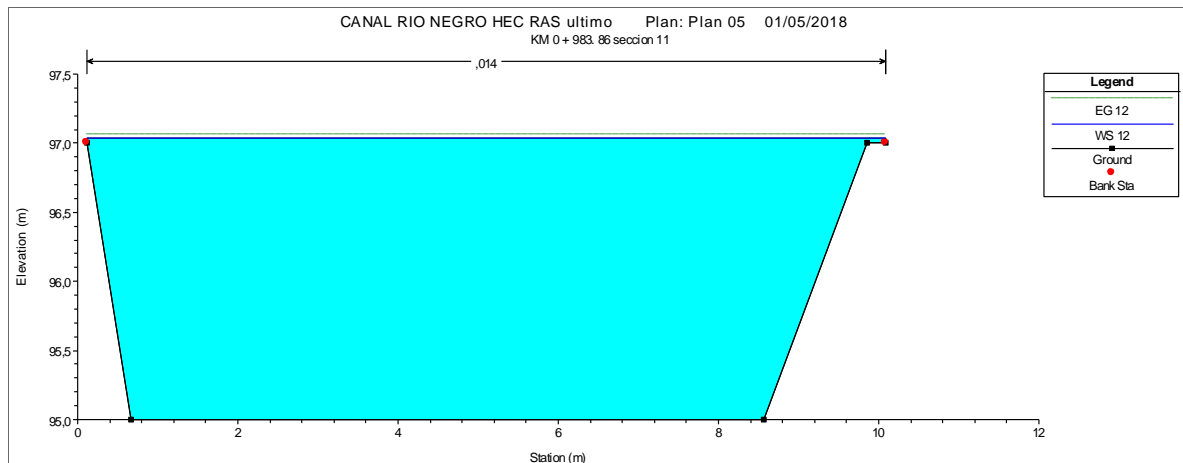
Figura 57. Modelación a 10 m³/s de la sección 11.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=12$ m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 11, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 58. Modelación a 12 m³/s de la sección 11).

Figura 58. Modelación a 12 m³/s de la sección 11.



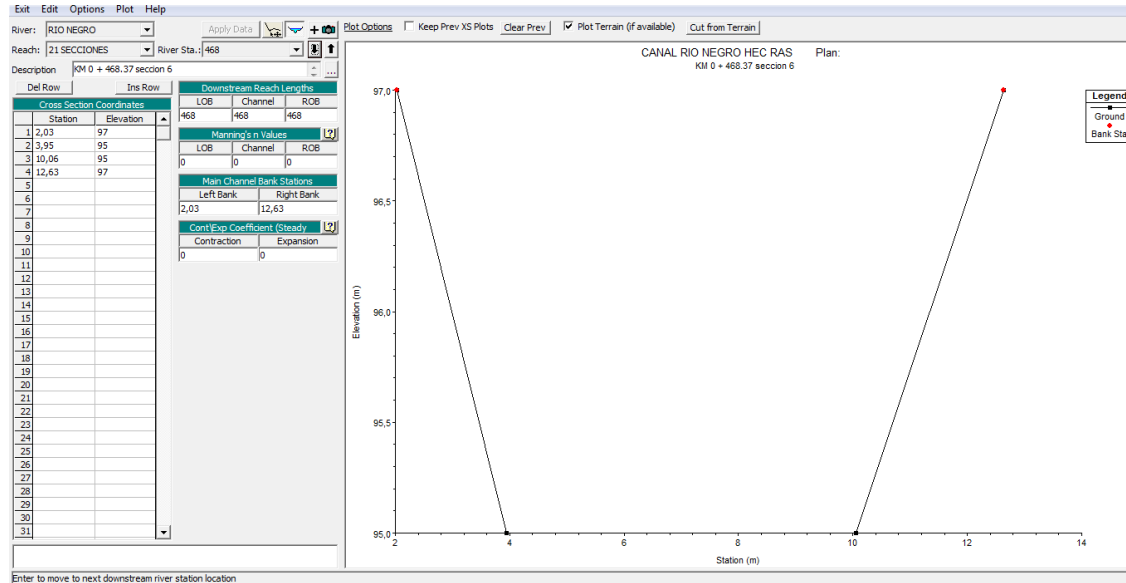
Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Km 0+468 sección 6

Con la ayuda de la simulación (Ver Figura 59. Modelación de la sección 6 y Tabla 31. Datos correspondientes a la sección 6) y posteriormente se puede observar que la sección 6 del canal Rio Negro está bien dimensionada para soportar caudales de hasta 20 m³/s sin afectaciones. Esta sección se encuentra al final del canal aguas

abajo cerca del punto de descarga, donde se presentan riegos mínimos de desbordamientos.

Figura 59. Modelación de la sección 6.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Tabla 73. Datos correspondientes a la sección 6

batimetría aguas abajo			distancia atrás (m)	224.75
sección 6			distancia adelante (m)	97.38
punto	x	y	dy atrás (m)	0.26
333	0	98.48	dy adelante (m)	0.36
334	2.03	96.69	pendiente atrás	0.0012
335	3.95	94.69	pendiente adelante	0.0037
338	10.06	94.68		
337	12.63	96.66		
336	15.28	98.31		

Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Donde:

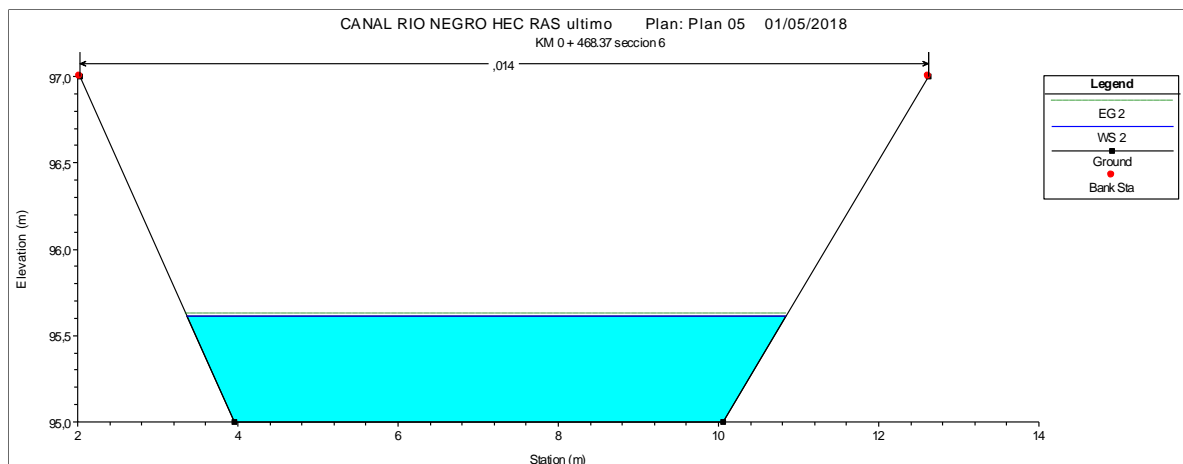
- Distancia atrás= distancia de la sección actual a la sección aguas arriba en (metros).
- Distancia adelante = distancia de la sección actual a la sección aguas abajo en (metros).

- Dy atrás= diferencia de altura de la sección actual a la sección aguas arriba medida del punto más bajo en (metros).
- Dy adelante= diferencia de altura de la sección actual a la sección aguas abajo medida del punto más bajo en (metros).
- Pendiente atrás= pendiente entre la sección actual a la de agua arriba.
- Pendiente adelante= pendiente entre la sección actual a la de agua abajo.
- X= distancia horizontal del punto de la sección en (metros).
- y= distancia vertical del punto de la sección en (metros) tomada a partir de una cota arbitraria de 100 metros.

Nota: los recuadros amarillos son los puntos más elevados revestidos en concreto hasta donde podría llegar el agua del canal.

Para una modelación con un caudal de $Q=2 \text{ m}^3/\text{s}$ se obtienen los siguientes resultados en la sección 6, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 60. Modelación a $2 \text{ m}^3/\text{s}$ de la sección 6).

Figura 60. Modelación a $2 \text{ m}^3/\text{s}$ de la sección 6.

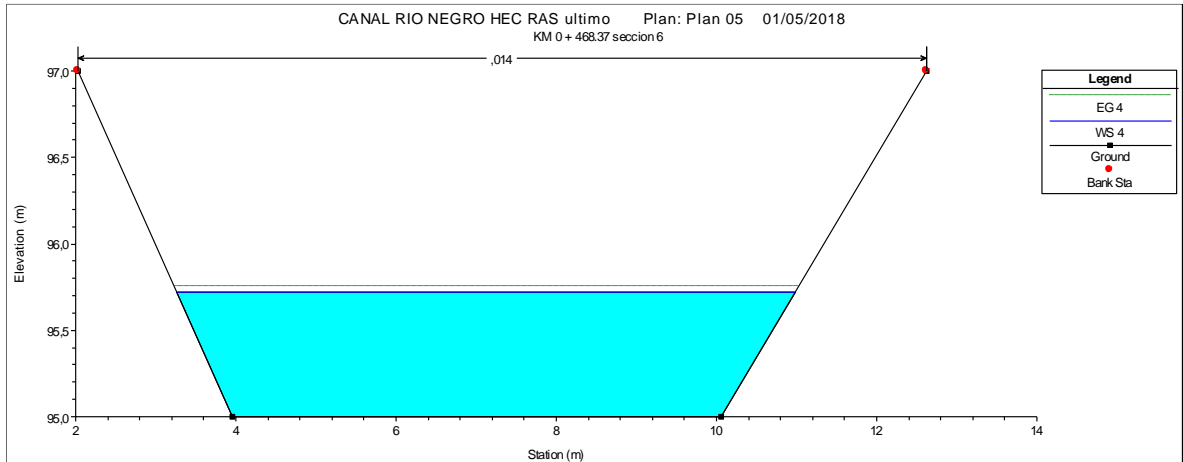


Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=4 \text{ m}^3/\text{s}$ se obtienen los siguientes resultados en la sección 6, donde se muestra la altura de la lámina de agua con

respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 61. Modelación a 4 m³/s de la sección 6).

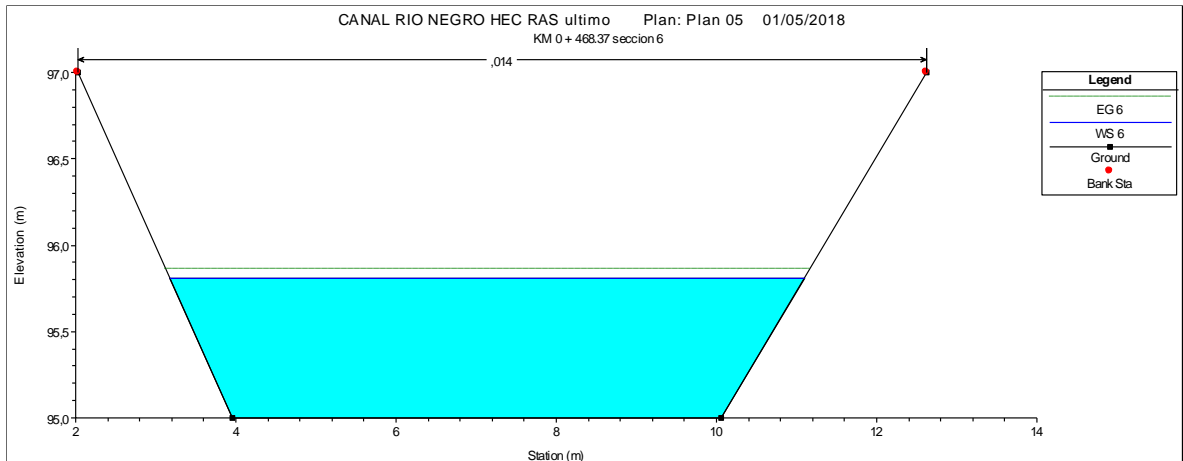
Figura 61. Modelación a 4 m³/s de la sección 6.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=6$ m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 6, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 62. Modelación a 6 m³/s de la sección 6).

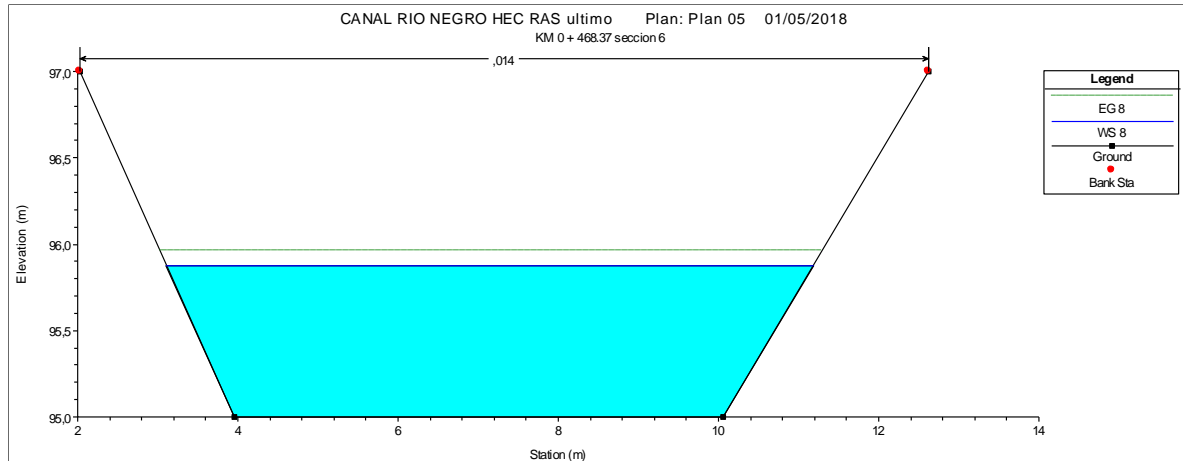
Figura 62. Modelación a 6 m³/s de la sección 6.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=8$ m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 6, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 63. Modelación a 8 m³/s de la sección 6).

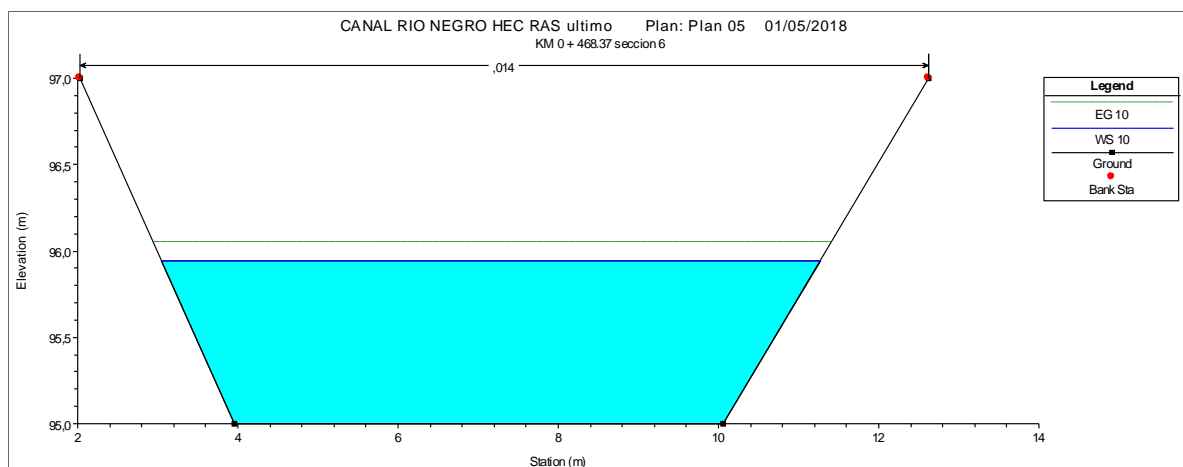
Figura 63. Modelación a 8 m³/s de la sección 6.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=10$ m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 6, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 64. Modelación a 10 m³/s de la sección 6).

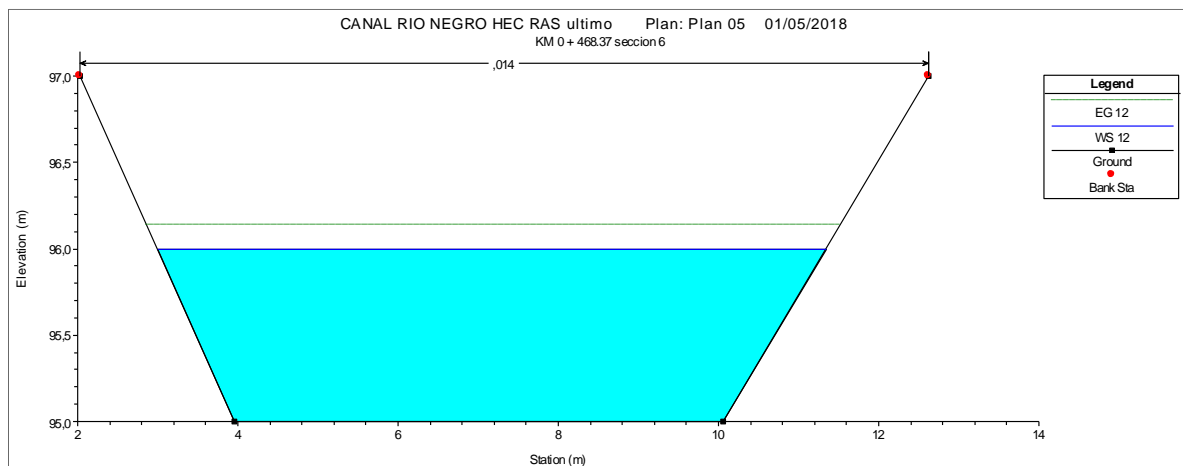
Figura 64. Modelación a 10 m³/s de la sección 6.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=12$ m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 6, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 65. Modelación a 12 m³/s de la sección 12).

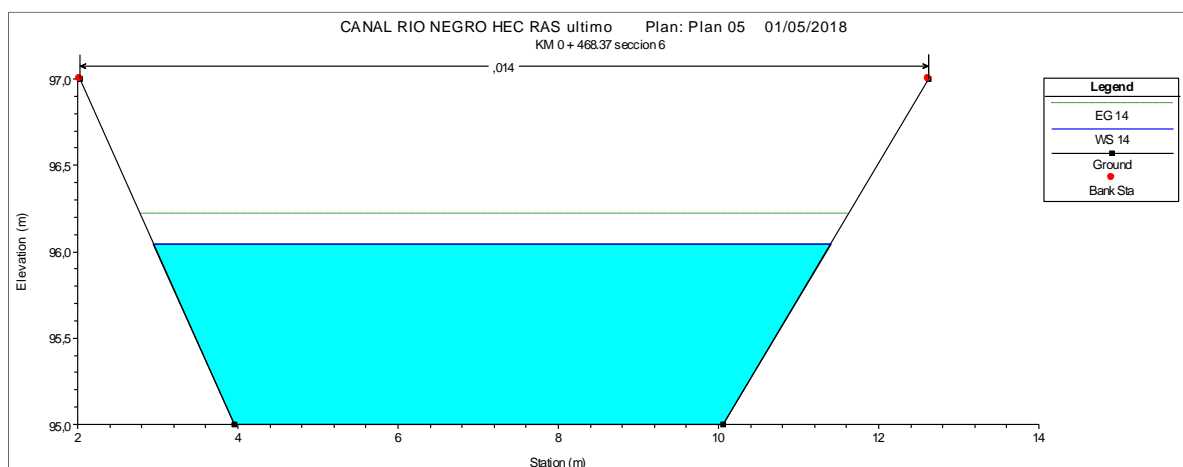
Figura 65. Modelación a 12 m³/s de la sección 12.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=14$ m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 6, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 66. Modelación a 14 m³/s de la sección 6).

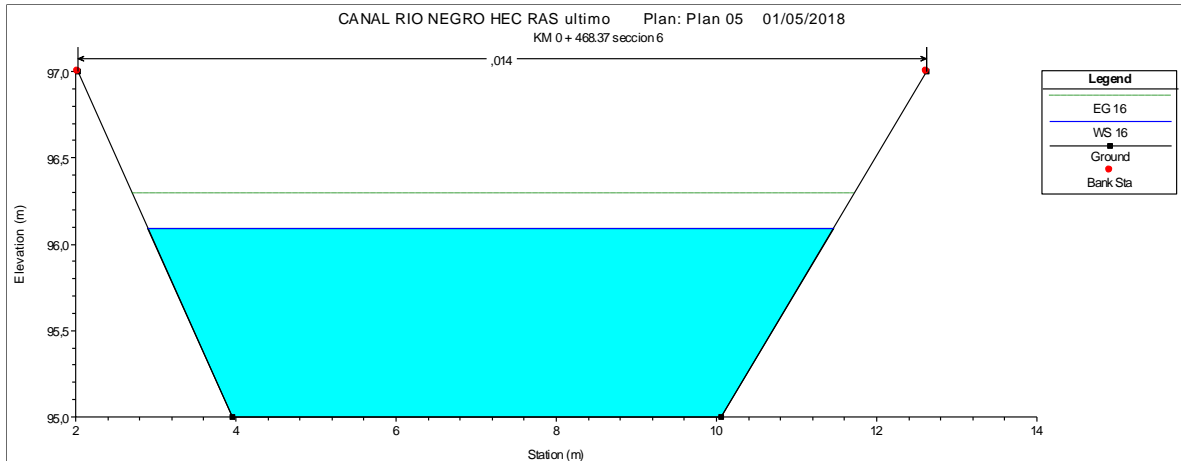
Figura 66. Modelación a 14 m³/s de la sección 6.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=16$ m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 6, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 67. Modelación a 16 m³/s de la sección 6).

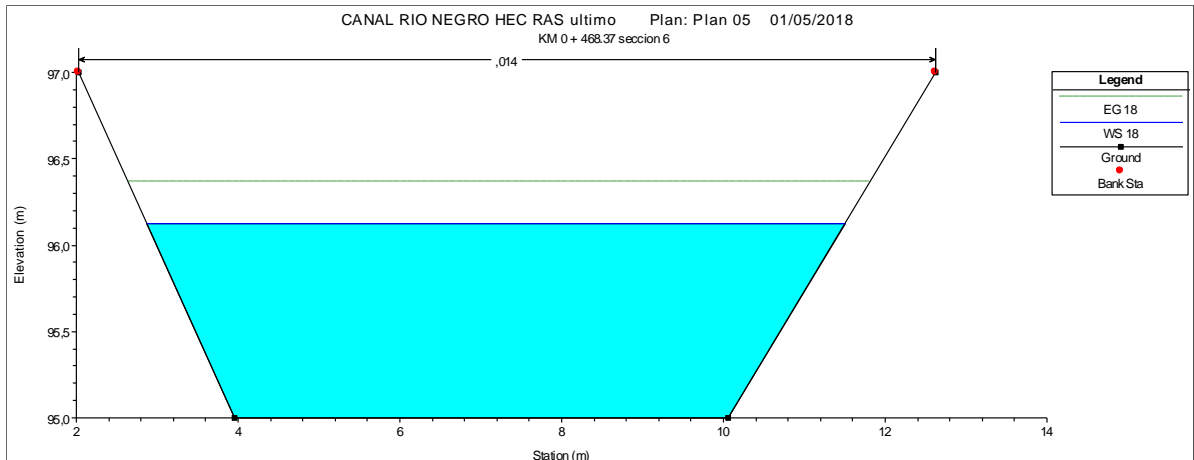
Figura 67. Modelación a 16 m³/s de la sección 6.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=18$ m³/s se obtienen los siguientes resultados en la sección 6, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 68. Modelación a 18 m³/s de la sección 6).

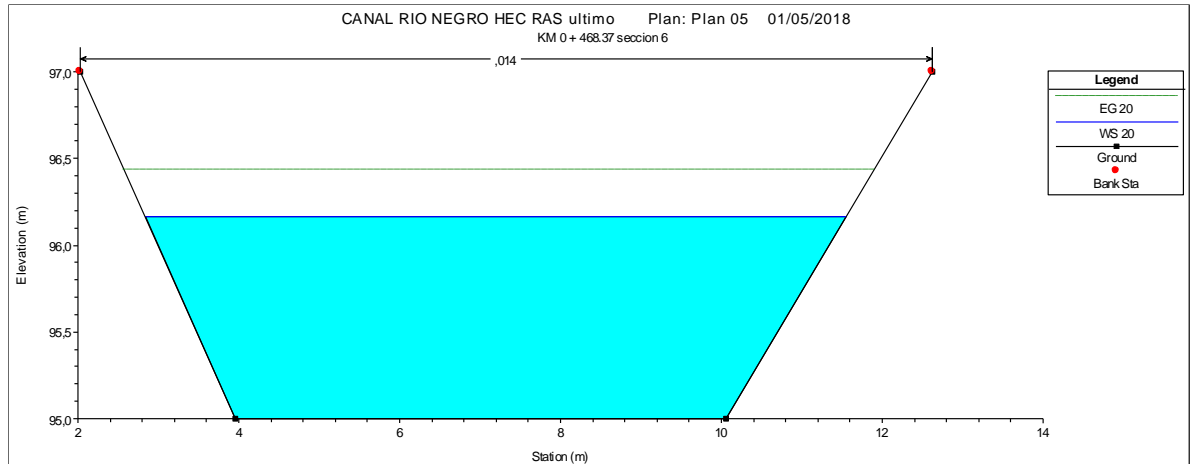
Figura 68. Modelación a 18 m³/s de la sección 6.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para una modelación con un caudal de $Q=20 \text{ m}^3/\text{s}$ se obtienen los siguientes resultados en la sección 6, donde se muestra la altura de la lámina de agua con respecto a los puntos críticos de desbordamiento (Ver Figura 69. Modelación a $20 \text{ m}^3/\text{s}$ de la sección 20).

Figura 69. Modelación a $20 \text{ m}^3/\text{s}$ de la sección 20.



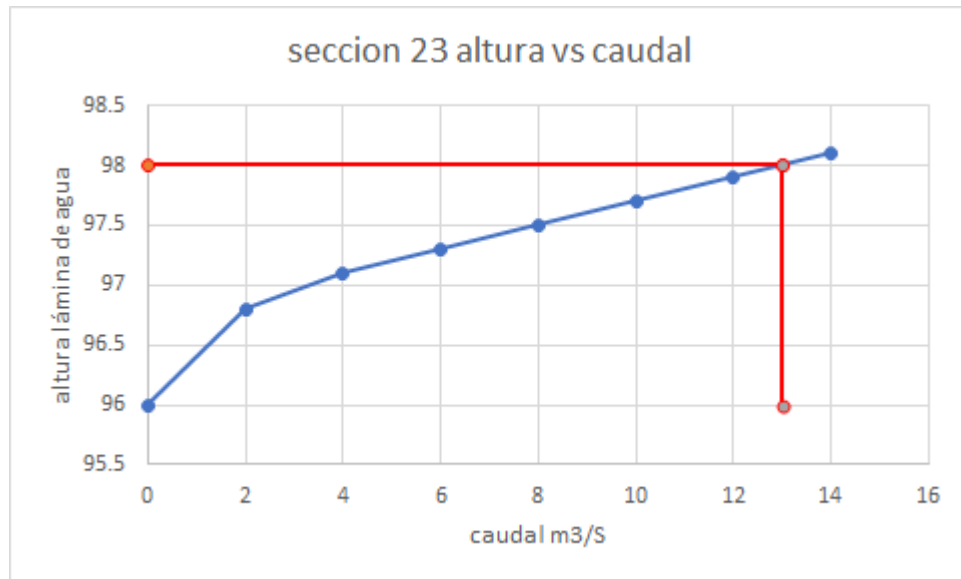
Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la modelación se puede realizar el análisis de altura de lámina de agua versus el caudal, que se muestra en las (graficas 22 hasta la 25), este análisis se empieza en la sección 23 aguas arriba y finaliza en la sección 6 aguas abajo, para un total de 4 secciones las cuales son 23, 18, 11 y sección 6.

Para la sección 23 se ingresamos caudales hasta de $14 \text{ m}^3/\text{s}$, con los perfiles obtenidos por el HEC RAS se determinaron las alturas de la lámina de agua con respecto al punto más elevado del canal que cuenta con recubrimiento, logrando generar una gráfica más exacta para la determinación del caudal de desbordamiento.

Inicialmente se puede definir que el caudal que necesita la sección 23 para alcanzar la cota de 98 metros (Ver Grafica 22 .Grafica profundidad versus caudal) la cual es la cota más elevada con recubrimiento, para esto es necesario un caudal de $13 \text{ m}^3/\text{s}$ para un llenado completo. El caudal y la altura máxima que puede soportar la sección se encuentran delimitadas en color rojo en la imagen. Esta sección cuenta con una base de 9.9 metros y una altura desde el fondo al punto más elevado recubierto de 2 metros.

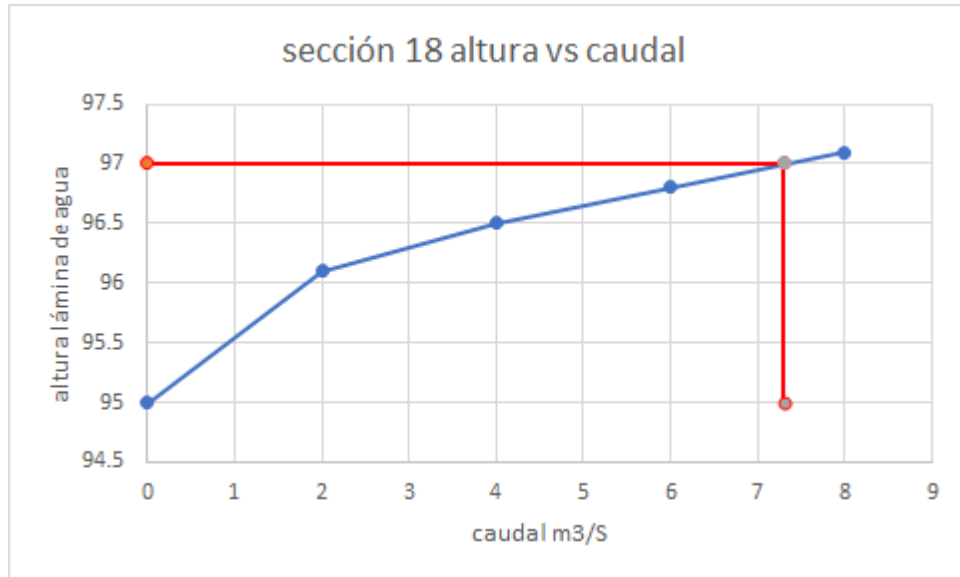
Grafica 22 .Grafica profundidad versus caudal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

En la sección 18 se puede observar la disminución de la capacidad del canal con respecto a la sección 23 (Ver Grafica 23. Grafica profundidad versus caudal), que pasó de manejar un caudal de 13 m3/s a manejar un caudal de 7.3 m3/s reduciendo su capacidad a casi la mitad, a pesar que cuenta con la misma altura desde el fondo al punto más elevado recubierto que la sección 23, su poca capacidad se debe a la reducción de su base a 6.20 metros, por lo que la altura no es suficiente para la contención del flujo.

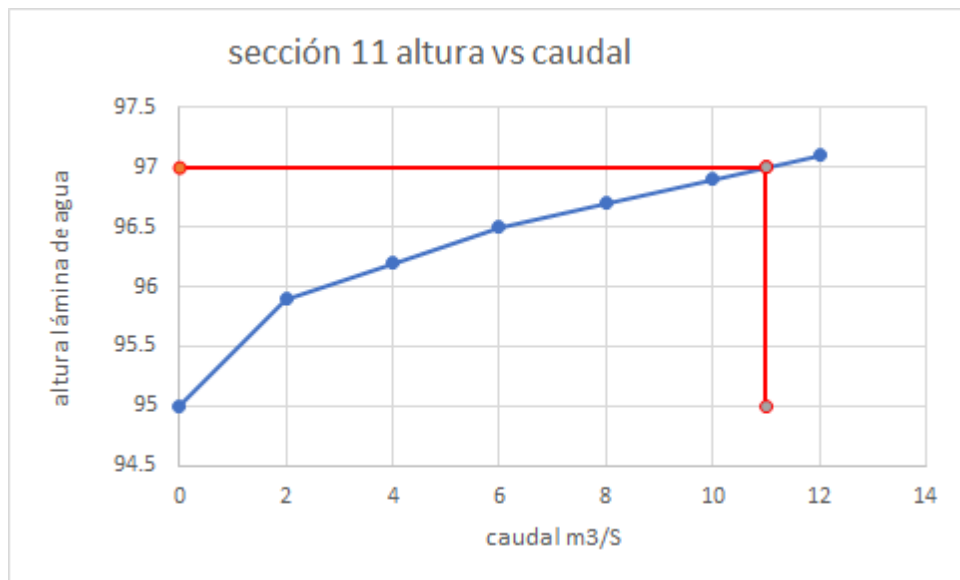
Grafica 23. Grafica profundidad versus caudal



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

A partir de la sección 11 (Ver Grafica 24. Grafica profundidad versus caudal) las condiciones del canal empiezan a mejorar y pasa de manejar caudales de 7.3 m³/s a manejar caudales de 11 m³/s, esto se debe al incremento en su base a 7.9 metros y manteniendo la misma altura de 2 metros.

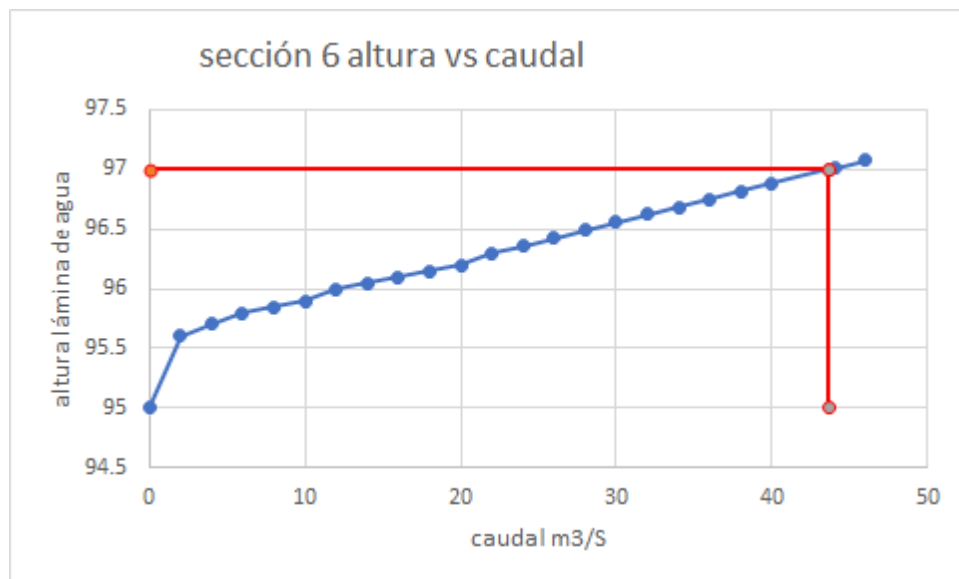
Grafica 24. Grafica profundidad versus caudal.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Finalmente tenemos la sección 6 del canal aguas abajo cerca del punto de descarga (Ver Grafica 25. Grafica profundidad versus caudal), a esta sección se le ingresaron caudales de hasta 20 m³/s sin que presentara desbordamiento, por lo que fue necesario proyectar los valores hasta el punto más elevado de la sección que contaba con recubrimiento que en este caso es 97m para poder encontrar el caudal con el cual la sección se llena por completo, al proyectar los datos se obtiene un caudal de 43.65 m³/s, como en los casos anteriores la capacidad del caudal se ve relacionada con las dimensiones del mismo en este caso tenemos un incremento en la altura útil de 1 metro y una base de 10 metros, las secciones cercanas a la zona de descarga no presentan problemas por su buen dimensionamiento por lo que no es necesario realizar terraplenes o diques ya que el canal trabaja muy bien en esta zona.

Grafica 25. Grafica profundidad versus caudal



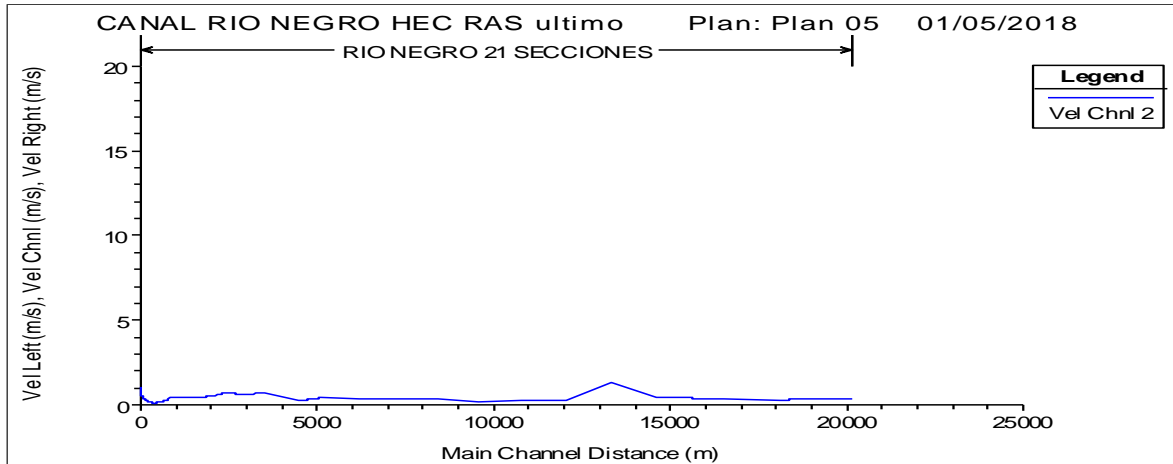
Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

VELOCIDADES

En los gráficos que se mostraran a continuación se puede evidenciar la distribución de velocidades a lo largo del canal para diferentes caudales.

Con un caudal de 2 m³/s (Ver Grafica 26. Velocidad a un flujo de 2 m³/s) la velocidad se mantiene constante a lo largo del canal con pocas variaciones y una velocidad máxima de más o menos 2 m/s.

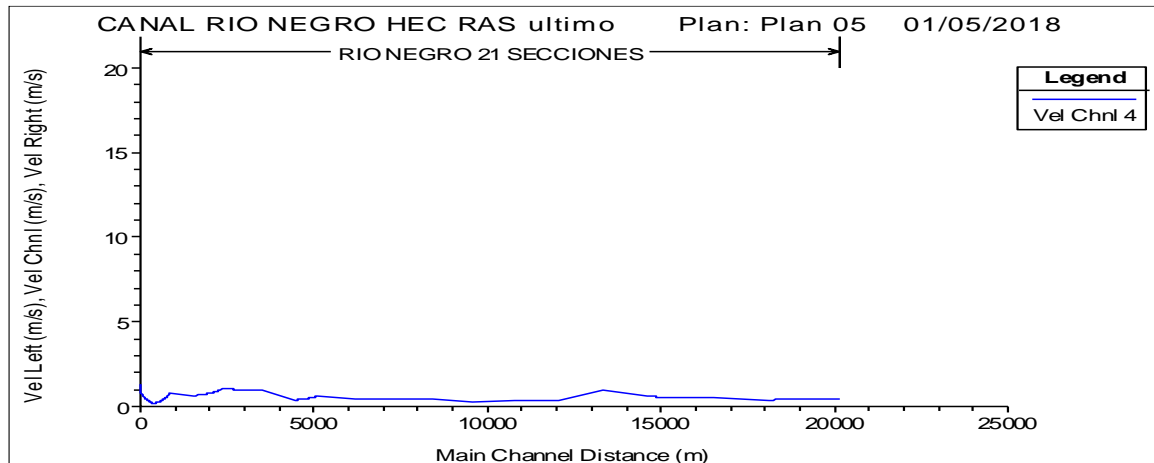
Grafica 26. Velocidad a un flujo de 2 m³/s



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Con un caudal de 4 m³/s (Ver Grafica 27. Velocidad a un flujo de 4 m³/s) la velocidad se mantiene constante a lo largo del canal con pocas variaciones y una velocidad máxima de más o menos 2 m/s sin muchas variaciones con el caudal de 2 m³/s.

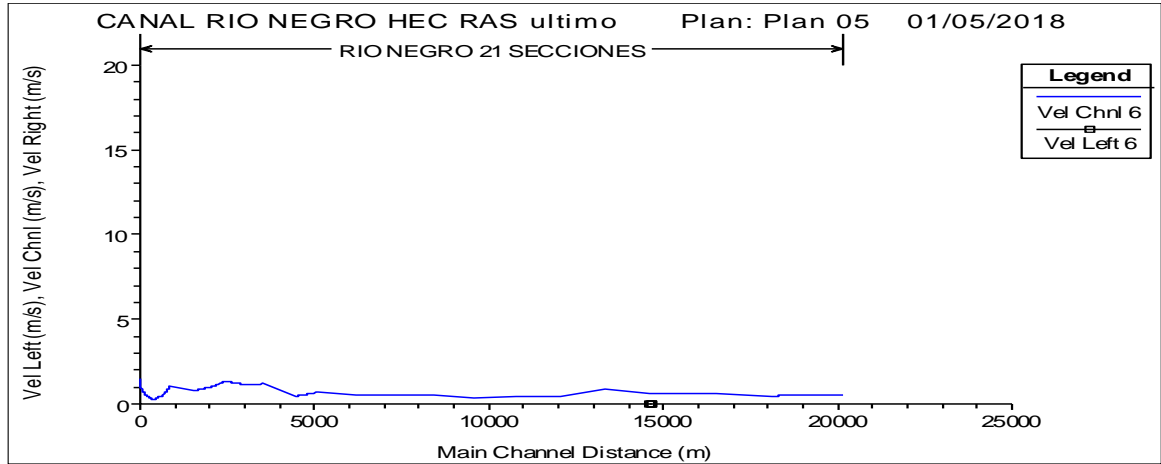
Grafica 27. Velocidad a un flujo de 4 m³/s.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Con un caudal de 6 m³/s (Ver Grafica 28. Velocidad a un flujo de 6 m³/s) la velocidad se mantiene constante a lo largo del canal con pocas variaciones y una velocidad máxima de más o menos 2 m/s, acá ya se empiezan a observar un poco más de alteraciones en la velocidad al acercarse al nivel máximo de desbordamiento del canal.

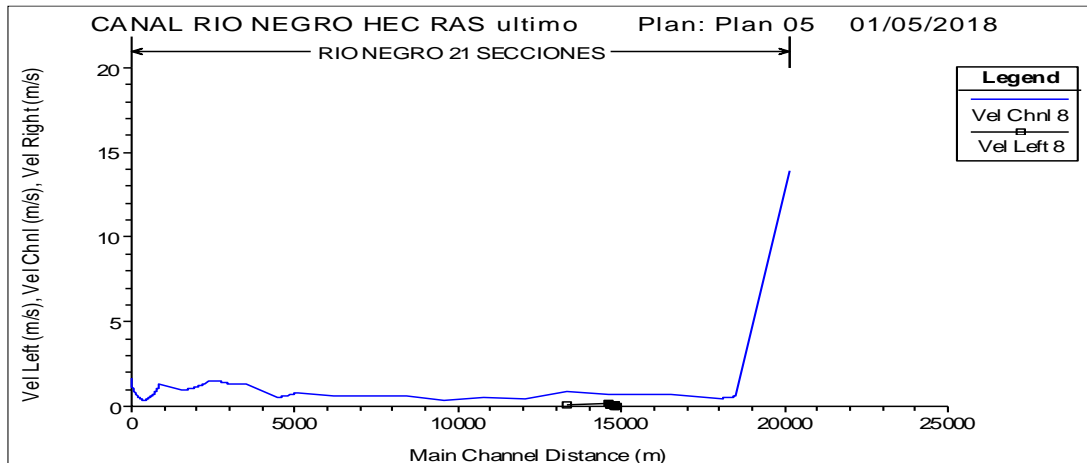
Grafica 28. Velocidad a un flujo de 6 m³/s.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

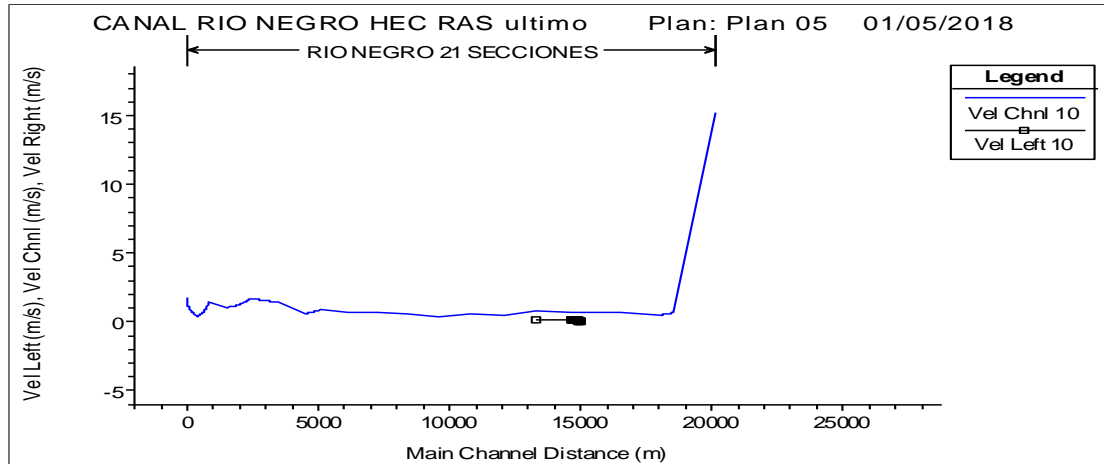
Con caudales de 8 m³/s y 10 m³/s (Ver Grafica 29. Velocidad de flujo a 8 m³/s y Grafica 30. Velocidad de flujo a 10 m³/s) la velocidad presenta grades alteraciones llegando al punto de descarga aguas abajo, presentando más picos en la velocidad pero sin sobrepasar los 2 m/s, sin embargo se observa al inicio del canal un pico de velocidad de 15 m/s esto se presenta por un error en el programa ya que en estos caudales se presentan desbordamientos y el programa genera barreras para seguir simulando las alturas a las que llega la lámina de agua.

Grafica 29. Velocidad de flujo a 8 m³/s.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

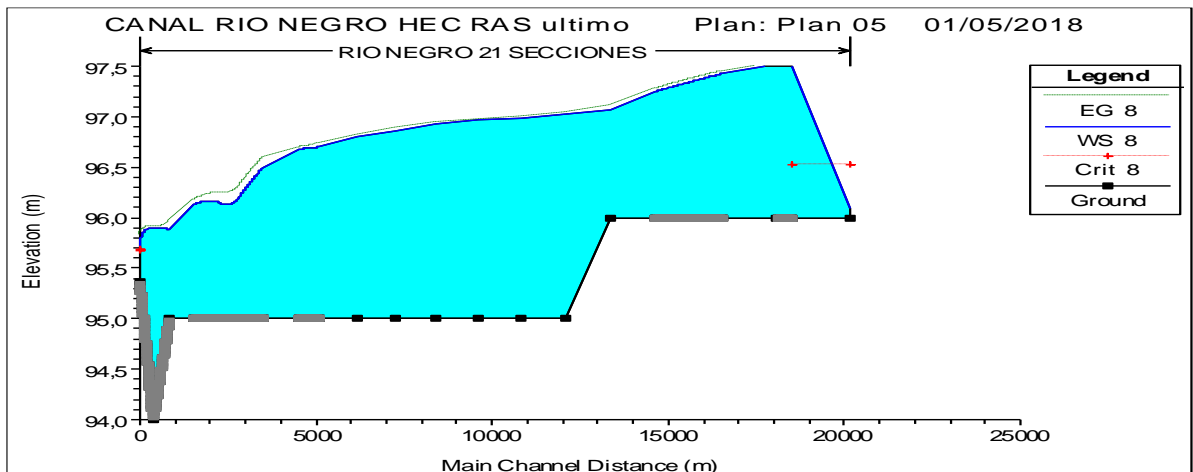
Grafica 30. Velocidad de flujo a 10 m³/s.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Se puede observar que para un caudal de 8 m³/s (Ver Grafica 31. Grafica de elevaciones del nivel de agua a 8 m³/s) la cota de la lámina de agua a lo largo del canal no es constante en las secciones y su zona crítica será vulnerada por el flujo de agua, generando los eventos de desbordamiento. Las cotas críticas se encuentran en valores de 95.7 aguas abajo (fin del canal) y 96.4 aguas arriba (comienzo del canal) mientras que las cotas de la lámina de agua son 95.9 aguas abajo y 97.4 aguas arriba teniendo en cuenta que las cotas se dan a partir de una cota arbitraria que se tomó en la topografía de 100 m con estas cotas tenemos una diferencia de altura ente la lámina de agua y el punto crítico de 0.2 m aguas abajo y 1 m aguas arriba.

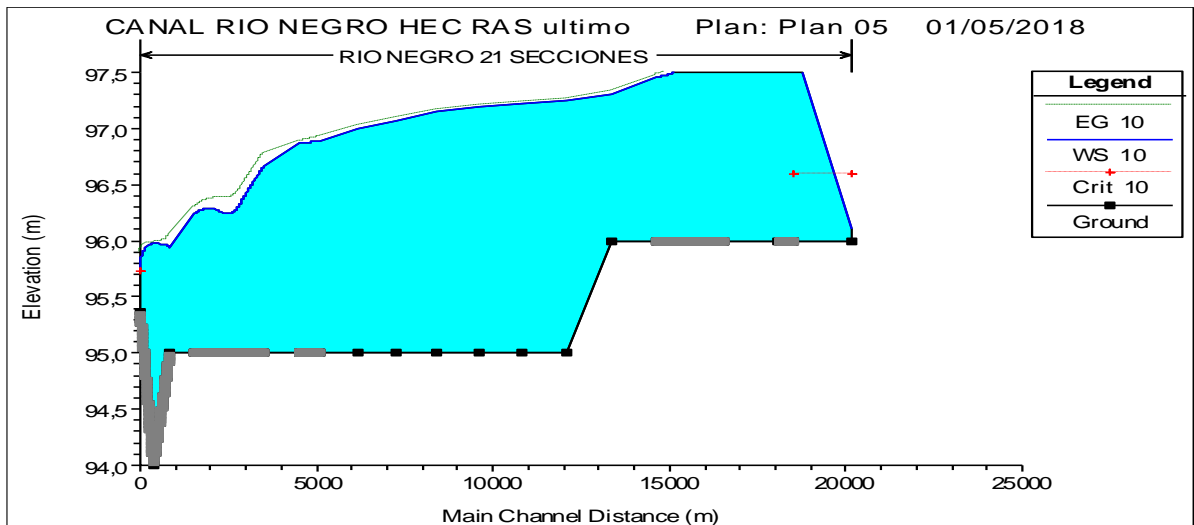
Grafica 31. Grafica de elevaciones del nivel de agua a 8 m³/s.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Para 10 m³/s (Ver Grafica 32. Grafica de elevaciones del nivel de agua a 10 m³/s) se sigue observando el mismo efecto solo que con un incremento en la diferencia de alturas, pero igualmente se presentan desbordamientos a lo largo del canal con una mayor intensidad en el inicio aguas arriba del canal. Por superar por más de 1 m la altura critica con respecto a la lámina de agua.

Grafica 32. Grafica de elevaciones del nivel de agua a 10 m³/s.



Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

10. CONCLUSIONES.

- La estructura del canal conserva una forma trapezoidal a lo largo de su recorrido con un recubrimiento en concreto, el canal cuenta con una altura útil mínima de 2 metros y una altura útil máxima de 4 metros medida desde el fondo hasta el punto donde tiene su superficie revestida en concreto.
- El canal maneja velocidades del flujo promedio de 1 m/s y velocidades máximas de 2 m/s, los taludes del canal en la margen derecha de flujo tienen ángulos de 34.8° y $33,7^\circ$ en la margen izquierda tomado aguas abajo, la base del canal se encuentra en rangos de 3 hasta 16 metros.
- Las zonas de influencia se determinaron por medio de AutoCAD con planos y curvas de nivel de la zona, teniendo en cuenta los barrios aledaños al canal como lo son el barrio entre ríos, la castellana, rio negro, la patria y demás edificaciones o estructuras como la escuela militar que generaran escorrentía hacia el canal, obteniendo un área de 346043.23 metros cuadrados que se usa para el cálculo de caudales de precipitación por el método racional para periodos de retorno de 50 años para estructuras de alcantarillado.
- Con el uso de HEC RAS logramos establecer el comportamiento de las secciones con respecto a la altura de la lámina de agua y así identificar los caudales de desbordamiento en cada tramo llegando a la conclusión que el tramo más crítico donde se pueden presentar los primeros desbordamientos se encuentra entre el KM 1+127 en la sección 15, hasta el KM 1+247 en la sección 18, en este tramo se empiezan a presentar desbordamientos con caudales de 7.3 m³/s lo que es crítico teniendo en cuenta que el caudal hallado por precipitación para el periodo de retorno de 50 años y duración de 20 minutos dio 8.65 m³/s.
- En la sección de entrega se simulo en el software un caudal de hasta 20 m³/s sin presentar afectaciones por lo que se realizó una proyección en el caudal, encontrando un caudal de desbordamiento de 43.65 m³/s
- Se puede concluir que el canal presenta la mayor deficiencia del km 1+127 hasta el km 1+247 con caudales menores a 8 m³/s, generando desbordamientos y daños a la zona y residentes del sector.

11. RECOMENDACIONES.

- Es necesario la construcción de unos diques o terraplenes empezando en las zonas críticas del canal a partir de la sección 15 en el km 1+127 hasta el km 1+247 de la sección 18, para evitar los desbordamientos puntuales en la zona.
- Para futuras modelaciones se debe tener en cuenta los aportes laterales que llegan al canal y evidenciar las conexiones erradas de alcantarillado que llegan al canal.
- Se deben realizar manteamientos programados de limpieza en el canal para evitar el exceso de sedimentos que se acumulan a lo largo del canal, de igual manera se deben realizar campañas de educación a la población para el cuidado y limpieza sobre el canal para que no arrojen desechos en este y capacitarlos sobre los planes de contingencia en caso de eventuales calamidades de desbordamiento.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Adaptacion, Fondo. (2013). *Reconstruccion y mejoramiento hidraulico de canales*. Bogota: Fondo de adaptacion.
- Ambiente, Secretaria Distrital de. (2015). *Descripcion y contexto de las cuencas hidricas del distrito capital*. Bogota: Ambiente distrital de secretaria .
- Bahamon, I. R. (26 de Octubre de 2016). Canalizacion de aguas hacia la quebrada la primavera.
- Bernal, F. (2017). Diseño de manejo pluvial [En línea]. Recuperado el 1 de Mayo de 2018
- CHANSON, H. (2004). *Hydraulics of Open Channel Flow*. Florida: Butterworth-Heinemann.
- CHOW, V. T. (1994.). *Hidráulica de canales abierto*. Bogota: McGraw-Hill.
- CIS Construcciones ingenieros soluciones. (1962). *Plan Maestro de Bogotá*. Santafe De Bogotá: EAB.
- Diaz Tibanta, J. S. (enero de 2012). *Analisis del canal Virrey y canal La Castellana [En línea]*. (U. c. colombia, Ed.) Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de file:///ARTICULO-An%C3%A1lisis-inundaci%C3%B3n-canal-Virrey-canal-La-Castellana.pdf
- Diaz, J. (2014). Analisis hidraulico entre la confluencia de dos canales (Canal virrey - Canal castellana).
- EAB. (1964). *Priorizacion Mejoramiento*. Bogota: ILAM. Recuperado el 15 de Mayo de 2018
- EAB. (2005). *Estudio para la rehabilitacion dle canal Rio Negro*. Bogota: EAB. Recuperado el 16 de Mayo de 2018
- EAB. (2006). *Control de vertimientos de aguas negras a los canales el Virrey y Arzobispo*. Bogota: EAB.
- Engineers, U. a. (2015). *Hydrologic Engineering Center (En línea)*.
- EPM, e. p. (9 de abril de 2013). *normas de diseño alcantarillado. [En línea]* . Recuperado el 18 de Mayo de 2018, de https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/normatividad_y_legislacion/agua/Norma_Disenos_Alcantarillado_2013.pdf
- GONZALEZ, B. Y. (1963). *Estudio de suelos para la canalizacion del Rio Negro*. Bogota: INGENIEROS CIVILES.

- Hidraulica. (2012). *curso de hidraulica*.
- Hoyos, I. C. (11 de Febrero de 2013). *Universidad de los Andes*. Obtenido de https://documentodegrado.uniandes.edu.co/documentos/201310732_fecha_2014_02_12_hora_19_06_52_parte_1.pdf
- Ideam. (2014). *curvas intensidad duracion frecuente*. bogota.
- IDEAM. (s.f.). *Amenazas Inundación*. (IDEAM) Recuperado el 5 de Diciembre de 2017, de Modelación Hidrológica: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/amenazas-inundacion>
- LAHORA. (13 de Junio de 2017). 60 kilómetros de canales de riego serán revestidos en Tungurahua. *LAHORA*.
- Lopez Cualla, R. A. (1999). *Diseño de acueductos y alcantarillados*. Bogota: ALFAOMEGA.
- MAPS, g. (septiembre de 2017). *google maps. ubicacion canal rio negro*. [En línea] [18/05/2018]. Obtenido de <https://www.google.es/maps/place/Parque+Canal+del+Rio+Negro/@4.6787672,-74.0642476,787m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x8e3f9aee55bf2f59:0x338e151e86659958!8m2!3d4.6787672!4d-74.0620589>
- Máximo, V. B. (2007). *Hidráulica de Canales*. Lima: Villón.
- (s.f.). *Modelación Hidráulica*. Universidad de Pírua. Obtenido de http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_123_183_81_1150.pdf
- Molina, E. (07 de Agosto de 2015). Canal de desague en la Prim. *LaPrensa*.
- MOTT, R. L. (2008). *flujo en canales abiertos*. Prentice hall.
- Ramirez, I. O. (2017). *Construcción de redes de alcantarillado pluvial*. Bogota: EAB.
- Reyes. (14 de Julio de 2008). Recorrido por el Rio Negro . *EL TIEMPO*.
- Rojas Hoyos, C. A. (11 de febrero de 2013). *modelacion hidraulica del canal rionegro en Bogota D.C*. Obtenido de Universidad de los andes: https://documentodegrado.uniandes.edu.co/documentos/201310732_fecha_2014_02_12_hora_19_06_52_parte_1.pdf
- Ruiz, p. r. (2008). *hidraulica 2*. Civil geeks. Recuperado el 18 de MAYO de 2018
- Sanabria, I. O. (2014). *Optimización del sistema de alcantarillado troncal aguas abajo de la AV. 68*. Bogota: EAB. Recuperado el 10 de Mayo de 2018
- Solorzano, F. (01 de Noviembre de 2013). Obra se pudre entre hierros y basuras Canal Rio Negro. *EL TIEMPO*. Recuperado el 12 de Mayo de 2018

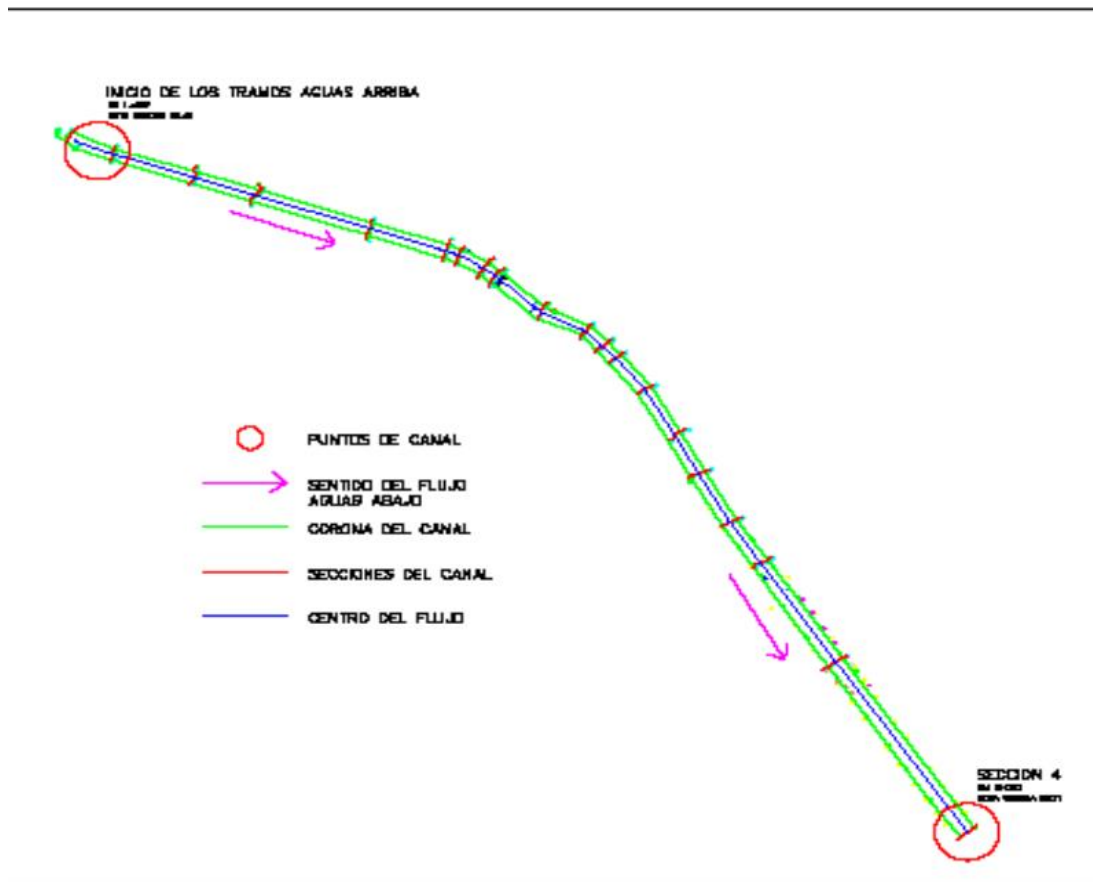
Tiempo, p. e. (2017). Inundaciones. *El Tiempo*. Recuperado el 13 de Mayo de 2018

Valverde, A. L. (2002). *MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE RELACIONES NIVEL CAUDAL. APLICACIÓN EN LOS SISTEMAS EN TIEMPO REAL*. Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. Recuperado el 14 de Mayo de 2018

13. ANEXOS

Esquema general del recorrido del canal a estudiar (Rio Negro) con sus respectivas secciones, sentido del flujo y su respectiva forma. (Ver Figura 70. Planta del canal con secciones).

Figura 70. Planta del canal con secciones.



Fuente: (Moya Rico, y otros, 2018)

Luego de ensamblado el modelo HEC RAS, se procedió a realizar la corrida para periodos de retorno de 25 y 50 años (Ver Grafica 33. Cuadro de resultados del HEC RAS). En el cuadro se presentan los resultados de la corrida realizada del canal Rio Negro.

La fuerza de arrastre del rio media, lo que puede ocasionar daños moderados para cualquier estructura que se construya sobre el alineamiento del canal.

Grafica 33. Cuadro de resultados del HEC RAS.

0	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1673	8,00	96,00	96,09	96,52	105,98	1.000.174	13,93	0,57	6,61	15,10
1625	8,00	96,00	97,53	96,52	97,55	0,000063	0,61	13,12	10,75	0,18
1623,00*	8,00	96,00	97,53		97,55	0,000062	0,61	13,21	10,80	0,17
1621,00*	8,00	96,00	97,53		97,55	0,000061	0,60	13,29	10,84	0,17
1619,00*	8,00	96,00	97,53		97,55	0,000060	0,60	13,38	10,89	0,17
1617,00*	8,00	96,00	97,53		97,55	0,000059	0,59	13,46	10,93	0,17
1615,00*	8,00	96,00	97,53		97,55	0,000058	0,59	13,55	10,98	0,17
1613,00*	8,00	96,00	97,53		97,55	0,000057	0,59	13,63	11,02	0,17
1611,00*	8,00	96,00	97,53		97,55	0,000056	0,58	13,72	11,07	0,17
1609,00*	8,00	96,00	97,53		97,55	0,000055	0,58	13,81	11,11	0,17
1607,00*	8,00	96,00	97,53		97,55	0,000054	0,58	13,89	11,16	0,16
1605,00*	8,00	96,00	97,53		97,55	0,000054	0,57	13,98	11,20	0,16
1603,00*	8,00	96,00	97,53		97,55	0,000053	0,57	14,07	11,25	0,16
1601,00*	8,00	96,00	97,53		97,55	0,000052	0,57	14,15	11,30	0,16
1599,00*	8,00	96,00	97,53		97,55	0,000051	0,56	14,24	11,34	0,16
1597,00*	8,00	96,00	97,53		97,54	0,000051	0,56	14,33	11,39	0,16
1595,00*	8,00	96,00	97,53		97,54	0,000050	0,56	14,41	11,44	0,16
1593,00*	8,00	96,00	97,53		97,54	0,000049	0,55	14,50	11,48	0,16
1591,00*	8,00	96,00	97,53		97,54	0,000049	0,55	14,59	11,53	0,16
1589,00*	8,00	96,00	97,53		97,54	0,000048	0,55	14,67	11,58	0,15
1587,00*	8,00	96,00	97,53		97,54	0,000047	0,54	14,76	11,63	0,15
1585,00*	8,00	96,00	97,53		97,54	0,000047	0,54	14,85	11,67	0,15
1583,00*	8,00	96,00	97,53		97,54	0,000046	0,54	14,94	11,72	0,15
1581,00*	8,00	96,00	97,53		97,54	0,000045	0,53	15,03	11,77	0,15
1579,00*	8,00	96,00	97,53		97,54	0,000045	0,53	15,12	11,82	0,15
1577,00*	8,00	96,00	97,53		97,54	0,000044	0,53	15,20	11,87	0,15
1575,00*	8,00	96,00	97,53		97,54	0,000044	0,52	15,30	11,92	0,15
1573,00*	8,00	96,00	97,53		97,54	0,000043	0,52	15,38	11,97	0,15
1571,00*	8,00	96,00	97,53		97,54	0,000042	0,52	15,47	12,02	0,15
1569,00*	8,00	96,00	97,52		97,54	0,000042	0,51	15,56	12,07	0,14
1567,00*	8,00	96,00	97,52		97,54	0,000041	0,51	15,65	12,12	0,14
1565,00*	8,00	96,00	97,52		97,54	0,000041	0,51	15,74	12,17	0,14
1563,00*	8,00	96,00	97,52		97,54	0,000040	0,51	15,83	12,22	0,14
1561,00*	8,00	96,00	97,52		97,54	0,000040	0,50	15,92	12,27	0,14
1559,00*	8,00	96,00	97,52		97,54	0,000039	0,50	16,01	12,32	0,14
1557,00*	8,00	96,00	97,52		97,54	0,000039	0,50	16,10	12,37	0,14
1555,00*	8,00	96,00	97,52		97,54	0,000038	0,49	16,20	12,43	0,14
1553,00*	8,00	96,00	97,52		97,54	0,000038	0,49	16,29	12,48	0,14
1551,00*	8,00	96,00	97,52		97,53	0,000038	0,49	16,38	12,53	0,14
1549,00*	8,00	96,00	97,52		97,53	0,000037	0,49	16,47	12,59	0,14
1547,00*	8,00	96,00	97,52		97,53	0,000037	0,48	16,56	12,64	0,13
1545,00*	8,00	96,00	97,52		97,53	0,000036	0,48	16,66	12,69	0,13
1543	8,00	96,00	97,52		97,53	0,000036	0,48	16,75	12,75	0,13
1481	8,00	96,00	97,43		97,45	0,000086	0,68	11,71	10,28	0,20
1480,00*	8,00	96,00	97,43		97,45	0,000086	0,68	11,71	10,28	0,20
1479,00*	8,00	96,00	97,43		97,45	0,000086	0,68	11,71	10,29	0,20
1478,00*	8,00	96,00	97,42		97,45	0,000086	0,68	11,71	10,29	0,20
1477,00*	8,00	96,00	97,42		97,45	0,000086	0,68	11,70	10,30	0,20
1476,00*	8,00	96,00	97,42		97,45	0,000086	0,68	11,70	10,31	0,20
1475,00*	8,00	96,00	97,42		97,45	0,000086	0,68	11,71	10,31	0,20
1474,00*	8,00	96,00	97,42		97,44	0,000086	0,68	11,70	10,32	0,20
1473,00*	8,00	96,00	97,42		97,44	0,000086	0,68	11,70	10,32	0,21
1472,00*	8,00	96,00	97,42		97,44	0,000086	0,68	11,70	10,33	0,21
1471,00*	8,00	96,00	97,42		97,44	0,000086	0,68	11,70	10,34	0,21
1470,00*	8,00	96,00	97,42		97,44	0,000087	0,68	11,70	10,34	0,21
1469,00*	8,00	96,00	97,42		97,44	0,000087	0,68	11,70	10,35	0,21
1468,00*	8,00	96,00	97,42		97,44	0,000087	0,68	11,70	10,35	0,21
1467,00*	8,00	96,00	97,42		97,44	0,000087	0,68	11,70	10,36	0,21
1466,00*	8,00	96,00	97,41		97,44	0,000087	0,68	11,70	10,37	0,21
1465,00*	8,00	96,00	97,41		97,44	0,000087	0,68	11,70	10,37	0,21

Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Grafica 33(CONTINUACION). Cuadro de resultados del HEC RAS.

1407,00*	8,00	96,00	97,36		97,39	0,000091	0,69	11,64	10,71	0,21
1406,00*	8,00	96,00	97,36		97,39	0,000091	0,69	11,64	10,71	0,21
1405,00*	8,00	96,00	97,36		97,38	0,000091	0,69	11,64	10,72	0,21
1404,00*	8,00	96,00	97,36		97,38	0,000091	0,69	11,64	10,72	0,21
1403,00*	8,00	96,00	97,36		97,38	0,000091	0,69	11,64	10,73	0,21
1402,00*	8,00	96,00	97,36		97,38	0,000091	0,69	11,63	10,73	0,21
1401,00*	8,00	96,00	97,36		97,38	0,000092	0,69	11,63	10,74	0,21
1400,00*	8,00	96,00	97,36		97,38	0,000092	0,69	11,63	10,74	0,21
1399,00*	8,00	96,00	97,35		97,38	0,000092	0,69	11,63	10,75	0,21
1398,00*	8,00	96,00	97,35		97,38	0,000092	0,69	11,63	10,76	0,21
1397,00*	8,00	96,00	97,35		97,38	0,000092	0,69	11,63	10,76	0,21
1396,00*	8,00	96,00	97,35		97,38	0,000092	0,69	11,62	10,77	0,21
1395,00*	8,00	96,00	97,35		97,38	0,000092	0,69	11,62	10,77	0,21
1394,00*	8,00	96,00	97,35		97,37	0,000092	0,69	11,62	10,78	0,21
1393,00*	8,00	96,00	97,35		97,37	0,000092	0,69	11,62	10,78	0,21
1392,00*	8,00	96,00	97,35		97,37	0,000092	0,69	11,62	10,79	0,21
1391,00*	8,00	96,00	97,35		97,37	0,000092	0,69	11,61	10,79	0,21
1390,00*	8,00	96,00	97,35		97,37	0,000093	0,69	11,61	10,80	0,21
1389,00*	8,00	96,00	97,35		97,37	0,000093	0,69	11,61	10,81	0,21
1388,00*	8,00	96,00	97,34		97,37	0,000093	0,69	11,61	10,81	0,21
1387,00*	8,00	96,00	97,34		97,37	0,000093	0,69	11,61	10,82	0,21
1386,00*	8,00	96,00	97,34		97,37	0,000093	0,69	11,60	10,82	0,21
1385,00*	8,00	96,00	97,34		97,37	0,000093	0,69	11,60	10,83	0,21
1384,00*	8,00	96,00	97,34		97,36	0,000093	0,69	11,60	10,83	0,21
1383,00*	8,00	96,00	97,34		97,36	0,000093	0,69	11,60	10,84	0,21
1382,00*	8,00	96,00	97,34		97,36	0,000093	0,69	11,60	10,84	0,21
1381,00*	8,00	96,00	97,34		97,36	0,000093	0,69	11,59	10,85	0,21
1380,00*	8,00	96,00	97,34		97,36	0,000094	0,69	11,59	10,85	0,21
1379,00*	8,00	96,00	97,34		97,36	0,000094	0,69	11,59	10,86	0,21
1378,00*	8,00	96,00	97,34		97,36	0,000094	0,69	11,59	10,87	0,21
1377,00*	8,00	96,00	97,33		97,36	0,000094	0,69	11,59	10,87	0,21
1376,00*	8,00	96,00	97,33		97,36	0,000094	0,69	11,58	10,87	0,21
1375,00*	8,00	96,00	97,33		97,36	0,000094	0,69	11,58	10,88	0,21
1374,00*	8,00	96,00	97,33		97,36	0,000094	0,69	11,58	10,88	0,21
1373,00*	8,00	96,00	97,33		97,35	0,000094	0,69	11,58	10,89	0,21
1372,00*	8,00	96,00	97,33		97,35	0,000094	0,69	11,57	10,90	0,21
1371,00*	8,00	96,00	97,33		97,35	0,000095	0,69	11,57	10,90	0,21
1370,00*	8,00	96,00	97,33		97,35	0,000095	0,69	11,57	10,91	0,21
1369,00*	8,00	96,00	97,33		97,35	0,000095	0,69	11,57	10,91	0,21
1368,00*	8,00	96,00	97,33		97,35	0,000095	0,69	11,56	10,92	0,21
1367,00*	8,00	96,00	97,32		97,35	0,000095	0,69	11,56	10,92	0,21
1366	8,00	96,00	97,32		97,35	0,000095	0,69	11,56	10,93	0,21
1365,00*	8,00	96,00	97,32		97,35	0,000095	0,69	11,56	10,93	0,21
1364,00*	8,00	96,00	97,32		97,35	0,000095	0,69	11,56	10,93	0,22
1363,00*	8,00	96,00	97,32		97,35	0,000095	0,69	11,55	10,93	0,22
1362,00*	8,00	96,00	97,32		97,34	0,000095	0,69	11,55	10,93	0,22
1361,00*	8,00	96,00	97,32		97,34	0,000095	0,69	11,55	10,93	0,22
1360,00*	8,00	96,00	97,32		97,34	0,000095	0,69	11,55	10,93	0,22
1359,00*	8,00	96,00	97,32		97,34	0,000096	0,69	11,55	10,93	0,22
1358,00*	8,00	96,00	97,32		97,34	0,000096	0,69	11,54	10,93	0,22
1357,00*	8,00	96,00	97,32		97,34	0,000096	0,69	11,54	10,93	0,22
1356,00*	8,00	96,00	97,31		97,34	0,000096	0,69	11,54	10,93	0,22
1355,00*	8,00	96,00	97,31		97,34	0,000096	0,69	11,54	10,93	0,22
1354,00*	8,00	96,00	97,31		97,34	0,000096	0,69	11,54	10,93	0,22
1353,00*	8,00	96,00	97,31		97,34	0,000096	0,69	11,53	10,93	0,22
1352,00*	8,00	96,00	97,31		97,33	0,000096	0,69	11,53	10,93	0,22
1351,00*	8,00	96,00	97,31		97,33	0,000096	0,69	11,53	10,93	0,22
1350,00*	8,00	96,00	97,31		97,33	0,000096	0,69	11,53	10,93	0,22
1349,00*	8,00	96,00	97,31		97,33	0,000096	0,69	11,52	10,93	0,22
1348,00*	8,00	96,00	97,31		97,33	0,000096	0,69	11,52	10,94	0,22

Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Grafica 33(CONTINUACION). Cuadro de resultados del HEC RAS.

1347,00*	8,00	96,00	97,31		97,33	0,000096	0,69	11,52	10,94	0,22
1346,00*	8,00	96,00	97,30		97,33	0,000096	0,69	11,52	10,94	0,22
1345,00*	8,00	96,00	97,30		97,33	0,000096	0,69	11,52	10,94	0,22
1344,00*	8,00	96,00	97,30		97,33	0,000097	0,69	11,51	10,94	0,22
1343,00*	8,00	96,00	97,30		97,33	0,000097	0,69	11,51	10,94	0,22
1342,00*	8,00	96,00	97,30		97,33	0,000097	0,70	11,51	10,94	0,22
1341,00*	8,00	96,00	97,30		97,32	0,000097	0,70	11,51	10,94	0,22
1340,00*	8,00	96,00	97,30		97,32	0,000097	0,70	11,51	10,94	0,22
1339,00*	8,00	96,00	97,30		97,32	0,000097	0,70	11,50	10,94	0,22
1338,00*	8,00	96,00	97,30		97,32	0,000097	0,70	11,50	10,94	0,22
1337,00*	8,00	96,00	97,30		97,32	0,000097	0,70	11,50	10,95	0,22
1336,00*	8,00	96,00	97,29		97,32	0,000097	0,70	11,50	10,95	0,22
1335,00*	8,00	96,00	97,29		97,32	0,000097	0,70	11,50	10,95	0,22
1334,00*	8,00	96,00	97,29		97,32	0,000097	0,70	11,49	10,95	0,22
1333,00*	8,00	96,00	97,29		97,32	0,000097	0,70	11,49	10,95	0,22
1332,00*	8,00	96,00	97,29		97,32	0,000097	0,70	11,49	10,95	0,22
1331,00*	8,00	96,00	97,29		97,31	0,000097	0,70	11,49	10,95	0,22
1330,00*	8,00	96,00	97,29		97,31	0,000097	0,70	11,49	10,96	0,22
1329,00*	8,00	96,00	97,29		97,31	0,000098	0,70	11,48	10,96	0,22
1328,00*	8,00	96,00	97,29		97,31	0,000098	0,70	11,48	10,96	0,22
1327,00*	8,00	96,00	97,29		97,31	0,000098	0,70	11,48	10,96	0,22
1326,00*	8,00	96,00	97,28		97,31	0,000098	0,70	11,48	10,96	0,22
1325,00*	8,00	96,00	97,28		97,31	0,000098	0,70	11,48	10,96	0,22
1324,00*	8,00	96,00	97,28		97,31	0,000098	0,70	11,47	10,96	0,22
1323,00*	8,00	96,00	97,28		97,31	0,000098	0,70	11,47	10,96	0,22
1322,00*	8,00	96,00	97,28		97,31	0,000098	0,70	11,47	10,97	0,22
1321,00*	8,00	96,00	97,28		97,30	0,000098	0,70	11,47	10,97	0,22
1320,00*	8,00	96,00	97,28		97,30	0,000098	0,70	11,47	10,97	0,22
1319,00*	8,00	96,00	97,28		97,30	0,000098	0,70	11,46	10,97	0,22
1318,00*	8,00	96,00	97,28		97,30	0,000098	0,70	11,46	10,97	0,22
1317,00*	8,00	96,00	97,28		97,30	0,000098	0,70	11,46	10,98	0,22
1316,00*	8,00	96,00	97,28		97,30	0,000098	0,70	11,46	10,98	0,22
1315,00*	8,00	96,00	97,27		97,30	0,000099	0,70	11,46	10,98	0,22
1314,00*	8,00	96,00	97,27		97,30	0,000099	0,70	11,46	10,98	0,22
1313,00*	8,00	96,00	97,27		97,30	0,000099	0,70	11,45	10,98	0,22
1312,00*	8,00	96,00	97,27		97,30	0,000099	0,70	11,45	10,98	0,22
1311,00*	8,00	96,00	97,27		97,29	0,000099	0,70	11,45	10,99	0,22
1310,00*	8,00	96,00	97,27		97,29	0,000099	0,70	11,45	10,99	0,22
1309,00*	8,00	96,00	97,27		97,29	0,000099	0,70	11,45	11,01	0,22
1308,00*	8,00	96,00	97,27		97,29	0,000099	0,70	11,44	11,04	0,22
1307,00*	8,00	96,00	97,27		97,29	0,000099	0,70	11,44	11,06	0,22
1306,00*	8,00	96,00	97,27		97,29	0,000099	0,70	11,44	11,09	0,22
1305,00*	8,00	96,00	97,26		97,29	0,000099	0,70	11,44	11,12	0,22
1304,00*	8,00	96,00	97,26		97,29	0,000099	0,70	11,44	11,15	0,22
1303,00*	8,00	96,00	97,26		97,29	0,000099	0,70	11,44	11,18	0,22
1302,00*	8,00	96,00	97,26		97,29	0,000100	0,70	11,44	11,21	0,22
1301,00*	8,00	96,00	97,26		97,29	0,000100	0,70	11,44	11,24	0,22
1300,00*	8,00	96,00	97,26		97,28	0,000100	0,70	11,44	11,27	0,22
1299,00*	8,00	96,00	97,26		97,28	0,000100	0,70	11,45	11,30	0,22
1298,00*	8,00	96,00	97,26		97,28	0,000100	0,70	11,45	11,33	0,22
1297,00*	8,00	96,00	97,26		97,28	0,000100	0,70	11,45	11,36	0,22
1296,00*	8,00	96,00	97,26		97,28	0,000100	0,70	11,45	11,38	0,22
1295,00*	8,00	96,00	97,25		97,28	0,000100	0,70	11,45	11,41	0,22
1294,00*	8,00	96,00	97,25		97,28	0,000100	0,70	11,46	11,44	0,22
1293,00*	8,00	96,00	97,25		97,28	0,000100	0,70	11,46	11,47	0,22
1292,00*	8,00	96,00	97,25		97,28	0,000100	0,70	11,46	11,50	0,22
1291,00*	8,00	96,00	97,25		97,28	0,000100	0,70	11,47	11,53	0,22
1290,00*	8,00	96,00	97,25		97,27	0,000100	0,70	11,47	11,56	0,22
1289	8,00	96,00	97,25		97,27	0,000100	0,70	11,48	11,59	0,22
1275	8,00	96,00	97,07		97,11	0,000170	0,84	9,55	10,60	0,28

Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Grafica 33(CONTINUACION). Cuadro de resultados del HEC RAS.

1247	8,00	95,00	97,03		97,04	0,000026	0,46	17,51	11,02	0,12
1233	8,00	95,00	96,99		97,00	0,000032	0,50	16,14	10,25	0,13
1175	8,00	95,00	96,97		96,97	0,000018	0,38	20,95	13,26	0,10
1127	8,00	95,00	96,92		96,94	0,000048	0,58	13,77	9,22	0,15
1104	8,00	95,00	96,86		96,88	0,000056	0,62	12,88	8,83	0,16
1086	8,00	95,00	96,80		96,82	0,000058	0,62	12,88	9,24	0,17
1042	8,00	95,00	96,70		96,73	0,000108	0,80	10,00	7,00	0,21
1041,00*	8,00	95,00	96,70		96,73	0,000106	0,79	10,08	7,04	0,21
1040,00*	8,00	95,00	96,70		96,73	0,000103	0,79	10,16	7,09	0,21
1039,00*	8,00	95,00	96,70		96,73	0,000101	0,78	10,24	7,13	0,21
1038,00*	8,00	95,00	96,70		96,73	0,000099	0,78	10,32	7,18	0,21
1037,00*	8,00	95,00	96,70		96,73	0,000097	0,77	10,40	7,22	0,20
1036,00*	8,00	95,00	96,70		96,73	0,000096	0,76	10,48	7,27	0,20
1035,00*	8,00	95,00	96,70		96,73	0,000094	0,76	10,56	7,31	0,20
1034,00*	8,00	95,00	96,70		96,73	0,000092	0,75	10,64	7,36	0,20
1033,00*	8,00	95,00	96,70		96,73	0,000090	0,75	10,72	7,41	0,20
1032,00*	8,00	95,00	96,70		96,73	0,000089	0,74	10,80	7,45	0,20
1031,00*	8,00	95,00	96,70		96,72	0,000087	0,74	10,88	7,49	0,19
1030,00*	8,00	95,00	96,70		96,72	0,000086	0,73	10,97	7,54	0,19
1029,00*	8,00	95,00	96,70		96,72	0,000084	0,72	11,04	7,58	0,19
1028,00*	8,00	95,00	96,70		96,72	0,000083	0,72	11,12	7,63	0,19
1027,00*	8,00	95,00	96,69		96,72	0,000081	0,71	11,20	7,67	0,19
1026,00*	8,00	95,00	96,69		96,72	0,000080	0,71	11,28	7,71	0,19
1025,00*	8,00	95,00	96,69		96,72	0,000078	0,70	11,36	7,76	0,19
1024,00*	8,00	95,00	96,69		96,72	0,000077	0,70	11,44	7,80	0,18
1023,00*	8,00	95,00	96,69		96,72	0,000076	0,69	11,52	7,85	0,18
1022,00*	8,00	95,00	96,69		96,72	0,000075	0,69	11,60	7,89	0,18
1021,00*	8,00	95,00	96,69		96,72	0,000073	0,69	11,68	7,93	0,18
1020,00*	8,00	95,00	96,69		96,72	0,000072	0,68	11,76	7,97	0,18
1019,00*	8,00	95,00	96,69		96,71	0,000071	0,68	11,83	8,02	0,18
1018,00*	8,00	95,00	96,69		96,71	0,000070	0,67	11,91	8,06	0,18
1017,00*	8,00	95,00	96,69		96,71	0,000069	0,67	11,99	8,10	0,18
1016,00*	8,00	95,00	96,69		96,71	0,000068	0,66	12,07	8,14	0,17
1015,00*	8,00	95,00	96,69		96,71	0,000067	0,66	12,15	8,18	0,17
1014,00*	8,00	95,00	96,69		96,71	0,000066	0,65	12,22	8,23	0,17
1013,00*	8,00	95,00	96,69		96,71	0,000065	0,65	12,30	8,27	0,17
1012,00*	8,00	95,00	96,69		96,71	0,000064	0,65	12,38	8,31	0,17
1011,00*	8,00	95,00	96,69		96,71	0,000063	0,64	12,46	8,35	0,17
1010,00*	8,00	95,00	96,69		96,71	0,000062	0,64	12,53	8,39	0,17
1009,00*	8,00	95,00	96,69		96,71	0,000061	0,63	12,61	8,43	0,17
1008,00*	8,00	95,00	96,69		96,71	0,000060	0,63	12,69	8,47	0,16
1007,00*	8,00	95,00	96,69		96,71	0,000059	0,63	12,76	8,51	0,16
1006,00*	8,00	95,00	96,69		96,71	0,000058	0,62	12,84	8,55	0,16
1005,00*	8,00	95,00	96,69		96,71	0,000058	0,62	12,92	8,60	0,16
1004,00*	8,00	95,00	96,69		96,71	0,000057	0,62	12,99	8,64	0,16
1003,00*	8,00	95,00	96,69		96,70	0,000056	0,61	13,07	8,68	0,16
1002,00*	8,00	95,00	96,69		96,70	0,000055	0,61	13,14	8,72	0,16
1001,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000055	0,61	13,22	8,76	0,16
1000,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000054	0,60	13,30	8,79	0,16
999,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000053	0,60	13,37	8,83	0,16
998,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000052	0,59	13,45	8,87	0,15
997,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000052	0,59	13,52	8,91	0,15
996,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000051	0,59	13,60	8,95	0,15
995,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000051	0,59	13,67	8,99	0,15
994,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000050	0,58	13,75	9,03	0,15
993,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000049	0,58	13,82	9,07	0,15
992,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000049	0,58	13,90	9,10	0,15
991,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000048	0,57	13,97	9,14	0,15
990,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000048	0,57	14,04	9,18	0,15
989,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000047	0,57	14,12	9,22	0,15

Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Grafica 33(CONTINUACION). Cuadro de resultados del HEC RAS.

988,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000046	0,56	14,19	9,25	0,15
987,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000046	0,56	14,26	9,29	0,14
986,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000045	0,56	14,34	9,33	0,14
985,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000045	0,56	14,41	9,36	0,14
984,00*	8,00	95,00	96,68		96,70	0,000044	0,55	14,48	9,40	0,14
983	8,00	95,00	96,68		96,69	0,000044	0,55	14,56	9,44	0,14
937	8,00	95,00	96,50		96,60	0,000412	1,35	5,92	4,94	0,39
936,00*	8,00	95,00	96,50		96,59	0,000412	1,35	5,92	4,94	0,39
935,00*	8,00	95,00	96,49		96,59	0,000412	1,35	5,92	4,95	0,39
934,00*	8,00	95,00	96,49		96,58	0,000412	1,35	5,92	4,96	0,39
933,00*	8,00	95,00	96,49		96,58	0,000412	1,35	5,92	4,96	0,39
932,00*	8,00	95,00	96,48		96,57	0,000412	1,35	5,92	4,97	0,40
931,00*	8,00	95,00	96,48		96,57	0,000413	1,35	5,92	4,97	0,40
930,00*	8,00	95,00	96,47		96,57	0,000412	1,35	5,92	4,98	0,40
929,00*	8,00	95,00	96,47		96,56	0,000412	1,35	5,93	4,99	0,40
928,00*	8,00	95,00	96,47		96,56	0,000412	1,35	5,93	4,99	0,40
927,00*	8,00	95,00	96,46		96,55	0,000413	1,35	5,93	5,00	0,40
926,00*	8,00	95,00	96,46		96,55	0,000413	1,35	5,93	5,00	0,40
925,00*	8,00	95,00	96,45		96,55	0,000413	1,35	5,93	5,01	0,40
924,00*	8,00	95,00	96,45		96,54	0,000413	1,35	5,93	5,02	0,40
923,00*	8,00	95,00	96,44		96,54	0,000414	1,35	5,93	5,02	0,40
922,00*	8,00	95,00	96,44		96,53	0,000414	1,35	5,93	5,03	0,40
921,00*	8,00	95,00	96,44		96,53	0,000414	1,35	5,93	5,04	0,40
920,00*	8,00	95,00	96,43		96,53	0,000414	1,35	5,93	5,04	0,40
919,00*	8,00	95,00	96,43		96,52	0,000415	1,35	5,93	5,05	0,40
918,00*	8,00	95,00	96,42		96,52	0,000415	1,35	5,93	5,06	0,40
917,00*	8,00	95,00	96,42		96,51	0,000415	1,35	5,93	5,06	0,40
916,00*	8,00	95,00	96,42		96,51	0,000416	1,35	5,93	5,07	0,40
915,00*	8,00	95,00	96,41		96,50	0,000416	1,35	5,93	5,08	0,40
914,00*	8,00	95,00	96,41		96,50	0,000417	1,35	5,93	5,08	0,40
913,00*	8,00	95,00	96,40		96,50	0,000417	1,35	5,93	5,09	0,40
912,00*	8,00	95,00	96,40		96,49	0,000418	1,35	5,93	5,10	0,40
911,00*	8,00	95,00	96,40		96,49	0,000418	1,35	5,93	5,10	0,40
910,00*	8,00	95,00	96,39		96,48	0,000419	1,35	5,93	5,11	0,40
909,00*	8,00	95,00	96,39		96,48	0,000419	1,35	5,93	5,12	0,40
908,00*	8,00	95,00	96,38		96,48	0,000420	1,35	5,93	5,13	0,40
907,00*	8,00	95,00	96,38		96,47	0,000421	1,35	5,93	5,13	0,40
906,00*	8,00	95,00	96,37		96,47	0,000421	1,35	5,93	5,14	0,40
905,00*	8,00	95,00	96,37		96,46	0,000422	1,35	5,93	5,15	0,40
904,00*	8,00	95,00	96,37		96,46	0,000423	1,35	5,92	5,16	0,40
903,00*	8,00	95,00	96,36		96,45	0,000423	1,35	5,92	5,16	0,40
902,00*	8,00	95,00	96,36		96,45	0,000424	1,35	5,92	5,17	0,40
901,00*	8,00	95,00	96,35		96,45	0,000425	1,35	5,92	5,18	0,40
900,00*	8,00	95,00	96,35		96,44	0,000426	1,35	5,92	5,19	0,40
899,00*	8,00	95,00	96,34		96,44	0,000427	1,35	5,91	5,19	0,40
898,00*	8,00	95,00	96,34		96,43	0,000428	1,35	5,91	5,20	0,41
897,00*	8,00	95,00	96,34		96,43	0,000429	1,35	5,91	5,21	0,41
896,00*	8,00	95,00	96,33		96,42	0,000430	1,35	5,91	5,22	0,41
895,00*	8,00	95,00	96,33		96,42	0,000431	1,35	5,91	5,22	0,41
894,00*	8,00	95,00	96,32		96,42	0,000432	1,36	5,90	5,23	0,41
893,00*	8,00	95,00	96,32		96,41	0,000433	1,36	5,90	5,24	0,41
892,00*	8,00	95,00	96,31		96,41	0,000434	1,36	5,90	5,25	0,41
891,00*	8,00	95,00	96,31		96,40	0,000435	1,36	5,89	5,25	0,41
890,00*	8,00	95,00	96,30		96,40	0,000437	1,36	5,89	5,26	0,41
889,00*	8,00	95,00	96,30		96,39	0,000438	1,36	5,89	5,27	0,41
888,00*	8,00	95,00	96,30		96,39	0,000439	1,36	5,88	5,28	0,41
887,00*	8,00	95,00	96,29		96,39	0,000441	1,36	5,88	5,29	0,41
886,00*	8,00	95,00	96,29		96,38	0,000442	1,36	5,87	5,29	0,41
885,00*	8,00	95,00	96,28		96,38	0,000443	1,36	5,87	5,30	0,41
884,00*	8,00	95,00	96,28		96,37	0,000445	1,36	5,86	5,31	0,41

Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Grafica 33(CONTINUACION). Cuadro de resultados del HEC RAS.

883,00*	8,00	95,00	96,27		96,37	0,000447	1,37	5,86	5,32	0,42
882,00*	8,00	95,00	96,27		96,36	0,000448	1,37	5,86	5,33	0,42
881,00*	8,00	95,00	96,26		96,36	0,000450	1,37	5,85	5,33	0,42
880,00*	8,00	95,00	96,26		96,35	0,000452	1,37	5,85	5,34	0,42
879,00*	8,00	95,00	96,25		96,35	0,000454	1,37	5,84	5,35	0,42
878,00*	8,00	95,00	96,25		96,35	0,000456	1,37	5,83	5,36	0,42
877,00*	8,00	95,00	96,25		96,34	0,000458	1,37	5,83	5,37	0,42
876,00*	8,00	95,00	96,24		96,34	0,000460	1,37	5,82	5,37	0,42
875	8,00	95,00	96,24		96,33	0,000462	1,38	5,81	5,38	0,42
874,00*	8,00	95,00	96,23		96,33	0,000468	1,38	5,79	5,39	0,43
873,00*	8,00	95,00	96,23		96,32	0,000408	1,39	5,77	5,40	0,43
872,00*	8,00	95,00	96,22		96,32	0,000413	1,39	5,75	5,42	0,43
871,00*	8,00	95,00	96,22		96,32	0,000417	1,40	5,72	5,43	0,43
870,00*	8,00	95,00	96,21		96,31	0,000422	1,40	5,70	5,44	0,44
869,00*	8,00	95,00	96,21		96,31	0,000364	1,41	5,68	5,45	0,44
868,00*	8,00	95,00	96,20		96,30	0,000368	1,41	5,66	5,46	0,44
867,00*	8,00	95,00	96,20		96,30	0,000372	1,42	5,64	5,47	0,45
866,00*	8,00	95,00	96,19		96,30	0,000376	1,42	5,62	5,48	0,45
865,00*	8,00	95,00	96,19		96,29	0,000319	1,43	5,60	5,49	0,45
864,00*	8,00	95,00	96,19		96,29	0,000322	1,43	5,58	5,50	0,45
863,00*	8,00	95,00	96,18		96,29	0,000325	1,44	5,56	5,51	0,46
862,00*	8,00	95,00	96,18		96,28	0,000328	1,44	5,55	5,52	0,46
861,00*	8,00	95,00	96,17		96,28	0,000274	1,45	5,53	5,53	0,46
860,00*	8,00	95,00	96,17		96,28	0,000276	1,45	5,51	5,54	0,46
859,00*	8,00	95,00	96,17		96,28	0,000279	1,46	5,50	5,55	0,47
858,00*	8,00	95,00	96,17		96,27	0,000228	1,46	5,48	5,56	0,47
857,00*	8,00	95,00	96,16		96,27	0,000229	1,46	5,47	5,57	0,47
856,00*	8,00	95,00	96,16		96,27	0,000231	1,47	5,46	5,58	0,47
855,00*	8,00	95,00	96,16		96,27	0,000233	1,47	5,44	5,59	0,48
854,00*	8,00	95,00	96,15		96,27	0,000185	1,47	5,43	5,60	0,48
853,00*	8,00	95,00	96,15		96,26	0,000186	1,48	5,42	5,61	0,48
852,00*	8,00	95,00	96,15		96,26	0,000188	1,48	5,41	5,62	0,48
851,00*	8,00	95,00	96,15		96,26	0,000189	1,48	5,40	5,63	0,48
850,00*	8,00	95,00	96,15		96,26	0,000145	1,48	5,39	5,64	0,48
849,00*	8,00	95,00	96,14		96,26	0,000146	1,49	5,39	5,65	0,49
848,00*	8,00	95,00	96,14		96,26	0,000147	1,49	5,38	5,66	0,49
847,00*	8,00	95,00	96,14		96,25	0,000148	1,49	5,37	5,67	0,49
846,00*	8,00	95,00	96,14		96,25	0,000109	1,49	5,36	5,68	0,49
845,00*	8,00	95,00	96,14		96,25	0,000109	1,49	5,36	5,69	0,49
844,00*	8,00	95,00	96,14		96,25	0,000110	1,49	5,35	5,70	0,49
843,00*	8,00	95,00	96,14		96,25	0,000076	1,50	5,35	5,72	0,49
842,00*	8,00	95,00	96,14		96,25	0,000077	1,50	5,35	5,73	0,49
841,00*	8,00	95,00	96,13		96,25	0,000077	1,50	5,34	5,74	0,50
840,00*	8,00	95,00	96,13		96,25	0,000077	1,50	5,34	5,75	0,50
839,00*	8,00	95,00	96,13		96,25	0,000049	1,50	5,34	5,76	0,50
838,00*	8,00	95,00	96,13		96,25	0,000050	1,50	5,34	5,78	0,50
837,00*	8,00	95,00	96,13		96,25	0,000050	1,50	5,33	5,79	0,50
836,00*	8,00	95,00	96,13		96,25	0,000050	1,50	5,33	5,80	0,50
835,00*	8,00	95,00	96,13		96,25	0,000028	1,50	5,33	5,81	0,50
834,00*	8,00	95,00	96,13		96,25	0,000028	1,50	5,33	5,82	0,50
833,00*	8,00	95,00	96,13		96,25	0,000028	1,50	5,33	5,84	0,50
832,00*	8,00	95,00	96,13		96,25	0,000028	1,50	5,33	5,85	0,50
831,00*	8,00	95,00	96,13		96,24	0,000012	1,50	5,33	5,86	0,50
830,00*	8,00	95,00	96,13		96,24	0,000013	1,50	5,33	5,88	0,50
829,00*	8,00	95,00	96,13		96,24	0,000013	1,50	5,34	5,89	0,50
828,00*	8,00	95,00	96,13		96,24	0,000003	1,50	5,34	5,90	0,50
827,00*	8,00	95,00	96,13		96,24	0,000003	1,50	5,34	5,92	0,50
826,00*	8,00	95,00	96,13		96,24	0,000003	1,50	5,34	5,93	0,50
825,00*	8,00	95,00	96,13		96,24	0,000003	1,50	5,34	5,94	0,50
823	8,00	95,00	96,13		96,24	0,000000	1,50	5,35	5,97	0,50

Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Grafica 33 (CONTINUACION). Cuadro de resultados del HEC RAS.

818,36*	8,00	95,00	96,14		96,24	0,000003	1,46	5,49	6,06	0,49
816,81*	8,00	95,00	96,14		96,24	0,000003	1,44	5,54	6,09	0,48
815,26*	8,00	95,00	96,14		96,24	0,000003	1,43	5,59	6,12	0,48
813,71*	8,00	95,00	96,14		96,24	0,000003	1,42	5,64	6,15	0,47
812,17*	8,00	95,00	96,14		96,24	0,000003	1,41	5,69	6,18	0,47
810,62*	8,00	95,00	96,15		96,24	0,000003	1,40	5,73	6,21	0,46
809,07*	8,00	95,00	96,15		96,24	0,000010	1,38	5,78	6,24	0,46
807,52*	8,00	95,00	96,15		96,24	0,000010	1,37	5,83	6,27	0,45
805,98*	8,00	95,00	96,15		96,24	0,000010	1,36	5,87	6,30	0,45
804,43*	8,00	95,00	96,15		96,24	0,000010	1,35	5,92	6,33	0,45
802,88*	8,00	95,00	96,15		96,24	0,000009	1,34	5,96	6,36	0,44
801,33*	8,00	95,00	96,15		96,24	0,000009	1,33	6,01	6,39	0,44
799,79*	8,00	95,00	96,15		96,24	0,000020	1,32	6,06	6,42	0,43
798,24*	8,00	95,00	96,16		96,24	0,000020	1,31	6,10	6,44	0,43
796,69*	8,00	95,00	96,16		96,24	0,000020	1,30	6,14	6,47	0,43
795,14*	8,00	95,00	96,16		96,24	0,000019	1,29	6,19	6,50	0,42
793,60*	8,00	95,00	96,16		96,24	0,000019	1,28	6,23	6,53	0,42
792,05*	8,00	95,00	96,16		96,24	0,000019	1,27	6,28	6,56	0,42
790,50*	8,00	95,00	96,16		96,24	0,000033	1,27	6,32	6,59	0,41
788,95*	8,00	95,00	96,16		96,24	0,000032	1,26	6,37	6,62	0,41
787,40*	8,00	95,00	96,16		96,24	0,000032	1,25	6,41	6,65	0,41
785,86*	8,00	95,00	96,16		96,24	0,000031	1,24	6,45	6,67	0,40
784,31*	8,00	95,00	96,16		96,24	0,000031	1,23	6,50	6,70	0,40
782,76*	8,00	95,00	96,16		96,24	0,000030	1,22	6,54	6,73	0,40
781,21*	8,00	95,00	96,16		96,24	0,000046	1,22	6,58	6,76	0,39
779,67*	8,00	95,00	96,17		96,24	0,000045	1,21	6,62	6,79	0,39
778,12*	8,00	95,00	96,17		96,24	0,000045	1,20	6,66	6,82	0,39
776,57*	8,00	95,00	96,17		96,24	0,000044	1,19	6,70	6,84	0,38
775,02*	8,00	95,00	96,17		96,24	0,000043	1,19	6,75	6,87	0,38
773,48*	8,00	95,00	96,17		96,24	0,000043	1,18	6,79	6,90	0,38
771,93*	8,00	95,00	96,17		96,24	0,000061	1,17	6,83	6,93	0,38
770,38*	8,00	95,00	96,17		96,24	0,000060	1,16	6,87	6,96	0,37
768,83*	8,00	95,00	96,17		96,24	0,000059	1,16	6,91	6,98	0,37
767,29*	8,00	95,00	96,17		96,24	0,000058	1,15	6,95	7,01	0,37
765,74*	8,00	95,00	96,17		96,23	0,000057	1,14	6,99	7,04	0,37
764,19*	8,00	95,00	96,17		96,23	0,000057	1,14	7,03	7,07	0,36
762,64*	8,00	95,00	96,17		96,23	0,000076	1,13	7,07	7,09	0,36
761,10*	8,00	95,00	96,17		96,23	0,000075	1,13	7,11	7,12	0,36
759,55*	8,00	95,00	96,17		96,23	0,000074	1,12	7,14	7,15	0,36
758,00*	8,00	95,00	96,17		96,23	0,000073	1,11	7,18	7,18	0,36
756,45*	8,00	95,00	96,17		96,23	0,000072	1,11	7,22	7,20	0,35
754,90*	8,00	95,00	96,17		96,23	0,000071	1,10	7,26	7,23	0,35
753,36*	8,00	95,00	96,17		96,23	0,000092	1,10	7,30	7,26	0,35
751,81*	8,00	95,00	96,17		96,23	0,000091	1,09	7,33	7,29	0,35
750,26*	8,00	95,00	96,17		96,23	0,000090	1,09	7,37	7,32	0,35
748,71*	8,00	95,00	96,17		96,23	0,000089	1,08	7,40	7,34	0,34
747,17*	8,00	95,00	96,17		96,22	0,000088	1,07	7,44	7,37	0,34
745,62*	8,00	95,00	96,17		96,22	0,000087	1,07	7,48	7,40	0,34
744,07*	8,00	95,00	96,16		96,22	0,000109	1,06	7,51	7,43	0,34
742,52*	8,00	95,00	96,16		96,22	0,000108	1,06	7,55	7,45	0,34
740,98*	8,00	95,00	96,16		96,22	0,000106	1,05	7,58	7,48	0,33
739,43*	8,00	95,00	96,16		96,22	0,000105	1,05	7,62	7,51	0,33
737,88*	8,00	95,00	96,16		96,22	0,000104	1,05	7,65	7,54	0,33
736,33*	8,00	95,00	96,16		96,22	0,000103	1,04	7,69	7,56	0,33
734,79*	8,00	95,00	96,16		96,22	0,000126	1,04	7,72	7,59	0,33
733,24*	8,00	95,00	96,16		96,21	0,000125	1,03	7,76	7,62	0,33
731,69*	8,00	95,00	96,16		96,21	0,000124	1,03	7,79	7,64	0,33
730,14*	8,00	95,00	96,16		96,21	0,000122	1,02	7,82	7,67	0,32
728,60*	8,00	95,00	96,16		96,21	0,000121	1,02	7,85	7,70	0,32
727,05*	8,00	95,00	96,16		96,21	0,000120	1,01	7,89	7,73	0,32

Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Grafica 33(CONTINUACION). Cuadro de resultados del HEC RAS.

725,50*	8,00	95,00	96,16	96,21	0,000144	1,01	7,92	7,76	0,32
723,95*	8,00	95,00	96,16	96,21	0,000143	1,01	7,95	7,78	0,32
722,40*	8,00	95,00	96,15	96,21	0,000142	1,00	7,98	7,81	0,32
720,86*	8,00	95,00	96,15	96,20	0,000140	1,00	8,01	7,84	0,32
719,31*	8,00	95,00	96,15	96,20	0,000139	0,99	8,04	7,87	0,31
717,76*	8,00	95,00	96,15	96,20	0,000138	0,99	8,07	7,89	0,31
716,21*	8,00	95,00	96,15	96,20	0,000163	0,99	8,10	7,92	0,31
714,67*	8,00	95,00	96,15	96,20	0,000162	0,98	8,13	7,95	0,31
713,12*	8,00	95,00	96,15	96,20	0,000161	0,98	8,16	7,98	0,31
711,57*	8,00	95,00	96,15	96,19	0,000159	0,98	8,19	8,00	0,31
710,02*	8,00	95,00	96,14	96,19	0,000158	0,97	8,22	8,03	0,31
708,48*	8,00	95,00	96,14	96,19	0,000157	0,97	8,25	8,06	0,31
706,93*	8,00	95,00	96,14	96,19	0,000183	0,97	8,28	8,09	0,30
705,38*	8,00	95,00	96,14	96,19	0,000182	0,96	8,31	8,11	0,30
703,83*	8,00	95,00	96,14	96,19	0,000181	0,96	8,33	8,14	0,30
702,29*	8,00	95,00	96,14	96,18	0,000179	0,96	8,36	8,17	0,30
700,74*	8,00	95,00	96,14	96,18	0,000178	0,95	8,38	8,20	0,30
699,19*	8,00	95,00	96,13	96,18	0,000177	0,95	8,41	8,22	0,30
697,64*	8,00	95,00	96,13	96,18	0,000204	0,95	8,44	8,25	0,30
696,10*	8,00	95,00	96,13	96,18	0,000203	0,95	8,46	8,28	0,30
694,55*	8,00	95,00	96,13	96,17	0,000202	0,94	8,49	8,31	0,30
693	8,00	95,00	96,13	96,17	0,000201	0,94	8,51	8,33	0,30
468	8,00	95,00	95,88	95,96	0,000508	1,28	6,24	8,08	0,47
465,91*	8,00	94,98	95,88	95,96	0,000454	1,23	6,49	8,22	0,44
463,83*	8,00	94,96	95,88	95,95	0,000405	1,18	6,77	8,35	0,42
461,74*	8,00	94,94	95,88	95,95	0,000364	1,14	7,03	8,49	0,40
459,66*	8,00	94,92	95,89	95,95	0,000328	1,10	7,30	8,62	0,38
457,57*	8,00	94,89	95,89	95,94	0,000296	1,06	7,58	8,75	0,36
455,49*	8,00	94,87	95,89	95,94	0,000267	1,02	7,86	8,88	0,35
453,40*	8,00	94,85	95,89	95,94	0,000242	0,98	8,14	9,01	0,33
451,32*	8,00	94,83	95,89	95,94	0,000220	0,95	8,43	9,15	0,32
449,23*	8,00	94,81	95,89	95,93	0,000201	0,92	8,72	9,28	0,30
447,15*	8,00	94,79	95,89	95,93	0,000183	0,89	9,02	9,41	0,29
445,06*	8,00	94,77	95,89	95,93	0,000167	0,86	9,32	9,54	0,28
442,98*	8,00	94,74	95,89	95,93	0,000153	0,83	9,62	9,67	0,27
440,89*	8,00	94,72	95,89	95,93	0,000140	0,81	9,94	9,81	0,26
438,81*	8,00	94,70	95,89	95,93	0,000129	0,78	10,25	9,94	0,25
436,72*	8,00	94,68	95,89	95,92	0,000119	0,76	10,56	10,07	0,24
434,64*	8,00	94,66	95,90	95,92	0,000109	0,74	10,88	10,20	0,23
432,55*	8,00	94,64	95,90	95,92	0,000101	0,71	11,21	10,33	0,22
430,47*	8,00	94,62	95,90	95,92	0,000093	0,69	11,54	10,46	0,21
428,38*	8,00	94,60	95,90	95,92	0,000086	0,67	11,87	10,59	0,20
426,30*	8,00	94,57	95,90	95,92	0,000080	0,65	12,22	10,72	0,20
424,21*	8,00	94,55	95,90	95,92	0,000074	0,64	12,56	10,85	0,19
422,13*	8,00	94,53	95,90	95,92	0,000069	0,62	12,91	10,98	0,18
420,04*	8,00	94,51	95,90	95,92	0,000064	0,60	13,25	11,11	0,18
417,96*	8,00	94,49	95,90	95,92	0,000059	0,59	13,62	11,24	0,17
415,87*	8,00	94,47	95,90	95,92	0,000055	0,57	13,97	11,37	0,16
413,79*	8,00	94,45	95,90	95,92	0,000051	0,56	14,34	11,50	0,16
411,70*	8,00	94,43	95,90	95,91	0,000048	0,54	14,70	11,63	0,15
409,62*	8,00	94,40	95,90	95,91	0,000045	0,53	15,08	11,76	0,15
407,53*	8,00	94,38	95,90	95,91	0,000042	0,52	15,45	11,89	0,15
405,45*	8,00	94,36	95,90	95,91	0,000039	0,51	15,83	12,02	0,14
403,36*	8,00	94,34	95,90	95,91	0,000037	0,49	16,23	12,15	0,14
401,28*	8,00	94,32	95,90	95,91	0,000034	0,48	16,61	12,28	0,13
399,19*	8,00	94,30	95,90	95,91	0,000032	0,47	17,00	12,41	0,13
397,11*	8,00	94,28	95,90	95,91	0,000030	0,46	17,40	12,54	0,12
395,02*	8,00	94,26	95,90	95,91	0,000028	0,45	17,81	12,66	0,12
392,94*	8,00	94,23	95,90	95,91	0,000027	0,44	18,22	12,79	0,12
390,85*	8,00	94,21	95,90	95,91	0,000025	0,43	18,62	12,92	0,11

Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.

Grafica 33(CONTINUACION). Cuadro de resultados del HEC RAS.

388,77*	8,00	94,19	95,90		95,91	0,000024	0,42	19,05	13,05	0,11
386,68*	8,00	94,17	95,90		95,91	0,000022	0,41	19,47	13,18	0,11
384,60*	8,00	94,15	95,90		95,91	0,000021	0,40	19,89	13,31	0,11
382,51*	8,00	94,13	95,90		95,91	0,000020	0,39	20,32	13,44	0,10
380,43*	8,00	94,11	95,90		95,91	0,000019	0,39	20,76	13,57	0,10
378,34*	8,00	94,09	95,90		95,91	0,000018	0,38	21,19	13,69	0,10
376,26*	8,00	94,06	95,90		95,91	0,000017	0,37	21,63	13,82	0,09
374,17*	8,00	94,04	95,90		95,91	0,000016	0,36	22,07	13,95	0,09
372,09*	8,00	94,02	95,90		95,91	0,000015	0,36	22,53	14,08	0,09
370	8,00	94,00	95,90		95,91	0,000014	0,35	22,99	14,20	0,09
360,26*	8,00	94,04	95,90		95,91	0,000016	0,36	22,38	14,28	0,09
350,53*	8,00	94,07	95,90		95,91	0,000017	0,37	21,77	14,36	0,10
340,79*	8,00	94,11	95,90		95,91	0,000019	0,38	21,19	14,45	0,10
331,05*	8,00	94,14	95,90		95,91	0,000020	0,39	20,61	14,55	0,10
321,32*	8,00	94,18	95,90		95,91	0,000022	0,40	20,03	14,65	0,11
311,58*	8,00	94,22	95,90		95,91	0,000025	0,41	19,47	14,75	0,11
301,84*	8,00	94,25	95,90		95,91	0,000028	0,42	18,93	14,97	0,12
292,11*	8,00	94,29	95,90		95,91	0,000031	0,44	18,39	15,08	0,13
282,37*	8,00	94,32	95,90		95,91	0,000034	0,45	17,87	15,19	0,13
272,63*	8,00	94,36	95,90		95,91	0,000038	0,46	17,34	15,29	0,14
262,89*	8,00	94,40	95,90		95,91	0,000042	0,48	16,84	15,38	0,14
253,16*	8,00	94,43	95,89		95,91	0,000046	0,49	16,35	15,48	0,15
243,42*	8,00	94,47	95,89		95,91	0,000051	0,50	15,86	15,57	0,16
233,68*	8,00	94,51	95,89		95,91	0,000057	0,52	15,39	15,66	0,17
223,95*	8,00	94,54	95,89		95,90	0,000063	0,54	14,93	15,75	0,18
214,21*	8,00	94,58	95,89		95,90	0,000071	0,55	14,48	15,84	0,18
204,47*	8,00	94,61	95,89		95,90	0,000079	0,57	14,04	15,93	0,19
194,74*	8,00	94,65	95,89		95,90	0,000088	0,59	13,61	16,01	0,20
185,00*	8,00	94,68	95,88		95,90	0,000098	0,61	13,19	16,09	0,21
175,26*	8,00	94,72	95,88		95,90	0,000109	0,63	12,78	16,17	0,22
165,53*	8,00	94,76	95,88		95,90	0,000122	0,65	12,37	16,25	0,24
155,79*	8,00	94,79	95,88		95,90	0,000137	0,67	11,98	16,33	0,25
146,05*	8,00	94,83	95,87		95,90	0,000153	0,69	11,59	16,40	0,26
136,32*	8,00	94,87	95,87		95,90	0,000172	0,71	11,21	16,47	0,28
126,58*	8,00	94,90	95,87		95,89	0,000193	0,74	10,85	16,54	0,29
116,84*	8,00	94,94	95,86		95,89	0,000217	0,76	10,48	16,61	0,31
107,11*	8,00	94,97	95,86		95,89	0,000245	0,79	10,12	16,67	0,32
97,37*	8,00	95,01	95,85		95,89	0,000277	0,82	9,77	16,74	0,34
87,63*	8,00	95,05	95,85		95,89	0,000315	0,85	9,41	16,79	0,36
77,89*	8,00	95,08	95,84		95,88	0,000358	0,88	9,06	16,85	0,38
68,16*	8,00	95,12	95,84		95,88	0,000410	0,92	8,71	16,90	0,41
58,42*	8,00	95,15	95,83		95,87	0,000471	0,96	8,36	16,95	0,43
48,68*	8,00	95,19	95,82		95,87	0,000547	1,00	8,00	16,99	0,47
38,95*	8,00	95,23	95,81		95,86	0,000643	1,05	7,63	17,03	0,50
29,21*	8,00	95,26	95,80		95,86	0,000774	1,11	7,22	17,06	0,54
19,47*	8,00	95,30	95,78		95,85	0,000956	1,18	6,77	17,07	0,60
9,74*	8,00	95,33	95,76	95,67	95,84	0,001279	1,29	6,20	17,06	0,68
0	8,00	95,37	95,68	95,68	95,82	0,003004	1,67	4,78	16,89	1,01

Fuente: Elaboración propia del HEC RAS.