

## **Maestría en Ingeniería Civil**

**Análisis comparativo de la modelación hidráulica entre HEC-RAS y CCHE-2D, aplicado a un cauce aluvial. Caso estudio: río Suarez (Boyacá).**

**Edrey Zuleyma Ardila Giraldo**

**Bogotá D.C 10 de Junio de 2015**

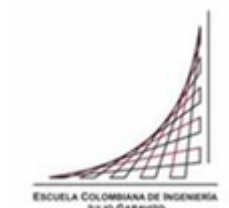


**Análisis comparativo de la modelación hidráulica entre HEC-RAS y CCHE-2D, aplicado a un cauce aluvial. Caso estudio: río Suarez (Boyacá).**

**Tesis para optar al título de Magíster en Ingeniería, con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente**

**MSc, Ph.D., Germán Ricardo Santos Granados  
Director**

**Bogotá D.C 10 de Junio de 2015**



La tesis de maestría titulada “Análisis comparativo de la modelación hidráulica entre HEC-RAS y CCHE-2D, aplicado a un cauce aluvial. Caso estudio: río Suarez (Boyacá).”, presentada por Edrey Zuleyma Ardila Giraldo, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente

Director de la tesis  
Germán Ricardo Santos Granados

Jurado  
Alfonso Rodríguez

Jurado  
Miguel Ángel Laverde Barajas

Bogotá D.C., 06 de Junio de 2015.

## **Dedicatoria**

A Dios, fuente de amor y sabiduría, quien siempre ha guiado mis pasos y ha reorientado mi vida cuando ha sido necesario. Me ha enseñado a enfrentar las adversidades, a sobrellevar mis angustias, a entender que después de la tempestad siempre vendrá la calma y que todos los momentos difíciles siempre te dejan enseñanzas.

A mis padres, por su apoyo incondicional y permanente motivación en la perseverancia de mis sueños. Forjadores de todo lo que soy como persona, mis valores, principios, carácter y constancia.

A mi hija Valentina, quien es la persona a la que más he sacrificado con mis largos periodos de ausencia, pero que en realidad es quien le añade energía y sentido a mi vida. Agradezco enormemente tu comprensión, sin ti esto hubiera sido posible, eres el gran amor de mi vida.

A mis familiares y amigos más cercanos, por sus sonrisas y palabras de valor y grandeza.

## **Agradecimientos**

A los funcionarios de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), que me apoyaron en la consolidación de la información pertinente, para el desarrollo del presente trabajo de grado.

A mi director de tesis Dr. Germán Santos, por su valiosa orientación y consejos, en especial por brindarme su disponibilidad y paciencia, ante las acaloradas discusiones las cuales siempre redundaron en beneficio del entendimiento y crecimiento profesional; de igual manera les agradezco a mis profesores del postgrado que contribuyeron con su conocimiento y experiencia.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>1. OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.3. METODOLOGÍA.....	16
1.3.1. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	16
1.3.2. MODELACIÓN HIDRÁULICA.....	17
1.3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	17
1.4. ALCANCE.....	17
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2. ELECCIÓN DE LOS MODELOS.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3. MODELO HEC-RAS .....</b>	<b>27</b>
2.3.1. CAPACIDADES Y LIMITACIONES .....	29
2.3.2. APLICACIONES.....	30
2.3.3. ECUACIONES GOBERNANTES Y MÉTODOS DE SOLUCIÓN.....	32
<b>2.4. MODELO CCHE2D .....</b>	<b>37</b>
2.4.1. CAPACIDADES Y LIMITACIONES .....	38
2.4.2. APLICACIONES.....	39
2.4.3. ECUACIONES GOBERNANTES Y MÉTODOS DE SOLUCIÓN.....	40
2.4.4. MODELO NUMÉRICO .....	43
<b>3. ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>46</b>
<b>3.1. LOCALIZACIÓN .....</b>	<b>46</b>
<b>3.2. HIDROGRAFÍA .....</b>	<b>47</b>
3.2.1. INVENTARIO HÍDRICO DE LA SUB-CUENCA RIO ALTO SUAREZ.....	47
<b>3.3. HIDROLOGÍA .....</b>	<b>48</b>
3.3.1. ESTACIONES HIDROMETEREOLÓGICAS.....	48
3.3.2. PRECIPITACIÓN.....	48
3.3.3. CAUDALES .....	50
3.3.4. OFERTA HÍDRICA DE LA SUB-CUENCA DEL RÍO ALTO SUAREZ .....	51
<b>3.4. HIDROGEOLOGÍA.....</b>	<b>52</b>
<b>3.5. HIDROMETRÍA .....</b>	<b>52</b>
3.5.1. LONGITUD DEL CAUCE EN EL TRAMO DE ESTUDIO.....	52
3.5.2. SINUOSIDAD DEL CAUCE EN EL TRAMO DE ESTUDIO .....	52
<b>3.6. FENÓMENO DE LA NIÑA EN COLOMBIA (2010 – 2011) .....</b>	<b>54</b>
<b>3.7. MONITOREO DE ZONAS INUNDADAS EN CUNDINAMARCA .....</b>	<b>55</b>
<b>4. MODELACIÓN HIDRÁULICA EN HEC-RAS .....</b>	<b>57</b>

<b>4.1. GEOMETRÍA DEL TRAMO DE ESTUDIO</b> .....	<b>57</b>
<b>4.2. SIMULACIÓN EN CONDICIONES PERMANENTES (CAUDALES BAJOS Y ALTOS LEIDOS EN CAMPO)</b> .....	<b>58</b>
4.2.1. CONDICIONES DE FRONTERA .....	58
4.2.2. SELECCIÓN DE LA RUGOSIDAD “N” DE MANNING .....	59
4.2.3. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES EN RÉGIMEN PERMANENTE PARA CAUDALES BAJOS Y ALTOS	60
<b>4.3. SIMULACIÓN EN CONDICIONES PERMANENTES DE DISEÑO (QTR)</b> .....	<b>63</b>
4.3.1. CONDICIONES DE FRONTERA .....	63
4.3.2. DATOS DE ENTRADA .....	64
4.3.3. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES EN RÉGIMEN PERMANENTE PARA QTR.....	64
<b>4.4. SIMULACIÓN EN CONDICIONES DE AVENIDA</b> .....	<b>68</b>
4.4.1. CONDICIONES DE FRONTERA .....	68
4.4.2. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO DE TIEMPO $\Delta T$ .....	69
4.4.3. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN EN RÉGIMEN NO PERMANENTE .....	70
4.4.4. MANCHA INUNDABLE DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	74
<b>4.5. SENSIBILIDAD DEL MODELO</b> .....	<b>76</b>
4.5.1. SENSIBILIDAD AL ESPACIAMIENTO ENTRE SECCIONES $\Delta X$ .....	76
4.5.2. SENSIBILIDAD A LA RUGOSIDAD “N” .....	78
<b>5. MODELACIÓN HIDRÁULICA EN CCHE2D</b> .....	<b>80</b>
<b>5.1. GEOMETRÍA DEL CAUCE EN CCHE2D</b> .....	<b>80</b>
5.1.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN BATIMÉTRICA .....	80
5.1.2. CREACIÓN DE LA MALLA COMPUTACIONAL .....	81
5.1.3. EVALUACIÓN BATIMÉTRICA DE LA MALLA COMPUTACIONAL .....	82
5.1.4. INTERPOLACIÓN DEL LECHO.....	84
5.1.5. CONDICIONES DE ENTRADA DEL MODELO .....	85
<b>5.2. SIMULACIÓN EN CONDICIONES PERMANENTES (CAUDALES BAJOS Y ALTOS LEIDOS EN CAMPO)</b> .....	<b>88</b>
5.2.1. CONDICIONES DE FRONTERA .....	88
5.2.2. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES EN RÉGIMEN PERMANENTE PARA CAUDALES BAJOS Y ALTOS	88
<b>5.3. SIMULACIÓN EN CONDICIONES PERMANENTES DE DISEÑO (QTR)</b> .....	<b>89</b>
5.3.1. CONDICIONES DE FRONTERA .....	89
5.3.2. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES EN RÉGIMEN PERMANENTE PARA QTR.....	90
<b>5.4. SIMULACIÓN EN CONDICIONES DE AVENIDA HISTÓRICA</b> .....	<b>92</b>
5.4.1. CONDICIONES DE FRONTERA .....	92
5.4.2. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES EN RÉGIMEN NO PERMANENTE .....	93
5.4.3. MANCHA INUNDABLE DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	95
<b>5.5. SENSIBILIDAD DEL MODELO</b> .....	<b>96</b>
5.5.1. TAMAÑO DE CELDA .....	96
5.5.2. SENSIBILIDAD A LA RUGOSIDAD “N” .....	97

<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES.....</b>	<b>99</b>
<b>6.1.</b>	<b>CONDICIONES PERMANENTES CAUDALES BAJOS Y ALTOS.....</b>	<b>99</b>
<b>6.2.</b>	<b>CONDICIONES PERMANENTES CONDICIONES DE DISEÑO .....</b>	<b>101</b>
<b>6.3.</b>	<b>CONDICIONES DE AVENIDA .....</b>	<b>102</b>
6.3.1.	PUNTOS DE MONITOREO .....	102
6.3.2.	LÁMINAS DE AGUA RECREADAS POR LOS MODELOS .....	102
6.3.3.	COMPARACIÓN VARIABLES HIDRÁULICAS .....	105
6.3.4.	SELECCIÓN DEL MEJOR MODELO DESDE EL PUNTO DE VISTA OPERATIVO PARA ANALIZAR EL TRÁNSITO DE UNA CRECIENTE .....	106
<b>6.4.</b>	<b>CAPACIDADES Y LIMITACIONES DE LOS MODELOS HEC-RAS Y CCHE2D</b>	<b>109</b>
<b>6.5.</b>	<b>SENSIBILIDAD DE LOS MODELOS HECRAS Y CCHE2D .....</b>	<b>113</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>115</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>117</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>120</b>



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Modelos Hidrodinámicos Unidimensionales (Continua) .....	22
Tabla 2. Modelos Hidrodinámicos Bidimensionales (Continua) .....	24
Tabla 3. Inventario y jerarquización de cauces.....	47
Tabla 4. Estaciones hidrométricas CAR localizadas.....	48
Tabla 5. Oferta hídrica estimada en la sub-cuenca.....	51
Tabla 6. Coordenadas del tramo de estudio .....	53
Tabla 7. Datos de caudal .....	59
Tabla 8. Análisis de frecuencia .....	63
Tabla 9. Datos de entrada HEC-RAS para condiciones de diseño.....	64
Tabla 10. Indicadores de evaluación de mallas.....	81
Tabla 11. Indicadores de la malla numérica.....	82
Tabla 12. Resultados de la evaluación de la malla computacional.....	83
Tabla 13. Condiciones de entrada del modelo CCHE2D. Nivel inicial del agua. ....	86
Tabla 14. Condiciones de entrada del modelo CCHE2D. Rugosidades. ....	87
Tabla 15. Condiciones de frontera régimen permanente caudales bajos y altos.....	88
Tabla 16. Condiciones de frontera caudales de diseño (QTr) .....	90
Tabla 17. Condiciones de frontera para la simulación de la avenida.....	92
Tabla 18. Condiciones iniciales para el análisis del tamaño de celda.....	96
Tabla 19. Valores del parámetro de entrada rugosidad.....	97
Tabla 20. Secciones de monitoreo .....	99
Tabla 22. Secciones de monitoreo. Laminas recreadas por los modelos.....	102
Tabla 23. Resultados variables hidráulicas en HECRAS .....	105
Tabla 24. Resultados variables hidráulicas en CCHE2D .....	105
Tabla 25. Matriz de comparación multicriterios. Porcentajes de importancia.....	109
Tabla 26. Capacidades y limitaciones identificadas de los modelos HEC-RAS y CCHE2D .....	110

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Interfaz gráfica del modelo HEC-RAS 4.1.....	28
Figura 2. Energía entre dos secciones de cálculo.....	32
Figura 3. Capacidad de conducción en una sección transversal .....	34
Figura 4. Evaluación de la energía cinética en un canal .....	34
Figura 5. Curva de energía total vs Elevación de la lámina de agua.....	36
Figura 6. Representación de las variables de la ecuación de cantidad de movimiento .....	37
Figura 7. Resultados gráficos.....	43
Figura 8. Interfaz Mesh .....	44
Figura 9. Interfaz CCHE-GUI.....	45
Figura 10. Cuenca Río Alto Suarez-Tramo de Estudio.....	46
Figura 11. Río Suarez.....	47
Figura 12. Histograma de precipitación media mensual Est. Esclusa Tolón .....	49
Figura 13. Histograma de precipitación media mensual Est. Esclusa Merchán.....	49
Figura 14. Variación del caudal en el tiempo-Estación Garavito (1991-2012) .....	50
Figura 15. Distribución mensual de caudales .....	51
Figura 16. Perfil longitudinal del cauce .....	53
Figura 17. Inundación Río Suarez abril 2011 .....	54
Figura 18. Zona central priorizada por inundaciones fenómeno de la niña 2010-2011 .....	55
Figura 19. Zona de inundación interpretada del 10 al 19 de diciembre de 2011 .....	56
Figura 20. Importación de la geometría del cauce en HEC-RAS .....	58
Figura 21. Imágenes aéreas del tramo de estudio .....	59
Figura 22. Perfil de flujo $Q= 4.25 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	60
Figura 23. Perfil de flujo $Q= 5.49 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	61
Figura 24. Perfil de flujo $Q= 28.42 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	61
Figura 25. Perfil de flujo $Q= 40.06 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	62
Figura 26. Perfil de flujo $Q= 103.60 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	62
Figura 27. Perfil de flujo $Q_{Tr_{2.5}} = 73.5 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	65
Figura 28. Perfil de flujo $Q_{Tr_5} = 93.5 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	65
Figura 29. Perfil de flujo $Q_{Tr_{10}} = 109.9 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	66
Figura 30. Perfil de flujo $Q_{Tr_{20}} = 124.3 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	66
Figura 31. Perfil de flujo $Q_{Tr_{50}} = 141.6 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	67
Figura 32. Perfil de flujo $Q_{Tr_{100}} = 153.8 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	67
Figura 33. Hidrograma –condición de frontera aguas arriba.....	68
Figura 34. Curva de calibración 2011- condición de frontera aguas abajo.....	69
Figura 35. Hidrogramas aguas arriba (Estación 3631.407) .....	70
Figura 36. Hidrogramas aguas abajo (Estación 198.887) .....	71

Figura 37. Nivel máximo representado en HECRAS. Imagen en 3D .....	71
Figura 38. Niveles máximos evento de creciente. Modelo HECRAS .....	72
Figura 39. Mapa mancha inundable evento diciembre 16 de 2011 .....	75
Figura 40. Sensibilidad del modelo HECRAS al $\Delta X$ entre secciones .....	77
Figura 41. Sensibilidad del modelo a la rugosidad.....	78
Figura 42. Archivo secciones transversales extensión .mesh_mcs.....	80
Figura 43. Esquema en 3D de la malla computacional .....	84
Figura 44. Malla interpolada por triangulación .....	85
Figura 45. Resultado de la inclusión de las condiciones de entrada CCHE2D .....	87
Figura 46. Perfil de flujo $Q= 5.49 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	88
Figura 47. Perfil de flujo $Q= 28.42 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	89
Figura 48. Perfil de flujo $Q= 40.06 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	89
Figura 49. Perfil de flujo $Q= 103.60 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	89
Figura 50. Perfil de flujo $Q_{Tr2.5} = 73.5 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	90
Figura 51. Perfil de flujo $Q_{Tr5} = 93.5 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	91
Figura 52. Perfil de flujo $Q_{Tr10} = 109.9 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	91
Figura 53. Perfil de flujo $Q_{Tr20} = 124.3 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	91
Figura 54. Perfil de flujo $Q_{Tr50} = 141.6 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	92
Figura 55. Perfil de flujo $Q_{Tr100} = 153.8 \text{ m}^3/\text{seg}$ .....	92
Figura 56. Niveles de lámina de agua en CCHE2D tramo de estudio.....	93
Figura 57. Sensibilidad del modelo CCHE2D al tamaño de celda. ....	96
Figura 58. Sensibilidad del modelo a la rugosidad.....	97
Figura 59. Láminas de agua HECRAS y CCHE2D sección 229 .....	103
Figura 60. Láminas de agua HECRAS y CCHE2D sección 234 .....	103
Figura 61. Láminas de agua HECRAS y CCHE2D sección 242 .....	104
Figura 62. Láminas de agua HECRAS y CCHE2D sección 253 .....	104
Figura 63. Láminas de agua HECRAS y CCHE2D sección 263 .....	104
Figura 64. Resumen de los resultados de las variables hidráulicas .....	106
Figura 65. Esquema jerárquico del problema .....	108
Figura 66. Mapa resultados evento de inundación HECRAS y CCHE2D.....	112
Figura 67. Resultados comparación sensibilidad de los modelos a la rugosidad.....	113
Figura 68. Resultados comparación sensibilidad de los modelos al espaciamiento .....	114

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO 1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA MALLA EN CCHE2D .....	121
ANEXO 2. GUÍA RÁPIDA DE USO DEL PROGRAMA CCHE-2D .....	161

## INTRODUCCIÓN

En la última década, América ha sido catalogada como el segundo continente más afectado por los desastres naturales, donde los eventos continuos de lluvias e inundaciones tuvieron una ocurrencia del 39% y una incidencia en el 82%, del total de la población afectada por otros fenómenos como: terremotos, movimientos sísmicos, presencia de altas temperaturas y erupciones volcánicas, según cifras publicadas por la Base de Datos de Eventos de Emergencia (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – CRED, 2011)

En Colombia el fenómeno de la Niña generó las máximas precipitaciones e inundaciones registradas históricamente durante los años 2010 y 2011, sufriendo sus efectos el 8% de población nacional (IBÁÑEZ, 2011). Con base en el informe Análisis del Riesgo de Desastres en Colombia, presentado por el Banco Mundial de Desarrollo en 2012, el incremento en la ocurrencia de eventos desastrosos ha aumentado de manera considerable, pasando de 5.657 registros entre 1970 y 1979, a 9.270 entre 2000 y 2009, donde el 28% de la población actualmente se encuentra en nivel de exposición de riesgo alto (BANCO MUNDIAL DE DESARROLLO, 2012).

La subcuenca del Río Alto Suarez conformada en un 55% por el municipio de Saboyá, se caracteriza porque la precipitación es influenciada por los desplazamientos de la zona de confluencia Intertropical, la cual genera temporadas de lluvias abundantes habitualmente entre marzo y mayo, y entre septiembre y noviembre; estas temporadas varían de acuerdo con los efectos de cambios en el clima, especialmente por los fenómenos del Niño y la Niña (UNION TEMPORAL AUDICON AMBIOTEC, 2006).

La problemática que exhibe la subcuenca del Río Alto Suarez, se enmarca en la magnitud de los eventos de origen natural, donde el principal proceso morfodinámico lo constituyen las inundaciones, que ocasionan el desbordamiento del agua fuera del canal natural, a causa de las fallas que se presentan en los diques en zonas de vulnerabilidad o por el incremento del agua contenida, cubriendo las llanuras lacustres. Tales procesos afectan las estructuras de contención, los cultivos, las viviendas y las vías de comunicación, siendo este el mayor factor de amenaza por procesos naturales para la población (UNION TEMPORAL AUDICON AMBIOTEC, 2006).

El monitoreo de zonas anegables derivadas del fenómeno de La Niña durante el periodo 2010-2011, permitió priorizar las zonas inundadas mediante imágenes de radar, resaltando en la región central del país, el sistema lagunar Fúquene – Río Suarez. De los resultados obtenidos y consolidados en los reportes elaborados por

el Instituto Geográfico, durante el año 2011 se presentaron las mayores afectaciones por inundaciones en el río Suarez, entre las estaciones limnimétricas Puente Merchán y Garavito (GOMEZ GUZMAN, 2012). El 20 de mayo de 2011, el río Suarez se desbordó en el tramo conformado por los municipios de Boyacá, ocasionando la inundación de las poblaciones adyacentes, dejando 679 familias damnificadas y cerca de 8000 cabezas de ganado ahogadas (SEMANA, 2011).

La comprensión del comportamiento hidráulico de un río durante el transcurso de una avenida, se convierte en un aspecto fundamental en la solución de un gran número de problemas de ingeniería hidráulica y dinámica fluvial (ARAPA, 2009), los cuales inciden en forma directa en los riesgos inminentes que enfrenta la población circundante a los cauces naturales, (IBAÑEZ, 2011) por los eventos extraordinarios de lluvia que deben superar en tiempos de invierno. La planificación de las intervenciones antrópicas en el ambiente fluvial, es uno de los retos que hoy por hoy, se han traducido en la necesidad de crear e implementar programas que propendan por el análisis y conocimiento de los procesos físicos, que se generan en los sistemas fluviales (POSADA et al, 2005).

Muchos esfuerzos de diversos autores, organizaciones públicas y privadas, universidades, institutos y gobiernos entre otros, se han concentrados para desarrollar teorías y herramientas que representen de la mejor manera el comportamiento de los ríos aluviales. Existen en la actualidad numerosos programas para modelar las condiciones hidráulicas y morfológicas en los ríos, los cuales varían según el grado complejidad y confiabilidad. Los programas para modelación pueden clasificarse según los métodos numéricos que emplean, las dimensiones de análisis del dominio y el cálculo de las variables incógnita, desarrollándose muchos de los programas para aplicaciones específicas (INGEOMINAS , 2005).

Aunque los modelos numéricos se han convertido en una herramienta versátil en el desarrollo de cálculos complejos en menor tiempo, se hace importante reconocer que el conocimiento científico formal se cimienta sobre hipótesis y juicios, que inherentemente tienen un gran componente de incertidumbre, el cual puede ser expresado inicialmente por medio de un análisis de sensibilidad basado únicamente en información secundaria (PEDROZO et al, 2011).

Dado a que en Colombia es ampliamente aplicado el programa HEC-RAS para determinar el comportamiento de los sistemas fluviales, tratándose este de un software unidimensional, el objetivo del presente documento se centra en el análisis comparativo entre dicho programa y el CCHE2D, a través del cual también se realiza el análisis hidráulico, pero bajo el contexto bidimensional. La finalidad del estudio es comparar los resultados obtenidos en 1D y 2D del análisis del comportamiento hidráulico de un cauce aluvial en un mismo tramo fluvial, con el

propósito de analizar similitudes y diferencias significativas, evaluar las capacidades, limitaciones y aplicabilidad entre ambos esquemas de solución.

Este documento contiene en el capítulo 1 la introducción del tema, los objetivos del análisis comparativo, la metodología y el alcance del trabajo desarrollado. En el capítulo 2 describe la caracterización de los esquemas numéricos de solución empleados; el capítulo 3 contiene la descripción de la zona de estudio en términos de localización y condiciones hidrológicas, oferta hídrica y geológicas. En los capítulos cuarto y quinto se desarrolla la modelación hidráulica en los programas HEC-RAS y CCHE2D, con el análisis de resultados entre los mismos en el capítulo 6. Las conclusiones respectivas del trabajo fueron consolidadas en el capítulo 7.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar el análisis comparativo entre los modelos numéricos HEC-RAS y CCHE-2D mediante la modelación hidráulica, aplicado sobre el Río Suárez en el tramo comprendido entre las abscisas K23+241 -K26+597, localizado en el municipio de Saboyá-Boyacá.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar los esquemas numéricos de solución empleados por los modelos HECRAS Y CCHE2D.
- Simular el patrón de flujo del tramo de estudio, con el empleo de los modelos matemáticos HECRAS y CCHE-2D, teniendo en cuenta la información secundaria recolectada.
- Determinar la influencia de los parámetros de sensibilidad en los modelos 1D y 2D, aplicados a la zona de estudio.
- Evaluar el comportamiento hidráulico de los modelos 1D y 2D ante condiciones permanentes y condiciones de avenidas.
- Elaborar guía rápida de aplicación del programa CCHE2D para flujo permanente y no permanente, con base en la información magnética consolidada.

### **1.3. METODOLOGÍA**

Para alcanzar los objetivos propuestos se llevó a cabo la siguiente metodología:

#### **1.3.1. Revisión de la literatura**

- Se realizó la recopilación y análisis de la información pertinente como estudios topográficos, Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA Río Alto Suarez), información Hidrometereológica de la Corporación



Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR, con el objeto de tener un mayor conocimiento acerca de la zona interés. Adicionalmente se revisaron diferentes investigaciones que se han llevado a cabo con cada uno de los modelos numéricos, con el fin de identificar algunas características y aplicaciones.

- Se llevó a cabo el estudio del funcionamiento numérico de cada uno de los modelos matemáticos, identificando las ecuaciones de gobierno, metodología de cálculo, capacidades, limitaciones, aplicaciones, condiciones de frontera e información de entrada.

### **1.3.2. Modelación hidráulica**

El tramo de estudio comprendido entre las abscisas K23+241-K26+597 correspondientes a 3.36 Km de longitud, fue analizado mediante los modelos HEC-RAS y CCHE2D, con base en la información recolectada de las estaciones Limnimétricas convencional y satelital Puente Merchán. Con base en lo anterior, se llevó a cabo en cada uno de los modelos las respectivas simulaciones y el análisis de sensibilidad de las variables.

Cada uno de los archivos generados para llevar a cabo las simulaciones en el modelo CCHE2D, fueron empleados como información base para el desarrollo de la guía rápida de aplicación del mismo.

### **1.3.3. Análisis de resultados y conclusiones**

Con base en los resultados obtenidos de cada una de las simulaciones desde el contexto hidráulico, se llevó a cabo la revisión operativa de los modelos, con el objetivo de identificar las capacidades, limitaciones, similitudes y diferencias.

## **1.4. ALCANCE**

La informaciónn secundaria pertinente, corresponde al estudio topográfico existente de la zona, suministrada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR, los registros de niveles y caudales de la estación limnimétrica Puente Merchán y el documento Estudio de Diagnóstico, Prospectiva y Formulación para la Cuenca Hidrográfica de los Ríos Ubaté-Suarez (Departamento de Cundinamarca), Informe de la Fase de Diagnóstico Cuenca Río Alto Suarez, elaborado a través del Contrato de Consultoría No. 800 de 2005 por la Unión Temporal AUDICON AMBIOTEC.

La finalidad del estudio es comparar los resultados obtenidos en 1D y 2D del análisis operativo de los modelos hidráulicos de un cauce aluvial en un mismo tramo fluvial, con el propósito de analizar similitudes y diferencias significativas, evaluar las capacidades, limitaciones y aplicabilidad entre ambos esquemas de solución.

Sumado a lo anterior, se realizara una guía rápida para flujo permanente y no permanente del software CCHE2D.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES

Los objetivos de la simulación son el estudio del fenómeno y/o la predicción de su evolución en situaciones particulares de interés (MENENDEZ, 1987). A través de la modelación matemática del flujo en un río, se pretende intentar conocer los valores que toman las variables hidráulicas como profundidad de lámina de agua, velocidades, caudal, etc., mediante la resolución por métodos numéricos de las ecuaciones obtenidas con una serie de hipótesis, convirtiéndose esto en una aproximación a la realidad (BLADE et al, 2008).

Sus inicios se enmarcan con los trabajos realizados en el siglo 19 por St. Venant y Bussinesq, mediante la formulación de las ecuaciones de flujo no permanente, sumado a los conceptos teóricos importantes que fueron establecidos en la primera mitad del siglo 20; en 1953 Isaacson Stoker y Troesch en 1954, construyeron un modelo matemático de un tramo de los ríos Ohio y Mississippi, respectivamente, haciéndose cada vez más preponderante su aplicación y uso en el análisis de los cuerpos de agua. Aunque la aplicación de los modelos matemáticos fue inicialmente muy lenta, se hizo representativa con la invención de los ordenadores y los programas informáticos, facilitando así el procesamiento de datos y análisis de una mayor cantidad de información (STOKER, 1992).

El creciente interés en la modelación de los eventos de inundación extremos, problemática de contexto mundial, se orienta finalmente hacia la reducción de pérdidas humanas, cosechas, edificaciones, infraestructura, que impactan las comunidades y por ende a los sectores productivos, pero que a su vez, nos permite establecer la incidencia que tiene la intervención antrópica en el deterioro progresivo de las cuencas y los cuerpos de agua, con acciones como la quema y tala de árboles, aumento de la frontera agrícola, contaminación por descargas, concesiones de agua, títulos mineros, entre otros, dando lugar a que los gobiernos adopten políticas de gestión del riesgo de inundaciones (SEDANO CRUZ, 2012).

Durante las últimas tres décadas se han desarrollado un gran número de modelos hidráulicos de análisis fluvial, cuya elección dependerá de la naturaleza y complejidad del problema que se debe resolver, de las capacidades del modelo elegido y de la disponibilidad de información para la validación del modelo (CASTRO et al, 2014). Los métodos para el modelado de las inundaciones se realizan a través de diferentes dimensiones de análisis, donde la mayoría de los problemas prácticos en las llanuras de inundación se describen mejor en un modelo 2D, los cuales se basan en las ecuaciones de aguas someras, suponiendo una distribución hidrostática de la presión. Los métodos numéricos empleados

para encontrar la solución a estas ecuaciones son las diferencias finitas, elementos finitos o volúmenes finitos, los cuales tienen ventajas y desventajas en el contexto de la modelación de la llanura de inundación. El método de diferencias finitas se basan en el desarrollo de las series de Taylor, las cuales representan una función como una infinita suma de términos, estos términos se calculan a partir de las derivadas de la función para un determinado valor de la variable (profundidad, velocidad, etc), en un punto específico sobre la función (PENDER et al, 2011).

El método de volúmenes finitos, se fundamenta en la división del espacio o dominio de análisis en volúmenes finitos, que son regiones 2D de cualquier forma geométrica. Las ecuaciones de aguas poco profundas se integran en cada volumen de control para producir ecuaciones en términos del flujo. En 1D los métodos de volúmenes finitos son equivalentes a los métodos de diferencias finitas, convirtiéndose este método en el más utilizado en la modelación de aguas poco profundas, debido a sus ventajas en términos de la discretización, flexibilidad, geometría y simplicidad conceptual (ALCRUDO F. , 2005).

La representación de la geometría dentro del dominio de la interfaz gráfica de los programas, está compuesta por una malla o red definida por un conjunto de puntos o vértices, donde las variables definen la condición del flujo (velocidad, nivel de agua), las cuales son calculadas mediante métodos numéricos. Los espacios estrechos entre vértices definen una malla de alta resolución, pero al aumentar el espaciado entre estos, se genera una malla de baja resolución; La eficiencia computacional de un modelo numérico está directamente relacionada con el número de ecuaciones que deben resolverse y por lo tanto, a la resolución de la cuadrícula.

El modelado de las llanuras de inundación pueden ser realizadas de forma acertada mediante los enfoques 1D y 2D, aunque generalmente en pocas ocasiones las llanuras aluviales pueden representarse como redes de canales bien definidos, debido a la falta de uniformidad y variabilidad espacial de los patrones de flujo. El modelado 1D de los ríos puede ser aplicado para estrechas llanuras de inundación, es decir, donde el ancho de la llanura de inundación no es mayor a tres veces el ancho del canal principal. Uno de los principales inconvenientes que presentan los modelos 2D es el tiempo computacional (PENDER et al, 2011).

En las tablas 1 y 2 se presentan una breve descripción de los modelos 1D y 2D desarrollados por entidades comerciales y académicas, frecuentemente utilizados en el 2011 en la simulación de los procesos físicos que se presentan en los sistemas fluviales, lacustres, entre otros (CEBALLOS LOPEZ, 2011).

## 2.2. ELECCIÓN DE LOS MODELOS

Para la elección del modelo se debe tener en cuenta el proceso físico que se quiere modelar numéricamente, la información de entrada que este requiere con base en la información secundaria disponible.

El modelo hidrodinámico bidimensional CCHE2D ha sido ampliamente utilizado para la simulación de llanuras inundables por los países norticos de America, en el análisis de cauces de aguas poco profundas, donde se muestran resultados acertados, aunque en Colombia sólo se conocen de algunas aplicaciones con alcances netamente académicos. Adicional a lo anterior, el modelo es de dominio público y presenta una interfaz gráfica bastante amigable, donde de manera independiente se construye la malla computacional (Interfaz mesh) y la analiza con base en los datos de entrada (Interfaz gráfica).

Los modelos que permiten estudiar cauces fluviales mediante la aproximación unidimensional y régimen permanente gradualmente variado, son los más extensamente utilizados por su sencillez y amplia difusión. Entre ellos destaca el modelo HEC-RAS del Hydraulic Engineering Center (HEC) del U.S. Army Corps of Engineers. Este modelo ha ido evolucionando con el tiempo, aumentando sus capacidades de análisis, de manera que permite representar ríos con cambios de régimen, secciones compuestas irregulares, puentes, pasos bajo vías, uniones, etc. A su vez, posee cómodas interfaces gráficas para representar la geometría y ver los resultados, comparando distintas hipótesis de funcionamiento y realizar informes. Su limitación principal es la de sus hipótesis principales: régimen permanente e unidimensional (BLADE et al, 2008).

En el contexto nacional el modelo hidráulico HEC-RAS es ampliamente utilizado para la simulación de niveles del flujo en cauces fluviales. A través de este modelo de estableceran datos pertinentes en las condiciones de frontera del flujo, para la calibración del modelo CCHE2D.

HEC-RAS es un modelo que permite exportar información de los resultados obtenidos en las simulaciones en formato GIS, lo cual permitirá la elaboración del mapa donde se representará la mancha inundable, en respuesta a la recreacion del evento máximo, registrado el día 16 de diciembre de 2011, como consecuencia del fenómeno de la Niña. En el caso particular del modelo CCHE2D, su interfaz gráfica permite la visualización de la mancha inundable del evento, facilitando la comparación de resultados entre los mismos.

**Tabla 1. Modelos Hidrodinámicos Unidimensionales (Continúa)**

Modelo	Ecuaciones Gobernantes y Métodos de solución	Datos de entrada	Capacidades	Limitaciones	Aplicaciones
<b>HEC RAS 4.0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecn. Conservación de la energía (régimen permanente)</li> <li>Ecn. Onda Dinámica (de Saint Venant)</li> <li>Ecn. Velocidad de Caída (transporte en suspensión)</li> <li>Ecn. Continuidad fracción sólida (asociada a régimen permanente)</li> <li>Método de solución implícito en diferencias finitas</li> <li>Modelo Desacoplado (transporte sólido y ecuaciones de movimiento)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geometría del canal (Secciones transversales, espesor del lecho, etc)</li> <li>Condiciones de frontera (caudal, niveles, temperatura del agua)</li> <li>Parámetros (Manning, diámetro partículas, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procesos de erosión y depositación</li> <li>Simula resaltos hidráulicos, puentes, alcantarillas, box culverts, confluencias y desviaciones</li> <li>Simula procesos erosivos alrededor de estructuras hidráulicas</li> <li>Considera análisis de planicies de inundación.</li> <li>Ecuaciones de: Ackers y White, Engelund y Hansen, Laureen, Meyer Meter y Muller, Tofalleti y Yang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aún se encuentra en versión de prueba</li> <li>Pendientes menores al 10%</li> <li>No simula geometrías complejas de ríos (canales con poca sinuosidad).</li> </ul>	
<b>ISIS 2.5 (Open Channel and catchment modelling system)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecn. Conservación de la energía</li> <li>Ecn. Onda Dinámica (de Saint Venant)</li> <li>Ecn. Velocidad de Caída (transporte en suspensión)</li> <li>Ecn. Continuidad fracción sólida (asociada a régimen permanente)</li> <li>Método de solución implícito en diferencias finitas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geometría del canal (Secciones transversales, espesor del lecho, etc.)</li> <li>Condiciones de frontera (caudal, niveles)</li> <li>Parámetros (Manning, diámetro partículas, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simula procesos de erosión y depositación.</li> <li>Análisis morfológico de canales y problemas de sedimentación en ríos y, principalmente, canales de irrigación</li> <li>Ecuaciones de: Ackers y White, Engelund y Hansen y Westrich-Jurashek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No permite similar geometrías complejas del canal ni difluencias o confluencias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño de canales de irrigación y problemas de sedimentación en Pakistán, así como problemas de inundación en los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay (<a href="http://www.wallingfordsoftware.com/products/isis">www.wallingfordsoftware.com/products/isis</a>)</li> </ul>

Fuente. CEBALLOS, 2011.

## Modelos Hidrodinámicos Unidimensionales

Modelo	Ecuaciones Gobernantes y Métodos de solución	Datos de entrada	Capacidades	Limitaciones	Aplicaciones
MIKE 11 (DHI, Water & Environment)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecn. Conservación de la energía</li> <li>Ecn. Onda Cinemática</li> <li>Ecn. Onda Difusiva</li> <li>Ecn. Onda Dinámica (de Saint Venant)</li> <li>Ecn. Velocidad de Caída (transporte en suspensión)</li> <li>Ecn. Continuidad fracción sólida</li> <li>Método de solución Exner transporte de sedimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geometría del canal (Secciones transversales, espesor del lecho, etc.)</li> <li>Condiciones de frontera (caudal, niveles, temperatura del agua)</li> <li>Parámetros (Manning, diámetro partículas, coeficiente de viscosidad turbulenta, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simula procesos de erosión y depositación</li> <li>Operaciones de tanques</li> <li>Drenaje superficial</li> <li>Estudio de mareas en zonas costeras</li> <li>Ecn: Ackers y White, Engelung y Hansen, Engelung y Fredsøe, Smart y Jäeggi, Meyer - Peter &amp; Müller , Yang, Sato Kikkawa Ashida, Lane y Kalinske.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No simula pérdida de energía por cambios bruscos en la geometría del canal</li> <li>No simula geometría complejas de ríos (ríos con alta sinuosidad)</li> <li>Considera superficie del agua en forma horizontal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De amplio uso en Australia y nueva Zelanda</li> <li>Simula niveles, calidad de aguas y transportes de sedimentos en estuarios, ríos, sistemas de riego, canales.</li> <li>Análisis de riesgo de inundaciones, rompimiento de presas, simulación de intrusión salina en ríos y estuarios.</li> <li>Modelación morfológica de ríos, modelación de sistemas de riego, entre otros (Mishra et al, 2001).</li> </ul>
HEC-6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecn. Conservación de la energía</li> <li>Ecn Conservación masa</li> <li>Método de solución Exner transporte de sedimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geometría del canal (Secciones transversales cotas a lo largo del canal)</li> <li>Características del sedimento</li> <li>Condiciones de frontera (hidrógrafas de caudal y sedimento)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simula procesos de erosión y depositación a lo largo del perfil del río</li> <li>Simula redes de drenaje, dragados hidráulicos en canales</li> <li>Ecuaciones de: Ackers y White, Engelund y Hansen, Meyer Meter y Muller, Tofalleti, Yang, DuBoys, Madden's, Colby, Ariathurai, Krone y Parthenaides.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No predice corrientes secundarias de flujo o sedimentos.</li> <li>No simula tte de sedimentos alrededor de islas o difluencias.</li> <li>No permite simular geometrías complejas del canal ni difluencias o confluencias</li> <li>Resolución temporal (años)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procesos de agradación en embalses; erosión, transporte y sedimentación en cauces aluviales, cortes de meandros, encauzamientos, extracciones de material, etc. (Gee y Thomas, 2005).</li> </ul>

Fuente. CEBALLOS, 2011.

**Tabla 2. Modelos Hidrodinámicos Bidimensionales (Continúa)**

Modelo	Ecuaciones Gobernantes y Métodos de solución	Datos de entrada	Capacidades	Limitaciones	Aplicaciones
SMS 9.2 (Surface Water Modeling System)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecn de Navier Stokes integrada en profundidad</li> <li>Ecn Continuidad fracción sólida</li> <li>Método de solución implícito en diferencias finitas</li> <li>Modelo de viscosidad Turbulenta <math>k - \epsilon</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parámetro de viscosidad turbulenta</li> <li>Geometría Hidráulica (requiere DEM)</li> <li>Condiciones de frontera (caudal, niveles, etc.)</li> <li>Parámetros (Manning, diámetro partículas, coeficiente de viscosidad turbulenta, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simula procesos de erosión y depositación</li> <li>Simula procesos a largo plazo (tendencias evolutiva)</li> <li>Ecuaciones de: Ackers y White, Engelund y Hansen, Meyer Meter y Muller, Yang, Laureen y Garbrecht</li> <li>Considera formas del lecho: saltos, pozos, cascadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es un pre y posprocesador que debe estar acoplado a distintos Modelos (FESWHS, RMA2, RMA4, SED2D-WES, etc).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis integral de flujo a superficie libre, transporte de sedimentos, confluencias y difluencias, migración de contaminantes, intrusión salina, dispersión y propiedades de energía (dirección, magnitud y amplitud) de olas (<a href="http://www.cwrw.utexas.edu/gis/gishyd98/byu/sms/sms.htm">www.cwrw.utexas.edu/gis/gishyd98/byu/sms/sms.htm</a>)</li> </ul>
Bri-Stars (Bridge Stream Tube Model For Alluvial River Simulation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecn. Conservación de la energía y del momentum</li> <li>Modelo de tubos de corriente</li> <li>Modelo de mínima tasa de disipación de energía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geometría del canal (Secciones transversales)</li> <li>Condiciones de frontera (caudal, niveles, temperatura del agua, hidrógrafas de caudal y sedimento)</li> <li>Parámetros (Manning, diámetro partículas,)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simula procesos de erosión y depositación a lo largo del perfil del río</li> <li>Permite resolver geometrías complejas en ríos con información escasa.</li> <li>Simula ampliación y reducción del ancho del canal debido a procesos erosión y depositación en el canal.</li> <li>Ecuaciones de: Ackers y White, Engelund y Hansen, Molinas y Wu, Meyer Meter y Muller y Yang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No tiene interfase grafica (poco amigable)</li> <li>Gran cantidad de archivos de entrada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simula los cambios morfológicos de cauces, perfiles de flujo en canales artificiales sin transporte de sedimento, vertederos y cauces naturales estables</li> <li>Permite calcular las variaciones de las condiciones hidráulicas y del sedimentos en las corrientes secundarias (Molinas, 2000)</li> </ul>

Fuente. CEBALLOS, 2011.



## Modelos Hidrodinámicos Bidimensionales (Continúa)

Modelo	Ecuaciones Gobernantes y Métodos de solución	Datos de entrada	Capacidades	Limitaciones	Aplicaciones
G-Stars (Generalized Stream Tube Model For Alluvial River Simulation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecn. Conservación de la energía y del momentum</li> <li>Modelo de tubos de corriente</li> <li>Modelo de mínima tasa de disipación de energía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geometría del canal (Secciones transversales)</li> <li>Condiciones de frontera (caudal, niveles, temperatura del agua, hidrógrafas de caudal y sedimento)</li> <li>Parámetros (Manning, diámetro partículas, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simula procesos de erosión y depositación longitudinal y transversalmente al canal</li> <li>Simula procesos de migración de orillas.</li> <li>Ecuaciones de: Ackers y White, Engelund y Hansen, Meyer Meter y Muller, DuBoys, Wallingford, Laureen, Tofalletti, Parker y Yang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No tiene interface grafica (poco amigable)</li> <li>Gran cantidad de archivos de entrada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simula los cambios morfológicos de canales naturales</li> <li>Simula cambios morfológicos en embalses.</li> <li>Simula formación de deltas de ríos</li> <li>Permite calcular las variaciones de las condiciones hidráulicas y del sedimento en corrientes secundarias (Yang y Simoes, 2000)</li> </ul>
CCHE2D 3.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecn. Onda Dinámica (de Saint Venant)</li> <li>Ecn. Continuidad fracción sólida</li> <li>Considera Longitud de adaptación del sedimento y tres modelos distintos de turbulencia.</li> <li>Considera teoría de capa de mezcla en varias capas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geometría del canal (lecho interpolado)</li> <li>Condiciones de frontera (caudal, niveles, caudal constante o hidrógrafas)</li> <li>Parámetros (Manning, diámetro partículas, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simula procesos de erosión y depositación en el canal</li> <li>Permite resolver geometrías complejas en ríos con información escasa.</li> <li>Simula procesos de migración de orillas Considera Longitud de adaptación del sedimento.</li> <li>Considera teoría de capa de mezcla en varias capas</li> <li>Ecuaciones de: Ackers y White, Engelund y Hansen, Meyer Meter y Muller, Wu, Wang y Jia, Laursen y Yang</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ampliamente utilizado en simulación de procesos de migración de meandros, para simular flujo y cambios en el lecho de difluencias y confluencias de ríos, simulación de flujo y cambios del lecho alrededor de estructuras de protección de orillas como espolones, en cauces con escalones en el lecho, etc (Jia y Wang, 1999; Khan y Koshino, 2000; Duan et al, 2001; Scout y Jia, 2005 y Jia et al, 2002; Khan et al, 2000; Jia y Wang; 1999, Jia et al; 2002; Zhang, 2005)</li> </ul>

Fuente. CEBALLOS, 2011.

## Modelos Hidrodinámicos Bidimensionales

Modelo	Ecuaciones Gobernantes y Métodos de solución	Datos de entrada	Capacidades	Limitaciones	Aplicaciones
MIKE 21C (DHI, Water & Environment)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecn Onda cuasi-dinámica</li> <li>Ecn. Onda Dinámica (de Saint Venant)</li> <li>Ecn. Continuidad fracción sólida</li> <li>Método de solución de ecuaciones diferenciales en sistema elíptico</li> <li>Modelo Desacoplado (transporte sólido y ecuaciones de movimiento)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geometría del canal (DEM, espesor de la capa erodable, etc.)</li> <li>Condiciones de frontera (caudal, niveles, temperatura del agua, hidrógrafas de caudal y sedimento, etc.)</li> <li>Parámetros (Manning, diámetro partículas, coeficiente de viscosidad turbulenta, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simula procesos de erosión y depositación en el canal</li> <li>Considera formas del lecho (dunas, antidunas, lecho plano, etc.)</li> <li>Ecuaciones de: Ackers y White, Engelund y Hansen, Engelund y Fredsoe, Meyer Meter y Muller, Smart &amp; Jäeggli, Van Rijn y Yang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizado en simulación de procesos de migración de meandros, para simular flujo y cambios en el lecho de canales naturales</li> <li>Simulación de flujos, oleaje, sedimentos, ecología de lagos, ríos, estuarios, bahías, mares y zonas costeras (Talmon, 1992)</li> </ul>
SED2D Versión 4.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecn. Onda Dinámica (de Saint Venant)</li> <li>Ecn. Continuidad fracción sólida</li> <li>Modelo Desacoplado (transporte sólido y ecuaciones de movimiento)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geometría del canal (DEM, espesor de la capa erodable, etc)</li> <li>Condiciones de frontera (caudal, niveles, caudal constante o hidrógrafas)</li> <li>Parámetros (Manning, diámetro partículas, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simula procesos de erosión y depositación en el canal</li> <li>Puede calcular transporte de sedimentos considerando los efectos de olas y viento</li> <li>Ecuaciones de: Krone y Ackers y White.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solo simula un solo tamaño característico del sedimento (diferentes tamaños se necesitan distintas corridas) y no simula niveles de agua o velocidades del flujo, para lo cual es necesario acoplarse a un modelo hidrodinámico</li> <li>No tiene interface grafica</li> <li>Gran cantidad de archivos de entrada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Este modelo es usado para modelar cambios morfológicos en lechos de ríos, como es el caso del río Paraná, y el río Apalachicola en el estado de Georgia, USA (Donnell, 2006; Tassi y Vionnet, 2000; Rhapelt y Alexander, 2001)</li> </ul>

Fuente. CEBALLOS, 2011.

### 2.3. MODELO HEC-RAS

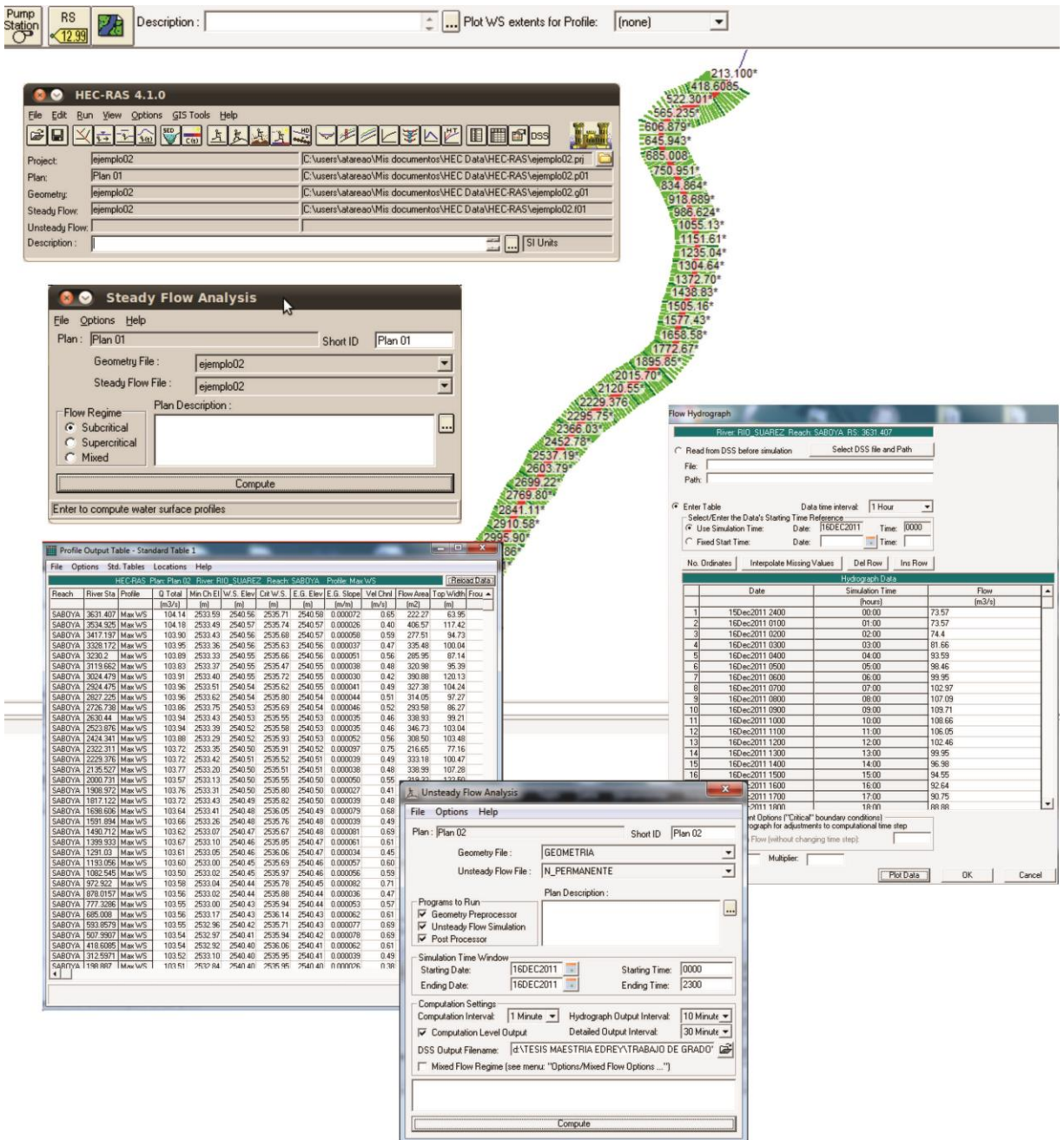
El programa HEC-RAS es un modelo hidráulico unidimensional de dominio público, creado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros Militares de los Estados Unidos (U.S. Army Corps. of Engineers-Hydrologic Engineering Center - HEC). La última versión publicada es la 4.1, sustituye a la versión 4.0 lanzada en marzo de 2008, la cual permite llevar a cabo simulaciones en régimen permanente, no permanente, análisis de transporte de sedimentos y calidad de agua (HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER). El software fue diseñado por el Sr. Gary W. Brunner en el lenguaje de programación FORTRAN; la interfaz de usuario y los gráficos fueron programados por el Sr. Mark R. Jensen y las rutinas que importan los datos de HEC-2 fueron desarrolladas por Joan Klipsch ([www.hec.usace.army.mil](http://www.hec.usace.army.mil)).

Posee cómodas interfaces gráficas para representar la geometría y ver los resultados, comparando distintas hipótesis de funcionamiento, y realizar informes; su limitación principal es la de sus hipótesis principales: régimen unidimensional; el estudio para un río determinado se llama un proyecto, y en cada proyecto puede haber diversos planes, siendo cada plan una combinación de una geometría determinada con unas condiciones de flujo dadas (caudales y condición de contorno) (BLADE et al, 2008). El programa HEC-RAS requiere para llevar a cabo las simulaciones, la inclusión previa de información como la geometría, topografía de las secciones transversales, coeficientes de pérdidas, caudales.

- **Datos de la geometría del cauce:** La geometría del cauce es determinada a partir de los datos de: representación de la red, la conectividad entre cauces (confluencias), topografía del cauce, el distanciamiento entre secciones, las rugosidades de Manning tanto para los márgenes como para el canal central y los coeficientes de pérdidas de carga.
- **Datos para el análisis de flujo permanente:** En primera instancia es importante establecer el régimen de flujo y las condiciones de frontera, es decir, el modelo realiza los cálculos en dirección aguas arriba si el flujo es subcrítico, indicándosele que la profundidad crítica se encuentra en el punto más bajo; o hacia aguas abajo, si el flujo es supercrítico donde la profundidad crítica se encuentra en la parte más alta del dominio a estudiar. En los casos en que se presenten cambios de pendiente en el tramo de análisis, el régimen a seleccionar es el mixto, donde las condiciones de fronteras a indicar serán tanto aguas arriba como aguas abajo. Para llevar a cabo el análisis de flujo permanente, HEC-RAS requiere de la fijación del caudal de tránsito, el cual generará una profundidad de la lámina de agua, en este caso el flujo es constante, no presenta variación con el tiempo.

- **Datos para el análisis de flujo no permanente:** Las condiciones de frontera para el análisis de flujo no permanente, se basan en el ingreso de hidrogramas ya sean con información de caudales o niveles, cuyas variables para este caso particular, cambian en el tiempo.

**Figura 1. Interfaz gráfica del modelo HEC-RAS 4.1**



### 2.3.1. Capacidades y limitaciones

#### **Capacidades**

- Analiza múltiples perfiles.
- Determinación de la profundidad crítica para cada sección.
- Determina de los parámetros hidráulicos en cada sección.
- Opción de Flujo Efectivo: restringe el área de flujo.
- Pérdidas por expansión y por contracción aguas arriba y abajo de la sección del puente.
- Protección Márgenes.
- Interpolación de secciones.
- Perfiles de corrientes tributarias.
- Resuelve las ecuaciones con base en el coeficiente de rugosidad de Manning “ $n$ ”.
- Generar datos almacenamiento - descarga para HEC-HMS.
- Análisis permanente para el cálculo de perfiles de agua en régimen uniforme y gradualmente variado.
- Simulación para régimen no permanente.
- Cálculo de transporte de sedimento para lechos móviles.
- Cálculo de contaminantes.
- Permite analizar redes de canales, sistemas dendríticos y algunas estructuras especiales como puentes, alcantarillas y vertederos donde se utiliza la ecuación de cantidad de movimiento, el flujo es unidimensional.
- Permite analizar pendientes pequeñas (menores que 1:10).

#### **Limitaciones**

- No es un modelo turbulento. Supone una distribución hidrostática de presiones.
- Solo puede modelar ríos con pendientes inferiores al 10%.
- El resultado está altamente condicionado por las consideraciones geométricas adoptadas (trazado de secciones, áreas inefectivas, leeves, pérdidas de estrechamiento y expansión, etc...); por lo tanto, el resultado sigue siendo bastante “manual” (bajo criterio del calculista).
- Presenta dificultades al hallar la profundidad crítica en secciones naturales complejas que contienen varias profundidades críticas (terrazas fluviales). Por defecto el programa escoge el de calado más bajo.
- Siempre arroja una solución, es decir, HEC-RAS nunca trunca las simulaciones, es por ello que se debe ser crítico con relación a la solución numérica obtenida.

- Las secciones deben ser siempre perpendiculares al flujo.
- Tiene problemas de estabilidad numérica en la simulación de flujos altamente dinámicos.

### **2.3.2. Aplicaciones**

- Ramírez (2011). Análisis geotécnico de los jarillones proyectados para el control de inundaciones del río Suárez, sector comprendido entre la laguna de Fúquene y la desembocadura del río Simijaca. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. A partir de las secciones transversales, se realizó el análisis de estabilidad de las dos márgenes en su lado seco y húmedo, en condición estática y dinámica para diferentes caudales. Dentro de los análisis de estabilidad de las márgenes del río, se tuvo en cuenta la geometría de los jarillones recomendados.
- Escobar (2010). Modelación hidráulica de la quebrada Combia, basado en el sistema de información geográfica y software especializados. Corporación Autónoma Regional de Risaralda.

Con base en los resultados de la mancha inundable en la zona de estudio, para un caudal de diseño con periodo de retorno de 100 años, se determinó que existen dos zonas críticas en peligro inminente, para las construcciones y cultivos presentes en la periferia de la quebrada Combia. Adicionalmente se concluyó que debido a que gran parte de las márgenes del cauce están conformadas por taludes de alturas considerables y al tipo de suelo presentado (gravas, arenas y limos poco consolidados intercalados con depósitos de flujo de lodo), se están presentando fenómenos de derrumbes y soliflución.

- Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales (2010). Estimación de las áreas de protección ambiental en la zona urbana del Vergel - municipio de Ibagué, cuenca del río Chipalo. Corporación Autónoma Regional del Tolima.

La zona de estudio hace la mayor contribución del caudal al principal afluente de la quebrada La Balsa, es decir, esta es una zona de gran interés desde el punto de vista hidrológico, ya que las corrientes de agua que nacen dentro de esta área, hacen un aporte significativo al caudal de la quebrada La Balsa, alrededor del 60%.

- Mariño (2010). Estudios y diseños para la reparación de un tramo de la vía férrea entre el K663+080 y el K663+100, margen izquierda de la quebrada la

floresta en la inspección de Pailitas departamento del Cesar. Ferrocarriles del Norte de Colombia S.A. – FENOCO.

Se llevó a cabo la caracterización de la hoya hidrográfica de la quebrada La Floresta desde el punto de vista hidrológico e hidráulico, determinando los caudales máximos que conduce la corriente asociados a diferentes períodos de retorno, niveles del agua, socavaciones máximas y el tamaño de enrocado mínimo que puede utilizarse, para la protección de la margen afectada por procesos erosivos importantes que han llegado a comprometer la estabilidad del cruce del ferrocarril en la zona de análisis.

- Monsalve (2007). Elaboración de los Estudios y Diseños para la rehabilitación y ampliación de la compuerta Tolón ubicada en el Municipio de Chiquinquirá. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

Se planteó un sistema con capacidad de operar las compuertas de manera manual o automática, contado con un sistema de mando central que permite operar y monitorear las compuertas dependiendo del nivel del Río Suárez.

- Hidroingeniería Ltda (2003). Informe de estudios y diseños de hidrología e hidráulica de la quebrada La Rafaela, revestimiento y revisión de las áreas de influencia del canal las américas en Yumbo. Empresa de Servicios Públicos de Yumbo-Valle.

Con base en los resultados del tránsito hidráulico, se observó que tanto el canal como las estructuras del cruce de la antigua carretera Cali-Yumbo, Panorama y la vía férrea, son incapaces de evacuar las aguas para un período de retorno de 2 años. Para solucionar este problema, se propuso el revestimiento y ampliación del canal y las estructuras.

- Hidroestudios Ltda (1997). Diseño de las obras de protección de los ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo (Cali). Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente- DAGMA.

A través del análisis de los eventos de inundaciones, se diseñaron las obras de protección necesarios en los ríos Lili y Meléndez. Adicional a lo anterior, se realizó el diagnóstico del comportamiento de la quebrada Cañaveralejo, con base en los caudales máximos presentados en el río, leídos en la estación limnimétrica El Jardín de CVC.

### 2.3.3. Ecuaciones gobernantes y métodos de solución

#### ○ Ecuación de Energía

El objetivo principal del programa HEC-RAS consiste en determinar las profundidades de la lámina de agua, en cada una de las secciones tanto reales (geometría importada) como interpoladas. El procedimiento de cálculo de dichas profundidades, se basa en la solución de la ecuación de Bernoulli.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (\text{Ec.- 1})$$

De donde

$Y_1$  y  $Y_2$ : Profundidades de la lámina de agua.

$Z_1$  y  $Z_2$ : Elevación del terreno (cotas).

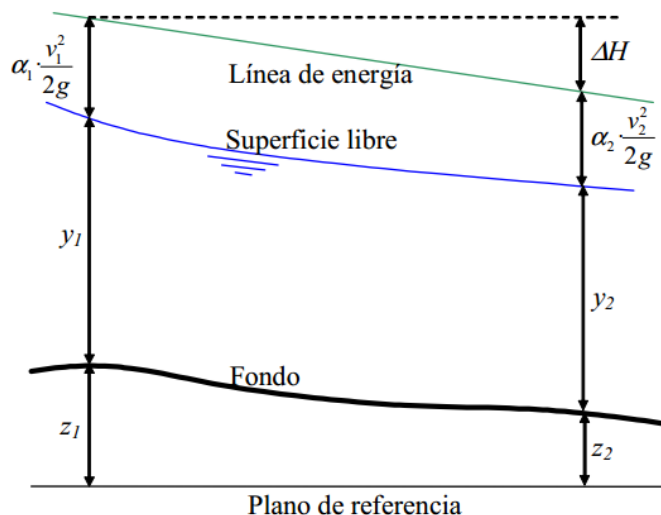
$V_1$  y  $V_2$ : Velocidades promedio.

$\alpha_1$  y  $\alpha_2$ : Coeficiente de relación entre la energía real y la que se obtendría al considerar una distribución uniforme de velocidades, en una determinada sección.

$h_e$ : Pérdidas de energía por fricción, calculadas mediante la ecuación de Manning; pérdidas por contracciones y expansiones (pérdidas locales), representadas a través de fracciones de cambio de la velocidad entre secciones.

$g$ : Aceleración de la gravedad.

**Figura 2. Energía entre dos secciones de cálculo**



Fuente: Hydraulic Reference Manual HEC-RAS. River Analysis System. Versión 4.1 del 2010.



- **Ecuación de pérdidas de energía**

La ecuación de pérdidas por fricción, contracción y expansión entre dos secciones está definida de la siguiente manera:

$$h_e = L \times \overline{S_f} + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (\text{Ec.- 2})$$

De donde

L: Longitud del tramo.

S<sub>f</sub>: Pendiente de fricción entre secciones.

C: Coeficiente de pérdida por contracción o expansión.

Para determinar la longitud del tramo me calcula mediante la siguiente ecuación:

$$L = \frac{L_{lob} \overline{Q_{lob}} + L_{ch} \overline{Q_{ch}} + L_{rob} \overline{Q_{rob}}}{\overline{Q_{lob}} + \overline{Q_{ch}} + \overline{Q_{rob}}} \quad (\text{Ec.- 3})$$

L<sub>lob</sub>, L<sub>ch</sub>, L<sub>rob</sub>: Longitudes de bancas izquierdas, canal principal y derecha, entre secciones transversales.

Q<sub>lob</sub>, Q<sub>ch</sub>, Q<sub>rob</sub>: Promedio aritmético del flujo entre secciones en las bancas izquierdas, canal principal y derechas.

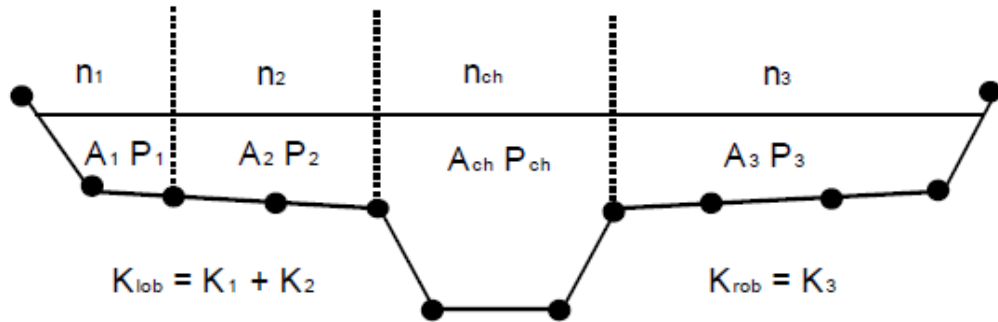
- **Ecuación de conducción y transporte**

Para la determinación de la capacidad de conducción en una sección transversal, HECRAS realiza su fraccionamiento en subsecciones, donde dicha capacidad se determina mediante la relación del caudal de flujo y la raíz de la pendiente de fricción.

$$K = \frac{Q}{\sqrt{S_f}} \quad K = \frac{1}{n} AR_h^{2/3} \quad (\text{Ec.- 4})$$

K representa la capacidad de transporte, A, R<sub>h</sub> y n, el área, radio hidráulico y la rugosidad de la subsección, respectivamente. La capacidad de conducción total en una sección transversal, corresponde a la sumatoria de las conducciones parciales determinadas en cada subsección.

**Figura 3. Capacidad de conducción en una sección transversal**

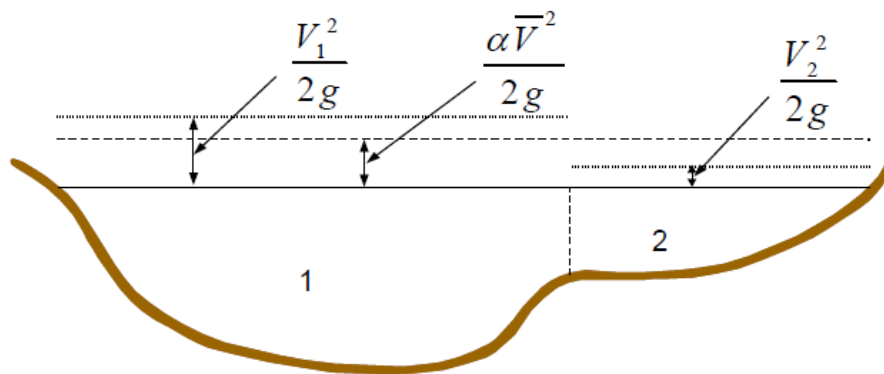


Fuente: Hydraulic Reference Manual HEC-RAS. River Analysis System. Versión 4.1 del 2010.

El flujo en el canal principal se divide solo cuando el coeficiente de rugosidad varía dentro de dicha zona, de lo contrario el programa HECRAS tomará un único valor para todo el tramo de canal analizado. En el caso en que exista una pendiente igual o superior a 5H:1V (20%), el canal tendría más de un  $n$ , es decir, es un canal de rugosidad compuesta.

Dado a que HECRAS es un programa unidimensional, la profundidad de la lámina de agua es única en cada sección transversal. Este proceso que se lleva a cabo mediante la división de la sección transversal en tres subsecciones, con el objetivo de obtener el flujo de energía cinética ponderada (energía media) en cada estación. A continuación se representa una sección transversal, en el cual se puede identificar la zona del canal principal y la banca derecha (no tiene banca izquierda), para identificar el procedimiento llevado a cabo por el software.

**Figura 4. Evaluación de la energía cinética en un canal**



Fuente: Hydraulic Reference Manual HEC-RAS. River Analysis System. Versión 4.1 del 2010.

V<sub>1</sub>: Velocidad para la sub-área 1.

V<sub>2</sub>: Velocidad para la sub-área 2.

Al obtener diferentes alturas de velocidad en cada una de las subsecciones, el coeficiente alfa cumple la función de obtener la carga de ponderación de la velocidad, en función de las áreas de las subsecciones y la capacidad de conducción de las mismas.

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[ \frac{K_{lob}^3}{A_{lob}^2} + \frac{K_{ch}^3}{A_{ch}^2} + \frac{K_{rob}^3}{A_{rob}^2} \right]}{K_t^3} \quad (\text{Ec.- 5})$$

- **Ecuación de pérdidas por fricción (h<sub>f</sub>)**

HEC-RAS evalúa las pérdidas por fricción como una ponderación de la pendiente de fricción entre dos secciones (S<sub>f</sub>) multiplicada por su longitud (L). Para el cálculo de la pendiente representativa cuenta con cuatro métodos, por defecto emplea la ecuación promedio de transporte.

$$\overline{S_f} = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \quad \overline{S_f} = \left( \frac{Q}{K} \right)^2 \quad h_f = L \times \overline{S_f} \quad (\text{Ec.- 6})$$

- **Ecuación de pérdidas por contracción y expansión (h<sub>ce</sub>)**

El programa asume que la contracción se produce cada vez que la velocidad aguas abajo es mayor que la altura de velocidad aguas arriba, de forma contraria cuando se produce la expansión. El cálculo de las pérdidas por contracción y expansión son determinadas a través de la siguiente ecuación:

$$h_{ce} = C \left| \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right| \quad (\text{Ec.- 7})$$

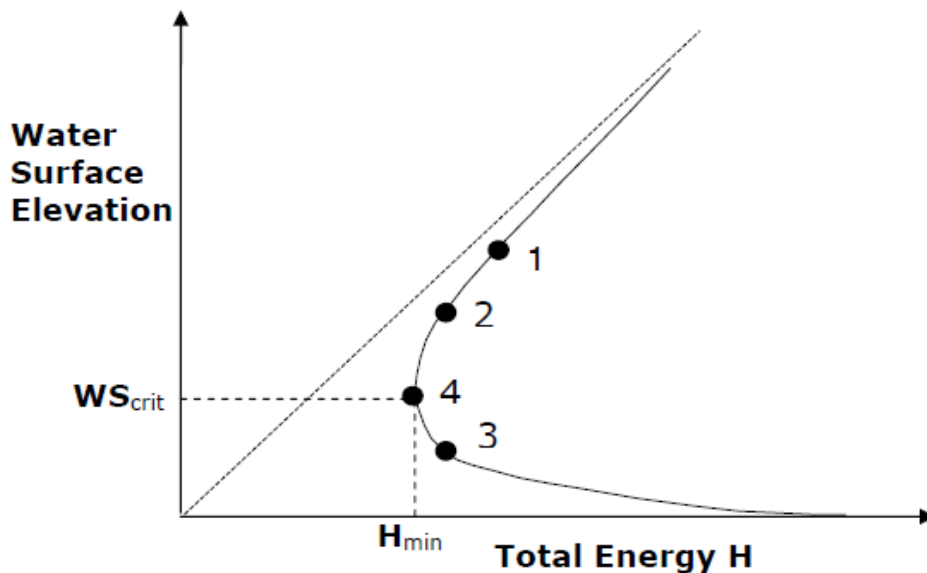
C representa el coeficiente de contracción o expansión.

- **Ecuación para el cálculo de la profundidad crítica (Yc)**

Teniendo en cuenta que la profundidad crítica en un canal se presenta cuando la energía (H) es mínima, el programa fija su valor mediante procesos iterativos asumiendo profundidades de la lámina de agua, las cuales corresponderán a una altura de energía, encontrándose así su valor más bajo. Para el cálculo de la Yc, HEC-RAS emplea dos métodos: el parabólico y el de la secante, siendo el primero de estos el que trae configurado por defecto.

$$H = W_s + \frac{\alpha V^2}{2g} \quad (\text{Ec.- 8})$$

**Figura 5. Curva de energía total vs Elevación de la lámina de agua**



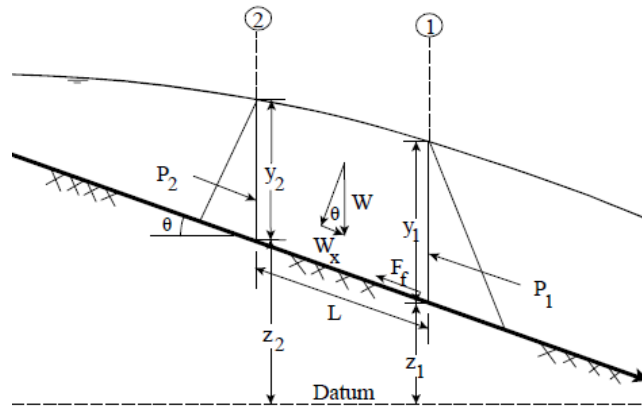
Fuente: Hydraulic Reference Manual HEC-RAS. River Analysis System. Versión 4.1 del 2010.

- **Ecuación de Cantidad de Movimiento**

La ecuación de energía sólo es aplicable en flujos gradualmente variados, es por ello que las transiciones entre diferentes regímenes no cumplen con dicha condición. Lo anterior se enmarca por cambios bruscos de pendiente, contracciones de las secciones transversales en los puntos donde se localizan las pilas de puentes, estructuras de caídas, vertederos y confluencias de cuerpos de agua (ríos, quebradas, vallados); para estos casos HEC-RAS determina

soluciones mediante la aplicación alternada de ecuaciones empíricas y la ecuación de momentum. La ecuación de cantidad de movimiento se deriva de la segunda ley del movimiento de Newton, donde la fuerza se encuentra representada por la masa de análisis y la aceleración que experimenta.

**Figura 6. Representación de las variables de la ecuación de cantidad de movimiento**



Fuente: Hydraulic Reference Manual HEC-RAS. River Analysis System. Versión 4.1 del 2010.

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V \quad (\text{Ec.- 9})$$

De donde:

$P_1$  y  $P_2$ : Fuerza resultante debida a la presión hidrostática.

$W_x$ : Componente del peso del agua en la dirección X.

$F_f$ : Fuerza de fricción.

Q: Caudal.

$Y_1$  y  $Y_2$ : Profundidad de la lámina de agua.

$Z_1$  y  $Z_2$ : Elevación del canal natural.

$\rho$ : Densidad del agua.

$\Delta V$ : Cambio de velocidad entre 2 y 1.

## 2.4. MODELO CCHE2D

El modelo matemático CCHE2D es un software de análisis bidimensional, creado por el National Center for Computational Hydroscience and Engineering-NCHE y la Universidad de Mississippi ([www.ncche.olemiss.edu/cche2d](http://www.ncche.olemiss.edu/cche2d)), a través del cual

es posible simular flujo libre, transporte de sedimentos y procesos morfológicos de los cauces naturales.

Su estructura interna está compuesta de dos interfaces: Un generador de mallas llamado Mesh Generator y una interfaz gráfica de usuario CCHE-GUI. La primera parte se enfoca hacia la creación de las mallas computacionales, dentro de las cuales se incluyen datos de condiciones iniciales (topografía del canal natural, elevación de la lámina de agua para todo el dominio y las rugosidades del material); la segunda está compuesta por los parámetros tanto de flujo como de sedimentos, caudales, hidrogramas, que a su vez contiene el motor numérico mediante el cual se llevan a cabo las simulaciones (UNIVERSITY OF MISSISSIPPI, 2014).

#### **2.4.1. Capacidades y limitaciones**

##### **Capacidades**

- Realiza simulaciones tanto en régimen permanente como no permanente, turbulento y transporte de sedimentos.
- Permite llevar a cabo análisis de calidad de agua, efectos de las estructuras hidráulicas en la morfología del río.
- Simula procesos de erosión y depositación en los canales naturales.
- Simula procesos de migración de orillas.
- Permite resolver geometrías complejas.

##### **Limitaciones**

- Aunque presenta interfaz gráfica, y se pueden observar los perfiles del lecho o de cualquiera de las variables de interés, y las secciones transversales, estas no se pueden exportar a un archivo de datos directamente, debido a que los archivos que permiten hacer lectura de dicha información requieren ser filtrados y organizados para obtener los resultados visibles en otro tipo de formatos, como son las gráficas de Excel.
- Presenta limitación en la cantidad de nodos disponibles para la construcción de las geomallas.
- La longitud del tramo de simulación se ve limitada cada vez que la malla de cálculo es más densa, debido a que el proceso computacional tiende a ser más demorado o a desbordarse.
- Es un programa bastante inestable en cuanto a la capacidad de cómputo, pues tiende a desbordarse cuando la malla y el tiempo de cómputo toman valores mínimos.

## 2.4.2. Aplicaciones

- Corporación OSSO (2013). Análisis de la situación actual del Dique de Aguablanca a lo largo del río Cauca en el tramo de la ciudad de Cali. Agencia NL Ministerio de Asuntos Exteriores de los Países Bajos /Fondo de Adaptación – Colombia.

El modelo hidrodinámico 2D aplicado se utilizó para determinar las características de inundación. Estas características de flujo y los mapas de uso de la tierra se combinaron en un SIG con las funciones de Nivel – Pérdida y los costos máximos de las pérdidas para determinar los costos de los daños correspondientes a una probabilidad de inundación.

- Mesa (2013). Análisis comparativo de los modelos hec-ras, cche2d, g-stars y bri-stars, para la modelación hidráulico-morfológica en un cauce aluvial. Aplicación al río negro (Antioquia). Se plantearon y analizaron cuatro modelos hidrodinámicos, capaces de simular tanto flujo como sedimento en un cauce aluvial, y predecir la respuesta del río ante un evento o escenario planteado. Cada modelo presenta su sistema de ecuaciones y métodos de solución, para dar respuesta a cada una de las variables hidráulicas y sedimentológicas que describen el comportamiento del cauce, tanto longitudinal, como en el tiempo.
- Castro (2012). Protección del lecho de un río en obras de captación caso de aplicación: bocatoma Huachipa.

Estudio realizado se orientó hacia la demostración que la traviesa puede efectivamente actuar como un punto fijo del perfil del río, controlando las cotas de fondo aguas arriba en su evolución a largo plazo.

- Ceballos (2011). Modelación hidráulica y morfodinámica de cauces sinuosos, aplicación a la quebrada la marinilla (Ant).

Los resultados obtenidos con el modelo CCHE2D permitieron conocer las tasas de movilidad y las tendencias de migración del cauce de la quebrada La Marinilla, las cuales son de gran apoyo para futuras intervenciones del cauce o de obras proyectadas en la llanura de inundación.

- Duque (2011). Simulación hidráulica de confluencias y difluencias, aplicación al río León en el Urabá Antioqueño, Colombia.

Se analizaron los cambios morfológicos debidos a crecientes extremas con diferentes periodos de retorno en tres patrones de flujo dividido en dos

difluencias y una confluencia - en el río León, ubicado en el noroccidente Colombiano.

- Rodríguez (2011). Estudio y evaluación de alternativas para la restauración de la hidrodinámica de la laguna de Sonso-Cauca.

Se plantearon y analizaron mediante la modelación matemática, diferentes alternativas para lograr el mejoramiento de la hidrodinámica al interior de la laguna de Sonso.

- Chia (2003). Simulación morfológica y de Transporte de Sedimentos. Tramo aguas abajo de Chi-Chi Weir. National Chiao Tung University, National Center for Computational Hydroscience and Engineering, Water Resources Planning Institute China.

El modelo CCHE2D se utilizó para simular el transporte de sedimentos y los cambios morfológicos del lecho, en el tramo aguas arriba y aguas abajo de Chi-Chi Weir en Choshui River, Taiwan.

### 2.4.3. Ecuaciones gobernantes y métodos de solución

Debido a que muchos de los flujos en un canal abierto corresponden a problemáticas de aguas poco profundas, el efecto de los movimientos verticales suelen ser de magnitud insignificante. Las ecuaciones bidimensionales integradas en la profundidad, son generalmente aceptadas para el estudio de la hidráulica de canales abiertos, con precisión y eficiencia razonable.

El modelo CCHE2D emplea las ecuaciones de cantidad de movimiento y continuidad integradas en la profundidad  $z$ , y las resuelve basado en la técnica de elementos finitos llamada “Método del Elemento Eficiente” (EEM, Efficient Element Method). (Yafei Jia 2001).

Las siguientes ecuaciones representan la cantidad de movimiento integrado en la profundidad para las dimensiones  $x$  y  $y$  descritas en un plano cartesiano.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{1}{h} \left[ \frac{\partial(h\tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{xy})}{\partial y} \right] - \frac{\tau_{bx}}{\rho h} + f_{cor} v \quad (\text{Ec.- 10})$$



$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{1}{h} \left[ \frac{\partial(h\tau_{yx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{yy})}{\partial y} \right] - \frac{\tau_{by}}{\rho h} - f_{cor} u \quad (\text{Ec.- 11})$$

Donde  $u$  y  $v$  son los componentes de la velocidad integrados en la profundidad en las direcciones  $x$  y  $y$  respectivamente;  $t$  es el tiempo;  $g$  es la aceleración gravitacional;  $\eta$  es el nivel del agua;  $\rho$  es la densidad del agua;  $h$  es la profundidad local del agua;  $f_{cor}$  es el parámetro de la fuerza de Coriolis;  $\tau_{xx}$ ,  $\tau_{xy}$ ,  $\tau_{yx}$ , y  $\tau_{yy}$  son el esfuerzo de Reynolds en la profundidad integrada; y  $\tau_{bx}$  y  $\tau_{by}$  es el esfuerzo cortante en la superficie del lecho.

La elevación de la superficie del flujo es calculada con la ecuación de continuidad, integrada en la profundidad, representada en la ecuación 12.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial uh}{\partial x} + \frac{\partial vh}{\partial y} = 0 \quad (\text{Ec.- 12})$$

Asumiendo que la elevación del lecho  $\xi$  podría no cambiar en el proceso de simulación, la ecuación de continuidad queda escrita de acuerdo a la expresión:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial uh}{\partial x} + \frac{\partial vh}{\partial y} = 0 \quad (\text{Ec.- 13})$$

Donde  $\eta$  es la elevación de la superficie de agua y  $h$  la profundidad, los cambios morfológicos son menores a los procesos hidrodinámicos. Esta ecuación puede ser aceptada y utilizada para calcular la elevación de la superficie libre en modelos bidimensionales.

El esfuerzo turbulento de Reynolds de las ecuaciones de momento, es un valor aproximado según la suposición de Bousinesq, que está relacionada con la tasa principal de las fuerzas del campo de flujo en la profundidad promedio, con el coeficiente de viscosidad turbulenta. La viscosidad turbulenta es función del régimen del flujo y se relaciona con las propiedades del fluido por medio de diferentes metodologías.

- **Modelo de viscosidad turbulenta en CCHE2D**

El modelo numérico CCHE2D cuenta con dos métodos para determinar el parámetro de *Clausura de la turbulencia*, los cuales son: modelo de viscosidad de remolino y el modelo  $K-\epsilon$  bidimensional. El programa tiene configurado por defecto

el modelo de viscosidad de remolino. La estimación de la viscosidad de remolino se enmarca en el CCHE2D bajo las siguientes expresiones:

$$v_t = \frac{A_{xy}}{6} k * u * h \quad (\text{Ec.- 14})$$

Donde:

$v_t$ : Viscosidad de remolino.

$A_{xy}$ : Coeficiente de ajuste de la viscosidad de remolino.

$k$ : Constante de Von Karman (0.41).

$u$ : Velocidad de fricción.

$$v_t = l^2 \sqrt{2\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + 2\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2} \quad (\text{Ec.- 15})$$

$$\bar{l} = \frac{1}{h} \int_0^z \sqrt{1 - \frac{z}{h}} dz = kh \int_0^1 (1 - \zeta) d\zeta \approx 0.267kh \quad (\text{Ec.- 16})$$

#### o Modelo K- $\epsilon$ bidimensional

CCHE2D ha introducido este modelo de turbulencia, para dichas aplicaciones donde la exactitud de cierre de la turbulencia es crítico (Rodi 1979).

$$\frac{\partial k}{\partial t} + u \frac{\partial k}{\partial x} + v \frac{\partial k}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{v_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{v_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial y} \right) = P - \epsilon + P_{kv} \quad (\text{Ec.- 17})$$

$$\frac{\partial \epsilon}{\partial t} + u \frac{\partial \epsilon}{\partial x} + v \frac{\partial \epsilon}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left[ \frac{v_t}{\sigma_\epsilon} \frac{\partial \epsilon}{\partial x} \right] - \frac{\partial}{\partial y} \left[ \frac{v_t}{\sigma_\epsilon} \frac{\partial \epsilon}{\partial y} \right] = c_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} P - c_{2\epsilon} \frac{\epsilon^2}{k} + P_{\epsilon v} \quad (\text{Ec.- 18})$$

Donde:

$$P_{kv} = c_k \frac{U_*^3}{h} \quad P_{\epsilon v} = c_\epsilon \frac{U_*^4}{h^2} \quad (\text{Ec.- 19})$$

$$U_* = \sqrt{c_f (u^2 + v^2)} \quad c_k = \frac{1}{\sqrt{c_f}} \quad c_\epsilon = 3.6 \frac{c_{2\epsilon}}{c_f^{3/4}} \sqrt{c_\mu} \quad (\text{Ec.- 20})$$

$$c_\mu = 0.09, \quad \sigma_k = 1.0, \quad \sigma_\epsilon = 1.3, \quad c_{1\epsilon} = 1.44, \quad c_{2\epsilon} = 1.92$$

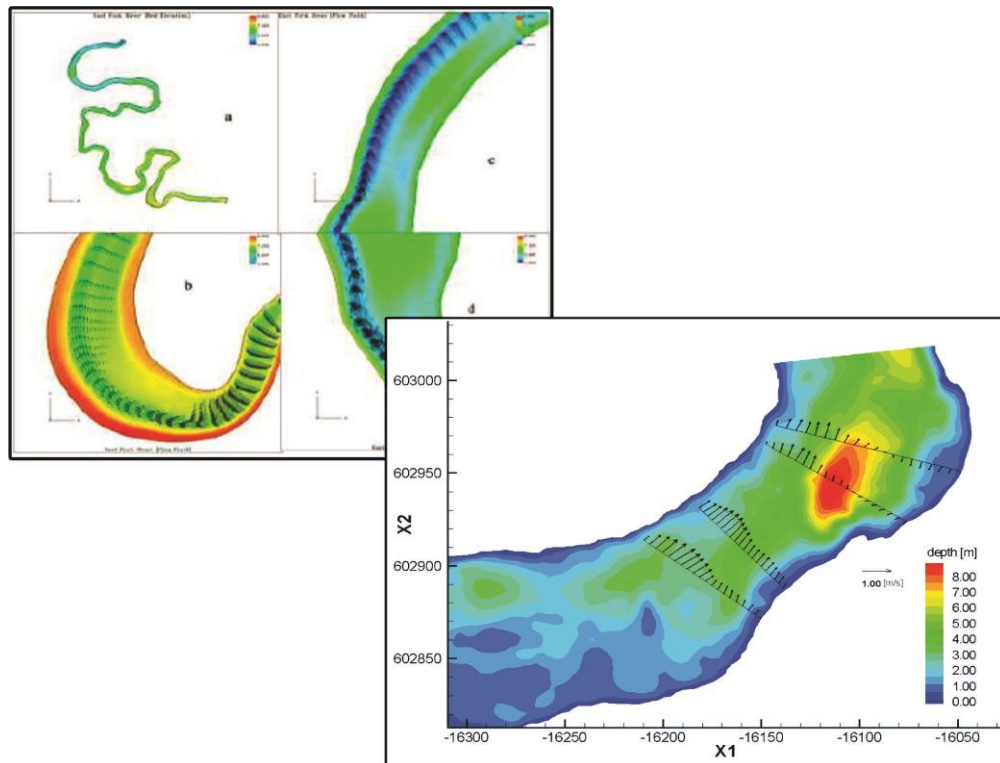
$$v_t = c_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (\text{Ec.- 21})$$

El término  $P_{KV}$  y  $P_\varepsilon$  fueron añadidos al modelo, con el objetivo de tener en cuenta la generación de energía de turbulencia y disipar fricción del fondo del lecho, en los casos de flujos uniformes. Dado a que este método requiere de un trabajo laborioso para el cálculo de los coeficientes, el modelo de viscosidad turbulenta es ampliamente aplicado en la obtención del parámetro de Clausura de la turbulencia.

#### 2.4.4. Modelo numérico

El modelo numérico CCHE2D requiere de información base como la geometría del cauce, batimetría de las secciones transversales, curvas de calibración de caudales-niveles, caudales sólidos, coeficientes de rugosidad de Manning, curva granulométrica; lo anterior, para llevar a cabo los cálculos hidráulicos y morfológicos, los cuales dependerán del refinamiento de la malla en elementos finitos construida en la interfaz Mesh.

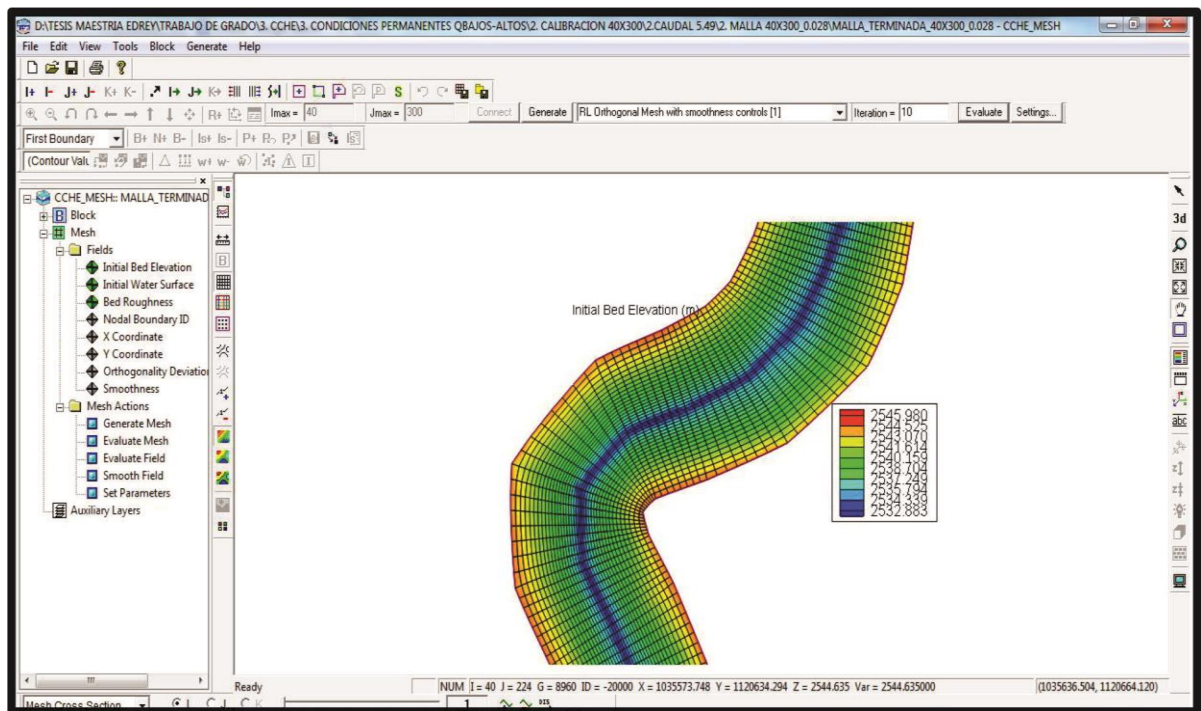
**Figura 7. Resultados gráficos**



- **Datos de la geometría del cauce**

Debe crearse una geomalla que represente la batimetría tanto del cauce como de las llanuras, la cual se trabaja a partir de la topografía existente de la zona y la posterior construcción del modelo digital del terreno. El programa CCHE2D contiene una interfaz independiente para la elaboración de la malla, con restricción de 12000 nodos cuando se trabaja en la versión free.

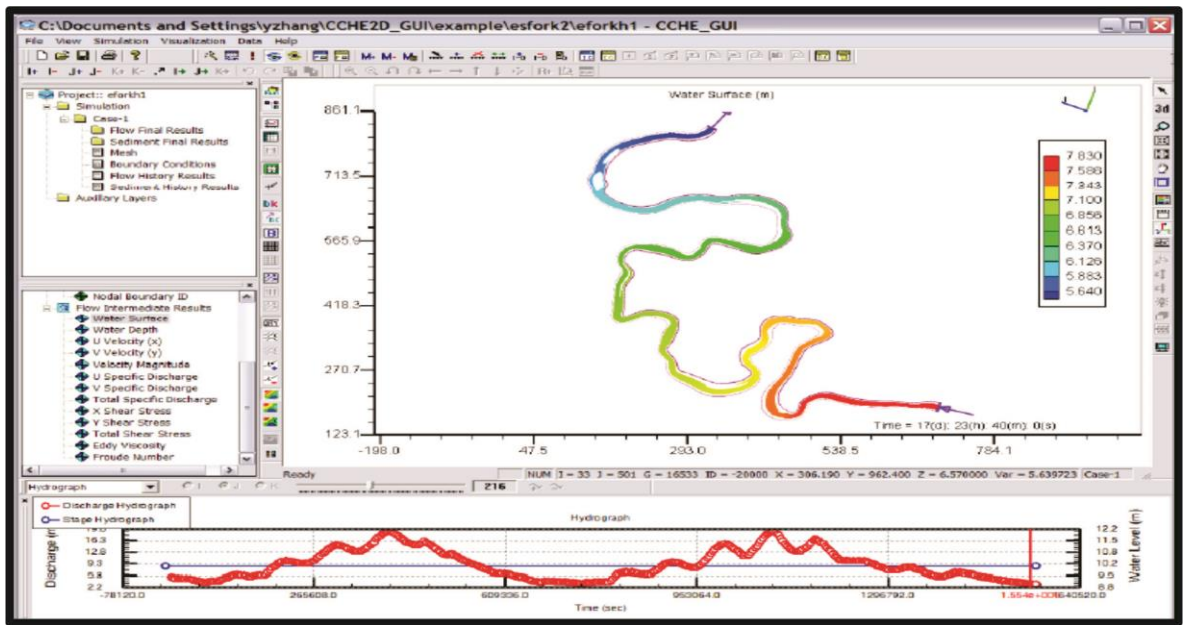
**Figura 8. Interfaz Mesh**



- **Datos para el análisis de flujo**

Para llevar a cabo el análisis de flujo tanto en régimen permanente como no permanente, CCHE2D requiere de información de las condiciones iniciales y las condiciones de contorno. Las condiciones iniciales hacen referencia a la profundidad inicial (tiempo=0) de la lámina de agua en cada uno de los nodos, las condiciones de frontera corresponden a los caudales en la frontera de entrada del tramo de estudio, el cual puede ser constante cuando se realiza análisis de flujo permanente, o un hidrograma para flujo no permanente, así mismo valores de nivel a la salida del tramo, que puede ser constante o una serie de niveles.

Figura 9. Interfaz CCHE-GUI



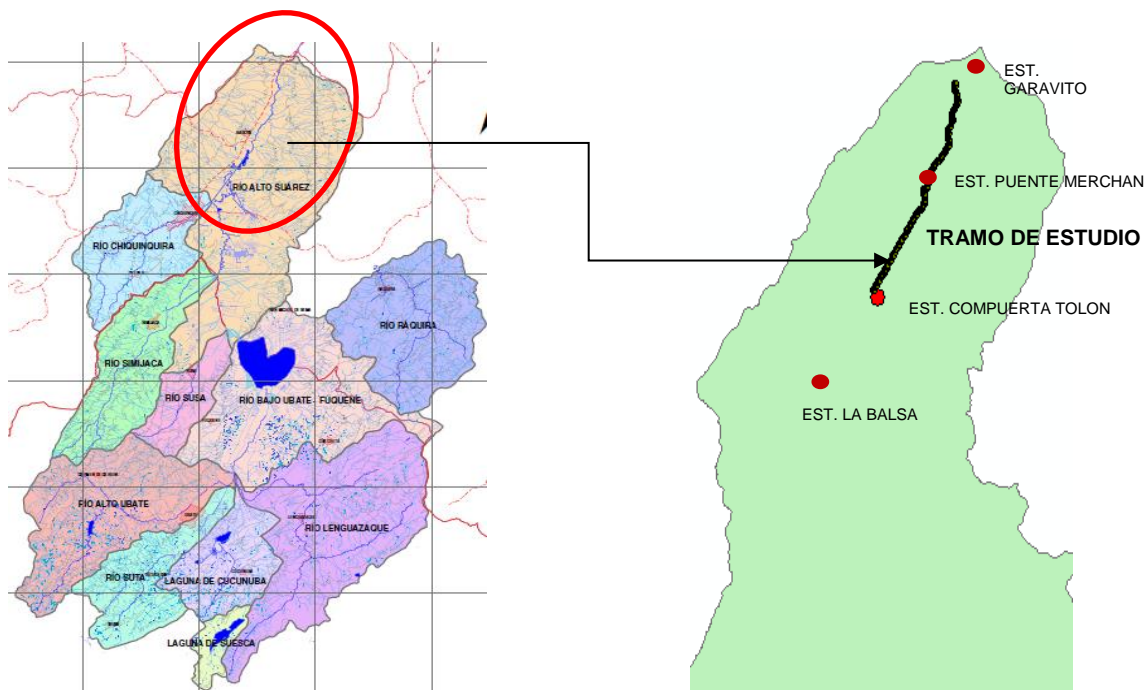
### 3. ZONA DE ESTUDIO

#### 3.1. LOCALIZACIÓN

La cuenca Río Alto Suarez (2401-10), es la cuarta sub-cuenca de tercer orden, de las once sub-cuenclas que conforman la cuenca de los Ríos Ubaté-Suarez, con una extensión de 41.568 ha, área que se encuentra bajo jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional-CAR. Dentro de esta se ubica la cabecera municipal de Saboyá y algunas veredas de los municipios de Chiquinquirá, San Miguel de Sema, Simijaca y Susa. La sub-cuenca en mención, está conformada por el 53% del municipio de Chiquinquirá, 91% de Saboyá, 64% de San Miguel de Sema, 21% de Simijaca y Susa con el 13% ( UNION TEMPORAL AUDICON AMBIOTEC, 2006).

El tramo de estudio está conformado por las abscisas K23+241 -K26+597, localizadas en el municipio de Saboyá del departamento de Boyacá, con una longitud de desarrollo en promedio de 3.36 km, caracterizado por presentar un clima frío semi-húmedo y baja pendiente. En la figura 11, se muestra la localización de la sub-cuenca Río Alto Suarez y el tramo de estudio, el cual corresponde a la longitud de análisis en la modelación hidráulica.

**Figura 10. Cuenca Río Alto Suarez-Tramo de Estudio**



Fuente. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011.

**Figura 11. Rio Suarez**



Fuente. EXCELSIO.co, Primer periódico virtual de Boyacá, 2014.

## 3.2. HIDROGRAFÍA

### 3.2.1. Inventario hídrico de la sub-cuenca rio Alto Suarez

Con base en el método de clasificación de Horton, la sub-cuenca del Río Alto Suarez cuenta con la siguiente jerarquización:

**Tabla 3. Inventario y jerarquización de cauces**

NOMBRE DE LA CUENCA	N° DE LA CUENCA	CAUCE PRINCIPAL	CAUCES DE SEGUNDO NIVEL	CAUCES DE TERCER NIVEL
Rio Alto Suárez	2104-10	Rio Suarez	Rio Chiquinquirá (tributario)	
			Rio Madrón (tributario)	Q. Pinuela
				Q. de Sasa
				Q. El Espino
				Q. El Rosal
				Q. Las Puertas
				Q. Becerros
			Rio Simijaca	Q. El Salitre
			Rio Susa	
			Canal Madre	
Canal El Cacho				
Q. La Charrera				
Q. Peña de Méndez				
Q. Piedras				

NOMBRE DE LA CUENCA	Nº DE LA CUENCA	CAUCE PRINCIPAL	CAUCES DE SEGUNDO NIVEL	CAUCES DE TERCER NIVEL
			Q. Mirabuenos	
			Q. Puente de Tierra	
			Q. La Calera	
			Q. Cascajal	Q. Ruda
			Q. El Morisco	

Fuente. AUDICON AMBIOTEC – CAR, 2006.

### 3.3. HIDROLOGÍA

#### 3.3.1. Estaciones hidrometereológicas

Tras la revisión del catálogo de estaciones hidrometereológicas consolidado por la CAR, se identificaron las estaciones existentes en la cuenca Río Alto Suarez. A continuación se relacionan las estaciones localizadas tanto en el tramo de estudio como en las zonas próximas a éste.

**Tabla 4. Estaciones hidrométricas CAR localizadas**

CODIGO	NOMBRE	CAUCE	TIPO DE ESTACION	INFORMACION	COORDENADAS		ELEV. (m.s.n.m)
					NORTE	ESTE	
2401704	LA BALSA	R. SUAREZ	LIMNIMETRICA	NIVELES, CAUDALES	1114200	1031320	2556
2401749	PUENTE MERCHÁN	R. SUAREZ	LIMNIMETRICA	NIVELES, CAUDALES	1121180	1035910	2552
2401518	COMPUERTA TOLON	R. SUAREZ	CLIMATOLOGICA	TEMPERATURA	1113740	1031620	2541
2401713	GARAVITO	R. SUAREZ	LIMNIMETRICA	NIVELES, CAUDALES	1128200	1038050	2553

Fuente. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Oficina Red Hidrometereológica.

#### 3.3.2. Precipitación

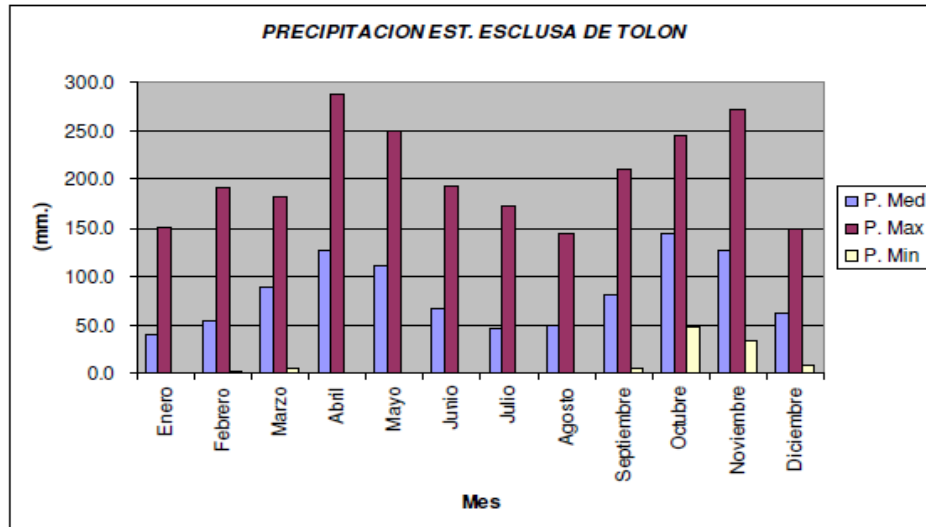
El estudio de Diagnóstico, prospectiva y propuesta del Plan de Formulación de la Cuenca Hidrográfica de los ríos Ubaté-Suarez, de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional-CAR, presenta un análisis de resultados con relación a las variables tanto de precipitación como de caudal sobre la sub-cuenca del Río Alto Suarez. Teniendo en cuenta lo anterior, la información analizada en dicho estudio, se referencia a continuación.

- **Esclusa Tolón (2401518):** Estación climatológica operada por la CAR, presenta una serie disponible de registros de precipitación desde 1945 hasta el 2002. En la figura 12 se presenta el histograma de precipitación media



mensual analizada, con base en los registros existentes. A continuación se representa el histograma de precipitación media mensual de la estación.

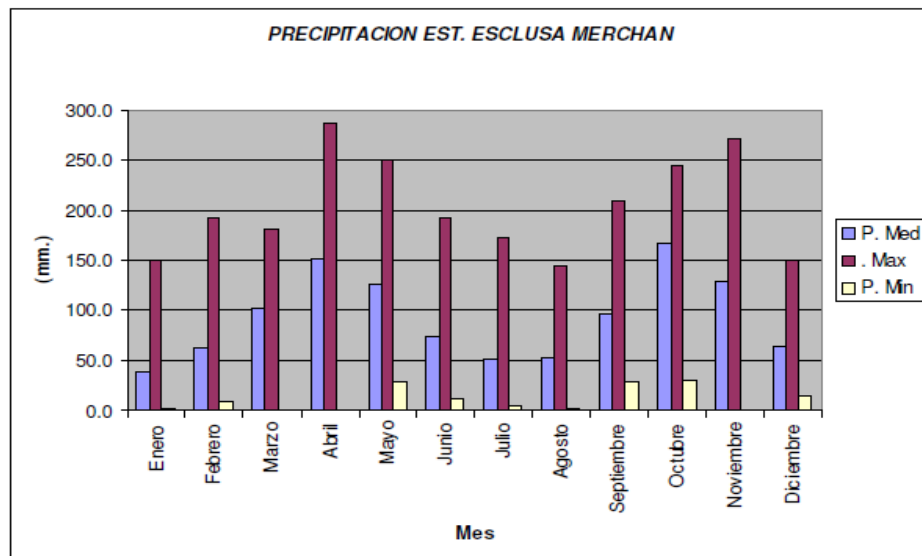
**Figura 12. Histograma de precipitación media mensual Est. Esclusa Tolón**



Fuente. AUDICON AMBIOTEC – CAR, 2006.

- **Esclusa Merchán (2401043):** Estación pluviográfica operada por la CAR, con serie de registros de precipitación entre 1962 y 2001.

**Figura 13. Histograma de precipitación media mensual Est. Esclusa Merchán**



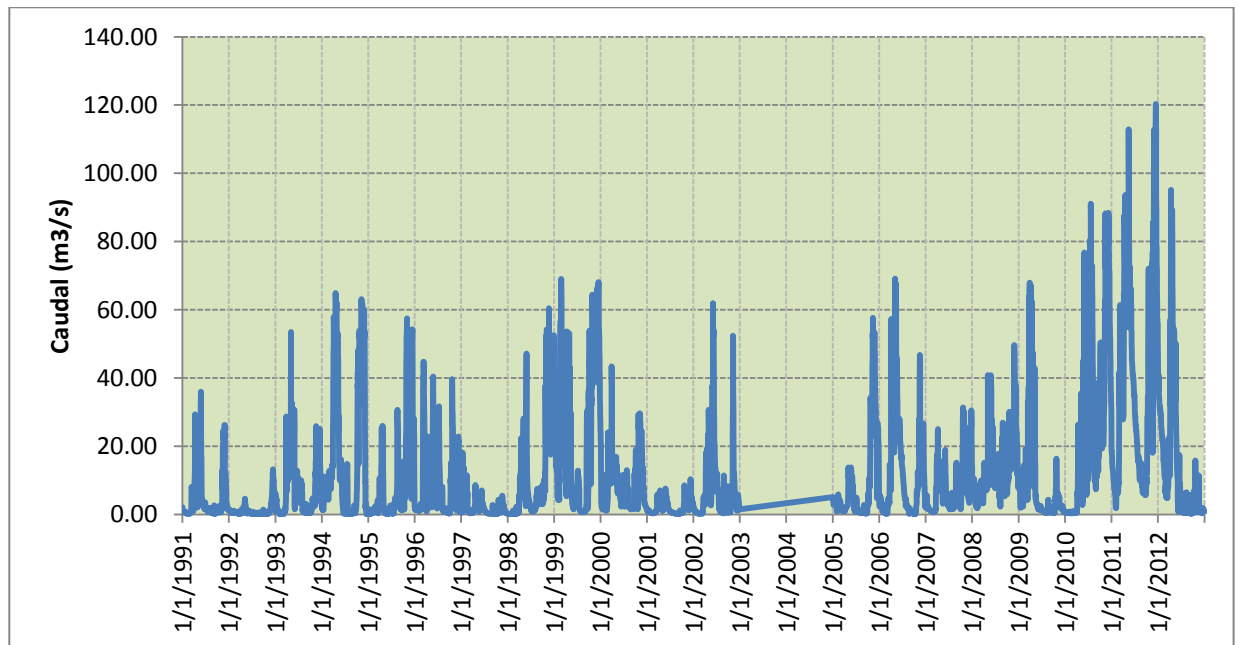
Fuente. AUDICON AMBIOTEC – CAR, 2006.

La sub-cuenca del río Alto Suarez tiene un comportamiento hidrológico de tipo bimodal con dos épocas de lluvias comprendidas entre marzo-mayo y septiembre-noviembre. La precipitación media mensual multianual es de 1021.92 mm.

### 3.3.3. Caudales

- **La Balsa (2401704):** Estación limnimétrica de tipo convencional operada por CAR, instalada el 01 de marzo de 1934, aunque la Corporación relaciona información de niveles medidos entre los periodos continuos de 1991-1992 y 2010-2013.
- **Garavito (2401713):** Estación limnimétrica de tipo convencional operada por la CAR, fue instalada el 01 de enero de 1960. La información de niveles medidos corresponde al periodo comprendido entre 1991-2013. Ver anexo B del presente documento, para consultar las curvas de calibración nivel-caudal. En la figura 14 se relaciona la variación del caudal en la estación para el periodo comprendido entre 1991-2002.

**Figura 14. Variación del caudal en el tiempo-Estación Garavito (1991-2012)**

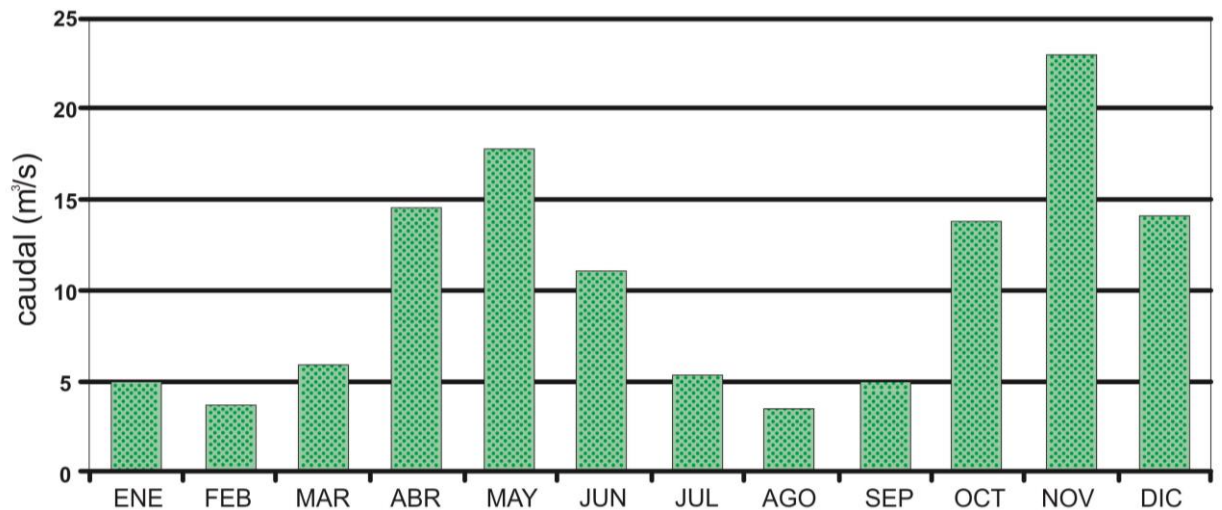


Fuente. Autor, información base registros CAR.

Con base en el análisis de la información registrada en la estación limnimétrica Garavito y consignada en el informe de Diagnóstico de la Sub-cuenca Río Alto Suarez, la distribución de caudales en el año exhibe un comportamiento bimodal, cuyos eventos máximos se presentan en los meses de mayo - noviembre y estiaje,

en febrero - agosto. El valor promedio anual es de 10.019 m<sup>3</sup>/seg. La figura 15 representa la distribución mensual de caudales.

**Figura 15. Distribución mensual de caudales**



Fuente. AUDICON AMBIOTEC-CAR, 2006.

- **Puente Merchán (2401749):** Estación limnimétrica de tipo convencional operada por la CAR, fue instalada el 01 de octubre de 1961. La información de niveles medidos corresponden a los periodos comprendidos entre 1991-1995, 1997-2003, 2007-2013.

### 3.3.4. Oferta hídrica de la sub-cuenca del Río Alto Suarez

Con base en el estudio de los caudales medios aportados por la sub-cuenca, información relacionada en el informe de Diagnóstico de la Sub-cuenca del Río Alto Suarez, se estableció que la oferta hídrica de la misma, incluyendo las demandas (concesiones otorgadas por la CAR), es la siguiente:

**Tabla 5. Oferta hídrica estimada en la sub-cuenca**

Qmín (m <sup>3</sup> /s)	Qmed (m <sup>3</sup> /s)	Qmáx (m <sup>3</sup> /s)
1.12	10.06	33.22

Fuente. AUDICON AMBIOTEC-CAR, 2006.

### **3.4. HIDROGEOLOGÍA**

La subcuenca del Río Alto Suarez se encuentra ubicada en el NW de la cuenca Ubaté – Suarez. Presenta una topografía montañosa, con niveles de rocas duras, altamente consolidadas, conformadas por las formaciones Areniscas de Chiquinquirá, Conejo y La Frontera, constituidas por rocas antiguas del cretáceo de gran dureza y consolidación, y por rocas de poca consolidación conformada por depósitos recientes aluviales.

Parte del área de la subcuenca está conformada por niveles de rocas plásticas, arcillosas, de escasa permeabilidad y porosidad. Entre estos niveles se destacan la formación Conejo y las rocas pertenecientes a la formación La Frontera. Otro tipo de roca de interés para la explotación de aguas subterráneas, lo constituyen los depósitos aluviales aledaños a las márgenes del río Suarez y los sitios aledaños a la población de Saboyá, áreas conformadas por suelos pocos consolidados con características de acuífero libre.

La subcuenca se caracteriza por tener un relieve montañoso, con alturas que oscilan entre 2600 – 2800 m.s.n.m., constituidas en su gran mayoría por rocas duras muy consolidadas de poca permeabilidad y porosidad. La parte central está conformada por los valles aluviales de los ríos Ubaté, Fúquene y Suarez. La pendiente topográfica es baja con valores hasta del 3%. La pendiente longitudinal es variable con una notoria disminución hacia la parte central, donde se localiza la Laguna de Fúquene (UNION TEMPORAL AUDICON AMBIOTEC, 2006).

### **3.5. HIDROMETRÍA**

#### **3.5.1. Longitud del cauce en el tramo de estudio**

La longitud total del cauce correspondiente al tramo de estudio, se encuentra enmarcada por la distancia entre las secciones batimétricas 229 y 263, del estudio topográfico de alta precisión. Con base en lo anterior, la longitud total del tramo de estudio es de aproximadamente 3.36 km.

#### **3.5.2. Sinuosidad del cauce en el tramo de estudio**

Es la relación que existe entre la longitud del canal natural a lo largo de su cauce (L) y la longitud del río medida en línea recta (Lt).

$$S = L/L_t \quad (\text{Ec.- 22})$$

De donde:

L: Longitud del cauce principal en Km.

L<sub>t</sub>: Longitud del río medido en línea recta en Km.

Este parámetro denota la velocidad de escorrentía superficial a lo largo del cauce. Un valor menor o igual a 1.25, indica una baja sinuosidad, es decir un río con alineamiento "recto" (Monsalve 1995). Los datos del río Suárez son los siguientes:

**Tabla 6. Coordenadas del tramo de estudio**

BATIMETRIA	ABSCISA	DISTANCIA	NORTE	ESTE
229	K23+241	0	1118371.420	1034215.910
263	K26+597	3.36	1121100.997	1035721.371

Fuente. AUDICON AMBIOTEC-CAR, 2006.

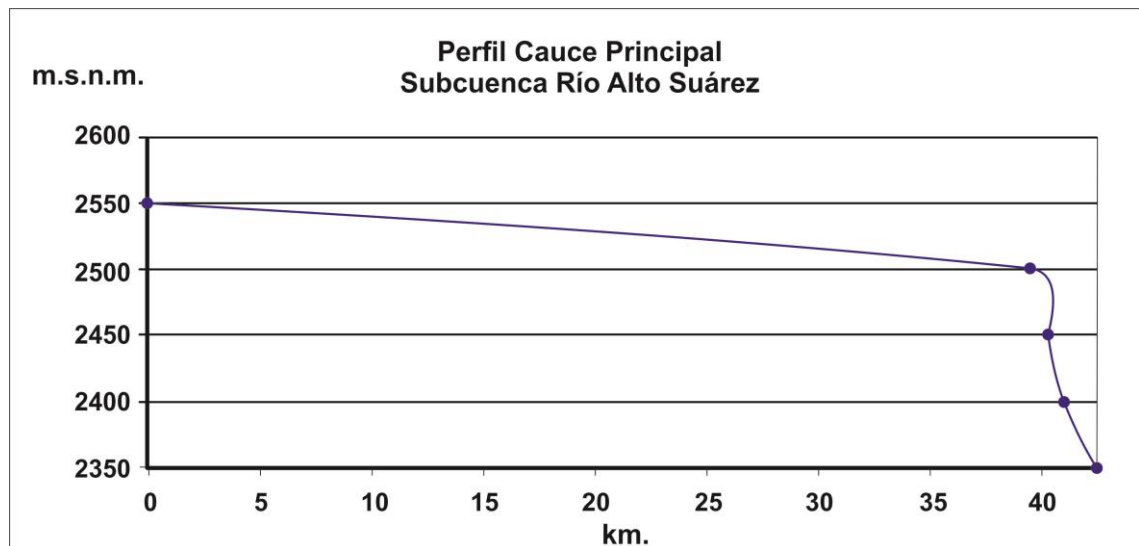
$$L_t: 3.36 \text{ Km}$$

$$S = 3.36/3.12$$

$$S = 1.08$$

El tramo de estudio presenta una baja sinuosidad, por consiguiente escorrentía superficial con bajas velocidades

**Figura 16. Perfil longitudinal del cauce**



Fuente. AUDICON AMBIOTEC-CAR, 2006.

### 3.6. FENÓMENO DE LA NIÑA EN COLOMBIA (2010 – 2011)

El fenómeno de la Niña entre los años 2010 – 2011, ocasionó serios daños en gran parte del territorio nacional, cuya magnitud del impacto conllevó a la declaración de la emergencia económica, social y ecológica (Decreto 4579 de 2010) y a la creación de la Gerencia del Fondo de Calamidades (Decreto 4709 de 2010) (MÉNDEZ, 2013).

Los efectos del fenómeno natural impactaron el 99% de los 116 municipios del departamento de Cundinamarca, catalogándose como la emergencia más grave que ha tenido que enfrentar el departamento en los últimos 100 años. El desbordamiento del río Suarez incrementó significativamente los caudales en el río Simijaca dejando damnificadas 679 familias y cerca de 8.000 cabezas de ganado ahogadas (SEMANA, 2011).

**Figura 17. Inundación Rio Suarez abril 2011**



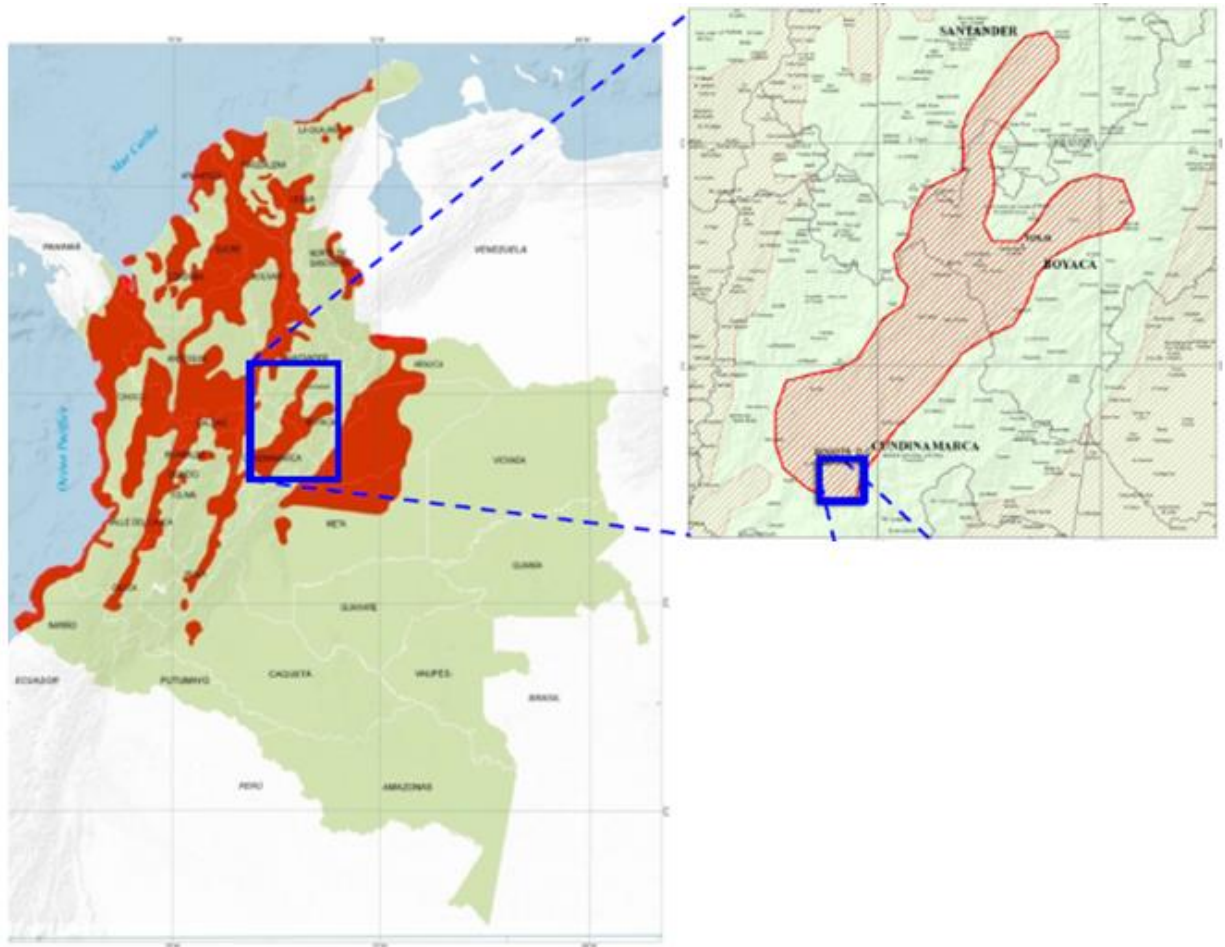
Fuente. Google.com.co. Imágenes inundaciones rio Suarez, 2011.

Una de las principales actividades económicas en la zona es la ganadería, donde los productores de leche manifestaron que alrededor de 5.000 hectáreas de pasto fueron destruidas (RCN, 2011).

### 3.7. MONITOREO DE ZONAS INUNDADAS EN CUNDINAMARCA

A través del trabajo conjunto entre el IGAC, IDEAM y DANE se llevó a cabo el seguimiento a los efectos derivados del fenómeno de la niña 2010-2011, proyecto que permitió identificar las zonas inundadas a escala 1:100.000 en el territorio nacional; siendo el sistema lagunar-río Suarez una de las zonas centrales priorizadas en Colombia, como consecuencia de las inundaciones durante la temporada invernal. En la figura 18 se muestra el área vulnerable a inundaciones en el departamento de Cundinamarca (GUZMAN, 2012).

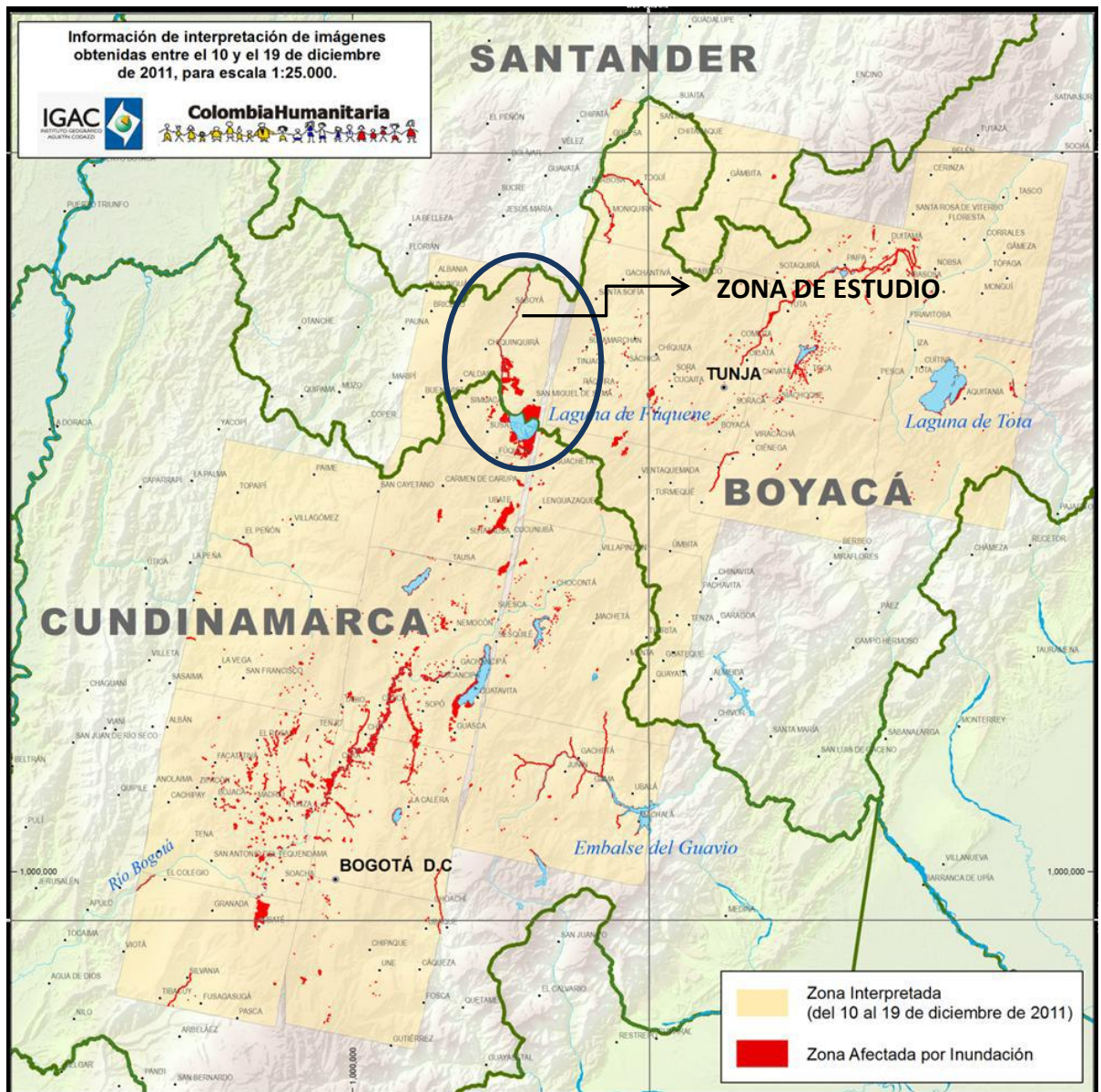
**Figura 18. Zona central priorizada por inundaciones fenómeno de la niña 2010-2011**



Fuente. GOMEZ GUZMAN, 2012.

Al cotejar las imágenes de radar consolidadas en el décimo reporte presentado por el Instituto Agustín Codazzi, como resultado del desarrollo del proyecto monitoreo de zonas inundadas, junto con los registros de niveles horarios leídos en la estación Satelital Puente Merchán por la CAR entre el 2010 y 2011, se identificó que el día 16 de diciembre de 2011 se presentó la máxima escorrentía superficial en el sistema lagunar-río Suarez, evento que fue seleccionado como condición de análisis en HEC-RAS y CCHE2D, para condiciones de avenida.

**Figura 19. Zona de inundación interpretada del 10 al 19 de diciembre de 2011**



Fuente. GOMEZ GUZMAN, 2012.



## 4. MODELACIÓN HIDRÁULICA EN HEC-RAS

### 4.1. GEOMETRÍA DEL TRAMO DE ESTUDIO

Mediante el contrato de prestación de servicios 00512-2007 (CAR), Atlas Ingeniería Ltda llevo a cabo el levantamiento topográfico de alta precisión mediante tecnología láser, de la batimetría de las lagunas de palacio, Cucunubá, Fúquene y de los ríos Ubaté (entre la confluencia del río la playa hasta la laguna de Fúquene), Suárez (entre la laguna de Fúquene y la estación limnimétrica Garavito) y Negro (desde su nacimiento en el cerro de la soldadesca hasta su confluencia con el río Patá), incluyendo las rondas de los mismos.

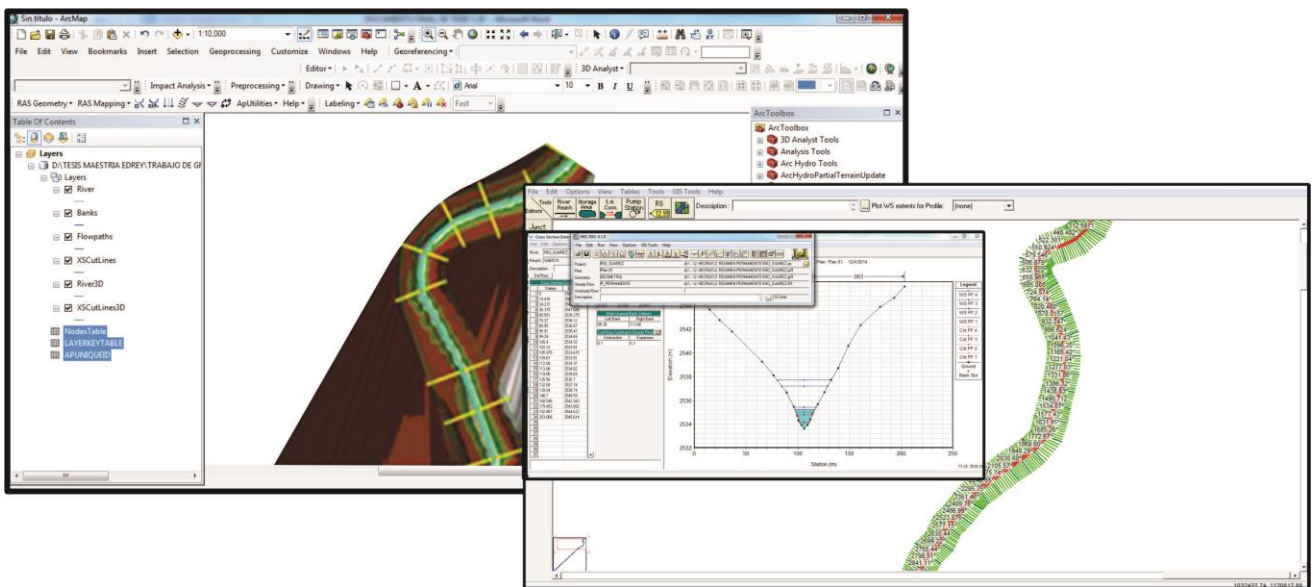
Con base a esta información, se procedió a ingresar al modelo HEC-RAS la geometría del tramo de estudio comprendida entre las abscisas K23+241 - K26+597, con la ayuda de la extensión de Arcgis "HECGEORAS" y de las fotografías aéreas del sitio. A continuación se describen los pasos realizados para la inclusión de la información.

- Transformación de la base de datos de coordenadas y elevaciones, en un archivo formato GIS.
- Representación de la superficie del terreno en formato raster.
- Generación de la base de datos de la geometría del cauce, mediante el uso de la extensión HECGEORAS.
- Importación de la información de la geometría consolidada en la extensión HECGEORAS a HECRAS. El resultado que se visualiza en la figura 20.

De los criterios seleccionados en la configuración de la base de datos en la extensión HECGEORAS, se destaca lo siguiente:

- Las rondas hidráulicas fueron determinadas por los puntos extremos de cada sección batimétrica levantada en campo.
- Las secciones transversales trazadas en dicha extensión, corresponden a las mismas secciones transversales del levantamiento topográfico elaborado por la firma Atlas Ingeniería Ltda.

**Figura 20. Importación de la geometría del cauce en HEC-RAS**



## **4.2. SIMULACIÓN EN CONDICIONES PERMANENTES (CAUDALES BAJOS Y ALTOS LEIDOS EN CAMPO)**

### **4.2.1. Condiciones de frontera**

La estación limnimétrica convencional Puente Merchán (2401749) instalada en octubre de 1961, se localiza aguas abajo del tramo estudio, cuya información consolidada, representa los niveles diarios promedios de las láminas de aguas registradas en dicho punto. La anterior información, fue suministrada por la Corporación Regional de Cundinamarca, incluyendo la curva de calibración nivel-caudal con vigencia 2011. En 2010 la CAR instaló una estación satelital junto a la estación limnimétrica convencional Puente Merchán, la cual entró en funcionamiento el día 30 de abril de 2010, registrando niveles cada hora (CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA - CAR, 2010).

Los caudales ingresados al programa HEC-RAS para el análisis del flujo en régimen permanente, son los registros de caudales promedios diarios leídos en los meses de febrero, septiembre, noviembre y diciembre de 2011, incluyendo el máximo caudal registrado en la estación el día 16 de diciembre del mismo año. La tabla N° 7 relaciona los niveles de lámina de agua leídos en la estación limnimétrica Puente Merchán, con los caudales establecidos según la curva de calibración nivel-caudal generada para la misma y su caracterización.

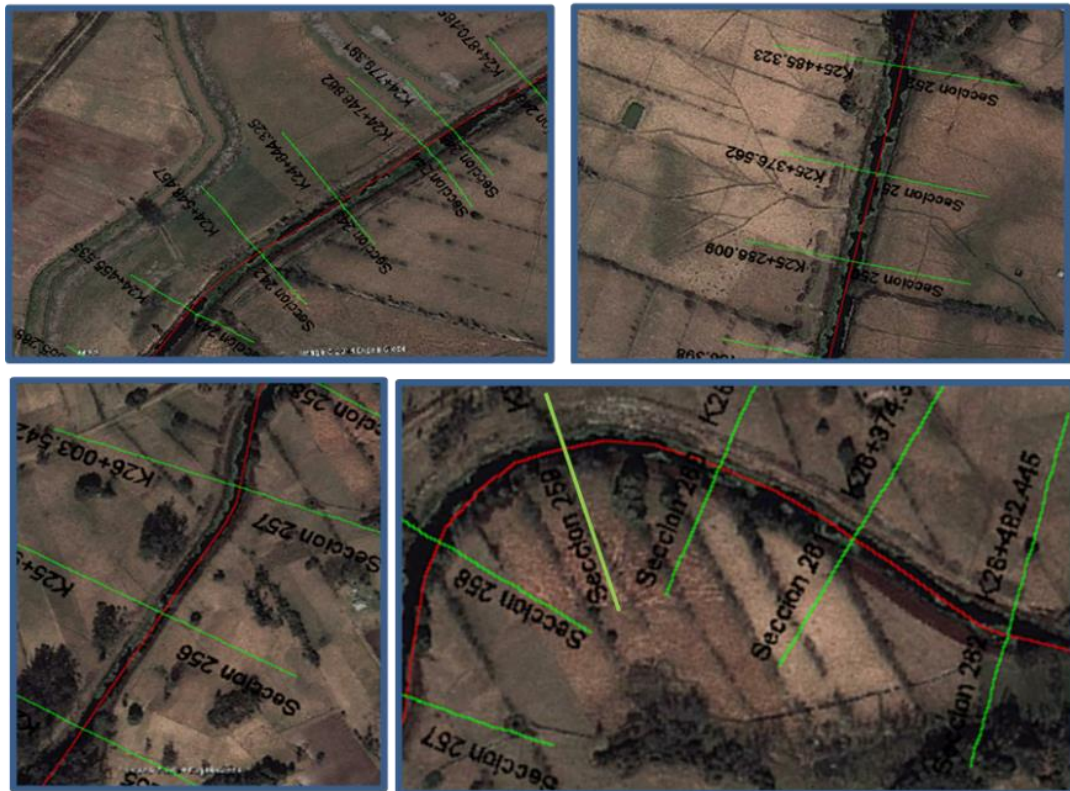
**Tabla 7. Datos de caudal**

2011			
FECHA	ALTURA (m)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)	OBSERVACION
FEBRERO 8	1.71	4.25	BAJOS CAUDALES
SEPTIEMBRE 15	1.88	5.49	
NOVIEMBRE 9	3.46	28.42	ALTOS CAUDALES
DICIEMBRE 31	3.93	40.06	
CAUDAL PICO	5.59	103.60	

#### 4.2.2. Selección de la rugosidad “n” de Manning

A través de la interpretación visual de las imágenes del tramo de estudio y la información disponible en el modelo HEC-RAS, se estimaron los valores de la rugosidad tanto para el canal central como para las márgenes del cauce. En la figura 21 se visualizan algunas imágenes del tramo de estudio, donde se identifica el crecimiento de vegetación dentro del cauce natural.

**Figura 21. Imágenes aéreas del tramo de estudio**



Fuente: Google maps. Consulta realizada el 10 de marzo de 2014.

Comparando las imágenes satelitales con valores de referencia disponibles en el programa HEC-RAS, se seleccionaron 0.030 y 0.035 tanto para el cauce y las márgenes, respectivamente. La anterior información, corresponde a las condiciones incluidas en las simulaciones.

#### 4.2.3. Resultados de las simulaciones en régimen permanente para caudales bajos y altos

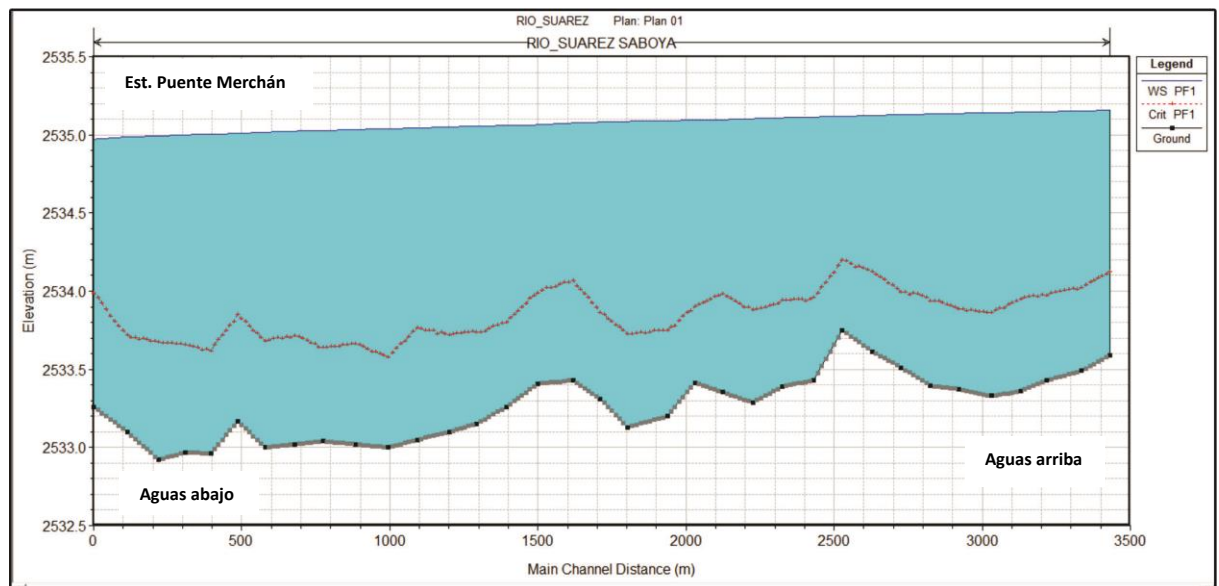
En las figuras 22, 23, 24, 25 y 26 se muestran los perfiles de flujo obtenidos en régimen permanente para caudales bajos y altos, medidos en campo. La representación gráfica de los perfiles en el software HECRAS es la siguiente:

Línea azul profundidad de la lámina de agua.

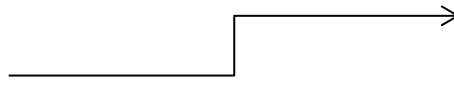
Línea roja: profundidad crítica.

Línea gris: perfil del fondo del canal.

**Figura 22. Perfil de flujo Q= 4.25 m<sup>3</sup>/seg**

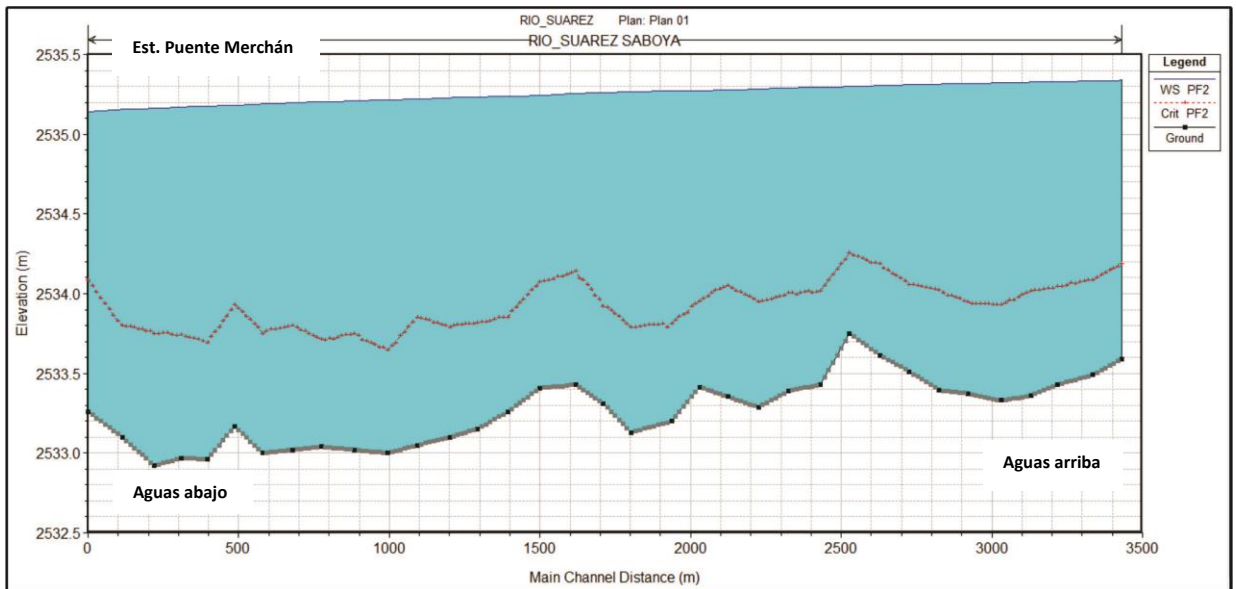


CAUDAL	PROFUNDIDAD
4.25	2534.94



NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO HEC-RAS

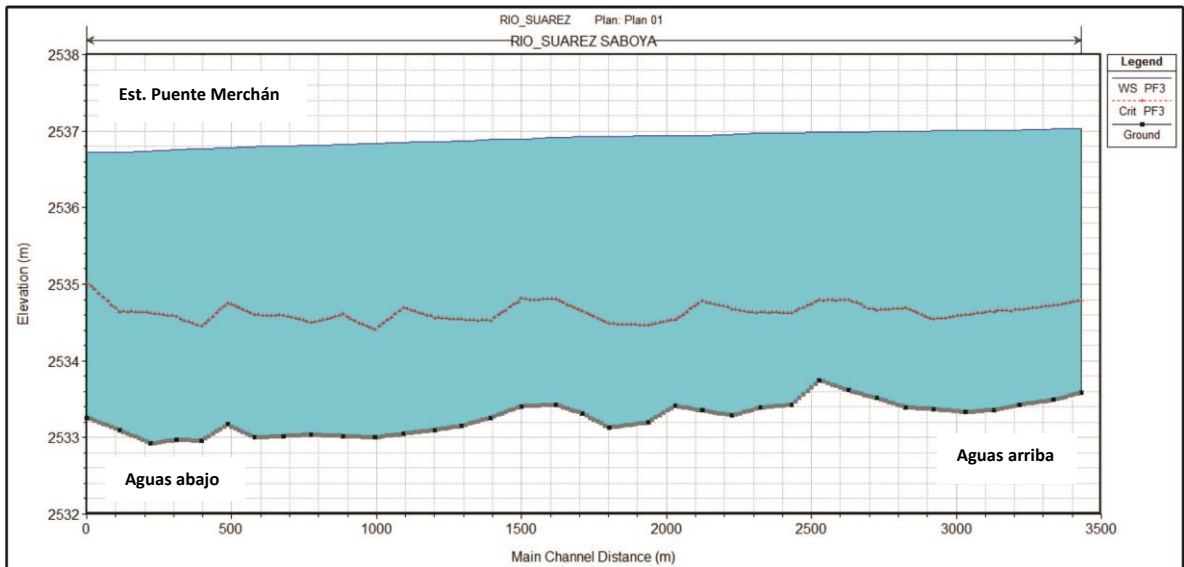
**Figura 23. Perfil de flujo Q= 5.49 m<sup>3</sup>/seg**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
5.49	2535.12

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO HEC-RAS

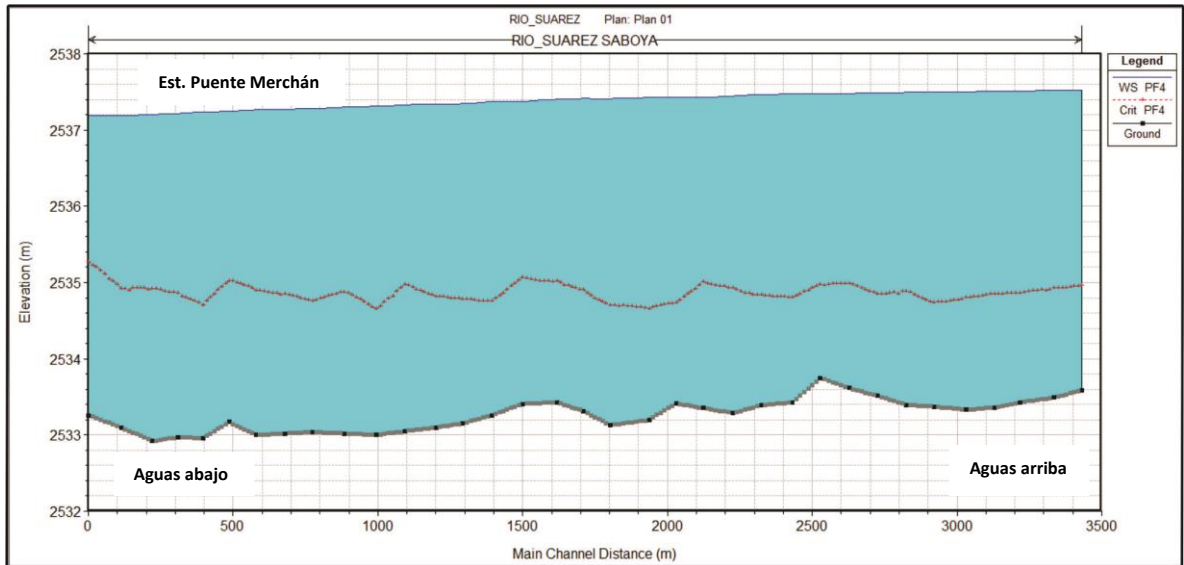
**Figura 24. Perfil de flujo Q= 28.42 m<sup>3</sup>/seg**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
28.42	2536.72

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO HEC-RAS

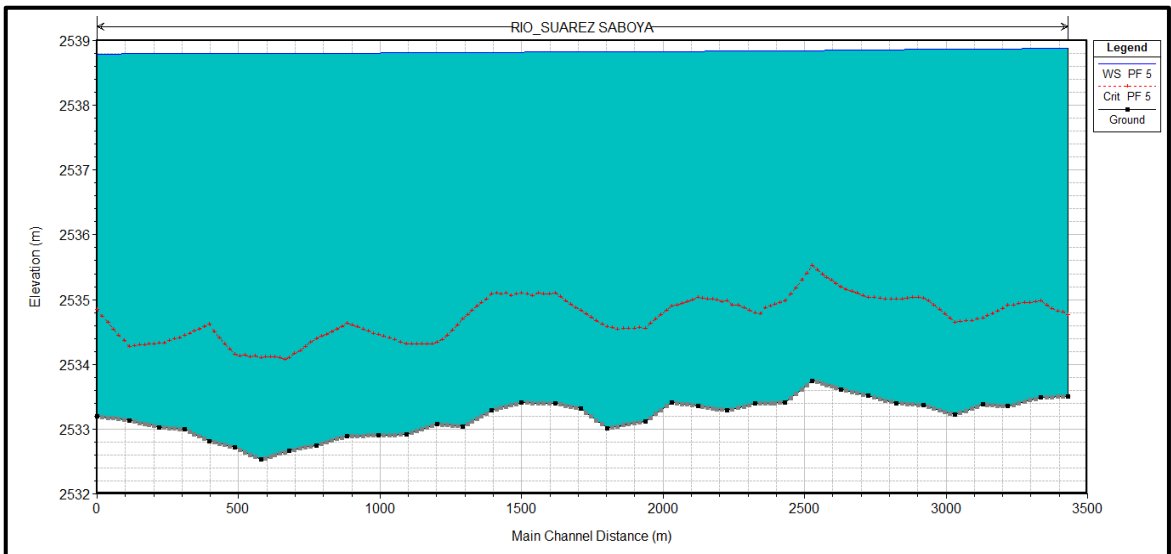
**Figura 25. Perfil de flujo Q= 40.06 m<sup>3</sup>/seg**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
40.06	2537.19

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO HEC-RAS

**Figura 26. Perfil de flujo Q= 103.60 m<sup>3</sup>/seg**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
103.60	2538.88

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO HEC-RAS

De los perfiles dibujados por el modelo y generados por los caudales medidos en campo, se destaca lo siguiente:

- Las secciones transversales fueron interpoladas cada 20 m, con el objetivo de minimizar los errores de cálculo en el modelo.
- El régimen hidráulico corresponde a un flujo sub-crítico.

### 4.3. SIMULACIÓN EN CONDICIONES PERMANENTES DE DISEÑO (QTr)

#### 4.3.1. Condiciones de frontera

A partir de los datos de caudales registrados en la estación limnimétrica Garavito (2401713), la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca llevo a cabo el análisis de frecuencias, con el fin determinar la probabilidad de ocurrencia de los caudales máximos para un periodo de retorno. Las distribuciones de probabilidad aplicadas se muestran en la tabla 8, incluyendo la prueba de bondad de ajuste Chi2, la cual permite seleccionar la distribución de probabilidad que más se ajusta a los datos de caudales medios diarios, registrados en la estación Garavito (UNION TEMPORAL AUDICON AMBIOTEC, 2006).

**Tabla 8. Análisis de frecuencia**

Tr años	NORMAL m3/s	GUMBEL m3/s	PEARSON m3/s	LOG PEARSON m3/s	LOG NORMAL m3/s	EV3 m3/s
2	68.3	63.5	65.5	66.9	62.1	58.2
2.5	76.3	71.8	73.5	75.6	69.4	64.8
3.33	84.7	81.6	82.4	85.1	78.1	73.5
5	94.7	94.4	93.5	96.1	89.7	86.1
10	108.5	114.9	109.9	110.5	108.8	108.2
20	119.9	134.5	124.3	121.3	127.5	130.8
50	132.7	160	141.6	131.8	152.4	161.5
100	141.3	179.1	153.8	137.7	171.7	185
<b>Chi 2</b>	<b>20.9</b>	<b>14.7</b>	<b>13</b>	<b>18.9</b>	<b>31.7</b>	<b>77.3</b>

Fuente: UNION TEMPORAL AUDICON AMBIOTEC, 2006.

Con base en los resultados de la prueba de bondad de ajuste Chi2, calculada para cada una de las distribuciones de probabilidad aplicadas, se puede observar en la tabla 8 que la distribución Pearson es la que mejor ajuste presenta, con un valor de Chi<sup>2</sup> de 13.

#### 4.3.2. Datos de entrada

Los datos ingresados al modelo en HEC-RAS para llevar a cabo las simulaciones en régimen permanente, corresponden a los caudales con tiempo de retorno de 2.5, 5, 10, 20, 50 y 100 años. Las consideraciones tenidas en cuenta en las simulaciones fueron las siguientes:

- Las secciones transversales se interpolaron fue interpolado cada 20 m, para minimizar errores de cálculo. Esta condición se mantiene en el análisis en régimen permanente para caudales bajos y altos de la sección anterior del presente documento.
- Los coeficientes de rugosidad de Manning de 0.030 (lecho) y 0.035 (bancas), condición que se mantiene en cada uno de los perfiles de análisis.
- Frontera aguas arriba: caudales con periodo de retorno establecidos en el documento POMCA Rio Alto-Suarez elaborado por la firma consultora Unión Temporal Audicon Ambiotec.
- Frontera aguas abajo: profundidad de la lámina de agua, nivel establecido mediante la curva de calibración caudal-nivel, en la sección aguas abajo (2533.20 m.s.n.m).

**Tabla 9. Datos de entrada HEC-RAS para condiciones de diseño**

QTr	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Nivel H (m)
2.5	73.5	4.91
5	93.5	5.37
10	109.9	5.70
20	124.3	5.97
50	141.6	6.27
100	153.8	6.46

#### 4.3.3. Resultados de las simulaciones en régimen permanente para QTr

En las figuras 27, 28, 29, 30, 31 y 32 se muestran los perfiles de flujo obtenidos en régimen permanente para caudales con periodo de retorno de 2.5, 5, 10, 20, 50 y 100 años. La representación gráfica de los perfiles en el software HECRAS es la siguiente:

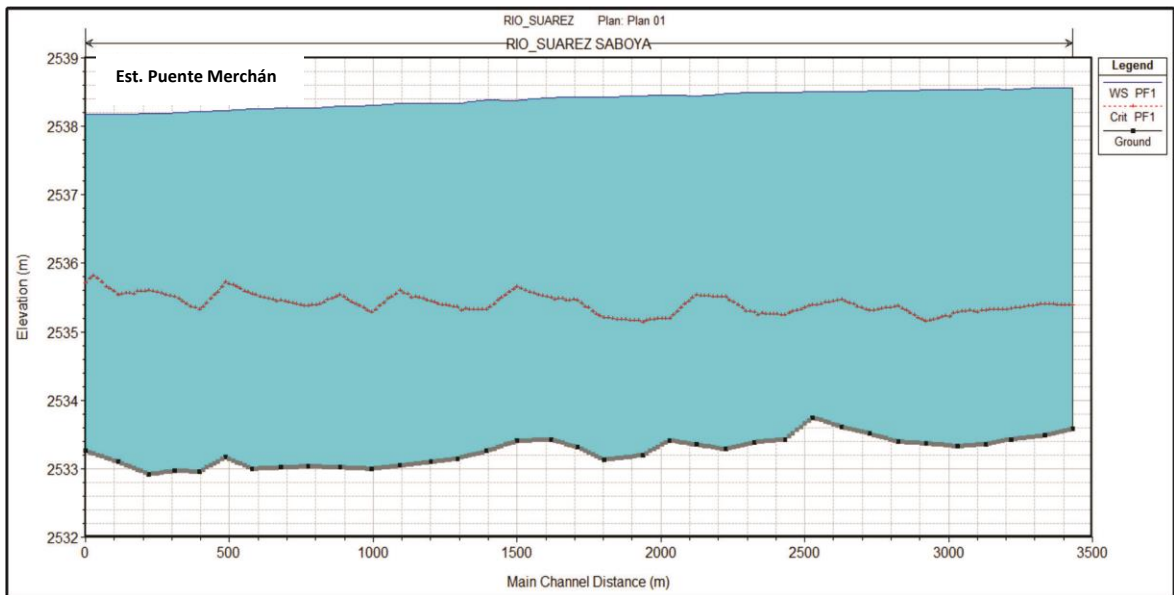
Línea azul: profundidad de la lámina de agua.

Línea roja: profundidad crítica.

Línea gris: perfil del fondo del canal.



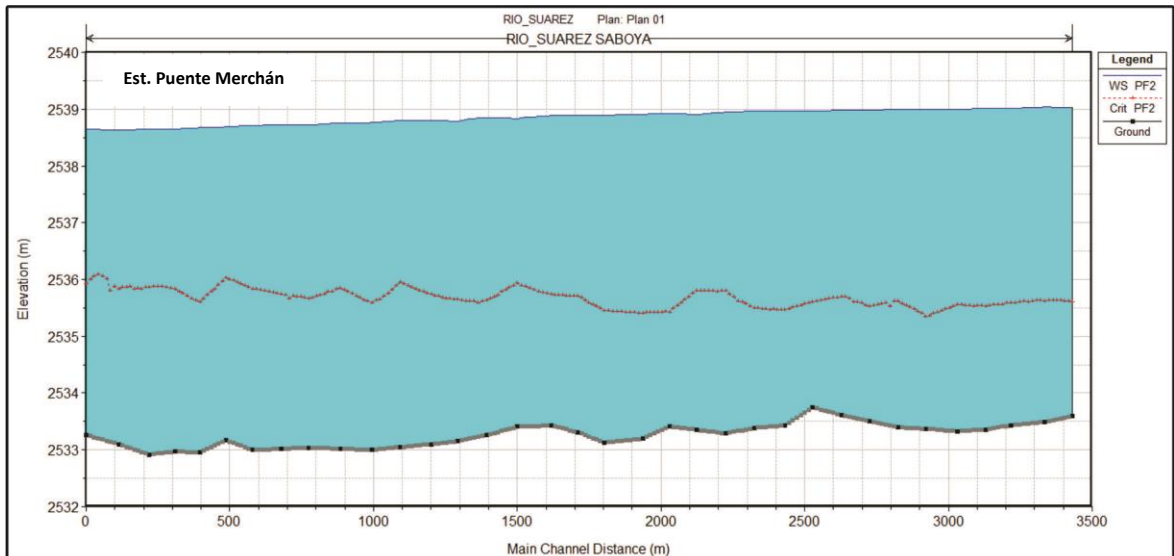
**Figura 27. Perfil de flujo  $Q_{Tr_{2.5}} = 73.5 \text{ m}^3/\text{seg}$**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
73.5	2538.20

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO HEC-RAS

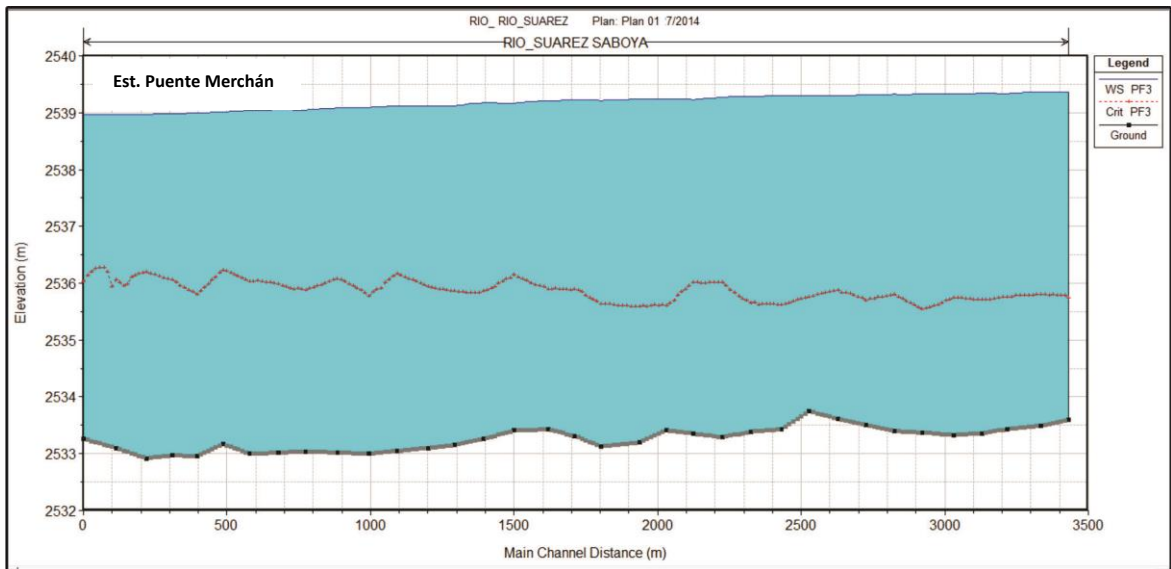
**Figura 28. Perfil de flujo  $Q_{Tr_5} = 93.5 \text{ m}^3/\text{seg}$**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
93.5	2538.66

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO HEC-RAS

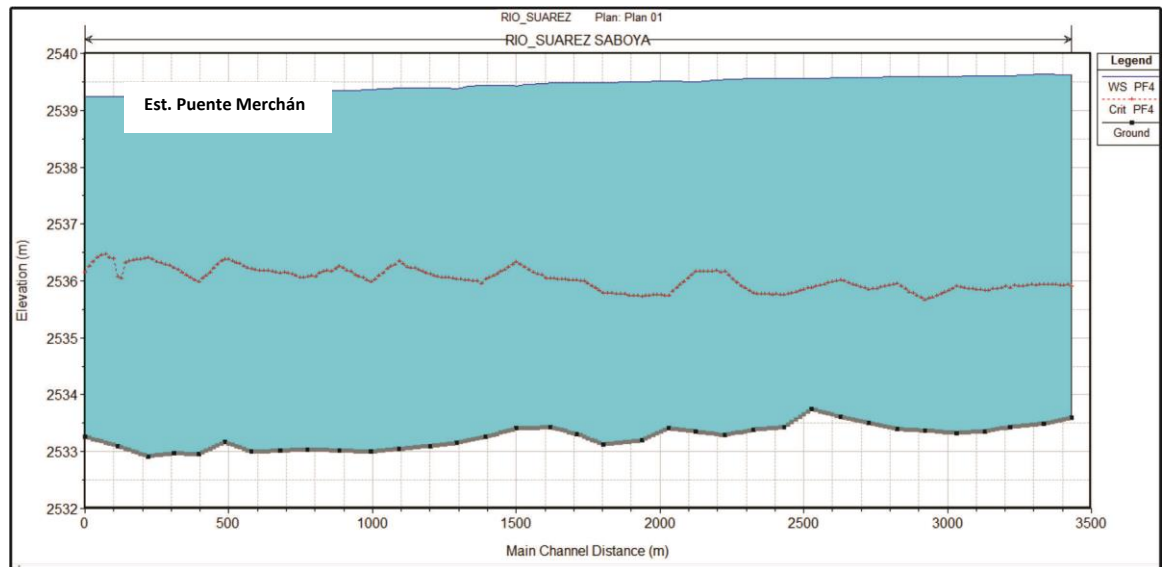
**Figura 29. Perfil de flujo  $Q_{Tr_{10}} = 109.9 \text{ m}^3/\text{seg}$**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
109.9	2539.00

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO HEC-RAS

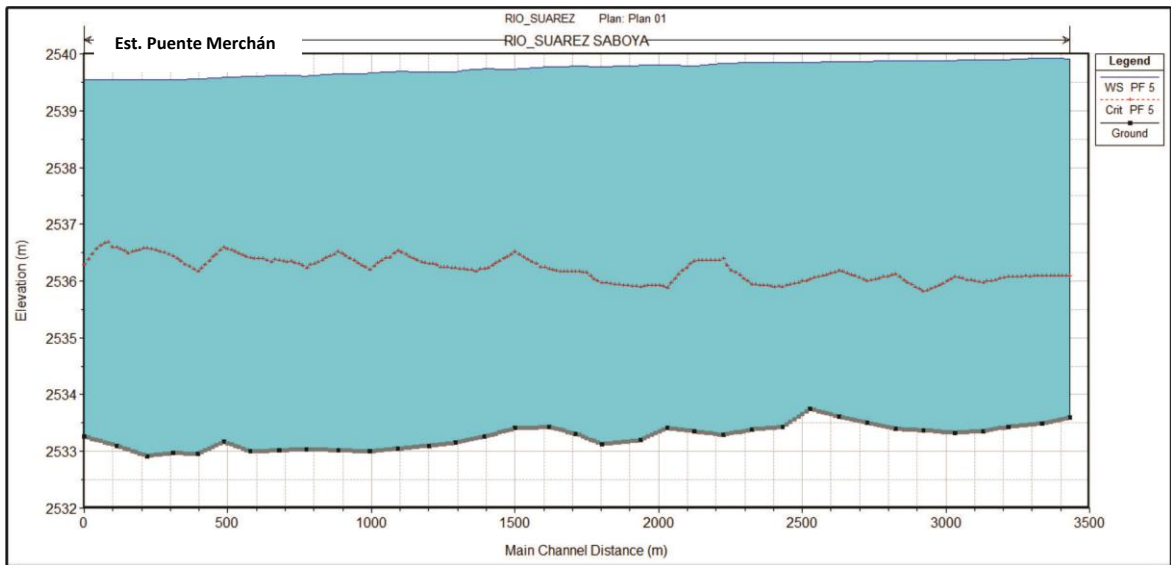
**Figura 30. Perfil de flujo  $Q_{Tr_{20}} = 124.3 \text{ m}^3/\text{seg}$**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
124.3	2539.28

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO HEC-RAS

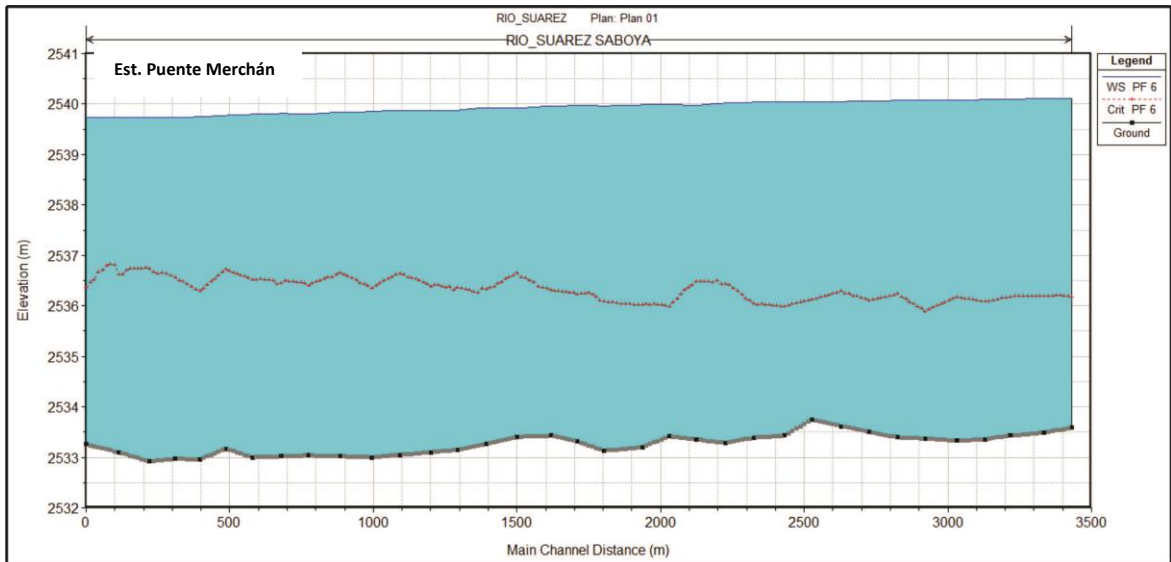
**Figura 31. Perfil de flujo QTr<sub>50</sub> = 141.6 m<sup>3</sup>/seg**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
141.6	2539.58

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO HEC-RAS

**Figura 32. Perfil de flujo QTr<sub>100</sub> = 153.8 m<sup>3</sup>/seg**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
153.8	2539.77

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO HEC-RAS

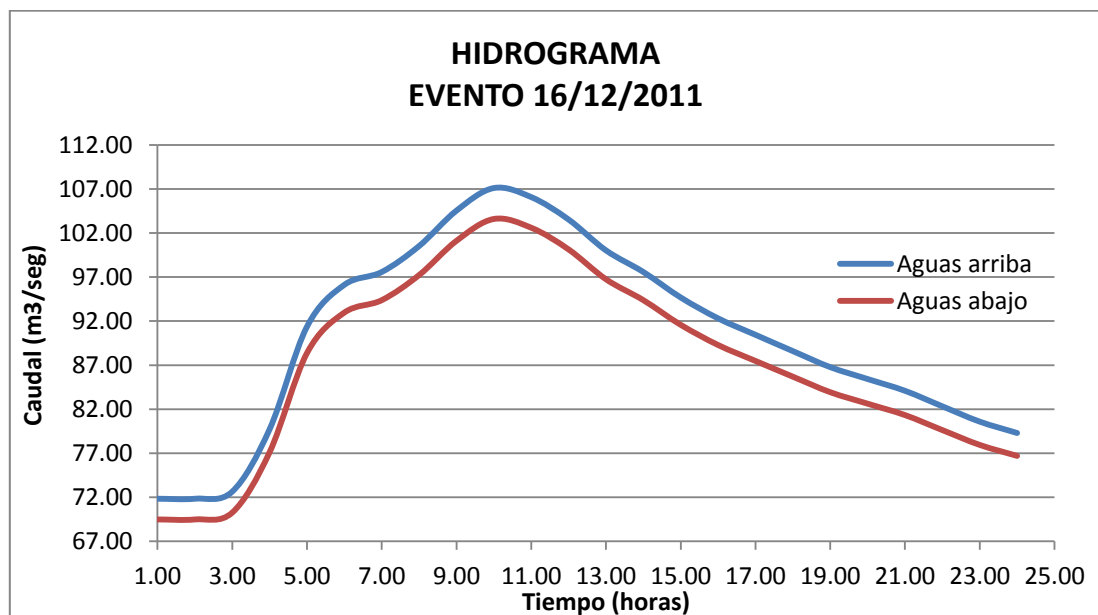
- Para todos los caudales con tiempo de retorno analizados por el programa HEC-RAS, se presentó la condición de desbordamiento o inundación de las bancas del cauce.
- El máximo ancho superficial recreado por el programa para un QTr de 100 años, fue de 160.26 m.
- El mayor número de Froude para los caudales de diseños fue de 0.10 (régimen sub-crítico).

#### 4.4. SIMULACIÓN EN CONDICIONES DE AVENIDA

##### 4.4.1. Condiciones de frontera

- **Aguas arriba:** la condición de frontera en el punto de inicio del tramo de estudio, corresponde a los caudales máximos estimados mediante la simulación del hidrograma existente aguas abajo (estación Puente Merchán) y la determinación de la atenuación del caudal pico medido el día 16 de diciembre de 2011, fecha en la cual la CAR reportó los máximos caudales medidos en la zona de análisis para el año 2011. En la figura N° 33 se representan tanto el hidrograma estimado, condición de frontera aguas arriba (línea azul) y el hidrograma obtenido de los datos de caudales horarios registrados en la Estación Puente Merchán aguas abajo (línea roja).

**Figura 33. Hidrograma –condición de frontera aguas arriba**

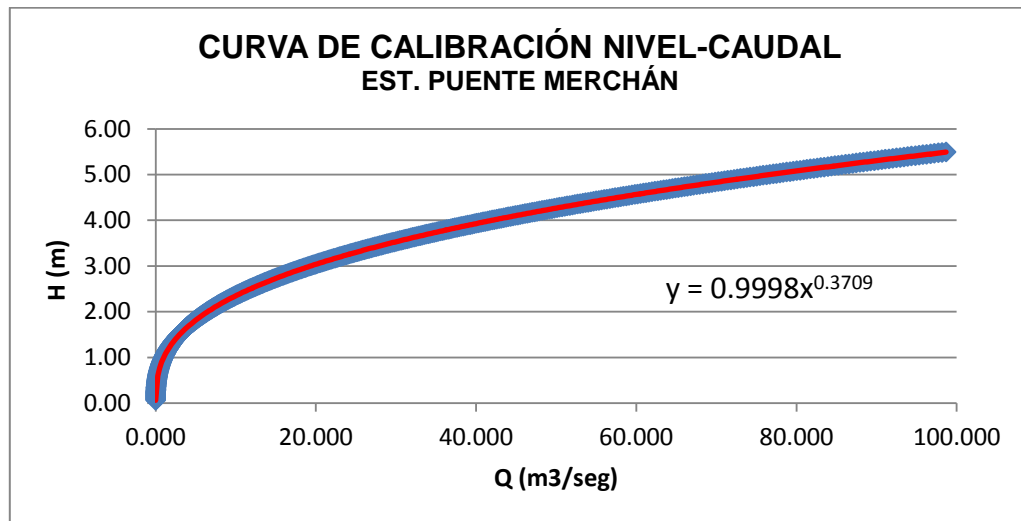


- **Aguas Abajo:** la condición contemplada en la frontera aguas abajo del tramo de estudio, fue la curva de calibración nivel-caudal construida para el año 2011 por la CAR, para la correspondiente estación Puente Merchán.

Adicional a lo anterior y teniendo en cuenta la elevación del lecho en la estación 198.887 según nomenclatura HEC-RAS, sección transversal donde se localiza la estación limnimétrica Puente Merchán, se realizaron las respectivas modificaciones necesarias para la inclusión de la información en el modelo.

En la figura 34 se visualiza la curva de calibración nivel-caudal de la estación Puente Merchán para el año 2011, a través de la cual se relacionan la variable caudal ( $m^3/seg$ ) y elevaciones en m.s.n.m. según el punto topográfico de medición. Adicionalmente teniendo en cuenta los datos existentes, se determinó que la línea de tendencia que representa en mayor medida el comportamiento de los registros está dada por la ecuación 23.

**Figura 34. Curva de calibración 2011- condición de frontera aguas abajo**



$$H = 0.9998 Q^{0.37091} \quad (\text{Ec.- 23})$$

#### 4.4.2. Determinación del intervalo de tiempo $\Delta t$

En aras de establecer y garantizar la estabilidad del modelo en HEC-RAS, para llevar a cabo las simulaciones en régimen no permanente, se determinó el intervalo de tiempo a través de la siguiente ecuación.

$$\Delta t = \frac{\Delta X}{C} \qquad \Delta t = \frac{\Delta X}{V_w \cdot 1.5} \text{ (Ec.- 24)}$$

De donde:

C: Celeridad de la onda para canales naturales. Aproximadamente igual a 1.5 V<sub>w</sub>.

ΔX: Espaciamiento entre secciones transversales.

V<sub>w</sub>: Velocidad promedio (Valor obtenido de las simulaciones en régimen permanente).

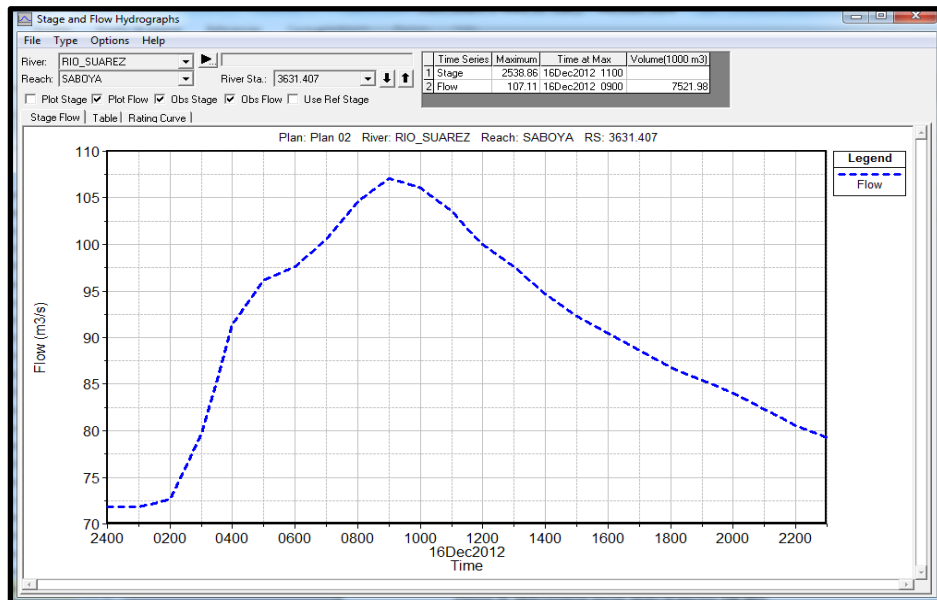
Factor multiplicador: según manual HEC-RAS es de 1.5 para canales naturales.

$$\Delta t = \frac{20m}{0.33m/seg * 1.5} \qquad \Delta t = 40.40seg$$

Las simulaciones se llevaron a cabo con un intervalo de tiempo Δt= 30 segundos.

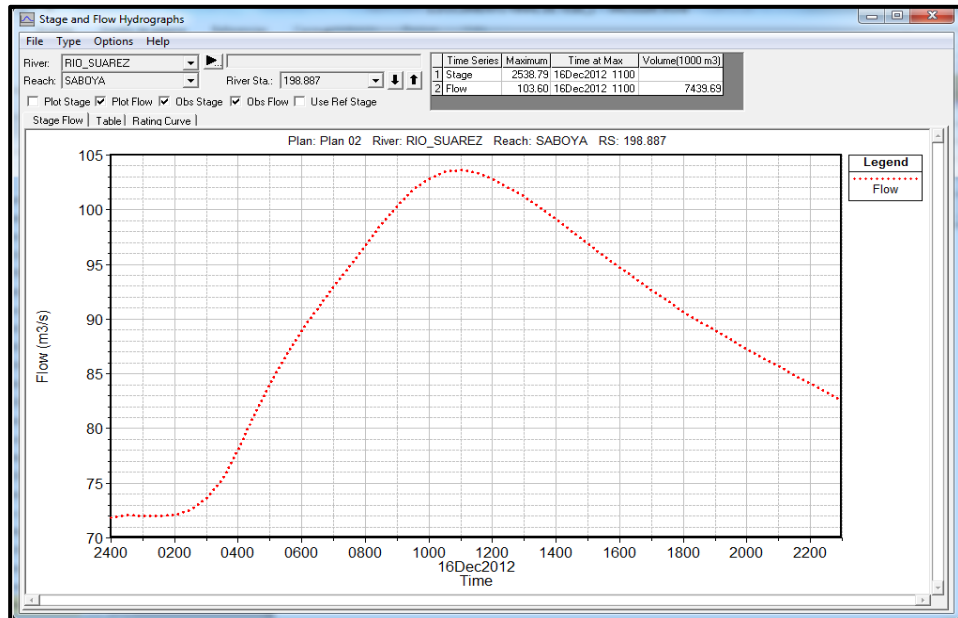
#### 4.4.3. Resultados de la simulación en régimen no permanente

**Figura 35. Hidrogramas aguas arriba (Estación 3631.407)**



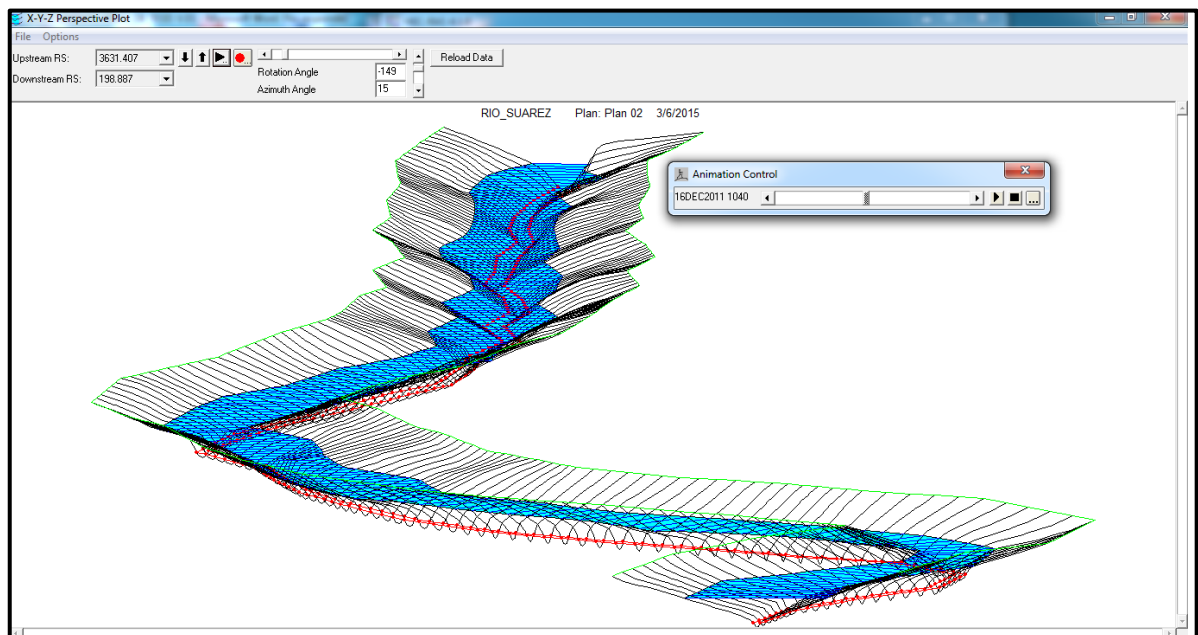
Con base en la figura 35, el caudal pico (q<sub>p</sub>) aguas arriba fue de 107.11 m<sup>3</sup>/seg, presentado a las 9:00 am del 16 de diciembre de 2011.

**Figura 36. Hidrogramas aguas abajo (Estación 198.887)**

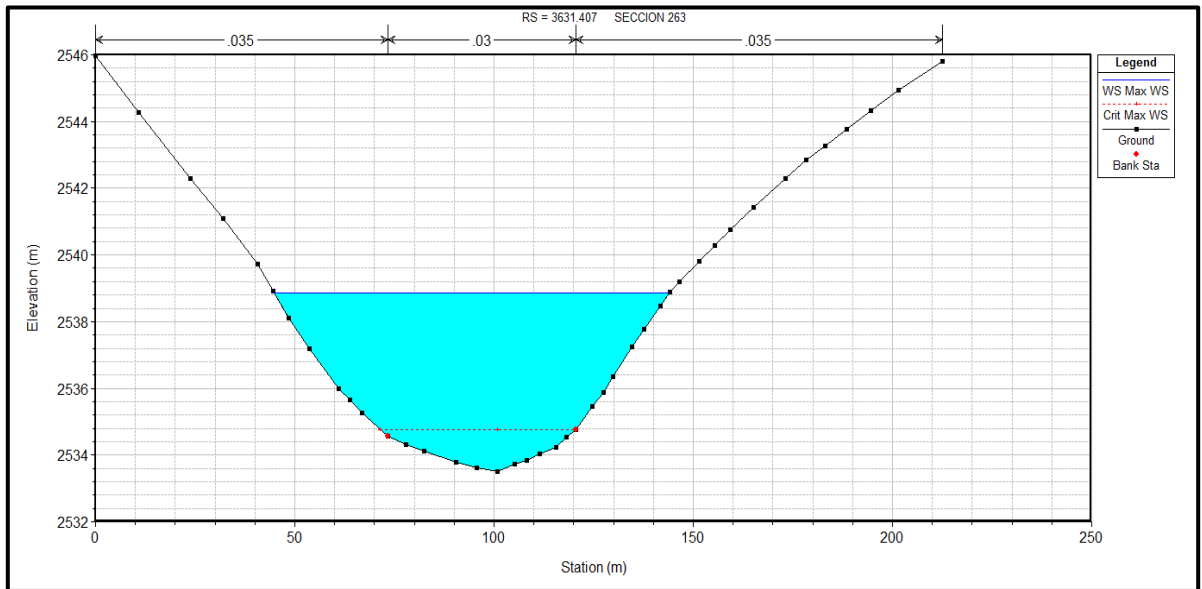


Con base en la figura 36, el caudal pico ( $q_p$ ) aguas abajo fue de  $103.60 \text{ m}^3/\text{seg}$ , presentado a las 11:00 am del 16 de diciembre de 2011.

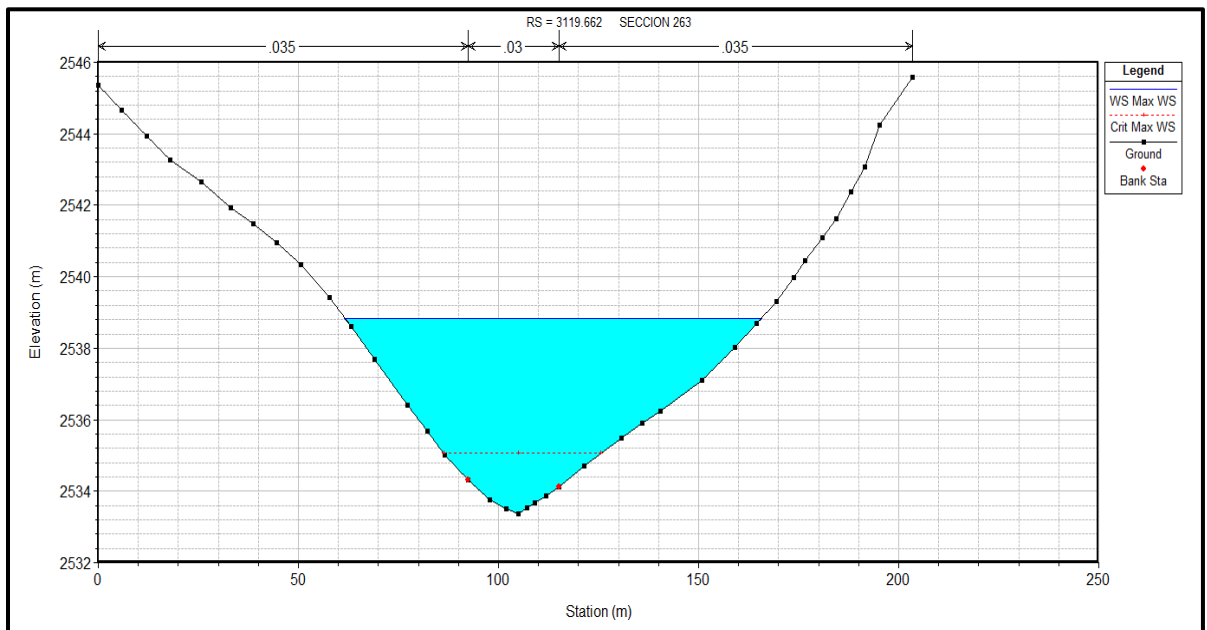
**Figura 37. Nivel máximo representado en HECRAS. Imagen en 3D**



**Figura 38. Niveles máximos evento de creciente. Modelo HECRAS**

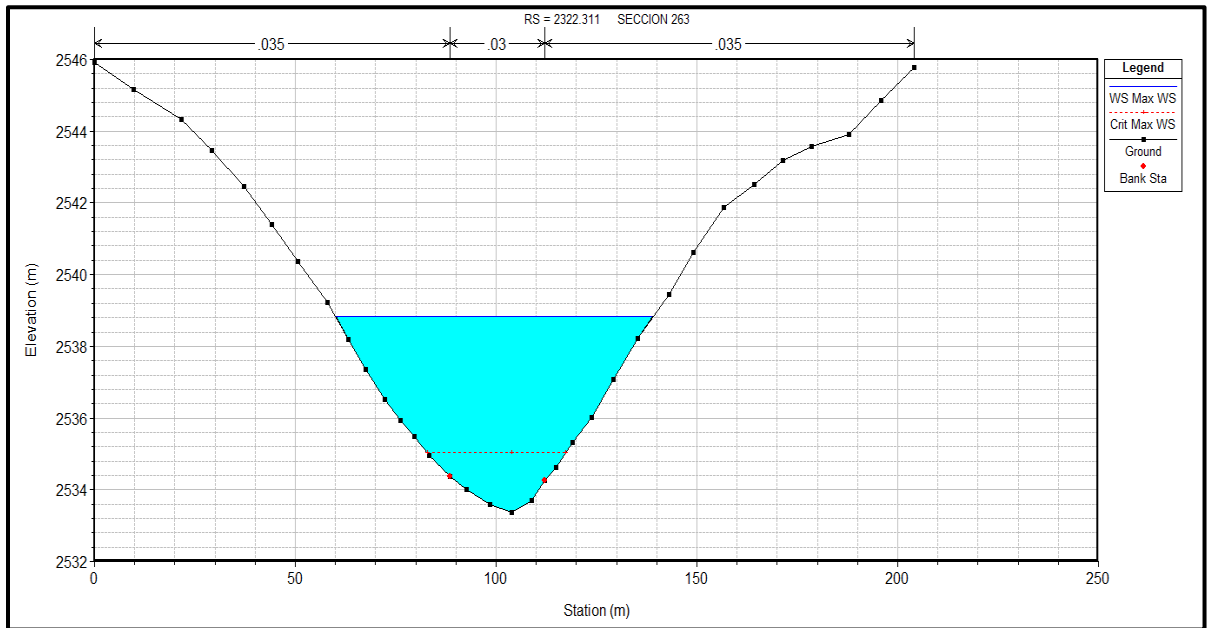


La estación 3631.4.07 correspondiente a la sección 229, se encuentra ubicada en el punto de inicio del tramo de estudio. El nivel máximo alcanzado por la lamina de agua fue de 2538.86 m.s.n.m.

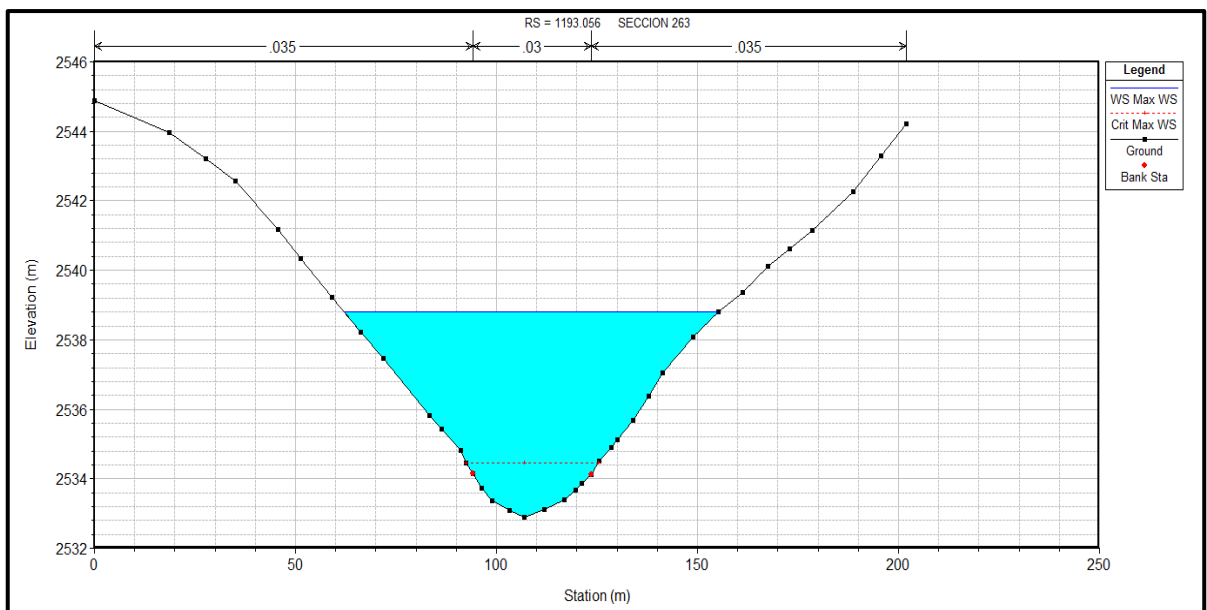


La sección transversal de la estación 3119.662 alcanzo un nivel máximo de lamina de agua de 2538.85 m.s.n.m.

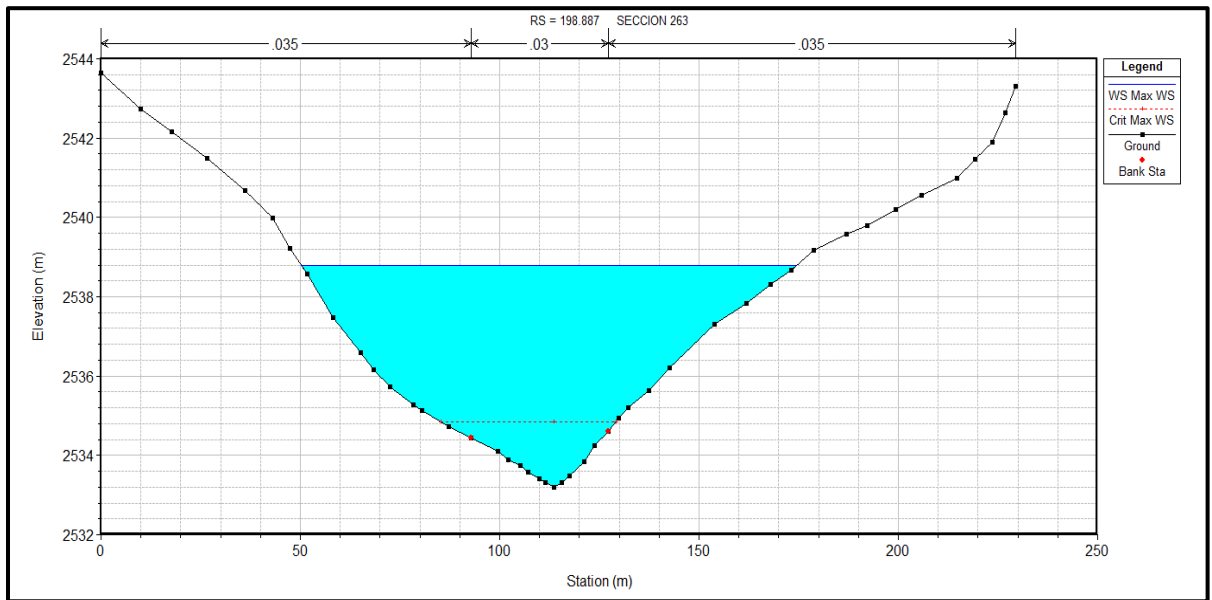




La sección transversal de la estación 2322.311 alcanzó un nivel máximo de lamina de agua de 2538.82 m.s.n.m.



La sección transversal de la estación 1193.056 alcanzó un nivel máximo de lámina de agua de 2538.80 m.s.n.m.

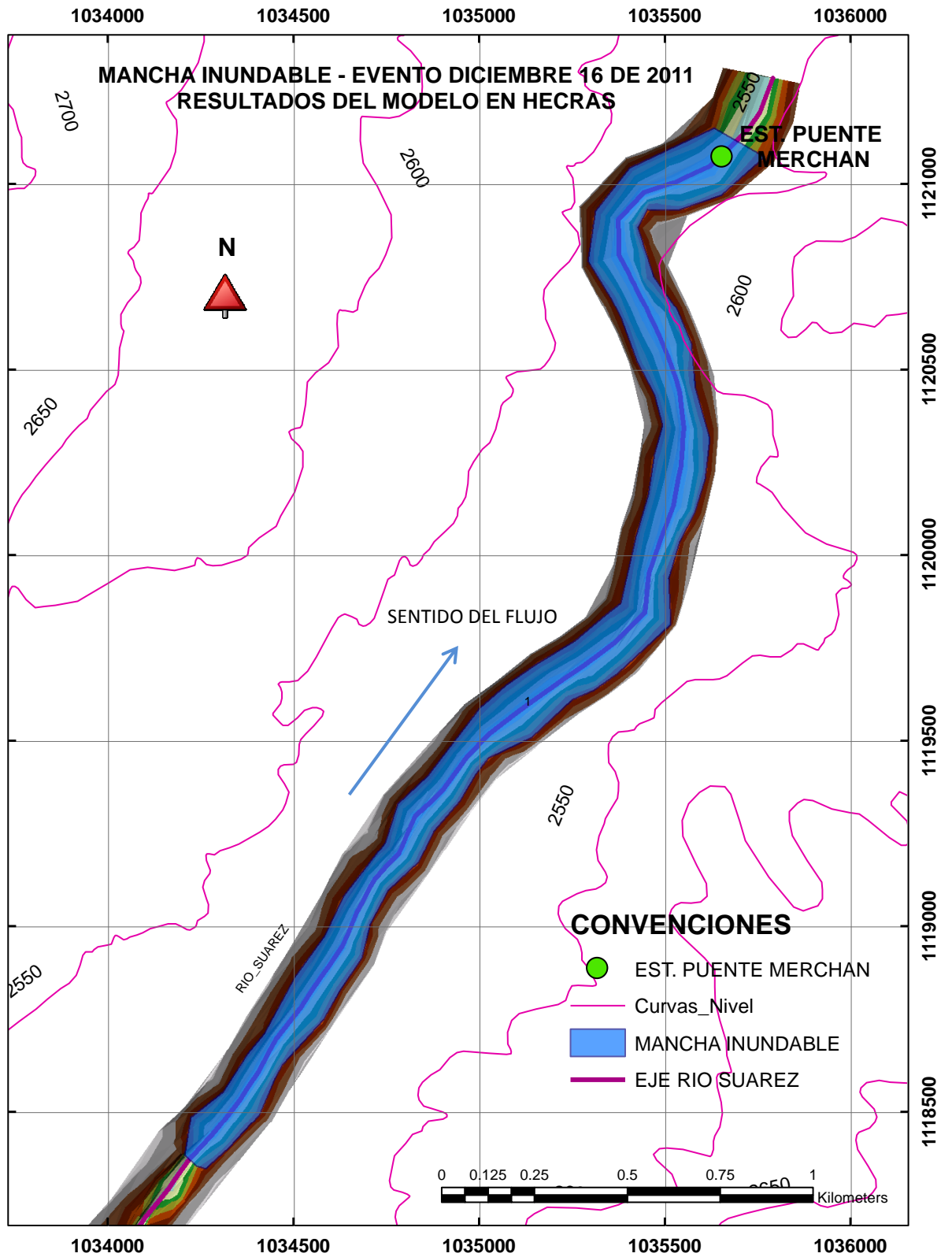


La estación 198.887 correspondiente a la sección 263, se encuentra ubicada en el punto final del tramo de estudio. El nivel máximo alcanzado por la lámina de agua fue de 2538.79 m.s.n.m.

#### 4.4.4. Mancha inundable de la zona de estudio

La simulación del escenario del evento registrado en la estación Puente Merchán el día 16 de diciembre de 2011, correspondiente al nivel máximo recreado por el modelo HEC-RAS, el cual se procesó en el software ArcGis. En la figura 39 se muestra el mapa elaborado de la zona de estudio.

**Figura 39. Mapa mancha inundable evento diciembre 16 de 2011**



#### 4.5. SENSIBILIDAD DEL MODELO

Durante el proceso de implementación de un modelo numérico, se hace relevante el poder determinar la incidencia que tienen las variables, en respuesta al cambio de un parámetro. Dicha incidencia se enmarca en la etapa de análisis de sensibilidad del modelo, permitiendo identificar los parámetros físicos que deben ser medidos a detalle y con mayor precisión, en los futuros programas de campo a desarrollar en la zona de estudio. Con el objetivo de cuantificar la incidencia de los parámetros evaluados (espaciamiento entre secciones  $\Delta x$  y rugosidad “n”), se empleó la ecuación del índice de sensibilidad, evaluado de manera puntual en la estación Puente Merchán.

$$S.I. = \frac{f(K + \Delta K) - f(K - \Delta K) / 2\Delta K}{K} \quad (\text{Ec.- 25})$$

De donde:

f: Valor simulado de la variable objeto de análisis.

Xi: Valor del parámetro de entrada evaluado.

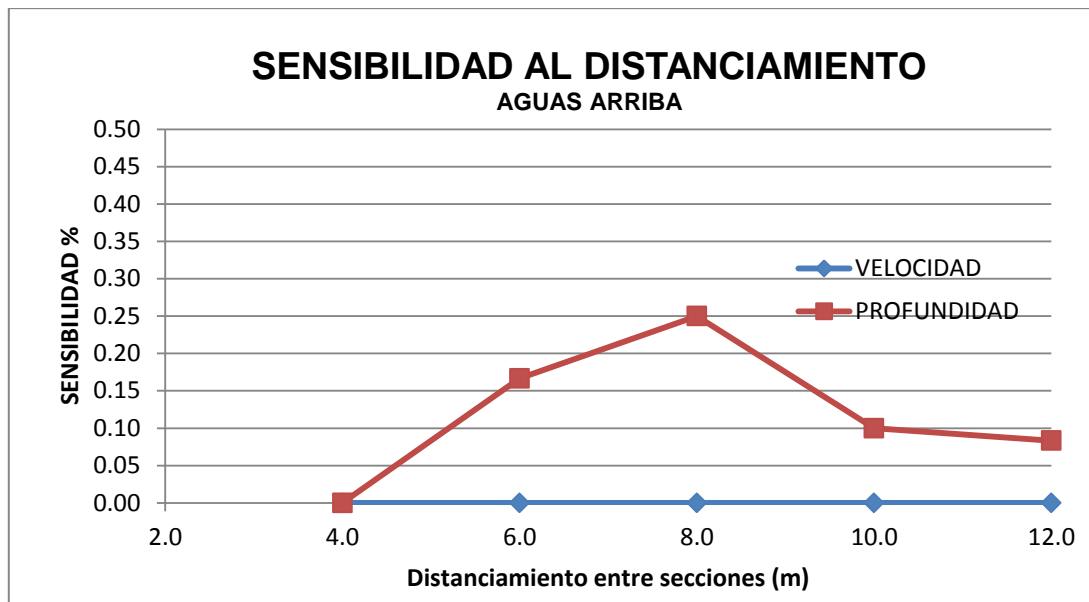
$\Delta X_i$ : Incremento en los valores de los parámetros Xi.

El índice calculado representa el porcentaje de sensibilidad ante los cambios de los parámetros de entrada tanto al espaciamiento entre secciones transversales  $\Delta X$ , como al cambio de la rugosidad del cauce. Para llevar a cabo el análisis de sensibilidad del modelo HEC-RAS, se mantuvo fijo el caudal de flujo de 5.49 m<sup>3</sup>/seg.

##### 4.5.1. Sensibilidad al espaciamiento entre secciones $\Delta X$

Del análisis de las simulaciones en régimen permanente observadas en la sección transversal inicial del tramo de estudio, manteniendo fijo el caudal medido en campo de 5.49 m<sup>3</sup>/s y los coeficientes de rugosidad, variando el espaciamiento entre secciones, se pudo identificar un bajo índice de sensibilidad de las variables profundidad y velocidad, es decir, el distanciamiento entre secciones para dicho caudal generó porcentajes de variación máxima del 0.25% en la profundidad y 0.00% en la velocidad. Los valores de los espaciamientos entre secciones transversales fueron de 4m, 6m, 10, 12m y 14m, manteniendo fijos los valores de las rugosidades de 0.030 (lecho) y 0.035 (márgenes). Los resultados se presentan en la figura No. 40.

Figura 40. Sensibilidad del modelo HECRAS al  $\Delta X$  entre secciones



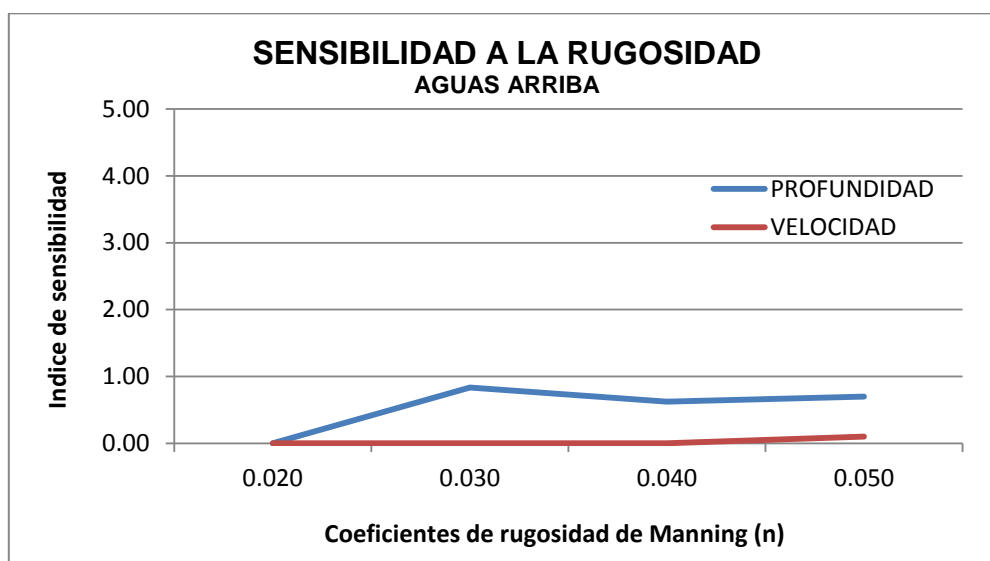
$\Delta X$ (m)	CAUDAL BAJO ( $5.49 \text{ m}^3/\text{seg}$ ) PUNTO DE OBSERVACIÓN: AGUAS ARRIBA			
	PROF.	VELOCIDAD	S.I	S.I
	H (m)	V= m/s	(H)	(V)
4.0	1.58	0.10	0.00	0.00
6.0	1.58	0.10	0.17	0.00
8.0	1.59	0.10	0.25	0.00
10.0	1.60	0.10	0.10	0.00
12.0	1.60	0.10	0.08	0.00
14.0	1.61	0.10		

$\Delta X$	2.00
------------	------

#### 4.5.2. Sensibilidad a la rugosidad “n”

Del análisis de las simulaciones realizadas en régimen permanente observadas en la sección transversal inicial del tramo de estudio, manteniendo fijo el caudal medido en campo de 5.49 m<sup>3</sup>/s y el espaciamiento entre secciones (20 m), variando los coeficientes de rugosidad de Manning “n”, se pudo establecer que el modelo presenta una sensibilidad del 0.83% en la variable simulada profundidad y 0.10% en la velocidad. Ver figura No. 41.

**Figura 41. Sensibilidad del modelo a la rugosidad**



n		CAUDAL BAJO (5.49 m <sup>3</sup> /seg)			
		PUNTO DE OBSERVACIÓN: AGUAS ARRIBA			
LECHO	BANCAS	PROF H (m)	VEL V= m/s	S.I (H)	S.I (V)
0.020	0.025	1.58	0.10	0.00	0.00
0.030	0.035	1.61	0.10	0.83	0.00
0.040	0.045	1.63	0.10	0.63	0.00
0.050	0.055	1.66	0.10	0.70	0.10
0.060	0.065	1.70	0.09		

$\Delta n$	0.010
------------	-------

Los valores de los coeficientes de rugosidad analizados fueron de 0.020, 0.030, 0.040, 0.050 y 0.060, manteniendo fijo el distanciamiento entre secciones de 20m.

Comparando los resultados obtenidos a través de las simulaciones en régimen permanente para los parámetros de espaciamiento entre secciones y rugosidad de Manning, se pudo establecer que el modelo recreado en HEC-RAS presenta una mayor sensibilidad al parámetro rugosidad.

## 5. MODELACIÓN HIDRÁULICA EN CCHE2D

### 5.1. GEOMETRÍA DEL CAUCE EN CCHE2D

El programa CCHE2D se encuentra fraccionado en dos interfaces, una primera enfocada hacia la creación de mallas computacionales llamada MESH GENERATION versión 3.0 y la interfaz gráfica del modelo, donde se llevan a cabo las simulaciones llamada CCHE\_GUI versión 3.29. La última actualización del software de dominio público fue llevada a cabo en abril del año 2014, el cual presenta una reducción del 50% en la capacidad de análisis en los nodos de las geomallas.

#### 5.1.1. Procesamiento de la información batimétrica

Para llevar a cabo la construcción de la malla computacional en el programa CCHE2D Mesh Generator, se debe procesar la información batimétrica existente, partiendo de la creación de un archivo en block de notas para la lectura de los datos, con extensión mesh\_mcs. A continuación se muestra la estructura del archivo de las secciones transversales generado.

Figura 42. Archivo secciones transversales extensión .mesh\_mcs

The image shows a text file with a table of data. The table has 5 columns: Section ID, Section Number, North Coordinate, East Coordinate, and Elevation. The data is organized into two sections, labeled '1' and '2'. Callouts with arrows point to specific parts of the table: 'Número total de secciones' points to the section number '37'; 'Número de puntos de cada sección' points to the number '25' in the first row; 'Cada Sección' points to the first row; 'Coordenada Norte' points to the second column; 'Coordenada Este' points to the third column; and 'Elevación' points to the fourth column.

Sección	Número de puntos	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación
37	25			
1	25	1034134.410	1118445.390	2545.980
		1034172.350	1118410.960	2544.290
		1034184.800	1118399.650	2543.820
		1034194.660	1118390.700	2543.180
		1034203.500	1118386.810	2542.150
		1034211.420	1118383.020	2539.060
		1034218.230	1118380.910	2537.380
		1034220.380	1118379.110	2536.050
		1034221.880	1118377.150	2534.790
		1034225.700	1118375.490	2534.270
		1034230.180	1118373.680	2533.910
		1034215.910	1118371.420	2533.590
		1034218.230	1118369.320	2533.980
		1034220.380	1118367.360	2534.430
		1034221.880	1118366.000	2534.820
		1034225.700	1118362.540	2536.120
		1034230.180	1118358.470	2537.700
		1034237.650	1118351.690	2539.160
		1034246.110	1118344.000	2540.260
		1034252.080	1118338.590	2541.070
		1034259.060	1118332.250	2542.050
		1034269.800	1118322.500	2543.260
		1034278.260	1118314.820	2544.330
		1034283.440	1118310.130	2544.930
		1034291.490	1118302.820	2545.810
2	29			
		1034202.640	1118510.870	2545.000
		1034216.590	1118498.590	2543.670



### 5.1.2. Creación de la malla computacional

La malla computacional puede elaborarse en el programa CCHE2D a través de ocho métodos, recomendándose emplear el método RL ortogonal con factores de suavidad para ríos aluviales y sinuosos (Zhang y Jia, 2009).

El procedimiento llevado a cabo para configurar la malla computacional del tramo de estudio, consistió en aplicar cada una de los métodos disponibles en la interfaz Mesh Generation, identificando cuales de estos representaban mejor la geometría del cauce; posteriormente se realizó la evaluación cuantitativa de calidad de la malla, con base en los indicadores relacionados en la tabla 10.

**Tabla 10. Indicadores de evaluación de mallas**

<b>INDICADORES DE EVALUACION DE MALLAS</b>
<b>ORTOGONALIDAD</b> Desviación promedio de ortogonalidad (ADO) Desviación máxima de ortogonalidad (MDO)
<b>UNIFORMIDAD</b> Relación de aspecto promedio (AAR) Relación de aspecto máximo (MAR)
<b>LONGITUDES DE CELDA</b> Mínima longitud de celda en la dirección i Máxima longitud de celda en la dirección i Mínima longitud de celda en la dirección j Máxima longitud de celda en la dirección j

La evaluación cuantitativa de la malla en el programa CCHE2D se lleva a cabo mediante dos criterios: ortogonalidad y uniformidad. El criterio de ortogonalidad, representa los ángulos internos del cuadrilátero (celda), cuyos valores máximos y promedio deben tender a cero para crear mallas estables numéricamente. El criterio de uniformidad, corresponde a la relación entre las dimensiones largo/ancho que conforman cada celda de la malla, por ende dicho indicador debe tender a la unidad, condición que disminuye los errores por truncamiento numérico, en el proceso de simulación y desarrollo de las ecuaciones hidrodinámicas.

Teniendo en cuenta que la plataforma de dominio público del programa empleado en el desarrollo de las simulaciones (CCHE2D) tiene una limitante de 12000 nodos, se dimensionaron diferentes tamaños de malla, para seleccionar la que

más se ajuste a los indicadores anteriormente descritos, es decir, combinando tanto el parámetro de ortogonalidad como de uniformidad.

**Tabla 11. Indicadores de la malla numérica**

# NODOS	12000		11970		12000	
TAMAÑO DE LA CELDA	40x300		35x342		30x400	
INDICADOR	METODO		METODO		METODO	
	ALG	RLOM	ALG	RLOM	ALG	RLOM
ADO	4.29	3.63	4.32	3.57	4.33	3.52
MDO	22.47	16.33	22.55	16.08	22.33	15.86
AAR	2.20	2.20	1.69	1.69	1.25	1.25
MAR	4.07	4.33	3.18	3.43	2.70	2.84
MIN. I	2.82		3.55		4.57	
MIN. J	2.76		2.48		2.05	

De las mallas dimensionadas, se seleccionaron las tres que mejor se ajustaban a las características de ortogonalidad y uniformidad, concluyéndose que la malla de tamaño 40X300 (12000 nodos) del método RL Ortogonal, representa mejor la geometría del cauce, además de exhibir una relación de aspecto promedio (AAR) y relación de aspecto máximo (MAR), bajos, desviación promedio de ortogonalidad (ADO) cercano a la unidad y la desviación máxima de ortogonalidad (MDO) baja; en la malla seleccionada el tamaño mínimo de las celdas es de 2.82 X 2.76.

### 5.1.3. Evaluación batimétrica de la malla computacional

Una vez construida la malla computacional en el programa CCHE2D, se hace importante determinar que tanto representan las secciones transversales del modelo, la topografía real del terreno. Para ello se llevó a cabo la comparación entre las áreas de las secciones levantadas en campo, con relación a las generadas por el modelo.

$$\% Error = \left| \frac{\text{Área}_{\text{campo}} - \text{Área}_{\text{malla}}}{\text{Área}_{\text{campo}}} \right| * 100\% \quad (\text{Ec.- 26})$$

A continuación se muestran los porcentajes de error obtenidos, tras la evaluación de la malla creada en el modelo CCHE2D.

**Tabla 12. Resultados de la evaluación de la malla computacional**

SECCIÓN	ABSCISA	AREA SECCIONES		ERROR %	SECCIÓN	ABSCISA	AREA SECCIONES		ERROR %
		CAMPO	MODELO				CAMPO	MODELO	
229	K23+241.009	1417.42	1396.97	1.44	248	K25+080.126	1199.95	1143.98	4.66
230	K23+361.980	1301.96	1289.77	0.94	249	K25+186.398	1100.08	1091.63	0.77
231	K23+449.271	1231.47	1206.17	2.05	250	K25+286.009	1197.45	1202.87	0.45
232	K23+548.048	1149.90	1147.24	0.23	251	K25+376.562	1335.55	1311.67	1.79
233	K23+659.545	1135.92	1142.23	0.56	252	K25+485.323	1309.87	1277.20	2.49
234	K23+753.388	1342.42	1310.84	2.35	253	K25+590.468	1115.66	1079.79	3.22
235	K23+853.147	1209.85	1205.22	0.38	254	K25+699.459	1080.18	1055.47	2.29
236	K23+951.491	1233.66	1202.99	2.49	255	K25+805.873	1399.81	1400.87	0.08
237	K24+051.499	1119.77	1113.50	0.56	256	K25+900.693	1464.38	1432.08	2.21
238	K24+148.530	1057.92	1059.22	0.12	257	K26+003.542	1205.95	1221.91	1.32
239	K24+254.165	1149.18	1141.47	0.67	258	K26+101.523	1440.82	1379.84	4.23
240	K24+355.268	1282.28	1273.18	0.71	259	K26+191.347	1087.26	1043.22	4.05
241	K24+455.535	1270.22	1256.16	1.11	260	K26+286.452	1142.71	1160.76	1.58
242	K24+548.457	1178.01	1176.32	0.14	261	K26+374.318	1511.14	1481.52	1.96
243	K24+644.325	1285.12	1300.12	1.17	262	K26+482.445	1398.88	1344.37	3.90
244	K24+746.862	1530.34	1489.65	2.66	263	K26+597.352	1217.52	1217.87	0.03
245	K24+779.391	1156.88	1151.86	0.43					
246	K24+870.185	1237.47	1231.53	0.48					
247	K24+961.898	1261.91	1231.99	2.37					

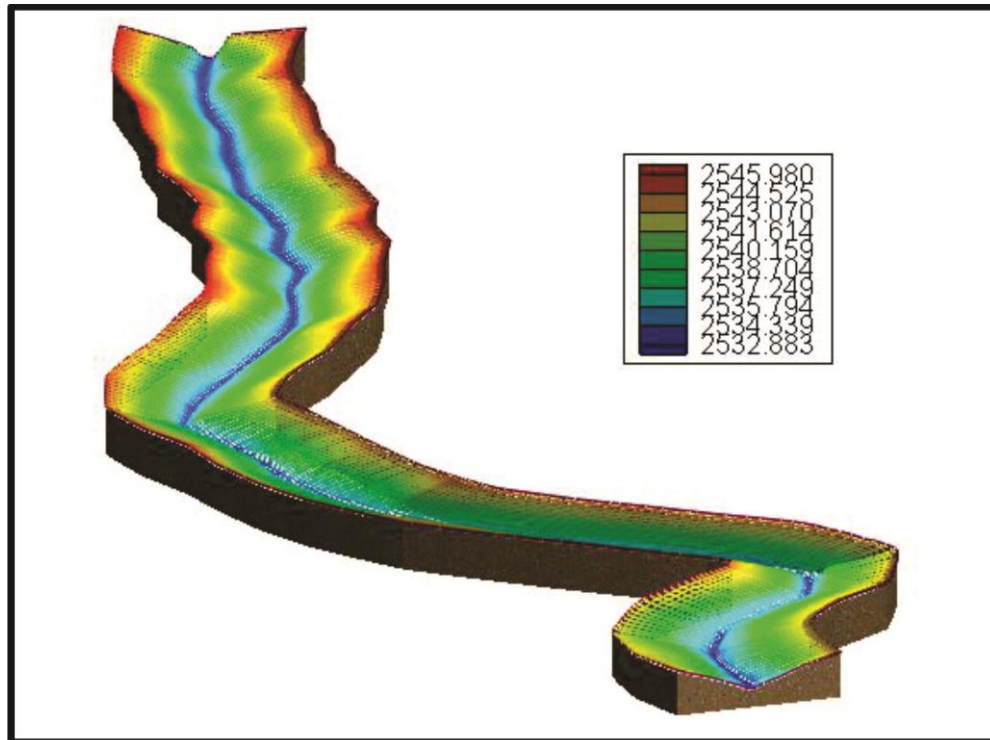
Las áreas de las 35 secciones transversales comparadas, arrojan un porcentaje de error máximo del 4.66% del 10% seleccionado como permisible; con base en lo anterior, se destaca que la malla computacional creada esquematiza a un buen nivel la topografía real del terrero.

El porcentaje de error máximo permisible se estableció teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- La reducción de los porcentajes de error son directamente proporcionales, a la cantidad de nodos distribuidos para la creación de la malla.
- A mayor cantidad de nodos en el sentido J, conlleva a la reducción de los nodos distribuidos en el sentido I, el programa en su interfaz de dominio público, presenta una limitante de análisis de 12.000 nodos.

- Las mallas con menores tamaños de celdas, en sitios donde las transiciones son bruscas, conduce a que el modelo presente problemas de inestabilidad, truncando los procesos de simulación.
- Los tiempos computacionales (tiempos de simulación) se incrementan, dado al cálculo de las ecuaciones en cada uno de los nodos.

**Figura 43. Esquema en 3D de la malla computacional**



#### 5.1.4. Interpolación del lecho

Los métodos de interpolación se dividen en tres categorías, cuyo uso depende del tipo de información topográfica disponible:

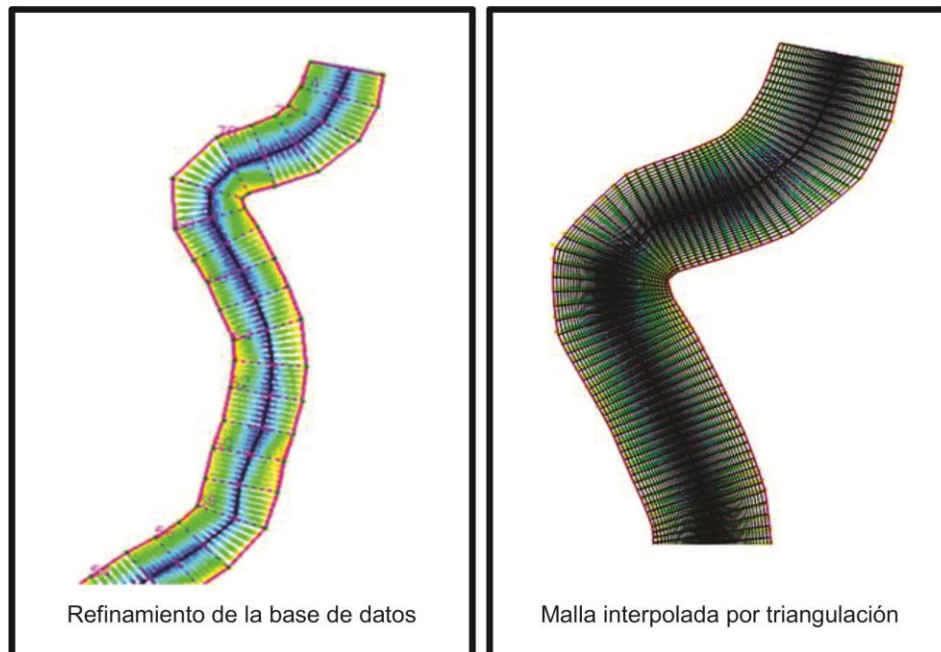
- **Interpolación aleatoria:** se utiliza cuando se tiene una gran cantidad de información topográfica dispuesta al azar. Se caracteriza por ser un procedimiento de cálculo rápido, pero inestable cuando la base de datos es escasa. La extensión del archivo según la configuración del programa es (\*.mesh\_xyz).
- **Interpolación por triangulación:** se puede aplicar tanto para base de datos de puntos topográficos dispuestos al azar (\*.mesh\_xyz), como para información de secciones transversales, llamadas también base de datos

estructurada, cuya extensión es (\*.mesh\_mcs). Es un método más estable, pero lento y requiere de mayores esfuerzos computacionales.

- **Interpolación estructurada:** se emplea este método exclusivamente cuando se dispone de secciones transversales, es decir, archivos con extensión (\*.mesh\_mcs).

De los tres métodos descritos anteriormente se empleó la interpolación estructurada, la cual permitió configurar una geometría con mayor suavidad, que representara mejor las secciones transversales del levantamiento topográfico llevado a cabo en campo. Previo a ello, se realizó un refinamiento de la base de datos topográfica, dado a que el tramo de estudio se encontraba descrito por 35 secciones transversales.

**Figura 44. Malla interpolada por triangulación**



#### 5.1.5. Condiciones de entrada del modelo

Las condiciones de entrada del modelo CCHE2D se basan en tres aspectos: primero en la obtención de la geometría del cauce, segundo en la selección de los valores de rugosidad de cada uno de los 12.000 nodos que componen la geomalla y en tercer lugar, el nivel inicial de la lámina de agua, dato obtenido en las simulaciones en HECRAS. Los tres aspectos mencionados anteriormente, deben ser incluidos en la interfaz del Mesh. En la tabla 13 se relacionan los resultados de las profundidades de la lámina de agua obtenidos en el programa HEC-RAS.

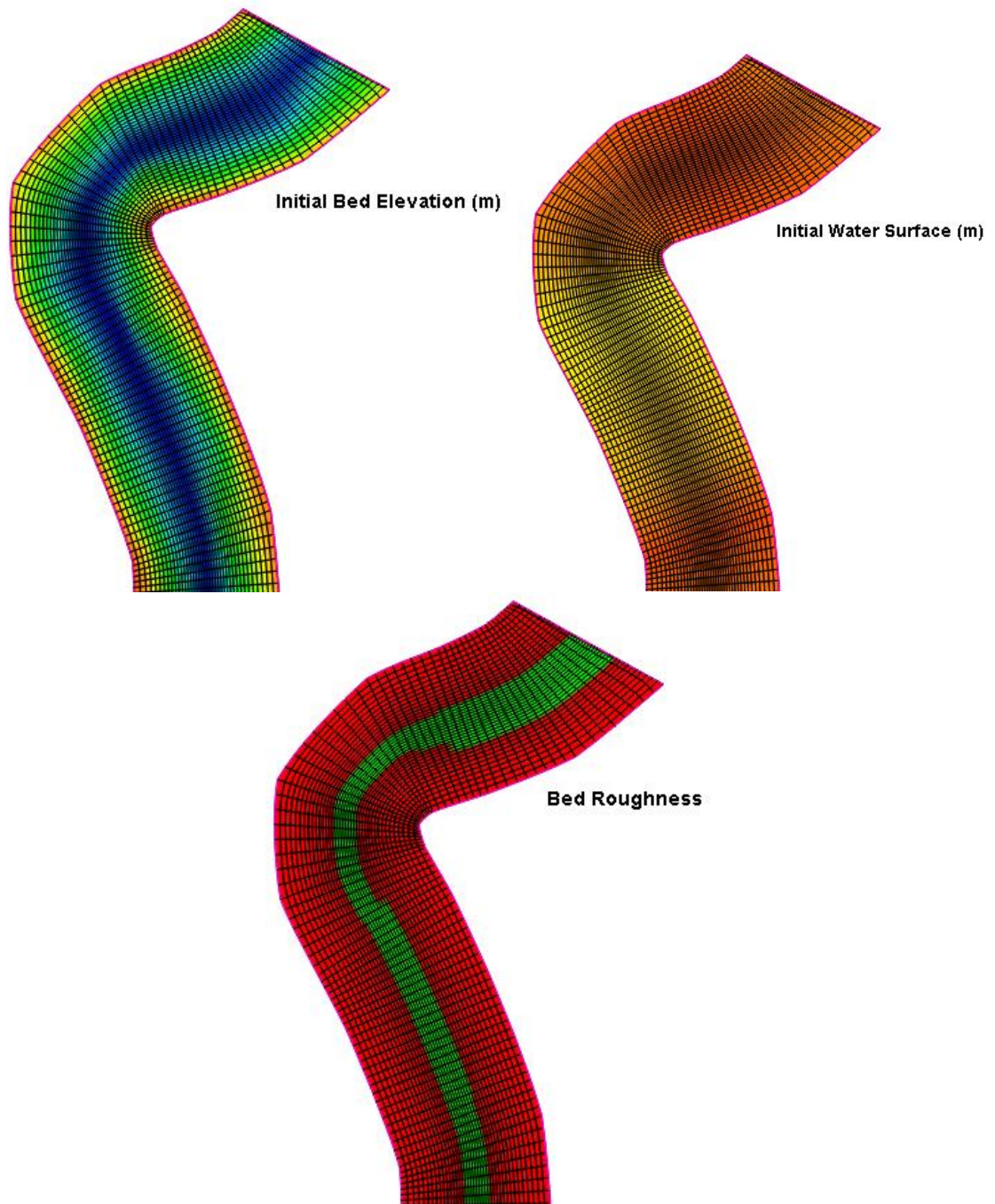
**Tabla 13. Condiciones de entrada del modelo CCHE2D. Nivel inicial del agua.**

	<b>NIVEL FONDO CANAL CCHE2D</b>	<b>ALTURA LAMINA</b>	<b>NIVEL INICIAL</b>
1	2534.23	1.43	2535.66
2	2533.52	1.45	2534.97
3	2533.39	1.59	2534.98
4	2533.38	1.56	2534.94
5	2533.30	1.72	2535.02
6	2533.42	1.57	2534.99
7	2533.47	1.54	2535.01
8	2533.55	1.43	2534.98
9	2533.67	1.31	2534.98
10	2533.78	1.18	2534.96
11	2533.63	1.51	2535.14
12	2533.52	1.53	2535.05
13	2533.37	1.63	2535.00
14	2533.41	1.57	2534.98
15	2533.51	1.50	2535.01
16	2533.18	1.80	2534.98
17	2533.12	1.91	2535.03
18	2533.41	1.61	2535.02
19	2533.47	1.52	2534.99
20	2533.60	1.50	2535.10
21	2533.71	1.62	2535.33
22	2533.11	1.87	2534.98
23	2533.10	1.84	2534.94
24	2532.94	1.99	2534.93
25	2533.06	2.01	2535.07
26	2533.78	2.02	2535.80
27	2532.78	2.16	2534.94
28	2532.70	2.25	2534.95
29	2532.64	2.38	2535.02
30	2532.84	2.20	2535.04
31	2532.95	2.09	2535.04
32	2533.13	1.91	2535.04
33	2533.12	1.88	2535.00
34	2533.16	1.78	2534.94
35	2533.32	1.71	2535.03

Tabla 14. Condiciones de entrada del modelo CCHE2D. Rugosidades.

RUGOSIDAD	
LECHO	BANCAS
0.030	0.035

Figura 45. Resultado de la inclusión de las condiciones de entrada CCHE2D



## 5.2. SIMULACIÓN EN CONDICIONES PERMANENTES (CAUDALES BAJOS Y ALTOS LEIDOS EN CAMPO)

### 5.2.1. Condiciones de frontera

Con base en los niveles leídos en campo convertidos en caudales según la curva de calibración nivel-caudal 2011, se incluyeron las condiciones de frontera en el modelo CCHE2D, las cuales se relacionan en la tabla No. 15.

**Tabla 15. Condiciones de frontera régimen permanente caudales bajos y altos**

Q (m <sup>3</sup> /seg). Frontera aguas arriba	Nivel (m.s.n.m). Frontera aguas abajo
5.49	2535.20
28.42	2536.78
40.06	2537.25
103.60	2538.91

### 5.2.2. Resultados de las simulaciones en régimen permanente para caudales bajos y altos

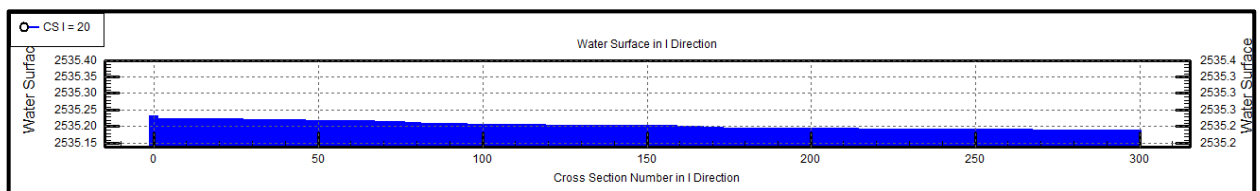
En las figuras 46, 47, 48 y 49 se muestran los perfiles de flujo obtenidos en régimen permanente, para caudales bajos y altos, medidos en campo. La representación gráfica de los perfiles en el software CCHE2D es la siguiente:

Área azul: perfil de flujo en el tramo de estudio.

CSI=20: Punto Central desde donde fue recreado el perfil.

Water Surface in I Direction: dirección longitudinal del tramo de estudio.

**Figura 46. Perfil de flujo Q= 5.49 m<sup>3</sup>/seg**

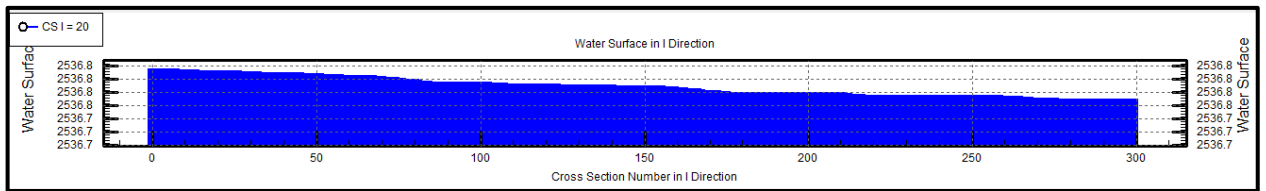


CAUDAL	PROFUNDIDAD
5.49	2535.24

NIVEL AGUAS ARRIBA RECREADO POR EL MODELO CCHE2D.



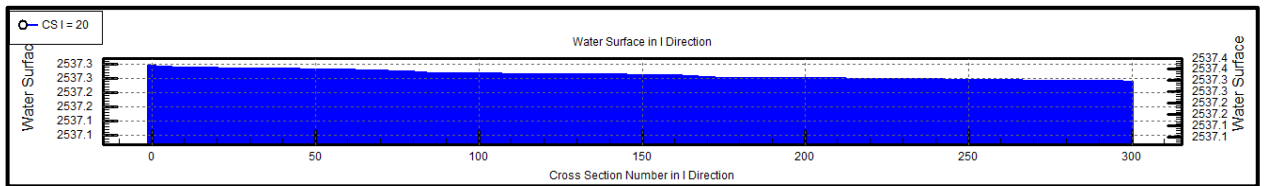
**Figura 47. Perfil de flujo Q= 28.42 m<sup>3</sup>/seg**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
28.42	2536.83

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO CCHE2D.

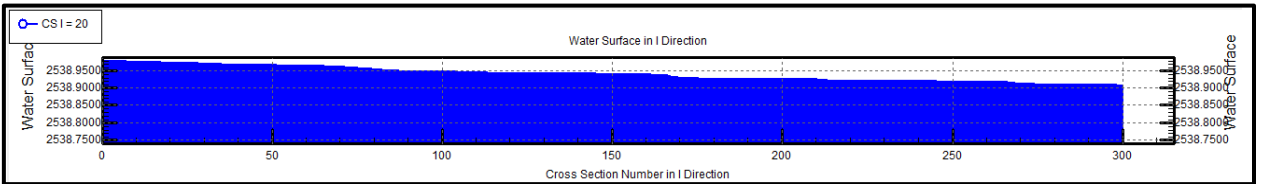
**Figura 48. Perfil de flujo Q= 40.06 m<sup>3</sup>/seg**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
40.06	2537.30

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO CCHE2D.

**Figura 49. Perfil de flujo Q= 103.60 m<sup>3</sup>/seg**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
103.60	2538.98

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO CCHE2D.

### 5.3. SIMULACIÓN EN CONDICIONES PERMANENTES DE DISEÑO (Q<sub>Tr</sub>)

#### 5.3.1. Condiciones de frontera

Con base en el análisis de frecuencias para determinar la probabilidad de ocurrencia de los caudales máximos en un periodo de retorno, información

consignada en el POMCA de la Cuenca Ríos Ubaté-Suarez (páginas 37 y 38) (UNION TEMPORAL AUDICON AMBIOTEC, 2006), se tomó como referencia los caudales para las condiciones de diseño QTr de 2.5, 5, 10, 20, 50 y 100 años, los cuales fueron convertidos en niveles con base en la curva de calibración nivel-caudal 2011 suministrada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. Ver tablas No. 8 y 9.

En la tabla No. 16, se hace referencia a las condiciones de frontera establecidas tanto aguas arriba, como aguas abajo del tramo de estudio en el modelo CCHE2D, para caudales de diseño, con base en los periodos anteriormente mencionados.

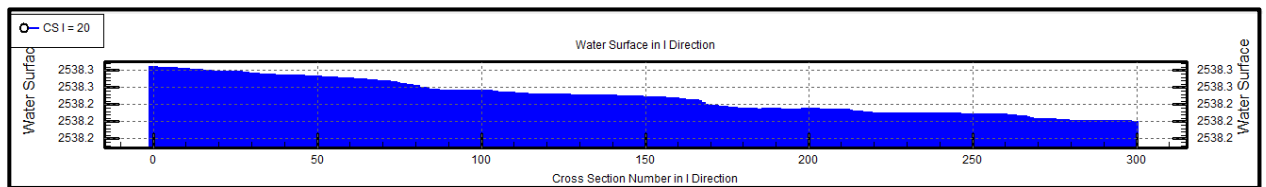
**Tabla 16. Condiciones de frontera caudales de diseño (QTr)**

Q (m3/seg). Frontera aguas arriba	Nivel (m.s.n.m). Frontera aguas abajo
73.5	2538.24
93.5	2538.70
109.9	2539.03
124.3	2539.30
141.6	2539.60
153.8	2539.79

### 5.3.2. Resultados de las simulaciones en régimen permanente para QTr

En las figuras 50, 51, 52, 53, 54 y 55 se muestran los perfiles de flujo obtenidos en régimen permanente para caudales con periodo de retorno de 2.5, 5, 10, 20, 50 y 100 años.

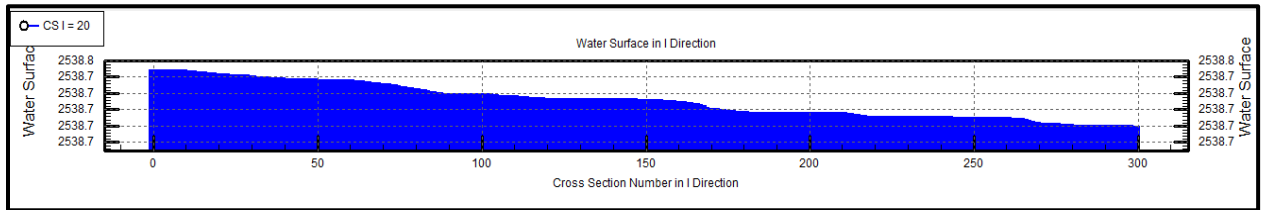
**Figura 50. Perfil de flujo QTr2.5 = 73.5 m<sup>3</sup>/seg**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
73.5	2538.30

NIVEL AGUAS ARRIBA RECREADO POR EL MODELO CCHE2D

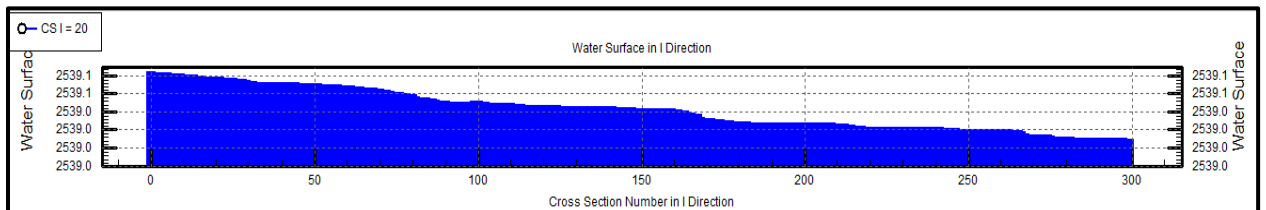
**Figura 51. Perfil de flujo QTr5 = 93.5 m<sup>3</sup>/seg**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
93.5	2538.77

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO CCHE2D

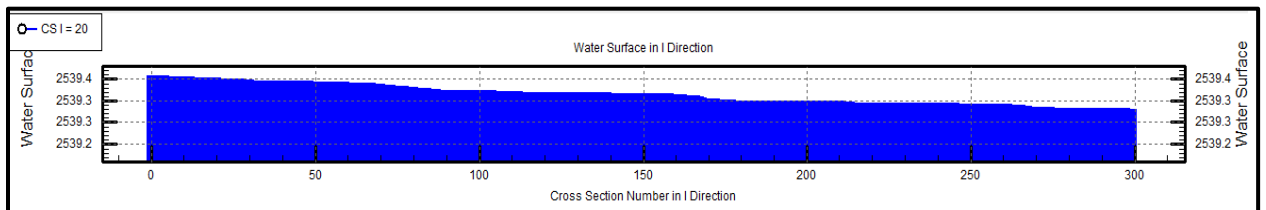
**Figura 52. Perfil de flujo QTr10 = 109.9 m<sup>3</sup>/seg**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
109.9	2539.10

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO CCHE2D

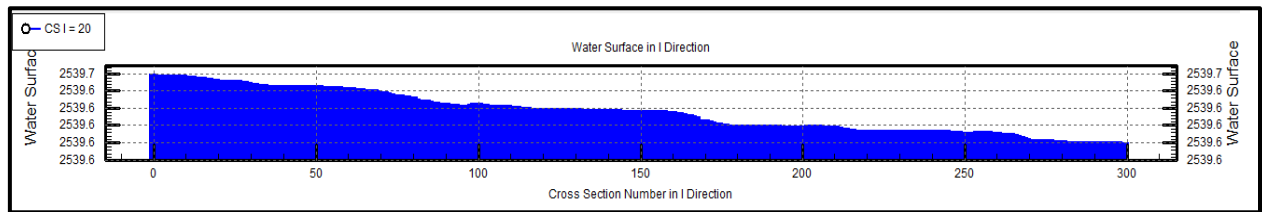
**Figura 53. Perfil de flujo QTr20 = 124.3 m<sup>3</sup>/seg**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
124.3	2539.38

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO CCHE2D

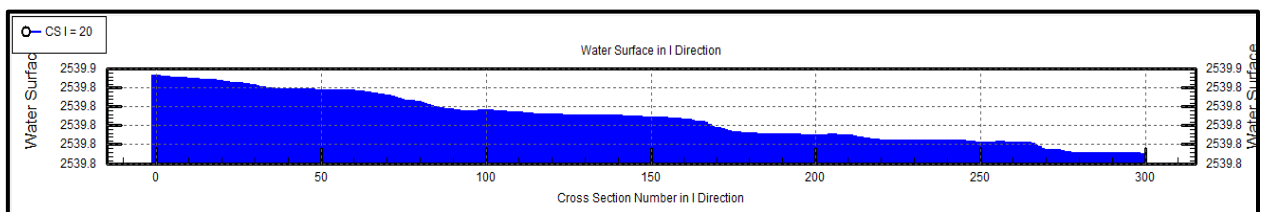
**Figura 54. Perfil de flujo QTr50 = 141.6 m<sup>3</sup>/seg**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
141.6	2539.68

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO CCHE2D

**Figura 55. Perfil de flujo QTr100 = 153.8 m<sup>3</sup>/seg**



CAUDAL	PROFUNDIDAD
153.8	2539.87

NIVEL AGUAS ARRIBA  
RECREADO POR EL  
MODELO CCHE2D

## 5.4. SIMULACIÓN EN CONDICIONES DE AVENIDA HISTÓRICA

### 5.4.1. Condiciones de frontera

- **Aguas arriba:** la condición de frontera superior fue el hidrograma del evento registrado el 16 de diciembre de 2011 en la estación Puente Merchán, afectado por un factor de disipación de energía del 3.39%.
- **Aguas abajo:** Se incluyó la curva de calibración nivel-caudal con vigencia 2011, perteneciente a la Estación Puente Merchán.

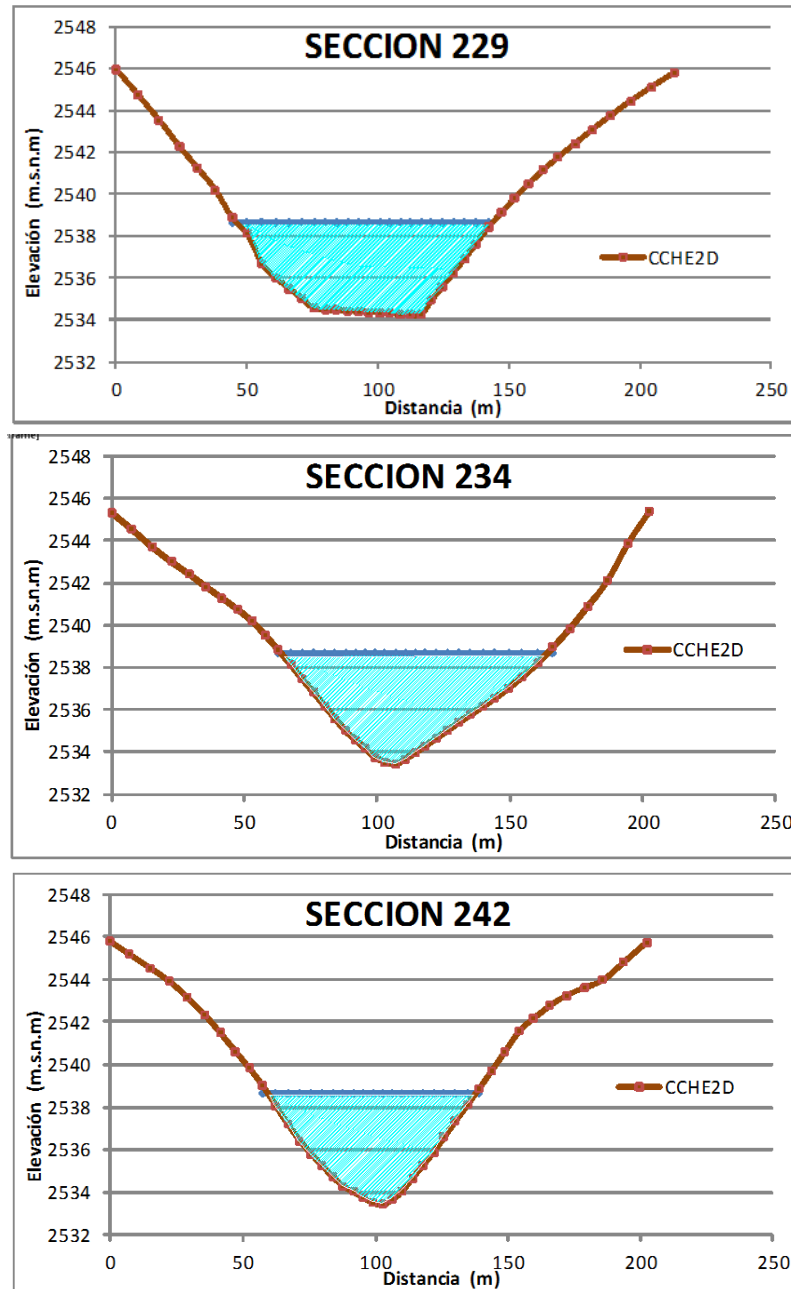
**Tabla 17. Condiciones de frontera para la simulación de la avenida**

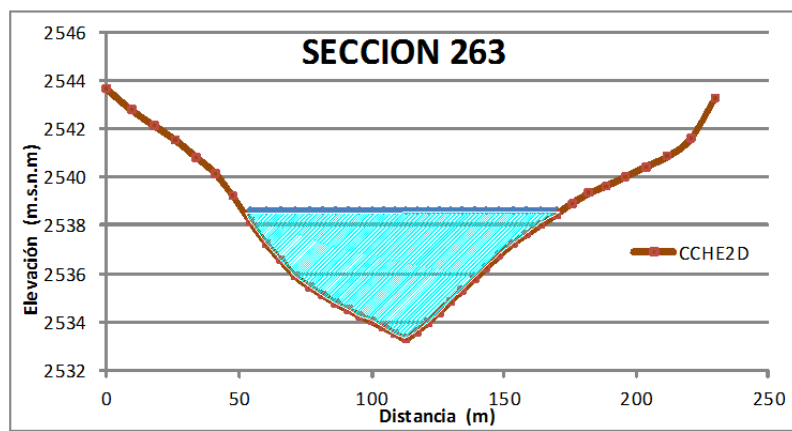
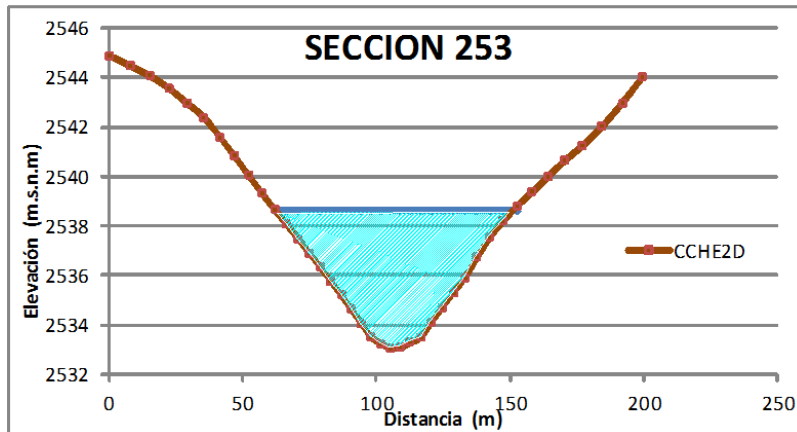
CONDICIONES DE FRONTERA	
AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO
Hidrograma evento diciembre 16 de 2011	Curva de calibración nivel-caudal estación Puente Merchán.

#### 5.4.2. Resultados de las simulaciones en régimen no permanente

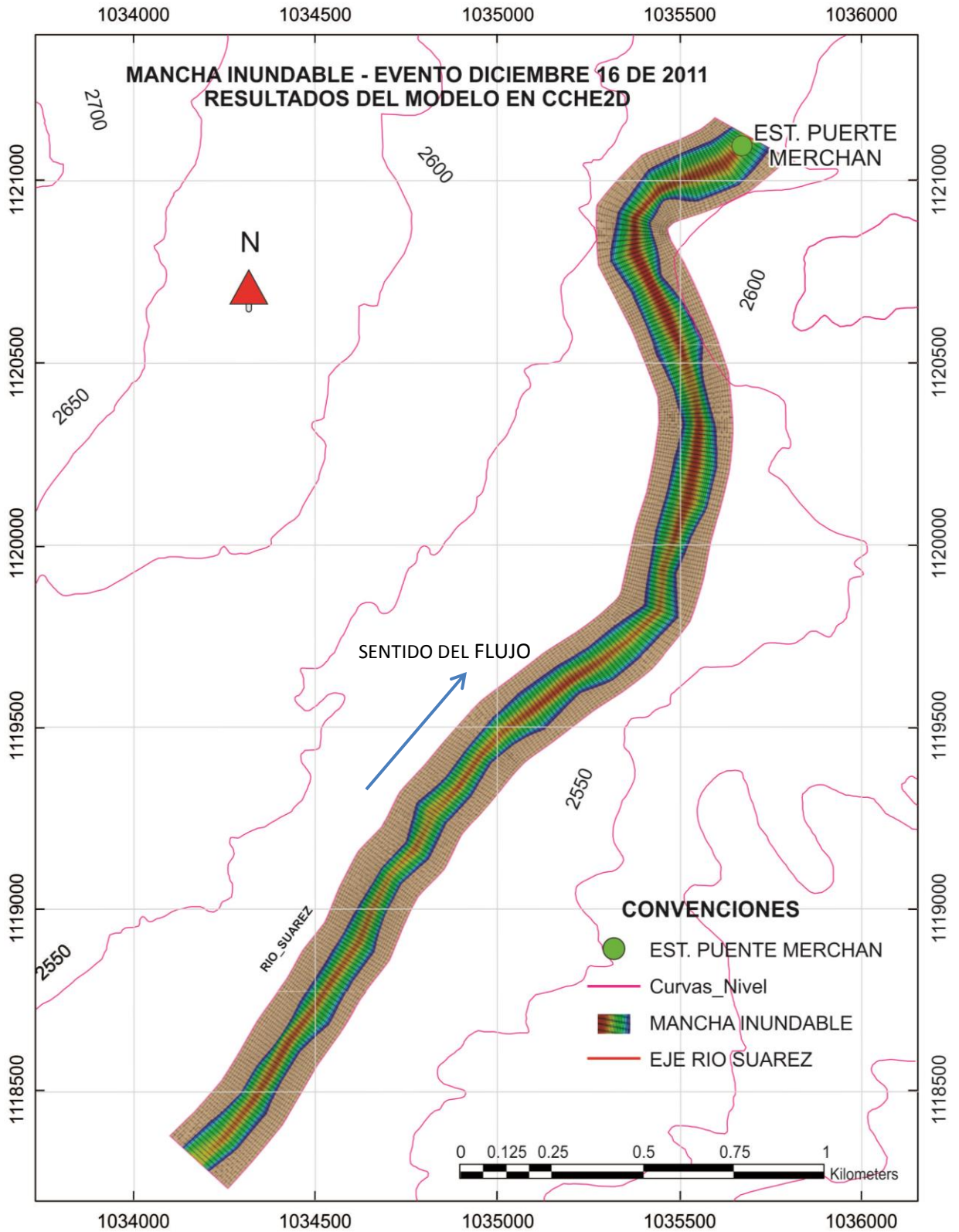
Finalizado el proceso de simulación del evento en el modelo CCHE2D, se representan en la figura 56, las condiciones de niveles de lámina de agua alcanzadas en las secciones transversales 229, 234, 242, 253 y 263.

**Figura 56. Niveles de lámina de agua en CCHE2D tramo de estudio**





### 5.4.3. Mancha inundable de la zona de estudio



## 5.5. SENSIBILIDAD DEL MODELO

### 5.5.1. Tamaño de celda

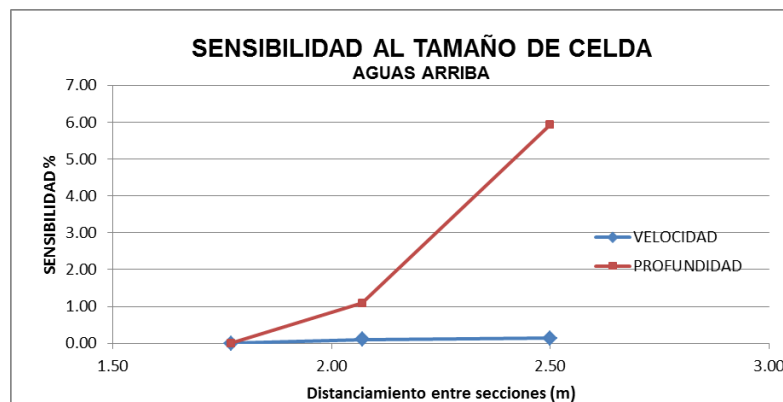
El análisis de sensibilidad del modelo CCHE2D al tamaño de celda, se realizó conservando las condiciones iniciales de las simulaciones en régimen permanente: caudal de 5.49 m<sup>3</sup>/seg en la frontera aguas arriba y su correspondiente altura de lámina de agua leída en campo de 1.88 m aguas abajo, la cual se convirtió en nivel teniendo en cuenta el nivel del lecho del río en la sección aguas debajo de cada una de las cuatro mallas, conservando los valores de rugosidad de 0.030 y 0.035, variando únicamente el tamaño de la malla, a continuación se describen las condiciones de análisis del tamaño de celdas.

**Tabla 18. Condiciones iniciales para el análisis del tamaño de celda**

MALLA	TAMAÑO CELDA	CAUDAL (m <sup>3</sup> /seg)	H LAMINA AGUA (m)	NIVEL LECHO SALIDA	NIVEL AGUA SALIDA
25X480	1.77	5.49	1.88	2533.20	2535.08
30X395	2.07			2533.28	2535.16
35X340	2.50			2533.20	2535.08
40X300	2.76			2533.32	2535.20

Del análisis de las simulaciones en régimen permanente observadas en la sección transversal inicial del tramo de estudio, se pudo identificar un bajo índice de sensibilidad de las variables simuladas profundidad y velocidad, es decir, el tamaño de celda para dicho caudal generó porcentajes de variación máxima del 5.9% en la profundidad y 0.14% en el parámetro velocidad. Los valores de los espaciamientos entre secciones transversales fueron de 1.77m, 2.07m, 2.50m y 2.76m, manteniendo fijos los valores de las rugosidades de 0.030 (lecho) y 0.035 (márgenes). Los resultados se consolidaron en la figura No. 57.

**Figura 57. Sensibilidad del modelo CCHE2D al tamaño de celda.**





MALLA	$\Delta X$ (m)	CAUDAL BAJO (5.49 m <sup>3</sup> /seg)			
		PROF.	VELOCIDAD	S.I (H)	S.I (V)
		H (m)	V= m/s		
25X480	1.77	1.73	0.1138	0.0	0.00
30X395	2.07	1.70	0.1337	1.1	0.11
35X340	2.50	1.58	0.1285	5.9	0.14
40X300	2.76	1.01	0.1498		

$\Delta X$	0.30
	0.43

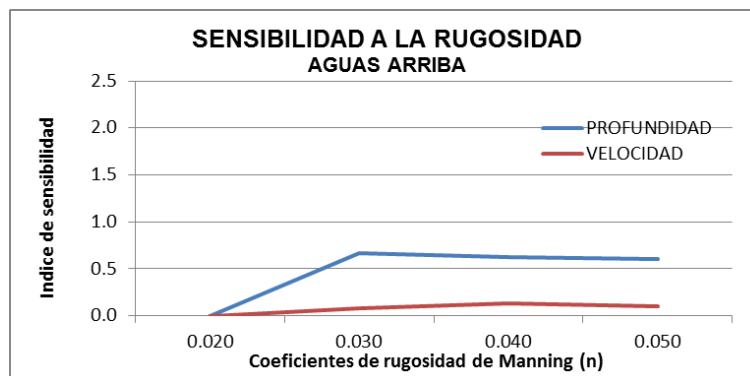
### 5.5.2. Sensibilidad a la rugosidad “n”

El análisis de sensibilidad del modelo CCHE2D a la rugosidad se realizó conservando las condiciones iniciales de las simulaciones en régimen permanente: caudal de 5.49 m<sup>3</sup>/seg en la frontera aguas arriba y su correspondiente altura de lámina de agua leída en campo de 1.88 m aguas abajo, la cual se convirtió en nivel teniendo en cuenta el nivel del lecho del río en la sección aguas debajo de la malla de 40X300, variando únicamente los coeficientes de rugosidad. A continuación se relacionan los coeficientes analizados, se tabulan y grafican los resultados obtenidos en las cinco simulaciones.

**Tabla 19. Valores del parámetro de entrada rugosidad**

RUGOSIDADES	
LECHO	BANCAS
0.020	0.025
0.030	0.035
0.040	0.045
0.050	0.055
0.060	0.065

**Figura 58. Sensibilidad del modelo a la rugosidad**



n		CAUDAL BAJO			
		PROF	VEL	S.I (H)	S.I (V)
LECHO	BANCAS	H (m)	V= m/s		
0.020	0.025	0.99	0.1533	0.0	0.00
0.030	0.035	1.01	0.1529	0.7	0.08
0.040	0.045	1.03	0.1483	0.6	0.13
0.050	0.055	1.06	0.1423	0.6	0.10
0.060	0.065	1.09	0.1385		

$\Delta n$	0.010
------------	-------

Comparando los resultados obtenidos a través de las simulaciones en régimen permanente para los parámetros de entrada espaciamento entre secciones y rugosidad de Manning, se pudo establecer que el modelo recreado en CCHE2D presenta una mayor sensibilidad al parámetro de entrada tamaño de celda.

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Con el objetivo de comparar los modelos HEC-RAS y CCHE2D, a continuación se presenta el análisis de resultados de las simulaciones, en aras de identificar las capacidades y limitaciones de los modelos, con base en las condiciones particulares de la zona de estudio.

Una vez se realizaron los ajustes numéricos e hidráulicos en cada uno de los modelos, se procedió a llevar a cabo las simulaciones teniendo en cuenta diferentes escenarios de análisis. A continuación se muestra la transversalidad de los resultados obtenidos en cada escenario de simulación.

**Tabla 20. Secciones de monitoreo**

SECCIONES DE MONITOREO			
Sección	Abscisa	HECRAS	CCHE2D
1	K23+241.009	3631.407	1
2	K23+753.388	3119.662	45
3	K24+548.457	2322.311	115
4	K25+590.468	1193.056	213
5	K26+597.352	198.887	300

En la tabla No. 20 se registraron las secciones de monitoreo: las abscisas del levantamiento topográfico y las secciones conformadas en cada uno de los modelos.

### 6.1. CONDICIONES PERMANENTES CAUDALES BAJOS Y ALTOS

HECRAS									
SECCIÓN	Nivel fondo	Q= 5.49 m <sup>3</sup> /seg		Q= 28.42 m <sup>3</sup> /seg		Q= 40.06 m <sup>3</sup> /seg		Q= 103.60 m <sup>3</sup> /seg	
		Nivel agua	Altura	Nivel agua	Altura	Nivel agua	Altura	Nivel agua	Altura
3631.41	2533.51	2535.12	1.61	2536.72	3.21	2537.19	3.68	2538.88	5.37
3119.66	2533.37	2535.11	1.74	2536.71	3.34	2537.18	3.81	2538.86	5.49
2322.31	2533.35	2535.09	1.74	2536.69	3.34	2537.16	3.81	2538.83	5.48
1193.06	2532.90	2535.08	2.18	2536.67	3.77	2537.14	4.24	2538.81	5.91
198.89	2533.20	2535.08	1.88	2536.66	3.46	2537.13	3.93	2538.79	5.59

<b>CCHE2D</b>									
<b>SECCIÓN</b>	<b>Nivel fondo</b>	<b>Q= 5.49 m<sup>3</sup>/seg</b>		<b>Q= 28.42 m<sup>3</sup>/seg</b>		<b>Q= 40.06 m<sup>3</sup>/seg</b>		<b>Q= 103.60 m<sup>3</sup>/seg</b>	
		<b>Nivel agua</b>	<b>Altura</b>	<b>Nivel agua</b>	<b>Altura</b>	<b>Nivel agua</b>	<b>Altura</b>	<b>Nivel agua</b>	<b>Altura</b>
1.00	2534.23	2535.24	1.01	2536.83	2.60	2537.30	3.07	2538.98	4.75
45.00	2533.42	2535.23	1.81	2536.82	3.40	2537.29	3.87	2538.97	5.55
115.00	2533.41	2535.22	1.81	2536.80	3.39	2537.28	3.87	2538.95	5.54
213.00	2533.06	2535.20	2.14	2536.79	3.73	2537.26	4.20	2538.93	5.87
300.00	2533.32	2535.20	1.88	2536.78	3.46	2537.25	3.93	2538.91	5.59

La mayor diferencia entre las láminas de aguas recreadas por los modelos HECRAS y CCHE2D, para condiciones permanentes ante caudales bajos y altos fueron del orden de 0.62 m, ocurrida siempre en la sección transversal inicial del tramo, donde la diferencia entre las batimetrías arrojó un valor de 64 cm; exceptuando lo anteriormente identificado, en el restante de las secciones la diferencia fue máximo de 6 cm.

## 6.2. CONDICIONES PERMANENTES CONDICIONES DE DISEÑO

HECRAS													
SECCIÓN	Nivel fondo	Q=73.5 m <sup>3</sup> /seg		Q=93.5 m <sup>3</sup> /seg		Q=109.9 m <sup>3</sup> /seg		Q=124.3 m <sup>3</sup> /seg		Q=141.6 m <sup>3</sup> /seg		Q=153.8 m <sup>3</sup> /seg	
		Nivel agua	Altura	Nivel agua	Altura	Nivel agua	Altura	Nivel agua	Altura	Nivel agua	Altura	Nivel agua	Altura
3631.41	2533.51	2538.20	4.69	2538.66	5.15	2539.00	5.49	2539.28	5.77	2539.58	6.07	2539.77	6.26
3119.66	2533.37	2538.19	4.82	2538.65	5.28	2538.99	5.62	2539.26	5.89	2539.56	6.19	2539.76	6.39
2322.31	2533.35	2538.16	4.81	2538.62	5.27	2538.95	5.60	2539.23	5.88	2539.53	6.18	2539.72	6.37
1193.06	2532.90	2538.13	5.23	2538.60	5.70	2538.93	6.03	2539.20	6.30	2539.50	6.60	2539.69	6.79
198.89	2533.20	2538.12	4.92	2538.58	5.38	2538.91	5.71	2539.18	5.98	2539.48	6.28	2539.67	6.47

CCHE2D													
SECCIÓN	Nivel fondo	Q= 73.5 m <sup>3</sup> /seg		Q= 93.5 m <sup>3</sup> /seg		Q= 109.9 m <sup>3</sup> /seg		Q= 124.3 m <sup>3</sup> /seg		Q= 141.6 m <sup>3</sup> /seg		Q= 153.8 m <sup>3</sup> /seg	
		Nivel agua	Altura	Nivel agua	Altura	Nivel agua	Altura	Nivel agua	Altura	Nivel agua	Altura	Nivel agua	Altura
1.00	2534.23	2538.30	4.07	2538.77	4.54	2539.10	4.87	2539.38	5.15	2539.68	5.45	2539.87	5.64
45.00	2533.42	2538.29	4.87	2538.76	5.34	2539.09	5.67	2539.36	5.94	2539.67	6.25	2539.86	6.44
115.00	2533.41	2538.27	4.86	2538.73	5.32	2539.07	5.66	2539.34	5.93	2539.64	6.23	2539.83	6.42
213.00	2533.06	2538.25	5.19	2538.71	5.65	2539.05	5.99	2539.32	6.26	2539.62	6.56	2539.81	6.75
300.00	2533.32	2538.24	4.92	2538.70	5.38	2539.03	5.71	2539.3	5.98	2539.60	6.28	2539.79	6.47

La mayor diferencia entre las láminas de aguas recreadas por los modelos HECRAS y CCHE2D, para condiciones permanentes ante condiciones de avenida fueron del orden de 0.62 m; exceptuando lo anteriormente identificado en el restante de las secciones la diferencia fue máximo de 6 cm.

### 6.3. CONDICIONES DE AVENIDA

#### 6.3.1. Puntos de monitoreo

En aras de realizar la comparación de los resultados del análisis hidráulico llevado a cabo en el tramo de estudio mediante los modelos numéricos HECRAS y CCHE2D, del evento registrado en la estación Puente Merchán el día 16 de diciembre de 2011, se seleccionaron cinco (5) secciones del tramo de estudio, con el objeto de llevar a cabo el monitoreo de los resultados.

#### 6.3.2. Láminas de agua recreadas por los modelos

La diferencia entre las láminas de aguas recreadas por los modelos HECRAS y CCHE2D, ante condiciones de avenida para el evento del 16 de diciembre de 2011 fueron máximo de 0.95 m, la cual se presenta en la primera sección donde el porcentaje de error determinado según la evaluación de la malla fue del 1.44% con una diferencia de elevación de 0.62 m.

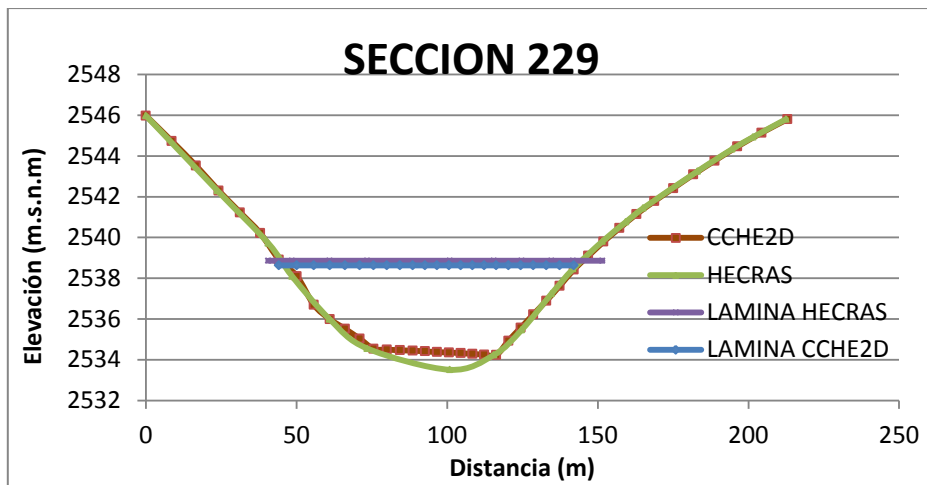
En las figuras 59 a la 63 se visualiza tanto la comparación de la sección transversal del lecho y bancas del cauce, reconstruidas por los modelos HEC-RAS y CCHE2D, como las láminas de aguas obtenidas de cada una de las simulaciones. Con base en lo anterior, la máxima variación tanto de la geometría del cauce como de las láminas de agua logradas en las simulaciones, se presentó en la primera sección del tramo del estudio, donde la cantidad de puntos topográficos levantados de la zona son mucho menor al número de puntos topográficos existentes en las 34 secciones transversales restantes.

**Tabla 21. Secciones de monitoreo. Láminas recreadas por los modelos**

ANÁLISIS DEL EVENTO RECREADO EN LOS MODELOS ALTURAS DE LÁMINA DE AGUA OBTENIDOS			
SECCIÓN HECRAS	SECCIÓN CCHE2D	HECRAS	CCHE2D
3631.407	1	5.35	4.40
3119.662	45	5.48	5.20
2322.311	115	5.47	5.19
1193.056	213	5.90	5.52
198.887	300	5.59	5.25

En el proceso de creación de la geomalla computacional, la primera sección transversal presento inconvenientes dados a las altas diferencias entre la sección batimétrica y la sección en CCHE2D. Para minimizar el error descrito, se procedió a realizar una interpolación estructurada, la cual generó mejores resultados de configuración de la malla y su representación del terreno, con la inclusión de dos líneas guías opción disponible en la interfaz Mesh Generation. Luego de hacer las respectivas simulaciones en cada uno de los modelos, a continuación se muestran los resultados de las cotas de inundación obtenidas en los cinco puntos de monitoreo seleccionados, localizados a lo largo del tramo de estudio.

**Figura 59. Láminas de agua HECRAS y CCHE2D sección 229**



**Figura 60. Láminas de agua HECRAS y CCHE2D sección 234**

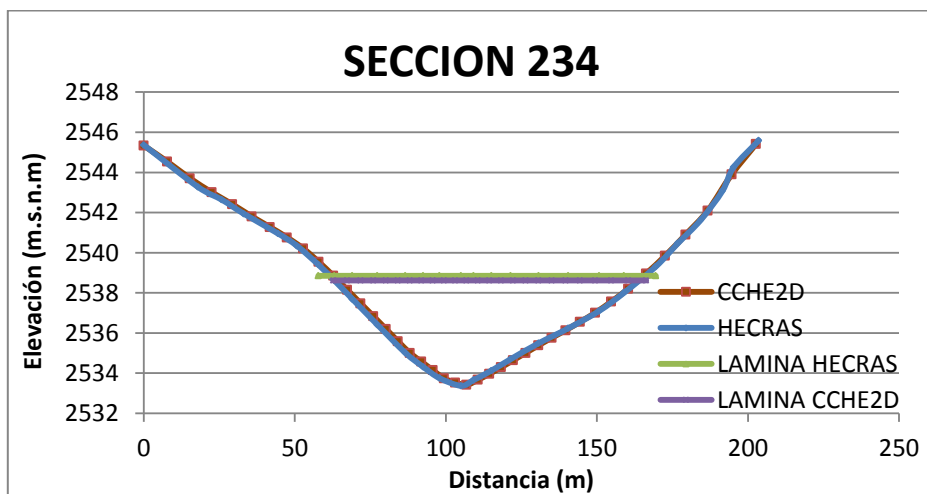


Figura 61. Láminas de agua HECRAS y CCHE2D sección 242

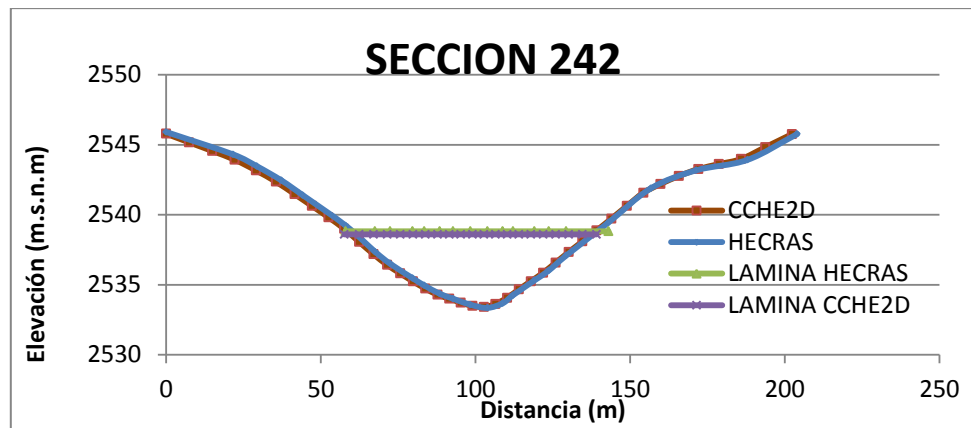


Figura 62. Láminas de agua HECRAS y CCHE2D sección 253

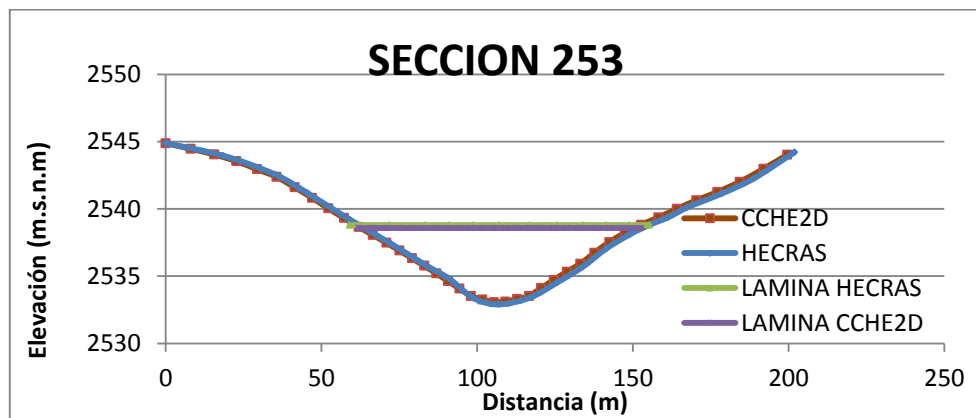
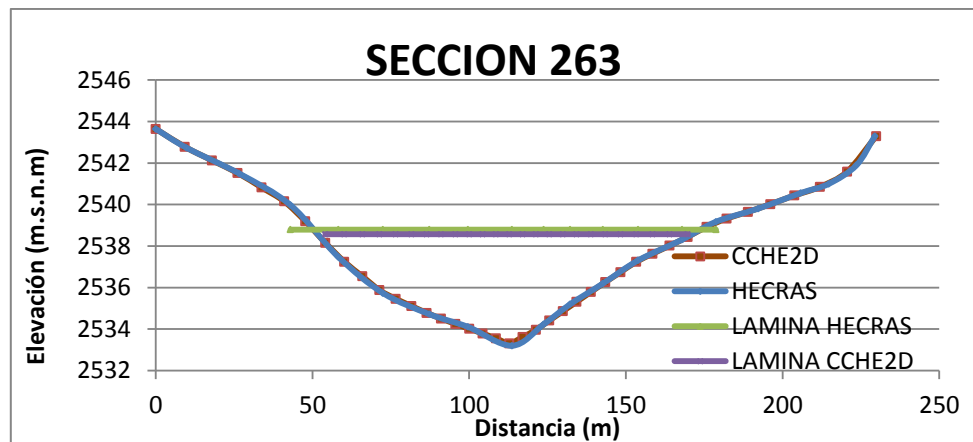


Figura 63. Láminas de agua HECRAS y CCHE2D sección 263





En el análisis de la crecida máxima registrada en el 2011 por la CAR, la cual se produjo el 16 de diciembre, se encontró lo siguiente:

- Las profundidades máximas de lámina de agua registran una mayor elevación en el modelo unidimensional HECRAS, con relación a la representada por el modelo CCHE2D, como se puede observar en las gráficas de las cinco secciones transversales distribuidas en el tramo de estudio.
- El área en planta de incidencia del flujo para el nivel máximo de la lámina de agua en el modelo 1D, es mayor que la obtenida mediante el modelo 2D.

### 6.3.3. Comparación variables hidráulicas

Los modelos HEC-RAS y el CCHE2D permiten analizar los resultados de manera gráfica en tablas. Se observan las variaciones de una variable determinada en planta, perfil o en una sección transversal. En las tablas No. 22 y 23 se muestran los resultados de las principales variables hidráulicas evaluadas por cada uno de los modelos en los cinco puntos de monitoreo seleccionados, localizados a lo largo del tramo de estudio.

**Tabla 22. Resultados variables hidráulicas en HECRAS**

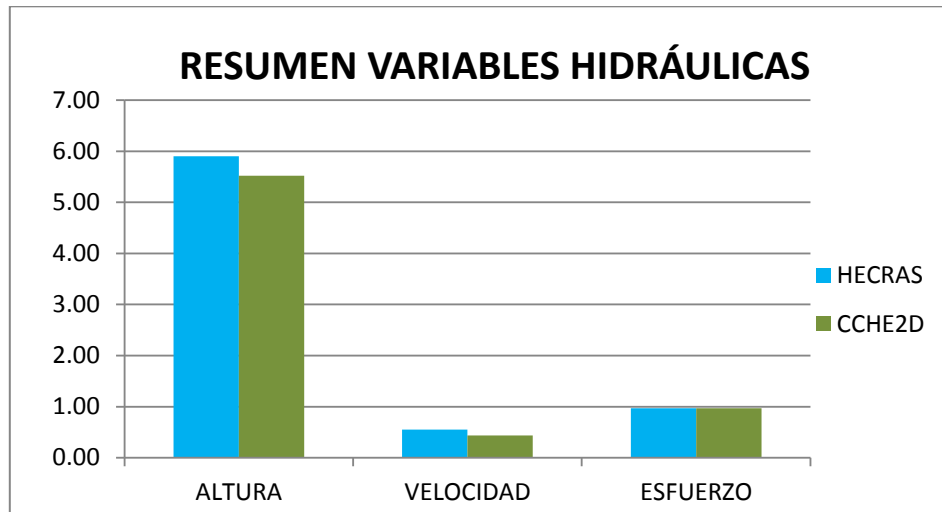
HECRAS							
Abscisa	Nivel de agua (m.s.n.m)	Altura (m)	Velocidad (m/s)	Esfuerzo (N/m <sup>2</sup> )	No. Froude	Area (m <sup>2</sup> )	Ancho Superficial (T)
K23+241.009	2538.86	5.35	0.36	0.48	0.05	147.26	47.64
K23+753.388	2538.85	5.48	0.47	0.68	0.07	208.69	72.35
K24+548.457	2538.82	5.47	0.55	0.97	0.08	127.10	52.66
K25+590.468	2538.80	5.90	0.46	0.63	0.06	166.61	81.46
K26+597.352	2538.79	5.59	0.38	0.44	0.05	270.35	114.10

**Tabla 23. Resultados variables hidráulicas en CCHE2D**

CCHE2D				
Abscisa	Nivel de agua (m.s.n.m)	Altura (m)	Velocidad (m/s)	Esfuerzo (N/m <sup>2</sup> )
K23+241.009	2538.63	4.40	0.30	0.49
K23+753.388	2538.62	5.20	0.37	0.71
K24+548.457	2538.6	5.19	0.44	0.97
K25+590.468	2538.58	5.52	0.39	0.77
K26+597.352	2538.57	5.25	0.33	0.54

En la figura No. 64 se representaron los máximos valores obtenidos en cada una de las secciones de monitoreo, de las variables hidráulicas comparadas entre los modelos.

**Figura 64. Resumen de los resultados de las variables hidráulicas**



Con base en los resultados obtenidos en cada una de las variables hidráulicas comparadas entre los modelos, se concluye que las mayores diferencias se presentan en la profundidad de la lámina de agua recreada por los mismos, principalmente en la sección transversal inicial del tramo de estudio, con una variación del 17.7%. Lo anterior, se sustenta en relación al nivel de detalle de la geometría del cauce, a la cantidad de puntos topográficos existentes y al tamaño de las celdas conformadas en la geomalla del Mesh. Adicional a lo anterior, cabe anotar que actualmente la versión de dominio público el programa CCHE2D permite el análisis de sólo 12000 nodos en total, impidiendo que se pueda obtener un mayor detalle de las geomallas.

#### **6.3.4. Selección del mejor modelo desde el punto de vista operativo para analizar el tránsito de una creciente**

Para determinar cuál de los dos modelos es mejor desde el punto de vista operativo para analizar el tránsito de una creciente, se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Facilidad en el ingreso de los datos.
- b) Interfaz gráfica: visualización de la geometría del cauce, los datos de entrada y los resultados del tránsito hidráulico del evento simulado.

- c) Los tiempos de simulación del evento.
- d) Eficiencia del modelo para dar resultados aproximados a las condiciones reales.
- e) Presentación de resultados. Visualización en forma gráfica o tabular.
- f) Interacción con otros programas, es decir, las posibilidad que tiene el modelo de importar o exportar a otro software.

El método de las jerarquías analíticas (AHP) fue desarrollado por Thomas L. Saaty (1977) y consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un modelo jerárquico. El propósito del método es permitir que el tomador de decisiones pueda estructurar un problema multicriterios en forma visual, mediante la construcción de un modelo jerárquico. Una vez construido el modelo jerárquico, se realizan comparaciones por pares entre dichos elementos (criterios y alternativas), formando matrices cuadradas, cuyos coeficientes son valores numéricos atribuidos a las preferencias señaladas por las personas; el proceso termina proporcionando una síntesis de las mismas mediante la agregación de esos juicios parciales.

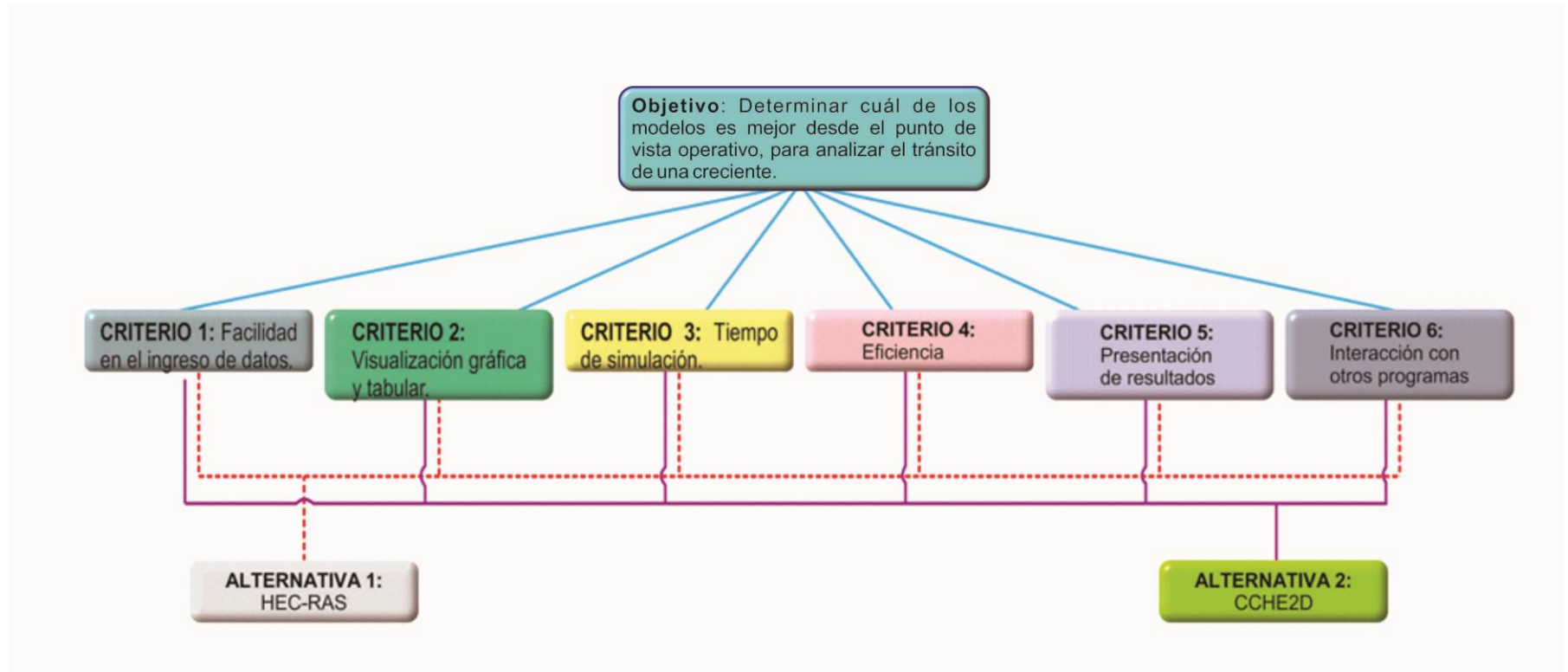
El proceso reside en el hecho de que permite dar valores numéricos a los juicios dados por las personas, logrando medir la contribución de cada elemento de la jerarquía respecto al nivel inmediatamente superior del cual se desprende. Para estas comparaciones se utilizan escalas de razón en términos de preferencia, importancia o probabilidad (Galván, 2011).

El fundamento del proceso se basa en el hecho de que permite dar valores numéricos a los juicios dados por las personas, logrando medir cómo contribuye cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprende. Para estas comparaciones se utiliza la escala desarrollada por Saaty, en términos de preferencia o importancia, que va de 1 a 9 (1980, 2001).

Para la aplicación de este método es necesario que tanto los criterios como las alternativas se puedan estructurar de forma jerárquica. El primer nivel de jerarquía corresponde al propósito general del problema, el segundo a los criterios y el tercero a las alternativas (MESA, 2013).

En la figura No. 65 esquema jerárquico del problema, se visualizan cada uno de los niveles de importancia, donde se discrimina el objetivo general, los criterios de evaluación y las alternativas evaluadas, para el caso particular los modelos HEC-RAS y CCHE2D.

Figura 65. Esquema jerárquico del problema



**Tabla 24. Matriz de comparación multicriterios. Porcentajes de importancia**

DESCRIPCION	CRITERIO
A	Facilidad en el ingreso de datos
B	Visualización gráfica y tabular
C	Tiempo de simulación
D	Eficiencia para representar mejor el evento
E	Presentación de resultados
F	Interacción con otros programas

MATRIZ DE COMPARACIÓN							
	A	B	C	D	E	F	Peso %
A	1.0	2.0	2.0	0.1	0.3	3.3	12.5
B	0.5	1.0	0.5	0.1	1.0	1.0	5.9
C	0.5	2.0	1.0	0.1	0.2	2.0	8.3
D	8.0	8.0	8.0	1.0	4.0	5.0	48.4
E	3.0	1.0	5.0	0.3	1.0	4.0	20.3
F	0.30	1.0	0.5	0.2	0.3	1.0	4.6

Con base en los resultados obtenidos de la aplicación del método de las jerarquías analíticas, se obtuvo que los criterios de mayor porcentaje de importancia fueron: la facilidad en el ingreso de datos, eficiencia de los modelos para representar mejor un evento y la presentación de resultados, con el 12.5%, 48.4% y 20.3%, respectivamente.

Una vez obtenidos los resultados de los porcentajes de importancia de los criterios seleccionados, se procedió a llevar a cabo la calificación de cada uno de las alternativas (modelos), teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, obteniéndose que el mejor modelo para simular el evento de creciente histórico fue el HECRAS, con una calificación del 84% superando al modelo CCHE2D en un 12%. Vale la pena resaltar que las diferencias más relevantes entre los modelos se enmarcan en la facilidad del ingreso de datos y la visualización de los resultados de las simulaciones.

#### **6.4. CAPACIDADES Y LIMITACIONES DE LOS MODELOS HEC-RAS Y CCHE2D**

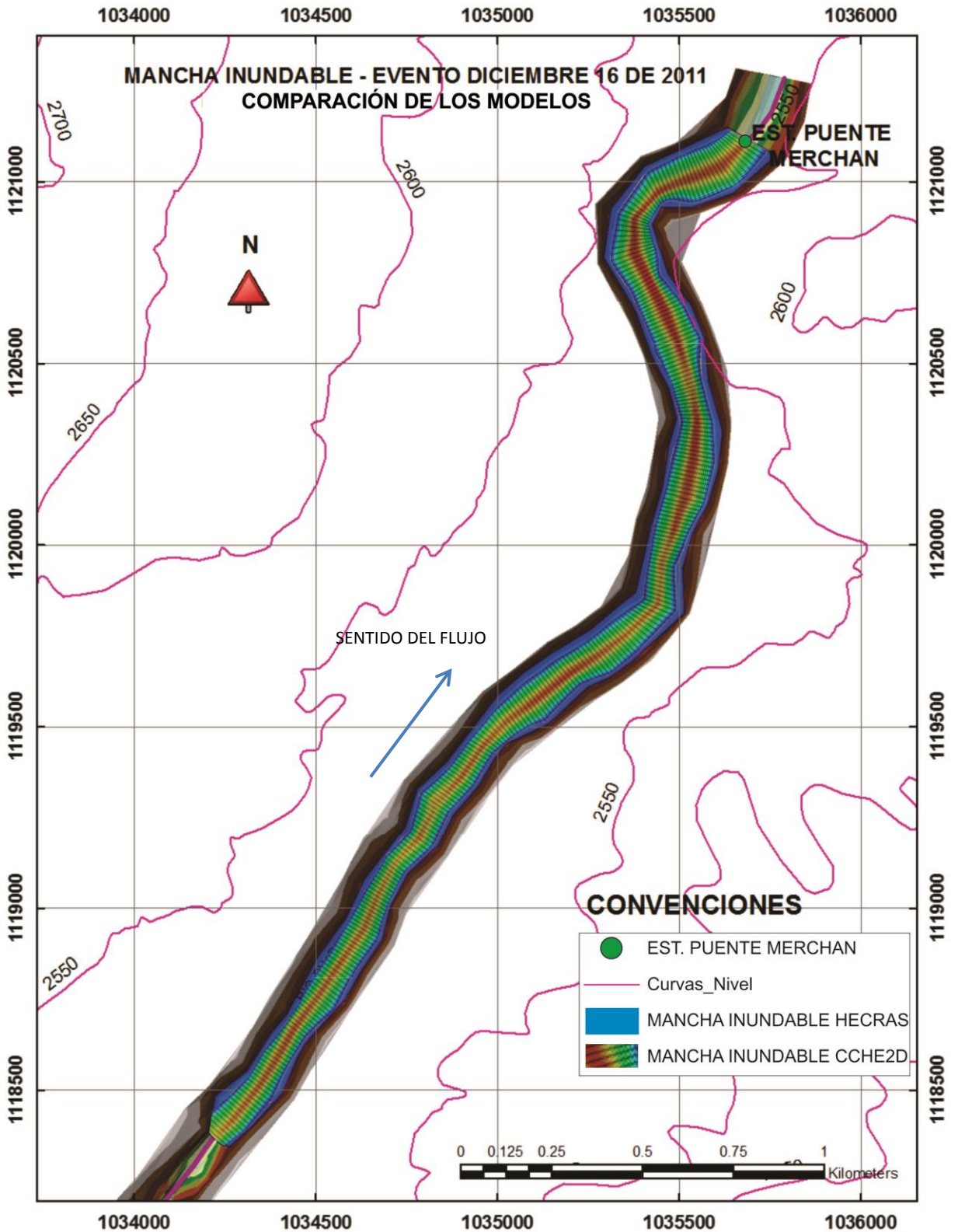
En la tabla No. 25, se muestran las capacidades y limitaciones identificadas para cada uno de los modelos analizados.

**Tabla 25. Capacidades y limitaciones identificadas de los modelos HEC-RAS y CCHE2D**

CRITERIO	HEC-RAS	CCHE2D
Información de entrada	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Interfaz amigable con el ingreso de datos.</li> <li>o La geometría requiere de secciones transversales lo más perpendiculares posibles, esto minimiza posibles errores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Las Interfaces del mesh y GUI son bastante amigables con el ingreso de datos.</li> <li>o La geometría requiere de secciones transversales lo más perpendiculares posibles para construcción de los bloques, minimizando posibles errores en la generación de las mallas.</li> <li>o La versión de dominio público presenta limitación en la cantidad de nodos para la representación de las mallas (12000 nodos).</li> </ul>
Nivel de datos	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Permite analizar longitudes significativas.</li> <li>o No presenta limitaciones con la cantidad de registros de las series de caudales, pero si inconvenientes en la eficiencia y tiempo de computo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o No presenta limitaciones con la cantidad de registros de las series de caudales, pero si inconvenientes en la eficiencia y tiempo de computo.</li> </ul>
Longitud del tramo	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Presenta una mediana restricción en la cantidad de información que se ingresa.</li> <li>o En régimen no permanente tiene tendencia a la presentación de dificultades con relación al paso de tiempo (<math>\Delta t</math>), el cual se recomienda ser evaluado previamente mediante el número de Courant.</li> <li>o Este software está en capacidad de simular canales rectos y con deflexiones de flujo, sin embargo los efectos en las curvaturas no se tienen en cuenta de manera correcta.</li> <li>o <math>S_o &lt; 10^\circ</math>: Emplea la ecuación de energía.</li> <li>o <math>S_o &gt; 10^\circ</math>: La distribución de la presión hidrostática, debe determinarse teniendo en</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o La longitud del tramo es bastante limitada, de acuerdo a la cantidad de nodos (12000). Para que el programa no presente problemas en las simulaciones, se debe garantizar que el archivo de la geometría sea menor a 3000KB.</li> <li>o Su motor de análisis está en capacidad de simular canales rectos, sinuosos y trenzados, incluyendo los efectos laterales que se generan en las zonas de curvatura.</li> <li>o No presenta restricción en las pendientes longitudinales de los cauces.</li> </ul>

CRITERIO	HEC-RAS	CCHE2D
	cuenta el ángulo de corrección.	
Tiempos de simulación	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Los tiempos de simulación son realmente cortos.</li> <li>o Después de realizar las iteraciones, al no encontrar una solución adecuada, compara la altura crítica con el resultado de menor error de las iteraciones, si el error es menor a 10 cm el programa entrega este valor, en caso de que no cumpla, arrojará la altura crítica en esa sección. De acuerdo con lo anterior, es importante anotar que ninguna de las dos soluciones es la correcta, sin embargo el programa siempre arroja un resultado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Requiere de mayores tiempos de simulación para analizar cada una de las variables hidráulicas en cada uno de los nodos que conforman la geomalla.</li> <li>o El software poder ser inestable y presenta dificultades con los tiempos de simulación. Cuando los intervalos de tiempos computacionales son cortos, el programa responde eficientemente, de lo contrario presenta dificultades y en algunas ocasiones no termina de hacer la simulación y aborta el proceso de cálculo.</li> </ul>
Presentación de resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Los resultados se pueden visualizar tanto de forma gráfica como tabular.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Los resultados se pueden visualizar tanto de forma gráfica como tabular.</li> </ul>
Interacción con otros software	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Presenta una alta interacción con otros programas como el ARCGIS, en el cual es posible construir la geodatabase de la geometría del cauce para ser importada en HECRAS, además de permitir exportar resultados de las simulaciones, para visualizar las manchas inundables en ARCGIS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o La interfaz mesh permite importar archivos SHAPE.</li> <li>o Presenta inconvenientes a la hora de querer incluir más de un tipo de información de entrada, bloqueándose y cerrando por completo la interfaz del mesh.</li> </ul>

Figura 66. Mapa resultados evento de inundación HECRAS y CCHE2D





## 6.5. SENSIBILIDAD DE LOS MODELOS HECRAS Y CCHE2D

De la comparación de los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología para la determinación de la sensibilidad de los modelos, se puede concluir lo siguiente:

- El modelo numérico HEC-RAS fue levemente más sensible a la rugosidad de Manning, el cual exhibe un porcentaje de incidencia del 0.83% frente al 0.70% en CCHE2D, adicionalmente la variable simulada con más variación fue el nivel de lámina de. Ver grafica No 67.
- El modelo numérico CCHE2D, presentó un alto porcentaje de variación al tamaño de celda, con un porcentaje del 5.9%, donde también el nivel de agua tuvo variación. Ver grafica No 68.

**Figura 67. Resultados comparación sensibilidad de los modelos a la rugosidad**

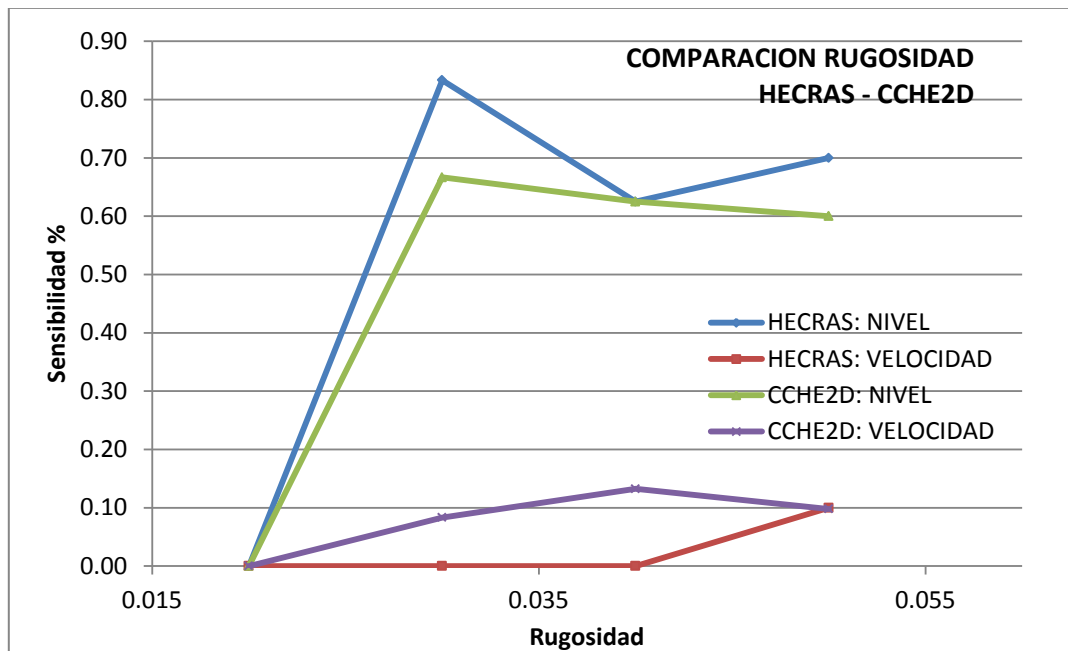
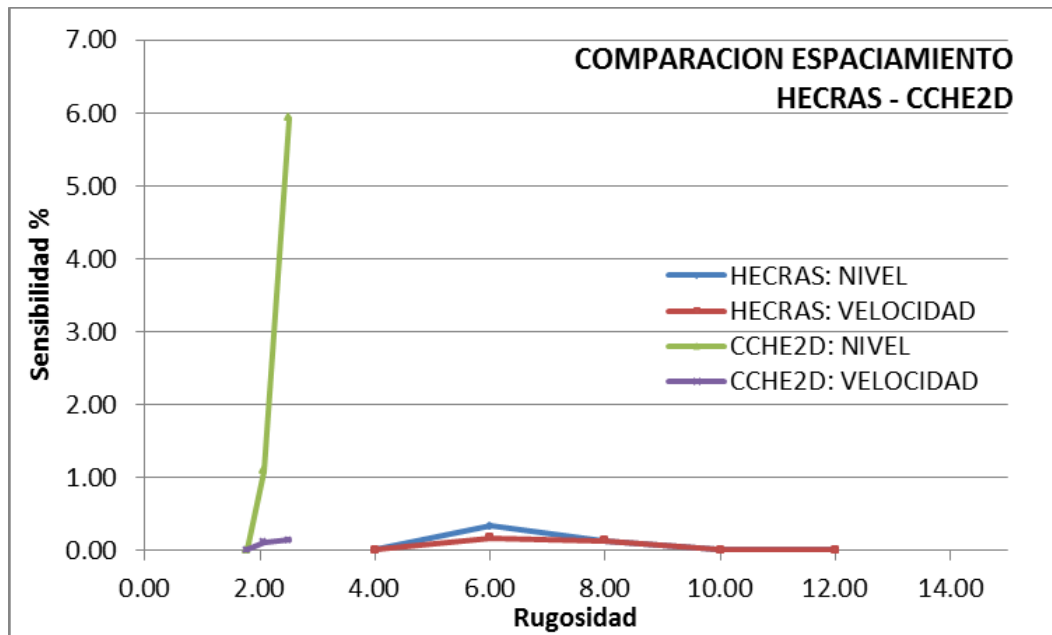


Figura 68. Resultados comparación sensibilidad de los modelos al espaciamiento



## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El modelo HECRAS es un software que tiene una gran interacción con otros programas, facilitando la interpretación y presentación de los resultados obtenidos. Su interfaz gráfica es bastante amigable con el modelador.
- El modelo CCHE2D es un programa más complejo, que requiere de información de alta precisión en geometrías irregulares, que represente en gran parte las particularidades del cauce, para llevar a fin término simulaciones realistas.
- Con base en el estudio realizado a través de los diferentes escenarios, se pudieron identificar las principales características de cada uno de los modelos, en términos de los datos de entrada, los archivos de lectura, el desarrollo de las simulaciones, el método de cálculo que llevan a cabo y los resultados que arrojan.
- Los modelos HECRAS y CCHE2D se encuentran en capacidad de permitir la visualización tanto gráfica como tabular, de los resultados del análisis de un gran número de variables y su variación en el tiempo.
- El modelo numérico CCHE2D procesa gran cantidad de información para llevar a cabo las simulaciones tanto en régimen permanente como no permanente, aumentando considerablemente del tiempo de cómputo.
- De la evaluación operativa de cada uno de los modelos con base en seis criterios identificados por su importancia, se obtuvo que el modelo que mejor permitió llevar a cabo el análisis del tránsito del evento del 16 de diciembre de 2011 con una calificación del 84% fue HEC-RAS, superando al modelo CCHE2D en un 12%. Las diferencias más marcadas se presentan en la facilidad del ingreso de datos y la visualización de los resultados de las simulaciones.
- El área de mancha inundable y la altura de la lámina de agua calculada por el modelo HEC-RAS para el análisis del evento del 16 de diciembre de 2011 fue producida por el modelo HEC-RAS, fueron mayores que las del modelo CCHE2D fue menor en todas las secciones transversales a lo largo del tramo de estudio.
- Del proceso de determinación de la sensibilidad de los modelos se concluye que el programa unidimensional HECRAS presenta mayor sensibilidad al

parámetro rugosidad de Manning, mientras que en el modelo bidimensional CCHE2D fue el tamaño de celda. Una buena representación de la geometría del cauce y una apropiada selección de la rugosidad, garantizan excelentes resultados en el análisis hidráulico en cada uno de los nodos de la geomalla configurada.

- El análisis de sensibilidad del modelo utilizado es una fase fundamental dentro de los procesos de simulaciones de eventos, dado que hace posible definir los rangos de aceptación de los parámetros, el espaciamiento entre secciones, los intervalos de tiempo. Estos análisis permitirán conocer la fiabilidad de los modelos y darle validez a los resultados obtenidos.

## BIBLIOGRAFÍA

ALCRUDO, F. (2005). *MATHEMATICAL MODELLING TECHNIQUES FOR FLOOD PROPAGATION IN URBAN AREAS*. Retrieved OCTUBRE 8, 2014, from [http://www.impact-project.net/AnnexII\\_DetailedTechnicalReports/AnnexII\\_PartB\\_WP3/Modelling\\_techniques\\_for\\_urban\\_flooding.pdf](http://www.impact-project.net/AnnexII_DetailedTechnicalReports/AnnexII_PartB_WP3/Modelling_techniques_for_urban_flooding.pdf)

ALCRUDO, P. G. (1995). *SIMULACIÓN DE FLUJO TRANSITORIO EN CAUCES NATURALES*. CENTRO POLITECNICO SUPERIOR. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.

ARAPA, E. (2009). MODELAMIENTO DE FLUJO NO PERMANENTE EN RIOS. *INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION Y GERENCIA*, 1-5.

BANCO MUNDIAL DE DESARROLLO. (2012, MARZO). *ANALISIS DE LA GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES EN COLOMBIA*. BOGOTA: BANCO MUNDIAL REGION DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE.

BLADE et al, E. (2008). MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN LECHO FIJO DEL FLUJO EN RÍOS. MODELOS 1D Y 2D EN RÉGIMEN PERMANENTE Y VARIABLE . Retrieved OCTUBRE 12, 2014, from [http://iberaula.es/public/files/file\\_1\\_6\\_Modelizacin%20matemtica%20en%20lecho%20fijo%20de%20fl.pdf](http://iberaula.es/public/files/file_1_6_Modelizacin%20matemtica%20en%20lecho%20fijo%20de%20fl.pdf)

CASTRO et al, M. (2014). SOBRE LA MODELACIÓN HIDRÁULICA EN OBRAS DE SANEAMIENTO BÁSICO. *SOBRE LA MODELACIÓN HIDRÁULICA EN OBRAS DE SANEAMIENTO BÁSICO*. QUITO, ECUADOR: ESCUELA POLITECNICA NACIONAL.

CEBALLOS LOPEZ, J. (2011). *MODELACIÓN HIDRÁULICA Y MORFODINÁMICA DE CAUCES SINUOSOS APLICACIÓN A LA QUEBRADA LA MARINILLA (ANT)*. Medellín, Colombia: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.

Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – CRED. (2011). *DISASTER DATA: A BALANCED PERSPECTIVE*". Retrieved julio 4, 2014, from <http://www.emdat.be/publications>

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA - CAR. (2010, ABRIL). *DATOS HIDROLOGICOS*. BOGOTA.

GALVÁN, X. V. (2011). *UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA*. Retrieved Marzo 9, 2015, from <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/11238/tesisUPV3600.pdf?sequence=1>

GOMEZ GUZMAN, I. D. (2012, MARZO 14). *MONITOREO DE ZONAS INUNDADAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES*. BOGOTA: IGAC.

GUZMAN, I. D. (2012). *PROYECTO MONITOREO DE ZONAS INUNDADAS MEDIANTE LA UTILIZACION DE TECNOLOGIAS GEOESPACIALES*. BOGOTA: IGAC.

*HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER*. DESCARGA DEL SOFTWARE HEC-RAS . Retrieved JULIO 2, 2013, from <http://www.hec.usace.army.mil/>

IBAÑEZ, A. M. (2011, AGOSTO). CON EL AGUA AL CUELLO. *NOTA UNIANDINA*, 44-46.

INGEOMINAS . (2005). *SOCAVACIÓN EN PUENTES*. UNIVERSIDAD DEL CAUCA - CRC.

J.A. Cunge, F. H. (1980). *PRACTICAL ASPECTS OF COMPUTATIONAL RIVER HIDRAULICS* . BOSTON: PITMAN PUBLISHING INC.

MÉNDEZ, J. N. (2013). *EVALUACIÓN DE LOS PROGRAMAS PARA LA ATENCIÓN DEL FENÓMENO DE LA NIÑA 2010-2011*. BOGOTA: FEDESARROLLO.

MENENDEZ, A. N. (1987). *INTRODUCCION A LA SIMULACION NUMERICA DE PROBLEMAS HIDRÁULICOS*. INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNICA HIDRICAS.

MESA, C. P. (2013). *Universidad Nacional de Colombia*. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MODELOS HEC-RAS, CCHE2D, G-STARS Y BRI-STARS, PARA LA MODELACIÓN HIDRÁULICO-MORFOLÓGICA EN UN CAUCE ALUVIAL. APLICACIÓN AL RÍO NEGRO (ANTIOQUIA) Retrieved Agosto 8, 2014, from <http://www.bdigital.unal.edu.co/11684/1/1017124450.2014.pdf>.

PEDROZO et al, A. (2011). *LA INCERTIDUMBRE Y SU EVALUACION*. INSTITUTO DE INGENIERIA UNAM.

PENDER et al, G. (2011). *FLOOD INUNDATION MODELLING TO SUPPORT TO SUPPORT RISK MANAGEMENT*. BLACKWELL PUBLISHING LTD.

POSADA et al, A. (2005, MARZO 20). APORTES DE LA INGENIERIA A LA REGULACIÓN Y SOSTENIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO. *REVISTA INGENIERIAS UNIVERSIDAD DE MEDELLIN*, 79-97.

RCN. (2011, MAYO 21). *PORTAL CANAL RCN*. Retrieved SEPTIEMBRE 26, 2014, from [http://portal.canalrcn.com/noticias/desbordamiento\\_del\\_r%C3%ADo\\_su%C3%A1rez\\_ame\\_naza\\_con\\_llegar\\_al\\_casco\\_urbano\\_de\\_simijaca](http://portal.canalrcn.com/noticias/desbordamiento_del_r%C3%ADo_su%C3%A1rez_ame_naza_con_llegar_al_casco_urbano_de_simijaca)

SEDANO CRUZ, R. K. (2012). *GESTION INTEGRADA DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA*. VALENCIA: ESPAÑA.

SEMANA. (2011, ABRIL 20). Inundaciones en Colombia: igual a anegar Bogotá 27 veces. *SEMANA*.

SEMANA. (2011, MAYO 20). *SEMANA.COM*. Retrieved SEPTIEMBRE 26, 2014, from <http://www.semana.com/nacion/articulo/cundinamarca-enfrenta-emergencia-mas-grave-ultimos-100-anos/240084-3>

STOKER, J. J. (1992). *WATER WAVES. THE MATHEMATICAL THEORY WITH APPLICATIONS*. WILEY CLASSICS LIBRARY EDITIONS .

U.S. ARMY CORPS. OF ENGINEERS-HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER - HEC. (n.d.). *CENTRO DE INGENIERIA HIDROLOGICA DEL CUERPO DE INGENIERO MILITARES DE LOS ESTADOS UNIDOS*. Retrieved ABRIL 22, 2013, from [www.hec.usace.army.mil](http://www.hec.usace.army.mil)

UNION TEMPORAL AUDICON AMBIOTEC. (2006). *INFORME DE LA FASE DE DIAGNOSTICO CUENCA RIO ALTO SUAREZ 2401-10*. BGOTA: CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCAR - CAR.

UNIVERSITY OF MISSISSIPPI. (2014). *NATIONAL CENTER FOR COMPUTATIONAL HYDROSCIENCE AND ENGINEERING*. Retrieved ENERO 6, 2014, from <http://www.ncche.olemiss.edu/>

# **ANEXOS**



## **ANEXO 1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA MALLA EN CCHE2D**

SECCIÓN 1				229.000	ABSCISA		K23+241.009
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1118445.391	1034134.410	2545.981	0.000	1118445.850	1034134.090	2545.981
23.76	1118429.613	1034152.178	2542.292	8.60	1118440.060	1034140.450	2544.730
40.62	1118417.904	1034164.302	2539.717	16.66	1118434.640	1034146.410	2543.522
48.51	1118413.625	1034170.938	2538.099	24.20	1118429.570	1034151.990	2542.292
60.96	1118405.661	1034180.509	2535.991	31.28	1118424.800	1034157.230	2541.226
73.46	1118397.471	1034189.941	2534.552	37.94	1118420.320	1034162.150	2540.210
100.87	1118378.281	1034209.515	2533.507	44.21	1118416.100	1034166.790	2538.908
115.49	1118367.912	1034219.827	2534.231	50.13	1118412.120	1034171.170	2538.099
124.68	1118361.098	1034225.989	2535.460	55.73	1118408.350	1034175.320	2536.694
134.65	1118354.056	1034233.045	2537.244	61.06	1118404.770	1034179.260	2535.991
141.82	1118349.695	1034238.740	2538.460	66.12	1118401.360	1034183.000	2535.511
151.53	1118342.766	1034245.539	2539.810	70.95	1118398.110	1034186.580	2535.032
159.36	1118338.280	1034251.959	2540.766	75.59	1118394.990	1034190.010	2534.534
165.06	1118334.393	1034256.135	2541.439	80.06	1118391.980	1034193.310	2534.499
183.14	1118322.055	1034269.342	2543.256	84.37	1118389.080	1034196.500	2534.463
194.59	1118314.456	1034277.906	2544.335	88.56	1118386.260	1034199.600	2534.445
201.59	1118309.661	1034283.005	2544.934	92.65	1118383.510	1034202.630	2534.409
212.49	1118302.819	1034291.490	2545.810	96.66	1118380.810	1034205.590	2534.374
				100.61	1118378.150	1034208.520	2534.356
				104.54	1118375.510	1034211.420	2534.320
				108.44	1118372.880	1034214.310	2534.285
				112.36	1118370.240	1034217.210	2534.249
				116.32	1118367.580	1034220.140	2534.231
				120.34	1118364.880	1034223.110	2534.931
				124.42	1118362.130	1034226.130	2535.570
				128.61	1118359.310	1034229.230	2536.223
				132.92	1118356.410	1034232.420	2536.894
				137.38	1118353.410	1034235.720	2537.628
				142.02	1118350.290	1034239.150	2538.426
				146.85	1118347.040	1034242.730	2539.097
				151.92	1118343.630	1034246.480	2539.796
				157.24	1118340.050	1034250.410	2540.466
				162.85	1118336.280	1034254.560	2541.146
				168.77	1118332.290	1034258.940	2541.782
				175.04	1118328.070	1034263.580	2542.419
				181.70	1118323.590	1034268.510	2543.090
				188.78	1118318.830	1034273.740	2543.768
				196.33	1118313.750	1034279.330	2544.465
				204.37	1118308.340	1034285.280	2545.140
				212.97	1118302.550	1034291.640	2545.810

SECCIÓN 2				230.000	ABSCISA		K23+361.980
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1118510.872	1034202.641	2545.00	0.000	1118519.08	1034209.33	2545.14883
9.57	1118504.152	1034209.451	2543.251	7.97	1118513.92	1034215.4	2543.79891
17.51	1118499.215	1034215.678	2542.208	15.66	1118508.88	1034221.21	2542.71405
29.47	1118491.18	1034224.529	2540.681	22.97	1118504.07	1034226.72	2541.81888
41.28	1118483.887	1034233.817	2539.357	29.86	1118499.55	1034231.92	2540.96087
48.92	1118478.673	1034239.404	2538.426	36.34	1118495.31	1034236.82	2540.22936
58.73	1118472.038	1034246.628	2537.335	42.42	1118491.33	1034241.42	2539.52987
66.18	1118467.435	1034252.491	2536.583	48.17	1118487.58	1034245.77	2538.80892
81.32	1118457.179	1034263.631	2535.235	53.60	1118484.03	1034249.88	2538.17244
89.86	1118451.973	1034270.392	2534.549	58.75	1118480.67	1034253.78	2537.53106
95.01	1118447.613	1034273.14	2534.159	63.65	1118477.47	1034257.49	2536.99211
100.15	1118445.391	1034277.775	2533.78	68.33	1118474.41	1034261.03	2536.46838
106.11	1118441.875	1034282.588	2533.491	72.81	1118471.49	1034264.43	2536.04427
113.54	1118436.32	1034287.52	2533.784	77.13	1118468.67	1034267.7	2535.63648
121.23	1118431.157	1034293.225	2534.272	81.29	1118465.95	1034270.85	2535.23329
133.36	1118423.178	1034302.357	2535.729	85.34	1118463.3	1034273.92	2534.89806
140.99	1118418.439	1034308.338	2536.808	89.29	1118460.72	1034276.91	2534.5727
151.72	1118411.536	1034316.553	2538.374	93.16	1118458.19	1034279.84	2534.25307
158.41	1118406.974	1034321.437	2539.408	96.98	1118455.7	1034282.73	2533.95213
166.85	1118401.58	1034327.93	2541.137	100.76	1118453.23	1034285.6	2533.69621
170.52	1118399.094	1034330.63	2542.404	104.54	1118450.76	1034288.46	2533.51837
175.60	1118395.532	1034334.261	2543.236	108.32	1118448.29	1034291.32	2533.60339
192.44	1118384.134	1034346.654	2544.587	112.14	1118445.79	1034294.21	2533.74061
206.25	1118375.025	1034357.033	2545.345	116.01	1118443.27	1034297.14	2534.10754
				119.95	1118440.69	1034300.12	2534.48498
				123.99	1118438.05	1034303.18	2534.89072
				128.15	1118435.33	1034306.33	2535.30976
				132.45	1118432.52	1034309.58	2535.75288
				136.93	1118429.59	1034312.97	2536.37602
				141.58	1118426.55	1034316.49	2537.03315
				146.47	1118423.35	1034320.19	2537.73218
				151.60	1118420	1034324.07	2538.46385
				157.00	1118416.47	1034328.16	2539.24689
				162.70	1118412.74	1034332.47	2540.34787
				168.74	1118408.79	1034337.04	2541.93087
				175.18	1118404.58	1034341.91	2543.03656
				182.07	1118400.07	1034347.12	2543.63691
				189.48	1118395.22	1034352.72	2544.2924
				197.32	1118390.1	1034358.66	2544.81889
				205.38	1118384.89	1034364.81	2545.31433

SECCIÓN 3				231.000	ABSCISA		K23+449.271
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1118594.329	1034275.828	2545.893	0.00	1118603.450	1034280.490	2545.806
22.40	1118581.258	1034294.018	2544.301	7.63	1118599.010	1034286.700	2545.328
38.82	1118571.854	1034307.479	2542.658	15.10	1118594.580	1034292.710	2544.787
44.17	1118568.638	1034311.759	2541.918	22.28	1118590.310	1034298.480	2544.259
52.48	1118564.079	1034318.703	2540.485	29.08	1118586.280	1034303.960	2543.606
57.98	1118560.351	1034322.751	2539.124	35.48	1118582.490	1034309.120	2542.957
64.44	1118556.511	1034327.936	2537.655	41.52	1118578.930	1034313.990	2542.294
68.52	1118554.425	1034331.451	2536.778	47.20	1118575.580	1034318.580	2541.473
72.19	1118552.324	1034334.454	2536.220	52.57	1118572.410	1034322.920	2540.566
79.03	1118547.946	1034339.715	2535.127	57.67	1118569.400	1034327.040	2539.351
89.17	1118542.234	1034348.093	2533.864	62.52	1118566.550	1034330.960	2538.239
93.19	1118539.686	1034351.197	2533.586	67.15	1118563.820	1034334.700	2537.220
101.34	1118534.451	1034357.441	2533.353	71.58	1118561.210	1034338.280	2536.394
105.74	1118531.936	1034361.061	2533.665	75.85	1118558.690	1034341.730	2535.749
111.87	1118528.540	1034366.165	2534.176	79.97	1118556.270	1034345.060	2535.096
123.25	1118521.406	1034375.020	2535.606	83.98	1118553.910	1034348.300	2534.663
128.54	1118518.262	1034379.282	2536.270	87.88	1118551.610	1034351.450	2534.261
142.45	1118510.018	1034390.489	2537.955	91.70	1118549.360	1034354.540	2533.867
153.74	1118503.004	1034399.336	2538.949	95.48	1118547.130	1034357.590	2533.547
160.78	1118498.891	1034405.047	2539.760	99.22	1118544.930	1034360.610	2533.451
172.53	1118492.392	1034414.834	2541.289	102.93	1118542.740	1034363.610	2533.388
185.16	1118484.602	1034424.777	2543.218	106.67	1118540.540	1034366.630	2533.689
203.21	1118473.351	1034438.884	2545.218	110.43	1118538.320	1034369.670	2533.992
				114.23	1118536.080	1034372.740	2534.349
				118.12	1118533.790	1034375.880	2534.832
				122.10	1118531.440	1034379.090	2535.389
				126.18	1118529.030	1034382.390	2535.949
				130.41	1118526.540	1034385.800	2536.523
				134.79	1118523.950	1034389.340	2537.081
				139.37	1118521.250	1034393.040	2537.653
				144.16	1118518.420	1034396.900	2538.223
				149.19	1118515.450	1034400.960	2538.707
				154.49	1118512.320	1034405.240	2539.219
				160.08	1118509.020	1034409.750	2539.844
				165.98	1118505.530	1034414.510	2540.541
				172.24	1118501.840	1034419.560	2541.311
				178.94	1118497.870	1034424.960	2542.258
				186.22	1118493.550	1034430.820	2543.327
				194.15	1118488.860	1034437.220	2544.201
				202.58	1118483.960	1034444.070	2545.132

SECCIÓN 4				232.000	ABSCISA		K23+548.048
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1118667.440	1034320.173	2545.371	0.00	1118677.800	1034326.070	2545.448
15.92	1118658.665	1034333.457	2544.040	7.67	1118673.450	1034332.390	2544.784
27.10	1118652.082	1034342.497	2542.974	15.19	1118669.240	1034338.620	2544.155
34.19	1118647.873	1034348.198	2542.174	22.37	1118665.240	1034344.580	2543.491
41.07	1118644.451	1034354.170	2541.362	29.13	1118661.470	1034350.190	2542.856
49.88	1118639.596	1034361.514	2540.466	35.45	1118657.940	1034355.440	2542.175
53.52	1118637.097	1034364.162	2539.924	41.38	1118654.630	1034360.360	2541.523
58.25	1118634.588	1034368.175	2538.751	46.99	1118651.500	1034365.010	2540.985
69.38	1118628.368	1034377.402	2536.497	52.28	1118648.540	1034369.400	2540.392
76.65	1118624.336	1034383.451	2535.250	57.30	1118645.740	1034373.560	2539.359
84.70	1118620.013	1034390.243	2534.278	62.08	1118643.070	1034377.520	2538.381
91.22	1118616.655	1034395.834	2533.656	66.63	1118640.520	1034381.300	2537.488
101.24	1118611.582	1034404.474	2533.379	71.01	1118638.080	1034384.930	2536.652
107.82	1118607.962	1034409.968	2533.523	75.22	1118635.730	1034388.420	2535.901
115.77	1118603.509	1034416.557	2534.072	79.28	1118633.460	1034391.790	2535.070
122.15	1118600.198	1034422.014	2535.051	83.23	1118631.250	1034395.060	2534.455
128.43	1118596.921	1034427.370	2536.423	87.08	1118629.100	1034398.260	2534.149
135.47	1118592.902	1034433.140	2537.987	90.85	1118627.000	1034401.390	2533.936
146.56	1118587.017	1034442.550	2540.098	94.58	1118624.920	1034404.480	2533.726
150.43	1118584.533	1034445.517	2540.720	98.26	1118622.860	1034407.540	2533.518
163.72	1118577.580	1034456.835	2542.085	101.95	1118620.800	1034410.600	2533.383
180.87	1118567.945	1034471.025	2543.304	105.64	1118618.740	1034413.660	2533.469
200.22	1118556.635	1034486.721	2545.236	109.37	1118616.660	1034416.750	2533.683
				113.14	1118614.560	1034419.880	2534.092
				116.98	1118612.410	1034423.070	2534.511
				120.91	1118610.220	1034426.330	2534.961
				124.97	1118607.950	1034429.700	2535.668
				129.17	1118605.610	1034433.180	2536.570
				133.52	1118603.180	1034436.790	2537.514
				138.07	1118600.640	1034440.570	2538.425
				142.83	1118597.980	1034444.510	2539.315
				147.83	1118595.190	1034448.660	2540.224
				153.09	1118592.250	1034453.030	2540.945
				158.65	1118589.150	1034457.640	2541.524
				164.53	1118585.860	1034462.520	2542.116
				170.79	1118582.370	1034467.710	2542.594
				177.48	1118578.640	1034473.270	2543.107
				184.68	1118574.630	1034479.240	2543.749
				192.36	1118570.350	1034485.620	2544.526
				200.39	1118565.830	1034492.260	2545.337

SECCIÓN 5				233.000	ABSCISA		K23+659.545
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1118757.279	1034371.466	2545.832	0.00	1118765.520	1034377.730	2545.766
25.34	1118742.009	1034391.694	2543.709	8.18	1118760.580	1034384.250	2545.055
34.56	1118736.266	1034398.901	2543.281	15.95	1118755.890	1034390.450	2544.385
46.39	1118729.906	1034408.874	2542.688	23.20	1118751.520	1034396.230	2543.772
56.14	1118724.013	1034416.643	2542.072	29.94	1118747.450	1034401.600	2543.368
64.09	1118718.704	1034422.566	2541.106	36.24	1118743.640	1034406.620	2543.050
69.60	1118715.248	1034426.852	2540.319	42.15	1118740.070	1034411.330	2542.725
73.53	1118713.763	1034430.495	2539.308	47.73	1118736.690	1034415.770	2542.410
77.48	1118710.988	1034433.303	2537.529	53.00	1118733.500	1034419.970	2542.041
81.26	1118708.332	1034435.986	2535.793	58.01	1118730.470	1034423.960	2541.580
84.25	1118706.796	1034438.551	2534.417	62.79	1118727.580	1034427.760	2540.969
92.21	1118702.062	1034444.949	2533.519	67.35	1118724.820	1034431.390	2540.337
101.15	1118698.067	1034452.949	2533.218	71.72	1118722.170	1034434.870	2539.471
109.40	1118693.253	1034459.654	2533.501	75.93	1118719.620	1034438.220	2537.985
116.01	1118688.935	1034464.653	2534.137	80.00	1118717.160	1034441.460	2536.153
119.69	1118686.891	1034467.714	2534.782	83.95	1118714.760	1034444.600	2534.469
125.15	1118682.664	1034471.180	2535.594	87.82	1118712.420	1034447.680	2534.176
131.72	1118678.706	1034476.423	2536.757	91.61	1118710.120	1034450.690	2533.890
154.91	1118665.052	1034495.160	2540.523	95.35	1118707.860	1034453.670	2533.613
180.80	1118648.656	1034515.205	2543.654	99.06	1118705.610	1034456.620	2533.352
201.58	1118635.735	1034531.469	2545.840	102.76	1118703.370	1034459.560	2533.302
				106.47	1118701.120	1034462.520	2533.445
				110.22	1118698.850	1034465.500	2533.677
				114.02	1118696.550	1034468.520	2534.139
				117.90	1118694.200	1034471.610	2534.616
				121.87	1118691.790	1034474.770	2535.142
				125.97	1118689.310	1034478.030	2535.790
				130.21	1118686.740	1034481.400	2536.511
				134.60	1118684.080	1034484.900	2537.212
				139.20	1118681.290	1034488.560	2537.925
				144.02	1118678.380	1034492.390	2538.673
				149.07	1118675.310	1034496.410	2539.468
				154.40	1118672.090	1034500.650	2540.312
				160.03	1118668.680	1034505.130	2540.989
				165.99	1118665.070	1034509.870	2541.711
				172.35	1118661.220	1034514.940	2542.495
				179.17	1118657.100	1034520.370	2543.338
				186.40	1118652.740	1034526.140	2544.156
				193.90	1118648.210	1034532.120	2545.037
				201.50	1118643.530	1034538.110	2545.798

SECCIÓN 6				234.000	ABSCISA		K23+753.388
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1118849.548	1034437.972	2545.366	0.00	1118858.130	1034441.980	2545.336
17.92	1118838.517	1034452.100	2543.276	7.76	1118853.390	1034448.120	2544.539
25.79	1118833.350	1034458.036	2542.643	15.31	1118848.690	1034454.030	2543.703
33.13	1118828.725	1034463.730	2541.940	22.53	1118844.180	1034459.670	2543.006
44.50	1118821.585	1034472.581	2540.952	29.34	1118839.940	1034465.000	2542.410
50.66	1118817.815	1034477.451	2540.348	35.74	1118835.960	1034470.010	2541.807
57.77	1118813.341	1034482.978	2539.406	41.75	1118832.230	1034474.730	2541.277
63.10	1118809.924	1034487.070	2538.616	47.43	1118828.720	1034479.190	2540.759
69.07	1118805.932	1034491.500	2537.690	52.80	1118825.390	1034483.400	2540.206
77.35	1118800.762	1034497.973	2536.409	57.88	1118822.250	1034487.400	2539.545
86.56	1118794.767	1034504.967	2535.015	62.72	1118819.250	1034491.200	2538.851
92.48	1118790.893	1034509.445	2534.315	67.35	1118816.390	1034494.830	2538.152
97.86	1118787.911	1034513.923	2533.754	71.77	1118813.650	1034498.310	2537.475
105.01	1118783.063	1034519.174	2533.373	76.03	1118811.020	1034501.660	2536.830
109.18	1118780.640	1034522.570	2533.660	80.16	1118808.470	1034504.900	2536.198
115.06	1118777.164	1034527.313	2534.128	84.15	1118806.000	1034508.040	2535.587
121.45	1118773.482	1034532.534	2534.702	88.05	1118803.580	1034511.100	2535.009
130.72	1118767.176	1034539.330	2535.494	91.87	1118801.220	1034514.100	2534.575
140.56	1118761.417	1034547.305	2536.239	95.64	1118798.890	1034517.060	2534.149
150.76	1118754.991	1034555.222	2537.104	99.38	1118796.580	1034520.000	2533.741
159.00	1118749.846	1034561.669	2538.014	103.10	1118794.270	1034522.920	2533.533
169.48	1118742.756	1034569.379	2539.311	106.84	1118791.960	1034525.860	2533.421
176.73	1118738.198	1034575.018	2540.461	110.60	1118789.630	1034528.810	2533.671
184.35	1118733.568	1034581.075	2541.634	114.41	1118787.270	1034531.810	2533.969
191.51	1118728.905	1034586.508	2543.076	118.30	1118784.870	1034534.860	2534.294
195.24	1118726.464	1034589.319	2544.256	122.27	1118782.410	1034537.980	2534.646
203.50	1118720.725	1034595.260	2545.586	126.37	1118779.870	1034541.200	2535.009
				130.61	1118777.250	1034544.530	2535.385
				135.00	1118774.530	1034547.980	2535.761
				139.59	1118771.690	1034551.590	2536.138
				144.39	1118768.720	1034555.360	2536.554
				149.43	1118765.600	1034559.320	2537.010
				154.74	1118762.320	1034563.490	2537.562
				160.35	1118758.850	1034567.900	2538.204
				166.28	1118755.190	1034572.560	2538.961
				172.57	1118751.290	1034577.500	2539.845
				179.36	1118747.080	1034582.820	2540.903
				186.71	1118742.480	1034588.560	2542.101
				194.58	1118737.590	1034594.730	2543.902
				202.66	1118732.750	1034601.190	2545.415

SECCIÓN 7				235.000	ABSCISA		K23+853.147
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1118925.815	1034479.023	2545.188	0.00	1118932.620	1034485.500	2545.135
9.41	1118920.571	1034486.838	2544.405	8.60	1118927.850	1034492.660	2544.433
21.98	1118913.759	1034497.401	2543.521	16.66	1118923.500	1034499.440	2543.868
31.28	1118909.187	1034505.497	2542.634	24.03	1118919.530	1034505.650	2543.270
40.65	1118903.745	1034513.127	2541.700	30.78	1118915.890	1034511.340	2542.622
51.82	1118897.526	1034522.402	2540.634	37.06	1118912.500	1034516.620	2542.003
61.24	1118892.579	1034530.422	2539.728	42.94	1118909.310	1034521.560	2541.431
71.55	1118887.173	1034539.202	2538.426	48.50	1118906.300	1034526.230	2540.891
81.52	1118881.784	1034547.594	2537.151	53.75	1118903.450	1034530.640	2540.375
87.39	1118878.766	1034552.621	2536.183	58.74	1118900.740	1034534.830	2539.836
92.33	1118875.931	1034556.670	2535.411	63.48	1118898.170	1034538.820	2539.200
100.80	1118870.905	1034563.485	2534.254	68.03	1118895.700	1034542.640	2538.591
106.45	1118867.730	1034568.159	2533.633	72.39	1118893.330	1034546.300	2538.034
111.10	1118865.156	1034572.028	2533.395	76.59	1118891.050	1034549.830	2537.495
116.88	1118862.024	1034576.892	2533.618	80.67	1118888.840	1034553.250	2536.949
124.00	1118858.347	1034582.985	2534.127	84.62	1118886.690	1034556.570	2536.313
129.70	1118854.789	1034587.447	2534.682	88.49	1118884.590	1034559.820	2535.728
136.57	1118850.990	1034593.166	2535.366	92.28	1118882.530	1034563.000	2535.192
142.95	1118847.680	1034598.616	2536.136	96.03	1118880.500	1034566.150	2534.733
150.99	1118843.641	1034605.572	2537.351	99.74	1118878.480	1034569.270	2534.278
158.12	1118839.077	1034611.056	2538.429	103.46	1118876.460	1034572.390	2533.824
167.51	1118833.817	1034618.827	2539.709	107.19	1118874.430	1034575.520	2533.536
177.99	1118828.230	1034627.690	2541.342	110.95	1118872.390	1034578.680	2533.475
190.26	1118821.685	1034638.073	2543.131	114.78	1118870.310	1034581.890	2533.600
202.40	1118814.452	1034647.826	2545.158	118.67	1118868.190	1034585.160	2533.858
				122.67	1118866.020	1034588.520	2534.151
				126.80	1118863.770	1034591.980	2534.561
				131.08	1118861.450	1034595.570	2534.987
				135.52	1118859.040	1034599.300	2535.442
				140.15	1118856.520	1034603.190	2535.999
				145.02	1118853.870	1034607.270	2536.687
				150.11	1118851.100	1034611.550	2537.439
				155.49	1118848.170	1034616.060	2538.228
				161.18	1118845.080	1034620.830	2539.022
				167.21	1118841.800	1034625.900	2539.871
				173.68	1118838.290	1034631.330	2540.903
				180.59	1118834.570	1034637.150	2541.966
				187.85	1118830.680	1034643.280	2543.021
				195.19	1118826.720	1034649.460	2544.173
				202.46	1118822.670	1034655.500	2545.199



SECCIÓN 8				236.000	ABSCISA		K23+951.491
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1119000.910	1034540.479	2545.243	0.00	1119010.300	1034543.070	2545.226
16.42	1118992.494	1034554.576	2544.169	7.10	1119006.760	1034549.230	2544.807
23.01	1118988.851	1034560.064	2543.604	14.27	1119003.060	1034555.370	2544.313
34.30	1118982.760	1034569.573	2542.561	21.35	1118999.390	1034561.420	2543.766
48.43	1118975.826	1034581.890	2540.873	28.16	1118995.860	1034567.250	2543.155
59.27	1118970.232	1034591.176	2538.021	34.63	1118992.530	1034572.790	2542.565
67.98	1118966.544	1034599.063	2536.866	40.72	1118989.410	1034578.020	2541.881
72.55	1118963.311	1034602.300	2536.327	46.47	1118986.470	1034582.960	2541.219
82.05	1118958.286	1034610.352	2535.296	51.89	1118983.690	1034587.620	2540.323
87.80	1118955.685	1034615.486	2534.710	57.04	1118981.060	1034592.040	2539.047
93.09	1118952.457	1034619.680	2534.306	61.92	1118978.560	1034596.240	2538.000
99.77	1118949.419	1034625.623	2533.734	66.59	1118976.180	1034600.250	2537.371
106.07	1118946.915	1034631.406	2533.512	71.05	1118973.900	1034604.090	2536.763
113.07	1118942.207	1034636.586	2533.809	75.35	1118971.700	1034607.780	2536.223
123.31	1118937.023	1034645.422	2534.774	79.49	1118969.590	1034611.340	2535.737
128.27	1118934.457	1034649.663	2535.438	83.51	1118967.540	1034614.800	2535.278
134.25	1118931.298	1034654.736	2536.119	87.43	1118965.540	1034618.170	2534.920
142.46	1118927.294	1034661.903	2537.065	91.27	1118963.580	1034621.470	2534.570
151.01	1118922.720	1034669.129	2538.049	95.04	1118961.650	1034624.710	2534.229
161.55	1118917.357	1034678.199	2539.556	98.78	1118959.740	1034627.930	2533.905
171.47	1118912.576	1034686.896	2541.527	102.50	1118957.840	1034631.130	2533.681
182.22	1118907.009	1034696.088	2543.234	106.22	1118955.940	1034634.330	2533.553
192.02	1118902.199	1034704.630	2544.259	109.98	1118954.020	1034637.560	2533.661
203.17	1118896.299	1034714.093	2545.405	113.78	1118952.080	1034640.820	2533.846
				117.64	1118950.110	1034644.140	2534.255
				121.59	1118948.090	1034647.540	2534.674
				125.65	1118946.010	1034651.030	2535.106
				129.85	1118943.870	1034654.640	2535.564
				134.21	1118941.640	1034658.380	2536.064
				138.74	1118939.320	1034662.280	2536.649
				143.49	1118936.890	1034666.360	2537.267
				148.47	1118934.340	1034670.640	2537.936
				153.73	1118931.650	1034675.150	2538.664
				159.25	1118928.820	1034679.900	2539.485
				165.09	1118925.830	1034684.910	2540.425
				171.24	1118922.680	1034690.190	2541.553
				177.80	1118919.300	1034695.820	2542.575
				185.05	1118915.540	1034702.010	2543.542
				193.27	1118911.290	1034709.050	2544.366
				202.41	1118906.740	1034716.980	2545.306

SECCIÓN 9				237.000	ABSCISA		
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1119093.657	1034577.515	2545.141	0.00	1119104.170	1034582.830	2545.262
14.43	1119086.022	1034589.765	2543.642	8.03	1119099.800	1034589.570	2544.396
24.24	1119081.063	1034598.221	2542.766	15.79	1119095.670	1034596.140	2543.620
36.38	1119074.232	1034608.258	2541.826	23.08	1119091.800	1034602.320	2542.986
65.55	1119059.380	1034633.367	2539.275	29.88	1119088.180	1034608.070	2542.456
72.48	1119055.807	1034639.309	2538.073	36.24	1119084.790	1034613.450	2541.987
79.88	1119051.323	1034645.195	2536.470	42.20	1119081.600	1034618.490	2541.484
85.45	1119048.715	1034650.112	2535.435	47.81	1119078.600	1034623.230	2541.006
94.05	1119044.414	1034657.565	2534.450	53.13	1119075.750	1034627.720	2540.552
99.63	1119041.365	1034662.229	2533.994	58.17	1119073.050	1034631.980	2540.108
105.98	1119038.047	1034667.641	2533.615	62.98	1119070.470	1034636.040	2539.675
112.84	1119034.514	1034673.530	2533.891	67.58	1119068.010	1034639.920	2539.143
119.09	1119031.131	1034678.787	2534.478	71.98	1119065.650	1034643.630	2538.398
126.86	1119027.331	1034685.555	2535.257	76.21	1119063.390	1034647.210	2537.462
133.61	1119023.677	1034691.240	2536.052	80.31	1119061.190	1034650.670	2536.530
139.44	1119020.659	1034696.225	2537.306	84.29	1119059.060	1034654.030	2535.779
144.28	1119017.844	1034700.157	2538.441	88.17	1119056.980	1034657.310	2535.253
151.74	1119014.055	1034706.588	2540.618	91.98	1119054.940	1034660.520	2534.854
160.55	1119009.123	1034713.882	2542.343	95.74	1119052.930	1034663.700	2534.457
179.45	1118999.166	1034729.953	2543.892	99.47	1119050.930	1034666.850	2534.069
192.86	1118992.157	1034741.380	2544.632	103.19	1119048.940	1034669.990	2533.820
203.01	1118986.581	1034749.860	2545.614	106.92	1119046.940	1034673.140	2533.674
				110.68	1119044.930	1034676.320	2533.810
				114.49	1119042.890	1034679.540	2534.066
				118.38	1119040.810	1034682.830	2534.452
				122.37	1119038.680	1034686.200	2534.846
				126.48	1119036.480	1034689.670	2535.254
				130.73	1119034.210	1034693.260	2535.749
				135.14	1119031.850	1034696.990	2536.415
				139.75	1119029.380	1034700.880	2537.389
				144.56	1119026.810	1034704.950	2538.528
				149.63	1119024.100	1034709.230	2539.932
				154.97	1119021.240	1034713.740	2541.138
				160.60	1119018.230	1034718.500	2542.224
				166.56	1119015.040	1034723.540	2542.738
				172.92	1119011.640	1034728.910	2543.267
				179.71	1119008.020	1034734.650	2543.821
				186.96	1119004.160	1034740.790	2544.260
				194.61	1119000.070	1034747.260	2544.785
				202.57	1118995.740	1034753.930	2545.551

SECCIÓN 10				238.000	ABSCISA		K24+148.530
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1119194.356	1034629.338	2545.864	0.00	1119201.170	1034637.100	2545.780
12.67	1119186.233	1034639.063	2544.639	8.94	1119195.650	1034644.130	2544.978
30.35	1119175.583	1034653.175	2543.400	17.18	1119190.680	1034650.700	2544.354
40.58	1119169.431	1034661.348	2542.888	24.61	1119186.210	1034656.640	2543.852
59.59	1119157.741	1034676.334	2541.643	31.37	1119182.130	1034662.030	2543.413
73.93	1119148.880	1034687.609	2540.070	37.63	1119178.340	1034667.010	2543.087
82.07	1119143.805	1034693.974	2537.437	43.49	1119174.780	1034671.670	2542.701
88.27	1119140.135	1034698.970	2536.186	49.01	1119171.430	1034676.060	2542.297
94.11	1119136.792	1034703.759	2535.273	54.24	1119168.250	1034680.210	2541.925
99.46	1119133.426	1034707.927	2534.621	59.22	1119165.230	1034684.160	2541.526
104.01	1119130.836	1034711.663	2534.083	63.96	1119162.350	1034687.930	2540.997
108.62	1119128.264	1034715.490	2533.749	68.49	1119159.600	1034691.530	2540.490
112.55	1119126.125	1034718.791	2533.944	72.84	1119156.950	1034694.980	2539.948
117.59	1119122.264	1034722.018	2534.325	77.03	1119154.400	1034698.310	2538.718
127.42	1119116.226	1034729.781	2535.613	81.09	1119151.930	1034701.530	2537.507
137.00	1119110.091	1034737.132	2536.767	85.04	1119149.530	1034704.670	2536.717
145.73	1119105.050	1034744.262	2538.245	88.90	1119147.180	1034707.730	2536.047
151.31	1119101.409	1034748.489	2539.442	92.70	1119144.870	1034710.740	2535.456
163.62	1119094.286	1034758.533	2541.488	96.45	1119142.590	1034713.720	2534.885
192.25	1119076.570	1034781.028	2544.288	100.17	1119140.320	1034716.670	2534.398
202.07	1119070.303	1034788.579	2545.173	103.89	1119138.050	1034719.620	2533.989
				107.63	1119135.780	1034722.590	2533.784
				111.41	1119133.480	1034725.590	2533.965
				115.25	1119131.140	1034728.630	2534.352
				119.16	1119128.760	1034731.740	2534.734
				123.19	1119126.310	1034734.940	2535.175
				127.34	1119123.790	1034738.230	2535.648
				131.65	1119121.170	1034741.650	2536.144
				136.12	1119118.450	1034745.200	2536.722
				140.79	1119115.610	1034748.910	2537.498
				145.70	1119112.630	1034752.810	2538.362
				150.86	1119109.500	1034756.910	2539.376
				156.28	1119106.210	1034761.220	2540.262
				162.02	1119102.730	1034765.780	2541.210
				168.13	1119099.020	1034770.640	2541.862
				174.74	1119095.020	1034775.900	2542.533
				181.84	1119090.740	1034781.560	2543.258
				189.17	1119086.340	1034787.430	2543.999
				196.26	1119082.080	1034793.090	2544.689
				202.87	1119078.010	1034798.300	2545.219

SECCIÓN 11				239.000	ABSCISA		K24+254.165
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1119258.229	1034694.054	2545.635	0.00	1119268.670	1034697.760	2545.629
24.39	1119244.322	1034714.094	2544.601	7.11	1119264.770	1034703.700	2545.341
36.54	1119237.583	1034724.197	2543.756	14.29	1119260.690	1034709.610	2544.988
46.30	1119231.970	1034732.184	2542.512	21.40	1119256.610	1034715.440	2544.652
52.73	1119228.628	1034737.680	2541.600	28.29	1119252.690	1034721.100	2544.258
62.02	1119223.415	1034745.363	2540.413	34.83	1119248.970	1034726.480	2543.769
72.74	1119217.189	1034754.090	2539.107	40.99	1119245.480	1034731.560	2543.091
80.29	1119213.310	1034760.575	2537.898	46.81	1119242.200	1034736.360	2542.341
85.52	1119210.207	1034764.778	2536.434	52.30	1119239.100	1034740.890	2541.565
88.02	1119208.979	1034766.960	2535.634	57.49	1119236.170	1034745.180	2540.878
91.68	1119206.985	1034770.031	2535.098	62.43	1119233.380	1034749.260	2540.248
95.16	1119204.561	1034772.524	2534.414	67.15	1119230.720	1034753.160	2539.663
98.40	1119202.627	1034775.119	2533.854	71.67	1119228.170	1034756.890	2539.092
102.79	1119200.350	1034778.878	2533.547	76.01	1119225.730	1034760.480	2538.511
107.22	1119197.809	1034782.504	2533.406	80.20	1119223.370	1034763.940	2537.868
113.43	1119194.238	1034787.580	2533.685	84.26	1119221.080	1034767.290	2537.056
118.28	1119191.875	1034791.824	2534.104	88.22	1119218.850	1034770.560	2536.019
125.32	1119187.669	1034797.470	2534.770	92.09	1119216.670	1034773.760	2535.240
142.50	1119177.679	1034811.438	2537.154	95.90	1119214.520	1034776.910	2534.653
155.47	1119170.284	1034822.097	2538.904	99.67	1119212.400	1034780.030	2534.023
165.88	1119164.390	1034830.674	2540.390	103.44	1119210.280	1034783.140	2533.691
191.04	1119150.440	1034851.619	2543.709	107.20	1119208.160	1034786.250	2533.635
198.06	1119146.104	1034857.138	2544.563	110.98	1119206.030	1034789.370	2533.701
204.37	1119142.545	1034862.345	2545.451	114.82	1119203.870	1034792.540	2533.777
				118.71	1119201.680	1034795.760	2534.055
				122.70	1119199.430	1034799.050	2534.423
				126.80	1119197.120	1034802.440	2534.817
				131.03	1119194.740	1034805.940	2535.381
				135.41	1119192.270	1034809.560	2535.999
				139.99	1119189.690	1034813.340	2536.641
				144.77	1119186.990	1034817.290	2537.312
				149.79	1119184.160	1034821.430	2537.998
				155.07	1119181.180	1034825.790	2538.723
				160.64	1119178.040	1034830.390	2539.513
				166.51	1119174.730	1034835.240	2540.346
				172.68	1119171.240	1034840.330	2541.166
				179.28	1119167.480	1034845.750	2542.035
				186.58	1119163.290	1034851.730	2542.986
				194.96	1119158.500	1034858.600	2544.051
				204.31	1119153.380	1034866.430	2545.282

SECCIÓN 12				240.000	ABSCISA		K24+355.268
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1119355.575	1034740.983	2545.596	0.00	1118535.650	1034224.100	2545.298
26.54	1119340.491	1034762.822	2543.038	8.08	1118530.480	1034230.310	2544.086
33.62	1119336.263	1034768.501	2542.317	15.86	1118525.490	1034236.280	2543.136
42.66	1119331.253	1034776.021	2540.481	23.20	1118520.780	1034241.910	2542.314
47.49	1119328.645	1034780.083	2539.788	30.06	1118516.380	1034247.170	2541.497
54.47	1119324.639	1034785.811	2538.597	36.49	1118512.250	1034252.100	2540.784
60.11	1119321.396	1034790.414	2537.879	42.53	1118508.370	1034256.730	2540.083
67.99	1119316.563	1034796.639	2536.937	48.23	1118504.720	1034261.100	2539.325
74.04	1119313.339	1034801.763	2536.193	53.61	1118501.270	1034265.240	2538.628
79.93	1119310.307	1034806.808	2535.225	58.73	1118497.990	1034269.170	2537.847
85.03	1119307.473	1034811.051	2534.513	63.59	1118494.880	1034272.900	2537.198
89.84	1119304.977	1034815.159	2533.916	68.24	1118491.900	1034276.470	2536.584
102.89	1119297.613	1034825.938	2533.391	72.69	1118489.050	1034279.890	2536.089
115.43	1119290.436	1034836.222	2533.958	76.98	1118486.300	1034283.180	2535.624
123.72	1119286.025	1034843.237	2534.592	81.13	1118483.650	1034286.370	2535.166
128.08	1119283.450	1034846.759	2535.074	85.15	1118481.070	1034289.460	2534.814
135.72	1119279.112	1034853.045	2535.878	89.08	1118478.550	1034292.470	2534.472
140.60	1119276.180	1034856.953	2536.597	92.93	1118476.080	1034295.430	2534.134
149.78	1119270.636	1034864.270	2538.037	96.73	1118473.650	1034298.350	2533.826
162.77	1119262.890	1034874.690	2540.085	100.51	1118471.230	1034301.250	2533.603
183.31	1119251.271	1034891.632	2542.834	104.26	1118468.820	1034304.130	2533.517
202.90	1119240.331	1034907.881	2545.030	108.04	1118466.410	1034307.030	2533.616
				111.84	1118463.970	1034309.950	2533.859
				115.70	1118461.500	1034312.910	2534.215
				119.62	1118458.980	1034315.920	2534.578
				123.65	1118456.400	1034319.020	2535.013
				127.80	1118453.740	1034322.200	2535.457
				132.10	1118450.990	1034325.500	2535.976
				136.55	1118448.130	1034328.920	2536.590
				141.21	1118445.140	1034332.490	2537.225
				146.08	1118442.020	1034336.230	2537.895
				151.20	1118438.740	1034340.160	2538.568
				156.59	1118435.280	1034344.290	2539.262
				162.28	1118431.630	1034348.660	2540.340
				168.32	1118427.760	1034353.290	2541.783
				174.74	1118423.640	1034358.220	2542.648
				181.62	1118419.230	1034363.500	2543.338
				188.99	1118414.510	1034369.160	2544.098
				196.73	1118409.560	1034375.110	2544.698
				204.66	1118404.500	1034381.220	2545.289

SECCIÓN 13				241.000	ABSCISA		K24+455.535
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1119429.612	1034810.747	2545.479	0.00	1119436.670	1034816.070	2545.551
21.47	1119417.332	1034828.364	2543.809	7.91	1119432.310	1034822.670	2544.926
39.77	1119406.779	1034843.305	2542.199	15.53	1119428.030	1034828.970	2544.337
49.55	1119401.305	1034851.408	2540.809	22.76	1119423.940	1034834.940	2543.758
57.89	1119396.385	1034858.152	2539.615	29.58	1119420.100	1034840.570	2543.144
64.53	1119392.723	1034863.689	2538.665	35.99	1119416.490	1034845.870	2542.557
70.73	1119388.958	1034868.607	2537.265	42.01	1119413.110	1034850.850	2541.898
76.55	1119385.785	1034873.486	2536.380	47.70	1119409.910	1034855.550	2541.082
81.77	1119382.975	1034877.895	2535.768	53.07	1119406.890	1034860.000	2540.307
87.59	1119379.868	1034882.810	2535.176	58.16	1119404.030	1034864.210	2539.555
93.23	1119376.459	1034887.307	2534.504	63.02	1119401.300	1034868.230	2538.845
98.57	1119373.380	1034891.669	2534.044	67.65	1119398.700	1034872.060	2537.968
103.61	1119370.446	1034895.764	2533.533	72.10	1119396.200	1034875.740	2537.050
108.66	1119368.975	1034900.599	2533.288	76.37	1119393.800	1034879.270	2536.403
115.13	1119364.213	1034904.976	2533.694	80.50	1119391.480	1034882.690	2535.883
120.42	1119361.049	1034909.217	2534.278	84.51	1119389.230	1034886.010	2535.429
125.82	1119358.020	1034913.684	2534.979	88.42	1119387.030	1034889.240	2535.004
130.47	1119355.427	1034917.544	2535.586	92.26	1119384.870	1034892.420	2534.588
136.26	1119351.979	1034922.193	2536.399	96.04	1119382.750	1034895.550	2534.232
142.48	1119348.490	1034927.349	2537.205	99.79	1119380.640	1034898.650	2533.904
147.78	1119345.318	1034931.597	2538.088	103.53	1119378.540	1034901.740	2533.545
152.84	1119342.708	1034935.930	2538.743	107.27	1119376.440	1034904.840	2533.374
157.67	1119339.758	1034939.755	2539.438	111.06	1119374.320	1034907.970	2533.496
162.70	1119336.647	1034943.710	2540.315	114.89	1119372.170	1034911.140	2533.774
168.72	1119333.344	1034948.737	2541.063	118.79	1119369.980	1034914.370	2534.254
182.75	1119324.850	1034959.900	2542.590	122.78	1119367.740	1034917.680	2534.746
195.76	1119317.410	1034970.575	2544.480	126.90	1119365.430	1034921.080	2535.271
203.79	1119312.439	1034976.878	2545.879	131.15	1119363.040	1034924.600	2535.869
				135.57	1119360.560	1034928.260	2536.505
				140.19	1119357.970	1034932.080	2537.126
				145.00	1119355.270	1034936.070	2537.870
				150.08	1119352.420	1034940.270	2538.631
				155.42	1119349.430	1034944.690	2539.388
				161.05	1119346.270	1034949.350	2540.282
				167.00	1119342.930	1034954.280	2541.081
				173.34	1119339.370	1034959.530	2541.776
				180.13	1119335.540	1034965.130	2542.472
				187.46	1119331.390	1034971.170	2543.380
				195.32	1119326.940	1034977.650	2544.481
				203.50	1119322.400	1034984.460	2545.836

SECCIÓN 14				242.000	ABSCISA		K24+548.457
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1119504.173	1034870.045	2545.911	0.00	1119514.150	1034880.140	2545.783
21.57	1119492.934	1034888.461	2544.314	7.38	1119509.820	1034886.120	2545.172
29.25	1119488.997	1034895.053	2543.473	14.87	1119505.660	1034892.350	2544.555
37.26	1119484.885	1034901.920	2542.453	22.16	1119501.690	1034898.460	2543.929
44.14	1119481.445	1034907.879	2541.402	29.03	1119497.970	1034904.240	2543.162
58.04	1119474.441	1034919.885	2539.228	35.47	1119494.480	1034909.650	2542.360
67.50	1119469.304	1034927.837	2537.367	41.49	1119491.200	1034914.700	2541.477
72.36	1119467.186	1034932.205	2536.513	47.17	1119488.110	1034919.460	2540.623
79.67	1119463.193	1034938.327	2535.473	52.52	1119485.190	1034923.940	2539.814
83.39	1119461.136	1034941.430	2534.961	57.60	1119482.410	1034928.200	2538.987
88.42	1119458.806	1034945.888	2534.365	62.43	1119479.770	1034932.240	2538.056
92.70	1119456.475	1034949.479	2534.015	67.05	1119477.250	1034936.110	2537.180
98.39	1119453.331	1034954.218	2533.577	71.46	1119474.840	1034939.810	2536.417
103.89	1119450.888	1034959.146	2533.353	75.71	1119472.520	1034943.370	2535.812
108.82	1119448.090	1034963.211	2533.688	79.82	1119470.270	1034946.810	2535.238
112.15	1119446.656	1034966.210	2534.262	83.81	1119468.090	1034950.150	2534.727
119.07	1119443.138	1034972.172	2535.316	87.71	1119465.960	1034953.410	2534.296
123.72	1119440.762	1034976.173	2536.025	91.52	1119463.880	1034956.610	2534.008
129.28	1119437.858	1034980.909	2537.082	95.29	1119461.820	1034959.760	2533.725
142.98	1119430.398	1034992.396	2539.445	99.01	1119459.780	1034962.880	2533.499
156.69	1119423.241	1035004.092	2541.886	102.73	1119457.750	1034965.990	2533.414
171.37	1119415.645	1035016.651	2543.176	106.46	1119455.710	1034969.110	2533.633
187.92	1119407.111	1035030.834	2543.918	110.21	1119453.650	1034972.250	2534.074
204.01	1119398.876	1035044.654	2545.764	114.01	1119451.570	1034975.430	2534.665
				117.90	1119449.440	1034978.680	2535.253
				121.86	1119447.270	1034982.000	2535.859
				125.95	1119445.020	1034985.410	2536.586
				130.18	1119442.700	1034988.950	2537.341
				134.57	1119440.280	1034992.610	2538.092
				139.14	1119437.760	1034996.430	2538.876
				143.94	1119435.120	1035000.430	2539.721
				148.97	1119432.340	1035004.620	2540.629
				154.26	1119429.420	1035009.040	2541.568
				159.86	1119426.320	1035013.700	2542.201
				165.78	1119423.040	1035018.630	2542.769
				172.05	1119419.580	1035023.860	2543.264
				178.73	1119415.950	1035029.460	2543.617
				185.90	1119412.120	1035035.520	2543.980
				193.70	1119408.010	1035042.160	2544.824
				202.29	1119403.210	1035049.280	2545.754

SECCIÓN 15				243.000	ABSCISA		K24+644.325
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1119599.239	1034958.311	2545.153	0.00	1119605.260	1034966.790	2545.142
10.44	1119590.760	1034964.395	2543.465	8.43	1119598.610	1034971.970	2543.696
19.59	1119583.218	1034969.582	2542.364	16.34	1119592.330	1034976.780	2542.603
25.70	1119578.494	1034973.451	2541.657	23.67	1119586.500	1034981.220	2541.739
41.33	1119566.151	1034983.040	2540.175	30.46	1119581.080	1034985.320	2541.049
52.32	1119557.699	1034990.073	2539.025	36.81	1119576.020	1034989.150	2540.435
58.70	1119552.790	1034994.140	2537.979	42.78	1119571.260	1034992.750	2539.849
67.21	1119545.795	1034998.986	2536.723	48.40	1119566.770	1034996.140	2539.261
76.01	1119538.453	1035003.847	2535.543	53.74	1119562.520	1034999.360	2538.610
85.20	1119531.104	1035009.367	2534.385	58.80	1119558.480	1035002.410	2537.811
92.38	1119525.715	1035014.111	2533.851	63.62	1119554.630	1035005.310	2537.116
102.79	1119517.394	1035020.363	2533.415	68.22	1119550.960	1035008.080	2536.476
110.24	1119511.485	1035024.901	2533.850	72.64	1119547.430	1035010.740	2535.899
121.59	1119502.542	1035031.896	2534.667	76.90	1119544.030	1035013.310	2535.353
130.98	1119494.991	1035037.477	2535.889	81.00	1119540.750	1035015.780	2534.846
137.54	1119489.769	1035041.438	2536.894	85.00	1119537.560	1035018.190	2534.369
146.74	1119482.336	1035046.863	2538.411	88.91	1119534.440	1035020.540	2534.149
156.18	1119474.970	1035052.759	2540.227	92.74	1119531.380	1035022.840	2533.933
173.01	1119461.314	1035062.605	2542.683	96.52	1119528.360	1035025.120	2533.720
187.30	1119449.874	1035071.170	2544.315	100.27	1119525.370	1035027.380	2533.508
204.34	1119436.377	1035081.567	2545.705	104.01	1119522.380	1035029.630	2533.518
				107.77	1119519.380	1035031.890	2533.701
				111.55	1119516.360	1035034.170	2533.941
				115.40	1119513.290	1035036.490	2534.206
				119.31	1119510.170	1035038.850	2534.477
				123.34	1119506.960	1035041.280	2534.957
				127.47	1119503.660	1035043.770	2535.512
				131.75	1119500.250	1035046.360	2536.086
				136.21	1119496.700	1035049.050	2536.682
				140.84	1119493.010	1035051.860	2537.396
				145.70	1119489.140	1035054.800	2538.166
				150.82	1119485.070	1035057.890	2539.068
				156.18	1119480.800	1035061.140	2540.012
				161.85	1119476.290	1035064.580	2540.809
				167.85	1119471.520	1035068.220	2541.653
				174.27	1119466.410	1035072.100	2542.504
				181.17	1119460.900	1035076.260	2543.293
				188.57	1119454.970	1035080.680	2544.128
				196.24	1119448.820	1035085.260	2544.872
				203.83	1119442.830	1035089.920	2545.640



SECCIÓN 16				244.000	ABSCISA		K24+746.862
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1119656.249	1035035.796	2545.330	0.00	1119662.080	1035042.210	2545.330
7.30	1119650.243	1035039.953	2543.382	8.09	1119655.620	1035047.080	2543.356
15.67	1119643.596	1035045.034	2541.696	15.85	1119649.380	1035051.700	2541.813
25.33	1119635.774	1035050.702	2540.543	23.18	1119643.480	1035056.040	2540.898
34.32	1119628.793	1035056.359	2539.550	30.05	1119637.950	1035060.120	2540.115
45.93	1119619.384	1035063.167	2538.302	36.49	1119632.770	1035063.950	2539.411
51.87	1119614.469	1035066.509	2537.715	42.55	1119627.900	1035067.560	2538.766
60.70	1119606.932	1035071.106	2536.637	48.27	1119623.310	1035070.960	2538.175
72.93	1119596.943	1035078.166	2535.448	53.67	1119618.970	1035074.180	2537.618
83.41	1119588.702	1035084.632	2534.359	58.80	1119614.850	1035077.230	2536.992
95.57	1119578.692	1035091.542	2533.328	63.69	1119610.920	1035080.140	2536.420
101.67	1119573.582	1035094.862	2533.117	68.34	1119607.180	1035082.910	2535.943
109.81	1119566.790	1035099.349	2533.407	72.81	1119603.590	1035085.570	2535.500
120.52	1119558.408	1035106.016	2534.207	77.12	1119600.130	1035088.140	2535.056
133.23	1119547.593	1035112.694	2535.413	81.27	1119596.790	1035090.610	2534.619
152.03	1119532.422	1035123.806	2537.389	85.32	1119593.540	1035093.020	2534.248
160.79	1119525.372	1035129.007	2538.218	89.25	1119590.380	1035095.360	2533.985
173.74	1119514.841	1035136.545	2539.748	93.12	1119587.270	1035097.660	2533.725
183.05	1119507.525	1035142.304	2540.818	96.93	1119584.210	1035099.930	2533.471
190.74	1119501.333	1035146.861	2542.223	100.71	1119581.170	1035102.180	2533.217
205.39	1119489.664	1035155.714	2545.486	104.49	1119578.140	1035104.430	2533.184
				108.27	1119575.100	1035106.680	2533.328
				112.07	1119572.040	1035108.940	2533.563
				115.94	1119568.930	1035111.240	2533.897
				119.88	1119565.770	1035113.590	2534.241
				123.91	1119562.530	1035115.990	2534.614
				128.06	1119559.190	1035118.460	2534.986
				132.37	1119555.730	1035121.020	2535.388
				136.83	1119552.150	1035123.680	2535.862
				141.49	1119548.400	1035126.450	2536.378
				146.36	1119544.490	1035129.350	2536.900
				151.48	1119540.370	1035132.390	2537.448
				156.87	1119536.040	1035135.600	2537.970
				162.57	1119531.460	1035138.990	2538.537
				168.59	1119526.620	1035142.580	2539.243
				175.00	1119521.470	1035146.390	2539.992
				181.87	1119515.940	1035150.470	2540.761
				189.25	1119510.000	1035154.850	2541.927
				197.11	1119503.680	1035159.520	2543.517
				205.23	1119497.170	1035164.380	2545.240

SECCIÓN 17				245.000	ABSCISA		K24+779.391
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1119735.700	1035136.714	2544.191	0.00	1119739.960	1035145.710	2544.097
9.89	1119727.923	1035142.830	2543.010	8.29	1119733.470	1035150.870	2543.074
18.20	1119721.237	1035147.760	2541.987	16.26	1119727.320	1035155.930	2542.115
25.27	1119715.815	1035152.300	2540.939	23.68	1119721.600	1035160.670	2541.065
31.57	1119710.776	1035156.076	2540.288	30.57	1119716.300	1035165.060	2540.339
39.96	1119704.363	1035161.479	2539.407	36.97	1119711.360	1035169.140	2539.668
53.63	1119693.762	1035170.113	2538.232	42.98	1119706.730	1035172.960	2539.119
59.57	1119689.473	1035174.223	2537.556	48.65	1119702.350	1035176.560	2538.631
65.74	1119684.334	1035177.639	2536.436	53.99	1119698.220	1035179.960	2538.100
72.39	1119679.107	1035181.760	2535.464	59.08	1119694.290	1035183.190	2537.439
78.65	1119674.296	1035185.753	2534.634	63.93	1119690.550	1035186.270	2536.589
85.27	1119669.196	1035189.980	2533.974	68.55	1119686.980	1035189.210	2535.906
96.32	1119660.632	1035196.959	2533.325	72.99	1119683.550	1035192.030	2535.298
104.66	1119654.432	1035202.545	2533.013	77.26	1119680.250	1035194.740	2534.745
109.40	1119651.062	1035205.871	2533.336	81.40	1119677.060	1035197.370	2534.329
114.11	1119647.325	1035208.733	2533.828	85.41	1119673.960	1035199.920	2533.996
118.11	1119644.654	1035211.716	2534.216	89.33	1119670.930	1035202.410	2533.765
122.85	1119640.878	1035214.581	2535.024	93.19	1119667.950	1035204.860	2533.547
131.52	1119633.562	1035219.227	2536.244	96.98	1119665.020	1035207.270	2533.357
140.73	1119626.598	1035225.253	2537.835	100.76	1119662.110	1035209.670	2533.175
151.73	1119617.793	1035231.847	2539.226	104.52	1119659.200	1035212.060	2533.123
161.83	1119610.290	1035238.613	2540.223	108.29	1119656.280	1035214.450	2533.376
173.43	1119601.253	1035245.894	2541.396	112.10	1119653.340	1035216.870	2533.748
192.38	1119586.764	1035258.108	2543.069	115.97	1119650.360	1035219.330	2534.133
206.43	1119575.775	1035266.856	2544.171	119.91	1119647.310	1035221.830	2534.695
				123.95	1119644.190	1035224.390	2535.288
				128.12	1119640.970	1035227.040	2535.839
				132.42	1119637.640	1035229.770	2536.473
				136.90	1119634.180	1035232.610	2537.180
				141.57	1119630.570	1035235.580	2537.860
				146.47	1119626.790	1035238.690	2538.444
				151.61	1119622.810	1035241.950	2539.066
				157.03	1119618.630	1035245.390	2539.619
				162.75	1119614.210	1035249.020	2540.211
				168.81	1119609.520	1035252.870	2540.887
				175.29	1119604.520	1035256.990	2541.542
				182.24	1119599.170	1035261.420	2542.187
				189.61	1119593.500	1035266.130	2542.861
				197.24	1119587.640	1035271.010	2543.500
				204.93	1119581.670	1035275.860	2544.163

SECCIÓN 18				246.000	ABSCISA		K24+870.185
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1119783.693	1035216.844	2544.407	0.00	1119789.010	1035223.750	2544.403
10.94	1119775.438	1035224.020	2542.743	7.91	1119782.970	1035228.860	2543.245
25.26	1119763.947	1035232.561	2541.408	15.50	1119777.090	1035233.660	2542.359
32.60	1119758.070	1035236.967	2540.516	22.71	1119771.490	1035238.200	2541.627
42.39	1119750.355	1035242.987	2539.606	29.50	1119766.220	1035242.480	2540.876
49.35	1119744.666	1035247.000	2538.897	35.90	1119761.260	1035246.520	2540.189
58.66	1119737.535	1035252.982	2537.417	41.91	1119756.600	1035250.320	2539.614
68.84	1119729.358	1035259.052	2536.194	47.59	1119752.210	1035253.920	2539.034
79.72	1119721.022	1035266.050	2534.978	52.95	1119748.060	1035257.310	2538.306
85.90	1119716.419	1035270.163	2534.352	58.04	1119744.120	1035260.540	2537.523
89.97	1119713.085	1035272.509	2533.840	62.89	1119740.370	1035263.610	2536.938
94.11	1119709.740	1035274.939	2533.596	67.51	1119736.790	1035266.540	2536.392
101.07	1119704.244	1035279.212	2533.312	71.95	1119733.360	1035269.350	2535.884
105.86	1119700.597	1035282.312	2533.572	76.21	1119730.060	1035272.050	2535.409
110.58	1119696.801	1035285.123	2533.841	80.33	1119726.870	1035274.660	2534.951
116.99	1119691.826	1035289.172	2534.341	84.34	1119723.770	1035277.200	2534.520
125.27	1119685.429	1035294.425	2535.007	88.24	1119720.750	1035279.670	2534.100
130.14	1119681.566	1035297.380	2535.294	92.07	1119717.790	1035282.100	2533.781
137.65	1119675.892	1035302.313	2535.880	95.85	1119714.860	1035284.490	2533.577
143.15	1119671.318	1035305.352	2536.344	99.59	1119711.970	1035286.860	2533.408
148.87	1119667.168	1035309.294	2536.808	103.32	1119709.080	1035289.220	2533.432
153.91	1119663.173	1035312.374	2537.407	107.06	1119706.190	1035291.590	2533.648
159.88	1119658.307	1035315.823	2538.162	110.83	1119703.270	1035293.980	2533.872
164.30	1119655.292	1035319.058	2539.131	114.66	1119700.310	1035296.400	2534.176
170.67	1119650.179	1035322.849	2540.145	118.55	1119697.300	1035298.870	2534.487
180.67	1119642.182	1035328.867	2541.475	122.54	1119694.210	1035301.400	2534.805
186.91	1119637.524	1035333.007	2542.132	126.65	1119691.030	1035304.000	2535.107
192.51	1119633.265	1035336.643	2542.783	130.89	1119687.750	1035306.690	2535.381
203.66	1119624.419	1035343.439	2544.214	135.31	1119684.330	1035309.490	2535.725
				139.91	1119680.780	1035312.410	2536.107
				144.73	1119677.050	1035315.460	2536.514
				149.79	1119673.140	1035318.670	2536.992
				155.12	1119669.010	1035322.050	2537.646
				160.74	1119664.660	1035325.610	2538.420
				166.70	1119660.060	1035329.390	2539.532
				173.03	1119655.160	1035333.400	2540.449
				179.82	1119649.890	1035337.680	2541.349
				187.14	1119644.200	1035342.290	2542.188
				194.96	1119638.130	1035347.210	2543.151
				203.06	1119631.920	1035352.420	2544.209

SECCIÓN 19				247.000	ABSCISA		K24+961.898
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1119832.731	1035283.334	2544.380	0.00	1119836.920	1035286.720	2544.380
11.10	1119824.847	1035291.149	2543.153	8.31	1119831.340	1035292.880	2543.501
23.21	1119816.369	1035299.801	2541.293	15.99	1119826.010	1035298.410	2542.496
30.65	1119810.691	1035304.601	2540.445	23.11	1119821.050	1035303.520	2541.432
40.24	1119804.294	1035311.742	2539.426	29.79	1119816.420	1035308.330	2540.661
45.35	1119800.195	1035314.795	2538.829	36.06	1119812.100	1035312.870	2540.011
57.95	1119791.149	1035323.574	2537.457	41.96	1119808.040	1035317.160	2539.396
64.32	1119786.773	1035328.196	2536.920	47.54	1119804.210	1035321.210	2538.770
72.49	1119780.504	1035333.437	2535.967	52.81	1119800.590	1035325.050	2538.207
79.55	1119775.548	1035338.461	2535.239	57.82	1119797.150	1035328.690	2537.673
91.21	1119767.082	1035346.481	2534.196	62.61	1119793.870	1035332.170	2537.240
102.29	1119759.254	1035354.330	2533.396	67.17	1119790.730	1035335.480	2536.774
112.20	1119752.087	1035361.175	2534.117	71.55	1119787.730	1035338.670	2536.264
119.69	1119747.082	1035366.746	2534.702	75.76	1119784.830	1035341.730	2535.799
125.93	1119742.212	1035370.641	2535.246	79.84	1119782.030	1035344.690	2535.347
136.21	1119735.007	1035377.977	2536.055	83.80	1119779.310	1035347.570	2534.991
145.26	1119728.193	1035383.936	2537.000	87.67	1119776.650	1035350.380	2534.661
154.37	1119721.213	1035389.792	2538.231	91.45	1119774.050	1035353.130	2534.338
161.27	1119716.918	1035395.192	2539.032	95.19	1119771.480	1035355.850	2534.019
172.20	1119708.440	1035402.076	2540.204	98.90	1119768.930	1035358.540	2533.727
185.27	1119699.083	1035411.202	2541.909	102.61	1119766.380	1035361.230	2533.474
194.09	1119692.892	1035417.490	2543.349	106.31	1119763.840	1035363.920	2533.637
203.56	1119685.769	1035423.735	2544.747	110.06	1119761.260	1035366.640	2533.920
				113.84	1119758.660	1035369.390	2534.211
				117.71	1119756.000	1035372.200	2534.539
				121.66	1119753.280	1035375.070	2534.873
				125.74	1119750.480	1035378.030	2535.217
				129.95	1119747.580	1035381.090	2535.560
				134.33	1119744.570	1035384.270	2535.913
				138.90	1119741.430	1035387.580	2536.338
				143.68	1119738.140	1035391.050	2536.843
				148.70	1119734.690	1035394.700	2537.454
				153.98	1119731.060	1035398.540	2538.170
				159.56	1119727.220	1035402.590	2538.826
				165.46	1119723.170	1035406.880	2539.477
				171.75	1119718.840	1035411.440	2540.172
				178.53	1119714.150	1035416.330	2541.060
				185.84	1119709.060	1035421.580	2542.069
				193.58	1119703.730	1035427.190	2543.336
				201.43	1119698.560	1035433.100	2544.603

SECCIÓN 20				248.000	ABSCISA		K25+080.126
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1119883.869	1035337.210	2544.399	0.00	1119893.310	1035337.940	2544.445
10.89	1119879.892	1035347.345	2542.739	6.71	1119891.320	1035344.350	2543.620
26.89	1119874.079	1035362.258	2541.385	13.74	1119889.030	1035350.990	2542.668
37.29	1119870.439	1035372.000	2540.787	20.87	1119886.670	1035357.720	2542.056
47.36	1119866.842	1035381.405	2540.336	27.82	1119884.370	1035364.280	2541.466
58.45	1119862.757	1035391.710	2539.572	34.41	1119882.190	1035370.500	2541.077
72.35	1119858.279	1035404.870	2538.389	40.60	1119880.130	1035376.340	2540.726
80.90	1119855.198	1035412.847	2537.243	46.43	1119878.190	1035381.830	2540.432
90.25	1119851.583	1035421.472	2535.752	51.92	1119876.360	1035387.010	2540.051
99.32	1119848.580	1035430.026	2534.701	57.12	1119874.620	1035391.910	2539.654
107.90	1119845.279	1035437.951	2533.655	62.08	1119872.960	1035396.580	2539.232
112.70	1119843.706	1035442.478	2533.407	66.78	1119871.390	1035401.020	2538.803
119.70	1119841.383	1035449.088	2533.772	71.30	1119869.880	1035405.280	2538.355
131.22	1119837.392	1035459.892	2534.877	75.64	1119868.440	1035409.370	2537.878
145.37	1119832.266	1035473.083	2536.387	79.83	1119867.050	1035413.320	2537.298
158.43	1119828.227	1035485.498	2537.739	83.89	1119865.700	1035417.150	2536.702
175.81	1119822.455	1035501.891	2539.474	87.84	1119864.390	1035420.880	2536.080
188.46	1119818.601	1035513.945	2541.183	91.71	1119863.110	1035424.530	2535.494
197.62	1119815.374	1035522.512	2542.768	95.52	1119861.860	1035428.130	2535.083
203.12	1119813.322	1035527.622	2544.530	99.29	1119860.620	1035431.690	2534.678
				103.05	1119859.380	1035435.240	2534.268
				106.80	1119858.150	1035438.780	2533.858
				110.59	1119856.910	1035442.360	2533.601
				114.41	1119855.660	1035445.970	2533.598
				118.31	1119854.380	1035449.660	2533.826
				122.29	1119853.080	1035453.420	2534.156
				126.40	1119851.740	1035457.300	2534.575
				130.63	1119850.360	1035461.300	2535.009
				135.02	1119848.920	1035465.450	2535.501
				139.60	1119847.430	1035469.780	2536.020
				144.38	1119845.870	1035474.300	2536.546
				149.41	1119844.230	1035479.050	2537.075
				154.71	1119842.500	1035484.060	2537.633
				160.30	1119840.670	1035489.350	2538.204
				166.19	1119838.740	1035494.910	2538.759
				172.40	1119836.680	1035500.770	2539.342
				179.04	1119834.430	1035507.020	2540.001
				186.32	1119831.910	1035513.850	2540.902
				194.52	1119829.070	1035521.540	2542.108
				203.54	1119826.090	1035530.050	2544.100

SECCIÓN 21				249.000	ABSCISA		K25+186.398
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1119974.700	1035357.737	2544.677	0.00	1119984.570	1035359.700	2544.566
13.35	1119971.818	1035370.768	2543.022	8.27	1119982.780	1035367.770	2543.644
24.80	1119969.345	1035381.953	2542.058	16.25	1119981.090	1035375.570	2542.780
37.25	1119966.656	1035394.112	2541.244	23.76	1119979.510	1035382.910	2542.152
45.60	1119964.854	1035402.261	2540.392	30.78	1119978.040	1035389.780	2541.669
52.43	1119963.378	1035408.933	2539.487	37.34	1119976.650	1035396.190	2541.222
60.16	1119961.711	1035416.474	2538.483	43.51	1119975.350	1035402.220	2540.596
67.43	1119960.139	1035423.581	2537.330	49.32	1119974.120	1035407.900	2539.887
73.57	1119958.815	1035429.570	2536.196	54.82	1119972.950	1035413.270	2539.165
80.87	1119957.239	1035436.696	2534.912	60.03	1119971.850	1035418.370	2538.465
86.19	1119956.090	1035441.891	2534.119	65.01	1119970.790	1035423.230	2537.671
91.95	1119954.846	1035447.518	2533.585	69.75	1119969.790	1035427.870	2536.868
100.22	1119953.487	1035455.675	2533.285	74.31	1119968.820	1035432.320	2536.060
104.70	1119952.517	1035460.051	2533.716	78.70	1119967.890	1035436.610	2535.322
108.60	1119951.259	1035463.738	2534.599	82.93	1119967.000	1035440.750	2534.679
113.56	1119950.221	1035468.586	2535.234	87.06	1119966.130	1035444.780	2534.151
120.02	1119948.858	1035474.910	2536.313	91.08	1119965.280	1035448.710	2533.782
124.30	1119947.963	1035479.090	2537.029	95.02	1119964.440	1035452.560	2533.731
133.10	1119945.968	1035487.663	2538.498	98.90	1119963.620	1035456.360	2533.715
142.21	1119944.002	1035496.554	2539.473	102.76	1119962.800	1035460.130	2533.713
154.24	1119941.404	1035508.305	2540.754	106.61	1119961.990	1035463.890	2534.030
165.21	1119939.036	1035519.012	2541.470	110.46	1119961.180	1035467.650	2534.633
187.97	1119934.120	1035541.241	2542.581	114.34	1119960.360	1035471.450	2535.119
210.80	1119929.191	1035563.533	2544.906	118.28	1119959.520	1035475.300	2535.721
				122.30	1119958.670	1035479.230	2536.355
				126.41	1119957.800	1035483.240	2537.038
				130.64	1119956.910	1035487.380	2537.740
				135.02	1119955.980	1035491.660	2538.388
				139.56	1119955.020	1035496.100	2538.887
				144.31	1119954.010	1035500.740	2539.411
				149.27	1119952.960	1035505.580	2539.974
				154.49	1119951.850	1035510.680	2540.585
				159.97	1119950.690	1035516.040	2541.015
				165.76	1119949.450	1035521.700	2541.448
				171.88	1119948.150	1035527.680	2541.795
				178.37	1119946.770	1035534.020	2542.164
				185.30	1119945.300	1035540.790	2542.536
				192.79	1119943.700	1035548.110	2543.165
				200.90	1119941.970	1035556.030	2543.984
				209.51	1119940.130	1035564.440	2544.863

SECCIÓN 22				250.000	ABSCISA		K25+286.009
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1120072.750	1035379.611	2544.011	0.00	1120082.420	1035382.710	2544.153
19.17	1120069.355	1035398.480	2542.346	8.31	1120080.570	1035390.810	2543.335
31.50	1120066.393	1035410.451	2541.466	16.28	1120078.900	1035398.600	2542.641
41.99	1120064.162	1035420.696	2540.432	23.71	1120077.370	1035405.880	2542.081
51.62	1120062.113	1035430.104	2539.176	30.62	1120075.940	1035412.640	2541.568
60.33	1120060.260	1035438.615	2537.672	37.07	1120074.600	1035418.940	2540.922
73.45	1120057.469	1035451.434	2536.120	43.11	1120073.340	1035424.850	2540.259
85.15	1120054.979	1035462.868	2535.129	48.80	1120072.160	1035430.420	2539.502
98.72	1120051.145	1035475.883	2534.000	54.19	1120071.030	1035435.690	2538.682
109.04	1120050.378	1035486.179	2533.042	59.31	1120069.970	1035440.700	2537.809
123.03	1120046.950	1035499.738	2533.871	64.18	1120068.950	1035445.460	2537.171
138.77	1120043.600	1035515.123	2535.865	68.83	1120067.980	1035450.010	2536.609
151.54	1120040.883	1035527.599	2538.399	73.30	1120067.050	1035454.380	2536.093
157.48	1120039.151	1035533.277	2539.502	77.60	1120066.150	1035458.580	2535.725
164.47	1120038.140	1035540.196	2541.007	81.75	1120065.290	1035462.640	2535.372
178.85	1120035.081	1035554.248	2542.892	85.79	1120064.440	1035466.590	2535.022
191.52	1120032.385	1035566.626	2543.925	89.73	1120063.620	1035470.450	2534.679
205.84	1120029.339	1035580.617	2545.402	93.60	1120062.810	1035474.230	2534.343
				97.42	1120062.010	1035477.970	2534.011
				101.21	1120061.220	1035481.670	2533.681
				104.99	1120060.430	1035485.370	2533.352
				108.78	1120059.640	1035489.080	2533.113
				112.61	1120058.830	1035492.820	2533.295
				116.49	1120058.020	1035496.620	2533.494
				120.45	1120057.190	1035500.490	2533.700
				124.51	1120056.340	1035504.460	2534.162
				128.70	1120055.460	1035508.550	2534.772
				133.02	1120054.560	1035512.780	2535.402
				137.52	1120053.610	1035517.180	2536.051
				142.22	1120052.630	1035521.770	2536.733
				147.14	1120051.590	1035526.580	2537.452
				152.31	1120050.510	1035531.640	2538.258
				157.75	1120049.370	1035536.960	2539.279
				163.50	1120048.160	1035542.580	2540.474
				169.60	1120046.880	1035548.540	2541.310
				176.11	1120045.520	1035554.910	2542.244
				183.09	1120044.080	1035561.740	2542.985
				190.49	1120042.580	1035568.990	2543.611
				198.14	1120041.030	1035576.480	2544.403
				205.85	1120039.380	1035584.010	2545.193

SECCIÓN 23				251.000	ABSCISA		K25+376.562
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1120161.473	1035408.586	2544.860	0.00	1120171.410	1035409.990	2544.742
9.54	1120159.258	1035417.861	2543.489	7.73	1120169.740	1035417.540	2543.757
25.35	1120155.584	1035433.247	2542.478	15.29	1120168.040	1035424.900	2543.050
34.69	1120153.417	1035442.325	2541.528	22.53	1120166.380	1035431.950	2542.580
43.41	1120151.391	1035450.811	2539.959	29.39	1120164.820	1035438.630	2542.014
51.68	1120149.470	1035458.853	2538.634	35.83	1120163.350	1035444.900	2541.330
60.19	1120147.495	1035467.128	2537.299	41.90	1120161.980	1035450.810	2540.324
69.19	1120145.404	1035475.885	2536.049	47.62	1120160.680	1035456.380	2539.390
76.79	1120143.639	1035483.275	2535.400	53.01	1120159.460	1035461.640	2538.562
83.64	1120142.047	1035489.943	2534.759	58.14	1120158.300	1035466.630	2537.776
90.51	1120140.309	1035496.581	2534.112	63.01	1120157.200	1035471.380	2537.061
99.06	1120138.468	1035504.934	2533.557	67.66	1120156.150	1035475.910	2536.427
108.13	1120136.362	1035513.754	2533.201	72.13	1120155.140	1035480.260	2535.916
114.26	1120134.938	1035519.715	2533.072	76.42	1120154.170	1035484.440	2535.529
121.99	1120133.143	1035527.235	2533.339	80.56	1120153.240	1035488.470	2535.141
129.24	1120131.458	1035534.291	2533.726	84.58	1120152.330	1035492.390	2534.752
135.30	1120130.052	1035540.180	2534.137	88.50	1120151.450	1035496.210	2534.435
141.07	1120128.710	1035545.800	2534.521	92.35	1120150.580	1035499.960	2534.131
146.50	1120127.449	1035551.079	2535.043	96.15	1120149.720	1035503.660	2533.832
152.81	1120125.634	1035557.121	2535.853	99.90	1120148.880	1035507.320	2533.541
157.57	1120124.883	1035561.826	2536.584	103.65	1120148.030	1035510.970	2533.384
163.89	1120123.417	1035567.968	2537.667	107.41	1120147.190	1035514.630	2533.249
170.22	1120121.947	1035574.125	2539.133	111.19	1120146.330	1035518.310	2533.156
178.56	1120120.009	1035582.239	2540.669	115.02	1120145.470	1035522.050	2533.097
192.70	1120116.191	1035595.855	2542.204	118.93	1120144.590	1035525.860	2533.247
203.63	1120113.611	1035606.469	2544.149	122.94	1120143.690	1035529.760	2533.436
				127.06	1120142.760	1035533.780	2533.636
				131.32	1120141.800	1035537.930	2533.860
				135.75	1120140.810	1035542.250	2534.172
				140.37	1120139.770	1035546.750	2534.490
				145.21	1120138.680	1035551.460	2534.912
				150.29	1120137.540	1035556.410	2535.487
				155.64	1120136.340	1035561.630	2536.211
				161.29	1120135.070	1035567.130	2537.117
				167.27	1120133.730	1035572.960	2538.278
				173.62	1120132.300	1035579.150	2539.548
				180.45	1120130.750	1035585.800	2540.729
				187.81	1120129.060	1035592.960	2541.567
				195.67	1120127.260	1035600.610	2542.568
				203.80	1120125.490	1035608.550	2544.029



SECCIÓN 24				252.000	ABSCISA		K25+485.323
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1120265.513	1035429.142	2544.152	0.00	1120273.150	1035430.430	2544.192
6.40	1120263.860	1035435.327	2543.070	8.16	1120271.720	1035438.460	2543.004
16.88	1120261.756	1035445.591	2541.913	15.94	1120270.240	1035446.100	2542.178
25.53	1120260.018	1035454.068	2541.271	23.28	1120268.830	1035453.300	2541.623
35.06	1120258.105	1035463.399	2540.408	30.16	1120267.520	1035460.060	2541.032
46.96	1120255.715	1035475.056	2539.390	36.62	1120266.310	1035466.400	2540.460
58.04	1120253.489	1035485.916	2538.183	42.69	1120265.180	1035472.370	2539.923
69.33	1120251.223	1035496.968	2536.973	48.43	1120264.120	1035478.010	2539.364
78.13	1120249.456	1035505.589	2536.026	53.85	1120263.110	1035483.340	2538.759
85.03	1120248.069	1035512.356	2535.081	59.00	1120262.160	1035488.400	2538.183
92.07	1120246.656	1035519.249	2534.276	63.91	1120261.260	1035493.220	2537.638
99.70	1120245.123	1035526.728	2533.657	68.59	1120260.390	1035497.820	2537.124
105.03	1120244.029	1035531.942	2533.121	73.09	1120259.560	1035502.240	2536.629
112.73	1120242.262	1035539.437	2532.916	77.41	1120258.760	1035506.490	2536.148
122.30	1120240.537	1035548.853	2533.258	81.58	1120257.990	1035510.590	2535.574
130.17	1120238.761	1035556.518	2533.819	85.64	1120257.240	1035514.580	2535.046
138.15	1120236.962	1035564.293	2534.616	89.60	1120256.510	1035518.470	2534.583
158.22	1120233.375	1035584.035	2536.676	93.49	1120255.790	1035522.290	2534.178
167.50	1120231.511	1035593.124	2537.946	97.31	1120255.080	1035526.050	2533.808
175.47	1120229.909	1035600.939	2538.916	101.11	1120254.370	1035529.780	2533.439
182.29	1120228.540	1035607.616	2540.043	104.90	1120253.670	1035533.500	2533.122
190.02	1120226.989	1035615.185	2541.268	108.69	1120252.960	1035537.230	2533.011
197.95	1120225.395	1035622.960	2542.364	112.52	1120252.250	1035540.990	2532.941
207.50	1120223.479	1035632.308	2544.178	116.40	1120251.530	1035544.800	2533.082
				120.35	1120250.790	1035548.680	2533.230
				124.40	1120250.040	1035552.660	2533.543
				128.56	1120249.260	1035556.750	2533.916
				132.87	1120248.460	1035560.980	2534.302
				137.34	1120247.620	1035565.380	2534.711
				142.01	1120246.750	1035569.960	2535.221
				146.88	1120245.840	1035574.750	2535.767
				152.01	1120244.880	1035579.790	2536.310
				157.41	1120243.870	1035585.090	2536.869
				163.11	1120242.810	1035590.690	2537.615
				169.12	1120241.690	1035596.600	2538.401
				175.51	1120240.490	1035602.870	2539.209
				182.36	1120239.190	1035609.600	2540.273
				189.78	1120237.770	1035616.880	2541.409
				197.78	1120236.260	1035624.740	2542.541
				206.16	1120234.830	1035633.000	2544.107

SECCIÓN 25				253.000	ABSCISA		K25+590.468
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1120351.698	1035441.807	2544.893	0.00	1120355.820	1035440.840	2544.893
18.58	1120350.113	1035460.323	2543.956	8.04	1120355.660	1035448.880	2544.472
35.17	1120348.715	1035476.850	2542.561	15.60	1120355.280	1035456.430	2544.053
45.62	1120347.815	1035487.261	2541.166	22.69	1120354.910	1035463.510	2543.550
59.11	1120346.660	1035500.702	2539.211	29.34	1120354.620	1035470.150	2542.955
71.88	1120345.850	1035513.451	2537.480	35.59	1120354.370	1035476.400	2542.388
83.41	1120344.585	1035524.905	2535.831	41.48	1120354.160	1035482.280	2541.605
91.10	1120343.709	1035532.542	2534.804	47.02	1120353.960	1035487.820	2540.828
98.81	1120343.271	1035540.246	2533.374	52.27	1120353.780	1035493.070	2540.041
106.91	1120342.581	1035548.318	2532.902	57.26	1120353.610	1035498.050	2539.325
116.96	1120341.723	1035558.331	2533.399	62.00	1120353.450	1035502.790	2538.666
125.62	1120340.985	1035566.952	2534.517	66.53	1120353.290	1035507.320	2538.068
133.91	1120340.278	1035575.216	2535.691	70.87	1120353.140	1035511.660	2537.488
141.41	1120339.638	1035582.688	2537.039	75.07	1120352.990	1035515.850	2536.908
148.87	1120339.002	1035590.126	2538.084	79.11	1120352.850	1035519.890	2536.331
155.30	1120338.453	1035596.533	2538.808	83.03	1120352.710	1035523.810	2535.780
161.35	1120337.938	1035602.560	2539.375	86.87	1120352.580	1035527.650	2535.210
167.53	1120337.411	1035608.712	2540.116	90.64	1120352.440	1035531.410	2534.641
178.53	1120336.883	1035619.702	2541.140	94.34	1120352.310	1035535.110	2534.081
188.81	1120335.597	1035629.905	2542.261	98.02	1120352.180	1035538.790	2533.526
201.92	1120334.479	1035642.963	2544.219	101.68	1120352.040	1035542.450	2533.258
				105.37	1120351.910	1035546.130	2533.062
				109.07	1120351.770	1035549.830	2533.111
				112.83	1120351.630	1035553.590	2533.293
				116.66	1120351.490	1035557.420	2533.523
				120.60	1120351.350	1035561.350	2534.112
				124.64	1120351.190	1035565.390	2534.720
				128.82	1120351.040	1035569.570	2535.331
				133.17	1120350.870	1035573.910	2535.923
				137.70	1120350.700	1035578.440	2536.737
				142.45	1120350.520	1035583.190	2537.529
				147.44	1120350.330	1035588.170	2538.221
				152.69	1120350.130	1035593.420	2538.825
				158.24	1120349.930	1035598.970	2539.364
				164.11	1120349.710	1035604.830	2539.997
				170.37	1120349.470	1035611.090	2540.635
				177.12	1120349.190	1035617.830	2541.253
				184.37	1120348.870	1035625.080	2542.017
				191.98	1120348.600	1035632.680	2542.980
				199.59	1120348.590	1035640.290	2544.024

SECCIÓN 26				254.000	ABSCISA		K25+699.459
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1120419.586	1035439.138	2544.632	0.00	1120417.610	1035438.370	2544.632
8.45	1120422.348	1035447.125	2543.651	6.92	1120420.640	1035444.590	2543.977
18.02	1120425.476	1035456.171	2542.458	14.11	1120423.370	1035451.240	2543.118
26.60	1120428.281	1035464.282	2541.308	21.22	1120425.890	1035457.890	2542.219
33.94	1120430.679	1035471.219	2540.422	28.02	1120428.180	1035464.290	2541.310
39.58	1120432.520	1035476.542	2539.436	34.40	1120430.270	1035470.320	2540.540
45.67	1120434.511	1035482.301	2538.441	40.40	1120432.210	1035476.000	2539.542
50.96	1120436.239	1035487.299	2537.342	46.04	1120434.010	1035481.350	2538.612
57.16	1120438.267	1035493.163	2536.356	51.39	1120435.700	1035486.420	2537.547
65.25	1120440.909	1035500.803	2535.639	56.45	1120437.310	1035491.220	2536.695
72.61	1120443.352	1035507.745	2534.892	61.28	1120438.830	1035495.800	2536.122
79.54	1120445.641	1035514.291	2534.294	65.89	1120440.290	1035500.170	2535.713
86.50	1120447.853	1035520.886	2533.737	70.29	1120441.690	1035504.350	2535.273
100.96	1120453.190	1035534.323	2532.893	74.54	1120443.040	1035508.380	2534.851
110.14	1120455.565	1035543.192	2534.097	78.65	1120444.350	1035512.270	2534.495
113.32	1120456.605	1035546.198	2535.006	82.63	1120445.630	1035516.040	2534.160
117.98	1120458.128	1035550.604	2536.518	86.51	1120446.870	1035519.720	2533.849
123.73	1120460.009	1035556.043	2537.759	90.31	1120448.090	1035523.320	2533.784
129.25	1120461.810	1035561.251	2538.489	94.06	1120449.300	1035526.870	2533.835
135.73	1120463.930	1035567.384	2539.608	97.77	1120450.500	1035530.380	2533.886
140.63	1120465.531	1035572.014	2540.347	101.46	1120451.690	1035533.870	2533.941
145.18	1120467.003	1035576.320	2540.813	105.16	1120452.890	1035537.370	2533.996
151.18	1120468.934	1035581.993	2541.330	108.89	1120454.100	1035540.900	2534.054
157.98	1120471.199	1035588.406	2541.744	112.67	1120455.330	1035544.470	2534.477
166.00	1120473.819	1035595.984	2542.389	116.51	1120456.580	1035548.100	2535.660
180.84	1120478.669	1035610.008	2543.425	120.44	1120457.860	1035551.820	2536.761
189.47	1120481.490	1035618.168	2543.819	124.48	1120459.170	1035555.640	2537.634
201.76	1120485.506	1035629.784	2544.466	128.66	1120460.530	1035559.590	2538.230
				133.01	1120461.950	1035563.700	2538.906
				137.52	1120463.420	1035567.970	2539.674
				142.26	1120464.960	1035572.450	2540.371
				147.23	1120466.570	1035577.150	2540.869
				152.47	1120468.280	1035582.110	2541.320
				158.00	1120470.070	1035587.340	2541.657
				163.84	1120471.960	1035592.860	2542.105
				170.02	1120473.960	1035598.710	2542.573
				176.63	1120476.120	1035604.960	2543.035
				183.89	1120478.540	1035611.800	2543.501
				192.03	1120481.310	1035619.460	2543.885
				201.14	1120484.430	1035628.020	2544.365

SECCIÓN 27				255.000	ABSCISA		K25+805.873
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1120517.467	1035401.262	2544.463	0.00	1120525.430	1035397.180	2544.536
10.67	1120521.298	1035411.222	2542.097	8.03	1120528.410	1035404.640	2542.865
20.63	1120524.874	1035420.518	2540.280	15.77	1120531.280	1035411.830	2541.329
32.47	1120529.125	1035431.568	2538.823	23.09	1120533.990	1035418.630	2540.165
43.87	1120533.045	1035442.277	2537.879	29.95	1120536.530	1035425.000	2539.317
57.15	1120537.983	1035454.597	2536.634	36.37	1120538.910	1035430.960	2538.628
64.08	1120540.473	1035461.069	2535.953	42.40	1120541.140	1035436.560	2538.093
74.95	1120544.375	1035471.213	2535.062	48.08	1120543.240	1035441.840	2537.544
85.55	1120548.181	1035481.106	2534.247	53.46	1120545.230	1035446.840	2537.004
95.70	1120551.826	1035490.582	2533.118	58.56	1120547.120	1035451.580	2536.516
103.91	1120555.103	1035498.101	2532.751	63.42	1120548.920	1035456.090	2536.036
109.24	1120556.679	1035503.197	2533.211	68.06	1120550.640	1035460.400	2535.637
118.82	1120560.117	1035512.134	2534.144	72.52	1120552.290	1035464.540	2535.252
128.99	1120563.770	1035521.631	2535.032	76.79	1120553.870	1035468.510	2534.900
139.49	1120567.541	1035531.435	2535.880	80.94	1120555.410	1035472.360	2534.576
151.83	1120571.971	1035542.951	2536.742	84.95	1120556.890	1035476.090	2534.261
164.35	1120576.465	1035554.634	2538.159	88.88	1120558.350	1035479.740	2533.951
177.86	1120581.314	1035567.239	2540.308	92.72	1120559.770	1035483.310	2533.646
189.80	1120585.415	1035578.460	2542.685	96.52	1120561.180	1035486.840	2533.345
204.15	1120590.819	1035591.749	2544.489	100.28	1120562.570	1035490.330	2533.047
				104.04	1120563.960	1035493.820	2532.780
				107.80	1120565.360	1035497.310	2533.046
				111.60	1120566.760	1035500.840	2533.380
				115.44	1120568.190	1035504.410	2533.733
				119.36	1120569.640	1035508.050	2534.089
				123.38	1120571.130	1035511.780	2534.427
				127.52	1120572.660	1035515.630	2534.774
				131.79	1120574.240	1035519.600	2535.134
				136.24	1120575.890	1035523.730	2535.509
				140.87	1120577.610	1035528.030	2535.882
				145.72	1120579.400	1035532.540	2536.250
				150.82	1120581.290	1035537.270	2536.671
				156.19	1120583.280	1035542.260	2537.273
				161.85	1120585.380	1035547.520	2537.921
				167.85	1120587.600	1035553.090	2538.734
				174.22	1120589.950	1035559.010	2539.741
				181.04	1120592.480	1035565.350	2540.899
				188.39	1120595.180	1035572.180	2542.259
				196.22	1120598.070	1035579.460	2543.366
				204.36	1120601.090	1035587.020	2544.467

SECCIÓN 28				256.000	ABSCISA		K25+900.693
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1120603.151	1035365.370	2544.902	0.00	1120608.530	1035362.110	2544.902
6.35	1120605.539	1035371.252	2543.291	8.07	1120611.900	1035369.440	2543.083
13.11	1120608.076	1035377.522	2542.050	15.77	1120614.960	1035376.510	2541.892
22.29	1120611.523	1035386.028	2541.148	23.05	1120617.820	1035383.200	2541.143
30.47	1120614.594	1035393.606	2540.054	29.90	1120620.530	1035389.490	2540.217
40.18	1120618.093	1035402.669	2538.538	36.34	1120623.090	1035395.400	2539.232
48.21	1120621.258	1035410.049	2537.108	42.38	1120625.500	1035400.940	2538.262
58.17	1120625.000	1035419.282	2536.051	48.09	1120627.790	1035406.170	2537.261
66.40	1120627.986	1035426.942	2535.085	53.49	1120629.950	1035411.120	2536.670
76.99	1120632.045	1035436.731	2534.117	58.61	1120632.000	1035415.810	2536.112
84.30	1120634.767	1035443.515	2533.524	63.48	1120633.950	1035420.280	2535.527
92.61	1120637.841	1035451.232	2533.154	68.13	1120635.810	1035424.540	2535.015
100.95	1120640.883	1035459.002	2532.664	72.60	1120637.600	1035428.630	2534.605
112.18	1120645.285	1035469.335	2533.152	76.90	1120639.320	1035432.570	2534.210
119.76	1120648.131	1035476.357	2533.859	81.04	1120640.980	1035436.370	2533.937
127.56	1120651.059	1035483.583	2534.462	85.07	1120642.590	1035440.060	2533.675
136.26	1120654.327	1035491.647	2535.248	89.00	1120644.160	1035443.670	2533.420
143.47	1120657.035	1035498.328	2536.042	92.86	1120645.710	1035447.200	2533.172
150.01	1120659.494	1035504.395	2537.027	96.67	1120647.230	1035450.690	2532.937
155.69	1120661.624	1035509.651	2538.150	100.43	1120648.740	1035454.140	2532.703
163.55	1120664.578	1035516.941	2539.119	104.19	1120650.240	1035457.590	2532.820
172.25	1120667.846	1035525.003	2540.355	107.97	1120651.750	1035461.050	2532.959
183.71	1120672.149	1035535.620	2541.698	111.77	1120653.270	1035464.530	2533.110
194.97	1120676.378	1035546.057	2542.815	115.63	1120654.810	1035468.070	2533.436
204.55	1120679.977	1035554.937	2544.783	119.56	1120656.380	1035471.670	2533.768
				123.58	1120657.990	1035475.360	2534.143
				127.73	1120659.640	1035479.170	2534.556
				132.02	1120661.360	1035483.100	2535.056
				136.48	1120663.140	1035487.190	2535.553
				141.13	1120665.000	1035491.450	2536.067
				146.00	1120666.950	1035495.910	2536.697
				151.11	1120668.990	1035500.600	2537.500
				156.51	1120671.150	1035505.550	2538.453
				162.20	1120673.420	1035510.760	2539.129
				168.23	1120675.840	1035516.290	2539.921
				174.66	1120678.400	1035522.180	2540.737
				181.54	1120681.140	1035528.500	2541.512
				188.94	1120684.060	1035535.290	2542.269
				196.69	1120687.130	1035542.410	2543.160
				204.58	1120690.330	1035549.620	2544.669

SECCIÓN 29				257.000	ABSCISA		K26+003.542
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1120676.019	1035326.643	2544.516	0.00	1120685.650	1035321.310	2544.521
11.15	1120681.744	1035336.214	2543.263	7.82	1120689.340	1035328.200	2543.579
23.50	1120688.084	1035346.811	2541.704	15.63	1120693.240	1035334.970	2542.630
35.23	1120694.103	1035356.872	2539.884	23.14	1120697.040	1035341.450	2541.661
44.93	1120699.071	1035365.208	2538.714	30.19	1120700.610	1035347.530	2540.562
54.55	1120703.952	1035373.499	2537.566	36.79	1120703.930	1035353.230	2539.592
65.51	1120709.513	1035382.945	2535.992	42.98	1120707.040	1035358.580	2538.840
75.60	1120714.763	1035391.563	2534.987	48.80	1120709.960	1035363.620	2538.147
87.44	1120720.874	1035401.698	2533.837	54.31	1120712.720	1035368.390	2537.494
97.53	1120725.962	1035410.416	2532.741	59.54	1120715.330	1035372.920	2536.781
104.43	1120729.633	1035416.260	2532.529	64.51	1120717.820	1035377.220	2536.099
110.17	1120732.568	1035421.188	2532.803	69.27	1120720.200	1035381.340	2535.578
115.02	1120735.080	1035425.336	2533.363	73.82	1120722.480	1035385.280	2535.133
121.04	1120738.183	1035430.494	2534.437	78.20	1120724.670	1035389.070	2534.705
127.19	1120741.318	1035435.792	2536.312	82.43	1120726.790	1035392.740	2534.290
133.15	1120744.374	1035440.900	2537.923	86.55	1120728.850	1035396.300	2533.884
147.62	1120751.495	1035453.503	2539.495	90.56	1120730.860	1035399.770	2533.491
165.84	1120761.004	1035469.037	2541.237	94.49	1120732.830	1035403.170	2533.110
182.23	1120769.569	1035483.014	2542.448	98.37	1120734.770	1035406.530	2532.757
190.37	1120773.748	1035489.999	2542.866	102.21	1120736.700	1035409.850	2532.663
201.26	1120779.030	1035499.520	2543.643	106.04	1120738.620	1035413.170	2532.637
209.71	1120783.671	1035506.584	2544.551	109.88	1120740.550	1035416.490	2532.938
				113.75	1120742.480	1035419.840	2533.242
				117.67	1120744.450	1035423.230	2533.717
				121.67	1120746.450	1035426.690	2534.378
				125.75	1120748.500	1035430.220	2535.541
				129.96	1120750.610	1035433.860	2536.683
				134.31	1120752.780	1035437.630	2537.673
				138.82	1120755.040	1035441.540	2538.150
				143.53	1120757.400	1035445.610	2538.649
				148.44	1120759.850	1035449.870	2539.173
				153.61	1120762.430	1035454.350	2539.677
				159.06	1120765.150	1035459.070	2540.232
				164.80	1120768.010	1035464.050	2540.823
				170.87	1120771.040	1035469.310	2541.352
				177.27	1120774.230	1035474.860	2541.879
				184.09	1120777.650	1035480.760	2542.379
				191.49	1120781.390	1035487.140	2542.862
				199.69	1120785.540	1035494.210	2543.503
				208.81	1120790.020	1035502.160	2544.444

SECCIÓN 30				258.000	ABSCISA		K26+101.523
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1120776.822	1035273.653	2544.547	0.00	1120795.030	1035274.300	2544.165
6.42	1120778.903	1035279.731	2543.040	7.75	1120796.440	1035281.920	2542.653
13.62	1120781.233	1035286.534	2541.987	15.52	1120798.300	1035289.460	2541.591
21.37	1120783.746	1035293.871	2540.981	22.94	1120800.250	1035296.620	2540.448
29.41	1120786.352	1035301.480	2539.423	29.82	1120802.080	1035303.260	2539.288
37.37	1120788.930	1035309.007	2538.237	36.22	1120803.770	1035309.430	2538.398
48.63	1120792.578	1035319.658	2537.006	42.18	1120805.340	1035315.180	2537.760
55.60	1120794.837	1035326.254	2536.258	47.79	1120806.800	1035320.590	2537.169
66.35	1120798.321	1035336.428	2535.244	53.09	1120808.180	1035325.710	2536.609
78.92	1120802.392	1035348.314	2534.312	58.11	1120809.480	1035330.560	2536.109
87.94	1120805.316	1035356.853	2533.673	62.90	1120810.720	1035335.190	2535.634
96.36	1120808.042	1035364.812	2533.135	67.48	1120811.900	1035339.610	2535.258
104.30	1120810.754	1035372.279	2532.713	71.86	1120813.030	1035343.840	2534.900
114.06	1120814.055	1035381.464	2533.140	76.08	1120814.120	1035347.920	2534.559
122.64	1120816.999	1035389.521	2533.700	80.17	1120815.170	1035351.870	2534.253
134.30	1120820.332	1035400.697	2534.620	84.14	1120816.190	1035355.710	2533.955
145.72	1120824.031	1035411.497	2535.543	88.02	1120817.190	1035359.460	2533.664
154.41	1120826.848	1035419.724	2536.508	91.82	1120818.160	1035363.130	2533.378
162.35	1120829.420	1035427.233	2537.655	95.57	1120819.130	1035366.760	2533.119
168.45	1120831.395	1035432.999	2538.645	99.31	1120820.080	1035370.370	2532.880
176.78	1120834.094	1035440.879	2540.086	103.02	1120821.030	1035373.960	2532.839
187.49	1120837.567	1035451.020	2541.453	106.75	1120821.980	1035377.570	2532.969
195.79	1120840.256	1035458.872	2542.599	110.52	1120822.940	1035381.210	2533.146
208.04	1120844.223	1035470.457	2544.118	114.34	1120823.920	1035384.910	2533.439
				118.24	1120824.910	1035388.680	2533.738
				122.24	1120825.920	1035392.550	2534.044
				126.36	1120826.970	1035396.530	2534.365
				130.62	1120828.050	1035400.650	2534.700
				135.04	1120829.170	1035404.930	2535.084
				139.66	1120830.340	1035409.400	2535.488
				144.48	1120831.560	1035414.060	2536.016
				149.54	1120832.840	1035418.960	2536.631
				154.86	1120834.190	1035424.100	2537.413
				160.46	1120835.600	1035429.520	2538.314
				166.39	1120837.090	1035435.260	2539.347
				172.68	1120838.670	1035441.350	2540.376
				179.35	1120840.390	1035447.790	2541.214
				186.35	1120842.330	1035454.520	2542.134
				193.79	1120844.520	1035461.630	2543.100
				202.19	1120846.490	1035469.800	2544.124

SECCIÓN 31				259.000	ABSCISA		K26+191.347
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1120939.518	1035267.282	2544.105	0.00	1120936.480	1035271.860	2543.620
10.33	1120936.269	1035277.085	2543.043	11.15	1120932.840	1035282.400	2542.553
20.65	1120933.022	1035286.881	2542.143	20.13	1120929.960	1035290.910	2541.865
30.97	1120929.773	1035296.680	2541.487	27.62	1120927.570	1035298.000	2541.352
37.63	1120927.678	1035303.000	2540.940	34.23	1120925.470	1035304.270	2540.843
46.72	1120924.818	1035311.629	2540.492	40.31	1120923.550	1035310.040	2540.538
54.92	1120922.239	1035319.410	2539.783	46.00	1120921.760	1035315.440	2540.106
63.16	1120919.646	1035327.233	2538.741	51.36	1120920.070	1035320.530	2539.596
69.60	1120917.619	1035333.347	2538.020	56.46	1120918.480	1035325.370	2538.954
76.83	1120915.343	1035340.211	2537.027	61.30	1120916.960	1035329.970	2538.383
85.53	1120912.608	1035348.465	2536.133	65.91	1120915.520	1035334.350	2537.843
94.94	1120909.644	1035357.404	2534.868	70.33	1120914.140	1035338.550	2537.239
101.40	1120907.612	1035363.536	2533.933	74.59	1120912.810	1035342.590	2536.703
110.89	1120905.231	1035372.717	2532.817	78.69	1120911.530	1035346.490	2536.214
116.60	1120902.847	1035377.911	2533.117	82.67	1120910.290	1035350.270	2535.743
122.82	1120900.869	1035383.804	2533.748	86.54	1120909.080	1035353.950	2535.283
133.88	1120897.411	1035394.308	2534.934	90.34	1120907.890	1035357.560	2534.831
139.83	1120895.539	1035399.956	2535.653	94.09	1120906.720	1035361.120	2534.291
147.87	1120893.008	1035407.590	2536.705	97.80	1120905.550	1035364.640	2533.792
155.80	1120890.514	1035415.114	2538.242	101.49	1120904.400	1035368.140	2533.369
163.73	1120888.019	1035422.640	2540.296	105.18	1120903.240	1035371.650	2532.951
174.94	1120884.490	1035433.287	2541.776	108.89	1120902.070	1035375.170	2532.956
185.12	1120881.288	1035442.948	2542.631	112.65	1120900.890	1035378.740	2533.202
205.03	1120874.710	1035461.741	2544.222	116.47	1120899.700	1035382.370	2533.601
				120.38	1120898.470	1035386.080	2534.009
				124.38	1120897.210	1035389.880	2534.429
				128.51	1120895.920	1035393.800	2534.860
				132.79	1120894.580	1035397.860	2535.362
				137.23	1120893.190	1035402.080	2535.913
				141.85	1120891.740	1035406.470	2536.518
				146.68	1120890.230	1035411.060	2537.364
				151.75	1120888.650	1035415.870	2538.371
				157.06	1120886.990	1035420.920	2539.718
				162.65	1120885.250	1035426.230	2540.704
				168.53	1120883.420	1035431.820	2541.483
				174.78	1120881.470	1035437.760	2542.096
				181.53	1120879.300	1035444.150	2542.661
				188.78	1120876.910	1035450.990	2543.246
				195.70	1120874.740	1035457.560	2543.817
				200.74	1120873.460	1035462.440	2544.222

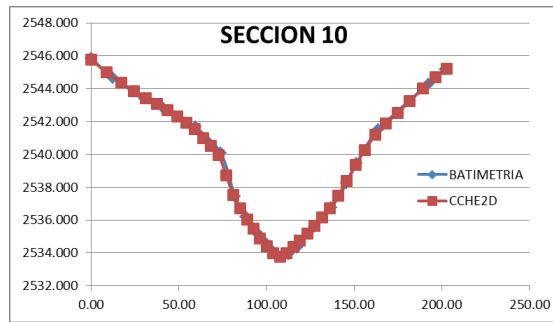
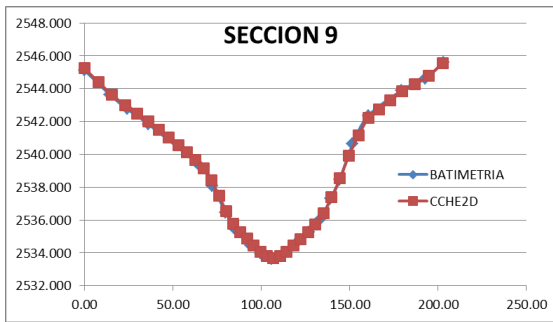
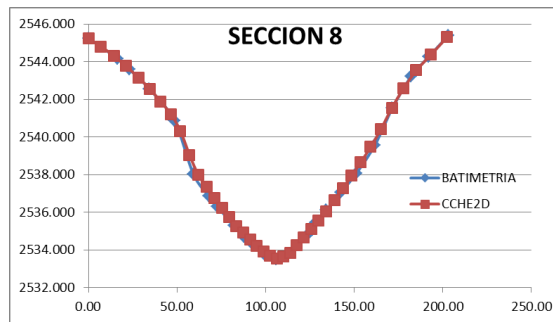
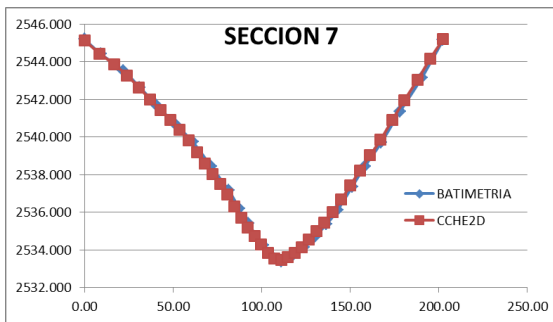
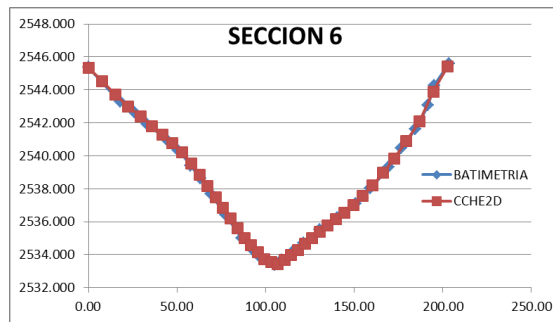
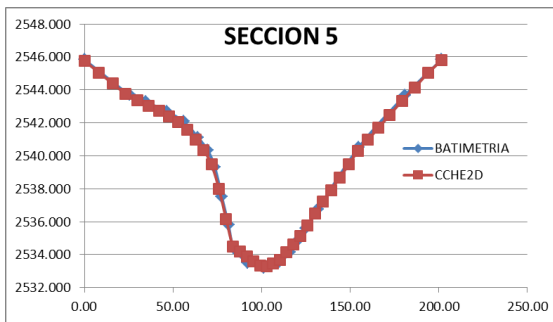
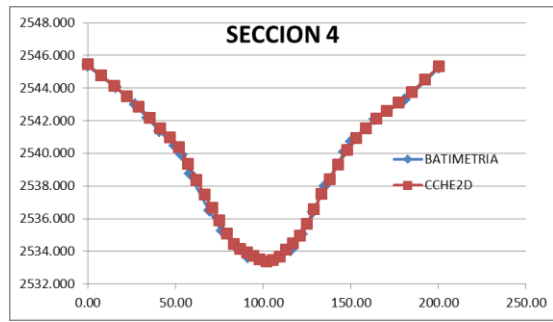
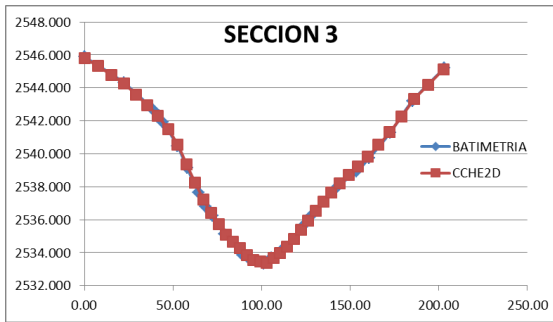
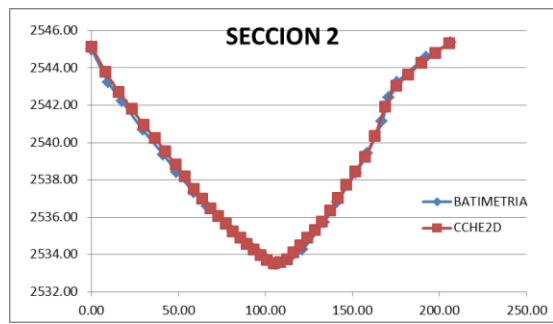
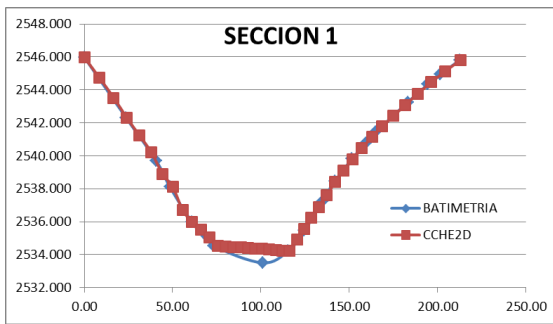


SECCIÓN 32				260.000	ABSCISA		K26+286.452
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1121072.417	1035391.814	2544.291	0.00	1121075.650	1035404.550	2544.180
12.80	1121060.952	1035397.512	2542.855	8.70	1121067.860	1035408.420	2543.082
24.60	1121050.384	1035402.764	2540.940	16.75	1121060.640	1035411.990	2541.852
34.47	1121041.551	1035407.150	2539.553	24.05	1121054.090	1035415.200	2540.699
45.27	1121031.875	1035411.954	2538.496	30.72	1121048.080	1035418.100	2539.741
59.58	1121019.055	1035418.317	2536.898	36.92	1121042.480	1035420.760	2539.052
71.97	1121007.958	1035423.822	2535.836	42.73	1121037.230	1035423.250	2538.446
83.99	1120997.185	1035429.165	2534.583	48.22	1121032.260	1035425.580	2537.821
95.18	1120987.164	1035434.134	2533.461	53.41	1121027.560	1035427.790	2537.247
107.44	1120976.180	1035439.592	2532.996	58.35	1121023.090	1035429.890	2536.738
115.31	1120969.135	1035443.084	2533.343	63.06	1121018.820	1035431.880	2536.331
120.65	1120964.348	1035445.455	2534.263	67.56	1121014.750	1035433.790	2535.941
124.24	1120961.136	1035447.049	2535.229	71.88	1121010.830	1035435.620	2535.535
128.28	1120957.515	1035448.847	2536.089	76.05	1121007.060	1035437.380	2535.130
133.54	1120952.794	1035451.170	2537.295	80.07	1121003.410	1035439.080	2534.738
138.82	1120948.057	1035453.499	2538.827	83.99	1120999.860	1035440.740	2534.451
144.68	1120942.785	1035456.073	2539.741	87.82	1120996.390	1035442.360	2534.186
149.82	1120938.164	1035458.315	2540.332	91.58	1120992.990	1035443.960	2533.926
159.98	1120929.124	1035462.958	2541.076	95.30	1120989.620	1035445.530	2533.669
172.00	1120918.387	1035468.363	2541.990	98.99	1120986.280	1035447.100	2533.415
182.02	1120909.417	1035472.820	2542.933	102.66	1120982.950	1035448.660	2533.160
191.21	1120901.185	1035476.911	2543.715	106.37	1120979.600	1035450.240	2533.127
201.65	1120891.841	1035481.556	2544.501	110.10	1120976.220	1035451.830	2533.263
				113.90	1120972.790	1035453.450	2533.605
				117.77	1120969.290	1035455.100	2534.170
				121.74	1120965.700	1035456.800	2535.004
				125.83	1120962.000	1035458.560	2535.862
				130.07	1120958.180	1035460.380	2536.727
				134.46	1120954.210	1035462.270	2537.810
				139.05	1120950.070	1035464.250	2538.715
				143.86	1120945.740	1035466.330	2539.363
				148.89	1120941.200	1035468.510	2539.864
				154.19	1120936.430	1035470.810	2540.264
				159.77	1120931.400	1035473.230	2540.689
				165.67	1120926.080	1035475.790	2541.152
				171.97	1120920.400	1035478.500	2541.702
				178.75	1120914.270	1035481.400	2542.400
				185.99	1120907.700	1035484.440	2543.134
				193.41	1120900.930	1035487.490	2543.851
				200.61	1120894.420	1035490.560	2544.502

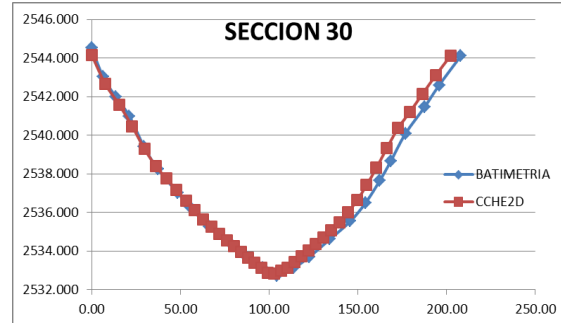
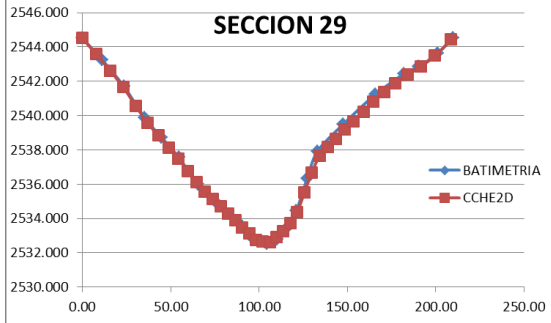
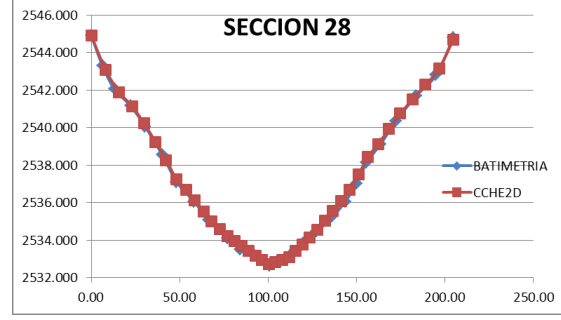
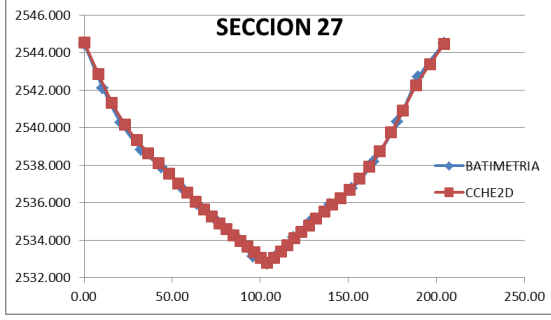
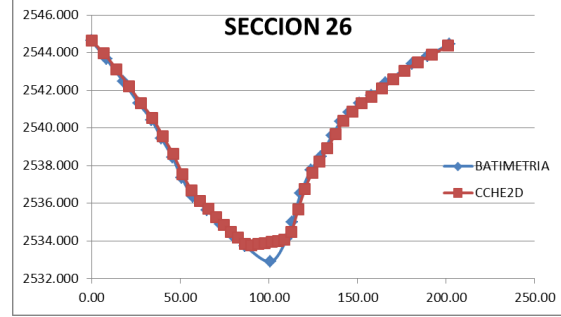
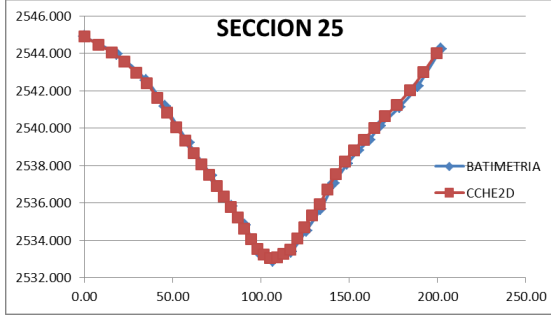
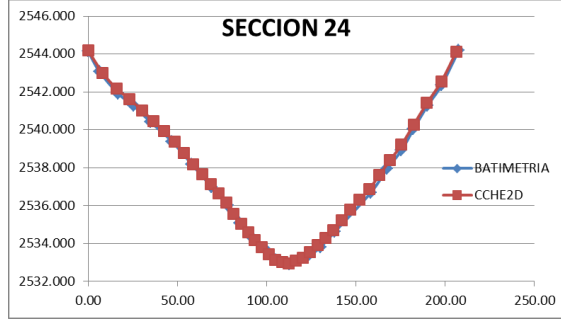
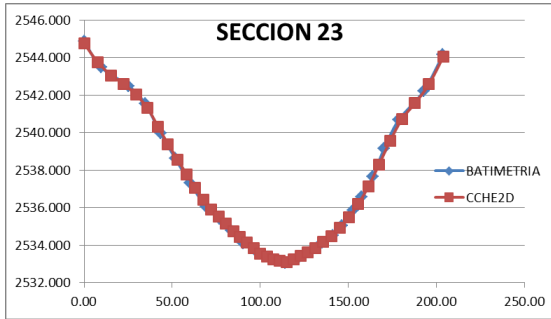
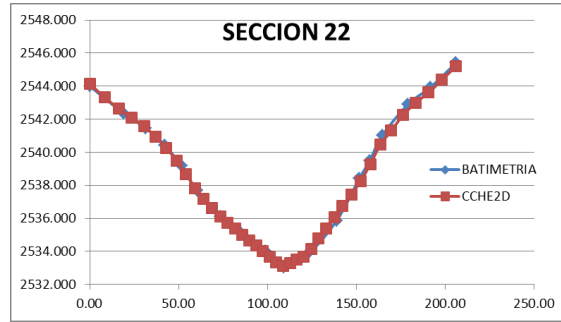
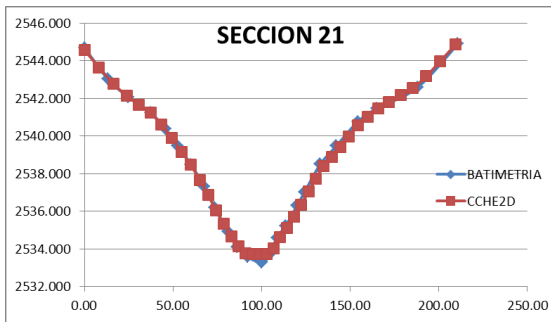
SECCIÓN 33				261.000	ABSCISA		K26+374.318
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1121109.501	1035489.920	2544.798	0.00	1121116.700	1035504.280	2544.592
11.89	1121098.163	1035493.485	2542.046	8.50	1121108.950	1035507.770	2542.814
26.81	1121084.060	1035498.368	2539.569	16.48	1121101.600	1035510.870	2541.330
43.02	1121068.746	1035503.672	2537.335	23.85	1121094.770	1035513.650	2540.150
55.31	1121057.130	1035507.694	2536.119	30.72	1121088.390	1035516.200	2539.161
68.35	1121044.809	1035511.961	2535.466	37.16	1121082.410	1035518.590	2538.303
81.95	1121031.955	1035516.413	2534.644	43.23	1121076.780	1035520.850	2537.515
93.86	1121020.705	1035520.308	2533.472	48.95	1121071.470	1035522.990	2536.893
107.70	1121007.627	1035524.837	2533.027	54.37	1121066.440	1035525.010	2536.347
119.60	1120996.382	1035528.732	2533.476	59.52	1121061.670	1035526.940	2535.919
130.65	1120985.870	1035532.146	2534.514	64.41	1121057.130	1035528.770	2535.639
141.71	1120975.486	1035535.968	2535.462	69.08	1121052.800	1035530.520	2535.372
154.44	1120963.459	1035540.133	2536.544	73.57	1121048.640	1035532.200	2535.066
166.00	1120952.535	1035543.916	2537.646	77.89	1121044.640	1035533.820	2534.745
177.27	1120941.839	1035547.466	2539.233	82.06	1121040.770	1035535.380	2534.434
186.02	1120933.527	1035550.189	2540.430	86.11	1121037.010	1035536.900	2534.132
194.36	1120925.744	1035553.194	2542.230	90.08	1121033.340	1035538.390	2533.851
205.31	1120915.401	1035556.776	2544.504	93.95	1121029.750	1035539.850	2533.587
				97.78	1121026.200	1035541.290	2533.374
				101.58	1121022.680	1035542.710	2533.290
				105.38	1121019.160	1035544.140	2533.203
				109.18	1121015.640	1035545.570	2533.117
				113.02	1121012.080	1035547.010	2533.266
				116.91	1121008.480	1035548.480	2533.505
				120.88	1121004.800	1035549.970	2533.750
				124.94	1121001.030	1035551.500	2534.004
				129.13	1120997.150	1035553.080	2534.262
				133.47	1120993.130	1035554.710	2534.550
				137.97	1120988.960	1035556.400	2534.905
				142.68	1120984.600	1035558.170	2535.300
				147.60	1120980.040	1035560.020	2535.711
				152.77	1120975.250	1035561.960	2536.198
				158.22	1120970.200	1035564.010	2536.722
				163.97	1120964.870	1035566.170	2537.308
				170.05	1120959.230	1035568.460	2538.036
				176.57	1120953.190	1035570.900	2538.969
				183.55	1120946.710	1035573.510	2539.944
				191.00	1120939.810	1035576.300	2541.224
				198.70	1120932.690	1035579.240	2542.769
				206.45	1120925.560	1035582.280	2544.312

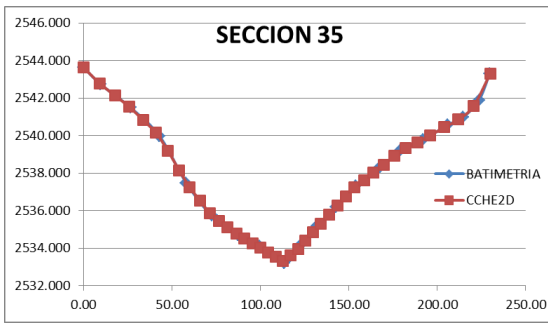
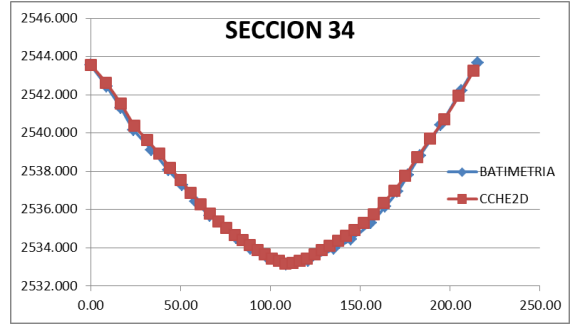
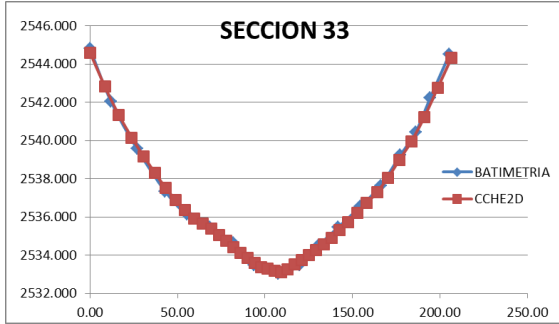
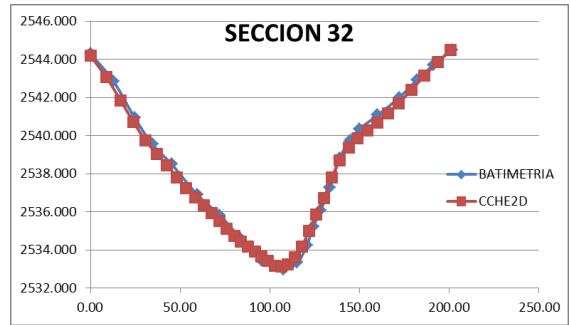
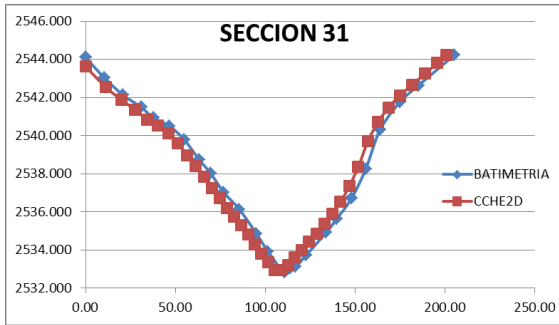
SECCIÓN 34				262.000	ABSCISA		K26+482.445
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1121140.055	1035553.845	2543.559	0.00	1121144.240	1035557.070	2543.573
8.86	1121132.730	1035558.834	2542.444	8.69	1121137.530	1035562.590	2542.624
16.80	1121126.173	1035563.300	2541.313	16.75	1121131.080	1035567.420	2541.545
23.99	1121120.225	1035567.351	2540.169	24.30	1121125.040	1035571.950	2540.394
33.95	1121111.996	1035572.956	2539.129	31.39	1121119.390	1035576.240	2539.647
43.37	1121104.124	1035578.131	2538.048	38.05	1121114.100	1035580.290	2538.925
51.03	1121097.877	1035582.572	2537.272	44.32	1121109.130	1035584.100	2538.174
58.60	1121091.624	1035586.831	2536.410	50.23	1121104.440	1035587.700	2537.535
66.41	1121085.169	1035591.228	2535.674	55.82	1121100.000	1035591.100	2536.882
81.19	1121072.958	1035599.553	2534.516	61.13	1121095.780	1035594.330	2536.289
89.00	1121066.502	1035603.947	2533.947	66.19	1121091.760	1035597.400	2535.787
98.50	1121058.651	1035609.300	2533.479	71.03	1121087.920	1035600.340	2535.391
108.76	1121050.144	1035615.032	2533.133	75.67	1121084.240	1035603.160	2535.029
121.25	1121039.795	1035622.028	2533.338	80.13	1121080.690	1035605.870	2534.680
135.26	1121028.268	1035629.984	2533.946	84.45	1121077.260	1035608.490	2534.387
144.94	1121020.002	1035635.034	2534.457	88.64	1121073.930	1035611.040	2534.135
155.99	1121010.819	1035641.171	2535.301	92.74	1121070.680	1035613.530	2533.888
163.72	1121004.536	1035645.672	2536.142	96.75	1121067.490	1035615.970	2533.647
170.77	1120998.817	1035649.793	2536.945	100.71	1121064.350	1035618.380	2533.448
176.47	1120994.218	1035653.175	2537.795	104.64	1121061.230	1035620.770	2533.307
183.25	1120988.395	1035656.632	2538.827	108.56	1121058.120	1035623.150	2533.165
194.62	1120979.242	1035663.375	2540.417	112.48	1121055.010	1035625.540	2533.216
206.07	1120969.441	1035669.309	2542.229	116.44	1121051.870	1035627.950	2533.322
215.31	1120962.171	1035675.003	2543.673	120.45	1121048.680	1035630.390	2533.428
				124.55	1121045.440	1035632.890	2533.643
				128.74	1121042.110	1035635.440	2533.878
				133.05	1121038.690	1035638.070	2534.119
				137.50	1121035.160	1035640.780	2534.367
				142.15	1121031.480	1035643.610	2534.622
				146.98	1121027.650	1035646.560	2534.922
				152.04	1121023.640	1035649.640	2535.313
				157.36	1121019.430	1035652.890	2535.764
				162.95	1121014.990	1035656.300	2536.363
				168.87	1121010.310	1035659.910	2536.994
				175.11	1121005.360	1035663.720	2537.780
				181.77	1121000.070	1035667.760	2538.738
				188.93	1120994.340	1035672.060	2539.696
				196.65	1120988.130	1035676.650	2540.707
				204.83	1120981.580	1035681.550	2541.940
				213.16	1120975.110	1035686.790	2543.273

SECCIÓN 35				263.000	ABSCISA		K26+597.352
BATIMETRIA				MALLA CCHE2D			
DIST.	NORTE	ESTE	COTA	DIST.	NORTE	ESTE	COTA
0.00	1121172.465	1035590.596	2543.643	0.00	1121172.110	1035590.170	2543.643
9.87	1121167.676	1035599.225	2542.728	9.29	1121167.620	1035598.300	2542.781
26.71	1121159.497	1035613.952	2541.486	17.97	1121163.420	1035605.900	2542.125
42.99	1121151.612	1035628.185	2539.974	26.11	1121159.490	1035613.030	2541.521
58.24	1121144.229	1035641.529	2537.474	33.76	1121155.790	1035619.720	2540.824
72.51	1121137.317	1035654.020	2535.731	40.95	1121152.320	1035626.020	2540.157
87.26	1121130.175	1035666.924	2534.719	47.71	1121149.050	1035631.940	2539.197
99.59	1121124.200	1035677.710	2534.107	54.11	1121145.960	1035637.540	2538.155
113.66	1121116.549	1035689.520	2533.198	60.16	1121143.040	1035642.840	2537.242
123.83	1121112.475	1035698.834	2534.236	65.90	1121140.260	1035647.860	2536.542
132.19	1121108.409	1035706.145	2535.193	71.37	1121137.620	1035652.650	2535.876
142.71	1121103.289	1035715.328	2536.198	76.59	1121135.100	1035657.220	2535.454
153.95	1121097.835	1035725.158	2537.314	81.59	1121132.680	1035661.600	2535.111
167.96	1121091.036	1035737.412	2538.310	86.41	1121130.350	1035665.820	2534.780
178.74	1121085.822	1035746.839	2539.170	91.06	1121128.100	1035669.890	2534.505
192.17	1121079.343	1035758.602	2539.802	95.59	1121125.910	1035673.850	2534.249
205.85	1121072.684	1035770.553	2540.557	100.00	1121123.780	1035677.720	2534.017
214.73	1121068.382	1035778.327	2540.996	104.33	1121121.690	1035681.510	2533.783
223.56	1121064.147	1035786.071	2541.892	108.59	1121119.630	1035685.240	2533.549
229.46	1121061.325	1035791.258	2543.299	112.83	1121117.580	1035688.950	2533.315
				117.06	1121115.540	1035692.650	2533.613
				121.29	1121113.490	1035696.350	2533.964
				125.56	1121111.430	1035700.090	2534.409
				129.88	1121109.340	1035703.880	2534.859
				134.29	1121107.210	1035707.740	2535.316
				138.82	1121105.020	1035711.700	2535.785
				143.48	1121102.770	1035715.780	2536.265
				148.29	1121100.440	1035719.990	2536.743
				153.30	1121098.020	1035724.380	2537.239
				158.52	1121095.500	1035728.950	2537.630
				163.98	1121092.860	1035733.730	2538.019
				169.73	1121090.080	1035738.760	2538.443
				175.77	1121087.160	1035744.050	2538.925
				182.17	1121084.070	1035749.650	2539.326
				188.94	1121080.800	1035755.580	2539.646
				196.12	1121077.330	1035761.870	2540.016
				203.77	1121073.630	1035768.560	2540.438
				211.91	1121069.700	1035775.690	2540.853
				220.60	1121065.500	1035783.300	2541.586
				229.89	1121061.010	1035791.430	2543.299











## **ANEXO 2. GUÍA RÁPIDA DE USO DEL PROGRAMA CCHE-2D**